

**Posnetek stanja in izdelava predloga sanacije onesnaženosti kmetijskih tal v
dolini Kotredeščice – Končno poročilo**

Naročnik Občina Zagorje ob Savi
Cesta 9. avgusta 5
1410 Zagorje ob Savi

Izvajalec Inštitut za okolje in prostor
Ipavčeva 18
3000 Celje

Avtorji dr. Boštjan Grabner
doc. dr. Cvetka Ribarič Lasnik
Nataša Žerodnik, dipl. eko
Maja Kos, tehnični sodelavec

Direktorica Inštituta za okolje in prostor
Doc. dr. Cvetka Ribarič Lasnik

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
1.1	Opis stanja	4
1.2	Pravne podlage in usmeritve	5
2	PREGLED DOSEDANJE PRAKSE REŠEVANJA PODOBNIH PROBLEMOV	6
3	OPIS DELA.....	8
3.1	Vzorčenje	8
3.2	Priprava vzorcev tal.....	9
4	REZULTATI.....	11
5	SANACIJSKI PROGRAM	13
5.1	Strokovna izhodišča za ukrepe	13
5.2	Oprelite ciljev in ukrepov.....	14
5.3	Izbor prednostne variante reševanja problemov	15
5.4	Sanacijski ukrepi za kmetijsko rabo tal na onesnaženih območjih - Preprečevanje vnosa kovin v prehranjevalno verigo	17
5.5	Ukrepi za zmanjševanje prašenja pri kmetijski pridelavi na onesnaženem območju	21
5.6	Priporočila za zaprte in polodprte prostore v onesnaženem okolju	21
5.7	Remediacija onesnaženih tal (Envita d.o.o).....	21
6	ZAKLJUČKI IN PREDLOGI UKREPOV	24
7	Viri.....	25

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Pregled nekaterih značilnosti Pb, Cd, Hg in As (prirejeno in dopolnjeno po Kugonič N., 2009).....	2
Preglednica 2: Imisijske vrednosti kovin v tleh (mg/kg suhih tal) povzete po veljavnem predpisu (Ur. l. RS 68/96).....	11
Preglednica 3: Cilji in ukrepi sanacijskega programa.....	14
Preglednica 4: Možne poti prehajanja kovin iz tal v človeka pri različnih rabah tal....	16
Preglednica 5: Splošni sprejem težkih kovin v rastline.....	17
Preglednica 6: Največje dovoljene vsebnosti onesnažil v živilih rastlinskega izvora, pripravljeno po Pravilniku o onesnaževalcih v živilih (2003).....	18
Preglednica 7: Največje dovoljene vsebnosti onesnažil v krmi, pripravljeno po Pravilniku o pogojih za zagotavljanje varnosti krme (2006).....	19
Preglednica 8: Največje dovoljene vsebnosti onesnažil v živilih živalskega izvora, pripravljeno po Pravilniku o onesnaževalcih v živilih (2003).....	20

KAZALO SLIK

Slika 1: Vzorčne točke.....	8
Slika 2: Vzorčenje tal.....	9
Slika 3: Postopek analize 4-kislinskega razklopa.....	10
Slika 4: Tehnologije remediacije tal.....	22
Slika 5: Postopki sanacije onesnaženih zemljišč.....	23

KAZALO PRILOG

Priloga 1: Vsebnost težkih kovin v vzorcih
Priloga 2: Arzen (As) v dolini Kotredeščice
Priloga 3: Cink (Zn) v dolini Kotredeščice
Priloga 4: Baker (Cu) v dolini Kotredeščice
Priloga 5: Kadmij (Cd) v dolini Kotredeščice

1 UVOD

Onesnaževanje okolja je neposredno ali posredno vnašanje snovi ali energije v zrak, vodo ali tla ali povzročanje odpadkov in je posledica človekove dejavnosti, ki lahko škoduje okolju ali človekovemu zdravju ali posega v lastninsko pravico tako, da poškoduje ali uniči predmet lastninske pravice ali posega v njeno uživanje ali v pravico do rabe okolja (Ur. l. RS, št. 41/04).

Človeška dejavnost je pomembno spremenila sestavo in organizacijo tal. Posledica industrijskega in urbanega onesnaževanja, kmetijske dejavnosti in rudarjenja je povečana vsebnost težkih kovin v tleh, kar danes predstavlja velik ekološki in gospodarski problem v večini držav EU in tudi v Sloveniji.

Težke kovine imajo pomemben vpliv na življenje na vseh stopnjah njegove organizacije. Nekatere težke kovine so bistven del molekul v živih celicah in sodelujejo v številnih pomembnih bioloških procesih. V prekomernih koncentracijah je lahko njihov vpliv škodljiv, imamo pa tudi težke kovine, ki so strupene že ob nizkih koncentracijah.

Vnos kovin v okolje je trajen in nepovraten poseg v okolje. Narava sama pozna načine razgraditve mnogih, tudi toksičnih snovi. Vendar težke kovine, kot prvine, se v tleh ne razgrajujejo, ampak ostajajo. Samo sprejem kovin v nadzemne dele rastlin, spiranje in erozija tal prispevajo k zmanjšanju vsebnosti težkih kovin v tleh. Po nekaterih ocenah je čas, v katerem se koncentracija kovine v tleh zmanjša za polovico za Zn v tleh 70 do 510 let, za Cd v tleh 13 do 1.100 let, za Cu v tleh 310 do 1.500 let in za Pb v tleh 740 do 5.900 let (Kabata Pendias in Pendias, 2001).

Preglednica 1: Pregled nekaterih značilnosti Pb, Cd, Hg in As (prirejeno in dopolnjeno po Kugonič N., 2009).

	Pb	Cd	Hg	As
Esencialnost (sesalci)	neesencialen	neesencialen	neesencialen	neesencialen
Antropogeni viri	emisije: do 600.000 t/leto promet, rudarstvo, topilnice fosilna goriva naftna, kovinska industrija pesticidi, naboji za strelno orožje, ribiške svinčeve uteži	emisije: 7000-30.000 t/leto topilnice, barvna metalurgija, industrija (baterije, plastika), fosilna goriva, promet, pesticidi, gnojila, sežigalnice odpadkov, cigareti	emisije: cca. 20.000 t/leto rudarstvo, fosilna goriva topilnice, gnojila, pesticidi, industrija (papirna, kozmetična, cementna), odlaganje odpadkov, zobozdravstvo	emisije: cca. 24.000 t/leto barvna metalurgija rudarstvo, topilnice pesticidi, veterinarski pripravki, industrija (kemična), fosilna goriva, kemično orožje
Najpogostejše oblike v tleh	kisla: Pb^{2+} , Pb-org, $PbSO_4$ bazična: $PbCO_3$, $PbHCO_3^+$, Pb-org, $Pb(CO_3)/$, $PbOH^+$	kisla: Cd^{2+} , $CdSO_4$, cacr bazična: Cd^{2+} , $CdCl^+$, $CdSO_4$, $CdHCO_3^+$	HgS , Hg^0 , HgL^+ , $HgOH$, $Hg(OH)_2$, $HgCl^+$, $HgCl_2$, $HgCl^+$, $HgCl_2$, Hg -org	različne As^{3+} in As^{5+} soli
Biodostopnost	večajo jo anaerobni pogoji in nizek pH, nizke vsebnosti org. snovi in fosfati	velika, če je pH < 6; majhna, če je pH > 7 zmanjša jo organska snov in glina največja na sed. kamninah	proces metilacije v tleh (bakt. metilac.) zelo poveča dostopnost Hg najbolj hlapna kovina	najvišja pri nevtralnem pH in slabo alkalnem pH, nizki vsebnosti fosfatov zmanjšajo organska snov mobilne zlasti As^{3+} oblike
Vnos v rastline	pasivi ven, transport iz korenin v ostale dele rastlin zelo majhen zračna depozicija in vnos preko listov višajo vsebnost omejujejo mikorizne povezave	pasiven ali aktiven zelo mobilni v rastlini zračna depozicija in daljinski transport pomembna privzem iz tal omejujejo mikorizne povezave	pasiven, lahko dostopen je metil-Hg kation privzem iz zraka prevladuje anorganski Hg privzem iz tal omejujejo mikorizne povezave	pasiven, v obliki Al in Fe oksidov večina As v rastlinah je v koreninah in starih listih
Vnos v ljudi	hrana, vdihavanje, pitje absorbira se 10-50% inhaliranega Pb in 2-20% zaužitega Pb, otroci absorbirajo več kot odrasli znaten prenos prek placente večina se ga izloči z urinom, iztrebljanjem kopičenje v kosteh	hrana (absorbira se < 5% zaužitega), pitje z inhalacijo do 50-krat manj vnosa, absorpcija do 60% v telesu večina vezana na metalotionein, ekskrecija majhna, večina z urinom, manj z blatom, prenos	hrana, dihanje, pitje omejena absorpcija anorganskega Hg (< 10%) zelo pomemben privzem metil-Hg (do 100%) dihanje predstavlja le 0,2% vnosa s hrano 80% ekskrecije prek žolča in iztrebkov	absorpcija 40 - 100 % hrana, pitje, z dihanjem se vnaša v manjši meri kot preko hrane in pitja, prenos prek placente je majhen v telesu v organski obliki (arsenobetain) 75% se ga izloči z urinom

		na plod prek placente majhen		
Strupenost za ljudi (najpomembnejše motnje)	poškodbe ledvic vpliv na centralni živčni sistem poškodbe srca in ožilja poškodbe prebav. trakta inhibicija encimov anemija spermatogeneza	poškodbe ledvic zmanjšana rast anemija slaba mineralizacija kosti malformacija ploda	metil-Hg 200-krat bolj strupen od anorg. oblike poškodbe ledvic vpliv na možgansko tkivo genotoksičnost manjša sinteza hormonov vpliv na delovanje srca motnje v inteligenci, urnska zaostalost	teratogen, mutagen, bruhanje, diareja obolenja kože motnje centralnega živčnega sistema zmanjšana rast poškodbe jeter paraliziranost
IARC klasifikacija karcinogenosti	verjetna karcinogenost	kancerogenost	Ni karcinogen	kancerogen
Akumulacijski organ	kosti (90%) > ledvice> jetra	ledvice> jetra (razm. cca 10: 1)	anorgansko Hg: ledvice metil.Hg: možgani	možgani, mišičnina, ledvice, jetra, vranica
MDK v vrtninah Ur. I. RS 69/03 Ur. I. SFRJ 59/83	listnata zelenjava: 0,3 korenasta zelenjava in plodovke: 0,1 (mg/kg sveže t.)	listnata zelenjava: 0,2 vsa zelenjava: 0,1 korenasta zelenjava: 0,1 plodovke: 0,05 (mg/kg sveže t.)	vsa zelenjava: 1 (mg/kg suhe mase)	1 (mg/kg suhe mase)
MDK v krmi (Ur. I. RS 101106)	30 mg/kg suhe mase	1 mg/kg suhe mase	0,1 mg/kg suhe mase	2 mg/kg suhe mase
PTDI - Provisoinal Tolerable Daily Intake ali Meja tolerance dnevnega vnosa za ljudi (WHO, 1993) (Nassredine in Parent-Mossat, 2002)	0,25 mg na odraslega človeka (70 kg tel. teže)	0,07 mg na odraslega 0,05 mg na odraslega človeka (70 kg tel. teže) človeka (70 kg tel. teže)	0,58 mg na odraslega človeka (70 kg tel. teže)	
Problematičnost po ATSDR, 2005	2.	8.	3.	1.

1.1 Opis stanja

Občina Zagorje ob Savi je ena od občin v Zasavju v Republiki Sloveniji in je s površino 147,1 km² največja med občinami Zasavske statistične regije (56 % regijskega površja). Glavni vir onesnaženost tal v občini Zagorje ob Savi so emisije iz industrijske proizvodnje, energetike, prometa, kmetijstva in odlaganje odpadkov. V okviru raziskav onesnaženosti tal v Sloveniji (Nacionalni program varstva okolja (NPVO) in Resolucije o nacionalnem programu varstva okolja (ReNPVO)), ki jih za MOP-ARSO izvaja Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo – Center za pedologijo in varstvo okolja, na območju občine Zagorje ob Savi v letu 1999 večina merjenih parametrov (cink (Zn), svinec (Pb), molibden (Mo), živo srebro (Hg), baker (Cu), krom (Cr), kobald (Co), krom (Cr)) ni presegla mejne vrednosti, arzen (As), kadmij (Cd), nikelj (Ni) in fluoridi (F) pa so na nekaterih lokacijah to vrednost presegli (Kotnik in sod., 2012). Je pa bilo teh vzorčnih mest malo in po celotni občini.

Kotredeščica je levi pritok potoka Medija, ki teče skozi Zagorje ob Savi in se kot levi pritok izliva v reko Savo. Kotredeščica teče skozi vas Kotredež, kjer se ji pridruži potok Potočnica, kasneje pa še potok Konjščica. V Medijo se izliva v Zagorju ob Savi.

Nekaj kilometrov od vasi Kotredeščica je v Znojilah nekdanji rudnik amonita. V poplavah jeseni 2010 je iz rudnika v potok Kotredeščico odplavilo naplavine. Zaradi bojazni, da so te naplavine onesnažene s težkimi kovinami, je analizo vzorcev tal in pitne vode v začetku leta 2011 po naročilu zagorske občine najprej opravil celjski zavod za zdravstveno varstvo. Analiza je pokazala, da so vsebnosti arzena na treh lokacijah presegle mejne vrednosti za tla, od tega je bila na dveh lokacijah višja od opozorilne vrednosti (Uršič, 2011).

Rezultati so takrat na posameznih mestih kupov naplavin pokazali na presežene vrednosti arzena. Nadaljnje analize vrednotenja nevarnih lastnosti naplavin, ki jih je opravilo velenjsko podjetje Erico, je pokazala, da naplavljeni material ne sodi med nevarne odpadke.

Ker je strah pred možnostjo, da so tla ostala onesnažena s težkimi kovinami ostal, je občina Zagorje ob Savi naročilo raziskavo pri Inštitutu za okolje in prostor, ki je avgusta 2012 analiziral onesnaženost tal na 60 lokacijah vzdolž struge potoka Kotredeščice.

1.2 Pravne podlage in usmeritve

Zakonska osnova za sanacijski program je Zakon o varstvu okolja (Ur.l. RS, št. 41/2004). Zakon v 4. členu navaja, da " Država in samoupravna lokalna skupnost (v nadaljnjem besedilu: občina) morata pri sprejemanju politik, strategij, programov, planov, načrtov in splošnih pravnih aktov ter pri izvajanju drugih zadev iz svoje pristojnosti spodbujati takšen gospodarski in socialni razvoj družbe, ki pri zadovoljevanju potreb sedanje generacije upošteva enake možnosti zadovoljevanja potreb prihodnjih in omogoča dolgoročno ohranjanje okolja".

V okviru Zakona o varstvu okolja smo za segment tal upoštevali še Pravilnik o obratovalnem monitoringu pri vnosu nevarnih snovi in rastlinskih hranil v tla (Uradni list RS, št 55/97), Uredbo o vnosu nevarnih snovi in rastlinskih hranil v tla (Uradni list RS, št. 68/96 in dop. 35/01), Uredbo o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (Uradni list RS, št. 68/96).

Pri pripravi sanacijskega programa tal so bili upoštevani cilji in usmeritve Nacionalnega programa varstva okolja (Uradni list, št. 83/99). V Sloveniji so v okviru tega programa "osnovni cilji na področju varstva tal in gozda do leta 2008: omejiti kemično onesnaževanje tal in izvesti sanacijo, omejiti fizikalno degradacijo tal in omejiti nadaljnjo degradacijo gozdnih tal." Poleg tega program predvideva tudi izdelavo baze podatkov o emisijah snovi v tla in stanju onesnaženosti tal.

Upoštewane so bile tudi smernice Evropske skupnosti, kar je v skladu z Okoljsko strategijo Slovenije, kot temeljnim programskim in terminskim dokumentom, ki bo usmerjal prizadevanja Slovenije za vključitev v EU na področju okolja (sprejet 26. marca 1998 kot priloga Državnemu programu za prevzem pravnega reda EU – Acquis Communautaire).

2 PREGLED DOSEDANJE PRAKSE REŠEVANJA PODOBNIH PROBLEMOV

V Sloveniji imamo nekaj območij, kjer je okolje močno onesnaženo s težkimi kovinami: s Pb, Ni in Cr je onesnaženo območje Jesenic kot posledica metalurške dejavnosti (Zupan, 1999), onesnažena so območja ob vpadnicah (Vidic in sod., 1997), s Pb, Zn in Cd je onesnažena Mežiška dolina kot posledica pridobivanja in predelave svinčeve rude (Prpič-Majič in sod., 1996; Ribarič-Lasnik in sod., 2002) in s Cd in Zn je onesnaženo območje Celja kot posledica proizvodnje cinka (Lobnik in sod., 1994).

Najbolj uspešen primer reševanja onesnaženosti okolja v Sloveniji je Zgornja Mežiška dolina. Območje je močno zaznamovalo stoletno pridobivanje svinčeve rude v Mežici in talilniško dejavnost v Žerjavu. Pridobivanje rude in talilniška dejavnost sta imeli močan vpliv na okolje, kar se odraža v akumulacijah težkih kovin v vseh segmentih okolja, degradaciji okolja (gola tla v okolici topilnice) in vplivu na zdravje ljudi in živali (Ribarič-Lasnik in sod., 2002).

V preteklosti je bilo sprejetih nekaj ukrepov, ki naj bi pomagali k sanaciji območja, vendar pa niso popolnoma izpolnili svojega namena. Zato je bil, na osnovi preteklih analiz, največ pa na osnovi študije ERIC-a (Primerjava onesnaženosti med leti 1989 in 2002) in ZZV Ravne (Življenje s svincem v Mežiški dolini), 2007 sprejet Odlok o območjih največje obremenjenosti okolja v Zgornji Mežiški dolini (Ur.l.Rs št.119/2007) na osnovi katerega je bil sprejet Program ukrepov za izboljšanje kakovosti okolja v Zgornji Mežiški dolini. Cilji programa so zmanjšanje vrednosti Pb, Zn in Cd v tleh na saniranih območjih pod dovoljene vrednosti (Ur. l. RS, št. 68/1996); zmanjšanje vrednosti Pb v krvi otrok pod vrednost 100 µg/l v vsaj 95% primerov; omejiti odlaganje in širjenje toksičnih snovi v okolje in prebivalcem Zg. Mežiške doline zagotoviti razmere za življenje v zdravem, varnem in humanem okolju (Švab, 2010).

Ukrepi sanacije se delijo na dve skupini. Prva skupina ukrepov zajema preprečevanje vnosa onesnažil v prehransko verigo, zmanjšanje vnosa onesnažil preko dihalnih poti in obveščanje in ozaveščanje prebivalcev o virih strupenih kovin in načinu zmanjšanja njihovega vnosa v telo, ter o varni in o varovalni prehrani. Skupna vrednost teh ukrepov je 13.400.000 EUR, v to pa še ni všteta sanacija vodnega vira v višini cca. 2.000.000 EUR.

Drugi del sanacije je zdravstveni del, ki zajema spremljanje zdravstvenega stanja od otrok v starosti 0 – 72 mesecev in 9 let predvsem na področju vsebnosti svinca v krvi ter svetovanje in podajanje navodil o zmanjšanem vnosu svinca. Ocenjena vrednost tega ukrepa je 1.000.000 EUR v leti 2007/2022.

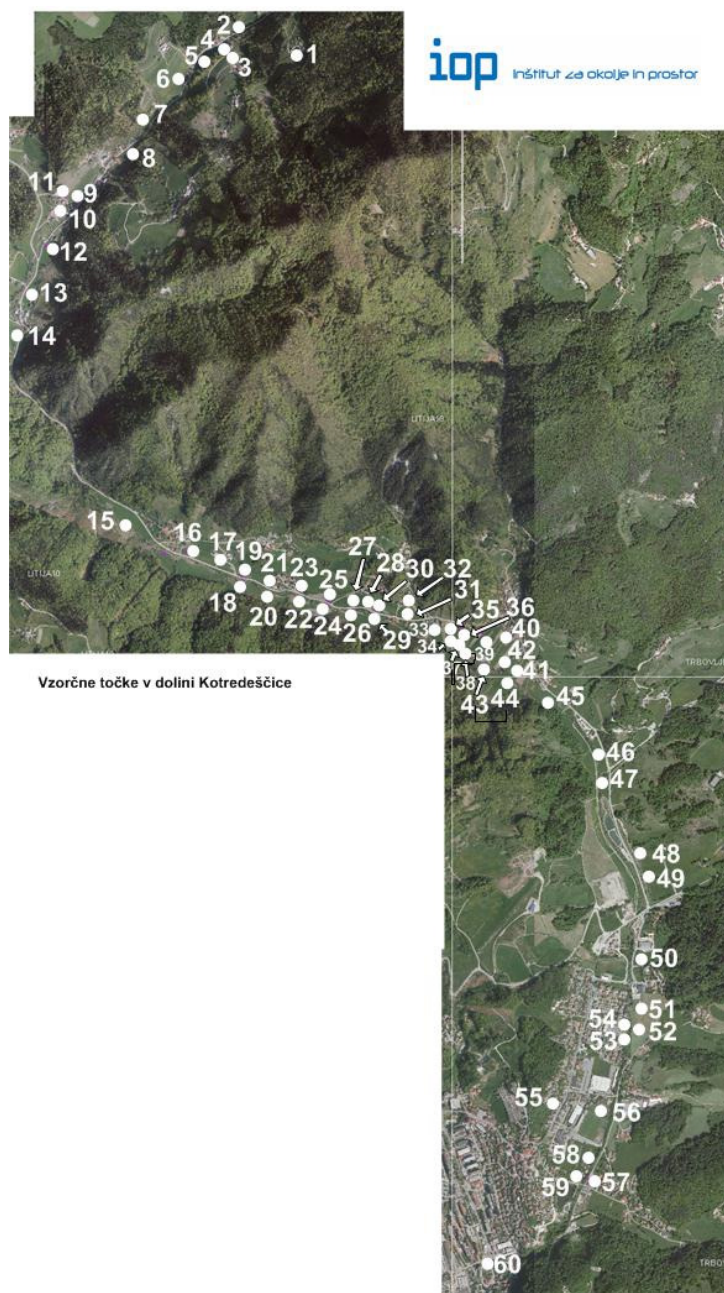
Tudi v Celju je, kot posledica dolgega intenzivnega onesnaževanja, okolje onesnaženo s težkimi kovinami in drugimi onesnažili. V želji zagotoviti prebivalcem Celjske kotline varno in čisto okolje in rešiti dolgotrajen problem okoljskih bremen je skupina strokovnjakov z različnih področij (tla, voda, zdravje ljudi, itd..) pod vodstvom doc. dr. Cvetke Ribarič-Lasnik izvedla projekt "Onesnaženost okolja in naravni viri kot omejitveni dejavnik trajnostnega razvoja-modelni pristop na primeru Celjske kotline".

V projektu so zajeti podatki o vseh vidikih onesnaženosti okolja, pregled sanacijskih ukrepov in predlog ukrepov za izboljšanje stanja v okolju in kvalitetnejše življenje prebivalcev v Celjski kotlini. Izdelan je model sanacije na degradiranih območjih in pripravljen osnutek predloga zakonskega akta, ki bo podlaga za predlog Zakona za sanaciji onesnaženega območja v Celjski kotlini.

3 OPIS DELA

3.1 Vzorčenje

Vzorce smo odvzeli na območju Kotredeža na vplivnem območju potoka Kotredeščica, poleg območja, ki je bilo poplavljeno v času katastrofalnih poplav septembra 2010, in tudi vzdolž struge, kjer je obstajal sum onesnaženosti s težkimi kovinami. Lokacije vzorčnih točk je določil naročnik, občina Zagorje ob Savi (Slika 1).



Slika 1: Vzorčne točke

Vzorčenje je bilo opravljeno 31.7.2012 in 1.8.2012 v suhem vremenu. Na vsaki, predhodno določeni točki, smo vzorčili zemljino (prst) na globini 15-20 cm. Vzorce smo shranjevali v plastične vrečke (zavezane in označene). Vzorčili smo s kovinsko lopato, ki smo jo spirali z destilirano vodo (Slika 2).

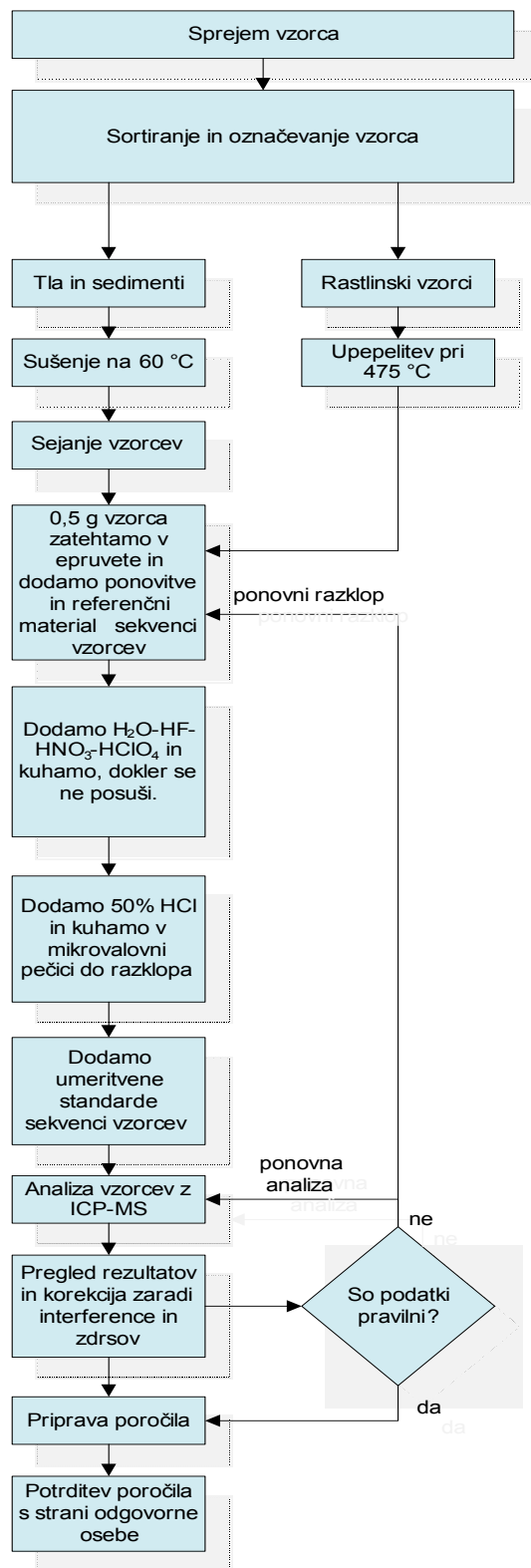


Slika 2: Vzorčenje tal

3.2 Priprava vzorcev tal

V laboratoriju smo iz vzorcev odstranili korenine, nadzemne dele, steklo, gramoz in večje delce. Vzorce smo sušili pri 35° C v papirnatih vrečkah.

1 g vzorca, zmletga v ahatnem mlinu in presejanega na situ z odprtinami velikosti 0,125 mm, je predstavljal material za kemično analizo vsebnosti 36 elementov po postopku razklopa s štirimi kislinami in določitev vsebnosti z ICP-MS metodo v laboratorijih družbe ACME Analytical Laboratories Vancouver, Kanada (ACME, 2010) (Slika 3).



Slika 3: Postopek analize 4-kislinskega razklopa.

4 REZULTATI

Vsebnost težkih kovin smo določili v skupno 60 vzorcih tal in opravili meritev težkih kovin. Rezultate talnih vzorcev smo primerjali z Uredbo o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (Ur. l. RS 68/96), ki določa mejne, opozorilne in kritične imisijske vrednosti nevarnih snovi v tleh (Preglednica 2).

Preglednica 2: Imisijske vrednosti kovin v tleh (mg/kg suhih tal) povzete po veljavnem predpisu (Ur. l. RS 68/96).

Uradni list RS 68/96	Cd (mg/kg)	Mo (mg/kg)	Pb (mg/kg)	As (mg/kg)	Hg (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Co (mg/kg)	Cr (mg/kg)
Mejna imisijska vrednost (MIV)	1	10	85	20	0,8	200	60	50	20	100
Opozorilna imisijska vrednost (OIV)	2	40	100	30	2	300	100	70	50	150
Kritična imisijska vrednost (KIV)	12	200	530	55	10	720	300	210	240	380

Mejna imisijska vrednost pomeni gostoto posamezne nevarne snovi v tleh, ki pomeni takšno obremenitev tal, da se zagotavljajo življenjske razmere za rastline in živali, in pri katerih se ne poslabšuje kakovost podtalnice ter rodovitnost tal. Pri tej vrednosti so učinki ali vplivi na zdravje človeka ali okolja še sprejemljivi (Ur. l. RS 68/96).

Opozorilna imisijska vrednost pomeni gostoto posamezne nevarne snovi v tleh, ki pomeni pri določenih vrstah rabe tal verjetnost škodljivih učinkov ali vplivov na zdravje človeka ali okolja (Ur. l. RS 68/96).

Kritična imisijska vrednost pomeni določeno koncentracijo nevarnih snovi, pri katerih se tla smatrajo za onesnažena. Zaradi onesnaženja degradirana tla ogrožajo človeka in njegovo življenjsko okolje ali z njim neposredno povezano naravno okolje. Tako onesnažena tla niso primerna za pridelavo rastlin, namenjenih prehrani ljudi in živali in za zadrževanje ali filtriranje padavinske vode. Pri tej vrednosti se izvajajo ukrepi spremembe rabe tal in ukrepi sanacije zaradi onesnaženja degradiranih tal (Ur. l. RS 68/96).

Vsebnosti težkih kovin po posameznih vzorcih so prikazane v Prilogi 1.

Vsebnosti kadmija v vzorcih so med 0,4 mg/kg – 1,8 mg/kg, svinca med 5 mg/kg - 75 mg/kg, cinka med 2 mg/kg - 248 mg/kg, As med <5 mg/kg – 155 mg/kg, niklja med 2 mg/kg – 75 mg/kg suhe snovi in bakra med 2 mg/kg – 101 mg/kg suhe snovi.

Glede na Uredbo o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (Ur. l. RS 68/96) vsebnosti bakra (Cu) na eni lokaciji (87 mg/kg suhe snovi) presega mejno imisijsko vrednost in eni lokaciji (101 mg/kg suhe snovi) opozorilno imisijsko vrednost (Priloga 4). Vsebnosti cinka (Zn) na eni lokaciji (248 mg/kg suhe snovi) presegajo mejno imisijsko vrednost (Priloga 3). Vsebnosti niklja (Ni) na dveh lokacijah (53 in 59 mg/kg suhe snovi) presegajo mejno imisijsko vrednost in na dveh lokacijah (72 in 75 mg/kg suhe snovi) presegajo opozorilno imisijsko vrednost. Vsebnosti kobalta (Co) na eni lokaciji (20 mg/kg suhe snovi) n presegajo imisijsko vrednost. Vsebnosti kadmija (Cd) na osemnajstih mestih presegajo mejno imisijsko vrednost (Priloga 5). Vsebnosti arzena (As) na šestih lokacijah (20-25 mg/kg suhe snovi) dosegajo ali presegajo mejno imisijsko vrednost, na dvajsetih lokacijah (30-54 mg/kg suhe snovi) presegajo opozorilno vrednost in na sedemnajstih lokacijah dosegajo ali presegajo kritično imisijsko vrednost (Priloga 2).

Po veljavnih slovenskih normativih (Ur. l. RS 68/96) so tla, kjer so prekoračene kritične imisijske vrednosti, neprimerna za pridelavo rastlin, namenjenih prehrani ljudi in živali. Ob preseganju opozorilnih vrednosti je potrebna omejitev rabe tal zaradi verjetnosti škodljivih učinkov ali vplivov na zdravje človeka. Ob doseganju mejnih imisijskih vrednosti pa so učinki ali vplivi na zdravje človeka še sprejemljivi.

5 SANACIJSKI PROGRAM

5.1 Strokovna izhodišča za ukrepe

Glavni vir onesnaženost tal v občini Zagorje ob Savi so emisije iz industrijske proizvodnje, energetike, prometa, kmetijstva in odlaganje odpadkov (Kotnik in sod., 2012). V okviru raziskav onesnaženosti tal v Sloveniji (Nacionalni program varstva okolja (NPVO) in Resolucija o nacionalnem programu varstva okolja (ReNPVO), ki jih za MOP-ARSO izvaja Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo – Center za pedologijo in varstvo okolja, na območju občine Zagorje ob Savi v letu 1999 večina merjenih parametrov (cink (Zn), svinec (Pb), molibden (Mo), živo srebro (Hg), baker (Cu), krom (Cr), kobald (Co), krom (Cr)) ni preseгла mejne vrednosti, arzen (As), kadmij (Cd), nikelj (Ni) in fluoridi (F) pa so na nekaterih lokacijah to vrednost preseгли.

V poplavah 2010 je voda naplavila iz rudnika Znojile naplavine, posledica česar je onesnaženost tal s težkimi kovinami.

Rezultati opravljene raziskave kažejo, da so tla onesnažena predvsem z arzenom, omejujoč faktor pa so tudi povišane vsebnosti bakra, niklja, kobalta, cinka in kadmija. Najbolj zaskrbljujoča je visoka onesnaženost z arzenom, saj, je na lokaciji, najbolj onesnaženi z arzenom, kritična imisijska vrednost 55 mg/kg (Ur. l. RS 68/96) prekoračena za faktor 3 (Priloga 1).

Arzen (As) je v obliki arzenita bolj fitotoksičen kot v obliki arzenata. Zaskrbljujoč je predvsem sprejem As v kulturne rastline in prehajanje preko prehranjevalne verige do ljudi. Glede na to, da **je arzen za ljudi močan strup, z mutagenim, teratogenim in kancerogenim učinkovanjem**, so za zaščito zdravja ljudi potrebni posebni predpisi in nadzor. Določene so maksimalne koncentracije As, ki smejo biti v delovnih prostorih, ter dnevni vnosi As preko prebavnega trakta. V ta namen so predpisane tudi zgornje dopustne vrednosti As v posameznih živilih. V ZDA vsebnost As v **zelenjavi ne sme presežati 0,2 mg As/kg**. (Seiler in Sigel, 1987). V prejšnji državi je bil v veljavi predpis iz leta 1983, ki je dovoljeval maksimalno vsebnost 1 mg As/kg v suhi zelenjavi (Ur. l. SFRJ 1983).

Arzen prehaja v rastline pasivno (z difuzijo), kar pomeni, da gre za spontan transport po gradientu kemičnega potenciala. Ni poznan kot esencialen element. Prenaša se do različnih delov rastline, najpogosteje pa ga najdemo v starih listih in koreninah. Vsebnost As v rastlinah ni vedno v korelaciji z vsebnostjo As v tleh. Ob nizki vsebnosti fosfatov se namreč sprejem in fitotoksičnost As povečuje (Farago, 1994). Podobno se dogaja ob redukcijskih procesih v tleh, ko pride do sproščanja topnih oblik As iz Al in Fe oksidov, kjer so As oblike sicer močno vezane. Mobilnost As pa se bistveno zmanjša ob prisotnosti organskih snovi in gline (Markert, 1993). Po podatkih iz literature koncentracije As v rastlinah iz neonesnaženih predelov nihajo od 0,009 mg/kg v

plodovih, do 1,5 mg/kg v listnati zelenjavi. Povprečne vsebnosti As v zelenjavi se gibljejo za solato od 0,02 - 0,25 mg/kg, pri zelju med 0,02 - 0,05 mg/kg in pri korenju 0,04 - 0,08 mg/kg na suho težo. Vrednosti As v krmi se gibljejo za detelje od 0,02 - 0,16 mg/kg, ter pri travah 0,28 - 0,33 mg/kg na suho težo (Kabata - Pendias / Pendias, 1984).

5.2 Opredelite ciljev in ukrepov

Osnovna cilja sanacijskega programa sta:

- Zmanjšati onesnaženost tal in
- preprečevanje prehoda onesnažil iz tal v prehransko verigo in v organizme.

Preglednica 3: Cilji in ukrepi sanacijskega programa

Področje	Cilj	Ukrepi
Onesnaženost tal	Zmanjšati onesnaženost	Uporaba ukrepov zmanjšanja onesnaženosti tal; izdelava baze podatkov in svetovanje kmetom in občanom pri pridelavi hrane.
Kmetijska zemljišča	Ohranjanje obsega kmetijskih površin in rodovitnosti tal, omejevanje in preprečevanje njihove degradacije ter zmanjševanje onesnaženosti tal.	izboljšanje znanja kmetovalcev na področju varovanja tal, spodbujanje sonaravnega kmetovanja, spremljanje obremenjenosti tal, pridelkov, krme spremljanje rodovitnosti in onesnaženosti tal ter pridelkov, kontrolirati vnos gnojil in substratov v tla ter uporabo FFS tudi z vidika vnašanja onesnažil in dosledno upoštevanje predpisov.

5.3 Izbor prednostne variante reševanja problemov

Pri predlogu in izbiri sanacijskih ukrepov je potrebno upoštevati stopnjo onesnaženosti območja in rabo tal. Nevarnost prehajanja potencialno nevarnih snovi iz tal v človekov organizem je namreč specifična glede rabe tal. Glavne poti prenosa kovin iz tal v človekov organizem so:

- 1) preko hrane pridelane na onesnaženih območjih;
- 2) direktno z vdihovanjem finih talnih delcev v zraku;
- 3) z zaužitjem preko umazanih rok.

Katera pot prevladuje, je odvisno od rabe tal. V preglednici 4 navajamo možne poti vnosa nevarnih snovi iz onesnaženih tal v človeka za posamezno rabo tal. S sanacijskimi oziroma remediacijskimi ukrepi moramo preprečevati oziroma čim bolj zmanjšati vse možne poti kovin v človeka.

Preglednica 4: Možne poti prehajanja kovin iz tal v človeka pri različnih rabah tal.

RABA TAL	Možne poti prehajanja kovin v človeka
Urbana	
parki	- prašenje tal v suhem vremenu, vdihovanje prašnih talnih delcev.
otročka igrišča	- prašenje tal v suhem vremenu, vdihovanje prašnih talnih delcev; - zaužitje talnih delcev preko umazanih rok.
vrtovi ob hišah	- prašenje tal v suhem vremenu, vdihovanje prašnih talnih delcev; - zaužitje talnih delcev preko umazanih rok; - vnos kovin preko pridelanih vrtnin.
Kmetijska	- prašenje tal v suhem vremenu, vdihovanje prašnih talnih delcev; - vnos kovin preko pridelanih rastlin (hrana, krma).
Industrijska	
močno kontaminirana območja	- prašenje tal v suhem vremenu, vdihovanje prašnih talnih delcev; - spiranje skozi tla v nižje horizonte in podtalnico - površinska erozija onesnaženih tal v vodotoke
deponije	- prašenje tal v suhem vremenu, vdihovanje prašnih talnih delcev; - spiranje skozi tla v nižje horizonte in podtalnico; - površinska erozija onesnaženih tal v vodotoke; - izluževanje strupenih snovi in odtekanje odcednih vod v sosednje ekosisteme (potoke, ...)

5.4 Sanacijski ukrepi za kmetijsko rabo tal na onesnaženih območjih - Preprečevanje vnosa kovin v prehranjevalno verigo

Na področju pridelave hrane moramo upoštevati tako Uredbo o mejnih, opozorilnih in kritičnih vrednostih nevarnih snovi v tleh (Ur.l. RS 68/96), kot priporočila o izboru rastlin za gojenje.

Glede na priporočila, ki jih je pripravil mag. Marko Zupan z Biotehniške fakultete (Ribarič-Lasnik in sod., 2012), če vsebnost kovin v tleh ne presega mejne vrednosti, je raba tal praviloma neomejena, pri čemer pa se ne izključuje možnosti kontaminacije rastlin z onesnaževanjem preko zraka ali vode za zalivanje oziroma pripravki, ki jih uporabljamo na vrtu (gnojila, sredstva za varstvo rastlin).

Če je koncentracija težkih v tleh med mejno in opozorilno imisijsko vrednostjo, je vsebnost v rastlinskem tkivu lahko povečana, zlasti v užitnih delih rastlin iz prve in druge skupine v preglednici 5, vendar se ne pričakuje, da bi vrednosti v užitnem rastlinskem tkivu dosegale ali presegle normativne vrednosti za rastline.

Preglednica 5: Splošni sprejem težkih kovin v rastline

Visok sprejem (1)	Srednji sprejem (2)	Nizek sprejem (3)	Zelo nizek sprejem (4)
solata	ohrovt	zelje	fižol
špinača	pesa	koruza	grah
artičoka	repa	brstični ohrovt	kumare
endivija	redkvica	cvetača	paradižnik
kreša	ogrščica	zelena	paprika
repa	krompir	jagodičevje	sadje
korenje	čebula		bučke
	pšenica		

Koncentracija med opozorilno in kritično vrednostjo pomeni večjo verjetnost, da bo vsebnost težkih kovin, predvsem kadmija in arzena v užitnih delih rastlin povečana, zlasti rastlin iz prve in druge skupine preglednice 4. Za to območje se ne priporoča gojenja rastlin, pri katerih je užitni del koren ali list (skupini 1 in 2 iz preglednice 4), ker velja za njih večja verjetnost za vsebnost prekomernih količin kovin. Priporoča se le gojitev večine plodovk in stročnic ter drevesno sadje.

V kolikor koncentracija težkih kovin v tleh presegajo kritično vrednost, se odsvetuje gojenje užitnih rastlin na vrtovih in drugih kmetijskih površinah, kar je tudi v skladu z zakonodajo (Ur. l RS. 68/96).

Na lokacijah, kjer so vsebnosti težkih kovin povečane, **priporočamo občasno analizo rastlin**, saj je sprejem v rastline odvisen tudi od mikrolokalnih dejavnikov (lastnosti tal, vremenske razmere, uporaba specialnih tehnologij,...). Tu se upoštevata Pravilnik o onesnaževalcih v živilih (2003) in Pravilnik o pogojih za zagotavljanje varnosti krme (2006).

Pravilnik o onesnaževalcih v živilih (2003) ureja onesnaževalce (kontaminante) v živilih in določa zgornje mejne vrednosti posameznih onesnaževalcev v užitem delu živil, zaradi zaščite javnega zdravja in zdravja posameznika. Iz Preglednice 6 je razvidno, da v živilih rastlinskega izvora vsebnosti svinca ne smejo presegati 0,3 mg/kg sveže snovi, vsebnosti kadmija pa ne smejo presegati 0,2 mg/kg sveže snovi.

Preglednica 6: Največje dovoljene vsebnosti onesnažil v živilih rastlinskega izvora, pripravljeno po Pravilniku o onesnaževalcih v živilih (2003).

Živilo	Zgornja mejna vrednost (mg/kg)
Svinec (Pb)	
žita (vključno z ajdo), stročnice in zrna stročnic	0,2
zelenjava, razen kapusnic, listnate zelenjave in gojenih gob. Pri krompirju velja ZMV za olupljeni krompir	0,1
kapusnice, listnata zelenjava in gojene gobe	0,3
sadje, razen jagodičja in drobnega sadja	0,1
jagodičje in drobno sadje	0,2
sadni sokovi, zgoščeni sadni sokovi (za neposredno uporabo) in sadni nektarji	0,05
vina (vključno s penečimi vini, razen likerskih vin), aromatizirana vina, aromatizirane pijače na osnovi vina in aromatizirani vinski koktajli, ter jabolčni mošt, hruškov mošt in sadna vina.	0,2
Kadmij (Cd)	
žita, razen otrobov, kalčkov, pšeničnih zrn in riža	0,1
otrobi, kalčki, pšenična zrna in riž	0,2
soja	0,2
zelenjava in sadje, razen listnate zelenjave, svežih zelišč, gojenih gob, stebelne zelenjave, korenovk in krompirja	0,05
listnata zelenjava, sveža zelišča, gomoljna zelena in gojene gobe	0,2
stebelna zelenjava, korenovke, razen gomoljne zelene in krompir Pri krompirju velja ZMV za olupljeni krompir.	0,1

Pravilnik o pogojih za zagotavljanje varnosti krme (2006) »določa pogoje, ki jih mora krma glede na namen uporabe izpolnjevati za dajanje na trg, uporabo in uvoz na teritorij Evropske unije (v nadaljnjem besedilu: teritorij EU) in nezaželene snovi v krmi v skladu EU zakonodajo«. Tako določa (Preglednica 7), da v krmi z 12% vlago vsebnosti arzena ne smejo presegati 4 mg/kg, svinca ne smejo presegati 30 mg/kg suhe snovi, kadmija pa 5 mg/kg suhe snovi.

Preglednica 7: Največje dovoljene vsebnosti onesnažil v krmi, prirejeno po Pravilniku o pogojih za zagotavljanje varnosti krme (2006).

Nezaželene snovi	Proizvodi, namenjeni za živalsko krmo	Največja vsebnost v mg/kg (ppm) pri krmi z 12-odstotno vsebnostjo vlage
Arzen	Posamična krmila, razen:	2
	- moke, pridobljene iz trave, posušene lucerne in posušene detelje, ter posušenih pesnih rezancev in posušenih melasiranih pesnih rezancev	4
	Popolne krmne mešanice	2
	Dopolnilne krmne mešanice	4
Svinec	Posamična krmila, razen:	10
	- zelene krme*	30
	Dopolnilne krmne mešanice, z izjemo:	20
	Popolne krmne mešanice	5
Kadmij	Posamična krmila rastlinskega izvora	1
	Popolne krmne mešanice za govedo, ovce in koze ter krma za ribe, razen:	1
	- popolnih krmnih mešanic za hišne živali	2
	- popolnih krmnih mešanic za teleta,	0,5

*Zelena krma vključuje proizvode, namenjene živalski krmi, kot so seno, silaža, sveža trava ipd. ...

Na zelo onesnaženih površinah je možna pridelava energetskih ali okrasnih rastlin, torej rastlin, ki niso namenjene uživanju, pri čemer pa moramo v največji meri preprečiti prašenje talnih delcev. Pri pridelavi energetskih rastlin je potrebno pripraviti študijo, iz katere je razvidna vsebnost kovin v tkivih in poti porabe različnih rastlinskih ostankov.

Težke kovine se preko prehranjevanja akumulirajo v tkivih živali in z uživanjem mesa lahko kovine preidejo tudi v človeka. Kot je razvidno iz preglednice 8, v živilih živalskega izvora vsebnosti svinca ne smejo presegati 0,5 mg/kg sveže snovi, vsebnosti kadmija pa ne smejo presegati 1,0 mg/kg sveže snovi.

Preglednica 8: Največje dovoljene vsebnosti onesnažil v živilih živalskega izvora, pripravljeno po Pravilniku o onesnaževalcih v živilih (2003).

Živilo	Zgornja mejna vrednost (mg/kg)
Svinec (Pb)	
kravje mleko (surovo mleko, mleko za izdelavo mlečnih izdelkov in toplotno obdelano mleko)	0,02
meso govedi, ovac, svinj in perutnine, razen drobovine	0,1
užitna drobovina govedi, ovac, svinj in perutnine	0,5
Kadmij (Cd)	
meso govedi, ovac, svinj in perutnine, razen drobovine	0,05
Konjsko meso	0,2
jetra govedi, ovac, svinj in perutnine	0,5
ledvice govedi, ovac, svinj in perutnine mišičnina	1,0

Za določitev onesnaženosti živil živalskega izvora na obravnavanem območju (prosto pasočih živali in živali, ki se hranijo s krmo s tega območja) je potrebno izvesti nadaljnje analize mesa in mleka, ki bodo pokazale vsebnosti v živilih in na osnovi katerih bo možno oceniti, kakšno je tveganje.

5.5 Ukrepi za zmanjševanje prašenja pri kmetijski pridelavi na onesnaženem območju

Kmetijska pridelava je povezana tudi z emisijami prašnih talnih delcev, ki na onesnaženem območju vsebujejo tudi potencialno toksične snovi, npr. kovine. Emisije prašnih talnih delcev so zlasti velike, če tla obdelujemo (oranje in predsetvena obdelava) v suhem in vetrovnem vremenu in če puščamo površine več mesecev gole (po spravilu pridelkov). Prašenje oziroma količino emisij talnih delcev v zraku 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.

5.6 Priporočila za zaprte in polodprte prostore v onesnaženem okolju

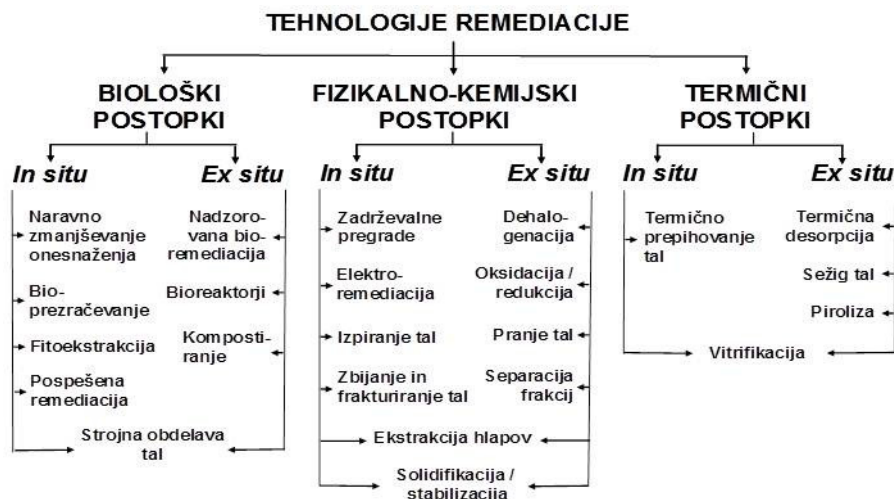
Po raziskavah Geološkega zavoda Slovenije (Žibret, 2010), predstavlja določeno tveganje za zdravje ljudi tudi hišni (stanovanjski) in podstrešni prah.

Hišni (stanovanjski) prah predstavlja potencialno nevarnost za zdravje ljudi. V hiše pride preko onesnaženega zunanjega zraka, z vnosom prahu in blata s čevlji, nezanimljivo pa je tudi vpliv hišnih ljubljencev, predvsem mačk in psov, ki se gibljejo znotraj in zunaj stavb. Najbolj učinkovito stanovanjski prah odstranimo z vodnimi sesalci, pomembno pa je tudi brisanje prahu z mokrimi krpami in redno sesanje postelj in tekstilnega pohištva, pravilno prezračevanje in čiščenje balkonov in teras, čiščenje in redna zamenjava predpražnikov.

5.7 Remediacija onesnaženih tal

Remediacija tal je edini ukrep, ki prepreči prenos onesnažil po drugih elementih okolja.

Med vsemi onesnažili predstavljajo potencialno nevarne kovine (npr. tako imenovane težke kovine) največji problem in tveganje, predvsem zaradi njihove obstojnosti v okolju. Remediacije tal so tehnološki postopki, ki privedejo do zmanjšanja koncentracije ali dostopnosti onesnažil v tleh in okolju do ravni, ko postane tveganje za ljudi in okolje sprejemljivo. Tehnologije remediacije tal delimo na biološke, fizikalno-kemijske, termične postopke (Slika 4) in pa kombinirane postopke in jih lahko izvajamo na mestu onesnaženja (in situ) ali po izkopu (ex situ) (Leštan, 2010).



Slika 4: Tehnologije remediacije tal

Naslednje metode so poznane za remediacijo s polkovino arzenom in kovinami onesnaženih tal: solidifikacija/ stabilizacija (S/S), vitrifikacija, pranje tal/ekstrakcija s kislinami, in situ izpiranje tal, elektrokinetična obdelava tal, fitoremedicija, biološka obdelava tal.

Remediacija s kovinami onesnaženih tal zajema bodisi postopke s katerimi zmanjšamo dosegljivost in mobilnost kovin:

- višanje pH tal (apnenje),
- dodajanje absorbentov (npr. gline) in netopnih soli (npr. fosfatov),
- vitrifikacija (zastekljevanje tal kot posledica visokih temperatur),
- stabilizacija s hidravličnimi vezivi (cement);

in pa postopke, pri katerih kovine iz tal odstranjujemo:

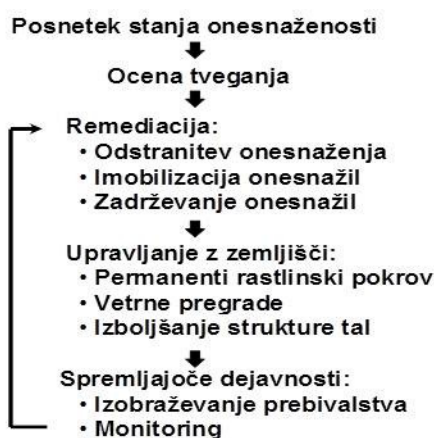
- separacija drobnih, pogosto bolj onesnaženih frakcij tal (flotacija, separacija v hidrociklonu),
- fitoekstrakcija (črpanje kovin iz tal z rastlinami),
- pranje tal s raztopinami soli, detergenti, kislinami ali kovinskimi ligandi.

Za dokončno remediacijo onesnažene zemljine je potrebno izvesti naslednje ukrepe:

- analiza lastnosti zemljine in onesnažil, geofizikalne in geološke in geografske značilnosti območja, predvideno rabo območja, predvidena razpoložljiva finančna sredstva za pripravo izbora potencialnih tehnologij remediacije in ,
- izvedba testov izvedljivosti izbranih tehnologij, ki povedo, kakšen je remediacijski učinek posamezne izbrane tehnologije,

- izdelava načrta sanacije s finančnim ovrednotenjem, ki omogoča pridobitev finančnih sredstev iz kohezijskih skladov nove finančne perspektive,
- pridobitev finančnih sredstev za izvedbo remediacije,
- izvedba remediacije,
- poremediacijski ukrepi.

Posopki remediacije so samo del postopkov, ki so potrebni pri sanaciji onesnaženih zemljišč (Slika 5), vendar praviloma predstavljajo tehnično in finančno največji vložek, ter so zato za samo izvedbo sanacije zemljišča pogosto odločilni (Leštan, 2010).



Slika 5: Postopki sanacije onesnaženih zemljišč

Odločitev o remediaciji temelji na oceni tveganja onesnaženja za ljudi in okolje. Izbira primerne postopka remediacije pa je odvisna od lastnosti, koncentracije, dostopnosti in mobilnosti onesnažil, lastnosti tal oz. zemljine, rabe zemljišča, ter razpoložljivosti finančnih in tehničnih možnosti. Pred samo remediacijo zemljišča v polnem obsegu, je potrebno učinkovitost in doseganje ciljev remediacije preveriti z laboratorijskimi in pilotnimi raziskavami. Cilj remediacije je zmanjšanje tveganja onesnaženja za ljudi in okolje. Te cilje lahko oblikujemo glede na zahteve zakonodaje in glede na rezultate meritev, ki jih pozna in priznava stroka kot primerne za oceno tveganja (Leštan, 2010).

6 ZAKLJUČKI IN PREDLOGI UKREPOV

- Glede na Uredbo mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (Ur. l. RS 68/96) vsebnosti bakra, cinka, niklja, kobalta in arzena presegajo opozorilno imisijsko vrednost.
- Najbolj problematičen je arzen, saj vsebnosti na šestih lokacijah dosega ali presegajo mejno imisijsko vrednost, na dvajsetih lokacijah presegajo opozorilno vrednost in na sedemnajstih lokacijah dosega ali presegajo kritično imisijsko vrednost.
- Predlagamo, da se o stanju nemudoma obvesti prebivalce območja, skupaj z že pripravljenimi ukrepi in navodili o ravnanju za zmanjšanje vpliva onesnaženosti, vključno z začasno prepovedjo rabe travinja oz pridelkov pridelanih na območju s preseženo kritično vrednostjo. Predlagamo izvedbo izobraževalnih delavnic na temo rabe tal in izdajo zloženke z opisom problematike in predlaganih ukrepov.
- Potrebno bo poiskati sredstva za izvedbo ocene prenosa onesnažil iz tal v druge elemente okolja, od izpiranja do vnosa v rastline in naprej po prehranjevalni verigi, rezultati katere bodo pokazali, ali je potrebno in do katere mere je potrebno upoštevati predvidene ukrepe.
- Dokler se ne izvedejo dodatne analize, priporočamo upoštevanje pravila, da če so vsebnosti v tleh povečane, so lahko vsebnosti v rastlinskem tkivu povečane. V kolikor vsebnosti v tleh presegajo kritično vrednost, se odsvetuje gojenje užitnih rastlin na teh površinah. Na splošno priporočamo gojenje živil glede na preglednico 5.
- Kmetijska pridelava je povezana tudi z emisijami prašnih delcev. Na močno onesnaženih površinah priporočamo sistem minimalne oziroma ohranitvene obdelave tal.
- Na zelo onesnaženih površinah je možna pridelava energetskih in okrasnih rastlin, kjer pa je potrebno vsebnost kovin v tkivih in rastlinskih ostankih še preučiti.

7 Viri

- Farago E. M. 1994. Plants and the Chemical Elements. VCH Verlagsgesellschaft, Germany.
- Kabata-Pendias A., Pendias H., 2001. Trace elements in soils and plants. 3rd edition. CRC Press LLC, Boca Raton, Florida: 413 str.
- Kotnik K., Pavšek Z., Šterbenk E., Kopušar N., Savinek K., Mazej K., Biennelli Kalpic A., Zorko V. 2012. Občinski program varstva okolja za občino Zagorje ob Savi. Končno poročilo.
- Kugonič N., 2009. Privzem kovin pri izbranih rastlinskih vrstah na območjih obremenjenih z energetsko in topilniško dejavnostjo. dr. disertacija. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta.
- Leštan D. 2010. Remediacija zemljine na območju stare Cinkarne v Celju. V: Ribarič – Lasnik C., Lakota M..2010. Onesnaženost okolja in naravni viri kot omejitveni dejavniki razvoja v Sloveniji - modelni pristop za degradirana področja. Zbornik 1. Konference.
- Lobnik F., Zupan M., Hudnik V., Vidic N. J., 1994. Soil and plant pollution case study in industrial areas of Slovenia, Biogeochemistry of trace elements. A special issue of Environmental geochemistry and health, 16: 287-300
- Markert B. 1993. Plants as Biomonitors – Indicators for Heavy Metals in the Terrestrial Environment. Weinheim, New York, Basel, Cambridge.
- Pravilnik o obratovalnem monitoringu pri vnosu nevarnih snovi in rastlinskih hranil v tla. 2006. Ur.l. RS, št. 101/2006.
- Pravilnik o onesnaževalcih v živilih. 2003. Ur.l. RS št: 69/2003: 10723-10728.
- Pravilnik o pogojih za zagotavljanje varnosti krme. 2006 Ur. l. RS št: 101/06: 10405-10416.
- Pravilnik o količinah pesticidov in drugih strupenih snovi, hormonov, antibiotikov in mikotoksinov, ki smejo biti v živilih. 1983.Ur.l. RS 59/83: s. 1634 – 1651.
- Prpić-Majić D. 1996. Istraživanje olova, kadmija i cinka u dolini rijeke Meže. Insitut za medicinska istraživanja i medicinu rada, Zagreb, 151 str.
- Ribarič Lasnik C., Grabner B., Romih N., Grčman H., Leštan D., Zupan M., Voglar G., Lakota M., Grilc V., Eržen I., Žibret G., Šajn R., Lapajne S., Uršič A., Gobec M., Uršič S. 2012. Onesnaženost okolja in naravni viri kot omejitveni dejavniki trajnostnega razvoja – modelni pristop na primeru Celjske kotline – Končno poročilo.

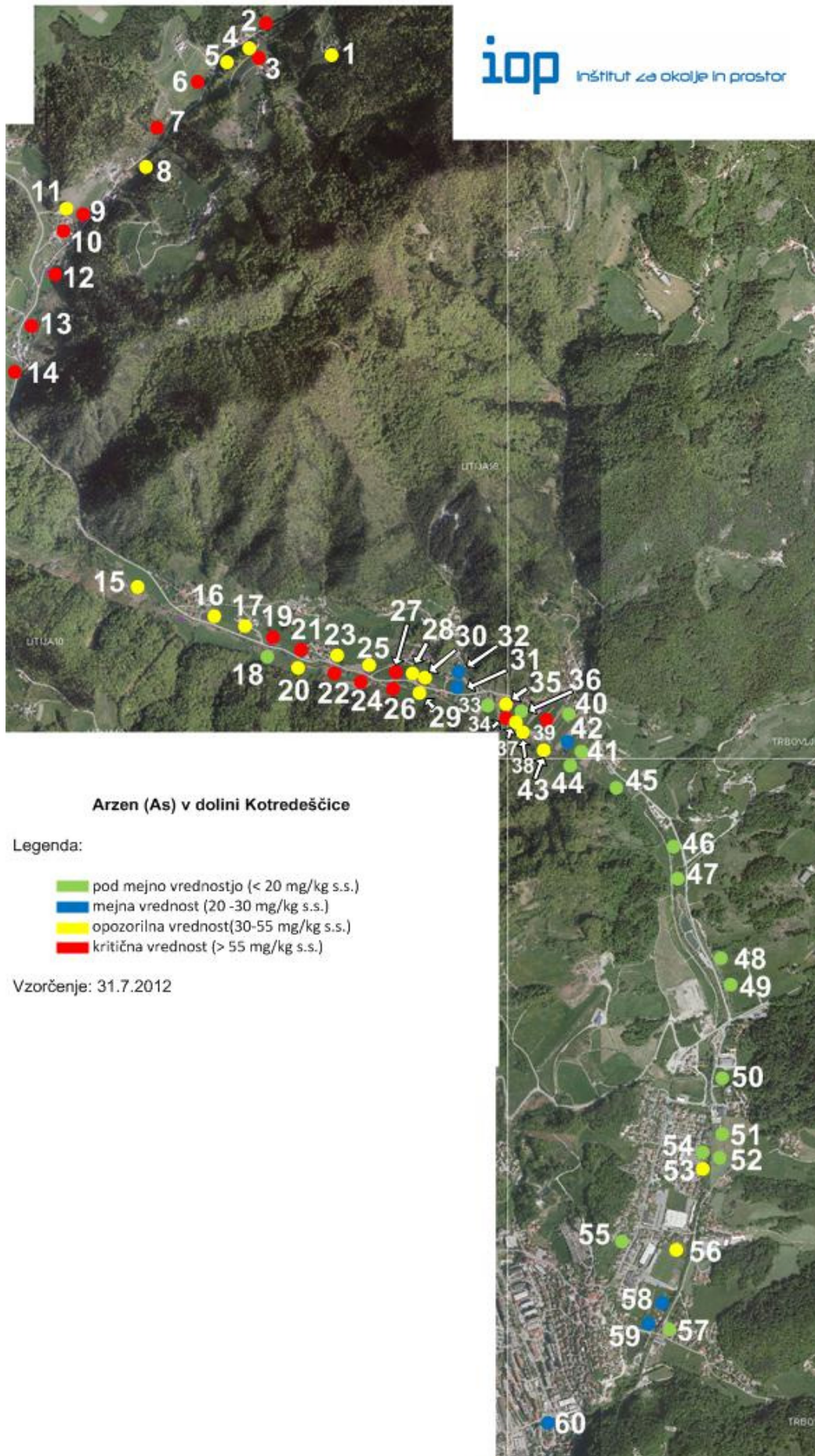
- Ribarič Lasnik, C., Eržen, I., Pokorny, B., Zaluberšek, M., Kugonič, N., Mavsar, R., Šešerko, M., Al Sayegh Petkovšek, S. 2002. Primerjalna študija onesnaženosti okolja v zgornji Mežiški dolini med stanji v letih 1989 in 2001. Final report.
- Seiler H.G./ Sigel H./ SIGEL A. 1987. Handbook on Toxicity of Inorganic Compounds, Marcel Dekker, Inc. New York, USA.
- Švab. 2010. Sanacija zgornje Mežiške doline. V: Onesnaženost okolja in naravni viri kot omejitveni dejavnik razvoja v Sloveniji-modelni pristop za degradirana območja. Ribarič Lasnik C., Lakota M. (eds.): 150-157.
- Uredba o vnosu nevarnih snovi in rastlinskih hranil v tla. 1996. Ur.l. RS, št. 68/1996.
- Uredba o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh. Ur.l. RS, št. 68/1996.
- Uršič A., Bošnjak K., Zagajšek A., Gobec M., Goličnik B. 2011. Analiza vzorcev tal in pitne vode na prisotnost arzena. Poročilo.
- Zakon o varstvu okolja. Ur.l. RS, št. 41/2004.
- Zupan M., Hudnik V., Lobnik F., Grčman H. 1996. Akumulacija kadmija, svinca in cinka v nekaterih kmetijskih rastlinah. V:1. Slovenski kongres o hrani in prehrani, Bled: 9 str.
- Žibret G. 2010. Urbani prahovi, pomen za zdravje in predlagani ukrepi za izboljšanje stanja v Celju- Urban dust, health concerns and proposed actions to improve conditions in Celje. V Lakota M. Lobnik F., Ribarič-Lasnik C. (ur.). Onesnaženost okolja in naravni viri kot omejitveni dejavnik razvoja v Sloveniji - modelni pristop za degradirana območja : zbornik 1. konference: proceedings of the 1st conference. Celje: IOP - Inštitut za okolje in prostor, str. 37-47

Priloga 1: Vsebnost težkih kovin v vzorcih

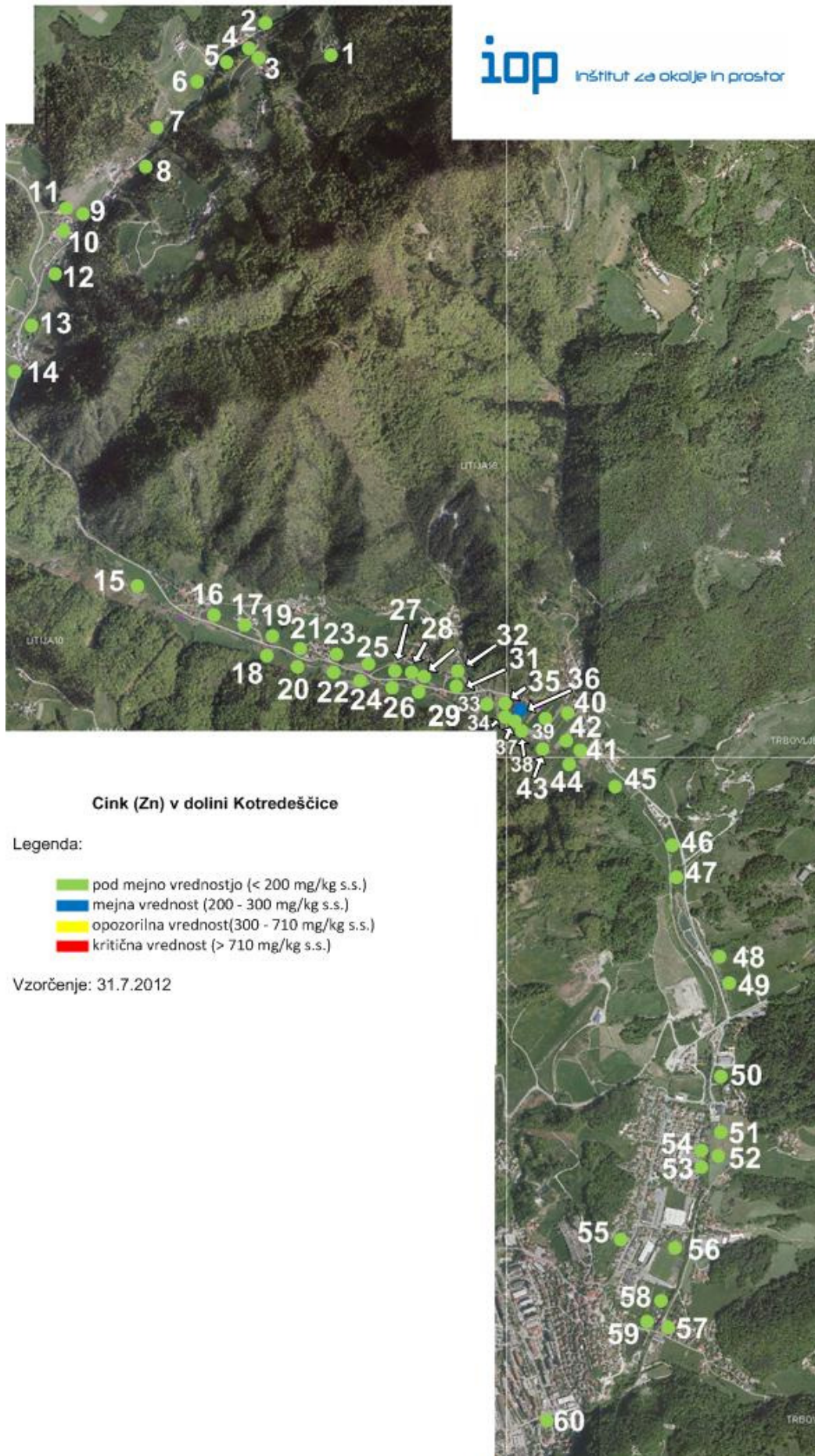
	Cd	Pb	As	Zn	Cu	Ni	Co	Mo	Cr
	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)
1	0,6	55	30	177	46	35	14	<2	71
2	<0.4	50	155	102	24	25	13	<2	61
3	<0.4	35	99	73	15	17	8	<2	56
4	0,7	52	32	136	41	75	20	5	89
5	<0.4	24	46	100	22	46	13	<2	56
6	<0.4	36	57	125	25	32	15	<2	75
7	0,7	37	62	112	25	34	14	<2	66
8	<0.4	23	31	107	22	30	14	<2	67
9	0,5	35	56	113	27	37	14	<2	64
10	0,5	35	60	120	24	32	13	<2	71
11	0,6	42	33	172	25	35	13	<2	69
12	0,8	52	58	155	27	36	14	<2	60
13	0,5	35	59	127	27	33	13	<2	58
14	<0.4	33	63	123	28	33	13	<2	57
15	<0.4	17	41	75	20	28	10	<2	40
16	0,7	42	37	134	27	30	11	<2	52
17	<0.4	32	53	115	26	35	13	<2	58
18	<0.4	24	15	85	13	23	8	<2	37
19	0,7	36	61	112	25	33	12	<2	54
20	0,8	40	35	141	25	33	12	<2	56
21	0,7	27	64	99	24	32	12	<2	54
22	<0.4	32	65	112	29	33	12	<2	53
23	0,7	33	43	105	24	36	12	<2	58
24	<0.4	26	57	106	25	30	12	<2	50
25	1,0	36	39	87	20	23	9	<2	43
26	<0.4	30	57	119	26	32	12	<2	59
27	0,5	31	59	132	32	33	12	<2	52
28	0,8	45	44	166	64	29	11	<2	51
29	0,4	35	54	112	24	31	12	<2	52
30	0,7	38	41	129	27	31	11	<2	48
31	0,5	26	24	90	17	16	6	<2	32
32	0,9	37	20	111	20	13	6	<2	29
33	1,0	57	15	154	101	24	7	<2	45
34	0,7	31	55	105	25	30	13	<2	56
35	1,4	29	32	123	36	27	10	<2	55
36	0,9	37	<5	248	14	10	4	<2	23
37	0,9	22	44	121	87	31	11	<2	54
38	0,9	19	48	91	21	29	10	<2	52
39	0,9	24	55	99	24	32	12	<2	65
40	1,8	31	9	168	32	26	7	<2	41
41	1,5	33	19	125	22	18	7	<2	38

	Cd	Pb	As	Zn	Cu	Ni	Co	Mo	Cr
	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)
42	1,2	25	25	121	22	22	9	<2	44
43	1,3	30	37	114	23	28	10	<2	54
44	0,7	18	13	115	18	23	7	<2	47
45	1,3	28	14	104	18	34	7	<2	34
46	1,2	33	14	146	24	39	9	3	66
47	1,2	33	13	99	21	37	11	3	70
48	0,8	29	8	72	10	13	6	<2	28
49	0,9	23	10	64	19	24	6	3	55
50	1,0	31	10	101	22	45	11	2	73
51	0,7	15	8	74	19	37	8	<2	53
52	1,4	43	13	186	29	59	14	<2	88
53	0,6	27	37	113	23	28	10	<2	50
54	1,3	34	5	155	27	49	11	<2	89
55	1,2	36	9	158	35	53	13	3	92
56	1,0	30	36	118	25	33	11	<2	59
57	1,6	49	18	157	32	72	26	4	105
58	1,0	29	23	119	20	27	9	<2	48
59	1,1	30	23	140	25	28	9	<2	52
60	1,1	48	22	154	22	24	7	<2	46

Priloga 2: Arzen (As) v dolini Kotredeščice



Priloga 3: Cink (Zn) v dolini Kotredešiče



Priloga 4: Baker (Cu) v dolini Kotredeščice

