

VISOKA ŠOLA ZA VARSTVO OKOLJA

DIPLOMSKO DELO

PREGLED SANACIJE TAL V ZGORNJI MEŽIŠKI DOLINI

HELENA MATIĆ

VELENJE, 2016

VISOKA ŠOLA ZA VARSTVO OKOLJA

DIPLOMSKO DELO

PREGLED SANACIJE TAL V ZGORNJI MEŽIŠKI DOLINI

HELENA MATIĆ

Varstvo okolja in ekotehnologije

Mentorica: doc. dr. Cvetka Ribarič Lasnik

Somentorica: dr. Nadja Romih

VELENJE, 2016

Na podlagi Diplomskega reda izdajam naslednji

SKLEP O DIPLOMSKEM DELU

Študentka Visoke šole za varstvo okolja **Helena Matič** lahko izdela diplomsko delo z naslovom v slovenskem jeziku:

Pregled sanacije tal v Zgornji Mežiški dolini.

Naslov diplomskega dela v angleškem jeziku:

Overview of soil remediation in the upper Meža Valley.

Mentorica: **doc. dr. Cvetka Ribarič Lasnik.**

Somentorica: **dr. Nadja Romih.**

Diplomsko delo mora biti izdelano v skladu z Diplomskim redom VŠVO.

Pouk o pravnem sredstvu: zoper ta sklep je dovoljena pritožba na Senat VŠVO v roku 8 delovnih dni od prejema sklepa.



Izr. prof. dr. Boštjan Pokorny
dekan





IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani/a Helena Matić, vpisna številka 34130026,
študent/ka visokošolskega strokovnega študijskega programa Varstvo okolja in ekotehnologije, sem
avtor/ica diplomskega dela z naslovom
PREGLED SANACIJE TAL V ZGORNJI MEŽIŠKI DOLINI

ki sem ga izdelal/a pod:

- mentorstvom doc.dr. Cvetke Ribarič Lasnik

- somentorstvom dr. Nadje Romih.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predloženo delo moje avtorsko delo, torej rezultat mojega lastnega raziskovalnega dela;
- oddano delo ni bilo predloženo za pridobitev drugih strokovnih nazivov v Sloveniji ali tujini;
- so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženem delu, navedena oz. citirana v skladu z navodili VŠVO;
- so vsa dela in mnenja drugih avtorjev navedena v seznamu virov, ki je sestavni element predloženega dela in je zapisan v skladu z navodili VŠVO;
- se zavedam, da je plagiatorstvo kaznivo dejanje;
- se zavedam posledic, ki jih dokazano plagiatorstvo lahko predstavlja za predloženo delo in moj status na VŠVO;
- je diplomsko delo jezikovno korektno in da je delo lektoriral/a

Hedvika Gorenšek, prof. slovenščine;

- dovoljujem objavo diplomskega dela v elektronski obliki na spletni strani VŠVO;
- sta tiskana in elektronska verzija oddanega dela identični.

Datum: ____ . ____ . ____

Podpis avtorja/ice: _____

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorici dr. Cvetki Ribarič Lasnik in somentorici dr. Nadji Romih, za pomoč in vodenje pri opravljanju diplomskega dela.

Zahvaljujem se tudi dr. Neži Finžgar, za strokovno pomoč.

Iskrena hvala moji družini, ki mi je stala ob strani in nudila pomoč v času študija.

POVZETEK

V Zgornji Mežiški dolini s svincem onesnažena tla predstavljajo velik problem za tamkajšnje prebivalce. Svinec kot težka kovina že vrsto let onesnažuje območje Mežiške doline. Skozi leta delovanja industrij in razvoja prometa, se je vnos svinca v tla povečal in pustil trajne poškodbe v tleh, organizmih, živalih, predvsem pa ogroža zdravje ljudi. Ker se zaščita okolja v današnjem času razvija in napreduje, je pomembno ali se lahko doseže tudi odstranitev že prisotnega svinca v tleh. Vsebnost svinca v tleh lahko povzroča težave pri kmetovanju, ki ima v Zgornji Mežiški dolini pomembno vlogo. Rešitev, ki lahko pripomore k minimalni vsebnosti svinca v tleh, pa se razvija s projektom Life Resoil v občini Prevalje, ki ima v procesu razvoja že načrtovano čistilno napravo za pranje zemlje onesnaženo s Pb in drugimi težkimi kovinami, ki lahko pripomore k zmanjšanju prisotnega svinca v tleh v Zgornji Mežiški dolini kot tudi v preostalih degradiranih območjih.

Namen moje diplomske naloge je bilo predstaviti postopek pranja onesnažene zemlje in se o tem tudi pogovoriti z vodjo projekta in direktorico podjetja Envit d.o.o. Dr. Nežo Finžgar. Znotraj naloge sem opravila tudi anketo, ki je pokazala rezultate zanimanja in zavedanja o možnosti čiščenja oz. pranja onesnažene zemlje v čistilni napravi.

S pomočjo deskriptivne metode pa sem opravila pregled literature na podlagi izbrane teme.

Moja raziskava je pokazala, da je lahko sam proces pranja onesnažene zemlje dvomljiv, saj zemljo od Pb razbremeni posledično pa se ji zmanjšajo hranilne in mineralne vsebnosti v tleh, ki so potrebne za uspešno rast pridelkov. Gre za tehnologijo, ki je za kmetovalce povsem nekaj novega. Sicer so nad možnostjo čiščenja zemlje kmetovalci navdušeni, a hkrati dvomijo o sami uporabi očiščene zemlje za pridelovanje na svojih vrtovih. Vprašanje, ki se jim ob tem poraja je: » Kakšna zemlja nam bo vrnjena? «. Iz tega lahko sklepam, da bo potreben čas za uveljavitev in zaupanje kmetovalcev v možnost oddaje zemlje v čistilno napravo.

Ključne besede

Zgornja Mežiška dolina, svinec, tla, sanacija, pranje tal

ABSTRACT

Lead contaminated soil in the Upper Meža valley presents a problem to its local residents since lead as one of the largest heavy metal has had the biggest impact on soil contamination during last decades. After years of industrial and traffic development, the lead input has increased and caused permanent injuries to soil, organisms, animals. It has also endangered public health. Although environmental protection is developing and making progress nowadays, there is still an important question whether is it even possible to remove present lead from contaminated soil. Lead content in the soil enables local farming, which plays an important role in the Upper Meža Valley. Project Life Resoil in the municipality of Prevalje maybe presents the solution in minimizing the level of lead in the soil. They have already planned a plant for washing the soil, contaminated with Pb and other heavy metals in all degraded areas.

The aim of this degree paper is to do the research on soil washing procedure of metal removal in cooperation with the project manager and director of Envit company, Neža Finžgar. The research also includes the questionnaire on people's interest and awareness of soil washing in special treatment plants.

By using a descriptive method, I conducted a literature review on the basis of the selected topic.

The research has shown the process of washing contaminated soil has some unfavourable side effects, since it withdraws nutritional and mineral elements from the soil, which are essential for successful crop growth. The technology is still rather unfamiliar to the agricultural population. On one side they are enthusiastic over the technology of soil washing, but on the other side they feel a certain degree of hesitation over the quality of cleaned soil. I believe certain time is needed in order to achieve their full confidence in the process and new technology. Since the treatment plant used cost-effective and environmentally friendly method for cleaning contaminated soil it can be expected that the overall benefits of the treatment plant exceeded the total cost. In this case, the wastewater treatment plant economically viable in terms of cost.

Keywords

Upper Meža valley, lead, soil, remediation, soil washing

KAZALO VSEBINE

1. UVOD	1
1.1 Opredelitev področja in problem	1
1.2 Namen in cilji	1
1.3 Struktura in delovne hipoteze.....	2
1.4 Metode dela	2
2. TEORETIČNI DEL	3
2.1 Vpliv svinca na tla	3
2.2 Izpeljani ukrepi za izboljšanje kakovosti tal v ZMD	4
2.3 Sanacija tal	8
2.3.1 Procesi čiščenja tal	8
2.3.2 Pranje onesnaženih tal.....	10
2.4 Problematika ekološkega kmetovanja v ZMD.....	12
2.4.1 Prostorska opredelitev onesnaženosti tal v ZMD.....	13
2.4.2 Ukrepi za kmetijsko rabo tal na onesnaženih območjih ZMD.....	16
3. MATERIALI IN METODE DE LA	19
3.1 Intervju z vodjo projekta Resoil	19
3.1.1 Izvedba intervjuja	20
3.2 Izvedba anket s kmetovalci v ZMD.....	21
3.2.1 Analiza anket	21
3.3 Prikaz rezultatov	22
4. REZULTATI IN RAZPRAVA.....	27
4.1 Primerjava dveh metod za čiščenje onesnaženih tal	27
4.1.1 Način / Metoda dela	27
4.1.2 Časovna izvedba dela.....	28
4.1.3 Rezultat dela	28
4.1.4 Okoljski vidik	29
4.2 Preverba veljavnosti postavljenih hipotez.....	29
5. LITERATURA IN VIRI.....	31
PRILOGA.....	30

KAZALO SLIK

Slika 1: Zamenjava onesnažene zemlje pri Osnovni šoli Črna na Koroškem	5
Slika 2: Asfaltirana cesta, ki zmanjšuje dvigovanje prahu	6
Slika 3: Vozilo za čiščenje utrjenih površin.....	6

Slika 4: Rastlinske prevleke na brežinah.....	7
Slika 5: Tehnologije remedacije onesnaženih tal.....	9
Slika 6: Rdeča bilnica (<i>Festuca rubra</i> L.), pasja trava (<i>Dactylis glomerata</i> L.) in ovčja bilnica (<i>Festuca ovina</i> L.).....	10
Slika 7: Uporaba očiščene zemlje v visokih gredah.....	12
Slika 8: Širše in ožje območje onesnaženja, kjer je potrebno upoštevati navodila za kmetovanje.....	13

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Vrednosti povprečja in maksimuma vsebnosti svinca v vzorcih krvi, v maju in juniju 2008, po kraju bivanja.....	4
Preglednica 2: Razvrstitev kmetijskih rastlin glede na sprejem težkih kovin in posledično akumulacijo težkih kovin.....	15
Preglednica 3: Priporočen izbor rastlin glede na sprejem težkih kovin in stopnjo onesnaženosti s Cd in Pb v Zgornji Mežiški dolini.....	16
Preglednica 4: Ukrepi s katerimi lahko zmanjšamo vsebnost težkih kovin na kmetijskih površinah ter vnos le-teh v ljudi in živali.....	17

KAZALO GRAFIKONOV

Graf 1: Cestna razdalja anketirancev od topilnice v Žerjavu (Vir: H. Matić, 2016).....	22
Graf 2: Vrste kmetovanja v ZMD.....	22
Graf 3: Prikaz zadovoljstva anketiranih kmetovalcev s kakovostjo pridelkov v ZMD.....	23
Graf 4: Prikaz poznavanja vplivov svinca na kmetovanje.....	23
Graf 5: Prikaz povečane vsebnosti svinca v zemlji kmetovalcev.....	24
Graf 6: Prikaz števila kmetovalcev, ki so opazili spremembe na pridelkih, kot posledica negativnega vpliva Pb.....	24
Graf 7: Število kmetovalcev, ki bi želelo preprečiti in zmanjšati vnos Pb v tla.....	25
Graf 8: Prikaz števila kmetovalcev, ki so seznanjeni z možnostjo čiščenja zemlje.....	25
Graf 9: Prikaz zainteresiranih kmetovalcev, ki bi želeli preizkusiti možnost čiščenja onesnažene zemlje.....	26
Graf 10: Število kmetovalcev, ki bi se odločilo za uporabo očiščene zemlje iz čistilne naprave.....	26

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

Pb – Svinec

Zn – Cink

Cd – Kadmij

SO₂ – Žveplov dioksid

ZMD – Zgornja Mežiška dolina

ARSO – Agencija Republike Slovenije za okolje

PTE – Potencialno toksični elementi

EDTA - Ligand etilendiamin tetraocetna kislina

ENOP – Elektrokemijski napredni oksidacijski postopek

ENVIT – Okoljske tehnologije in inženiring, d.o.o.

1. UVOD

1.1 Opredelitev področja in problem

Tla spadajo pod prvine okolja, ki omogočajo rast, razmnoževanje rastlin in živali. Te procese v tleh pa lahko ovira onesnaževanje, kar povzročijo škodljive kovine in druge anorganske snovi v tleh. V Zgornji Mežiški dolini (v nadaljevanju ZMD) je svoj pečat pustil svinec (v nadaljevanju Pb), ki je s svojimi toksičnimi učinki še vedno eden najpomembnejših onesnažil na tem območju, saj s svojim delovanjem tla dodatno onesnažujejo tudi topilnica svinca, tovarna akumulatorjev in prometne ceste, od koder izvira prašenje. Pb se nalaga v zgornjih plasteh tal, od koder se nato lahko prenaša v okolje in spodnje plasti tal. Kot posledica onesnaževanja s Pb so vrednosti v ZMD na nekaterih lokacijah presegle kritično mejno vrednost nevarnih snovi v okolju tudi za večkratni faktor (Medmrežje 1). Ker je skrb za zaščito okolja v današnjem času čedalje večja, je pomembno ali se lahko doseže tudi odstranitev že prisotnega Pb v tleh. Vsebnost Pb v tleh onemogoči kmetovanje, predvsem ekološko kmetovanje, ki v ZMD ni dovoljeno. Kljub mnogim vsakoletnim ukrepom, s katerimi se zmanjšuje vsebnost Pb v tleh, se še vedno pojavljajo dvomi ali lahko Pb povsem odstranimo iz tal. Rešitev, ki lahko pripomore k minimalni vsebnosti Pb v tleh, se preizkuša s projektom Life Resoil (Resoil, 2014), ki ponuja možnost čiščenja tal in zmanjševanja povišanih vsebnosti Pb v tleh s procesom pranja zemlje.

1.2 Namen in cilji

Namen diplomske naloge je predstaviti sanacijo tal v ZMD skupaj z vsemi izpeljanimi ukrepi v posameznih obdobjih s pomočjo Programa ukrepov za izboljšanje stanja okolja, ki so izboljšali kakovost tal in zmanjšali povišane koncentracije Pb v tleh. Predstavila bom projekt Life Resoil, katerega osnovni cilj je načrtovana čistilna naprava za čiščenje zemlje, s katero želijo izboljšati stanje tal v ZMD, hkrati pa omogočiti boljše kmetovanje. Na podlagi tega, bom opravila tudi raziskavo kako se s tem projektom strinjajo kmetje in kakšno je njihovo mnenje o sami možnosti čiščenja onesnažene zemlje.

Cilji diplomske naloge so:

- Pridobiti podatke o izpeljanih ukrepih na področju onesnaževanja tal v ZMD.
- Pridobiti mnenja kmetovalcev iz ZMD o vplivih Pb in možnosti čiščenja zemlje s pomočjo anketnega vprašalnika.
- Pridobiti podatke s pomočjo intervjuja o načrtovanem projektu Life Resoil ter procesu čiščenja zemlje. Opraviti analizo pridobljenih podatkov.

1.3 Struktura in delovne hipoteze

Diplomska naloga je poleg uvoda razčlenjena na dva dela.

V prvem delu sem se osredotočila na možne vplive Pb na tla. Predstavila sem sanacijske ukrepe, metode čiščenja onesnažene zemlje z rastlinami in zajela problematiko kmetovanja v ZMD.

V drugem delu diplomske naloge sem predstavila in natančneje opisala projekt Life Resoil oziroma načrtovano čistilno napravo za čiščenje zemlje, ki predstavlja dobro rešitev za odstranjevanje Pb iz tal. Informacije sem pridobila s pomočjo izvedbe intervjuja, ki sem ga opravila z vodjo projekta, direktorico čistilne naprave dr. Nežo Finžgar. Splošno zavedanje o vplivih Pb, kot tudi o pogojih kmetovanja in kvalitete tal, sem pridobila s pomočjo anketnega vprašalnika, na katerega so odgovarjali okoliški kmetovalci ZMD, ki so lahko podali mnenje o sami čistilni napravi za čiščenje zemlje.

Najpomembnejše ugotovitve sem na koncu povzela v rezultatih in razpravi.

Hipoteze:

- Sanacijski ukrepi s pranjem onesnažene zemljine izboljšujejo stanje tal v ZMD.
- Kmetovalci se strinjajo z uporabo očiščene zemlje iz čistilne naprave.
- Zemlja je po procesu čiščenja v čistilni napravi primernejša za kmetovanje.

1.4 Metode dela

Pri svojem delu sem uporabljala naslednje metode dela:

- Deskriptivna metoda: Pri diplomski nalogi sem izvedla pregled literature na področju obravnavane teme.
- Raziskovalna metoda: Za zbiranje podatkov in ugotavljanje obstoječega stanja sem kot instrument raziskovanja uporabila anketo in intervju. Anketni vprašalnik je prostovoljen in anonimen, izveden pri kmetovalcih ZMD. Na vprašanja iz intervjuja je odgovarjala vodja projekta Life Resoil in direktorica čistilne naprave za čiščenje zemlje dr. Neža Finžgar.

2. TEORETIČNI DEL

2.1 Vpliv svinca na tla

Tla so neobnovljiv naravni vir zaradi počasnega nastajanja in regeneracije. So površinski del litosfere in so izpostavljena vsakodnevnim degradacijam in drugim nevarnostim, ki izvirajo iz naravnih in antropogenih dejavnikov (Zupan in sod., 2008). Raziskave so pokazale, da so rudniško topilniške dejavnosti pustile velik vpliv na tla, pri katerih je mogoče opaziti povečano vsebnost kovin (prav tam). V tleh je lahko Pb naravno prisoten, vendar je njegova prisotnost bolj pogosto antropogenega izvora. Viri Pb so atmosferski depoziti iz metalurške industrije in iz topilnic. Velika verjetnost je tudi, da je onesnaženo kmetijsko zemljišče predvsem s strani človeka. Saj so pogosto gnojili zemljišča s komposti in muljem iz čistilnih naprav in uporabljali fitofarmacevtska sredstva, ki so vsebovala Pb. V preteklosti so bila tudi močno onesnažena cestišča zaradi osvinčenega goriva (Kešpret, 2008). V ZMD so najbolj ogrožena območja v bližini rudnika Mežica, topilnice in tovarne akumulatorjev v Žerjavu. Na tem območju je onesnaženost tal zelo velika zaradi pretirane industrializacije oziroma rudarstva, brez kakršne skrbi za okolje. Odkopavanje rude in predelava Pb je bila dokončno ustavljena šele leta 1994. V 20. stoletju so primarno surovino svinčev sulfid za pridobivanje svinca, zamenjali s starimi akumulatorskimi odpadnimi baterijami. Pri tem je količina izpuščenega prahu močno padla s 5.000 kg na 70 kg dnevno. To je bila največja izboljšava na področju filtriranja emisij prašnih delcev. Danes pa so te emisije še 10x manjše (prav tam).

Velika vsebnost Pb v tleh lahko povzroči velik delež toksičnih substanc v rastlinah, ki lahko ogrožajo naravno vegetacijo. Dolgoleten obstoj težkih kovin v tleh, predvsem Pb, lahko povzroči zmanjšanje rodovitnosti tal, saj je onemogočena rast rastlin, zaradi toksičnega učinka pri večjih vsebnostih. Iz teh razlogov izhajajo slabši pogoji kmetovanja v ZMD in posledično večja vsebnost Pb v pridelkih, ki lahko škoduje zdravju. Pb se vključuje v številne procese, lahko prehaja v rastline in dalje v prehrabno verigo do pridelkov in živil. Rastline akumulirajo Pb v koreninah, manj v stebela in liste, najmanj pa v plodove in semena. Zato največje tveganje pri uživanju predstavljajo korenovke in solatnice, ki pa so dodatno izpostavljene tudi onesnaženemu zraku (Šterbenc, 2010). Zastrupitve s Pb so prebivalcem ZMD znane. Pri tem so najbolj izpostavljeni in ogroženi otroci pri katerih prevelike vsebnosti Pb povzročijo vedenjske motnje in preprečijo normalen razvoj. 100 g/l je smrtna doza v krvi (prav tam, str. 11). V ZMD so otroci dnevno izpostavljeni negativnim vplivom Pb, ki lahko resno ogrozijo njihovo zdravje. V stik s Pb lahko pridejo tako v domačem kot zunanjem okolju (Med mreže 1).

Prebivalstvo je bilo v preteklosti zaradi topilnice v Žerjavu zelo prizadeto. Imeli so velike vsebnosti Pb v krvi, tudi več kot 100 µg/l. Najbolj so bili izpostavljeni otroci od 3 do 6 leta. Pb se nalaga skozi več stoletij v okolje, prav tako pa posledično pride v stik s človekom, ki se nalaga v krvi se nakopiči v eritrocitih, nekaj se ga razporedi v jetra, ledvice, kosti, lase, zobe. V zadnjih nekaj letih Inštitut za javno zdravje OE Ravne na Koroškem, pogosto analizira in spremlja vzorce krvi otrok odvzetih v posameznem obdobju (Preglednica 1), s katerimi preverjajo rezultate možnih izboljšav na področju vsebnosti svinca pri ljudeh in v primeru kritične vrednosti svinca v krvi poskrbijo za ukrepanje.

Preglednica 1: Vrednosti povprečja in maksimuma vsebnosti svinca v vzorcih krvi, v maju in juniju 2008, po kraju bivanja (Vir: Medmrežje 5)

Občina	Število otrok	Povprečje svinca v µg/l	Maksimum v µg/l	Deleži otrok z vrednostmi svinca nad 100 µg/l (v %)
MEŽICA	112	69	256	18
ČRNA NA KOROŠKEM	130	76	393	21
Prevalje in Ravne na Koroškem	79	42	143	4

2.2 Izpeljani ukrepi za izboljšanje kakovosti tal v ZMD

Leta 2002 je bila končana »Primerjalna študija onesnaženosti okolja v ZMD med stanji v letih 1989 in 2001« in študija ZZV Ravne »Življenje s svincem v Zgornji Mežiški dolini«. Študiji sta bili osnova za ugotovitev dejanskega stanja onesnaženosti v ZMD. Tako je ZMD dobila status največje obremenjenosti onesnaženja s svincem. Program Sanacije onesnaženega okolja v Zgornji Mežiški dolini je 2007 podprla vlada RS in leta 2007 je bil sprejet Odlok o območjih največje obremenjenosti okolja in program ukrepov za izboljšanje kakovosti okolja v Zgornji Mežiški dolini. Ukrepi se izvajajo in so predvideni do leta 2022 (Ivartnik in sod., 2012). Izvedba ukrepov že kaže znake izboljšanja kakovosti življenja v dolini. Posebna pozornost skozi ukrepe se namenja predvsem najmlajšim, saj so ena izmed bolj občutljivih skupin populacije, ki jo Pb lahko resno ogrozi.

Skupen cilj ukrepov Programa za izboljšanje stanja okolja v ZMD je znižati vsebnosti Pb in drugih težkih kovin v tleh pod mejno vrednost, znižati vsebnosti Pb v krvi otrok pod 100 µg/l v vsaj 95 % primerov, prebivalcem ZMD zagotoviti pogoje za življenje v zdravem in varnem okolju, zmanjšati izpostavljenost otrok toksičnim kovinam v njihovem okolju, omejiti odlaganje in širjenje toksičnih snovi v okolje in omogočiti ljudem kmetovanje, živinorejo in vrtnarjenje v čistem okolju (Ribarič Lasnik, Lakota 2010).

Na področju zmanjševanja vsebnosti Pb v tleh se izvajajo naslednji ukrepi:

- **Zamenjava onesnaženih tal**

Emisije Pb, ki nastanejo iz različnih postopkov onesnaženja, v končni fazi pristanejo v tleh. Pb v tleh je zelo obstojen, v vodi pa zelo slabo topen, tako da se večinoma nabira v zgornji plasti tal. Po dolgih letih rudarstva in predelave Pb so tla v ZMD močno obremenjena z vsebnostjo Pb. Vse izvedene meritve v ZMD, ki so bile opravljene s pomočjo Inštituta za javno zdravje OE Ravne na Koroškem, so pokazale vsebnosti Pb v tleh nad kritično mejno vrednostjo 530 mg/kg tal. Mejne vrednosti težkih kovin v tleh so zapisane v Uredbi o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (Uradni list RS št. 68/96, 41/04). Tako močno onesnažena tla delujejo tudi kot sekundarni vir emisij Pb, saj prehaja v rastline in živali. Večji problem od tega pa je prah, v katerem je prisoten svinec. Ta se odnaša z vetrom ali pa ga prenaša človek s hojo, ki ga pobere iz tal. Sanacijo za prah so v ZMD izvedli tako, da so zamenjali zgornji sloj onesnaženih tal oziroma ga prekrili. S tem so tudi izboljšali razvoj rastlin. Sprva so v dolini sanirali območja, kjer se največ zadržujejo otroci. Otroci so tudi najbolj izpostavljeni tveganju. Najprej so zamenjali in obnovili zemljo na igriščih, v okolici vrtca in šole, kar prikazuje slika 1 (Medmrežje 2).



Slika 1: Zamenjava onesnažene zemlje pri Osnovni šoli Črna na Koroškem (Vir: Medmrežje 3)

- **Preplastitev lokalnih cest in javnih poti**

Problem v ZMD so bile makadamske ceste oziroma površine, ki so prekrile s peskom, v katerem je bila vsebnost svinca nad kritično imisijsko vrednostjo. V okolici Žerjava in Polene je vsebnost Pb presegala 2.000 mg/kg. Na fasadah hiš v bližini makadamskih površin, se kopiči prah, ki lahko prehaja tudi v notranjost stavbe. Makadamske površine povzročajo veliko problemov kot je dviganje prahu zaradi prometa, hoje in igranja. Prah se raznaša v bivalno okolje, igrišča, v okolice šol in vrtcev. Zato je bila potrebna sanacija makadamskih površin (Slika 2). Ukrep so izvedli s preplastitvijo cest, torej so čez makadamske površine asfaltirali. S tem so preprečili raznašanje prahu in bistveno zmanjšali prašenje. Prioriteta sanacije so strjena naselja, vrtci, šole, igrišča, kjer so onesnaženosti ljudje najbolj izpostavljeni (Žerjav) (Medmrežje 2).



Slika 2: Asfaltirana cesta, ki zmanjšuje dvigovanje prahu (Vir: Medmrežje 3)

- **Mokro čiščenje utrjenih javnih površin**

Na utrjenih površinah (ceste, pločniki in igrišča) posedel prah čistijo z mokrim čistilcem. Za izvedbo tega ukrepa je bil potreben nakup ustreznih čistilcev cestišča (Slika 3). S tem ukrepom se odstranjuje onesnažen prah iz bivalnega okolja, hkrati pa preprečuje tudi prenos prahu (Medmrežje 2).



Slika 3: Vozilo za čiščenje utrjenih površin (Vir: Medmrežje 3)

- **Ureditev lokacij za varno vrtnarjenje**

Prah se z večjo kot tudi z manjšo vsebnostjo Pb raznaša z vetrom v okolje. Če so površine zemlje gole, je raznašanje še bolj intenzivno in lažje. Zato so v ZMD na vseh golih površinah zasejali ali nasadili rastlinske prevleke in s tem omejili intenzivnost raznašanja prahu v okolje (Slika 4). V svetu so znane in ponekod tudi uveljavljene metode za odstranjevanje težkih kovin z rastlinami (tako imenovana fitoremediacija). V ZMD spodbujajo te projekte, raziskujejo pa učinkovitost delovanja teh metod. Čeprav rastline naj ne bi vsrkale velike količine Pb iz zemlje, je gojenje določenih užitnih vrst rastlin in njihovo dolgotrajno uživanje nepriporočljivo.

Velik poudarek je na širokolistni zelenjavi. Poleg vsrkanja Pb preko korenin iz zemlje je problematičen tudi prah, ki se nabira na listih rastlin. Zato je priporočeno pred zaužitjem večkratno pranje. Ker so ljudje navajeni in si tudi želijo pridelovati svojo hrano, imajo zagotovljeno možnost ureditve površin z varnim vrtom. To so uredili tako, da so navozili neonesnaženo zemljo v manj onesnaženo okolje v dolini.

Tako so jim uredili vrtičke in jim zagotovili varno vrtnarjenje in neonesnažen pridelek. Na območjih z visoko vsebnostjo svinca v tleh, gojenje pridelkov ni priporočljivo. Kljub temu se omogoča uporaba visokih vrtov oz. gred z neonesnaženo zemljo (Medmrežje 2).



Slika 4: Rastlinske prevleke na brežinah (Vir: M. Ivartnik in sod., 2012)

- **Monitoring tal**

Tla predstavljajo del okolja, ki velja za najbolj obremenjenega s Pb. Podaja informacijo stanja tal širšega območja ZMD, kot tudi na saniranih območjih z nadomestitvijo zemlje. Načrt vzorčenja tal se pripravlja glede na ugotovitve iz prejšnjih let, ugotovitve ob ogledu bivalnega okolja otrok z ugotovljeno povišano vsebnostjo Pb v krvi in glede na nekatere predloge občanov o lokacijah, ki bi bile po njihovem mnenju potrebne sanacije (Medmrežje 2).

- **Izobraževanje »Sadje in zelenjava v Zgornji Mežiški dolini«**

Vsako leto se izvajajo tudi ukrepi za izobraževanje ljudi o doma pridelani hrani. Dokazano je, da preko koreninskega sistema rastline vsrkajo določeno količino težkih kovin. Kljub urejeni površini za vrtnine se občane ZMD poučuje katere rastline so primerne za gojenje. To so rastline, ki dozorevajo višje od tal (radič, fižol, grah, paprika, drevesno sadje,..), medtem ko so rastline, ki tvorijo užitne podzemne gomolje, za predelavo manj primerne, saj prevzemajo prevelike količine toksičnih kovin iz okolja, npr. korenje, peteršilj, repa, itd.

Na željo občanov, ki želijo kljub temu gojiti vse vrste rastlin, ki niso primerne za takšna tla pa se jim predlaga sajenje vrtnin v loncih z neonesnaženo zemljo, lahko pa si izdelajo vrtove v dvignjenih gredicah z neonesnaženo zemljo (Ivartnik in sod. 2012).

Sanacijski ukrepi so se skozi obdobje programa izboljševali in izvajali kolikor so to dopuščale okoliščine onesnaženega območja in finančna sredstva. V letu 2012 je program ukrepov v veliki meri zastal. Večinoma so se izvajali kontinuirani ukrepi (varovalna prehrana, mokro čiščenje utrjenih površin, monitoring krvi otrok) za druge ukrepe, kot je preplastitev javnih in lokalnih cest, čiščenje fasad hiš, ureditev golih javnih površin, pa je ostalo zelo malo sredstev (Medmrežje 2). Poleg ukrepov, ki zmanjšujejo in preprečujejo nadaljnjo vnašanje visoke vsebnosti Pb, se izvajajo tudi ukrepi na preostalih okoljskih in družbenih področjih:

- Ocena onesnaženja v širšem bivalnem okolju
- Subvencije za prehrano prebivalcem v onesnaženem območju
- Adaptacije in pranje fasad hiš, ki so v najbolj onesnaženem območju oziroma grajen z materialom onesnaženim s svincem
- Monitoring prašnih delcev v zraku
- Koordinacija programa in informiranje

2.3 Sanacija tal

Okolje v ZMD je s Pb še vedno močno obremenjeno, kar posledično ogroža zdravje ljudi in živali. S tem namenom je bilo pripravljeno gradivo za Uredbo o zmanjšanju onesnaženja v ZMD. Največji nerešen problem je sanacija tal, do katere v stoletni dobi onesnaževanja ni prišlo. Količina strupenih snovi je ostajala v okolju kljub zmanjšanju emisij. Z rednim spremljanjem stanja okolja in sanacijskimi ukrepi lahko emisije nadzorujemo in zmanjšujemo. V nasprotnem primeru lahko le te presežejo kritične vrednosti, kar lahko povzroči onesnaženost okolja in posledično vpliva na zdravje ljudi.

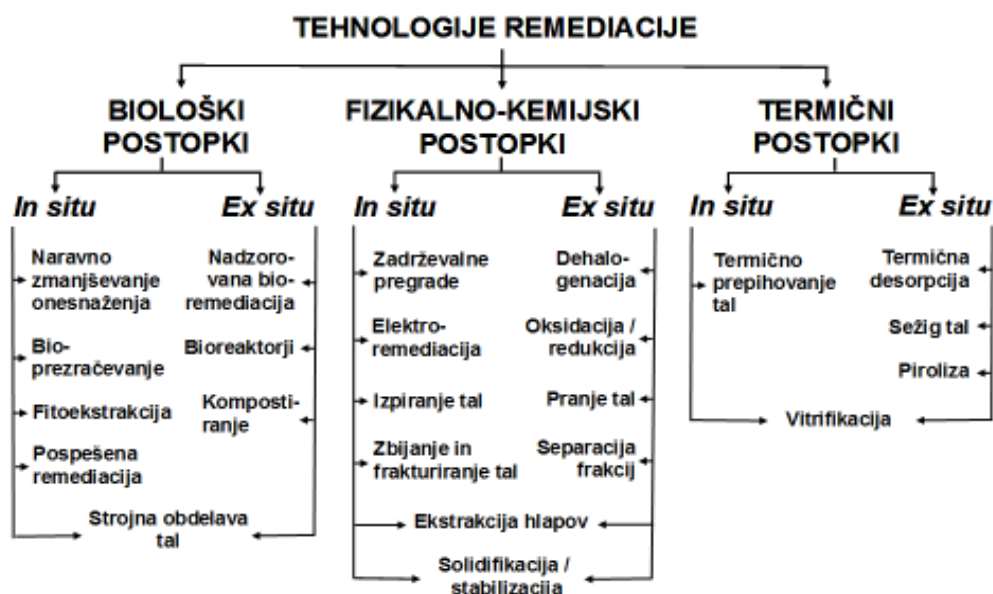
Glede na način, kako onesnažila pridejo v tla delimo procese onesnaževanja tal, na:

- Točkovno (deponije, odlagališča odpadkov, industrijska območja, komunalne in druge čistilne naprave, sedimenti, ki vsebujejo preveč nevarnih snovi, itd.)
- Razpršeno (onesnaževanje po zraku)
- Linijsko onesnaževanje (ob tekočih vodah, cestah).

2.3.1 Procesi čiščenja tal

Tla s povečano vsebnostjo kovin so onesnažena in jih je potrebno sanirati oz. pretvoriti kovine v tleh v neškodljive oblike ali jih iz tal odstraniti. Izbira primerne metode za čiščenje tal se določi na podlagi zahtevane stopnje čiščenja, značilnosti tal, koncentracije in vrste onesnažila in namembnosti zemljišča po sanaciji. Pomembna je tudi oblika snovi v tleh, saj so anorganske snovi za razliko od organskih snovi, biološko nerazgradljive in večinoma hlapne. Metode čiščenja tal se v grobem delijo v dve skupini; metode, ki kovine odstranijo iz okolja in metode, ki kovine z imobilizacijo spremenijo v nemobilno obliko (Sajovic, 2010).

Med ekoremediacijskimi pristopi reševanj problematike onesnaženih tal prevladujeta dve metodi remediacije tal in sicer bioremediacija ter fitoremediacija. S skupnim imenom sanacijske postopke, s katerim želimo tlem izboljšati stanje, imenujemo remediacija. Remediacija tal je tehnološki postopek, ki privede do zmanjšanja vsebnosti ali dostopnosti onesnažil v tleh do vsebnosti, ko ni več tveganj za ljudi in okolje (Kragelj in sod., 2014).



Slika 5: Tehnologije remediacije onesnaženih tal (Vir: L. Kragelj in sod. 2014)

Slika 5 prikazuje delitev remediacijskih postopkov po načinu obdelave onesnaženih tal. Pri biološki obdelavi se uporabljajo mikroorganizmi, kar imenujemo mikrobna bioremediacija, saj pospešuje rast mikroorganizmov v onesnaženih tleh, ki posledično privede do razgradnje organskih onesnažil. Pri biološki obdelavi pa se uporabljajo tudi rastline, kateri proces se imenuje fitoremediacija. Pri fizikalno-kemijski obdelavi, se škodljive snovi v tleh na podlagi fizikalno-kemijskih lastnosti tal, pretvori v neškodljive ali nemobilne oblike. Uporaba te metode je cenejša v primerjavi s termično, časovno kratkotrajna v primerjavi z biološko obdelavo in tudi zanesljivejša. Termična obdelava izkorišča visoke temperature za pretvorbo škodljivih snovi v neškodljive ali nemobilne oblike. Ti postopki so hitri in učinkoviti, vendar cenovno dražji, kar je razlog v dragi opremljenosti in večji porabi energije. Pri tej vrsti remediacije nastajajo tudi problemi v velikosti naprav (Kragelj in sod. 2014).

Obdelava onesnaženih tal se lahko izvaja:

- na mestu onesnaženja (*in situ*) ali
- po izkopu na drugem mestu (*ex situ*).

V ZMD so bile izvedene tako *in situ* kakor tudi *ex situ* metode. Primer uporabe *in situ* biološkega postopka je uporaba metode fitostabilizacije v okolici Žerjava, ki onesnažila v kontaminiranih tleh stabilizira in prepreči razširjanje v podtalnico ali okolico. Z raziskavo so dokazali, da so komercialne trave, kot so rdeča bilnica (*Festuca rubra* L.), pasja trava (*Dactylis glomerata* L.) in ovčja bilnica (*Festuca ovina* L.) (Slika 6) primerne za fitostabilizacijo onesnaženih območij v ZMD. Rezultati testa kalivosti so pokazali, da velike vsebnosti svinca, cinka in kadmija v tleh ne vplivajo na rast izbranih rastlin, saj je bila rast rastlin enaka tako v kontrolnih tleh kot v tleh iz Žerjava. Ovčja in rdeča bilnica sta se v testu občutljivosti na kovine dokazali kot primernejši za uporabo v primerjavi s pasjo travo. Med izbranimi rastlinami je za najprimernejšo bila določena rdeča bilnica, saj razvije najdaljše korenine in poganjke, ni občutljiva na kovine in te tudi relativno dobro privzema v korenine. To raziskavo je opravila dr. Regvar z namenom ugotoviti primernost izbranih vrst za fitostabilizacijo v okolici Žerjava (Sajovic, 2010). Primer uporabe metode *ex situ* v ZMD je pranje tal, ki je fizikalno – kemijski postopek remediacije tal.



Slika 6: Rdeča bilnica (*Festuca rubra* L.), pasja trava (*Dactylis glomerata* L.) in ovčja bilnica (*Festuca ovina* L.) (Vir: A. Sajovič, 2010)

2.3.2 Pranje onesnaženih tal

Glede na način zmanjševanja vpliva kroženja onesnažil v tleh delimo remediacijske tehnologije v dve skupini:

- Imobilizacijske tehnologije in tehnologije s katerimi onesnažila odstranimo iz tal.

Z imobilizacijskimi tehnologijami zmanjšujemo hidravlično in biološko dostopnost in dosegljivost onesnažil v tleh brez njihovega odstranjevanja. Glavni cilj imobilizacijskih tehnologij je zmanjšati vsebnost onesnažil, ki so potencialno mobilna ali biološko dosegljiva. Z vmešavanjem aditivov kot so apno, cement, minerali (sadra, glineni minerali, zeoliti, idr.) ali odpadni stranski proizvodi (jalovina, elektrofiltrski pepel, idr.) imobiliziramo potencialno toksične elemente (v nadaljevanju PTE) (Grabner, Ribarič Lasnik, 2013, str. 89).

Za razliko od imobilizacijskih tehnologij se pri tehnologijah pranja tal PTE s posebnimi postopki odstrani iz tal. Pranje tal uvrščamo v *ex situ* postopek, saj je za čiščenje potrebno tla izkopati, s čimer se PTE odstranijo na dva možna načina:

- pranje v raztopinah z različnimi kemijskimi dodatki, ki povzročijo mobilizacijo onesnažil iz trdne faze tal v pralno raztopino,
- PTE se vežejo na glinene in muljaste delce ter organsko snov iz tal, pri čemer se toksične snovi koncentrirajo v manjši volumen, ki se ga nadaljnje obdela in odloži na odlagališče (ta način temelji na konceptu separacije) (prav tam, str. 93).

Pri izbiri remediacijskega postopka se upoštevajo značilnosti onesnaženega območja, lastnosti tal, koncentracije in vrste onesnažil, ki jih želimo odstraniti, ter končna uporaba onesnaženega območja oz. zahtevane stopnje očiščenja tal, ki jo določata zakonodaja in raba tal. Na primeru tal ZMD sta podjetje ENVIT d.o.o. in Biotehniška fakulteta Univerza v Ljubljani razvila novo tehnologijo pranja tal z ligandom etilendiamin tetraocetno kislino (v nadaljevanju EDTA) v demonstracijskem objektu na Prevaljah.

Tehnologija je predvsem usmerjena v reševanje problematike močne onesnaženosti urbanih območjih s potencialno toksičnimi kovinami. ZMD je značilna po karbonatnih tleh z visoko vsebnostjo organske snovi za katere je pranje tal z raztopino EDTA učinkovitejše od pranja s kislinami (Resoil, 2014).

Proces delovanja tehnologije pranja tal nima škodljivih vplivov na okolje. Pri tem nastane le manjša količina odpadkov. Obdelava procesnih vod med postopkom pranja tal zmanjša porabo sveže vode, porabo EDTA (> 70 %), porabo energije in varno odstranjuje toksičen produkt ter ohranja funkcijo substrata v tleh za rast rastlin (prav tam, 2014).

Postopek pranja onesnažene zemlje v demonstracijskem objektu

Onesnažena zemlja se transportira v zalogovnik, na katerega je nameščeno rešeto za separacijo talnih delcev večjih od 2 mm, nato zemlja odpotuje do sistema za ekstrakcijo zemlje. V bobnastem mešalniku se meša od 12 do 24 ur s procesno vodno raztopino EDTA. V proces se dodaja v razmerju 1:1 reciklirani $\frac{1}{3}$ in sveži $\frac{2}{3}$ EDTA, reciklirani EDTA nastaja v kislini fazi. Dnevno se pri kapaciteti 6 t_{zemljine}/dan porablja 90 kg čiste EDTA ali skupno 20 t/leto. Suspenzija odpotuje v sistem za separacijo talnih delcev. V sistemu se iz suspenzije s pomočjo sita odstranijo očiščeni delci iz raztopine. Odstranjeni delci se sperejo s procesno raztopino in zberejo v zalogovniku od koder gredo naprej v mešalo za kondicioniranje. Suspenzija se zbira v zalogovniku separatorja in gre direktno v zbiralni bazen pred filtracijo. Preostala suspenzija se prečrpa v komorno filter stiskalnico, kjer se prestrežene delce zemljine (filtrno pogačo) toliko časa spira s procesnimi raztopinami in z vodo, dokler v pralni vodi ne zaznamo več PTE. Nato se iz filtrne stiskalnice odstrani in loči »vodno raztopino z EDTA kovinskimi kompleksi« od tal, ki se jih nato v drobilniku pod prešo zdrobi v centimetrске delce s čimer se jim delno povrne struktura. Očiščena zemljina se površinsko osuši in transportirajo v mešalo za kondenziranje, kamor se doda odstranjene večje frakcije tal (kamenje, pesek) in hranila. Vodna raztopina z EDTA se črpa v bazen bazne faze. S posebnimi postopki se iz raztopine odstrani PTE, EDTA pa se mora ohraniti v aktivni obliki za ponovno uporabo pri spiranju onesnaženih tal.

V podjetju ENVIT so s pomočjo Biotehniške fakultete v Ljubljani razvili alkalno/kislinski postopek, kjer se iz raztopine najprej odstranijo PTE (alkalna faza) in nato se v alkalni fazi obori EDTA, ki se jo od procesne raztopine loči z manjšo komorno filter stiskalnico. Na ta način se odstrani do 76 % liganda EDTA, okoli 20 % ga ostane v tleh, del pa se ga uniči pri recikliranju pralne raztopine med elektrokemijskim naprednim oksidacijskim postopkom (ENOP).

Z ENOP postopkom se z obarjanjem na jekleno nerjavečo katodo odstrani še preostali del PTE (do 99,9 % Pb, 98,9 % Zn in do 99,4 % Cd). Apneni filtrirani material je nevaren odpadki, ki nastane v alkalni fazi. Ta se iz sistema odstrani, posuši in zapakira v vreče. Tako lahko celotno pralno raztopino ponovno uporabimo v procesu pranja/spiranja tal. Metoda je ekonomična, finančno podprta s strani evropske komisije kot primer dobre prakse na okoljskem področju. Gre za vsakodnevno brezplačno čiščenje onesnažene zemlje, ki je po čiščenju uporabna za pridelavo vrtnih pridelkov, kot je prikazano na sliki 7. Stroški remediacije 1 tone onesnažene zemlje, ki vključujejo stroške materiala in energije, ne pa stroškov dela, so bili ocenjeni na 76 EUR/t. Ti stroški so, v primerjavi z odvozom, imobilizacijo onesnažil in odlaganjem na odlagališča, nizki. Končna cena remediacije ene tone močno onesnaženih tal je ocenjena na 240 EUR (Potočnik, 2016).



Slika 7: Uporaba očiščene zemlje v visokih gredah (Vir: H. Matić, 2016)

2.4 Problematika ekološkega kmetovanja v ZMD

Površina ZMD znaša 182,4 km² in se razprostira od izvira reke Meže do Poljane. V dolini se nahajata občini Mežica in Črna na Koroškem. 70 % celotne površine pokriva gozd, 1.700 ha je kmetijskih zemljišč, na katerih kmetuje 181 kmetij. Na nadmorski višini od 490 do 1.200 m se nahajajo pridelovalne površine. Prevladujejo travniki, ki v posestni strukturi predstavljajo 93 %, njive in vrtovi pa le 3,7 % kmetijskih zemljišč, ostalo so ekstenzivni sadovnjaki in kmetijske površine, ki so porasle z gozdnim drevjem (Majer in sod., 2015).

Na kmetijah prevladuje živinorejska dejavnost, od tega govedoreja, predvsem reja krav dojilj in pitanje mladega goveda, predvsem zaradi naravnih danosti in s tem pogojene posestne strukture. Tržna proizvodnja mleka prevladuje na šestih kmetijah, nekatere kmetije pa se ukvarjajo tudi z rejo drobnice in divjadi v oborah (damjaki, jelenjad, mufloni). Na kmetijskih gospodarstvih, kjer je dobro razvit pašno-kosni sistem reje, se rastlinojede živali (govedo, ovce, divjad v oborah) v poletnem času pasejo. Malo višje nad dolino, pa so organizirane tudi 4 pašne skupnosti. Doma pridelana voluminozna krma (mrva, travna silaža) se uporabi v zimskem času, za prehrano prežvekovalcev.

Njivske površine so v glavnem namenjene samooskrbi, pridelavi krme in v manjši meri oskrbi lokalnega trga (prav tam, 2015).

V Program razvoja podeželja v Sloveniji se je na območju ZMD vključilo 88 % kmetij. Od tega 22 % kmetij, predstavlja ekološko kmetovanje. Delež ekoloških kmetij je na tem območju bistveno višji od deleža ekoloških kmetij v Sloveniji. Te kmetije so predvsem na območjih, kjer vsebnosti svinca v tleh niso bile prisotne, kar pomeni da so tla primerna za kmetovanje. Takšne kmetije se nahajajo predvsem izven onesnaženega območja, kamor vpliv svinca ne seže. Gozdarska in kmetijska dejavnost sta na kmetijah tesno povezani, vendar sta obe panogi prizadeti zaradi onesnaženosti okolja. Kljub zmanjšanju obremenjenosti okolja z žveplovim dioksidom (SO₂) in prahom (posledično tudi Pb v sedimentih) še vedno ostaja problematika obremenjenosti tal s težkimi kovinami (Pb, Zn, Cd).

Težke kovine v tleh privzemajo rastline, ki prehajajo po prehranjevalni verigi v živali in človeka. To predstavlja onesnaženost tal in rastlinskega materiala, kar je pomemben omejitveni faktor pri rabi prostora v kmetijske namene ter hkrati omejitveni razvojni dejavnik. Poškodovani gozdovi na nekaterih območjih bodo za primerno obnovo potrebovali še veliko let, zato je na nekaterih kmetijah okrnjen njihov prihodek iz gozdarske dejavnosti.

Da lahko kmetije pridelujejo zdrave in varne pridelke ter proizvode za oskrbo lokalnega prebivalstva, kot tudi širše, morajo upoštevati tehnološka navodila za kmetovanje na tem območju (prav tam, 2015)

2.4.1 Prostorska opredelitev onesnaženosti tal v ZMD

Za natančne prostorske opredelitve onesnaženih območij je potrebno večletno natančno in sistematično vzorčenje. Iz tega razloga se na območjih ZMD redno spremljajo vsebnosti težkih kovin v tleh in v kmetijskih pridelkih. Glede na vsebnosti težkih kovin se kmetijske površine delijo v različne kategorije onesnaženosti (Slika 8). Kjer so prekoračene kritične imisijske vrednosti (530 mg/kg suhe snovi) so z vidika veljavnih okoljskih predpisov takšna tla neprimerna za pridelavo rastlin, ki so namenjena prehrani ljudi in živali. Zaradi možnih škodljivih učinkov ali vplivov na zdravje ljudi in živali je potrebna omejitev rabe tal. Ob doseganju mejnih imisijskih vrednosti (50 mg/kg suhe snovi) pa so učinki ali vplivi na zdravje človeka in živali še sprejemljivi (prav tam, 2015).



Slika 8: Širše in ožje območje onesnaženja, kjer je potrebno upoštevati navodila za kmetovanje (Vir: Medmrežje 4)

Najmanj onesnažena območja:

To so robni predeli doline v smeri proti državni meji ter na območju Dretnikovega in Obrovega vrha, v dolini Tople in Koprivne. To so območja na katerih splošna raba tal ni omejena, prav tako ni omejitev glede na izbor kmetijskih rastlin in reje živali (Majer in sod., 2015).

Zmerno onesnažena območja:

Območje Mežice (izjema Polena in predel ob Upravi Rudnika) in Črne na Koroškem (izjema Pristava, Mušenik in Črna-center). Na teh območjih je raba tal delno omejena, prav tako ni dopustno gojenje tistih rastlinskih vrst, ki imajo visok sprejem težkih kovin, zaradi česar se priporoča gojenje kmetijskih rastlinskih rastlin z zmernim in nizkim sprejemom težkih kovin. Ob strogem nadzoru in izboru ustreznih kmetijskih rastlin je izvedljivo ekološko kmetovanje. Na teh območjih se priporoča gojenje sadnega drevja in gojenje okrasnih rastlin (cvetličarstvo, drevesničarstvo,...), ni pa priporočljiva intenzivna pridelava zelenjave za uživanje in trg (Majer in sod., 2015).

Prekomerno onesnažena območja:

Območje pri Upravi Mežica, Pristava, Črna-center in Mušenik. So območja na katerih je pridelava močno omejena, krma pa je le delno primerna za prehrano živine, saj je potreben reden nadzor nad vsebnostmi Pb in Cd. Prosta paša ni priporočljiva. Vrtnarjenje in uporaba večine vrtnin s tega področja se odsvetuje, primerne so le vrtnine z nizkim sprejemom težkih kovin. Le ob strogem nadzoru in izboru ustreznih kmetijskih rastlin je možna izvedljivost ekološkega kmetovanja. Prav tako ni priporočljiva intenzivna pridelava zelenjave za trg, možno je le gojenje rastlin v hortikulture namene (npr. drevesničarstvo) oz. koščičasto in pečkato sadje (Majer in sod., 2015).

Kritično onesnažena območja:

Območje Žerjava in lokacija Polena v Mežici, kjer se z oddaljevanjem od žerjavske topilnice in višanjem nadmorske višine obremenjenost manjša. Na teh lokacijah so v tleh presežene kritične imisijske vrednosti za Pb, Cd in Zn. Pb na teh območjih presega kritično imisijsko vrednost (530mg/kg), ki jo določa Uredba o mejnih opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh. Prav tako pa sta preseženi mejna in opozorilna vrednost cinka in kadmija. Mejna vrednost cinka je 200 mg/kg, opozorilna pa 300, mejna vrednost kadmija je 1 mg/kg, opozorilna pa 2. Ta območja niso primerna za gojenje vrtnin, prav tako ni dopustna pridelava ostalih rastlin, ki se uporabljajo za prehrano ljudi in živali (Majer in sod., 2015).

Izbor kmetijskih rastlin

Rastlinske vrste in celo sorte znotraj rastlinskih vrst se med seboj razlikujejo, tudi glede na dovzetnosti za sprejem težkih kovin, zato jih razvrstimo v posamezne skupine, glede na visok, zmeren ali nizek sprejem težkih kovin (Preglednica 2). Na vsebnosti težkih kovin lahko vpliva tudi starost rastline, razlikujejo pa se tudi po vsebnosti posamezni rastlinski organi, zaradi česar je pomembno kateri del rastline uživamo. Največ težkih kovin sprejmejo korenine, naslednji so listi in nazadnje plodovi. Z vidika prehranjevanja so najbolj problematične rastline, kjer uživamo liste, korene in gomolje. V primeru ZMD je bilo ugotovljeno, da vsebnost Pb v tleh ni zanesljiv pokazatelj obremenjenosti rastlinskega materiala, medtem ko je z vidika vključevanja v prehranjevalno verigo kritičen predvsem element Cd (Preglednica 3) (Majer in sod., 2015).

Preglednica 2: Razvrstitev kmetijskih rastlin glede na sprejem težkih kovin in posledično akumulacijo težkih kovin (Vir: D. Majer in sod., 2015)

SPREJEM TEŽKIH KOVIN	KMETIJSKA RASTLINA
VISOK SPREJEM	<p>Solatnice: solata, endivija, radič, motovilec, ciklorija, regrat,</p> <p>špinačnice: špinača, blitva, novozelandska špinača,</p> <p>korenovke in gomoljnice: korenček, pastinak, peteršilj, zelena, redkvica, sladki korenček,</p> <p>trajne vrtnine: rabarbara, hren, artičoka, šparglji,</p> <p>zelišča: kamilice, janež, koper, ... (rastline, ki jih uporabljamo kot dodatek jedem ali za čaje),</p> <p>vrtna kreša, zelenje repe.</p>
ZMEREN SPREJEM	<p>Kapusnice: glavhati ohrovt, listnati ohrovt, brstični ohrovt, zelje, cvetača, brokoli, koleraba, kolerabica, redkev, glavhati kitajski kapus, listnati kitajski kapus,</p> <p>korenovke in gomoljnice: rdeča pesa, repa, krompir, sladki krompir,</p> <p>čebulnice: čebula, česen, por, drobnjak, šalotka,</p> <p>žita: pšenica, ječmen, rž, oves, tritikala, koruza, proso, sirek,</p> <p>jagodičevje: borovnice, ameriške borovnice, brusnice, jagodem robida, aronija, malina, kosmulja ribez.</p>
NIZEK SPREJEM	<p>Stročnice: fižol, grah, bob, soja, leča, čičerika,</p> <p>plodovke: paradižnik, paprika, jajčevce, feferoni, kumare, bučke, buče, melone, lubenice,</p> <p>pečkato sadje: jablana, hruška, nešplja, kutina, naši,</p> <p>koščičasto sadje: češnja, višnja, sliva, marelica, breskev, nektarina,</p> <p>lupinarji: oreh, leska, kostanja, mandelj,</p> <p>vinska trta.</p>

Preglednica 3: Priporočen izbor rastlin glede na sprejem težkih kovin in stopnjo onesnaženosti s Cd in Pb v Zgornji Mežiški dolini (Vir: D. Majer in sod., 2015)

STOPNJA ONESNAŽENOSTI TAL	IZBOR KMETIJSKIH RASTLIN IN PRIMERNOST ZA GOJENJE
Najmanj onesnažena območja (Cd pod MIV, Pb pod KIV)	PRIMERNO: Solatnice, špinačnice, zelišča, kapusnice, korenovke in gomoljnice, čebulnice, plodovke, stročnice, žita, oljna ogrščica, trajne vrtnine, vrtna kreša, jagodičevje, sadje - koščičasto in pečkasto, lupinarji, vinska trta.
Zmerno onesnažena območja (Cd nad MIV, Pb pod 2.000 mg/kg)	NI PRIMERNO: Solatnice, špinačnice, zelišča PRIMERNO: Kapusnice, korenovke in gomoljnice, čebulnice, žita, oljna ogrščica, plodovke, jagodičevje, stročnice, sadje - koščičasto in pečkasto, lupinarji, vinska trta.
Prekomerno onesnažena območja (Cd nad OIV, Pb pod 2.000 mg/kg)	NI PRIMERNO: Solatnice, špinačnice, zelišča, korenovke in gomoljnice, čebulnice, trajne vrtnine. MANJ PRIMERNO: (obvezen reden nadzor nad kakovostjo pridelkov): Plodovke, stročnice, sadje - koščičasto in pečkasto, lupinarji, vinska trta.
Kritično onesnažena območja (Cd nad KIV)	NI PRIMERNA PRIDELAVA IN UPORABA VSEH KMETIJSKIH RASTLIN, KI SE UPORABLJAJO ZA PREHRANO LJUDI IN ŽIVALI.

MIV: mejna imisijska vrednost; OIV: opozorilna imisijska vrednost; KIV: kritična imisijska vrednost.

2.4.2 Ukrepi za kmetijsko rabo tal na onesnaženih območjih ZMD

Pridelavo hrane na onesnaženih območjih lahko obdržimo z upoštevanjem ukrepov, ki zmanjšujejo vnos kovin v prehransko verigo in zmanjšujejo prašenje tal zaradi obdelave tal (Grabner, Ribarič Lasnik, 2013).

V skladu z načeli dobre kmetijske prakse je potrebno izvajati ukrepe, kar pomeni, da se kmetuje na način s katerim se varuje naravno okolje, rodovitnost tal ter zagotavlja kakovostne pridelke. Slednji ukrepi, navedeni v preglednici 4, so primerni za območja, kjer niso presežene kritične vrednosti težkih kovin v tleh. Na tleh, kjer je presežena kritična vrednost, se pridelujejo le rastline za energetske in okrasne namene. Ukrepi navedeni v preglednici lahko pripomorejo k zmanjšanju vnosa težkih kovin ob prehodu v prehranjevalno verigo (Majer in sod., 2015).

Preglednica 4: Ukrepi s katerimi lahko zmanjšamo vsebnost težkih kovin na kmetijskih površinah ter vnos le-teh v ljudi in živali (Vir: D. Majer in sod., 2015)

UKREP	IZVEDBA
Izbor kmetijskih rastlin	<p>Rastline izberemo glede na intenziteto sprejema in akumulacije težkih kovin v rastlinskih delih, ki jih neposredno uživajo ljudje in živali. Na prekomerno onesnaženih območjih izbiramo rastline z nizkim sprejemom težkih kovin.</p> <p>Z namenom fitoremediacije onesnaženih tal je priporočljiva setev oljne ogrščice, ki ima sposobnost hiperakumulacije.</p>
Izbor tal	<p>Za kmetijsko pridelavo izbiramo težja tla z vsebnostjo gline 25% in več. Na lahkih peščenih tleh sprejmejo rastline več težkih kovin.</p> <p>Za kmetijsko pridelavo izberemo tla z rahlo kislom (pH 5,6 - 6,7), nevtralno (pH 6,8 – 7,2) ali alkalno reakcijo (pH nad 7,2). V tleh s kislom reakcijo rastline bolj sprejemajo težke kovine. Izberemo tla z visokim deležem humusa (4% ali več). V tleh z manj humusa rastline sprejmejo več težkih kovin.</p>
Obdelava tal	<p>Priporoča se minimalna ali ohranitvena obdelava tal, kjer namesto klasičnega oranja njivo pripravimo le s plitvim podrahljavanjem in izvedemo direktno setev.</p> <p>Priporoča se večkratno zračenje, plitvo okopavanje tal.</p> <p>Prekrivanje tal z organskimi zastirkami, da preprečimo zbijanje tal po močnem dežju.</p> <p>Skrb za stalno ozelenitev kmetijskih površin.</p>
Spreminjanje lastnosti tal	<p>Apenjenje: z dodatkom apna popravimo reakcijo (pH) kislinskih tal do alkalne reakcije (pH nad 7). V alkalnih tleh ostajata tako Pb kot tudi Cd vezana na talnih delcih, poleg tega kalcij zavira sprejema cinka v rastline.</p> <p>Dodajanje organske snovi (gnojenje z organskimi gnojili, setev podorin in zaoravanje rastlinskih ostankov – tudi slame): z ukrepom dosežemo večjo vsebnost humusa v tleh in manjši sprejem Pb in Cd preko rastlin.</p> <p>Dodajanje absorbentov (npr. gline).</p> <p>Gnojenje s fosfatnimi gnojili – dodajanje netopnih soli (fosfatov).</p>

Spremljanje vsebnosti težkih kovin v tleh in rastlinah	Priporočena občasna kemična analiza tal na težke kovine. Priporočena občasna kemična analiza rastlinskega materiala (pridelka) na težke kovine. Gnojenje na osnovi gnojilnega načrta. Priporočena uporaba gnojil, ki so dovoljena v ekološki pridelavi. Varstvo pred boleznimi in škodljivci na osnovi prognoze. Priporočena uporaba fitofarmaceutskih pripravkov, ki so dovoljeni v ekološki pridelavi.
Odstranjevanje težkih kovin iz tal s pomočjo rastlin (fitoremediacija)	Setev <i>izključevalskih</i> rastlin: preprečujejo privzem kovin v korenine in transport v poganjke, v okolici Žerjava rastejo izključevalske rastline, kot npr. trava pisana vilovina, vrba iva. Setev <i>hiperakumulacijskih</i> rastlin: imajo mehanizme za kopičenje kovin v rastlinskih delih. V okolici Žerjava raste hiperakumulacijska rastlinska vrsta rani mošnjak. Stalna ozelenitev tal: vzpostavitev zelenega pokrova izustreznih rastlin je eden izmed najboljših načinov preprečevanja migracije težkih kovin v tleh. S tem tla stabiliziramo s onemogočimo prenos težkih kovin v prehranjevalno verigo.

Ukrepi za zmanjševanje prašenja pri kmetijski pridelavi na onesnaženem območju

Emisije prašnih talnih delcev so povezane s kmetijsko pridelavo, saj na onesnaženih območjih vsebujejo tudi potencialno toksične snovi, npr. težke kovine. Če tla obdelujemo (oranje in predsetvena obdelava) v suhem in zelo vetrovnem vremenu in puščamo površine po spravilu gole je lahko emisija prašnih talnih delcev zelo velika. To lahko zmanjšamo s prilagojenimi sistemi obdelave tal.

Priporočljiv je sistem minimalne oziroma ohranitvene obdelave tal, kjer namesto klasičnega oranja spomladi njivo pripravimo le s podrahljalnikom ali izvedemo direktno setev (Grčman in sod. v Grabner, Ribarič Lasnik, 2013).

Glavni omejitveni faktorji za pridelavo krme za živali so visoke vsebnosti Pb, Cd in Zn v tleh. Viri zapraševanja obogateni s težkimi kovinami, ki so izvor prašnih delcev, so še vedno prisotni na območju Mežice in Žerjava. Živali tako zaužijejo površinsko onesnaženo krmo, ki je rezultat onesnaževanja preko zraka, poleg tega pa živali na paši dnevno lahko med zaužito krmo zaužijejo tudi od 2 % do 14 % zemlje. Pomembno je, da je silaža čim manj onesnažena z zemljo, saj je možnost kontaminacije živali s Pb preko silaže velika. Na območju Žerjava je krma prekomerno onesnažena s težkimi kovinami, kjer pa se onesnaženost z naraščanjem nadmorske višine zmanjšuje. Potrebno je redno izvajanje nadzora vsebnosti kovin v krmi, preprečevanje onesnaževanja travne in koruzne silaže z delci zemlje s prilagojeno višino odkosa. Na prekomerno onesnaženih območjih kot je Žerjav se paša živine ne priporoča, na ostalih lokacijah pa je krma primerna za živinsko hrano, vendar se priporoča nadzor nad kakovostjo krme (Majer in sod., 2015).

Stanje onesnaženosti hrane živalskega izvora s težkimi kovinami in ukrepi za preprečevanje vnosa v ljudi

Težke kovine se bistveno manj kopičijo v mesu kot pa v notranjih organih. Pri odraslih živalih (govedo, drobnica, prašiči) so prisotne visoke vsebnosti težkih kovin v ledvicah in jetrih. Onesnaženost mleka s težkimi kovinami ni problematična. Bistveno bolj pa je lahko mleko obremenjeno s svincem pozimi kot pa poleti. Da bi zmanjšali in preprečili vnos težkih kovin v prehransko verigo je potrebno izločiti iz prehrane ljudi notranje organe govedi, prašičev in drobnice. Ta ukrep je posebej nujen za starejše (nad 1 leto) živali. Raba mleka za osebno rabo ljudi in za prehrano je ustrezna le ob rednem nadzoru vsebnosti težkih kovin v mleku in mlečnih izdelkih. V okolici Žerjava je bila ugotovljena prekomerna onesnaženost jeter in rumenjakov kokoši s Pb in Cd. Onesnaženost kokošjih jeter s Cd se pojavlja tudi širše v ZMD. Onesnaženost je tako visoka, da jetera niso primerna za prehrano ljudi in jih je potrebno izločiti iz prehrane ljudi. Kmetije, ki so od topilnice oddaljene manj kot 4,5 km (prostorska oddaljenost) morajo iz prehrane izločiti jajca kot tudi meso prostoživečih kokoši (velja za kokoši, ki se prosto pasejo). Vzreja kokoši na kmetijah, ki so oddaljene manj kot 4,5 km, mora potekati izključno v zaprtih prostorih z utrjeno podlago (podeskanje, betoniranje) (Majer in sod., 2015).

V reki Meži je onesnaženost rib (postrvi) relativno majhna, izjema je le med Žerjavom in Bregom, kjer zaradi previsokih vsebnosti Pb ribe niso primerne za prehrano ljudi. Možno je tudi izločanje rib iz prehranjevalne verige na odseku Žerjav-Breg, zaradi preseženih dopustnih vsebnosti. Vsebnosti težkih kovin v notranjih organih vseh vrst odrasle (nad eno leto) parkljaste divjadi (velja tudi za rejo v oborah) na območju Zgornje Mežiške doline so tako visoke, da niso primerne za prehrano ljudi, zaradi česar je nujen ukrep izločanja notranjih organov divjadi iz prehranjevalne verige, v primeru odraslih živali (prav tam, 2015).

3. MATERIALI IN METODE DELA

V okviru praktičnega dela diplomske naloge je bil moj cilj opraviti intervju z vodjo projekta Life Resoil, ki trenutno predstavlja možno rešitev odstranjevanja oziroma zmanjševanja velikih vsebnosti prisotnega Pb v tleh v ZMD. S projektom so se porajala nekatera vprašanja, kako uspešna je lahko takšna čistilna naprava v tako onesnaženem območju, predvsem pa pomisleki za ali proti odprtju čistilne naprave za onesnaženo zemljo. Kakšno je zanimanje kmetovalcev ZMD, katerim projekt bi omogočil boljše kmetovanje, pa sem analizirala s pomočjo anketnega vprašalnika.

3.1 Intervju z vodjo projekta Resoil

Intervju sem izvedla s pomočjo sogovornice dr. Neže Finžgar, vodjo projekta Life Resoil in direktorico podjetja Envit, okoljske tehnologije in inženiring, d.o.o. Znotraj projekta Life Resoil je bila zasnovana čistilna naprava za onesnaženo zemljo. Skozi intervju (Priloga A) sem želela pridobiti podatke o lastnostih in delovanju čistilne naprave za onesnaženo zemljo in uporabi očiščene zemlje iz čistilne naprave. Intervju je potekal preko telefonskega razgovora, dne 4.2.2016.

3.1.1 Izvedba intervjuja

Strokovnjakinja za čiščenje onesnaženih tal dr. Neža Finžgar je v problematiki onesnaženih tal v ZMD kot tudi v ostalih območjih Slovenije našla inspiracijo in idejo, kako se s tem soočiti in problem odpraviti. Po besedah dr. Finžgarjeve je pomembno ljudi soočiti z realnim stanjem onesnažene zemlje, kar lahko dosežemo z rezultati opravljenih analiz zemlje in odvzemi brezplačnih vzorcev. Ljudje v ZMD se zavedajo onesnažene zemlje, ampak ne dajejo dovolj velike pozornosti na samo onesnaženost, saj sklepajo da ta ni tako velika. Po mnenju sogovornice se velika pozornost namenja predvsem onesnaženi vodi in zraku nihče pa ne omenja zemlje in pridelkov, zaradi česar se po njenem mnenju pojavlja problem preprečevanja onesnaževanja zemlje. Nekateri prebivalci so ji dejali: »Brez svinca živeti ne moremo«. S čimer so ji izkazali zadovoljstvo s tem, kar imajo.

V čistilni napravi bodo tako omogočili čiščenje onesnažene zemlje iz vrtov tako iz ZMD kot tudi iz ostalih sosednjih občin, katere se soočajo s problematiko onesnažene zemlje s Pb in drugimi težkimi kovinami. Tudi osebno se je dr. Finžgarjeva soočila z isto težavo, na katero so naleteli pri sami gradnji objekta v občini Prevalje. Na lokaciji, kjer se je pričela gradnja čistilne naprave so ugotovili, da imajo opravka z onesnaženo zemljo, do katere je prišlo zaradi poplavljanja reke Meže.

Pri zajemanju onesnažene zemlje v čistilni napravi bodo upoštevali letno kapaciteto naprave, ki bo znašala 1.500 ton zemlje na leto, kar dnevno znaša 6 ton zemlje. Šlo bo predvsem za demonstracijsko zasnovo, saj so po njenem mnenju cene naprave dokaj visoke. Na začetku obratovanja verjetno ne bodo dosegali kapacitete, saj se zemlja ne bo mogla mešati. Dr. Finžgar se zaveda tudi dejstva, da lahko pride do zapletov, zaradi katerih mogoče ne bodo mogli dosežati željenih količin očiščene zemlje. V okviru projekta bi počistili 5.000 m³ brezplačno, v kar bi bil štet tudi odvoz in dovoz zemlje. Zemlja se bo po koncu čiščenja na površini, kjer je bila odzeta, raztresla za kar bodo poskrbeli z ustreznim strojem.

Nato pa si bodo lastniki sami morali zemljo zakopati oziroma jo zasuti, kajti njihovi stroji zaradi težje dostopnosti tega ne bodo mogli izvesti, zato bo potrebna pomoč lastnikov. Z izboljševanjem tehnologij lahko pride do zmanjšanja cen z uspešnostjo oziroma povečanim obratom. Cena bo socialna, z namenom da se pokrijejo stroški, obrat pa je delno financiran s strani Evropskega sklada. Cena se bo s samim delovanjem obrata tudi spremenila, potrebno bo uvesti dodatna sredstva, posledično bodo morali čiščenja zemlje zaračunavati.

V primerjavi čiščenja onesnažene zemlje v laboratoriju se očisti manjše povprečje onesnažene zemlje kot v obratu. Kljub temu pa se v povprečju očisti minimalno od 50 % do 95 % zemlje. Iz zemlje so tako v laboratoriju na Biotehniški fakulteti v Ljubljani odstranili 75 % Pb. Pri tem je dr. Finžgarjeva poudarila, da je to odvisno od oblike Pb, saj se v tleh nahaja kot kamnina, ki jo razdrobijo in očistijo, kamenčke v katerih se nahaja ruda pa odstranijo s površine. Takšen postopek kaže predvsem na slabšo učinkovitost. V demonstracijskem objektu bo onesnažena zemlja pripeljana v čistilno napravo. Predhodno se bodo dogovorili tudi z lastnikom zemlje kdaj bo ta pripravljena za dovoz na mesto izkopa.

V primeru dveh manjših vrtičkov se zemlja obeh vrtov združi in očisti. Po samem čiščenju pa vsak lastnik dobi svojo polovičko. Pri tem bo nastajal nenevaren odpadek. V Sloveniji lahko v skladu z zakonodajo odpadek prevzame tista oseba, ki je za to pooblaščen. V primeru čistilne naprave za onesnaženo zemljo bo nastal odpadek, kot posledica čiščenja. Tolikšna količina se ga bo tudi odvažala. Dr. Finžgarjeva je poudarila, da bodo pri tem odpadek varno skladiščili in ga ponovno uporabili, za kar pa bo potrebno še nekaj preučevanja. Po njenih besedah trenutno nimajo v interesu razvijati nove naprave, saj je finančno prezahtevna. Vsekakor pa bi to za njih bilo izvedljivo, če bi šlo za večje količine.

Po čiščenju zemlje je ta deaktivirana in izgubi nekaj mineralne in hranilne vrednosti. EDTA v procesu čiščenja veže hranilne snovi kot sta kalcij in selen, ampak še vedno so nekatere snovi v prebitku. Po čiščenju zemlje je vsebnost železa zadovoljiva, potrebno pa bo vsaj eno ali dvoletno intenzivno gnojenje. Hranilne snovi v zemlji imajo pomembno vlogo pri setvi pridelkov in vzgoji rastlin. Na očiščeni zemlji lahko rastline že prvo leto uspevajo. Pri tem je dr. Finžgarjeva izpostavila špinačo, ki slabše raste. Precej uspešno pa je korenje. Podala je tudi podatek, da bo verjetno pridelek 20 % manjši. S projektom, ki ga razvijajo, želijo dokazati uspešnost rasti pridelka na vrtovih, kjer se bo primerjala rast med pridelki. Na vprašanje ali je očiščena zemlja primerna tudi za ekološke kmetovalce pa sogovornica ni podala temeljitega odgovora, saj ji je trenutno ta zakonodaja neznana in ni seznanjena kakšna mora biti sestava zemlje po čiščenju, da bi bila primerna za ekološko kmetovanje.

3.2 Izvedba anket s kmetovalci v ZMD

Slednja naloga v praktičnem delu, je bilo anketiranje kmetovalcev v ZMD. Na anketni vprašalnik so odgovarjali kmetovalci občine Mežica in občine Črna na Koroškem. Kmetije sem izbirala predvsem na podlagi stopnje onesnaženosti območja kmetij. V Mežici sem izbrala kmetije kjer je vpliv svinca minimalen in se z manjšo oddaljenostjo od topilnice zvišuje. Znotraj občine Črna na Koroškem, ima večina kmetij večji vpliv svinca. Ankete so bile anonimne in prostovoljne. Da bi lahko analizirala čim več anket, sem jih razdelila osebno na kmetijah, ki sem jih obiskala v obdobju od meseca marca do meseca maja 2016. Na anketni vprašalnik so odgovarjali tako moški kot ženske. V anketo je bilo vključenih 9 vprašanj, od tega je 5 vprašanj bilo sestavljeno s podvprašanji, z možnostjo utemeljitve odgovora.

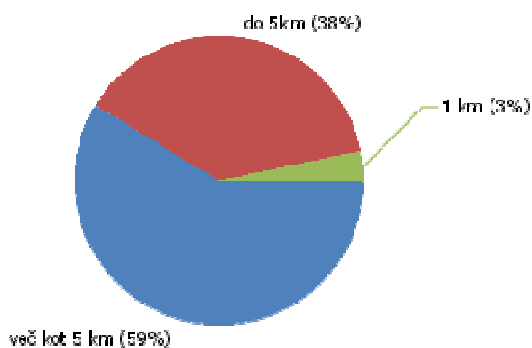
Skozi anketo so se pojavila vprašanja o samem zadovoljstvu kmetovanja in kakovostjo pridelkov, nekaj vprašanj se je navezovalo na poznavanje vplivov Pb na pridelke in prisotnost tega v zemlji, v zadnjem delu ankete pa so se vprašanja navezovala na zanimanje čiščenja onesnažene zemlje v čistilni napravi.

3.2.1 Analiza anket

Skupno je bilo opravljenih 29 anket (17 v občini Črna na Koroškem in 12 v občini Mežica). Večje število anket je bilo izpolnjenih v občini Črna na Koroškem, kjer so ljudje v večji izpostavljenosti Pb kot v občini Mežica, kjer nekaj kmetovalcev tudi ni želelo odgovarjati na anketni vprašalnik. Večinoma so ankete izpolnjevali moški (66,7 %), saj le ti prevladujejo kot lastniki kmetij. Najpogostejša starost anketirancev je bila v povprečju od 40 – 60 let (74 %).

3.3 Prikaz rezultatov

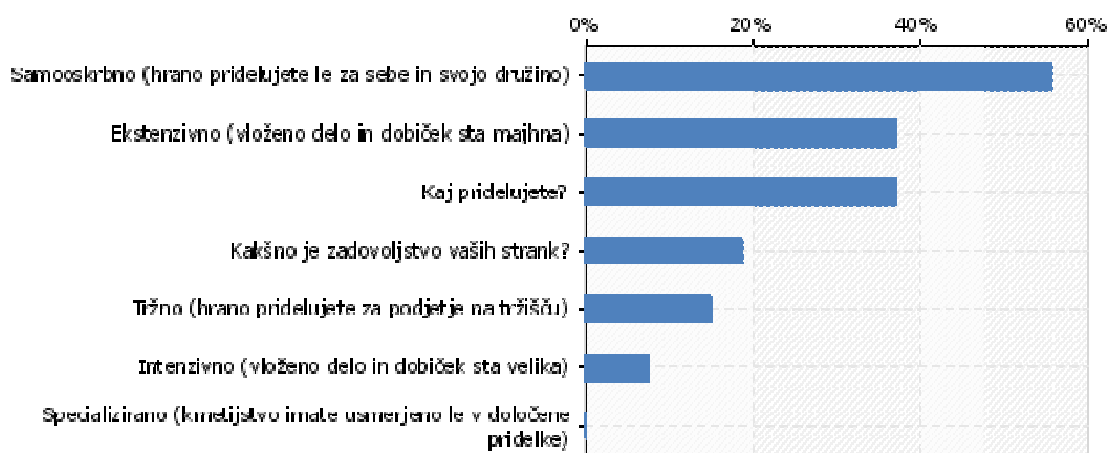
Lokacija bivanja anketirancev



Graf 1: Cestna razdalja anketirancev od topilnice v Žerjavu (Vir: H. Matić, 2016)

Glede na območja opravljanja anket, so bili anketiranci različno oddaljeni od mesta topilnice v Žerjavu, ki velja kot pomemben faktor onesnaženosti okolja s svincem.

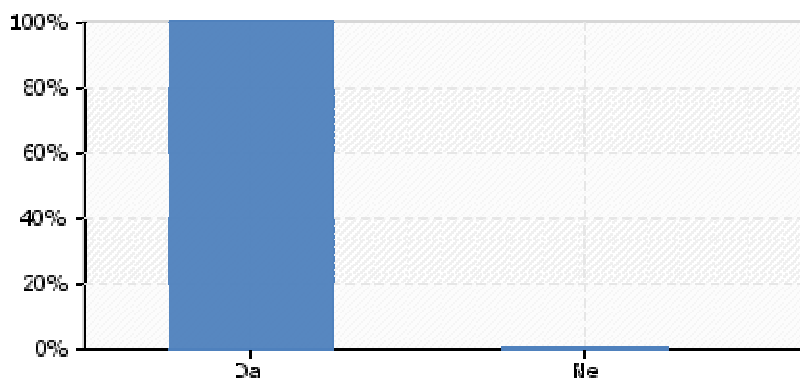
1. Kakšne vrste kmetovanja opravljate?



Graf 2: Vrste kmetovanja v ZMD (Vir: H. Matić, 2016)

Kmetovanje v ZMD je razvrščeno v različne skupine. Spodnji graf prikazuje različne vrste kmetovanja, ki so jih navedli anketiranci. Najpogostejša vrsta kmetovanja v ZMD je samooskrbno kmetovanje (52 %), sledi ekstenzivno kmetovanje (34 %). Znotraj vprašanja so anketiranci lahko podali tudi proste odgovore kaj na kmetiji pridelujejo in kakšno je zadovoljstvo njihovih strank. Kot najpogosteje pridelan produkt so navedli mlečne (30 %) in mesne izdelke (30 %). Pri čemer je zadovoljstvo njihovih strank zelo dobro.

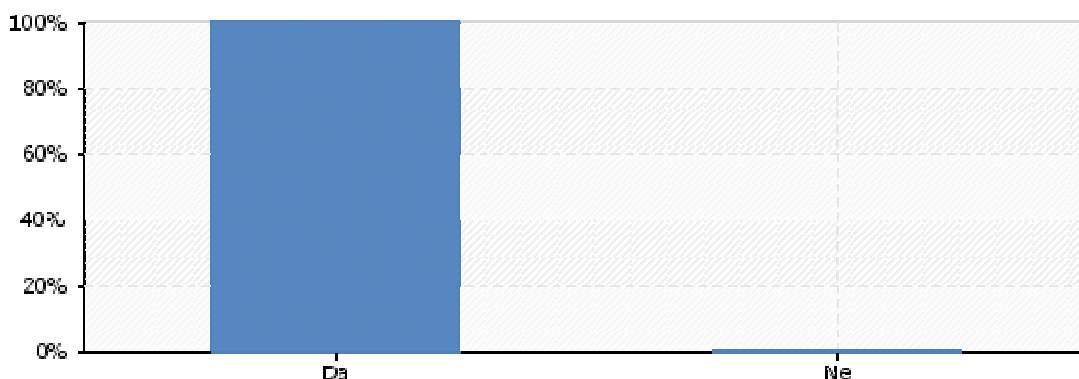
2. Ali ste zadovoljni s kakovostjo vaših pridelkov?



Graf 3: Prikaz zadovoljstva anketiranih kmetovalcev s kakovostjo pridelkov v ZMD (Vir: H. Matić, 2016)

Pri tem vprašanju so vsi anketiranci (100 %) bili povsem zadovoljni s kakovostjo pridelkov. Nekaj jih je omenilo, da je kakovost pridelkov lahko tudi povsem odvisna od ustreznih vremenskih pogojev.

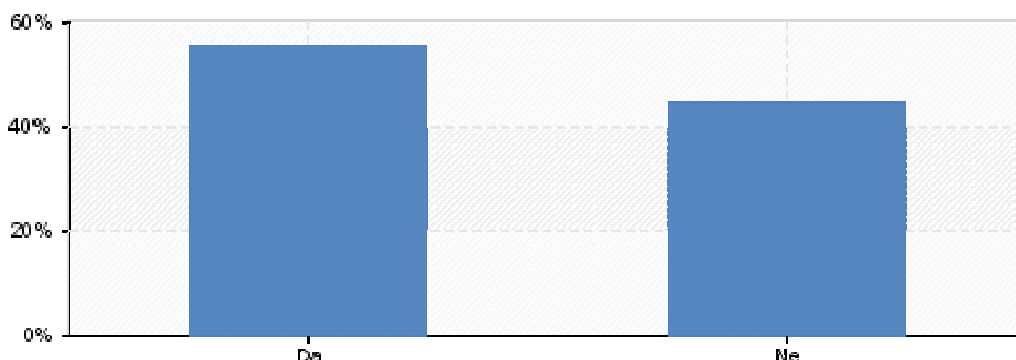
3. Ali poznate vplive svınca na kmetovanje?



Graf 4: Prikaz poznavanja vplivov svınca na kmetovanje (Vir: H. Matić, 2016)

Graf 4 prikazuje jasen podatek o zavedanju kmetovalcev o možnih negativnih vplivih Pb pri kmetovanju. Iz pogovorov s kmetovalci pa je bilo razvidno, da je svinec v preteklosti pustil največji vpliv na živino (zastrupljena drobovina, neprimerna za prehrano), pri nekaterih se vpliv še vedno zaznava.

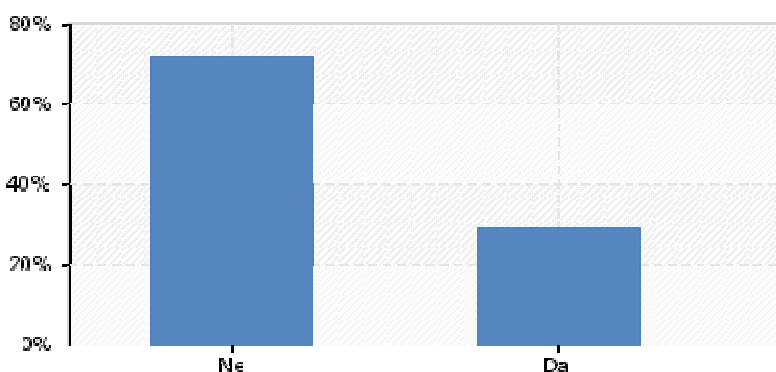
4. Ali je bila ugotovljena prisotnost svinca v vaši zemlji?



Graf 5: Prikaz povečane vsebnosti svinca v zemlji kmetovalcev (Vir: H. Matić, 2016)

Anketiranci, katerih zemlja je onesnažena s Pb, prihajajo predvsem iz občine Črna na Koroškem. V tem območju je bilo opravljenih tudi več analiz vzorcev tal, ki so potrdili prisotnost večje vsebnosti Pb v tleh. Kmetovalci navajajo, da se vzorčenje ni opravljalo že nekaj časa, za kar menijo da je razlog v izvajanju sanacij in postavitvi zračnih filtrov na industrijskih objektih kateri so pred tem v ozračje spuščali velike količine emisij. Pri 56 % anketirancev je bila ugotovljena povečana vsebnost Pb v zemlji, 44 % anketiranih pa v zemlji nimajo povečane vsebnosti Pb.

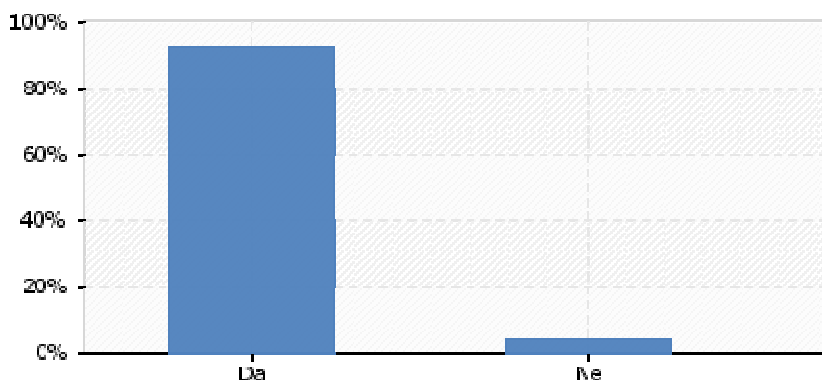
5. Če ste v prejšnjem vprašanju odgovorili z DA, navedite ali opazate negativen vpliv prisotnega svinca, ki povzroča spremembe na vaših pridelkih?



Graf 6: Prikaz števila kmetovalcev, ki so opazili spremembe na pridelkih, kot posledica negativnega vpliva Pb (Vir: H. Matić, 2016)

Pri tem vprašanju so lahko anketiranci v primeru opaženega negativnega vpliva Pb na pridelke, podali prost odgovor kjer so navedli katere spremembe so opazili. 21 % anketiranih je opazilo spremembe na svojih pridelkih zaradi negativnega vpliva Pb. Najpogosteje podan prost odgovor, katere so te spremembe, so navedli spremembe pri zdravju živali in slabša kakovost pridelkov (12 % anketiranih). Navedli so tudi slabšanje stanja zob pri ljudeh in zastrupitev drobovine živali (3 %), spremembe na zelenjavnih pridelkih (3 %) in poškodbe dreves – ožig (3 %). 71 % anketirancev ne opaža negativnega vpliva Pb , ki bi povzročal spremembe na pridelkih.

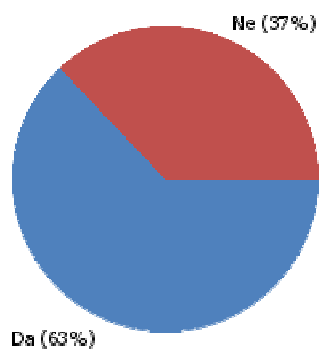
6. Če je v vaši zemlji svinec prisoten ali bi želeli zmanjšati vsebnost svınca v tleh oziroma ali bi želeli preprečiti nalaganje svınca če ta ni prisoten v zemlji?



Graf 7: Število kmetovalcev, ki bi želelo preprečiti in zmanjšati vnos Pb v tla (Vir: H. Matić, 2016)

Pri tem vprašanju se je 93 % anketiranih odločilo, da bi želeli zmanjšati oziroma preprečiti prisotnost Pb v tleh. Ostali 4 % anketiranih se je odločilo, da to ne bi želeli. Kot prost odgovor so lahko navedli razlog, zakaj to ne bi želeli. Glavni in edini naveden razlog je, da ne vidijo potrebe po zmanjševanju ali preprečevanju Pb v tleh.

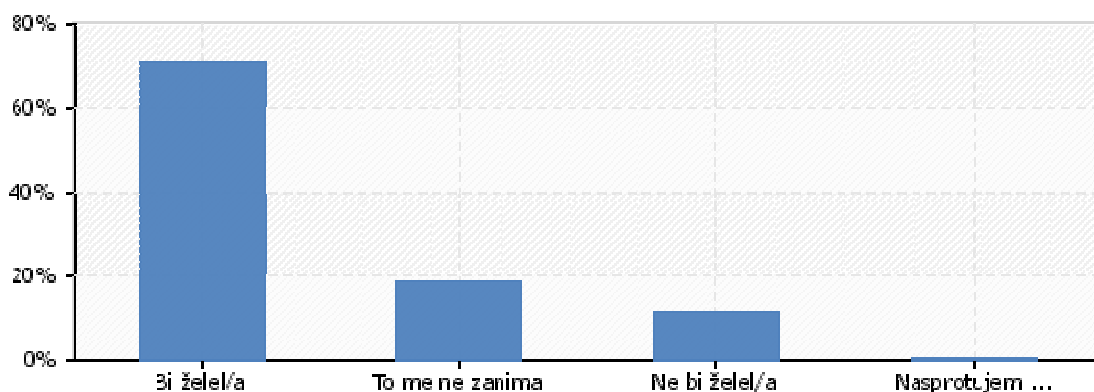
7. Ste že slišali za možnost čiščenja/pranja zemlje v čistilni napravi v Prevaljah, ki zmanjšuje vsebnost svınca v tleh?



Graf 8: Prikaz števila kmetovalcev, ki so seznanjeni z možnostjo čiščenja zemlje (Vir: H. Matić, 2016)

63 % kmetovalcev je slišalo za čistilno napravo v Prevaljah, medtem ko 37 % kmetovalcev še ni slišalo za čistilno napravo.

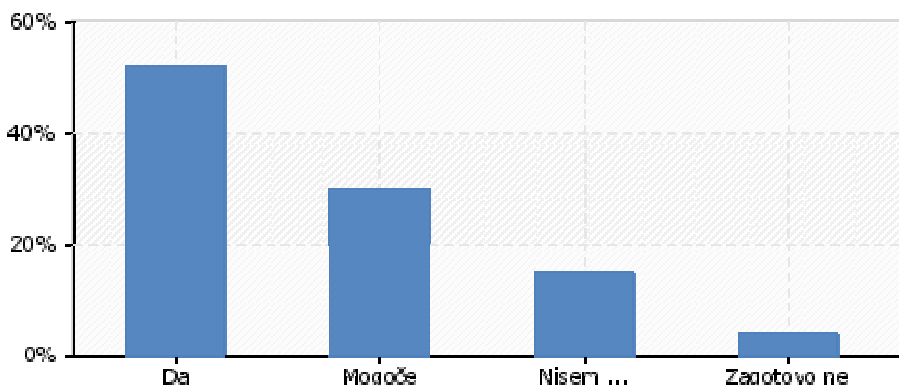
8. Bi želeli možnost čiščenja tudi sami preizkusiti in oddati zemljo na čiščenje?



Graf 9: Prikaz zainteresiranih kmetovalcev, ki bi želeli preizkusiti možnost čiščenja onesnažene zemlje (Vir: H. Matić, 2016)

Znotraj tega vprašanja so se pojavili različni dvomi in pomisleki o oddaji tal na čiščenje. Nekateri anketiranci, ki so sprva bili presenečeni nad možnostjo čiščenja zemlje in so pokazali zanimanje, so se ob tem vprašanju odločili za nasprotovanje. 70 % anketirancev bi možnost čiščenja želelo preizkusiti, 19 % jih to ne zanima, 11 % anketirancev pa ne bi želelo oddati svojo zemljo na čiščenje.

9. Bi očiščeno zemljo iz čistilne naprave hoteli uporabiti za pridelavo pridelkov na vaši kmetiji?



Graf 10: Število kmetovalcev, ki bi se odločilo za uporabo očiščene zemlje iz čistilne naprave (Vir: H. Matić, 2016)

52 % kmetovalcev bi želelo uporabiti očiščeno zemljo iz čistilne naprave, 30 % kmetovalcev je odgovorilo mogoče, 15 % kmetovalcev ni povsem prepričano v to, 4 % kmetovalcev pa takšne zemlje zagotovo ne bi želelo uporabiti za pridelavo pridelkov na svoji zemlji. Ob izbranem odgovoru »Zagotovo ne« so lahko anketiranci podali prost odgovor s katerim so navedli problem oziroma oviro, ki se jim pojavi ob ne strinjanju z uporabo očiščene zemlje. 4 % anketirancev je navedlo, da ne verjamejo v izboljšanje stanja.

4. REZULTATI IN RAZPRAVA

Pb je v vsej svoji zgodovini pustil močan pečat v ZMD. Tako občina Mežica kot Črna na Koroškem sta skozi obdobja prekomernega onesnaževanja nudili premalo pozornosti o zaščiti okolja, predvsem pa onemogočali ljudem zdravo življenje. Po poteh sanacije pa je glavno vodilo bil Zavod za zdravstveno varstvo Ravne na Koroškem (ZZV) oziroma na novo imenovan Nacionalni inštitut za javno zdravje (NIJZ), ki je skozi Program ukrepov za izboljšanje stanja v ZMD obravnaval vse izvedene ukrepe, ki so se izvajali v določenih obdobjih.

V pregledu poročil in programov od leta 2007 do leta 2015 je možno opaziti nekaj izboljšav na področju izvajanja ukrepov, ki preprečujejo vnos Pb v okolje in ga posledično tudi zmanjšujejo. Še vedno pa se prebivalstvo ZMD sooča z dnevnimi vplivi industrijskih obratov, ki povzročajo onesnaževanje okolja s svincem. Prioriteta znotraj programa je predvsem zdravje ljudi ki pa je odvisno od čistega okolja. Znotraj onesnaževanja okolja je v ZMD poudarek na onesnaženih tleh, sledita voda in zrak, ter posledično tam proizvedene hrane. Za zmanjševanje onesnaževanja tal s Pb se izvaja monitoring tal, zamenjava zemlje, preplastitve poti, ozelenitve, itd. Pomembno je tudi redno vzorčenje in analiza vzorcev tal, s pomočjo katerih lahko spremljamo stanje tal in prisotnost možnih težkih kovin poleg Pb.

4.1 Primerjava dveh metod za čiščenje onesnaženih tal

Za lažjo predstavo in opis postopka čiščenja onesnaženih tal, sem med seboj primerjala dva procesa. Proces pranja onesnažene zemlje v čistilni napravi in proces fitostabilizacije onesnažene zemlje. Gre za primerjavo fizikalno-kemijskega in biološkega postopka.

Strošek razvoja projekta v katerem je bil razvit postopek pranja onesnažene zemlje znaša 2,235,903 Euro z dodano finančno podporo Unije, ki je namenila 1,117,951 Euro (Resoil, 2014). Postopek pranja onesnažene zemlje je še v razvoju in kasnejši obratovalni stroški še niso znani, saj so močno odvisni od odzivnosti širše javnosti v prihodnosti.

Strošek postopka fitostabilizacije je odvisen od časa trajanja, izbire in vrste oziroma klasifikacije odpadkov, če le-ti pri procesu nastanejo. Največji strošek takrat predstavljajo načini odstranjevanja odpadkov, odvoz, skladiščenje, oziroma predelava zemljin z nevarnimi snovmi, saj stanejo stroški predelave zemljin (v tujini), nekaj tisoč evrov na enoto-tono nevarnega odpadka (Žnidarič, 2014).

4.1.1 Način / Metoda dela

- Skozi proces pranja zemlje se onesnaženi zemlji odstrani visoka vsebnost prisotnega Pb, a hkrati spremenijo mineralne snovi, ki so nujno potrebne za uspešno rast pridelkov. Čiščenje onesnažene zemlje se izvaja s pomočjo metode, ki temelji na dodajanju kemičnih dodatkov (vodna raztopina EDTA), kateri lahko onemogočijo uporabnost očiščene zemlje tudi na ekoloških območjih.

- Fitostabilizacija je biološki postopek, ki imobilizira kovine v onesnaženih tleh s pomočjo rastlin. Gre za povsem naraven proces, ki zahteva ustrezno izbiro rastlin potrebnih za akumulacijo težkih kovin v korenine. Takšne rastline izboljšujejo rodovitnost tal, preprečujejo prašenje onesnaženih delcev iz tal in spodbujajo samoočiščevalno sposobnost tal. Rastline, ki uspevajo v kontaminiranih tleh, morajo imeti šopast razrast korenin, občutljive korenine na kovine in le te v koreninah tudi zadrževati. Koreninski sistem rastlin absorbira in veže obremenila. Le-ta se zadržijo na delcih prsti in celičnih stenah z mnogo lignina. Rastline onesnažila ne vežejo v nadzemne dele, zato le ti niso strupeni za živali in človeka. Včasih je primerna predhodna priprava tal z apnenjem, dodajanjem določenih gnojil, ki onesnažila bodisi aktivirajo ali pa fiksirajo v tleh. Metoda je hitra in poceni, vendar primerna za malo onesnažene zemljine, ki jim z nekajkratnimi letnimi izbranimi kulturami lahko znižamo vsebnost težkih kovin pod mejno vrednostjo (Žnidarič, 2014).

4.1.2 Časovna izvedba dela

- Metoda pranja onesnažene zemlje ni časovno omejena. Ves postopek se izvaja po samem dogovoru z lastnikom zemlje, s katerim se upravljavci čistilne naprave dogovorijo o točnem datumu izkopa in odvoza zemlje na čiščenje ter dovozu zemlje po čiščenju na kraj izkopa. Daljše časovno obdobje je potrebno za ponovno vzpostavitev rodovitnosti tal, ki se po čiščenju poslabša zaradi spiranja hranil, stresnega vpliva na talne organizme in poslabšanja fizikalnih lastnosti tal. To so razlogi zaradi česar je lahko uporaba očiščene zemlje s strani kmetovalcev kot tudi vrtničarjev nesprejemljiva.
- Čas trajanja postopka fitostabilizacije je odvisen od površine, kontaminacije, oziroma njene lokacije ter seveda pomembnosti lokacije v smislu njihove uporabnosti. Metoda fitostabilizacije je v primerjavi pranja onesnažene zemlje sprejemljivejša iz okoljskega vidika, a je hkrati proces z daljšim časovnim razponom.

4.1.3 Rezultat dela

- V procesu pranja onesnažene zemlje se odstrani v povprečju 75 % prisotnega Pb v zemlji, pri čemer nastaja odpadek, ki sodi v kategorijo nevarni odpadek in se hrani v skladišču do odvoza s strani pooblaščenega ponudnika. Ocena odpadka EDTA znaša približno 20 t/leto, katerega se 2/3 reciklira (izobori v kislinski fazi), del pa aktivnega preostane v procesni raztopini za nadaljnjo čiščenje zemlje.
- Pri procesu fitostabilizacije se stabilizira obremenjenost kontaminirane zemlje in se prepreči razširjanje v podtalnico ali v okolico. Uspešnost metode fitostabilizacije je bila dokazana v območju ZMD, v okolici Žerjava, kjer vsebnost Pb v zemlji znaša 67940 mg kg⁻¹ (Sajovic, 2010). Onesnaževala v kontaminirani zemlji so stabilizirali s pomočjo ovčje bilnice (*Festuca ovina L.*), saj je na podlagi izbranih rastlin razvila najdaljše korenine in poganjke. Pomembno je, da se pri izbiri rastlin upošteva, da le-te slabo transportirajo kovine v poganjke, katere bi lahko zaužili ljudje ali živali. Po akumulaciji lahko sledi odstranjevanje rastlin, ki mora potekati na način, ki dodatno ne obremenjuje okolja. Rastline se lahko odstranijo s košnjo ali sečnjo. Odpadki se odvažajo v zaprtih sistemih zabojnikov. Najprimernejši način odstranjevanja bi bil sežig v pečeh, vendar je potrebno paziti, da se s sežigom ne povzroča dodatnega obremenjevanja okolja.

4.1.4 Okoljski vidik

- V primerjavi z metodo fitostabilizacije onesnažene zemlje, je proces pranja zemlje metoda, ki zahteva večji poseg v okolje in možnost dodatnega onesnaževanja okolja, saj lahko pri izkopavanju in prevažanju onesnažene zemlje pride do prašenja onesnaženih delcev iz tal, nastajanja nevarnih odpadkov in povzročanja hrupa v okolju.
- Metoda fitostabilizacije zemlje je povsem naraven proces ponovnega oživljanja degradiranega območja, ki se odvija v okolju brez neposrednega tehnološkega postopka, ki se ga uporablja v primeru pranja zemlje. Gre za dejavnik ohranjanja okolja in narave na prijazen način. Z metodo fitostabilizacije, ki temelji na uporabi različnih rastlinskih vrst, se lahko obremenjevanje zemlje odpravi ali v najslabšem primeru omeji razširjanje kontaminiranih snovi v okolico. Paziti pa je potrebno na ustrezno ravnanje s prirastom rastlin, saj vsebujejo svinec.

4.2 Preverba veljavnosti postavljenih hipotez

Prva hipoteza: **Ukrepi izboljšujejo stanje tal v ZMD.**

Po pregledu Programa ukrepov za izboljšanje stanja okolja v Zgornji Mežiški dolini svoje prve hipoteze ne morem v celoti potrditi. Dejstvo je, da se sanacija opravlja že od začetka programa, ki pa je skozi leta delovanja stanje tal v ZMD izboljšal, ponekod pa so rezultati sanacije še neopazni. Velik vpliv pri uspešnosti sanacije imajo prebivalci, ki so lahko proti ali za saniranje degradiranega območja v katerem živijo. Sanacija je opazna predvsem na lokalnih poteh, preplastitvah cest in obnovi fasadnih hiš. Medtem ko je zemlja na določenih vrtnih površinah in dvoriščih vrtcev (vrtec Žerjav) še vedno onesnažena s Pb, vendar v manjši meri kot v preteklosti.

V letu 2015 se je pojavila inovativna rešitev, ki nakazuje na dodatno sanacijo ZMD. Iz majhnega laboratorijskega čiščenja zemlje je postopek prerasel v čistilno napravo, ki ponuja možnost odstranjevanja težkih kovin iz zemlje. Ideja je bila razvita v projektu Resoil s podjetjem Envit d.o.o. in drugimi partnerji. Inovativna tehnologija temelji na pranju oziroma čiščenju zemlje, ki postaja vse bolj poznana.

Ustvarjalci projekta želijo s tem namenom možnost uporabe čistilne naprave nameniti predvsem prebivalcem ZMD, ki se soočajo s problematiko onesnaženih tal s Pb in drugimi težkimi kovinami na svojih vrtovih.

Pri tem se pojavlja vprašanje ali so prebivalci zares pripravljeni oddati svojo zemljo na čiščenje in jo očiščeno uporabiti za rast pridelkov na svojih vrtovih?

Druga hipoteza: **Kmetovalci se strinjajo z uporabo očiščene zemlje iz čistilne naprave.**

Z raziskavo, ki sem jo opravila s pomočjo ankete lahko hipotezo potrdim, saj je več kot polovica anketirancev odgovorila, da bi očiščeno zemljo želeli uporabiti na svojih vrtovih. Kmetovalci sicer niso soočeni s podrobnimi informacijami postopka delovanja oz. pranja onesnažene zemlje. Pri tem imajo pomembno vlogo upravljavci čistilne naprave, ki pa še niso pristopili do ciljne skupine kmetovalcev, katere bi informirali in vzbudili zanimanje za uporabo možnosti čiščenja onesnažene zemlje.

Tretja hipoteza: **Zemlja je po procesu čiščenja v čistilni napravi primernejša za kmetovanje.**

Te hipoteze ne morem v celoti potrditi. Po opravljenem intervjuju z dr. Nežo Finžgar, sem dobila podatek, ki navaja da je zemlja po procesu pranja v čistilni napravi sicer razbremenjena s Pb a hkrati tudi biološko neaktivna, kar pomeni da izgubi mikroorganizme, hranilne in mineralne snovi. Za uspešnost pridelkov je tako potrebno dobro leto, da si zemlja povsem opomore. V tem času so lahko uspešne le določene rastline oziroma zelenjava, ki bo na očiščeni zemlji prvo leto uspevala.

5. LITERATURA IN VIRI

- Grabner, B., Ribarič Lasnik, C. (2013). Onesnaženost okolja in npravni vir kot omejitveni dejavnik razvoja v Slovenije – Celjska kotlina kot modelni pristop za degradirana območja. Inštitut za okolje in prostor Celje, str. 89 – 93.
- Ivartnik, M., Pavlič, H., Korošec, G. 2012: poročilo o izvajanju programa ukrepov za izboljšanje kakovosti okolja v Zgornji Mežiški dolini v letu 2012. Medmrežje: <http://www.sanacija-svinec.si/public/por2012.pdf> (10.6.2016).
- Kešpret, J. 2008: Stabilizacija svinca, cinka in kadmija v onesnaženi zemljini z območja stare cinkarne v Celju. Medmrežje : http://www.digitalna-knjiznica.bf.uni-lj.si/dn_kespret_jasmina.pdf (8.6.2016)
- Majer, D., Vrbič Kugonič, N., Pokorny, B. (2015). Navodila za kmetovanje v degradiranem okolju – Zgornja Mežiška dolina. Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije, Ljubljana.
- Matić, H. (2016). Avtor.
- Potočnik, A., (2016). Analiza konfliktov pri umestitvi objekta v prostor: Primer demonstracije inovativne tehnologije pranja s toksičnimi kovinami onesnaženih vrtnih tal v mežiški dolini. Seminarska naloga. Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Univerza v Ljubljani.
- Resoil. Medrežje: http://liferesoil.envit.si/?page_id=44&lang=sl (20.6.2016).
- Ribarič Lasnik, C., Lakota, M. (2010). Onesnaženost okolja in naravni viri kot omejitveni dejavnik razvoja v Sloveniji – modelni pristop za degradirana območja. Inštitut za okolje in prostor Celje, str. 171 – 173.
- Sajovic, A. 2010: Ekoremediacije. Medmrežje:http://www.mizs.gov.si/fileadmin/mizs.gov.si/pageuploads/podrocje/ss/Gradiva_ESS/Biotehniska_podrocja_sole_za_zivljenje_in_razvoj/BT_PODROCJA_56NARAV_OVARSTVO_Ekoremediacije_Sajovic.pdf (20.6.2016).
- Šterbenc, M. 2010: Varstvo rastlin. Medmrežje: http://www.mizs.gov.si/fileadmin/mizs.gov.si/pageuploads/podrocje/ss/Gradiva_ESS/Biotehniska_podrocja_sole_za_zivljenje_in_razvoj/BT_PODROCJA_47KMETIJSTVO_Varstvo_Sterbenc.pdf (6.6.2016).
- Uredba o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh, Ur. L. RS, št. 68/96, 41/04. ZVO-1.
- Zaletel Kragelj, L., Eržen, I., Kuček, A. 2014. Medmrežje: Ukrepi za obvladovanje okoljskih tveganj: Tla. Medmrežje: <http://www.mf.uni-lj.si/media-library/2014/01/db5859e1d60a3bf96cc42efdbfa7e471.pdf> (15.6.2016).
- Zupan, M., Grčman, H., Lobnik, F. 2008: Raziskave onesnaženosti tal Slovenije. Medmrežje: [http://www.arso.gov.si/varstvo%20okolja/tla/poro%C4%8Dila%20in%20publikacije/Publikacija%20Raziskave%20onesna%C5%BEenosti%20tal%20Slovenije%20\(1989-2007\).pdf](http://www.arso.gov.si/varstvo%20okolja/tla/poro%C4%8Dila%20in%20publikacije/Publikacija%20Raziskave%20onesna%C5%BEenosti%20tal%20Slovenije%20(1989-2007).pdf) (7.6.2016).
- Žnidarič, D. 2014: Ekoremediacijski postopki kot metode reševanja nastalih ekoloških problemov. Medmrežje: http://www.bc-naklo.si/uploads/media/44_Znidaric-S.pdf (22.8.2016).
- Medmrežje 1 : <http://www.sanacija-svinec.si/index.php/svinec-v-meziski-dolini/svinecinzdravjesplosno> (7.6.2016).

- Medmrežje 2: <http://www.sanacija-svinec.si/index.php/svinec-v-meziski-dolini/razlagasanacijskihukrepov> (10.6.2016).
- Medmrežje 3: http://www.sanacija-svinec.si/public/utrinki_s_terena_2010-2011.pdf (10.6.2016)
- Medmrežje 4: http://www.sanacija-svinec.si/public/odlok_1.pdf (21.6.2016).
- Medmrežje 5: <http://www.sanacija-svinec.si/public/porocilo2008.pdf> (9.8.2016)

PRILOGA

Priloga A: Intervju

INTERVJU Z DR. NEŽO FINŽGAR

Prevalje, 4.2.2016

Helena Matic

1. Kako bi po vašem mnenju bilo potrebno spodbujati ljudi k čiščenju onesnažene zemlje?
2. Od kje imate namen pridobiti onesnaženo zemljo, bo šlo zgolj za zemljo iz Zgornje Mežiške doline ali tudi od posameznikov iz ostalih občin, ki imajo to željo?
 - Boste pri tem zajemali le manjše površine zemlje oziroma vrtove, ali tudi večje njive?
3. Bi lahko utemeljili na primeru očiščene grede iz Rudarjevega v Črni na Koroškem, kjer se je zemlja očistila v laboratoriju, koliko svinca bi bilo potem prisotnega na začetku in na koncu postopka v čistilni napravi?
4. Kako dolgo bi trajal postopek čiščenja zemlje?
5. Kam se bo odlagal nastali odpadek, ki bo nastal na koncu postopka čiščenja onesnažene zemlje?
6. Po samem čiščenju je zemlja deaktivirana, izgubi mineralne in hranilne vrednosti, ali imate namen takšno zemljo zopet aktivirati ter ji dodati snovi, potrebne za rast pridelkov?
7. Katere pridelke bi bilo najbolje saditi na takšni zemlji?
8. Je očiščena zemlja lahko primerna tudi za ekološke kmetovalce?
9. Kot ste že omenili, bo naprava na dan obdelovala dva kubična metra zemlje kar na letnem nivoju znaša 1500 ton. Bi lahko na podlagi tega približno napovedali ceno takšnega čiščenja zemlje, se bo cena povečala v primerjavi z začetkom obratovanja? Bo pri tem zaračunan tudi odvoz-dovoz zemlje in izkopavanje ter nakladanje zemlje nazaj v tla?