RAZISKAVE ONESNAŽENOSTI TAL SLOVENIJE

AGENCIJA REPUBLIKE SLOVENIJE ZA OKOLJE

Agencija RS za okolje je organ v sestavi Ministrstva za okolje in prostor. Opravlja strokovne, analitične in regulatorne oziroma upravne naloge s področja okolja na nacionalni ravni.

Poslanstvo agencije je spremljanje, analiziranje in napovedovanje naravnih pojavov in procesov v okolju ter zmanjševanje naravne ogroženosti ljudi in njihovega premoženja. V sklop nalog na tem področju sodijo nacionalne službe za meteorologijo, hidrologijo in seizmologijo. Poslanstvo agencije je tudi spremljanje onesnaženosti okolja in zagotavljanje kakovostnih javnih okoljskih podatkov, v ta namen agencija razpolaga z ustrezno merilno mrežo in laboratoriji. Izjemno pomembno poslanstvo agencije je tudi uresničevanje zahtev varstva okolja, ki izhajajo iz veljavnih predpisov, ohranjanje naravnih virov, biotske raznovrstnosti in zagotavljanje trajnostnega razvoja države.

CENTER ZA PEDOLOGIJO IN VARSTVO OKOLJA

Center za pedologijo in varstvo okolja je skupina raziskovalcev in strokovnjakov, ki proučujejo procese v sistemu tla – rastlina – talna voda – podtalnica. Deluje na Oddelku za agronomijo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Razpolaga z obsežno geokodirano bazo podatkov o tleh Slovenije, ki zagotavlja širino in kvaliteto bazičnega in aplikativnega raziskovalnega dela. Center izvaja visokošolsko izobraževanje na različnih oddelkih Biotehniške fakultete in drugih fakultetah Univerz v Ljubljani in Mariboru.

Področja dela so: pedološko kartiranje v različnih merilih, vzorčenje tal, fizikalne, kemijske in biotske analize, digitalizacija kartografskih podatkov, izdelava geokodiranih podatkovnih baz, prostorske analize pedoloških podatkov, vrednotenje tal in ugotavljanje njihove primernosti za različne vrste rabe, izdelava delnih in celovitih presoj vplivov na okolje ter okoljskih poročil, statistična obdelava podatkov o tleh, analize odpadnih snovi potencialno uporabnih kot sekundarne surovine (gošče čistilnih naprav, industrijski odpadki, biološki odpadki), analize organskih in mineralnih gnojil in izdelava priporočil za gnojenje ali izboljšanje rodovitnosti tal, analize tal na vsebnost nevarnih snovi in ocena vpliva na kakovost podtalnice in rastlin oziroma vnos v prehranjevalno verigo, ugotavljanje onesnaženosti tal in monitoring tal Slovenije ter zdravljenje in razstrupljanje tal (remediacije). Center ima svojo infrastrukturno enoto in je opremljen za delovanje na terenu, ima lasten kemijski laboratorij in arhiv talnih vzorcev ter obsežen talni informacijski sistem.

Marko Zupan
Helena Grčman
Franc Lobnik

RAZISKAVE ONESNAŽENOSTI TAL SLOVENIJE

CIP - Kataložni zapis o publikaciji
Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana

502.521:504.5(497.4)

ZUPAN, Marko, 1962-
Raziskave onesnaženosti tal Slovenije / Marko Zupan, Helena Grčman, Franc Lobnik ; [fotografije Tomaž Kralj, Marko Zupan, Darja Kocjan Ačko ; izdelava kart in grafikonov Irena Tič in Marjan Šinkovec]. - Ljubljana : Agencija RS za okolje, 2008

ISBN 978-961-6324-42-7
1. Grčman, Helena 2. Lobnik, Franc, 1942-
242225920

VSEBINA

PREDGOVOR 4

UVOD 6

Zgodovina raziskav onesnaženosti tal Slovenije 6

Realizacija projekta raziskave onesnaženost tal Slovenije (ROTS) 7

TLA IN OKOLJE 10

Funkcije tal 10

Onesnaževanje tal 12

METODOLOGIJA PROJEKTA RAZISKAVE ONESNAŽENOSTI TAL V SLOVENIJI (ROTS) 14

Zakonske osnove 15

V Sloveniji 15

V Evropski uniji 15

Metodologija vzorčenja, analiz in poročanja 16

Priprava terenskih obrazcev 16

Način in globina vzorčenja 16

Čas vzorčenja 18

Prostorsko umeščanje vzorčnega mesta 18

Analizne metode in parametri 18

Prikaz rezultatov 19

Dostopnost podatkov 19

POVZETEK RAZISKAV ONESNAŽENOSTI TAL IZVEDENIH PO METODOLOGIJI ROTS V OBDOBJU 1989 – 2007 22

Talne lastnosti 22

Kislost tal 22

Delež bazičnih kationov 23

Organska snov 24

Tekstura tal 25

Kationska izmenjalna kapaciteta 26

Anorganske nevarne snovi v tleh 28

Organske nevarne snovi v tleh 38

TEMATSKE KARTE 41

UPORABLJENA IN PRIPOROČENA LITERATURA 62

PREDGOVOR

dr. Silvo Žlebir
generalni direktor
Agencija RS za okolje

Tla so površinski del litosfere. Zaradi počasnega nastajanja in regeneracije predstavljajo neobnovljiv naravni vir. Izpostavljena so številnim procesom degradacije in drugim nevarnostim, ki izvirajo iz naravnih ali antropogenih dejavnikov. To so erozija, zmanjšanje količine organskih snovi, lokalno in razpršeno onesnaženje, pozidava, zbijanje tal, zmanjšanje biotske raznovrstnosti, zaslanjevanje, poplave in zemeljski usadi. Nekateri degradacijski procesi so v času klimatskih sprememb lahko zelo intenzivni in vplivajo na splošno kakovost in varnost bivanja. Ne smemo pa pozabiti tudi dejstva, da tla kot odeja pokrivajo naše vire pitnih voda, ter da pomembno vplivajo tudi na kakovost zraka.

Na Agenciji RS za okolje opravljamo strokovne, analitične in upravne naloge s področja okolja. Cilji našega poslanstva so tako uresničevanje zahtev varstva okolja, ohranjanje naravnih virov, biotske raznovrstnosti, zagotavljanje trajnostnega razvoja države, spremljanje, analiziranje in napovedovanje naravnih pojavov v okolju ter zmanjševanje naravne ogroženosti ljudi in njihovega premoženja.

Knjižica, ki je pred vami, je nastala v sodelovanju Agencije RS za okolje s Centrom za pedologijo in varstvo okolja na Biotehniški fakulteti in predstavlja pregled sistematičnih raziskav onesnaženosti tal Slovenije, od začetkov v letu 1999 in vse do danes. Tovrstne raziskave so bile opredeljene v prvem Nacionalnem programu varstva okolja (NPVO). V njem so bile predvidene meritve onesnaženosti tal, oziroma posnetek stanja, na lokacijah koordinatne mreže z resolucijo 2 km do nadmorske višine 600 m in z resolucijo 4 km za nadmorsko višino nad 600m.

V letu 2006 sprejeta Resolucija o nacionalnem programu varstva okolja (ReNPVO) je za področje varovanja tal za obdobje 2005 - 2012 določila dva pomembna cilja: do leta 2008 zaključiti s prvim pregledom stanja onesnaženosti tal v Sloveniji in na državnem nivoju vzpostaviti trajno spremljanje kakovosti tal (monitoring). Z namenom čim prej zaključiti posnetek stanja tal na celotnem ozemlju države je bila zato predlagana redkejša mreža vzorčnih lokacij z resolucijo 8 km in s prioriteto vzorčenja na negozdnih zemljiščih. Izbor lokacij je bil narejen na osnovi prioritet iz ciljev ReNPVO in ogroženih vodnih teles podzemne vode.

V Sloveniji so raziskave onesnaženosti tal izvajali že v preteklosti. Pogoste so bile v 70. letih, omejene pa so bile na bolj problematična in industrijsko onesnažena območja. Ti podatki so dobrodošlo dopolnilo podatkom ROTS pri izvedbenih projektih na regionalni ali lokalni ravni (na primer sanacija degradiranega oko-

lja v Zgornji Mežiški dolini). Raziskave so pokazale, da tla v Sloveniji večinoma niso močno onesnažena. Na območjih, kjer je bila v preteklosti ali je še danes povečana rudniško topilniška dejavnost, je opaziti povečano vsebnost kovin, na kmetijskih območjih je pogosto tudi po več desetletjih opaziti ostanke fitofarmacevtskih sredstev ter njihovih razgradnih produktov v tleh. Med najbolj onesnažena območja tal v Sloveniji uvrščamo Mežiško dolino, Celjsko kotlino in okolico Jesenic.

Z nalogo Raziskave onesnaženosti tal Slovenije smo na podlagi opredeljenega koncepta in v okviru enotne, mednarodno primerljive metodologije, pridobili podatke glede stanja onesnaženosti tal v Sloveniji. Podatki bodo služili pri odločanju v upravnih postopkih, naloga pa pomeni tudi korak k vzpostavitvi monitoringa kakovosti tal v Sloveniji ter talnega informacijskega sistema. Monitoring kakovosti tal bomo začeli izvajati jeseni letos, ko bomo prvič ponovili vzorčenje na petih lokacijah, kjer so bili vzorci odvzeti pred najmanj 5 leti.

Tako bo Slovenija poleg rednega monitoringa kakovosti voda in zraka, uvedla še z Zakonom o varstvu okolja predviden monitoring kakovosti tal. Na evropskem nivoju veliko pričakujemo tudi od sprejetja Tematske strategije za varstvo tal, katere predlog je bil pripravljen septembra 2006 in predstavlja politični okvir za doseganje visoke stopnje zaščite tal v Evropi. V okviru te strategije sta v proceduri tudi dva dokumenta in sicer Predlog Direktive o določitvi okvira za varstvo tal in spremembi Direktive 2004/35/ES ter Presoja vplivov tematske strategije za varstvo tal. Varovanje tal bo tako dobilo poseben pomen, pripomoglo pa bo tudi k varovanju vodnih virov, pridelavi zdravstveno neoporečne hrane kakor tudi k varovanju zraka in s tem zagotavljanju neoporečnega bivalnega okolja.

UVOD

ZGODOVINA RAZISKAV ONESNAŽENOSTI TAL SLOVENIJE

Projekt RAZISKAVE ONESNAŽENOSTI TAL SLOVENIJE **(ROTS)** je nastal v času priprave prvega nacionalnega programa varstva okolja (NPVO) v Republiki Sloveniji (Uradni list RS, 83/99). V letu 1999 je bila na osnovi izkušenj pri izvajanju podobnih projektov doma in v tujini vzpostaljena interdisciplinarna projektna skupina, ki je izdelala metodologijo sistematičnega dolgoročnega spremljanja stanja onesnaženosti tal v Sloveniji. V jeseni 1999 je bilo opravljeno prvo vzorčenje na lokacijah izbranih iz preliminarne mreže vzorčnih točk, predvidenih v NPVO. Projekt je v prvih letih potekal neredno, saj sta sledili le dve vzorčenji v letu 2001 in 2004. V obdobju 2004-2005 je bila narejena revizija izvajanja prvega akcijskega načrta NPVO, na osnovi katere je bil sprejeta resolucija o nacionalnem programu varstva okolja 2005-2012 (ReNPVO), ki jo je novembra 2005 potrdil Državni zbor RS (Uradni list RS, 2/06). ReNPVO opredeljuje program ukrepov na področju varstva tal in določa preliminarno razporeditev vzorčnih lokacij na osnovi koordinatne mreže, rabe tal in nadmorske višine. V primerjavi s prvotnim NPVO predvideva sistematično vzorčenje tal v manj gosti mreži. Projekt pomeni tudi dodaten korak naprej k vzpostavitvi monitoringa onesnaženosti oziroma kakovosti tal v RS, kot to opredeljuje Zakon o varstvu okolja (96. člen ZVO, Ur. l. RS št. 41/04) in ReNPVO za obdobje 2005-2012.

V publikaciji je povzetek projektov Raziskave onesnaženosti tal Slovenije, ki se izvajajo od leta 1999:

- Raziskave onesnaženosti tal s predlogom programa ukrepov nujnih sanacij: I del. Koncept izvajanja monitoringa onesnaženosti tal RS; II del. Poročilo za leto 1999 (MOP št. 2521-99-020024),
- Raziskave onesnaženosti tal v Republiki Sloveniji (ROTS) – Poročilo za leto 2001 (MOP/ARSO št. 2523-01-10051),
- Raziskave onesnaženosti tal Slovenije v letu 2004 (MOP/ARSO št. 2523 - 04 - 500383),
- Raziskave onesnaženosti tal Slovenije v letu 2005 (MOP/ARSO št. 2523 - 05 - 500352),
- Raziskave onesnaženosti tal Slovenije v letu 2006 (MOP/ARSO št. 2523 - 06 - 500277),
- Raziskave onesnaženosti tal Slovenije v letu 2007 (MOP/ARSO št. 2523 - 07 - 500316).

V projekt so bili v letu 2001 vključeni podatki iz 212 lokacij, ki so ustrezali kriteriju koncepta ROTS in jih je financiralo ali sofinanciralo Ministrstvo za okolje in prostor ali Ministrstvo za znanost in tehnologijo v obdobju 1989 – 1995. Minimalni kriterji za uvrstitev lokacije v podatkovno bazo so bili: geokodirana lokacija, pedološke analize tal, meritve vsebnosti anorganskih in organskih nevarnih snovi po metodah, ki jih predvideva Pravilnik o obratovalnem monitoringu pri vnosu nevarnih snovi in rastlinskih hranil v tla (Ur. l. RS, št. 55/97). Vse lokacije so dobile enotno oznako vzorčne lokacije, poenoten je bil tudi zapis v bazi podatkov. Nekateri parametri takrat niso bili izmerjeni, zato vsi izpisi niso popolni, vendar bodo, ob morebitni izbiri lokacije za trajno monitoring lokacijo, analize dopolnjene, saj se vzorci hranijo v arhivu. Uporabljeni so bili nekateri podatki iz sledečih projektov:

- Tematska karta onesnaženosti tal celjske občine (Občina Celje in MZT, 1989- 1990),
- Monitoring onesnaženosti tal in vegetacije v Republiki Sloveniji (MOP, 1992),
- Vpliv onesnaženih tal na vegetacijo (Občina Celje in MZT, 1992),
- Ugotavljenje onesnaženosti tal v občini Novo mesto (Občina Novo mesto, 1994),
- Ugotavljanje onesnaženosti tal in rastlin na vplivnem območju industrijskega komleksa Salonit Anhovo (MOP, 1995).

Za izvedbo in koordinacijo projekta je bil izbran Center za pedologijo in varstvo okolja (CPVO) iz Oddelka za agronomijo Biotehniške fakultete v Ljubljani. Zaradi kompleksnosti problematike (predvsem analiz), se je povezal z različnimi inštitucijami v državi, ki so občasno ali redno sodelovale pri izvedbi omenjenih projekotv. Te so:

- Inštitut za varstvo okolja pri Zavodu za zdravstveno varstvo Maribor,
- Laboratorij za analizno in anorgansko kemijo pri Kemijskem inštitutu Ljubljana,
- Inštitut za ekološke raziskave ERICo, Velenje,
- Kmetijski inštitut Slovenije, Ljubljana,
- Zavod za zdravstveno varstvo Novo mesto.

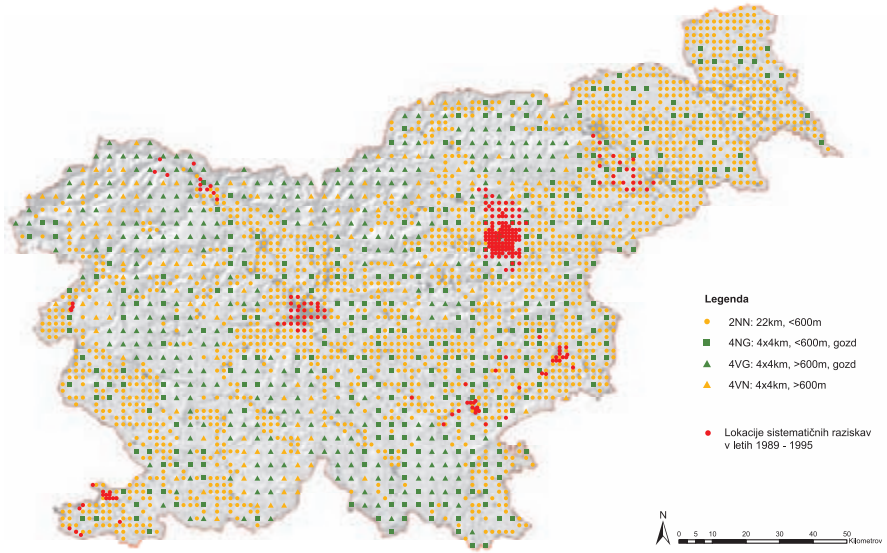
REALIZACIJA PROJEKTA RAZISKAVE ONESNAŽENOSTI TAL SLOVENIJE (ROTS)

Prvi program ukrepov na področju varstva tal in gozda do leta 2003 v okviru NPVO je predvideval izbor možnih lokacij za meritve onesnaženosti tal (posnetek stanja) na 2689* lokacijah koordinatne mreže z gostoto 2 x 2 km do 600 m nadmorske višine in 4 x 4 km nad 600 m nadmorske višine. Predvidena ocena stroškov je bila 20 MioSIT (83.450 €) letno (slika 1). V okviru tega programa je bilo vzorčenje izvedeno dvakrat in sicer v letih 1999 in 2001 na skupno 126 novih lokacijah. V letu 2001 so bili pregledani podatki predhodnih projektov onesnaženosti tal iz obdobja 1989 – 1995. Na osnovi metodoloških kriterijev opisanih v prejšnjem poglavju, je bilo v bazo ROTS vključenih 86 od 209 razpoložljivih vzorčnih lokacij. Realizacija prvega petletnega akcijskega načrta NPVO je bila torej 212 lokacij od 2689, kar pomeni le 7,9 %.

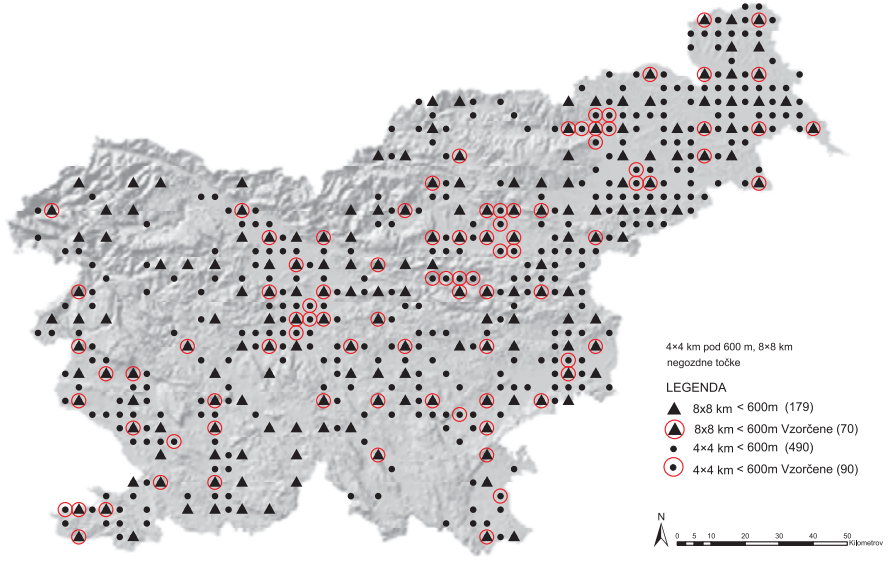
Večina sistematičnih raziskav onesnaženosti tal iz obdobja pred uvedbo NPVO in tudi prvi izbori lokacij projekta ROTS so bili usmerjeni v urbana in industrijska območja Slovenije (Celje, Zasavje, Jesenice, Ljubljana), kar je pomenilo večji delež onesnaženih tal v skupnem številu vzorčnih lokacij. V tem obdobju se je Slovenija kot samostojna država vključevala v različne evropske institucije in začela poročati o stanju okolja Evropski okoljski agenciji (EEA). Zabeleženo stanje na področju tal ni predstavljalo realnega stanja onesnaženosti tal za celotno ozemlje države in so bila prva poročanja nekoliko zavajajoča: delež lokacij z onesnaženimi tlemi je bil precenjen. To pomanjklivost naj bi odpravili v novem akcijskem načrtu programa ukrepov na področju tal v okviru resolucije NPVO.

Resolucija o nacionalnem programu varstva okolja (ReNPVO) je bila v pripravi in javni obravnavi v letih 2004 in 2005. Za področje tal je bila upoštevana strategija ravnanja s tlemi v ES - Tematska strategija varstva tal (COM(2002)179final) in dopolnitve iz Zakona o varstvu okolja (ZVO, Ur. L. RS 41/04). Upoštevane so bile tudi izkušnje projektov ROTS in drugi strokovni dokumenti, ki opredeljujejo koncept ugotavljanja onesnaženosti tal in monitoringa kakovosti tal na državni ravni (Zupan s sod., 2000 in 2002) ter strokovne podlage pravilnika o imisijskem monitoringu tal (Lobnik s sod., 2002). Z namenom čim prej zaključiti objektiven posnetek stanja tal na celotnem ozemlju države je bila predlagana redkejša

* prvotno 2692, kasneje je bila narejena korekcija zaradi upoštevanja kriterija minimalne oddaljenosti od državne meje.



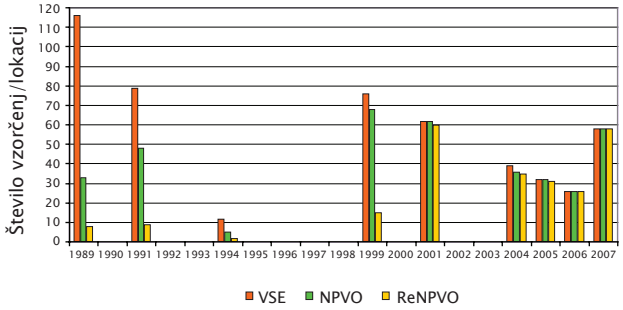
Slika 1: Mreža predvidenih vzorčnih lokacij v Nacionalnem programu varstva okolja (NPVO) v resoluciji 2×2 km za negozdne površine pod 600 m nmv in 4×4 km za gozdne površine in površine nad 600 m nmv. Izbranih je bilo 2689 vzorčnih lokacij (NPVO, Ljubljana, september 1999). Vrisane so tudi lokacije drugih sistematičnih raziskav onesnaženosti tal iz obdobju 1989-1995. Skupno je bilo realiziranih 212 lokacij (7,9 %): 126 novih lokacij in 86 lokacij iz sistematičnih raziskav v obdobju 1989-1995.



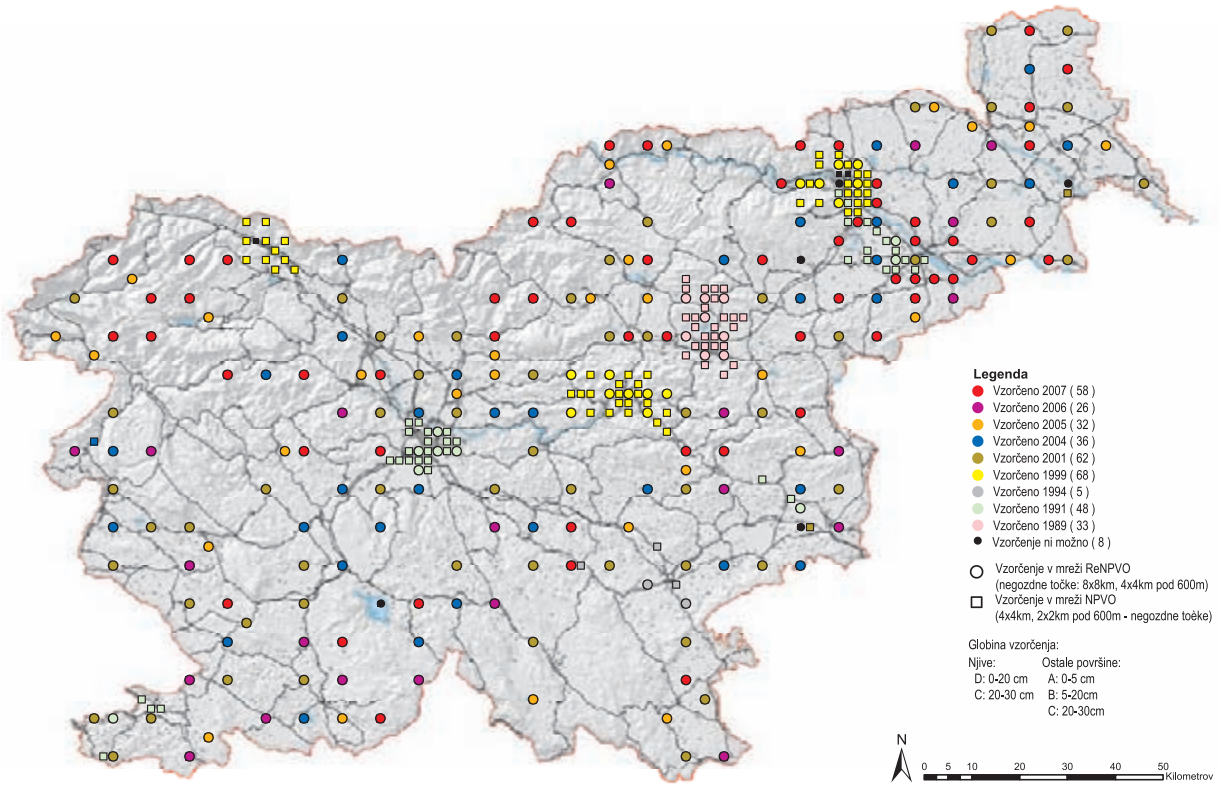
Slika 2: Mreža predvidenih lokacij vzorčenja za določitev stanja kakovosti tal v ReNPVO (ReNPVO, Ur.l. RS 2/06). Realizacija programa nekoliko zaostaja za predvideno dinamiko izvedbe programa: vzorčenje vseh lokacij v mreži 8×8 km je bilo zaključeno leta 2007, skupna realizacija vzorčenja je 44,2 %.

mreža vzorčnih lokacij s prioriteto vzorčenja na negozdnih zemljiščih: osnovna mreža 4 x 4 km do 600 m nadmorske višine in na negozdnih površinah (351 lokacij) in mreža 8 x 8 km nad 600 m nadmorske višine (179 lokacij), kar pomeni skupaj 530 lokacij namesto 2689, oziroma petina programa iz leta 1999 (slika 2). Vsakoletni program vzorčenja se prilagaja finančnim okvirom in aktualnim okoljskim problemom. Razpršenost vzorčnih lokacij po celotnem ozemlju R. Slovenije, vidimo na Sliki 4.

V letih 2004, 2005, 2006 in 2007 je bilo v raziskavo zajetih skupno 152 lokacij: 145 lokacij prvo vzorčenje, 2 lokaciji posebno vzorčenje, 3 lokacije ponovno vzorčenje, na dveh lokacijah vzorčenje ni bilo možno. V letu 2007 je bilo zaključeno prvo vzorčenje na vseh lokacijah mreže 8 x 8 km. V obdobju od 1989 do 2007 (slika 3) je bilo skupno realiziranih 368 lokacij akcijskega programa varstva okolja NPVO (13,7%) oziroma 234 lokacij ReNPVO (44,2%). Za dokončanje realizacije prvega vzorčenja glede na cilje ReNPVO je potrebno opraviti pregled, odvzem vzorcev in prve meritve še na 290 lokacijah preliminarne mreže 4 x 4 km.



Slika 3: Realizacija sistematičnih raziskav onesnaženosti tal izražena v številu pregledanih lokacij po letih. Projekt ROTS poteka od leta 1999, ko je bil pripravljen prvi načrt ukrepov na področju varstva tal v okviru NPVO, v podatkovno bazo ROTS so vključeni podatki lokacij, ki ustrezajo metodološkim kriterijem projekta ROTS, vendar so bili pridobljeni v različnih projektih v obdobju 1989-1995.



Slika 4: Geografski prikaz sistematičnih raziskav onesnaženosti tal, ki potekajo od leta 1999. V legendi je v oklepaju navedeno število vzorčnih lokacij pregledanih v posameznem letu. Od leta 2004 poteka vzorčenje razpršeno po celotnem območju Republike Slovenije in prednostno na lokacijah predvidenih v ReNPVO. Prikazane so tudi lokacije, ki so bile povzorčene pred letom 1999, a ustrezajo kriterijem NPVO in ReNPVO in so vključene v podatkovno bazo projekta.

FUNKCIJE TAL

Tla so stična točka med litosfero (Zemljino skorjo), hidrosfero in atmosfero. Nastajajo s preperevanjem kamninske osnove in tvorbo humusa ob razgradnji organskih ostankov v tleh. V spodnjih plasteh tal prevladujejo mineralne komponente, ki v geokemični sestavi odražajo izvorno kamninsko osnovo. V zgornjih plasteh je mineralni osnovi primešana organska snov, ki daje tlom temnejšo barvo in potencial za mikrobiotično aktivnost. Zaradi počasnega nastajanja uvrščamo tla med neobnovljive naravne vire neobhodno pomembne za obstoj človeštva.

Eden od pogojev za nastanek večjih stalnih naselij v preteklosti so bila rodovitna tla. S stalno naselitvijo in kmetovanjem je človek prihranil čas porabljen za iskanje hrane in s tem dobil možnost za sociološko-kulturni in ekonomski razvoj; nastale so prve civilizacije. Spretnost obdelovanja tal je skozi stoletja, tako kot druge človekove dejavnosti, dopolnjevala razvijajoča se tehnologija, ki je na eni strani omogočala vedno večje pridelke in vključevanje manj primernih zemljišč, po drugi strani pa prispevala tudi k splošni degradaciji okolja in onesnaževanju tal. Z eksponentno rastjo števila prebivalstva narašča potreba po naravnih virih, zato je za nadaljnji obstoj človeštva nujno potrebna trajnostna raba vseh naravnih virov, tudi tal.

Težko je opredeliti katera funkcija tal je v okolju najpomembnejša. Dejstvo je, da je človek bolj ali manj odvisen od vseh funkcij tal v okolju (slika 5). Primarne so ekološke funkcije tal. Tla na površju Zemlje omogočajo rast vegetacije in s tem pretvorbo dela sončeve energije v biomaso, ki zajema tako pridelavo hrane in krme za ljudi in živali, hrambo energije v lesu in premogu ter ohranjanje aerobne atmosfere (slika 6). Ta sistem je soodvisen od vode oziroma hidrološkega ciklusa, pri čemer tla, kot najbolj prepereli del litosfere, delujejo kot filter (slika 7). Vodi v tleh rečemo tudi talna raztopina, ki obliva trdne talne delce, omogoča izmenjavo ionov, hidrolizo in druge kemijske reakcije v tleh. Sproščanje in vezava snovi v tleh je pomembna funkcija tako za naravne kot antropogene ekosisteme (na primer zadrževanje hranil v agroekosistemih), za kakovost vode in zagotavljanje pitne vode ter za razgradnjo naravnih ali sintetičnih snovi.

Tako tla opravljajo vlogo pomembnega življenjskega prostora ne samo za organizme, ki jih vidimo na površju, ampak tudi za organizme v tleh, od katerih so daleč najbolj številni, prostemu očesu nevidni, mikroorganizmi. Množičnost rastlinskih in živalskih vrst na tleh in v njih ohranja biodiverziteto, vključno z vidikom genske diverzitete (slika 8).

Slika 5: Funkcije tal v okolju so številne.

Slika 6: Pridelava biomase, zlasti za hrano, je osnovna vloga tal.

Slika 7: Tla so filter za vodo.

Slika 8: Tla nudijo prostor in hrano številnim organizmom.

Tla imajo tudi prostorske funkcije (slika 10), saj človeku nudijo fizični prostor v katerem biva (bivališča, infrastruktura), ustvarja (obrt, industrija) in se sprošča (rekreacija). Rodovitni površinski sloj tal v celoti ali delno odstranimo, ko gradimo naselja, ceste in druge objekte. Glinokopi, izkoriščanje šote, gramoznice in drugi odprti kopi predstavljajo pomemben vir surovin, ki jih tla nudijo človeku, hkrati pa se tudi zaradi izkoriščanja surovin pod tlemi površina rodovitnih tal dnevno zmanjšuje (slika 9). Prostorske funkcije tal delujejo v nasprotju z ekološkimi funkcijami tal in glede na dejstvo, da so tla omejen naravni vir, bi morale biti načrtovane zelo racionalno, saj večina leteh tla nepovratno uniči.

Tla imajo lahko tudi kulturno funkcijo. V tleh in matični podlagi je shranjenih mnogo atropogenih (arheoloških) in naravnih (fosili) ostankov, ki pomagajo dopolnjevati vedenje o razvoju planeta in življenja na njem.

Slika 9: Tla so tudi vir surovin.

Slika 10: Usklajevanje ekoloških in prostorskih interesov.

ONESNAŽEVANJE 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. Definicija onesnaženosti tal je zelo široka in poleg tal samih obravnava tudi vpliv na podtalnico in rastline. V naravi pojavov ne moremo omejiti samo na en del ekosistema, če le-ti delujejo oziroma vplivajo na različne dele okolja. Prekomerne koncentracije ene ali več substanc v določenem prostoru in času pomenijo onesnaženost okolja. Pri tem se ljudje najprej zavemo problema onesnaženosti zraka in vode, saj smo od njiju neposredno odvisni; redko ali šele posredno pomislimo na onesnažena tla.

Snovi, ki povzročajo onesnaženost tal, se, po terminologiji Zakona o varstvu okolja (Ur. l. RS 41/04), imenujejo nevarne snovi. V strokovni in laični literaturi zasledimo tudi izraza onesnažila in onesnaževala. Izvori teh snovi so:

- nevarni in posebni odpadki: gošče komunalnih in drugih čistilnih naprav ter greznic, razne odpadne snovi iz industrije, radioaktivni odpadki,...;
- urbane in industrijske emisije v zraku;
- oporečne namakalne ali poplavne vode;
- organska (gnojevka) in mineralna gnojila;
- fitofarmacevtska sredstva;
- mulj iz rečnih strug in jezer.

Glede na kemijsko sestavo onesnažila delimo v anorganske in organske nevarne snovi. Kemijska oblika in lastnosti spojine pogojujejo razgradnjo, adsorpcijo in mobilnost oz. gibljivost snovi v sistemu tla - rastlina - talna voda. Od tega in od nekaterih lastnosti tal je odvisen negativen ali celo toksičen učinek nevarnih snovi in njihova usoda v tleh. Organske in anorganske spojine se razlikujejo predvsem v tem, da se večina organskih spojin v tleh razgradi, anorganske pa se v tleh kopičijo. Seveda so izjeme, tako pri organskih spojinah, saj so nekatere zelo obstojne, na primer klorirani in poliklorirani ogljikovodiki, ki ostanejo v tleh več let; kot tudi pri anorganskih spojinah, kjer poznamo zelo mobilne spojine, na primer nitrati, ki se lahko hitro izperejo iz tal.

Za nekatere nevarne snovi obstajajo mejne vrednosti, ki jih opredeljuje Uredba o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (Uradni list RS 68/96). Uredba velja za celotno območje Republike Slovenije in za vse vrste rabe tal. V njej so razloženi nekateri pojmi, ki jih uporabljamo pri vrednotenju tal z vidika vsebnosti nevarnih snovi. Najbolj bistevni del uredbe je priloga, v kateri so določene mejne, opozorilne in kritične vrednosti za: deset kovin (Cd, Cu, Ni, Pb, Zn, Cr, Hg, Co, Mo, As), skupne fluoride, nekatere aromatske spojine (hlapni fenoli, benzen, etilbenzen, toluen, ksilen), skupno vsebnost policikličnih aromatskih ogljikovodikov (PAO), nekatere klorirane ogljikovodike (spojine PCB, DDT in derivati, HCH spojine, aldrin, dieldrin, endrin, atrazin, simazin) in ogljikovodike, ki izvirajo iz nafte - mineralna olja (Ur. l. RS št.68/96).

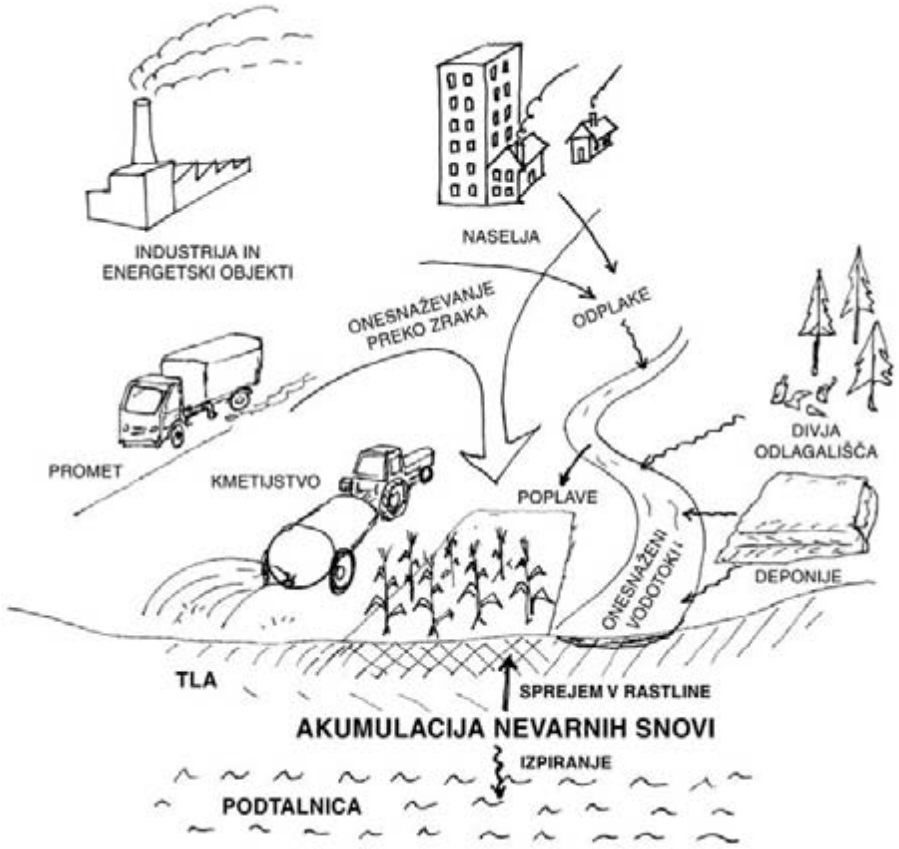
Model treh vrednosti, s katerimi po tej uredbi opredelimo stanje tal glede onesnaženosti, je boljši od sistema ene predpisane maksimalne vrednosti. Omogoča postopno oziroma pravočasno ukrepanje, ko tla še niso močno onesnažena. To pomeni, da v prvi fazi lahko le omejimo določene vrste rabe tal, za bolj onesnažena območja pa tudi predlagamo izvedbo primernih sanacijskih ukrepov glede na vrsto in število nevarnih snovi v tleh in v končni fazi prepovemo kmetijsko rabo tal. Pomanjkljivost te uredbe je, da sama po sebi ne ločuje različnih vrst rabe tal, ki se razlikujejo glede na nevarnost vnosa onesnažil v človeka: npr. otroška igrišča ob vrtcih, šolah in parkih, kmetijska zemljišča, urbana zemljišča, zemljišča ob industrijskih objektih. To pomeni, da za predlog oz. odločitev za ukrepanje ni vedno nedvoumne zakonske osnove; je le stvar strokovne presoje oziroma finančnih in drugih dejavnikov. Ugotavljamo tudi, da bi se nabor spojin, za katere so predpisane meje, moral posodobiti.

Glede na izvor onesnaževanja lahko govorimo o onesnaževanju iz kmetijstva (biotehniško onesnaževanje), iz industrije (industrijsko), mest (urbano) in iz prometa, kar s skupnim izrazom imenujemo lahko tudi nebiotehniško onesnaževanje. Glede na način, kako onesnažila pridejo do tal, delimo proces onesnaževanja na razpršeno, točkovno in linijsko (slika 11).

Biotehniško onesnaževanje zajema namerne in nenamerne, neposredne in posredne vnose nevarnih snovi v tla zaradi kmetijske dejavnosti. Izstopata predvsem uporaba fitofarmacevtskih sredstev in mineralnih (rudninskih) gnojil. Onesnaženost tal in ostalih delov okolja je lahko tudi posledica nestrokovne rabe gnojevke, uporabe oporečnih kompostov in drugih dodatkov tlom, namakanje (zalivanje) z oporečno vodo in podobno. Ni vsako gnojenje in vsaka uporaba herbicidov onesnaževanje tal, dejstvo pa je, da gre

v teh dveh primerih lahko za vnašanje tudi potencialno nevarnih snovi v tla. Kmetijska stroka se zaveda možnih negativnih posledic nestrokovne in pretirane rabe fitofarmacevtskih sredstev in gnojil, kar nakazujejo usmeritve v integrirano in ekološko pridelavo, vendar je za pokrivanje trenutnih človeških potreb po hrani uporaba le-teh neobhodna.

Za nebiotehniško onesnaževanje okolja je značilno, da prevladuje razpršeno onesnaževanje tal preko zraka. Industrijske emisije (izpusti v zrak), plini in prašni delci iz termoelektraren in odlagališč, dimni plini iz individualnih kurišč ter emisije iz prometa so najpogostejši razlog za onesnažen zrak. Nevarne snovi v zraku potujejo v plinasti, tekoči ali trdni obliki glede na njihove lastnosti in vremenske razmere različno daleč. Nekatere nevarne snovi ogrožajo naše zdravje ter toksično delujejo na rastline neposredno (SO_2, dušikove spojine in hlapne organske spojine, fluoridi). Pri teh je akumulacija v tleh neizrazita in jih je z analizami tal težje dokazati, čeprav kratkoročno lahko povzročijo veliko škode na rastlinah in negativno vplivajo na zdravje ljudi. Nasprotno so težke kovine običajno v zraku v majhnih koncentracijah, zato so neposredno manj nevarne, vendar se lahko zaradi dolgotrajnih emisij nakopičijo v tleh (npr. svinec iz prometnih emisij). Posledica onesnaževanja preko zraka so onesnažena tla in vegetacija ne samo lokalno, ampak tudi v večji oddaljenosti od vira onesnaževanja.



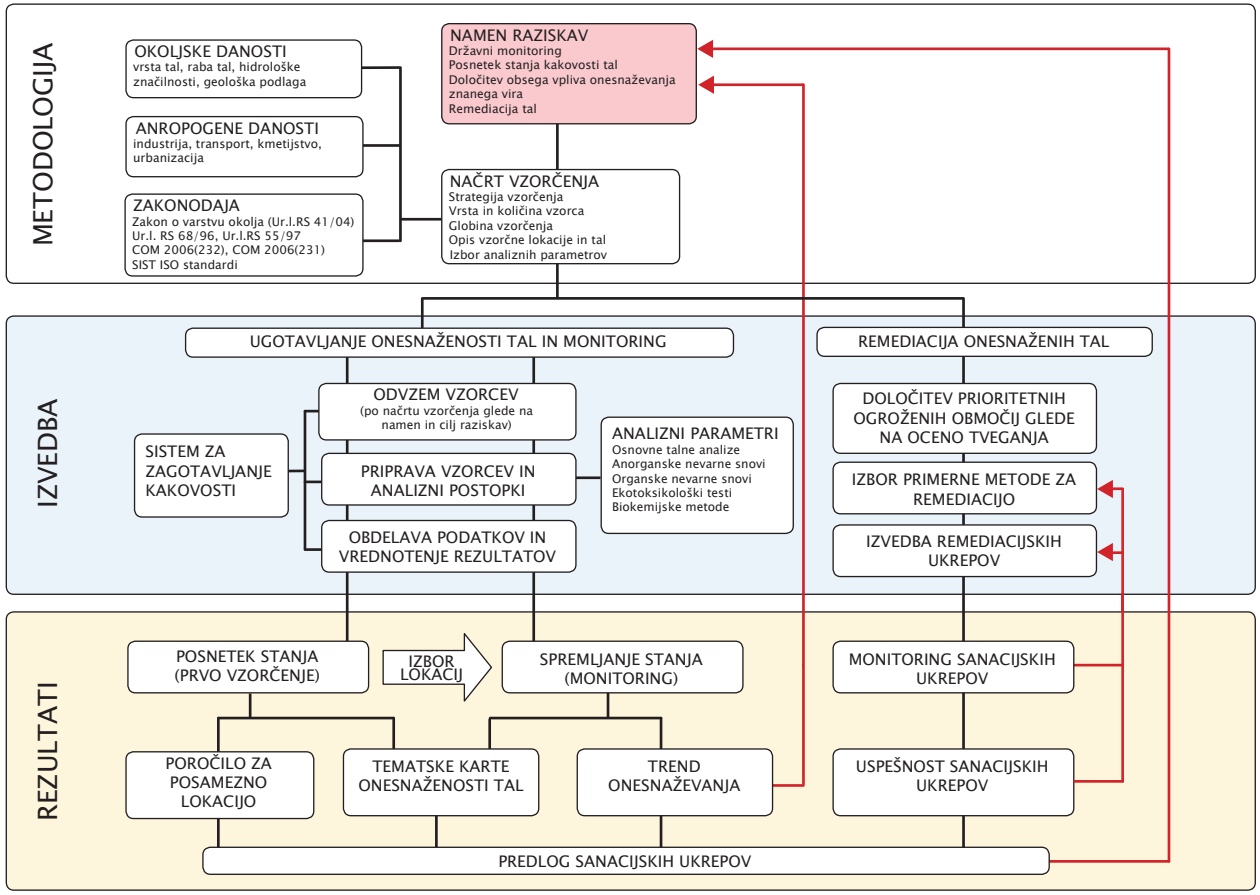
Slika 11: Načini onesnaževanja tal (risba: M. Zupan).

Poleg razpršenega onesnaževanja poznamo tudi točkovno onesnaževanje tal. Običajno je mesto onesnaženja mnogo bolj kontaminirano, kot pri razpršenem onesnaženju, vendar so posledice praviloma le lokalne. Primer točkovnega onesnaževanja so razne deponije in odlagališča odpadkov. Urejene komunalne ali industrijske deponije, kjer je odlaganje odpadkov nadzorovano, izcedne vode kontrolirane in prečiščene, odpadki redno prekriti z mineralnim slojem in kjer ne prihaja do samovžigov, za onesnaževanje tal praviloma niso problematične. Vsa divja odlagališča in deponije brez zgoraj naštetih ukrepov lahko neposredno onesnažijo tla. Zelo nevarna so nenadzorovana odlagališča industrijskih odpadkov, ki z izcednimi vodami, dvigovanjem prahu ali zaradi samovžigov ogrožajo okolje in človeka. Točkovno onesnaževanje tal lahko pozroči tudi odlaganje gošč komunalnih in drugih čistilnih naprav, greznic, kompostiranih odpadkov ter rečnih in jezerskih muljev in sedimentov, v kolikor le-ti vsebujejo preveč nevarnih snovi. Prav tako se tla lahko onesnažijo z odpadno oziroma onesnaženo vodo, s komunalnimi odplakami (neustrezna kanalizacija) ali iz onesnaženih vodotokov. Poleg že opisanih nevarnih snovi se v teh primerih v tla lahko vnesejo tudi jajčeca parazitov in patogene bakterije.

METODOLOGIJA PROJEKTA RAZISKAVE ONESNAŽENOSTI TAL V SLOVENIJI (ROTS)

Metodologija projekta raziskave onesnaženosti tal Slovenije (ROTS) je sinteza tujih in domačih izkušenj pridobljenih v projektu Tematska karta onesnaženosti zemljišč celjske občine (Lobnik s sod., 1989) in pri sodelovanju v delovni skupini za varstvo tal v okviru dežel alpskega in jadranskega prostora (Arbeitsgruppe Bodenschutz, Arbeitsgemeinschaften Alpen-Adria), v kateri smo predstavniki Slovenije aktivno izmenjavali izkušnje v obdobju 1987 -1996 (Lobnik s sod., 1990, 1995; Hrustel Majcen s sod., 1991). Predstavljena je bila na strokovnih in znanstvenih srečanjih (Lobnik s sod., 1992, 1994; 2003; Zupan 2000; Zupan s sod., 2001a, 2001b, 2002).

Celoten koncept projekta ROTS, vključno z izvedbo vzorčenja, opisom tehnike odvzema in priprave združenih vzorcev na terenu, pripravo in analizo vzorcev v laboratorijih, zagotavljanjem kontrole kakovosti, vrednotenjem rezultatov, izgradnjo podatkovne baze in oblik poročila je opisan v prvem projektu ROTS, ki se je izvajal v letih 1999 (odvzem vzorcev) in 2000 (poročilo)(Zupan s sod., 2000). V osnovi se metodologija projekta ROTS ne spreminja in poteka po dogovorjeni shemi, dopolnuje pa se z razvojem znanja in tehnik pri terenskem delu (na primer uporaba GPS naprav in bolj natančnih kart), laboratorijskih preizkusov in načinu prikazovanja rezultatov (spletne strani).



Slika 12: Shema poteka raziskav onesnaženosti tal od metodologije do rezultatov.

ZAKONSKE OSNOVE

V Sloveniji

Na novi zakonodajni osnovi je vlada RS sprejela Zakon o varstvu okolja (ZVO; Ur. l. RS, 32/93, ki sta ga nasledila Ur. l. RS, 41/04 in 39/06), ki vsebuje splošne ukrepe in osnovne metode varstva okolja in rabe naravnih virov. Po zakonu o varstvu okolja (ZVO) je Slovenija dolžna izvajati spremljanje stanja okolja, kar je opredeljeno v 96. členu – monitoring okolja:

(1) V državi se izvaja monitoring naravnih pojavov, stanja okolja in onesnaževanja okolja.

(2) Monitoring naravnih pojavov obsega spremljanje in nadzorovanje meteoroloških, hidroloških, erozijskih, geoloških, seizmoloških, radioloških in drugih geofizikalnih pojavov.

(3) Monitoring stanja okolja obsega spremljanje in nadzorovanje kakovosti tal, voda in zraka ter biotske raznovrstnosti.

(4) Monitoring onesnaževanja okolja obsega spremljanje in nadzorovanje emisij v tla, vode in zrak.

Na osnovi ZVO so bili sprejeti različni podzakonski akti in programi s področja varstva tal (v poglavju Literatura niso ponovno navedeni):

- Uredba o mejnih vrednostih vnosa nevarnih snovi in gnojil v tla (Ur.l. RS, 84/05), ki je nadomestila Uredbo o vnosu nevarnih snovi in rastlinskih hranil v tla (Ur. l. RS, 68/96);
- Uredba o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (Ur. l. RS, 68/96);
- Pravilnik o obratovalnem monitoringu pri vnosu nevarnih snovi in rastlinskih hranil v tla (Ur. l. RS, 55/97);
- Pravilnik o obremenjevanju tal z vnašanjem odpadkov (Ur. L. RS, 3/03, 44/03);
- Nacionalni program varstva okolja (Program ukrepov na področju varstva tal) (NPVO, Ur. l. RS, 83/99);
- Resolucija o nacionalnem programu varstva okolja 2005 - 2012 (ReNPVO, Ur. l. RS, 2/06).

Na osnovi Zakona o gozdovih (Ur.l. RS, 30/93 in 13/98) sta bila pripravljena pravilnika, ki opredeljujeta popis stanja tal v gozdu:

- Pravilnik o varstvu gozdov (Ur. L. RS št. 92/00; Priloga PVG-VIII/2: Popis stanja gozdnih tal) in
- Pravilnik o spremembah in dopolnitvah Pravilnika o varstvu gozdov (Ur. L. RS. št. 56/2006 s prilogami).

V Evropski uniji

Poleg nacionalne zakonodaje so za Slovenijo pomembni in obvezujoči tudi dokumenti in zakonodaja sprejeta na ravni EU. Navajamo samo najpomembnejše v povezavi z onesnaženostjo tal (v poglavju Literatura niso ponovno navedeni):

- Tematska strategija za varstvo tal »Thematic Strategy for Soil Protection« ([SEC(2006)620] [SEC(2006)1165]/COM(2006)231/, 22.9.2006); obvestilo in presoja vpliva (slika 13);
- Predlog o določitvi okvira za varstvo tal in spremembi Direktive 2004/35/ES »Proposal for establishing a framework for the protection of soil and amending Directive 2004/35/EC« (COM(2006)232, 22.9.2006);
- Direktiva 96/61/ES o celovitem preprečevanju in nadzorovanju onesnaževanja »Directive 96/61/EC concerning integrated pollution prevention and control« (OJ L 257, 10.10.1996);
- Direktiva 2004/35/ES o okoljski odgovornosti v zvezi s preprečevanjem in sanacijo okoljske škode »Directive 2004/35/ES on environmental liability with regard to the prevention and remedying of environmental damage« (OJ L 143/56, 30.4.2004);

- Direktiva 86/278/EEC o varstvu okolja, zlasti tal, kadar se blato iz čistilnih naprav uporablja v kmetijstvu »Directive 86/278/EEC on the protection of the environment, and in particular of the soil, when sewage sludge is used in agriculture« (OJ L 181, 4.7.1986);
- Direktiva 2000/60/ES Evropskega parlamenta in Sveta o določitvi okvira za ukrepe Skupnosti na področju vodne politike »Directive 2000/60/EC of establishing a framework for Community action in the field of water policy« (OJ L 327/1, 22.12.2000).

Slika 13: Soil Thematic Strategy - krovni dokument za varstvo tal v Evropski uniji predvideva štiri nivoje ukrepov za varstvo tal (http://eusoils.jrc.it/esbn/Plenary_esbn_2007/Workshop/ESBN_DeWIT_SoilThematic.pdf).

METODOLOGIJA VZORČENJA, ANALIZ IN POROČANJA

Raziskave onesnaženosti tal v Sloveniji potekajo, tako kot v večini evropskih držav, s sistematičnim vzorčenjem v koordinatni mreži z različno gostoto. V programu ReNPVO (Ur.l.RS 02/06) je v splošnem gostota vzorčnih lokacij 8 × 8 km, na ne-gozdnih površinah pod 600 m nadmorske višine pa 4 × 4 km. Strategija vzorčenja in sistem programa raziskav onesnaženosti zagotavljata:

- reprezentativnost in objektivnost vzorčenja,
- ponovljivost vzorčnega postopka,
- primeren način transporta in hrambe vzorcev;
- ponovljivost laboratorijskih postopkov.

Vsi detajli so natančno predpisani v programu vzorčenja, kjer so navedene tudi osnovne že znane informacije o kraju vzorčenja: pedologija, topografija, geološke in hidrološke značilnosti, morebitni viri emisij, itd.

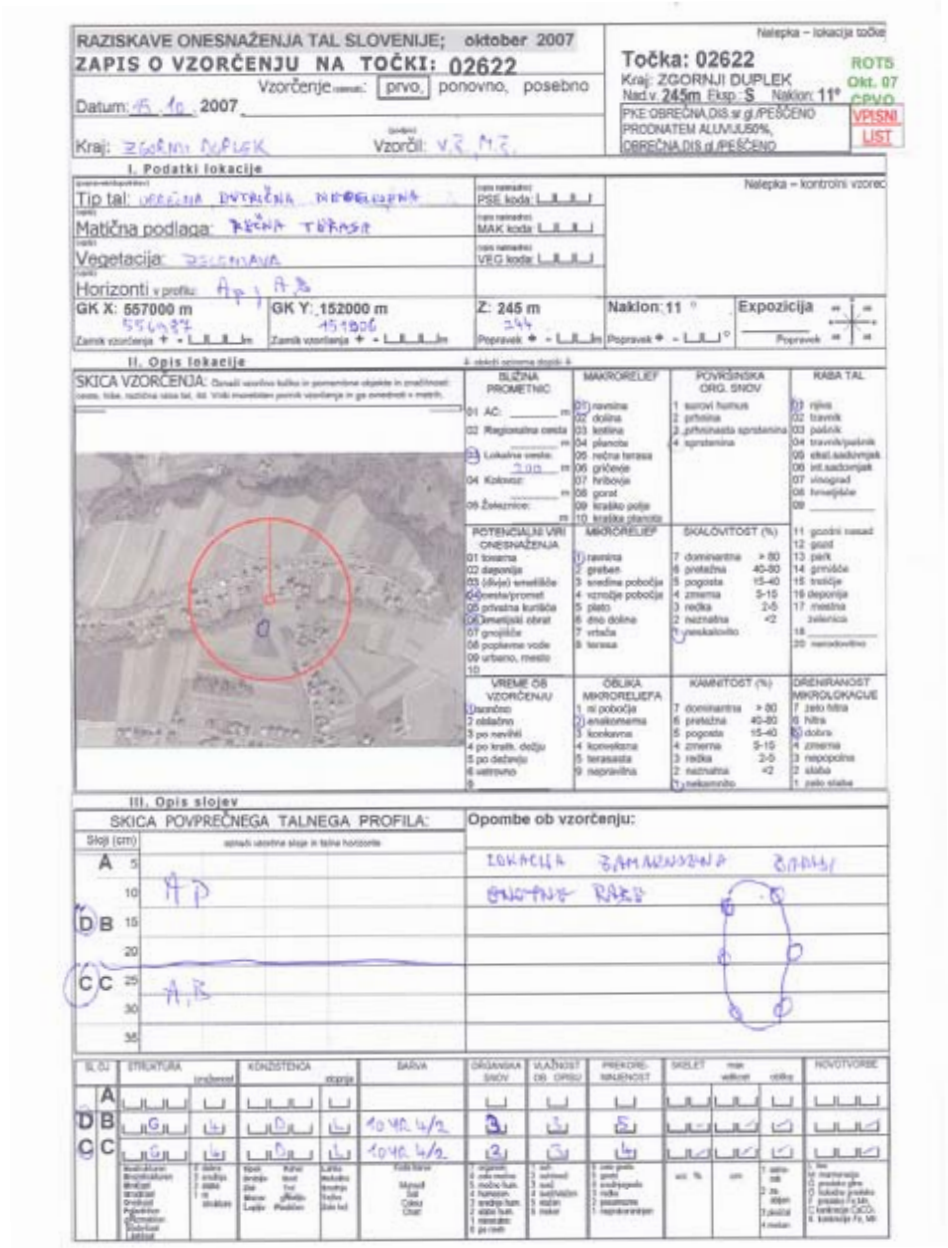
Priprava terenskih obrazcev

Priprava terenskih obrazcev je zasnovana in izvedena v okviru Infrastrukturnega centra za pedologijo in varstvo okolja (ICPVCO). V ICPVO je vzpostavljen sistem za izpis protokola (obrazca) za vzorčenje za vsako vnaprej izbrano lokacijo, pri čemer se uporabijo podatki različnih javno dostopnih geokodiranih informacij (GURS). Na formularju so opisani vsi potrebni podatki, ki omogočajo lažje delo na terenu (določitev lokacije, hitro in učinkovito izpolnjevanje formularja in podobno): podatki o talnem tipu (pedosistematska enota) oziroma pedokartografski enoti, geografski položaj točke na izrezu TK25 ali DOF, naklon, ekspozicija, koordinate, nadmorska višina,…(Sliki 14 in 15). Za vse izbrane vzorčne lokacije se poleg formularjev pripravijo tudi komplet nalepk (slika 20) za označevanje na terenu in v laboratoriju ter topografske karte v merilu 1:25000.

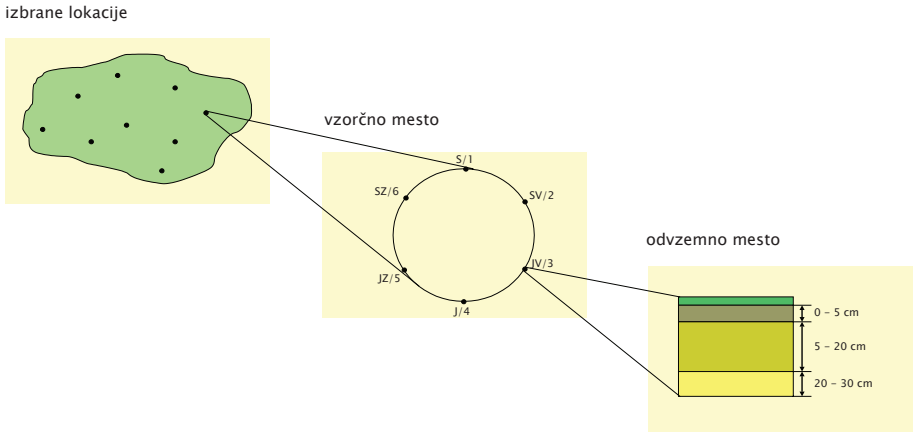
Slika 14: Zabeležimo vse prostorske podatke lokacije.

Način in globina vzorčenja

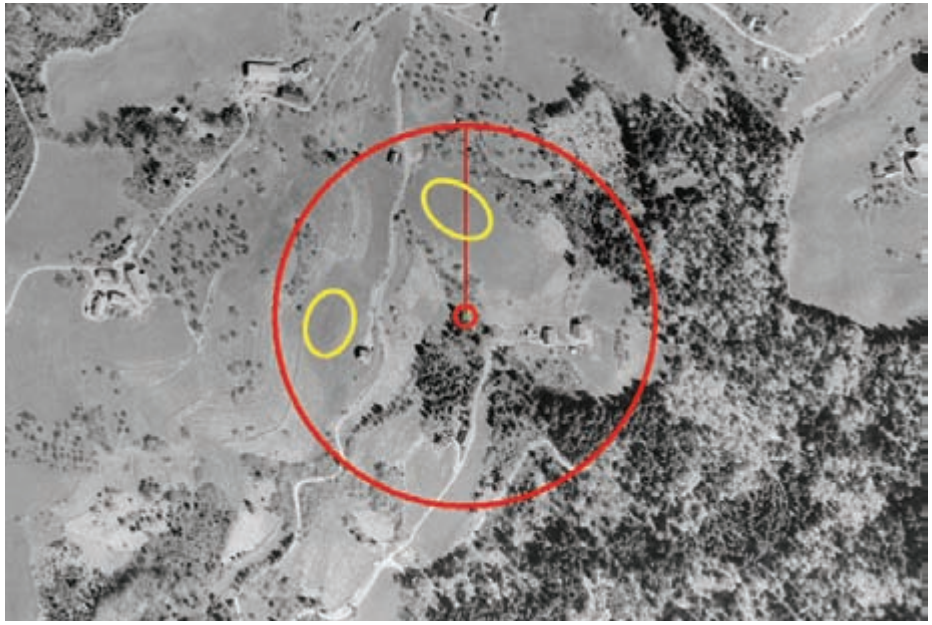
Metoda vzorčenja združuje postopke točkovnega vzorčenja (odvzem vzorcev iz talnih slojev/horizontov po globini) in povprečnega ploskovnega vzorčenja (Slika 16). Združeni vzorci so odvzeti iz šestih odvzemnih mest v krogu premera 50 - 100 m pri čemer je središče kroga presečišče koordinat izbrane vzorčne lokacije/točke (Slika 16); vzorčimo v dveh oziroma treh globinah, odvisno od rabe tal.



Slika 15: Obrazec za opis lokacije odvzemnega mesta.



Slika 16: Opredelitev vzorčenja tal v projektu ROTS: izbrane lokacije/točke iz preliminarne mreže. Vzorčno mesto zajema površino elipsoidne oblike z radijem 25 do 50 m in enovito rabo tal. Na tej površini izkopljemo 6 jam za odvzem talnih vzorcev.



Slika 17: Zamik vzorčnega mesta je dovoljen v krogu polmera 200 m od presečišča km mreže.Vzorčno mesto zajema enovito rabo tal.

Čas vzorčenja

Vzorčenje za projekt ROTS opravimo vsako leto v istem letnem času. Izbrano je obdobje september – november, ko je večina kmetijskih zemljišč v fazi mirovanja, to je po spravilu pridelka in pred ponovno setvijo.

Prostorsko umeščanje vzorčnega mesta

Za prostorsko umeščanje vzorčnega mesta uporabljamo topografske karte 1:25000 oziroma ortofoto posnetke v kombinaciji z GPS napravo. Premer kroga odvzemnih mest prilagodimo tako (r = 25-50 m), da zajamemo območje homogene rabe tal, pri tem lahko delno spremenimo lik kroga v bolj ali manj elipsoidno obliko. Pomembno je, da zagotovimo 6 odvzemnih mest na območju iste rabe tal (sliki 17 in 18).

Če zaradi različnih ovir (voda, stavba, tlakovano, infrastrukturni objekt, skalovitost, jarek, …) in vzrokov (pestra raba tal, meja med dvema ali več vrstami rabe tal, …) ni možno ali ni smotrno vzorčiti na presečišču koordinat izbrane lokacije, središčno točko vzorčenja zamaknemo za največ 200 m od središča (Slika 17). Pri tem upoštevamo sledečo prioriteto določitve vzorčenja: trajni nasadi z orano/rigolano vrhnjo plastjo > njive > travniki, pašniki > vrtovi > gozd.

Postopek odvzema vzorcev, način hranjenja in transporta do laboratorija ter način opisa lokacije in tal je podan v navodilu za vzorčenje, ki ga terenske ekipe dobijo pred vzorčenjem. Vsako leto se pred izvedbo vzorčenja določijo terenske ekipe. Terenska ekipa je sestavljena iz najmanj dveh članov, od katerih ima vsaj eden ustrezno znanje za prepoznavanje in karakterizacijo tal. Število terenskih ekip je odvisno od letnega obsega vzorčenja, ki ga je potrebno opraviti v kratkem časovnem obdobju. Dobro izurjena ekipa opravi povprečno dva do tri vzorčenja na dan, ob primerni razporeditvi in dostopnosti lokacij lahko tudi več.

Analizne metode in parametri

Parametri, ki se analizirajo, so: osnovni pedološki parametri (konsistenca, struktura, tekstura, pH, vsebnost organske snovi, makrohranila,...), organske nevarne snovi (55 snovi vključno s PAO, PCB, kloriranimi ogljikovodiki, aromatskimi spojinami in drugo) ter anorganske nevarne snovi (14 kovin in celotni fluoridi). Metode priprave vzorcev tal (homogenizacija, ekstrakcije, razklopi) in meritev se izvajajo v pooblaščenih ali akreditiranih laboratorijih na osnovi veljavnih predpisov: Uredba o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh

Slika 18: Vzorčno mesto določimo na zemljišču z enovito rabo tal.

Slika 19: Na odvzemnem mestu izkopljemo talni profil do globine 30 cm in po slojih povzorčimo tla.

Slika 20: Talne vzorce označimo z vnaprej pripravljenimi samolepilnimi nalepkami.

(Ur. l. RS, 68/96), Pravilnik o obratovalnem monitoringu pri vnosu nevarnih snovi in rastlinskih hranil v tla (Ur. l. RS, 55/97)) in standardov (mednarodna organizacija za standarde ISO in slovenski inštitut za standardizacijo SIST/ISO) oziroma v projektu ROTS validiranih internih metod. Analizni laboratoriji uporabljajo standardne postopke za zagotavljanje kakovosti meritev (referenčni materiali, dvojni vzorci, razdeljeni vzorci, itd.). Zasnovan in uveden je tudi arhiv talnih vzorcev.

Prikaz rezultatov

Podatki za vsako lokacijo so prikazani v obliki standardiziranega štiristranskega izpisa (slika 23). Prva stran kaže podatke o lokaciji vzorčenja s sliko in kratkim opisom kakovosti tal. Na drugi strani so grafično prikazane osnovne pedološke karakteristike, ki kažejo kakovost tal s stališča rodovitnosti tal in vpliva na usodo potencialno nevarnih snovi v tleh. Na tretji strani so grafično prikazane vrednosti potencialno nevarnih anorganskih snovi v tleh po globinah, interpretirane v skladu s slovensko zakonodajo (Ur. L. RS 68/96). Na četrti strani so podane vrednosti potencialno nevarnih organskih snovi v zgornjem sloju tal, prav tako interpretirane v skladu s slovensko zakonodajo (Ur. L. RS 68/96).

Omenjeni način prikaza podatkov omogoča prepoznavnost lokacije, njene topografske lastnosti in natančno mesto odvzema vzorca. Kratek komentar je namenjen predvsem hitri informaciji o kakovosti tal, medtem ko podrobni grafični prikazi za vsako talno lastnost in vsako merjeno potencialno nevarno snov omogočajo nedvoumno interpretacijo tudi s stališča zakonodaje in preprečujejo zavajanje javnosti.

Dostopnost podatkov

Podatki, ki jih financira Agencija RS za okolje bodo vključeni v podatkovno bazo na Agenciji RS za okolje, hkrati pa so del podatkovne zbirke Infrastrukturnega centra na Centru za pedologijo in varstvo okolja (ICPVO). ICPVO deluje v okviru Mreže raziskovalnih infrastrukturnih centrov Univerze v Ljubljani (MRIC UL), kjer so poleg podatkov ROTS shranjeni tudi drugi podatki onesnaženosti tal (podatkovni sloj OT) in podatki pedoloških kart v merilih 1:5000, 1:25000 in 1:250000 (PKE5, PKE25 in PKE250) z zelo obsežno zbirko atributnih podatkov (morfološki opisi in analize) pedoloških profilov (PP). Podatkovna baza za tla na Agenciji RS za okolje je v razvoju (Oracle, SDE, GIS) in bo povezana s podatki o zraku in vodah. SDE baza se prav tako razvija in bo povezovala vse podatke – zrak, vode, tla… tudi v GIS okolju. Poročila in rezultati projekta ROTS so javni in so na voljo na spletnih straneh Agencije RS za okolje (http://www.arso.gov.si/varstvo%20okolja/tla/poro%c4%8dila%20in%20publikacije/) in Infrastrukturnega centra za pedologijo in varstvo okolja (http://soil.bf.uni-lj.si). Dodatne podatke (rezultate) v elektronski obliki pa je možno pridobiti na podlagi prošnje na Agenciji RS za okolje.

Slika 21: V laboratoriju vzorce najprej homogeniziramo, posušimo, zmeljemo in presejemo.

Slika 22: Ena od spletnih strani s podatki ROTS.

Slika 23: (na naslednjih straneh) primer štiristranskega standardiziranega izpisa

Vzorčna točka: 02622

KRAJ: ZGORNJI DUPLEK
OBČINA: DUPLEK

GK: X= 557000m Y= 152000m
Nadmorska višina: 245m
Nagib: 11° (24%)
Smer pobočja: jug

Vzorčenje: 02622/1007

Obrazec terenskega opisa: T02622_1007.tif
Fotografija lokacije vzorčenja: F02622_1007.jpg
Čas vzorčenja: Oktober 2007
Vzorčenje: prvo

Zamik vzorčenja:
GK X: -13m (X=556987m)
GK Y: -94m (Y=151906m)
Nadmorska višina: 244m

Lokacija vzorčne točke

Terenski opis lokacije vzorčne točke

Opisal: Vili Šijanec, Miha Šijanec, UNIVERZA V LJUBLJANI, BIOTEHNIŠKA FAKULTETA, Oddelek za agronomijo, Center za pedologijo in varstvo okolja

Tip tal: obrečna tla, evtrična, neoglejena
Matična podlaga: rečna terasa
Vegetacija: zelenjava
Raba tal: njiva
Oddaljenost prometnic od vzorčne točke:
lok. cesta:200m
Potencialni viri onesnaženja: promet/cesta, kmetijski obrat
Vreme ob vzorčenju: sončno

Makrorelief: ravnina
Mikrorelief: ravnina
Oblika mikroreliefa: enakomerna
Kamnitost: nekamnito
Skalovitost: neskalovito
Površinska org. snov: sprstenina
Dreniranost: dobra

Opombe: Zaradi enotne rabe smo lokacijo vzorčenja zamaknili proti jugu.

Komentar:
Točka se nahaja na Dravski rečni terasi. Prevladuje njivska pridelava. Talni tip so obrečna tla, evtrična, neoglejena. Tekstura je meljasto ilovnata MI. Tla so dobro propustna za vodo, v profilu ni znakov oglejevanja. Tudi kemične lastnosti tal so ugodne. pH vrednost se giblje na meji med nevtralno in alkalno reakcijo (pH=7.2-7.3), nasičenost tal z bazami je zelo visoka (V=93%), med tem ko je kationska izmenjalna kapaciteta majhna T<20mmolC+/100g. Od anorganskih nevarnih snovi vsebnosti Pb in Zn presegata opozorilno vrednost, vesbnost kadmija (Cd) je večja od mejne vendar manjša od opozorilne vrednosti, ostale merjene anorganske snovi so pod mejno vrednostjo. Od organskih nevarnih snovi sta izmerjeni dve spojini iz skupine PAH (PAO), vendar je seštevek spojin PAH1 pod mejno vrednostjo. Ostale organske nevarne snovi so pod detekcijsko mejo uporabljene analitske metode.

Vzorčenje: 02622/1007

Terenski opis slojev vzorčne točke

Opisal: Vili Šijanec, Miha Šijanec, UNIVERZA V LJUBLJANI, BIOTEHNIŠKA FAKULTETA, Oddelek za agronomijo, Center za pedologijo in varstvo okolja

Globina D (0-20cm)
Konzistenca: drobljiv
Stopnja konz.: lahko
Struktura: grudičast
Izraženost str.: dobra
Barva: 10YR 4/2
Organska snov: srednje humozen
Vlažnost ob opisu: svež
Prekoreninjenost: goste korenine
Volumski delež skeleta: 0%

Globina C (20-30cm)
Konzistenca: drobljiv
Stopnja konz.: lahko
Struktura: grudičast
Izraženost str.: dobra
Barva: 10YR 4/2
Organska snov: slabo humozen
Vlažnost ob opisu: svež
Prekoreninjenost: srednje goste korenine
Volumski delež skeleta: 0%

Osnovni pedološki parametri

Analitski laboratorij: UNIVERZA V LJUBLJANI, BIOTEHNIŠKA FAKULTETA, Oddelek za agronomijo, Center za pedologijo in varstvo okolja

Globina	Lab. št.	pesek	melj	glina	TRZ	TOC	org. snov	C	N	C/N	karbonati	pH	P	K	Ca	Mg	K	Na	H	S	T	V
	enota	%		%		%	%	%	%		%	CaCl2	-- mg / 100g --				mmol / 100g					%
D (0-20cm)	90	33	61	6	MI		2,5	1,4	0,15	9,3		7,2	24,7	6,4	16,35	0,94	0,12	0,05	1,3	17,5	18,8	93,1
C (20-30cm)	91	34,8	59,6	5,6	MI		2,4	1,4	0,14	10		7,3	23,6	5	17,26	0,88	0,11	0,05	1,25	18,3	19,6	93,4

Opombe: Analiza opravljena; vsebnost pod mejo detekcije (LOD): *<X,XXX*
Analiza opravljena; vsebnost pod mejo določanja (LOQ): *[x,xxx]*

pH (v $CaCl_2$) VREDNOST (pH in $CaCl_2$)

Globina	pH	2 zelo močno kisla	3 močno kisla	4.5 kisla	5.5 zmerno kisla	6.5 nevtralna	7.2 alkalna	8 zelo močno alkalna 9
D (0-20cm)	7,2							
C (20-30cm)	7,3							

TEKSTURNI RAZRED (Texture Class)

Globina	lahka tla: P	IP	PI	sr. težka tla: I	MI	M	PGI	težka tla: GI	MGI	PG	MG	G
D (0-20cm) MI					*							
C (20-30cm) MI					*							

ORGANSKA SNOV (Organic Matter)

Globina	org. snov	0%	10%	20%	30%	35%
D (0-20cm)	2,5%					
C (20-30cm)	2,4%					

LEGENDA:
0-1: mineralna tla
1-2: malo humozna
2-4: srednje hum.
4-8: dobro hum.
8-15: zelo dobro hum.
15-35: ekstremno hum.
>>>> > 35: organska tla

KATIONSKA IZMENJALNA KAPACITETA - T vrednost (mmolC+/100g) (Cation Exchange Capacity)

Globina	T	0 nizka	20 srednja	40	60 visoka
D (0-20cm)	18,8				
C (20-30cm)	19,6				

LEGENDA:
Kalcij (Ca)
Magnezij (Mg)
Kalij (K)
Natrij (Na)
Vodik (H)
>>>>> > 60mmolC+/100g

ZASIČENOST Z BAZIČNIMI KATIONI - V vrednost (Base saturation)

Globina	V	0% distrično	50% evtrično	100%
D (0-20cm)	93,1%			
C (20-30cm)	93,4%			

Projekt: RAZISKAVE ONESNAŽENOSTI TAL SLOVENIJE V LETU 2007 - ROTS 2007 **Vzorčna točka: 02622**
Naročnik: MINISTRSTVO ZA OKOLJE IN PROSTOR, AGENCIJA REPUBLIKE SLOVENIJE ZA OKOLJE **Čas vzorčenja: Oktober 2007**
Izvajalec: UNIVERZA V LJUBLJANI, BIOTEHNIŠKA FAKULTETA, ODDELEK ZA AGRONOMIJO, Center za pedologijo in varstvo okolja

Datum izpisa: 31.7.2008 Stran: 3/4

Vzorčenje: 02622/1007

Anorganske nevarne snovi

Analitski laboratorij: Zavod za zdravstveno varstvo Maribor, Inštitut za varstvo okolja

Globina	Hg	Cd	Pb	Zn	Mo	Cu	Co	As	Ni	Cr	V	Se	Mn	Tl	Fe	Fluoridi vodotopni	Fluoridi totalni
enota	mg / kg suhe snovi																
D (0-20cm)	0,13	1,5	130	490	1,4	28	12	17	33	15	30	<1	520	0,45			

Opombe: Analiza opravljena; vsebnost pod mejo detekcije (LOD): *<x,xxx*
Analiza opravljena; vsebnost pod mejo določanja (LOQ): *[x,xxx]*

Globina Vsebnost

Nevarna snov: As
D (0-20cm) 17 mg/kg
pod mejo detekcije: <1mg/kg | pod mejo določljivosti: [2]mg/kg | pod mejno vrednostjo: <20mg/kg | mejna vrednost: >20mg/kg | opozorilna vrednost: >30mg/kg | kritična vrednost: >55mg/kg

Nevarna snov: Cd
D (0-20cm) 1,5 mg/kg
pod mejo detekcije: <0,01mg/kg | pod mejo določljivosti: [0,1]mg/kg | pod mejno vrednostjo: <1mg/kg | mejna vrednost: >1mg/kg | opozorilna vrednost: >2mg/kg | kritična vrednost: >12mg/kg

Nevarna snov: Co
D (0-20cm) 12 mg/kg
pod mejo detekcije: <0,5mg/kg | pod mejo določljivosti: [1]mg/kg | pod mejno vrednostjo: <20mg/kg | mejna vrednost: >20mg/kg | opozorilna vrednost: >50mg/kg | kritična vrednost: >240mg/kg

Nevarna snov: Cr
D (0-20cm) 15 mg/kg
pod mejo detekcije: <2mg/kg | pod mejo določljivosti: [5]mg/kg | pod mejno vrednostjo: <100mg/kg | mejna vrednost: >100mg/kg | opozorilna vrednost: >150mg/kg | kritična vrednost: >380mg/kg

Nevarna snov: Cu
D (0-20cm) 28 mg/kg
pod mejo detekcije: <2mg/kg | pod mejo določljivosti: [5]mg/kg | pod mejno vrednostjo: <60mg/kg | mejna vrednost: >60mg/kg | opozorilna vrednost: >100mg/kg | kritična vrednost: >300mg/kg

Nevarna snov: Fluoridi
D (0-20cm) mg/kg element ni izmerjen
pod mejo detekcije: <0,5mg/kg | pod mejo določljivosti: [0,5]mg/kg | pod mejno vrednostjo: <450mg/kg | mejna vrednost: >450mg/kg | opozorilna vrednost: >825mg/kg | kritična vrednost: >1200mg/kg

Nevarna snov: Hg
D (0-20cm) 0,13 mg/kg
pod mejo detekcije: <0,01mg/kg | pod mejo določljivosti: [0,05]mg/kg | pod mejno vrednostjo: <0,8mg/kg | mejna vrednost: >0,8mg/kg | opozorilna vrednost: >2mg/kg | kritična vrednost: >10mg/kg

Nevarna snov: Mo
D (0-20cm) 1,4 mg/kg
pod mejo detekcije: <0,01mg/kg | pod mejo določljivosti: [1]mg/kg | pod mejno vrednostjo: <10mg/kg | mejna vrednost: >10mg/kg | opozorilna vrednost: >40mg/kg | kritična vrednost: >200mg/kg

Nevarna snov: Ni
D (0-20cm) 33 mg/kg
pod mejo detekcije: <2mg/kg | pod mejo določljivosti: [5]mg/kg | pod mejno vrednostjo: <50mg/kg | mejna vrednost: >50mg/kg | opozorilna vrednost: >70mg/kg | kritična vrednost: >210mg/kg

Nevarna snov: Pb
D (0-20cm) 130 mg/kg
pod mejo detekcije: <2mg/kg | pod mejo določljivosti: [5]mg/kg | pod mejno vrednostjo: <85mg/kg | mejna vrednost: >85mg/kg | opozorilna vrednost: >100mg/kg | kritična vrednost: >530mg/kg

Nevarna snov: Zn
D (0-20cm) 490 mg/kg
pod mejo detekcije: <5mg/kg | pod mejo določljivosti: [10]mg/kg | pod mejno vrednostjo: <200mg/kg | mejna vrednost: >200mg/kg | opozorilna vrednost: >300mg/kg | kritična vrednost: >720mg/kg

LEGENDA:
- Dejanska vsebnost elementa.
- Vsebnost snovi je zelo majhna in pod mejo detekcije instrumenta.
- Vsebnost snovi je zelo majhna in pod mejo določljivosti.
- Analitski postopek in inštrumenti so zaznali manjšo količino snovi, katere skupna vsebnost je pod MEJNO vrednostjo.
- Vsebnost snovi v tleh je povečana in nad MEJNO vrednostjo, a še pod OPOZORILNO vrednost.
- Vsebnost snovi v tleh je presežena glede na OPOZORILNO vrednost in je manjša od KRITIČNE vrednosti.
- >>>>> Vsebnost snovi presega KRITIČNO vrednost.

Projekt: RAZISKAVE ONESNAŽENOSTI TAL SLOVENIJE V LETU 2007 - ROTS 2007 **Vzorčna točka: 02622**
Naročnik: MINISTRSTVO ZA OKOLJE IN PROSTOR, AGENCIJA REPUBLIKE SLOVENIJE ZA OKOLJE **Čas vzorčenja: Oktober 2007**
Izvajalec: UNIVERZA V LJUBLJANI, BIOTEHNIŠKA FAKULTETA, ODDELEK ZA AGRONOMIJO, Center za pedologijo in varstvo okolja

Datum izpisa: 31.7.2008 Stran: 4/4

Vzorčenje: 02622/1007

Organske nevarne snovi

Analitski laboratorij: Zavod za zdravstveno varstvo Maribor, Inštitut za varstvo okolja

Globina	Lab. št.	PCB	Aceto klor	Ala klor	Aldrin	Diel drin	Endrin	Drini	alfa-HCH	beta-HCH	delta-HCH	gama-HCH	HCH spojine	Atra zin	Cia nazin	Hept aklor	Klordan -cis	Klordan -trans
enota		mg / kg suhe snovi																
D (0-20cm)		<0,04	<0,003	<0,003	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,003	<0,003	<0,005	<0,005	<0,005

Globina	Lab. št.	DDD (o,p)	DDD (p,p)	DDE (o,p)	DDE (p,p)	DDT (o,p)	DDT (p,p)	Vsota DDT, DDD DDE	Metola klor	Heksa klor benzen	Desetil-atrazin	Desizo propil-atrazin	Prometrin	Propazin	Sebutil azin	Simazin	Terbutilazin	Terbutrin
enota		mg / kg suhe snovi																
D (0-20cm)		<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,003		<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003	<0,003

Globina	Lab. št.	Antracen*	Benzo (a)antracen*	Benzo (a)piren*	Benzo (ghi)perilen*	Benzo (k)fluoranten*	Fenantren*	Fluoranten*	Indeno (1,2,3-cd)piren*	Krizen*	Naftalen*	Acenaften	Acenaftilen	Benzo (b)fluoranten	Dibenzo (a,h)antracen	Fluoren	Piren	PAH	PAH*
enota		mg / kg suhe snovi																	
D (0-20cm)		<0,005	<0,005	[0,01]	[0,01]	<0,005	[0,01]	0,01	[0,01]	[0,01]	0,017	<0,005	<0,005	[0,01]	<0,005	<0,005	[0,01]	0,076	0,062

Opombe: Analiza opravljena; vsebnost pod mejo detekcije (LOD): *<x,xxx*
Analiza opravljena; vsebnost pod mejo določanja (LOQ): *[x,xxx]*

Globina Vsebnost

Nevarna snov: Simazin
D (0-20cm) *<0,003* mg/kg Pod mejo detekcije
pod mejo detekcije: <0,003mg/kg | pod mejo določljivosti: [0,005]mg/kg | pod mejno vrednostjo: <0,01mg/kg | mejna vrednost: >0,01mg/kg | opozorilna vrednost: >3mg/kg | kritična vrednost: >6mg/kg

Nevarna snov: PCB
D (0-20cm) *<0,04* mg/kg Pod mejo detekcije
pod mejo detekcije: <0,04mg/kg | pod mejo določljivosti: [0,07]mg/kg | pod mejno vrednostjo: <0,2mg/kg | mejna vrednost: >0,2mg/kg | opozorilna vrednost: >0,6mg/kg | kritična vrednost: >1mg/kg

Nevarna snov: PAH*
D (0-20cm) *0,062* mg/kg
pod mejo detekcije: <0,005mg/kg | pod mejo določljivosti: [0,01]mg/kg | pod mejno vrednostjo: <1mg/kg | mejna vrednost: >1mg/kg | opozorilna vrednost: >20mg/kg | kritična vrednost: >40mg/kg

Nevarna snov: HCH spojine
D (0-20cm) *<0,005* mg/kg Pod mejo detekcije
pod mejo detekcije: <0,005mg/kg | pod mejo določljivosti: [0,01]mg/kg | pod mejno vrednostjo: <0,1mg/kg | mejna vrednost: >0,1mg/kg | opozorilna vrednost: >2mg/kg | kritična vrednost: >4mg/kg

Nevarna snov: Drini
D (0-20cm) *<0,005* mg/kg Pod mejo detekcije
pod mejo detekcije: <0,005mg/kg | pod mejo določljivosti: [0,01]mg/kg | pod mejno vrednostjo: <0,1mg/kg | mejna vrednost: >0,1mg/kg | opozorilna vrednost: >2mg/kg | kritična vrednost: >4mg/kg

Nevarna snov: DDT/DDD/DDE
D (0-20cm) *<0,005* mg/kg Pod mejo detekcije
pod mejo detekcije: <0,005mg/kg | pod mejo določljivosti: [0,01]mg/kg | pod mejno vrednostjo: <0,1mg/kg | mejna vrednost: >0,1mg/kg | opozorilna vrednost: >2mg/kg | kritična vrednost: >4mg/kg

Nevarna snov: Atrazin
D (0-20cm) *<0,003* mg/kg Pod mejo detekcije
pod mejo detekcije: <0,003mg/kg | pod mejo določljivosti: [0,005]mg/kg | pod mejno vrednostjo: <0,01mg/kg | mejna vrednost: >0,01mg/kg | opozorilna vrednost: >3mg/kg | kritična vrednost: >6mg/kg

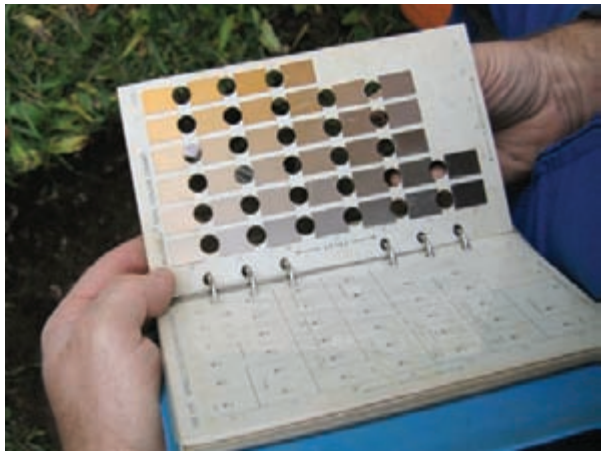
LEGENDA:
- Dejanska vsebnost elementa.
- Vsebnost snovi je zelo majhna in pod mejo detekcije instrumenta.
- Vsebnost snovi je zelo majhna in pod mejo določljivosti.
- Analitski postopek in inštrumenti so zaznali manjšo količino snovi, katere skupna vsebnost je pod MEJNO vrednostjo.
- Vsebnost snovi v tleh je povečana in nad MEJNO vrednostjo, a še pod OPOZORILNO vrednost.
- Vsebnost snovi v tleh je presežena glede na OPOZORILNO vrednost in je manjša od KRITIČNE vrednosti.
- >>>>> Vsebnost snovi presega KRITIČNO vrednost.

POVZETEK RAZISKAV ONESNAŽENOSTI TAL IZVEDENIH PO METODOLOGIJI ROTS V OBDOBJU 1989 – 2007

TALNE LASTNOSTI

Raziskave onesnaženosti tal Slovenije poleg ugotavljanja vsebnosti nevarnih snovi v tleh vključujejo tudi ugotavljanje morfoloških, kemijskih in fizikalnih talnih lastnosti. Talne lastnosti so kazalec nespremenljivih (matična podlaga, relief) in spremenljivih okoljskih dejavnikov (klimatske razmere) ter rabe tal. Nekatere talne lastnosti popisujemo ob vzorčenju: skeletnost, prekoreninjenost, oblika strukturnih agregatov, konzistenca, barva (sliki 24 in 25). Druge izmerimo v laboratoriju s standardiziranimi analitskimi postopki.

Slika 24: Morfološke talne lastnosti določamo že na terenu.



Slika 25: Barvo določamo z barvnim atlasom.

Opisne in merjene talne lastnosti dajejo informacijo o vplivu okolja in človeka na stanje tal ter pomagajo pri interpretaciji usode nevarnih snovi v tleh in njihovega prehajanja v druge segmente okolja in človeka. Pri tem so najpomembnejši parametri: pH, delež organske snovi, tekstura oziroma delež gline in kationska izmenjalna kapaciteta, ki vplivajo na vezavo snovi na talne delce, dostopnost za organizme in mobilnost v talnem profilu.

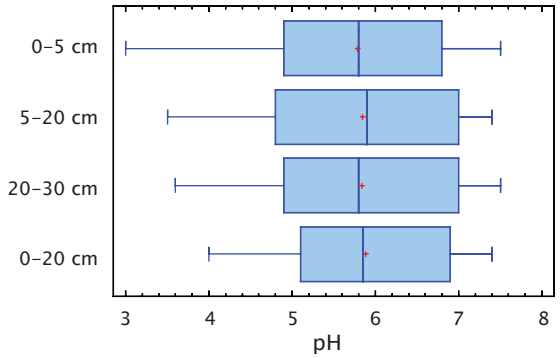
Kislost tal

Eden najpomembnejših dejavnikov, ki vpliva na topnost in s tem dostopnost anorganskih nevarnih snovi (kovin), je kislost tal, ki jo izražamo s pH vrednostjo (Alloway, 1990). Kislost tal je v največji meri posledica vsebnosti bazičnih kationov v matični podlagi (predvsem kalcija in magnezija), v zgornih plasteh tal pa vpliva tudi vsebnost organske snovi, ki rahko zniža pH. S staranjem tal se v naših klimatskih razmerah, zaradi procesov izpiranja snovi skozi talni profil, zgornje plasti tal počasi zakisajo, k temu procesu pa prispeva tudi odvzem bazičnih kationov s pridelkom. Vsebnost bazičnih kationov v zgornjih slojih tal lahko nadomeščamo z apnjenjem.

Kislost tal oziroma talne raztopine vpliva tako na adsorpcijske razmere v tleh, kot na speciacijo kovinskih kationov. Dostopnost kovin je na splošno večja v kislem okolju, kot v bazičnem (Evans, 1989). V literaturi najdemo različne dokaze, da nizek pH poveča topnost in s tem mobilnost in biodostopnost kovin. Predvsem Zn, Cd, Cu in v manjši meri tudi Pb so veliko bolj topni v pH območju 4–5 kot v pH območju 5–7 (Brumner in Herms, 1983). pH vpliva tako na adsorpcijo kovin, kot na specifično sorpcijo oziroma

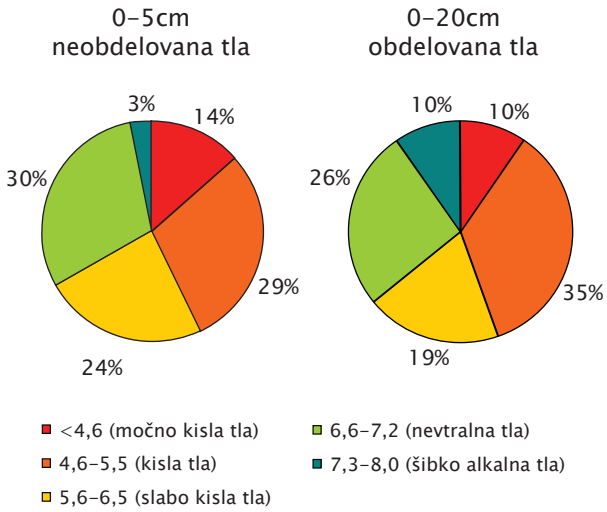
vezavo kovinskih kationov v netopne oborine oziroma komplekse z organsko-mineralnim delom trdne faze tal.

V okviru projekta ROTS smo merili potencialno kislost tal, to je merjeno po ekstrakciji tal s $CaCl_2$. Kot kažejo rezultati analiz vzorcev tal iz obdobja 1989 -2007 (NPVO in Re NPVO) je bila potencialna kislost zgornjega sloja tal od 3,0 do 7,5; spodnjega sloja od 3,6 do 7,5. V obdelovalnih tleh je bil najnižji pH 4,0. Povprečna vrednost pH v zgornjem sloju tal je 5,8; v obdelovalnem sloju pa 5,9 (slika 26).



Slika 26: Potencialna kislostl (pH vrednost) v različnih slojih talnih vzorcev iz obdobja od 1989-2007 (NPVO in Re NPVO).

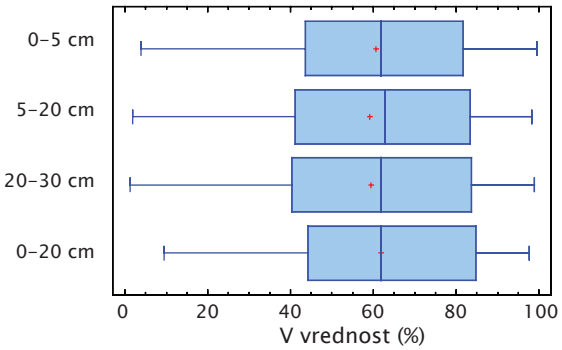
Kot kaže slika 27, za vzorce zgornjega sloja neobdelovanih tal (0 do 5 cm), prevladujejo nevtralna tla, s pH med 6,6 in 7,2 (30 %) in kisla tla, s pH med 4,6 in 5,5 (29 %). Sledijo tla z zmerno kislim pH med 5,6 in 6,5, ki jih 24 %. Izrazito kislih oziroma alkalnih tal je manj. Za zgornje sloje obdelovanih tal (0 do 20 cm) velja, da je večji delež bazičnih tal, kar verjetno lahko pripišemo apnjenju ornih horizontov (slika 27).



Slika 27: Porazdelitev vzorcev tal iz obdobja od 1989-2007 (NPVO in Re NPVO) glede na razrede kislosti tal za površinski sloj različne rabe tal (0 do 5 cm na travnikih, zelenicah in gozdu; 0 do 20 cm orni sloj njiv in zgornji sloj trajnih nasadov).

Delež bazičnih kationov

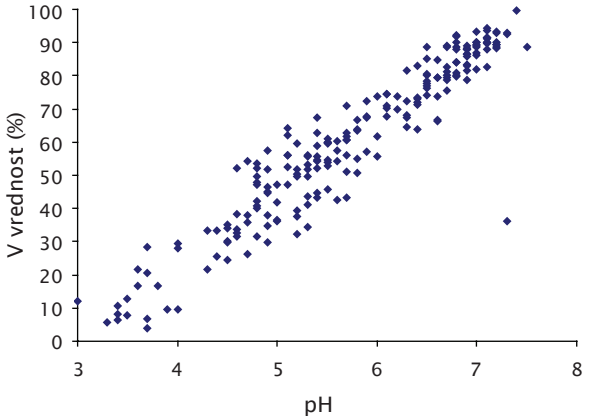
Delež bazičnih kationov od skupne kationske izmenjalne kapacitete, ki ga pišemo kot V vrednost (%), je talna lastnost, ki se ponavadi ujema s podatkom o pH vrednosti tal. Tla z majhnim deležem bazičnih kationov (V vrednost manj kot 50 %) imajo tudi nizko pH vrednost (kisla in zelo kisla tla). Taka tla so distrična. Alkalna, nevtralna in zmerno kisla tla imajo večinoma V vrednost več kot 50 %, taka tla imenujemo evtrična. Najpomembnejši bazični kationi so Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^{+} in Na^{+}. V naših tleh prevladujejo Ca^{2+} in Mg^{2+} kationi.



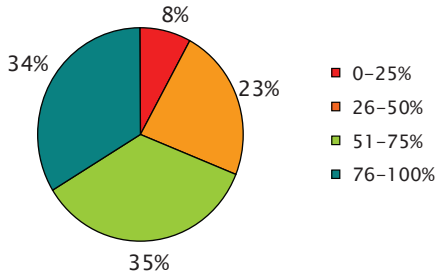
Slika 28: Delež bazičnih kationov (V vrednost) v različnih slojih talnih vzorcev iz obdobja od 1989-2007 (NPVO in Re NPVO).

Na sliki 29 je prikazana povezava med pH vrednostjo tal in deležem bazičnih kationov za talne vzorce zgornjega sloja tal iz obdobja 1989 – 2007 (NPVO in ReNPVO).

Kot kažejo rezultati vzorcev ROTS (NPVO in ReNPVO) ima kar 69 % vzorcev zgornjega sloja tal delež bazičnih kationov večji od 50 %, kar se ujema tudi s podatkom o pH vrednosti tal. Na sliki 28 je razdelitev vzorcev zgornjega (0 do 5) sloja tal glede na delež bazičnih kationov. Delež bazičnih kationov v različnih slojih tal kaže slika 30.



Slika 29: Povezava med pH vrednostjo tal in deležem bazičnih kationov (V vrednost) za talne vzorce zgornjega sloja tal iz obdobja 1989 – 2007 (NPVO in ReNPVO).

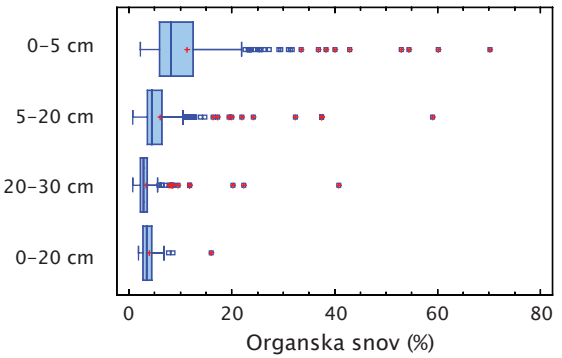


Slika 30: Porazdelitev vzorcev tal iz obdobja od 1989-2007 (NPVO in Re NPVO) glede na delež bazičnih kationov v tleh za površinski sloj (0 do 5 cm) na travnikih, zelenicah in gozdu.

Slika 31: Analitski postopki za določanje kemijskih lastnosti tal vključujejo fazo ekstrakcije talnega vzorca z ekstrakcijskimi raztopinami.

Organska snov

Organsko snov v tleh aerobnih kopenskih ekosistemov v glavnem sestavljajo odmrli rastlinski ostanki, ter živa in mrtva mikrobna biomasa. Humus je stabilni del organske snovi in predstavlja bolj ali manj stalno zalogo organske snovi v tleh. Proces razgradnje humusa je bistveno počasnejši, kot proces razgradnje svežih organskih ostankov. Organska snov in humus v precejšnji meri vplivata na lastnosti tal: na sposobnost tal za zadrževanje vode in snovi ter na njihovo dostopnost rastlinam, na pH tal, na tvorbo strukturnih agregatov in s tem povezanimi fizikalnimi lastnostmi tal (optimalni zračno-vodni režim). V organskem delu tal je tudi največja biotična aktivnost. Najpomembnejši način razgradnje organskih nevarnih snovi (npr. fitofarmacevtskih sredstev) je ravno mikrobiotična razgradnja spojin, ki v končni fazi poteka do anorganskih komponent (CO_2, H_2O, …). Delež organske snovi ima zato velik pomen za usodo nevarnih snovi v tleh.



Slika 32: Vsebnost organske snovi (v %) v različnih slojih talnih vzorcev iz obdobja od 1989-2007 (NPVO in Re NPVO).

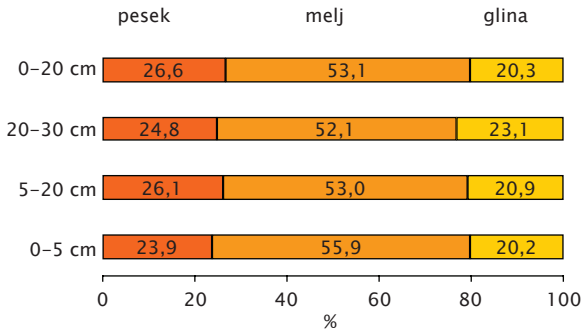
Navadno vsebnost organske snovi v tleh z globino pada, kar kažejo tudi vsebnosti v vzorcih ROTS (slika 32). V obdelovanem horizontu njiv je vsebnost organske snovi pričakovano nižja kot v zgornjem sloju tal na travnikih, zaradi mineralizacije, ki jo povzroča vsakoletno prezračevanje (obdelava) tal. V obdelovalnem sloju njivskih tal smo izmerili od 1,8 do 16 % (povpečno 3,9 %) organske snovi, kar je primerljivo s slovenskim povprečjem in veliko v primerjavi s povprečno vrednostjo v Evropi. Povprečni delež organske snovi v zgornjem sloju travniških tal (0 do 5 cm) je 11,2 %, v sloju 5 do 20 cm je 6,0 %, v spodnjem sloju (20 do 30 cm) pa 3,4 %.

Velika variabilnost v vsebnosti organske snovi je v največji meri posledica geografske lege in klimatskih dejavnikov (temperatura in količina padavin). V hladni in humidni klimi se organska snov počasneje razgrajuje.

Količina organske snovi v tleh vpliva na gostoto tal. Tla z veliko vsebnostjo organske snovi imajo majhno volumsko gostoto tal, kar moramo upoštevati tudi pri interpretaciji potencialno nevarnih snovi v tleh, ki jih podajamo na utežno enoto tal. Enaka masa tal pomeni pri tleh z majhno volumsko gostoto tal veliko večjo površino.

Tekstura tal

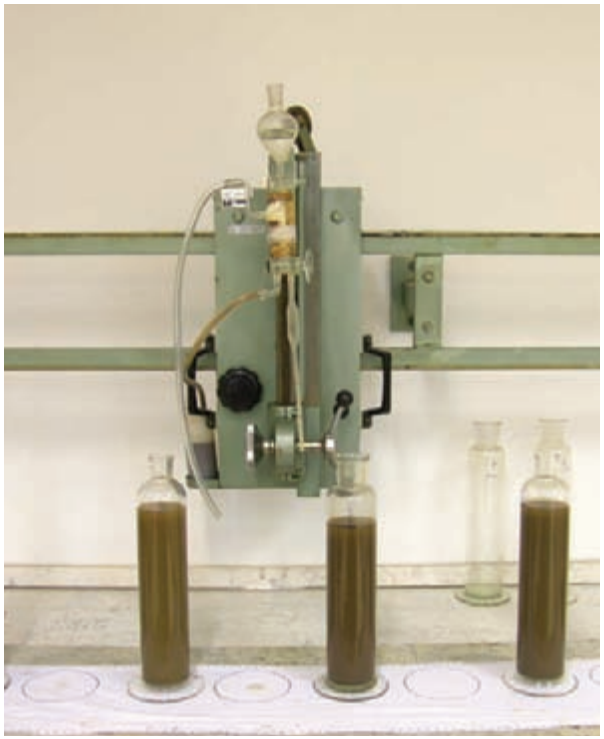
Tekstura je utežno razmerje med mineralnimi talnimi delci glede na njihovo velikost (slika 33); največji so delci peska (2 - 0,05mm), delci melja so veliki od 0,05 – 0,002 mm; najmanjši so glinasti delci (<0,002 mm). Pesek ima majhno specifično površino, med delci so veliki prostori (pore), kjer voda zaradi gravitacije hitro odteče, zaradi česar so tla z velikim deležem peska, lahka in topla, vendar revna s hranili in podvržena suši. Transport snovi je v peščenih tleh bistveno hitrejši kot v glinastih. Glina ima veliko specifično površino, med delci je veliko drobnih por (kapilar), zaradi česar imajo tla, kjer prevladuje glina, veliko sposobnost za vezavo hranil in drugih snovi ter za zadrževanje vode. V glinastih tleh je transport snovi skozi talni profil počasnejši. Tla z glinasto teksturo so hladna in težja za obdelovanje, pogostokrat v takih tleh zastaja voda. Tla z ugodno teksturo vsebujejo približno enake deleže peska, melja in gline.



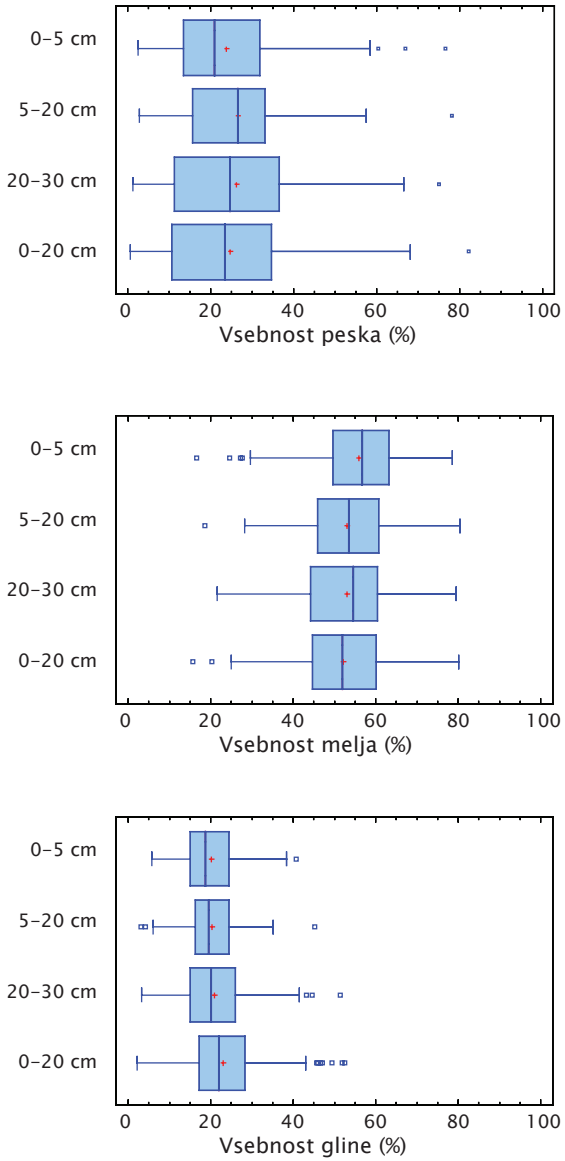
Slika 33: Tekstura talnih vzorcih iz obdobja 1989-2007 (NPVO in ReNPVO). Povprečne vrednosti za vsebnost peska, melja in gline po globinah.

Kot kažejo rezultati analiz talnih vzorcev ROTS iz obdobja 1989 – 2007 (NPVO in Re NPVO), je bila vsebnost peska v spodnjem, mineralnem, sloju tal (20 do 30 cm) od 0,6 do 82,2 % (mediana 23,3 %), vsebnost melja od 15,7 do 80,2 % (mediana 52,0 %) in vsebnost gline od 2,1 do 52,6 % (mediana 22,0 %).

Velika vsebnost organske snovi, kar je značilno za nekatere zgornje plasti tal, lahko moti analizo tekstura tal.



Slika 34: Sedimentacijsko pipetna metoda za ugotavljanje tekstura tal.

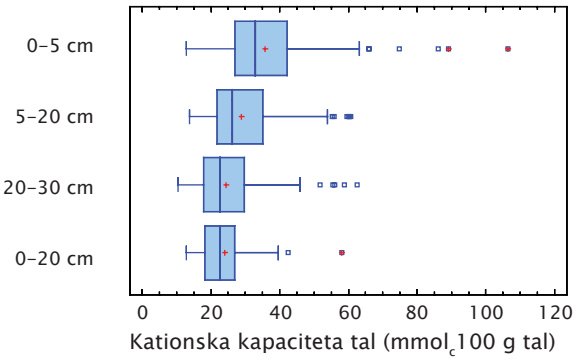


Slika 35: Vsebnost peska, melja in gline v talnih vzorcih po globinah iz obdobja 1989-2007 (NPVO in ReNPVO).

Kationska izmenjalna kapaciteta

Kationska izmenjalna kapaciteta (KIK) je parameter, s katerim izražamo sposobnost tal za izmenljivo vezavo kationov v tleh. Praktično pomeni sposobnost za zadrževanje koristnih in nevarnih snovi v tleh. Odvisna je predvsem od vsebnosti organske snovi v tleh in deleža gline in je navadno v območju med 20 in 40 $mmol_c$/100 g tal.

V tem območju je tudi največ vrednosti za vzorce iz obdobja 1989-2007 (NPVO in ReNPVO). V zgornjem sloju tal je bila kationska izmenjalna kapaciteta od 12,9 do 106,5 $mmol_c$/100 g tal, z mediano 33 $mmol_c$/100 g tal. Kot kaže slika 36, imajo največjo kationsko izmenjalno kapaciteto vzorci zgornjega sloja tal travniške ali gozdne rabe (sloj A), ker je tam tudi vsebnost organske snovi največja.



Slika 36: Kationska izmenjalna kapaciteta tal ($mmol_c$/100g) v vzorcih iz obdobja 1989-2007 (NPVO in ReNPVO) po globinah.

Slika 37: CN analizator za določanje organskega ogljika in skupnega dušika v tleh.

Preglednica 1: Statistični kazalci pedoloških lastnosti vzorcev tal iz obdobja 1989-2007 (NPVO in ReNPVO). Parametri so analizirani po postopkih, predpisanih v pravilniku Ur.l.RS 55/97, razen kationske izmenjalne kapacitete, ki je določena po drugi validirani metodi z amonacetatno ekstrakcijo za bazične katione in Melichovi metodi za kisle katione (Soil survey laboratory method manual, 1992).

pH (potencialna kislost tal)				
globina (cm)	0 – 5	5 – 20	20 – 30	0 – 20
število meritev	288	257	289	72
Povprečje	5,8	5,8	5,8	5,9
St. deviacija	1,1	1,1	1,1	1,0
Minimum	3,0	3,5	3,6	4,0
Maksimum	7,5	7,4	7,5	7,4
Mediana	5,8	5,9	5,8	5,9

Organska snov (%)				
globina (cm)	0 – 5	5 – 20	20 – 30	0 – 20
število meritev	288	257	249	72
Povprečje	11,2	6,0	3,4	3,9
St. deviacija	9,1	5,7	3,3	2,0
Minimum	2,2	0,8	0,7	1,8
Maksimum	70,2	59,0	40,8	16,0
Mediana	8,2	4,5	2,8	3,5

Kationska izmenjalna kapaciteta ($mmol_c$/100 g tal)				
globina (cm)	0 – 5	5 – 20	20 – 30	0 – 20
število meritev	212	202	240	72
Povprečje	35,8	28,9	24,4	24,1
St. deviacija	13,1	10,3	9,1	8,0
Minimum	12,9	13,7	10,4	12,8
Maksimum	106,5	60,6	62,6	58,1
Mediana	33,0	26,3	22,7	22,8

Delež bazičnih kationov (%)				
globina (cm)	0 – 5	5 – 20	20 – 30	0 – 20
število meritev	212	202	240	72
Povprečje	60,6	59,1	59,4	61,9
St. deviacija	23,8	27,2	26,4	23,2
Minimum	3,8	1,8	1,2	9,5
Maksimum	99,5	98,3	98,9	97,7
Mediana	61,8	62,9	61,8	61,8

Pesek				
globina (cm)	0 – 5	5 – 20	20 – 30	0 – 20
število meritev	195	241	244	72
Povprečje	23,9	26,1	24,8	26,6
St. deviacija	14,1	16,2	15,8	14,2
Minimum	2,4	1,1	0,6	2,6
Maksimum	76,6	75,1	82,2	78,3
Mediana	20,9	24,6	23,3	26,7

Melj				
globina (cm)	0 – 5	5 – 20	20 – 30	0 – 20
število meritev	195	241	244	72
Povprečje	55,9	53,0	52,1	53,1
St. deviacija	11,2	12,0	11,9	11,9
Minimum	16,6	21,6	15,7	18,6
Maksimum	78,6	79,6	80,2	80,4
Mediana	56,8	54,5	52,0	53,5

Glina				
globina (cm)	0 – 5	5 – 20	20 – 30	0 – 20
število meritev	195	241	244	72
Povprečje	20,2	20,9	23,1	20,3
St. deviacija	7,3	8,4	9,1	7,2
Minimum	5,8	3,3	2,1	3,1
Maksimum	40,8	51,4	52,6	45,2
Mediana	18,7	20,1	22,0	19,5

ANORGANSKE NEVARNE SNOVI V TLEH

Anorganske snovi v tleh, med katerimi je večina kovin oziroma težkih kovin, se v tleh pojavljajo kot posledica naravnih procesov, predvsem je to preperevanje kamninske osnove, ter zaradi človekovih aktivnosti, kot so rudarjenje in taljenje rude, industrija, promet, kmetijstvo, odlaganje odpadkov, ... Rudarjenje in taljenje rude je na prvem mestu dejavnosti, ki so vzrok za povečano vsebnost kovin v tleh, predvsem As, Cd, Hg, in Pb, posledica prometa so predvsem povečane koncentracije Pb in Cd, kmetijstvo danes prispeva predvsem z uporabo fitofarmacevtskih sredsev (Cu, nekoč tudi Hg in Pb) in mineralnih gnojil (Zn, Cd, As). Različna industrija prispeva različne kovine: industrija plastike naprimer Cd, Cr, Hg, Co, tekstilna industrija Zn, Sn, Al in Ti, metalurgija Pb, Cd, As, Cu, Zn, Cr, Ni, Mn in druge. Številni izvori kovin, naravni in antropogeni, ter različni procesi premeščanja kovin v talnem profilu lahko mnogokrat otežijo identifikacijo izvora onesnaževanja.

Razmerja med atropogenim vnosom in naravnim izvorom težkih kovin v tleh je za nekatere kovine močno na strani antropogenega vnosa: Pb 100:1, Zn 21:1, Cd 15:1 in Cu 13:1 (Campbell in sod., 1983). Povečane koncentracije teh kovin so glavni kazalec človekove dejavnosti v okolju. Z geokemičnimi raziskavami rečnih sedimentov, šotišč in tudi polarnega snega in ledu lahko dinamiko onesnaževanja okolja prek zraka ugotovimo tudi za več stoletij nazaj. V Evropi lahko naprimer najdemo zanesljive dokaze izpred 2000 let o lokalnem onesnaževanju okolja s kovinami iz talilnic rimskega imperija. Močnejša akumulacija težkih kovin v okolju se je v Evropi začela z razvojem industrije pred približno 200 leti. Največkrat najdemo v tleh povečane koncentracije Cd, Pb, Zn, Cu, na nekaterih območjih pa so močno povečane tudi vsebnosti As, Be, Cr, Hg in Ni (Alloway, 1990).

Transport težkih kovin po zraku je praviloma vezan na krajše razdalje, čeprav v nekaterih študijah dokazujejo transport kovin tudi na daljše razdalje. V glavnem velja, da je s kovinami onesnažena lokalna okolica topilnic in rudnikov. Pomemben vir onesnaževanja tal prek zraka predstavljajo tudi emisije iz prometa. Pred uvedbo neosvinčenega bencina je bilo kar 45 % vsega Pb v atmosferi posledica prometa (Pacyna, 1986). Danes je onesnaževanje zraka s tem elementom iz prometa zanemarljivo, vendar so kljub temu tla ostala onesnažena s svincem, predvsem v oddaljenosti do 15 m od roba bolj prometnih cest (Davies, 1990).

Izraz težke kovine se navadno uporablja za elemente, katerih specifična teža je večja od 5 g/cm^3 oziroma imajo atomsko število nad 20 (Barcelo in Poschenrieder, 1990). Težke kovine so v tleh zastopane v majhnih koncentracijah, zato v literaturi zanje velikokrat zasledimo izraz mikroelementi oziroma sledne prvine. Izraz mikrohranila je omejen le na elemente, ki so nujno potrebni (esencialni) v prehrani višjih rastlin. Še vedno ni enotnega mnenja o tem, kateri elementi predstavljajo esencialne elemente za rast in razvoj višjih rastlin (Adriano, 1986; Bergmann, 1992). Najširši izbor nujno potrebnih mikro elementov zajema Al, B, Ca, Co, Cu, F, Fe, J, K, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Rb, Si, Ti, V in Zn. Ne glede na to, ali je nek element v tleh nujno potreben za rastline ali ne, je lahko v prevelikih koncentracijah toksičen tako za rastline, kot za živali in človeka. Vnos v človekov organizem je možen neposredno z vdihovanjem prašnih talnih delcev v zraku oziroma z uživanjem tal preko umazanih rok, ali pa posredno preko prehranjevalne verige. Tu bi radi poudarili, da so koncentracije posamezne kovine v rastlinskih tkivih lahko prevelike, tudi če rastlina sama ne kaže nobenih zunanjih znamenj toksičnosti in jih lahko ugotovimo le z analizo rastlinskega tkiva.

V slovenski zakonodaji (Ur. l. RS 68/96) imamo za 10 kovin (As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Zn) in vsebnost skupnih fluoridov predpisane normativne vrednosti (Preglednica 3). V raziskavah ROTS merimo vsebnost petnajstih anorganskih nevarnih snovi; poleg naštetih še Tl, V, Se in Mn. Na zatravljenih površinah analiziramo zgornja dva sloja tal (0-5 in 5-20 cm), na obdelanih površinah pa sloj ornice (0-20 cm).

Rezultati analiz projekta ROTS iz obdobja 1989 – 2007 (NPVO in ReNPVO) so za posamezno kovino zbrani v preglednici 2. Podajamo število vzorcev, ki so bili analizirani, število vzorcev v katerih je bila merjena snov nad mejo detekcije ter izbrane statistične kazalce: povprečje, standardni odklon, minimum, maksimum, vrednosti prvega, drugega (mediana) in tretjega kvartila, ki smo jih izračunali na osnovi tistih meritev, ki so bile nad mejo detekcije (>LOD). Za nekatere kovine primerjalno podajamo tudi mediano, ki sta jo ugotovila Pirc in Šajn v geokemičnih raziskavah, na osnovi analize več kot 100 vzorcev zgornjega sloja tal iz celotne Slovenije in jih pogosto v okoljskih študijah uporabljamo kot slovensko povprečje.

Na sliki 39 prikazujemo delež vzorcev posameznega sloja tal glede na stopnjo onesnaženosti s posamezno kovino, kot to določa slovenska zakonodaja (Ur. L. RS 68/96). Delež vzorcev, kjer je koncentracija merjene snovi pod mejo določljivosti, je označen z modro; delež vzorcev, kjer je koncentracija merjene snovi nad mejo določljivosti in pod mejno imisijsko vrednostjo, je označen z zeleno; delež vzorcev, kjer koncentracija merjene snovi dosega ali presega mejno vrednost vendar je pod opozorilno imisijsko vrednostjo, je označen z rumeno; delež vzorcev, kjer koncentracija merjene snovi dosega ali presega opozorilno vrednost in je manjša od kritične imisijske vrednosti, je označen z rdečo; in delež vzorcev, kjer koncentracija merjene snovi dosega ali presega kritično imisijsko vrednost, je označen z vijolično barvo. Razlike med zgornjim in spodnjim slojem tal v pojavljanju posamezne kovine pogosto kažejo na izvor kovine. Če je onesnaženost večja v zgornji plasti tal gre, za antropogen vnos preko zračnih imisij (recimo Cd, Pb, Zn), v nasprotnem primeru je izvor kovine največkrat preperevanje kamninske osnove (Cr, Ni). Vsebnosti elementov in stopnja onesnaženosti v ornici obdelovanih zemljišč (0 do 20 cm), lahko nakazuje tudi možen vpliv kmetijske dejavnosti na vsebnost elementov v tleh. V preglednici 2 in na sliki 39 so vključeni vsi podatki, ki so zajeti v bazo ROTS, to pomeni po vzorčni mreži NPVO in ReNPVO.

V letu 2001 smo v bazo ROTS vključili tudi del podatkov, ki so bili po ustreznih postopkih pridobljeni v predhodnih študijah, ki jih je financiralo oziroma sofinanciralo Ministrstvo za okolje in prostor oziroma Agencija RS za okolje. Večina teh podatkov je vezana na industrijska in urbana območja, kot so Celje, Jesenice, Ljubljana in Maribor. Gostejše vzorčenje je razvidno na tematskih kartah. Ker vključitev točk iz gostejše mreže na onesnaženih območjih lahko pomeni večji delež onesnaženih vzorcev, podajamo za Cd in Pb, ki sta najpogostejši onesnažili omenjenih območij, primerjavo z vključitvijo samo vzorcev iz mreže ReNPVO (slika 40).

Arzen (As)

Antropogeni izvor arzena je predvsem rudniška in topilniška dejavnost, kovinska industrija, izgorevanje fosilnih goriv in kmetijstvo (mineralna in organska gnojila). V preteklosti so ga uporabljali tudi kot aktivno snov v fitofarmacevtskih pripravkih in dezinfekcijskih sredstvih ter za zaščito lesa. V neonesnaženih tleh so povprečne koncentracije As med 5 in 7 mg/kg, največkrat avtorji navajajo območje med 0,1 in 55 mg/kg (Adriano, 2001; Lindasy, 1979; Bowen 1966). Koncentracija As v površinskih vzorcih ROTS iz obdobja 1989 do 2007 je od 1 do 85 mg/kg (mediana 10,2 mg/kg). Koncentracije v sloju 5 do 20 cm so povečini nekoliko večje (mediana 12,5 mg/kg). V vzorcih, ki so bili odvzeti na obdelovalnih površinah, iz globine 0 do 20 cm, je vsebnost As od 0,7 do 24,3 mg/kg (mediana 11,1 mg/kg), kar kaže, da kmetijstvo ni izvor onesnaževanja z As. Ugotovljene medianske srednje vrednosti so primerljive z ugotovitvami Pirca in Šajna (1997), ki sta v geokemičnih raziskavah zgornjega sloja tal v Sloveniji, določila mediano za As 12 mg/kg (119 vzorcev). Poleg Cd, Pb in Co je arzen element, ki je v vzorcih ROTS mnogokrat presegal mejno imisijsko (22 % površinskih vzorcev) in opozorilno imisijsko vrednost (2 % površinskih vzorcev).

Kadmij (Cd)

Antropogeni izvor kadmija je rudniško in topilniška dejavnost, kovinska industrija, industrija plastike in mikroelektronike, izgorevanje fosilnih goriv, mineralna gnojila in odlaganje odpadkov. Kadmij je v neonesnaženih tleh v zelo majhnih koncentracijah, povprečno do 0,35 mg/kg, največkrat avtorji navajajo območje med 0,01 in 7 mg/kg (Adriano, 2001; Lindasy, 1979; Bowen 1966; Ross, 1996). Koncentracija Cd v površinskih vzorcih ROTS iz obdobja 1989 do 2007 je od 0,14 do 10,1 mg/kg (mediana 0,62 mg/kg). Koncentracije v sloju 5 do 20 cm so večinoma nekoliko manjše (mediana 0,48 mg/kg), kar potrjuje njegov antropogeni izvor. V vzorcih, ki so bili odvzeti na obdelovalnih površinah, iz skupne globine 0 do 20 cm, je vsebnost Cd manjša in sicer je mediana 0,32 mg/kg, kar kaže, da kmetijstvo ni najpogostejši izvor onesnaževanja s Cd. Poleg As, Pb in Co je Cd element, ki je v vzorcih ROTS največkrat presegal mejno imisijsko (22 % površinskih vzorcev) in opozorilno imisijsko vrednost (14 % površinskih vzorcev). Največ takih vzorcev je iz območja Celja in Zasavja, posamezne točke pa se pojavijo tudi drugod po Sloveniji. Izvor Cd v Alpah je lahko lokalno fužinarstvo in vpliv emisij iz oddaljenih virov onesnaženj, tudi preko meja R. Slovenije. Vendar bi radi opozorili, da je zaradi velike količine organske snovi v tleh (tudi do 70 % pri rendzinah s surovim humusom) gostota teh tal bistveno manjša, kot pri mineralnih tleh, zato enaka masa tal predstavlja večjo površino v naravi. Zato je primerjava z zakonodajnimi vrednostmi pri takih vzorcih otežena. Pirc in Šajn (1997) sta v geokemičnih raziskavah zgornjega sloja tal v Sloveniji določila mediano za Cd 0,5 mg/kg (116 vzorcev).

Kobalt (Co)

Antropogeni izvor kobalta je predvsem industrija plastičnih mas. Po literaturnih podatkih je v neonesnaženih tleh območje povprečnih koncentracij od 2 do 8 mg/kg, vrednosti lahko dosegajo tudi do 70 mg/kg (Adriano, 2001; Ross, 1996). Koncentracije Co v površinskih vzorcih ROTS iz obdobja 1989 do 2007 so od 0,97 do 44 mg/kg (mediana 13,9 mg/kg). Koncentracije v sloju 5 do 20 cm so večinoma nekoliko večje (mediana 14,3 mg/kg), kar potrjuje njegov naravni izvor. V vzorcih, ki so bili odvzeti na obdelovalnih površinah, iz skupne globine 0 do 20 cm, je vsebnost Co podobna (mediana 13 mg/kg), kar kaže, da kmetijstvo ni izvor onesnaževanja s Co. Kljub taki razporeditvi Co po globini pa primerjava z zakonodajnimi vrednostmi kaže, da je mejna vrednost (20 mg/kg) presežena kar v 21 % površinskih in 24 % podpovršinskih vzorcev tal, kar ga uvršča med elemente, ki največkrat presegajo mejno imisijsko vrednost. Vzrok verjetno ni antropogeno onesnaževanje tal, ampak nekoliko višje naravno ozadje.

Krom (Cr)

Podobno kot pri niklju, so tudi pri kromu lahko visoke koncentracije v tleh posledica naravnih procesov preperevanja kamninske osnove. Taka kamnina v Sloveniji je fliš, ki ga najdemo na Koprskem in Goriškem. Antropogeni izvori kroma v tleh so železarne in jeklarne, rafinerije, metalurgija, industrija plastike, zaščita lesa in odlaganje blat čistilnih naprav. V svetovnem merilu tla vsebujejo od 5 do 1000 mg/kg Cr, povprečno med 28 in 100 mg/kg (Adriano, 2001; Ross, 1996; Kabata-Pendias in Pendias, 1984).

Koncentracije kroma v površinskih vzorcih ROTS iz obdobja 1989 – 2007 so v območju od 4,8 do 260 mg/kg tal (mediana 51 mg/kg), v podpovršinskih vzorcih od 12 do 200 mg/kg (mediana 61 mg/kg), kar nakazuje, da prevladuje naravni izvor. V obdelovalnem sloju so vrednosti od 15 do 174 mg/kg (mediana 47 mg/kg), kar kaže, da kmetijstvo ni izvor Cr. Mejna imisijska vrednost je presežena v 4 % (12) površinskih in 10 % (24) podpovršinskih vzorcev. Opozorilna imisijska vrednost je presežena v 2 % (5) površinskih in 2 % (6) podpovršinskih vzorcev.

Ugotovljene medianske srednje vrednosti so nekoliko večje od ugotovitev Pirca in Šajna (1997), ki sta v geokemičnih raziskavah zgornjega sloja tal v Sloveniji, določila mediano za Cr 42,5 mg/kg (116 vzorcev).

Baker (Cu)

Glavni antropogeni izvori bakra so železarne in jeklarne, metalurška industrija, sredstva za zaščito lesa ter kmetijstvo z uporabo fotofarmacevtskih sredstev na osnovi bakra. Tudi organska gnojila lahko vsebujejo večje količine Cu. V neonesnaženih tleh so povprečne koncentracije Cu med 5 in 30 mg/kg; dosegajo lahko tudi do 100 mg/kg (Linday, 1979 in Ross, 1996). Zasledimo tudi vsebnosti preko 300 mg/kg, kjer je zajeta tudi kmetijska raba tal (Kabata-Pendias in Pendias, 1984; Bowen, 1979, Stevenson, 1986). Koncentracije Cu v površinskih vzorcih ROTS iz obdobja 1989 do 2007 so od 2,2 do 151 mg/kg (mediana 26,3 mg/kg). Koncentracije v sloju 5 do 20 cm so večinoma nekoliko večje (mediana 27 mg/kg), kar kaže njegov naravni izvor. V vzorcih, ki so bili odvzeti na obdelovalnih površinah, iz skupne globine 0 do 20 cm, je mediana 25 mg/kg, vendar je pri teh vzorcih največji delež takih, kjer baker presega opozorilno vrednost (4 % vzorcev). To so površine intenzivnega sadjarstva oziroma vinogradništva, kjer je uporaba bakrenih pripravkov najbolj pogosta. Ugotovljene medianske srednje vrednosti so nekoliko večje, kot sta jo ugotovila Pirc in Šajna (1997), ki sta v geokemičnih raziskavah zgornjega sloja tal v Sloveniji, določila mediano za Cu 23,5 mg/kg (116 vzorcev).

Fluoridi (F)

Fluoridi so spojine s fluorom in ne spadajo v obsežno skupino kovin. V uredbi o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (Ur.l. RS 68/96) so predpisane meje za skupne fluoride, ki se tudi določajo v projektu ROTS. Ob tem bi radi opozorili, da fluoridi niso bili vsa leta vključeni v nabor analiz, kar se vidi v preglednici 2 in na tematski karti za fluoride (stran 49). Do leta 2004 smo na skupno količino fluoridov analizirali 20 vzorcev, v letu 2005 je bilo zaradi nesreče v Kidričevem analiziranih več vzorcev tal in rastlin na ožjem območju Kidričevega (Zupan in sod., 2006). Skupno število površinskih vzorcev, ki so bili analizirani na vsebnost skupnih fluoridov do leta 2007, je 41 za zatravljena zemljišča in 8 za obdelovalna zemljišča.

Tako kot za kovine, tudi za fluoride velja, da so v okolju posledica naravnih in antropogenih dejavnikov. Antropogeni izvori fluoridov v okolju so industrija aluminija, keramike in lončarstva, fosfatnih gnojil, stekla in jekla ter opekarne (Loganathan in sod., 2001; Geeson in sod., 1998, Neil Cape in sod., 2003). Navadno so, zaradi bližine delovanja,

antropogeni fluoridi tudi bolj nevarni za organizme. Najpomembnejši naravni izvor in vzrok za povečane koncentracije fluoridov v tleh je vulkansko delovanje (Delmelle in sod., 2003). Povprečna vsebnost skupnih fluoridov v tleh je med 200 in 400 mg/kg (Fuge in Andrews, 1988) oziroma pod 300 mg/kg (Archer in Hodgson, 1987).

Koncentracije skupnih fluoridov v površinskih vzorcih ROTS iz obdobja 1989 – 2007 so v območju od 64 do 824 mg/kg tal (mediana 280 mg/kg), v podpovršinskih vzorcih od 67 do 520 mg/kg (mediana 265 mg/kg). Na večini lokacij smo zabeležili večje vsebnosti v zgornjem sloju. V obdelovalnem sloju so vrednosti od 79 do 350 mg/kg (mediana 260 mg/kg), kar kaže, da kmetijstvo ne prispeva k povečanim vsebnostim fluoridov v tleh. Mejna imisijska vrednost je presežena v 17% (7) površinskih in 11% (3) podpovršinskih vzorcev. Obenem moramo poudariti, da pravega ozadja za vsebnost skupnih fluoridov v Sloveniji nimamo, fluoridi niso bili vključeni v raziskave Pirca in Šajna (1997), vrednosti pridobljene v projektu ROTS, pa niso primerne, da bi jih obravnavali kot ozadje, saj saj se večina lokacij nahaja blizu domnevnih emisij fluoridov.

Živo srebro (Hg)

Antropogeni izvori živega srebra so rudarjenje in taljenje rude, industrija plastike, sežigalnice in blata čistilnih naprav. V preteklosti so živo srebro vsebovala tudi nekatera fitofarmacebtska sredstva. V svetovnem merilu je živega srebra v neonesnaženih tleh od 0,02 do 1,1; povprečno od 0,03 do 0,07 (Adriano, 2001; Ross, 1996; Kabata-Pendias in Pendias, 1984). Koncentracije Hg v površinskih vzorcih ROTS iz obdobja 1989 do 2007 so od 0,03 do 5,5 mg/kg (mediana 0,17 mg/kg), v podpovršinskih vzorcih so koncentracije od 0,05 do 6,3 mg/kg (mediana 0,13), v obdelovalnem sloju tal so vrednosti nižje: od 0,04 do 0,39 mg/kg (mediana 0,1), kar kaže, da kmetijstvo ni izvor živega srebra v tleh. Mejna imisijska vrednost je bila presežena v 4 % (11) površinskih vzorch in 1 % (3) podpovršinskih vzorcev. Pirc in Šajn (1997) sta v geokemičnih raziskavah zgornjega sloja tal v Sloveniji določila mediano za Hg 0,16 mg/kg (119 vzorcev).

Mangan (Mn)

Mangan je predvsem geogeni element. Antropogeni izvori mangana so metalurgija, blata čistilnih naprav in kmetijstvo (mineralna in organska gnojila ter fitofarmacevtska sredstva). V svetovnem merilu tla vsebujejo 20 do 10000 mg/kg Mn, v povprečju 300 do 1500 (Adriano, 2001; Kabata-Pendias in Pendias, 1984).

Koncentracije mangana v površinskih vzorcih ROTS iz obdobja 1989 – 2007 so v območju od 30 do 2600 mg/kg tal (mediana 860 mg/kg), v podpovršinskih vzorcih od 20 do 2900 mg/kg (mediana 870 mg/kg). Na večini lokacij smo zabeležili večje vsebnosti v spodnjem sloju tal, kar nakazuje na njegov geogeni izvor. V obdelovalnem sloju so vrednosti od 6 do 2300 mg/kg (mediana 810 mg/kg), kar kaže, da kmetijstvo ne prispeva k povečanim vsebnostim mangana v tleh. Za ta element v slovenski zakonodaji nimamo predpisanih mejnih, opozorilnih in kritičnih vrednosti. Ugotovljene medianske srednje vrednosti so podobne meritvam Pirca in Šajna (1997), ki sta v geokemičnih raziskavah zgornjega sloja tal v Sloveniji, določila mediano za Mn 834 mg/kg (116 vzorcev).

Molibden (Mo)

Molibden je v tleh zastopan predvsem zaradi naravnih procesov. Antropogeni izvor so avtomobilski izpusti in blata čistilnih naprav. V neonesnaženih tleh so koncentracije Mo v območju od 0,01 do 17 mg/kg, povprečno od 0,35 do 5,8 (Adriano, 2001; Kabata-Pendias in Pendias, 1984; Ross, 1996). Vsebnost molibdena je v velikem deležu talnih vzorcev ROTS iz obdobja 1989 – 2007 pod mejo določljivosti. V površinskih vzorcih ROTS so koncentracije od 0,17 do 28 mg/kg (mediana 1,0 mg/kg) v podpovršinskih pa od 0,17 do 39 mg/kg (mediana 1,0 mg/kg). Na obdelovalnih zemljiščih so njegove koncentracije nižje od 0,24 do 8,7 mg/kg, kar potrjuje, da kmetijstvo ni izvor molibdena. Mejna imisijska vrednost je presežena v 3 % (4 vzorci) površinskih in 4 % podpovršinskih talnih vzorcev.

Nikelj (Ni)

Antropogeni izvori niklja v tleh so železarne in jeklarne, rafinerije, metalurgija in odlaganje blat čistilnih naprav. Pogosto so visoke koncentracije v tleh posledica naravnih procesov preperevanja nekaterih magmatskih in metamorfnih kamnin, ki jih sicer v Sloveniji ni veliko, sorazmerno bogati z Ni pri nas pa so flišni skladi. V svetovnem merilu tla vsebujejo od 5 do 1000 mg/kg Ni; povprečno od 20 do 100 mg/kg (Adriano, 2001; Bowen 1966; Lindsay, 1999). Koncentracije niklja v površinskih vzorcih ROTS iz obdobja 1989 – 2007 so v območju od 3 do 182

mg/kg tal (mediana 29,2 mg/kg), v podpovršinskih vzorcih od 3,8 do 205 mg/kg (mediana 32,5 mg/kg), kar nakazuje, da prevladuje naravni izvor. V obdelovalnem sloju so vrednosti od 12,4 do 139 mg/kg (mediana 31,9 mg/kg), kar kaže, da kmetijstvo ni pomememben izvor Ni. Mejna imisijska vrednost je presežena v 11 % (32) površinskih in 14 % (34) podpovršinskih vzorcev. Opozorilna imisijska vrednost je presežena v 10 % (30) površinskih in 12 % (30) podpovršinskih vzorcev Največ takih vzorcev je na Koprskem in Goriškem, kjer prevladuje kamninska osnova fliš. Ugotovljene srednje vrednosti (mediana) so primerljive z ugotovitvami Pirca in Šajna (1997), ki sta v geokemičnih raziskavah zgornjega sloja tal v Sloveniji, določila mediano za Ni 31 mg/kg (116 vzorcev).

Svinec (Pb)

Svinec je poleg kadmija in živega srebra eden izmed najpogostejših onesnažil v tleh. Njegovi antropogeni izvori so rudarjenje in taljenje rude, rafinerije, atmosferski depoziti (sežigalnice, fosilna goriva in promet) in odlaganje odpadkov. V preteklosti je prispevalo tudi kmetijstvo z uporabo fitofarmacevtskih pripravkov na osnovi Pb. Različni avtorji navajajo različne vsebnosti za Pb, v območju od 2 do 200 mg/kg, povprečje 10 mg/kg; vsebnosti se razlikujejo glede na rabo tal: tla na podeželju od 5 do 40 mg/kg, urbana tla od 30 do 100 mg/kg, bližina topilnic 20 do 2000 (Alloway, 1990; Adriano, 2001).

Koncentracije Pb v površinskih (0 do 5 cm) vzorcih ROTS iz obdobja 1989 do 2007 so od 13 do 2050 mg/kg (mediana 42 mg/kg). V podpovršinskem sloju (5 do 20 cm) so vsebnosti Pb nekoliko nižje: od 3 do 770 mg/kg (mediana 37 mg/kg), kar potrjuje antropogeni izvor in njegovo zadrževanje v površinskem sloju tal, kjer se dobro veže na organsko snov. V vzorcih, ki so bili odvzeti na obdelovalnih zemljiščih, iz skupne globine 0 do 20 cm, so koncentracije najnižje, od 8 do 160 mg/kg, (mediana 30 mg/kg), kar potrjuje, da kmetijstvo ni izvor Pb v tleh. Primerjava z zakonodajnimi vrednostmi pokaže, da je Pb poleg Cd in Ni element, ki največkrat presega opozorilno imisijsko vrednost: 10 % (28) površinskih vzorcev in 2 % (5) podpovršinskih vzorcev. Največ teh vzorcev je iz urbanih območij in Jesenic. Iz območja Mežiške doline so v dosedanjem obsegu vključeni le dve vzorčni mesti, od katerih je bila na enem izmerjena maksimalna vrednost Pb v projektu ROTS, ki presega tudi kritično imisijsko vrednost. Opozorilno vrednost presega tudi nekaj vzorčnih mest v Julijskih Alpah. Izvor Pb na teh lokacijah je lahko lokalno fužinarstvo in vpliv emisij topilnice v Rajblu (Italija). Vendar bi radi opozorili, da je zaradi velike količine organske snovi v tleh (tudi do 70 % pri rendzinah s surovim humusom) gostota teh tal bistveno nižja kot pri mineralnih tleh in enaka masa tal predstavlja bistveno večjo površino v naravi. Zato je primerjava z zakonodajnimi vrednostmi pri takih vzorcih vprašljiva. Ugotovljene medianske srednje vrednosti so primerljive z ugotovitvami Pirca in Šajna (1997), ki sta v geokemičnih raziskavah zgornjega sloja tal v Sloveniji, določila mediano za Pb 34 mg/kg (116 vzorcev).

Selen (Se)

Antropogena izvora selena sta taljenje rude in izgorevanje fosilnih goriv. Selen je element, ki je v tleh v majhnih koncentracijah. V svetovnem merilu tla vsebujejo od 0,03 do 2,32 mg/kg, povprečno od 0,05 do 0,94 mg/kg (Kabata-Pendias in Pendias, 1984; Adriano, 2001) selena. Vsebnosti selena v vzorcih ROTS iz obdobja 1989 – 2007 so v 38 % površinskih in 39 % podpovršinskih vzorcev pod mejo detekcije uporabljene analitske metode, to velja tudi za skoraj 50 % vzorcev iz obdelovalnih zemljišč. Izmerjene vrednosti so za površinske vzorce v območju od 0,12 do 3,7 mg/kg (mediana 1,23 mg/kg) in za podpovršinske vzorce od 0,2 do 4,3 mg/kg (mediana 1,27 mg/kg). Za ta element v slovenski zakonodaji nimamo predpisanih mejnih, opozorilnih in kritičnih vrednosti. Pirc in Šajn (1997), sta v geokemičnih raziskavah zgornjega sloja tal v Sloveniji, določila mediano za Se 0,1 mg/kg (119 vzorcev).

Talij (Tl)

Talij je v tleh zastopan predvsem zaradi naravnih procesov nastanka tal. Antropogeni izvor talija je metalurška industrija. V svetovnem merilu so njegove koncentracije v tleh od 0,02 do 2,8 mg/kg (Kabata-Pendias in Pendias, 1984), povprečne vrednosti od 0,27 do 0,58 mg/kg (Kabata-Pendias in Pendias, 1984; Adriano, 2001). Velja, da je toksičen za organizme že v manjših koncentracijah (Adriano, 2001). V površinskih vzorcih ROTS iz obdobja 1989 – 2007 so koncentracije od 0,10 do 6,12 mg/kg (mediana 0,68 mg/kg) v podpovršinskih pa od 0,14 do 3,95 mg/kg (mediana 0,66 mg/kg). Na obdelovalnih zemljiščih so njegove koncentracije nižje (mediana 0,39), kar potrjuje, da kmetijstvo ni izvor talija. Za ta element v slovenski zakonodaji nimamo predpisanih mejnih, opozorilnih in kritičnih vrednosti.

Vanadij (V)

Vanadij je predvsem geogeni element. Antropogeni izvori vanadija so atmosferski depoziti sežigalnic, avtomobilskih izpustov in emisij pri izgorevanju fosilnih goriv ter blata čistilnih naprav. V svetovnem merilu tla vsebujejo od 3 do 500 mg/kg (Adriano, 2001), povprečno od 58 do 90 mg/kg (Adriano, 2001; Kabata-Pendias in Pendias, 1984).

Koncentracije vanadija v površinskih vzorcih ROTS iz obdobja 1989 – 2007 so v območju od 10 do 380 mg/kg tal (mediana 71 mg/kg), v podpovršinskih vzorcih od 10 do 370 mg/kg (mediana 79 mg/kg). Na večini lokacij smo zabeležili večje vsebnosti V spodnjem sloju tal, kar nakazuje na njegov geogeni izvor. V obdelovalnem sloju so vrednosti od 20 do 270 mg/kg (mediana 56 mg/kg), kar kaže, da kmetijstvo ni izvor vanadija. Za ta element v slovenski zakonodaji nimamo predpisanih mejnih, opozorilnih in kritičnih vrednosti. Ugotovljene medianske srednje vrednosti so večje od ugotovitev Pirca in Šajna (1997), ki sta v geokemičnih raziskavah zgornjega sloja tal v Sloveniji, določila mediano za V 37 mg/kg (116 vzorcev).

Cink (Zn)

Antropogeni izvori cinka so rudarjenje in taljenje rude, industrija tekstila, mikroelektronike in metalurgije ter odlaganje odpadkov in blat čistilnih naprav. Prispeva tudi kmetijstvo z mineralnimi in organskimi gnojili in fitofarmacevtskimi sredstvi. Po literaturnih podatkih je naravna vsebnost Zn v tleh od 10 do 300 mg/kg, povprečno med 50 in 70 mg/kg (Kabata-Pendias in Pendias, 1984; Ross, 1996), v tleh ob topilnicah pa so vrednosti lahko tudi več 1000 mg/kg (Kabata-Pendias in Pendias, 1984). Cink se poleg Pb in Cd pogosto pojavlja v tleh v povečanih količinah, vendar bi radi opozorili, da je cink mikrohranilo in v določenih koncentracijah nujno potreben za rast in razvoj rastlin, pa tudi živali in človeka.

Koncentracije Zn v površinskih vzorcih ROTS iz obdobja 1989 – 2007 so v območju od 2,4 do 1570 mg/kg tal (mediana 99 mg/kg), v podpovršinskih vzorcih od 16 do 1060 mg/kg (mediana 95 mg/kg), kar kaže na antropogeni vpliv. V obdelovalnem sloju so vrednosti od 21 do 660 mg/kg (mediana 88), kar lahko pomeni, da kmetijstvo ni največji izvor onesnaževanja tal s Zn. Mejna imisijska vrednost je presežena v 4 % površinskih in 2 % podpovršinskih vzorcev. Največ takih vzorcev je iz urbanega območja Celja in Maribora. Zanimivo je, da je opozorilna vrednost največkrat (6 %) presežena v obdelovalnih tleh, vendar lahko iz geografske razporeditve na pregledni karti vidimo, da je velik delež takih tal v bližini industrijskih izvorov onesnaževanja. Ugotovljene medianske srednje vrednosti so večje kot sta jih ugotovila Pirc in Šajn (1997), ki sta v geokemičnih raziskavah zgornjega sloja tal v Sloveniji, določila mediano za Zn 77,5 mg/kg (116 vzorcev).

Slika 38: Koncentracijo elementov v talnih vzorcih merimo z atomskim absorbcijskim spektrofotometrom.

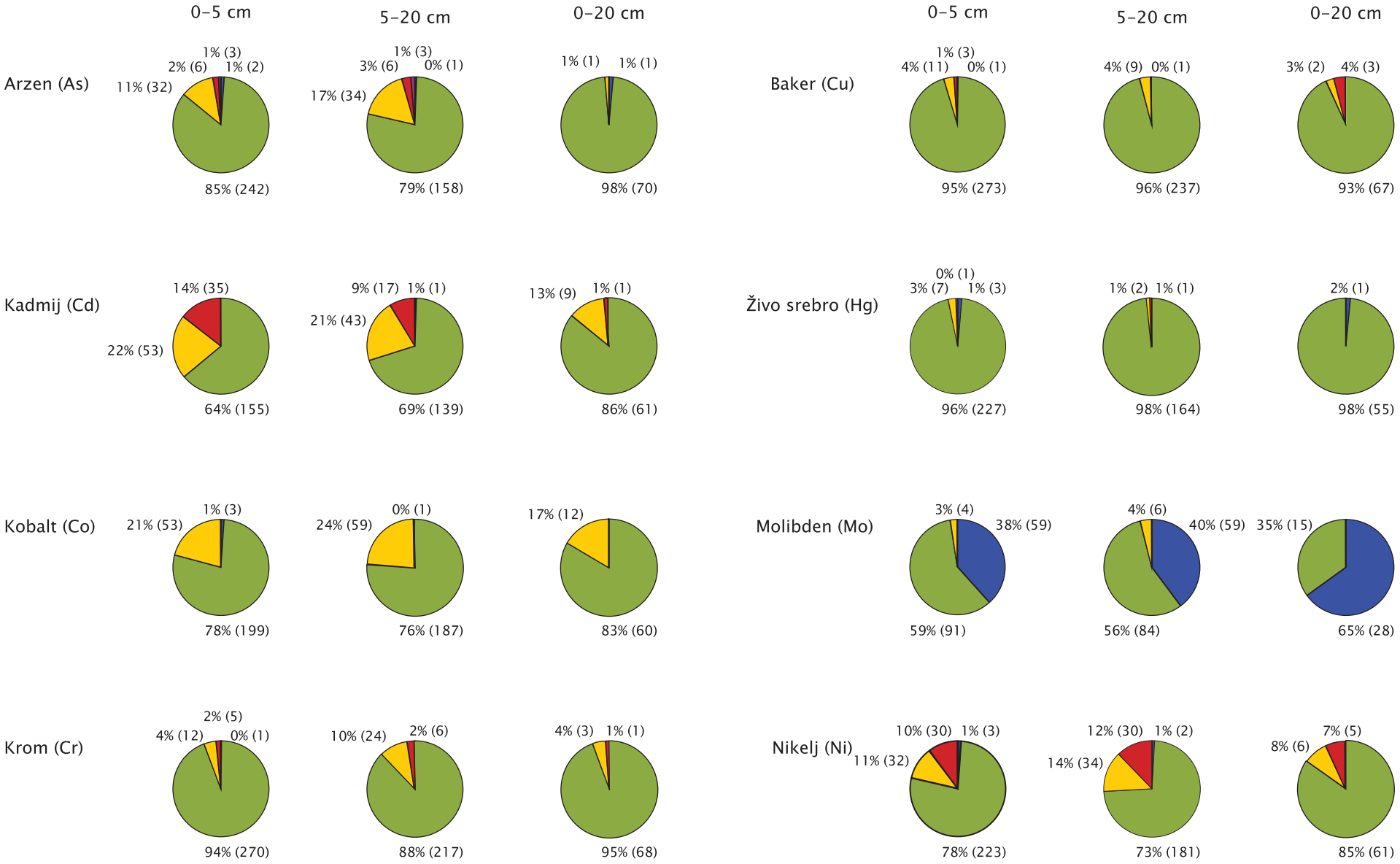
Preglednica 2: Statistični kazalci vsebnosti merjenih elementov v vzorcih iz obdobja 1989-2007 (NPVO in ReNPVO). Koncentracije elementov podajamo v enoti mg/kg suhih tal. Parametri so analizirani po postopkih, predpisanih v pravilniku Ur.l.RS 55/97.

	Arzen (As)			Kadmij (Cd)			Kobalt (Co)			Krom (Cr)		
globina (cm)	0–5	5–20	0–20	0–5	5–20	0–20	0–5	5–20	0–20	0–5	5–20	0–20
Št. Vzorcev n	285	202	72	243	208	72	255	247	72	288	247	72
Št. meritev nad mejo detekcije n>LOD	285	202	72	243	208	72	255	247	72	288	247	72
Povprečje	12,3	14,9	11,2	1,14	0,88	0,5	14,3	15,6	14,1	56,6	65,2	55,2
St. deviacija	9,4	12	4,6	1,43	1,05	0,5	7,2	8,3	5,6	31,8	32,2	29,5
Minimum	1,0	1,7	0,7	0,14	0,09	0,09	0,97	0,66	3,04	4,8	12,0	15,0
Maksimum	85,0	115,0	24,3	10,10	8,70	2,59	44,0	52,0	28,9	260	200	174
Vrednost prvega kvartila Q1	6,9	8,3	8,1	0,39	0,30	0,21	9,0	10,0	10,0	32	41	32
Mediana Q2	10,2	12,5	11,1	0,62	0,48	0,32	13,9	14,3	13,0	51	61	47
Vrednost tretjega kvartila Q3	16,0	18,4	14,1	1,33	1,08	0,73	18,0	19,2	17,0	75	83	73
Mediana (Pirc in Šajn, 1994)	15			0,5						42,5		

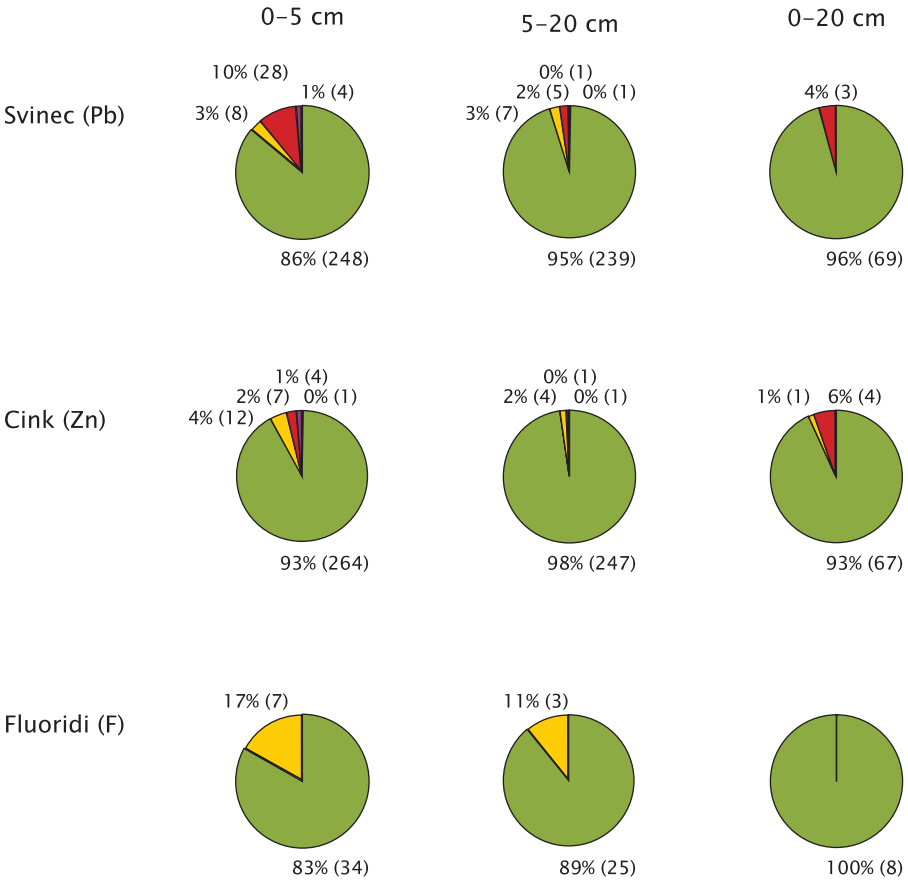
	Baker (Cu)			Fluoridi (F)			Živo srebro (Hg)			Mangan (Mn)		
globina (cm)	0–5	5–20	0–20	0–5	5–20	0–20	0–5	5–20	0–20	0–5	5–20	0–20
Št. Vzorcev n	288	247	72	41	28	8	263	194	72	255	247	72
Št. meritev nad mejo detekcije n>LOD	288	247	72	41	28	8	262	194	72	255	247	72
Povprečje	30,7	30,3	32,2	306	273	242	0,26	0,22	0,12	927	971	865
St. deviacija	18,7	16,6	23,4	167	116	86	0,39	0,50	0,06	475	533	418
Minimum	2,2	4,3	9,1	64	67	79	0,03	0,05	0,04	32	18	6
Maksimum	151	151,7	137	824	520	350	5,50	6,30	0,39	2570	2900	2300
Vrednost prvega kvartila Q1	19,0	19,0	19,8	190	218	203	0,10	0,10	0,07	600	620	598
Mediana Q2	26,3	27,0	25,0	280	265	260	0,17	0,13	0,10	862	871	810
Vrednost tretjega kvartila Q3	39,0	38,1	35,0	380	293	285	0,27	0,20	0,13	1200	1285	1078
Mediana (Pirc in Šajn, 1994)	23,5						0,16			834,5		

	Molibden (Mo)			Nikelj (Ni)			Svinec (Pb)			Selen (Se)		
globina (cm)	0–5	5–20	0–20	0–5	5–20	0–20	0–5	5–20	0–20	0–5	5–20	0–20
Št. Vzorcev n	207	199	72	288	248	72	288	253	72	135	124	38
Št. meritev nad mejo detekcije n>LOD	202	194	72	288	248	72	288	253	72	217	206	75
Povprečje	1,99	2,08	1,10	36,8	41,2	37,0	73	44	36	1,16	1,18	1,19
St. deviacija	2,96	3,87	1,27	26,8	29,8	21,6	185	53	26	0,57	0,59	0,43
Minimum	0,17	0,17	0,24	3,2	3,8	12,4	13	3	8	0,12	0,20	0,19
Maksimum	28	39	8,7	182	205	139	2050	770	160	3,70	4,30	2,00
Vrednost prvega kvartila Q1	0,87	0,68	0,71	19,4	22,0	24,3	29	27	22	0,81	0,84	0,92
Mediana Q2	1,00	1,00	1,00	29,2	32,5	31,9	42	37	30	1,23	1,27	1,45
Vrednost tretjega kvartila Q3	1,64	1,50	1,00	44,4	50,2	40,1	61	50	41	1,49	1,52	1,50
Mediana (Pirc in Šajn, 1994)				31			34			0,1		

	Talij (Tl)			Vanadij (V)			Cink (Zn)		
globina (cm)	0–5	5–20	0–20	0–5	5–20	0–20	0–5	5–20	0–20
Št. Vzorcev n	203	194	72	202	194	72	288	253	72
Št. meritev nad mejo detekcije n>LOD	203	194	72	202	194	72	288	253	72
Povprečje	0,71	0,68	0,47	82	87	66	129	104	115
St. deviacija	0,55	0,45	0,25	50	52	39	141	74	104
Minimum	0,10	0,14	0,13	10	10	20	2,4	16	21
Maksimum	6,12	3,95	1,05	377	372	267	1569	1060	660
Vrednost prvega kvartila Q1	0,37	0,36	0,27	49	50	37	83	79	75
Mediana Q2	0,68	0,66	0,39	71	79	56	99	95	88
Vrednost tretjega kvartila Q3	0,90	0,86	0,71	103	107	89	126	112	115
Mediana (Pirc in Šajn, 1994)				37			77,5		

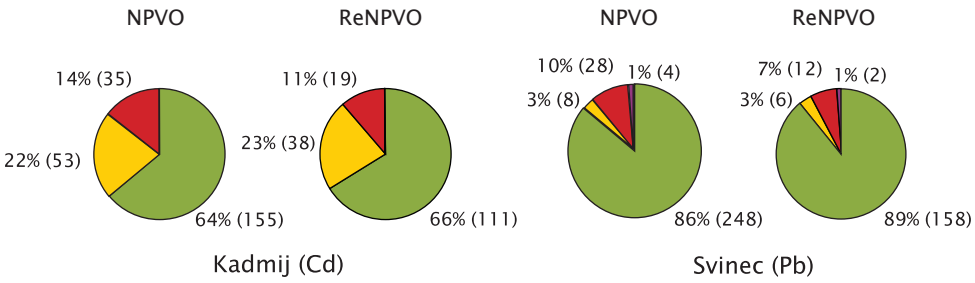


Slika39: Porazdelitev vzorcev iz obdobja 1989-2007 (NPVO in ReNPVO) (relativni delež in število) glede na mejno, opozorilno in kritično imisijsko vrednost nevarnih snovi v tleh (Ur. L. RS 68/96).



Preglednica 3: Legenda slike 39, upoštevane so mejna, opozorilna in kritična imisijska vrednost nevarnih snovi v tleh (Ur. l. RS 68/96) ter spodnja meja podajanja rezultata (LOQ) in detekcije uporabljene metode (LOD); vse vrednosti so v mg/kg zračno suhih tal.

oznaka	svetlo modra	modra	zelena	rumena	rdeča	vijolična
dosežena koncentracija merjene nevarne snovi	pod mejo detekcije uporabljene metode	pod mejo določljivosti uporabljene metode	do mejne imisijske vrednosti	mejna imisijska vrednost do opozorilne vrednosti	opozorilna imisijska vrednost do kritične vrednosti	kritična imisijska vrednost in več
As	<1	<2	<20	≥20	≥30	≥55
Cd	<0,03	<0,1	<1	≥1	≥2	≥12
Co	<1	<2	<20	≥20	≥50	≥240
Cr	<2	<5	<100	≥100	≥150	≥380
Cu	<2	<5	<60	≥60	≥100	≥300
Hg	<0,02	<0,1	<0,8	≥0,8	≥2	≥10
Mo	<0,02	<1	<10	≥10	≥40	≥200
Ni	<2	<5	<50	≥50	≥70	≥210
Pb	<2	<5	<85	≥85	≥100	≥530
Zn	<5	<10	<200	≥200	≥300	≥720
fluoridi	<6	<18	<450	≥450	≥825	≥1200



Slika 40 (levo): Primerjava onesnaženosti zgornjega sloja tal za Cd in Pb med podatki NPVO in ReNPVO. Zaradi vključitve večjega števila podatkov iz onesnaženih območij, kot so Celje, Ljubljana, Jesenice, dajejo podatki v okviru NPVO sliko večje onesnaženosti, kot podatki v okviru ReNPVO. ReNPVO vključuje redkejšo mrežo in enakomernejšo porazdelitev vzorčnih lokacij po celotnem ozemlju R. Slovenije, kar je razvidno tudi iz tematskih kart onesnaženosti (slike 43 do 62).

ORGANSKE NEVARNE SNOVI V TLEH

V letih od 1989 do 2007 je bilo analiziranih 340 površinskih vzorcev tal na travnikih in njivah (sloja A in D) na vsebnost 51 različnih organskih spojin. Večina organskih nevarnih snovi, ki jih analiziramo, je umetno sintetiziranih, kar pomeni, da jih v naravi ne najdemo in vsaka detekcija take snovi v tleh (>LOD), četudi je njena koncentracija pod mejo določljivosti (< LOQ), že pomeni uporabo te snovi v okolju in jo v preglednici 5 prikazujemo kot pogostost pojavljanja. Ker je število meritev za posamezno nevarno snov različno, podajamo pogostost pojavljanja posamezne snovi v odstotkih. Podajamo tudi povprečno in maksimalno vrednost za meritve, ki so bile nad mejo določljovosti. V Uredbi o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (Ur. l. RS 68/96) so nekatere organske spojine upoštevane le kot seštevek vrednosti, zato iz vidika zakonodaje komentiramo sledečih 7 skupin organskih nevarnih snovi:

- policiklični aromatski ogljikovodiki (PAO oziroma PAH) predstavljajo seštevek vsebnosti 10 različnih spojin: naftalen, antracen, fenantren, fluoranten, benzo(a)antracen), krizen, benzo(a)piren, benzi(ghi)-perilen, benzo(k)fluoranten, indeno(1,2,3)piren;
- poliklorirani bifenili (PCB) so vsota 7 različnih PCB spojin, ki jih označimo glede na število C atomov v formuli: PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180;
- za vrednotenje vsebnosti insekticidov DDT in njegovih derivatov uporabljamo seštevek koncentracij različnih oblik DDT, DDD in DDE ;
- drini predstavljajo seštevek vrednosti za: aldrin, dieldrin in endrin;
- vsota HCH je seštevek vsebnosti spojin: α-HCH, β-HCH, γ-HCH, δ-HCH;
- herbicida atrazin in simazin sta navedena neposredno s koncentracijo, komentiramo pa tudi zastopanost metolaklora in terbutilazina, ki v praksi zamenjujeta prej omenjeni aktivni snovi.

Izmed vseh analiziranih organskih spojin so le nekatere spojine iz skupine PAO zastopane v tleh zaradi naravnih procesov razgradnje organske snovi. Vse ostale spojine so sintetične in vsaka detekcija pomeni človekovo dejavnost v okolju. Skoraj vse merjene substance, razen spojin iz skupine PCB, uporabljajo v kmetijstvu.

Policiklični aromatski ogljikovodiki se tvorijo pri nepopolnem zgorevanju naravne vegetacije, fosilnih goriv in drugih organskih snovi. Onesnaženje tal poteka preko zraka, razen v primerih direktnega onesnaženja z odpadki, mulji iz čistilnih naprav in podobnim. V industrijskih in gosto naseljenih območjih je zrak onesnažen predvsem zaradi uporabe fosilnih goriv in prometa. Analize vzorcev tal, odvzetih v letih 1989 do 2007, so pokazale, da so največkrat detektirane in izmerjene organske nevarne snovi spojine iz skupine PAO. V 75 % vzorcev je bila izmerjena vsaj ena snov iz te skupine, vendar njihove koncentracije niso zelo velike. Maksimalna vsota PAO je bila 4,485 mg/kg, kar je sicer nad mejno imisijsko vrednostjo (1 mg/kg), vendar pod opozorilno imisijsko vrednostjo (20 mg/kg). Največkrat izmerjena je spojina naftalen, izmerili smo jo lahko v 54 % vzorcev (148), samo detektirali pa še v 9 % vzorcev. Sledita spojini benzo(b)fluoranten in fluoranten, ki smo ju izmerili v 32 % vzorcev, samo detektirali pa še v 25 oziroma 27 % vzorcev. Med bolj toksičnimi snovmi iz skupine PAO je spojina benzo(a)piren, ki smo jo izmerili v 26 % (72) vzorcev, samo detektirali pa še v 19 % vzorcev. Povprečna izmerjena vrednost benzo(a)pirena je bila 0,045 mg/kg, maksimalna pa 0,61 mg/kg. V Slovenski zakonodaji zanjo nimamo predpisanih vrednosti. Vsota PAO je presegala mejno imisijsko vrednost v 3 vzorcih.

Ostanke polikloriranih bifenilov (PCB) smo našli v 35 % vzorcev. Povečini so bili nad mejo detekcije in pod mejo določljivost (34 % vzorcev). Le v 1 % vzorcev (3 vzorci) smo PCB tudi izmerili. Na eni lokaciji je bila presežena mejna imisijska vrednost (0,2 mg/kg).

Ostanke aktivnih snovi insekticidov na osnovi DDT in njegovih derivatov smo našli v 45 % vzorcev: v 19 % vzorcev (64) je bila snov detektirana, v 26 % (90) vzorcev pa tudi izmerjena. Največkrat najdena derivata DDT sta bila DDT (p,p) in DDE (p,p), ki sta bila samo detektirana v 18 oziroma 21 % vzorcev, tudi izmerjena pa v 21 oziroma 19 % vzorcev. Seštevek vsebnosti DDT spojin presega mejno imisijsko vrednost (0,1 mg/kg) v 17 vzorcih. Noben vzorec ni presegal opozorilne imisijske vrednosti (2 mg/kg). Večinoma so DDT in njegovi derivati zastopani v ornici oziroma zgornjem sloju tal, kjer je ali je bila včasih intenzivna kmetijska raba (zatravljene njive in trajni nasadi). Povečana koncentracija DDT je posledica rabe sredstev za varstvo rastlin. Kljub prepovedi uporabe te aktivne snovi v Sloveniji že več kot 35 let, njene ostanke in razgradne produkte skoraj vsako leto detektiramo v vzorcih ROTS. Razlog je velika obstojnost aktivne snovi in tudi razgradnih produktov ter

množična uporaba v preteklosti, ni pa izključena tudi nelegalna raba pripravkov, ki vsebujejo komponente DDT.

Ostanke fitofarmacevtskih sredstev na osnovi endrina smo detektirali v 10 % površinskih vzorcev (34), vendar v noben primeru njihova skupna količina ni presegala meje določljivosti.

Ostanke fitofarmacevtskih sredstev na osnovi kloriranih ogljikovodikov (HCH spojine) smo našli v 22 % vzorcev. Povečini je bila vsota pod mejo določljivosti (17 %), le v 5 % vzorcev (16) so bile snovi na osnovi HCH tudi izmerjene, vendar na nobeni lokaciji ni bila presežena mejna imisijska vrednost.

Ostanke herbicida atrazin smo našli v 13 % vzorcev (44). Maksimalna izmerjena vrednost je bila 0,27 mg/kg. Mejna imisijska vrednost je bila presežena v 13 vzorcih. Ostanke herbicida simazin smo našli v 5 % vzorcev (16). Maksimalna izmerjena vrednost je bila 0,031 mg/kg. Mejna imisijska vrednost je bila presežena v 10 vzorcih.

Preglednica 4: Legenda tematskih kart (slike 43 - 62), upoštevane so mejne, opozorilne in kritične imisijske vrednosti nevarnih snovi v tleh (Ur. l. RS 68/96) ter spodnja meja podajanja rezultata (LOQ) in detekcije uporabljene metode (LOD); vse vrednosti so v mg/kg zračno suhih tal.

oznaka	svetlo modra	modra	zelena	rumena	rdeča	vijolična
dosežena koncentracija merjene nevarne snovi	pod mejo detekcije uporabljene metode	pod mejo določljivosti uporabljene metode	do mejne imisijske vrednosti	mejna imisijska vrednost do opozorilne vrednosti	opozorilna imisijska vrednost do kritične vrednosti	kritična imisijska vrednost in več
PAO	<0,005	<0,01	<1	≥1	≥20	≥40
PCB	<0,04	<0,07	<0,2	≥0,2	≥0,6	≥1
DDT/DDD/DDE	<0,005	<0,01	<0,1	≥0,1	≥2	≥4
drini	<0,005	<0,01	<0,1	≥0,1	≥2	≥4
HCH spojine	<0,005	<0,01	<0,1	≥0,1	≥2	≥4
atrazin	<0,005	<0,005	<0,01	≥0,01	≥3	≥6
simazin	<0,005	<0,005	<0,01	≥0,01	≥3	≥6

PAO (PAH)	skupna koncentracija PAO je seštevek naftalena, antracena, fenantrena, fluorantena, benzo(a)antracena, krizena benzo(a)pirena, benzo(ghi)perilena, benzo(k)fluorantena in indeno(1,2,3)pirena)
PCB	skupna koncentracija PCB je seštevek PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153 in 180
DDT/DDD/DDE	skupna koncentracija je seštevek DDT, DDD in DDE
drini	skupna koncentracija je seštevek aldrina, dieldrina in endrina
HCH spojine	skupna koncentracija je seštevek alfa-HCH, beta-HCH, gama-HCH in delta-HCH

Preglednica 5: Pogostnost pojavljanja organskih spojin v vzorcih iz obdobja 1989-2007 (NPVO in ReNPVO), izražena v odstotkih glede na število merjenih vzorcev. Delež vzorcev, kjer je snov detektirana (>LOD), je označen s sivo, delež vzorcev, kjer je snov izmerjena (>LOQ), je označen z rdečo. Pri slednjih so podane tudi povprečne in maksimalne izmerjene vrednosti v zgornjih slojih vzorcev tal (sloj A ali D).

Nevarna snov	Pogostnost pojavljanja (%) 0 20 40 60 80 100	Povprečna vrednost (mg/kg s.s.)	Maksimalna vrednost (mg/kg s.s.)
Aldrin			
Dieldrin			
Endrin			
Vsota drinov			
alfa-HCH		0,002	0,003
beta-HCH			
delta-HCH			
gama-HCH		0,003	0,005
Vsota HCH		0,004	0,008
DDD(o,p)			
DDD(p,p)		0,009	0,03
DDE(o,p)			
DDE(p,p)		0,031	0,18
DDT(o,p)		0,021	0,105
DDT(p,p)		0,052	0,627
Vsota DDx		0,072	0,787
Heptaklor			
Heptaklorepoksid-cis			
Heptaklorepoksid-trans			
Klordan-cis			
Klordan-trans			
Vsota PCB		0,11	0,29

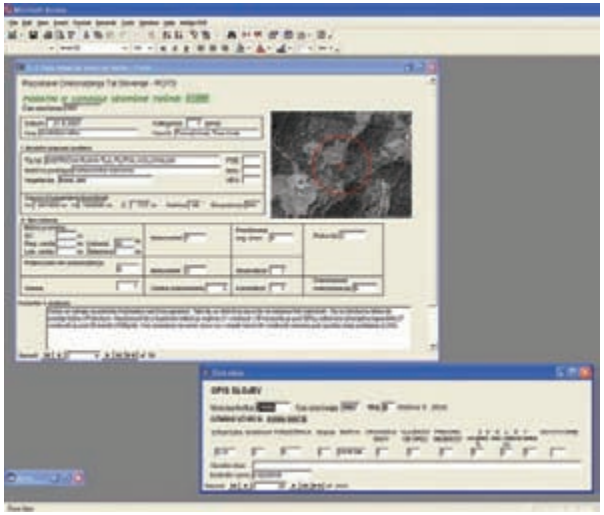
Nevarna snov	Pogostnost pojavljanja (%) 0 20 40 60 80 100	Povprečna vrednost (mg/kg s.s.)	Maksimalna vrednost (mg/kg s.s.)
Acenaften		0,014	0,014
Acenaftilen		0,027	0,031
Antracen*		0,043	0,062
Benzo(a)antracen*		0,047	0,49
Benzo(a)piren*		0,045	0,61
Benzo(b)fluoranten*		0,045	0,59
Benzo(ghi)perilen*		0,037	0,36
Benzo(k)fluoranten*		0,03	0,21
Dibenzo(a,h)antracen		0,031	0,11
Fenantren*		0,028	0,2
Fluoranten*		0,051	0,66
Fluoren		0,012	0,013
Indeno(1,2,3-cd)piren*		0,041	0,59
Krizen*		0,038	0,38
Naftalen*		0,021	0,087
Piren		0,047	0,65
PAH*		0,143	3,14
PAH		0,191	4,485
Acetoklor			
Alaklor		0,01	0,023
Atrazin		0,024	0,27
Cianazin			
Desetil-atrazin		0,008	0,013
Desizopropil-atrazin		0,007	0,009
Metolaklor		0,018	0,184
Prometrin		0,013	0,02
Propazin		0,01	0,013
Sebutilazin			
Simazin		0,017	0,031
Terbutilazin		0,01	0,014
Terbutrin			

TEMATSKE KARTE

V nadaljevanju so zbrane tematske karte (20), ki kažejo onesnaženost tal s posameznimi potencialno nevarnimi snovmi.

Na prvih dveh kartah so vrisane vzorčne lokacije po letih vzorčenja: na prvi karti so zbrane vse lokacije, ki so bile povzorčene po načrtu Nacionalnega programa varstva okolja (NPVO) - skupno 376 lokacij; na drugi pa le tiste, ki so vključene tudi v Resoluciji nacionalnega programa varstva okolja (ReNPVO) - skupno 249 lokacij.

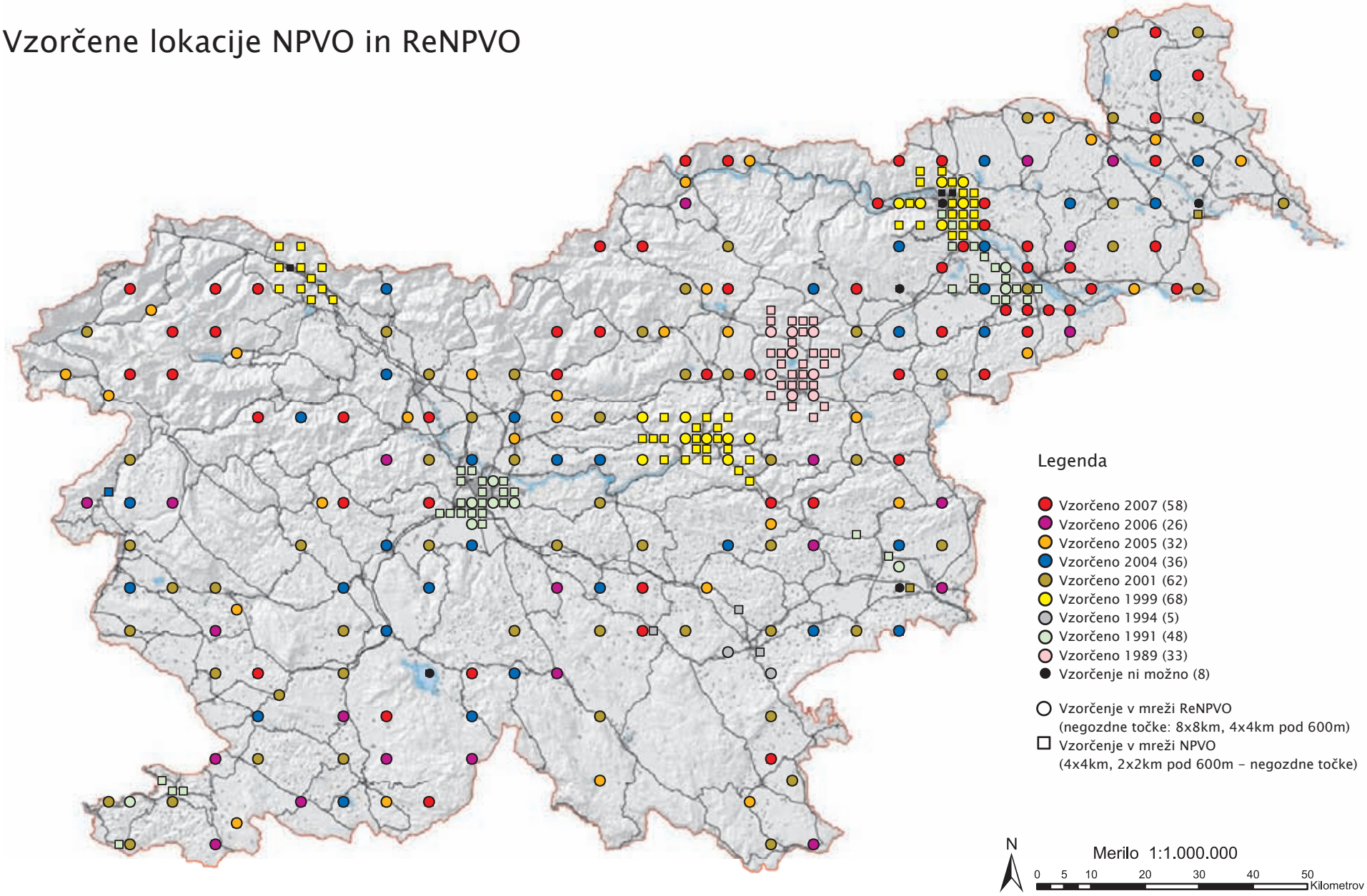
Sledijo karte za posamezne potencialno nevarne anorganske snovi (As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, F, Mo, Ni, Pb, Se, Zn) in skupine organskih snovi (Drini, HCH spojine, DDT in njegovi derivati, PCB, PAO, Atrazin, Simazin) v zgornjem sloju tal (0 do 5 cm). Vsebnosti so interpretirane glede na uredbo o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih za nevarne snovi v tleh. Zajemajo vse podatke zbrane v okviru NPVO (kvadratne oznake) in ReNPVO (krožne oznake) v letih od 1989 do 2007.



Slika 41: Podatki so shranjeni v bazi podatkov Infrastrukturnega centra na Centru za pedologijo in varstvo okolja.

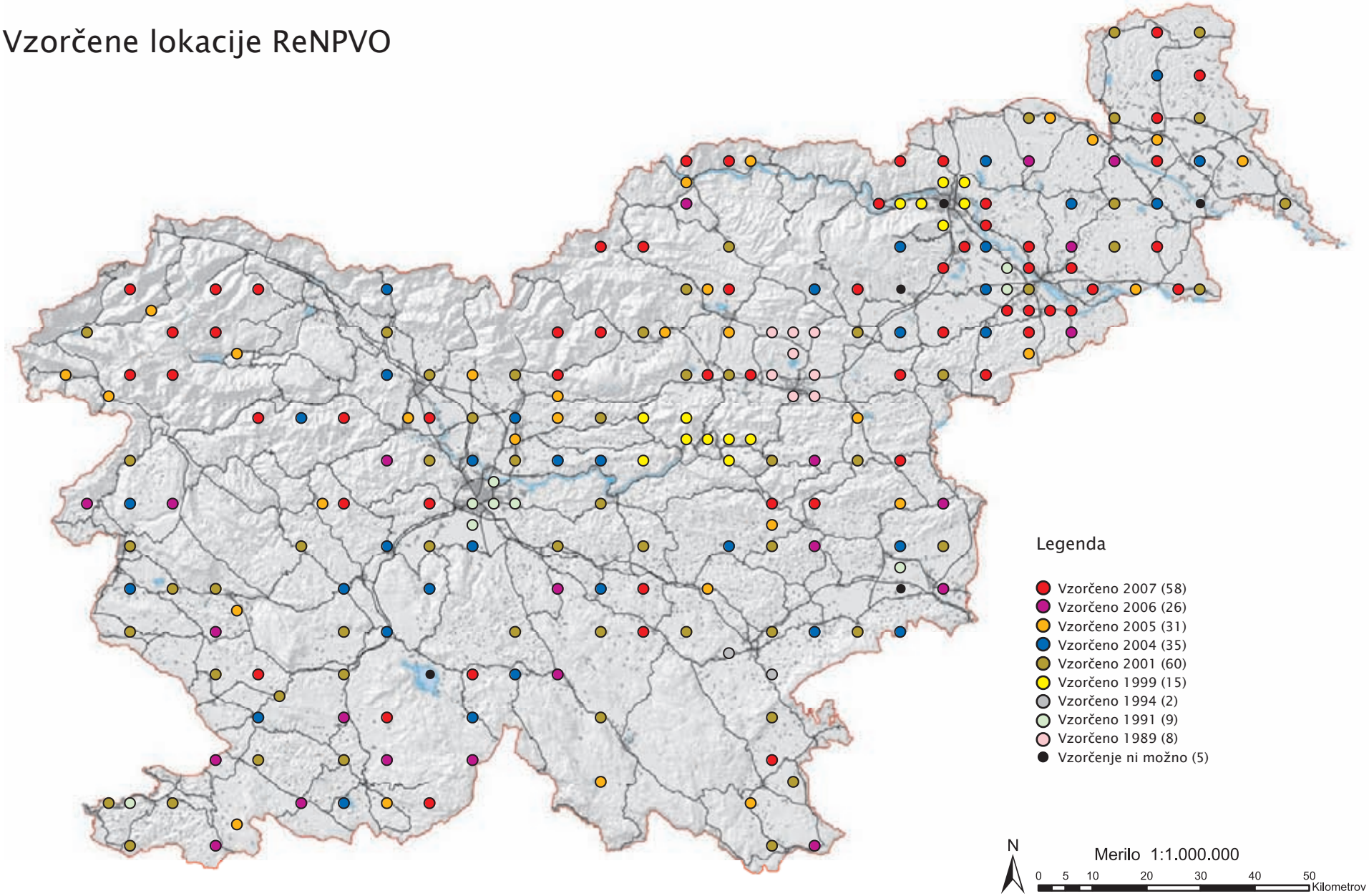
Slika 42: Z ArcView orodjem pripravimo karte, ki kažejo prostorsko razporeditev onesnaženosti tal.

Vzorčene lokacije NPVO in ReNPVO



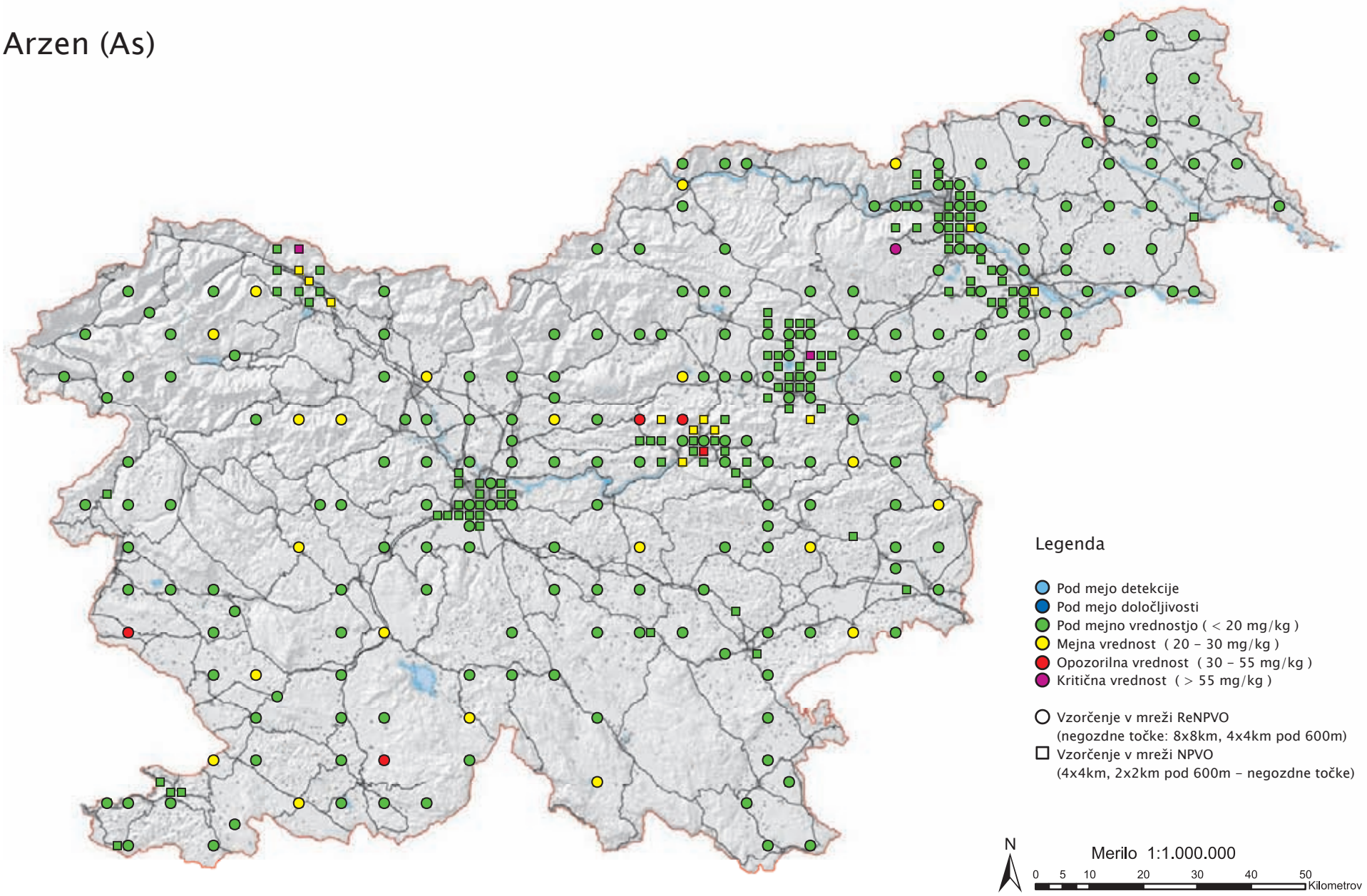
Slika 43: Vzorčenje v letih 1989 - 2007 na mreži NPVO in ReNPVO.

Vzorčene lokacije ReNPVO



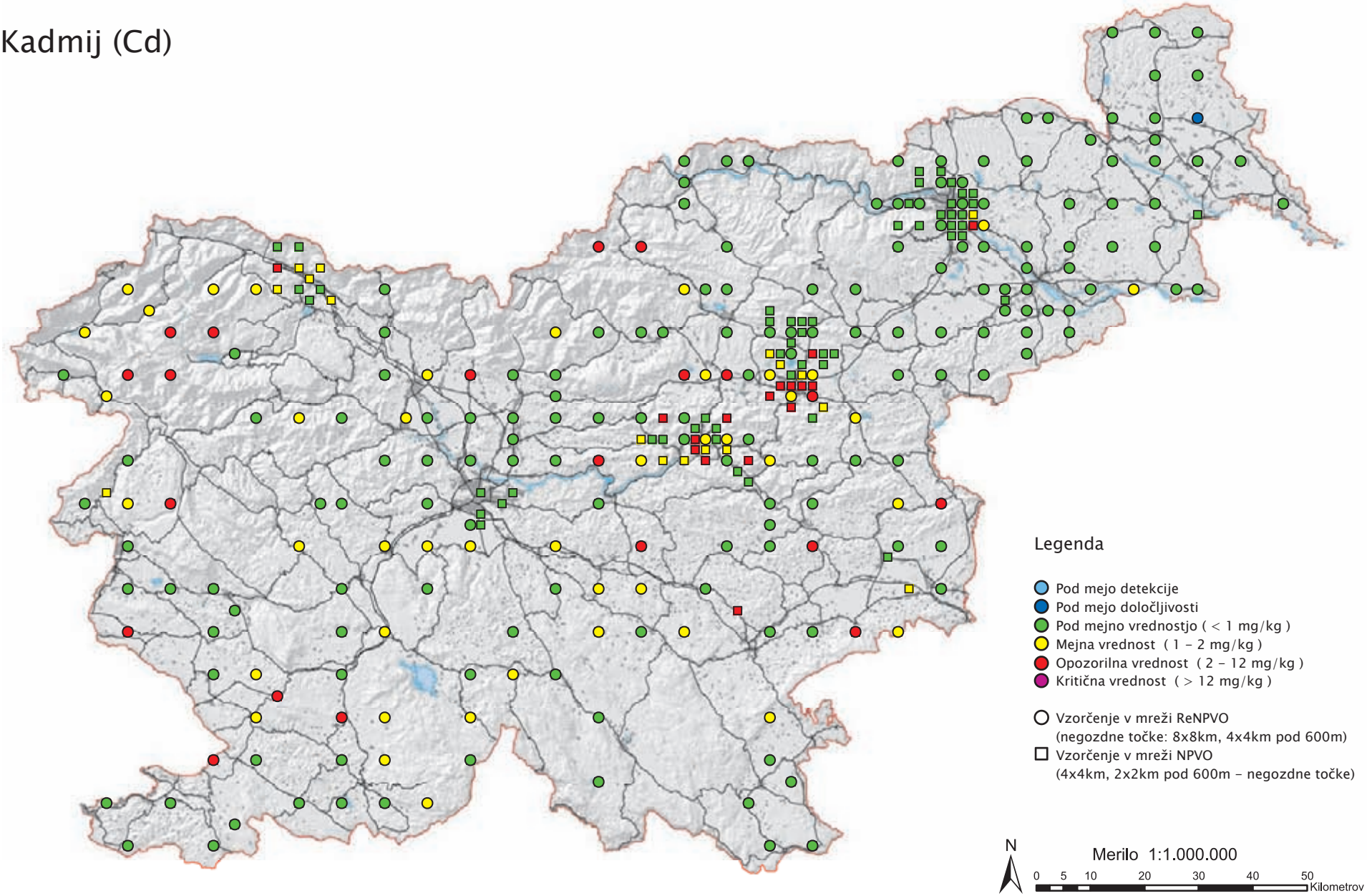
Slika 44: Vzorčenje v letih 1989 - 2007 na mreži ReNPVO.

Arzen (As)



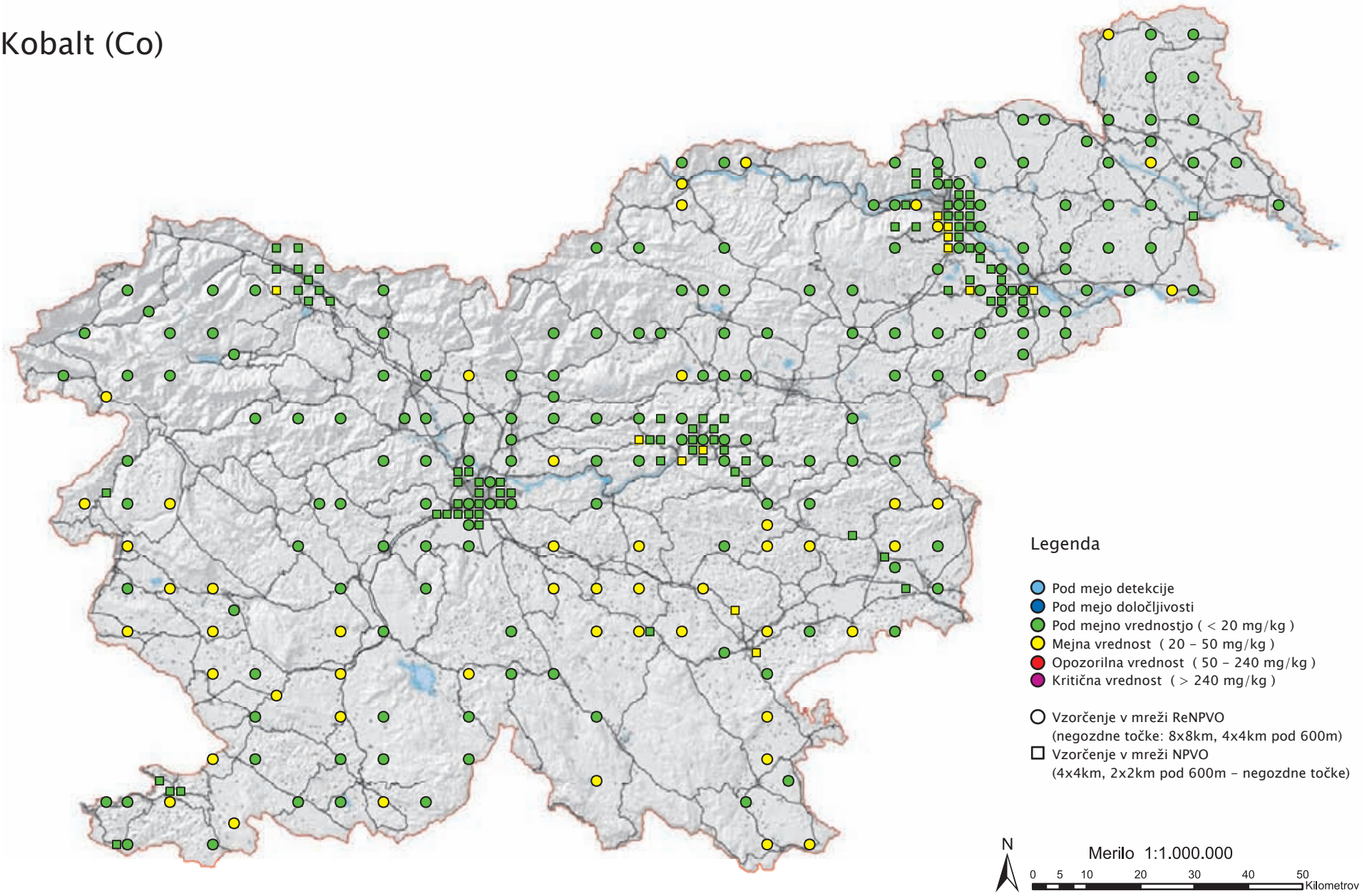
Slika 45: Vsebnost arzena (mg/kg suhih tal) v zgornjem sloju tal, vzočenih v obdobju od 1989 do 2007.

Kadmij (Cd)



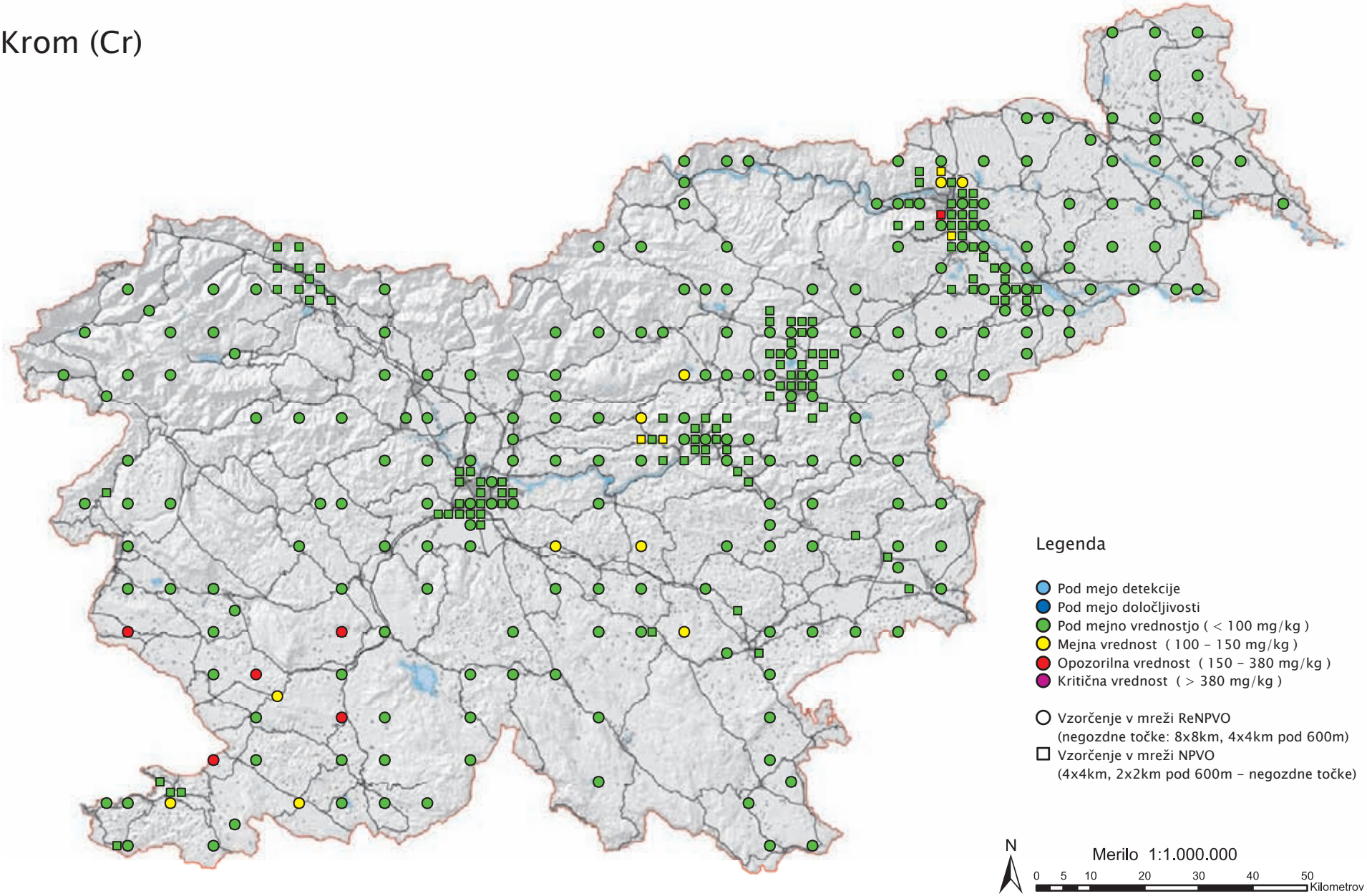
Slika 46: Vsebnost kadmija (mg/kg suhih tal) v zgornjem sloju ta,l vzočenih v obdobju od 1989 do 2007.

Kobalt (Co)



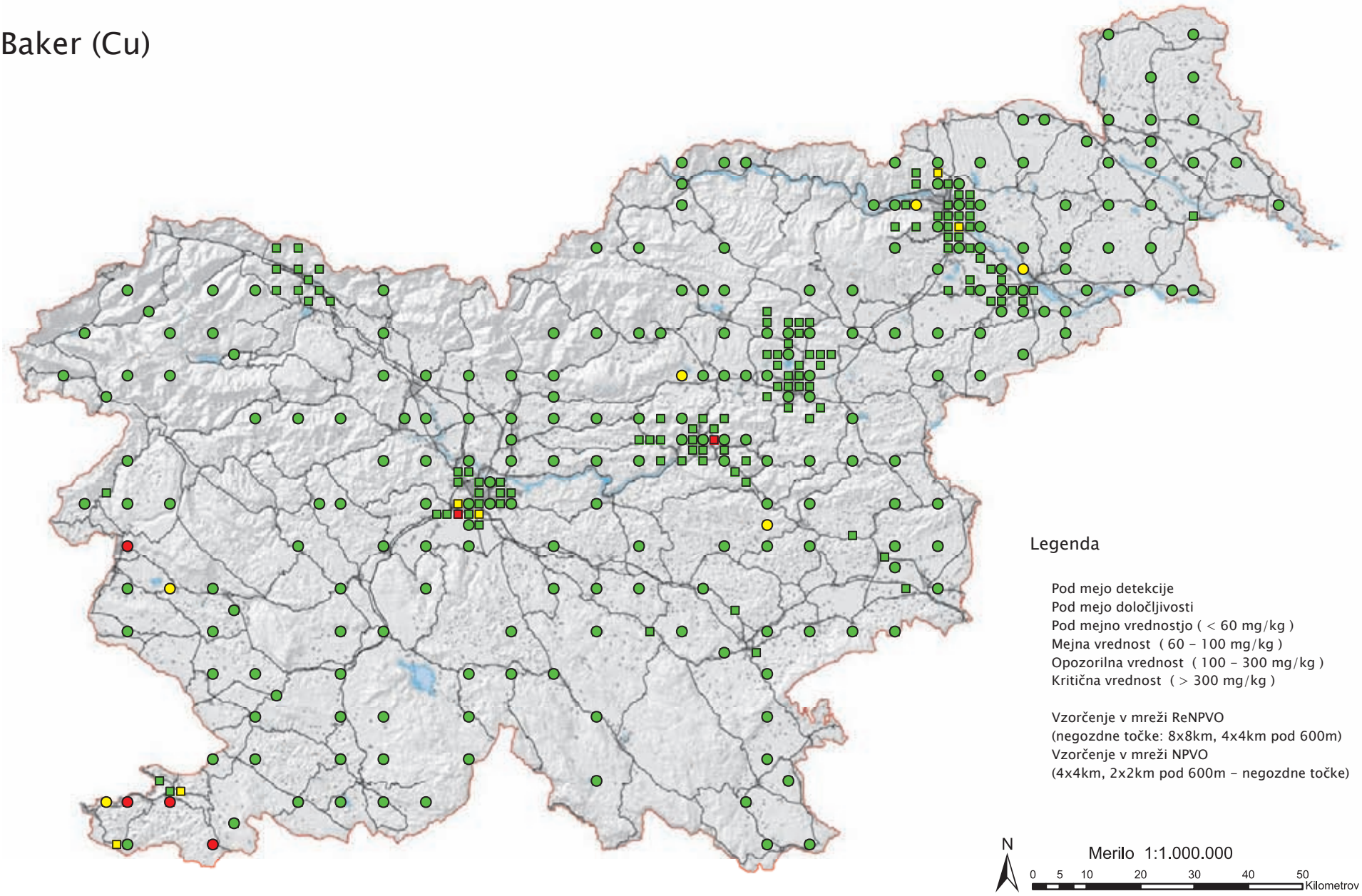
Slika 47: Vsebnost kobalta (mg/kg suhih tal) v zgornjem sloju tal, vzočenih v obdobju od 1989 do 2007

Krom (Cr)



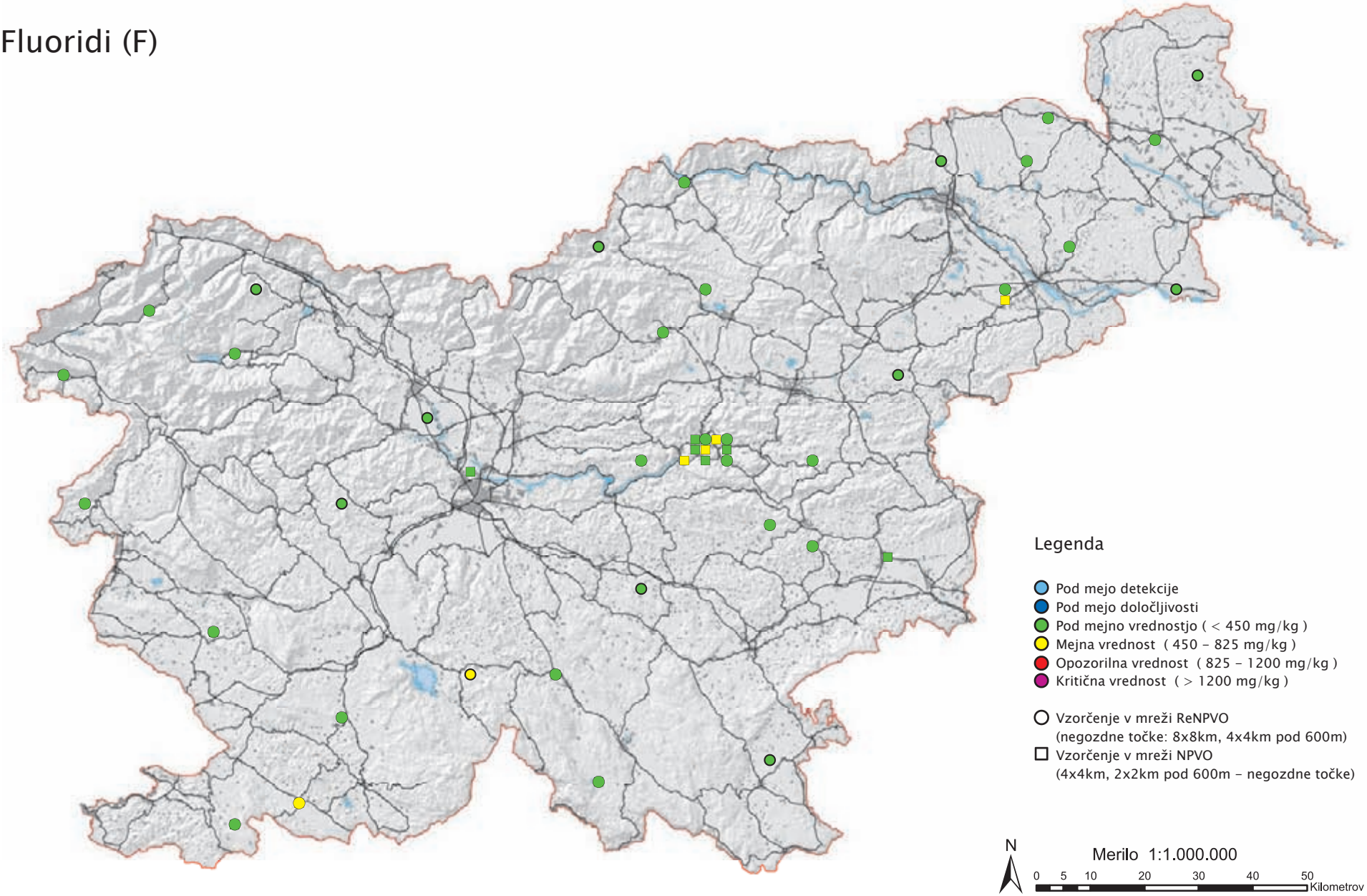
Slika 48: Vsebnost kroma (mg/kg suhih tal) v zgornjem sloju tal, vzočenih v obdobju od 1989 do 2007.

Baker (Cu)



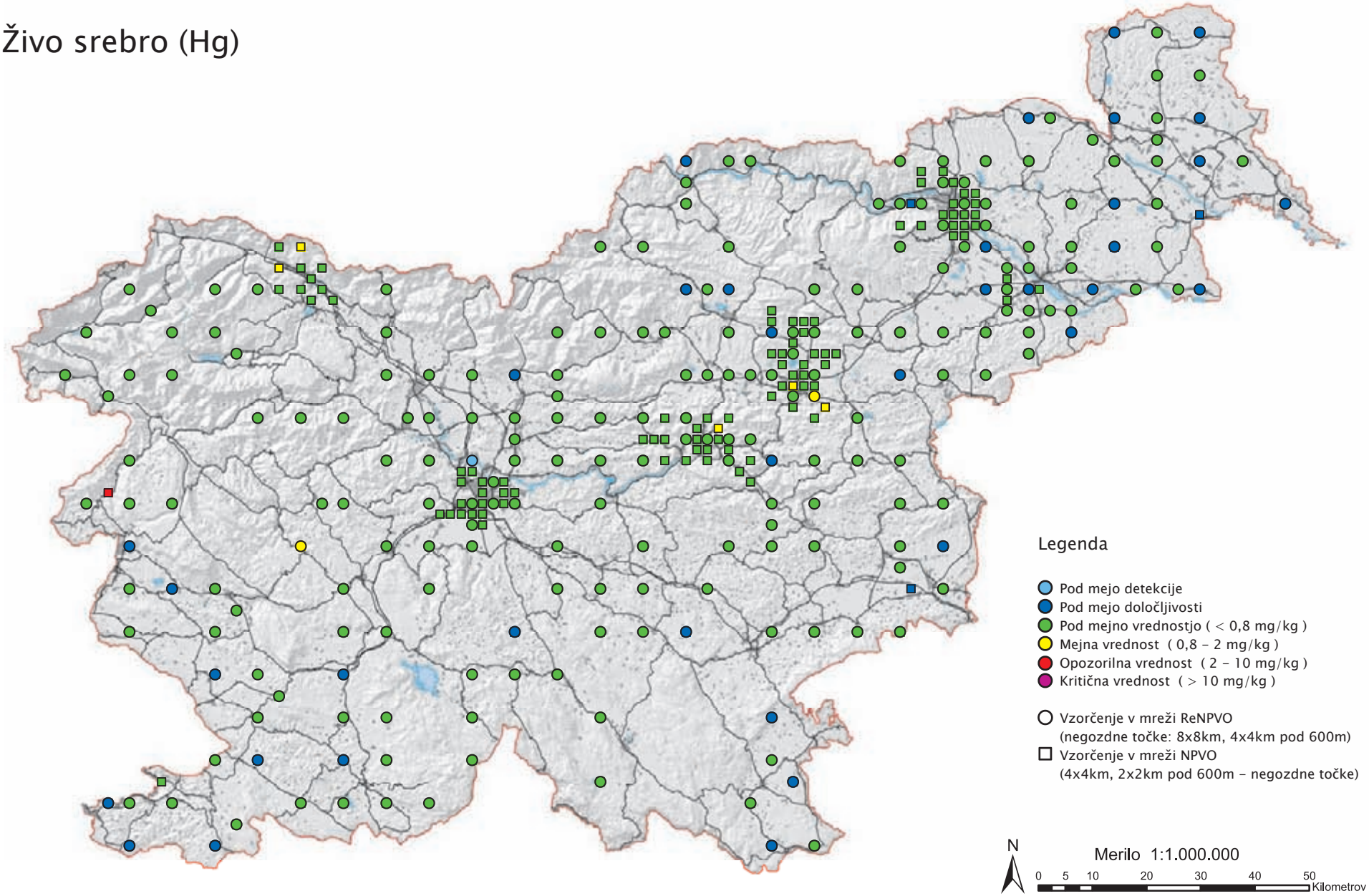
Slika 49: Vsebnost bakra (mg/kg suhih tal) v zgornjem sloju tal, vzočenih v obdobju od 1989 do 2007.

Fluoridi (F)



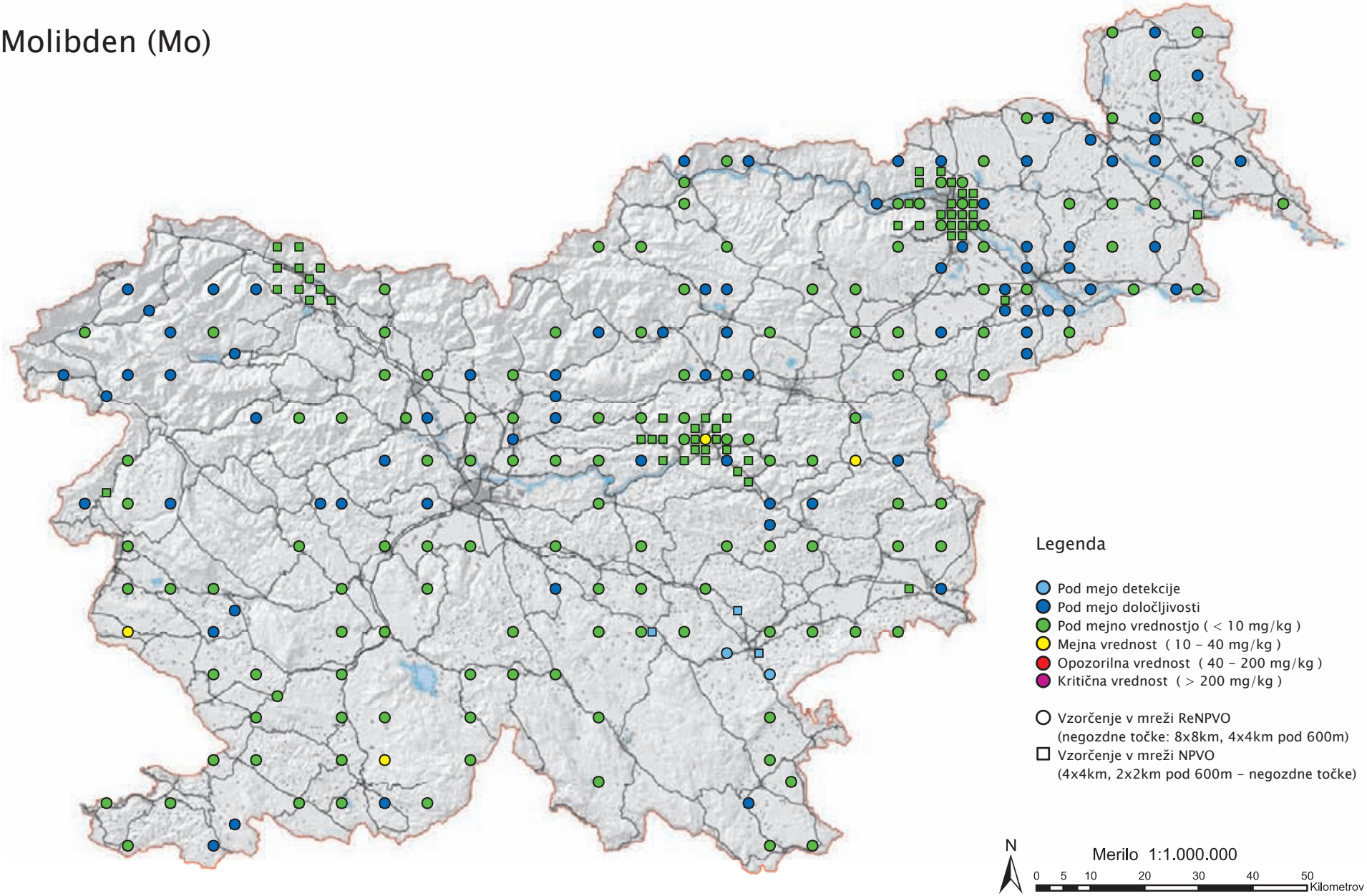
Slika 50: Vsebnost fluoridov (mg/kg suhih tal) v zgornjem sloju tal, vzočenih v obdobju od 1989 do 2007.

Živo srebro (Hg)



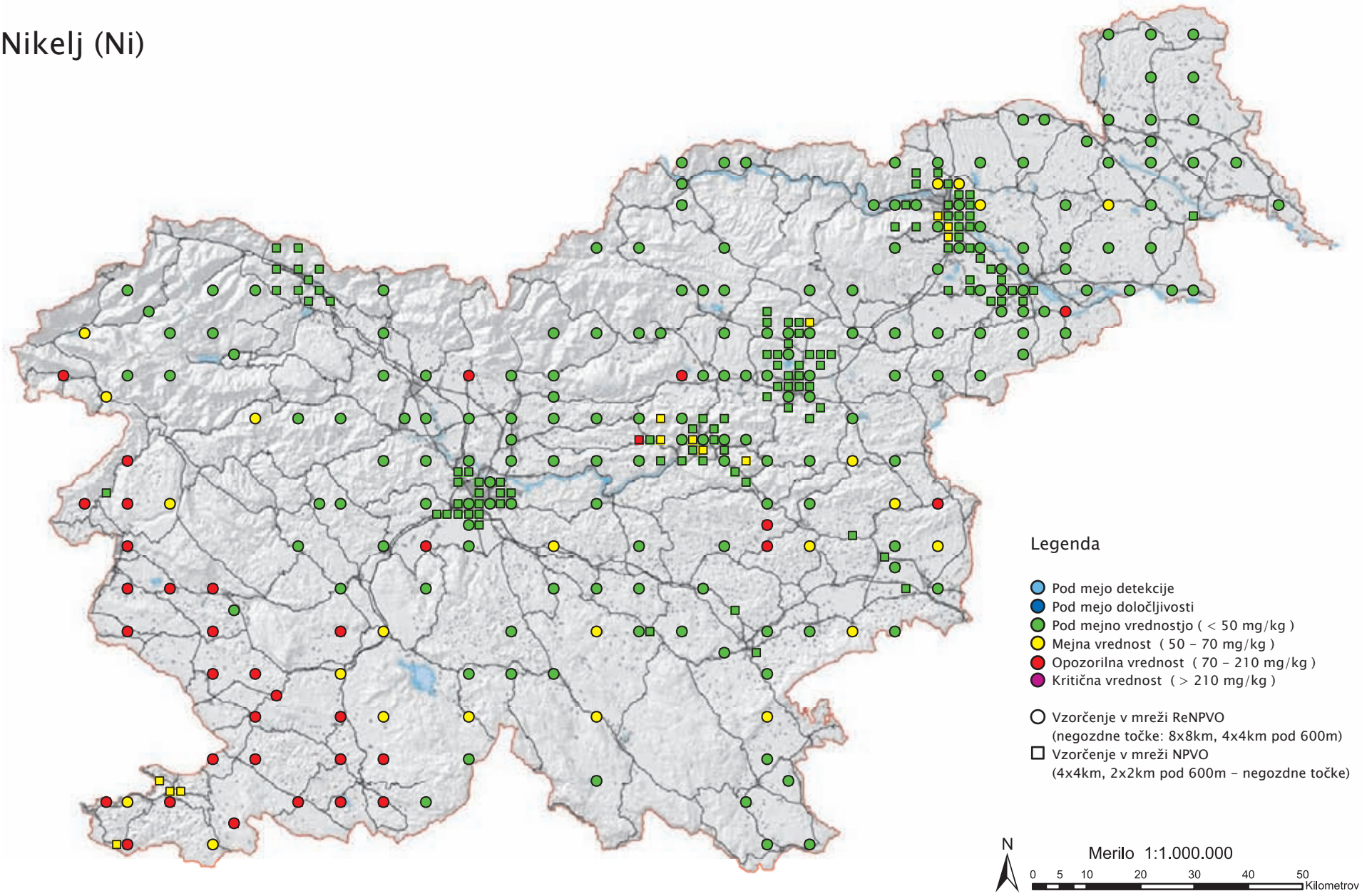
Slika 51: Vsebnost živega srebra (mg/kg suhih tal) v zgornjem sloju tal, vzočenih v obdobju od 1989 do 2007.

Molibden (Mo)



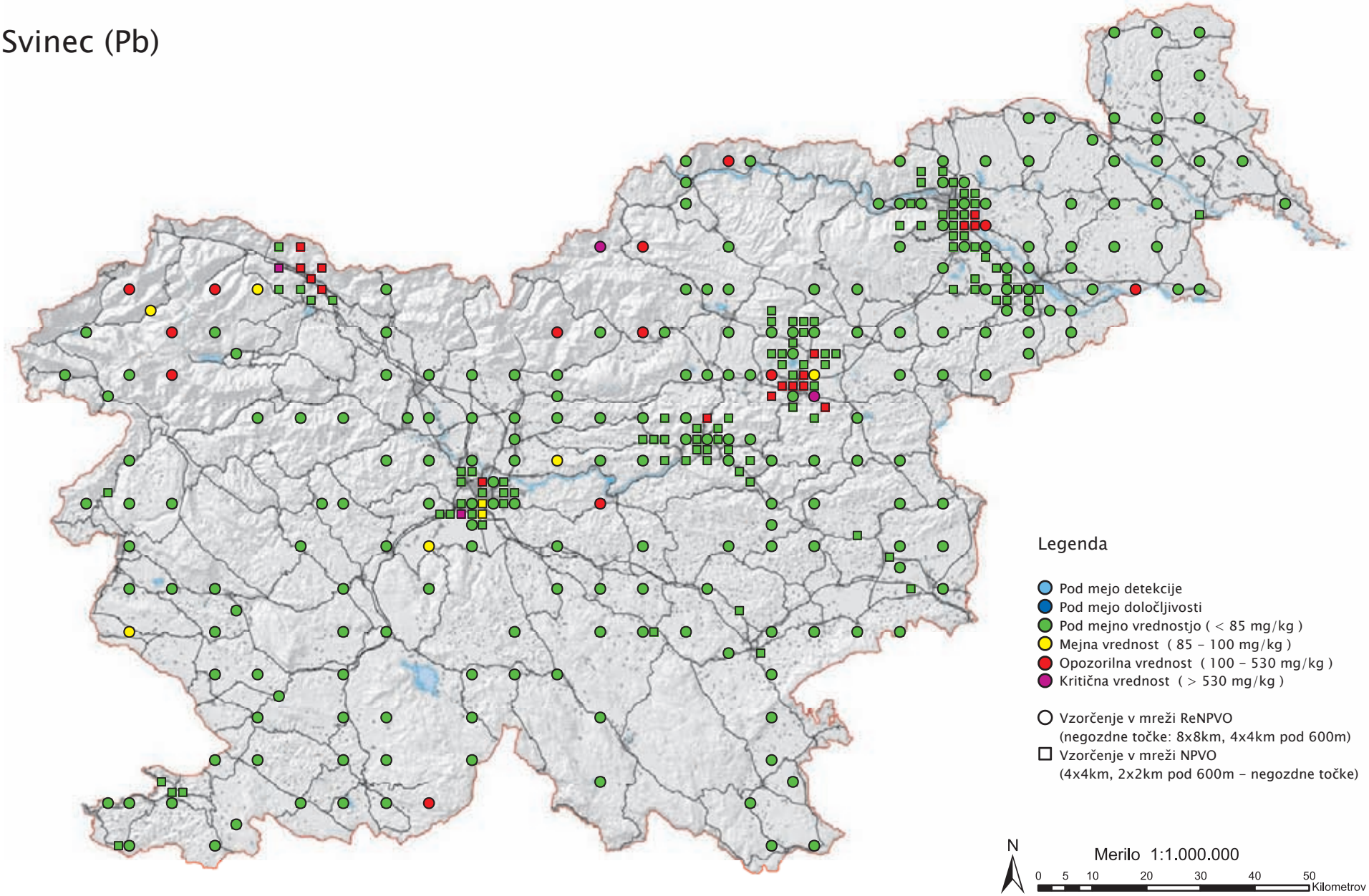
Slika 52: Vsebnost molibdena (mg/kg suhih tal) v zgornjem sloju tal, vzočenih v obdobju od 1989 do 2007.

Nikelj (Ni)



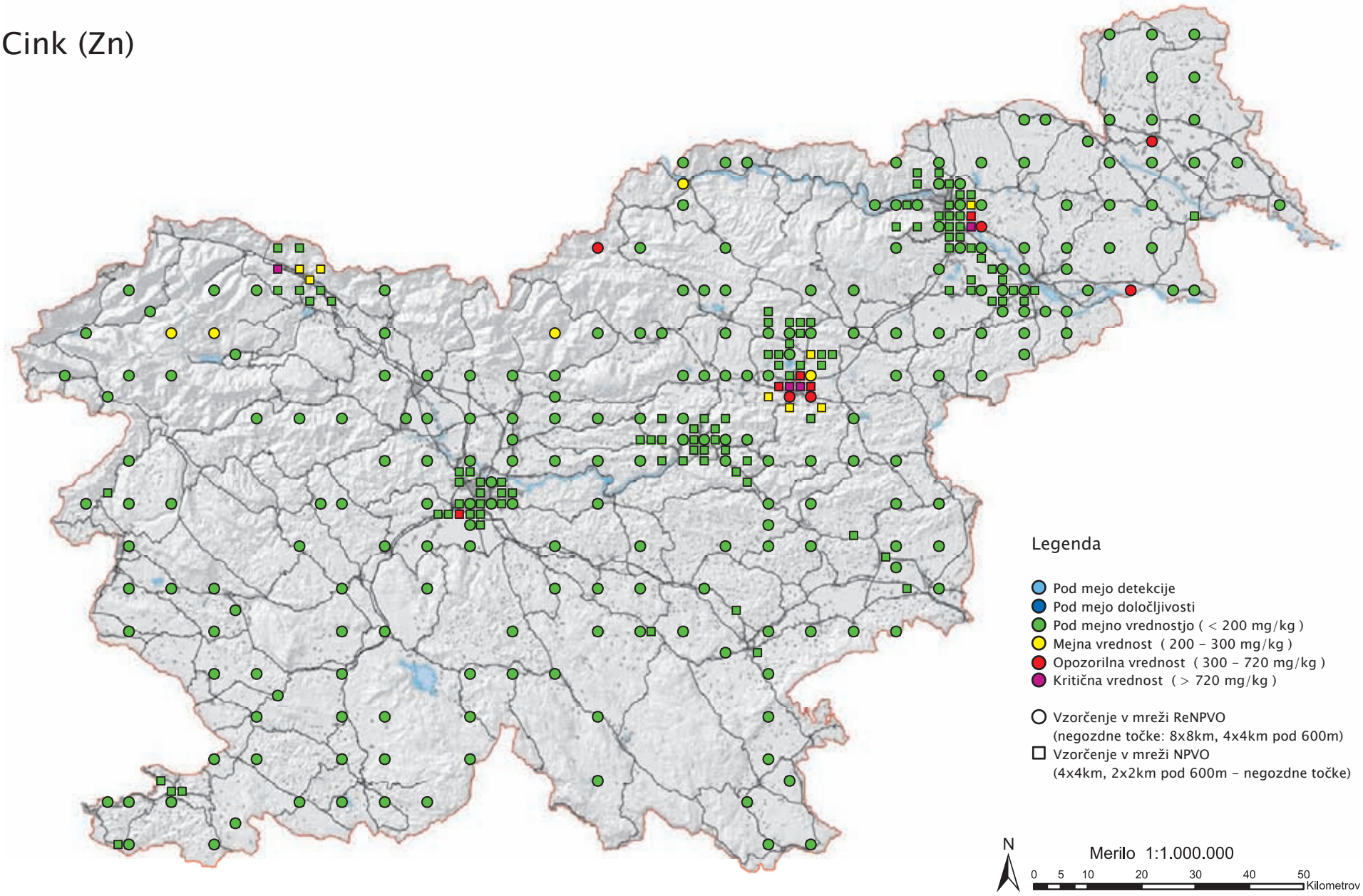
Slika 53: Vsebnost niklja (mg/kg suhih tal) v zgornjem sloju tal, vzočenih v obdobju od 1989 do 2007.

Svinec (Pb)



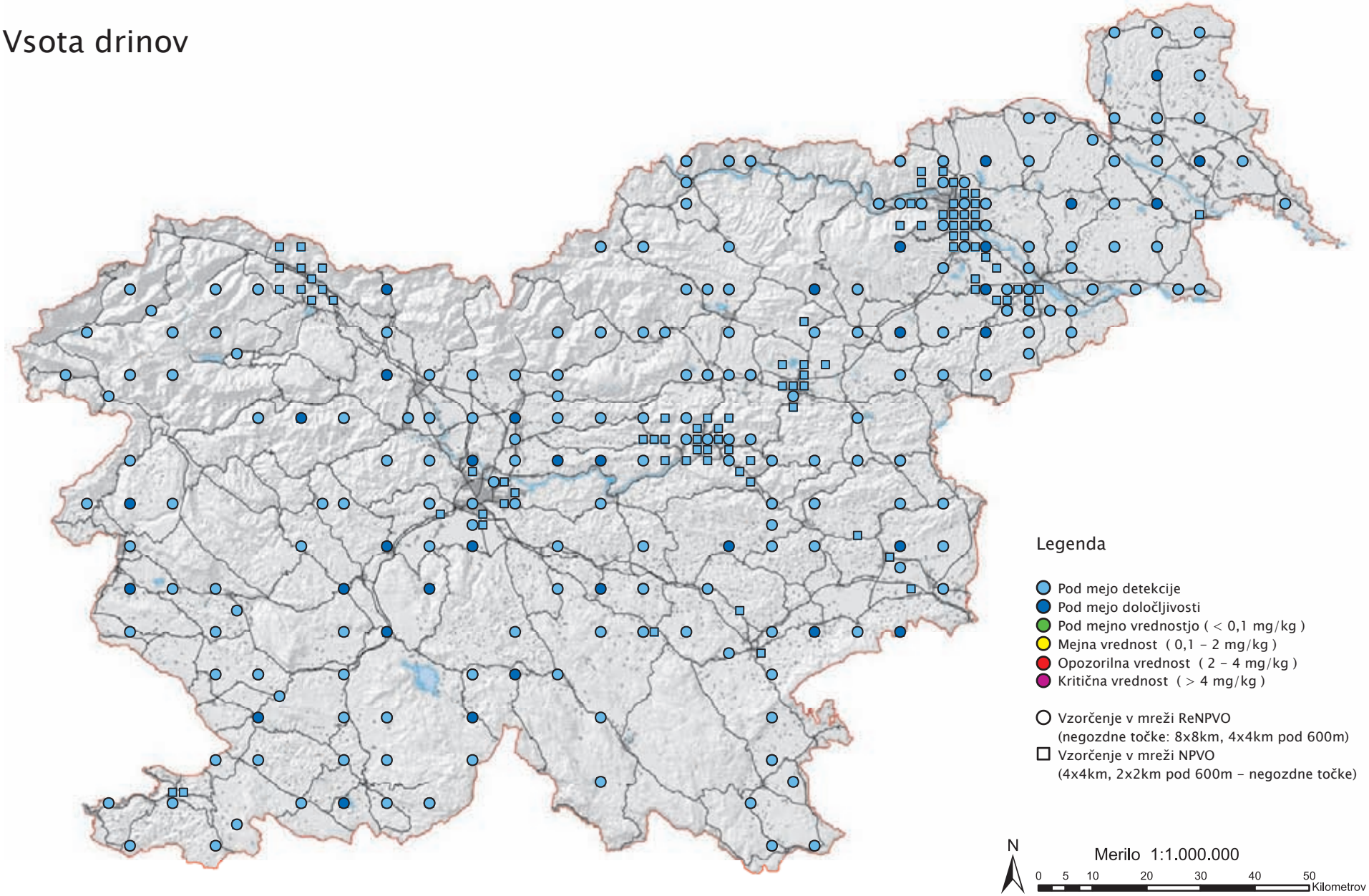
Slika 54: Vsebnost svinca (mg/kg suhih tal) v zgornjem sloju tal, vzočenih v obdobju od 1989 do 2007.

Cink (Zn)



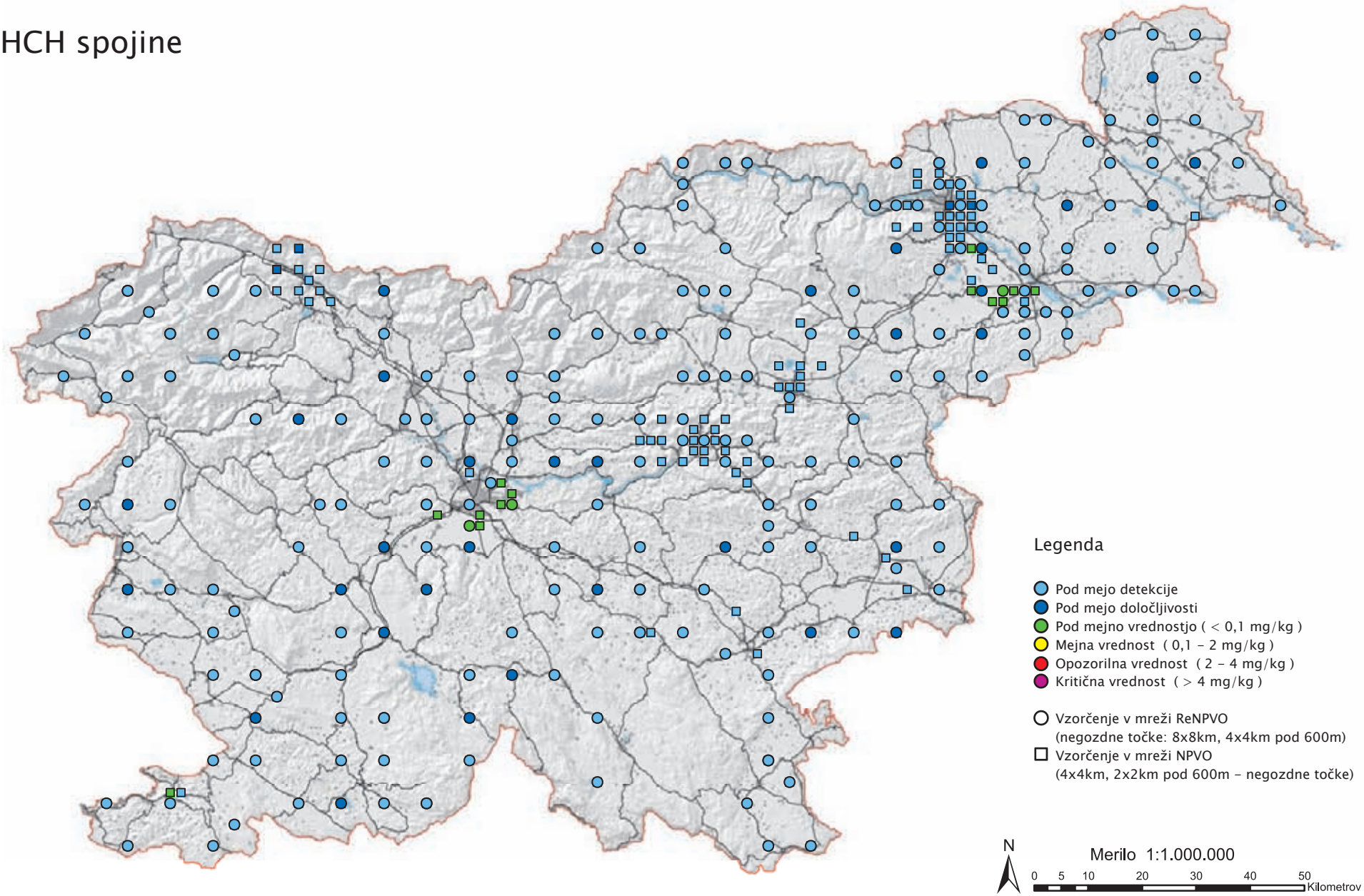
Slika 55: Vsebnost cinka (mg/kg suhih tal) v zgornjem sloju tal, vzočenih v obdobju od 1989 do 2007.

Vsota drinov



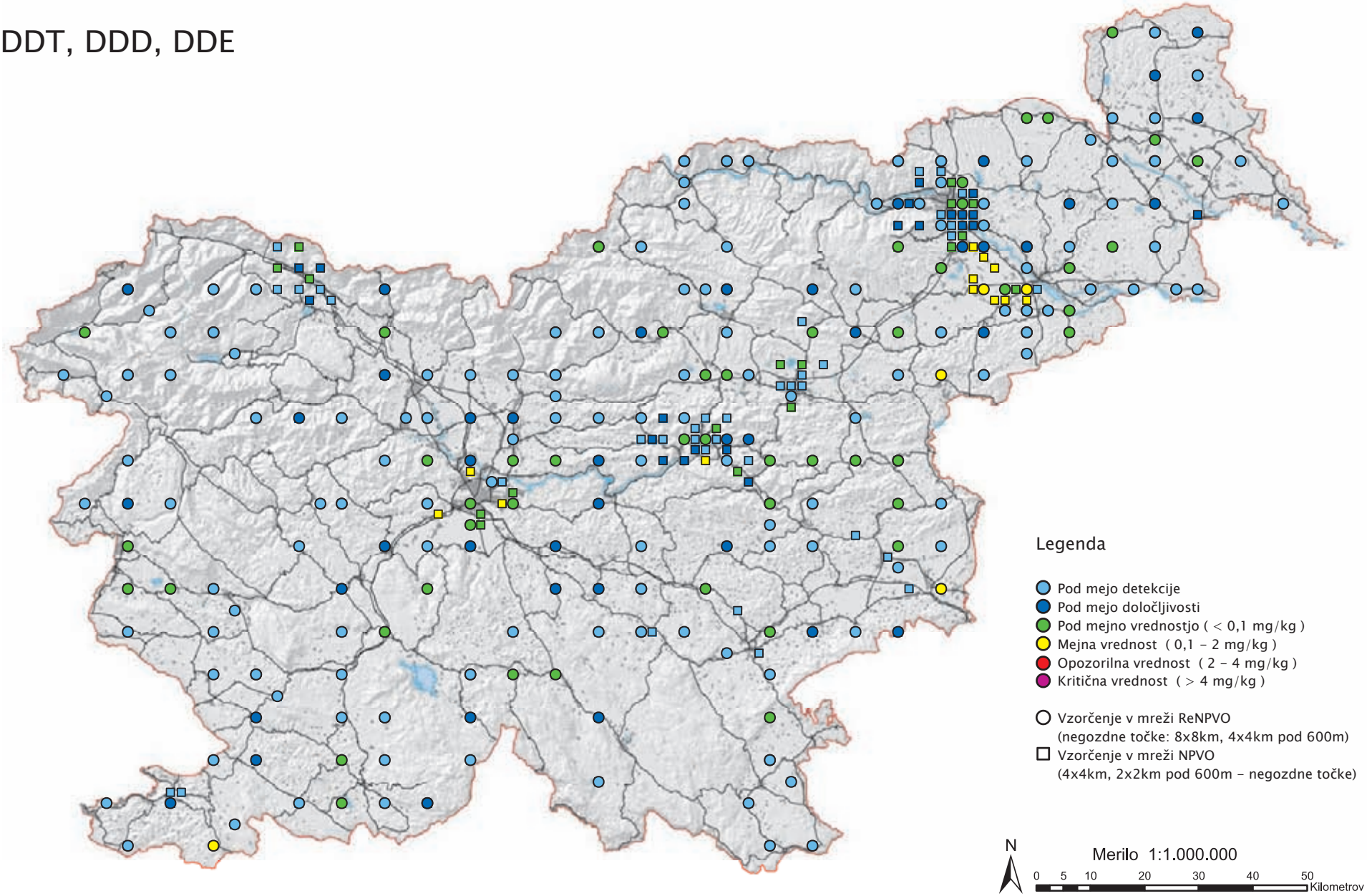
Slika 56: Seštevek koncentracij spojin aldrin, dieldrin in endrin (vsota drinov) v zgornjem sloju talnih vzorcev iz obdobja od 1989 do 2007.

HCH spojine



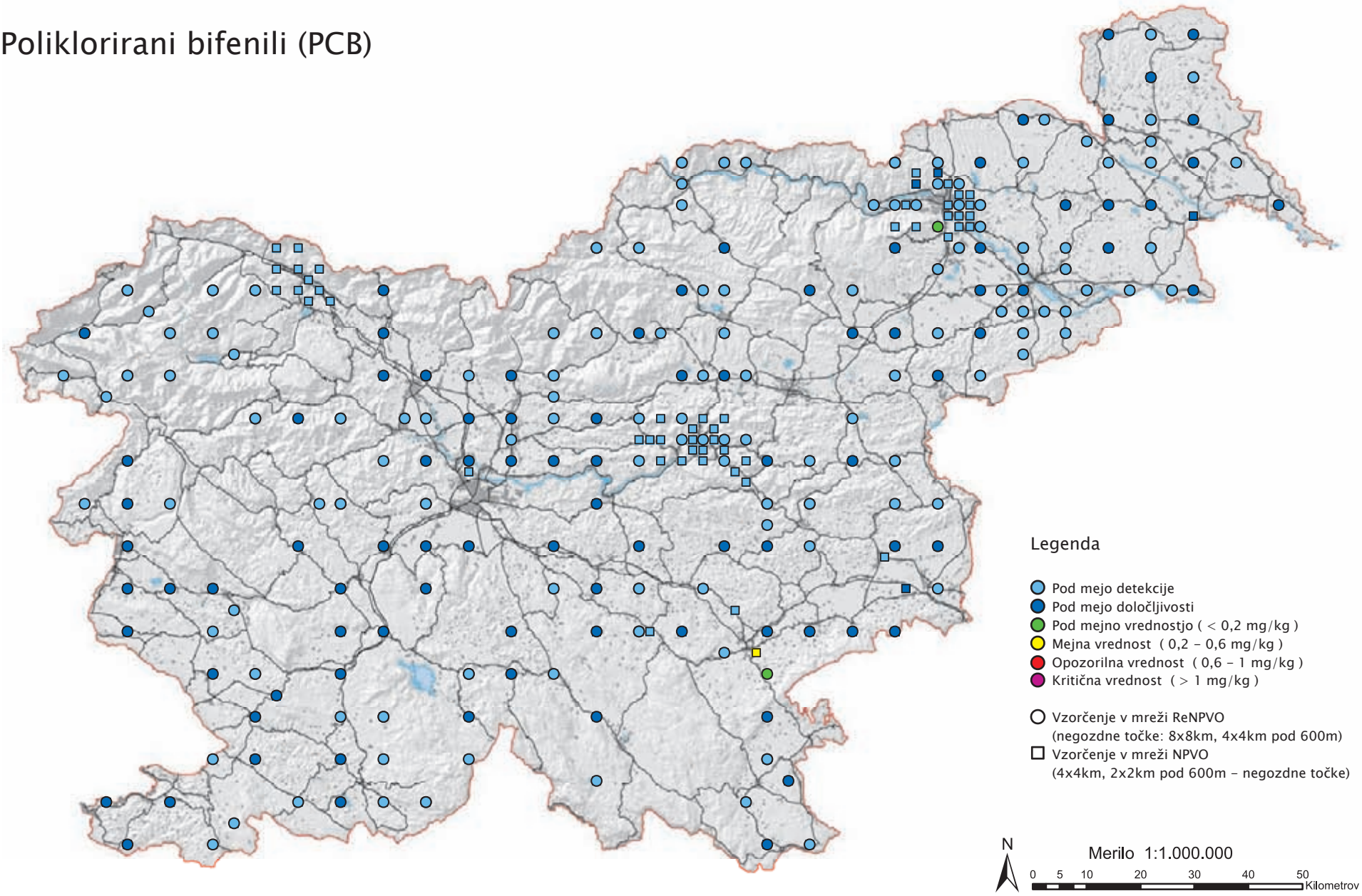
Slika 57: Seštevek koncentracij (mg/kg suhih tal) insekticidov na osnovi kloriranih ogljikovodikov (HCH spojine) v zgornjem sloju tal, vzorčenih v obdobju od 1989 do 2007.

DDT, DDD, DDE



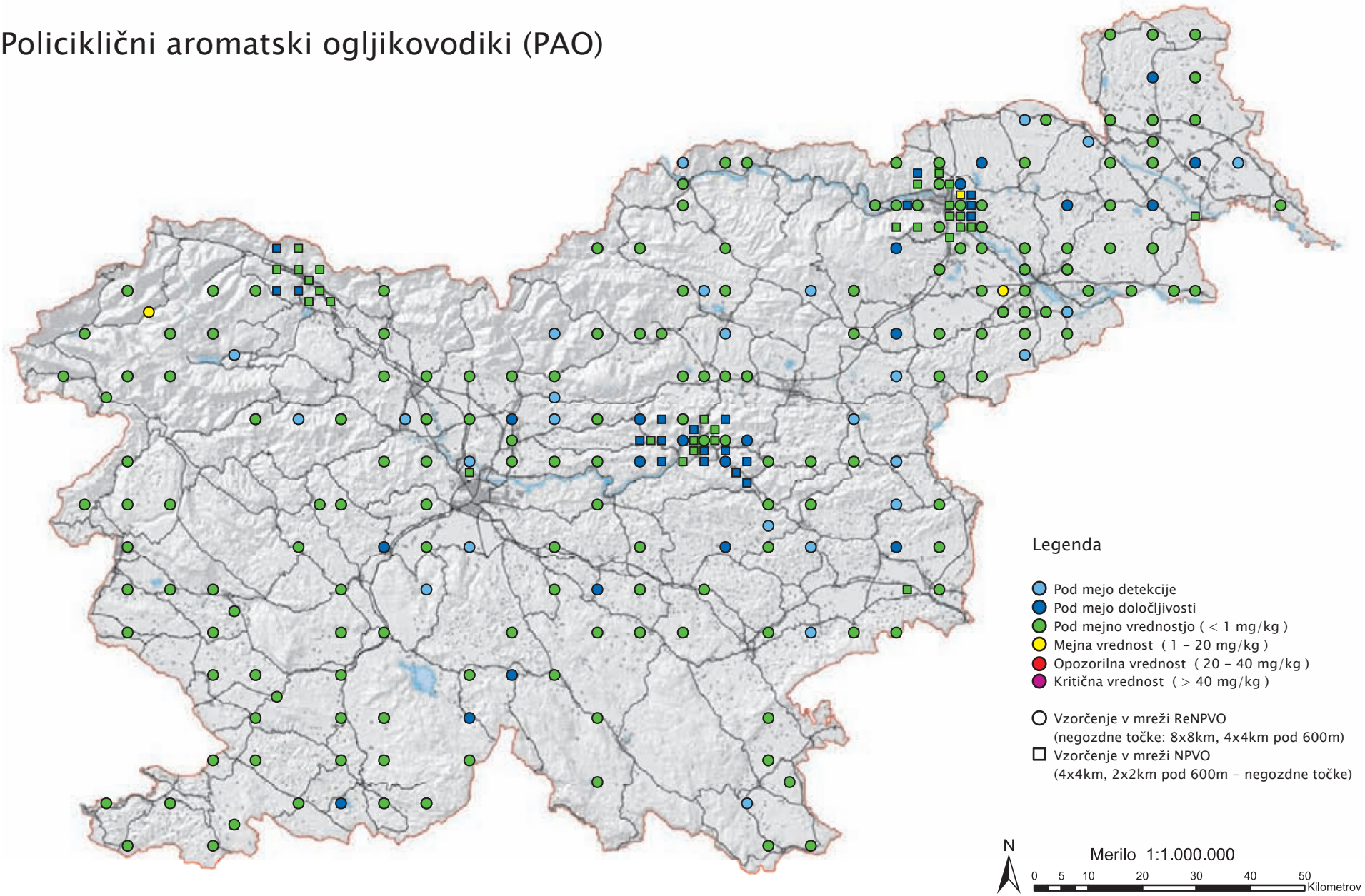
Slika 58: Seštevek koncentracij (mg/kg suhih tal) insekticidov na osnovi DDT (DDT, DDD, DDE) v zgornjem sloju tal, vzorčenih v obdobju od 1989do 2007.

Poliklorirani bifenili (PCB)



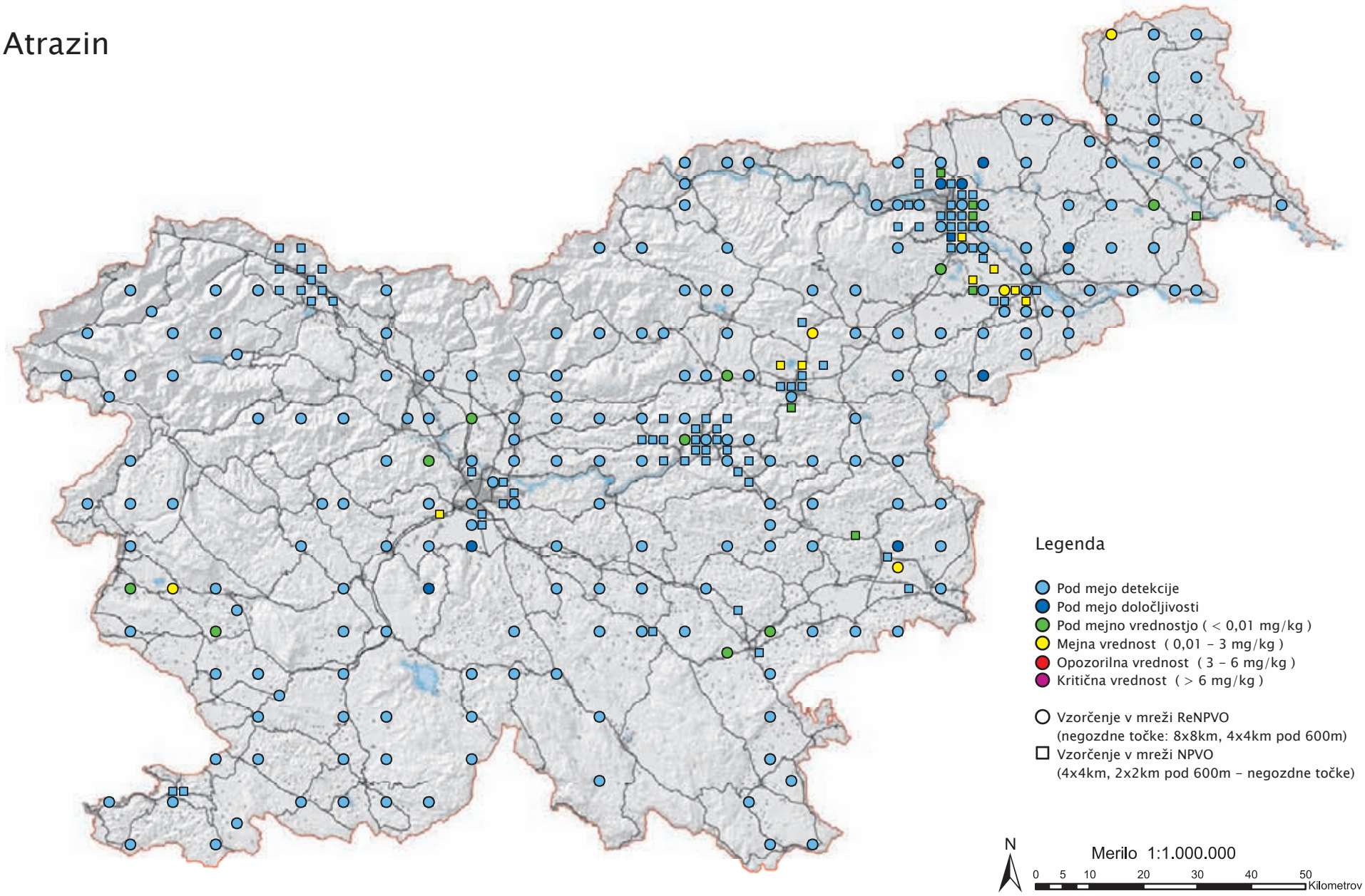
Slika 59: Seštevek koncentracij (mg/kg suhih tal) spojin iz skupine poliklorirani bifenili (PCB) v zgornjem sloju tal, vzorčenih v obdobju od 1989 do 2007.

Policiklični aromatski ogljikovodiki (PAO)



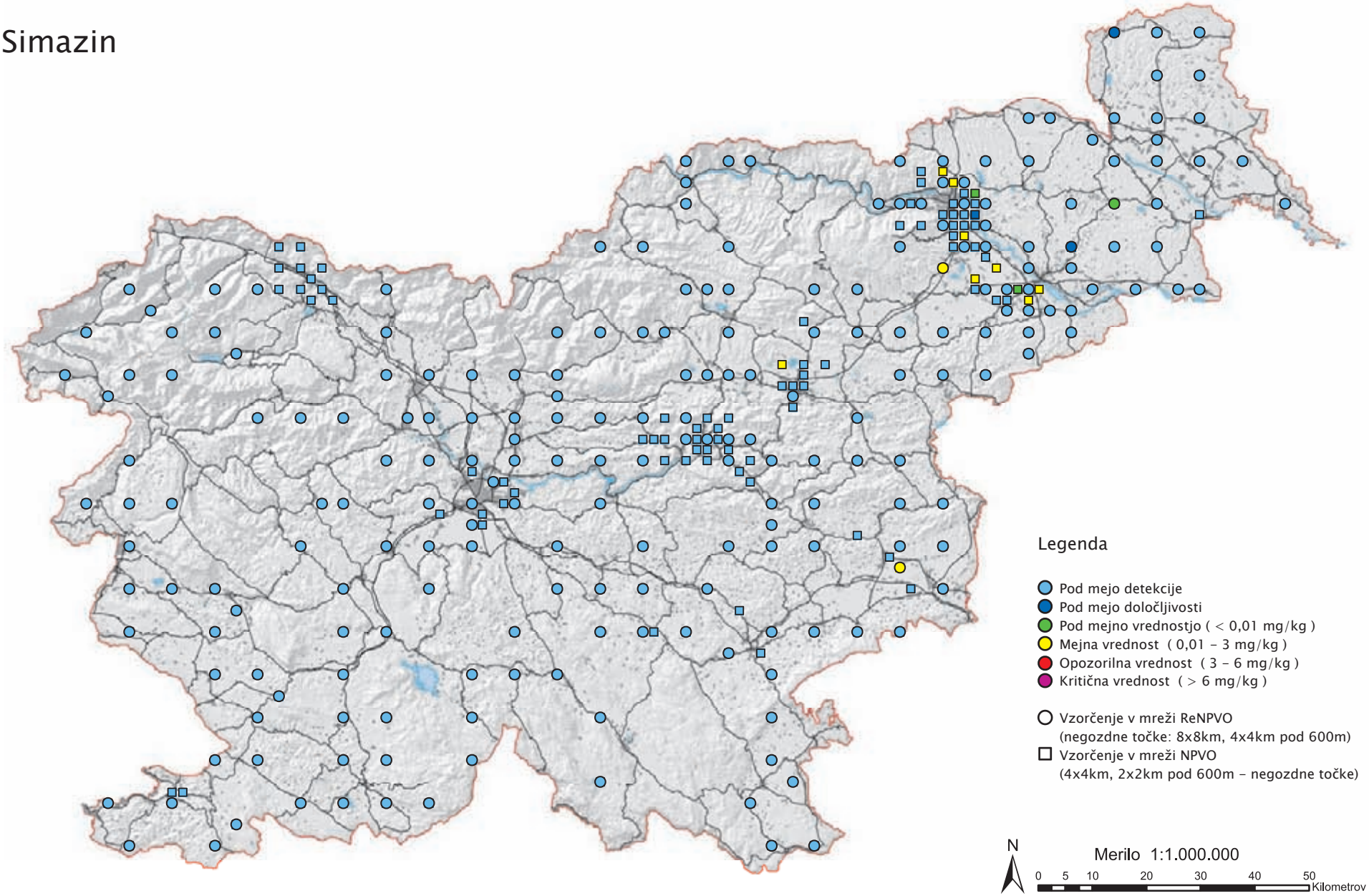
Slika 60: Seštevek koncentracij (mg/kg suhih tal) desetih spojin iz skupine policiklični aromatski ogljikovodiki (PAO) v zgornjem sloju tal, vzorčenih v obdobju od 1989 do 2007.

Atrazin



Slika 61: Vsebnost atrazina (mg/kg suhih tal) v zgornjem sloju tal, vzorčenih v obdobju od 1989 do 2007.

Simazin



Slika 62: Vsebnost simazina (mg/kg suhih tal) v zgornjem sloju tal, vzorčenih v obdobju od 1989 do 2007.

UPORABLJENA IN PRIPOROČENA LITERATURA

Adriano D. C. 1986. Trace elements in the terrestrial environment. New York, Berlin, Heidelberg, Tokyo, Springer-Verlag: 533 str.

Adriano D. C. 2001. Trace elements in terrestrial environments – Biogeochemistry, bioavailability and risks of metals New York, Berlin, Heidelberg, Tokyo, Springer-Verlag: 867 str.

Alloway B. J. 1990. Heavy Metals in Soils.- Blackie, John Wiley & Sons, Inc, London and Glasgow, New York, 339 str.

Archer F. C., Hodgson I. H. 1987. Total and extractable trace element content of soils in England and Wales. Journal of Soil Science, 38: 421-431 str.

Barcelo J., Poschenrieder C. 1990. Plant water relations as affected by heavy metal stress: a review. Journal of Plant Nutrition, 13, 1: 1–37 str.

Bergmann W. 1992. Nutritional Disorders of Plants.- Gustav Fischer Verlag, Jena, 13 – 30 str.

Blum W. E. H., Danneberg O. H., Glatzel G., Grall H., Kilian W., Mutsch F., Stohr D. 1986. Waldbodenuntersuchung.- Oesterreichische bodenkundliche Gesellschaft

Bodenschutzprogramm 1991. Bayer, Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen.

Campbell P. G. C., Stokes P. M., Galloway J. N. 1983. The effect of atmospheric deposition on the geochemical cycling and biological availability of metals. V: Heavy Metals in the Environment. Heidelberg International Conference, CEP Consultants, Edinburgh, Vol. 2: 760–763 str.

Davies B. E. 1990: Lead. V: Heavy Metals in Soils. Alloway B. J. (ed.). Glasgow and London, Blackie: 175–196 str.

Delmelle P., Delfosse T., Delvaux B. 2003. Sulfate, chloride and fluoride retention in Andosols exposed to volcanic acid emissions. Environmental Pollution, 126: 445-457 str.

Evans L. J. 1989. Chemistry of metal retention by soils. Environmental Science and Technology, 23: 1046–1056 str.

Fuge R., Andrews M. J. 1988. Fluorine in the UK environment. Environ. Geochem. Health, 10, (3/4): 96-104 str.

Geeson N. A., Abrahams P. W., Murphy M. P., Thornton I. 1998. Fluorine and metal enrichment of soils and pasture herbage in the old mining areas of Derbyshire, UK. Agriculture Ecosystems & Environment, 68: 217-231 str.

Grčman H., Hudnik V., Lobnik F., Mihelič R., Prus T., Vrščaj B., Zupan M. 2004. Tla. V: Zych B. (ur.), Mihelač Š. (ur.), Bat M., Lovrenčak F., Kunaver J., Ogrin D. Narava Slovenije. Ljubljana: Mladinska knjiga, 147-165 str.

Hrustel-Majcen, M., Zupan, M., Lobnik, F.. Boden- und Pflanzenverunreinigungen in kontaminierten Gebieten im Bezirk Celje. V: Boden- Dauerbeobachtung und Datenerfassung im Bodenschutz : Kurzfassungen der Referate anläßlich der Expertentagung der gemeinsamen Arbeitsgruppe Bodenschutz am 18. und 19. Oktober 1990 in Ljubljana/Slowenien, (Arge Alp, 1991). 1991: Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen, str. 97-99.

Kabata Pendias A., Pendias H. 1984. Trace Elements in Soils and Plants.- CRC Press, Inc., Boca Ration, 315 str.

Lobnik F., Hrustel M., Zupan M., Vrščaj B., Rupreht J., Šporar M., Hodnik A., Trobiš-Lednik M., Vidic N., Pus T., Virant D., Kočevar H., Hudnik V., Vučko H., Bizjak M., Grgič I., Medved M., Lapajne S., Brumen S., Žerjal E., Vončina E., Štajnbaher D., Štancer A. 1989. Tematska karta onesnaženosti zemljišč Celjske občine. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, VTOZD za agronomijo, Katedra za pedologijo, prehrano rastlin in ekologijo: 159 str.

Lobnik, F., Hudnik, V., Zupan, M., Hrustel-Majcen, M., Hodnik, A., Vrščaj, B. Übersichtskarte der Bodenverunreinigung in der Gemeinde Celje. V: Bodenkataster - Bodeninformationssysteme : Initiativen zum Bodenschutz : Kurzfassungen der Referate anläßlich der Expertentagung der gemeinsamen Arbeitsgruppe Bodenschutz am 16. un 17. November 1989 in Rotholz/Tirol, (Arge Alp, 1990). 1990: Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen, str. 78-124, ilustr

Lobnik, F., Turk, I., Zupan, M., Vrščaj, B., Hudnik, V. Soil pollution monitoring in Slovenia. V: International Symposium on Environmental Contamination in Central and Eastern Europe, October 12 -16, 1992, Budapest, Hungary. "A Forum for Technology Transfer" : Symposium proceedings. Budapest: Florida State university: Technical University of Budapest, [1992], str. 532-535.

Lobnik, F., Zupan, M., Hudnik, V., Vidic, N. J. A soil and plant pollution case study in an industrial area in Slo-

venia. V: ADRIANO, Domy C. (ur.). Biogeochemistry of trace elements, (Environmental Geochemistry and Health, Vol. 16, spec. iss.). Nortwood: Science and Technology Letters, cop. 1994, 1994, vol. 16, str. 287-299,

Lobnik, F., Pintar, M., Suhadolc, M., Zupan, M., Hodnik, A. Monitoring der Boden- und Grundwasserbelastung auf intensiv genutzen Landwirtschaftsflächen. V: Bewertung von Stoffbelastungen der Böden am Beispiel von Schwermetallen : Kurzfassungen der Referate anläßlich der Expertentagung der gemeinsamen Arbeitsgruppe Bodenschutz am 10. und 11. 11.1994 in Bozen-Südtirol, (Arge Alp, 1995). [S.l.]: Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen, 1995, str. 1-15 (loč. pag), ilustr.

Lobnik F., Zupan M., Hudnik V. 2002. Strokovne podlage za pravilnik o imisijskem monitoringu tal. Strokovna naloga za MOPE (2511 – 02 – 200046), Biotehniška fakulteta, Ljubljana, 15 str.

Lobnik, F., Vrščaj, B., Prus, T. Soil Information and Soil Data use in Slovenia. V: Land Degradation in Central and Eastern Europe R.J.A. Jones and L. Montanarella (eds.). European Soil Bureau Research Report No.10, EUR 20688 EN, (2003), 324 pp. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg

Loganathan P., Hedley M. J., Wallace G. C., Roberts A. H. C. 2001. Fluoride accumulation in pasture forages and soils following long-term applications of phosphorus fertilisers. Environmental pollution, 115: 275-282 str.

Martin M. H., Coughtrey P. J., Ward P. 1979. Historical aspects of heavy metal pollution in the Gordano Valey. Proceedings of the Bristol Natural History Society, 37: 91–97 str.

Nacionalni program varstva okolja (Program ukrepov na področju varstva tal), Ur. L. RS, 83/99)

Pacyna J. M. 1986. Atmospheric trace elements from natural and anthropogenic sources. V: Toxic metals in the atmosphere. Nriagu J. O. in Davidson C. I.(eds.). New York, Wiley: 33–52 str.

Pacyna J. M., Semb A., Hanssen J. E. 1984. Emmission and long-range transport of trace elements in Europe. Tellus (Series B), 36B (3): 163–178 str.

Pirc S., Šajn R. 1997. Vloga geokemije v ugotavljanju kemične obremenitve okolja.-Kemizacija okolja in življenja – Do katere mere?, Zbornik projekta Evropskega leta varstva narave 1995 – urednik Lah A., Slovensko ekološko gibanje, 165-186 str.

Resolucija o nacionalnem programu varstva okolja 2005 - 2012 , Ur. L. RS, 2/06)

Ross M. S. 1994. Toxic Metals in Soil-Plant Systems. Chichester, New York, Brisbane, Toronto, Singapore, John Wiley & Sons: 467 str.

Sauerbeck D. 1982. Which heavy metal concentrations in plants should not be exceeded in order to avoid detrimental effects on their growth.-Landw. Forsch. Sonderh. 39, 108-129 str.

Soil survey laboratory method manual. 1992. Soil survey Investigations Report No 42 (Version 2), US Department of agriculture, Soil conservation service, National Soil survey center, 400 str.

Uredba o ugotavljanju onesnaženosti kmetijskih zemljišč in gozda, Ur. L. RS, 6/90

Van Camp L., Bujarrabal B., Gentile A.R., Jones R.J.A., Montanarella L., Olazabal C., Selvaradjou S.K. 2004. Reports of the Technical Working Groups Established under the Thematic Strategy for Soil Protection. EUR 21319 EN/5, Official Publications of the EC, Luxemburg. 872 str.

Zakon o varstvu okolja: Uradni list RS 32/93 (ni več veljaven), Uradni list RS 41/04, Uradni list RS 39/06.

Zupan M., Vrščaj B., Tič I., Hodnik A., Lobnik F., Hudnik V., Prus T., Rupreht J., Šporar M., Knapič M., Lapajne S., Kugonič N. 2000. Raziskave onesnaženosti tal s predlogom programa ukrepov nujnih sanacij: Koncept izvajanja monitoringa onesnaženosti tal RS in Poročilo za leto 1999. Ljubljana: Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Center za pedologijo in varstvo okolja.

Zupan, M. Slovenia : [Contaminated land in Central and Eastern Europe (CEE) : presentation of the situation in various CEE - countries]. V: Report of the Copenhagen Meeting : Ad Hoc International Working Group on Contaminated Land : June 14 and 15, 1999. 2000; Bern: BUWAL, str. 87-88

Zupan, M., Turk, I., Lobnik, F. General action plan for contaminated soils according to limit, warning and critical concentration value of Slovenian legislation. V: Sixth International Conference on the Biogeochemistry of Trace Elements, Guelph, Canada, July 29 - August 2, 2001(a). ICOBTE 2001 : Plenary abstracts. Guelph: University of Guelph, 2001, str. 522.

Zupan, M., Turk, I., Lobnik, F. Soil pollution assessment in Slovenia. V: Assessment of the quality of contaminated soils and sites in Central and Eastern European Countries (CEEC) and new independent states (NIS) : International conference on contaminated soils and sites, Sofia, Bulgaria, 30 September - 3 October 2001 : abstracts. 2001(b); Sofia: Foundation “Institute for Sustainable Development”, str. 21-22.

Zupan, M., Vrčaj, B., Hudnik, V., Lobnik, F. Soil pollution monitoring as a comprehensive system. V: 17th World Congress of Soil Science, 14-21 August 2002, Bangkok, Thailand. Soil Science: Confronting New Realities in the 21st Century : Transactions. [Thailand: International society of soil science, 2002], symp. no. 44, str. 1410/1-1410/8.

Zupan M., Grčman H., Hodnik A., Lobnik F., Kralj T., Rupreht J., Lapajne S., Istenič B. 2006. Raziskave onesnaženosti tal Slovenije : poročilo za leto 2005. Ljubljana: Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Center za pedologijo in varstvo okolja. 98.str.

Publikacijo izdala in založila:
Agencija RS za okolje
Vojkova 1b, 1000 Ljubljana

s sofinanciranjem:
Sveta za varstvo okolja Republike Slovenije
Slovenska 56, 1000 Ljubljana

Izvajalec projekta:
Univerza v Ljubljani
Biotehniška fakulteta
Oddelek za agronomijo
Center za pedologijo in varstvo okolja
Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana

Avtorji:
mag. Marko Zupan, dr. Helena Grčman in dr. Franc Lobnik

Fotografije:
Tomaž Kralj, Marko Zupan (14, 18–21, 24, 25), Darja Kocjan Ačko (6)

Izdelava kart in grafikonov:
Irena Tič in Marjan Šinkovec

Recenzenti:
dr. Vida Hudnik, dddr. Jože Maček in Petra Krsnik, univ.dipl.geogr.

Lektoriranje:
dddr. Jože Maček

Oblikovanje:
Samo Grčman

Tisk:
Present, d.o.o.

Naklada:
2000 izvodov

Ljubljana, 2008

Zahvaljujemo se vsem, ki so v letih od 1999 do 2007 sodelovali pri vzorčenju, kemijskih in fizikalnih analizah tal ter obdelavi podatkov projekta ROTS.

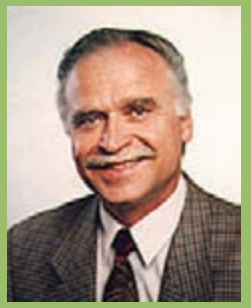
mag. Marko Zupan

Višji predavatelj na Oddelku za agronomijo Biotehniške fakultete in sodelavec Centra za pedologijo in varstvo okolja. Že vrsto let vodi projekt Raziskave onesnaženosti tal Slovenije. Sodeloval je tudi v pripravi Nacionalnega programa varstva okolja in postavitvi strategije raziskav onesnaženosti tal Slovenije.

dr. Helena Grčman

Docentka za pedologijo na Oddelku za agronomijo Biotehniške fakultete in sodelavka Centra za pedologijo in varstvo okolja. Raziskovalno se ukvarja s tlemi in potencialno nevarnimi snovmi v njih. V projektu ROTS sodeluje z vrednotenjem podatkov in strokovnim komentarjem rezultatov.

dr. Franc Lobnik



Profesor za pedologijo ter rabo in varstvo tal na Biotehniški fakulteti Univerze v Ljubljani. Predstojnik Centra za pedologijo in varstvo okolja, predsednik Sveta za varstvo okolja Republike Slovenije, član komiteja za znanost EEA (European Environment Agency), član izvršnega odbora EEAC (European Environment and Sustainable Development Advisory Councils), član ESBN (Euro Soil Bureau Network).

AGENCIJA REPUBLIKE SLOVENIJE ZA OKOLJE

http://www.arso.gov.si/

SVET ZA VARSTVO OKOLJA REPUBLIKE SLOVENIJE

http://www.svo-rs.si/

Univerza *v Ljubljani*

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA

http://www.uni-lj.si/

CENTER ZA PEDOLOGIJO IN VARSTVO OKOLJA

http://soil.bf.uni-lj.si

9 789616 324427