

Mladi za napredek Maribora

32. srečanje

II. gimnazija Maribor

Bioakumulacija težkih kovin v račji zeli in vpliv težkih kovin na človeka

Interdisciplinarno: kemija, biologija

Raziskovalna naloga

Avtor: JELENA KOVAČEVIĆ, TAJKA SELAN

Mentor: ANITA MUSTAČ

Šola: II. GIMNAZIJA MARIBOR

Maribor, 2015

Mladi za napredek Maribora

32. srečanje

II. gimnazija Maribor

Bioakumulacija težkih kovin v račji zeli in vpliv težkih kovin na človeka

Interdisciplinarno: kemija, biologija

Raziskovalna naloga

Maribor, 2015

Vsebina

Kazalo tabel	3
Kazalo grafov	3
Kazalo slik	3
1. UVOD	4
2. POVZETEK	4
3. ZAHVALA.....	4
4. METODOLOGIJA	5
TEORETSKE OSNOVE.....	5
5. VODNA KUGA	5
5.1. Opis.....	5
5.2. Ekološke značilnosti.....	6
5.3. Vplivi na okolico.....	6
5.4. Ukrepi	6
6. KAJ SPLOH JE TUJERODNA VRSTA?.....	7
6.1. Definicija.....	7
6.2. Naselitev	7
6.2.1. Načini naselitve	7
6.2.2. Pomen naselitve vrst	7
6.3. Vplivi tujerodnih vrst	8
6.3.1. Vplivi na domorodne vrste	8
6.3.2. Vpliv na ekosisteme.....	8
6.3.3. Vplivi na gospodarstvo	9
6.3.4. Vplivi na zdravje ljudi.....	9
6.4. Odstranitev in nadzor tujerodnih vrst.....	9
7. BIOAKUMULACIJA.....	10
7.1. Vrste bioakumulacije.....	10
7.2. Kopičenje	10
7.3. Dinamično ravnovesje.....	11
8. TEŽKE KOVINE.....	12
8.1. Svinec.....	12
8.2. Baker.....	13
8.3. Železo	14
EKSPERIMENTALNO DELO	15
9. POSKUS	15
9.1. Uporabljen material	15

9.2.	Predpriprave na poskus	16
9.3.	Potek dela	17
10.	REZULTATI IN MERITVE	18
10.1.	Umeritvena krivulja standardnih raztopin $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$ in $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$	18
10.2.	Rezultati poskusa.....	19
11.	DISKUSIJA.....	22
12.	Zaključek.....	22
13.	DRUŽBENA ODGOVORNOST.....	22
14.	VIRI	23
15.	LITERATURA.....	23
16.	VIRI SLIK	24

Kazalo tabel

Tabela 1:	Prikaz priprave raztopine bakrovega sulfata	16
Tabela 2:	Količina absorbance pri različnih koncentracijah $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$	18
Tabela 3:	Količina absorbance pri različnih koncentracijah $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$	19
Tabela 4:	Izmerjene absorbance raztopin $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$ in $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ v katerih je bila potopljena rastlina.....	19
Tabela 5:	Koncentracija Cu^{2+} in Fe^{2+} ionov v raztopinah.....	20
Tabela 6:	Izmerjene absorbance ekstrakta iz delov rastlin	21
Tabela 7:	Prikaz meritev jakosti svetlobe	21

Kazalo grafov

Graf 1:	Umeritvena krivulja za standardne raztopine bakrovega sulfata $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$	18
Graf 2:	Umeritvena krivulja za standardne raztopine železovega sulfata $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$	19

Kazalo slik

Slika 1:	Svinec	13
Slika 2:	Baker	13
Slika 3:	Železo	14
Slika 4:	Vodna kuga.....	5
Slika 5:	Priprava raztopine.....	17
Slika 6:	Rastlina v raztopini (svetloba, tema).....	17

1. UVOD

Bioakumulacija je normalen in bistven proces za rast in gojenje organizmov. Kopičenje ni nujno zaskrbljujoče, razen če so količine za organizem prevelike. Kopičenje težkih kovin pa je druga zgodba. Za rastlino je lahko škodljivo, hkrati pa vpliva tudi na druge organizme v prehrabni verigi. Misel na to, da lahko rastlina nakopiči ogromno količino težkih kovin je zaskrbljujoča. Kovine v rastlini vplivajo na njo samo, hkrati pa tudi na okolje v katerem ta biva. Zaradi izločanja škodljivih snovi vpliva tudi na onesnaženost vodovja, kot ekosistema. To se kaže v kopičenju sedimentov, hranil, mulja in organskih snovi iz okolice. Vrste makrofitov imajo pri tem zelo pomembno vlogo. So vodne rastline, vidne očesu. So popolnoma lebdeče rastline, saj se z listi in koreninami ne pritrjujejo na dno. Imajo sposobnost kopičenja hranil in drugih substanc iz vode. S tem zmanjšujejo onesnaženost vode. Zaradi tega so velikokrat predmet preučevanja onesnaženosti nekega vodovja in preverjanja količine določenih substanc nevarnih za človeka. Namen te naloge je preučevanje kopičenja težkih kovin v vodni rastlini, vpliv fotosinteze na absorbanco in razvoj rastline, ter vpliv bioakumulacije in težkih kovin na človeka.

2. POVZETEK

Biološko kopičenje ali bioakumulacija je izraz, za kopičenje strupenih snovi v organizmu. Proces zajema kopičenje snovi, ki preidejo v organizem preko prehranjevanja, vdihovanja, kožnega stika in drugih poti. V raziskovalni nalogi bo predstavljena vodna rastlina *Elodea Canadensis*, ki ima sposobnost kopičenja snovi iz okolja. Pojasnjeni bodo pojmi bioakumulacija, kako poteka, predstavili bomo tudi težke kovine in njihov vpliv na zdravje. S poskusom bomo poskušali potrditi hipotezo, da ima račja zel sposobnost kopičenja težkih kovin. To hipotezo bomo potrdili oziroma ovrgli z izvedbo eksperimenta, pri katerem si bomo pomagali z spektrofotometrijo. Pred eksperimentom si zastavili naslednje raziskovalno vprašanje in sicer kako se glede na dane pogoje spreminjata koncentracija in absorpcija snovi v vodi in koliko težkih kovin lahko sprejme *Elodea Canadensis* po sedem-dnevni izpostavljenosti.

3. ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujemo našemu mentorju, ki nam je veliko pomoči nudil predvsem pri empiričnem delu raziskovalne naloge. Zahvaljujemo se tudi profesorjem, ki so priskočili na pomoč ob nerazjasnjenih vprašanjih. Zadnja zahvala gre k enemu izmed naših skrbnikov, ki nam je pomoč nudil pri oblikovanju naloge in citiranju virov.

4. METODOLOGIJA

1. pregled literature
2. preizkus v laboratoriju (dodajanje težkih kovin k rastlini, opazovanje brez udeležbe, spektrofotometrija, sušenje, centrifugiranje)
3. analiza rezultatov in interpretacija

TEORETSKE OSNOVE

5. VODNA KUGA

Račja zel je rastlina celinskih voda in spada v družino šejkovk (*Hydrocharitaceae*). V slovenskem jeziku je znana še po imenu vodna kuga, medtem ko pa se njeno znanstven ime glasi *Elodea canadensis Michx.*



Slika 1: Vodna kuga

5.1. Opis

Vodna kuga raste potopljena v vodi, vendar pa se ne nahaja globlje kot nekaj metrov. Spada med trajnice. Ima dolga razvejana stebila, zaradi česar lahko posamezne rastline zavzamejo veliko površino in tvorijo goste sestoje. Ima sedeče, podolgate do enega centimetra dolge liste, ki so pritrjeni na vretenca rastline. Rob lista je drobno nazobčan. Ima cvetove, ki so drobni in so bele ali pa bledorožnate barve. Slednji se razvijejo na koncu zelo dolgega cvetnega peclja, ki poganja iz zalistja. Plod je glavica. Rastlina se lahko razmnožuje, tako spolno kot vegetativno, vendar večinoma prevladuje vegetativno razmnoževanje.

V Sloveniji najdemo zelo podobno tujerodno vrsto *Elodea nuttallii*. Trenutno imamo v Sloveniji dve znani nahajališči v Prekmurju in Slovenskih Goricah. V obeh primerih lahko opazimo sobivanje obeh

vrst, kar je zelo neobičajno, saj vrsta *E. nuttallii* navadno izpodrine račjo zel. Različni avtorji trdijo, da naj bi bila vrsta *E. nuttallii* dejavnik, ki naj bi zaustavil širjenje *E. canadensis*. Vidna razlika med *E. nuttallii* in *E. canadensis* je, da ima *E. nuttallii* črtasto-podolgaste liste s kodrastim robom, kakršnega račja zel nima.

Kot že zgoraj navedeno je račja zel tujerodna vrsta. Njeno območje naravne razširjenosti je v Severni Ameriki. Rastlina je bila v 19. stoletju prinesena v Evropo. Leta 1836 so jo prvič opazili na Irskem. Od tam se je razširila po vsej Evropi, ne najdemo je samo na skrajnem jugu in vzhodu. V Evropi je precej gosto naseljena. Od vnosa *E. nuttallii* se je njena naseljenost stabilizirala. Viri pravijo, da naj bi račjo zel naselili v naravo prav akvaristi. Zaradi uspešnega vegetativnega razmnoževanja se lahko že z majhnimi koščki s pomočjo vodnih tokov ali nenamerne prenosa razširijo čez ostala območja.

Prvič so račjo zel opazili na Štajerskem leta 1929 v okolici Maribora in reke Mure. Verjetno se je vrsta naselila v Slovenijo iz Avstrije, od koder segajo podatki o pojavu račje zeli v zgodnjem 19. stoletju. V Sloveniji se pojavlja v stoječih vodah. Največja zbirališča so na območju rek Save, Krke, Mure in Drave. Najdemo jo tudi v akumulacijskih jezerih, kjer tvori zelo obsežne in goste sestoje.

5.2. Ekološke značilnosti

Račja zel v Evropi uspeva v podobnih habitatih, kot v svojem izvornem okolju, vendar pri nas sega globlje v vodo, tudi v območja s slabimi razmerami (večje globin-pomanjkanje svetlobe). Rastlina lahko uspešno prezimi pod ledom. Najugodnejše razmere za to vrsto so v vodah, kjer pH ne presega 6-7,5 in vodah, kjer ni močnega vodnega toka.

V Evropi so večinoma prisotne le ženske rastline, ki redko cvetijo (vroča poletja). Moške rastline lahko zasledimo samo v Veliki Britaniji. Rastlina se širi z vegetativnim razmnoževanjem. Za razvoj rastline so potrebni le majhni, poganjki, ki se zakoreninijo in dalje razvijajo. Ugotovili so, da tudi popolnoma posušena rastlina te vrste nadaljuje svojo rast, ko jo vrnemo v vodno okolje.

5.3. Vplivi na okolico

Račja zel v nekaterih primerih popolnoma preraste večja ali manjša vodna telesa in v njih tvori goste sestoje. Je neposredna konkurenca avtohtonim makrofitom. Njeno vplivanje na človeka še ni raziskano, tako da podatkov o vplivu na človeka ni bilo mogoče zaslediti v literaturi. Če se rastlina razraste in začne tvoriti zelo velike goste sestoje lahko zmanjša pretok vodotoka in maši razne kanale (hidroelektrarne). Povzroča težave tudi pri izvajanju športa in ribolova.

5.4. Ukrepi

Po podatkih iz študije v okviru projekta Thuja, je v slovenskih ZOO trgovinah mogoče kupiti to vrsto, čeprav je prodaja te vrste preventivno prepovedana. Rastlino je skorajda nemogoče odstraniti, saj bi v primeru odstranjevanja račje zeli iz vodotoka morali odstraniti vse koščke rastline. Količino lahko zmanjšamo samo s pomočjo mehanskega čiščenja. Še ena rešitev bi bila nameščanje mrež na iztokih vodotokov, ki bi preprečili prenos delov rastline po vodotoku navzdol. Nekateri avtorji, trdijo, da račja zel slabo uspeva v senci, po teh podatkih bi bilo senčenje vodotokov in naselitev višjih rastlin prava rešitev za zmanjšanje količine rastline. Navajajo tudi odstranjevanje račje zeli s pomočjo organizmov (patogene glive, ribe), vendar bi s tem lahko ogrozili že naseljene organizme. Enako mišljenje pripada ideji o odstranjevanju s pomočjo kemijskih sredstev za zatiranje vodne kuge.¹

¹ Po Vodna kuga

6. KAJ SPLOH JE TUJERODNA VRSTA?

6.1. Definicija

Poznamo veliko definicij tujerodne vrste, ena izmed njih je biološka, ki nekako opiše tujerodno vrsto kot vrsto, ki jo je človek prenesel v okolje, v katerem prej ni bila prisotna. Opredelitev tujerodne vrste ni enostavna, saj te spadajo med različne vrste organizmov, ki se poleg tega da so drugačni drug od drugega razlikujejo še po virih in poteh naselitve. V priročniku za naravovarstvenike uporabljajo definicije iz Konvencije o biološki raznovrstnosti, slednje pa so izpeljanke definicij Svetovne zveze za varstvo narave (IUCN). Te definicije so širše in ne zajemajo vseh vidikov tujerodnih vrst, vendar pa najustrezneje zajemajo različne tujerodne vrste.

Da bi lahko razumeli tujerodne vrste, se moramo najprej vprašati, kaj ta sploh je in kako se razlikuje od domorodne vrste:

1. **TUJERODNA VRSTA:** je vrsta ali takson nižje kategorije, ki na območju, katerega sama z naravnim širjenjem ne bi mogla doseči (posredna ali neposredna selitev, pomoč človeka). V to vključujemo kakršnokoli obliko organizma, ki je sposoben preživeti in se razmnoževati (spolne celice; jajčeca in semena).
2. **DOMORODNA VRSTA:** je vrsta ali takson nižje kategorije, ki se nahaja na območju svoje običajne, dosegljive razširjenosti, četudi se tam pojavlja le občasno. To so vsa območja, ki jih je vrsta lahko dosegla sama.

6.2. Naselitev

6.2.1. Načini naselitve

Glede na vrsto naselitve ločimo namerne in nenamerne naselitve, vendar prepoznati razliko med tema dvema ni lahko. Skozi zgodovino in še do danes so tujerodne vrste naselili na območja, od koder so lahko pobegnile ali pa se razširile do naravnega okolja. Kljub tem, da je ta delitev zelo pomembna, je dandanes bolj ali manj nepotrebna saj zakoni določajo, da je naseljevanje tujerodnih vrst prepovedano. Naselitev je dovoljena le takrat, kadar je zagotovljena da ta ne bo ogrožala naravnega ravnovesja in biotske raznovrstnosti.

1. **NAMERNE NASELITVE:** so tiste naselitve, ki jih je človek zaradi svoje koristi naselil na območju, kjer bi se te ustalile.
2. **NENAMERNE NASELITVE:** so pa vse ostale naselitve, oziroma vse tiste, na katere človek ni imel vpliva in koristi.

6.2.2. Pomen naselitve vrst

Nekatere tujerodne vrste so bile naseljene zato, da bi se na nekem območju ustalile, človek pa bi od njih imel določeno korist. Primeri takšnih naselitev:

- tujerodne rastline za namene gozdarstva ali v okrasne namene,
- tujerodne živalske vodne vrste za namene gojitve
- tujerodni organizmi za biotično varstvo škodljivih organizmov.

Danes so naselitve, za katere vemo da lahko za sabo pustijo negativne posledice, strogo nadzorovane in je zanje potrebno pridobiti ustrezna dovoljenja. Kljub temu pa je v Sloveniji še vedno veliko nedovoljenih namernih naselitev. Nekateri ljudje, v prepričanju, da bodo živali imele lepše življenje, v naravo spuščajo akvarijske in vivarijske živalske in rastlinske vrste, ki tem domorodnim vrstam povzročajo veliko škodo.

6.3. Vplivi tujerodnih vrst

V okolju lahko izmerimo in opišemo številne kemijske in fizikalne spremembe. Ko pa pride do opisovanja škodljivih vplivov tujerodnih vrst, pa stvar postane nekoliko bolj zapletena. Razlogov za to je več. Tujerodne vrste pogosto vplivajo na druge vrste in razmerja med njimi, poleg tega pa se s tujerodnimi vrstami pojavljajo še nova, biologom neznana razmerja, zato je vpliv na okolico in druge vrste težko opisati. Razlog za to je najbrž dinamika tujerodnih vrst. Dokler je tujerodna vrsta prisotna v majhnem številu, so njeni vplivi majhni in komajda zaznavni. Pri tem velikokrat pride do konfliktov, saj slutimo, da ima vrsta negativen vpliv, vendar tega ne moremo dokazati. Vplive lahko zaznamo le takrat, ko se populacija poveča. Ko se vrsta dokončno prilagodi na okolje, jo je praktično nemogoče odstraniti, in tako za sabo pusti trajne posledice.

Ločimo štiri kategorije vplivov tujerodnih vrst:

- VPLIVI NA DOMORODNE VRSTE,
- VPLIVI NA EKOSISTEME,
- VPLIVI NA GOSPODARSTVO,
- VPLIVI NA ZDRAVJE LJUDI.

6.3.1. Vplivi na domorodne vrste

Vplivi na domorodne vrste so različni. Tujerodne vrste lahko v novem okolju predstavljajo tekmece domorodnim vrstam, bodisi za hrano, življenjski prostor ali druge pomembne življenjske vire. Na primer rastline, ki niso prilagojene na rastlinojede imajo lahko, zaradi pomanjkanja obrambnih snovi in struktur, težave s katerimi bi preprečili objedanje. Rastlinojede tujerodne vrste pa lahko preko tekmovanja za hrano vplivajo tudi na domorodne živalske vrste.

Pogosto imajo tujerodne vrste v vlogah plenilcev velik vpliv na biotsko raznovrstnost, saj lahko v kratkem času povzročijo izumrtje vrste. Prav tako imajo vpliv tudi na evolucijo domorodnih vrst, saj s ponovnim stikom vrst, ki so jih nekoč v preteklosti ločile npr. geografske prepreke, pride do možnosti, da se vrste križajo, kar pusti nepopravljive posledice domorodnim vrstam.

6.3.2. Vpliv na ekosisteme

Tujerodne vrste v novem okolju popolnoma spremenijo medvrstne odnose, kroženje hranil, pa tudi fizikalne in kemijske dejavnike. To pogosto vodi v popolno preobrazbo ekosistema. Še posebej se opazi sprememba če je vrsta invazivna, saj se lahko potem razrašča na zelo velikih površinah. Kadar se zaradi tujerodnih rastlin zmanjša število domorodnih rastlin, lahko tujerodne vrste bistveno prizadenejo tudi živalske vrste.

Spremembe ekosistema lahko povzroči tudi naselitev vodnih rastlin. Te imajo sposobnost hitrega razmnoževanja in razvijanja. Še uspešnejše so plavajoče rastline, saj lahko te v zelo kratkem času popolnoma prekrijejo vodno gladino. Svetloba tako ne more prodirati v globino, fotosinteza se zato posledično upočasni. S tem se zmanjša količina kisika in hranil, ter popolnoma spremenijo prvotne življenjske razmere domorodnih vrst.

6.3.3. Vplivi na gospodarstvo

Poleg tega, da tujerodne vrste vplivajo na ekosisteme, vplivajo tudi na gospodarstvo. Različne tujerodne vrste, ki so naseljene v vodnem ali obvodnem okolju, delujejo posredno, zato je oceno gospodarske škode zelo težko oceniti. Rastlinske vrste se povezujejo v goste sestoje, ki otežujejo dostop vodotokom in zmanjšujejo njihovo rekreacijsko funkcijo. Živalske vrste kot je nutrija pa povzročajo erozijo tal, kar bistveno zvišuje stroške vzdrževanja.

6.3.4. Vplivi na zdravje ljudi

Mnoge naseljene okrasne rastline so strupene. Sajenje teh je v okolici izobraževalnih ustanov in v okolici hiš ter stanovanjskih objektov tvegano. Ljudje zelo dobro poznamo strupene domorodne vrste, medtem ko pa o strupenih tujerodnih vrstah vem zelo malo. Nekatere ne delujejo takoj, druge so alergene, tretje izločajo nevarne snovi. Z uvozom tujerodnih živalskih vrst pa lahko celo vnašamo bolezni, ki so lahko nevarne za zdravje ljudi. To predstavlja veliko težavo pri prodaji teh živali (hišni ljubljenci). Tako so tujerodne vrste zelo dober posrednik bolezni.

6.4. Odstranitev in nadzor tujerodnih vrst

Ukrepa za nadzor in odstranjevanje vrst izvajamo samo pri invazivnih tujerodnih vrstah ali potencialno invazivnih vrstah. Dokler je vrsta invazivna le na malem območju, jo lahko poskusimo popolnoma odstraniti. Način odstranjevanja je odvisen od značilnosti te iste vrste. Običajno te ukrepe izvajamo skozi daljše časovno obdobje, potem pa moramo nekaj let spremljati ali se je vrsta spet pojavila. Širjenje moramo preprečiti že v zgodnjih fazah, saj kasneje to več ni mogoče in vrste ne bo mogoče odstraniti iz narave. V takem primeru nam preostane le še opazovanje in nadzorovanje. Pri tem moramo vedeti, da vrste ne bomo mogli popolnoma odstraniti, temveč jo bomo lahko samo omejili. Taki ukrepi so trajni in povzročajo velike stroške.

Pred samim izvajanjem ukrepov je potreben monitoring, kar pomeni dober pregled in ocena stanja in sestave abiotičnih virov, vrst, habitatov ali združb. Z zbiranjem tovrstnih podatkov pred in po odstranjevanju, lahko ugotovimo kje so bile določene metode uspešne oz. kje niso bile in kje so stranski negativni učinki preveliki. S pomočjo podatkov dobimo argumente o upravičenosti izvajanja določenih ukrepov in znanje, ki ga lahko uporabimo pri načrtovanju in vrednotenju le teh.

Odstranjevanje zahteva zelo dobro načrtovanje, tehtanje koristnih učinkov in škode. Zelo dobro moramo poznati vrsto, ki jo želimo odstraniti. Še posebej je pazljivi moramo biti na domorodne vrste, da jih ne prizadenemo. Poudarek gre tudi na usklajeno upoštevanje tehničnih, naravovarstvenih, organizacijskih, pravnih in finančnih vidikov. Tako so določitve o izvajanju določenih ukrepov utemeljene.

Ukrepe za odstranjevanje in nadzor tujerodnih vrst lahko razdelimo v tri skupine. Te so:

- MEHANIČNO ODSTRANJEVANJE
- KEMIČNO ZATIRANJE
- BIOTIČNO VARSTVO.

Ukrepi so pri rastlinah in živalih različni, zato ji podajamo različno.²

7. BIOAKUMULACIJA

Bioakumulacija je proces v katerem se kemikalije postopno gradijo v živih tkivih. To je povečanje koncentracije kemikalij v organizmu, v primerjavi s količino teh v okolju, kar se zgodi zato, ker kemikalija absorbira hitreje kot se lahko porabi. Kopičenje snovi v organizmih ni nujno zaskrbljujoče, razen če so kemikalije takšne, da lahko škodujejo živim organizmom. Takšne spojine, torej klorirani pesticidi in težke kovine, se nakopičijo v tkivih.

Bioakumulacija je normalen in bistven proces za rast in gojenje organizmov. Vse živali, vključno s človekom, dnevno kopičijo mnoge vitalne hranljive snovi, kot so vitamini A, D in K, minerale, esencialne maščobe in aminokisljine.

Številni izrazi se uporabljajo v povezavi z bioakumulacijo. Izraz opisuje uhajanje kemikalije v organizem (kot z dihanjem, požiranjem ali absorbiranjem skozi kožo), ne glede na njegovo poznejše skladiščenje, presnovo in izločanje tega organizma³.

7.1. Vrste bioakumulacije

Ločimo več vrst bioakumulacije in sicer organizemsko in trofični prenos. Pri organizemski bioakumulaciji gre predvsem za kopičenje spojin v telesu organizma, zaradi prisotnosti le teh v okolju. Ta vrsta kopičenja je linearna, saj gre za stalno izpostavljenost organizma onesnaženemu okolju. Pri trofičnem prenosu gre za prenašanje količin spojine med plenom in plenilcem. Pri tem imajo organizmi na vrhu prehranjevalne verige najvišje koncentracije škodljivih snovi⁴.

7.2. Kopičenje

Škodljive snovi, ki se kopičijo v živih organizmih lahko preidejo vanj na različne načine. Primer snovi, ki preide v prehranjevalno verigo in posledično tudi v organizme so pesticidi. Po škropljenju kmetijskih pridelkov, se s pomočjo dežja izperejo v zemljo, hkrati pa tudi v potoke, s potok v reke, iz rek pa v oceane. Drug način prehajanja škodljivih snovi so izpusti iz dimnikov večjih tovarn in avtomobilskih emisij, ki se na zemljo vračajo s pomočjo padavin.

Škodljive snovi se v prehranjevalno verigo vključijo zelo hitro. Po besedah Hoyle se v te snovi v vodi oprimejo manjših delcev ali pa se kopičijo v majhnih organizmih kot je fitoplankton. Ker je

² Po Tujerodne vrste

³ Po Extoxnet (spletna stran)

⁴ Po DiFranco, Johnston in Levine, 2010

fitoplankton zelo majhen organizem se v njem zadrži le malo snovi, vendar se količina te snovi v večjih organizmih, ki te majhne organizme pojejo hitro poveča. Če zooplankton poje en fitoplankton je v njem že desetkrat več škodljive snovi.

Zaradi hitrega povečevanja škodljivih snovi skozi prehranjevanje so najbolj ogroženi organizmi na vrhu prehranske verige. Recimo ljudje in medvedi imajo v sebi tisočkrat več teh snovi kot jih ima fitoplankton.

Težke kovine imajo sposobnost vezanja z določenimi mesti v telesu. Ko se te vežejo, se lahko celo zelo vodotopne kovine kopičijo. Kobalt, živo srebro, baker in kadmij se lahko vežejo na posebna mesta v telesu kljub njihovi topnosti⁵.

7.3. Dinamično ravnovesje

Dinamično ravnovesje je ravnovesje, ki se vzpostavi med okoljem in organizmom, ki v tem okolju živi. Vzpostavi se ravnovesje med količino škodljive snovi, ki je nakopičena v organizmu in med količino snovi, ki je v okolju. Škodljiva snov se v celici porazdeli, nato pa se izloči ali shrani. Zmožnost organizma, da to snov izloči poveča koncentracijo le te v okolju. To poveča možnost, da se ta snov naseli v organizem.

Na spletni strani Extoxnet so dali zelo dober primer, da bi nam pomagali razumeti dinamično ravnovesje. Torej si moramo predstavljati polnjenje kadi. Kad polnimo s pipe na vrhu, vodo pa spuščamo na dnu kadi skozi odtok. Ko se v kadi nahaja majhna količina vode, je potreben le majhen tlak, da voda odteka normalno. Ko se vodostaj dvigne se poveča tlak ob izhodu. Sčasoma bo količina vode, ki odteče enaka količini vode, ki priteče v kad. Raven vode v kadi se ne bo več spremenila.

Enak način se pojavlja pri živih organizmih. Najprej bodo škodljive snovi drle v organizem hitreje, kot jih bo ta uspel razgrajevati. S tem, da bo organizem stalno izpostavljen koncentracijam škodljivih snovi, se bo koncentracija znotraj njega povečevala. Sčasoma, se bo med okoljem v katerem organizem živi in med organizmom vzpostavilo dinamično ravnovesje, kar pomeni, da bo količina snovi, ki vstopajo v organizem enaka tisti, ki ga bo zapustila.

Če se bo koncentracija snovi v okolju organizma povečala, se bo količina snovi, ki se nakopičijo v organizmu posledično povečala, zaradi česar se bo vzpostavilo novo ravnovesje. Enako se zgodi če se količina snovi v okolju zmanjša, takrat se v organizmu zgodi upad snovi.

Najbolje za organizem je, če je postavljen v novo okolje, kjer ni izpostavljen škodljivim snovem, saj se le tako snovi očistijo s telesa.

⁵ Po Extoxnet (spletna stran)

8. TEŽKE KOVINE

Težke kovine so skupina kovin, ki imajo veliko gostoto in sicer ponavadi nad 7 kg/dm³. Poznamo jih kar 23. Med težke kovine sodijo prehodne kovine, nekatere polkovine, lantanoidi in aktinoidi. Težke kovine imajo dolgo biološko razpolovno dobo, sposobnost akumuliranja v organizmu predvsem pa imajo negativne vplive na zdravje ljudi ter okolje⁶. Ljudje težkih kovin ne zauživamo oziroma jih ne vnašamo vase namenoma. Ljudje težke kovine prejmemo v rastlinah, neposredno z vdihavanjem, z zauživanjem onesnaženih talnih delcev in tudi s pitjem vode.

Nekatere težke kovine so v majhnih količinah za človeka esencialne, to so na primer selen, cink, baker. Večina težkih kovin pa je človeku škodljivih že v manjših količinah, te so recimo svinec, živo srebro, kadmij in arzen. Te kovine povzročajo številne poškodbe celic, hkrati pa delujejo tudi na človekovo psiho.

Kako škodljive so nekatere težke kovine ugotavlja IARC (Mednarodna agencija za raziskovanje raka). Ta uvršča arzen in kadmij med dokazane kancerogene snovi za človeka, svinec pa pod možne kancerogene. Kadmij je povezan z rakom pljuč in prostate, arzen pa z rakom pljuč, kože, jeter in limfnega sistema. Svinec negativno vpliva na razvoj možganov in živčevja. Tudi živo srebro je škodljivo za človeka in sicer ovira možganske funkcije, okvari živčni sistem, povzroča mišične krče in alergije⁷.

Pred približno 200 leti, ko so se začele agrarne revolucije se je povečalo izkoriščanje zemlje, hkrati pa so s križanjem vrst in novim načinom gojenja rastlin v prehrabni verigi pojavile tudi težke kovine. S tem se je začelo vnašanje težkih kovin v organizem in s tem so se začeli pojavljati tudi primeri kronične zastrupitve s težkimi kovinami, ki lahko trajajo leta, kažejo pa se v različnih oblikah kroničnih obolenj kot so živčne pareze ali paralize, srčna obolenja, alergična in rakasta obolenja in druge težke bolezni. Po besedah Jamškove, so nespecifični simptomi ali znaki zastrupitve so tudi postopno napredovanje psihičnih, mišičnih in nevroloških procesov, ki posnemajo Alzheimerjevo bolezen, Parkinsonovo bolezen, mišično distrofijo in multiplo sklerozo.

8.1. Svinec

Svinec je tako težka kovina kot tudi onesnaževalo, ki deluje akutno in kronično strupeno. Nalaga se na zemlji, v vodi, zraku v bližini obratov, kjer se dela z svincom, prometnih cest in še marsikje drugje. Svinec lahko najdemo v barvah na osnovi le tega, opleskih, vodovodnih materialih, posodah in motornih gorivih⁸. Pomembno vlogo igra predvsem pri presnovi vitamina D, ki sodeluje pri absorpciji kalcija, prav tako pa pri tvorbi kosti⁹. Sodeluje pa tudi pri pretvorbi hemoglobina in delovanju ledvic. Posledice prevelike vsebnosti svinca v telesu se kažejo na različne načine. Svinec vstopi v telo po navadi s hrano, redkeje pa z dihanjem. Kot pravi Urška Blaznik z inštituta za varovanje zdravja RS so pojavljajoča se utrujenost, nespečnost, razdražljivost, glavobol, bolečine v sklepih, povišan krvni pritisk, zmanjšano število semenčic, motnje sluha, motnje, ki se pojavljajo pri odraslem človeku, ko je v njegovem telesu prevelika količina svinca.

⁶ Po Filip idr., 2010

⁷ Po Paljevec, 2012

⁸ Po Sanacija svinec (spletna stran)

⁹ Po Stušek, Škornik, Vodnik, 2011, str. 100



Slika 2: Svinec

8.2. Baker

Baker je kemijski element, ki ima v periodnem sistemu oznako Cu in atomsko število 29. Je rdečkasta kovina z molsko maso 63,54g/mol.

Verjetno je najstarejša znana kovina, saj ga je v naravni samorodni obliki poznal že človek v kameni dobi. Iz njega sta se izdelovala orožje in tudi nakit. Ime za baker, latinsko cuprum, izvira iz Cipra, kjer so že v času 3000 let pred našim štetjem bili rudniki bakra. V antiki je bil veliko uporabljan za pridelovanje bronu. Danes se baker uporablja največ v elektrotehniki, gradbeništvu in za različne zlitine¹⁰.

Je mikroelement, ki je esencialen in potreben za naše preživetje, saj je sestaven del nekaterih encimov. Sodeluje pri ohranjanju normalnega vezivnega tkiva, sproščanju energije pri presnovi, ima pa tudi vlogo pri ohranjanju imunskega sistema. Pomemben je tudi za tvorbo hemoglobina in kot katalizator v encimskih reakcijah.

Če pa količino bakra predoziramo lahko pride do slabosti, bruhanja, bolečin v trebuhu, motenj delovanja živčnega sistema, poškodb jeter in ledvic ter sprememb na roženici in driske. Nujno potrebna množina bakra za človeka je dnevno med 5 in 10mg. Že malo povečane koncentracije so lahko nevarne za organizem. Smrtni odmerek ali LD₅₀ je okoli 100mg/kg telesne teže. Je teratogen in lahko povzroča tumorje.



Slika 3: Baker

¹⁰ Po Družina, 2004

8.3. Železo

Železo je kemični element z znakom Fe v periodnem sistemu in atomskim številom 26. Je najbolj uporabljana kovina. Iz nje se da izdelati mnoge vrste jekla in zlitin. Uporabljamo ga praktično skoraj v vseh vejah industrije. Egipčani so železo poznali vsaj 3000 let pred našim štetjem.

Železo je mineral, ki je prisoten v vseh telesnih celicah. Njegova osnovna naloga je prenos kisika do vseh živih celic v organizmu. Železo je bistveno za nastanek hemoglobina, ki je krvni pigment zadolžen za transport kisika v krvi. Je tudi ključni element presnove in sestavina številnih encimov in hormonov¹¹.

Hkrati pa je železo zelo strupen element, če je organizmu prisoten v previsokih koncentracijah. Stalna množina železa, ki mora biti prisotna v telesu je od 3 do 5mg. Približno 2/3 potrebne količine železa v človeškem telesu je vezanega v hemoglobinu, okoli 10% je vezanega v mioglobinu in encimih, ki vsebujejo železo.

Pomanjkanje železa v telesu povzroči anemijo. Pojavijo se slabokrvnost, to pa spremlja utrujenost, zasoplost, apatičnost in splošno pomanjkanje energije. Prevelika količina železa v telesu pa lahko povzroči hude prebavne motnje (vnetje prebavil, krvavitve), metabolične acidoze, šok, poškodbe jeter. Smrt nastopi zaradi odpovedi srca ali obtočil¹².



Slika 4: Železo

¹¹ Po Alaja, 2011

¹² Po Družina, 2004

EKSPERIMENTALNO DELO

9. POSKUS

9.1. Uporabljen material

Biološki material:

- *Elodea canadensis Michx.* (3 rastline)

Kemikalije:

- destilirana voda (H_2O)
- bakrov sulfat ($CuSO_4$)
- železov sulfat ($FeSO_4$)
- aceton (80%)
- led

Pripomočki:

- objektna stekelca
- računalnik
- program Logger Pro 3.8.6. 2
- nožek
- krovna stekelca
- papirnate brisače
- spektrofotometer SpectroVis (Vernier)
- Luxmeter + svetlobni senzor (Vernier)
- kivete
- 500ml čaša za odpadno tekočino
- 500 ml čaša
- 250ml bučke
- 100ml bučke
- 100ml merilni valji
- stojala za epruvete
- pipete (merilne, polnilne, : 20-, 10- in 5 mililitrske)
- pestila
- terilnice

- steklene palčke
- dozirne žličke
- alkoholni flomastri različnih barv za bolj nazorno označevanje
- papir za tehtanje
- pipetirna žogica
- pečica za sušenje(Instrumentaria)
- centrifugirni stroj(Železniki)
- tehtnica (Kern)
- aluminijasta folija

9.2. Predpriprave na poskus

Pripravili smo 0,40 mol/L raztopino Bakrovega sulfata pentahidrata($\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$). Z metodo razredčitve smo napravili še raztopine s koncentracijami 0,08 mol/L, 0,16 mol/L, 0,24 mol/L, 0,32 mol/L, 0,40 mol/L s pomočjo katerih smo naredili umeritveno krivuljo.

Tabela 1: Prikaz priprave raztopine bakrovega sulfata

Oznaka epruvete	0,40mol/L CuSO_4 (mL)	Destilirana voda (mL)	Koncentracija (mol/L)
1	2	8	0,08
2	4	6	0,16
3	6	4	0,24
4	8	2	0,32
5	10	0	0,40

Z spektrofotometrom smo v programu LoggerPro merili absorbanco pri določenih koncentracijah, na valovni dolžini 635,7nm.



Slika 5: Priprava raztopine

Enak postopek smo ponovili z 0,40 mol/L raztopino železovega(II) sulfata $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$, in naredili umeritveno krivuljo pri valovni dolžini 635,7 nm.

9.3. Potek dela

Rastlino vrste *Elodea Canadensis* smo testirali za sposobnost kopičenja težkih kovin. Pripravili smo si štiri čaše. Dve čaši smo napolnil s 300 mL pripravljene 0,40 M raztopine $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$. V vsako smo natehtali 10g rastline. Od tega smo eno čašo z rastlino postavili v temo, drugo pa na svetlobo, saj smo želeli odkriti kako fotosinteza vpliva na kopičenje težkih kovin, zato smo tudi dnevno izmerili jakost svetlobe z Luxmetrom. Enak postopek smo ponovili z raztopino 0,40 M $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$. V roku devetih dni smo izmerili absorbance raztopin, v katerih so bile potopljene rastline.



Slika 6: Rastlina v raztopini (svetloba, tema)

Istočasno smo z metodo ekstrakcije poskušali določiti tudi koncentracijo težkih kovin v sami rastlini. Iz vsake čaše smo odvzele 2,5 g posamezne rastline. Te dele od vsake rastline smo sprali z destilirano vodo, da smo s površine listov odstranili težke kovine. Nato smo liste osušili na papirju. Tri ure smo jih sušili pri 42.6°C, osem ur pri 55°C in osem ur pri 104°C.

Po dvodnevem sušenju smo liste homogenizirali na ledu in jih v možnarju zdrobili v 80% hladnem acetonu. Po 10 minutah centrifugiranja pri 5000 vrtljajih smo izmerili absorbanco pigmenta z spektrofotometrom pri valovni dolžini 635,7nm.

10.REZULTATI IN MERITVE

10.1. Umeritvena krivulja standardnih raztopin $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$ in $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$

Tabela 2: Količina absorbance pri različnih koncentracijah $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$

Koncentracija $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$ (mol/L)	Absorbanca
0,40	0,914
0,32	0,733
0,24	0,545
0,16	0,331
0,08	0,221

Graf 1:Umeritvena krivulja za standardne raztopine bakrovega sulfata $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$

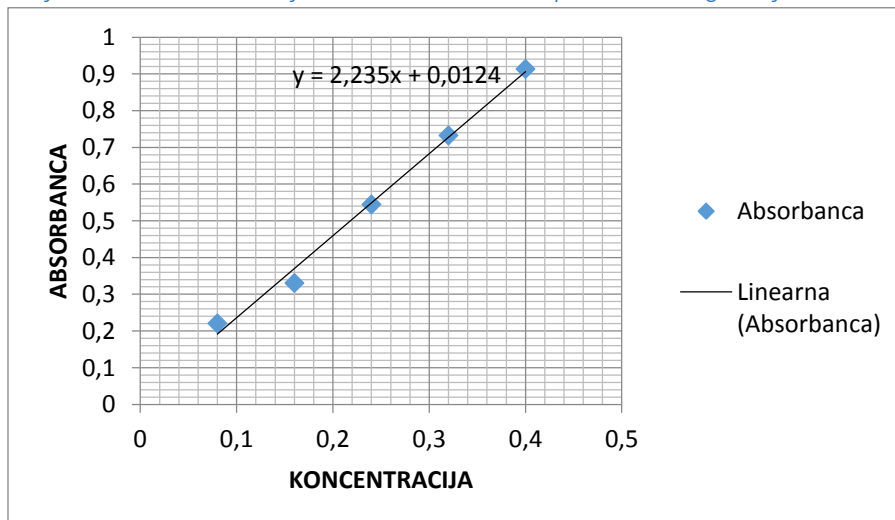
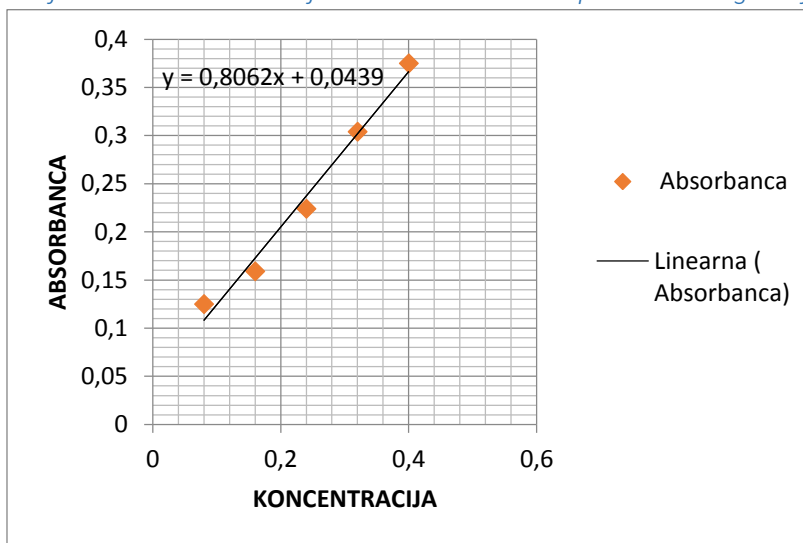


Tabela 3: Količina absorbanca pri različnih koncentracijah $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$

Koncentracija $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ (mol/L)	Absorbanca
0,40	0,375
0,32	0,304
0,24	0,224
0,16	0,159
0,08	0,125

Graf 2: Umeritvena krivulja za standardne raztopine železovega sulfata $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$



10.2. Rezultati poskusa

Tabela 4: Izmerjene absorbanca raztopin $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$ in $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ v katerih je bila potopljena rastlina

Meritev Absorbanca	1. MERITEV (2. dan)	2. MERITEV (5. dan)	3. MERITEV (7. dan)	4. MERITEV (9. dan)
CuSO_4 (svetloba)	0,963	0,882	0,783	0,773
CuSO_4 (tema)	1,103	1,097	1,100	1,107
FeSO_4 (svetloba)	0,630	0,169	0,135	0,134
FeSO_4 (tema)	0,428	0,213	0,109	0,088

Z izmerjenimi absorbancami še nismo dobili podatka o koncentraciji ionov v rastlinah, ta podatek smo morali izračunati iz enačbe premice umeritvene krivulje.

$$y = kx + n$$

y – absorbanca

k - koeficient

x – koncentracija

n – začetna vrednost

in nato iz nje izrazili spremenljivko x(koncentracija ionov):

$$x = (y - n)/k$$

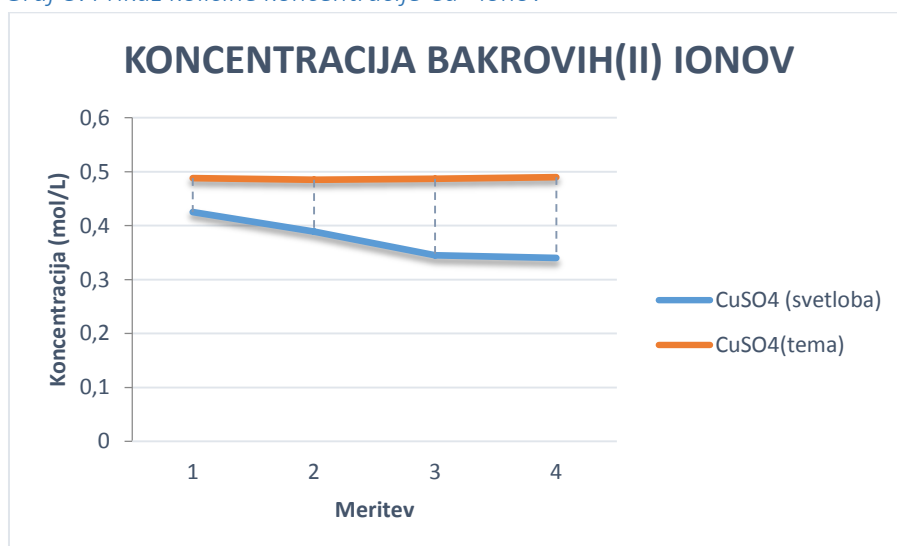
S pomočjo pridobljene enačbe, in že izmerjenih absorbanc, smo izračunali koncentracijo ionov v vodi.

Tabela 5: Koncentracija Cu^{2+} in Fe^{2+} ionov v raztopinah

Meritev Koncentracija ionov (mol/L)	1. MERITEV (2. dan)	2. MERITEV (5. dan)	3. MERITEV (7. dan)	4. MERITEV (9. dan)
CuSO_4 (svetloba)	0,425	0,389	0,345	0,340
CuSO_4 (tema)	0,488	0,485	0,487	0,490
FeSO_4 (svetloba)	0,727	0,155	0,113	0,112
FeSO_4 (tema)	0,476	0,210	0,081	0,055

Iz tabele je razvidno, da koncentracija ionov v okoliški vodi pada. Koncentracija ionov v okoliški vodi, v kateri je bila rastlina na svetlobi hitreje pada, kot v okoliški vodi rastline v temi.

Graf 3: Prikaz količine koncentracije Cu^{2+} ionov



Graf 4: Prikaz količine koncentracije Fe^{2+}

KONCENTRACIJA ŽELEZOVIH (II) IONOV

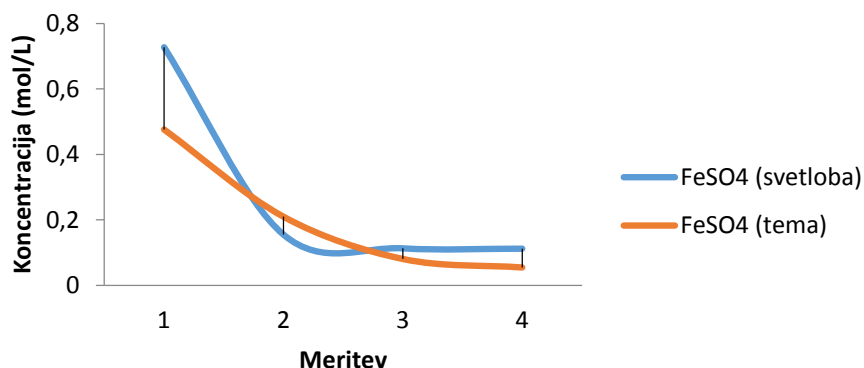


Tabela 6: Izmerjene absorbance ekstrakta iz delov rastlin

Meritev	1.MERITEV (5. dan)	2.MERITEV (7. dan)
Absorbanca		
CuSO ₄ (svetloba)	0,027	0,027
CuSO ₄ (tema)	0,135	0,125
FeSO ₄ (svetloba)	0,022	0,018
FeSO ₄ . (tema)	0,036	0,035

Tabela 7: Prikaz meritev jakosti svetlobe

MERITEV	JAKOST SVETLOBE [lux]
1.MERITEV (2. dan)	228
2.MERITEV (5. dan)	4800
3.MERITEV (7. dan)	3100
4.MERITEV (9. dan)	146

V času meritev je bilo vreme spremenljivo, zaradi česar niha tudi jakost svetlobe.

11. DISKUSIJA

Iz posameznih meritev, smo ugotovili, da rastlina *Elodea canadensis* lahko kopiči težke kovine iz okoliške vode. Koncentracija Cu^{2+} ionov v okoliški raztopini se postopoma znižuje, zlasti pri rastlini, ki je bila izpostavljena svetlobi. Medtem ko pa pri rastlini v temi, kopičenje ne poteka v takšni meri, saj smo rastlini onemogočili potek fotosinteze.

Do enake ugotovitve smo prišli tudi pri rastlini, ki je bila potopljena v raztopino Fe^{2+} ionov. Moramo pa poudariti, da se zeleno obarvani Fe^{2+} ioni oksidirajo, kar bi lahko bila tudi posledica naše spremembe izmerjene absorbance. Barva raztopine ionov se je spreminjala iz zelene v rjavo.

Iz posameznih meritev koncentracij iz ekstrakta rastlin nismo dobili željenih rezultatov. Predvidevamo, da je bila rastlina izpostavljena težkim kovinam premalo časa. Zelo težko tudi opredelimo spremembo koncentracij, saj ne moremo zagotovo trditi, da gre za spremembo Cu^{2+} in Fe^{2+} ionov.

12. Zaključek

Hipotezo, da račja zel kopiči težke kovine smo potrdili. Rastlina je iz raztopine $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$ v svojih listih nakopičila bakrove Cu^{2+} ione, tudi iz raztopine $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ je nakopičila železove Fe^{2+} ione. Dobili smo vpogled, da rastlina že po petih dneh nakopiči majhno količino snovi, katerim je izpostavljena. Ugotovili smo samo koliko snovi rastlina absorbira, koncentracije pa so bile tako majhne, da so zanemarljive. Vendar točnega vpogleda v to koliko rastlina dejansko nakopiči nismo dobili zaradi prekratkega trajanja poskusa. Trajalo bi vsaj mesec dni, da bi ugotovili koliko rastlina nakopiči v daljšem času. Eden izmed avtorjev meni, da če rastline ne bi bile spodobne kopičenja škodljivih snovi, da bi se čez več sto let količina škodljivih snovi v okolju tako povečala, da organizmi v okolju več ne bi mogli živeti.

13. DRUŽBENA ODGOVORNOST

V raziskovalni nalogi so opisane tujerodne invazivne vrste in težke kovine. Opisano je širjenje tujerodne vrste *Elodee Canadensis*, kako hitro se širi in kako s tem ogroža vodotoke in ekosisteme. Opozarja kako pomembno je, da ne vnašamo v okolje rastlin, ki jih ne poznamo dobro in se ne zavedamo kakšne posledice lahko imajo za ekosistem in domorodne vrste. Hkrati opisuje kaj so težke kovine in kako previdni moramo biti, da jih v sistem ali organizem ne vnesemo preveč. Nespametno uživanje nepoznanih izdelkov ima lahko tudi posledice. Sploh če se te težke kovine v organizmu nakopičijo v prevelikih količinah so lahko škodljive zdravju. Raziskovalna naloga je opozorilo kako lahko nespametne odločitve vplivajo na okolje in na nas same.

14. VIRI

1. Arso: http://kazalci.arso.gov.si/?data=indicator&ind_id=377 (17.1.2015: Urška Blaznik: Vnos kovin v človeško telo s hrano)
2. Bodi Eko: <http://www.bodieko.si/tezke-kovine-v-telesu> (12.1.2015: Andreja Paljevac: Očistimo težke kovine iz telesa)
3. Eoearth: <http://www.eoearth.org/view/article/150554/> (18.1.2015: Daniel DiFranco, Pamela Johnston, Suzanne Levine: Bioaccumulation)
4. Extoxnet: <http://extoxnet.orst.edu/tibs/bioaccum.htm> (17.1.2015: Bioaccumulation)
5. Jrank: <http://science.jrank.org/pages/854/Bioaccumulation.html> (18.1.2015: Brian Hoyle: Bioaccumulation)
6. Naša lekarna: <http://www.nasa-lekarna.si/clanki/clanek/tezke-kovine-na-nasih-kroznikih/> (12.1.2015: dr. Sebastjan Filip, asist. Rok Fink: Težke kovine na naših krožnikih)
7. Nutris: <http://www.nutris.org/prehrana/abc-prehrane/minerali/192-baker.html> (22.1.2015: Živa Korošec: Baker)
8. Predstavitev predavanja Marije Jamšek: <http://www.zzv-kp.si/wp-content/uploads/Izpostavljenost-strupenim-kovinam-in-zastrupitve.pdf> (17.1: Marija Jamšek: Izpostavljenost strupenim kovinam in zastrupitve)
9. Sanacija svinec: <http://www.sanacija-svinec.si/index.php/svinec-v-meziski-dolini/svinecinzdravjesplosno#Izpostavljenostsvincu> (14.1.2015: Izpostavljenost svincu)
10. Vitafit: <http://www.vitafit.si/zelezo-v-prehrani/> (27.1.2015: Alaja: Železo v prehrani)

15. LITERATURA

- DRUŽINA, B., NEVARNE SNOVI, učbenik za študente sanitarnega inženirstva. Ljubljana: Univerza v Ljubljani. 2004
- VODNIK, D., STUŠEK, P., ŠKORNIK, S., ZGRADBA IN DELOVANJE ORGANIZMOV, učbenik za gimnazijski program izobraževanja. Ljubljana: DZS. 2011
- STRGUL, KRAHŠEK, S., TUJERODNE VRSTE, informativni list. Grahovo: Zavod Symbiosis. 2009 (Projekt Thuja)
- Kus VEENVLIET, J., TUJERODNE VRSTE, priročnik za naravovarstvenike. Grahovo: Zavod Symbiosis. 2009 (Projekt Thuja)

16. VIRI SLIK

- Slika 1: Svinec.[online]. Dostopno na URL naslovu: <http://www.sanacija-svinec.si/public/svinec2.jpg> (5.2.2015, 17:38)
- Slika 2: Baker. [online]. Dostopno na URL naslovu: <http://www.sintal-varnost.si/wp-content/uploads/baker-sintal-varnost-foto-wiki-300x283.jpg> (5.2.2015, 17:39)
- Slika 3: Železo. [online]. Dostopno na URL naslovu: http://www.bohinj.com/@images/zelezarstvo/rezultat_volk_iz-ilovnate_v.jpg (5.2.2015, 17:40)
- Slika 4: Vodna kuga. (Selan Tajka, 2015)
- Slika 5: Priprava raztopine. (Kovačević Jelena, 2015)
- Slika 6: Rastlina v raztopini. (Selan Tajka, 2015)