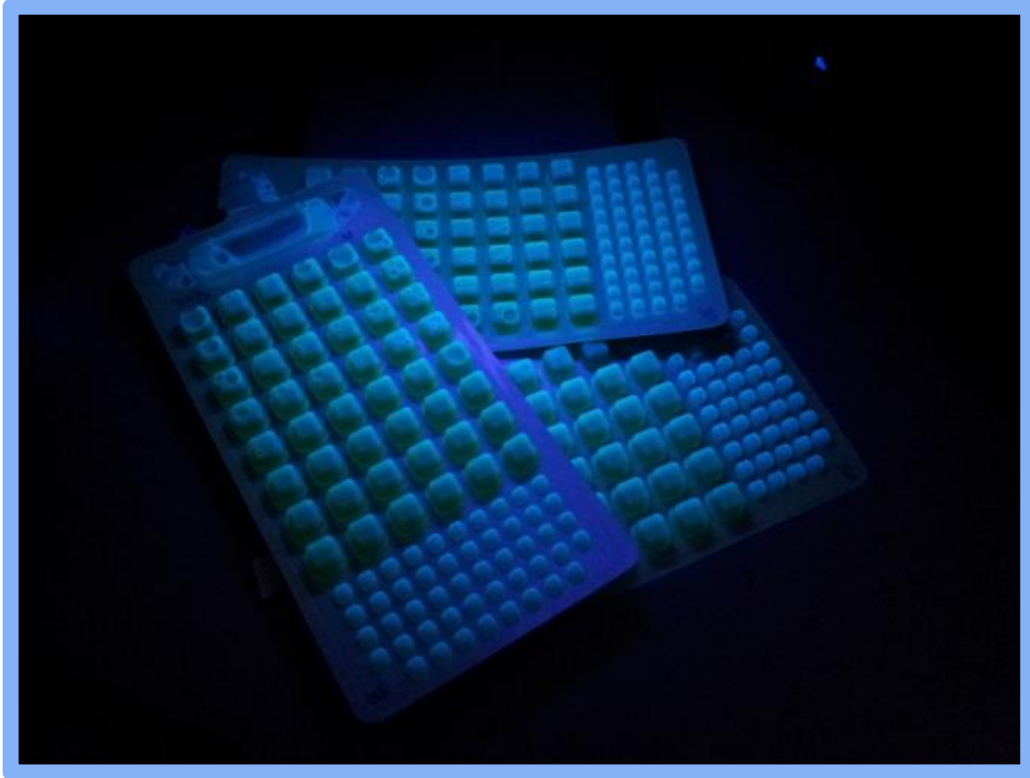


Mestna občina Celje

Komisija Mladi za Celje

# ONESNAŽENJE VODA



*RAZISKOVALNA NALOGA*

*AVTORICI:*

Ana Gošnjak

Nika Jakovljevič

*MENTOR:*

Urh Kodre prof.

*Celje, marec 2013.*

# KAZALO

<b>ONESNAŽENJE REKE SAVINJE</b> .....	8
<b>UVOD</b> .....	8
<b>CILJI RAZISKAVE</b> .....	9
<b>DELOVNE HIPOTEZE</b> .....	9
<b>METODE DELA</b> .....	9
<b>NA SPLOŠNO O VODI</b> .....	10
<b>SAVINJA</b> .....	10
<b>ONESNAŽEVANJE REK</b> .....	11
SAMOČISTILNA SPOSOBNOST REK .....	13
ČISTILNE NAPRAVE .....	13
<b>pH VODE</b> .....	14
<b>KOLIFORMNE BAKTERIJE</b> .....	15
<b>BAKTERIJE <i>Escherichia coli</i></b> .....	15
<b>NITRATNI in AMONIJEVI IONI</b> .....	15
NITRATNI IONI .....	16
AMONIJEVI IONI .....	16
<b>RAZISKAVA</b> .....	18
<b>INTERVJU</b> .....	18
<b>VZORČENJE</b> .....	20
OPIS ODVZEMNIH MEST .....	20
ČAS VZORČENJA .....	22
NAČIN VZORČENJA .....	22
HRANJENJE IN TRANSPORT VZORCEV .....	22
<b>ANALIZA VZORCEV</b> .....	23
<b>TERENSKÉ MERITVE</b> .....	23
MERJENJE PH VREDNOSTI .....	23
MERJENJE TEMPERATURE VODE .....	24
<b>LABORATORIJSKE PREISKAVE</b> .....	25
<b>MIKROBIOLOŠKE PREISKAVE</b> .....	25

POTRDITEV .....	28
ODČITAVANJE REZULTATOV .....	29
KEMIJSKE PREISKAVE.....	29
<b>REZULTATI IN RAZPRAVA</b> .....	32
pH VREDNOST .....	32
TEMPERATURA .....	32
KOLIFORMNE BAKTERIJE IN <i>Escherichia coli</i> .....	33
NITRATNI ION V VODAH.....	40
AMONIJEV ION V VODAH.....	40
<b>POVZETEK</b> .....	43
<b>VIRI</b> .....	44
<b>PRILOGE</b> .....	45
PRILOGA 1 .....	45
PRILOGA 2 .....	46
PRILOGA 3 .....	47
PRILOGA 4 .....	48
PRILOGA 5 .....	49
PRILOGA 6 .....	50
PRILOGA 7 .....	51
PRILOGA 8 .....	52

# KAZALO SLIK

SLIKA 1 .....	11
SLIKA 2 .....	11
SLIKA 3 .....	12
SLIKA 4 .....	12
SLIKA 5 .....	14
SLIKA 6 .....	14
SLIKA 7 .....	19
SLIKA 8 .....	20
SLIKA 9 .....	21
SLIKA 10 .....	21
SLIKA 11 .....	21
SLIKA 12 .....	22
SLIKA 13 a) .....	23
SLIKA 13 b) .....	23
SLIKA 14 a) .....	24
SLIKA 14 b) .....	24
SLIKA 15 .....	25
SLIKA 16 a) .....	26
SLIKA 16 b) .....	26
SLIKA 17 .....	27
SLIKA 18 .....	27
SLIKA 19 .....	27
SLIKA 20 .....	27
SLIKA 21 .....	27
SLIKA 22 .....	27
SLIKA 23 .....	28

<b>SLIKA 24</b> .....	<b>28</b>
<b>SLIKA 25</b> .....	<b>28</b>
<b>SLIKA 26</b> .....	<b>29</b>
<b>SLIKA 27</b> .....	<b>29</b>
<b>SLIKA 28</b> .....	<b>29</b>
<b>SLIKA 29</b> .....	<b>30</b>
<b>SLIKA 30 a)</b> .....	<b>33</b>
<b>SLIKA 30 b)</b> .....	<b>33</b>
<b>SLIKA 30 c)</b> .....	<b>33</b>
<b>SLIKA 31 a)</b> .....	<b>34</b>
<b>SLIKA 31 b)</b> .....	<b>34</b>
<b>SLIKA 31 c)</b> .....	<b>34</b>
<b>SLIKA 32 a)</b> .....	<b>35</b>
<b>SLIKA 32 b)</b> .....	<b>35</b>
<b>SLIKA 32 c)</b> .....	<b>35</b>
<b>SLIKA 33 a)</b> .....	<b>36</b>
<b>SLIKA 33 b)</b> .....	<b>36</b>
<b>SLIKA 33 c)</b> .....	<b>36</b>
<b>SLIKA 34 a)</b> .....	<b>37</b>
<b>SLIKA 34 b)</b> .....	<b>37</b>
<b>SLIKA 34 c)</b> .....	<b>37</b>
<b>SLIKA 35 a)</b> .....	<b>38</b>
<b>SLIKA 35 b)</b> .....	<b>38</b>
<b>SLIKA 35 c)</b> .....	<b>38</b>

# KAZALO TABEL

TABELA 1 .....	32
TABELA 2 .....	32
TABELA 3 .....	33
TABELA 4 .....	34
TABELA 5 .....	35
TABELA 6 .....	36
TABELA 7 .....	37
TABELA 8 .....	38
TABELA 9 .....	39
TABELA 10 .....	40
TABELA 11 .....	40

## ZAHVALE

Zahvaljujema se vsem zaposlenim v Laboratoriju za sanitarno mikrobiologijo, ZZV Celje, ki so naju prijazno sprejeli ter pomagali pri izvedbi metod. Hvala tudi analitikom v Laboratoriju za sanitarno kemijo, ZZV Celje, ki so izvedli kemijske preiskave.

Zahvaljujema se tudi g. Leonu Žaberlu za sodelovanje v intervjuju in za vse napotke, ki nama jih je dal za izvedbo terenskega dela.

Zahvale grede tudi ge. Maji Gošnjak za strokovno pomoč in podporo.

Hvala g. Alešu Videnšku.

Posebej pa se še zahvaljujema najinemu mentorju, g. Urhu Kodretu, za vse spodbudne besede ter pomoč pri izvedbi raziskovalne naloge.

# ONESNAŽENJE REKE SAVINJE

## UVOD

Vodni življenjski prostor je po površini in prostornini največji življenjski prostor na našem planetu. Večji del zavzema svetovno morje, manjši del pa celinska voda. Vodotoki, kot del celinske vode, predstavljajo 1/1000 površine Zemlje. Kljub majhnemu deležu pa imajo velik pomen za rastline, živali in ljudi. Vodotoke delimo na studence, potoke, reke in veletoke. Ker so vir napajanja vodotokov padavine, je vodnatost vodotoka najbolj odvisna od vremenskih razmer, delno pa tudi od poraščenosti porečja.

Reke so ljudem že od nekdaj predstavljale vir hrane in zaslужka. Niso koristne ne le ljudem, ampak dajejo hrano, dom in zaščito tudi mnogim živalskimi in rastlinskim vrstam. V preteklosti smo reke samo izkoriščali in s prekomernim izpustom neprečiščjenih odpadnih vod rušili ekološko ravnovesje v njih. V zadnjih letih pa se je, zlasti v zahodnem razvitem svetu, močno okrepila naravovarstvena zavest. Izvedenih je bilo veliko preverjanj kakovosti vodnih virov glede kemičnih, fizikalnih in bioloških dejavnikov. Številna mesta po svetu pitno vodo pridobivajo prav iz rek, ki tečejo skozi mesta, kakovost teh rek pa je pogosto zelo slaba. Glavna vira onesnaževanja rek sta intenzivno kmetijstvo in poselitev (1).

Vse slike sva fotografirali sami in so najino avtorsko delo (razen fotografij na katerih sva prisotni obe).



## CILJI RAZISKAVE

Vzdolž reke Savinje bova spremljali nekaj parametrov onesnaženosti voda. Cilj raziskave je spremljati vsebnost amonijevega in nitratnega iona, koncentracijo koliformnih bakterij in bakterij *Escherichia coli* ter spremembe v temperaturi vode ter pH vrednosti. Poskusili bova ugotoviti, kateri del reke je bolj onesnažen ter ocenili vpliv dotoka reke Voglajne v Savinjo in vpliv izpusta prečiščene vode iz čistilne naprave.

## DELOVNE HIPOTEZE

Pred začetkom dela sva si postavili delovne hipoteze.

1. Predvidevava, da se bo koncentracija koliformnih bakterij in bakterij *Escherichia coli* povečevala od prvega do tretjega odvzemnega mesta, to je od Mestne plaže Celje do izpusta iz Čistilne naprave Celje.
2. Predvidevava, da se bo temperatura vode od prvega do tretjega odvzemnega mesta višala.
3. Predvidevava, da bo pH vrednost vode v območju od 6,8 do 7,2.
4. Predvidevava, da bo koncentracija nitratnih ionov nižja od mejne vrednosti.
5. Predvidevava, da bo koncentracija amonijevih ionov nižja od mejne vrednosti.

## METODE DELA

V raziskovalni nalogi sva uporabili različne metode dela.

Najprej sva opravili intervju z vzorčevalcem površinskih vod, Leonom Žaberlom, univ. dipl. inž. kem. tehn., ki je zaposlen na Zavodu za zdravstveno varstvo Celje, oddelek za varstvo okolja. Med drugim sva v intervjuju dobili navodila za pravičen odvzem vzorcev rečne vode in navodila za izvedbo terenskih meritev.

Osnovna metoda raziskovanja je bilo terensko delo. Tako sva prišli do vzorcev, ki sva jih najprej analizirali na terenu (merjenje pH vrednosti in temperature).

Nato pa sva po en vzorec vsakega odvzemnega mesta odnesli v Laboratorij za sanitarno mikrobiologijo in drugega v Laboratorij za sanitarni kemijo, kjer so bile izvedene laboratorijske preiskave. Nekatere sva izvedli sami po navodilih in pod nadzorom laboratorijskih delavcev (mikrobiološke preiskave), druge pa so izvedli zaposleni v laboratoriju (kemijske preiskave).

Za raziskovalno nalogo sva uporabili tudi nekaj pisnih virov, vendar je najino delo temeljilo predvsem na terenskem in laboratorijskem delu.

## NA SPLOŠNO O VODI

Voda je kemijska spojina in polarna molekula, pri standardnih pogojih tekočina s kemijsko molekulsko formulo  $H_2O$ . Formula pove, da je ena molekula vode sestavljena iz dveh vodikovih in iz enega kisikovega atoma. Vodo najdemo skoraj povsod na Zemlji in je potrebna za vse znane oblike življenja. Okoli 70 % Zemljine površine je prekrita z vodo. Trdno stanje vode je znano kot led, plinsko stanje je vodna para.

Pomembna značilnost vode je njena polarna narava. V vodni molekuli so vodikovi atomi razporejeni na konceh, kisikovi pa v temenih. Razlika naboja med seboj privlači vodne molekule kakor tudi druge polarne molekule. To privlačevanje se imenuje vodikova vez.

Tekoče vode so za človeka vir pitne oz. sladke vode, pomembna prometna pot, vir za namakanje, vir energije, pomembne pa so tudi za turizem in rekreacijo. Tekoče vode so bile v preteklosti zelo pomembne za mline in žage, danes pa jih predvsem izkoriščamo zaradi energije – hidroelektrarne (2).

## SAVINJA

Savinja je glavna reka Alp in je najdaljša reka, ki izvira in se izliva v Sloveniji, drugače pa je šesta najdaljša reka pri nas.

Savinja je reka, ki izvira v Logarski dolini, to je v severovzhodni Sloveniji. Večina njenega porečja poteka po Zgornji in Spodnji Savinjski dolini, nato pa reka teče skozi Celjsko kotlino, pod pravim kotom zavije proti Laškemu in se v Zidanem Mostu izlije v reko Savo. Njena dolžina je 102 kilometra. Po skoraj celotnem rečju Savinja velikokrat poplavlja. Najbolj znane poplave v novem času so bile v šestdesetih letih ter leta 1990 in 1995. Znane pa so tudi poplave iz preteklosti npr. leta 260 in leta 1792.

Prvi del Savinje izvira nad slapom Rinka, na nadmorski višini 1310 m. Voda v reko priteka iz območja celotnega Okrešlja. V zgornjem toku, ki se imenuje Kotovec, je med z gozdom poraščenimi pobočji Kamniško-Savinjskih Alp komaj dovolj prostora za reko, ki se ponekod le s težavo prebija med skalnimi pregradami, drugod pa spet lahkotno teče pod značilnimi lesenimi mostovi. Reka tam večji del leta teče pod prodom do spodnjega konca Logarske doline. Do Ljubnega je Savinja tipična alpska reka z velikim padcem, številnimi brzicami, prelepimi tolmoni ter čisto in favnistično bogato vodo. Slap Rinka spada med spomenike naravne dediščine in je eden najlepših in najbolj znanih slapov v Sloveniji. Z višino 105 m je najvišji od kar dvajsetih slapov v Logarski dolini.

Drugi izvir Savinje je na nadmorski višini 767m, to je izvir Črne, ki teče po spodnjem delu Logarske doline in s pritokom Jezera oblikuje Savinjo.

Savinja ima veliko pritokov, glavni so: Lučnica pri Lučah, Ljubnica pri Ljubnem, Dreta pri Nazarjah, Paka pri Šmartnem ob Paki, Bolska pri Šempetru ter Ložnica in Voglajna s Hudinjo pri Celju (slika 2).

Glede na kakovost vode spada Savinja do Radmirja v prvi razred, potem pa pade drugi in tretji razred.

Ob zgornjem delu reke je razvit ribolov in rafting, primerna pa je tudi za kopanje. Do leta 1950 so na Savinji tudi splavarili. Na splavarjenje spominja spomenik splavarja na levem bregu reke v Celju (slika 1) (3).



Slika 1: Splavar v Celju



Slika 2: Izliv Voglajne v Savinjo

## ONESNAŽEVANJE REK

Človek je z regulacijami rečnih strug, gradnjo jezov in drugimi posegi zmanjšal naravne samočistilne sposobnosti rek. Reke so same razkrojile in nevtralizirale onesnaževanje, danes so prevelike obremenitve z odpadnimi vodami presegle njihove samočistilne sposobnosti.

Najosnovnejša merila za kakovost vode so barva, vonj in okus.

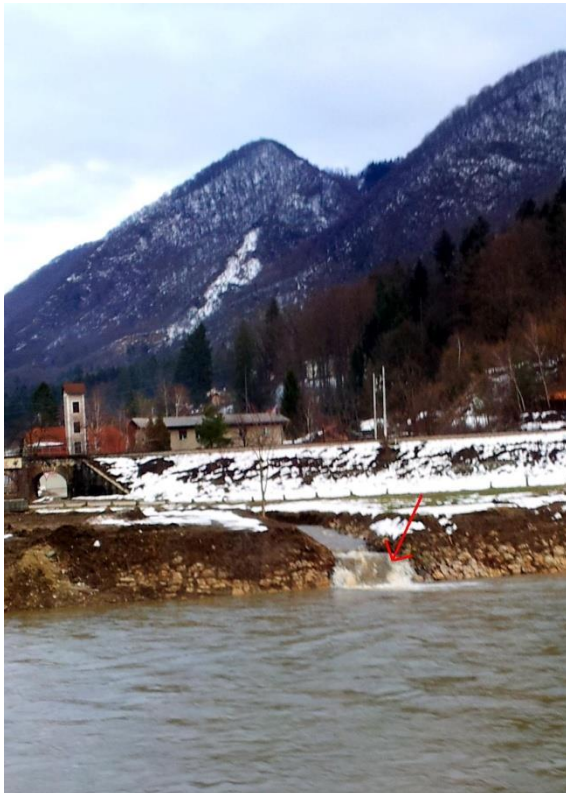
S posebnimi analizami pa se preverjajo še druge lastnosti vode, kot so kislost, prisotnost organskih in anorganskih snovi ter mikroorganizmov.

Voda se lahko onesnaži že v onesnaženem zraku, še bolj pa v onesnaženih tleh (slika 4). V naseljih so podzemna omrežja kanalov z jaški, v katerih se zbira odpadna voda iz hiš in tovarn.

Danes je med vodnimi onesnaževalci veliko kemikalij: gnojila, pesticidi s kmetijskih površin, raztopljena topila in detergenti iz gospodinjstev in industrije ter kovine, kot sta svinec in živo srebro iz industrijskih odpadkov. Vse naštetu pride v reke in pogosto konča v morju.

Razpadajoče organske snovi, raztopljeni minerali in plini so snovi, ki jih vsebuje onesnažena voda. Voda se v zraku lahko onesnaži s plini, raztopinami škodljivih snovi in trdnimi delci, na kopnem pa z odpadnimi vodami industrije, kmetijskih in prometnih površin, ter z odlagališči odpadkov. Vodo onesnažuje tudi gospodinjstvo. Glavni krivec za onesnaževanje voda je človek.

Stopnja onesnaženosti z razgradljivimi snovmi je največja pri vstopu odpadnih voda v reko (slika 3). Potem, ko reka te odpadne vode odplavi naprej, se ta stopnja zmanjšuje zaradi delovanja različnih razgrajevalcev, razredčevanja snovi in deloma tudi zaradi usedanja snovi na dno.



Slika 3: Izpust odpadne vode mimo čistilne naprave

Nerazgradljive odpadne vode niso hranilo za bakterije ter druge organizme in se čistijo samo nebiološko, saj imajo povečane ali znižane pH vrednosti, povečano slanost, anorgansko kalnost, povišano temperaturo in strupe. Nerazgradljive snovi so strupi, ki različno vplivajo na organizme. Vpliv strupov na organizme je odvisen od praga strupa. Strupeni pragi so različni zaradi kemične sestave in nekatere bakterije se lahko tudi nanje prilagodijo. Količina kovin v odpadnih vodah ni velika.

Opadne vode vsebujejo organske strupe, ki so po eni strani škodljivi za skoraj vse vodne prebivalce, po drugi strani pa so hrana bakterij. Odpadne vode delimo na razgradljive in nerazgradljive.



Slika 4: Nerazgradljive snovi, ki ležijo na tleh v rečni strugi in skozi prst nato pronicajo v zemljo

Sorodne kovine imajo različne učinke, ista kovina pa lahko različno vpliva na različne organizme. Učinek kovin je posreden in dolgotrajen.

Razgradljive odpadne vode vsebujejo raztopljene ali neraztopljene zelo raznovrstne organske snovi, ki jih organizmi razgrajujejo v končni obliki do enostavnih anorganskih spojin, ki so okolju neškodljive. Razgrajujejo se z biološkim samočiščenjem s pomočjo organizmov in kisika, ki je raztopljen v vodi. Obstajata dve vrsti razgradnje odpadnih voda in sicer popolno, ki poteka v aerobnem okolju ali okolju, kjer je kisik, in nepopolno, ki poteka v anaerobnem okolju ali okolju brez kisika. Stranski učinki razgradnje odpadnih voda so prehodna kalnost, strupeni proizvodi samočiščenja, sprememba barve in neprijeten vonj. Ti učinki nastajajo predvsem v anaerobnem okolju, saj ni kisika, ki omogoča popolno razgradnjo. Hitrost razgrajevanja odpadnih voda je lahko različna, od lahko razgradljivih, za kar potrebujejo bakterije do nekaj dni, pa do težko razgradljivih, kar lahko traja mesece ali leta (4).

## SAMOČISTILNA SPOSOBNOST REK

Dokler je bilo teh odplak malo in so bile večinoma organskega izvora, so jih lahko najrazličnejši organizmi ( mikroorganizmi, alge,...) spremenili in presnovili, ker se z njimi hranijo. Po določenem času se je voda sama od sebe očistila. Temu procesu rečemo samočistilna sposobnost voda. Človek je z regulacijo rečnih strug, gradnjo jezov in drugimi posegi zmanjšal naravne samočistilne sposobnosti rek. Reke so same razkrojile in nevtralizirale onesnaževanje, danes so prevelike obremenitve z odpadnimi vodami presegle njihove samočistilne sposobnosti.

## ČISTILNE NAPRAVE

Močno onesnažena voda z umetnimi odplakami mikroorganizme uniči in ostane onesnažena. Predno se voda vrne v reke, jo je treba prečistiti v čistilnih napravah, saj za večino potreb ni več uporabna, niti za namakanje polj ne. Če odpadnih voda iz kanalizacije ali tovarn ne očistimo, škodljivo vplivajo na živa bitja v reki. Marsikje, tudi v Sloveniji, odplake še vedno tečejo naravnost v potoke, reke, jezera in morje ter jih onesnažujejo. Vsaka reka ali potok lahko brez posledic sprejme le določeno količino odplak. Da bi preprečili poginjanje rib in drugih živih bitij v površinskih vodah in morju, moramo odpadne vode iz kanalizacijskih sistemov čistiti v čistilnih napravah, predno jih spustimo v vode v naravi.

Pri umetnem onesnaževanju voda je najpomembnejša sposobnost reke same, da sprejete odpadne vode onesnaževalcev biološko samoočisti. Če pa odpadne vode vsebujejo snovi, ki jih bakterije in plesni ne morejo razkrojiti, kot so raztopine anorganskih snovi, kisline, lugi, in strupi, so potrebni zapleteni fizikalni in kemijski procesi, da se voda očisti.

Med onesnaževalce vode spadajo tudi težke kovine, kot so svinec, cink, kositer, nikelj, katere pa odstranijo z bolj zapletenimi tehnološkimi postopki v čistilnih napravah (5).



Slika 5: Bazen za organsko čiščenje vode



Slika 6: Čistilna naprava Celje

## TEMPERATURA VODE

Reke imajo svojo naravno temperaturo glede na letni čas. Človek s poseganjem v naravo, predvsem z izpusti odpadkov in spreminjanjem vodnih ekosistemov, spreminja tudi temperaturo reke. Tudi če gre le za manjše odstopanje od naravne temperature, ponavadi gre za zvišanje, to močno vpliva na kemijsko in biološko sestavo vode.

## pH VODE

S pH vrednostjo vode izražamo stopnjo kislosti oz. bazičnosti vode. pH 7 pomeni, da je voda nevtralna, pod to vrednostjo je kislina, nad to vrednostjo pa bazična. V večini naravnih vod je pH povezan z ravnotežjem ogljikovega dioksida, hidrogenkarbonata in karbonata in s tem tudi s trdoto vode (mehke vode imajo nižjo pH vrednost, trde vode pa višjo). Običajni pH v podzemnih vodah je med 6 in 8,5, pH limoninega soka je 2, jabolka 3, paradižnika 4, morske vode 8, nekaterih detergentov do 10, nekaterih čistil tudi do 12.

V Pravilniku o pitni vodi (Ur.l. RS št.:19/04 in 35/04) je za parameter koncentracija vodikovih ionov (pH vrednost) določena mejna vrednost med 6,5 in 9,5. Za vodo, ki je namenjena pakiranju, je najnižja vrednost lahko 4,5; če je voda naravno bogata ali umetno obogatena z ogljikovim dioksidom, je vrednost pH lahko še nižja.

Spremljanje vrednosti parametra pH v vodi omogoča hitro in enostavno zaznavanje sprememb lastnosti vode na terenu (6).

## KOLIFORMNE BAKTERIJE

Preiskava vode na vse potencialno patogene mikroorganizme v vodi bi bila zamudna in draga. Mikrobiologi zato ugotavljajo prisotnost določene skupine indikatorskih bakterij (pokazateljev) – to so koliformne bakterije. Koliformne bakterije so skupina različnih bakterij, ki jih najdemo ne samo v blatu, ampak tudi v okolju. Večinoma so neškodljive, so pa pokazatelj možnega onesnaženja z mikroorganizmi, ki so škodljivi za zdravje ljudi. Zanje je značilno, da so majhni, po Gramu negativni bacili in tvorijo spor. Prisotnost koliformnih bakterij v vodi kaže na možno onesnaženje s fekalnimi odpadki, te pa so eden največjih možnih virov potencialno patogenih, torej za zdravje ljudi nevarnih, mikroorganizmov. Koliformne bakterije so primeren indikator tudi zato, ker v vodi preživijo dlje, kot patogeni mikrobi, in tudi tako lahko sklepamo, da v vodi, ki nima koliformnih bakterij, prav tako ni patogenih (7).

## BAKTERIJE *Escherichia coli*

Bakterije *Escherichia coli* spadajo med koliformne bakterije in so vedno prisotne v človeškem in živalskem blatu (feces) v velikem številu ter posledično v odpadkih in vodah, ki so onesnažene s fekalijami (človeka, domačih in divjih živali, uporaba v poljedelstvu). Ugotovitev bakterij *Escherichia coli* v vodi zanesljivo dokazuje, da je bila voda fekalno onesnažena. Ugotovitev bakterij *Escherichia coli* v vzorcih vod nas opozori, da so lahko prisotne tudi zelo patogene bakterije, to pomeni, bakterije, ki lahko zelo škodujejo zdravju ljudi. To so na primer salmonelle, šigele ali kampilobaktri.

## NITRATNI in AMONIJEVI IONI

Dušikove spojine so eden najbolj problematičnih parametrov, ki izhajajo iz intenzivnega kmetijstva in goste poselitve prebivalstva. Vir onesnaženja z dušikovimi spojinami sta ravno amonijski in nitratni ion. Nitratni ion je lahko topen in je produkt aerobne reakcije, nastane iz amonijskega iona. Tako eden kot drugi vstopata v rečni sistem pri gnojenju kmetijskih zemljiških in pri izpustih iz čistilnih naprav. Na srečo lahko ta dva dejavnika vsaj delno nadzorujemo. Bolj zaskrbljujoči so ne dovoljeni izpusti fekalnih vod iz naselij in kmetijskih obratov. Nitratni in amonijski ion predstavljata nevarnost za življenje ljudi in živali, zato so države sprejele različne zakone in direktive. V Evropi je Evropska skupnost sprejela vodno in nitratno direktivo, ki se nanašata na izboljšane kakovosti vodnih virov.

Nitratna direktiva predpisuje mejno vrednost koncentracije nitratnega iona v pitni vodi, ki naj bi bila za zdravje neškodljiva, 50 mg/l. mejna vrednost za dobro kakovostno stanje površinske vode pa je v Sloveniji 25 mg/l. Predpisana mejna vrednost za amonijski ion pa je 0,5 mg/l (1).

### NITRATNI IONI

Nitrate in nitrite lahko zasledimo v naravi zaradi uporabe umetnih in naravnih gnojil. Nahajajo se tudi v industrijskih in komunalnih odpadnih vodah. Nitrati in nitriti so v vodi dobro topni. V primeru prevelike uporabe umetnih gnojil, ki vsebujejo nitrate, lahko pri izpiranju v reke in jezera pride do povečane rasti alg. Pri kasnejšem gnitju alg se porablja v vodi raztopljen kisik in zato lahko posledično pride do pogina rib. Ljudje smo nitratom in nitritom izpostavljeni preko hrane in vode. V naravnih površinskih vodah je povečana koncentracija nitrata posledica izločkov, razkrojnih produktov živalskih in rastlinskih organizmov, ki vsebujejo dušik, ter prisotnost nitrata v deževnici.

Onesnažene površinske vode lahko vsebujejo več kot 150 mg/L nitrata. Take vrednosti so posledica oksidacije oz. redukcije organskih in anorganskih snovi, ki jih uporabljamo za čiščenje in gnojenje. Visoka vrednost nitrata je pokazatelj onesnaženja vode s fekalijami.

Nitrati v pitni vodi potencialno ogrožajo človeško zdravje, ker se nitrat v človeškem telesu reducira v nitrit, nitrit v krvi nato oksidira hemoglobin v methemoglobin, ki ni več sposoben transportirati kisika v tkiva (1).

### AMONIJEVI IONI

Amonijak se zelo dobro topi v vodi in pri reakciji z vodo nastane amonijski ion ( $\text{NH}_4^+$ ), ki ga določimo pri preskušanju vode in ga imenujemo amonij. Amonij v vodi v okolju je posledica komunalnega, kmetijskega in industrijskega onesnaženja. Koncentracije v podzemni in površinski vodi so običajno pod 0,2 mg/l, v anaerobnih pogojih v podzemni vodi so lahko več kot 3 mg/l. Koncentracija amonija v pitni vodi, ki je višja od koncentracije amonija geogenega porekla, je lahko indikator svežega organskega oziroma fekalnega onesnaženja.

Amonij je člen v presnovi dušika. Izpostavljenost amoniju iz okolja je v primerjavi z nastajanjem v organizmu nepomembna. Toksični učinek amonija se pojavi pri izpostavljenosti nad 200 mg/kg telesne teže. V koncentracijah, ki jih pričakujemo v pitni vodi, ne predstavlja neposredne nevarnosti za zdravje. Svetovna zdravstvena organizacija ni podala zdravstveno utemeljene smernice za pitno vodo, priporočilo pa je, da skladno s t.i. dobro prakso, dosežemo na pipah uporabnikov čim nižje koncentracije. Prag zaznavanja vonja v vodi za amonij je približno 1,5 mg/l, prag zaznavanja okusa pa je 35 mg/l.



V Pravilniku o pitni vodi (Ur.l. RS št.:19/04 in 35/04) je amonij uvrščen v Prilogo 1, del C, med indikatorske parametre. Mejna vrednost je 0,50 mg/l. V skupini indikatorskih parametrov (del C) je zato, ker mejna vrednost ne temelji na podatkih o nevarnostih za zdravje ljudi. Ob laboratorijsko ugotovljenih preseženih koncentracijah amonija v pitni vodi je potrebno takojšnje ugotavljanje in posledično odpravljanje vzrokov za presežene mejne vrednosti. Ugotoviti je treba ali je vzrok v surovi vodi in gre za fekalno onesnaženje vode oz. ali je amonij prisoten zaradi neustrezne priprave pitne vode. Presežena koncentracija v vodi po pripravi običajno kaže, da postopek priprave anaerobne podzemne ali kontaminirane površinske vode ni pravilen, kar zahteva tudi kontrolo ustreznosti dezinfekcije. Rezultat ugotovitev lahko narekuje prekinitvev ali omejitev dobave vode ali drug ukrep. Ukrep, ki ga izberemo in izvedemo, je odvisen od ugotovljenega vzroka (1).

# RAZISKAVA

## INTERVJU

Opravile sva intervju z gospodom Leonom Žaberlom, ki nama je povedal veliko o svojem poklicu, pregledovanju vzorcev, onesnaženosti in o površinskih vodah (slika 7).

### 1. Ali nam lahko poveste nekaj o vašem delu oz. o vašem poklicu?

→ Moj naziv je strokovni delavec, drugače sem pa po izobrazbi univerzitetni kemijski tehnolog. Na zavodu se ukvarjam največ z odpadnimi in podzemnimi vodami. Moje delo je, da skrbim za odvzem vzorcev in da je ta odvzem kreditiran. Na koncu moram izdelati še poročilo oziroma mnenje.

### 2. Kako se pravilno odvezemajo vzorci?

→ Vsi vzorci se jemljejo po standardu, po katerem so tudi akreditirani. Zavod za zdravstveno varstvo Celje je akreditiran za podzemne, odpadne, pitne in kopalne vode, za površinske vode pa niso, ampak se obravnavajo po istem standardu. Akreditacija pa pomeni določen strošek.

### 3. Kaj vse lahko raziščemo v rečnih vodah?

→ Najprej nas zanima namen pregleda vode, predvsem, če je prišlo do izlitja ali do pogina rib, lahko pa naredimo le splošno kontrolo. Zavod lahko določi veliko različnih parametrov, ampak je potem cena temu primerna.

### 4. Kje odvezemate vzorce?

→ Glede površinskih vod najbolj spremljamo vzhodno Ložnico in v Rogaški Slatini. Včasih pa tudi občina Celje naroči pregled Savinje.

### 5. Ali ste že kdaj opazili kakšne spremembe odkar opravljate svoje delo?

→ Glede Savinje smo opazili, da se kakovost in standard izboljšujeta, zaradi izgradnje čistilnih naprav. Včasih so šle vse fekalne vode v Savinjo brez čiščenja, zdaj pa gredo skozi te čistilne naprave in voda postaja vedno čistejša.

### 6. Kako bi ocenili kvaliteto reke Savinje, glede na druge reke po lestvici od 1 do 10? (v primeru da je 10 najbolj čista)

→ Mislim da je na sredini, saj ni bistra, ampak je primerna za življenje v njej, ki ga lahko tudi opazimo.

## 7. Katere pripomočke uporabljate pri delu?

- Gre predvsem za teleskopsko ročico, ki ima na koncu posodico za 1 liter vode in jo lahko raztegnemo na poljubno velikost. Najbolj je priporočljivo, da vodo zajamemo na sredini, saj je na začetku tok manjši in na sredini pride do mešanja.

## 8. Ali vzorce pregledate na terenu ali pa jih prinesete v laboratorij za merjenje?

- Poznamo različne meritve. To so terenske in laboratorijske. Terenske so tiste, ki jih moramo takoj opraviti npr. temperatura, pH, električna prevodnost in raztopljeni kisik. Pomembno je v katere posode vzorčimo in da je pravilno izvedeno.

## 9. Ali je Savinja primerna za kopanje?

- Po kvaliteti vode se je primerno kopati in ne škoduje zdravju. Če pa sodimo po tem kakšna je bila Savinja 20 let nazaj pa vidimo, da je bila bolj čista, kot pa je sedaj.

- ❖ Za konec nama je še povedal, da oni kot laboratorij delujejo tako, da imajo akreditirane določene postopke. Nekaj stvari financira država in določi katere potoke spremljamo in kakšna bo kakovost. Bukovžlak so zavezanci in v vodo spuščajo meteorne vode, naročijo storitev pregleda vode pri njih ter jo tudi plačajo.



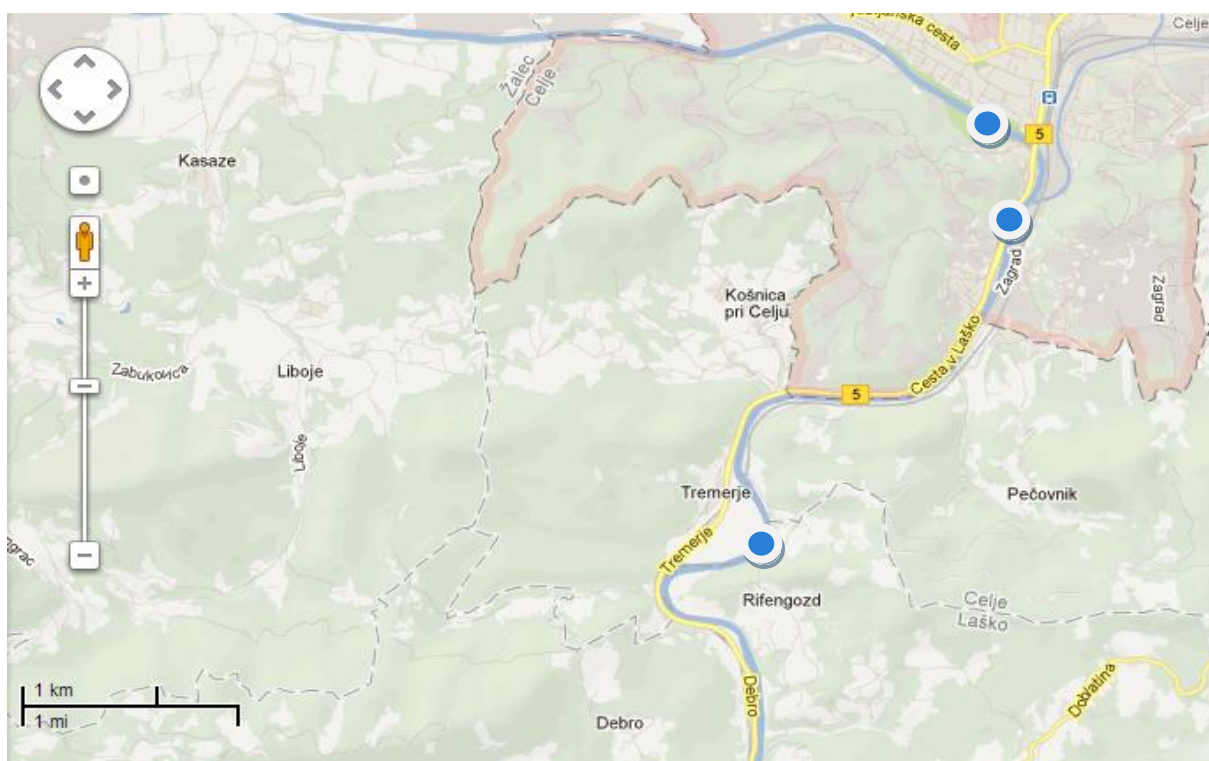
Slika 7: Intervju z g. Leonom Žaberlom

## VZORČENJE

### OPIS ODVZEMNIH MEST

Vzorke sva odvezli na treh odzemnih mestih vzdolž reke Savinje na območju mesta Celja (slika 8).

1. odzemno mesto: Mestna plaža Celje se nahaja v sredini Mestnega parka Celje. Vzdolž levega brega reke teče pod betonsko stezo kanalizacijski kanal, struga je prodnata. Desni breg reke je delno kamnit in delno poraščen s travo. Širina reke je približno 25 m (slika 9).
2. odzemno mesto: 50 m za izlivom Voglajne v Savinjo. V bližini odzemnega mesta je potekala obnova brežine, zato je bil breg delno kamnit in delno blaten (slika 10).
3. odzemno mesto: za izpustom Čistilne naprave Celje. Voda, ki je pritekala v Savinjo iz čistilne naprave, je bila na videz čistejša, rečni breg je posut s peskom in poraščen z grmovjem, rečna struga je prodnata. Nad izlivom poteka železniški most. (slika 11)



Slika 8: Prikaz odzemnih mest vzdolž reke Savinje



Slika 9: Odvzemno mesto  
Mestna plaža



Slika 10: Odvzemno mesto po izlivu reke Voglajne



Slika 11: Odvzemno mesto: za izpustom iz ČN Celje

## ČAS VZORČENJA

Vzorke sva odvzeli v času ene ure s polurnim razmikom. Prvi vzorec je bil odvzet ob 15. uri, drugi ob 15.30 uri in tretji ob 16. uri.

## NAČIN VZORČENJA

Na vsakem odvzemnem mestu sva odvzeli vzorce za mikrobiološke in kemijske preiskave v dve plastenki, ki sva jih dobili na Zavodu za zdravstveno varstvo Celje. V tretji plastenki pa sva merili pH vrednost vode in temperaturo.

Pokrov plastenke sva odprli, pazili da se ne dotikava roba plastenke, saj bi s tem lahko vnesli bakterije iz rok. Zajeli sva vodo čim dlje od roba, zaprli plastenko ter jo označili z ustrezno oznako (slika 12).



Slika 12: Odvzem vzorcev

## HRANJENJE IN TRANSPORT VZORCEV

Plastenke z vzorci sva takoj po odvzemu postavili v hladilno torbo, da se čim bolj ohrani stanje vode, kakršno je bilo ob odvzemu. Vzorce sva po zadnjem odvzemu takoj odnesli na Zavod za zdravstveno varstvo Celje, plastenko za mikrobiološke preiskave v Laboratorij za sanitarno mikrobiologijo in plastenko za kemijske preiskave v Laboratorij za sanitarno kemijo.

# ANALIZA VZORCEV

## TERENSKE MERITVE

Za odvzem vzorcev in terenske meritve sva uporabili: ročni pH meter in pH lističe, živosrebrni termometer ter plastenke za odvzem vzorcev.

## MERJENJE PH VREDNOSTI

Za merjenje pH vrednosti sva uporabili ročni pH meter.

Najprej sva pH meter umerili. Sondo pH metra sva sprali z destilirano vodo. V pufersko raztopino s pH 7 sva potopili pH meter ter odčitali rezultat. Ker je rezultat ustrezal (pH 7), sva lahko uporabili pH meter.

V sterilno posodico sva na vsakem odvzemnem mestu zajeli rečno vodo. Sondo pH metra sva pred uporabo sprali z destilirano vodo. Sondo sva potopili v posodico z rečno vodo in odčitali pH vrednost (Slika 13 a). Rezultate sva vpisali v pripravljeno tabelo (Priloga 1).

Oceno pH vrednosti je možno narediti tudi s pomočjo pH lističev (slika 13 b), ki sva jih sicer imeli s seboj, vendar je meritev s pH metrom natančnejša in sva v nalogi uporabili rezultate meritev s pH metrom.



Slika 13a) Merjenje pH vrednosti



Slika 13b) pH vrednost lahko merimo tudi s pH lističi

## MERJENJE TEMPERATURE VODE

Za merjenje temperature sva uporabili živosrebni termometer z razponom od  $-10^{\circ}\text{C}$  do  $50^{\circ}\text{C}$ .

Na vsakem odvzemnem mestu sva izmerili temperaturo vode. V plastenko sva zajeli rečno vodo, termometer postavili v plastenko in odčitali temperaturo, ko se je ustalila (slika 14b). Rezultate sva vpisali v pripravljeno tabelo (Priloga 1).



Slika 14a) Pripomočki za terenske meritve



Slika 14b) Merjenje temperature rečne vode



# LABORATORIJSKE PREISKAVE

## MIKROBIOLOŠKE PREISKAVE

### Koliformne bakterije in *Escherichia coli*

#### SPLOŠNO

V mikrobiološkem laboratoriju sva vzorce nasadili po metodi Colilert Quany Tray 2000, ki se uporablja za ugotavljanje prisotnosti in števila koliformnih bakterij in *Escherichia coli* v vzorcih vod (slika 15). S to metodo zgolj ocenimo število teh bakterij, zato jo imenujemo MPN (most probably number) metoda. Iz števila obarvanih oziroma fluorescirajočih »kvadratkov« s pomočjo posebne tabele odčitamo ocenjeno število bakterij (priloga 8) (8).



Slika 15: Mikrobiološki laboratorij

#### PRINCIP METODE

S pomočjo dehidriranega reagenta, ki ga raztopimo v vzorcu, zaznamo prisotnost značilnih encimov. Za koliformne bakterije je značilen encim  $\beta$ -galaktozidaza, za bakterijo *Escherichia coli* pa  $\beta$ -glukuronidaza (8).

#### POTREBNA OPREMA

Varilec za zapiranje Quany Tray ploščic – Quany Tray Sealer

Originalne platenke

Quany Tray ploščice

Colilert dehidriran reagent pripravljen v paketkih za en vzorec (8).

## POTEK DELA

### Priprava varilca

Preden sva začeli s pripravo vzorca za preiskavo sva vklopili varilec (prižgala se je rdeča luč) (slika 16a). Varilec lahko začnemo uporabljati po približno 10 minutah, ko se prižge še zelena luč (slika 16b).



Slika 16 a) Varilec



Slika 16 b) Varilec

### Osnovna nasaditev in inkubacija vzorcev

Pred preiskavo sva vzorec dobro premešali. Vzorec sva nato nalili v plastenko do oznake 100 ml (slika 17). Dodali sva dehidriran reagent (grobo zrnat prašek) (slika 18) in počakali, da se raztopi. Vzorec z reagentom sva dobro premešali (slika 19) in prelili v plastični nosilec (ploščica Quanta Tray) (slika 20). Ploščico sva zatalili na varilnem aparatu (slika 21).

Na ta način lahko ocenimo število koliformnih bakterij in bakterij *Escherichia coli* le do meje 2400 MPN v 100 ml. Ker pričakujemo v odvzetih vzorcih višje število iskanih bakterij, sva naredili še dve nadaljnji razredčini.

V plastenko sva s pipeto odpipetirali 1 ml vzorca in dolili destilirano vodo do oznake 100 ml, pri čemer sva dobili razredčen vzorec 1:10. V naslednjo plastenko pa sva odpipetirali 0,1 ml vzorca ter dolili destilirano vodo do oznake 100 ml, pri čemer sva dobili razredčen vzorec 1:100.

Z obema razredčenima vzorcema sva postopali enako, kot je opisano za nerazredčen vzorec v prvem odstavku.

Na ta način sva dobili po tri ploščice za vsako odzemno mesto. Nato sva vseh devet ploščic odnesli v inkubator na temperaturo 36°C, kjer so se inkubirale 20h (slika 22).



Slika 17: Vlivanje vzorca  
do oznake 100 ml



Slika 18: Dodajanje reagenta



Slika 19: Mešanje z reagentom



Slika 20: Vlivanje vzorca v  
plastično ploščico



Slika 21: Zataljevanje  
plastične ploščice



Slika 22: Inkubator s temp. 36°C

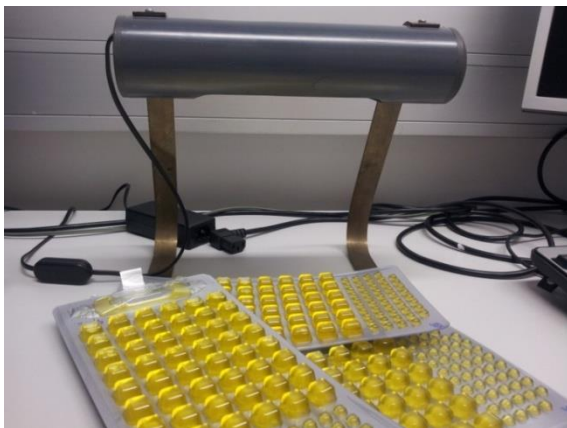
## POTRDITEV

Naslednji dan sva inkubirane ploščice vzeli iz inkubatorja (slika 26). Prešteli sva rumeno obarvane kvadratke, posebej na zgornjem delu ploščice (veliki kvadratki) in posebej na spodnjem (mali kvadratki) (slika 27). Rumeni kvadratki pomenijo prisotnost koliformnih bakterij.

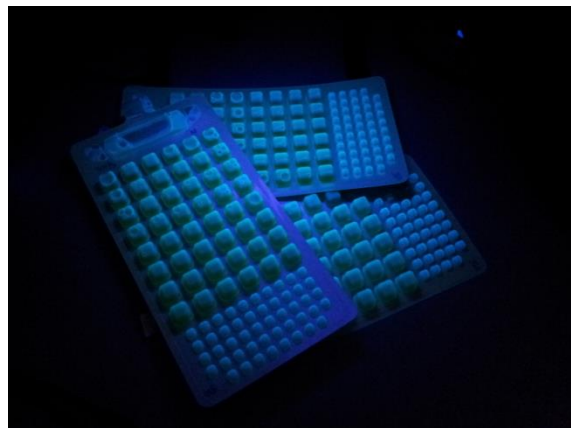


Slika 23: Notranjost inkubatorja

Nato sva ploščice odnesli v zatemnjen prostor (temnica), kjer je UV luč (slika 24).



Slika 24: UV luč



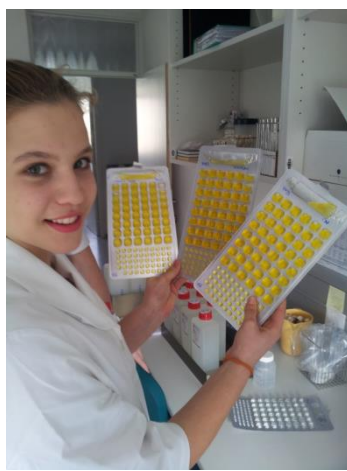
Slika 25: Vzorca pod UV lučjo

Vsako posamezno ploščico sva postavili pod UV svetlobo (slika 25). Vzorec mora biti od luči oddaljen približno 12 cm. Prešteli sva vse kvadratke, ki so fluorescirali (slika 28), ponovno sva posebej šteli velike in majhne kvadratke. Fluorescirajoči kvadratki pomenijo prisotnost bakterije *Escherichia coli*.

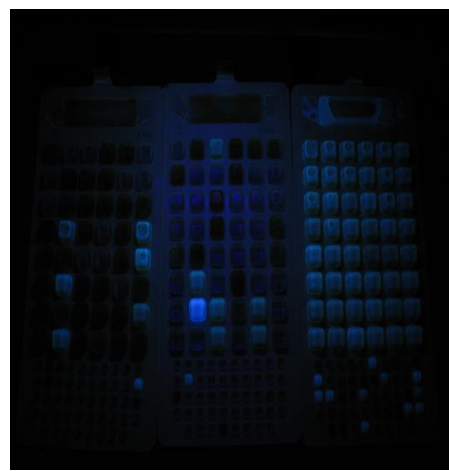
Število prešteti kvadratkov, rumenih in fluorescirajočih, sva vpisali na ploščico in potem prepisali na delovni list.



Slika 26: jemanje ploščic iz inkubatorja



Slika 27: štetje rumeno obarvanih kvadratkov



Slika 28: štetje fluorescirajoče obarvanih kvadratkov

## ODČITAVANJE REZULTATOV

Iz kombinacije števila velikih in malih rumenih kvadratkov, ki sva jih prešteli po inkubaciji, sva s pomočjo tabele za odčitavanje števila MPN (slika 25), ocenili število koliformnih bakterij v vzorcu.

Iz kombinacije števila velikih in malih fluorescirajočih kvadratkov, ki sva jih prešteli pod UV svetlobo po inkubaciji, sva s pomočjo tabele za odčitavanje števila MPN (slika 25), ocenili število bakterij *Escherichia coli* v vzorcu.

V Laboratoriju za sanitarno mikrobiologijo (ZZV Celje) so izdelali poročila o preskusu za najine tri vzorce. Poročila so v prilogi (Priloge 2 – 4).

## KEMIJSKE PREISKAVE

Preiskavi na oba kemijska parametra so izvedli na Zavodu za zdravstveno varstvo Celje, v Laboratoriju za sanitarno kemijo, kamor sva prinesli vzorce za kemijske preiskave. Izvedeli sva, kakšen je princip metode za določanje nitratnih in amonijevih ionov v vzorcih vod. V Laboratoriju za sanitarno kemijo (ZZV Celje) so izdelali poročila o preskusu za najine tri vzorce. Poročila so v prilogi (Priloge 5 – 7).

## Nitratni ion v vodah

Metoda, s katero so v Laboratoriju za sanitarno kemijo določili koncentracijoo nitratnih ionov v najjinih vzorcih vode, je namenjena določevanju vsebnosti floridnih, kloridnih, nitratnih, ortofosfatnih in sulfatnih ionov v vodah (slika 29). Opisana je v standardu SIST EN ISO 10304-1:2009 Water quality – Determination of dissolved anions by liquid chromatography of ions.

Metode temelji na ionski kromatografiji. Ione ločijo na koloni s anionskim izmenjevalcem. Nato z uporabo kationskega izmenjevalca pretvorijo ločene anione v kislno obliko. Koncentracija posameznih anionov se določi s pomočjo kalibracijske krivulje (9).



Slika 29: Laboratorij za sanitarno kemijo

## Amonijev ion v vodah

Metoda, s katero so v Laboratoriju za sanitarno kemijo določili koncentracijo amonijevih ionov v najinih vzorcih, je opisana v standardu SIST ISO 5664: 1996 Kakovost vode – Določanje amonija – Destilacijska in titracijska metoda. Standard opisuje metodo analize amonija v odpadni vodi in izlužkih odpadkov ter v pitnih in površinskih vodah.

Za določevanje količine amonija uporabljajo tehniko destilacije z vodno paro iz rahlo alkalne raztopine. Za končno detekcijo uporabijo titracijo s klorovodikovo kislino znane koncentracije. Končno točko določijo s pH elektrodo ali z uporabo indikatorja.

Steklenice za vzorce morajo biti iz primerne materiala, lahko so polietilenske (kakrašne sva uporabili midve) ali steklene steklenice.

Vzorce, v katerih določujejo amonij najprej konzervirajo. Nakisajo jih z žveplovo (VI) kislino do pH 2.

Proces izvedbe kemičnega preskusa:

1. Uravnavanje pH vrednosti testnega vzorca v območje med 6.0 in 7.4. Za to operacijo uporabljajo raztopino natrijevega hidroksida (1 mol/l). pH uravnavajo vedno v vzorcu, ki je bil predhodno konzerviran s kislino.
2. Priprava rahlo alkalne raztopine vzorca z dodatkom magnezijevega oksida.
3. Titracije amonija z destilacijo z vodno paro.

Določevanja amonija s titracijo s standardizirano raztopino klorovodikove kisline. Končno točko titracije določimo s pH elektrodo ali z indikatorjem (10).

# REZULTATI IN RAZPRAVA

## pH VREDNOST

Tabela 1: Rezultati meritev pH vrednosti

ODVZEMNA MESTA	izmerjene pH vrednosti	povprečna pH vrednost
Mestna plaža Celje	8,0; 7,9; 8,1	8,0
Za izlivom reke Voglajne v Savinjo	7,9; 8,0; 7,8	7,9
Za iztokom iz Čistilne naprave Celje	7,0; 7,1; 7,2	7,1

Pričakovali sva, da bodo vrednosti pH med 6,8 in 7,2, kolikor je ponavadi pH vode v naravi. Vrednost pH se lahko spremeni zaradi različnih dejavnikov. Povišana vrednost pH je lahko posledica izlivov odpadne vode iz gospodinjstev, ki je obremenjena s čistili in pralnimi sredstvi. Slednje bi lahko domnevali za odvzemni mesti Mestna plaža in za izlivom Voglajne. Iztok odpadne vode iz čistilne naprave pa je verjetno s svojo nizko pH vrednostjo znižal tudi pH rečne vode za iztokom.

## TEMPERATURA

Tabela 2: Rezultati merjenja temperature rečne vode

ODVZEMNA MESTA	izmerjene T vode	povprečna T vode
Mestna plaža Celje	8,0°C; 8,0°C; 8,0°C	8,0°C
Za izlivom reke Voglajne v Savinjo	8,0°C; 8,0°C; 8,0°C	8,0°C
Za iztokom iz Čistilne naprave Celje	8,0°C; 8,0°C; 8,0°C	8,0°C

Predvidevali sva, da se bo temperatura rečne vode vzdolž toka višala, predvsem na račun toplejšega in onesnaženega pritoka reke Voglajne in iztoka iz čistilne naprave. Temperatura pa je bila na vseh treh izmerjenih mestih enaka, čemur je najbrž vzrok, da je prvi in drugi dotok relativno majhen doprinos količine vode k celotnemu toku reke Savinje.



## KOLIFORMNE BAKTERIJE IN *Escherichia coli*

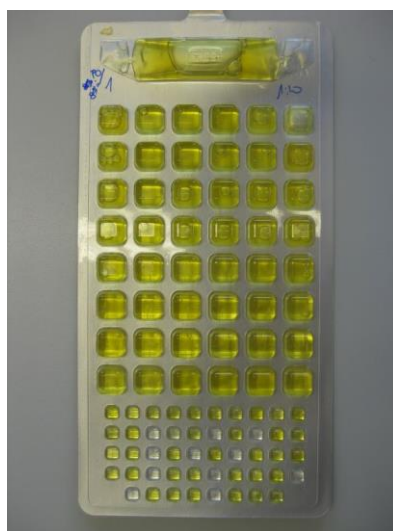
### Rezultati za odvzemno mesto Mestna plaža

Tabela 3: Odvzemno mesto **Mestna plaža** - rezultati preiskave na koliformne bakterije

vzorec	Število rumenih kvadratkov		Rezultat iz tabele	Končni rezultat (MPN/100 ml) (rezultat iz tabele x razredčina)
	veliki	mali		
nerazredčen	49	48	>2420	>2420
razredčen 1:10	49	37	921	<b>9210</b>
razredčen 1:100	36	6	70	7000



Slika 30a) Nerazredčen



Slika 30b) Razredčen vzorec 1:10



Slika 30c) Razredčen vzorec 1:100

vzorec

Tabela 4: Odvzemno mesto **Mestna plaža** - rezultati preiskave na bakterijo *Escherichia coli*

vzorec	Število UV pozitivnih kvadratkov		Rezultat iz tabele	Končni rezultat (MPN/100 ml) (rezultat iz tabele x razredčina)
	veliki	mali		
nerazredčen	49	48	>2420	>2420
razredčen 1:10	27	5	45	<b>450</b>
razredčen 1:100	6	1	6,3	630



Slika 31a) Nerazredčen vzorec pod UV



Slika 31b) Razredčen vzorec 1:10 pod UV



Slika 31c) Razredčen vzorec 1:100 pod UV

## Rezultati za odvzemno mesto za izlivom Voglajne

Tabela 5: Odvzemno mesto za izlivom Voglajne - rezultati preiskave na koliformne bakterije

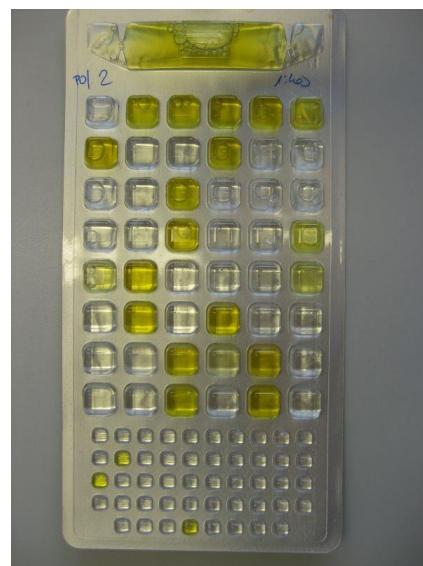
vzorec	Število rumenih kvadratkov		Rezultat iz tabele	Končni rezultat (MPN/100 ml) (rezultat iz tabele x razredčina)
	veliki	mali		
nerazredčen	49	48	>2420	>2420
razredčen 1:10	48	18	250	2500
razredčen 1:100	21	3	30	3000



Slika 32a) Nerazredčen vzorec



Slika 32b) Razredčen vzorec 1:10



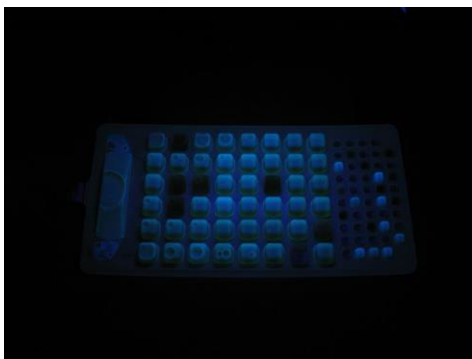
Slika 32c) Razredčen vzorec 1:100

Tabela 6: Odvzemno mesto **za izlivom Voglajne** - rezultati preiskave na bakterijo *Escherichia coli*

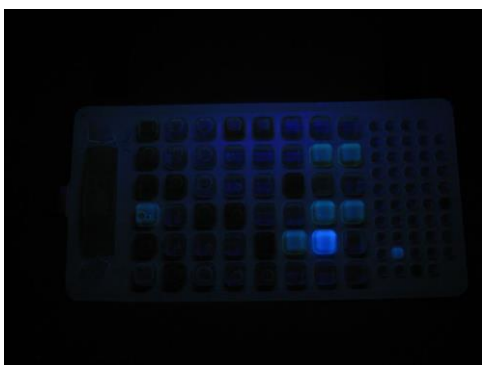
vzorec	Število UV pozitivnih kvadratkov		Rezultat iz tabele	Končni rezultat (MPN/100 ml) (rezultat iz tabele x razredčina)
	veliki	mali		
<b>nerazredčen</b>	49	48	>2420	>2420
<b>razredčen 1:10</b>	41	9	101	<b>1010</b>
<b>razredčen 1:100</b>	7	1	8,5	850



Slika 33a) Nerazredčen vzorec pod UV



Slika 33b) Razredčen vzorec 1:10 pod UV



Slika 33c) Razredčen vzorec 1:100 pod UV

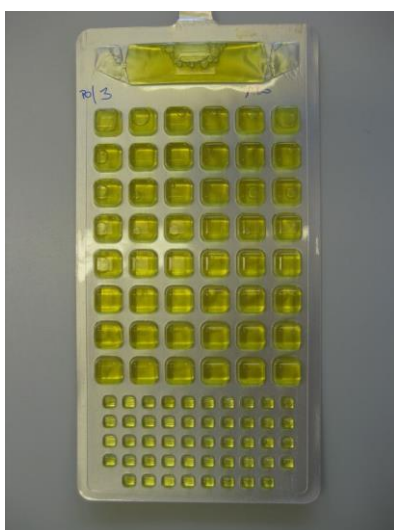
## Rezultati za odvzemno mesto za iztokom iz ČN Celje

Tabela 7: Odvzemno mesto za iztokom iz ČN Celje - rezultati preiskave na koliformne bakterije

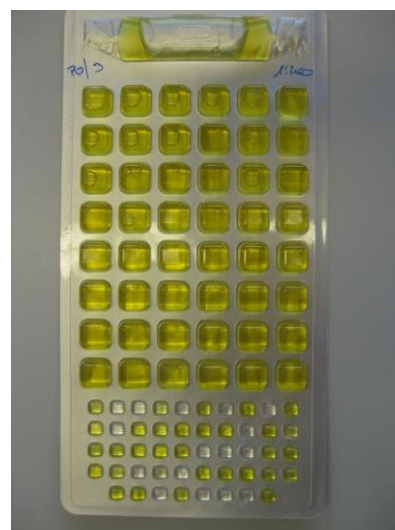
Vzorec	Število rumenih kvadratkov		Rezultat iz tabele	Končni rezultat (MPN/100 ml) (rezultat iz tabele x razredčina)
	veliki	mali		
Nerazredčen	49	48	>2420	>2420
razredčen 1:10	49	48	>2420	>2420
razredčen 1:100	49	31	649	64900



Slika 34a) Nerazredčen vzorec



Slika 34b) Razredčen vzorec 1:10



Slika 34c) Razredčen vzorec 1: 100

Tabela 8: Odvzemno mesto za iztokom iz ČN Celje - rezultati preiskave na bakterijo *Escherichia coli*

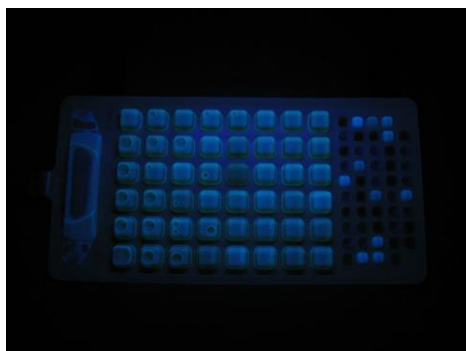
Vzorec	Število UV pozitivnih kvadratkov		Rezultat iz tabele	Končni rezultat (MPN/100 ml) (rezultat iz tabele x razredčina)
	veliki	mali		
Nerazredčen	49	48	>2420	>2420
razredčen 1:10	49	44	1553	15530
razredčen 1:100	49	11	214	<b>21400</b>



Slika 35a) Nerazredčen vzorec pod UV



Slika 35b) Razredčen vzorec 1:10 pod UV



Slika 35c) Razredčen vzorec 1:100 pod UV

Upoštevamo rezultat najnižje razredčine, kjer lahko poročamo določeno število (ne pa »več kot«). Debelo obarvan rezultat pomeni rezultat, poročan v Poročilu o preskusu za to odvzemno mesto.

Tabela 9: Končni rezultati za vsa tri odvzemna mesta, za koliformne bakterije in *E.coli*

Odvzemno mesto	Koliformne bakterije (MPN/100 ml)	<i>Escherichia coli</i> (MPN/100 ml)
Mestna plaža	9210	450
Za izlivom Voglajne	2500	1010
Za Čistilno napravo Celje	64900	21400

Ocenjeno število koliformnih bakterij je na drugem odvzemnem mestu padlo, se je pa zato zvišalo število bakterij *Escherichia coli*. Slednje pomeni zanesljivo fekalno onesnaženje. Število obojih bakterij pa se je zelo povišalo za iztokom iz čistilne naprave. Pred čistilno napravo v Savinjo doteka le manjša količina komunalnih odplak, iz čistilne naprave pa se iztekajo (sicer prečiščene) komunalne odplake, ki vodo močno mikrobiološko obremenijo.

## NITRATNI ION V VODAH

Tabela 10: Rezultati meritev koncentracije nitratnih ionov

ODVZEMNA MESTA	Konc. nitratnih ionov (mg/l)	Mejna vrednost (mg/l)
Mestna plaža Celje	6,3	25
Za izlivom reke Voglajne v Savinjo	5,1	25
Za iztokom iz Čistilne naprave Celje	1,2	25

V reki Savinji sva ugotovili razmeroma nizke koncentracije nitratnih ionov. Sicer so od prvega do tretjega odvzemnega mesta vrednosti padale, vendar so bile vedno veliko pod mejno vrednostjo. Očitno doprinos Voglajne in iztoka iz čistilne naprave ni vplival na koncentracijo nitratnih ionov. Domnevava, da je vodni tok Savinje toliko večji od ostalih, da se na tako kratkem odseku ta parameter bistveno ne spreminja.

## AMONIJEV ION V VODAH

Tabela 11: Rezultati meritev koncentracije nitratnih ionov

ODVZEMNA MESTA	Konc. nitratnih ionov (mg/l)	Mejna vrednost (mg/l)
Mestna plaža Celje	0,05	0,5
Za izlivom reke Voglajne v Savinjo	0,08	0,5
Za iztokom iz Čistilne naprave Celje	4,50	0,5

Koncentracija amonijevega iona je bila na prvih dveh mestih pod mejno vrednostjo, za iztokom čistilne naprave pa se je ta vrednost močno dvignila. Očitno je delno prečiščena odpadna voda iz čistilne naprave prinesla veliko količino amonija. Tako se je koncentracija amonijevih ionov kljub relativno majhni vodni masi pritoka iz ČN v primerjavi z vodno maso Savinje močno dvignila.



## ZAKLJUČKI

V raziskovalni nalogi sva spremljali različne parametre vzdolž reke Savinje. Podatke dveh parametrov sva pridobili s terenskimi meritvami, dveh z mikrobiološko analizo vzorcev vod ter dveh z kemijsko analizo vzorcev vod. Terenske meritve in mikrobiološko analizo sva izvedli samostojno, kemijske analize pa s pomočjo zaposlenih v laboratoriju.

Delovne hipoteze, ki sva si jih postavili, sva poskušali potrditi oziroma ovreči.

Prvo hipotezo s katero sva predvidevali, da se bo koncentracija koliformnih bakterij in bakterij *Escherichia coli* povečevala od prvega do tretjega odvzemnega mesta, to je od Mestne plaže Celje do izpusta iz Čistilne naprave Celje, sva **potrdili oziroma delno potrdili** za parameter koliformne bakterije. Število koliformnih bakterij je padlo od prvega do drugega odvzemnega mesta, se pa je občutno povečalo na tretjem odvzemnem mestu, kar je posledica izliva sicer delno prečiščenih komunalnih odplak iz čistilne naprave. Predvidevali sva, da bo število koliformnih bakterij poraslo tudi za izlivom Voglajne, vendar temu ni bilo tako. Razlage za ta pojav pa na žalost nimava. Drugi opazovani mikrobiološki parameter, *Escherichia coli*, pa se je dvignil od prvega do drugega odvzemnega mesta ter skokovito narasel na tretjem odvzemnem mestu. V reko Voglajno se izlivajo tudi neprečiščene komunalne odplake, kar se potem odrazi v povišanem številu bakterij *Escherichia coli*, ki so pokazatelj fekalnega onesnaženja vode. Za izlivom iz čistilne naprave pa je to število močno naraslo, saj so se rečni vodi primešale delno očiščene komunalne odplake s fekalijami.

V drugi hipotezi sva predvidevali, da se bo temperatura vode od prvega do tretjega odvzemnega mesta višala. To hipotezo sva **ovrgli**. Temperatura je bila namreč na vseh odvzemnih mestih enaka, to je 8°C. Domnevali sva, da bodo zaradi onesnaženosti toplejši dotoki reko Savinjo ogreli. Verjetno pa je količina vode iz teh dotokov premajhna glede na vodnatost Savinje, temperaturne razlike pa premajhne.

Vrednost pH naravne vode se giblje v območju od 6,8 do 7,2, lahko pa je tudi v razponu od 5 do 9. Če se pH viša oz. niža je to pokazatelj sprememb v sestavi vode. Vrednost pH, ki sva jo izmerili, je bila na prvih dveh odvzemnih mestih višja kot na tretjem, vrednost je padla iz 8 na 7. Domnevava, da je to posledica nevtraliziranega oz. rahlo kislega pritoka iz čistilne naprave. Hipotezo sva zato **ovrgli**.

Mejna vrednost za nitrate v površinskih vodah je 25 mg/l, za amonijev ion pa 0,5 mg/l. Tako prvi kot drugi parameter sta neposredno povezana z onesnaženostjo vod. Vsebnost nitratov je rahlo padala od prvega do tretjega odvzemnega mesta, ves čas pa je ostala pod mejno vrednostjo. Hipotezo sva s tem **potrdili**.

Koncentracija amonijevih ionov na opazovanem odseku Savinje je bila približno enaka na prvem in drugem odvzemnem mestu in ni presegla mejne vrednosti. Na tretjem odvzemnem mestu pa je koncentracija amonijevih ionov na račun pritoka iz čistilne naprave močno porasla in presegla mejno vrednost. Hipotezo sva zato **delno potrdili**.

## POVZETEK

V raziskovalni nalogi sva raziskovali onesnaženje reke Savinje v njenem delu, ki teče na območju Celja. Vzorce sva odvzeli na treh odzemnih mestih vzdolž reke Savinje na delu, ki teče skozi Celje. vzorce sva analizirali na terenu in v laboratoriju ter rezultate medsebojno primerjali. Spremljali sva parametre kot so pH vrednost, temperatura rečne vode, koncentracija amonijevih in nitratnih ionov ter količina koliformnih bakterij in bakterij *Escherichia coli*. Postavili sva si delovne hipoteze, od katerih sva jih nekaj potrdili in nekaj ovrgli.

Ugotovili sva, da je reka Savinja zmerno onesnažena v področju nad čistilno napravo, pod njo pa onesnaženost reke seveda naraste, saj v njo pritečejo komunalne odplake, ki jih čistilna naprava bolj ali manj uspešno čisti.

## VIRI

1. Glavan M. Vsebnost nitratnega iona in amonijskega iona v reki Temenici. Dipl. delo. Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, 2005
2. <http://sl.wikipedia.org/wiki/Savinja>
3. <http://www.luce.si/turizem/znamenitosti/naravne-znamenitosti/igla/reka-savinja>
4. <http://bhir4.freehostia.com/vodovje/vode.html>
5. <http://web.sc-celje.si/tomi/seminarske2007/Onesnazevanje/voda.htm>
6. Barbka Cotič, diplomsko delo
7. Martina Turk in Polona Zalar OSNOVE MIKROBIOLOGIJE – VAJE Gradivo za vaje za študente Univerze v Ljubljani, Pedagoške fakultete, smer Biologija, Kemija, Gospodinjstvo, BF, 2012.
8. Ustni vir: pogovor z odgovornim analitikom v Laboratoriju za sanitarni mikrobiologijo, ZZV Celje, Majo Gošnjak, marec 2013.
9. SIST EN ISO 10304-1:2009 Water quality –Determination of dissolved anions by liquid chromatography of ions.
10. SIST ISO 5664: 1996 Kakovost vode – Določanje amonija – Destilacijska in titracijska metoda.

# PRILOGE

## PRILOGA 1

	pH vrednost		temp. (°C)	OPOMBE
MESTNA PLAŽA	8,0 8,1 7,9	poprečna pH vrednost 8,0	8°C	- NA REČNJEM BREGU JE BIL VELIKO SMETI
ZA BIVKOM VOGLAJNE	7,8 7,9 8,0	7,9	8°C	- REKA VOGLAJNA JE BILA ZARADI DELA OB NJEJ ZELO ONESNAŽENA
ZA BIVKOM IZ ČUN	7,0 7,1 7,2	7,1	8°C	- UODA JE BILA ZELO BISTRA - NA REČNJEM BREGU PA SVA NAŠA SLEZU PODOBNO SPOV



**ZAVOD ZA ZDRAVSTVENO VARSTVO CELJE**

IPAVČEVA 18, 3000 CELJE, telefon: (03) 42 51 200, telefax: (03) 42 51 115  
 ODDELEK ZA MIKROBIOLOGIJO, LABORATORIJ ZA SANITARNO MIKROBIOLOGIJO  
 GREGORČIČEVA 5, 3000 CELJE, telefon: (03) 42 51 210, telefax: (03) 42 51 212

Protokol: PO/1  
 Status: Končni, Verzija: 1.00

**POROČILO O PRESKUSU**

Posiljatelj, Naročnik: ZZZV Celje, Oddelek za mikrobiologijo, Laboratorij za sanitarno mikrobiologijo, Gregorčičeva 5, 3000 CELJE  
 Plačnik, Lastnik: Zavod za zdravstveno varstvo Celje, Ipavčeva 18, 3000 CELJE  
 Poslano v vednost: posiljatelju

Sprejem: 07.03.2013 ob 16:30, Preiskano do: 09.03.2013

Namen odvzema: Notranji nadzor Vzorci prinesel: Naročnik

Vzorec: Površinska voda

Odvzel: Naročnik  
 Datum odvzema: 07.03.2013 ob 16:00  
 Stanje ob prevzemu: ustrežno  
 Lokacija: SAVINJA - CELJE  
 Odzemno mesto: mestna plaža

Preiskava: Parametri po naročniku vode

PARAMETER	METODA	PREISK. KOLIČINA	KRITERIJ	REZULTAT	ENOTA	ZA ETEK KONEC
Koliformne bakterije	Colilert 18 Quanta Tray 2000	100 ml	/	9210	MPN/100 ml	07.03.2013 17:00 08.03.2013 14:50
<i>Escherichia coli</i>	Colilert 18 Quanta Tray 2000	100 ml	/	450	MPN/100 ml	07.03.2013 17:00 08.03.2013 14:50
Točke: 7						

Odgovorna oseba:  
 Mag. Maja Gošnjak  
 dr.vet.med.

Rezultati preskusa se nanašajo izključno na preskušani vzorec.

Poročilo se brez pisnega pristanka preskusnega laboratorija ne sme reproducirati, razen v celoti in se ne sme uporabljati v reklamne namene.

V Celju, 11.03.2013  
 Stran: 1 od

## PRILOGA 3



### ZAVOD ZA ZDRAVSTVENO VARSTVO CELJE

IPAVČEVA 18, 3000 CELJE, telefon: (03) 42 51 200, telefax: (03) 42 51 115  
ODDELEK ZA MIKROBIOLOGIJO, LABORATORIJ ZA SANITARNO MIKROBIOLOGIJO  
GREGORČIČEVA 5, 3000 CELJE, telefon: (03) 42 51 210, telefax: (03) 42 51 212

Protokol: PO/2  
Status: Končni, Verzija: 1.00

#### POROČILO O PRESKUSU

Pošiljatelj, Naročnik: ZZV Celje, Oddelek za mikrobiologijo, Laboratorij za sanitarno mikrobiologijo, Gregorčičeva 5, 3000 CELJE  
Plačnik, Lastnik: Zavod za zdravstveno varstvo Celje, Ipavčeva 18, 3000 CELJE  
Poslano v vednost: pošiljatelju

Sprejem: 07.03.2013 ob 16:30, Preiskano do: 09.03.2013

Namen odvzema: Notranji nadzor

Vzorci prinesel: Naročnik

Vzorec: Površinska voda

Odvzel: Naročnik  
Datum odvzema: 07.03.2013 ob 15:30  
Stanje ob prevzemu: ustrežno  
Lokacija: SAVINJA - CELJE  
Odvzemno mesto: za izlivom V oglajne

Preiskava: Parametri po naročilu - vode

PARAMETER	METODA	PREISK. KOLIČINA	KRITERIJ	REZULTAT	ENOTA	ZA ETEK KONEC
Koliformne bakterije	Coilert 18 Quanty Tray 2000	100 ml	/	2500	MPN/100 ml	07.03.2013 17:00 08.03.2013 14:50
<i>Escherichia coli</i>	Coilert 18 Quanty Tray 2000	100 ml	/	1010	MPN/100 ml	07.03.2013 17:00 08.03.2013 14:50

Točke: 7

Odgovorna oseba:  
Mag. Maja Gošnjak  
dr.vet.med.

Rezultati preskusa se nanašajo izključno na preskušani vzorec.

Poročilo se brez pisnega pristanka preskusnega laboratorija ne sme reproducirati, razen v celoti in se ne sme uporabljati v reklamne namene.

V Celju, 11.03.2013

Stran: 1 od



## ZAVOD ZA ZDRAVSTVENO VARSTVO CELJE

IPAVČEVA 18, 3000 CELJE, telefon: (03) 42 51 200, telefax: (03) 42 51 115  
 ODDELEK ZA MIKROBIOLOGIJO, LABORATORIJ ZA SANITARNO MIKROBIOLOGIJO  
 GREGORČIČEVA 5, 3000 CELJE, telefon: (03) 42 51 210, telefax: (03) 42 51 212

Protokol: PO/3  
 Status: Končni, Verzija: 1.00

## POROČILO O PRESKUSU

Posiljatelj, Naročnik: ZZV Celje, Oddelek za mikrobiologijo, Laboratorij za sanitarno mikrobiologijo, Gregorčičeva 5, 3000 CELJE  
 Plačnik, Lastnik: Zavod za zdravstveno varstvo Celje, Ipavčeva 18, 3000 CELJE  
 Poslano v vednost: posiljatelju

Sprejem: 07.03.2013 ob 16:30, Preiskano do: 09.03.2013

Namen odvzema: Notranji nadzor Vzorci prinesel: Naročnik

Vzorec: Površinska voda

Odvzel: Naročnik  
 Datum odvzema: 07.03.2013 ob 15:00  
 Stanje ob prevzemu: ustrežno  
 Lokacija: SAVINJA - CELJE  
 Odzemno mesto: za istinsko napravo

Preiskava: Parametri po naročniku vode

PARAMETER	METODA	PREISK. KOLI INA	KRITERIJ	REZULTAT	ENOTA	ZA ETEK KONEC
Koliformne bakterije	Colilert 18 Quanty Tray 2000	100 ml	/	64900	MPN/100 ml	07.03.2013 17:00 08.03.2013 14:50
<i>Escherichia coli</i>	Colilert 18 Quanty Tray 2000	100 ml	/	21400	MPN/100 ml	07.03.2013 17:00 08.03.2013 14:50
Točke: 7						

Odgovorna oseba:  
 Mag. Maja Gošnjak  
 dr.vet.med.

Rezultati preskusa se nanašajo izključno na preskušani vzorec.

Poročilo se brez pisnega pristanka preskusnega laboratorija ne sme reproducirati, razen v celoti in se ne sme uporabljati v reklamne namene.

V Celju, 11.03.2013  
 Stran: 1 od





**ZAVOD ZA ZDRAVSTVENO VARSTVO CELJE**

IPAVČEVA 18, 3000 CELJE, telefon: +386 3 42 51 200, telefax: +386 3 42 51 115  
 Oddelek za sanitarno kemijo



Rezultati označeni z # se nanašajo na neakreditirano dejavnost

Datum izpisa: 12.03.2013

KEMIJA prot.št.: POV 2013/3  
 Površinske vode Datum izvida: 12.03.2013

**POROČILO O PRESKUSU**  
**Površinske vode**

Izvor: 1. vzorec, mestna plaža

Lastnik: Gošnjak Maja

Naročnik: Gošnjak Maja

Odvzem: 08.03.2013 00:00 Lastnik

Sprejem: 08.03.2013, 09:00 Preiskan do: 12.03.2013

**Rezultati preskušanja**

Parameter	Rezultat	Enota	Merilna negot.	Normativ	Metoda	Opombe	Začetek konec
<b>Laboratorijski parametri</b>							
OSNOVNI PARAMETRI							12.03. 12.03.
Amonij	0,05	# mg/L NH4			323/SIST ISO 7150-1:1996		12.03. 12.03.
Nitrati	6,3	mg/L NO3	9%		283/SIST EN ISO 10304-1:2009		08.03. 12.03.

- rezultati označeni z # se nanašajo na neakreditirano dejavnost

Točke: 27

Stojan Carevič, univ. dipl. inž. kem. inž.  
 Odgovorni analitik

mag. Andrej Planinšek, univ. dipl. kem.  
 spec. san. kemije  
 Predstojnik


**ZAVOD ZA ZDRAVSTVENO VARSTVO CELJE**

 IPAVČEVA 18, 3000 CELJE, telefon: +386 3 42 51 200, telefax: +386 3 42 51 115  
 Oddelek za sanitarno kemijo

**SLOVENSKA  
AKREDITACIJA**  
 SIST EN ISO/IEC 17025  
**LP-037**  
 Rezultati označeni z # se nanašajo  
 na neakreditirano dejavnost

Datum izpisa: 12.03.2013

 KEMIJA prot.št.: POV 2013/4  
 Površinske vode Datum izvida: 12.03.2013

**POROČILO O PRESKUSU**  
**Površinske vode**

Izvor: 2. vzorec, za izlivom Voglajne

Lastnik: Gošnjak Maja

Naročnik: Gošnjak Maja

Odvzem: 08.03.2013 00:00 Lastnik

Sprejem: 08.03.2013, 09:00 Preiskan do: 12.03.2013

**Rezultati preskušanja**

Parameter	Rezultat	Enota	Merilna negot.	Normativ	Metoda	Opombe	Začetek konec
<b>Laboratorijski parametri</b>							
OSNOVNI PARAMETRI							12.03. 12.03.
Amonij	0,08	#	mg/L NH <sub>4</sub>		323/SIST ISO 7150-1:1996		12.03. 12.03.
Nitrati	5,1		mg/L NO <sub>3</sub>	9%	283/SIST EN ISO 10304-1:2009		08.03. 12.03.

- rezultati označeni z # se nanašajo na neakreditirano dejavnost

Točke: 27

 Stojan Carevič, univ. dipl. inž. kem. inž.  
 Odgovorni analitik

 mag. Andrej Planinšek, univ. dipl. kem.  
 spec. san. kemije  
 Predstojnik



**ZAVOD ZA ZDRAVSTVENO VARSTVO CELJE**

IPAVČEVA 18, 3000 CELJE, telefon: +386 3 42 51 200, telefax: +386 3 42 51 115  
 Oddelek za sanitarno kemijo



Rezultati označeni z # se nanašajo na neakreditirano dejavnost

Datum izpisa: 12.03.2013

KEMIJA prot.št.: POV 2013/5  
 Površinske vode Datum izvida: 12.03.2013

**POROČILO O PRESKUSU**  
**Površinske vode**

Izvor: 3. vzorec, za ČN

Lastnik: Gošnjak Maja

Naročnik: Gošnjak Maja

Odvzem: 08.03.2013 00:00 Lastnik

Sprejem: 08.03.2013, 09:00 Preiskan do: 12.03.2013

**Rezultati preskušanja**

Parameter	Rezultat	Enota	Merilna negot.	Normativ	Metoda	Opombe	Začetek konec
<b>Laboratorijski parametri</b>							
OSNOVNI PARAMETRI							12.03. 12.03.
Amonij	4,50	# mg/L NH4			323/SIST ISO 7150-1:1996		12.03. 12.03.
Nitrati	1,2	mg/L NO3	9%		283/SIST EN ISO 10304-1:2009		08.03. 12.03.

- rezultati označeni z # se nanašajo na neakreditirano dejavnost

Točke: 27

Stojan Carevič, univ. dipl. inž. kem. inž.  
 Odgovorni analitik

mag. Andrej Planinšek, univ. dipl. kem.  
 spec. san. kemije  
 Predstojnik

**PRIOGA 8**

# Large Wells Positive	IDEXX Quanti-Tray®/2000 MPN Table (per 100ml)																								
	# Small Wells Positive																								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
0	0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.0	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.1	17.1	18.1	19.1	20.2	21.2	22.3	23.4	24.5
1	0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	7.1	8.1	9.1	10.1	11.1	12.1	13.2	14.2	15.2	16.2	17.3	18.3	19.3	20.4	21.4	22.5	23.5	24.5	25.6
2	0	3.0	4.1	5.1	6.1	7.1	8.1	9.2	10.2	11.2	12.2	13.3	14.3	15.4	16.4	17.4	18.5	19.5	20.6	21.6	22.7	23.7	24.8	25.8	26.9
3	0	4.1	5.1	6.1	7.2	8.2	9.2	10.3	11.3	12.3	13.4	14.4	15.5	16.5	17.6	18.6	19.7	20.8	21.8	22.9	23.9	25.0	26.1	27.1	28.2
4	0	5.1	6.2	7.2	8.3	9.3	10.4	11.4	12.5	13.5	14.6	15.6	16.7	17.8	18.8	19.9	21.0	22.0	23.1	24.2	25.3	26.3	27.4	28.5	29.6
5	0	6.2	7.3	8.4	9.4	10.5	11.5	12.6	13.7	14.7	15.8	16.9	17.9	19.0	20.1	21.2	22.2	23.3	24.4	25.5	26.6	27.7	28.8	29.9	31.0
6	0	7.3	8.4	9.5	10.6	11.6	12.7	13.8	14.9	16.0	17.0	18.1	19.2	20.3	21.4	22.5	23.6	24.7	25.8	26.9	28.0	29.1	30.2	31.3	32.4
7	0	8.4	9.5	10.7	11.8	12.8	13.9	15.0	16.1	17.2	18.3	19.4	20.5	21.6	22.7	23.8	24.9	26.0	27.1	28.3	29.4	30.5	31.6	32.7	33.8
8	0	9.5	10.8	11.9	13.0	14.1	15.2	16.3	17.4	18.5	19.6	20.7	21.8	22.9	24.1	25.2	26.3	27.4	28.6	29.7	30.8	32.0	33.1	34.3	35.4
9	0	10.8	12.0	13.1	14.2	15.3	16.4	17.6	18.7	19.8	20.9	22.0	23.2	24.3	25.4	26.6	27.7	28.9	30.0	31.2	32.3	33.5	34.6	35.8	37.0
10	0	12.0	13.2	14.4	15.5	16.6	17.7	18.9	20.0	21.1	22.3	23.4	24.6	25.7	26.9	28.0	29.2	30.3	31.5	32.7	33.8	35.0	36.2	37.4	38.6
11	0	13.2	14.4	15.6	16.8	17.9	19.1	20.2	21.4	22.5	23.7	24.8	26.0	27.2	28.3	29.5	30.7	31.9	33.0	34.2	35.4	36.6	37.8	39.0	40.2
12	0	14.5	15.8	16.9	18.1	19.3	20.4	21.6	22.8	23.9	25.1	26.3	27.5	28.6	29.8	31.0	32.2	33.4	34.6	35.8	37.0	38.2	39.4	40.7	41.9
13	0	15.8	17.1	18.3	19.5	20.6	21.8	23.0	24.2	25.4	26.6	27.8	29.0	30.2	31.4	32.6	33.8	35.0	36.2	37.5	38.7	39.9	41.2	42.4	43.6
14	0	17.1	18.5	19.7	20.9	22.1	23.3	24.5	25.7	26.9	28.1	29.3	30.5	31.7	33.0	34.2	35.4	36.7	37.9	39.1	40.4	41.6	42.9	44.2	45.4
15	0	18.5	19.9	21.1	22.3	23.5	24.7	25.9	27.2	28.4	29.6	30.9	32.1	33.3	34.6	35.8	37.1	38.4	39.6	40.9	42.2	43.4	44.7	46.0	47.3
16	0	19.9	21.3	22.6	23.8	25.0	26.2	27.5	28.7	30.0	31.2	32.5	33.7	35.0	36.3	37.5	38.8	40.1	41.4	42.7	44.0	45.3	46.6	47.9	49.2
17	0	21.3	22.8	24.1	25.3	26.6	27.8	29.1	30.3	31.6	32.9	34.1	35.4	36.7	38.0	39.3	40.6	41.9	43.2	44.5	45.9	47.2	48.5	49.8	51.2
18	0	22.8	24.3	25.6	26.8	28.1	29.4	30.7	32.0	33.3	34.6	35.9	37.2	38.5	39.8	41.1	42.4	43.8	45.1	46.5	47.8	49.2	50.5	51.9	53.2
19	0	24.3	25.8	27.2	28.5	29.8	31.1	32.4	33.7	35.0	36.3	37.6	39.0	40.3	41.6	43.0	44.3	45.7	47.1	48.4	49.8	51.2	52.6	54.0	55.4
20	0	25.8	27.3	28.7	29.9	31.2	32.5	33.8	35.1	36.4	37.8	39.1	40.5	41.8	43.2	44.6	46.0	47.4	48.8	50.2	51.6	53.0	54.4	55.8	57.2
21	0	27.3	28.8	30.2	31.5	32.8	34.1	35.4	36.7	38.0	39.3	40.6	41.9	43.2	44.5	45.9	47.3	48.7	50.1	51.5	52.9	54.3	55.7	57.1	58.5
22	0	28.8	30.3	31.7	33.0	34.3	35.6	36.9	38.2	39.5	40.8	42.1	43.4	44.7	46.0	47.3	48.6	49.9	51.2	52.5	53.8	55.1	56.4	57.7	59.0
23	0	30.3	31.7	33.1	34.4	35.7	37.0	38.3	39.6	40.9	42.2	43.5	44.8	46.1	47.4	48.7	50.0	51.3	52.6	53.9	55.2	56.5	57.8	59.1	60.4
24	0	31.7	33.1	34.5	35.9	37.3	38.6	40.0	41.3	42.6	43.9	45.2	46.5	47.8	49.1	50.4	51.7	53.0	54.3	55.6	56.9	58.2	59.5	60.8	62.1
25	0	33.1	34.5	35.9	37.3	38.6	40.0	41.3	42.6	43.9	45.2	46.5	47.8	49.1	50.4	51.7	53.0	54.3	55.6	56.9	58.2	59.5	60.8	62.1	63.4
26	0	34.5	35.9	37.3	38.6	40.0	41.3	42.6	43.9	45.2	46.5	47.8	49.1	50.4	51.7	53.0	54.3	55.6	56.9	58.2	59.5	60.8	62.1	63.4	64.7
27	0	35.9	37.3	38.6	40.0	41.3	42.6	43.9	45.2	46.5	47.8	49.1	50.4	51.7	53.0	54.3	55.6	56.9	58.2	59.5	60.8	62.1	63.4	64.7	66.0
28	0	37.3	38.6	40.0	41.3	42.6	43.9	45.2	46.5	47.8	49.1	50.4	51.7	53.0	54.3	55.6	56.9	58.2	59.5	60.8	62.1	63.4	64.7	66.0	67.3
29	0	38.6	40.0	41.3	42.6	43.9	45.2	46.5	47.8	49.1	50.4	51.7	53.0	54.3	55.6	56.9	58.2	59.5	60.8	62.1	63.4	64.7	66.0	67.3	68.6
30	0	40.0	41.3	42.6	43.9	45.2	46.5	47.8	49.1	50.4	51.7	53.0	54.3	55.6	56.9	58.2	59.5	60.8	62.1	63.4	64.7	66.0	67.3	68.6	70.0
31	0	41.3	42.6	43.9	45.2	46.5	47.8	49.1	50.4	51.7	53.0	54.3	55.6	56.9	58.2	59.5	60.8	62.1	63.4	64.7	66.0	67.3	68.6	70.0	71.3
32	0	42.6	43.9	45.2	46.5	47.8	49.1	50.4	51.7	53.0	54.3	55.6	56.9	58.2	59.5	60.8	62.1	63.4	64.7	66.0	67.3	68.6	70.0	71.3	72.6
33	0	43.9	45.2	46.5	47.8	49.1	50.4	51.7	53.0	54.3	55.6	56.9	58.2	59.5	60.8	62.1	63.4	64.7	66.0	67.3	68.6	70.0	71.3	72.6	73.9
34	0	45.2	46.5	47.8	49.1	50.4	51.7	53.0	54.3	55.6	56.9	58.2	59.5	60.8	62.1	63.4	64.7	66.0	67.3	68.6	70.0	71.3	72.6	73.9	75.2
35	0	46.5	47.8	49.1	50.4	51.7	53.0	54.3	55.6	56.9	58.2	59.5	60.8	62.1	63.4	64.7	66.0	67.3	68.6	70.0	71.3	72.6	73.9	75.2	76.5
36	0	47.8	49.1	50.4	51.7	53.0	54.3	55.6	56.9	58.2	59.5	60.8	62.1	63.4	64.7	66.0	67.3	68.6	70.0	71.3	72.6	73.9	75.2	76.5	77.8
37	0	49.1	50.4	51.7	53.0	54.3	55.6	56.9	58.2	59.5	60.8	62.1	63.4	64.7	66.0	67.3	68.6	70.0	71.3	72.6	73.9	75.2	76.5	77.8	79.1
38	0	50.4	51.7	53.0	54.3	55.6	56.9	58.2	59.5	60.8	62.1	63.4	64.7	66.0	67.3	68.6	70.0	71.3	72.6	73.9	75.2	76.5	77.8	79.1	80.4
39	0	51.7	53.0	54.3	55.6	56.9	58.2	59.5	60.8	62.1	63.4	64.7	66.0	67.3	68.6	70.0	71.3	72.6	73.9	75.2	76.5	77.8	79.1	80.4	81.7
40	0	53.0	54.3	55.6	56.9	58.2	59.5	60.8	62.1	63.4	64.7	66.0	67.3	68.6	70.0	71.3	72.6	73.9	75.2	76.5	77.8	79.1	80.4	81.7	83.0
41	0	54.3	55.6	56.9	58.2	59.5	60.8	62.1	63.4	64.7	66.0	67.3	68.6	70.0	71.3	72.6	73.9	75.2	76.5	77.8	79.1	80.4	81.7	83.0	84.3
42	0	55.6	56.9	58.2	59.5	60.8	62.1	63.4	64.7	66.0	67.3	68.6	70.0	71.3	72.6	73.9	75.2	76.5	77.8	79.1	80.4	81.7	83.0	84.3	85.6
43	0	56.9	58.2	59.5	60.8	62.1	63.4	64.7	66.0	67.3	68.6	70.0	71.3	72.6	73.9	75.2	76.5	77.8	79.1	80.4	81.7	83.0	84.3	85.6	86.9
44	0	58.2	59.5	60.8	62.1	63.4	64.7	66.0	67.3	68.6	70.0	71.3	72.6	73.9	75.2	76.5	77.8	79.1	80.4	81.7	83.0	84.3	85.6	86.9	88.2
45	0	59.5	60.8	62.1	63.4	64.7	66.0	67.3	68.6	70.0	71.3	72.6	73.9	75.2	76.5	77.8	79.1	80.4	81.7	83.0	84.3	85.6	86.9	88.2	89.5
46	0	60.8	62.1	63.4	64.7	66.0	67.3	68.6	70.0	71.3	72.6	73.9	75.2	76.5	77.8	79.1	80.4	81.7	83.0	84.3	85.6	86.9	88.2	89.5	90.8
47	0	62.1	63.4	64.7	66.0	67.3	68.6	70.0	71.3	72.6	73.9	75.2	76.5	77.8	79.1	80.4	81.7	83.0	84.3	85.6	86.9	88.2	89.5	90.8	92.1
48	0	63.4	64.7	66.0	67.3	68.6	70.0	71.3	72.6	73.9	75.2	76.5	77.8	79.1	80.4	81.7	83.0	84.3	85.6	86.9	88.2	89.5	90.8	92.1	93.4
49	0	64.7	66.0	67.3	68.6	70.0	71.3	72.6	73.9	75.2	76.5	77.8	79.1	80.4	81.7	83.0	84.3	85.6	86.9	88.2	89.5	90.8	92.1	93.4	94.7

# Large Wells Positive	IDEXX Quanti-Tray®/2000 MPN Table (per 100ml)																								
	# Small Wells Positive																								
	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
0	25.3	26.4	27.4	28.4	29.5	30.5	31.5	32.5	33																