



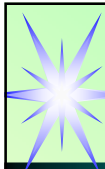
**OCENA TVEGANJA ZA VNOS
KADMIJA Z VRTNINAMI ZA
PREBIVALCE MESTNE OBČINE
CELJE, KI SAMI PRIDELUJEJO
VRTNINE**

Marko Zupan^[a]
Petra Karo Bešter^[b], Franc Lobnik^[a],
Ivan Eržen^[c],

^[a] Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana.

^[a] OIKOS, svetovanje za razvoj, Glavni trg 19, 1241 Kamnik,

^[c] Univerza v Ljubljani, Medicinska fakulteta, Vrazov trg 2, 1104 Ljubljana.



Namen raziskave

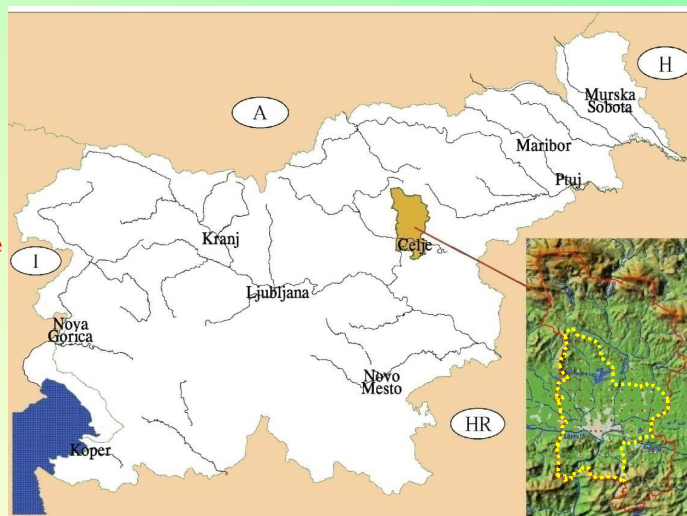
- ✓ Oceniti ali pridelava in zaužitje izbranih vrtnin predstavlja tveganje za zdravje ljudi, zaradi prekomernega vnosa kadmija (Cd).

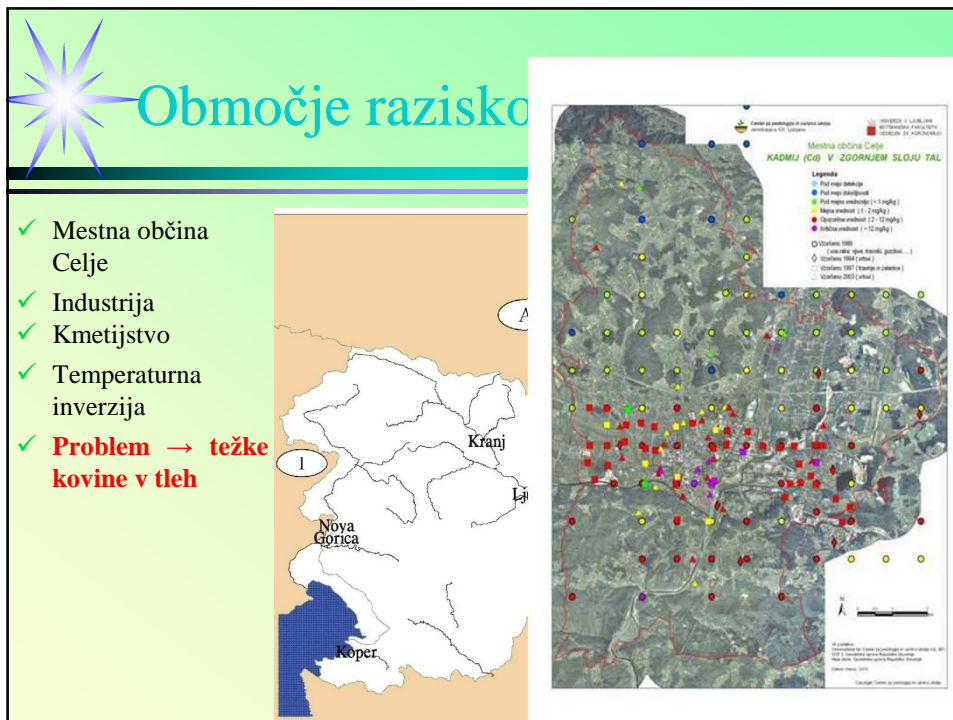
Cilji raziskave

- ✓ pridobitev informacij o pridelovalcih;
- ✓ določitev osnovnih talnih lastnosti vrtov;
- ✓ določitev vsebnosti Cd v izbranih vrtninah;
- ✓ oblikovanje regresijskih modelov;
- ✓ oceniti izpostavljenosti Cd;
- ✓ primerjava ocene vnosa Cd z referenčnim odmerkom.

Območje raziskovanja

- ✓ Mestna občina Celje
- ✓ Industrija
- ✓ Kmetijstvo
- ✓ Temperaturna inverzija
- ✓ **Problem → težke kovine v tleh**





ONESNAŽENOST TAL

Po Uredbi o ugotavljanju onesnaženosti kmetijskih zemljišč in gozda (Ur. l. RS 6/90) so tla onesnažena takrat, kadar vsebujejo toliko škodljivih snovi, da se:

- zmanjša njihova samoočiščevalna sposobnost,
- poslabšajo fizikalne, kemijske in biotične lastnosti,
- zavirata ali preprečujeta rast rastlin,
- onesnažuje podtalnica oziroma rastline,
- ali je zaradi škodljivih snovi kako drugače okrnjena trajna rodovitnost tal.

IZVORI ONESNAŽEVANJA

industrija kmetijstvo
promet urbano okolje

NEBIOTEHNIŠKO BIOTEHNIŠKO

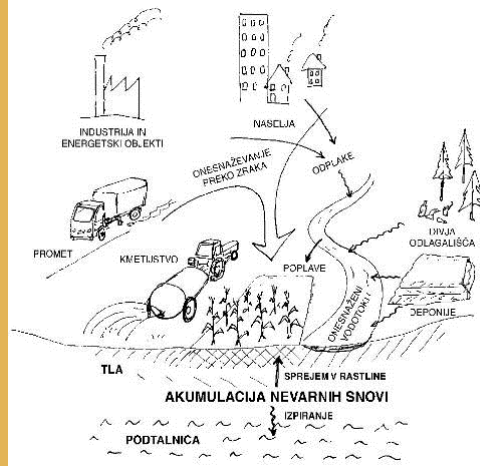
TRANSPORT ONESNAŽIL

zrak, voda, trdni odpadki

RAZPRŠENO, TOČKOVNO, LINIJSKO

RAZLIČNA ONESNAŽILA

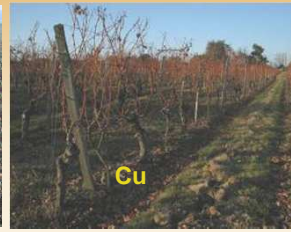
anorganska organska



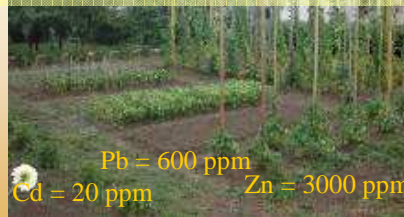
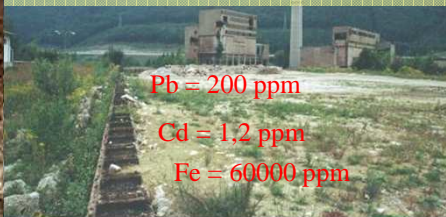
TLA AKUMULIRAJO NEVARNE SNOVI IN OSTANEJO ONESNAŽENA TUDI, KO ONESNAŽEVANJE PRENEHA!



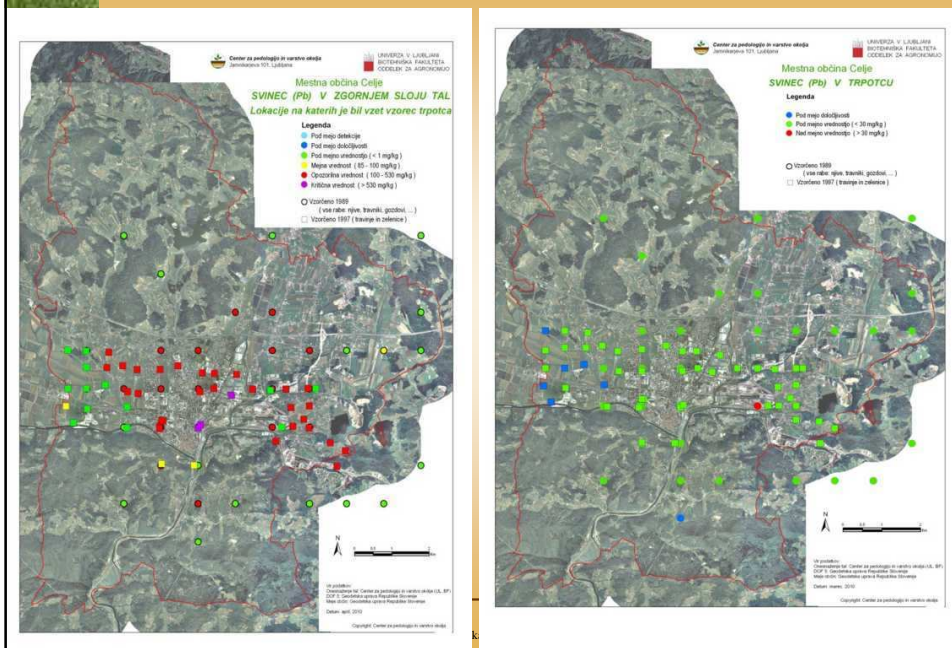
ONESNAŽENOST TAL – NEVIDNA GROŽNJA



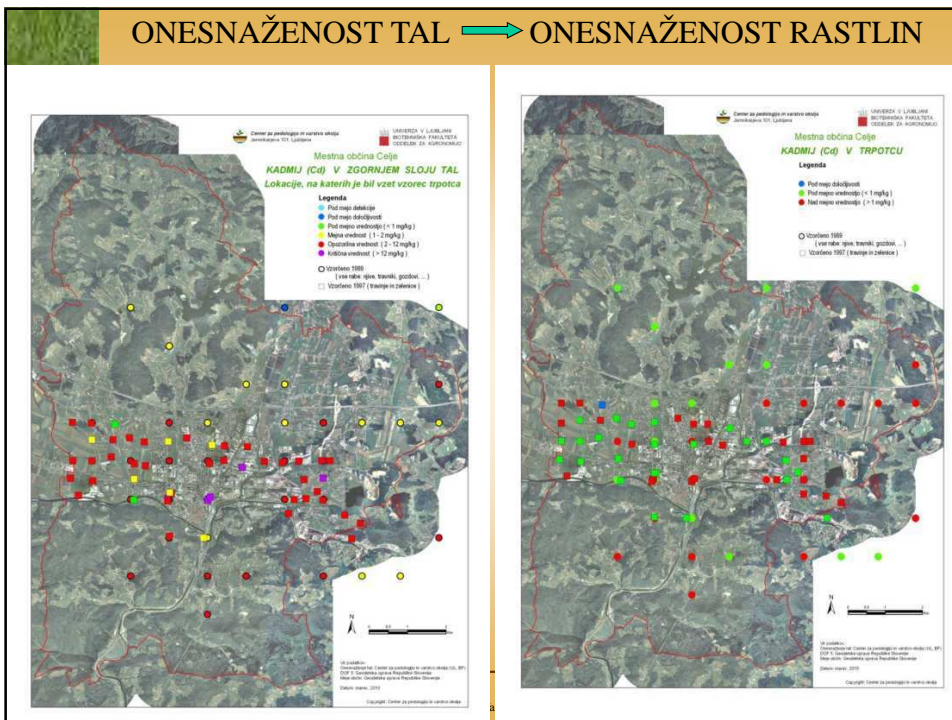
**ONESNAŽENOST TAL OBIČAJNO NI VIDNA,
ZATO JE SPREMLJANJE STANJA KAKOVOSTI TAL NUJNO!**



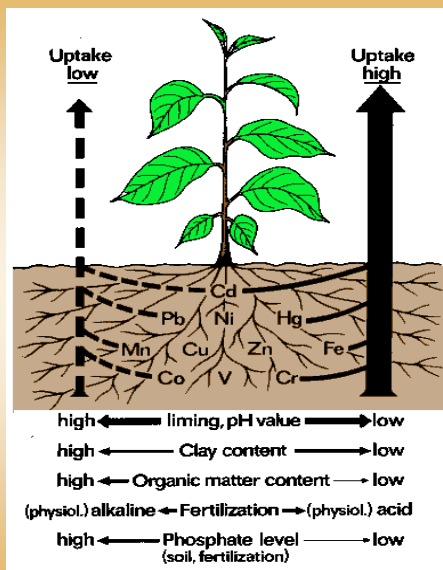
ONESNAŽENOST TAL → ONESNAŽENOST RASTLIN



ONESNAŽENOST TAL → ONESNAŽENOST RASTLIN



SPREJEM KOVIN V RASTLINE



Faktorji, ki vplivajo na sprejem kovin v rastline so biotični in nebiotični:

- Element/kovina
- Okolje (lastnosti tal)
- Rastlina



FAKTORJI, KI VPLIVAJO NA DOSTOPNOST KOVIN RASTLINAM


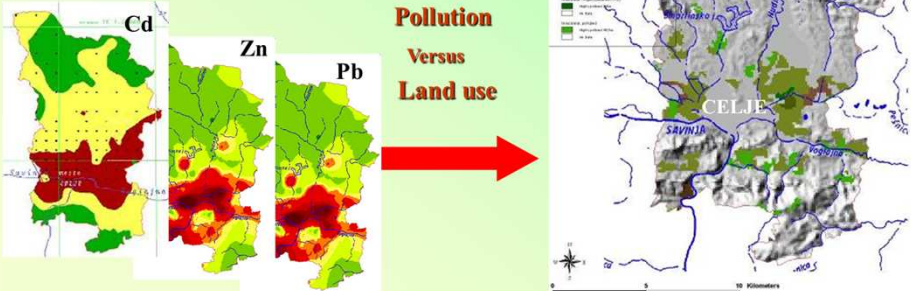
BIOTIČNI	NEBIOTIČNI
vrsta rastline sorta rastlinsko tkivo starost listov aktivnost korenin razvejanost koreninskega sistema rizosfera in mikorizne glive	pH tal vsebnost gline prisotnost karbonatov oksidi Fe in Mn redoks potencial vrsta in količina organske snovi topne soli agrotehnični ukrepi: uporaba fosfornih gnojil uporaba hlevskega gnoja apnenje uporaba blata ČN obdelava tal namakanje

McLaughlin in Singh, 1999



Območje razisk

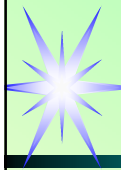
- ✓ Kmetijska pridelava (tržnica)
- ✓ Vrtovi (lastna poraba)
- ✓ **ONESNAŽEVANJE TAL Z TK PREDSTAVLJA POTENCIALNO TVEGANJE ZA ZDRAVJE LJUDI IN ŽIVALI!**

Kadmij

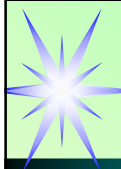
- ✓ TK,
- ✓ toksičen,
- ✓ brez vonja,
- ✓ netopen v vodi,
- ✓ mehek,
- ✓ modrikasto-bel.





NEKATERI VPLIVI Cd NA ČLOVEKA

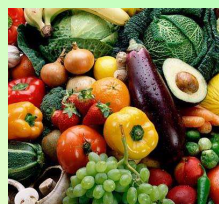
- ✓ kopiči v telesu;
- ✓ primarno toksičen za ledvice;
- ✓ osteoporoza, bolečine v kosteh, Itai-Itai;
- ✓ dihalni sistem;
- ✓ hipertenzija in kardiovaskularni učinki;
- ✓ nevrološke motnje.



IZPOSTAVLJENOST Cd

- ✓ Zaužitje → živil in vode,
- ✓ inhalacija → zrak;
- ✓ preko kože (zelo majhna);
- ✓ kajenje.

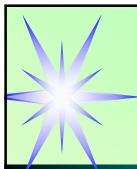
Glavni vir → živila.



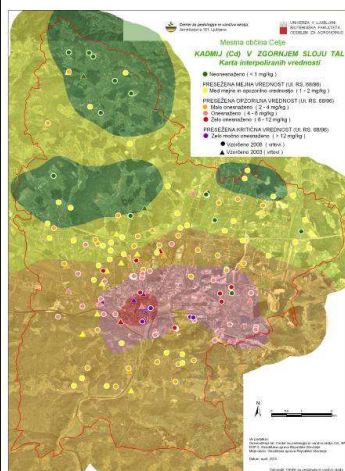


Cd

- ✓ Karakteristično onesnažilo urbanega okolja
→ samooskrba z vrtninami pogosta.
- ✓ Vsebnosti Cd v neonesnaženih tleh →
<1 mg/kg.
- ✓ Najvišje vsebnosti → zgornji sloj tal.



Cd V TLEH OBMOČJA RAZISKOVANJA



Uredba o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (**Ur.l. 68/96**):

NEONESNAŽENA (< 1 mg/kg)

1923 ha (20,27%)

NAD MEJNO (1- 2 mg/kg)

2659 ha (28,03%)

NAD OPOZORILNO (2 -12mg/kg)

4902 ha (51,67%)

NAD KRITIČNO (>12 mg/kg)

4 ha (0,04%)

Kategorija
vrta

(Cd mg/kg):

< 1

1 – 1,9

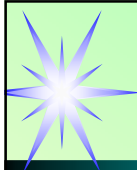
2 – 3,9

4 – 7,9

8 – 11,9

> 12

Vir: V. Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za kmetijsko in gozdarsko inženjersko znanost, 2012



ZAKONODAJA - vrtnine

Uredba komisije (št. 1881/2006) o določitvi mejnih vrednosti nekaterih onesnaževal v živilih:

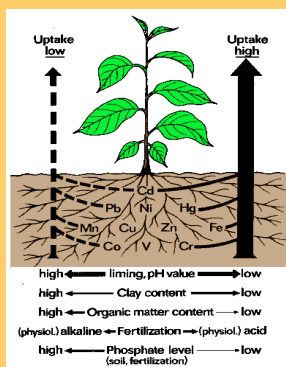
- ✓ paradižnik, čebula, zelje in bučke → 0,05 mg/kg sv.s.;
- ✓ korenje, krompir in rdeča pesa → 0,10 mg/kg sv.s.;
- ✓ endivija in radič → 0,20 mg/kg sv.s..

VNOS KOVIN V PREHRANJEVALNO VERIGO

Vrtovi v MOC:
/vzorčenje tal in vrtnin, anketa/

2003 – MOC (podatki so v poročilu o stanju okolja MOC)

2008 – Petra Karo Bešter



ONESNAŽENA TLA

Stopnja onesnaženosti
Biodostopnost



VNOS V PREHRANJEVALNO VERIGO



Vsebnost nevarnih snovi v
rastlinah
Količina pridelane in
zaužite hrane!

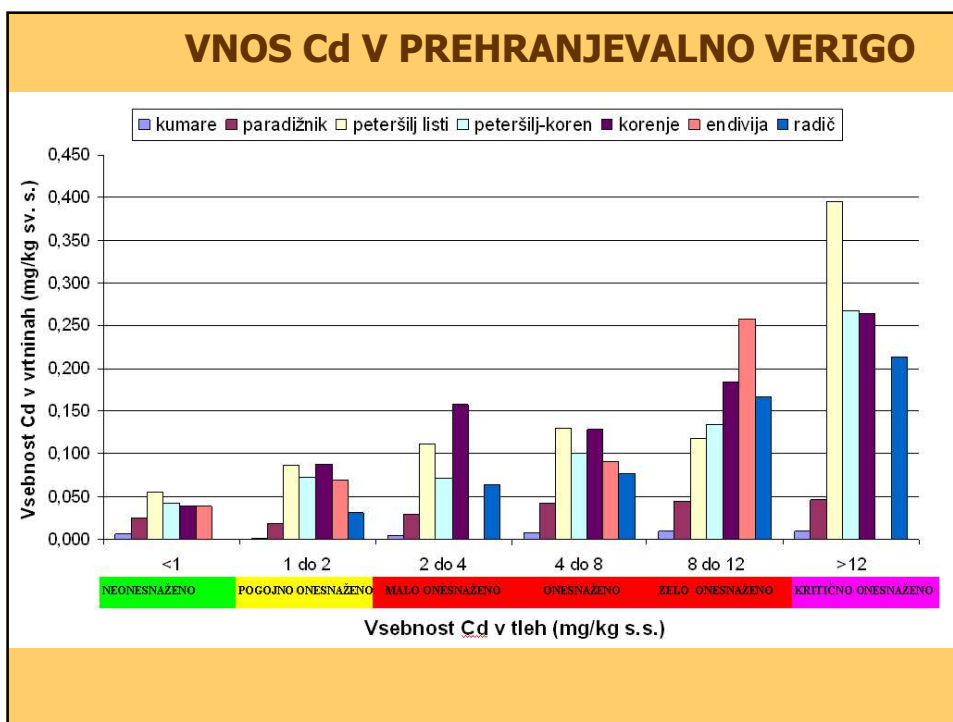
DODATNI DEJAVNIK
TVEGANJA ZA
ZDRAVJE LJUDI

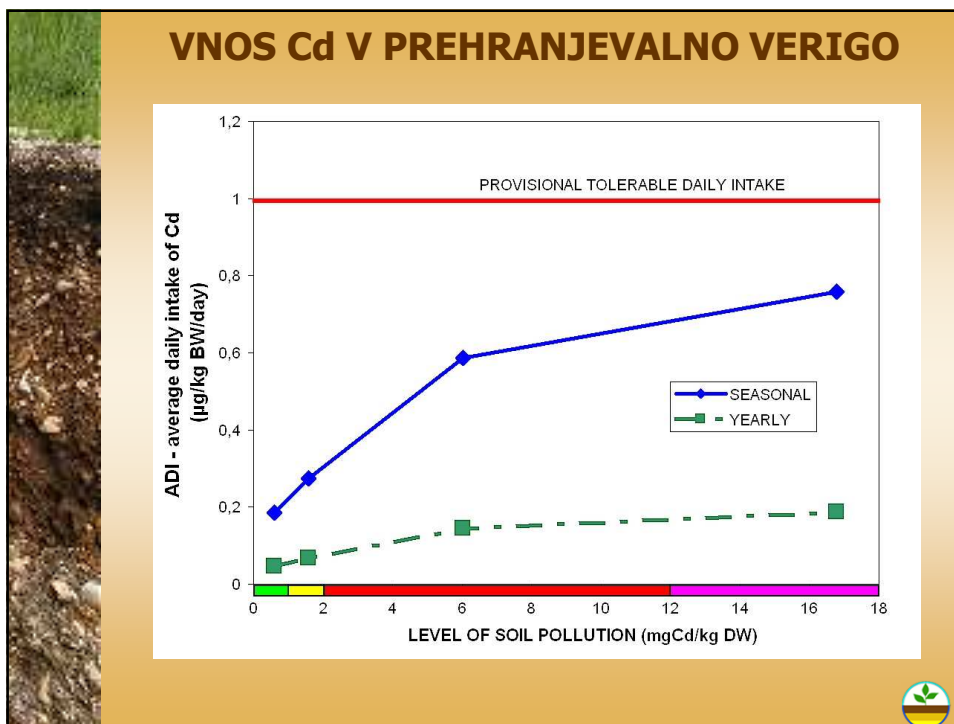
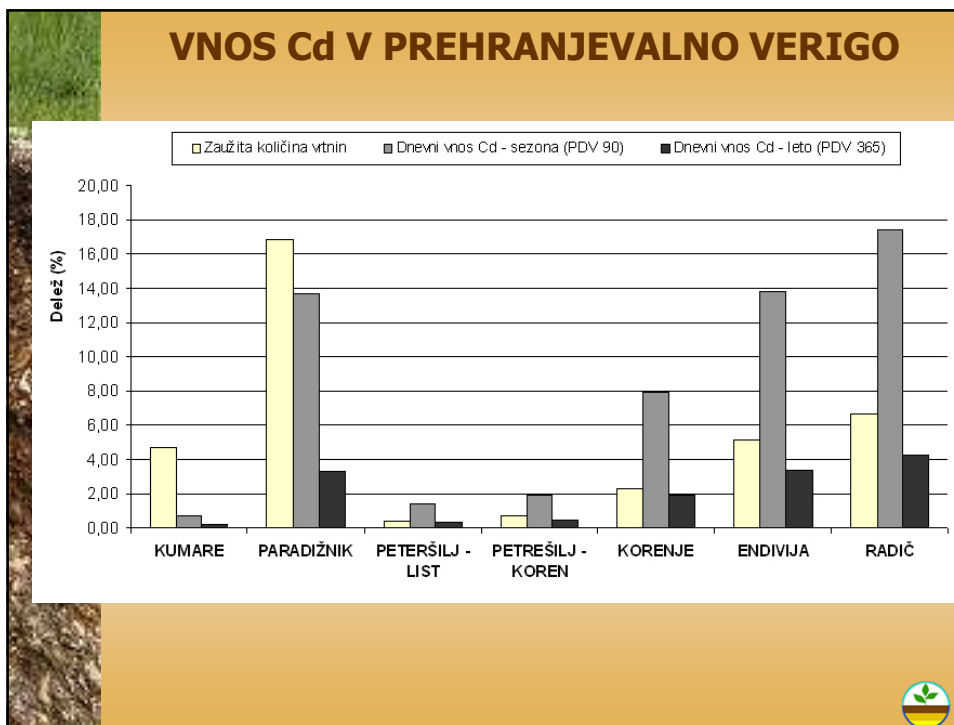
Povprečna vsebnost Cd (mg/kg sv.s.) v užitem delu posamezne rastline na območju sedanje in bivše občine Celje

Vrtnina	Zakonodaja (mg/kg sv.s)	Povprečje Cd 2003 (mg/kg s.s.) [†]	Povprečje Cd 2008 (mg/kg sv.s.) [‡]	Povprečje Cd 1994 (mg/kg sv.s.) [‡]			Povprečje Cd 2002 (mg/kg sv.s.) [‡]	
				Dobrna	Medlog	Oblakova	KS Tešanje	KS Medlog
Kumare	0,05	0,006		-	-	-	0,026	0,006
Bučke	0,05	-	0,006				-	-
Paradižnik	0,05	0,032	0,024	< 0,007	0,028	0,074	0,061	0,029
Peteršilj listi	-	0,131	-				-	-
Peteršilj koren	-	0,101	-				-	-
Korenje	0,10	0,140	0,139	0,022	0,216	0,241	0,261	0,121
Endivija	0,20	0,073	0,112	0,007	0,108	0,552	-	-
Radič	0,20	0,094	0,163				-	-
Pesa	0,10	-	0,075	< 0,013	0,048	0,234	0,282	0,184
Čebula	0,05	-	0,030					
Zelje	0,20	-	0,014	< 0,010	< 0,010	0,014	0,037	0,012
Krompir	0,10	-	0,054	0,024	0,029	0,103	0,121	0,087
Koruza	0,10	-	-				0,044	0,018
Pšenica	0,20	-	-				0,833	0,395
Fižol	0,05	-	-				0,015	0,016

[†] Klavs, 2003; [‡] Karo Bešter in sod., 2008; [‡] Zupan in sod., 1996; [‡] Eržen in sod., 2003

VNOS Cd V PREHRANJEVALNO VERIGO





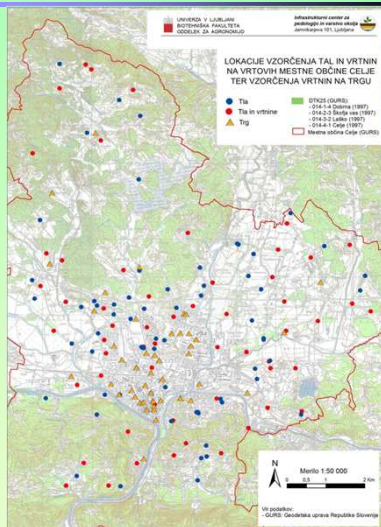
VZORČENJE VRTOV

123 vrtov (141 talnih vzorcev) → vprašalnik:

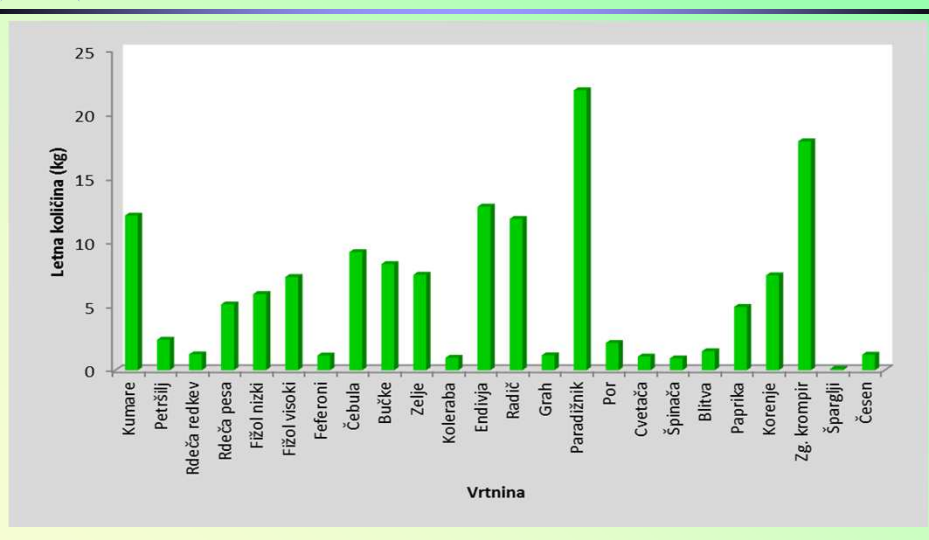
- ✓ način pridelave in predelave vrtnin
- ✓ količine pridelanih in dokupljenih vrtnin
- ✓ prehranske navade

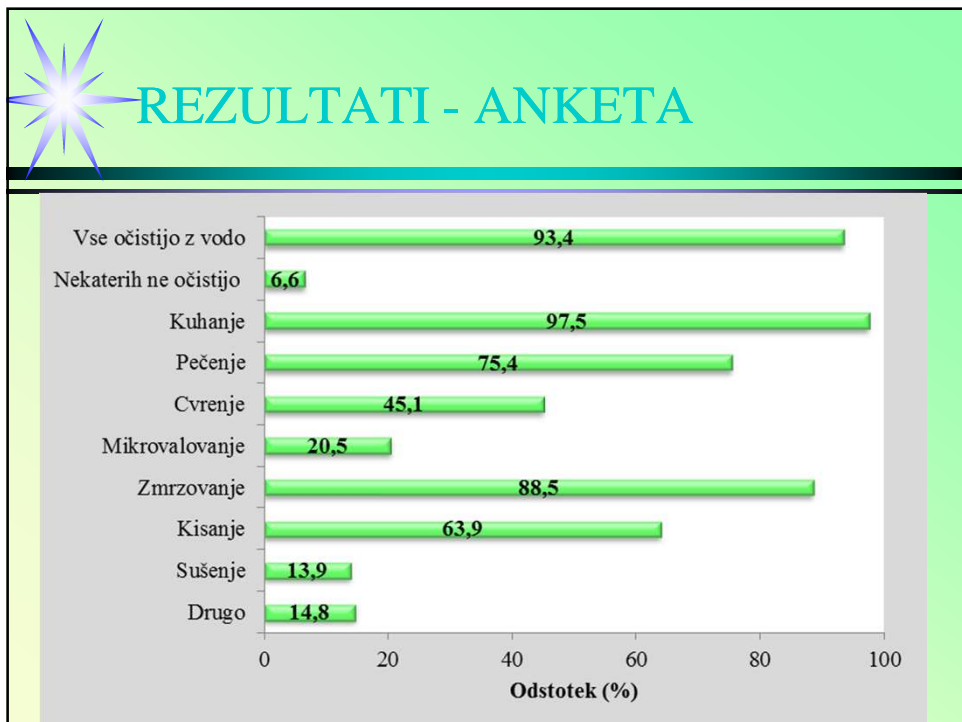
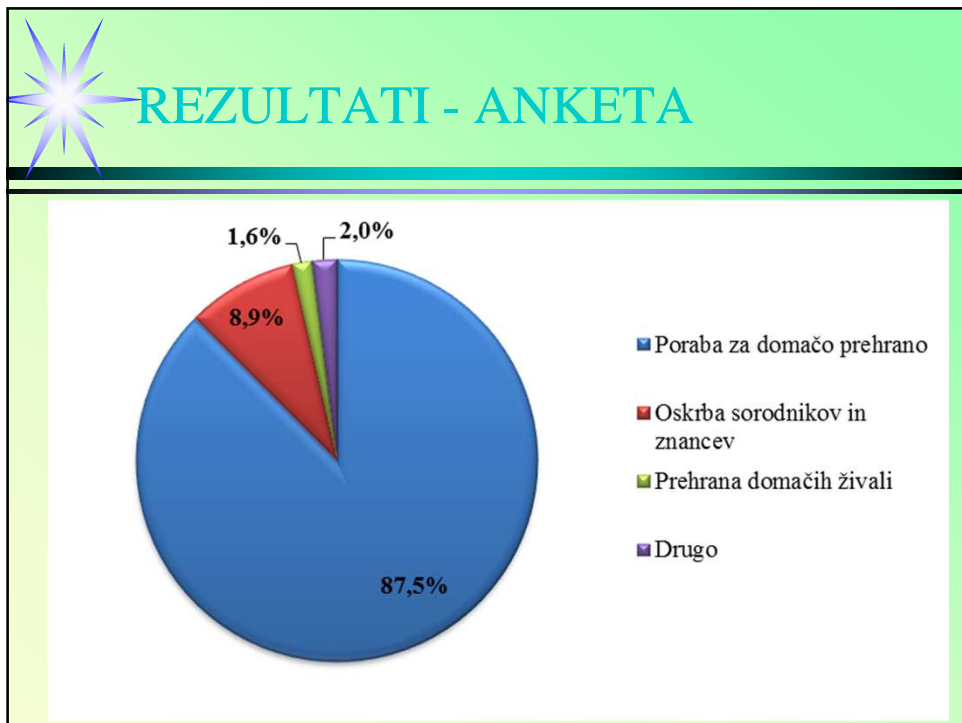
• 9 izbranih vrtnin (287 vzorcev vrtnin):

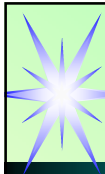
- ✓ bučke,
- ✓ paradižnik,
- ✓ zelje
- ✓ čebula
- ✓ zgodnji krompir
- ✓ korenje
- ✓ rdeča pesa
- ✓ endivija
- ✓ radič



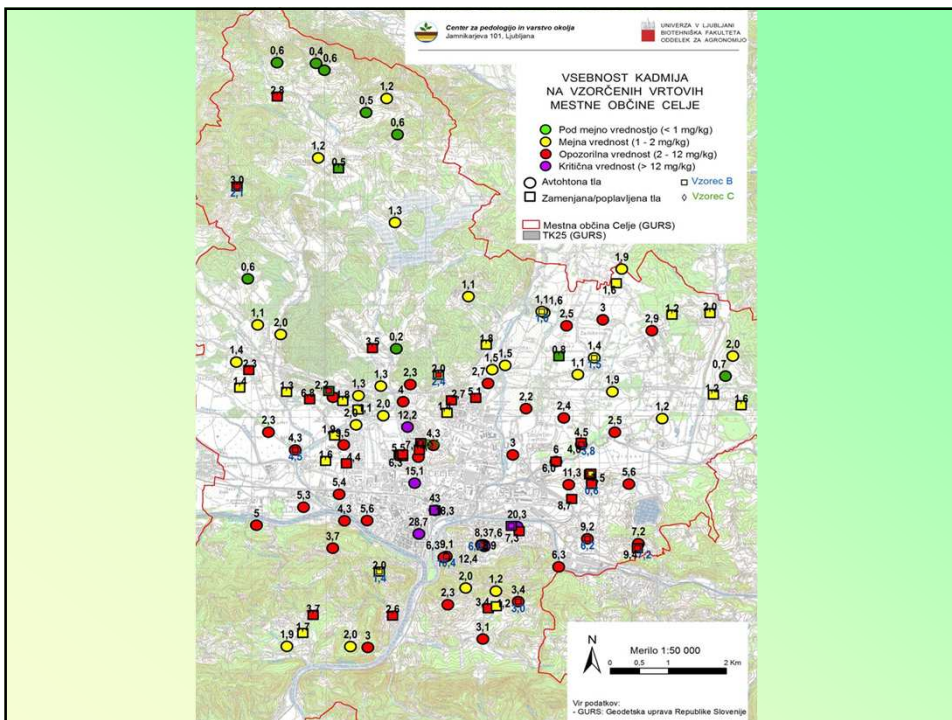
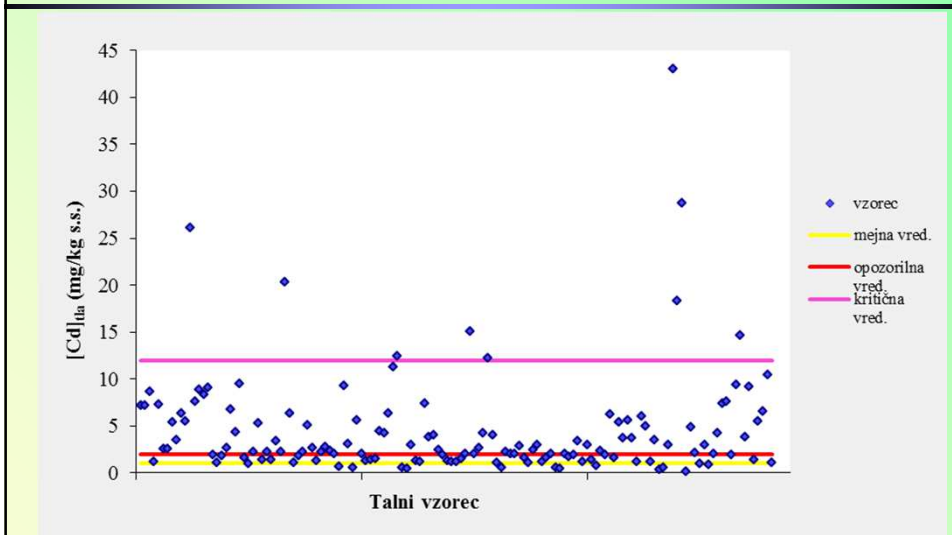
REZULTATI - ANKETA



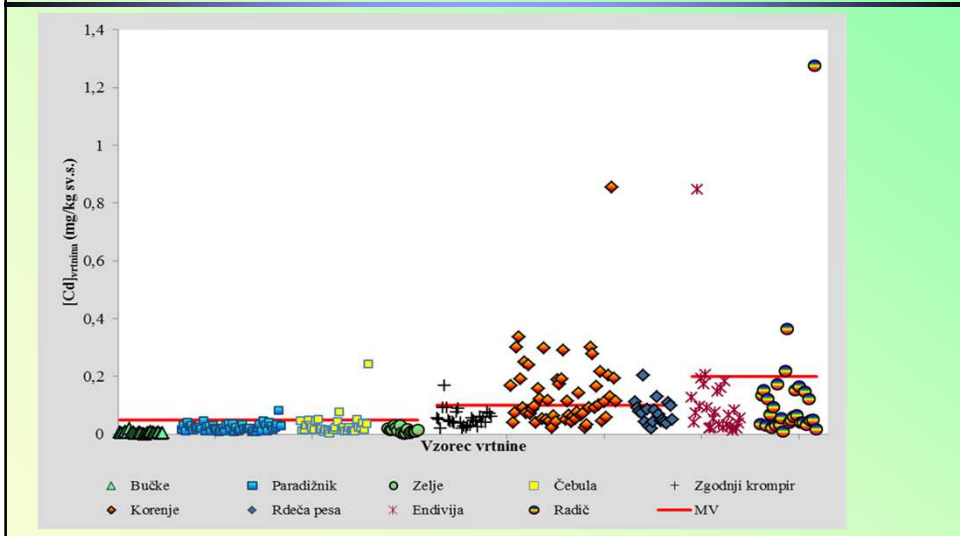




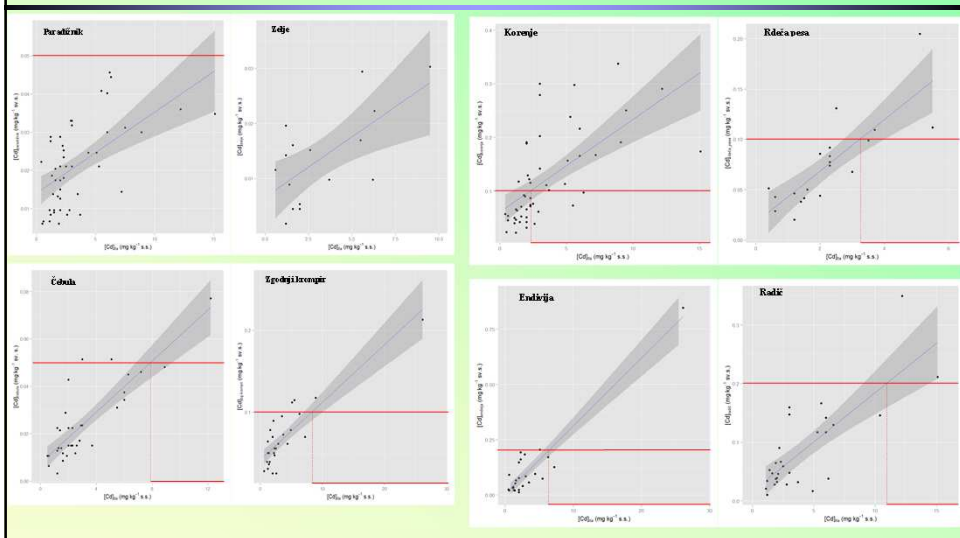
REZULTATI - TLA



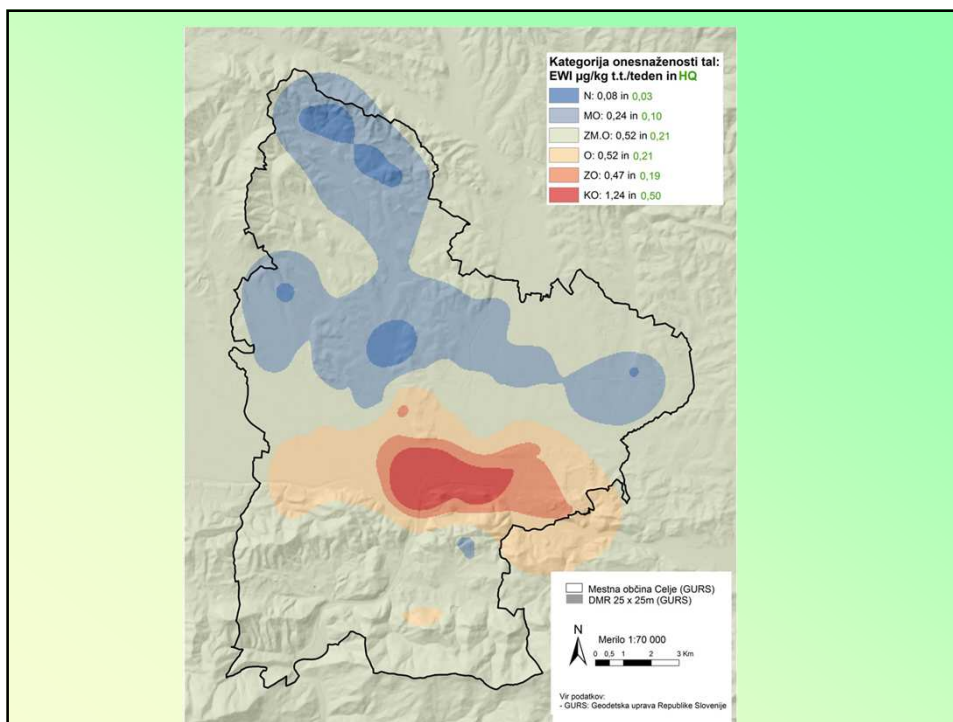
REZULTATI - VRTNINE

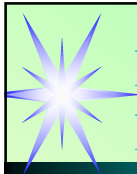


REZULTATI – REGRESIJSKI MODELI

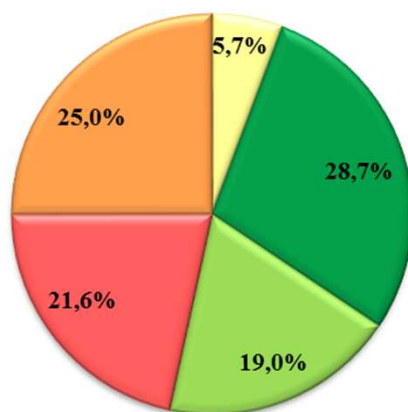


Ocenjeni vnos	n	\bar{X}	SE	Me	Min	Max	Q1	Q3	Ps1	TIW1PTM
NEONESNAŽENO										
EWI (µg/kg t.t./teden)	115	0,45	0,05	0,27	0,01	3,81	0,12	0,65	1,38	2,5
Ženska	75	0,50	0,07	0,32	0,01	3,81	0,14	0,72	1,39	
Moški	40	0,36	0,05	0,26	0,01	1,39	0,12	0,47	1,00	
EMI (µg/kg t.t./mesec)	115	2,00	0,21	1,19	0,03	16,89	0,55	2,90	6,10	25,0
Ženska	75	2,21	0,30	1,42	0,05	16,89	0,63	3,02	6,13	
Moški	40	1,60	0,22	1,16	0,03	6,15	0,52	2,07	4,43	
MALO ONESNAŽENO										
EWI (µg/kg t.t./teden)	9	0,08	0,03	0,05	0,01	0,27	0,04	0,09	0,27	2,5
Ženska	6	0,05	0,01	0,05	0,01	0,09	0,03	0,08	0,09	
Moški	3	0,14	0,07	0,12	0,04	0,27	0,04	0,27	0,27	
EMI (µg/kg t.t./mesec)	9	0,37	0,11	0,23	0,06	1,17	0,18	0,40	1,17	25,0
Ženska	6	0,23	0,05	0,22	0,05	0,40	0,14	0,37	0,40	
Moški	3	0,63	0,29	0,55	0,18	1,17	0,18	1,17	1,17	
ZMERNO ONESNAŽENO										
EWI (µg/kg t.t./teden)	32	0,24	0,03	0,19	0,01	0,76	0,12	0,31	0,71	2,5
Ženska	21	0,24	0,04	0,16	0,02	0,76	0,12	0,21	0,71	
Moški	11	0,24	0,04	0,25	0,01	0,70	0,08	0,38	0,70	
EMI (µg/kg t.t./mesec)	32	1,07	0,15	0,86	0,03	3,37	0,54	1,38	3,13	25,0
Ženska	21	1,04	0,19	0,71	0,10	3,37	0,54	0,93	3,13	
Moški	11	1,12	0,26	1,09	0,03	3,09	0,37	1,68	3,09	
ONESNAŽENO										
EWI (µg/kg t.t./teden)	33	0,52	0,07	0,41	0,05	1,38	0,20	0,87	1,21	2,5
Ženska	23	0,58	0,08	0,42	0,06	1,38	0,24	0,88	1,21	
Moški	10	0,35	0,09	0,26	0,05	0,91	0,10	0,48	0,91	
EMI (µg/kg t.t./mesec)	33	2,27	0,29	1,83	0,23	6,10	0,87	3,86	5,37	25,0
Ženska	23	2,59	0,37	1,85	0,25	6,10	1,06	3,88	5,37	
Moški	10	1,54	0,41	1,17	0,23	4,04	0,45	2,13	4,03	
ZELO ONESNAŽENO										
EWI (µg/kg t.t./teden)	25	0,52	0,08	0,40	0,02	1,39	0,22	0,72	1,28	2,5
Ženska	16	0,57	0,11	0,47	0,02	1,39	0,22	0,92	1,39	
Moški	9	0,43	0,10	0,40	0,10	0,97	0,25	0,66	0,97	
EMI (µg/kg t.t./mesec)	25	2,31	0,36	1,76	0,10	6,13	0,97	3,18	5,68	25,0
Ženska	16	2,54	0,50	2,07	0,10	6,13	0,96	4,09	6,13	
Moški	9	1,91	0,44	1,76	0,43	4,28	1,11	2,91	4,28	
KRITĚNO ONESNAŽENO										
EWI (µg/kg t.t./teden)	8	1,24	0,45	0,95	0,01	3,81	0,25	1,86	3,81	2,5
Ženska	5	1,55	0,66	1,39	0,01	3,81	0,51	2,00	3,81	
Moški	3	0,74	0,49	0,30	0,20	1,72	0,20	1,72	1,72	
EMI (µg/kg t.t./mesec)	8	5,51	2,00	4,20	0,06	16,89	1,11	8,24	16,89	25,0
Ženska	5	6,85	2,94	6,16	0,06	16,89	2,25	8,88	16,89	
Moški	3	3,27	2,17	1,34	0,88	7,60	0,88	7,60	7,60	

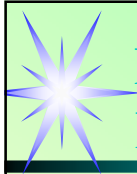




REZULTATI – OCENA IZPOSTAVLJENOSTI Cd



- Čebula
- Endivija
- Radič
- Paradižnik
- Korenje

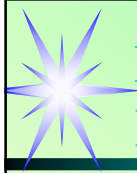


REZULTATI – KARAKTERIZACIJA TVEGANJA

$$HQ = \frac{EWI}{TWI} \quad \text{oziroma} \quad HQ = \frac{EMI}{PTMI}$$

Referenčna odmerka:

- ✓ TWI (EFSA, 2009 in 2011) = 2,5 µg/ kg t.t/ teden
- ✓ PTMI (WHO, 2010) = 25 µg/ kg t.t/ mesec



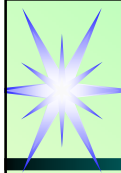
REZULTATI – KARAKTERIZACIJA TVEGANJA

- ✓ HQ presežen le v enem primeru (1,53) → kritično onesnažen vrtu(43 mg/kg s.s).
- ✓ Izračun HQ le za izbrane vrtnine in ne za vsa živila, ki jih zaužije človek (npr. meso, žita, mleko in mlečni izdelki).



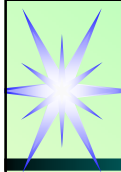
GLAVNI SKLEPI – pridelovalci vrtnin

- ✓ V raziskavo je bilo vključenih več žensk (64,2 %) kot moških (35,8 %).
- ✓ Prevladovala je starejša populacija ljudi.
- ✓ Večinoma (66,7 %) so bili pridelovalci vrtnin nekadilci → prehrana glavni vir izpostavljenosti kadmiju.
- ✓ Dobra četrtina (27,6 %) ljudi ne uporablja zaščitnih sredstev → nenamerno zaužitje delcev zemlje in vnosa delcev zemlje preko obleke.
- ✓ Vprašani večinoma (93,4 %) očistijo pridelane vrtnine → malo verjetno, da bodo dodatno izpostavljeni kadmiju preko nenamernega zaužitja delcev zemlje, ki so na vrtnini.



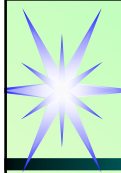
GLAVNI SKLEPI – tla

- ✓ Sever občine najmanj onesnažen s Cd. Najbolj onesnažena območja med avtocesto A1 na severu in hribovjem na jugu. Najbolj kritično onesnaženi vrtovi → mestno jedro in bližina stare topilnice cinka
- ✓ 12 vzorcev vsebnost Cd pod mejno vrednostjo. Večinoma vsebnosti Cd v tleh med opozorilno in kritično vrednostjo. Vsebnost Cd je presegla kritično vrednost v 9-tih vzorcih.



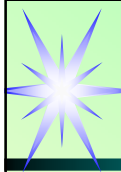
GLAVNI SKLEPI – rastline

- ✓ Največje vsebnosti Cd → korenovke in listnata zelenjava.
- ✓ Mejna vrednost Cd presežena → korenju 27-krat, v rdeči pesi in čebula 4-krat, v radiču 3-krat, v endiviji 2-krat ter v paradižniku in zgodnjem krompirju 1-krat.



GLAVNI SKLEPI – rastline

- ✓ Mediana Cd v vrtninah (mg/kg sv.s.) :
bučka (0,005) < zelje (0,013) < čebula (0,019) < paradižnik (0,021) < zgodnji krompir (0,048) < radič (0,058) < endivija (0,070) < rdeča pesa (0,071) < korenje (0,098).



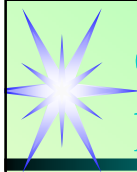
GLAVNI SKLEPI – rastline

- ✓ Prekoračitve mejnih vrednosti Cd v rastlinah na podlagi regresijskih modelov → pridelava na vrtovih s Cd nad:
 - 2,4 mg/kg s.s. za korenje;
 - 3,2 mg/kg s.s. za rdečo peso;
 - 6,3 mg/kg s.s. za endivijo;
 - 7,9 mg/kg s.s. za čebulo;
 - 8,3 mg/kg s.s. za zgodnji krompir in
 - 10,9 mg/kg s.s. za radič.



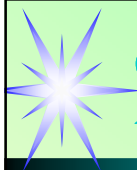
GLAVNI SKLEPI – ocena izpostavljenosti

- ✓ Večinoma pridelovalci vrtnin niso bili prekomerno izpostavljeni kadmiju preko uživanja izbranih vrtnin.
- ✓ Prevladuje ocenjeni tedenski vnos 0,52 $\mu\text{g}/\text{kg}$ t.t./teden.
- ✓ Najmanjši (0,08 - 0,24 $\mu\text{g}/\text{kg}$ t.t./teden) → območja severno od avtoceste A1,
- ✓ Največji (1,24 $\mu\text{g}/\text{kg}$ t.t./teden) → mestno jedro in območja, kjer je v preteklosti delovala topilnica cinka
- ✓ Zaužitje endivije (28,7 %) in korenja (25,0 %) → največji prispevek k izpostavljenosti Cd.



GLAVNI SKLEPI – karakterizacija tveganja

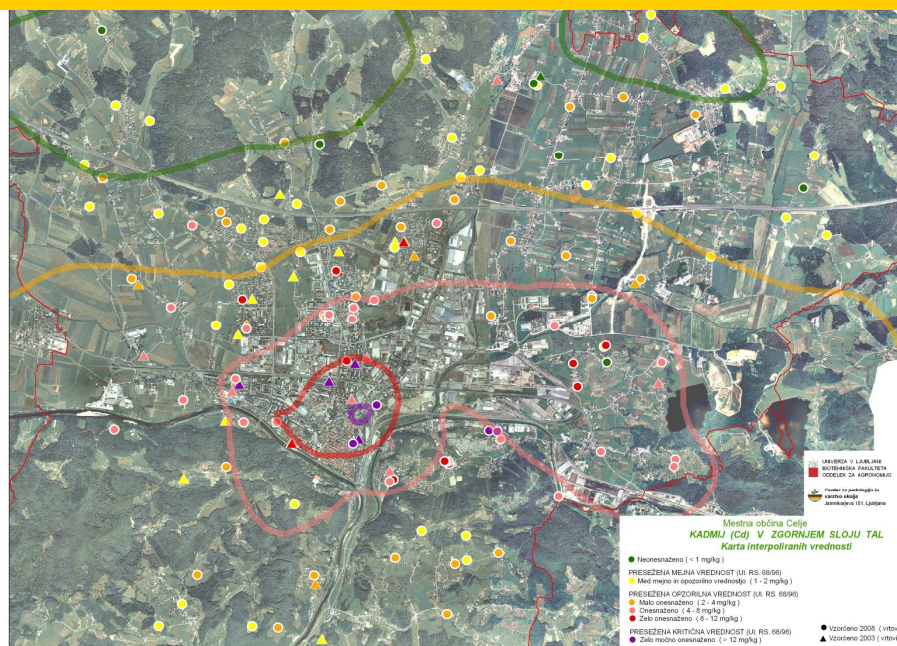
- ✓ HQ za opazovano populacijo je bil 0,18 in ni presegel meje (1), pri kateri se lahko pojavijo neželeni učinki, na zdravje ljudi.
- ✓ Presežen le v enem primeru (1,53) → vsebnost Cd v tleh 43 mg/kg s.s.



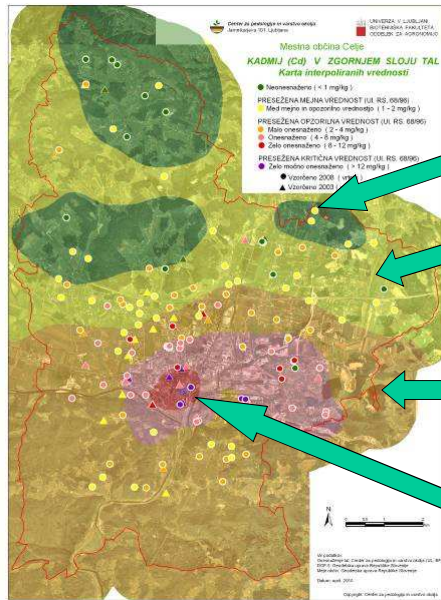
GLAVNI SKLEPI – karakterizacija tveganja

- ✓ Povprečni prispevek vrtnin (18 %) k celokupni izpostavljenosti Cd primerljiv s prispevkom zelenjave in njenih izdelkov (17,45 %) ter škrobaste korenovke in gomolje (12,3 %) k prehranski izpostavljenosti kadmiju, za ljudi v Evropski skupnosti.
- ✓ Glede na kategorije onesnaženosti tal je bil povprečni prispevek vrtnin, k prehranski izpostavljenosti kadmiju večji na kritično onesnaženem območju (48 %) → ni priporočljivo pridelovati vrtnine.

RABA VRTOV V BODOČE?



SPLOŠNO PRIPOROČILO



SPLOŠNO PRIPOROČILO ZA RABO VRTOV

Raba tal praviloma neomejena, previdnost pri korenovkah in užitnih zelenih delih

Ne priporočamo pridelavo korenovk in listnatih vrtnin. Periodične kontrole vrtnin in higiena pri delu na vrtu (preprečevati prašenje, vestno pranje vrtnin in umivanje rok)..

Ne priporočamo pridelave vrtnin oziroma le tistih, ki imajo nizek sprejem Cd. Pranje vrtnin in pogosta analitska kontrola. Informiranje glede vnosa kovin v vrtnine. Priporočljiva je remediacija tal ali zamenjava zemlje.

Kmetijska pridelava ne bi smela biti dovoljena. Vrtovi le okrasnimi rastlinami in dobro negovano zelenico brez golih površin. Remediacija tal. Kontrola stanja tal.



SANACIJA IN REMEDIACIJA TAL

Ugotavljanje stanja onesnaženosti tal

Vrsta, stopnja in obseg onesnaženosti

Ocena tveganja za zdravje ljudi

Izobraževanje, informiranje, obveščanje o ukrepih

Izbira primerne metode remediacije

- Zamenjava zemljine
- Izbor rastlin, ki v zmanjšanem obsegu sprejmejo onesnažila
- Gojenje rastlin na 'umetnih' substratih - hidroponika
- Imobilizacija → sprememba pH, povečanje KIK
- Pranje tal →
- Fitoremediacija
- Solidifikacija →
- Flotacija
- Elektroremediacija

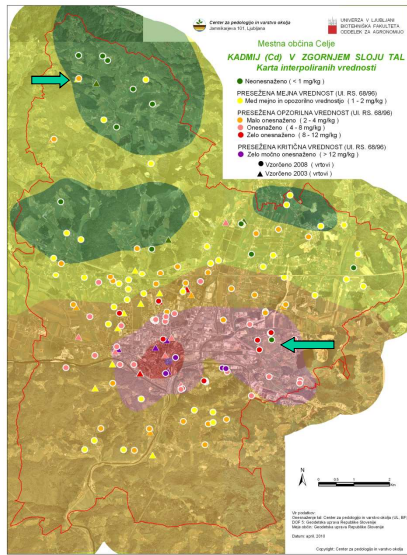
Želena stopnja remediacije določimo na osnovi ocene tveganja

Izvedba remediacije oz. sanacije

Ukrepi za preprečitev rekontaminacije

Monitoring /spremljanje uspešnosti sanacije

ZAMENJVA ZEMLJE in IZBOR RASTLIN



VISOKA	SREDNJA	NIZKA	ZELO NIZKA
solata	ohrovt	zelje	fižol
špinača	pesa –	sladka	grah
blitva	koren	koruza	melone
endivija	repa –	brokoli	paradižnik
kreša	koren	cvetača	paprika
repa – zeleni	redkvice	brstični	jajčevce
del	gorčica	ohrovt	sadje
pesa - zeleni	krompir	zeleni	
del		jagodičje	
korenje			

