

# **ANALIZA REZULTATOV PRISOTNOSTI ONESNAŽEVAL V PITNI VODI**

**Raziskovalna naloga**

**Tematsko področje: Ekologija**

**Avtorji:**

**TIMOTEJ JELEN, 3. A**

**ROMAN KOLAR, 3. A**

**MATEVŽ ZOREC 3. A**

**Mentorica: Mag. DARJA SILAN, univ. dipl. biol.**

**Somentorica: dr. Brigita Jamnik, VO-KA Ljubljana**

**2012**

**Gimnazija Jožeta Plečnika Ljubljana**

R. KOLAR, T. JELEN, M. ZOREC: ANALIZA REZULTATOV PRISOTNOSTI ONESNAŽEVAL V PITNI VODI;  
Raziskovalna naloga. Ljubljana 2012

Naslov naloge:

ANALIZA REZULTATOV PRISOTNOSTI ONESNAŽEVAL V PITNI VODI

Področje:

EKOLOGIJA

Vrsta naloge:

RAZISKOVALNA NALOGA

Avtorji naloge:

TIMOTEJ JELEN; ROMAN KOLAR; MATEVŽ ZOREC

Razred:

3. A

Mentor:

Mag. DARJA SILAN, univ. dipl. biol.

Somentor:

dr. Brigita Jamnik, VO-KA Ljubljana

Šola:

GIMNAZIJA JOŽETA PLEČNIKA LJUBLJANA

Kraj in leto izdelave:

LJUBLJANA, 2012

## Kazalo vsebine

|     |                                 |    |
|-----|---------------------------------|----|
| 1   | Uvod .....                      | 5  |
| 1.1 | Ljubljanski vodovod .....       | 5  |
| 1.2 | Onesnaževala v pitni vodi ..... | 7  |
| 2   | Materiali in metode dela .....  | 8  |
| 2.1 | Postopek meritev .....          | 8  |
| 2.2 | Razlaga sistema grafov .....    | 8  |
| 2.3 | Atrazin in desetilatrazin ..... | 9  |
| 2.4 | Tetrakloroeten .....            | 10 |
| 2.5 | Trikloroeten .....              | 10 |
| 2.6 | Nitrat in nitratni dušik .....  | 11 |
| 2.7 | 2,6-diklorobenzamid .....       | 12 |
| 2.8 | Metolaklor .....                | 13 |
| 2.9 | Lokacije meritev .....          | 14 |
| 3   | Rezultati .....                 | 15 |
| 3.1 | Baragova ulica .....            | 15 |
| 3.2 | Cesta v Pečale .....            | 17 |
| 3.3 | Cesta v Prod .....              | 19 |
| 3.4 | Gašperšičeva ulica .....        | 21 |
| 3.5 | Gerbičeva ulica .....           | 23 |
| 3.6 | Klopčičeva ulica .....          | 25 |
| 3.7 | Letališka cesta .....           | 27 |
| 3.8 | Zadobrovska cesta .....         | 29 |
| 4   | Diskusija .....                 | 31 |
| 5   | Zaključki .....                 | 33 |
| 6   | Viri in literatura .....        | 35 |
| 7   | Priloge .....                   | 36 |

## Izvleček

Ovrednotili smo izmerjene količine pesticidov, etenov in nitratov v ljubljanskem vodovodnem sistemu. Meritve je izvajalo javno podjetje VO-KA v obdobju od 2003 do 2010, mi pa smo te podatke grafično uredili. Podatki potrjujejo, da je ljubljanska pitna voda po standardih EU med najčistejšimi v evropskih mestih.

Večletne meritve vsebnosti onesnažil v pitni vodi (pesticidi, eteni in nitrati) so bile večinoma pod kritičnimi vrednostmi; merilna točka na Cesti v Pečale je bila »najčistejša«, z najmanj onesnažili, najvišja izmerjena količina metolaklora (nad omejitvijo) pa je bila na Gerbičevi ulici leta 2004, najvišja izmerjena količina tetrakloroetena pa je bila zabeležena na Cesti v Prod leta 2005. Pri vseh meritvah je še vedno prisotna možnost napake v meritvah; pod pogojem, da so količine snovi pod mejno vrednostjo sposobnosti naprav za zaznavo (LOD – limit of detection), pa ne moremo zanesljivo vedeti, če je merjena snov sploh prisotna v vodi.

Iz grafov vsebnosti onesnažil je vseeno dovolj jasno razvidno, da se je količina snovi v vodi v povprečju zmanjšala od začetka merjenja v letu 2003 do konca meritev leta 2010, kar je med drugim posledica postopnega izboljšanja tehnološkega razvoja naprav in metod določanja količin onesnažil v vodi ter načinov zapisa.

**Ključne besede:** VO-KA, pesticidi, eteni, nitrati, vodovod.

## 1 Uvod

Novembra 2011 smo se trije dijaki med seboj in ob pomoči naše razredničarke in profesorice pouka biologije, mag. Darje Silan, odločili za izdelavo raziskovalne naloge, v kateri smo želeli ovrednotiti izsledke laboratorijskih raziskav pitne vode, ki jih je opravilo Javno podjetje Vodovod-Kanalizacija. V ta namen smo se seznanili s problemom onesnaževanja in metodami določanja onesnaženosti vode ter vzpostavili stik z dr. Brigito Jamnik iz podjetja VO-KA, ki nam je posredovala podatke meritev onesnažil v ljubljanski pitni vodi med letoma 2003 in 2010. Meritve smo uredili in na njihovi podlagi sestavili več grafov iz katerih smo nato sklepali o splošni čistoči Ljubljanskih voda ter sestavili raziskovalno nalogo. Zanimalo nas je stanje ljubljanske pitne vode, razlike med prisotnostjo onesnažil na različnih predelih mesta ter ugotoviti morebitne vzroke za prisotnost onesnažil v vodi.

### 1.1 Ljubljanski vodovod

Prebivalci Ljubljane in bližnjih primestnih naselij se s pitno vodo oskrbujejo iz centralnega vodovodnega sistema, ki kot razvejana mreža leži pod urbanimi površinami mesta.

Naselja, ki so preveč oddaljena od tega sistema pridobijo vodo iz manjših lokalnih vodnih črpališč.

Vodni vir centralnega vodovodnega sistema so prodni vodonosniki Ljubljanskega polja in Barja, kjer se podzemna voda izkorišča v petih vodarnah: Kleče, Hrastje, Jarški prod, Šentvid in Brest.

Te meritve so bile izvedene na vzorcih pitne vode iz osmih vzorčnih mest centralnega vodovodnega sistema. Vzorčna mesta so pipe in javne ustanove (npr. šole, vrtci ali restavracije), kjer se voda uporablja kot pitna voda.

Ta mesta se nahajajo na Cesti v prod 100, Gašperšičevi 10, Zadobrovški 28a, Letališki cesti 38, Klopčičevi 1, Gerbičevi 60, Baragovi 11 ter na Cesti v Pečale 1. Meje ljubljanskega vodovodnega omrežja segajo na severu do Mednega in Tacna, na zahodu do Brezovice in Vnanjih Goric, proti jugu pa se raztezajo do Iga in Škofljice. Na vzhodu oskrbujejo naselja Sadinja vas, Sostro, Kašelj in Zalog, na severovzhodu pa sistem sega vse do Dolskega in Senožeti.

Dolžina omrežja znaša več kot 1100 km, oskrbujejo pa preko 325.000 prebivalcev.

Količina porabljene vode na osebo se med posameznimi območji oskrbe zelo razlikuje in znaša od 150-250 l/osebo/dan. Ljubljansko vodovodno omrežje je nastajalo v različnih zgodovinskih obdobjih, zato je zanj značilna raznolikost: sestavljeno je iz pestrih kombinacij cevi iz litega železa, nodularne litine, svinca, jekla, azbest cementa, polivinilklorida (PVC), poliestra, steklenih vlaken in različnih vrst polietilena. Vodarne so strogo varovana območja, obdana z zaščitno ograjo in pod stalnim nadzorom varnostne službe. Delovanje vodarn, prečrpalnic in vodohranov je vodeno in nadzorovano v centru vodenja - v vodarni Kleče. Tja se prenašajo vsi podatki o trenutnem delovanju posameznih objektov. Zaposleni nadzor nad omrežjem dnevno izvajajo vizualno, s pregledom trase vodovoda, delovanja zapiral in hidrantov, jaškov in naprav v njih ter odzračevalnih ventilov. Terenske ekipe so v stalni pripravljenosti, da v primeru okvar na določenem odseku posredujejo kar najhitreje. Presežki načrpane vode se črpajo v zbiralnike - vodohrane. Ker je okolica Ljubljane hribovita, so vodohrani na pobočjih, ki obdajajo mesto. Prav zato pa Ljubljana ne potrebuje vodnih stolpov, kot jih potrebujejo mesta, ki ležijo na ravninah.

Voda se na poti iz črpališč do uporabnikov v omrežju ne zadržuje dlje kot nekaj ur. Iz vodarn priteče načrpana voda po cevovodih, od katerih ima največja cev premer 70 cm. Vodovodno omrežje se pod mestom širi kot velikansko razvejano drevo. Premer vodovodnih cevi velikih premerov se pri uporabnikih zoži na cevi premera tudi do 25 mm. Tlak, ki še zadošča za nemoteno oskrbo najbolj oddaljenih uporabnikov, znaša minimalno

2 bara. V centralnem vodovodnem sistemu je vgrajenih približno 40 000 vodomero, njihovi odčitki pa so namenjeni obračunu porabljene vode. Pitna voda je eno najbolj preiskovanih živil. Notranji nadzor nad zdravstveno ustreznostjo in skladnostjo pitne vode izvajajo dnevno, vzporedno z zunanjim nadzorom, ki ga izvaja ministrstvo za zdravje. Notranji nadzor poteka skladno s sistemom HACCP, ki omogoča presojanje tveganj ter kontrolo celotnega sistema oskrbe.

Ko smo se odločili narediti to raziskovalno nalogo smo obiskali sodobno urejen laboratorij na Centralni čistilni napravi v Ljubljani za kemijsko preizkušanje vzorcev vode in usposobljeno osebje, ki zagotavlja sprotno in strokovno nadziranje kakovosti pitne vode v omrežju in vodnih virih.

V Mestni občini Ljubljana poleg centralnega vodovodnega sistema, ki se razteza tudi na območjih primestnih občin Brezovica, Dobrova-Polhov Gradec, Dol pri Ljubljani in Škofljica, upravljajo še lokalne vodovodne sisteme Prežganje, Mali Vrh pri Prežganju, Lipoglav in Šmarna gora.

## **1.2 Onesnaževala v pitni vodi**

Polucija voda je posledica onesnaževanja z organskimi substancami, različnimi kemijskimi spojinami, radioaktivnimi in drugimi nevarnimi snovmi iz industrije, kmetijstva in drugih oblik proizvodnje in storitev ter iz urbanih okolij; onesnažila so torej: pesticidi, herbicidi, težke kovine, razna gnojila ...

Vse to zmanjšuje uporabnost vode za pitje ali za druge namene, nepovratno ali za daljše obdobje pa onesnaži podzemne vode ter uničuje floro in favno v vodah ter ogroža življenja prebivalstva.

V naši nalogi smo se odločili za opazovanje 8 različnih polutantov, ki so pomembni za naše območje:

- atrazin in desetilatrazin sta lokalno v vodnih virih sicer še prisotna v koncentracijah, vendar so te blizu mejne vrednosti sposobnosti opreme za zaznavo,
- 2,6-diklorobenzamid je bil prisoten v vodnih virih pred desetimi leti,
- tri- in tetrakloroeten predstavljata razpršeno onesnaženje; pred 7 leti smo se srečevali z resnim onesnaženjem na prispevnem območju vodarne Hrastje,
- metolaklor je predstavljal pomembno onesnaženje vodnih virov tudi v letu 2005,
- nitrat oz. nitratni dušik je najden v gnojilih; je povezan s kmetijstvom, ki je pomembno za območje vzhodne Slovenije, manj pa za območje Ljubljane.

## **2 Materiali in metode dela**

### **2.1 Postopek meritev**

Naša voda je na splošno znana kot razmeroma čista. Vrednosti čistoče vode večinoma ne presegajo omejitve, ki je sicer strožja od Evropskega standarda za čistočo vode. Vsekakor pa so omejitve veliko nižje od koncentracije, ki bi bila za človeka nevarna.

Meritve so bile pridobljene mesečno na istih vzorčnih mestih. Vzorci vode so bili poslani v laboratorij, kjer so s pomočjo kromatografije ugotovili količino izmerjenih snovi v vodi. Od več kot 15 različnih snovi smo v grafu predstavili samo tistih 8, ki se največkrat pojavijo.

### **2.2 Razlaga sistema grafov**

S pomočjo dr. Brigitte Jamnik s podjetja Vo-Ka, so nam posredovali podatke iz raziskav pitne vode za obdobje 8-ih let (od leta 2003 do leta 2010). Te smo nato uredili, preučili in vnesli v posamezne preglednice s pomočjo računalniškega programa Microsoft Excel.

V vsaki preglednici je bila ena od merjenih snovi v celotnem obdobju raziskav na določenem območju Ljubljane. Podatke meritev v posameznih krajih smo nato iz preglednic vstavili v grafe, in sicer tako da je vsak graf predstavljal nihanja v vrednosti koncentracij izmerjenih delcev snovi v celotnem obdobju merjenja; vsak graf torej predstavlja spremembo količine izmerjene snovi v odvisnosti s časom.

Narejeni so trije grafi za vsako merilno točko v Ljubljani. Razlog za to je (ne)preglednost:

1. nitrati so merjeni v mg/l, medtem ko so ostali parametri v  $\mu\text{g/l}$ ,
2. od ostalih parametrov sta vedno izstopala tetrakloroeten in trikloroeten, saj se pri njiju meritve gibajo med [0] in [1], medtem ko se pri ostalih gibljejo meritve med [0] in [0,1], kar pa je spet povzročalo nepreglednosti, zato smo ju dali na poseben graf in tako jasneje videli gibanje parametrov.

V sledečih podpoglavjih so predstavljene spojine z raziskav, njihove glavne lastnosti in njihovi učinki na živa bitja.

## **2.3 Atrazin in desetilatrazin**

Atrazin je organski herbicid, ki so ga uporabljali za zatiranje večine širokolistnih plevelov in trav v kmetijstvu, pri pogozdovanju in v drugih nekmetskih dejavnostih.

V Sloveniji je v celoti prepovedan od leta 2003. V površinski vodi se razgradi s fotolizo in mikroorganizmi (tudi v anaerobnih pogojih); razpolovna doba je 10 - 105 dni. V podzemni vodi so našli atrazin tudi več let po uporabi (do enega desetletja).

V telesu se presnovi predvsem v desetilatrazin in desizopropilatrazin. Atrazin se hitro absorbira iz prebavil in se, skupaj z metaboliti, večinoma izloča z urinom. Pri visokih koncentracijah lahko atrazin moti in spreminja delovanje hormonov. Pripisujejo mu delovanje, podobno ženskim spolnim hormonom (estrogen).

Izmerjene koncentracije v pitni vodi (nekaj  $\mu\text{g/l}$ ), naj bi predstavljale zanemarljivo obremenitev za človeka. V študijah vpliva na moško neplodnost je bilo zaradi velikih odmerkov atrazina težko ločiti med neposrednim toksičnim in specifičnim hormonskim učinkom. Možno je, da bi ob istočasni izpostavljenosti nitratom nastajal v želodcu kancerogen nitrozoatrazin. Pri zarodku lahko povzroči nenormalno spolno in hormonsko dozorevanje. Environmental Protection Agency (EPA) ocenjuje, da ima desetilatrazin enak toksični učinek kot atrazin.

Desetilatrazin in desizopropilatrazin sta metabolna in razgradna produkta atrazina. Zanju veljajo enaki toksikološki zaključki in enake zahteve, kot za atrazin [5].

## **2.4 Tetrakloroeten**

Tetrakloroeten (tetrakloroetilen ali perkloroetilen) se največ uporablja v kemičnih čistilnicah, industriji kemikalij, kot odlično topilo za masti in olja (kot razmaščevalec).

International Agency for Research on Cancer (IARC) ga uvršča v skupino potencialno kancerogenih spojin (rakotvornih). Normativna vrednost po Pravilniku o pitni vodi je določena v vsoti skupaj s trikloretenom in je  $10 \mu\text{g/l}$  [5].

## **2.5 Trikloroeten**

Trikloroeten (tudi trikloroetilen) je brezbarvna, negorljiva, hlapna tekočina pekočega okusa, s sladkobnim vonjem. Uporablja se kot topilo oz. razredčilo začiščenje kovinskih in tekstilnih izdelkov ter v kemijski industriji.

V okolju je prisoten v zraku, vodi in zemlji kot onesnaževalec iz proizvodnje, uporabe ali odpadkov. V domačem okolju je lahko prisoten kot sestavina čistilnih sredstev, lepil, barvil

itd. V živilih ga najdemo zaradi uporabe onesnažene vode, čiščenja opreme s trikloroetenom ali pa absorpcije iz zraka.

Razpolovna doba v zraku je približno en teden. Iz površinskih vod hitro izhlapi, v podzemni vodi pa lahko ostane dolgo časa.

Trikloroetenu so ljudje izpostavljeni predvsem na delovnem mestu preko dihal. Preko prebavil vstopa z onesnaženo pitno vodo; pri tuširanju pa preko kože.

Ogroženi organi so jetra, ledvice, srce in živčevje. Na splošno so bolj občutljivi starejši in mlajši, prav tako osebe z obolenji jeter, ledvic in srca.

Vdihavanje majhnih količin lahko povzroči glavobol, omotičnost, težave pri koncentraciji ter draženje dihal. Vdihavanje velikih količin vodi do motenj delovanja srca, nezvesti in celo smrti. Vdihavanje v daljšem obdobju vodi do okvar živcev, ledvic in jeter. Stik s kožo lahko povzroči kožne izpuščaje. Nekatere študije so nakazale možnost, da povzroča raka (želodec, jetra, testisi, ledvica), zato ga uvrščamo kot verjetni dejavnik tveganja za nastanek raka.

Tako kot pri tetrakloroetenu je normativna vrednost določena po Pravilniku o pitni vodi v vsoti s tetrakloroetenom in je 10 µg/l.

Meja praga vonjanja je pri koncentraciji med 500 in 1000 mg/m<sup>3</sup> v zraku in 0,3 mg/l v vodi. Pri odločanju o ukrepih je treba razlikovati med količino trikloroetena v podzemni vodi na splošno in količino v določenem kosu podzemne vode. Odstranjevanje trikloroetena iz pitne vode je možno, vendar drago[5].

## **2.6 Nitrat in nitratni dušik**

Nitratni dušik je pogosto uporabljan kot vrtno in kmetijsko gnojilo. Je kemikalija, ki nastaja pri razpadu odpadnih materialov, kot sta gnoj in odplake.

Če novorojenčki mlajši od 6 mesecev starosti pijejo vodo, ki vsebuje več kot 50 mg/l nitratnega dušika, so dovzetni za metemoglobinemijo, bolezen pri kateri je hemoglobin v oksidirani obliki in ni sposoben nase vezati kisika.

Nedavne raziskave tudi kažejo, da je visoko nitratna voda povezana s prirojenimi napakami in splavi, zato bi se nosečnice morale izogibati pitju vode z visoko koncentracijo nitratov. Visoke meritve koncentracije nitrata tudi kažejo na možno prisotnost drugih onesnaževalcev. Nitrit je nestabilna oblika, ki je najdena v majhnih koncentracijah skupaj z nitratom.

Sprejemljivi rezultati so do 10 mg/l nitratnega dušika ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ) ali nitrata in nitritnega dušika ( $\text{NO}_2\text{N}+\text{NO}_3\text{-N}$ ). Priporočeno je manj kot 2 mg/l. Ko je omenjen kot nitrat ( $\text{NO}_3$ ), je sprejemljiva raven 45 mg/l ali manj[5].

## **2.7 2,6-diklorobenzamid**

Diklobenil je benzonitrilni herbicid za zatiranje plevela in trav na kmetijskih in drugih površinah. Iz površinske vode in iz zemlje hitro izhlapeva.

Glavni metabolit diklobenila je 2,6-diklorobenzamid. Če ni pogojev za izhlapevanje diklobenila, se spirata v podzemno vodo. V anaerobnih pogojih v zemlji sta oba zelo mobilna in obstojna. V rastlinah se diklobenil presnovi, zato smo mu pri uživanju izpostavljeni le preko vode, 2,6- diklorobenzamidu pa tudi preko hrane.

Po zaužitju se hitro absorbirata iz prebavil in večinoma izločata preko urina. V kratkotrajnih študijah na živalih je bil 2,6-diklorobenzamid blago toksičen pri uživanju. V dolgotrajnih študijah na živalih je bil 2,6-diklorobenzamid povezan z manjšo telesno težo in večjo težo jeter. 2,6-diklorobenzamid je razvojno in reproduktivno toksičen, ni mutagen in ne genotoksičen[5].

## **2.8 Metolaklor**

Metolaklor je herbicid, ki se uporablja za zatiranje nekaterih plevelov v kmetijstvu, ob cestah in pri vzgoji okrasnih rastlin.

V okolju ga lahko najdemo v zemlji, vodi in v zraku. Ljudje lahko pridejo z njim v stik z vdihavanjem ali pa na hrani. Razgradnja metolaklora je odvisna od pogojev v okolju (aktivnost mikroorganizmov, temperatura, sončno sevanje, tip zemlje, prisotnost sedimentov v vodi ...). Pogosteje je najden v površinski vodi kot v podtalnici.

Učinek na zdravje je odvisen od odmerka, načina vnosa, trajanja izpostavljenosti.... Študije na živalih so pokazale, da se zaužiti metolaklor hitro razgradi v metabolite, ki se skoraj popolnoma izločijo v urin in blato (metolaklora v urinu, blatu ali tkivih niso našli), da je pri zaužitju in inhalaciji blago toksičen in lahko draži kožo. Naj bi bil strupen za jetra.

Metolaklor draži kožo, oči in sluznice. Znaki zastrupitve z visokimi odmerki vodijo v odpovedi različnih organskih sistemov. Svetovna zdravstvena organizacija (SZO/WHO) je za pitno vodo določila mejno vrednost 0,1 µg/l. Ukrepi za zmanjšanje koncentracije pesticidov v pitni vodi morajo biti usmerjeni primarno v izbiro in zaščito vodnega vira; možna rešitev je tudi zamenjava vira pitne vode. Večino koncentracij teh parametrov se da znižati z uporabo aktivnega oglja. Ta je netopen v vodi in alkoholu, deluje pa kot absorbent [5].

## 2.9 Lokacije meritev

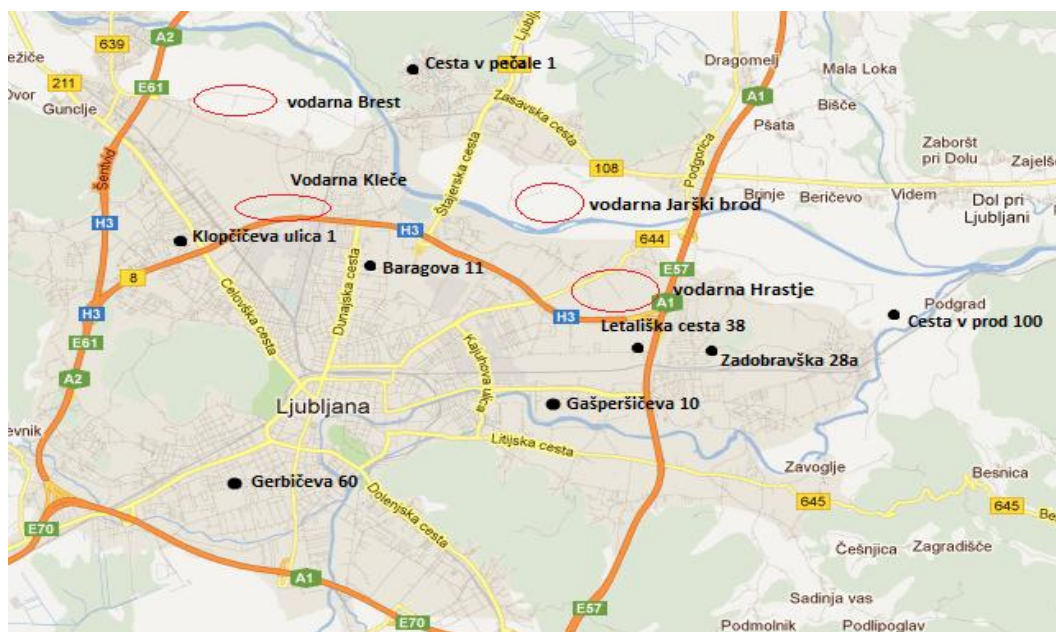
Meritve so bile izvedene na vzorcih pitne vode iz osmih vzorčnih mest centralnega vodovodnega sistema.

Te se nahajajo na Cesti v prod 100, Gašperšičevi 10, Zadobrovški 28a, Letališki cesti 38, Klopčičevi 1, Gerbičevi 60, Baragovi 11 ter na Cesti v Pečale 1 (glej spodnji zemljevid). Vzorčna mesta so pipe in javne ustanove (npr. šole, vrtci ali restavracije), kjer se voda uporablja kot pitna voda.

Meritve morajo biti pridobljene sterilno – brez stikov z snovmi, ki kontaminirajo vzorec. Zelo pomemben za pregled meritev je izvor vzorca.

**Tabela 1: Vsaka merilna točka črpa vodo iz ene izmed petih vodarn v Ljubljani**

| Lokacija              | Vodarna                |
|-----------------------|------------------------|
| Zadobrovška cesta 28a | Hrastje in Jarški brod |
| Cesta v prod 100      | Hrastje in Jarški brod |
| Gašperšičeva ulica 10 | Hrastje in Jarški brod |
| Letališka cesta 38    | Hrastje in Jarški brod |
| Baragova ulica 11     | Kleče                  |
| Gerbičeva ulica 60    | Brest                  |
| Klopčičeva ulica 1    | Šentvid                |



**Slika 1: Lokacije vodarn in vzorčnih mest centralnega vodovodnega sistema**

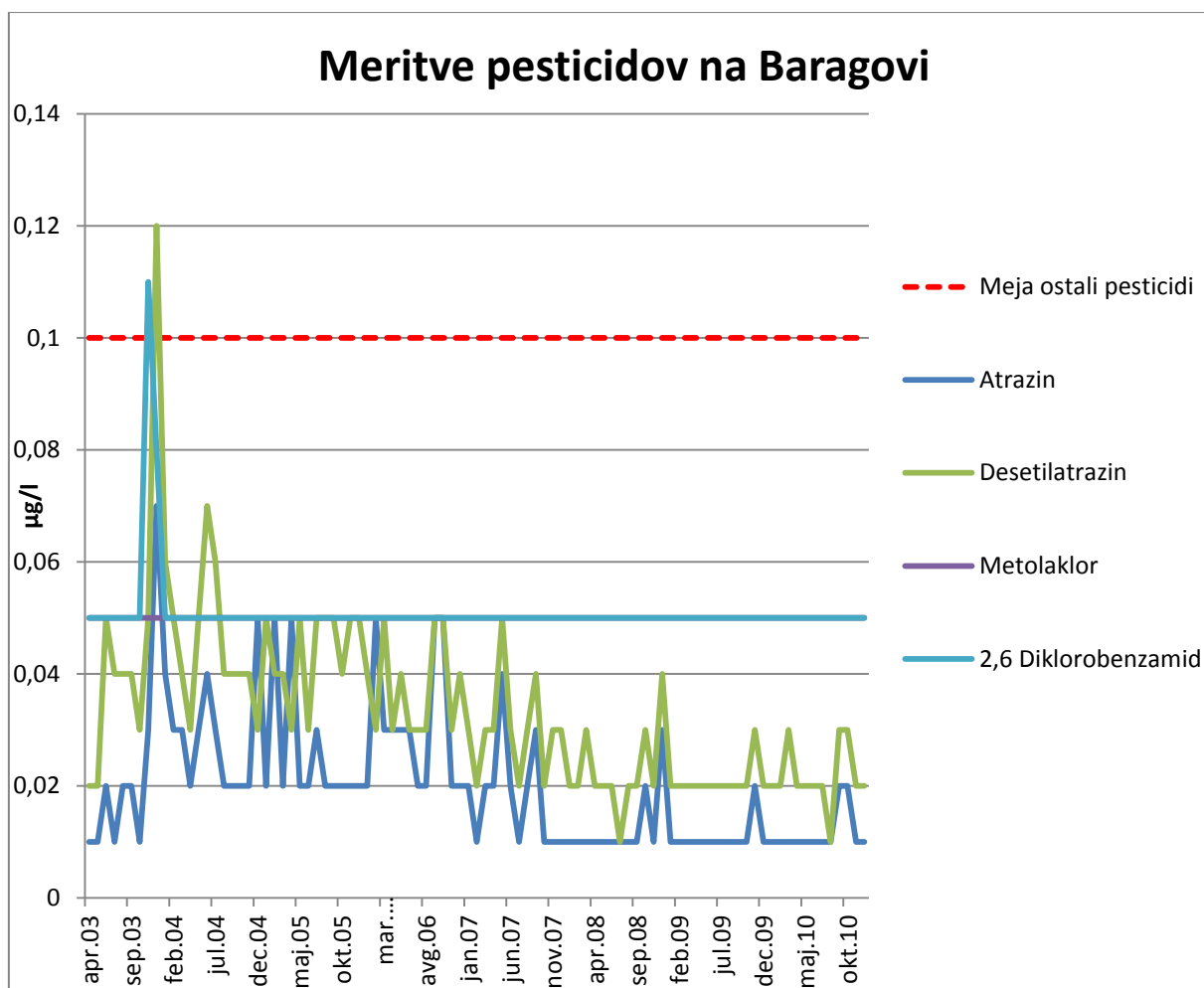
### 3 Rezultati

Podatki meritev iz posameznih krajev so grafično predstavljeni, in sicer tako, da vsak graf predstavlja nihanja v koncentracijah izmerjenih delcev snovi v celotnem obdobju merjenja.

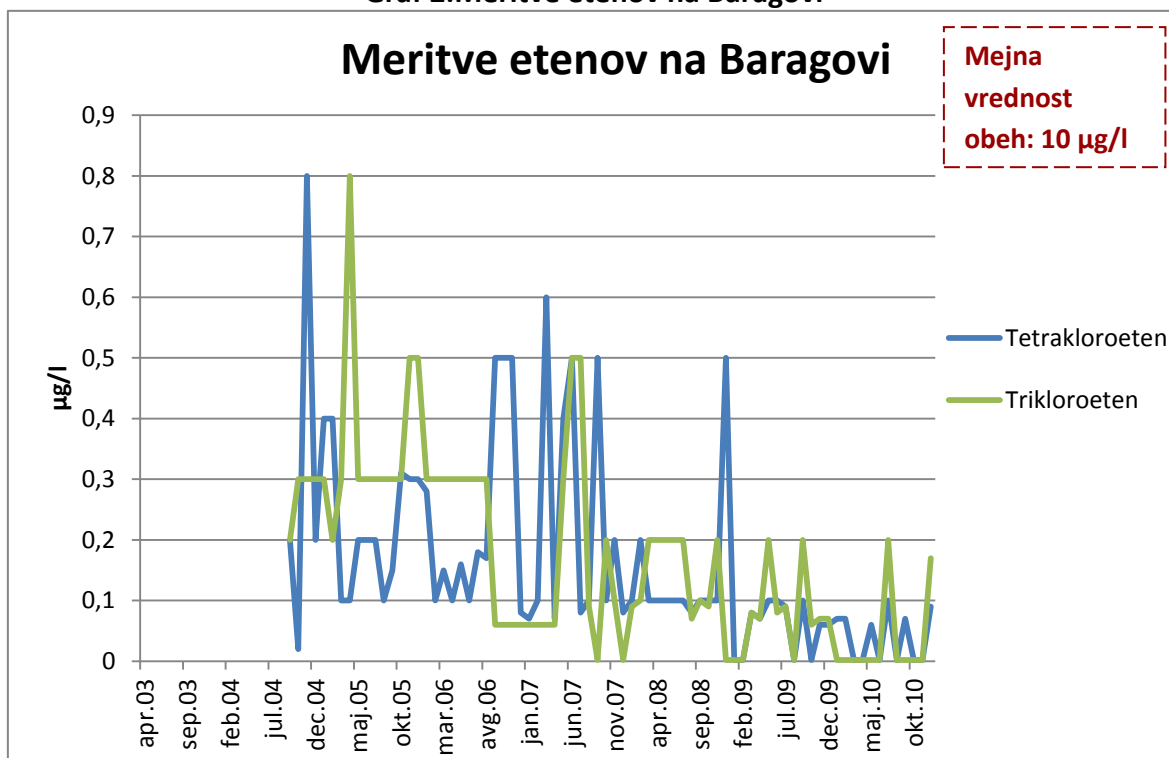
Zaradi preglednosti smo naredili za vsako lokacijo 3 ločene grafe, in sicer smo vanje posamezno vključili meritve pesticidov, etenov in nitratov.

#### 3.1 Baragova ulica

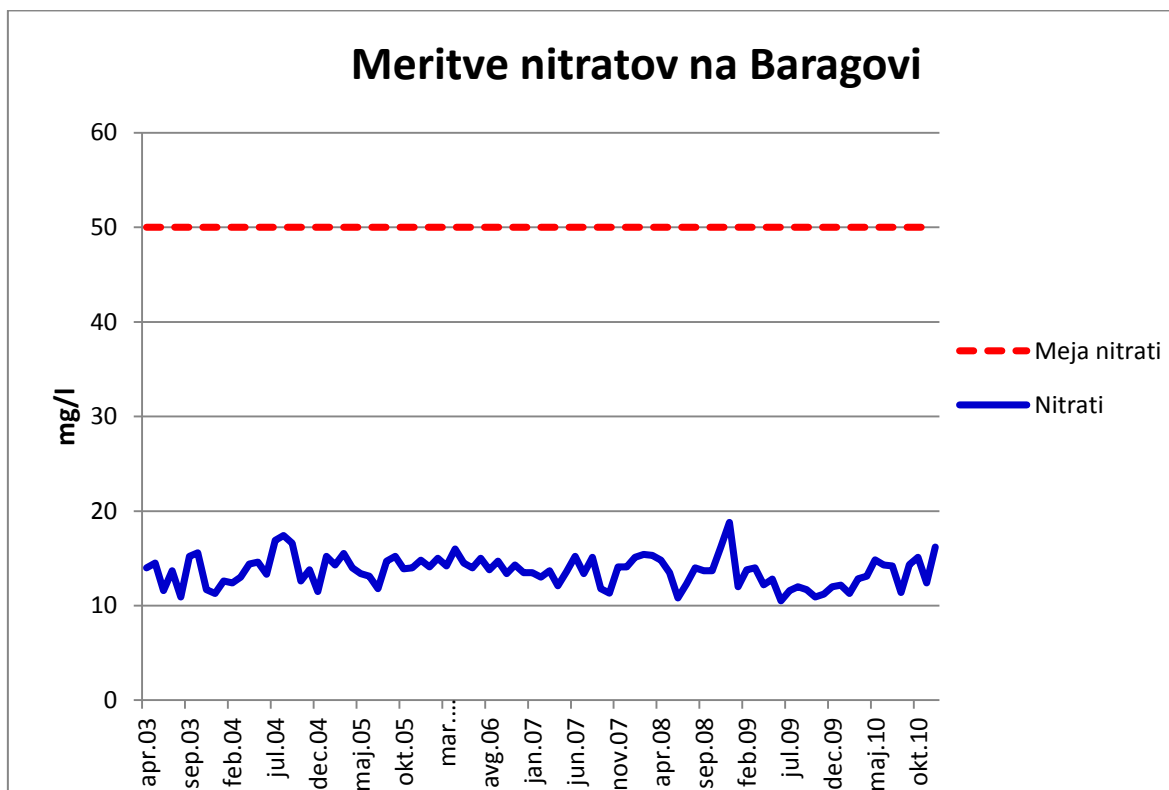
Graf 1: Meritve pesticidov na Baragovi



Graf 2: Meritve etenov na Baragovi

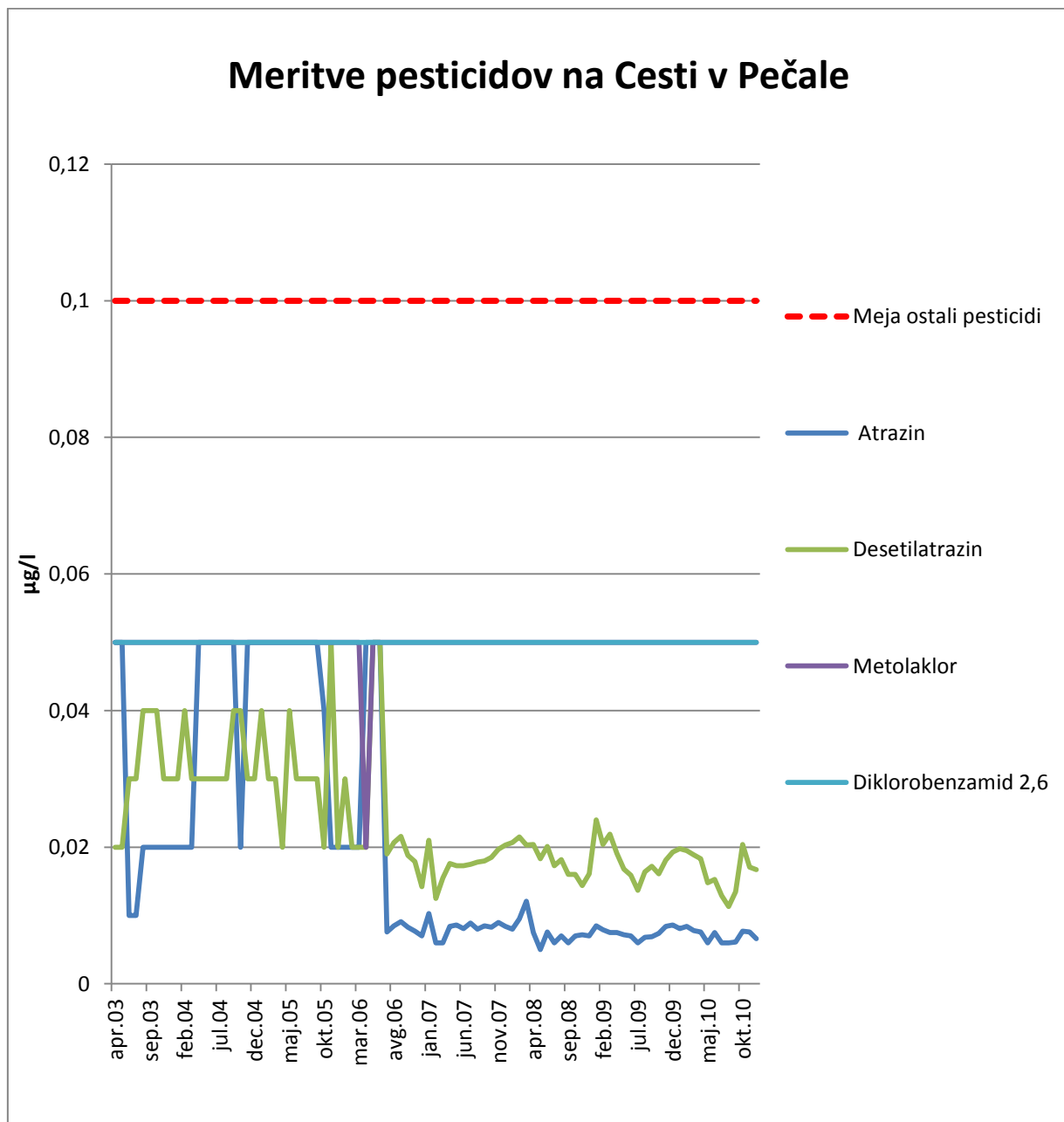


Graf 3: Meritve nitratov na Baragovi

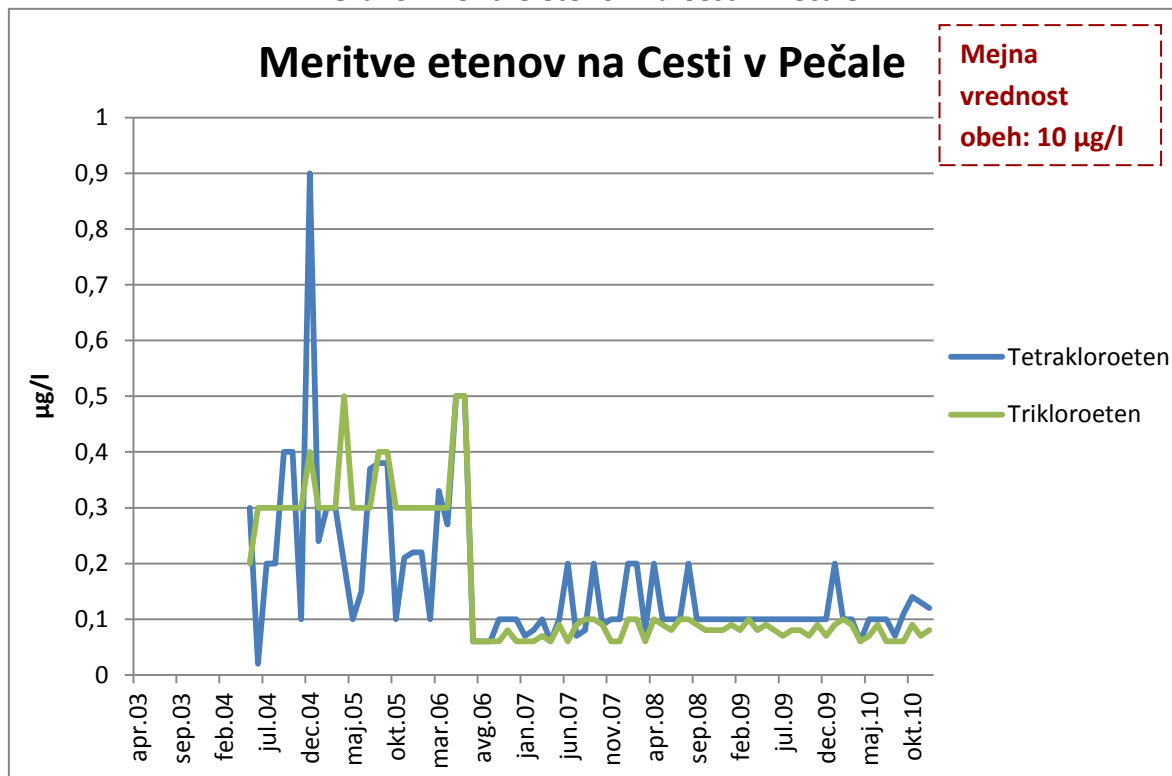


### 3.2 Cesta v Pečale

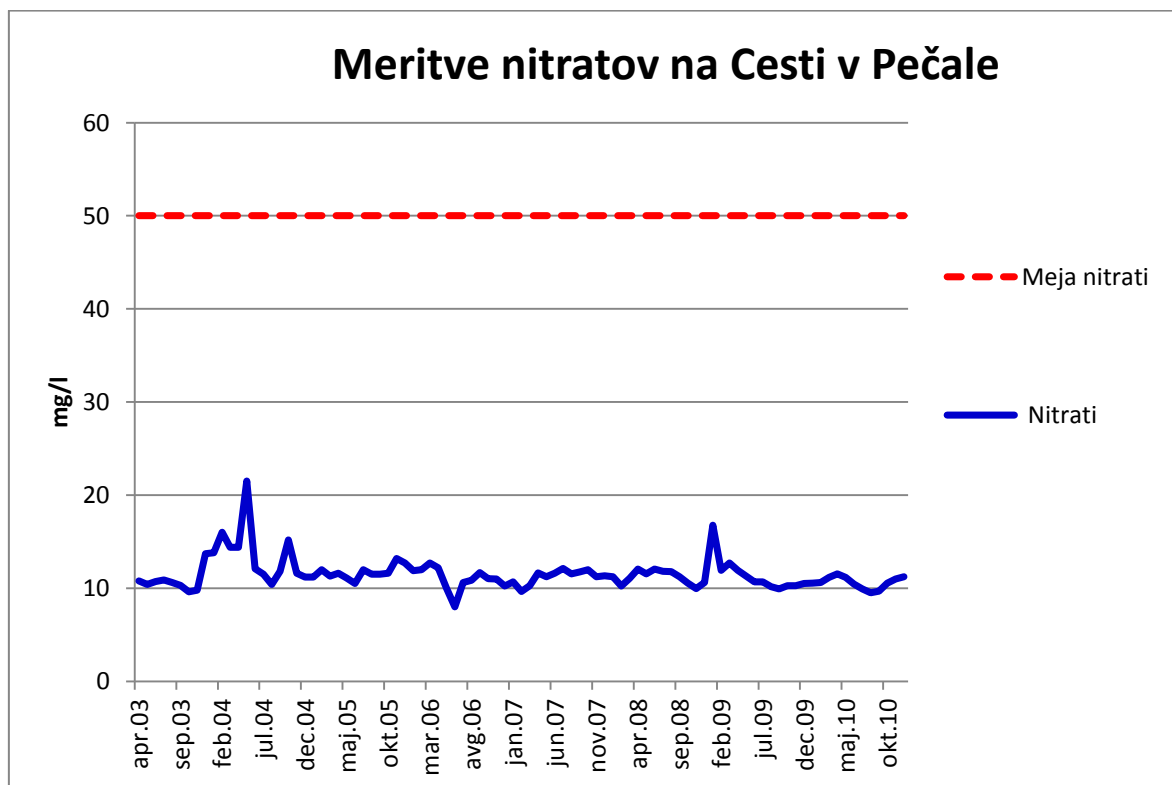
Graf 4: Meritve pesticidov na Cesti v Pečale



Graf 5: Meritve etenov na Cesti v Pečale

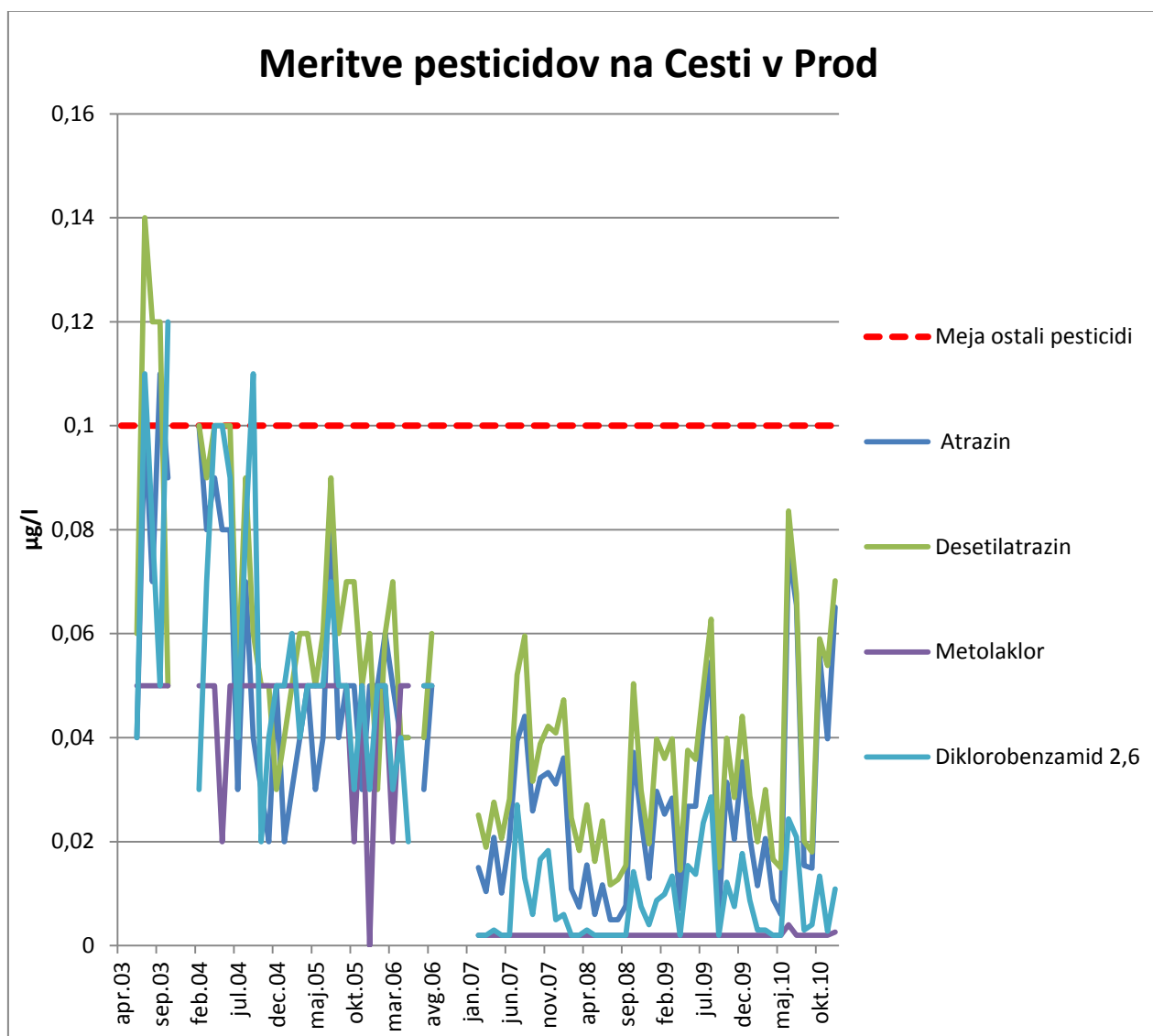


Graf 6: Meritve nitratov na Cesti v Pečale

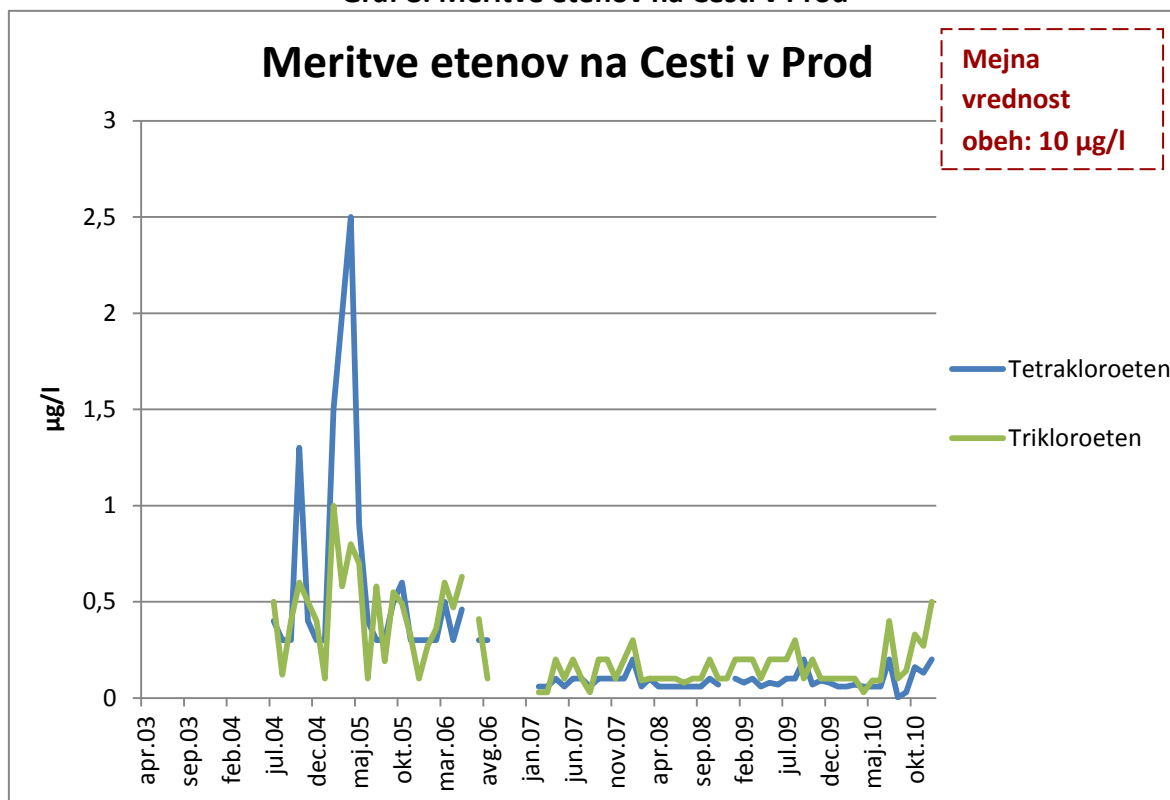


### 3.3 Cesta v Prod

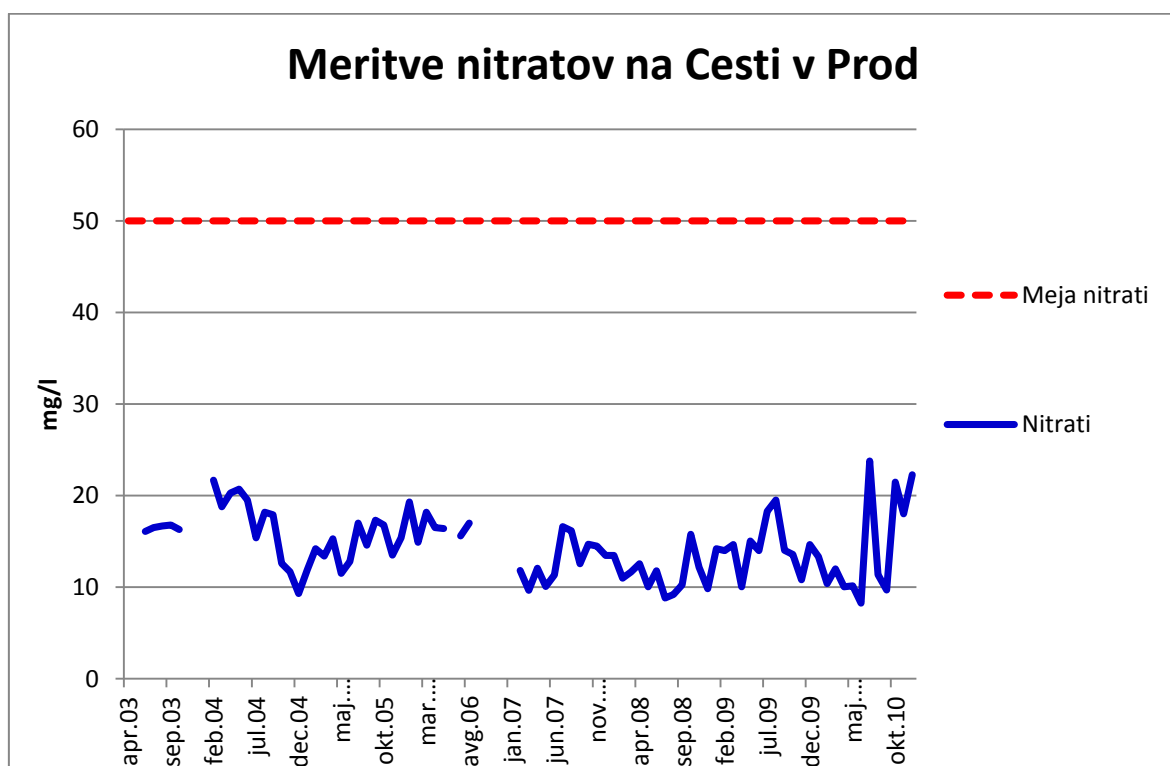
Graf 7: Meritve pesticidov na Cesti v Prod



Graf 8: Meritve etenov na Cesti v Prod

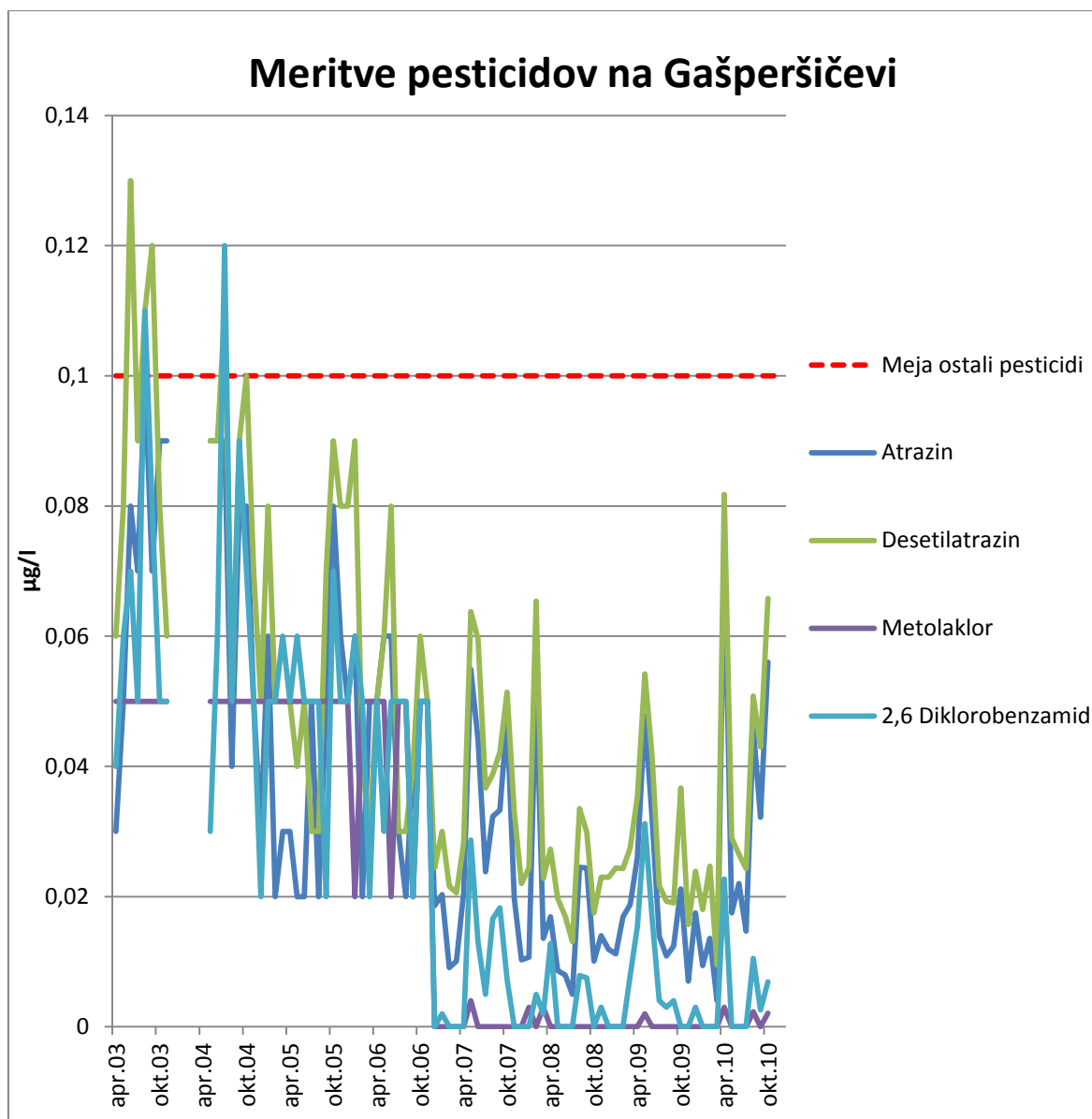


Graf 9: Meritve nitratov na Cesti v Prod

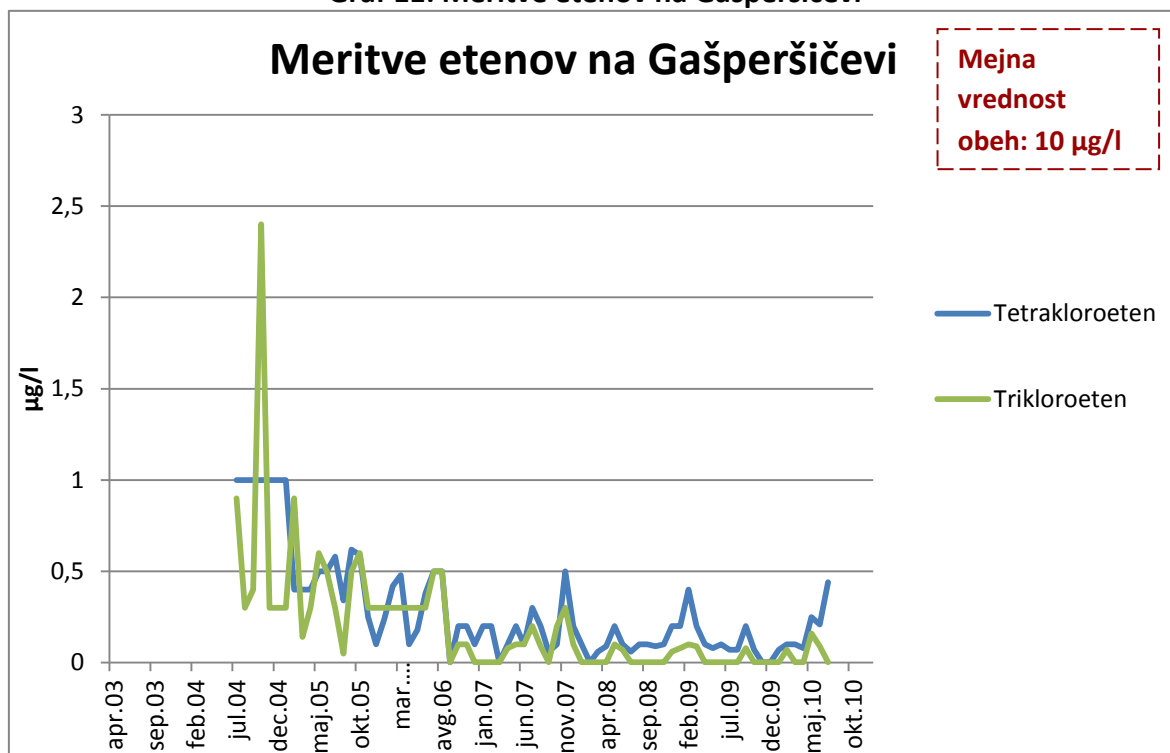


### 3.4 Gašperšičeva ulica

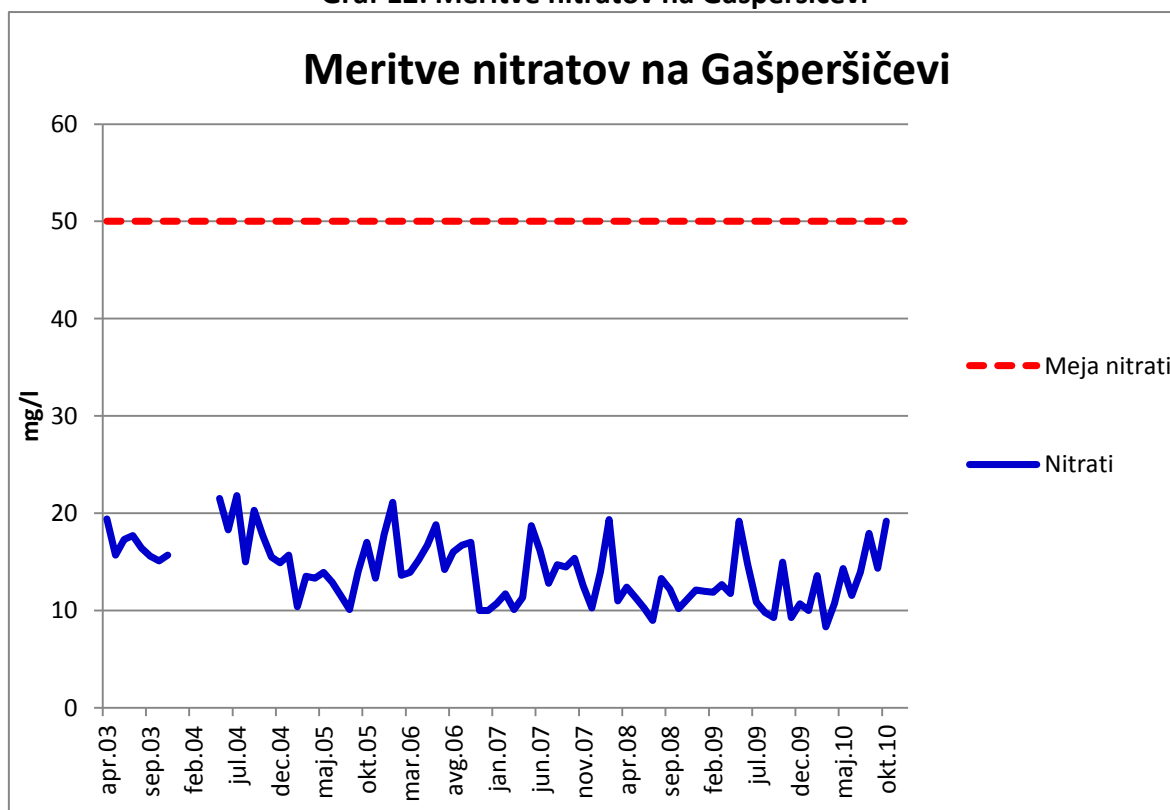
Graf 10: Meritve pesticidov na Gašperšičevi



Graf 11: Meritve etenov na Gašperšičevi

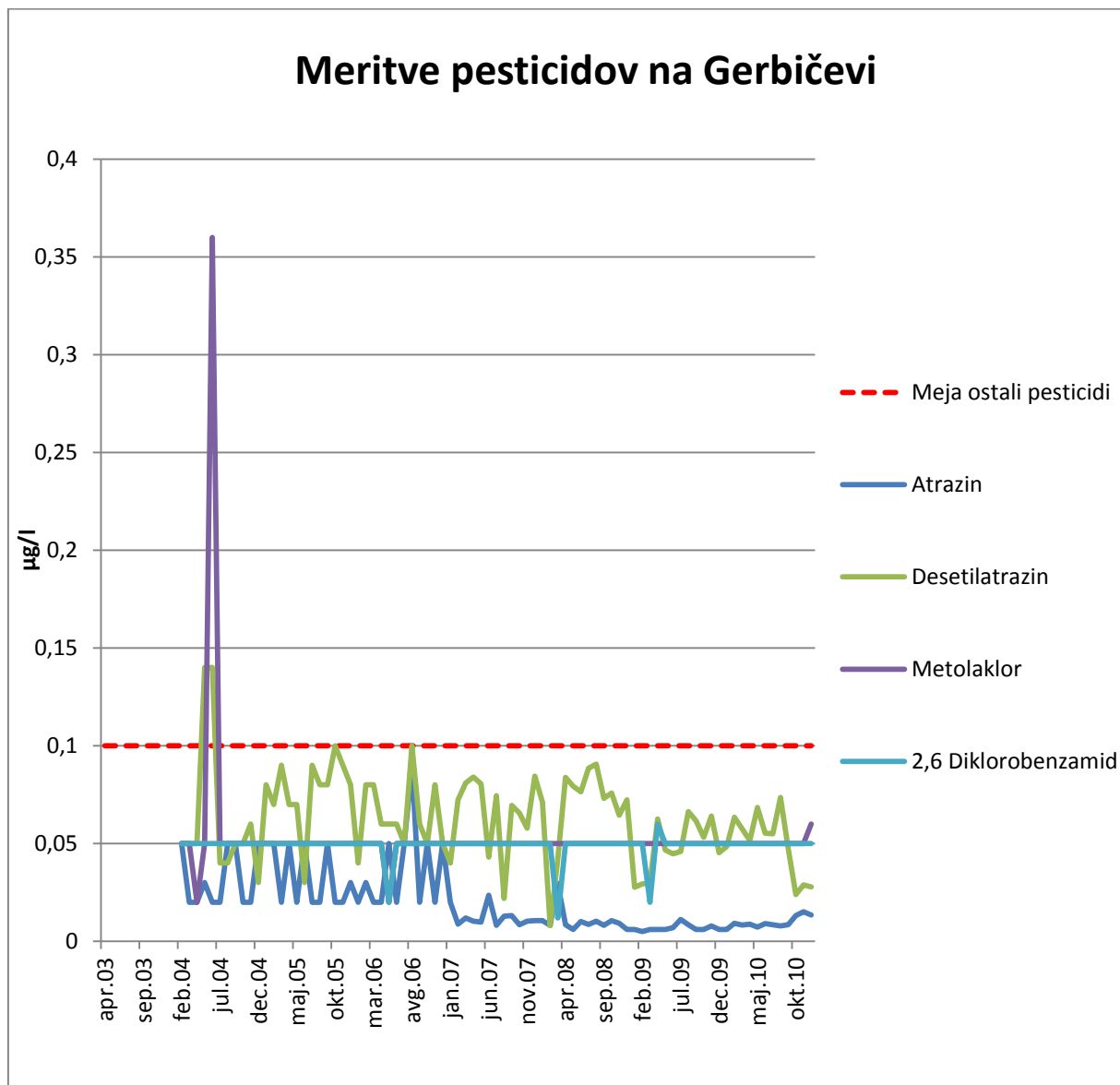


Graf 12: Meritve nitratov na Gašperšičevi

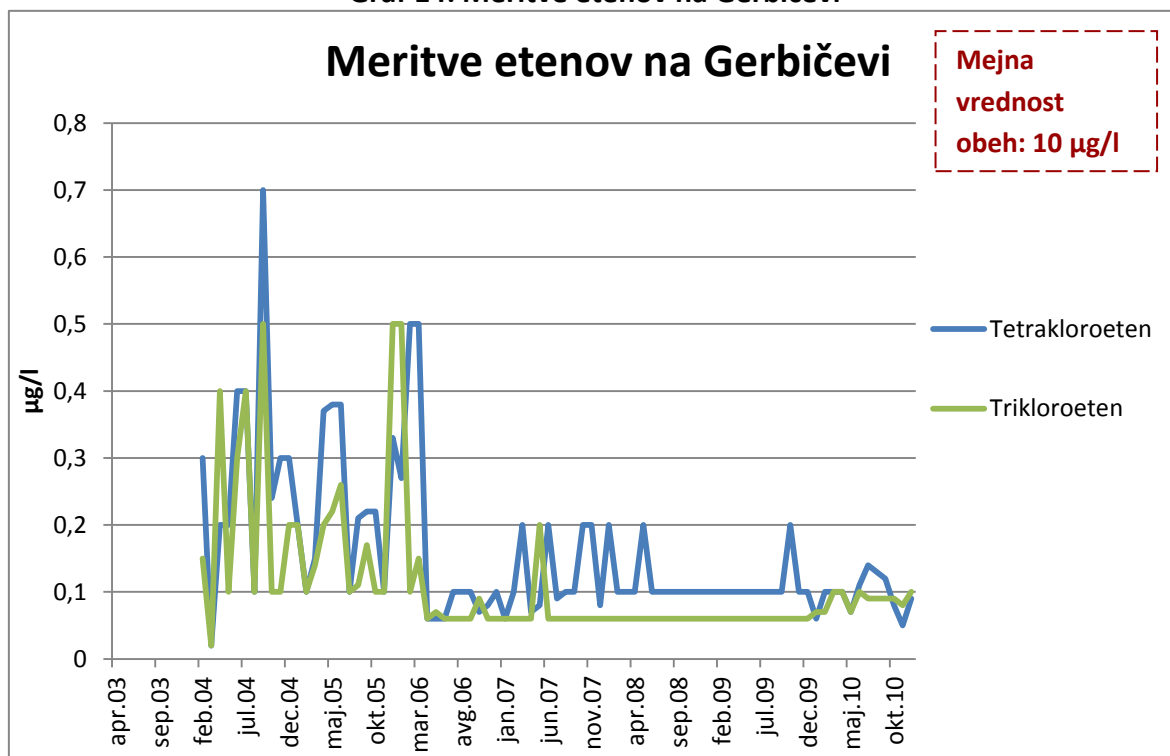


### 3.5 Gerbičeva ulica

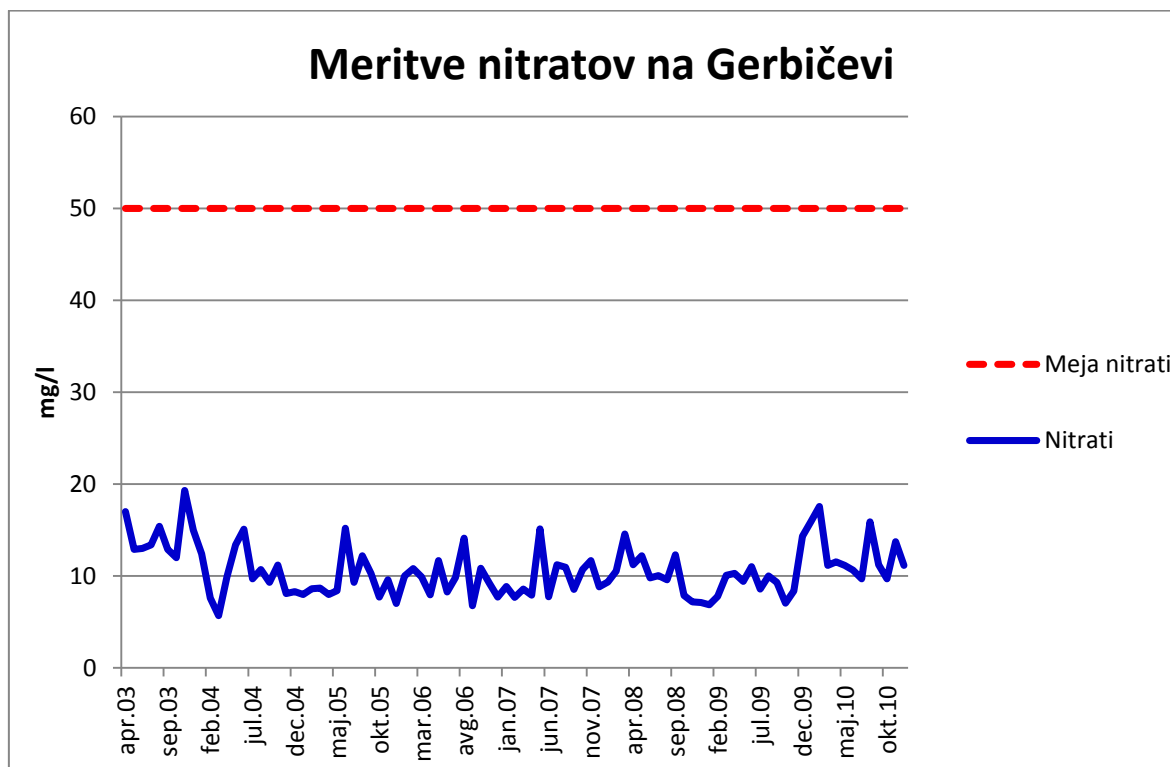
Graf 13: Meritve pesticidov na Gerbičevi



Graf 14: Meritve etenov na Gerbičevi

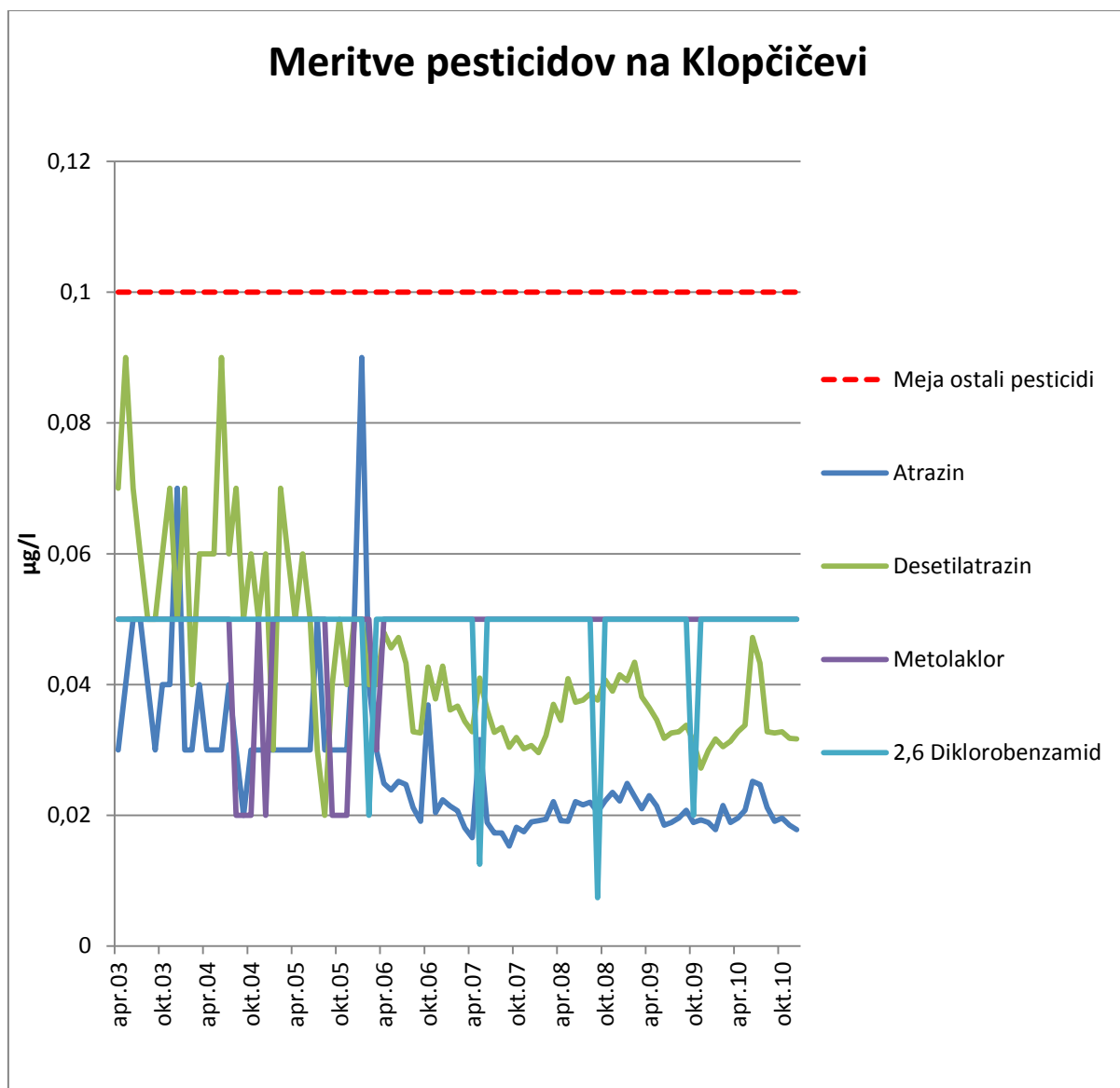


Graf 15: Meritve nitratov na Gerbičevi

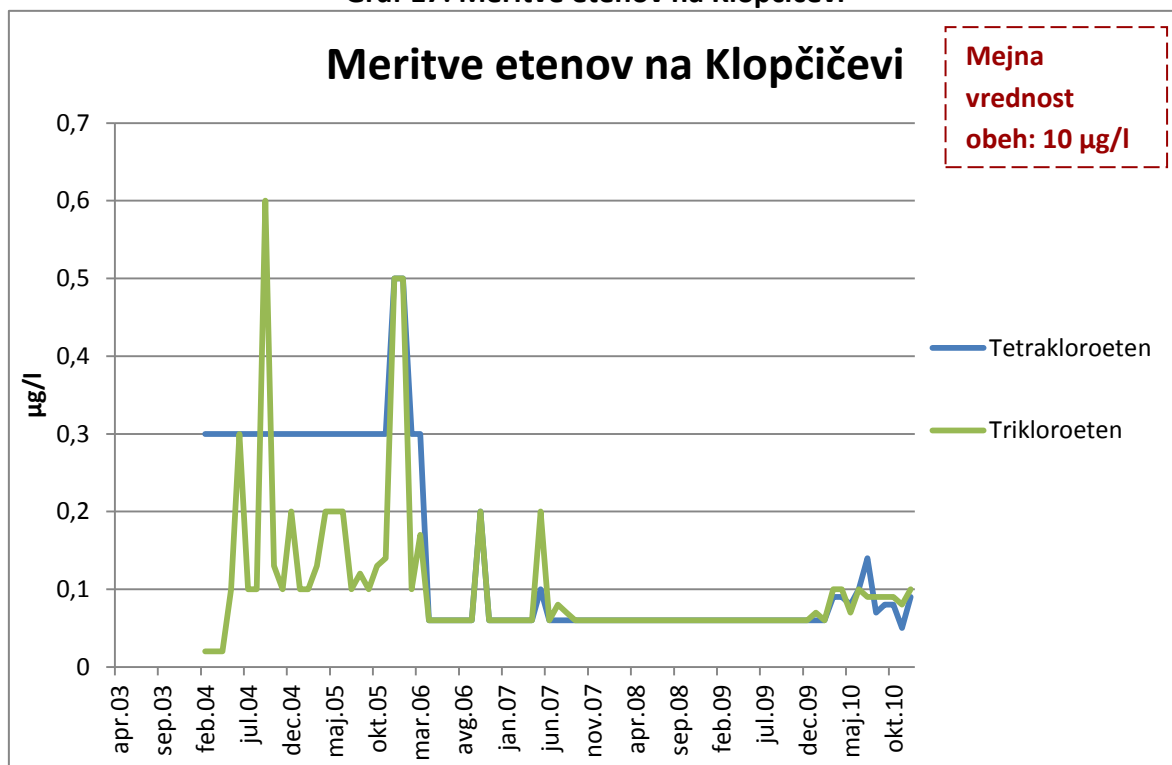


### 3.6 Klopčičeva ulica

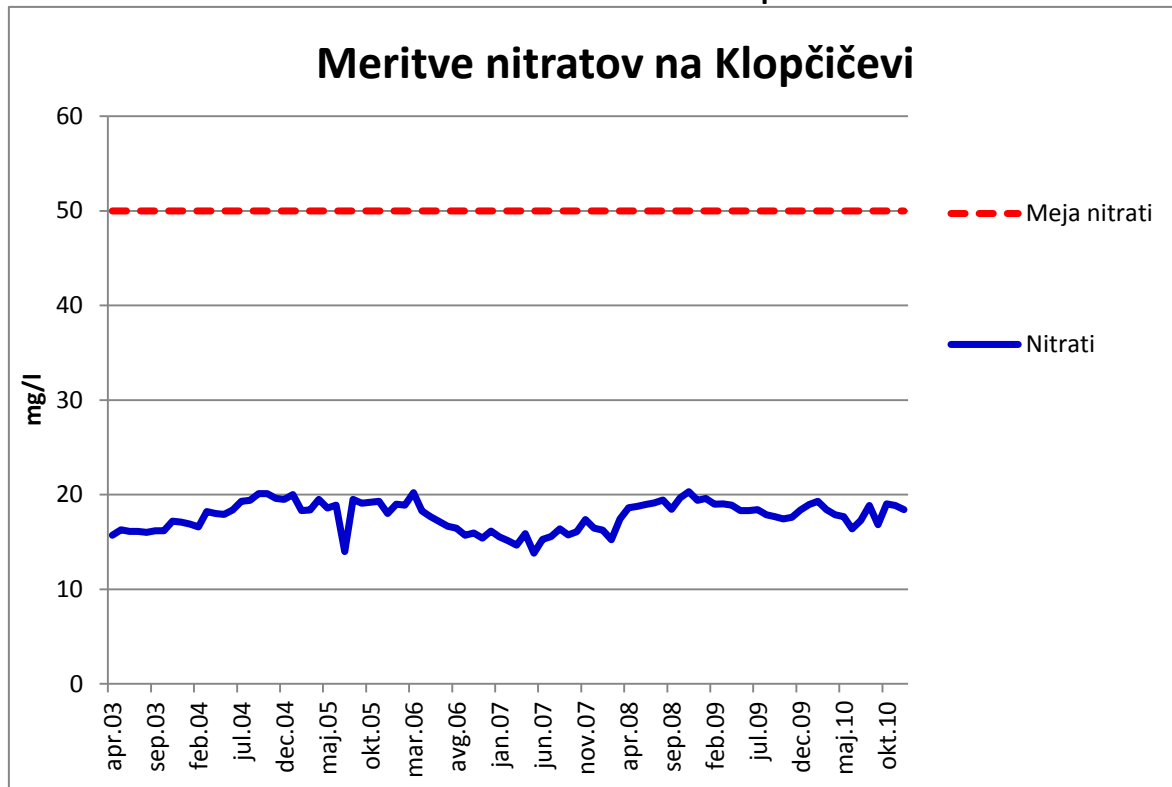
Graf 16: Meritve pesticidov na Klopčičevi



Graf 17: Meritve etenov na Klopčičevi

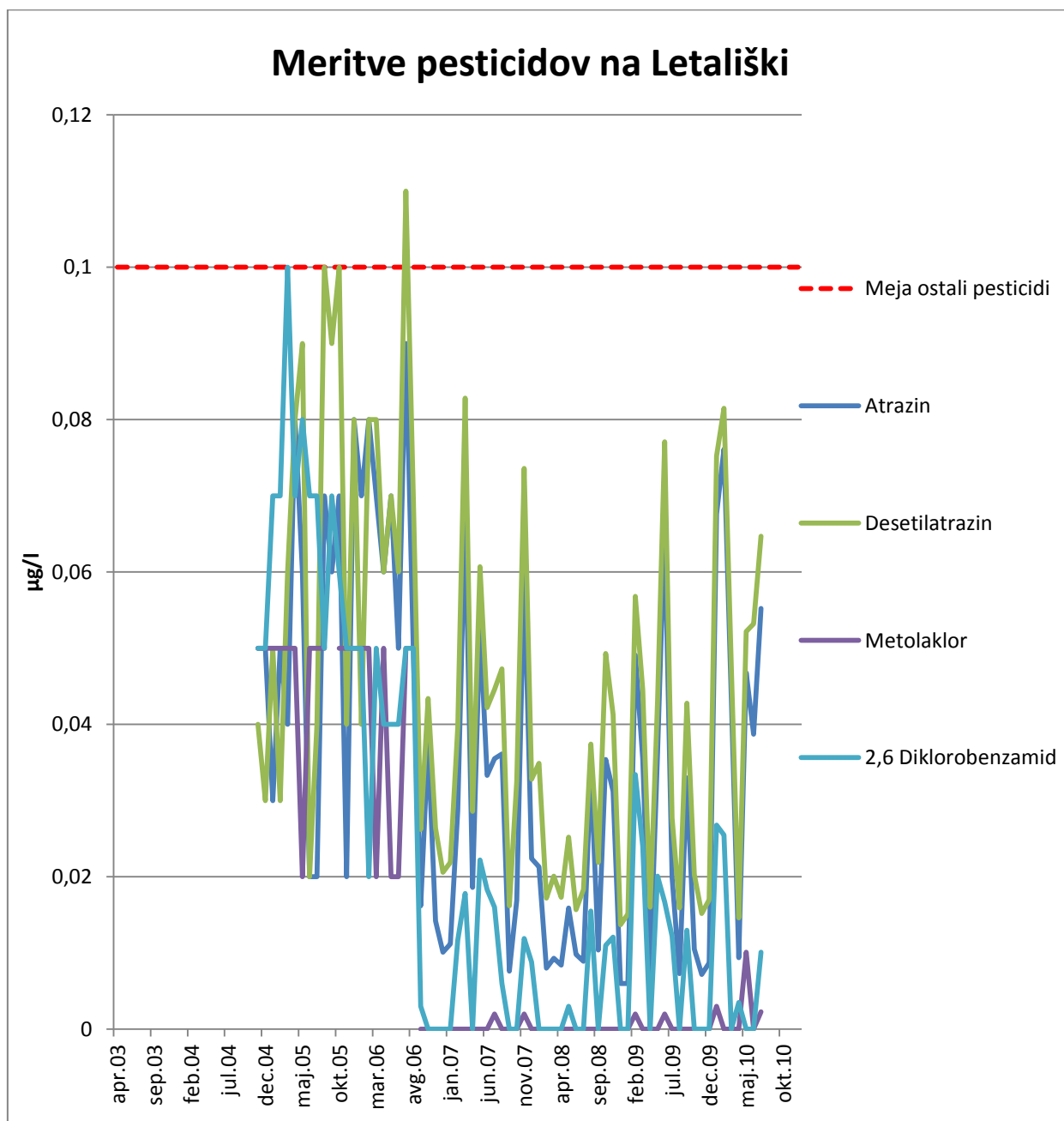


Graf 18: Meritve nitratov na Klopčičevi

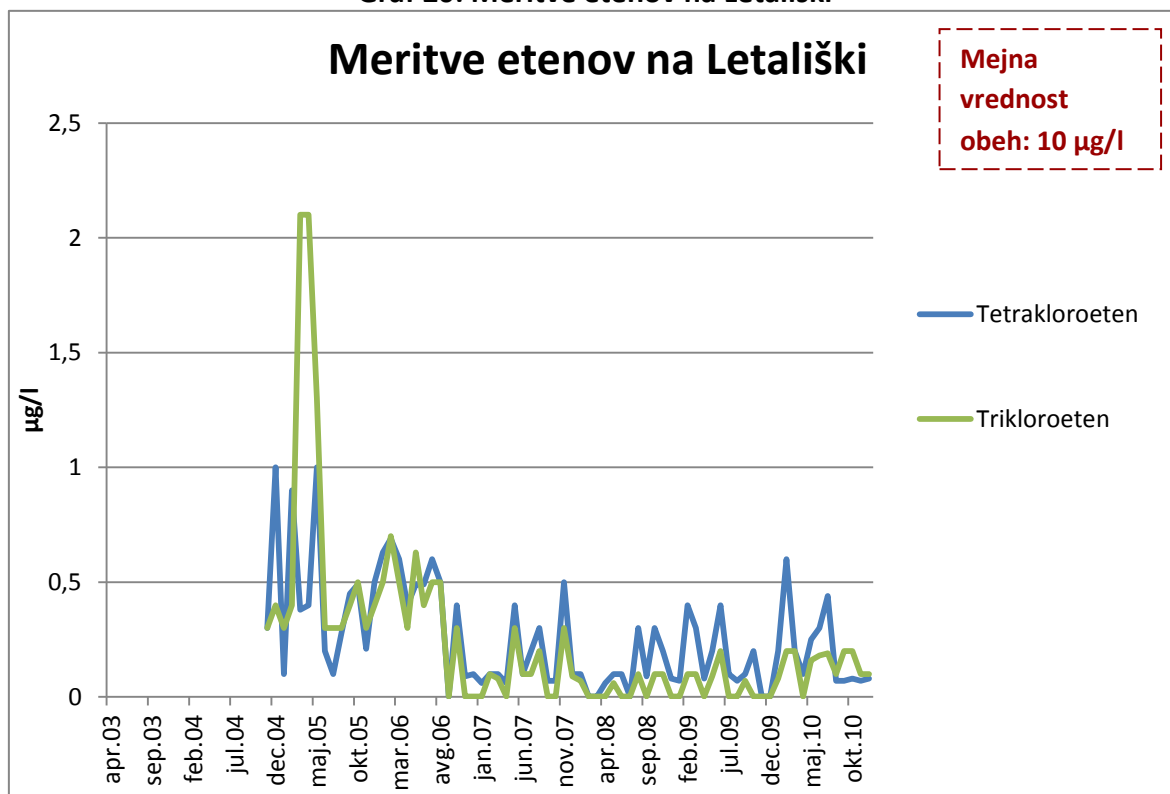


### 3.7 Letališka cesta

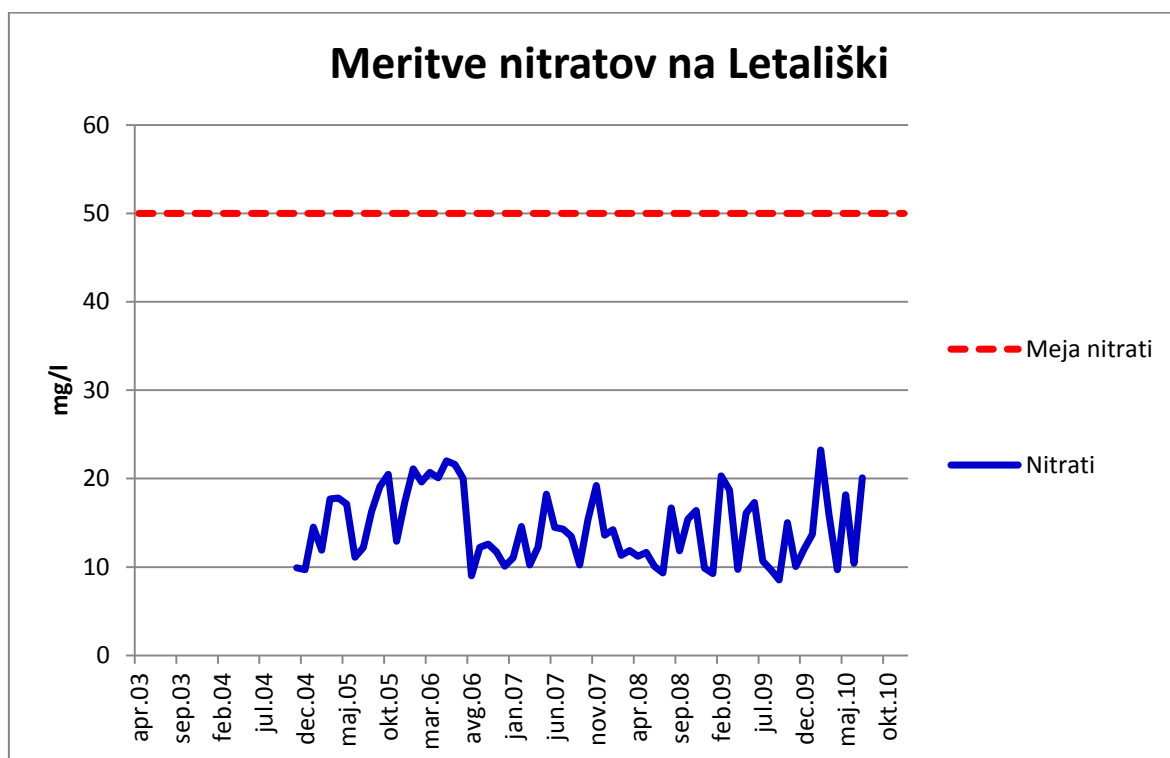
Graf 19: Meritve pesticidov na Letališki



Graf 20: Meritve etenov na Letališki

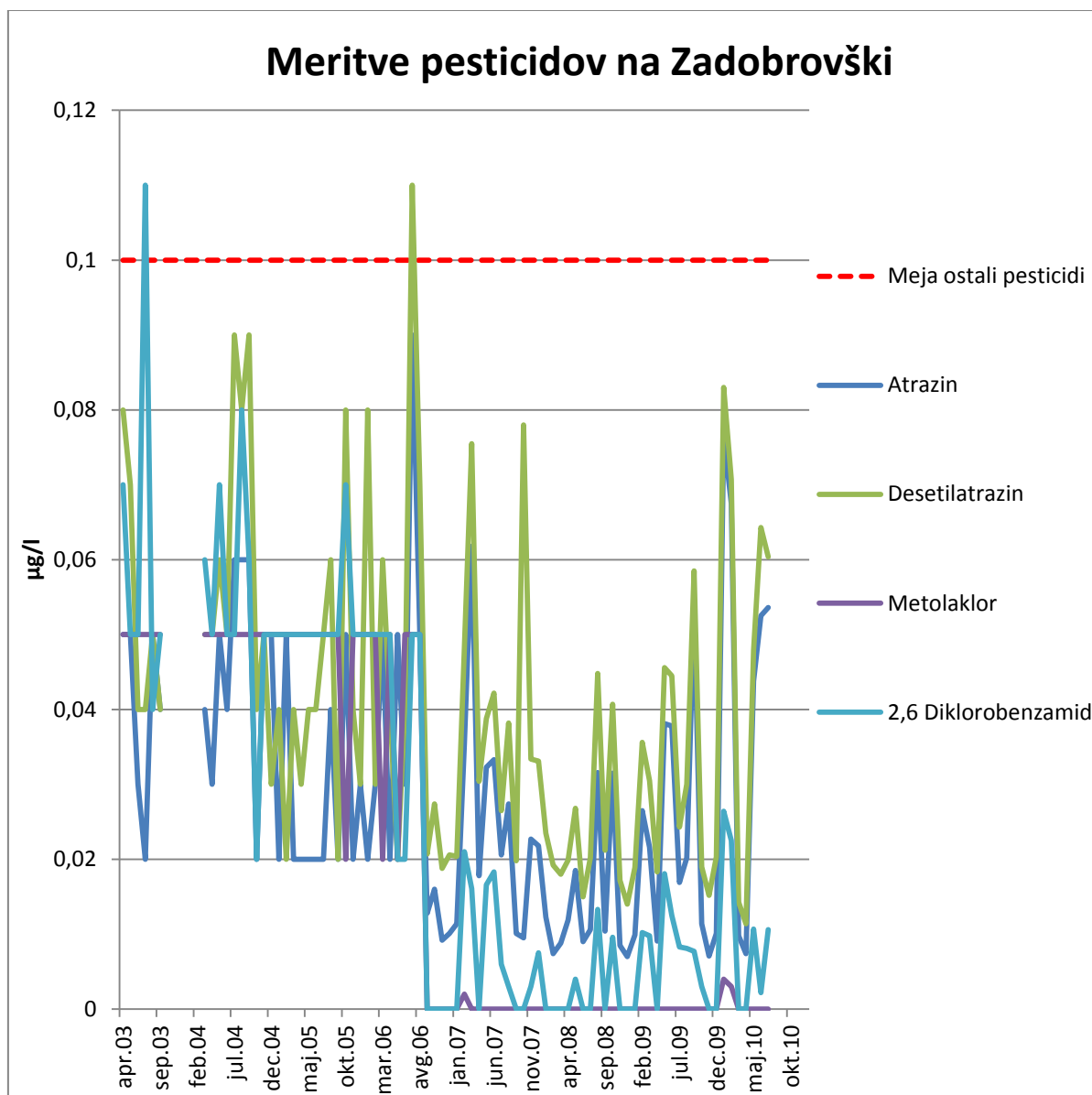


Graf 21: Meritve nitratov na Letališki

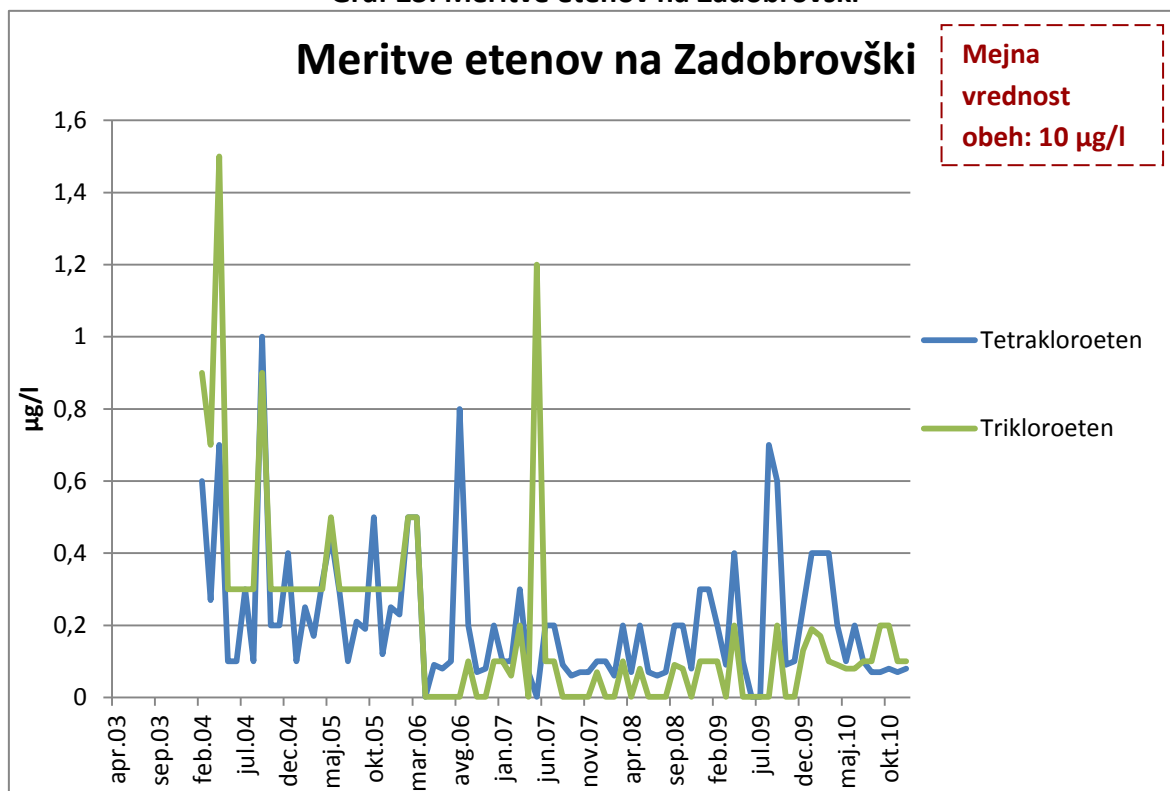


### 3.8 Zadobrovska cesta

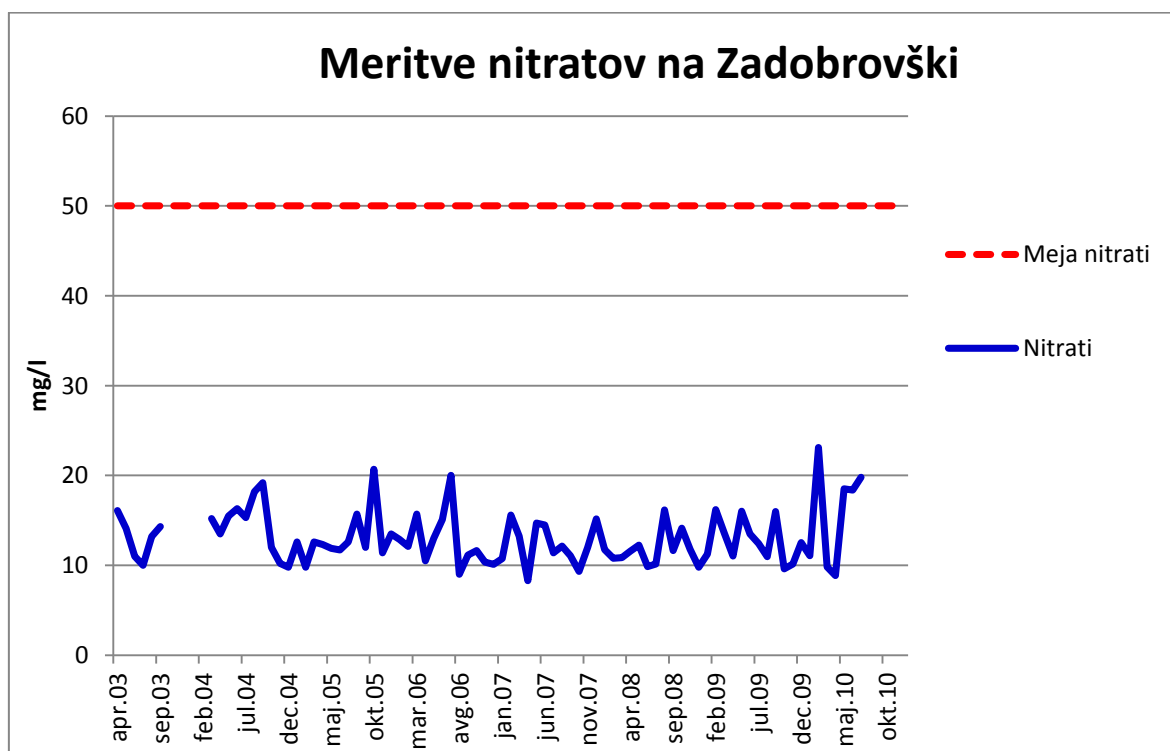
Graf 22: Meritve pesticidov na Zadobrovški



Graf 23: Meritve etenov na Zadobrovški



Graf 24: Meritve nitratov na Zadobrovški



## 4 Diskusija

„Voda je nepogrešljiva za življenje. Količina sveže vode na Zemlji je omejena, in njena kvaliteta je pod stalnim pritiskom. Ohranjanje kvalitete pitne vode je pomembno za dobavo pitne vode, produkcije hrane in rekreacijske porabe. Vodo lahko onesnaži prisotnost infekcijskih agentov, strupenih snovi in radiološko nevarnih snovi.“

(WHO, 2011; vir: <http://www.who.int/topics/water/en/>)

V naši raziskovalni nalogi smo želeli izvedeti, kako čista in zdrava je ljubljanska voda. Naloge smo se lotili postopno: najprej smo poizvedeli o načinih opredelitve čistosti vode, nato smo poiskali možne vire za našo nalogo. S pomočjo dr. Brigitte Jamnik s podjetja Vodovod Kanalizacija, smo pridobili dostop do arhiva meritvenih laboratorijskih raziskav jih uredili in na njih s pomočjo grafov osnovali našo nalogo.

Obdelali smo vse dostopne podatke osmih let, to je, od aprila 2003 do decembra 2010. Enormno količino podatkov smo najprej iz arhiviranih zapisov prenesli v tabele in jih s pomočjo računalniškega programa Microsoft Office Excel grafično prikazali.

Zaradi nekaterih pomanjkljivih podatkov smo še vedno imeli vrzeli v grafih, ki so nastale zaradi izgubljenih meritev oz. takrat te snovi niso bile še merjene. Tako so bile meritve etenov izvedene šele po letu 2004. Na lokaciji Cesta v Prod manjkajo podatki za vse parametre v času od oktobra do januarja 2004, meritve za mesec julij 2005 ter od septembra do decembra 2005. Na Gašperšičevi pa ni podatkov za vse parametre v času od oktobra 2003 do januarja 2004. Na Gerbičevi manjkajo podatki od aprila 2003 do januarja 2004. Na Letališki se je začelo zbiranje podatkov šele decembra 2004. To povezujemo s povečanjem pomena BTC-ja.

Iz grafov je vseeno dovolj jasno razvidno, da se je količina snovi v vodi v povprečju zmanjšala od začetka merjenja v letu 2003 do konca meritev leta 2010, kar je med drugim posledica postopnega izboljšanja tehnološkega razvoja naprav in metod določanja

onesnažil v vodi ter načinov zapisa: od leta 2007 dalje so bili vsi pesticidi merjeni v ng/l; eteni v µg/l in nitrati v mg/l.

Pri analizi podatkov se pokažejo določena nihanja v LOD (LOD – limit of detection) faktorju, ki predstavlja najnižjo možno sposobnost meritvene naprave, pri kateri še lahko izmeri količino določene snovi in LOQ (LOQ – limit of quantitation) faktorju, ki pa predstavlja najnižjo možno vrednost izmerjene količine snovi, ki se še obravnava za zanesljivo. Ta nihanja so posledica razvoja tehnologije in metod merjenja delcev snovi v vodi.

V pridobljenih meritvah je pred letom 2007 za vsa onesnažila veljal le LOD faktor: LOD=0,05mg. Od leta 2007 dalje pa veljata LOD in LOQ faktorja za:

- atrazin,desetilatrazin, metolaklor, 2,6-diklorobenzamid: LOD=2,0 ng in LOQ=6,7 ng
- etene: LOD=0,060 µg in LOQ=0,20 µg

V nasprotju z našimi predvidevanji, je količina pesticidov v vodi vsako leto nihala in se ni omejevala na pomladne ali poletne mesece, ko bi pričakovali, da bo takrat največ gnojenja in škropljenja na kmetijskih površinah.

Zanimivo je skladno povečanje in zmanjšanje količin različnih parametrov na isti točki. To pomeni, da se vrednosti onesnažil v istem času (npr. v istem mesecu) sorazmerno enako povečajo in nato zmanjšajo. Razlog za to je predvsem razpad atrazina na desetilatrazin, da pa sta tudi ostala pesticida (metolaklor in 2,6-diklorobenzamid) med seboj povezana pa ni popolnoma potrjeno. Pri meritev pesticidov na Gašperšičevi v času od aprila do decembra 2009, je opaziti, da se hkrati s porastom atrazina in desetilatrazina, poveča tudi prisotnost 2,6-diklorobenzamida.

Pri nitratih ni nobenega ponavljajočega vzorca. Njihove vrednosti se spreminjajo v nakazanih rahlih porastih in upadanjih, prisotni so na vseh lokacijah. Njihove vrednosti nihajo med 10 in 20 mg/l. Najnižja povprečna vrednost nitratov je bila na lokaciji Cesta v

Pečale. Tam izstopata samo dva vrha, in sicer maja 2004 ter januarja 2009, za kar pa ne vemo vzroka.

V meritvah je bila v povprečju »najčistejša« merilna točka na Cesti v Pečale, ki prejema vodo iz vodarne Jarški brod. Največji vrh oz. največja meritev metolaklora, ki je bila izmerjena nad omejitvijo, je bila na Gerbičevi ulici v letu 2004. Med drugim pa je bila najvišja meritev tetrakloroetena zabeležena na cesti v Prod leta 2005. Pri obeh ekstremnih meritvah je še vedno možnost napake pri meritvah. V kolikor so meritve pod mejo zaznave, ne moremo vedeti ali je snov sploh v vodi prisotna.

Ugotavljamo tudi, da bi pri interpretaciji rezultatov potrebovali podatke hidroloških meritev ter stanja vodovodnega omrežja. To pa so že podatki strateškega pomena in nam nedostopni.

Izvor onesnažil je večinoma lokalni in ni nekih ponavljajočih se vzorcev, ki bi opredelili morebitne vzroke povečanja ali zmanjšanja glede na letni čas.

Kljub prepovedi uporabe atrazina in desetilatrazina od leta 2003, se ti dve onesnažili vztrajno pojavljata na vseh lokacijah. Verjetno gre za dolgoletno izplavljanje ali pa v podzemni vodi ne razpadata tako hitro kot na površinskih vodah.

## 5 Zaključki

Meritve onesnažil v ljubljanski pitni vodi je izvajalo javno podjetje VO-KA v obdobju od 2003-2010, mi pa smo te podatke grafično uredili. Ovrednotili smo izmerjene količine pesticidov, etenov in nitratov. Podatki potrjujejo, da je ljubljanska pitna voda po standardih EU med najčistejšimi v evropskih mestih.

Večletne meritve vsebnosti onesnažil v pitni vodi (pesticidi, eteni in nitrati) so bile večinoma pod kritičnimi vrednostmi; merilna točka na Cesti v Pečale je bila »najčistejša«, z najmanj onesnažili, najvišja izmerjena količina metolaklora (nad omejitvijo) pa je bila na

Gerbičevi ulici leta 2004, najvišja izmerjena količina tetrakloroetena pa je bila zabeležena na Cesti v Prod leta 2005.

Pri vseh meritvah je še vedno prisotna možnost napake v meritvah, če so količine snovi pod mejno vrednostjo sposobnosti naprav za zaznavo (LOD – limit of detection) pa ne moremo zanesljivo vedeti, če je merjena snov sploh prisotna v vodi.

Iz grafov vsebnosti onesnažil je vseeno dovolj jasno razvidno, da se je količina snovi v vodi v povprečju zmanjšala od začetka merjenja v letu 2003 do konca meritev leta 2010, kar je med drugim posledica postopnega izboljšanja tehnološkega razvoja naprav in metod določanja količin onesnažil v vodi ter načinov zapisa.

**Tabela 2: Razlike med Evropskimi in Slovenskimi standardi za mejne vrednosti snovi**

| <b>Standardi:</b> | <b>v RS</b> | <b>v EU</b> |
|-------------------|-------------|-------------|
| <b>Pesticidi</b>  | 0,1 µg/l    | 0,5 µg/l    |
| <b>Eteni</b>      | 10 µg/l     | 10 µg/l     |
| <b>Nitrati</b>    | 50 mg/l     | 50 mg/l     |

## 6 Viri in literatura

1. 2011. Spletna stran Inštituta za varovanje zdravja RS o pitni vodi[online]. Dostopno na spletnem naslovu: <http://www.ivz.si/?ni=115>.
2. Monografija »Podtalnica Ljubljanskega polja« [online]. 2005. Dostopno na spletnem naslovu:  
[http://books.google.si/books?id=ohRb9uRaOV0C&printsec=frontcover&dq=podtalnica+Ljubljanskega+polja&hl=sl&ei=JUY9TfbNCYz14QbD7NXtCg&sa=X&oi=book\\_result&ct=result&resnum=1&ved=0CCMQ6AEwAA#v=onepage&q&f=false](http://books.google.si/books?id=ohRb9uRaOV0C&printsec=frontcover&dq=podtalnica+Ljubljanskega+polja&hl=sl&ei=JUY9TfbNCYz14QbD7NXtCg&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&ved=0CCMQ6AEwAA#v=onepage&q&f=false).
3. Kako preseči navidezno nasprotje interesov [online]. 2010. Dostopno na spletnem naslovu: [http://www.life-income.si/upload/fck/File/Kako\\_preseci\\_navidezno\\_nasprotje\\_interesov\\_Delo\\_Znanost\\_150710.pdf](http://www.life-income.si/upload/fck/File/Kako_preseci_navidezno_nasprotje_interesov_Delo_Znanost_150710.pdf).
4. Predstavitev, Vodovod-Kanalizacija [online]. 2011. Dostopno na spletnem naslovu: <http://www.jhl.si/vo-ka/predstavitev/www.jhl.si/vo-ka/predstavitev/osnovne-dejavnosti/oskrba-s-pitno-vodo>.
5. Pitna voda, parametri [online]. Dostopno na spletnem naslovu:  
<http://www.pitna-voda.si/main/parametri.html>
6. Vodovod-Kanalizacija. 2011. Meritve pesticidov 2003-2010[CD ROM].
7. Krajnc M. in drugi. 2008. Poročilo o kakovosti podzemne vode v Sloveniji v letu 2006. Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija RS za okolje. ISSN 1855-5338. Stran 38. Dostopno na spletnem naslovu:  
<http://www.arso.gov.si/vode/podzemne%20vode/publikacije%20in%20poro%C4%8Dila/PODZEMNE%20PORO%C4%8CILO%202006.pdf>

## 7 Priloge

|                                                    |    |
|----------------------------------------------------|----|
| Graf 1: Meritve pesticidov na Baragovi .....       | 15 |
| Graf 2: Meritve etenov na Baragovi .....           | 16 |
| Graf 3: Meritve nitratov na Baragovi .....         | 16 |
| Graf 4: Meritve pesticidov na Cesti v Pečale ..... | 17 |
| Graf 5: Meritve etenov na Cesti v Pečale .....     | 18 |
| Graf 6: Meritve nitratov na Cesti v Pečale .....   | 18 |
| Graf 7: Meritve pesticidov na Cesti v Prod .....   | 19 |
| Graf 8: Meritve etenov na Cesti v Prod .....       | 20 |
| Graf 9: Meritve nitratov na Cesti v Prod .....     | 20 |
| Graf 10: Meritve pesticidov na Gašperšičevi .....  | 21 |
| Graf 11: Meritve etenov na Gašperšičevi .....      | 22 |
| Graf 12: Meritve nitratov na Gašperšičevi .....    | 22 |
| Graf 13: Meritve pesticidov na Gerbičevi .....     | 23 |
| Graf 14: Meritve etenov na Gerbičevi .....         | 24 |
| Graf 15: Meritve pesticidov na Gerbičevi .....     | 24 |
| Graf 16: Meritve nitratov na Klopčičevi .....      | 25 |
| Graf 17: Meritve etenov na Klopčičevi .....        | 26 |
| Graf 18: Meritve nitratov na Klopčičevi .....      | 26 |
| Graf 19: Meritve pesticidov na Letališki .....     | 27 |
| Graf 20: Meritve etenov na Letališki .....         | 28 |
| Graf 21: Meritve nitratov na Letališki .....       | 28 |
| Graf 22: Meritve pesticidov na Zadobrovški .....   | 29 |
| Graf 23: Meritve etenov na Zadobrovški .....       | 30 |
| Graf 24: Meritve nitratov na Zadobrovški .....     | 30 |