

Gimnazija Ormož



# Vpliv pedofavne na rast hrasta (*Quercus petraea*)

Biologija  
Raziskovalna naloga

Avtorji: Lara Bezjak  
Petra Ivanuša  
Simon Tušek

Mentorica: Vesna Pintarić, univ. dipl. biol.

Ormož, 2013

## ZAHVALA

*Iskreno se zahvaljujemo mentorici, profesorici biologije Vesni Pintarić za vodenje pri raziskovalnem delu, za nasvete in pomoč; opravljeni analizi prsti pri podjetju 4A d. o. o.: Agencija za storitve v kmetijstvu, ki jo je opravil mag. Vinko Štefančič; laborantki Heleni Kolarič za pomoč pri delu; profesorici Simoni Meglič za prevajanje povzetka v angleški jezik in profesorici Aleksandri Štih za lektoriranje raziskovalne naloge.*

## POVZETEK

Gozd je najvišje organizirana in pestra življenjska skupnost rastlin in živali (biocenoza) v življenjskem prostoru (biotop). Sodi med najvišje razvit kopenski ekosistem, ki se trajno ohranja z medsebojnim delovanjem živih organizmov (rastline, živali, glive, lišaji, mikroorganizmi) ter z ekološkimi dejavniki, kot so temperatura, voda, tla in svetloba. Osnovna naravna procesa, ki omogočata delovanje ekosistema, sta kroženje snovi in fotosinteza. Prevladuje mnenje, da imajo drevesa v gozdu glavno vlogo v procesih gozdnega ekosistema.

Skozi raziskovalno nalogo smo želeli priti do spoznanja, kako življenjske združbe nam nevidnih organizmov v gozdnih tleh vplivajo na procese v gozdovih ter skozi prehranske mreže v tleh bogatijo tla s hranili, ki se v prsti sprostijo in posredno vplivajo na rast drevja in drugih rastlin. Znano je da na 1 m<sup>2</sup> gozdnih tal živi ogromno talnih mikrobov, ki razgrajujejo odmrlo organsko maso, na tisoče majhnih členonožcev, kot so pršice (*Acarina*), skakači (*Collembola*), gliste (*Nematoda*) ter megafavna deževniki (*Lubricida*), in so ključni pri uravnavanju količine organskih snovi in hranil (N, P) v tleh. Mnenja smo, da vse te drobne živalce v tleh mešajo organski material s prstjo ter tako izboljšajo strukturne lastnosti gozdne prsti v prid boljše rasti dreves.

Ustvarili smo pet mini ekosistemov, v katerih smo sistemsko razvrstili različne tipične predstavnike talne favne, tako smo zasadili, negovali ter spremljali rast petih klic hrasta (*Quercus petraea*) skozi vse sezonske cikle (zima, pomlad, poletje, jesen). Skozi poskus smo poskušali ustvariti naravne razmere, da ugotovimo povezavo med vrstno pestrostjo v tleh in delovanjem našega ekosistema v šolskem dvorišču.

Domnevali smo, da talna favna povečuje sproščanje hranil v tleh in s tem spodbuja rast hrasta, da bo produktivnost (biomasa rastline) večja v mini ekosistemu, kjer so različni tipi talne favne, kot pa v sistemu, kjer so samo talni mikrobi. Pričakovali smo, da deževniki bolj vplivajo na primarno produkcijo in kroženje hranil v tleh kot druge vrste v združbi tal.

Raziskovalna naloga nas je pripeljala do zaključka, da so prehranske verige gozdne favne v tleh zelo pomembne za povečano pridelavo lesa in bi človeka moralo skrbeti, da s svojo dejavnostjo ne onesnažuje gozdnih tal in s tem negativno vpliva na življenjsko pestrost v gozdnih tleh.

## ABSTRACT

The forest is known as the highest organised and diverse community of plants and animals (biocenosis) in the habitat (biotope). Forests are one of the highest developed terrestrial ecosystems which preserve themselves with the interaction of living organism (plants, animals, fungi, lichen, and microorganisms) as well as environmental factors such as temperature, water, soil and light. Circulation of matter and photosynthesis are two basic natural processes that allow the functioning of the ecosystem. It is believed that trees play the major role in the processes of forest ecosystem.

Throughout the research project we have wanted to find out how biological communities of organisms, invisible to men, in the forest soil influence processes in forests and through network of food in the soil enrich the soil with nutrients, which are released in the soil and indirectly influence the growth of trees and other plants. It is known that on the area of one square metre there are a lot of ground microbes that decompose the dead organic matter; there are also thousands of small arthropods such as mites (*Acarina*), springtails (*Collembola*), roundworms (*Nematoda*) and mega fauna earthworms (*Lubricida*). Those tiny animals are the key factor in regulating the quantity of organic matter and nutrients (N, P) in the soil. We think that all these tiny animals living in the soil mix the organic matter with the soil and by doing so they improve the structural properties of forest soil so the trees can grow better.

We have created five mini-ecosystems in which we classified different typical representatives of the soil fauna according to the system. We planted, tended and monitored the growth of five sprouts of oak (*Quercus petraea*) throughout all seasons (winter, spring, summer and autumn). During the time of the experiment we tried to create natural conditions in order to find a link between the species diversity in the soil and ecosystem functioning in the school yard.

We assumed that soil fauna increases the release of nutrients in the soil and this encourages the growth of the oak. Another hypothesis was that the productivity (biomass of the plant) would be more increased in mini ecosystem with different type of soil fauna than in the system with the terrestrial microbes only. We also expected that the earthworms have more influence to primary production and nutrient cycling than other species in the soil.

The research project led us to the conclusion that the food chains of forest fauna in the soil are very important for increased wood production and thus men should worry about his activities. Pollution of the forest floor has a negative impact on the diversity of organisms living in the forest floor.

## Kazalo

1	UVOD.....	8
2	HIPOTEZE.....	9
3	TEORETIČNI DEL .....	10
3.1	Gozd .....	10
3.2	Gozdna tla – raznovrstnost mikrobov in živali .....	10
3.3	Živalske skupine v tleh.....	12
3.3.1	Deževnik ( <i>Lumbricida</i> ).....	12
3.4	Razgradnja rastlinskih ostankov v humus .....	13
3.5	Vloga pedofavne pri nastajanju plodnih tal .....	13
3.6	Onesnaževanje tal .....	14
3.6.1	Onesnaženost s svincem .....	14
3.7	Graden ( <i>Quercus petraea</i> ).....	16
4	EKSPERIMENTALNI DEL .....	17
4.1	Prvi del poskusa: Zbiranje materiala in priprava za poskus .....	17
4.1.1	Izbira prostora in razvrstitev .....	17
4.1.2	Priprava prve posode .....	19
4.1.3	Priprava druge posode .....	20
4.1.4	Priprava tretje posode.....	21
4.1.5	Priprava četrte posode.....	22
4.1.6	Priprava pete posode .....	24
4.2	Drugi del poskusa .....	25
4.2.1	Hrast graden ( <i>Quercus petraea</i> ).....	25
4.2.2	Trajanje poskusa.....	26
4.3	Rezultati.....	28
4.3.1	Analiza rasti gradna ( <i>Quercus petraea</i> ).....	28
4.3.2	Analiza prsti .....	34
4.4	Razprava .....	38
5	ZAKLJUČEK.....	39
6	VIRI IN LITERATURA.....	40
7	PRILOGE.....	41
7.1	Priloga 1: Analiza prsti, opravljena 15. 11. 2011 .....	41
7.2	Priloga 2: Analiza prsti, opravljena 12. 11. 2012 .....	41

## Kazalo tabel

Tabela 1: Karakteristične lastnosti hrasta gradna.....	16
Tabela 2: Najdišča in številčnost deževnikov .....	22
Tabela 3: Rezultati meritev .....	26
Tabela 4: Dnevi zalivanja .....	27
Tabela 5: Rezultati merjenja .....	28
Tabela 6: Teža biomase, merjena v gramih.....	30
Tabela 7: Vrednosti vzorca prsti, merjene 15. 11. 2011 .....	34
Tabela 8: Vrednosti vzorcev prsti, merjenih 2. 11. 2012.....	34
Tabela 9: Legenda za vrednosti v zgornjih dveh tabelah .....	34

## Kazalo slik

Slika 1: Profil gozdnih tal (Vir: <a href="http://www.proteus.si/files/file/Tekmovanje/SS%202010-2011/Literatura/Mikrobi.pdf">http://www.proteus.si/files/file/Tekmovanje/SS%202010-2011/Literatura/Mikrobi.pdf</a> ) .....	11
Slika 2: Zemljevid onesnaženosti tal s svincem (Vir: Zupan, M., Grčman, H., Lobnik F. Raziskave onesnaženosti tal Slovenije. Ljubljana: Agencija RS za okolje, 2008) .....	14
Slika 3: Določanje hrasta s slikovnimi ključi (Avtorica: Vesna Pintarić, 2013).....	16
Slika 4: Prva posoda (Avtorica: Petra Ivanuša, 2011).....	19
Slika 5: Druga posoda (Avtorica: Petra Ivanuša, 2011) .....	20
Slika 6: Zbiranje talnih živali (Avtorica: Lara Bezjak, 2011) .....	21
Slika 7: Tretja posoda (Avtorica: Petra Ivanuša, 2011) .....	22
Slika 8: Četrta posoda (Avtorica: Petra Ivanuša, 2011).....	23
Slika 9: Peta posoda (Avtorica: Petra Ivanuša, 2011).....	24
Slika 10: Merjenje dolžine klic (Avtorica: Vesna Pintarić, 2011) .....	25
Slika 11: Sadike, ki smo jih uporabili za poskus (Avtorica: Vesna Pintarić, 2011) .....	26
Slika 12: Dolžina rastlin, merjenih na začetku in koncu poskusa .....	28
Slika 13: Merjenje debeline stebelc (Avtorica: Vesna Pintarić, 2012).....	29
Slika 14: Tehtanje drevesc (Avtorica: Petra Ivanuša, 2012) .....	29
Slika 15: Tehtanje rastlinske biomase (Avtorica: Petra Ivanuša, 2012) .....	31
Slika 16: Hrast in vzorec prsti iz 1. posode (Avtorica: Petra Ivanuša, 2012) .....	31
Slika 17: Hrast in vzorec prsti iz 2. posode (Avtorica: Petra Ivanuša, 2012) .....	32
Slika 18: Hrast in vzorec prsti iz 3. posode (Avtorica: Petra Ivanuša, 2012) .....	32
Slika 19: Hrast in vzorec prsti iz 4. posode (Avtorica: Petra Ivanuša, 2012) .....	33
Slika 20: Hrast in vzorec prsti iz 5. posode (Avtorica: Petra Ivanuša, 2012) .....	33
Slika 21: Vrednosti fosforja v vzorcih prsti .....	35
Slika 22: Vsebnost kalija v vzorcih prsti.....	36
Slika 23: pH prsti.....	36
Slika 24: Organska snov v vzorcih prsti .....	37

## **PREGLED UPORABLJENIH STROKOVNIH POJMOV**

**AVTOHTONE VRSTE:** vrste organizma, ki izvirajo iz geografskega področja, kjer tudi danes živijo.

**BIOCENOZA:** življenjska združba različnih vrst bitij, ki imajo podobne zahteve glede talnih in podnebnih razmer, in so zato združena v značilni skupnosti vrst v določenem biotopu in medsebojno vplivajo druga na drugo.

**BIOTOP:** (življenjski prostor) anorganski del, to so fizikalne in kemijske lastnosti nekega ekosistema, kot del biosfere. Vsa bitja v njem predstavljajo biocenozo.

**EDAFON:** živi svet tal (zemlja, prst)

**EVEDAVSKE ŽIVALI:** živijo samo na tleh in se na površje pokažejo le izjemoma. Zanje je značilno, da nimajo pigmenta, slepe, imajo kratke nožice in tipalnice

**EKOSISTEM:** povezava življenjske združbe (biocenoze) in abiotskih dejavnikov okolja

**PEDOFAVNA:** živalski svet tal

**PEDOLOGI:** strokovnjaki, ki raziskujejo živali v tleh

## 1 UVOD

Brez gozdov bi slabo živeli. Morda se ljudje premalo zavedamo, da je kvaliteta našega življenja zelo odvisna od gozdov, ne glede na to, kje na Zemlji živimo. Gozdovi poraščajo tretjino Zemljine površine in predstavljajo največji kopenski ekosistem. Vendar pa izginjajo z zaskrbljujočo hitrostjo. Na propadanje in izumiranje gozdov v največji meri vpliva izsekavanje, sledijo pa tudi onesnaženost zraka, vode in tal z različnimi izpušnimi ter strupenimi plini, ki jih izpuščamo v ozračje, ter s kemikalijami in pesticidi, ki preidejo v tla in potem v podtalnico.

Ste se kdaj vprašali, kam izgine vso to listje, ki pade na gozdna tla? Pod listno odejo se skriva za marsikoga nepoznan svet, pa vendar nič manj zanimiv kot ostali deli gozda. Govorimo o svetu talnih živali, imenovanih pedofavna. Mrtve organske snovi v tleh so hrana deževnikov, kočičem, stonogam, skakačem, pršicam in mikrobom. Stonoge in kočiči objedajo listne ploskve mrtvih listov, da ostajajo od njih le mrežice trših žil in žilic. Zdrobljene delce požirajo in delno prebavijo, neprebavljene ostanke pa iztrebljajo. Z mikrobi omehčane liste strižejo tudi pršice in skakači. Seveda jedo ti tudi iztrebke stonog in kočičev ter s tem razdrobe mrtve rastlinske ostanke v zelo drobne koščke, s čimer pa postaja površina prvotnih ostankov nekaj tisočkrat večja. Na povečani površini delujejo s svojimi mikrobi, ki potem ostanke razkrajajo v hranilne snovi ter jih tako vračajo koreninam zelenih rastlin. V gozdnih tleh sodelujejo živali in mikrobi ter nenehno obnavljajo hranilne snovi v tleh, zato tudi ni kopičenja rastlinskih ostankov, kar zagotavlja rodovitno prst.

V raziskovalni nalogi smo se osredotočili prav na delovanje in vlogo teh, za človeka skorajda nevidnih, talnih živalic. Želeli smo raziskati, kako pedofavna vpliva na rast in razvoj dreves skozi obogatitev prsti s humusom in hranilnimi snovmi. Zanimalo nas je tudi, kako odsotnost nekaterih edafskih živali vpliva na rodovitnost prsti, saj je znano, da razkroj organskih snovi samo z mikrobi poteka petkrat do sedemkrat počasneje.



## 2 HIPOTEZE

Pred začetkom raziskovanja smo si zastavili naslednje hipoteze:

**HIPOTEZA 1:** Predpostavljamo, da talna favna povečuje sproščanje hranil v tleh, s tem spodbuja rast rastlin in bo klica hrasta bolje rasla v ekosistemu z različnimi tipi talne favne, kot pa v sistemu, kjer so samo talni mikrobi.

**HIPOTEZA 2:** Predpostavljamo, da deževniki bolj vplivajo na kroženje hranil v tleh kot druge vrste v združbi tal in bo hrast v posodi z dodanimi deževniki rasel najbolje.

**HIPOTEZA 3:** Predpostavljamo, da bo onesnažena zemlja s svincem (Pb) negativno vplivala na rast hrasta in kakovost prsti.

### 3 TEORETIČNI DEL

#### 3.1 Gozd

Gozd je sklenjen sestoj gozdnega drevja, ki pa običajno ne raste samo, ampak skupaj z ostalimi, prijemnimi rastlinami ali podrastjo (mahovi, lišaji, praprotnice, zelnate rastline, grmičevje). Tvori torej življenjsko združbo (skupnost) rastlin, kjer najdejo dom tudi številne živali. Med rastlinami in živalmi pa je vzpostavljeno dinamično ravnovesje.<sup>1</sup>

Gozdove pogosto imenujemo "pljuča Zemlje". Izraz se je pojavil zaradi pomembne funkcije gozdov pri kroženju plinov. Vse pomembnejša je vloga gozda pri odvzemu ogljikovega dioksida iz ozračja, saj povzroča učinek tople grede. Gozd ima pomembno vlogo tudi pri kroženju vode na Zemlji. Drevesa in druga gozdna vegetacija delujejo kot nekakšni "živi vodnjaki". Vodo črpajo iz tal in jo potem v obliki vodnih hlapov izločajo v ozračje. Pomemben je tudi za živali in pedofavno ter varuje tla pred erozijo. Med proizvodne vloge gozda pa uvrščamo njihov pomen za pridobivanje lesa, prehranjevanje divjadi in pridobivanja drugih gozdnih dobrin (kot na primer čebelarjenje, nabiranje kostanja, gob, drevesne smole in podobno).<sup>1</sup>

Naši gozdovi so prebivališča okrog 71 drevesnih vrst, od tega 10 iglavcev in 61 listavcev in pa mnogo večjega števila vrst, ki ga uvrščamo v zeliščni in grmovni pas (podrast). Podrast gospodarsko nima velikega pomena, ima pa toliko večji ekološki pomen. Oblika gozdne združbe na določenem ozemlju je odvisna od krajevnih podnebnih razmer, prsti, kamninske podlage, količine sončnega obsevanja, vlažnosti, lege in drugih dejavnikov.<sup>2</sup>

Najpogostejše drevesne vrste v Sloveniji so smreka, bukev in jelka. Razmeroma pogosti so tudi hrast, gaber in rdeči bor. V višje ležečih krajih je veliko macesna, v slovenskem Primorju pa najdemo obsežna območja črnega bora.<sup>2</sup>

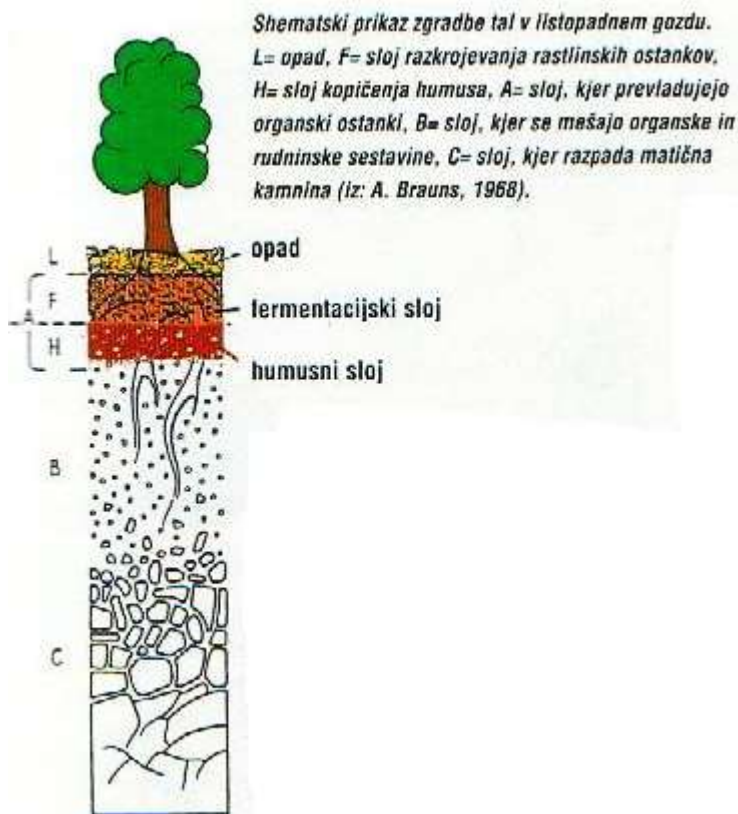
#### 3.2 Gozdna tla – raznovrstnost mikrobov in živali

Gozdna tla tvorijo površinski sloji rudnin, v katerem se prepletajo korenine dreves, grmov in zeli. Glede na geološko podlago, podnebne razmere, vpliv gozdne združbe ter posledice mehničnega in kemijskega preperevanja kamnin se razvije značilen profil gozdnih tal. V profilu tal ločujejo več različnih horizontov, ki jih različno poimenujejo in označujejo s črkami.<sup>3</sup>

---

<sup>1</sup> (Tome, 2011)

<sup>2</sup> (Brus, 2011)



Slika 1: Profil gozdnih tal (Vir: <http://www.proteus.si/files/file/Tekmovanje/SS%202010-2011/Literatura/Mikrobi.pdf>)

O – opad: odpadlo listje, veje in plodovi na gozdnih tleh. V tem sloju deluje večina živali tal in mikrobov, ki razkrajajo organske snovi.<sup>3</sup>

A – horizont, v katerem prevladujejo organske snovi, nastale iz razpadajočih rastlin in živalskih odpadkov. Razkroj rastlinskih in živalskih delcev je v tem delu že tako napredoval, da iz delcev težko določimo poreklo ostanka.<sup>3</sup>

B – horizont, v katerem prevladujejo rudninski delci.<sup>3</sup>

C – horizont sestavlja razpadajoča matična kamnina.<sup>3</sup>

S talnimi živalmi ali pedofavno je najgosteje naseljen zgornji del profila, z globino pa raznovrstnost in številčnost živali tal upada. Večina vrst živi prav pri vrhu, saj je le tam dovolj rastlinskih ostankov ali hrane, dovolj ustreznih prostorčkov za gibanje in skrivanje, primerna vlažnost in dovolj kisika. Z globino je vsega tega manj, zato se življenjske razmere slabšajo, raznovrstnost in številčnost živali tal pa se zmanjšuje.<sup>3</sup>

Pogled v vzorec tal, pridobljen s sušenjem na Berlesejevem lijaku ali na »mokrem« Baermannovem lijaku, pokaže veliko raznovrstnost. Po navadi je v vzorcu do 100 in več vrst. Prevladujejo drobni členonožci ali mikroartropodi (pršice in skači) oz. praživali in talne gliste. Zaradi preglednosti razvrščamo talne ali edafske živali v skupine. Razdelimo jih lahko po navezanosti na življenje v tleh in po njihovih aktivnostih.<sup>3</sup>

Najpogosteje pa jih razdelimo glede na telesno dolžino, in sicer v naslednje velikostne razrede (van der Drift, 1951):<sup>3</sup>

1. mikrofavna (dolžina do 100 µm): praživali, talne gliste, kotačniki;<sup>3</sup>
2. mezofavna (od 100 µm do 2 mm): pršice, paščipalci, drobnonožke; proturi, skakači, dvorepke, ščetinorepke;<sup>3</sup>
3. makrofavna (od 2 mm do 20 mm): beli deževniki, suhe južine, mokrice, strige, dvojnonoge;<sup>3</sup>
4. megafavna (od 20 mm naprej): deževniki, rovke, voluharice, krti.<sup>3</sup>

<sup>3</sup> (Tarman, 2005)

### 3.3 Živalske skupine v tleh

Spodaj so navedeni najpogostejši predstavniki pedofavne:

- KOTAČNIKI (*Rotatoria*)
- GLISTE (*Nematoda*)
- ENHITREJI ALI MALI BELI DEŽEVNIK (*Enchytreida*)
- DEŽEVNIKI (*Lumbricida*)
- PAŠČIPALCI (*Pseudoscorpionida*)
- SUHE JUŽINE (*Opiliones*)
- PRŠICE (*Acarina*)
  - Red: *Parastiformes*
  - *Mesostigmata* (plenilska pršica, želvasta pršica, zerkonide in epikriide)
  - *Trombidiformes*
  - *Sarcoptiformes* (akaridije, oribaride ali roženaste pršice)
- RAKI ENAKONOŽCI (*Isopoda*)
- STONOGE (*Myriapoda*)
- ŽUŽELKE (*Insecta*)
  - Skakači, proturi, diplouri, ščetinorepke, bramorji, strigalice, ščurki, prašne uši, resokrilci, škržati, listne uši, kaparji, hrošči, dvokrilci.<sup>4</sup>

#### 3.3.1 Deževnik (*Lumbricida*)

Deževniki predstavljajo pomemben dejavnik v kroženju snovi v naravi. Njihova vloga je mnogovrstna: mehansko mešanje tal (vnašajo organsko snov v tla in odnašajo mineralne delce na površje), rijejo hodnike, tako prezračujejo tla in povečajo njihovo prepustnost za vodo, zmanjšujejo erozijo, z razkrojem panjev, debel in vej naravno bogatijo gozdna tla. Njihov največji pomen pa je vsekakor pri tvorbi humusa.<sup>5</sup>

Kako deževnik prispeva k nastajanju humusa? Humus je snov, ki nastaja iz mrtvih ostankov organizmov, zlasti rastlin. Je kisel, njegova kemična sestava je zelo zapletena. Za nastanek humusa so potrebni mikrobi v tleh, ki s svojimi encimi razkrajajo organsko snov. Razkrojki med seboj reagirajo, da nastanejo nove spojine, ki so veliko bolj obstojne. Te so predvsem bogate z dušikom. V zemlji, ki je šla skozi prebavilo deževnika, je več mikrobov kot v tleh. Organski ostanki doživijo v prebavilu kemično sestavo. Lažje prebavljive snovi predelujejo prebavni encimi deževnika, težje prebavljive pa glivice in bakterije, ki živijo v deževnikovem prebavilu. Gre za simbiozo, bakterije izločajo iz celuloze lignin, ki se tako aktiviran lažje veže v nove spojine. Bakterije načnejo odpadle celice prebavila deževnika. Pri tem se sprošča amonijak, ki vzdržuje bazično reakcijo, kar olajšuje proces oksidacije. Sproščeni lignin se veže z amonijakom. Ta reakcija poteka v črevesu, kjer se iz apnenih žlez izločajo drobci kalcija. Zaradi mešanja kalcija in predelane organske mase nastane organomineralni kompleks, ki je v tleh zelo pomemben. Na take organomineralne komplekse s povečano absorbtivno površino se vežejo kationi in anioni rastlinam lahko dostopnim mineralov.<sup>5</sup>

---

<sup>4</sup> (Tarman, 1985)

<sup>5</sup> (Tarman, 1985)

### 3.4 Razgradnja rastlinskih ostankov v humus

Vlažno listje na gozdnih tleh prerastejo mikrobi: bakterije in glive. Naselijo se na površino listov in vdirajo v notranjost skozi listne reže. Mikrobi porabijo beljakovine, sladkorje, pa tudi težko razgradljivo celulozo in hemicelulozo. Pravimo, da listno snov razgradijo z encimi. Pršice, skakači, stonoge in raki kočiči (mokrice) jedo listje. S čeljustmi trgajo list v drobne delce, ki jih potem pojejo. Lažje prebavljive snovi prebavijo, težjo prebavljivo celulozo in lignin pa izločijo z iztrebki. Ker so živali drobne, so njihovi iztrebki še manjši, tako mali, da jih merimo v mikrometrih. Drobljenje, ki ga opravljajo živali tal, je pomembno, saj s tem izredno povečajo površino rastlinskih ostankov. Na povečani površini delujejo večje množice mikrobov in razkroj ostankov poteka hitreje. Iz težko razkrojljivih snovi (lignin, hitin) nastaja humus. Humus in mineralne snovi dajejo tlom dobro kakovost. Tla so rahlejša, vežejo hranilne snovi in vodo. Z nadaljnjim razkrojevanjem humusa, njegovo mineralizacijo, se sproščajo hranilne soli, ki so znova uporabne za zelene rastline.<sup>6</sup>

### 3.5 Vloga pedofavne pri nastajanju plodnih tal

Množica vrst in njihove velike populacije vzbujajo vprašanje o pomenu edafske favne v ekosistemu. Raziskave so pokazale, da so neplodna tla revno poseljena s talnimi živalmi, nasprotno pa plodna tla naseljujejo množice malih in velikih edafskih organizmov. Večina vseh pa se nahaja v zgornjih plasteh tal, kjer je največ organskih ostankov. Sveže organske snovi so njihova hrana. Tu je tudi dovolj kisika za njihovo presnovo.<sup>7</sup>

Kot v celotnem ekosistemu se tudi v naravnih tleh zavrti letni krog sprememb, iz leta v leto na podoben način. Temu se prilagajajo aktivnosti prebivalcev tal. Posebno vlogo ima jesenski gozdni opad, ko se na gozdnih tleh nakopiči mrtvo listje, veje in vejice, padla debla itd. Sicer se na gozdnih tleh nabirajo odmrli ostanki rastlin vse leto (ostanki cvetov, pelod, storži, plodovi, žlezni izločki itd.). V plasti svežega in starega opada najdejo mikroklimatsko ugodno bivališče in prehranjevalne možnosti številne vrste.<sup>7</sup>

Pregled tal iz različnih gozdnih sestojev pokaže različnosti v sestavi edafskih združb. Očitne so razlike: v vrstni sestavi edafona in v populacijskih razmerjih vrst, med združbami listavcev in iglavcev. V prvih je več predstavnikov makrofavne (mokrice in dvojnonoge) in deževnikov. V drugi pa prevladujejo vrste mezofavne, še posebno telesno drobne roženaste pršice, kot so *Oppiidae* in *Suctobelbidae*. Razlike so tudi v njihovem izdelku, tipu humusa.<sup>7</sup>

V gozdovih listavcev, različnih združbah bukovih gozdov, ki so jim primešane še druge vrste listavcev (npr. javor, lipa, jesen, brest, mokovec), na karbonatnih kamninah nastaja humus tipa sprstenina (mull humus). Sprstenina ima nevtralno ali rahlo kislo reakcijo in nastaja na gozdnih rjavih tleh. Nastaja v plasti pod opadom. Vidnih sledi rastlinskega porekla v sprstenini tako rekoč ni, saj poteka ob sodelovanju talnih živali in bakterij hiter razkroj in mineralizacija organske snovi. Iz požrtega humusa in rudninskih snovi nastaja v črevesu deževnikov, deloma tudi v prebavilih dvojnonog in talnih žuželčjih ličink, glineno humusni kompleks, ki daje iztrebkom posebne fizikalne in kemične lastnosti. Iztrebki dvojnonog in deževnikov delujejo proti zakisanju humusa, ker imajo višjo pH-vrednost, kot jo ima izhodiščna hrana.<sup>7</sup>

---

<sup>6</sup> (Tarman, 2008)

<sup>7</sup> (Tarman, 2008)

### 3.6 Onesnaževanje tal

Človek onesnažuje tla na več načinov. Največjo škodo povzroča odlaganje kemikalij. Gre za gnojila, pesticide (se razgrajujejo zelo počasi), odpadne odplake, živalske in človeške odplake, odplake iz gospodinjstev in vseh vrst tovarn ter pepel, ki se na zemljo spušča iz atmosfere. Na onesnaženost vplivajo tudi avtomobilske emisije in odlaganje odpadkov kovinske industrije, odlaganje radioaktivnih odpadkov, uporaba insekticidov, herbicidov, fungocidov in baktericidov. Najbolj škodljive kovine oz. elementi so živo srebro, svinec, kadmij, nikelj in baker. Najbolj ogrožena območja so v bližini rudnikov, tovarn, farm, obdelovalnih površin, območja blizu avtocest, gostega prometa ter območja gosto naseljenih mest, kjer je onesnaženost zelo visoka.<sup>8</sup>

Onesnaženost tal močno ogroža naravno vegetacijo. V rastlinah se lahko pojavi visok delež toksičnih substanc, ki po prehranbnem ciklu lahko pridejo tudi v človeka.<sup>8</sup>

#### 3.6.1 Onesnaženost s svincem

Svinec je poleg kadmija in živega srebra eden izmed največjih onesnažil v tleh. Njegovi antropogeni izvori so rudarjenje in taljenje rud, rafinerije, atmosferski depoziti (sežigalnice, fosilna goriva in promet) in odlaganje odpadkov. V preteklosti je prispevalo tudi kmetijstvo z uporabo fitofarmaceutskih pripravkov na osnovi svinca (Pb). Svinec se zadržuje v površinskem sloju tal, kjer se dobro veže na organske snovi. Primerjave z zakonodajnimi vrednostmi so pokazale, da je svinec (Pb) poleg kadmija (Cd) in niklja (Ni) element, ki največkrat presega opozorilno emisijsko vrednost. Največ teh vzorcev je iz urbanih območij in Jesenic. Opozorilno vrednost presega tudi nekaj vzorčnih mest v Julijskih Alpah. Izvor na teh lokacijah je lahko lokalno fužinarstvo in vpliv emisij topilnice v Rablju (Italija).<sup>9</sup>



Slika 2: Zemljevid onesnaženosti tal s svincem (Vir: Zupan, M., Grčman, H., Lobnik F. Raziskave onesnaženosti tal Slovenije. Ljubljana: Agencija RS za okolje, 2008)

<sup>8</sup> (Bohinc, 2005)

<sup>9</sup> (Zupan, 2008)

Iz slike 2, ki prikazuje onesnaženost tal s svincem po Sloveniji, so dobro razvidna območja z večjo vrednostjo svinca v tleh okrog velikih industrijskih in drugih večjih mest. Najbolj zaskrbljujoč je podatek za Maribor in okolico ter območjem Dravskega polja, vse do Ptujkega polja. Tesno mu sledijo prestolnica Ljubljana, močno industrializirano mesto Velenje, Jesenice, Celje in najmanj Koper.

Legenda: Z zeleno barvo so označena območja pod mejno vrednostjo svinca v prsti (<85 mg/kg), z rumeno barvo mejno vrednost (85 – 100 mg/kg), z rdečo opozorilno vrednost (100 – 530 mg/kg) in z temno rdeče kritično vrednost (>520 mg/kg).<sup>9</sup>

### 3.7 Graden (*Quercus petraea*)

S številnimi avtohtonimi vrstami je hrast med najbogatejšimi drevesnimi rodovi v Sloveniji. Graden je naš najpogostejši hrast, saj je po lesni zalogi (6,2 %) za smreko, bukvijo in jelko naša četrta najpogostejša drevesna vrsta. Zaradi pomembnosti te vrste v Sloveniji smo jo tudi izbrali za temo v raziskovalni nalogi, saj je med svojimi vrstami najmanj zahteven in uspeva skoraj povsod.<sup>10</sup>

V Tabeli 1 so našteje nekatere karakteristične lastnosti te vrste hrasta.

Tabela 1: Karakteristične lastnosti hrasta gradna

<b>Graden (<i>Quercus petraea</i>)<sup>11</sup></b>	
Družina	Bukovke ( <i>Fagaceae</i> )
Videz	Listopadno drevo, ki zraste do 40 metrov visoko. Njegovo deblo sega v sam vrh široke in enakomerno razvejane krošnje.
Lubje	Sprva gladko, kasneje zadebeli; postane sivo rjavo in vzdolžno globoko izbrazdano.
Listi	Pecljati, narobe jajčasti listi so krpati, zoženi proti listnemu peclju. Listni rob je zaobljen. Koticiki listnih žil na spodnji strani listne ploskve so dlakavi.
Cvetovi	Številni moški cvetovi so združeni v previsna do viseča mačičasta socvetja. Ženski cvetovi pa v neopazna, malocvetna socvetja.
Plodovi	Želodi so dolgi od 2-3 cm in sedeče nameščeni na vejah. Skledičast ovoj želoda prekriva zgolj zgornjo tretjino ploda.
Pojavljanje	V listnatih in mešanih gozdovih, zlasti v nižinah in gričevnatem svetu
Čas socvetja	Maj
Čas plodenja	September–oktober



Slika 3: Določanje hrasta s slikovnimi ključi (Avtorica: Vesna Pintarić, 2013)

<sup>10</sup> Hrasti – rastline leta 2004; 2013

<sup>11</sup> Eppinger, Hofmann, 2005



## 4 EKSPERIMENTALNI DEL

### 4.1 Prvi del poskusa: Zbiranje materiala in priprava za poskus

Vse potrebščine za izvajanje poskusa smo si priskrbeli v gimnazijski laboratorijski vadalnici, kjer smo opravili največ meritev in izračunov. Potreben prostor za izvedbo poskusa nam je bil dan na šolskem dvorišču, kjer smo pripravili vse pogoje za izvedbo.

Pri izbiranju prostora smo se ozirali na več dejavnikov. To so bili primerna osvetljenost, ki zagotavlja nemoten potek fotosinteze, prostor je moral biti na prostem, da bi lahko izkoriščali deževnico kot vir vode za rast, in na koncu še zagotoviti rodovitno prst, ki smo jo izkopali v gozdu.

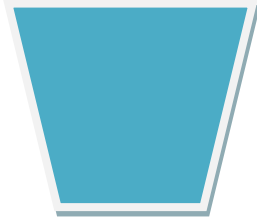
Odločili smo se za eno leto trajajoči mini ekosistemski poskus, skozi vse sezonske cikle (jesen, zima, pomlad, poletje). Narejeni ekosistemi so bili izpostavljeni zunanjim dejavnikom, tako živim kot neživim, slednji so vremenski dejavniki (veter, dež, sonce, temperatura, vlažnost v zraku, zračni tlak, idr.).

#### 4.1.1 Izbira prostora in razvrstitev

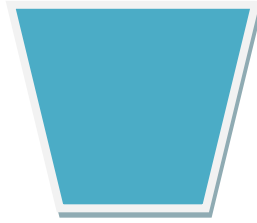
Poskus smo postavili na dvorišču, kjer je bila osvetljenost optimalna in je dež občasno zalil lončene posode. Ob daljšem obdobju brez dežja smo poskusne posode zalivali z deževnico iz zbirne posode. S tem smo zagotovili pogoje za rast, vključno z zadostno vlažnostjo prsti, ki so dokaj podobni tistim v pravem gozdnem ekosistemu.

Za poskus smo uporabili 5 velikih lončenih posod, ki smo jih napolnili s 15 kg zemlje. Lončene posode smo do roba napolnili s presejano gozdno prstjo in na vrhu nastlali s 1kg svežega jesenskega listnega opada iz gozda. Ozirajoč se na zastavljene hipoteze in zahteve raziskovalnega dela, smo se odločili, da uporabimo pet lončenih posod, v katerih smo spreminjali vrstno pestrost razkrojevalcev prsti – odvisna spremenljivka. Želeli smo ugotoviti povezavo med vrstno pestrostjo v tleh in delovanjem ekosistema.

Postavitev le-teh je bila naslednja:



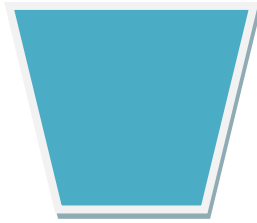
1. posoda: KONTROLNA  
(gozdna prst s pedofavno)



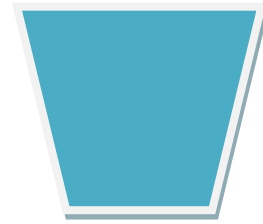
2. posoda: GOZDNA PRST+  
MIKROFAVNA  
(talni mikrobi: saprofitske glive in bakterije)



3. posoda: GOZDNA  
PRST+  
MIKROFAVNA,  
MEZOFAVNA IN  
MAKROFAVNA  
(vsi tipični predstavniki  
talne favne brez  
deževnikov)



4. posoda: GOZDNA PRST+ MIKROFAVNA,  
MEZOFAVNA, MAKROFAVNA,  
MEGAFVNA  
(vsi tipični predstavniki talne favne z  
dodanimi deževniki)



5. posoda: GOZDNA PRST+  
MIKROFAVNA, MEZOFAVNA,  
MAKROFAVNA +  
ONESNAŽENJE S SVINCEM

S tako postavitvijo smo skušali ugotoviti, kako različne vrste gozdnih razkrojevalcev vplivajo na kakovost in rodovitnost prsti. Preiskovali smo tudi vpliv najpogostejšega onesnaževalca tal, t.j. svinca (Pb), na uspevanje gozdnih rastlin. Skozi poskus smo spremljali spremembe nastavljenih mini ekosistemov in zbirali podatke za kasnejšo analizo.

#### 4.1.2 Priprava prve posode

V kontrolni posodi (glej sliko 4) niso bili spremenjeni nobeni biološki dejavniki. Ustvarili smo ekosistem, ki se je najbolj približal tistemu v gozdu. Prst je bila neonesnažena. Uporabili smo takšno, kot jo najdemo v gozdu. Odstranili nismo nobenih živali, ki živijo v gozdnih tleh. Za steljo smo uporabili sveže zapadlo listje iz istega dela gozda, od koder je izvirala vsa uporabljena gozdna prst. Na opisan način smo poskušali ustvariti enake pogoje rasti, kot jih najdemo v gozdu.

V vseh naslednjih poskusnih posodah pa smo uvedli takšne ali drugačne spremembe ekosistema, ki smo jih želeli preučiti.



Slika 4: Prva posoda (Avtorica: Petra Ivanuša, 2011)

#### 4.1.3 Priprava druge posode

Druga posoda oz. prva poskusna posoda (glej sliko 5) je bila najbolj revna glede na različne vrste razkrojevalcev in drugih živali gozdnih tal. Iz prsti in odpadlega listja, nabranega v gozdu, smo uspeli odstraniti vso vidno pedofavno, razen najmanjših živalic, vidnih le s svetlobnim mikroskopom (talni mikrobi, saprofitske glive). Tiste, ki so vidni s prostim očesom, pa smo ulovili, jih zbrali in preselili v tretjo posodo.

Potemtakem smo ustvarili ekosistem, ki je namenjen izključno razkrojevanju s sestavo talne favne na nižjih prehranskih ravneh.

Natančnejši opis metode dela podajamo v naslednjem poglavju.



Slika 5: Druga posoda (Avtorica: Petra Ivanuša, 2011)

#### 4.1.4 Priprava tretje posode

Da bi bil poskus uspešen, smo uporabljali samo naravne razmere, ki jih najdemo v naravnih ekosistemih. Uporabljali smo tudi vse gozdne razkrojevalce in ostale živali gozdnih tal, ki so bile pomemben del naše raziskovalne naloge.

Tako smo v bližnjem gozdu nabrali gozdno prst, s katero smo napolnili posode ter odpadlo listje, v katerem živi mnogo majhnih in tudi večjih živali, kot so npr. pajki. Teh nismo zavrgli, ampak smo jih s tehniko osušitve medija izbezali na plano, kjer smo jih ulovili in zbrali v zbirnih steklenicah, da smo jih preučili in kasneje izpustili v III. glineno posodo. Tam so se prilagajale na novo okolje in nadaljevale razkrojevalne procese, ki so prisotni v gozdnih tleh.

Da bi zvalili živali gozdnih tal iz nabranega odpadlega listja, smo uporabili rešeto, močno svetilko ter zbirno posodo, postavljeno pod rešeto. Na rešeto smo naložili plast še vlažnega odpadlega listja in nad njim postavili svetilo, s katerim smo osvetlili in delno osušili plast gozdnega listja in tako prisilili živalce v listju, da so skozi rešetasto dno zlezle stran od vira svetlobe v zbirno posodo, postavljeno pod rešeto. Ko so popadale skozi rešeto in se ujele v posodo, smo jih pobrali in jih razvrstili v zbirne steklenice in petrijevke. Tam smo jih preučili in se tako poučili o načinu njihovega premikanja in telesni zgradbi ter jih sistematsko pregledali in določili s preprostimi določevalnimi ključi.



Slika 6: Zbiranje talnih živali (Avtorica: Lara Bezjak, 2011)

Slika 6 je fotografija poskusnega dela pri katerem smo prečesali talno prst in odpadlo listje ter najdene živalce zbirali v zbirne steklenice in petrijevke. Pri delu sta nam pomagala profesorica Vesna Pintarić in laborantka Helena Kolarič. Oprema za delo pa nam je priskrbel hišnik Darko.

Vse ulovljene živalce smo izpustili v tretjo posodo (glej sliko 7) s pripravljeno in presejano zemljo. Lončeno posodo smo nato pokrili s svežim odpadlim listje in jim tako zagotovili organsko snov, primerno za razkroj.



Slika 7: Tretja posoda (Avtorica: Petra Ivanuša, 2011)

#### 4.1.5 Priprava četrte posode

V naslednjem delu poskusa smo se odločili uporabiti deževnike, saj v naši hipotezi predvidevamo, da je daleč najboljši razkrojevalec odpadne organske snovi. Vsak izmed trojice je poiskal nekaj deževnikov v bližnjih ekosistemih, primernih za deževnike. Največ smo jih našli na humusu, manj na vrtu, preorani prsti z njive ter v gozdu. Deževniki so v našem poskusu zasedli četrto posodo (glej sliko 8). Njihova številčnost nam je zagotavljala točnost oz. zadostno natančnost izsledkov iz končne analize.

Sledi tabela najdišč in številčnosti deževnikov.

Tabela 2: Najdišča in številčnost deževnikov

Najdišče	Humus	Gozd	Preorana zemlja (vrt + njiva)	Skupaj $\Sigma$
Številčnost	11	7	6	24

Tabela 2 prikazuje najdišča, kjer smo iskali deževnike. Največje število najdenim deževnikov tako pripada najdišču na humusu, manj v gozdu in preorani zemlji.

Najdenim deževnikom je bil dan nov življenjski prostor v četrti posodi.



Slika 8: Četrta posoda (Avtorica: Petra Ivanuša, 2011)

#### 4.1.6 Priprava pete posode

V gozdnih ekosistemih pogosto prihaja do onesnaženja. Velikokrat zaradi nepravilnega in nedovoljenega odlagališča smeti. Med njimi vse pogosteje najdemo svinčene akumulatorje in druge nevarne odpadke, ki vsebujejo svinec. Take strupene snovi seveda ne ostanejo ujete v akumulatorju, ampak stečejo v tla. Tako onesnažijo gozdno prst pa tudi podtalnico.

Ob tem spoznanju smo se odločili prst v zadnji peti posodi (glej sliko 9) onesnažiti s svincem. To smo izvedli 3. 1. 2012. V prst smo dali 14,5 g pripravljene raztopine svinčevega nitrata  $Pb(NO_3)_2$ , saj smo želeli ugotoviti kako prisotnost svinca vpliva na rast hrasta.



Slika 9: Peta posoda (Avtorica: Petra Ivanuša, 2011)



## 4.2 Drugi del poskusa

V drugem delu poskusa smo vpeljali odvisno spremenljivko, za katero smo verjeli, da nam bo pokazala prave rezultate, in s katero bomo lahko dokončno ovrgli ali potrdili zastavljene hipoteze.

### 4.2.1 Hrast graden (*Quercus petraea*)

Za poskus smo potrebovali odvisno spremenljivko, ki bi nam pomagala potrditi ali zavreči zastavljene hipoteze. Za to smo izbrali najbolj pogostega predstavnika naših gozdov, hrast vrste graden (*Quercus petraea*). Pri iskanju primernih kandidatov za naš poskus smo se spomladi odpravili v bližnji gozd, v isti gozdni ekosistem, iz katerega smo že jeseni uporabili gozdna tla s talno favno in listnim opadom. Tam smo s pomočjo naše mentorice, profesorice biologije, izkopali klice hrasta in jih prinesli v šolski laboratorij. Po natančnem pregledu smo se odločili za pet zdravih sadik, ki so si bile po velikosti in številu listov najbolj podobne. Izbrane sadike hrasta smo stehali, izmerili višino rastline, dolžine korenin, dolžine listov, debelino korenine, debelino stebra, debelino listov in težo celotne rastline.



Slika 10: Merjenje dolžine klic (Avtorica: Vesna Pintarić, 2011)

Slika 10 je fotografija poskusnega dela s poudarkom na kvaliteti podatkov. Pri delu so bile izmerjene dolžine in debeline stebra, korenine, zapisano število listov in drugih podatkov. Ti so zbrani v tabeli 3 na naslednji strani.

Spodnja tabela prikazuje rezultate meritve hrastov. Hrastom smo merili dolžino celotne rastline, dolžino stebra in listov, premer stebra in glavne korenine, debelino, število, širino listov ter teža rastline.

Tabela 3: Rezultati meritev

	1. posoda	2. posoda	3. posoda	4. posoda	5. posoda
<b>Dolžina rastline [cm]</b>	18,2	20,8	22,5	19,3	17,6
<b>Število listov [cm]</b>	5	5	6	5	5
<b>Teža rastline [g]</b>	4,33	5,77	5,85	4,89	6,68

Sadike so imele 5-6 listov, tehtale so povprečno 5,5 g, velike pa so bile okrog 19,6 cm. Iz tabele je razvidno, da so velikosti sadik hrasta dokaj podobne in s tem zagotavljajo natančne rezultate pri poskusu.

Prihajalo je do manjših napak pri tehtanju rastlin, saj nam ni uspelo popolnoma odstraniti prsti, ki je bila ovita s koreninami, ne da bi jih poškodovali. Zato je izmerjena teža rastlin malo odstopala od natančne prave teže. Zaradi te nepravilnosti smo bili pri nadaljnjih meritvah bolj previdni in smo napake upoštevali tudi pri končni analizi.

Spodnja slika prikazuje sadike hrastov, ki smo jih posadili v poskusne posode.



Slika 11: Sadike, ki smo jih uporabili za poskus (Avtorica: Vesna Pintarić, 2011)

#### 4.2.2 Trajanje poskusa

Z raziskovalno nalogo smo se intenzivneje začeli ukvarjati jeseni 2011, ko smo si pripravili načrt za izvedbo in zbrali potreben material. Po končanih pripravah smo posode začasno namestili v predvor pri zadnjem vhodu na šolski atrij, kajti začelo se je mrzlo vreme, ki mu je sledila zima (tudi sneg). Tako smo živali v prsti obvarovali pred posledicami prenizkih temperatur.

Priprave so bile končane 28. 10. 2011, ko smo tudi uradno začeli izvajati poskus. Temu so sledili zimski meseci, medtem smo prst in odpadlo listje redno zalivali z deževnico, da smo zagotovili najboljše pogoje za razkroj. Gozdno prst smo dali na kemično analizo 15. 11. 2011, po končanem poskusu pa smo zbrali vzorce prsti iz vseh posod in jih 2. 11. 2012 dali na analizo. Količina deževnice je bila točno določena in je bila enaka vsem poskusnim posodam. Vsaka posoda je bila zalita z 1,5 l deževnice.

Dneve, ko smo posode zalili, smo skrbno zapisali.

Tabela 4: Dnevi zalivanja

Jesen 2011	Zima 2011/2012	Pomlad 2012	Poletje 2012	Jesen 2012
28. 10.	23. 12.	27. 3.	22. 6.	5. 10.
25. 11.	3. 1.	13. 4.	6. 7.	17. 10
2. 12.	13. 1.	24. 4.	19. 7.	
13. 12.	27. 1.	11. 5.	1. 8.	
	10. 2.	25. 5.	17. 8.	
	17. 2.	1. 6.	29. 8.	
	2. 3.	15. 6.	7. 9.	
	16. 3.		21. 9.	

Tabela 4 prikazuje dneve, ko smo z deževnico zalili vse poskusne posode. Datumi so približno enakomerno razdeljeni čez mesce trajanja poskusa. V veliko pomoč so bili spomladanski nalivi ter poletne nevihte, ki so prinesle dodatno količino dežja s tem pa tudi vlage pomembne za proces razkrajanja.

Poskusni del raziskav je trajal do 19. 10. 2012.

### 4.3 Rezultati

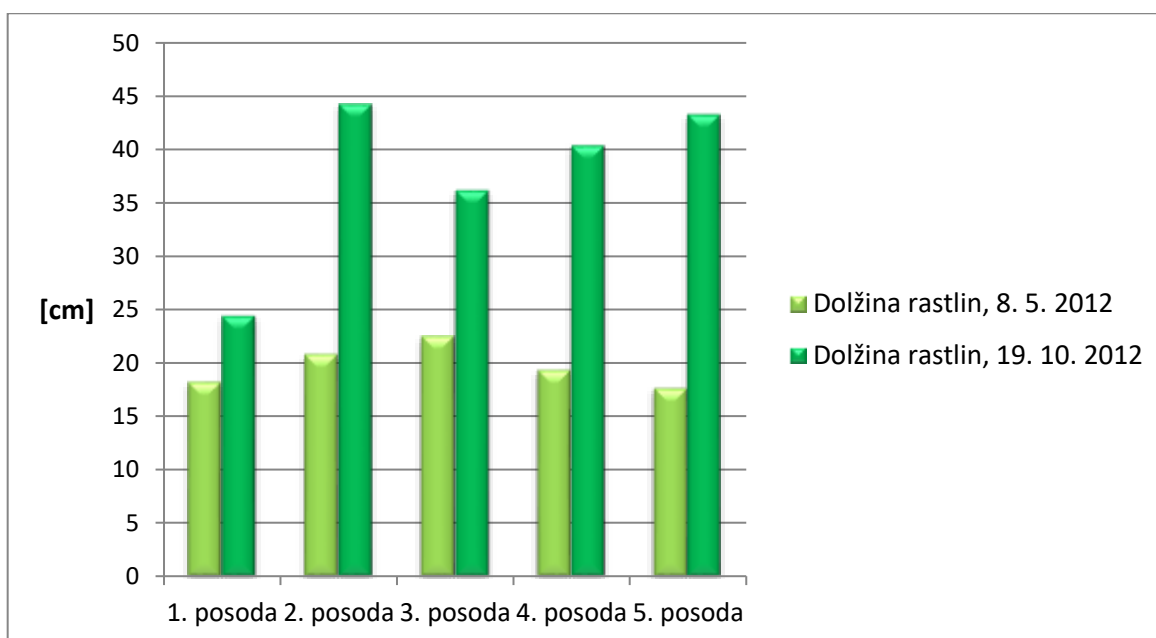
#### 4.3.1 Analiza rasti gradna (*Quercus petraea*)

Na koncu ob uspešni izpeljavi metod dela smo zbrali vse rezultate, ki smo jih dobili skozi raziskovalno delo. Spodnja tabela prikazuje rezultate meritev, ki smo jih izvedli po končanem poskusu.

Tabela 5: Rezultati merjenja

	1. posoda	2. posoda	3. posoda	4. posoda	5. posoda
<b>Dolžina rastline [cm]</b>	24,4	44,3	36,2	40,4	43,3
<b>Število listov</b>	8	11	9	11	13
<b>Teža rastline [g]</b>	2,71	3,92	4,7	5,4	5,97

Podatke o rasti hrastov smo zaradi lažje preglednosti ponazorili z grafom.



Slika 12: Dolžina rastlin, merjenih na začetku in koncu poskusa



Slika 13: Merjenje debeline stebelc (Avtorica: Vesna Pintarić, 2012)



Slika 14: Tehtanje drevesc (Avtorica: Petra Ivanuša, 2012)

Stehali smo tudi rastlinsko biomaso (glej sliko 14), ki jo je imela vsaka poskusna posoda na koncu poskusa. Biomasa nam lahko pomaga pri ovrednotenju naših zastavljenih hipotez in je pokazatelj rodovitnosti prsti, saj je rastlinska biomasa masa rastlin, ki uspevajo na določenih površini.

Tabela 6: Teža biomase, merjena v gramih

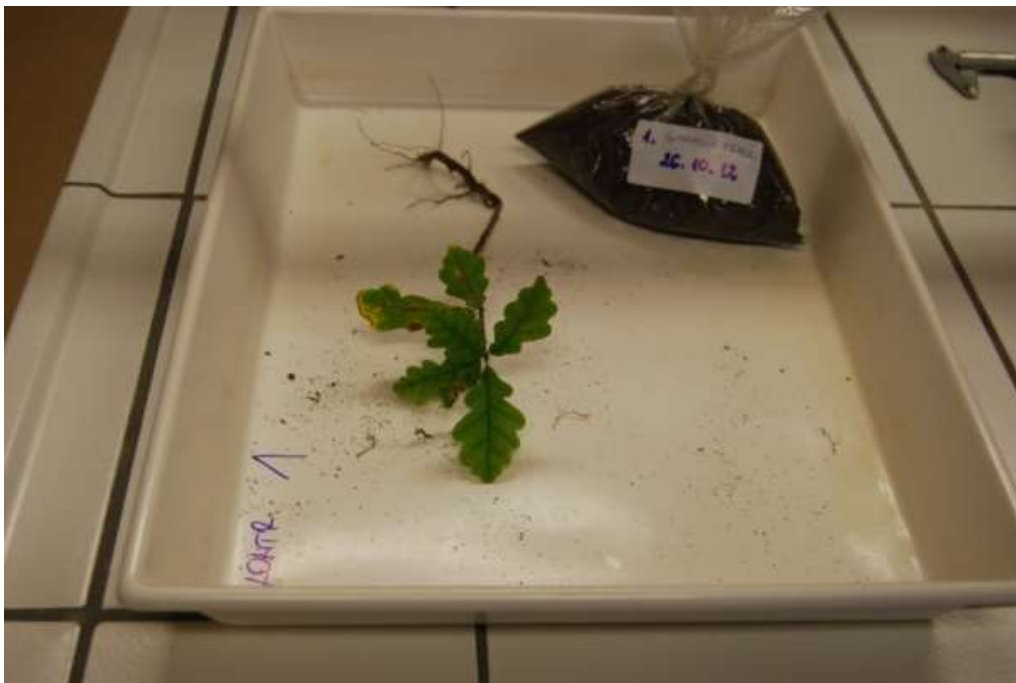
<b>Lončene posode</b>	<b>Rastlinska biomasa [g]</b>
1. kontrolna	171,04
2. mikrofavna	229,99
3. celotna pedofavna brez deževnikov	184,63
4. celotna pedofavna z deževniki	252,37
5. celotna pedofavna s svincem	130,84

Iz tabele 6 je razvidno, da največja rastlinska biomasa pripada posodi 4, ki je bila obogatena z deževniki. Sklepamo lahko, da deževniki pomembno vplivajo h kakovosti prsti, saj je bila le-ta najprimernejša za vzdrževanje ekosistema različnih vrst trav in sadike hrasta. Imela je tudi največje število predstavnikov posameznih vrst trav.



Slika 15: Tehtanje rastlinske biomase (Avtorica: Petra Ivanuša, 2012)

Spodnje slike prikazujejo hraste z vzorci prsti, v kateri so rastli.



Slika 16: Hrast in vzorec prsti iz 1. posode (Avtorica: Petra Ivanuša, 2012)



Slika 17: Hrast in vzorec prsti iz 2. posode (Avtorica: Petra Ivanuša, 2012)



Slika 18: Hrast in vzorec prsti iz 3. posode (Avtorica: Petra Ivanuša, 2012)





Slika 19: Hrast in vzorec prsti iz 4. posode (Avtorica: Petra Ivanuša, 2012)



Slika 20: Hrast in vzorec prsti iz 5. posode (Avtorica: Petra Ivanuša, 2012)

## 4.3.2 Analiza prsti

Kvantitativno smo spremljali tudi kvaliteto prsti v poskusnih posodah. Najprej smo na analizo poslali vzorec prsti, s katero smo kasneje napolnili vse posode. Analiza je bila izvedena 15. 11. 2011 in rezultati analize so opisani v spodnji tabeli. Analiza kaže vsebnost fosforja in kalija v prsti, ki sta podana v mg/100 g prsti, pH prsti in vsebnost organske snovi, podane v odstotkih.

Tabela 7: Vrednosti vzorca prsti, merjene 15. 11. 2011

Analiza vzorca prsti, 15. 11. 2011		
P2O5 mg/100g	17	C
K2O mg/100g	33	D
pH (kalcijev klorid)	4,76	
Organska snov (%)	3,71	

Drugo analizo prsti smo izvedli leto kasneje, to je 2. 11. 2012. Rezultati so predstavljeni spodaj v tabeli. Na podlagi te analize vidimo delovanje pedofavne na kakovost prsti, ki je ključna za rast dreves.

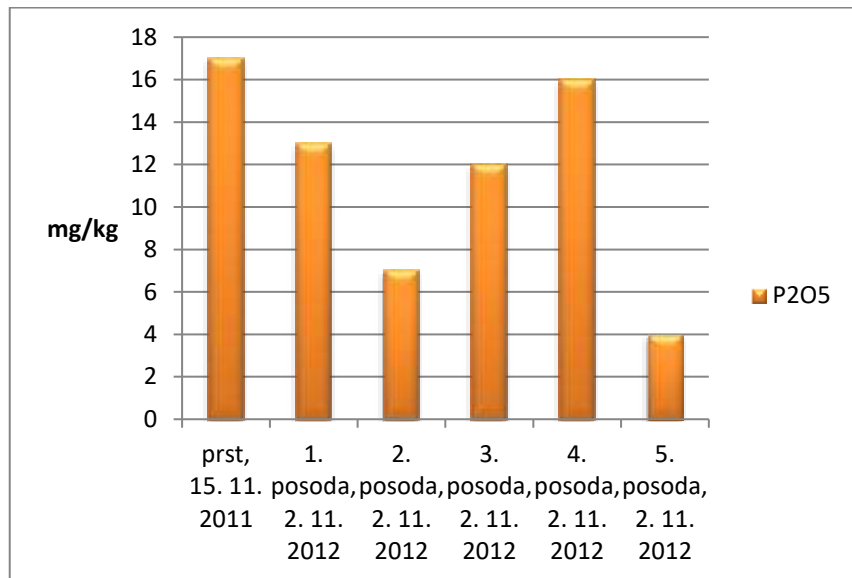
Tabela 8: Vrednosti vzorcev prsti, merjenih 2. 11. 2012

Analiza petih vzorcev prsti; 2. 11. 2012	1. posoda		2. posoda		3. posoda		4. posoda		5. posoda	
P2O5 mg/100g	13	C	7	B	12	C	16	C	4	A
K2O mg/100g	16	B	15	B	12	A	18	B	16	B
pH (kalcijev klorid)	4,85		4,78		5,96		4,59		1,44	
Organska snov (%)	3,55		3,78		3,91		3,91		3,21	

Tabela 9: Legenda za vrednosti v zgornjih dveh tabelah

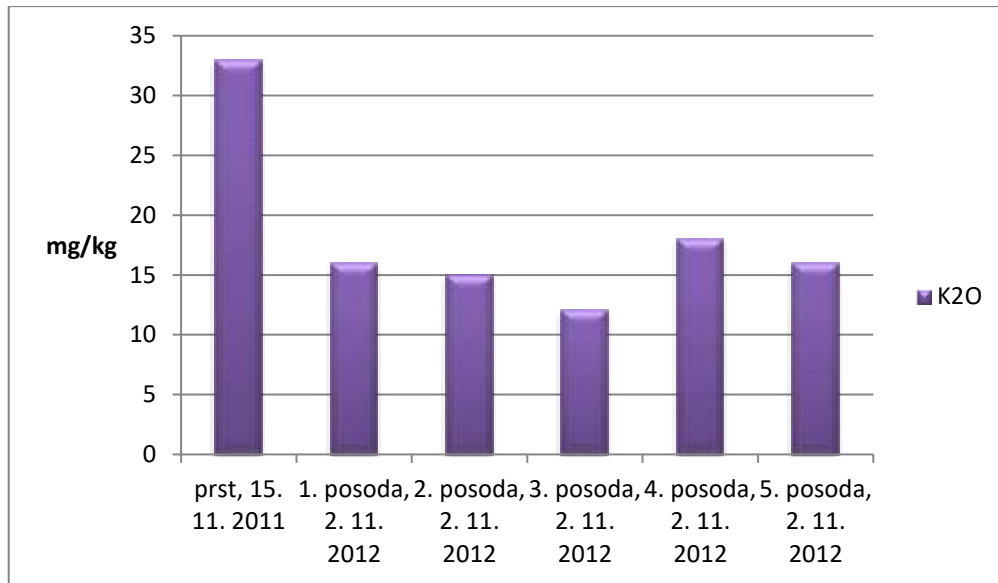
LEGENDA	
A	Malo preskrbljena tla
B	Srednje preskrbljena tla
C	Dobro preskrbljena tla
D	Prekomerno preskrbljena tla

Fosfor je element, ki je zastopan v vsaki živi rastlinski celici, skoncentriran pa je v semenih in rastnih vršičkih. Rastline, ki jim primanjkuje fosforja, zakasniijo v razvoju in nastanejo motnje v tvorbi semen. Spodnja tabela prikazuje vsebnost fosforja v vzorcu prsti, analizirane 15. 11. 2011, in ostalimi vzorci prsti v poskusnih posodah, analizirane 2. 11. 2012. V četrti posodi, kjer so bili dodani deževniki, je razvidno, da se vrednost fosforja le malo razlikuje od začetne prsti (15. 11. 2011). V peti posodi, kjer je bil dodan svinec, se je vrednost fosforja močno znižala, prav tako se je vrednost znižala, kjer so bili dodani samo mikroorganizmi, in sicer v drugi posodi. Povprečni vrednosti pa sta bili v prvi in v tretji posodi, kjer so bile vse edafske živali z mikrobi.



Slika 21: Vrednosti fosforja v vzorcih prsti

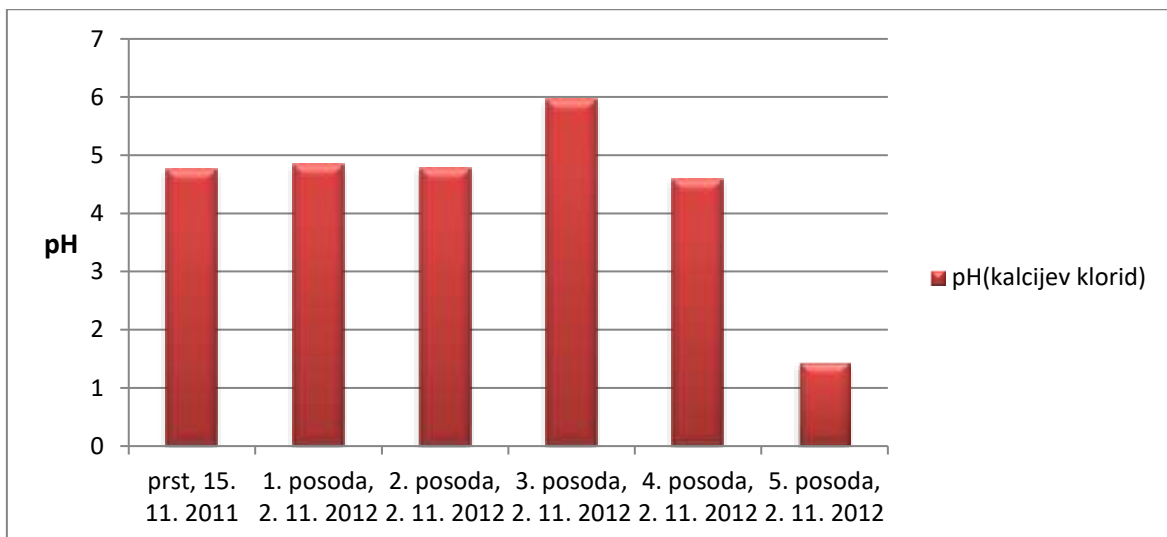
Zraven vsebnosti fosforja smo analizirali tudi vsebnost kalija. Slika nam nazorno prikaže padec vsebnosti kalija v prsti. Razlog za tak padec je seveda rast in razvoj drevesc, saj ga v tej fazi potrebujejo največ. Kalij vpliva na vodni status v rastlini ter tudi na izgraditev celičnih sten. V četrti posodi ga je še največ v primerjavi z ostalimi prstmi v posodah, saj hrast v tej posodi ni porabil veliko kalija, ki je potreben za rast (na rast so vplivali tudi drugi dejavniki).



Slika 22: Vsebnost kalija v vzorcih prsti

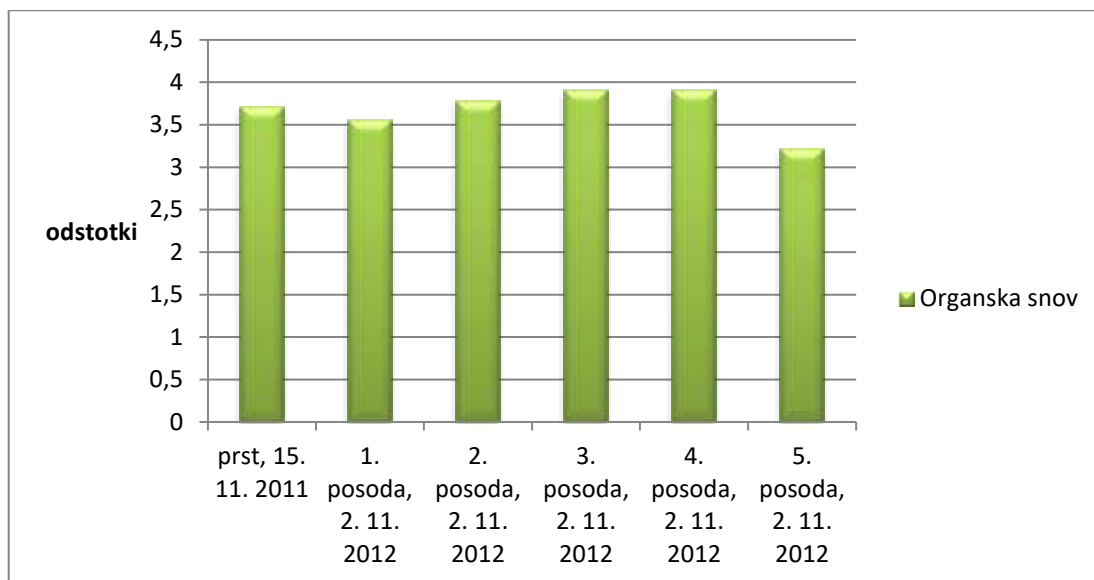
Vrednost pH je pomemben dejavnik predvsem pri raznovrstnosti talnih živali. Na primer deževniki izbirajo za življenje tla, v katerih je pH = 5,5 do 8,0. Prevelika kislost ali alkalnost jim poškoduje kožo, ovira dihanje in zmanjšuje učinkovitost prebavnih encimov.

Zato lahko domnevamo, da so deževniki v peti posodi pomrli, saj v tako zakisanih tleh ne morejo živeti, prav tako je to vplivalo tudi na druge edafske živali, ki so prav tako lahko pomrle, zato se je delovanje omejilo samo na mikrobe. Najvišjo razliko lahko opazimo v tretji posodi (večje število talnih živali), kjer se je pH prsti dvignil za 1,2; za to so krivi iztrebki dvojnonog, ki imajo višjo pH-vrednost, kot izhodiščna hrana.



Slika 23: pH prsti

Organska snov v vseh prsteh je približno podobna, vendar spet izstopa v tretji in četrti posodi, saj so deževniki in ostale edafske živali lahko hitreje razkrojili odpadlo listje, s tem se je povečala tudi vrednost organske snovi v prsti. Najnižjo vrednost pa vsebuje posoda z dodanim svincem. Vzrok za to je lahko pomanjkanje edafskih živali.



Slika 24: Organska snov v vzorcih prsti

#### 4.4 Razprava

Na začetku raziskovanja smo si zastavili tri hipoteze. Prvo hipotezo, ki pravi, da talna favna povečuje sproščanje hranil v tleh, s tem spodbuja rast rastlin in bo klica hrasta bolje rasla v ekosistemu z različnimi tipi talne favne, kot pa v sistemu, kjer so samo talni mikrobi; lahko delno potrdimo, saj nam analiza vzorca prsti v rudi posodi pokaže, da ima sicer najmanjšo vrednost fosforja v prsti, ostale vrednosti (vsebnost kalija, pH prsti in delež organske snovi) pa se gibljejo nekje v povprečju z ostalimi poskusnimi posodami. Saprofitski mikrobi (bakterije, glive) predstavljajo kar 98 % vse biomase v gozdnih tleh in zato lahko upravičeno pričakujemo odločilno vlogo pri razgradnji odmrle organske snovi in sproščanju hranilnih snovi. Mikrobi lahko le počasi razgrajujejo opad in tudi nimajo vpliva na pH prsti, kot na primer v tretji posodi. Hrast, ki je bil posajen v drugi posodi, je najdaljši, vendar ni tudi najtežji, saj tehta 3,92 g. Domnevamo, da je mogoče razlog za to postavitvev posod, ki so bile postavljene v naslednjem vrstnem redu: prva kontrolna, druga samo s talnimi mikrobi, tretja s celotno pedofavno, četrta z dodanimi deževniki in peta z dodanim svincem. Zadnja – peta posoda je bila najbolj izpostavljena svetlobi, medtem ko je bila kontrolna najbolj v senci.

Prav tako lahko delno potrdimo drugo hipotezo, ki pravi, da deževniki bolj vplivajo na kroženje hranil v tleh kot druge vrste v združbi tal in bo hrast v posodi z dodanimi deževniki rasel najbolje; saj hrast posajen v četrti posodi, ni bil največji in najtežji, vendar nam je analiza tal pokazala, da je najboljša prst bila v posodi z dodanimi deževniki. Četrta posoda je imela največjo biomaso ostalih rastlin, ki so tudi najbolj uspevale zraven sadike hrasta v četrti posodi in so verjetno hrastu izkoriščale za rast potrebne hranilne snovi. Skozi vegetativno rast je bila sadika hrasta v četrti posodi okužena z glivično okužbo, kar je tudi verjetno vplivalo na njeno rast in razvoj.

Tretjo hipotezo, ki pravi, da bo onesnažena zemlja s svincem (Pb) negativno vplivala na rast hrasta in kakovost prsti; smo ovrgli, ker je hrast v peti posodi bil največji in najtežji, vendar je imel hudo poškodovano liste. Tudi analiza tal nam je nazorno pokazala, da je najslabša prst bila prav v peti posodi, kjer je bil dodan svinec, biomasa ostalih zraven rastočih rastlin pa je tudi bila najmanjša.

## 5 ZAKLJUČEK

Pedofavna ima dve ključni nalogi pri ohranjanju ravnovesja v tleh. Ti dve sta razkroj organskih snovi in mešanje organskih in anorganskih sestavin v tleh. Talne živali jedo poleg rastlinskih ostankov rudninske delce in odlagajo svoje iztrebke v različnih plasteh talnega profila. Vrtajo in kopljejo rove, zračijo tla in pospešujejo odtekanje deževnice v tla. S prenašanjem mikrobnih kali na telesnih površinah in skozi prebavilo raznašajo le-te z enega mesta na drugo ter tako poživljajo razkrojevalne procese. Zato sta prisotnost in delovanje talnih živali nepogrešljiva za učinkovito predelovanje organskih ostankov v humus in hranilne snovi.

S to raziskovalno nalogo smo želeli dokazati pomembnost različnih talnih združb živali, vsake s svojim točno določenim mestom v prehranjevalni in razkrojevalni verigi ter točno določeno nalogo. Proučevali pa smo tudi, kako onesnaženost prsti vpliva na dejavnost le-teh. Onesnaženost gozdne prsti neposredno povzroča človek z odlaganjem odpadkov na divjih odlagališčih. Za naslednje raziskave, bi lahko podaljšali čas poskusa na tri leta, saj bi se šele takrat pokazal vpliv svinca na rastlino. Krčenje gozdov za pašnike in polja prav tako negativno vpliva na gozdno pedofavno, saj spreminja mikroklimatske razmere v tleh, to pa vpliva na sestavo edafona. In prav zaradi človeške malomarnosti do okolja se uničuje skorajda najpomembnejša veriga v gozdnem ekosistemu, saj se brez njih podre cel ekosistem.

Ohranjanje kopenskega največjega ekosistema – gozda, bi nam morala biti najvišja prioriteta, saj brez gozda ne bi bilo niti evolucijskega razvoja človeka.

## 6 VIRI IN LITERATURA

- [1] Tome, S. Brez gozdov bi slabo živeli. Adria Airways In-Flight Magazine. 2011, 5; oktober - november. Str. 46-48
- [2] Brus, R. Slovenija, tretja najbolj gozdnata dežela v Evropi. Adria Airways In-Flight Magazine. 2011, 5, oktober - november. Str. 52-54.
- [3] Tarman, K. Gozдна tla - raznovrstnost mikrobov in živali. Proteus, letnik 62, št. 2, 2005. Str. 56-67.
- [4- 6] Tarman, K. Naša rodna zemlja. 3, Živali tal. Prirodoslovno društvo Slovenije, 1985.
- [7] Hrasti - rastline leta 2004. Proteus: prirodoslovno društvo Slovenije. URL: <http://www.proteus.si/files/file/Tekmovanje/SS%202011-2012/24.pdf> (17. 1. 2013)
- [8] Eppinger, M., Hofmann H. Drevesa in grmi: enostavno in zanesljivo določanje. Kranj: Narava, 2005
- [9] Zupan, M., Grčman, H., Lobnik F. Raziskave onesnaženosti tal Slovenije. Ljubljana: Agencija RS za okolje, 2008
- [10] Tarman, K. Pedofavna - njena raznovrstnost in vloga pri razkrojevanju organskih ostankov v tleh. Pogled v gozдна tla. Ekosistemi - povezanost živih sistemov: zbornik prispevkov. Zavod RS za šolstvo, 2008.
- [11] Bohinc, N. Onesnaževanje tal. Slovenski kemijski portal. URL: <http://www.kemija.org/index.php/okolje-mainmenu-40/25-okoljecat/225-onesnaevanje-tal> (10. 1. 2013)



## **7 PRILOGE**

**7.1 Priloga 1: Analiza prsti, opravljena 15. 11. 2011**

**7.2 Priloga 2: Analiza prsti, opravljena 12. 11. 2012**

4A d.o.o.

Agencija za storitve v kmetijstvu  
Cvetlična ul. 12 2270 Ormož  
Tel.: 02 7401 619, fax: 02 741 1080  
Mob.: 041 689 673  
[www.analiza-zemlje.com](http://www.analiza-zemlje.com)

Laboratorij za analizo zemlje

## IZVID ANALIZE TAL

GIMNAZIJA ORMOŽ

Št. vzorca:  
MID:  
Gerč:  
Parcela:  
Vrsta rabe:  
Vrsta tal:  
Globina vzorčenja (cm):

1022

VZOREC 1  
ANALIZA GOZDNE ZEMLJE  
SREDNJA  
0-25 cm

### VSEBNOST HRANIL PO AL METODI

Stopnja založenosti:

Založenost s fosforjem (mgP <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /100g zemlje):	17	C
Založenost s kalijem (mgK <sub>2</sub> O /100g zemlje):	33	D
pH (kalcijev klorid):	4,76	
Organska snov (%):	3,71	

Stopnje založenosti:

- A-malo preskrbljena tla
- B-srednje preskrbljena tla
- C-dobro preskrbljena tla
- D-prekomerno preskrbljena tla
- E-ekstremno preskrbljena tla

Analiza opravljena:

15.11.2011

Kontroliral: mag Vinko Štefančič  
Rezultat analize se nanaša na prinešen vzorec.

4A d.o.o.  
Cvetlična ul. 12  
2270 ORMOŽ

**4A d.o.o.**

Agencija za storitve v kmetijstvu  
 Cvetlična ul. 12 2270 Ormož  
 Tel.: 02 7401 619, fax: 02 741 1080  
 Mob.: 041 689 673  
[www.analiza-zemlje.com](http://www.analiza-zemlje.com)

Laboratorij za analizo zemlje  
**IZVID ANALIZE TAL**

GIMNAZIJA ORMOŽ

Št.vzorca:  
 MID:  
 Gerk:  
 Parcela:  
 Vrsta rabe:  
 Vrsta tal:  
 Globina vzorčenja (cm):

1175  
 VZOREC 1  
 SREDNJA  
 0-25 cm

**VSEBNOST HRANIL PO AL METODI**

Stopnja založenosti:

Založenost s fosforjem (mgP <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /100g zemlje):	13	C
Založenost s kalijem (mgK <sub>2</sub> O /100g zemlje):	16	B
pH (kalcijev klorid):	4,85	
Organska snov (%):	3,55	

Stopnje založenosti:  
 A-malo preskrbljena tla  
 B-srednje preskrbljena tla  
 C-dobro preskrbljena tla  
 D-prekomerno preskrbljena tla  
 E-ekstremno preskrbljena tla

Analiza opravljena:

2.11.2012

Kontroliral: mag Vinko Štefančič  
 Rezultat analize se nanaša na prinešen vzorec.



4A d.o.o.

Agencija za storitve v kmetijstvu

Cvetlična ul. 12 2270 Ormož

Tel.: 02 7401 619, fax: 02 741 1080

Mob.: 041 689 673

[www.analize-zemlje.com](http://www.analize-zemlje.com)

Laboratorij za analizo zemlje

## IZVID ANALIZE TAL

GIMNAZIJA ORMOŽ

Št. vzorca:  
MID:  
Gerk:  
Parcela:  
Vrsta rabe:  
Vrsta tal:  
Globina vzorčenja (cm):

1176

VZOREC 2

SREDNJA  
0-25 cm

### VSEBNOST HRANIL PO AL METODI

Stopnja založenosti:

Založenost s fosforjem (mgP <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /100g zemlje):	7	B
Založenost s kalijem (mgK <sub>2</sub> O /100g zemlje):	15	B
pH (kalcijev klorid):	4,78	
Organska snov (%):	3,78	

Stopnje založenosti:

A-malo preskrbljena tla

B-srednje preskrbljena tla

C-dobro preskrbljena tla

D-prekomerno preskrbljena tla

E-ekstremno preskrbljena tla

Analiza opravljena:

2.11.2012

Kontroliral: mag Vinko Štefancič

Rezultat analize se nanaša na prinešen vzorec.



**4A d.o.o.**

Agencija za storitve v kmetijstvu  
 Cvetlična ul. 12 2270 Ormož  
 Tel.: 02 7401 619, fax: 02 741 1080  
 Mob.: 041 689 673  
[www.analiza-zemlje.com](http://www.analiza-zemlje.com)

Laboratorij za analizo zemlje  
**IZVID ANALIZE TAL**

GIMNAZIJA ORMOŽ

Št. vzorca:  
 MID:  
 Gerk:  
 Parcela:  
 Vrsta rabe:  
 Vrsta tal:  
 Globina vzorčenja (cm):

1174

VZOREC 3

SREDNJA  
 0-25 cm

**VSEBNOST HRANIL PO AL METODI**

Stopnja založenosti:

Založenost s fosforjem (mgP <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /100g zemlje):	12	C
Založenost s kalijem (mgK <sub>2</sub> O /100g zemlje):	12	A
pH (kalcijev klorid):	5,96	
Organska snov (%):	3,19	

Stopnje založenosti:

- A-malo preskrbljena tla
- B-srednje preskrbljena tla
- C-dobro preskrbljena tla
- D-prekomerno preskrbljena tla
- E-ekstremno preskrbljena tla

Analiza opravljena:

2.11.2012

Kontroliral: mag Vinko Štefančič

Rezultat analize se nanaša na prinešen vzorec.

**4A**  
 Cvetlična ul.  
 2270 ORMOŽ

4A d.o.o.

Agencija za storitve v kmetijstvu  
Cvetlična ul. 12 2270 Ormož  
Tel.: 02 7401 619, fax: 02 741 1080  
Mob.: 041 689 673  
[www.analiza-zemlje.com](http://www.analiza-zemlje.com)

Laboratorij za analizo zemlje  
**IZVID ANALIZE TAL**

GIMNAZIJA ORMOŽ

Št. vzorca:  
MID:  
Gerk:  
Parcela:  
Vrsta rabe:  
Vrsta tal:  
Globina vzorčenja (cm):

1178

VZOREC 4

SREDNJA  
0-25 cm

**VSEBNOST HRANIL PO AL METODI**

Stopnja založenosti:

Založenost s fosforjem (mgP <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /100g zemlje):	16	C
Založenost s kalijem (mgK <sub>2</sub> O /100g zemlje):	18	B
pH (kalcijev klorid):	4,59	
Organska snov (%):	3,91	

Stopnje založenosti:  
A-malo preskrbljena tla  
B-srednje preskrbljena tla  
C-dobro preskrbljena tla  
D-prekomerno preskrbljena tla  
E-ekstremno preskrbljena tla

Analiza opravljena:

2.11.2012

Kontroliral: mag Vinko Štefančič  
Rezultat analize se nanaša na prinešen vzorec.



**4A d.o.o.**

Agencija za storitve v kmetijstvu  
Cvetlična ul. 12 2270 Ormož  
Tel.: 02 7401 619, fax: 02 741 1080  
Mob.: 041 689 673  
[www.analiza-zemlje.com](http://www.analiza-zemlje.com)

Laboratorij za analizo zemlje  
**IZVID ANALIZE TAL**

GIMNAZIJA ORMOŽ

Št.vzorca:  
MID:  
Gerč:  
Parcela:  
Vrsta rabe:  
Vrsta tal:  
Globina vzorčenja (cm):

1177

VZOREC 5

SREDNJA  
0-25 cm

**VSEBNOST HRANIL PO AL METODI**

Stopnja založenosti:

Založenost s fosforjem (mgP <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /100g zemlje):	4	A
Založenost s kalijem (mgK <sub>2</sub> O /100g zemlje):	16	B
pH (kalcijev klorid):	4,44	
Organska snov (%):	3,21	

Stopnje založenosti:

- A-malo preskrbljena tla
- B-srednje preskrbljena tla
- C-dobro preskrbljena tla
- D-prekomerno preskrbljena tla
- E-ekstremno preskrbljena tla

Analiza opravljena:

2.11.2012

Kontroliral: mag Vinko Štefančič

Rezultat analize se nanaša na prinešen vzorec.

