

Remediacija poplavljenih tal in ravnanje z muljem na kmetijskih zemljiščih in vrtovih

Usmeritve in dobre prakse

Ukrepi za remediacijo in sanacijo poplavljenih tal v letu 2023

dr. Borut Vrščaj, dr. Aleš Kolmanič, dr. Blaž Germšek
s sodelavci

Ljubljana, 2023

Vsebina

1	Uvod	5
1.1	Degradacije tal ob poplavah	5
1.2	Kaj zajemajo naplavine	5
2	Biotsko, kemično in fizikalno zdravje tal	6
3	Sanacijski ukrepi na poplavljenih (kmetijskih) tleh	7
3.1	Splošne usmeritve sanacije tal kmetijskih zemljišč (KZ)	7
3.2	Pregled in osnovno čiščenje KZ	7
4	Ukrepi na neonesnaženih tleh.....	9
4.1	Osnovna sanacija površine tal KZ za katere utemeljeno sklepamo, da niso onesnažena	9
4.1.1	Peščene naplavine oz. naplavine z drobnim prodrom.....	9
4.1.2	Meljaste in ilovnate ter organske naplavine (t.i. mulj).....	9
4.2	Posevki in priprava KZ na novo rastno sezono	10
4.2.1	Njivska zemljišča.....	10
4.2.2	Travinje in travnate površine.....	11
5	Ukrepi na predvidoma onesnaženih kmetijskih tleh.....	13
5.1	Vrste in presoja trajnosti onesnaženja tal.....	13
5.1.1	Onesnaženost tal s težkimi kovinami (TK)	13
5.1.2	Onesnaženost tal z mineralnimi olji in naftnimi derivati.....	14
5.1.3	Onesnaženost tal z obstojnimi organskimi onesnaževali	14
6	Ukrepi na zelenjavnih vrtovih.....	15
6.1	Splošna usmeritev sanacije tal na vrtovih	15
6.2	Sanacije tal na vrtovih in priprav za naslednjo rastno sezono	15
6.3	Kdaj analizirati tla vrtov na vsebnost onesnaževal.....	15
6.3.1	Izbor analiz z določitev onesnaženosti tal.	16
	Viri	17

1 Uvod

Kmetijska zemljišča so bila prizadeta s poplavnimi vodami.

Degradacija tal zaradi poplav ima lahko znatne gospodarske in okoljske posledice, če poplavljeni polji ostanejo manj ali celo nerodovitna. Pri predvidevanju kmetijske pridelave v tej in predvsem naslednji rastni sezoni je treba upoštevati škodo na tleh.

Tla v poplavah avgusta 2023 sicer niso bila poplavljena za daljše časovno obdobje, da bi nastale pomembne posledice velikega obsega. Poškodbe in degradacije tal pa se bodo odrazile v naslednjih rastnih sezonah v kolikor poplavljenih in prizadetih tal ne bomo ustrezno sanirali.

1.1 Degradacije tal ob poplavah

Tla kmetijskih in drugih zemljišč so degradirana s poplavnimi vodami. Predvsem se pojavlja :

- (mestoma močno) povečana površinska kamnitost tal zaradi nanosov grobega kamenja in proda;
- nanosi blata in muljev;
- erozija površinskih slojev tal ; zmanjšanje globine tla in s tem povečanje skeletnosti nove površine tal;
- mestoma popolna erozija tal in zmanjšanje površine zemljišč (pojav novih strug; spremembe bregov vodotokov);
- odnašanje/erozija rastlinskih hranil;
- odlaganje in vnos različnih vrst onesnaževal, trajnih in manj trajnih;
- odlaganje zelo različnih smeti, snovi in predmetov.

Večina sprememb stanja kmetijskih tal po poplavah je negativnih, mestoma pa so spremembe tudi pozitivne.

Negativne posledice – degradacijam, ki se odražajo v trajno ali začasno zmanjšani rodovitnosti tal :

- zmanjšanje rastlinskih hranil v tleh;
- erozija / zmanjšanje vsebnosti talne organske snovi;
- zmanjšanje kapacitete tal za zadrževanje vode;
- trajno onesnaženje tal s težkimi kovinami;
- začasna onesnaženje tal z dolgo in srednje obstojnimi organskimi onesnaževali različnih vrst;
- kratkotrajna onesnaženost tal zaradi nanosa fekalij.

Možne, a redke in pogojno pozitivne posledice poplav so predvsem izboljšana rodovitnost zaradi nanosov neoporečnih mineralnih in organskih blata na prej plitvih in skeletnih tleh. Neonesnaženi mulji in blata prispevajo k povečani globini tal, večji vsebnosti talne organske snovi, pa tudi večji vsebnosti hranil.

1.2 Kaj zajemajo naplavine

Naplavine so pestra mešanica naravnih in umetnih snovi ter (ostankov) predmetov. Najpogosteje gre za:

- različen les, drevje, grmovje in vejevje,
- predmete iz kleti, garaž, hlevov, skladišč, delavnic in obratov, itd.;

- ostanke embalaž (papirna, kovinska, plastična itd.);
- gradbene materiale in dele infrastrukture;
- tekočine različne sestave, barve, olja, masti, čistila v embalaži ali najpogosteje razlita in pomešana v blatu oz. mulju;
- predvsem pa mineralne in mineralno-organske naplavine različne zrnivosti (kamenje, prod, peski, mulji in blata drobnih delcev).

Sestava naplavin je pogosto nepredvidljiva in odvisna od poselitve, vrste in rabe tal gorvodno.

Grobozrnate naplavine naravnega izvora (prod, večje in manjše kamenje in drobnejši pesek) ne predstavljajo tveganja za onesnaževanje tal. Gre le za material, ki ga je treba zbrati in odstraniti z zemljišč.

Za oceno možnega onesnaženja tal in potrebnih ukrepov za čiščenje sanacijo tal in (kmetijskih) zemljišč, pa je pomembna predvsem sestava drobnozrnatih naplavin. To so mineralna blata, organo-mineralni mulji, t.j. zemlja/blato pomešana z organsko snovjo različnega izvora (humus iz erodiranih tal, hlevski gnoj, vsebine greznic, gnojišč, krme, silaž, delcev rastlin, kmetijskih pridelkov, žagovin, itd.). Vode te snovi premešajo z mineralnimi delci tal in odložijo kot blata/mulj bolj ali manj bogata z organsko snovjo.

2 Biotsko, kemično in fizikalno zdravje tal

Poplave v Sloveniji so kratkotrajne. Kljub temu je smiselno omeniti učinke poplav na kmetijska tla. Dlje časa poplavljen tla lahko doživijo tako imenovani "popoplavni sindrom", podoben sindromu prahe. Poplavljen tla so lahko prizadeta zaradi zmanjšanja prisotnosti gliv, ki lahko tvorijo arbuskularne mikorize (AM), kar se odraža v naslednji rastni sezoni.

Glive z AM kolonizirajo koreninske sisteme pridelkov v vzajemno koristnem (simbiotskem) odnosu. Glivam koristijo korenine gostiteljske rastline, posevku pa koristi povečano območje vnosa hranil, ki ga razvijejo hife gliv (niti, ki sestavljajo micelij gliv). Neposejana, poplavljen polja bodo lahko prizadeta naslednjo sezono zaradi prizadetosti koreninskega sistema, ki je bistvenega pomena za vzdrževanje mikrobne skupnosti, ki prispeva h kroženju hranil.

Poleg biotskih sprememb, ki jih povzročajo poplave in prizadetosti aktivnega koreninskega sistema, obstajajo še druge kemične in fizikalne spremembe, do katerih lahko pride ob poplavljanju tal. Večino kemijskih sprememb bodo povzročile začasne spremembe pogojev oksidacije in redukcije. Vendar pa so fizikalno-kemijsko-biotske spremembe v tleh, kot so spremembe populacij talne biote, struktura tal in stabilnost strukturnih agregatov, kislost itd., lahko pomembne. K revitalizaciji in povratku v običajno rodovitnost tal prispevajo posevki – rastoče rastline.

Najpomembnejše spremembe in z njimi povezana tveganja za kakovost kmetijskih tal pa so možnosti onesnaženja tal. Pri poplavah je treba predvideti izrazito veliko pestrost v količinah in koncentracijah onesnaževal, ki jih je voda odložila z mulji in drugimi naplavinami.

Primarni cilj sanacije kmetijskih zemljišč po poplavah je ohranjanje kmetijskih zemljišč, povratek rodovitnosti tal ter vzpostavitev kmetijske pridelave.

Ustrezno biotsko, kemično in fizikalno stanje oz. zdravje kmetijskih tal po poplavah v prvem koraku predstavlja odstranjevanje smeti in naplavin, v naslednjem koraku pa sledijo smiselni agrotehnični ukrepi, ki prispevajo k zmanjšanju posledic poplav na tla, tveganja onesnaževanja tal, ki v krajšem času zagotovijo ponovno vzpostavitev pridelave varne hrane.

3 Sanacijski ukrepi na poplavljenih (kmetijskih) tleh

3.1 Splošne usmeritve sanacije tal kmetijskih zemljišč (KZ)

- Priporočljivi so minimalni oz. nujni posegi v tla.
- Izogibamo se premeščanju tal - transportu zemlje/nanosa na daljše razdalje.
- Kjer je možno, za sanacijo KZ uporabimo tla istega zemljišča ali bližnje okolice, če je možno s podobnimi tipi tal.

Ukrepi veljajo le za tla, za katera utemeljeno sklepamo, da nanosi ne vsebujejo snovi z onesnaževali.

3.2 Pregled in osnovno čiščenje KZ

- Opravimo pregled zemljišča in poskusimo ugotoviti znake onesnaženja tal:
 - onesnaženja z mineralnimi olji ugotovimo s pregledom naplavin in muljev: ali so mastni in ali naplavine zaudarjajo po naftnih derivatih;
 - na morebitno onesnaženost tal s težkimi kovinami lahko sklepamo le posredno v kolikor so poplavne vode pritekale iz območij kjer so znana površinska onesnaženja večjega obsega (npr. Mežiška dolina) ali znanih industrijskih, kemijskih, metalurških in drugih proizvodnih kovinskih obratov, delavnic in servisov gorvodno;
 - na morebitno onesnaženost z ostanki fitofarmaceutskih sredstev (FFS) oz. njihovimi aktivnimi snovmi lahko sklepamo po ostankih embalaže FFS;
 - na onesnaženost s fekalijami sklepamo po karakterističnem vonju, lahko pa tudi po vidnih ostankih.
- Opravimo osnovno čiščenje KZ:
 - pobremo, pograbimo, zberemo, odstranimo in na deponijo poplavnih odpadkov odložimo vse smeti, predmete in ostanke, ki jih je voda odložila na zemljišču;
 - kmetijsko zemljišče očistimo vseh tujkov in naplavin. Te odstranimo in ne zadelujemo v tla;
 - odstranimo vse kamenje in prod debelejši od 10 cm, po možnosti tudi drobnejšega. Odstranjeno kamenje uporabimo za izravnavo globljih erodiranih predelov zemljišča, jarkov ali drugih vdolbin.

4 Ukrepi na neonesnaženih tleh

Ukrepi na neonesnaženih tleh so običajno usmerjeni v ohranjanje in izboljšanje rodovitnosti tal, ter zagotavljanje optimalnih pogojev za nadaljnjo kmetijsko pridelavo.

Predvidoma neonesnažena tla so vsa tla, na katerih:

- ne ugotovimo, ali ne zaznamo sledov onesnaženja, ali
- praktično ni možnosti, da bi prišlo do onesnaženja tal, ker v porečju gorvodno, ni možnih virov onesnaževal kot so industrijski objekti, skladišča, obrati, delavnice z nevarnimi snovmi itd.)

4.1 Osnovna sanacija površine tal KZ za katere utemeljeno sklepamo, da niso onesnažena

Kako saniramo poplavljen, KZ, naplavljen ali erodiran tla KZ, je odvisno od intenzivnosti erozije (globine in površine erodiranih tal), ter od debeline nanosa, vrste in teksture/zrnavosti naplavine (prodnato, peščeno, meljasto ilovnate ali fin organski mulj).

4.1.1 Peščene naplavine oz. naplavine z drobnim prodom

Osnovna sanacija površine tal, se lahko izvede s preprostimi ukrepi za ohranjanje in izboljšanje rodovitnosti tal.

- Zelo plitvih in prodnatih njivskih tal (npr. 20–30 cm) ne obdelujemo s plugi ampak uporabimo orodja za plitvo obdelavo tal (npr. krožne brane); na travnikih in pašnikih naplavine samo razgrnemo, odstranimo grobo kamenje in površino izravnamo.
- Na srednje globokih (30–50 cm) in globljih njivskih tleh (> 50 cm) peščene in peščeno meljaste naplavine debeline med 5 in 10 cm zadelamo in premešamo v tla z običajnim oranjem / obdelavo tal.
- V primeru, da je debelina naplavin na srednje globokih in globljih tleh 15 in več cm je treba tla globlje preorati, če je možno na globino dvojne debeline naplavine. Torej, v primeru 15 cm debelega nasutja preorati in zaorati na globino 30 cm.
- V kolikor so naplavine debelejšje 20 cm in več, je priporočljivo, da jih razgrnemo in izravnamo na večjo površino in globlje zaorjemo.
- Izrazito peščene in drobno prodnate naplavine debelejšje kot 50 cm je treba uporabiti za izravnavo globlje erodiranih predelov istega zemljišča ali sosednjih zemljišč.
- Na predelih zemljišč, kjer so tla močno erodirana v globino (t.j. je odneslo 20 – 30 cm in več rodovitne zemlje ali ogolilo tla do matične podlage/proda), saniramo tla v dveh korakih. V prvem koraku grobe naplavine (npr. droben prod in pesek) razgrnemo v erozijske jarke. V drugem koraku preko grobe frakcije razgrnemo mulj oz. peščeno meljaste naplavine ali pa zgornje, rodovitne sloje tal iz bližnje okolice v debelini 20 do 30 cm. Ob tem izravnamo površino tal. Pri tem bo verjetno potrebno uporabiti težjo mehanizacijo.
- Vedno je treba izravnati površino zemljišča in odstraniti dodatno kamenje, ki se pojavi na površini v fazah sanacije.

4.1.2 Meljaste in ilovnate ter organske naplavine (t.i. mulj)

- Na njivah:
 - naplavine mulja debeline do 10 cm debele zadelamo v tla z običajnim oranjem oz. običajno obdelavo tal.

- v primeru, da je debelina naplavin > 15 cm, tla globoko preorjemo, če je možno na globino dvojne debeline mulja.
- naplavine mulja debelejšje od 20 cm najprej razgrnemo, izravnamo in nato globoko zaorjemo.
- Na travnikih, visokodebelnih sadovnjakih in drugih zatavljenih KZ:
 - prebranamo in odstranimo še preostale smeti, tujke in morebitno večje kamenje (> 5 – 10 cm);
 - naplavine mulja po možnosti enakomerno razgrnemo do maksimalne globine mulja cca 10 cm .
 - večje količine neonesnaženega mulja odstranimo in uporabimo za izravnavo jarkov in depresij.

4.2 Posevki in priprava KZ na novo rastno sezono

Ob poplavah se spremeni tudi mikrobiologija tal, kar se kaže v zmanjšani rodovitnosti oz. poslabšanju zdravju tal. Razlog za to je izguba koristnih gliv, ki z rastlinami tvorijo mikorize in preko tega mehanizma mobilizirajo hranilne snovi v tleh. Kljub temu, da v poplavah avgusta 2023 tla niso bila dlje časa poplavljena, bi veljalo upoštevati raziskave, ki kažejo, da gojenje dosevkov na prej poplavljenih tleh, lahko pospeši ponovno naselitev mikoriznih gliv, vzpostavitev talne biote in s tem delovanje in sanacijo tal. Med drugim hitrejša vzpostavitev mikorize poveča razpoložljivost fosforja, ki je hranilo, na katero zmanjšanje populacije mikoriznih gljiv najbolj vpliva. Fosfor pa je makrohranilo, ki ga glede na dostopne podatke kontrole rodovitnosti tal v Sloveniji praviloma primanjkuje.

Najprimernejši posevki, ki jih lahko posejemo takoj po poplavah, so tisti posevki, ki so prilagojeni načinu obdelave tal po poplavah in potrebujejo manj časa za rast. Tovrstni posevki pomagajo pri hitri obnovi kmetijskih zemljišč, obenem pa preprečujejo tudi nadaljnjo erozijo tal. Neprezimne in prezimne ozelenitve so se v številnih raziskavah izkazale kot pomembne za ohranjanje rodovitnosti tal in spodbujajo mikrobiološko aktivnost tal, preko tega pa tla tudi remediirajo. Pri izbiri rastlinskih vrst je pomembno tudi, da se izberejo vrste, ki so primerne za določen tip tal in, ki zasledujejo cilje posamezne kmetijske dejavnosti.

Ob setvi dosevkov je aktivnost mikrobne populacije v tleh mogoče povečati tudi z njihovo stimulacijo ali z vnosom specifičnih mikroorganizmov v lokalno populacijo. To lahko storimo z ukrepi kot so npr., zračenje tal, dodajanje hranil, spremembo pH vrednosti tal in z urejanjem temperature in vlage tal.

4.2.1 Njivska zemljišča

Njivske površine pregledamo in odstranimo nanošeno vejevje ter drugi material, ki bi lahko oviral nadaljnje ukrepe na zemljiščih. V kolikor nam kolobar dopušča oz., ga lahko prilagodimo priporočamo, da na njivska tla, kjer so bile v letošnjih poplavah nanošene večje količine naplavin zasejemo dosevke. Glede na pozen čas je nabor mogočih rastlinskih vrst, ki jih je še smiselno sejati letos, večinoma omejen na prezimne dosevke:

- trave in travno deteljne mešanice (npr., kombinacija mnogocvetne ljuljke in črne detelje);
- križnice, kot so oljna redkev, krmna ogrščica in oljna ogrščica;
- med neprezimnimi križnicami je še možna setev bele gorjušice, a je v tem času že skrajni rok za njeno setev.

Na njivskih tleh, kjer še rastejo posevki (npr., koruza) in ji bodo sledila ozimna žita, oz. kjer kolobar ne dopušča sprememb in je predvidena setev ozimnih žit, priporočamo, da namesto ozimne pšenice in ozimnega ječmena izberete ozimno rž, ki je bolj prilagojena težjim rastnim razmeram, oz. tlom s slabšo

rodovitnostjo. Tudi tritikala je priporočljiva. V nobenem primeru pa ne svetujemo puščanja golih tal brez rastlinskega pokrova preko zime.

Za povečanje aktivnosti mikroorganizmov lahko v tla vnesemo tudi organski materiali z visokimi koncentracijami hranil in labilnega ogljika, kot sta npr. hlevski gnoj in kompost, deloma tudi gnojevka. Pri njihovi uporabi je potrebna določena previdnost, da ne povzročimo morebitnega onesnaževanja vodnih virov, upoštevati pa je potrebno tudi veljavno zakonodajo s tega področja. Dodatno je pri uporabi organskih in mineralnih gnojil priporočeno upoštevati rezultate analize tal in gnojiti na podlagi izdelanih gnojilnih načrtov.

V naslednjem letu je priporočeno dosevke pustiti rasti čim daljši čas in jih mehansko uničiti in zadelati v tla šele pred setvijo glavnih posevkov.

4.2.2 Travinje in travnate površine

Ukrepi na teh površinah so odvisni od količine in vrste nanosa naplavin. Če je nanosov malo niso potrebni dodatki ukrepi sejanja travinja, ker se bo trava sama obnovila. Smiselno je površine pregledati in odstraniti morebitne naplavine ter travo zmulčiti ali pokositi, da ne gre prevelika v zimo.

Travnate površine na ogolelih ali nasutih predelih poravnamo, in zasejemo s travo ali travno deteljno mešanico. V teh primerih ne čakamo na naravno regeneracijo travinja ampak poskrbimo, da tla že letos ne gredo brez rastlinskega pokrova v zimo.

5 Ukrepi na predvidoma onesnaženih kmetijskih tleh

5.1 Vrste in presoja trajnosti onesnaženja tal

Mulji in mineralna ali mineralno organska blata so lahko (ni pa nujno) onesnažena predvsem z:

- težkimi kovinami;
- organskimi in anorganskimi onesnaževali - snovmi človekovega izvora;
- mikrobiološkimi onesnaženji (fekalije, mikroorganizmi kot so koliformne bakterije).
- fitofarmaceutskimi sredstvi, oz. njihovimi aktivnimi snovmi.

Našteta onesnaženja se razlikujejo predvsem po trajnosti samega onesnaženja – ali ostanejo onesnaževala trajno v tleh ali pa se počasi v mesecih ali nekaj letih v tleh razgradijo.

5.1.1 Onesnaženost tal s težkimi kovinami (TK)

Onesnaženje tal s težkimi kovinami traja desetisočletja in je z vidika človekove civilizacije praktično trajno. Težke kovine zelo težko odstranimo iz tal. Postopki so lahko:

- zelo dolgotrajni (10, 20 in več let) v primeru fitoremediacije. Fitoremediacija je odstranjevanje kovin iz tal s pomočjo rastlin, ki kovine iz tal odzamejo in s tem sčasoma zmanjšujemo koncentracijo kovin v tleh. Rastline, potem ko so prevzele kovine iz tal pospravimo in največkrat energetsko izrabimo v sistemih z učinkovitimi filtri, ki izločijo kovine iz dimnih plinov.
- ali zelo dragi (zamenjava tal) pri čemer se pojavljajo težave kje dobiti dokazano neosnažena tla, potrebna analitika tal, strošek in okoljske posledice prevozov tal;
- ali logistično povzročajo nova onesnaženja (premeščanje tal predstavlja samo premeščanje onesnaženosti). Pri izkopu, prevozu in deponiranju tal prihaja do drugih poškodb tal in negativnih vplivov na okolje.

Pri onesnaženju tal s težkimi kovinami je treba upoštevati, da so nekatere težke kovine [*bor (B)*, *cink (Zn)*, *baker (Cu)*, *mangan (Mn)*, *molibden (Mo)*] tudi mikrohranila – rastline (in seveda živali ter človek) jih nujno potrebujejo za svoj razvoj, a le v majhnih količinah. Pri povečanih količinah v tleh pa te kovine delujejo kot onesnaževala.

Težke kovine so naravno prisotne v tleh v manjših, lahko pa tudi večjih količinah. Geokemiki so na podlagi velikega števila meritev ugotovili, da so v Sloveniji koncentracije Cd, Hg, več kot 2 krat višje, Pb in Mo 1,5 krat višje, As, Cr, Co, Ni, Sb in Zn primerljive, Cu in Ni pa malo nižje kot v državah južne Evrope (Gosar idr., 2019).

Težke kovine prehajajo v telo človeka po štirih poteh:

- Neposredno zaužitje onesnaženih tal (npr. otroci med igro) je najbolj tvegana pot, saj se v kislem okolju želodca težke kovine sprostijo s talnih delcev, preidejo v kri in nato v druge organe.
- S hrano, ki jo pridelamo na onesnaženih tleh. Tveganja in prehod TK iz tal preko rastline v človekovo telo je manjše kot pri neposrednem zaužitju tal, ker:
 - TK niso v celoti dostopne rastlinam (del njih je močno vezano na talne delce in jih rastline ne morejo odvzeti iz tal),
 - imajo rastline različno sposobnost sprejema in odvzema TK iz tal. Nekatere rastline odzamejo TK v večji, druge pa v manjši meri. Hiperakumulatorji pa so rastline, ki lahko

rastejo na tleh z zelo visokimi koncentracijami kovin, absorbirajo te kovine skozi korenine in jih koncentrirajo v svojih tkivih. Hiperakumulatorje uporabimo za fitoremediacijo tal.

- TK se ne koncentrirajo v vseh užitnih delih rastlin enako (načeloma so v listih koncentracije TK večje, v korenih manjše in plodovih najmanjše). Na istih tleh torej lahko napovemo večje vsebnosti TK v listih solate in manjše vsebnosti v plodovih paradižnika.
- Preko vdihavanja onesnaženih talnih delcev (prahu) je glede na izpostavljenost prenos v telo manjši. Odpravljanje prašenja, izpiranje površin z vodo je učinkovit ukrep za zmanjšanje tveganj prehajanja TK iz tal v človeka preko dihal.
- Koža dobro ščiti telo in je prehod TK iz onesnaženih tal v telo majhen. Uporaba rokavic in umivanje rok sta učinkovita ukrepa za zmanjšanje tveganj prehoda TK v telo.

Povzetek:

- Onesnaženost tal s težkimi kovinami presojamo kot trajno onesnaženje.
- Nizke vsebnosti določenih kovin v tleh – presojamo tudi kot potrebne in zaželena mikrohranila.
- Pri presoji onesnaženosti tal in ugotovljenih vsebnosti težkih kovin v tleh in tudi v muljih, je treba upoštevati naravne vsebnosti teh kovin v tleh Slovenije (naravna ozadja).
- Tveganja za človekovo zdravje zaradi onesnaženosti tal je odvisno od izpostavljenosti in poti kovine v človekovo telo.
- Pri oceni tveganj prehoda TK v človeka preko hrane je treba upoštevati specifične sposobnosti rastlin za odvzem TK iz tal in različne akumulacije TK v užitnih delih rastlin.

5.1.2 Onesnaženost tal z mineralnimi olji in naftnimi derivati

Mineralna olja v tleh in naplavinah /muljih zaznamo po vonju in lahko tudi na otip.

Mineralna olja, nafto in naftne derivate kot je npr. dizelsko gorivo in kurilno olje v tleh, mikroorganizmi v določenem času razgradijo. Hitrost razgradnje je odvisna predvsem od aktivnosti mikroorganizmov v tleh, na kar pa vplivajo kisik, temperatura in hranila v tleh (Morgan in Atlas, 1989; Møller idr., 1996; Omotayo idr., 2012). Ravno tako naftne derivate uspešno zmanjšujejo deževniki, ki lahko že v letu dni pomembno zmanjšajo njihovo količino v tleh (Martinkosky idr., 2017). Z vidika relativno hitre razgradnje naftnih derivatov v aerobnih tleh je onesnaženje manj trajno; v letu oz. nekaj letih se količina mineralnih olj v tleh zmanjša zaradi delovanja mikroorganizmov in druge talne biote.

Uspešen ukrep k zmanjševanju onesnaženosti zaradi olja je:

- odstranitev onesnaženega mulja in njegovo odlaganje med kupe poplavnih odpadkov ali na posebej za to določena mesta;
- gnojenje z organskimi gnojili (hlevski gnoj, gnojevka, komposti);
- rahljanje, zračenje in plitva obdelava tal.

5.1.3 Onesnaženost tal z obstojnimi organskimi onesnaževali

Med obstojna organska onesnaževala štejemo policiklične aromatske ogljikovodike (PAH), poliklorirane bifenile (PCB), insekticide na bazi kloriranih ogljikovodikov (DDT, in derivata DE, DDD, drine in HCH spojine) in stara v Sloveniji prepovedana fitofarmacevtska sredstva (herbicide na bazi simazina in atrazina). Prisotnost teh snovi se dokazuje samo z analitiko tal. Ocena prisotnosti na terenu ni možna; možna je samoocena na podlagi sklepanja – prisotnosti vira teh snovi ogrodno ali ostankov embalaž fitofarmacevtskih sredstev.

Onesnaženje poplavljenih tal z obstojnimi FFS, je predvidoma manj verjetno, ker so snovi že vrsto let prepovedane, jih ni možno kupiti in je zaradi tega manjša verjetnost prisotnosti v poplavnih vodah.

Pred izvedbo ukrepov je smiselno potrditi onesnaženje z ustreznim vzorčenjem (tla posebej, naplavine posebej) in ukrepati na podlagi analitike tal. Pri manjših obsegih in količini naplavljenega mulja tega odstranimo iz preventivnih razlogov.

Uspešen ukrep k zmanjševanju zaradi dokazane prisotnosti obstojnih organskih onesnaževal je enaka kot pri naftnih derivatih.

6 Ukrepi na zelenjavnih vrtovih

6.1 Splošna usmeritev sanacije tal na vrtovih

Osnovni ukrepi, ki jih vedno preventivno izvedemo, so:

- Ostranimo vse odpadke in naplavljene predmete.
- Ostranimo grobo kamenje, pesek in rastlinske ostanke.
- Mulj preventivno odstranimo z vrta.
- Če je le možno, mulj odložimo na za to določena mesta ali na zbirališče poplavnih odpadkov. Še posebej to velja za mulj za katerega utemeljeno sklepamo, da je onesnažen na podlagi vonja, videza, prisotnosti ostankov predmetov, olj, itd.
- V kolikor ni znakov onesnaženja mulja, lahko mulj razgrnemo po okrasnih zelenicah, travnatih površinah ali okoli sadnega drevja.
- Poplavljen in onesnažen zelenjavo zavržemo zaradi verjetnega mikrobiološkega onesnaženja ali možnega onesnaženja z naftnim derivati ali celo drugim onesnaževali.
- Rastline ni smiselno analizirati na vsebnost onesnaževal, saj vrednost zavržene zelenjave ne dosega cene analiz onesnaževal v pridelkih.
- Užitarne dele rastlin, ki jih poplavne vode niso dosegle in onesnažile, lahko uporabimo za prehrano. Smiselnost uporabe pa je odvisna od samih razmer na vrtu, ki se lahko zelo razlikujejo. Za to se odločimo na podlagi presoje znakov prisotnosti muljev in možnega onesnaženja tal.

6.2 Sanacije tal na vrtovih in priprav za naslednjo rastno sezono

- Tla vrta prerahljamo, prezračimo in normalno površinsko obdelamo ter pripravimo za naslednjo rastno sezono.
- Dodatno gnojiti ni potrebno, ker so analize vrtov v preteklosti izkazujejo presežke hranil in dovoljšne količine organske snovi / humusa.

6.3 Kdaj analizirati tla vrtov na vsebnost onesnaževal

Tla zelenjavnih vrtov je smiselno analizirati v kolikor so bila poplavljen z mulji za katere sklepamo, da so onesnaženi na podlagi prisotnosti smeti, predmetov in drugih tujkov, olj, kemikalij, ki nakazujejo, da so vode prinesle snovi iz delavnic, skladišč, industrijskih obratov, garaž, kurilnic, itd.

Tla je možno analizirati v jesenskih in zimskih mesecih.

6.3.1 Izbor analiz z določitev onesnaženosti tal.

6.3.1.1 Težke kovine (TK)

Analiza TK je najpomembnejša, ker TK predstavljajo trajno onesnaženje tal. Onesnaženost tal s težkimi kovinami preverjamo z analizo osnovnega nabora kovin, t.j. vsebnosti arzena (As), kadmija (Cd), bakra (Cu), niklja (Ni), svınca (Pb), celotnega kroma (Cr) in šest valentnega kroma (Cr⁺), živega srebra (Hg), kobalta (Co) in molibdena (Mo). Tla so onesnažena, ko vsebnosti kovin presegajo opozorilno vrednost, ki je določena v *Uredbi o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (U.L. št. 68, 1996)*

Za razširjen nabor dodatnih 10 do 12 kovin, ki niso v osnovnem naboru in jih laboratorij lahko analizirajo, v Sloveniji nimamo opredeljenih mejnih vrednosti za onesnaženost; torej, da bi lahko določili ali so tla onesnažena ali ne. Analitske rezultate teh kovin primerjamo s pričakovanimi naravnimi vsebnostmi, ki so jih ugotovili v geokemičnih raziskavah tal Slovenije (Gosar idr., 2019). S primerjavo ugotovimo, ali je vsebnost neke kovine v tleh povišana, v okviru naravnih vsebnosti za določeno geotektonsko območje Slovenije ali celo nižja.

Na Kmetijskem inštitutu Slovenije v okviru portala eTLA pripravljamo spletno orodje, ki bo uporabniku omogočilo vnos analitskih vrednosti in avtomatsko interpretacijo vsebnosti težkih kovin v tleh.

6.3.1.2 Organska onesnaževala

Organska onesnaževala kot jih določa *Uredba o mejnih, opozorilnih in kritičnih imisijskih vrednostih nevarnih snovi v tleh (U.L. št. 68, 1996)* so:

- policiklični aromatski ogljikovodiki (PAH);
- klorirani ogljikovodiki (poliklorirani bifenili -PCB; insekticidi na bazi kloriranih ogljikovodikov DDT/DDD/DDE; drini in HCH; ter herbicida atrazin, simazin;
- ogljikovodiki, olja in derivati iz nafte.

Uredba št. 68, 1996 določa mejne vrednosti za onesnaženosti. Pri interpretaciji in sanaciji je treba upoštevati, da imajo te snovi različno dolgo obstojnost v tleh. Ta je odvisna od koncentracij onesnaževala, drugih parametrov tal in okoljskih dejavnikov. Analitski podatek za posamezno onesnaževalo po določenem času ne ustreza več koncentracijam onesnaževala v tleh.

S tega vidika je pričakovati, da so vsebnosti onesnaževal v tleh v naslednji rastni sezoni zaradi razgradnje načeloma manjše : koliko manjše je odvisno od obstojnosti posameznega onesnaževala. PCB-ji in derivati DDT so obstojnejše snovi. Vsebnosti ogljikovodikov in olj iz nafte pa so lahko zmanjšane tudi za polovico v enem letu.

Viri

- Gosar M., Šajn R., Bavec Š., Gaberšek M., Pezdir V., Miler M. 2019. Geochemical background and threshold for 47 chemical elements in Slovenian topsoil. *Geologija*, 62, 1: 5–57
- Martinkosky L., Barkley J., Sabadell G., Gough H., Davidson S. 2017. Earthworms (*Eisenia fetida*) demonstrate potential for use in soil bioremediation by increasing the degradation rates of heavy crude oil hydrocarbons. *Science of The Total Environment*, 580, 734–743
- Møller J., Winther P., Lund B., Kirkebjerg K., Westermann P. 1996. Bioventing of diesel oil-contaminated soil: Comparison of degradation rates in soil based on actual oil concentration and on respirometric data. *Journal of Industrial Microbiology*, 16, 2: 110–116
- Morgan P., Atlas R.M. 1989. Hydrocarbon Degradation in Soils and Methods for Soil Biotreatment. *Critical Reviews in Biotechnology*, 8, 4: 305–333
- Omotayo A.E., Ojo O.Y., Amund O.O. 2012. Crude Oil Degradation by Microorganisms in Soil Composts.