

GOZDARSKI INŠTITUT SLOVENIJE
SLOVENIAN FORESTRY INSTITUTE

**Poročilo o izvedbi naloge javnega naročila:
»Monitoring ogljika v gozdnih tleh, mokriščih in
urbanih tleh« - MEJNIK 4**

KONČNO POROČILO

Pogodba MKGP št. 2330-22-000066

MOP št. 2550-22-311016

Gozdarski inštitut Slovenije

Aleksander MARINŠEK, Daniel ŽLINDRA, Mitja FERLAN, Erika KOZAMERNIK, Boštjan MALI, Peter HORVAT, Eva Zagorac, Nastja MESAREC, Janez BERGANT, Borut VRŠČAJ,
Primož SIMONČIČ

Vodja projekta: doc. dr. Primož Simončič

Ljubljana, 30. november 2023

»Monitoring ogljika v gozdnih tleh, mokriščih in urbanih tleh«

Naročnik:

Republika Slovenija, Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, Dunajska cesta 22, 1000 Ljubljana

Skrbnik pogodbe naročnika: mag. Alenka Korenjak

Plačnik:

Republika Slovenija, Ministrstvo za naravne vire in prostor, Dunajska cesta 48, 1000 Ljubljana

Skrbnik pogodbe plačnika: mag. Mateja Pitako

Avtorji poročila:

Primož SIMONČIČ, Aleksander MARINŠEK, Daniel ŽLINDRA, Mitja FERLAN, Erika KOZAMERNIK, Boštjan MALI, Eva ZAGORAC, Nastja MESAREC, Jani BERGANT, Borut VRŠČAJ

Ostali sodelujoči pri izvedbi projekta:

Magda ŠPENKO, Ana PRHAVC, Selvija IMERI, Ajša ALAGIĆ, David ŠTEFANIČ, Vesna MEDEN, David VODIČAR, Žan RIJAVEC, Matej ŠČUKA, Martin SNOJ, Anej GERLUŠNIK

Izvajalec:

Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, 1000 Ljubljana

Podizvajalec:

Kmetijski inštitut Slovenije, Oddelek za kmetijsko ekologijo in naravne vire (OKENV), Hacquetova ulica 17, 1000 Ljubljana

Odgovorni nosilec

Doc. dr. Primož SIMONČIČ, Gozdarski inštitut Slovenije, Oddelek za gozdno ekologijo;

E: primoz.simoncic@gozdis.si; **T:** +386 (0) 31 706 950; <https://www.gozdis.si/>

Obdobje izvajanja: januar 2022 – november 2023

Kazalo vsebine:

Izrazoslovje	10
1 Uvod.....	11
1.1 Namen in cilj naloge.....	11
1.2 Opis dela	11
1.3 Predvideni rezultati.....	12
1.4 Terminski plan izvedbe.....	13
2 POROČILO ZA MEJNIK 4 – KONČNO POROČILO:	14
2.1 Poročilo o izvedbi vzorčenja tal do Mejnika 4	14
2.1.1 Vzorčenje gozdnih tal.....	14
2.1.2 Vzorčenje urbanih tal.....	19
2.1.3 Vzorčenje tal mokrišč.....	21
2.2 Poročilo o rezultatih laboratorijskih analiz (Mejnik 4).....	25
3 Izbor območja vzorčenja tal in metode dela	26
3.1 Območje vzorčenja tal za izračun zaloge organskega ogljika v tleh (DS 1).....	26
3.2 Območje vzorčenja drevesnega opada in gozdnih tal za izračun dinamike kroženja organskega ogljika v gozdu in model YASSO (DS 2)	28
3.3 Statistične analize.....	29
4 Priprava oz. prilagoditev metodologije in kazalnikov snemanja za vzorčenje in opis tal – gozdnih, urbanih in mokrišč (oprema, informacijska podpora, organizacija dela)	29
4.1 Metodologija in kazalniki snemanja za vzorčenje in opis gozdnih tal.....	29
4.1.1 Merjenje globine tal.....	29
4.1.2 Izbor petih odzemnih mest (center, sever, jug, vzhod in zahod) za vzorčenje tal.	32
4.1.3 Metodologija vzorčenja tal s sondo	32
4.2 Metodologija in kazalniki snemanja za vzorčenje in opis urbanih tal in tal mokrišč .	36
4.2.1 Izhodišča za vzpostavitev metodologije vzorčenja tal na urbanih tleh in mokriščih	36
4.2.2 Pripomočki in orodja	36
4.2.2.1 Standardna terenska oprema za odvzem porušениh vzorcev tal.....	36
4.2.2.2 Standardna terenska oprema za odvzem neporušenih vzorcev tal	37
4.2.3 Vzorčna lokacija.....	37
4.2.3.1 Izbor vzorčnih mest za vzorčenje na urbanih tleh	37

4.2.3.2	Izbor vzorčnih mest za vzorčenje na mokriščih.....	37
4.2.4	Pridobivanje dovoljenj za dostop in vzorčenje na zemljiščih.....	39
4.2.5	Določitev odvzemnih mest talnih vzorcev na vzorčni lokaciji.....	39
4.3	Postopek vzorčenja urbanih tal in tal mokrišč.....	41
4.3.1	Postopek vzorčenja porušениh vzorcev tal.....	41
4.3.2	Merjenje skupne debeline organskih horizontov tal.....	41
4.3.3	Postopek vzorčenja neporušenih vzorcev tal.....	41
4.3.4	Rekonstrukcija talnega profila s sondo.....	42
4.4	Zapisnik vzorčenja.....	43
4.4.1	Izdelava zapisnika vzorčenja.....	43
4.5	Pridobivanje dovoljenj.....	43
4.6	Prikaz terenskega dela.....	44
4.6.1	Vzorčenje urbanih tal.....	44
4.6.2	Vzorčenje mokrišč.....	48
5	Laboratorijske analize talnih vzorcev.....	49
5.1	Priprava podatkov in izračun ocene zalog ogljika v tleh.....	49
5.2	Metodologija in kazalniki snemanja za izračun dinamike kroženja organskega ogljika v gozdu z modelom YASSO20 (DS 2).....	51
5.3	Opis.....	51
5.4	Protokol dela.....	51
5.5	Izbira primernega lovilca za opad.....	51
5.6	Sušenje in ločevanje opada.....	57
5.7	Vhodni podatki modela Yasso20.....	57
5.8	Meteorološki podatki.....	58
5.9	Podatki o začetnem stanju zaloge ogljika v gozdnih tleh.....	60
5.10	Podatki o letnem vnosu ogljika v gozдна tla preko opada.....	60
5.11	Primer rezultatov modeliranja.....	64
5.12	Kontrola podatkov in vnos v skupno informacijsko platformo.....	68
5.13	Informacijska podpora in zasnova informacijskega sistema.....	68
6	Izvedba uvajalnih seminarjev, usposabljanje terenskih ekip, priprava laboratorijskih ekip	69
7	Izvedba krožnega laboratorijskega testa za vse morebitne partnerje.....	71
7.1	Vrednotenje in primerjava rezultatov krožne analize tal.....	72
7.2	Uporabljene analitske metode.....	73

7.3	Rezultati krožne analize.....	73
8	Rezultati.....	76
8.1	DS 1 - vzorčenje tal za oceno zaloge organskega ogljika v tleh (gozdna zemljišča, mokrišča, naselja).....	76
8.1.1	Gozdna tla.....	76
8.1.1.1	Zaloga organskega ogljika (C_{org}) v gozdnih tleh.....	76
8.1.1.2	Dušik (N) v gozdnih tleh.....	82
8.1.1.3	C/N razmerje v gozdnih tleh.....	83
8.1.1.4	Organska snov v tleh.....	84
8.1.1.5	Reakcija tal.....	85
8.2	Tla mokrišč.....	87
8.2.1.1	Tekstura tal/zrnavost tal.....	87
8.2.1.2	pH vrednost tal.....	88
8.2.2	Vsebnost skupnega dušika v tleh.....	90
8.2.3	Vsebnost organske snovi v tleh – mokrišča do globine 30 cm.....	91
8.2.4	C/N razmerje.....	91
8.2.5	Zaloga organskega ogljika (C_{org}) v tleh mokrišč do globine 30 cm.....	93
8.2.6	Volumska gostota tal.....	95
8.3	Urbana tla.....	96
8.3.1	Tekstura/zrnavost tal.....	96
8.3.2	Reakcija tal.....	97
8.3.3	Vsebnost skupnega dušika v tleh.....	98
8.3.4	Vsebnost organske snovi v tleh v urbanih tleh do globine 30 cm.....	100
8.3.5	C/N razmerje.....	100
8.3.6	Zaloga organskega ogljika (C_{org}) v urbanih tleh do 30 cm globine.....	102
8.3.7	Volumska gostota tal.....	104
8.4	DS 2 - vzorčenje opada in ocena spremembe zaloge organskega ogljika v gozdnih tleh s pomočjo modela YASSO20.....	105
9	Viri.....	109

Kazalo preglednic:

Preglednica 1: Izbor 200 odzemnih mest za vzorčenje gozdnih tal glede na talni tip in njihov delež pojavljanja v gozdnem prostoru Slovenije.	27
Preglednica 2: Imena in kratice objektov intenzivnega monitoringa (IM), njihove povprečne nadmorske višine in matične podlage, kjer bomo vzorčili drevesni opad za izračun dinamike kroženja organskega ogljika v gozdu.....	28
Preglednica 3: Izračun radija, ki zajame enake deleže površin (po 200 m ² , oz. sredino le te). Površina celotne ploskve je 600 m ²	31
Preglednica 4: Primer vhodnih letnih meteoroloških podatkov od leta 2022 do leta 2070 za modeliranje dinamike ogljika na izbranih ploskvah	58
Preglednica 5: Uporabljeni podatki v modelu Yasso20 kot izhodiščno stanje	60
Preglednica 6: Ocena povprečnega vnosa opada na posamezno ploskev za obdobje enega leta	62
Preglednica 7: Podatki za opad za obdobje od maja 2016 do aprila 2017.....	65
Preglednica 8: Letne vrednosti celotnega vnosa ogljika preko opada za obdobje 2005-2018	66
Preglednica 9: Predpisani kriteriji za standardni odmik v programu ICP Forests, prave vrednosti in meje sprejemljivosti glede na vrednosti za posamezen vzorec. V oklepajih so navedeni sprejemljivi intervali zaupanja.	72
Preglednica 10: Seznam pedoloških parametrov in laboratorijskih analiz za vzorce tal obeh sodelujočih laboratorijev.....	73
Preglednica 11: Rezultati krožne analize sodelujočih laboratorijev	75
Preglednica 12: Osnovni statistični parametri, ki prikazujejo količino C _{org} v gozdnih tleh v organskem in mineralnem delu tal do globine 40 cm na vseh vzorčnih mestih.	77
Preglednica 13: Osnovni statistični parametri, ki podajajo vrednosti za količine C _{org} po posameznih globinah tal. Do globine 40 cm.....	78
Preglednica 14: Osnovni statistični parametri, ki podajajo vrednosti za količine C _{org} v različnih tipih gozdnih tal (organski horizonti in mineralni del do 40 cm globine), vzorčenih v okviru naloge.....	81
Preglednica 15: Osnovni statistični parametri, ki podajajo vrednosti za delež dušika (N) v gozdnih tleh po posameznih globinah tal.....	82
Preglednica 16: Osnovni statistični parametri reakcije tal analiziranih talnih vzorcev po globinah do 40 cm.	85
Preglednica 17: Skupna količina ogljika, heterotrofni respiraciji tal in količina ogljika v mineralnem delu tal za izhodiščno in vsako deseto leto do leta 2070.....	105

Kazalo slik:

Slika 1: Lokacije vseh 200 vzorčnih mest, kjer smo vzorčili gozdna tla v obdobju do Mejnika 4.	15
Slika 2: Primer reprezentativnega odvzemnega mesta na NGI gozdni ploskvi – organski Ol (listni opad) horizont (foto: E. Zagorac)	15
Slika 3: Primer reprezentativnega odvzemnega mesta na NGI gozdni ploskvi: organski Of+Oh horizont (foto: E. Zagorac)	16
Slika 4: Vzorec Ol horizonta (levo) in Of+Oh horizonta (desno) (foto: E. Zagorac)	16
Slika 5: Primer globokega Of+Oh organskega horizonta na odvzemnem mestu (foto: E. Zagorac)	17
Slika 6: Vzorčenje gozdnih tal s pomočjo lesenih okvirjev in kovinske sonde.....	18
Slika 7: Prostorski prikaz lokacij 26 vzorčnih mest kjer smo vzorčili tla urbanih območij Slovenije v obdobju do Mejnika 4. Vzorčenje je potekalo v letih 2022 in 2023.	19
Slika 8: Določitev odvzemnih mest za vzorčenje na urbanem zemljišču - lokacija: golf igrišče. Na sliki je vidnih pet odvzemnih mest, ki so označena s črkami C, S, J, V, Z (foto: E. Zagorac).	20
Slika 9: Lokacije 21 vzorčnih mest kjer smo vzorčili tla mokrišč Slovenije v letih 2022 in 2023, do Mejnika 4.	21
Slika 10: Mokrišče v krajinskem parku Radensko polje. Iz slike je razvidna tipična vegetacija (trstičje), ki je značilna za mokrišča (foto: E. Zagorac).	22
Slika 11: Mokrišče na Ljubljanskem barju. Na sliki je tipična vegetacija, ki je značilna za mokrišča – trstičje, šaši in črna jelša (foto: E. Zagorac).	23
Slika 12: Zalita tla na mokrišču (močan glej/amfiglej).....	24
Slika 13: Pregledna karta talnih tipov Slovenije in lokacije vzorčnih mest v gozdnem prostoru, kjer smo vzorčili tla v letih 2022 in 2023.	27
Slika 14: Lokacije objektov intenzivnega monitoringa v Sloveniji (aktivne od leta 2010 dalje). V okviru Naloge 1 nam objekti služijo za izračun dinamike kroženja organskega ogljika v gozdu.	28
Slika 15: Shema mest sondiranja tal s T sondo za potrebe ugotavljanja globine tal. Zvezdica označuje mesto vboda s sondo.....	31
Slika 16: Lokacije vzorčenje organskega dela tal z lesenim okvirjem (25 × 25 cm) in mineralnega dela tal z valjasto sondo premera 6,7 cm.	32
Slika 17: Vzročna lokacija z razporeditvijo odvzemnih mest – vzorčenje urbanih površin in mokrišč.	40
Slika 18: Vzročna lokacija z razporeditvijo odvzemnih mest – vzorčenje urbanih površin in mokrišč.	40
Slika 19: Možni lokaciji za rekonstrukcijo talnega profila s sondo.	43
Slika 20: Določitev odvzemnih mest za vzorčenje na urbanem zemljišču - lokacija: Magdalenski park Maribor (foto: E. Zagorac).....	44
Slika 21: Vzorčenje na urbanem zemljišču, lokacija – Mestni park Maribor (foto: E. Zagorac).	45
Slika 22: Izkop luknje z lopato na urbanem zemljišču, lokacija – dvorišče ob šoli v Kranju (foto: E. Zagorac).....	46
Slika 23: Ostanek folije, ki smo jo našli ob izkopu mini profila na urbanem zemljišču, lokacija Ljubljana (foto: E. Zagorac).	47

Slika 24: Izkop luknje z lopato na mokrišču, lokacija – Podčetrtek (foto: E. Zagorac).....	48
Slika 25: Rešitve prestrezanja opada v gozdnih ekosistemih po Evropi.	52
Slika 26: Postavljanje košev za prestrezanje opada na IM ploskvi Krucmanove konte na Pokljuki. Na sliki sta vidna dva koša od osmih. Pod košem je vidno mesto odvzema kvantitativnih vzorcev tal, kjer s pomočjo lesenega okvirja in sonde vzamemo vzorce tal z znanim volumnom iz organskega in mineralnega dela tal.....	53
Slika 27: Shematski prikaz mest sondiranja za ugotavljanje globine tal na ploskvah IMGE.	54
Slika 28: Shema lokacij vzorčenja tal in prestrezanje opada na ploskvah IMGE.....	55
Slika 29: Terenski obrazec ob pobiranju opada	56
Slika 30: Diagram poteka modela Yasso20 in relativne velikosti masnih tokov	57
Slika 31: Primer rezultata modeliranja z modelom Yasso20 preko uporabniškega vmesnika..	64
Slika 32: Pregled rezultatov modela Yasso (primer izpisa) – po mesecih.....	66
Slika 33: Pregled rezultatov modela Yasso (primer izpisa) – po letih.....	67
Slika 34: Terenska delavnica oz. uvajalni seminar vzorčenja gozdnih tal na Rožniku (Datum: 20. 4. 2022, foto: P. Simončič).....	69
Slika 35: Terenska delavnica oz. uvajalni seminar vzorčenja tal mokrišč na mokrotnem travniku v Rožni dolini (Datum: 20. 4. 2022, foto: P. Simončič).....	69
Slika 36: Pet vzorcev tal za vrednotenje laboratorijev s krožnim testom.	72
Slika 37: Povprečna zaloga organskega ogljika (C_{org})v gozdnih tleh znaša 56,06 t/ha.....	77
Slika 38: Povprečna zaloga organskega ogljika (C_{org}) v različnih globinah vseh preučevanih tipov gozdnih tal do globine 40 cm.	78
Slika 39: Absolutne in povprečne zaloge organskega ogljika (C_{org}) v različnih tipih gozdnih tal močno variirajo.....	80
Slika 40: Prostorski in količinski prikaz zalog organskega ogljika na izbranih vzorčnih mestih gozdnih tal, ki smo jih vzorčili v letih 2022 in 2023,	81
Slika 41: Prikaz deleža skupnega dušika v gozdnih tleh glede na globino tal do 40 cm.	82
Slika 42: Vrednosti C/N razmerij po globinah preučevanih gozdnih tal.....	83
Slika 43: Vsebnost organske snovi v mineralnem delu tal do globine 40 cm.....	84
Slika 44: Prikaz števila vzorcev na mokriščih po teksturnih razredih (J. Bergant)	87
Slika 45: Razporeditev vzorcev tal (n=49) v teksturne razrede glede na globino vzorčenja iz tal mokrišč	88
Slika 46: pH vzorcev tal na mokriščih glede na globino tal. V ozadju grafa je prikazana pH reakcija tal v razredih po Mihelič in sod. (2010). Sivi krogci označujejo posamezne rezultate meritev, znak + pa povprečno vrednost.	89
Slika 47: Delež skupnega dušika na mokriščih. Znak + prikazuje povprečno vrednost, sivi krogci pa posamezne meritve.	90
Slika 48: Vsebnost talne organske snovi (%) v vzorcih tal na mokriščih. Znak + označuje povprečno vrednost, sivi krogci pa dejanske rezultate meritev	91
Slika 49: C/N razmerje v vzorcih tal na mokriščih glede na globino tal. Znak + označuje povprečno vrednost, sivi krogci pa dejanske rezultate meritev.....	92
Slika 50: Zaloga C_{org} (t/ha) v vzorcih tal mokrišč po globinah vzorčenja.....	93
Slika 51: Prikaz povprečnih vrednosti zalog organskega ogljika na posamezni lokaciji glede na globino vzorčenja (J. Bergant).....	94
Slika 52: Volumska gostota vzorcev tal iz mokrišč glede na globino tal	95

Slika 53: Prikaz števila vzorcev glede na teksturni razred Ameriške teksturne klasifikacije	96
Slika 54: Razporeditev vzorcev (n=60) na urbanih zemljiščih v teksturne razrede glede na globino vzorčenja tal	97
Slika 55: pH vrednost vzorcev tal na urbanih zemljiščih. V ozadju grafa je prikazano območje pH vrednosti tal v razredih po Mihelič idr. (2010). Sivi krogci označujejo posamezne rezultate meritev, znak + pa povprečno vrednost.	98
Slika 56: Vsebnost skupnega dušika (%) v vzorcih tal, odvzetih iz urbanih tal do globine 30 cm. Znak + prikazuje povprečno vrednost, sivi krogci pa posamezne meritve.	99
Slika 57: Vsebnost talne organske snovi (%) v vzorcih tal na urbanih tleh. Znak + označuje povprečno vrednost, sivi krogci pa dejanske rezultate meritev. Po Mihelič in sod. (2010) so v ozadju slike prikazani razredi vsebnosti organske snovi v tleh.	100
Slika 58: C/N razmerje v vzorcih urbanih tal glede na globino tal do 30 cm. Znak + označuje povprečno vrednost, sivi krogci pa dejanske rezultate meritev.	101
Slika 59: Zaloga organskega ogljika (t/ha) v talnih vzorcih na urbanih tleh po globinah vzorčenja.	102
Slika 60: Prikaz povprečnih vrednosti zalog organskega ogljika na posamezni lokaciji glede na globino vzorčenja.	103
Slika 61: Volumska gostota talnih vzorcev urbanih tal glede na globino vzorčenja.	104
Slika 62: Modelirana skupna količina ogljika v g/m ² po letih vezano na scenarij RCP4.5	108

Izrazoslovje

vzorčno mesto je prostorsko določeno območje tal, kjer se odvzame vzorec tal;

odvzemno mesto je eno izmed mest znotraj vzorčnega mesta, na katerem se odvzamejo vzorci tal, posebej na eni ali več globinah tal;

vzorec tal je homogenizirana mešanica enot vzorcev tal, odvzetih na več odvzemnih mestih znotraj istega vzorčnega mesta na isti globini tako, da odraža stanje tal celotnega vzorčnega mesta v tej globini;

enota vzorca tal je del tal, ki se ga odvzame v enkratnem delovnem postopku pri vzorčenju z opremo za jemanje vzorcev in je namenjen pripravi vzorca;

organska snov v tleh oz. **talna organska snov** je živa in neživa organska snov tal. Živa organska snov tal so talni organizmi. Neživa organska snov tal je odmrta rastlinska in živalska biomasa in je lahko razgradljiva ali stabilna organska snov;

opad je organski podhorizont, ki ga sestavlja rastlinski opad (listje, iglice, vejice in drugi rastlinski ostanki);

oznaka l izhaja iz ang. litter = opad).

homogenizacija vzorca tal je postopek, v katerem z mešanjem enot vzorca tal zagotovimo homogene lastnosti vzorca celotnega vzorca tal, odvzetega iz posamezne globine tal, horizonta ali sloja.

GIS je kratica za Gozdarski inštitut Slovenije.

KIS je kratica za Kmetijski inštitut Slovenije.

lokacijska točka je definirana z X in Y koordinato vzorčnega mesta in predstavlja izhodišče za določitev odvzemnih mest na terenu.

LULUCF je kratica za s sektorjem raba zemljišč in sprememba rabe zemljišč ter gozdarstvo

ICP Forests je kratica za International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests

1 Uvod

1.1 Namen in cilj naloge

Cilj naloge »Monitoring ogljika v gozdnih tleh, mokriščih in urbanih tleh« je, da pridobimo podatke o zalogah organskega ogljika v opadu (*ang.: litter*) in mineralnem delu tal (*ang.: C_{org} in mineral soil*) na gozdnih zemljiščih, mokriščih in urbanih površinah oz. naseljih ter ugotoviti spremembe zaloge ogljika v opadu in mineralnemu delu tal (organski ogljik) v času za gozdna zemljišča, s katerimi se gospodari (raba zemljišč: gozdna zemljišča, ki ostanejo gozdna zemljišča). Izvedba monitoringa omogoča, da pridobimo podatke za obračunavanje in poročanje za sektor LULUCF za EU (sektor raba zemljišč in sprememba rabe zemljišč ter gozdarstvo) v skladu z metodologijo IPCC (IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 4, 2006) in mednarodno metodologijo ICP Forests ([https://www.icp-forests.org/...](https://www.icp-forests.org/)) za gozdna tla, ki omogoča preverjanje napredka pri doseganju podnebnih ciljev in poročanje v skladu z Uredbo (EU) 2018/841 (»Uredba LULUCF«), Uredbo (EU) 2023/839 o spremembi Uredbe (EU) 2018/841 glede področja uporabe, poenostavitve pravil o poročanju in skladnosti ter določitve ciljev držav članic za leto 2030, in Uredbe (EU) 2018/1999. Izvedba naloge bo zagotovila podatke, ki jih ni na razpolago ali pa so okrnjeni, oz. niso pridobljeni na metodološko ustrezen način. Z izvedbo aktivnosti so bile vzpostavljene osnove monitoringa gozdnih tal na mreži nacionalne gozdne inventure (NGI).

Pridobljeni podatki naloge bodo služili kot vhodni podatki za nacionalni obračun emisij in ponorov ogljika za obdobje 2021-2025 in izhodišče za obdobje 2026-2030. Postavljena metodologija vzorčenja bo uporabljena tudi za spremljanje dinamike ogljika za potrebe obračunskega obdobja 2026-2030.

1.2 Opis dela

Naloga je razdeljena na dva delovna sklopa (DS):

1. DS 1 - vzorčenje tal za oceno zaloge organskega ogljika v tleh (gozdna zemljišča, mokrišča, naselja)
2. DS 2 – vzorčenje opada in ocena spremembe zaloge organskega ogljika v gozdnih tleh s pomočjo modela YASSO

V okviru naloge izvajamo vzorčenje mineralnega dela tal in opada v gozdovih, kar nam bo v sklopu DS1 omogočilo izračun zaloge organskega ogljika v mineralnem delu tal

in opadu, v sklopu DS2 pa oceno spremembe zaloge organskega ogljika v mineralnem in organskem delu tal. Poleg tega izvajamo vzorčenje tal za oceno zalog ogljika v tleh mokrišč in urbanega prostora. Podatki bodo uporabljeni za določitev nacionalnih emisijskih faktorjev in ocene emisij in ponorov za obvezno obračunavanje po kategorijah zemljišč v obdobjih 2021-2025 in 2026-2030 v skladu z obračunskimi pravili, ki so določeni v Uredbi (EU) 2018/841 in 2023/839 ter referenčno vrednostjo za gospodarjenje z gozdovi v Delegirani uredbi Komisije EU 2021/268.

1.3 Predvideni rezultati

Na podlagi zbranih podatkov bomo podali oceno zaloge ogljika v mineralnem delu tal za gozdna zemljišča, mokrišča in naselja oz. urbana območja ter modelni izračun dinamike oz. letnih sprememb zaloge ogljika v mineralnem in organskem delu tal za gozdna zemljišča. Rezultati monitoringa oz. vzorčenja in analiz talnih vzorcev bodo uporabljeni za obračunavanje emisij in ponorov za kategoriji gospodarjena gozdna zemljišča in pogozdena gozdna zemljišča v skladu z Uredbo EU 2018/841 in 2023/839.

1.4 Terminski plan izvedbe

Javno naročilo je bilo izvedeno v štirih mejnikih.

1. Mejn timer: do 30. 04. 2022

- Priprava oz. prilagoditev metodologije in kazalnikov snemanja za vzorčenje in opis tal – gozdnih, urbanih in mokrišč (oprema, informacijska podpora, organizacija dela);
- Izvedba uvajalnih seminarjev, usposabljanje terenskih ekip, priprava laboratorijskih ekip;
- Izvedba krožnega laboratorijskega testa za vse morebitne partnerje.

2. Mejn timer: do 30. 11. 2022

- Izvedba vzorčenja – 50 % na gozdnih tleh, 70 % na urbanih tleh in 20 % na mokriščih). Priprava vmesnega poročila o izvedbi vzorčenja in delovnih rezultatov laboratorijskih analiz v letu 2022;
- Priprava končne metodologije za obračun in analizo podatkov.

3. Mejn timer: do 30. 06. 2023

- Izvedba vzorčenja – 70 % na gozdnih tleh, 100 % na urbanih tleh in 70 % na mokriščih). Priprava vmesnega poročila o izvedbi vzorčenja in delovnih rezultatov laboratorijskih analiz v prvem polletju 2023.

4. Mejn timer: do 30. 11. 2023

- **Obračuni in analize vseh zbranih podatkov za gozdna tla, urbana tla in mokrišča;**
- **Končno poročilo projektne naloge z oceno zalog ogljika in dinamike.**

POVZETEK KONČNEGA POROČILA: do 30. 11. 2023 smo izvedli vsa predvidena in s pogodbo določena dela in storitve, ki so zahtevane s pogodbama MKGP št. 2330-22-000066 in MOP št. 2550-22-311016. Opravili smo vsa terenska dela vzorčenja gozdnih tal, tal mokrišč in urbanih tal. Vzorci tal so bili analizirani, analitski podatki so predstavljeni v poročilu. Podrobnejše poročilo o posameznih sklopih storitve navajamo v nadaljevanju dokumenta.

2 POROČILO ZA MEJNIK 4 – KONČNO POROČILO:

Dela, ki so bila predvidena v obdobju do Mejnika 4 je bilo potrebno opraviti najkasneja do 30. 11. 2023. Naloge so zajemala naslednje dejavnosti:

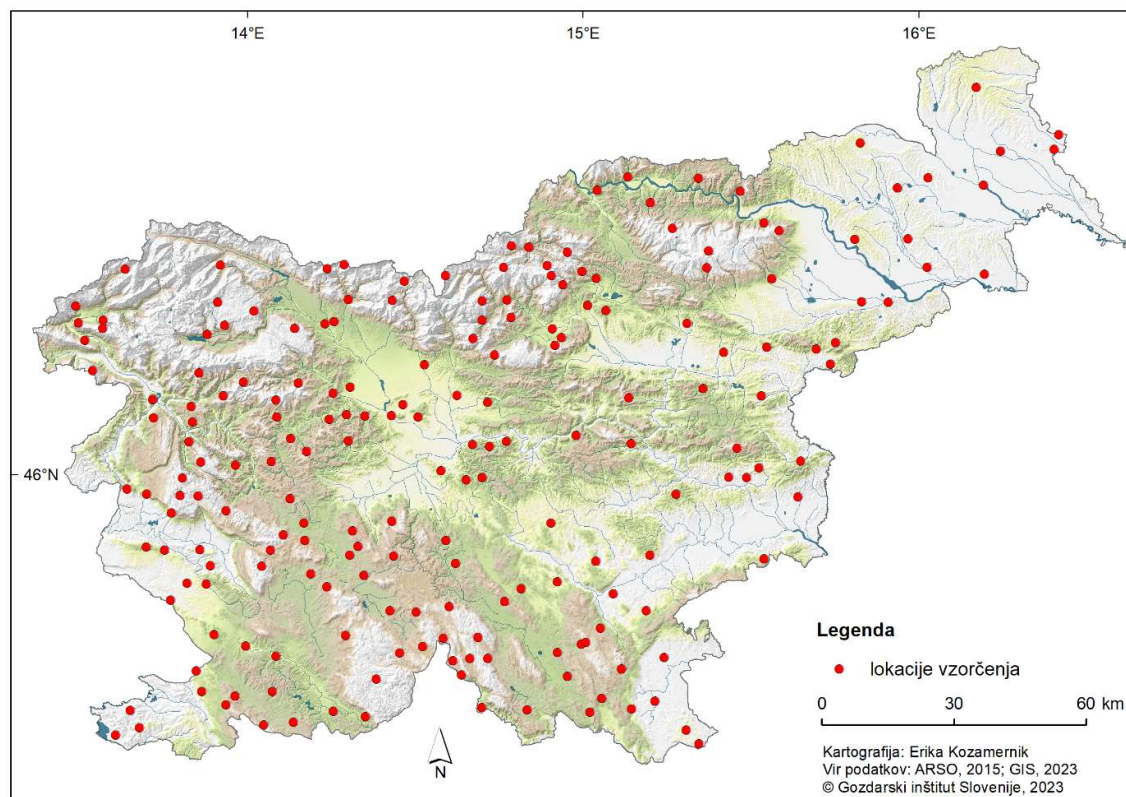
- **Obračun in analiza vseh zbranih podatkov za gozдна tla, urbana tla in tla mokrišč;**
- **Končno poročilo projektne naloge z oceno zalog ogljika in dinamike.**

2.1 Poročilo o izvedbi vzorčenja tal do Mejnika 4

Terensko delo smo opravili v skladu z Metodologijo, ki je opisana v poročilu za Mejniki 4 (Poglavje 3, Poglavje 4).

2.1.1 Vzorčenje gozdnih tal

Od začetka del na projektu smo do konca Mejnika 4 vzorčili tla na 200 vzorčnih mestih v gozdnem prostoru, kar predstavlja 100 % načrtovanih vzorčnih mest v gozdnem prostoru. Prostorski prikaz vzorčenih mest je prikazan na sliki (Slika 1).



Slika 1: Lokacije vseh 200 vzorčnih mest, kjer smo vzorčili gozdna tla v obdobju do Mejnika 4.



Slika 2: Primer reprezentativnega odvzemnega mesta na NGI gozdni ploskvi – organski O1 (listni opad) horizont (foto: E. Zagorac)



Slika 3: Primer reprezentativnega odvzemnega mesta na NGI gozdni ploskvi: organski Of+Oh horzient (foto: E. Zagorac)



Slika 4: Vzorec OI horizonta (levo) in Of+Oh horizonta (desno) (foto: E. Zagorac)



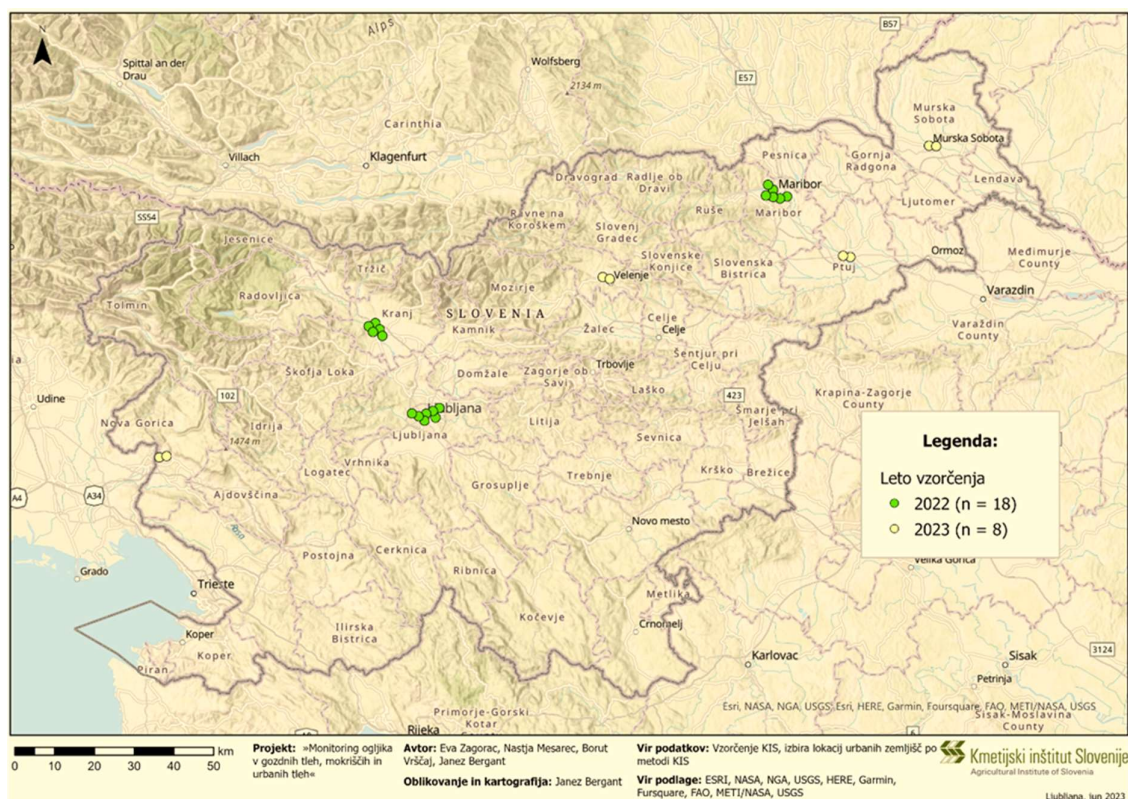
Slika 5: Primer globokega Of+Oh organskega horizonta na odvzemnem mestu (foto: E. Zagorac)



Slika 6: Vzorčenje gozdnih tal s pomočjo lesenih okvirjev in kovinske sonde

2.1.2 Vzorčenje urbanih tal

Od začetka del na nalogi smo do Mejnika 4 vzorčili tla na 26 vzorčnih mestih v urbanem prostoru Slovenije (Slika 7), kar znaša 104 % od vseh načrtovanih vzorčnih mest v okviru projektne naloge (N = 25). Vzorčenje smo izvedli v naslednjih slovenskih mestih: Ljubljana, Maribor, Kranj, Velenje, Nova Gorica, Murska Sobota in Ptuj. Izvedli smo eno vzorčenje več kot je bilo predvideno, saj ena izmed lokacij v Ljubljani ni bila primerna za odvzem dovolj velike količine vzorca tal, da bi lahko izvedli laboratorijske analize.



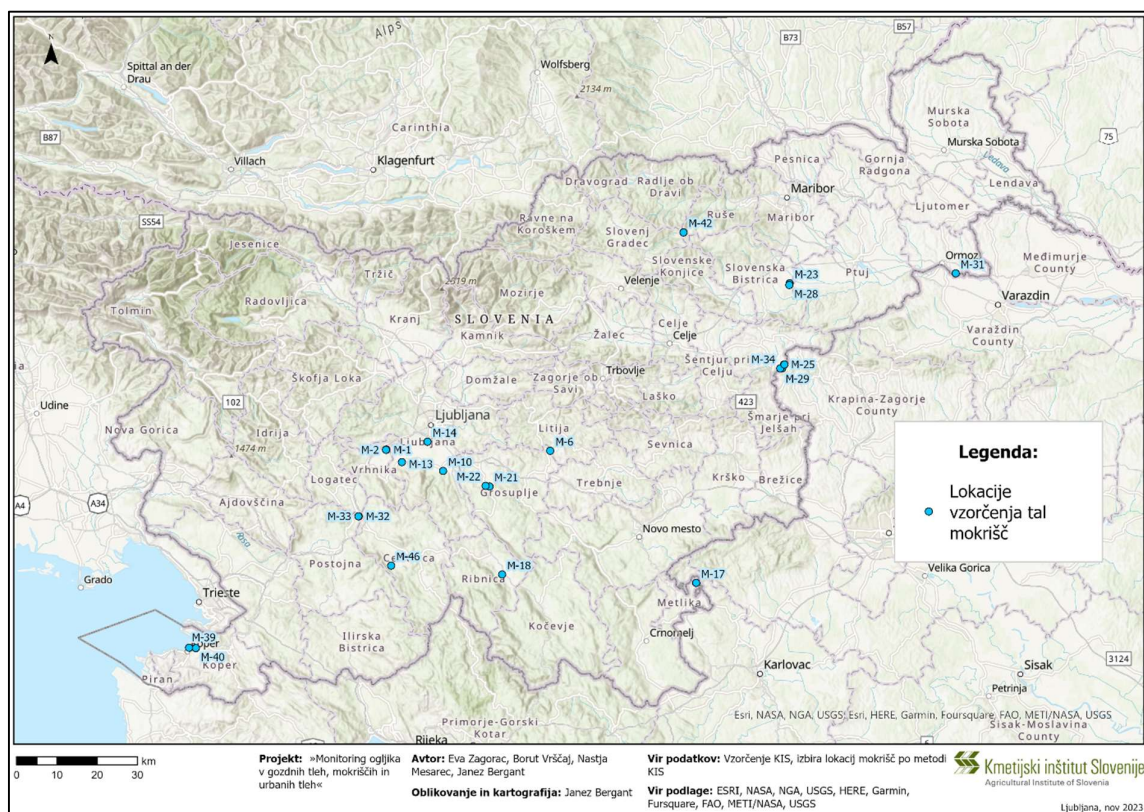
Slika 7: Prostorski prikaz lokacij 26 vzorčnih mest kjer smo vzorčili tla urbanih območij Slovenije v obdobju do Mejnika 4. Vzorčenje je potekalo v letih 2022 in 2023.



Slika 8: Določitev odvzemnih mest za vzorčenje na urbanem zemljišču - lokacija: golf igrišče. Na sliki je vidnih pet odvzemnih mest, ki so označena s črkami C, S, J, V, Z (foto: E. Zagorac).

2.1.3 Vzorčenje tal mokrišč

Od začetka del na projektu smo do Mejnika 4 vzorčili tla na 25 vzorčnih mestih na mokriščih v Sloveniji (Slika 9), kar pomeni 100 % od vseh predvidenih vzorčnih mest (N= 25), ki smo jih morali vzorčiti v sklopu naloge javnega naročila. Vzorčenje mokrišč smo izvedli v okolici Slovenske Bistrice (Sestrško jezero) in v Vonarju, na Ljubljanskem barju, Radenskem polju, Ormožu (Ormoške lagune) in Kopru (Škočjanski zatok). Vzorčenje smo izvedli na 9 mokriščih znotraj Ljubljanskega barja in na 16 mokriščih izven Ljubljanskega barja.



Slika 9: Lokacije 21 vzorčnih mest kjer smo vzorčili tla mokrišč Slovenije v letih 2022 in 2023, do Mejnika 4.



Slika 10: Mokrašče v krajinskem parku Radensko polje. Iz slike je razvidna tipična vegetacija (trstičje), ki je značilna za mokrišča (foto: E. Zagorac).



Slika 11: Mokrašče na Ljubljanskem barju. Na sliki je tipična vegetacija, ki je značilna za mokrašča – trstičje, šasi in črna jelša (foto: E Zagorac).



Slika 12: Zalita tla na mokrišču (močan glej/amfiglej)

2.2 Poročilo o rezultatih laboratorijskih analiz (Mejnik 4)

Laboratorijske analize

DS 1:

- a. Vzorci gozdnih tal: tla smo vzorčili na 200 vzorčnih mestih v gozdnem prostoru. Opravili smo analize 1022 vzorcev tal iz vseh 200 odvzemnih mest.
- b. Vzorci urbanih tal: analizirali smo 211 vzorcev tal iz 26 vzorčnih mest
- c. Vzorci tal mokrišč: analizirali smo 186 vzorcev tal iz 25 vzorčnih mest

DS 2:

V okviru Naloga 1, delovni sklop 2 smo za potrebe določitve trenutne zaloge ogljika v gozdnih tleh na 10 vzorčnih mestih intenzivnega monitoringa gozdnih ekosistemov (IMGE):

- a. Opravili vzorčenje gozdnih tal na odvzemnih mestih, kamor smo nato montirali lovilce opada
- b. Redno vzorčili opad do konca obdobja Mejnika 4.

3 Izbor območja vzorčenja tal in metode dela

Za namene pridobivanja podatkov o količini organskega ogljika bomo vzorčili gozdna tla, urbana tla in tla mokrišč.

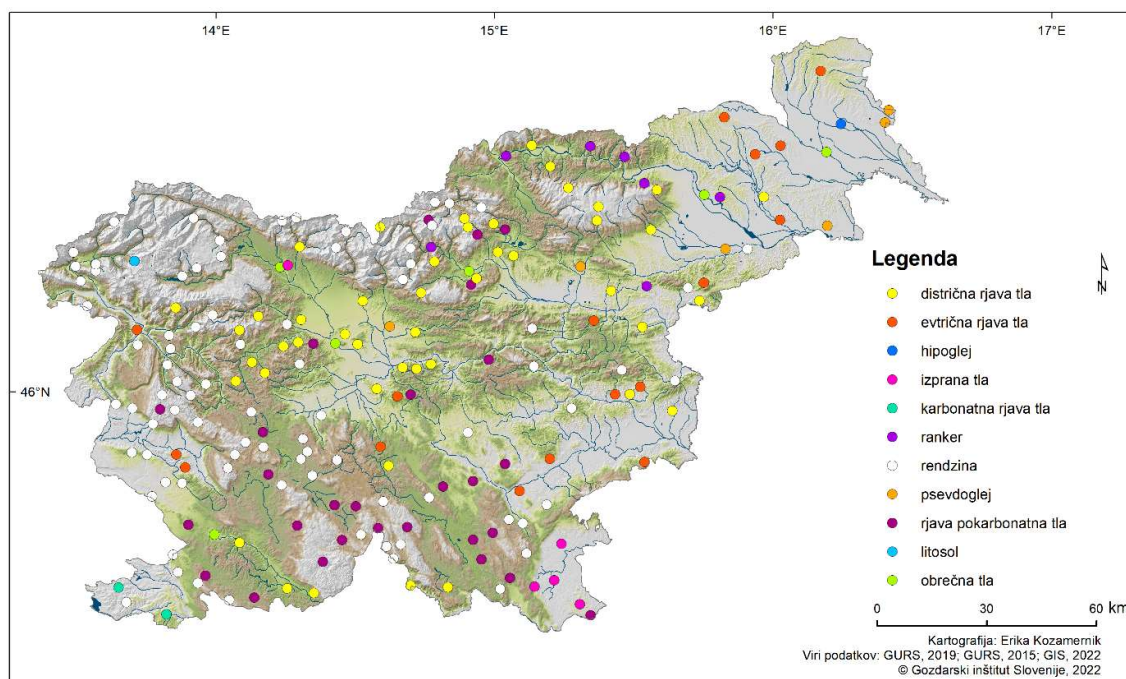
Vzorčenje gozdnih tal je potekalo na podvzorcju vzorčnih mest na mreži na 8 km × 8 km na sistematični vzorčni mreži preko celotne Slovenije, katere podlaga je neuravnana sistematična vzorčna mreža gostote 2 × 2 km. Na tej mreži so sodelavci Gozdarskega inštituta Slovenije (GIS) in Zavoda za gozdove Slovenije (ZGS) v l. 2022 izvedli nacionalno gozdno inventuro (v nadaljevanju: NGI) na 768 vzorčnih mestih. V okviru teh vzorčnih mest je bilo izvedeno vzorčenje tal na 200 vzorčnih mestih (Slika 12).

V letu 2022 smo v okviru vzorčenja gozdnih tal izvedli vzorčenje na približno 100 vzorčnih mestih, ki so sistematično razporejene po gozdnem prostoru Slovenije. V letu 2023 smo izvedli vzorčenje gozdnih tal na preostalih 100 vzorčnih mestih v gozdnem prostoru, s čimer je bilo na koncu vzorčenih 200 vzorčnih mest na mreži 8 km × 8 km.

Vzorčenje urbanih tal in tal mokrišč smo izvedli v letih 2022 in 2023, in sicer na 25 vzorčnih mestih vsake kategorije rabe zemljišč (skupaj je bilo vzorčenih 51 vzorčnih mest). Točke vzorčenja smo določili s pomočjo sistematične vzorčne mreže, vzorčenje pa smo po potrebi gostili do vzorčne mreže 1 km x 1 km. Izvedba monitoringa zalog ogljika v urbanih tleh in na mokriščih je potekala v skladu z zahtevami IPCC in UNFCCC ter metodologijo, ki je bila predlagana v okviru projekta Ciljnega raziskovalnega programa Zagotovimo si hrano za jutri »Spremljanje zalog ogljika v kmetijskih in gozdarskih rabah tal za potrebe poročanja o nacionalni bilanci ogljika« (CRP V4-1628).

3.1 Območje vzorčenja tal za izračun zaloge organskega ogljika v tleh (DS 1)

Območje vzorčenja tal za namen izračuna zalog ogljika v gozdnih tleh smo zastavili tako, da smo pokrili celotno območje Slovenije in zajeli vse glavne talne tipe, ki se pojavljajo v Sloveniji (Slika 13). Število vzorčnih mest za posamezen talni tip je sorazmerno deležu površine, ki ga talni tip pokriva na območju gozda.



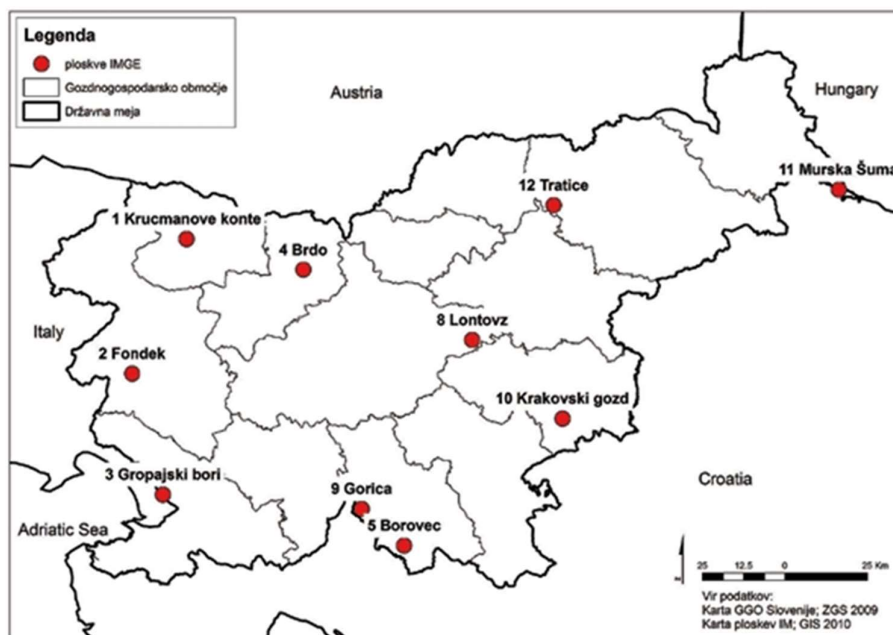
Slika 13: Pregledna karta talnih tipov Slovenije in lokacije vzorčnih mest v gozdnem prostoru, kjer smo vzorčili tla v letih 2022 in 2023.

Preglednica 1: Izbor 200 odvzemnih mest za vzorčenje gozdnih tal glede na talni tip in njihov delež pojavljanja v gozdnem prostoru Slovenije.

Tip tal	Št. vseh odvzemnih		Št. izbranih odvzemnih mest
	mest	Delež (%)	
distrična rjava tla	82	23,1	46
evtrična rjava tla	31	8,7	17
hipoglej	2	0,6	1
izprana tla	9	2,5	5
obrečna tla	10	2,8	6
litosol	1	0,3	1
psevdoglej	10	2,8	6
ranker	12	3,4	7
rendzina	145	40,8	82
rjava pokarbonatna tla	50	14,1	28
karbonatna rjava tla	3	0,8	2
SKUPAJ	355	100,0	200

3.2 Območje vzorčenja drevesnega opada in gozdnih tal za izračun dinamike kroženja organskega ogljika v gozdu in model YASSO (DS 2)

Opad (organski podhorizont, ki ga sestavlja rastlinski opad - listje, iglice, vejice in drugi rastlinski ostanki) smo vzorčili na desetih stalnih ploskvah intenzivnega monitoringa (IMGE) (Slika 14).



Slika 14: Lokacije objektov intenzivnega monitoringa v Sloveniji (aktivne od leta 2010 dalje). V okviru Naloge 1 nam objekti služijo za izračun dinamike kroženja organskega ogljika v gozdu.

Preglednica 2: Imena in kratice objektov intenzivnega monitoringa (IM), njihove povprečne nadmorske višine in matične podlage, kjer bomo vzorčili drevesni opad za izračun dinamike kroženja organskega ogljika v gozdu.

Ime IM objekta	Kratice	Koda	Nadm. višina	Matična podlaga
IM objekti na apnencih, dolomitih				
Borovec	BO	5	705 m	dolomit, apnenec
Fondek	FO	2	827 m	apnenec
Gorica	GO	9	955 m	dolomit
Gropajski bori	GB	3	420 m	apnenec
Lontovž	LO	8	950 m	dolomit
IM objekt na nekarbonatnih, magmatskih kamninah				
Tratice	TR	12	1285 m	tonalit
IM objekti na mešanih, nevezanih usedlinah				
Brdo	BR	4	471 m	prod rečne terase
Krakovski gozd	KG	10	160 m	pleistocenska glina, ilovica
Krucmanove konte	KK	1	1397 m	morensko kamenje
Murska šuma	MŠ	11	170 m	aluvialna ilovica, pesek

3.3 Statistične analize

Osnovne statistične analize za pedološke parametre tal (zaloga organskega ogljika v tleh, vsebnost organske snovi v tleh, vsebnost celokupnega dušika v tleh, C/N razmerje, tekstura tal, kislost tal, volumska gostota tal) v gozdnih tleh, na urbanih tleh in mokriščih smo naredili v programu R.

4 Priprava oz. prilagoditev metodologije in kazalnikov snemanja za vzorčenje in opis tal – gozdnih, urbanih in mokrišč (oprema, informacijska podpora, organizacija dela)

4.1 Metodologija in kazalniki snemanja za vzorčenje in opis gozdnih tal

Metodologijo vzorčenja in nabor opreme povzemamo in prilagajamo po Navodilih iz leta 2007, avtorjev: M. Urbančič, dr. M. Kobal, dr. P. Simončič:

Za vzorčenje gozdnih tal naloge Monitoring ogljika v gozdnih tleh, mokriščih in urbanih tleh smo za izvedbo pedoloških del na terenu predvideli tri skupine po dva do tri vzorčevalce, ki so v okviru vzorčenja:

1. izvedli sondiranje tal za potrebe ugotavljanja globine tal in delovne ocene talnih tipov (Slika 15),
2. določili pet odzemnih mest (C-center, S-sever, J-jug, V-vzhod in Z-zahod), kjer je C od središča izbrane NGI ploskve oddaljen 2 metra proti severu, ostale štiri odzemna mesta pa 5 metrov od odzemnega mesta C v smeri štirih glavnih smeri neba (Slika 16),
3. izvedli vzorčenje organskega dela tal z lesenim okvirjem (25 cm × 25 cm) in mineralnega dela tal z valjasto sondo premera 6,7 cm na vsakem od petih odzemnih mestih,
4. dostavili v vrečke nabrane in ustrezno označene talne vzorce v Laboratorij za gozdno ekologijo Gozdarskega inštituta Slovenije in v Centralni laboratorij Kmetijskega inštituta Slovenije in ustrezno izpolnjen obrazec s podatki o vzorčnem mestu, odzemnih mestih in talnih vzorcih.

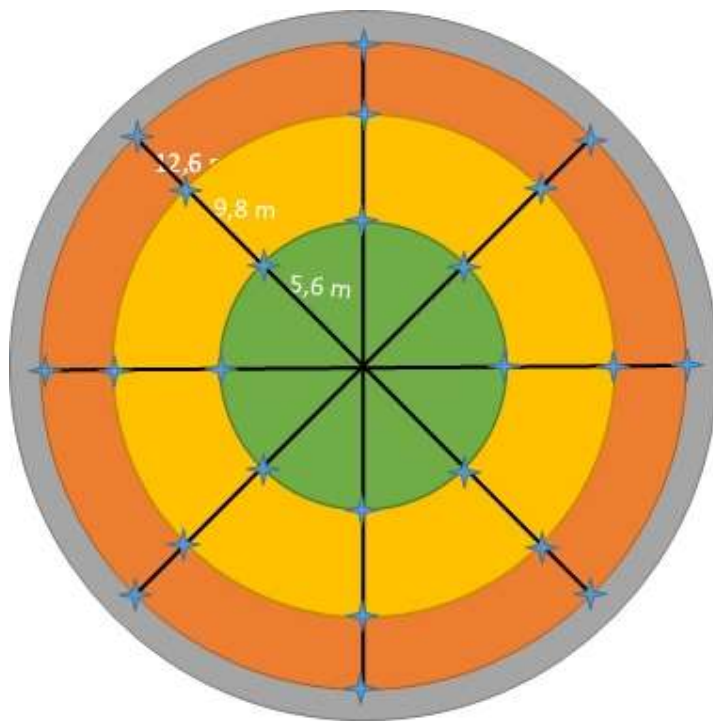
4.1.1 Merjenje globine tal

Globino tal smo ugotavljali s sondiranjem s T sondo, ki jo na 24 mestih vsakega vzorčnega mesta (Slika 15) potisnemo ali zabijemo do matične podlage. Podatke o globini smo zapisali v centimetrih. Če so bila tla globlja od 100 cm, smo zapisali 100+ cm. Globine smo sondirali sistematično in sicer na razdalji 5,6 m, 9,8 m in 12,6 m od središča NGI ploskve v osmih smereh neba (S, SV, V, JV, J, JZ, Z, SZ) (Slika 15).

Vzorčenje je potekalo v sodelovanju dveh oseb, kjer je prva izvajala meritve, druga pa mu je pri tem po potrebi pomagala (pri zabijanju T sonde) ter meritve zapisovala.

Preglednica 3: Izračun radija, ki zajame enake deleže površin (po 200 m², oz. sredino le te). Površina celotne ploskve je 600 m².

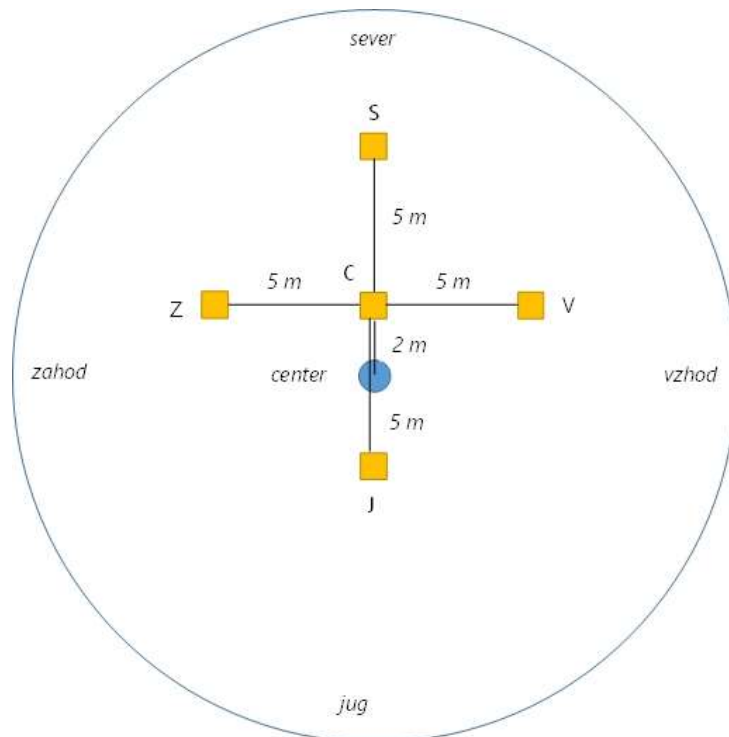
Površina (m ²)	Polmer (m)
50	4,0
100	5,6
150	6,9
200	8,0
250	8,9
300	9,8
350	10,6
400	11,3
450	12,0
500	12,6
550	13,2
600	13,8



Slika 15: Shema mest sondiranja tal s T sondo za potrebe ugotavljanja globine tal. Zvezdica označuje mesto vboda s sondo.

4.1.2 Izbor petih odzemnih mest (center, sever, jug, vzhod in zahod) za vzorčenje tal.

V okviru vsake NGI ploskve s površino 600 m², smo vzorčili tla na 5 mestih do globine 40 cm v koraku po 10 cm, kot je prikazano na sliki (Slika 16).



Slika 16: Lokacije vzorčenje organskega dela tal z lesenim okvirjem (25 × 25 cm) in mineralnega dela tal z valjasto sondo premera 6,7 cm.

4.1.3 Metodologija vzorčenja tal s sondo

Za odvzem vzorcev tal sta predvidena dva vzorčevalca (ki ju v tem tekstu označujemo z A in B), 5 odzemnih mest (C-center, S-sever, V-vzhod, J-jug, Z-zahod) in naslednji postopek:

1. Vzorčevalca najdeta središče NGI ploskve (lokacijsko točko), ki je (praviloma) označena s kovinskim količkom.
2. Vzorčevalca se odmakneta od centra v smeri sever za 2 m, ki postane točka odvzema C-center. Nato od te točke določita še 4 odzemna mesta v vse štiri glavne smeri neba, ki so vsaj 5 m oddaljene od točke C, tako kot je prikazano na Slika 16: vzorčevalec A stoji nad središčem ploskve in s kompasom usmerja vzorčevalca B, ki v tej smeri na oddaljenosti 5 m (merski trak, ki je na enem koncu fiksiran na točki C) položi lesene okvirje z dimenzijami 25 cm × 25 cm na tla.
3. Izogibamo se vlakam, izvalom, podobnim lokacijam kjer različni procesi (premeščanje organske snovi, spiranje vode, erozija, zbijanje tal, ...) vplivajo na

razvoj tal, ki je drugačen od razvoja tal na lokacijah vzorčenja. Odvzemno mesto naj bi bilo od dreves in štorov oddaljeno vsaj pol metra, da vzorčena tla ne bi bila preveč prekoreninjena. Če je mesto za odvzem vzorcev neprimerno (drevo, skala, gosto grmovje ipd.), odvzemno mesto določimo v isti smeri do 1 m naprej. Če tudi to mesto ni primerno, gremo od tam en meter nazaj, itn. Odstopanje od standardne lokacije obvezno zabeležimo.

4. Na tem mestih vzorčevalec B izmeri debelino organskih horizontov in oceni skeletnost tega dela tal.
5. Medtem vzorčevalec A vpiše v obrazec podatke o vzorčnem mestu in odvzemnih mestih ipd. Če je potrebno, pomaga vzorčevalcu B, npr. meriti debelino organskih horizontov ipd.
6. Na izbranem odvzemnem mestu (začnemo npr. v centru) vzorčevalca s 4 aluminijastimi klini pritrđita lesen okvir (z notranjo velikostjo 25 cm × 25 cm) v tla.
7. Z nožem zarežemo po notranjem obodu okvirja, nato iz njegove notranjosti odvezamemo opad tako, da ga z orokavičenimi rokami naberemo v pladenj in ga nato stresemo v vrečko z etiketo, na kateri so vpisani podatki o ploskvi, vzorčevalnem mestu in vzorcu opada O_1 . (če gre hitreje, ga lahko nabereta tudi neposredno v vrečko), ki jo nato zavežeta.

Organski horizont je lahko sestavljen iz enega, dveh ali treh podhorizontov.

O_1 (litter = opad): za ta organski podhorizont je značilno, da ga sestavlja nakopičena organska snov, po poreklu večinoma iz listov, iglic, vejic, drevesnih plodov in lesnih ostankov. Izvirna struktura te biomase se večinoma še dobro razloči. Listje in/ali iglice je/so že lahko razbarvane in nezatno fragmentirane. Drobna organska substanca (v kateri se s prostim očesom ne razpozna izvirnega porekla) zavzema manj kot 10 % prostornine plasti. Ostankov, debelejših od **2 cm**, in živih organizmov (rastlin, živali, gob) ne nabiramo, ampak jih odstranimo iz vzorca!

8. Sledi odvzem ostalega dela organskega horizonta (če je prisoten). Tudi tega s pomočjo ročnega orodja najprej nabereta iz notranjosti okvirja v plastičen pladenj in ga nato streseta v plastično vrečko z etiketo, na kateri so vpisani podatki o lokacijski točki, odvzemnem mestu (smer neba, oddaljenost) in vzorcu preostalega dela organskega horizonta ($O_f + O_h$). Vzorec mora vsebovati ves material te plasti, tudi žive korenine (ki jih porežeta z vrtnimi škarjami) in morebitni skelet (npr. drobir, posamezno kamenje idr.). Ko je ves material plasti v vrečki, jo zavežeta.

V primerih, ko je debelina preostalega dela organskega horizonta ($O_f + O_h$) večja od **15 cm**, se njegov vzorec lahko vzame s cevasto sondo na treh mestih, kar se označi na etiketi in v obrazcu (napišemo: $3 \times \Phi 6,7$ cm). Tako se dobi dovolj vzorca v krajšem času.

O_f (fermentation = fermentacija): za ta organski podhorizont je značilno, da vsebuje nakopičeno delno razkrojeno (t.j. razločno razdrobljeno, pobledelo, pegasto do lisasto) organsko snov, po poreklu večinoma iz listov, iglic, vejic in lesnih ostankov. Drobna organska substanca zavzema 10 % do 70 % prostornine.

Oblika humusa je odvisna od vrste razkroja, ali ga izvaja predvsem talna favna (nastane mull = sprstenina in/ali moder = prhnina) ali glive, ki razkrajajo celulozo (nastane mor = surovi humus). Za počasen razkroj je značilna delno razkrojena kosmasta plast, prepletena s hifami.

O_h (humification = humifikacija): v tem organskem podhorizontu je nakopičena že razkrojena organska snov, pri kateri izvirna zgradba in poreklo ni več razvidno. Drobna organska substanca zavzema več kot 70 % prostornine. Od **O_f** horizonta se razlikuje po tem, da je zaradi delovanja talnih organizmov bolj humificiran. Praviloma je močno prekoreninjen. Če je suh, je večinoma sipke konsistence in prašnate oz. drobnomrvičaste strukture.

Često je težko najti mejo med **O_h** podhorizontom in pod njim ležečim **A** horizontom, pri katerem pa je humificirana organska snov večinoma že močno premešana z mineralno sestavino, zato je praviloma manj temnorjave barve in ima že zrnčasto do grudičasto strukturo ter večjo skeletnost.

9. Sledi odvzem kvantitativnih vzorcev mineralnega dela tal s sondo premera 6,7 cm iz globine 0-10 cm (ta vzorec označujemo z M01), 10-20 cm (M12), 20-30 cm (M23) in 30-40 cm (M34) – če so tla dovolj globoka. Za določanje prave globine od spodnjega dela sonde vzorčevalca z metrom odmerita in s flomastrom označita dolžine 10, 20, 30 in 40 cm.
10. Vzorčevalec A vloži glavo v vrh cevaste sonde, postavi sondo pravokotno na površino tal v lesenem kvadratu, iz katere je že odstranjen organski horizont in drži sondo v tem položaju, medtem ko vzorčevalec B s tolčenjem z batom po glavi sonde zabije sondo 10 cm globoko v tla (do barvne oznake). Vzorčevalec A kontrolira globino zabijanja in pravočasno opozori vzorčevalca B, kdaj je treba nehati z zabijanjem. Pri strmem terenu je potrebno upoštevati, da je sonda vedno pravokotna na tla.
11. Vzorčevalca izvlečeta sondo, iz nje streseta ali s pomočjo noža odstranita vzorec v vedro in ga nato pretreseta v plastično vrečko z etiketo, na kateri so vpisani

- podatki o ploskvi NGI, odvzemnem mestu in vzorcu (M01). Preverita, če je vrtina ustrezno globoka in če je v njej še ostal material, ki pripada vzorcu (npr. korenine), ga odzametata in vneseta v vrečko, dodata informacijsko etiketo.
12. Nato v 10 cm vrtino vložita sondo, jo zabijeta do globine 20 cm, izvlečeta, streseta vzorec v vedro, preverita, če je bil iz vrtine v njej še ostal material, ki pripada vzorcu in če je, ga poskusita odvzeti. Če je vzorčenje neuspešno, ga ponovita v notranjosti kvadrata na drugem mestu. Če so tla plitvejša od 20 cm, zabijeta sondo, do kamor se da, obvezno zabeležiata doseženo globino v obrazec ploskve in na etiketo vrečke ter dobljeni vzorec streseta v vrečko. Enako postopata do globine 30 in 40 cm.
 13. Po enakem postopku, kot je opisan za prvo odvzemno mesto, izvedeta vzorčenje tal tudi na ostalih odvzemnih mestih (Slika 16). Ko so v vrečki vzorci vseh odvzemnih mest iste globine, vrečko zavežeta.
 14. Na koncu preverita, če je obrazec za vpis podatkov o NGI, odvzemnih mestih in talnih vzorcih pravilno izpolnjen in s tem zaključita vzorčenje na tej NGI.
 15. Sledi jemanje vzorcev tal s Kopecky cilindri: zaradi večjega izkopa tal to storimo izven območja NGI ploskve vendar na čim bolj podobnih razmerah v neposredni bližini. Vzorce jemljemo na dveh mestih, ki so med seboj oddaljena vsaj 0,5 m v sredini globine horizonta, vendar ne globlje od 40 cm. Kopecky cilinder onačimo s številko ploskve, globino sredine višine cilindra in oznako paralelke (A ali B). Primer: na ploskvi 572 smo prvi Kopecky cilinder zabili na globini 22 cm. Oznaka na Kopeckyju: 572 - 24,5 cm - A.
 16. Vrečke z nabranimi talnimi vzorci in Kopecky cilindri še isti dan oddamo v Laboratorij za gozdno ekologijo GIS ali Centralnemu laboratoriju Kmetijskega inštituta Slovenije.
 17. Vzorčevalca ocenita skalovitost in kamnitost na ploskvi.
 18. Ploskev fotografiramo v vseh štirih smereh.

4.2 Metodologija in kazalniki snemanja za vzorčenje in opis urbanih tal in tal mokrišč

4.2.1 Izhodišča za vzpostavitev metodologije vzorčenja tal na urbanih tleh in mokriščih

Osnove metodologije vzorčenja tal na urbanih tleh in mokriščih v okviru projekta *Monitoring ogljika v gozdnih tleh, mokriščih in urbanih tleh* so skladna z navodili za vzorčenje tal LUCAS (European Commission. Joint Research Centre, 2017). Metodologijo smo prilagodili oz. nadgradili glede na potrebe in specifikne spremljanja stanja tal v Sloveniji oz. vsebino projektne naloge.

Za vzorčenje urbanih tal in mokrišč za izvajanje nalog Podnebnega sklada so za izvedbo pedoloških del na terenu zadolžene tri skupine po tri vzorčevalce, ki v okviru vzorčenja:

- izvajajo vzorčenje tal z lopato, do globine 30 cm, na vsakem od petih odzemnih mest,
- izvajajo vzorčenje neporušenih vzorcev tal s Kopeckyjevimi cilindri,
- ustrezno izpolnijo obrazec s podatki o vzorčnem mestu, odzemnih mestih in talnih vzorcih,
- dostavijo ustrezno označene vzorce tal v plastičnih vrečkah v Centralni laboratorij na Kmetijski inštitut Slovenije.

4.2.2 Pripomočki in orodja

4.2.2.1 Standardna terenska oprema za odvzem porušenih vzorcev tal

- podatki in zemljevid lokacije vzorčenja,
- terenski obrazec za vpis podatkov o vzorčevalni ploskvi, odzemnih mestih in talnih vzorcih,
- kompas,
- lopata z ravnim pravokotnim rezilom dolgim približno 30 cm,
- lopatka,
- plastični pladnji za nabiranje delnih vzorcev tal,
- plastična vedra za homogenizacijo delnih vzorcev,
- meter,
- nož, vrtno škarje, rokavice, s katerimi jemljemo talne vzorce,
- plastične vrečke (5-kilogramske),
- flomastri za označevanje globin na vedrih in za označevanje vrečk z vzorci,
- listki za vpis podatkov o datumu vzorčenja, vzorčni lokaciji, odzemnih mestih in odvzetih talnih vzorcih. Listke položimo v plastične vrečke z vzorci tal, na vrečke pa napišemo skrajšane podatke (lokacija vzorčenja, datum in globina) s flomastrom,

- fotoaparata.

4.2.2.2 Standardna terenska oprema za odvzem neporušenih vzorcev tal

- gumijasto kladivo za zabijanje markirnih količkov in Kopecky cilindrov;
- nabijalni bat za Kopeckyjeve cilindre;
- kovček s Kopeckyjevimi cilindri;
- oster nož za pripravo neporušenih vzorcev;
- lopatka,
- meter,
- nož, rokavice, flomastri, fotoaparata za fotografiranje vzorčne lokacije in talnega profila.

4.2.3 Vzorčna lokacija

4.2.3.1 Izbor vzorčnih mest za vzorčenje na urbanih tleh

Točke vzorčenja na urbanih tleh smo določili s pomočjo sistematične vzorčne mreže. V Atlasu okolja smo v večjih mestih po Sloveniji poiskali večje zelene površine (parke, dvorišča itd.). Pogoji so bili, da je zelena površina neprekinjena v premeru 30 m, kar smo preverili s funkcijo merjenja, ter da je raba tal s kodo 3000 (pozidano ali sorodno zemljišče).

4.2.3.2 Izbor vzorčnih mest za vzorčenje na mokriščih

Ker uradnega prostorskega podatka o območjih mokriščih v Sloveniji ni, smo ga za potrebe vzorčenja tal na mokriščih izdelali po lastni metodologiji. Uporabili smo tri sete podatkov, ki vsak s svojimi kriteriji opredeljuje mokrišča ali jih nakazuje preko posrednih indikatorjev. Uporabili smo naslednje vhodne podatke in kriterije:

- Prostorski podatek Rabe zemljišč (MKGP, stanje 31.7.2022), kjer je raba zemljišč barje (RABA_ID=4100) ali Trstičje (RABA_ID = 4210) ali Ostalo zamočvirjeno zemljišče (RABA_ID = 4220),
- prostorski podatek Pokrovnosti tal CORINE (CLC, 2018, ESA) kjer so celinska barja (CODE_18 = 411) ali slana močvirja (CODE_18 = 421),
- pedološko karto 1:25.000 (MKGP) kjer je talni tip (atribut TIP_TAL_TS) bodisi glej na organskem podtalju, bodisi so mineralno organska tla (molični glej), šotna tla nizkega barja ali šotna tla visokega barja.

Po omenjenem filtriranju podatkov smo dobili prostorske sloje mokrišč po rabi tal (rzmokrisca), mokrišč po CLC (clcmocvirja) in mokrišč na podlagi talnega tipa (tlamokrisca). Da bi ugotovili kje in koliko se med seboj prekrivajo smo podatke prekrili (Identity) ter jim pripisali rang mokrišč. Rang smo določili na naslednji način:

- Če je območje mokrišče zgolj po evidenci rabe zemljišč je prejel rang 1,

- če je območje mokrišče po evidenci rabe zemljišč in hkrati katerekoli druge evidence; bodisi del cilmocvirja ali tlamocvirja) je območje prejelo vrednost ranga 2,
- če je območje definirano kot mokrišče po vseh evidencah je območje prejelo vrednost ranga 3.

Iz sloja vseh mokrišč Slovenije (rzclctla_mokrisca) smo izbrali le tista, ki imajo površino večjo kot 400 m². Na ta način smo izločili vse manjša, za vzorčenje neprimerna območja. Vsem smo izračunali tudi indeks okroglosti ($C = 4 \pi A / P^2$), kjer je C okroglost lika, A njegova površina, P pa njegov obod (povzeto po Kastelic, 2020). Indeks okroglosti smo uporabili kot kriterij izbire v kasnejših korakih (glej opis spodaj).

Ker je bil cilj naloge prednostno vzorčiti mokrišča na Ljubljanskem barju smo zaradi zagotavljanja sorazmerne razporeditve vzorčnih lokacij sloj mokrišč v Sloveniji razdelili na območja mokrišč na Ljubljanskem barju ter mokrišča izven Lj. Barja. Kot območje Lj. Barja smo vzeli mejo za Ljubljansko barje, ki je zavedena v prostorskem sloju NATURA 2000 (ARSO).

Za izbor lokacij vzorčenja smo pregledali rezultate naše analize in sicer površine mokrišč na Lj. Barju in izven Lj. Barja. Skupno imamo v Sloveniji približno 498,2 ha mokrišč. Od tega jih je kar polovica z vrednostjo ranga 1, 41 % jih ima vrednost ranga 2 in samo 7 % takšnih z rangom vrednosti 3. Vsi z rangom 3 se nahajajo na območju Cerkniskega polja.

Zgolj 2 % (12,2 ha) od vseh mokrišč se nahaja na Lj. Barju. Če bi želeli zagotavljati sorazmernost vzorčnih mest na Ljubljanskem barju glede na površine mokrišč v celotni Sloveniji, bi bil numerus za vzorčenje na Lj. barju premajhen. Glede na cilj projektne naloge in strokovni presoji, da vzorčimo mokrišča s poudarkom Ljubljanskega barja smo zato na območju Ljubljanskega barja odločili, da izberemo 17 potencialno najprimernejših mokrišč za vzorčenje. Izbor smo opravili na podlagi kriterijev; zadostna površina zemljišča in pravilne, homogene oblike zemljišča, vrednost ranga iz pridobljenih prostorskih podatkov in DOF posnetkov. Cilj je bil, da izmed 17 potencialnih na Ljubljanskem barju vzorčimo 9 lokacij (5 na območju z rangom 1 in 4 na območju z rangom 2).

Območja mokrišč izven Ljubljanskega barja smo razdelili:

- na območja velikih mokrišč (mokr_velika), indeks okroglosti < 0,15 in površina > 6000 m²,
- na območja okroglih mokrišč (mokr_okrogla), indeks okroglosti > 0,71 in površina > 600 m².

Pripisali smo jim nov atribut TIPMOKR z vrednostmi »mokrišča-okroglo« ali »mokrišče-veliko«. Sloja smo združili v sloj primernih mokrišč za vzorčenje (mokr_primerno). Cilj

je bil vzorčiti tla na 16 mokrišč izven Lj. barja in sicer sorazmerno glede na površine mokrišč glede na rang, kar pomeni 14 na območju z rangom 2 in 2 na območju z rangom 3. Da bi zagotovili zadostno število lokacij v primeru zavrnitve dovoljenja lastnika za vzorčenje smo za kontaktiranje lastnikov izbrali skupno 30 potencialnih mokrišč (25 + 5). Dodaten kriterij pri izboru lokacij je bila tudi minimalna razdalja med mokrišči 2 km. Rezultat je sloj *mokr_izvenbarje_prosnja*, ki predstavlja potencialna mokrišča za vzorčenje tal izven Lj. barja.

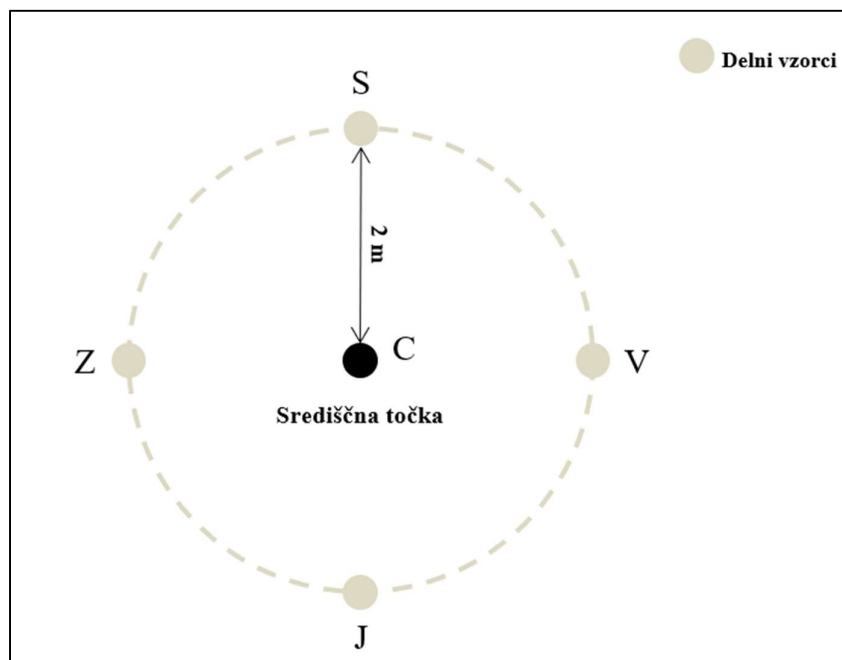
Vsa potencialna mokrišča za vzorčenje (*mokr_barje_prosnja* + *mokr_izvenbarje_prosnja*) smo združili v končni sloj *mokr_prosnja*. Na podlagi prekrivanja s podatkom Zemljiškega katastra (GURS) smo kot atribut pridobili podatek o številki parcele in katastrski občini. Na podlagi teh podatkov smo lahko pričeli z iskanjem kontaktov prek portala e-zemljiška knjiga ter pošiljanjem dovoljenj lastnikom zemljišč za vzorčenje.

4.2.4 Pridobivanje dovoljenj za dostop in vzorčenje na zemljiščih

S podatkom: št. katastrske občine in št. parcele smo v zemljiški knjigi poiskali lastnike zemljišč, ter jim posredovali dopis za dovoljenje za vzorčenje na njihovem zemljišču.

4.2.5 Določitev odvzemnih mest talnih vzorcev na vzorčni lokaciji

Vzorčenje poteka na vzorčni lokaciji, ki je omejena s središčno koordinato (Slika 16). Reprezentativni vzorec tal je sestavljen iz mešanice petih delnih vzorcev tal. Prvi delni vzorec je zbran v središčni točki (C) odvzemne lokacije, ostali štirje delni vzorci pa na razdalji 2 metra od središča po kardinalnih smereh (sever, vzhod, jug, zahod).



Slika 17: Vzročna lokacija z razporeditvijo odvzemnih mest – vzorčenje urbanih površin in mokrišč.

Slika 17 prikazuje primer določitve odvzemnih mest na urbanih površinah, v mestnem parku Magdalena v Mariboru.



Slika 18: Vzročna lokacija z razporeditvijo odvzemnih mest – vzorčenje urbanih površin in mokrišč

4.3 Postopek vzorčenja urbanih tal in tal mokrišč

4.3.1 Postopek vzorčenja porušenih vzorcev tal

Vzorčenje porušenih vzorcev tal poteka na naslednji način:

- V središču točke izkopljemo luknjo v obliki črke V, globoko 30 cm.
- Z lopato robove kocke zemlje, ki smo jo izkopal, obrežemo tako, da nam ostane kos zemlje, ki je 30 cm visok in 3-5 cm širok in dolg. Ta kos zemlje nato razrežemo, da dobimo maksimalno 3 delne vzorce tal (0-10 cm, 20-30 cm in 20-30 cm).
- Iz delnih vzorcev odstranimo vse ostanke vegetacije ter kamenje in nato delne vzorce položimo v vedra. Uporabljamo tri vedra, ki so označena glede na globino odvzetega delnega vzorca (0-10 cm, 10-20 cm in 20-30 cm).
- Enak postopek ponovimo na vseh štirih kardialnih smereh 2 m od središčne točke lokacije. Vse delne vzorce iste globine združimo v isto vedro in jih homogeniziramo z lopatko, da dobimo reprezentativen vzorec tal.
- Približno 500 g reprezentativnega vzorca nato premestimo v plastično vrečko in jo potrebno označimo z listkom (datum vzorčenja, projekt, lokacija, oznaka).

4.3.2 Merjenje skupne debeline organskih horizontov tal

Na vzorčnih lokacijah na organskih (največkrat šotnih) tleh izmerimo (ocenimo) tudi debelino organskih horizontov. Debelino organskih horizontov izmerimo na vseh petih odzemnih mestih iz katerih smo izkopal delne vzorce tal. Vedno začnemo na središčni točki (C). Debelino organskega horizonta izmerimo od vrha horizonta do dna horizonta s pedološkim metrom. Globino zabeležimo v terenski obrazec. Nato enak postopek ponovimo še v ostalih štirih luknjah/mini profilih (S, J, V, Z). Prav tako na terenski obrazec zapišemo debelino organskega horizonta iz rekonstruiranega profila s sondo.

4.3.3 Postopek vzorčenja neporušenih vzorcev tal

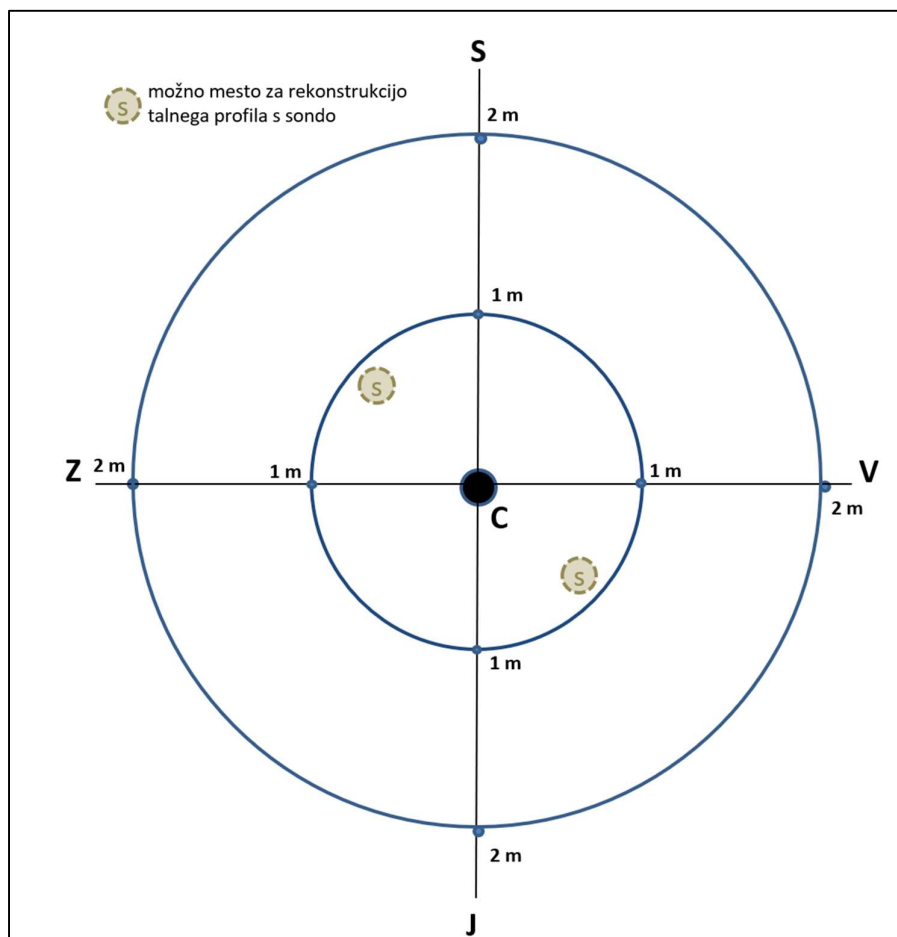
Vzorčenje neporušenih vzorcev tal s Kopeckyjevimi cilindri poteka na naslednji način:

- Na treh odzemnih mestih vzamemo tudi neporušen vzorec tal s Kopeckyjevim cilindrom za globine 0-10 cm, 10-20 cm in 20-30 cm (oz. kolikor dopušča globina tal).
- Od nivoja tal odmerimo 2 cm v globino za deklarirano globino 0-10 cm (12 cm za deklarirano globino 10-20 cm oz. 22 cm za deklarirano globino 20-30 cm) in to plast tal v vodoravni smeri odstranimo.

- S pomočjo gumiranega kladiva in nastavka za Kopeckyjeve cilindre navpično zabijemo Kopeckyjev cilinder do točke, da je njegov zgornji rob cca 0,5 cm pod nivojem tal.
- Z nožem previdno odrežemo tla na spodnji strani Kopeckyjevega cilindra.
- Vzorec s cilindrom previdno obrnemo in z nožem poravnamo/odrežemo tla, ki segajo čez spodnji rob cilindra.
- Cilinder na spodnjem delu zapremo s PE pokrovčkom.
- Obrnemo in previdno odstranimo nastavek za Kopeckyjeve cilindre.
- Z nožem previdno odrežemo tla, ki segajo čez zgornji rob cilindra in gladko poravnamo/zagladimo površino tal ravno z robom cilindra.
- Cilinder na zgornji strani zapremo s PE pokrovčkom.
- Na cilinder z vodoodpornim flomastrom napišemo:
 - kodo vzorčnega mesta,
 - smer neba,
 - globino odvzetega vzorca; in
 - št. cilindra (npr. LJ1-S-0010-1).
- Postopek vzorčenja s Kopeckyjevimi cilindri ponovimo v vseh naslednjih globinah.
- Vse vzorce tal oddamo v laboratorij za analize.

4.3.4 Rekonstrukcija talnega profila s sondo.

Rekonstrukcijo talnega profila naredimo približno 1 m od središčne točke vzorčenja. Profil lahko s sondo rekonstruiramo na enem izmed mest kot je označeno na spodnji sliki (18). Opis in debelino horizontov zabeležimo v terenski obrazec in rekonstruiran profil poslikamo.



Slika 19: Možni lokaciji za rekonstrukcijo talnega profila s sondo.

4.4 Zapisnik vzorčenja

4.4.1 Izdelava zapisnika vzorčenja

- Zapisnik vzorčenja izdelamo tako, da v celoti izpolnimo terenski obrazec za vzorčenje tal na urbanih tleh ali mokriščih.
- Vzorčevalec terenski obrazec podpiše.
- Terenski obrazec pregleda in po potrebi uskladi oz. dopolni odgovorna oseba.
- Po končanem terenskem vzorčenju naredimo kopijo terenskega zapisnika in ga shranimo v arhiv.

4.5 Pridobivanje dovoljenj

Za vzorčenje na urbanih tleh in mokriščih smo po določitvi vzorčnih lokacij sestavili dopis, ki smo ga poslali lastnikom zemljišč. S tem dopisom smo zaprosili za dovoljenje za vzorčenje na njihovem zemljišču. Pridobivanje dovoljenj je bilo zelo dolgotrajno, saj se veliko lastnikov dolgo časa ni odzvalo na dopise, ki smo jih poslali. Prav tako so v

veliki meri bili lastniki zemljišč Mestne občine, pri katerih je postopek pridobivanja dovoljenja za vzorčenje bolj dolgotrajen kot pri fizičnih osebah.

4.6 Prikaz terenskega dela

4.6.1 Vzorčenje urbanih tal



Slika 20: Določitev odvzemnih mest za vzorčenje na urbanem zemljišču - lokacija: Magdalenski park Maribor (foto: E. Zagorac)

Slika 19 prikazuje tipično lokacijo urbanega zemljišča – mestni park Maribor. Na sliki je vidnih pet odvzemnih mest, ki so označena s črkami C, S, J, V, Z.



Slika 21: Vzorčenje na urbanem zemljišču, lokacija – Mestni park Maribor (foto: E. Zagorac).

Slika 20 prikazuje tipično lokacijo urbanega zemljišča – mestni park, kjer vzorčevalca vzorčita s Kopeckyjevimimi cilindri (neporušeni vzorec tal).



Slika 22: Izkop luknje z lopato na urbanem zemljišču, lokacija – dvorišče ob šoli v Kranju (foto: E. Zagorac).

Slika 21 prikazuje mini profil na urbanih površinah. Iz tega mini profila je bila izkopana gruda tal, iz katere smo dobili delni vzorec tal.



Slika 23: Ostanek folije, ki smo jo našli ob izkopu mini profila na urbanem zemljišču, lokacija Ljubljana (foto: E. Zagorac).

Slika 22 prikazuje pogost artefakt (v rdečem krogu) na urbanih površinah. Ostali artefakti, ki se pogosto pojavljajo na urbanih površinah so: ostanki stekla, opeke, vrečke za smeti, keramika, živilske embalaže.

4.6.2 Vzorčenje mokrišč



Slika 24: Izkop luknje z lopato na mokrišču, lokacija – Podčetrtak (foto: E. Zagorac).

Slika 23 prikazuje mokra mineralna tla (močan glej/amfiglej) s prepletenimi koreninami in plitvo organsko snovjo.

5 Laboratorijske analize talnih vzorcev

V vzorcih tal, ki smo jih odvzeli na izbranih vzorčnih mestih, smo analizirali naslednje parametre:

- masa tal,
- masa skeleta,
- masa korenin,
- vlaga zračno-suhih tal,
- pH tal v 0,01 M CaCl₂,
- vsebnost C_{tot}, C_{org}, C_{min} in N_{tot} (tot: celokupni, org: organski, min: mineralni)

Vzorci iz Kopecky cilindrov:

- navidezna gostota tal (BD).

Za lažjo komunikacijo, dostopnost in arhiviranje podatkov smo na Gozdarskem inštitutu vzpostavili hrambo podatkov v oblaku. Tja so se nalagali vsi dokumenti, navodila, obrazci (prazni in izpolnjeni) in fotografije, ki so povezane z Nalogo 1.

V GDrive <povezava> se odpre nova mapa z imenom

Ploskev_<št. Ploskve>_<opisno_ime_ploskve>

Datoteke je potrebno ustrezno poimenovati.

- za fotografije:

<št.ploskve>_llllmdd_<smerneba>.jpg (Npr: 573_20220518_S.jpg)

- za terenski obrazec:

<št.ploskve>_TO.jpg (npr.: 573_TO.jpg/.pdf)

- Kopecky vzorčenje:

<št.ploskve>_K.jpg (573_K.jpg)

Do oblaka in tam shranjenih podatkov lahko prosto dostopajo vsi partnerji, ki sodelujejo pri nalogi.

5.1 Priprava podatkov in izračun ocene zalog ogljika v tleh

Vse podatke laboratorijskih analiz vzorcev tal smo uredili v preglednice. Oblikovali smo relacijsko bazo podatkov, kjer smo podatke vzorcev tal povezali s podatki točk vzorčenja na terenu. Specifično težo tal za vsak sloj po globinah smo izračunali kot povprečno vrednost rezultatov specifične teže vsakega neporušenega vzorca.

Zaloge ogljika v tleh izražamo kot maso ogljika na določeni površini (običajno 1 ha) in določeni globini (npr. 0–10 cm).

Za izračun smo vzeli naslednje vhodne podatke:

- vsebnost organskega ogljika v tleh v izbrani globini tal (0–10 cm, 10–20 cm, 20–30 cm, 30–40 cm), ki smo jih dobili iz laboratorijskih analiz talnih vzorcev in jih izrazili v masnih %.
- gostota tal oz. gostota talnih delcev brez skeleta na izbrani globini tal (0–10 cm, 10–20 cm, 20–30 cm, 30–40 cm). Podatek o gostoti smo dobili s tehtanjem posušenega vzorca tal iz Kopeckyjevega cilindra in ga izražamo v g/cm^3 ali kg/m^3 .
- volumski delež skeleta na izbrani globini tal (0–10 cm, 10–20 cm, 20–30 cm, 30–40 cm), izražen v %.

Za natančnejšo oceno zalog ogljika v tleh smo upoštevali tudi oceno deleža skalovitosti na izbrani ploskvi. Z neupoštevanjem deleža skeleta in skalovitosti lahko precenimo dejanske zaloge ogljika v tleh.

Zalogo ogljika v tleh zapišemo z Enačbo 1, za preračun skupne zaloge ogljika v tleh na vzorčno mesto pa uporabimo Enačbo 2.

Enačba 1: Enačba za izračun zaloge organskega ogljika v tleh za določen sloj tal

$$\mathbf{SOCzal_{sloj} = SOC_{sloj} \times \rho_{sloj} \times DEB_{sloj} \times CRF_{sloj}}$$

SOCzal_{sloj} = zaloga organskega ogljika (t/ha) v sloju tal

SOC_{sloj} = delež organskega ogljika (masni %) v sloju tal

ρ_{sloj} = povprečna volumska gostota tal/navidezna specifična teža sloja tal (g/cm^3)

DEB_{sloj} = debelina sloja za katerega izračunavamo (cm)

CRF_{sloj} = korekcijski faktor za skeletnost/kamnitost; $1 - (\text{vol \% skeleta}/100)$

Enačba 2: Enačba za preračun skupne zaloge ogljika v tleh na vzorčnem mestu

$$\mathbf{SOCzal = \sum_1^n SOCzalsloj}$$

SOC_{zal} = skupna zaloga organskega ogljika v tleh (t/ha)

SOCzal_{sloj} = zaloga organskega ogljika (t/ha) v sloju tal

n = število slojev tal

5.2 Metodologija in kazalniki snemanja za izračun dinamike kroženja organskega ogljika v gozdu z modelom YASSO20 (DS 2)

5.3 Opis

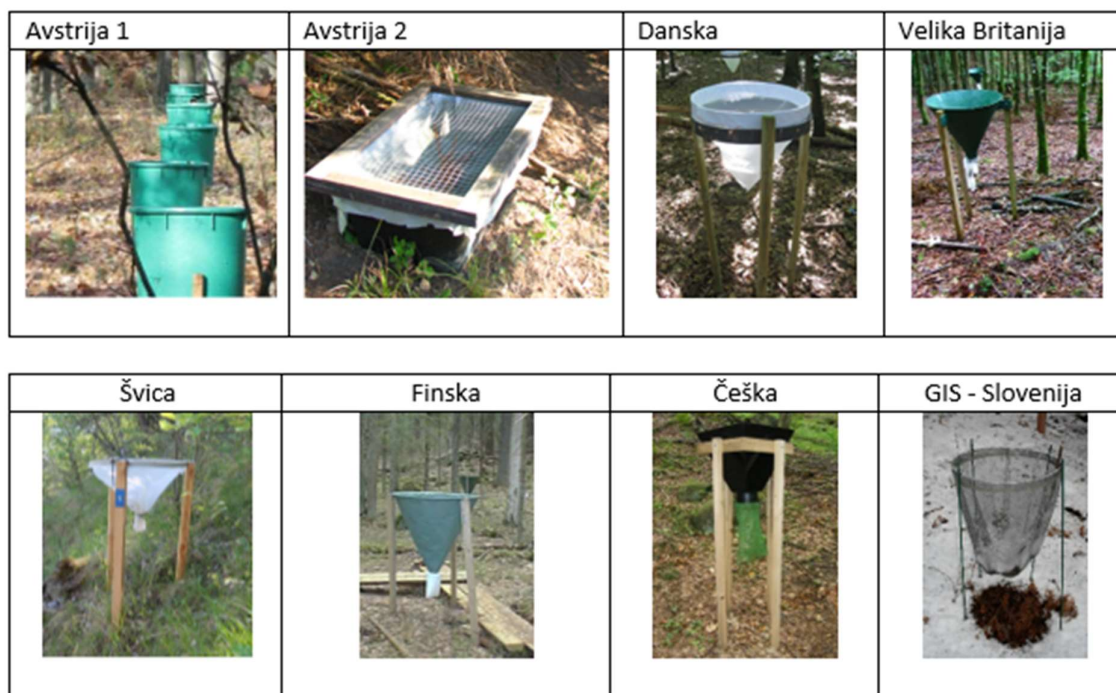
V okviru DS2 Naloge 1 smo izvedli vzorčenje opada v gozdovih, kar nam je s pomočjo lokalnih meteoroloških podatkov (temperatura, padavine), omogočalo modeliranje spremembe zaloge organskega ogljika v mineralnem delu tal in opadu. Vzorčenje smo izvajali dve vegetacijski sezoni. Meteorološke parametre smo agregirali na enak časovni interval kot vzorčeni opad in s pomočjo Yasso 20 modela pridobili informacijo o spremembi organskega ogljika v mineralnem delu tal in opadu.

5.4 Protokol dela

Opad smo vzorčili na desetih stalnih ploskvah intenzivnega monitoringa (IMGE) (Slika 14), ki se še spremljajo po letu 2010. V okviru Naloge 1 nam objekti služijo za izračun dinamike kroženja organskega ogljika v gozdu.

5.5 Izbira primernega lovilca za opad

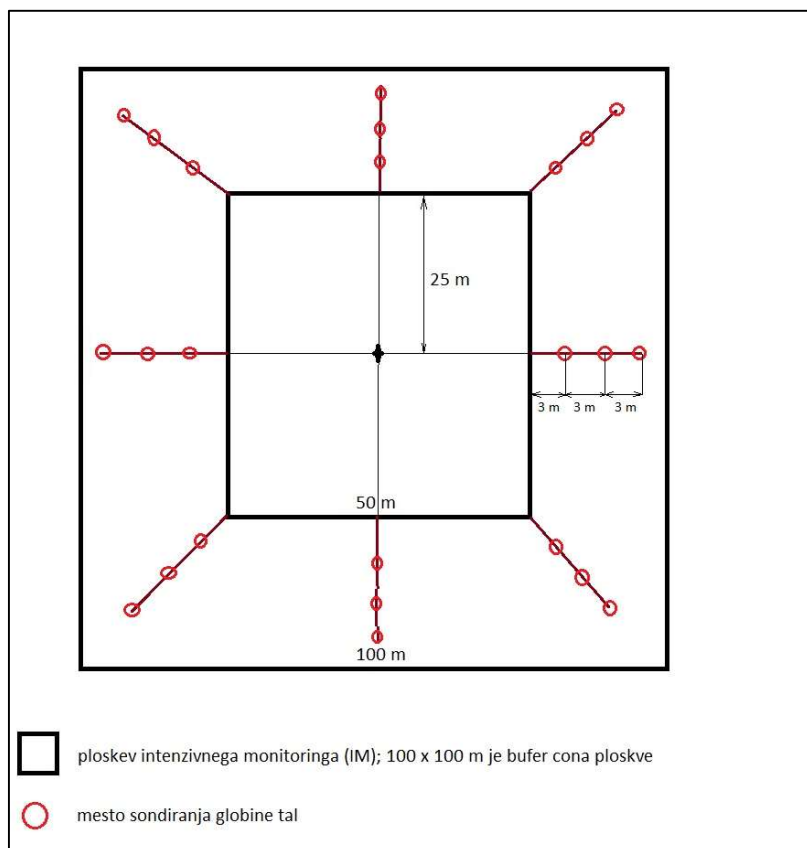
V preteklih raziskavah so raziskovalci Gozdarskega inštituta Slovenije (GIS) vzorčili opad na 10 mestih s koši izdelanimi iz mreže z rastrom 1 mm, premerom cca 61 cm in globino cca 80 cm. Po pregledu rešitev ostalih držav (Slika 25) smo ugotovili, da je za naše razmere (sneg, veter, relativno veliko padavin) najbolj optimalno uporabljati že obstoječo rešitev GIS. Ker smo želeli vzorčevalno površino povečati na 4 m², število košev pa zaradi pobiranja opada zmanjšati, smo koš povečali na premer 80 cm in jih za vsako ploskev izdelali 8.



Slika 25: Rešitve prestrezanja opada v gozdnih ekosistemih po Evropi.

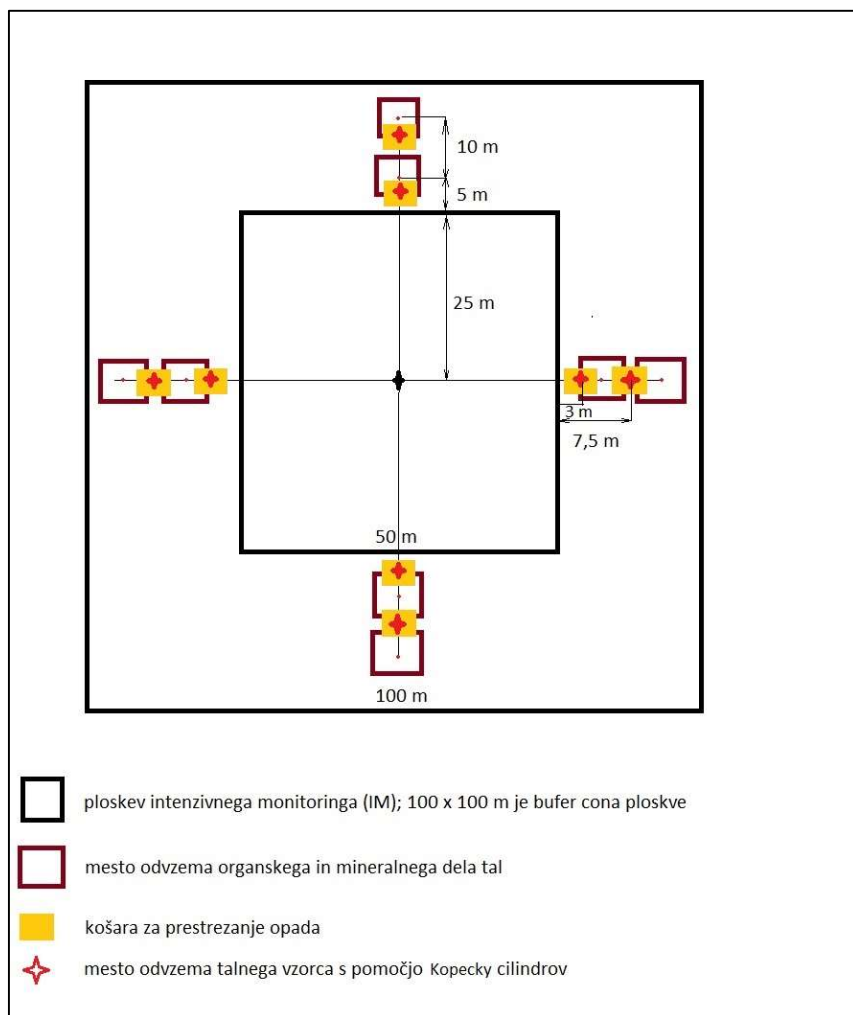


Slika 26: Postavljanje košev za prestrezanje opada na IM ploskvi Krucmanove konte na Pokljuki. Na sliki sta vidna dva koša od osmih. Pod košem je vidno mesto odvzema kvantitativnih vzorcev tal, kjer s pomočjo lesenega okvirja in sonde vzamemo vzorce tal z znanim volumnom iz organskega in mineralnega dela tal.



Slika 27: Shematski prikaz mest sondiranja za ugotavljanje globine tal na ploskvah IMGE.

Znotraj ploskve (Slika 28) je vzorčenje potekalo na 8 vzorčnih mestih, skladno z vzorčenjem gozdnih tal za določitev zaloga ogljika v mineralnem delu tal in v opadu.



Slika 28: Shema lokacij vzorčenja tal in prestrezanje opada na ploskvah IMGE.

Terenski obrazec ob pobiranju opada

Ploskev: _____

Popisovalec: _____

Datum: _____

Osnovne informacije:

- Število vzorčevalnikov na ploskvah: 8
- Površina vzorčevalnika: 0.5 m² (premer 80 cm)
- Koši morajo biti označeni s tablicami od 1 do 8.
- Pozor: ploskve niso orientirane S – J. Označevanje se začne pri dveh koših in sledi urinemu kazalcu.
- **Večje veje se prereže in spravi v vrečo.**
- **Vsebina iz košev na eni ploskvi se lahko združuje v skupno vrečo!**
- **Označi vrečo!**

Potrebna oprema:

- Večja plastična posoda ("škaf");
- Vrečke za smeti (okoli 100l, da lahko stresamo direktno iz posode);
- Vezice za večkratno uporabo (gumjaste);
- Vezice navadne (črne so bolj UV obstojne);
- Tablice za označevanje in grafitni svinčnik
- Rezervne koše in nosilne palice (vsaj 4 komplete)
- Kladivo (vsaj 0.5kg)
- Male škarje za vezice
- Vrtnarske škarje
- Rokavice za enkratno uporabo ob vzorčenju

V tabeli na shemi označite stanje posameznega koša in morebitno zamenjavo.

Št. koša	Vodoraven [0°-90°]	Zamenjava [DA, NE]
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		

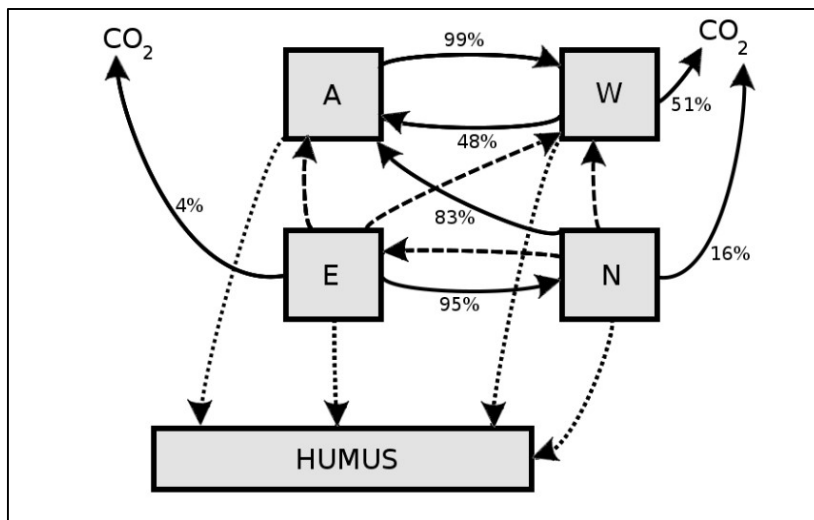
Slika 29: Terenski obrazec ob pobiranju opada

5.6 Sušenje in ločevanje opada

Vzorčeni opad smo po praznjenju košev glede na izbrani termin prinesli v Laboratorij za gozdno ekologijo (LGE) Gozdarskega Inštituta Slovenije. Opad smo posušili na zraku (oz. pri največ 40 °C) in ga razvrstili na štiri frakcije, kot predvideva model Yasso20: 1) iglice, 2) listi in 3) veje in vejice (les) in 4) ostalo.

5.7 Vhodni podatki modela Yasso20

Model Yasso20 temelji na štirih osnovnih predpostavkah o dekompoziciji opada (razkroj organske snovi) in kroženju ogljika v tleh (Slika 30): 1) Opad je sestavljen iz štirih osnovnih skupin organskih spojin (sladkorji, celuloze, vosku podobne spojine in ligninu podobne spojine), ki se razkrajajo s svojo hitrostjo, neodvisno od izvora. 2) Dekompozicija katere koli skupine lahko povzroči nastanek ogljikovega dioksida (CO₂), drugih sestavljenih skupin in humusa. 3) Hitrost dekompozicije je odvisna klimatskih razmer (temperatura in vlaga/padavine). 4) Opad večjih dimenzij, predvsem lesni opad, upočasnjuje dekompozicijo. Za pretvorbo suhe mase opada v ogljik bomo uporabili faktor 0,5 (Thomas in Martin, 2012) in tako podatke pretvorili v enote (g C/m²/mesec oz. g C/m²/leto).



Slika 30: Diagram poteka modela Yasso20 in relativne velikosti masnih tokov

Za ocenjevanje zalog organskega C v mineralnih tleh in časovno dinamiko zalog C, Yasso20 zahteva informacije o masi vnosa odmrle organske snovi (tj. opad in mrtev les) in meteoroloških podatkov (povprečne mesečne temperature in letna količina padavine). Razgradnja različnih komponent vnosov (listi, iglice, veje in ostali opad) je modelirana na podlagi njihove kemične sestave, velikosti lesnih delov, vremenskih razmer in stopnjo razgradnje. Komponenta je lahko netopna (N), topna v etanolu (E), v vodi (W) ali kislini (A). Podatke o deležih v vodi, etanolu in kislinah topnih snovi v posamezni vrsti opada in glede na drevesno vrsto smo povzeli po literaturi (Datoteka: 20190420_MaoETAL_Yasso07_SupplementaryMaterial-II_Database for the meta-analysis of wood and litter chemical composition).

5.8 Meteorološki podatki

Podatke o povprečni mesečni temperaturi in letni količini padavin smo pripravili za leto 2022. Leto 2023 se v času priprave poročila še ni zaključilo in podatki bi tako bili nepopolni. Podnebni scenarij po RCP4.5 kaže, da se bo povprečna letna temperatura v Sloveniji do leta 2070 dvignila za 2 °C. Predvideva se povečanje količine padavin v vzhodni polovici Slovenije. Pričakovana je sezonska prerazporeditev padavin iz zimskega v poletno obdobje (www.euro-cordex.net/). Na podlagi omenjenega scenarija RCP4.5 smo pripravili vhodne letne meteorološke podatke od leta 2022 do leta 2070 za modeliranje dinamike ogljika na izbranih ploskvah. Kot primer so v preglednici (Preglednica 4) prikazani meteorološki podatki za leto 2022 in pa podatki za vsako deseto leto do leta 2070 po scenariju RCP4.5.

Preglednica 4: Primer vhodnih letnih meteoroloških podatkov od leta 2022 do leta 2070 za modeliranje dinamike ogljika na izbranih ploskvah

Ploskev	Leto	Minimalna temperatura zraka [°C]	Povprečna temperatura zraka [°C]	Maksimalna temperatura zraka [°C]	Letna količina padavin [mm]
1 - Pokljuka	2022	-2,69	5,88	15,61	1567,1
1 - Pokljuka	2030	-2,48	6,10	15,84	1562,2
1 - Pokljuka	2040	-2,16	6,41	16,14	1549,5
1 - Pokljuka	2050	-1,86	6,71	16,43	1544,2
1 - Pokljuka	2060	-1,55	7,01	16,73	1524,2
1 - Pokljuka	2070	-1,26	7,30	17,03	1525,6
10- Krakovski gozd	2022	0,32	11,36	20,83	920,7
10- Krakovski gozd	2030	0,56	11,58	21,06	922,9
10- Krakovski gozd	2040	0,86	11,89	21,37	929,5

10- Krakovski gozd	2050	1,16	12,19	21,67	937,6
10- Krakovski gozd	2060	1,45	12,49	21,96	946,1
10- Krakovski gozd	2070	1,76	12,79	22,27	933,4
11 - Murska Šuma	2022	-0,02	10,79	20,24	743,9
11 - Murska Šuma	2030	0,20	11,01	20,48	751,6
11 - Murska Šuma	2040	0,52	11,32	20,76	755,5
11 - Murska Šuma	2050	0,82	11,62	21,07	770,9
11 - Murska Šuma	2060	1,11	11,92	21,37	789,8
11 - Murska Šuma	2070	1,42	12,22	21,67	794,6
12 - Tratice	2022	-1,81	6,22	15,45	1174,5
12 - Tratice	2030	-1,57	6,44	15,66	1181,3
12 - Tratice	2040	-1,27	6,75	15,99	1188,8
12 - Tratice	2050	-0,99	7,04	16,27	1183,9
12 - Tratice	2060	-0,68	7,35	16,59	1192,0
12 - Tratice	2070	-0,38	7,65	16,87	1218,7
2 - Fondek	2022	0,68	10,18	21,00	1390,5
2 - Fondek	2030	0,89	10,39	21,21	1376,4
2 - Fondek	2040	1,22	10,71	21,54	1381,6
2 - Fondek	2050	1,50	11,00	21,84	1328,9
2 - Fondek	2060	1,81	11,31	22,13	1322,0
2 - Fondek	2070	2,12	11,61	22,43	1368,3
3 - Gropajski Bori	2022	3,03	13,44	25,49	1238,5
3 - Gropajski Bori	2030	3,27	13,66	25,70	1228,9
3 - Gropajski Bori	2040	3,56	13,96	26,02	1218,1
3 - Gropajski Bori	2050	3,87	14,26	26,33	1192,0
3 - Gropajski Bori	2060	4,16	14,57	26,62	1167,7
3 - Gropajski Bori	2070	4,46	14,87	26,92	1143,1
4 - Brdo	2022	0,05	11,07	22,16	1187,6
4 - Brdo	2030	0,27	11,29	22,37	1181,1
4 - Brdo	2040	0,58	11,60	22,69	1175,7
4 - Brdo	2050	0,87	11,90	22,98	1171,9
4 - Brdo	2060	1,17	12,20	23,29	1152,3
4 - Brdo	2070	1,48	12,50	23,58	1143,6
5 - Borovec	2022	0,59	10,23	19,89	1289,4
5 - Borovec	2030	0,83	10,46	20,10	1282,5
5 - Borovec	2040	1,12	10,75	20,41	1278,4
5 - Borovec	2050	1,41	11,06	20,73	1275,9
5 - Borovec	2060	1,71	11,36	21,03	1261,0
5 - Borovec	2070	2,02	11,65	21,31	1263,0
8 - Lontovž	2022	-0,31	8,63	18,20	1409,9
8 - Lontovž	2030	-0,09	8,85	18,42	1407,4
8 - Lontovž	2040	0,21	9,16	18,74	1400,9
8 - Lontovž	2050	0,53	9,46	19,03	1378,7

8 - Lontovž	2060	0,83	9,76	19,33	1373,7
8 - Lontovž	2070	1,12	10,06	19,63	1362,8
9 - Travljska gora	2022	0,25	9,28	18,79	1340,6
9 - Travljska gora	2030	0,48	9,50	19,00	1333,7
9 - Travljska gora	2040	0,78	9,81	19,31	1321,7
9 - Travljska gora	2050	1,08	10,11	19,61	1330,4
9 - Travljska gora	2060	1,37	10,40	19,92	1300,5
9 - Travljska gora	2070	1,67	10,71	20,21	1316,0

5.9 Podatki o začetnem stanju zaloge ogljika v gozdnih tleh

Ob postavitvi lovilnih košev za opad smo pod koši vzorčili tla za pridobitev podatkov o količini ogljika v mineralnem in organskem delu tal. V preglednici (Preglednica 5) so podatki, ki smo jih uporabili v modelu Yasso20 kot izhodiščno stanje.

Preglednica 5: Uporabljeni podatki v modelu Yasso20 kot izhodiščno stanje

Ploskev	Skupna količina ogljika v tleh (C_{tot}) [g C/m ²]	SD C_{tot} [g C/m ²]	% C_{tot} topno v kislini	% C_{tot} topno v vodi	% C_{tot} topno v etanolu	% C_{tot} netopnega	% humusa v C_{tot}
1 - Pokljuka	9766,27	3159,21	0,12	0,14	0,00	0,07	0,67
10- Krakovski gozd	11227,56	1446,32	0,03	0,03	0,00	0,02	0,92
11 - Murska Šuma	10025,85	2097,64	0,04	0,04	0,00	0,03	0,89
12 - Tratice	17486,72	4258,94	0,05	0,04	0,00	0,03	0,88
2 - Fondek	2498,62	763,91	0,25	0,18	0,00	0,16	0,42
3 - Gropajski Bori	1671,47	373,55	0,30	0,18	0,00	0,15	0,37
4 - Brdo	8081,72	949,51	0,11	0,11	0,00	0,06	0,72
5 - Borovec	6489,19	2008,24	0,04	0,04	0,00	0,03	0,89
8 - Lontovž	7067,99	3289,52	0,06	0,05	0,00	0,03	0,86
9 - Travljska gora	6898,04	3549,78	0,05	0,04	0,00	0,02	0,89

5.10 Podatki o letnem vnosu ogljika v gozdna tla preko opada

V času trajanje Naloge 1, vezano na financiranje v letih 2022 in 2023, smo opad vzorčili 16 mesecev; to je od junija 2022 do oktobra 2023. Po sušenju, ločevanju opada na

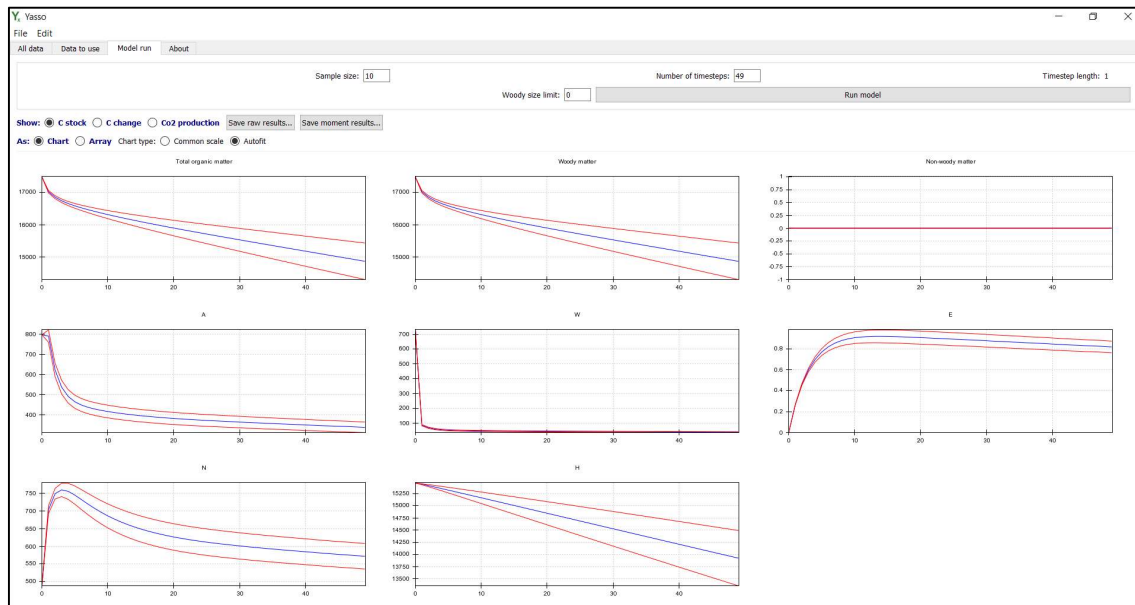
frakcije in tehtanju smo izračunali kakšen bi bil povprečen vnos opada na posamezno ploskev za obdobje enega leta. Predpostavili smo, da je to konstanten letni vnos ogljika za obdobje 2022-2070. Podatki so v preglednici (Preglednica 6).

Preglednica 6: Ocena povprečnega vnosa opada na posamezno ploskev za obdobje enega leta

Ploskev	Frakcija	Količina ogljika v opadu (C_{litter}) [g C/m^2]	% C_{litter} topno v kislini	% C_{litter} topno v vodi	% C_{litter} topno v etanolu	% C_{litter} netopnega	Povprečen premer vejic [cm]
1 - Pokljuka	iglice	56,12	0,37	0,42	0,00	0,21	
1 - Pokljuka	ostalo	42,81	0,37	0,42	0,00	0,21	
1 - Pokljuka	vejice	9,27	0,70	0,02	0,01	0,28	0,25
10- Krakovski gozd	listi	181,37	0,38	0,39	0,00	0,23	
10- Krakovski gozd	ostalo	62,73	0,38	0,39	0,00	0,23	
10- Krakovski gozd	vejice	56,25	0,66	0,06	0,05	0,23	0,32
11 - Murska Šuma	listi	243,77	0,38	0,39	0,00	0,23	
11 - Murska Šuma	ostalo	66,44	0,38	0,39	0,00	0,23	
11 - Murska Šuma	vejice	47,35	0,66	0,06	0,05	0,23	0,29
12 - Tratice	iglice	54,75	0,37	0,42	0,00	0,21	
12 - Tratice	listi	63,61	0,42	0,31	0,00	0,27	
12 - Tratice	ostalo	56,25	0,40	0,36	0,00	0,24	
12 - Tratice	vejice	21,65	0,72	0,02	0,01	0,24	0,25
2 - Fondek	listi	122,72	0,42	0,31	0,00	0,27	
2 - Fondek	ostalo	27,47	0,42	0,31	0,00	0,27	
2 - Fondek	vejice	78,66	0,75	0,02	0,02	0,21	0,33
3 - Gropajski Bori	iglice	144,28	0,47	0,29	0,00	0,24	
3 - Gropajski Bori	listi	23,63	0,36	0,50	0,00	0,14	
3 - Gropajski Bori	ostalo	100,59	0,47	0,29	0,00	0,24	
3 - Gropajski Bori	vejice	38,06	0,66	0,04	0,05	0,25	0,33
4 - Brdo	iglice	78,09	0,43	0,39	0,00	0,18	
4 - Brdo	listi	0,32	0,38	0,39	0,00	0,23	
4 - Brdo	ostalo	69,84	0,40	0,39	0,00	0,21	
4 - Brdo	vejice	18,56	0,72	0,01	0,01	0,26	0,26
5 - Borovec	listi	138,38	0,42	0,31	0,00	0,27	
5 - Borovec	ostalo	56,91	0,37	0,34	0,00	0,29	
5 - Borovec	vejice	32,44	0,75	0,02	0,02	0,21	0,37
8 - Lontovž	iglice	4,59	0,37	0,42	0,00	0,21	
8 - Lontovž	listi	96,75	0,42	0,31	0,00	0,27	
8 - Lontovž	ostalo	66,66	0,40	0,36	0,00	0,24	
8 - Lontovž	vejice	18,84	0,72	0,02	0,01	0,24	0,28
9 - Travljska gora	iglice	7,60	0,32	0,37	0,00	0,31	
9 - Travljska gora	listi	85,53	0,42	0,31	0,00	0,27	

9 - Travljska gora	ostalo	30,68	0,40	0,39	0,00	0,21	
9 - Travljska gora	vejice	316,30	0,75	0,02	0,02	0,21	0,76

5.11 Primer rezultatov modeliranja



Slika 31: Primer rezultata modeliranja z modelom Yasso20 preko uporabniškega vmesnika

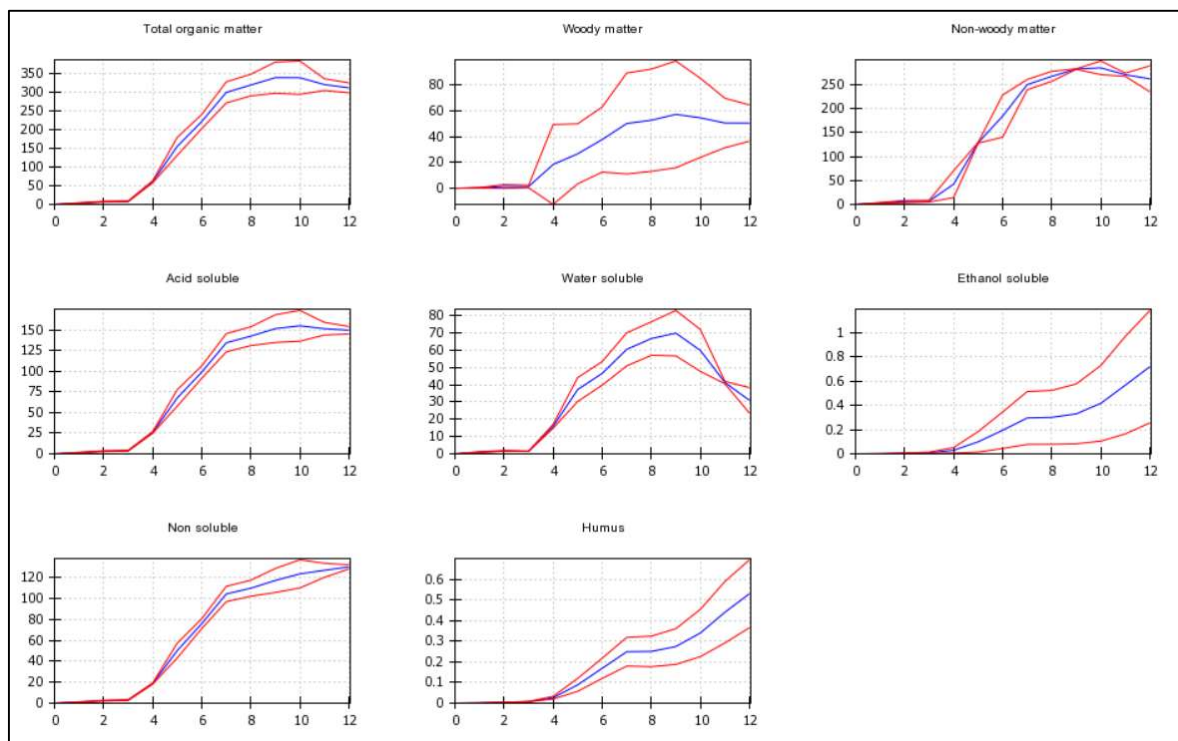
V nadaljevanju podajamo primer rezultatov iz ploskve Fondek (02), kjer smo opad vzorčili v sezonah 2016 in 2017 na mesečnem nivoju in pa na letnem nivoju med leti 2005 in 2018. Žal je to delo v tem obsegu opravljeno le za 1 ploskev. Cilj novo postavljenega vzorčenja v DS2 **Naloga 1 je vzpostavitev dolgoročnega spremljanja opada, saj nam le tovrstni podatki omogočajo izgradnjo zanesljivih modelov spremembe zalog ogljika v tleh, ki lahko vsebujejo tudi podnebne scenarije do npr. leta 2100.**

V preglednici (Preglednica 7) so v stolpcu Input of carbon (litter) prikazane **mesečne vrednosti** celotnega vnosa ogljika preko opada za obdobje od maja 2016 do aprila 2017. V ostalih stolpcih najdemo modelirane vrednosti ogljika, ki je izšel iz sistema v obliki heterotrofne respiracije (dihanje heterotrofnih organizmov ob razgradnji opada;) in pa modelirane vrednosti celotne kumulativne spremembe organske mase v tleh na mesečni ravni.

Preglednica 7: Podatki za opad za obdobje od maja 2016 do aprila 2017

Month- Year	vnos ogljika (opad)		heterotrofno dihanje		Skupna organska snov	
	[g C/m ² /month]	SD	[g C/m ² /month]	SD	[g C/m ² /month]	SD
May-16	4,2	2,65	0,4	0,05	3,9	0,50
Jun-16	4,8	2,98	0,9	0,08	7,7	0,47
Jul-16	1,6	0,99	0,8	0,03	8,5	0,44
Aug-16	56,3	35,21	5,1	0,01	59,8	1,37
Sep-16	102,6	64,20	15,4	1,01	146,9	12,01
Okt-16	102,6	64,20	20,7	0,74	228,8	9,45
Nov-16	81,4	51,11	20,1	0,19	290,1	14,13
Dec-16	20,4	12,78	0,9	0,11	309,6	14,52
Jan-17	20,5	11,71	5,2	0,62	324,9	20,88
Feb-17	13,6	7,81	14,9	1,31	323,7	22,34
Mar-17	13,6	7,81	21,8	0,83	315,5	7,83
Apr-17	20,5	11,71	18,8	1,35	317,1	6,63

Na sliki (Slika 31) je prikazan neposredni rezultat modela Yasso. Prva vrsta grafikonov predstavlja grafični prikaz spremembe kumulativne vrednosti organske snovi in sicer skupno, v lesu in v listnem opadu. Grafikoni v drugi in tretji vrsti pa predstavljajo skupno spremembo organske snovi v tleh po posameznih labilnih skupinah organskega ogljika (ki so še vedno topne v vodi, etanolu in kislinah ali so netopne) in bolj stabilnim humusom.



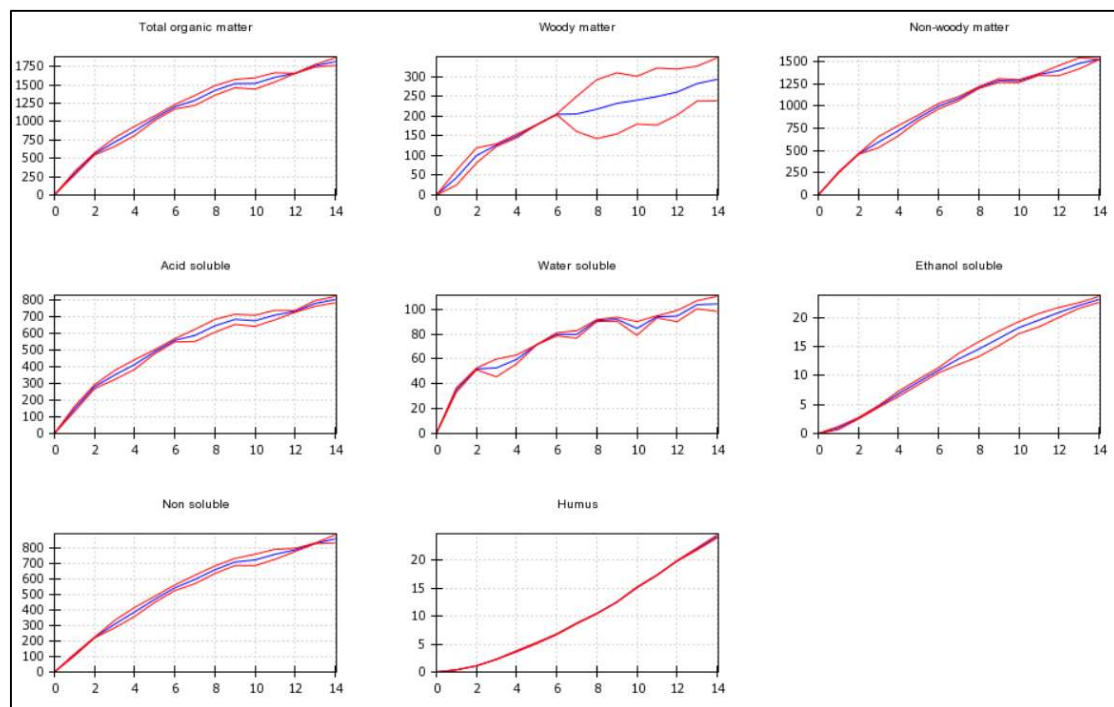
Slika 32: Pregled rezultatov modela Yasso (primer izpisa) – po mesecih

V preglednici (Preglednica 8) so v stolpcu Input of carbon (litter) prikazane **letne vrednosti** celotnega vnosa ogljika preko opada za obdobje od leta 2005 do 2018. V ostalih stolpcih najdemo modelirane vrednosti ogljika, ki je izšel iz sistema v obliki heterotrofne respiracije (dihanje heterotrofnih organizmov ob razgradnji opada) in pa modelirane vrednosti celotne kumulativne spremembe organske mase v tleh.

Preglednica 8: Letne vrednosti celotnega vnosa ogljika preko opada za obdobje 2005-2018

Year	vnos ogljika (opad)		heterotrofno dihanje		skupna organska snov	
	[g C/m ² /year]	SD	[g C/m ² /year]	SD	[g C/m ² /year]	SD
2005	399,0	31,79	96,4	1,06	302,6	38,13
2006	405,2	32,29	153,6	17,36	554,2	32,30
2007	411,4	32,78	225,1	24,09	740,5	45,91
2008	417,6	33,28	263,6	25,04	894,5	60,20
2009	423,8	33,77	261,4	37,64	1056,9	55,20
2010	430,1	34,27	275,3	7,16	1211,7	42,80
2011	432,1	34,43	332,4	4,32	1311,4	60,80
2012	434,1	34,59	299,5	39,24	1445,9	82,42
2013	436,1	34,75	345,2	38,66	1536,8	85,30

2014	438,1	34,91	428,9	39,03	1546,0	90,80
2015	440,1	35,07	361,5	32,53	1624,6	60,30
2016	442,1	35,22	409,0	54,39	1657,7	40,10
2017	444,1	35,38	348,6	52,99	1753,1	38,20
2018	446,1	35,54	365,1	44,91	1834,1	55,20



Slika 33: Pregled rezultatov modela Yasso (primer izpisa) – po letih

Po naših izračunih se je količina ogljika v humusu v 14 letih povečala za 24,4 g ogljika na m². To pomeni, da v povprečju, ob našem načinu gospodarjenja (v bukovih gozdovih, Fondek, na podobnih nadmorskih višinah) vsako leto v tla shranimo **1,7 g ogljika na m²**. To ustreza **17 kg C/ha/leto**. Če ta ogljik pretvorimo v prirastek na hektar, pomeni to približno 35 kg suhega lesa/ha/leto kar ustreza prirastku (ob gostoti suhe bukovine 660 kg/m³) 0,06 m³/ha/leto!

Po podatkih Zavoda za gozdove Slovenije je površina gozdov v letu 2017 znašala 1.182.278 hektarjev. Če predpostavimo, da smo pravilno izračunali povprečje glede shranjevanje ogljika v gozdna tla preko opada (listje, vejice, storži ...), in ni kakšnih izrednih dogodkov, potem velja, da vsako leto v gozdna tla shranimo približno 20.000 ton ogljika.

5.12 Kontrola podatkov in vnos v skupno informacijsko platformo

Za vzorčenje opada smo pripravili poseben popisni obrazec, ki bo vključeval tudi informacije o stanju na ploskvah in o stanju vzorčevalnih košev. Na ta način bomo zagotovili kvalitetne podatke z znanim izvorom in metapodatki. Suhe mase in analize LGE GIS se bodo shranjevale v skupno podatkovno platformo s talnimi podatki. Povezovanje podatkov o zalogah ogljika v tleh in o spremembi zaloge modelirane z modelom Yasso (<https://en.ilmatietaenlaitos.fi/yasso-description>) je namreč ključno, saj zaloga v tleh ob postavitvi košev za lovljenje predstavlja izhodiščno stanje. Na ta način je po daljšem časovnem obdobju (npr. 10 let) možna kontrola modela Yasso s ponovnim vzorčenjem zaloge ogljika v tleh na posamezni lokaciji.

5.13 Informacijska podpora in zasnova informacijskega sistema

V okviru Naloga 3 smo pripravili zasnovo informacijskega sistema For-Plat za spremljanje vplivov podnebnih sprememb na procese v gozdnih tleh in vpliv na rast dreves kot podpora oziroma sinergijske učinke za poročanje za sektor LULUCF za gozdarstvo. S tem sistemom se bo omogočilo kredibilno obračunavanje in poročanje o vplivu podnebnih sprememb na emisije in odvzeme toplogrednih plinov za gozdna tla ter hkrati preverjalo napredek pri doseganju podnebnih ciljev.

Informacijski sistem bo imel uporabniške vmesnike za uvoz, izvoz, pregledovanje in prikaz podatkov, ter relacijsko podatkovno bazo z vsemi zbranimi podatki s terena in iz laboratorijskih analiz.

V zasnovi informacijskega sistema projekta Monitoring ogljika v gozdnih tleh, mokriščih in urbanih tleh smo predvideli združevanje podatkov pridobljenih v okviru projekten naloge s splošnimi podatki o merilnih mestih oziroma ploskvah monitoringa v gozdu ter s podatki in kartami tudi iz drugih virov (npr. ARSO, MKGP, ZGS) z možnostjo navajanja vira teh podatkov pri izpisih in poročanju.

Platforma, ki se pripravljala v okviru Naloga 3, bo omogočala javni dostop do določenih agregiranih podatkov in poročil za potrebe naročnika, ministrstev, strokovnjakov, izobraževalnih ustanov, splošne javnosti, medijev, itd.

V okviru Naloga 1 se je informacijski sistem Fro-Plat uporabljal za vnos podatkov zbranih na terenu in pridobljenih pri laboratorijskih analizah, njihovo agregacijo in obdelavo ter prikaz.

Poleg informacijskega sistema bodo s pomočjo programa ArcGis pripravljene določene podlage in informacije o odvzemnih mestih ter izdelane pregledne karte, ki nam služijo za interpretacijo rezultatov analiz.

6 Izvedba uvajalnih seminarjev, usposabljanje terenskih ekip, priprava laboratorijskih ekip

V sklopu priprav na izvajanje nalog v okviru Naloge 1: Monitoring ogljika v gozdnih tleh, mokriščih in urbanih tleh smo izvedli dva uvajalna seminarja, usposobili in uskladili vodje terenskih ekip ter usposobili dodatno sodelavko za opravljanje laboratorijskih analiz v Laboratoriju za gozdno ekologijo na Gozdarskem inštitutu Slovenije.

Uvajalni terenski seminar, kjer smo preizkusili metodologijo vzorčenja avtomorfni in hidromorfni tal smo izvedli 20. 4. 2022 na območju Rožnika in Rožne doline (Slika 34, Slika 35).



Slika 34: Terenska delavnica oz. uvajalni seminar vzorčenja gozdnih tal na Rožniku (Datum: 20. 4. 2022, foto: P. Simončič)



Slika 35: Terenska delavnica oz. uvajalni seminar vzorčenja tal mokrišč na mokrotnem travniku v Rožni dolini (Datum: 20. 4. 2022, foto: P. Simončič)

Usposabljanje terenskih ekip smo opravili 12. 5. 2022. Vsi sodelujoči (sodelavci Gozdarskega Inštituta Slovenije, Kmetijskega inštituta Slovenije ter ostali pogodbeni sodelavci) smo se na usposabljanju seznanili z metodologijo dela na terenu, v laboratoriju in metodologijo izračunavanju zaloga ogljika v tleh. Seznanili smo se s časovnico dela, načinom izvedbe terenskih del ter uskladili metodološka vprašanja zajema podatkov.

7 Izvedba krožnega laboratorijskega testa za vse morebitne partnerje

V projektu Monitoring ogljika v gozdnih tleh, mokriščih in urbanih tleh sta sodelovali dve inštituciji: Gozdarski inštitut Slovenije in Kmetijski inštitut Slovenije, vsaka s svojim laboratorijem, ki opravljata analizo parametrov, ki so opredeljeni v zahtevi naloge (pH v CaCl₂, C_{org}, N_{tot}). Gozdarski inštitut Slovenije opravlja tovrstne analize v Laboratoriju za gozdno ekologijo (LGE GIS), Kmetijski inštitut pa v Centralnem laboratoriju KIS (CL KIS).

Rezultati analiz so eden izmed bistvenih delov celotnega projekta, saj je od kakovosti izvedbe analiz in uporabo pravih metod odvisen končen rezultat projekta. Zato je vloga analitskih laboratorijev izredno pomembna.

Laboratorij mora izpolnjevati splošne zahteve o delovanju laboratorijev (standard kakovosti v laboratorijih SIST EN ISO/IEC 17025:2017). Te zahteve obsegajo zagotavljanje ustreznih prostorov in nadzor nad njimi, imeti usposobljeno osebje, ustrezne, vzdrževane in validirane aparature in uporabo dovoljenih standardnih postopkov, v kolikor obstajajo. Cel proces in udejstvovanje prej naštetih deležnikov se odraža v rezultatu posamezne analize, ki je posledica delovanja laboratorija. Svoje delovanje mora laboratorij tudi preverjati, da lahko z določeno stopnjo zaupanja poda svoje rezultate. To lahko opravlja na različne načine, ki se med seboj dopolnjujejo. Ena najbolj celostnih preverjanj laboratorija je zagotovo sodelovanje v krožnem testu. Pri preverjanju te vrste ne preverjamo posameznega analitika, aparature ali metode, ampak preverimo delovanje celotnega stroja laboratorija in zajamemo njegovo celotno variabilnost.

V krožno analizo smo vključili pet različnih porušanih vzorcev tal s preverjeno (znano) vrednostjo analiziranih parametrov (Preglednica 9). Vzorci so bili sicer realni vzorci tal, pridobljeni v Sloveniji, Turčiji, Avstriji, Hrvaški in Latviji.



Slika 36: Pet vzorcev tal za vrednotenje laboratorijev s krožnim testom.

Med oba sodelujoča laboratorija smo razdelili 5 porušenih vzorcev tal različnih kemijskih in fizikalnih značilnosti. Tem vzorcem je bilo potrebno določiti pH (v 0,01 M CaCl₂), organski ogljik (C_{org}) in skupni dušik (N_{tot}). Rezultate je bilo potrebno v primeru podajanja organskega ogljika in celokupnega dušika podajati na maso pri 105 °C. Vzorci so bili v aprilu 2022 razdeljeni med oba sodelujoča laboratorija. V vzorcih krožne analize smo analizirali parametre, ki smo jih analizirali tudi v preostalih vzorcih za potrebe naloge.

7.1 Vrednotenje in primerjava rezultatov krožne analize tal

Ker so bili vzorci že analizirani v neki drugi shemi krožnega testa (ICP Forests), smo poznali prave oz. povprečne vrednosti za analizirane parametre. Na podlagi v naprej dogovorjenega ustreznega intervala (privzeto po ICP Forests, Fürst et al. 2020) smo ustrezno ovrednotili dobljene rezultate (Preglednica 9).

Preglednica 9: Predpisani kriteriji za standardni odmik v programu ICP Forests, prave vrednosti in meje sprejemljivosti glede na vrednosti za posamezen vzorec. V oklepajih so navedeni sprejemljivi intervali zaupanja.

Parameter	Recovery (%)	Vzorec A	Vzorec B	Vzorec C	Vzorec D	Vzorec E
pH (-)	95-105	4,16 (3,95-4,37)	7,54 (7,16-7,92)	3,79 (3,60-3,98)	4,12 (3,91-4,33)	3,00 (2,85-3,15)
C_{org} (g/kg)	80-120 (85-115 za vzorec E)	6,74 (5,39-8,09)	Zaradi velikega sipanja rezultati niso bili vrednoteni	10,10 (8,08-12,12)	12,35 (9,88-14,82)	531,8 (452,0-611,6)
N_{tot} (g/kg)	70-130 (90-110 za vzorec E)	0,78 (0,55-1,01)	0,47 (0,33-0,61)	0,88 (0,62-1,14)	1,04 (0,73-1,35)	8,44 (7,60-9,28)

7.2 Uporabljene analitske metode

Eden izmed temeljev in osnov pravilnega in standardiziranega rezultata je uporaba standardov, še najbolj mednarodnih, ki so preverjeni na vseh nivojih v različnih okoliščinah. Značilnost analitskega dela je, da so se tekom zgodovine analiz na določen parameter metode razvijale v večih smereh. Posledica je, da imamo lahko za en parameter več veljavnih mednarodnih standardov, ni pa to pravilo.

Metoda za določevanje pH tal je pri obeh laboratorijih enaka, t.j. SIST ISO 10390:2006 Kakovost tal – Določevanje pH z enako suspenzijsko raztopino (0,01 M raztopino CaCl₂). Pri določanju organskega ogljika LGE GIS uporablja kombinacijo SIST ISO 10694:1996 Kakovost tal - Ugotavljanje organskega in skupnega ogljika po suhem sežigu (elementna analiza) in SIST EN ISO 10693:2014 (oz. SIST ISO 10693:1996) Kakovost tal Določevanje karbonatov - Volumetrijska metoda, v kolikor izmerjeni pH tal vzorca presega vrednost 5,5. CL KIS organski ogljik določa z neposredno metodo, SIST ISO 14235:1999 Kakovost tal - Določevanje organskega ogljika z oksidacijo v kromžvepleni kislini.

Pri določanju skupnega dušika LGE GIS izvaja analize po metodi SIST ISO 13878:1999 Kakovost tal – Določevanje skupnega dušika po suhem sežigu (elementna analiza), CL KIS pa po metodi SIST ISO 11261:1996 Kakovost tal - Ugotavljanje skupnega dušika - Modificirana Kjeldahlova metoda.

Povzetek uporabljenih standardov je v preglednici (Preglednica 10).

Preglednica 10: Seznam pedoloških parametrov in laboratorijskih analiz za vzorce tal obeh sodelujočih laboratorijev.

Parameter	Uporabljen standard	Uporaba
Priprava vzorca (sušenje, trenje, sejanje)	ISO 11464:2006	oba
Suha snov / Vsebnost vode	ISO 11465:1993	oba
pH v 0,01 M CaCl₂	ISO 10390:2006	oba
Skupni dušik (N)	ISO 11261:1996 oz. ISO 13878:1999	CL KIS LGE GIS
Organski ogljik/Organska snov	ISO 14235:1999 oz. ISO 10694:1996 skupaj z ISO 10693:2014	CL KIS LGE GIS LGE GIS

7.3 Rezultati krožne analize

Rezultate krožne analize, zbrane iz laboratorijev sodelujočih inštitucij (LGE GIS, CL KIS) smo shranili v digitalni arhiv. Opravili smo kontrolni pregled celovitosti in logičnosti zbranih podatkov ter jih ovrednotili (Preglednica 11 Preglednica 1).

Rezultati krožne analize so pokazali, da je delovanje obeh laboratorijev pri analizi pH tal ustrezno, saj so bili vsi rezultati znotraj dovoljenih intervalov.

Pri analizi organskega ogljika v tleh je LGE GIS poročal rezultate v ustreznih intervalih za vse štiri vzorce, medtem ko so bile poročane vrednosti CL KIS ustrezne v 75 %, kar je še vedno zadovoljivo (uspešnost mora biti več kot 50 %).

Pri analizi celokupnega dušika v tleh je LGE GIS poročal rezultate v ustreznih intervalih za tri od petih vzorcev (60 % uspešnost), medtem ko so bile poročane vrednosti CL KIS ustrezne v vseh petih primerih.

Preglednica 11: Rezultati krožne analize sodelujočih laboratorijev

Parameter	Recovery (%) / laboratorij	Vzorec A	Vzorec B	Vzorec C	Vzorec D	Vzorec E
pH (/)	95-105	4,16 (3,95-4,37)	7,54 (7,16-7,92)	3,79 (3,60-3,98)	4,12 (3,91-4,33)	3,00 (2,85-3,15)
	LGE GIS	4,16	7,51	3,80	4,11	3,02
	CL KIS	4,31	7,65	3,78	4,08	2,99
C _{org} (g/kg)	80-120 (85-115 za vzorec E)	6,74 (5,39-8,09)	Zaradi velikega sipanja rezultati niso bili vrednoteni	10,10 (8,08-12,12)	12,35 (9,88-14,82)	531,8 (452,0-611,6)
	LGE GIS	7,3		10,0	12,9	537,0
	CL KIS	8,6		11,4	13,9	489,0
N _{tot} (g/kg)	70-130 (90-110 za vzorec E)	0,78 (0,55-1,01)	0,47 (0,33-0,61)	0,88 (0,62-1,14)	1,04 (0,73-1,35)	8,44 (7,60-9,28)
	LGE GIS	0,89	0,84	0,96	1,15	10,2
	CL KIS	0,85	0,53	0,90	1,10	8,31

S pomočjo krožne analize in tako dobljenih rezultatov (Preglednica 11) smo še pred prvimi analizami vzorcev z izbranih ploskev preverili ustreznost opremljenosti sodelujočih laboratorijev, usposobljenosti kadra ter primernost infrastrukturnih kapacitet za ustrezno določitev pH, organskega ogljika in celokupnega dušika. Rezultati so pokazali, da sta oba laboratorija ustrezno usposobljena. Pri analizah, kjer rezultati niso bili 100 % zadovoljivi, pa smo bili tekom projekta še posebej pozorni na morebitne odklone vrednosti analiziranih internih referenčnih materialov.

8 Rezultati

8.1 DS 1 - vzorčenje tal za oceno zaloge organskega ogljika v tleh (gozdna zemljišča, mokrišča, naselja)

8.1.1 Gozdna tla

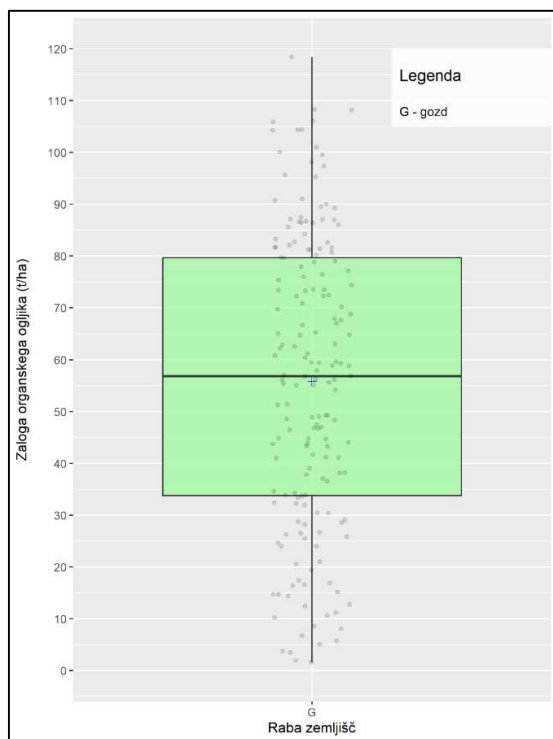
Na podlagi 1022 vzorcev tal, ki smo jih odvzeli v letih 2022 in 2023 in ki so zajemali organski in mineralni del tal do 40 cm (kjer je globina tal to dopuščala), smo dobili rezultate za celokupni organski ogljik (C_{org}) v tleh (t/ha), delež dušika (N) v tleh (%), C/N razmerje, pH tal ter vsebnost organske snovi v tleh (%).

8.1.1.1 Zaloga organskega ogljika (C_{org}) v gozdnih tleh

V izračun za povprečno zalogo organskega ogljika v tleh so zajeti vsi talni tipi, ki so značilni za naše gozdove: distrična rjava tla, evtrična rjava tla, glejna tla, pseudoglejna tla, izprana tla, obrečna tla, ranker, rendzina in rjava pokarbonatna tla.

Izračunana povprečna zaloga ogljika v gozdnih tleh (organski horizonti in mineralni del tal do globine 40cm) na 200 vzorčnih mestih znaša 65,06 t/ha (Slika 35). Za gozdna tla je značilna velika variabilnost teh vrednosti, saj je količina organskega ogljika odvisna od tipa tal, razvojne stopnje tal, skeletnosti, globine in skalovitosti. Po oceni skalovitosti iz podatkov NFI (nacionalna gozdna inventura) za vzorčnem mesto smo ustrezno zmanjšali volumen gozdnih tal, kar vpliva na skupno količino ogljika za izbrano globino na površino tal (ha).

V preglednici (Preglednica 12) so podane še dodatne vrednosti izmerjenih količin organskega ogljika v tleh. Vidimo lahko, da je minimalna vrednost, ki je bila ugotovljena na eni od ploskev 2,11 t/ha, maksimalna 167,15 t/ha. Standardni odklon znaša 35,5 t/ha.

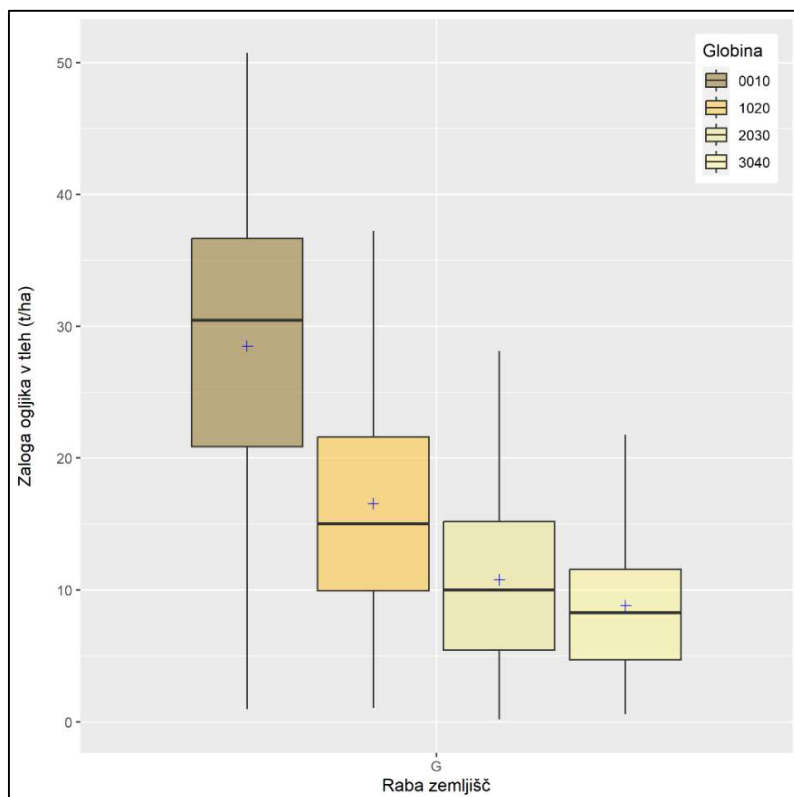


Slika 37: Povprečna zaloga organskega ogljika (C_{org})v gozdnih tleh znaša 56,06 t/ha.

Preglednica 12: Osnovni statistični parametri, ki prikazujejo količino C_{org} v gozdnih tleh v organskem in mineralnem delu tal do globine 40 cm na vseh vzorčnih mestih.

N ploskev	AVG. (t/ha)	Min. (t/ha)	Max. (t/ha)	Med. (t/ha)	SD	KV
200	65,06	2,11	167,15	64,14	35,50	54,56

Povprečna zaloga organskega ogljika v mineralnem delu gozdnih tal po globinah upada. Slika 38 nam prikazuje, da je najvišja povprečna količina C_{org} v globini od 0 do 10 cm in znaša 28,48 t/ha. Najnižje povprečne vrednosti zalog C_{org} so na globini med 30 do 40 cm in v povprečju znašajo 8,8 t/ha (Preglednica 13).



Slika 38: Povprečna zaloga organskega ogljika (C_{org}) v različnih globinah vseh preučevanih tipov gozdnih tal do globine 40 cm.

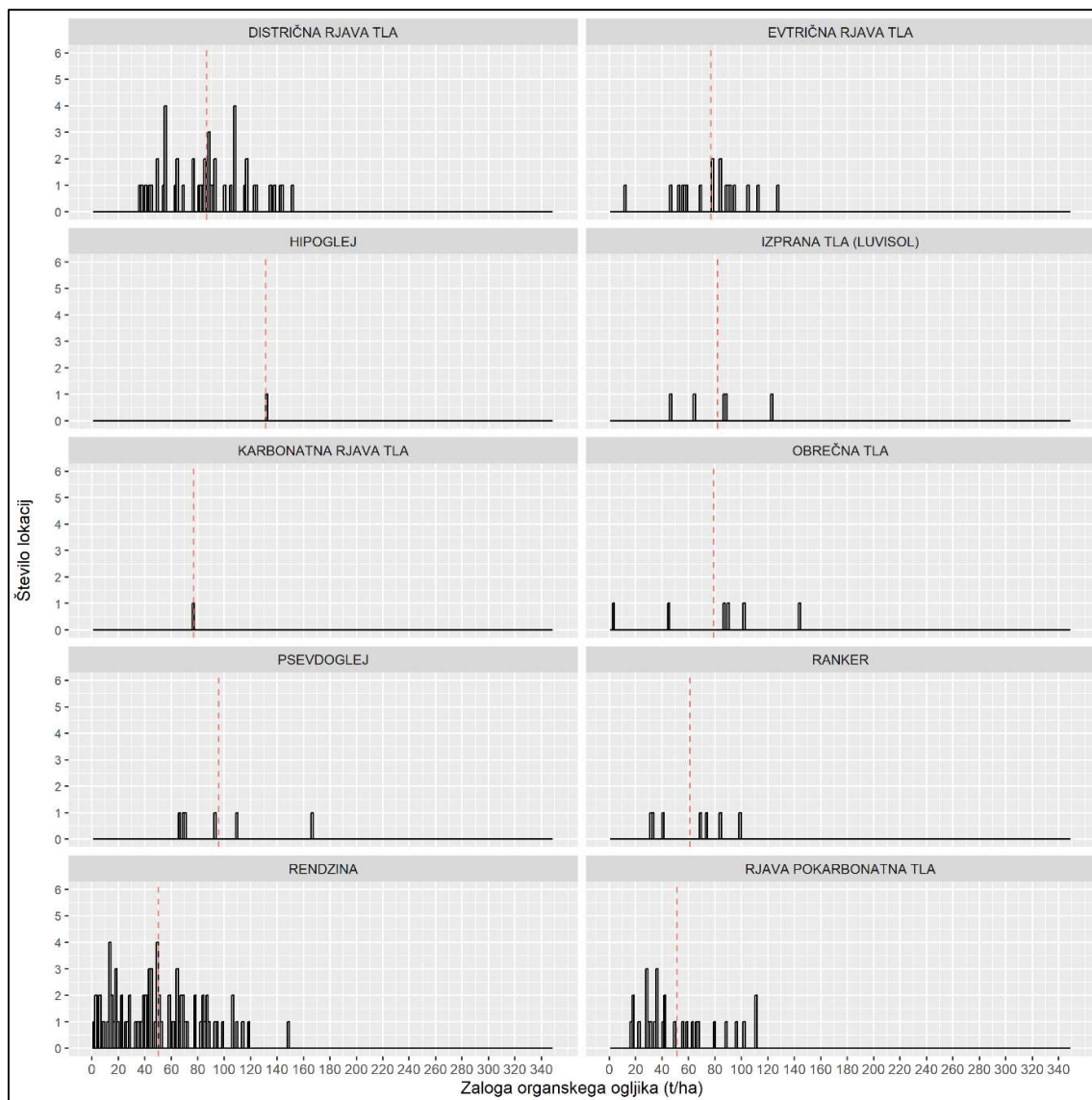
Preglednica 13: Osnovni statistični parametri, ki podajajo vrednosti za količine C_{org} po posameznih globinah tal. Do globine 40 cm.

Globina (cm)	N (združeni vzorci)	AVG (t/ha)	Min (t/ha)	Max (t/ha)	Med (t/ha)	SD	KV
00-10	184	28,48	0,96	50,74	30,46	11,36	39,88
10-20	168	16,56	1,04	50,35	15,01	9,51	57,47
20-30	150	10,77	0,18	30,70	10,00	6,59	61,23
30-40	129	8,80	0,59	28,64	8,29	5,43	61,75

Različni tipi tal imajo različno pedogenezo (razvoj tal), odvisni so od geomorfoloških značilnosti terena, geološke podlage, razvojne stopnje, globine tal ipd. Ugotavljamo, da so zaloge C_{org} v posameznih tipih tal zelo različne in močno variirajo (Slika 39,

Preglednica 14). Vrednosti variirajo med posameznimi tipi tal, pa tudi znotraj samih tipov. Slednje se najbolje vidi na primeru talnega tipa rendzin, kjer povprečna vrednost C_{org} znaša 50,14 t/ha, znotraj tipa pa so absolutne vrednosti C_{org} od 2,11 do 149,14 t/ha (

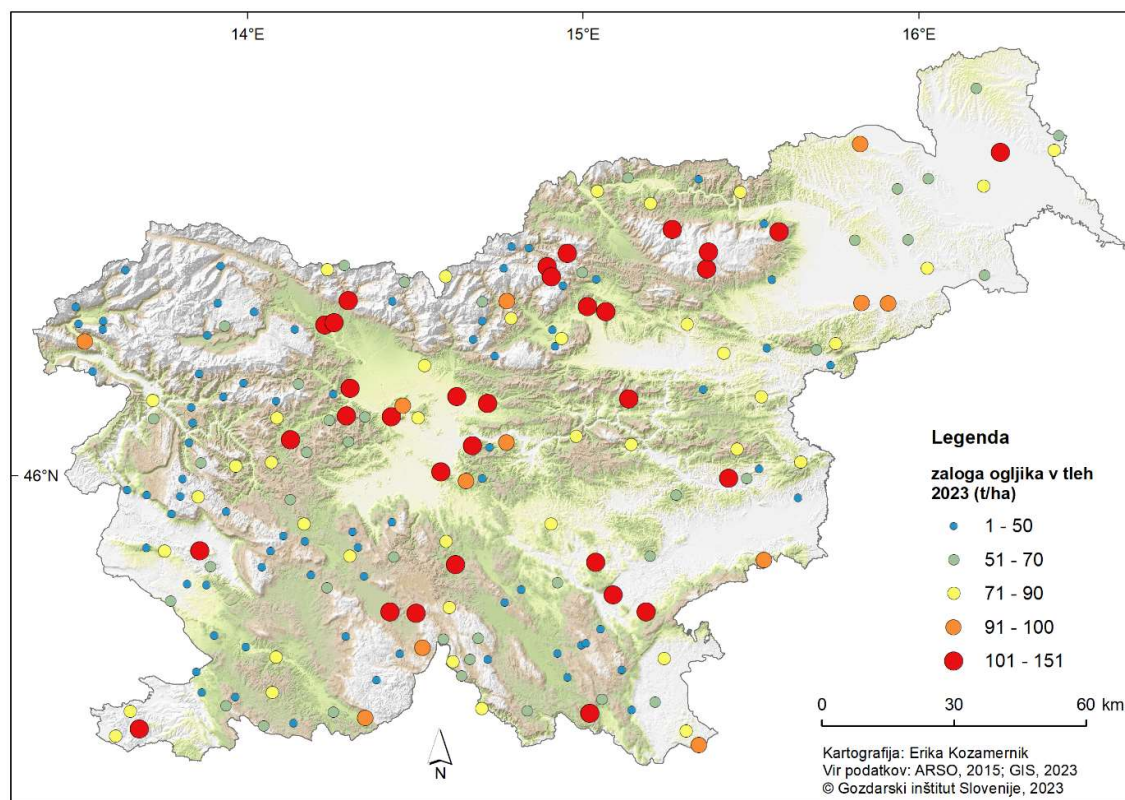
Preglednica 14).



Slika 39: Absolutne in povprečne zaloge organskega ogljika (C_{org}) v različnih tipih gozdnih tal močno variirajo.

Preglednica 14: Osnovni statistični parametri, ki podajajo vrednosti za količine C_{org} v različnih tipih gozdnih tal (organski horizonti in mineralni del do 40 cm globine), vzorčenih v okviru naloge.

Tip tal	N ploskev	AVG (t/ha)	Min (t/ha)	Max (t/ha)	Med (t/ha)	SD	KV
DISTRICHNA RJAVA TLA	46	86,70	35,60	151,01	86,92	31,24	36,03
EVTRICHNA RJAVA TLA	18	76,83	11,52	127,45	80,97	27,28	35,51
HIPOGLEJ	1	131,43	131,43	131,43	131,43	na	na
IZPRANA TLA (LUVISOL)	5	81,84	46,76	123,16	86,37	28,73	35,10
KARBONATNA RJAVA TLA	1	77,07	77,07	77,07	77,08	na	na
OBREČNA TLA	6	78,71	3,33	143,99	88,37	48,55	61,69
PSEVDOGLEJ	6	95,99	65,88	167,15	81,84	38,81	40,43
RANKER	7	61,20	31,23	98,47	68,25	26,73	43,68
RENDZINA	82	50,14	2,11	149,14	46,27	32,20	64,22
RJAVA POKARBONATNA TLA	28	51,25	15,80	111,47	40,94	29,01	56,61

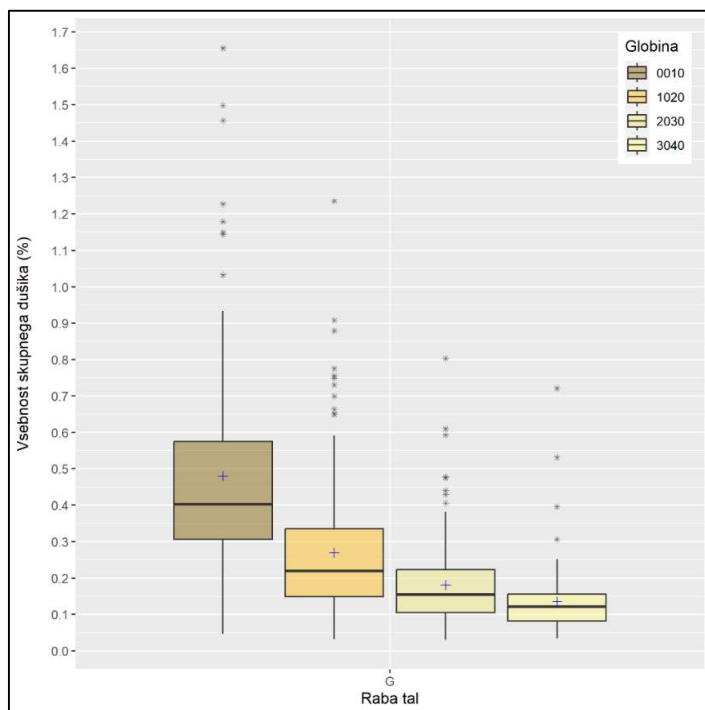


Slika 40: Prostorski in količinski prikaz zalog organskega ogljika na izbranih vzorčnih mestih gozdnih tal, ki smo jih vzorčili v letih 2022 in 2023,

8.1.1.2 Dušik (N) v gozdnih tleh

Ravno tako kot delež C_{org} v gozdnih tleh se tudi delež dušika v gozdnih tleh niža z globino tal. Naša raziskava na podlagi 631 vzorcev je pokazala, da je v plasti tal od 0-10 cm delež dušika najvišji (Slika 43) in sicer v povprečju 0,47 %, najnižji pa v plasti 30 do 40 cm in v povprečju znaša 0,13 % (Preglednica 15).

V povprečju je delež dušika v gozdnih tleh 0,28 %.



Slika 41: Prikaz deleža skupnega dušika v gozdnih tleh glede na globino tal do 40 cm.

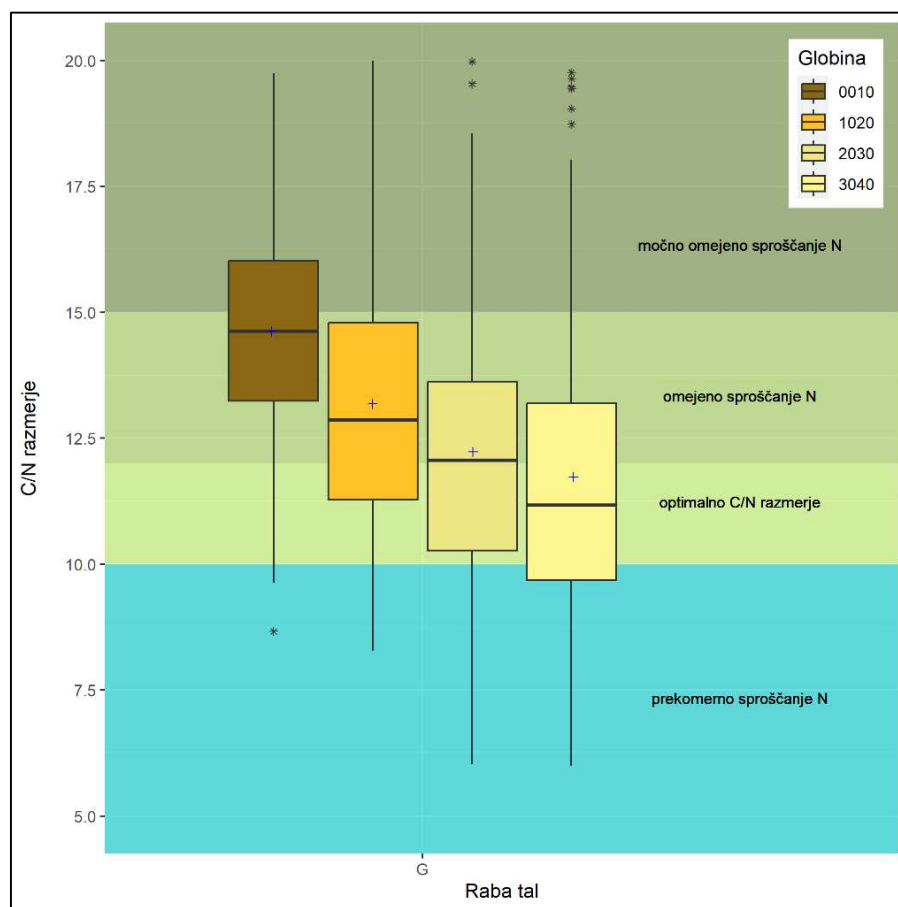
Preglednica 15: Osnovni statistični parametri, ki podajajo vrednosti za delež dušika (N) v gozdnih tleh po posameznih globinah tal.

Globina (cm)	N vzorčnih mest	AVG (%)	Min (%)	Max (%)	Med (%)	SD	KV
0-10	184	0,48	0,05	1,66	0,40	0,26	54,59
10-20	168	0,27	0,03	1,24	0,22	0,18	67,83
20-30	150	0,18	0,03	0,80	0,15	0,11	63,09
30-40	129	0,13	0,03	0,72	0,12	0,09	63,76

8.1.1.3 C/N razmerje v gozdnih tleh

Mikroorganizmi za nemoten potek razkroja organske snovi potrebujejo zadostno količino dušika. Ob visokih vrednostih C/N razmerja pride do manjšega sproščanja dušika iz humificirane organske snovi (imobilizacije). Višje C/N razmerje povzroči konkurenčnost med mikroorganizmi in rastlinami za dušik, kar se lahko privede do pomanjkanja dušika tako za rastline. Izračunana C/N razmerja, ki so dobljena iz vzorcev tal do globine 40 cm kažejo na to, da imajo preučevana gozdna tla relativno ugodno C/N razmerje predvsem na globini od 20 do 40 cm, v povprečju pa tudi nižjih plasteh tal povprečje ne presega vrednosti 15, kar je dokaj ugodno (Slika 42: Vrednosti C/N razmerij po globinah preučevanih gozdnih tal

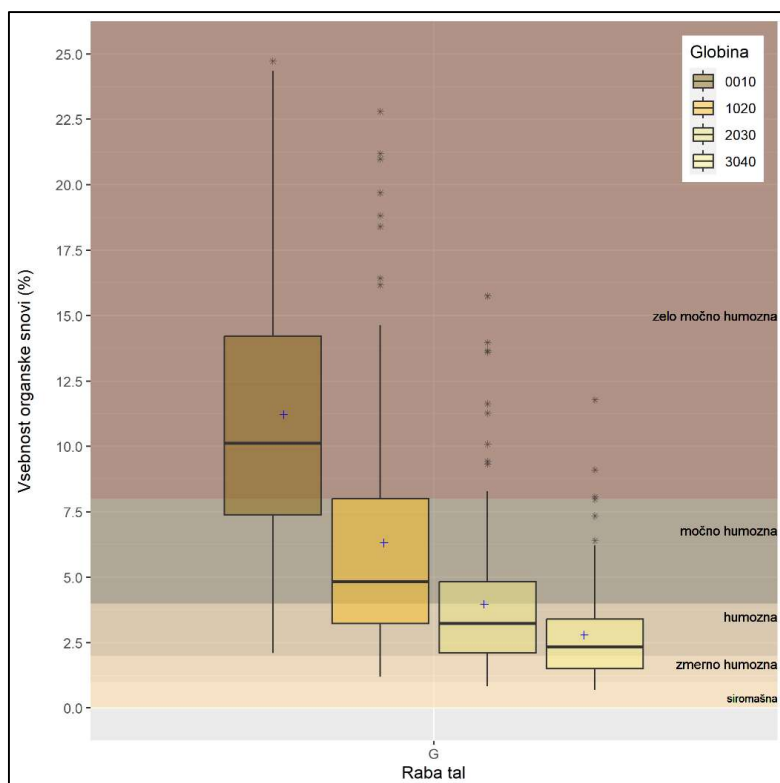
).



Slika 42: Vrednosti C/N razmerij po globinah preučevanih gozdnih tal

8.1.1.4 Organska snov v tleh

Večji del organske snovi (60–90 %) predstavljajo stabilne organske spojine – humus, ki so nastale z razgradnjo odmrlih rastlinskih ostankov. Manjši del organske snovi (10–40 %) predstavlja aktivni še razkrajajoči se del organskih spojin. Gozdna tla zaradi svojih značilnosti (izraženi organski horizonti) uvrščamo med močno do zelo močno humozna tla (Slika 43).



Slika 43: Vsebnost organske snovi v mineralnem delu tal do globine 40 cm.

8.1.1.5 Reakcija tal

Posamezni talni tipi imajo glede na matično podlago in določene procese, ki se odvijajo znotraj njih (izpiranje baz, premeščanje glinastih delcev ipd.), različne pH vrednosti tal. Na podlagi naših analiz vzorcev tal podajamo vrednosti reakcije tal po posameznih talnih tipih (Preglednica 16). Povprečna najvišja pH vrednost tal je ugotovljena pri rendzinah (karbonatna tla) 6,11 – na globini 30-40 cm, povprečna najnižja pa v distričnih rjavih tleh (silikatna tla) na globini 0-10 cm (Preglednica 16). Višjo vrednost pH 7,63 smo izmerili v vzorcu karbonatnih rjavih tal, vendar ne gre za povprečje temveč vrednost enega analiziranega vzorca.

Preglednica 16: Osnovni statistični parametri reakcije tal analiziranih talnih vzorcev po globlinah do 40 cm.

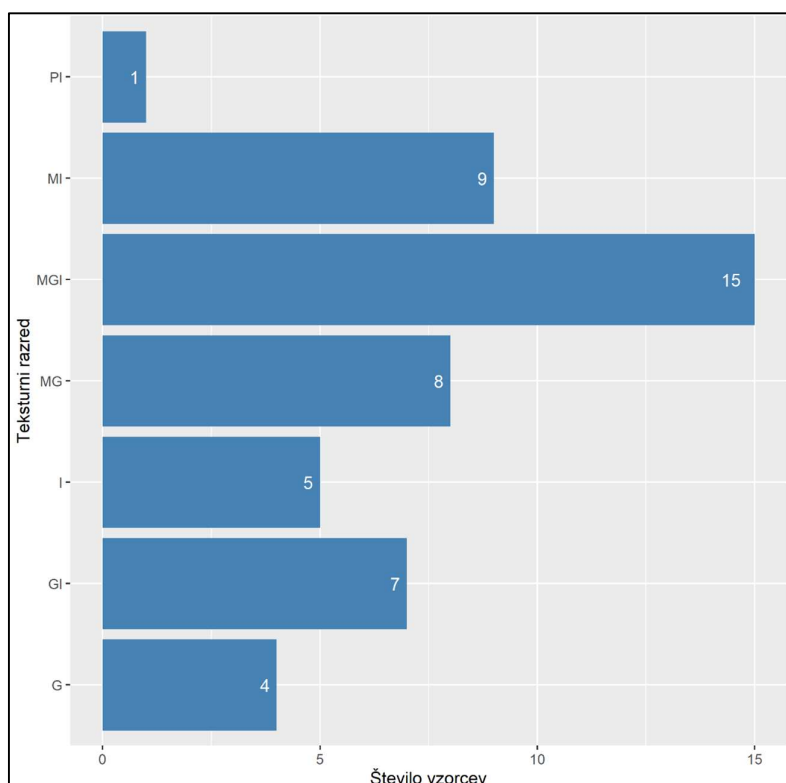
Tip tal	globina (cm)	N vzorčnih mest	AVG	Min	Max	Med	SD	KV
DISTRICHNA RJAVA TLA	0-10	45	3,80	3,03	5,90	3,67	0,62	16,38
	10-20	45	4,06	3,48	6,38	3,96	0,50	12,30
	20-30	45	4,18	3,71	6,34	4,09	0,46	11,11
	30-40	43	4,25	3,75	6,02	4,14	0,47	11,16
EVTRICHNA RJAVA TLA	0-10	17	4,96	3,60	7,32	4,34	1,37	27,61
	10-20	16	4,90	3,66	7,255	4,12	1,38	28,16
	20-30	16	5,02	3,78	7,34	4,16	1,46	29,02
	30-40	14	4,79	3,87	7,49	4,16	1,34	27,89
HIPOGLEJ	0-10	1	4,09	4,08	4,08	4,08	na	na
	10-20	1	3,97	3,97	3,97	3,97	na	na
	20-30	1	4,19	4,19	4,19	4,19	na	na
	30-40	1	4,45	4,45	4,45	4,45	na	na
IZPRANA TLA (LUVISOL)	0-10	5	4,32	3,27	5,40	4,39	0,77	17,81
	10-20	5	4,36	3,79	5,00	4,36	0,44	10,10
	20-30	5	4,70	4,04	5,30	4,78	0,57	12,22
	30-40	5	4,94	4,11	6,40	4,48	1,00	20,16
KARBONATNA RJAVA TLA	0-10	1	7,37	7,37	7,37	7,37	na	na
	10-20	1	7,49	7,49	7,49	7,49	na	na
	20-30	1	7,55	7,55	7,55	7,55	na	na
	30-40	1	7,63	7,63	7,63	7,63	na	na
OBREČNA TLA	0-10	5	5,99	4,39	7,50	6,08	1,36	22,67
	10-20	5	5,87	4,10	7,40	6,23	1,56	26,50
	20-30	5	5,98	4,27	7,60	6,25	1,57	26,18
	30-40	5	6,08	4,39	7,70	6,40	1,54	25,38

PSEVDOGLEJ	0-10	7	4,36	3,78	6,40	3,84	0,96	22,06
	10-20	7	4,41	3,78	6,00	4,09	0,81	18,33
	20-30	7	4,55	3,82	6,10	4,25	0,76	16,73
	30-40	7	4,61	3,87	6,00	4,49	0,75	16,24
RANKER	0-10	7	4,23	3,72	5,09	4,10	0,44	10,48
	10-20	6	4,11	3,90	4,48	4,06	0,21	5,12
	20-30	6	4,17	3,95	4,49	4,10	0,20	4,79
	30-40	6	4,26	3,94	4,59	4,23	0,28	6,48
RENDZINA	0-10	69	5,69	3,60	7,39	5,72	0,96	16,86
	10-20	56	5,91	3,91	7,48	6,04	1,03	17,50
	20-30	42	6,02	4,01	7,52	6,46	1,10	18,24
	30-40	32	6,11	4,08	7,55	6,45	1,07	17,45
RJAVA POKARBONATNA TLA	0-10	27	5,16	3,58	7,02	5,20	0,83	16,09
	10-20	26	5,34	3,88	7,23	5,14	0,89	16,57
	20-30	22	5,48	4,05	7,39	5,40	0,98	17,81
	30-40	15	5,36	4,06	7,00	5,46	1,10	20,47

8.2 Tla mokrišč

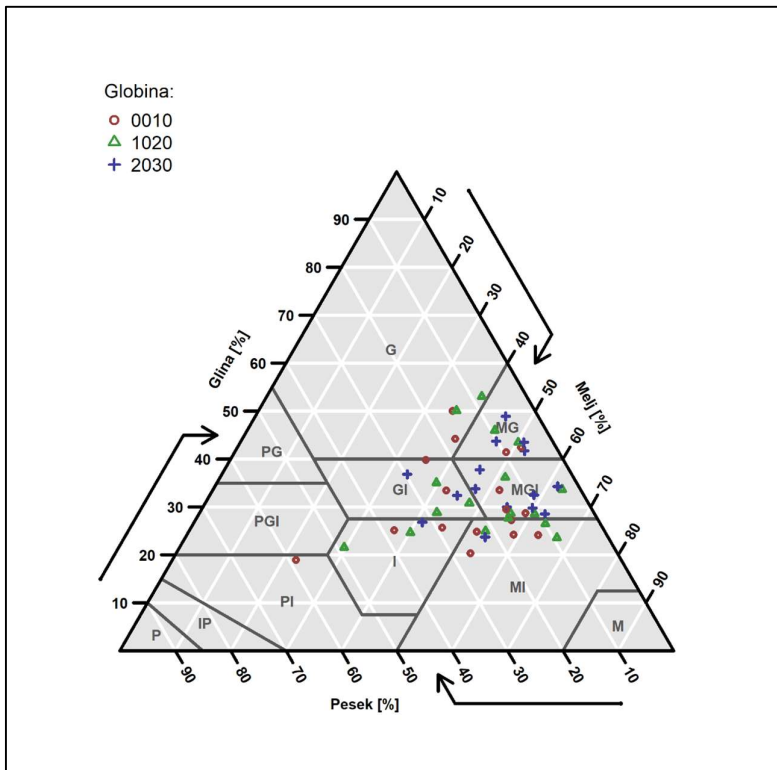
8.2.1.1 Tekstura tal/zrnavost tal

Teksturo tal smo lahko od vseh 73 vzorcev iz mokrišč določili le za 49 vzorcev ($n = 49$). Pri 24 vzorcih je bil delež organske snovi tako visok, da teksture ni bilo mogoče določiti. Glede na ameriško teksturno klasifikacijo največ vzorcev iz mokrišč spada v teksturni razred MGI (meljasto glinasta ilovica – 15 vzorcev), sledi teksturni razred MI (meljasta ilovica – 9 vzorcev) in teksturni razred MG (meljasta glina – 8 vzorcev). Teksturni razredi GI (glinasta ilovica – 7 vzorcev), I (ilovica – 5 vzorcev), G (glina – 4 vzorci) in PI (peščena ilovica – 1 vzorec) so zastopani v veliko manjši meri (1).



Slika 44: Prikaz števila vzorcev na mokriščih po teksturnih razredih (J. Bergant)

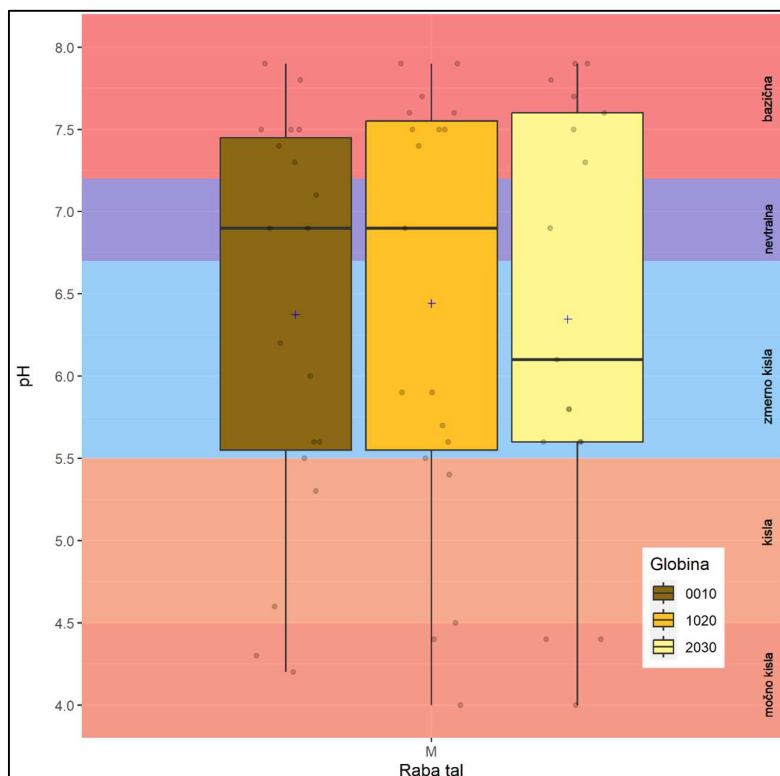
Slika 44 prikazuje razporeditev talnih vzorcev po globinah (0-10 cm, 10-20 cm in 20-30 cm) v teksturne razrede. Simbol v obliki kroga predstavlja vzorce odvzete na globini 0-10 cm, simbol v obliki trikotnika predstavlja vzorce odvzete na globini 10-20 cm in simbol v obliki znaka plus vzorce odvzete na globini 20-30 cm. Razvidno je, da največ vzorcev iz vseh treh globin spada v teksturni razred meljasto glinasto ilovnatih tal (MGI).



Slika 45: Razporeditev vzorcev tal (n=49) v teksturne razrede glede na globino vzorčenja iz tal mokrišč

8.2.1.2 pH vrednost tal

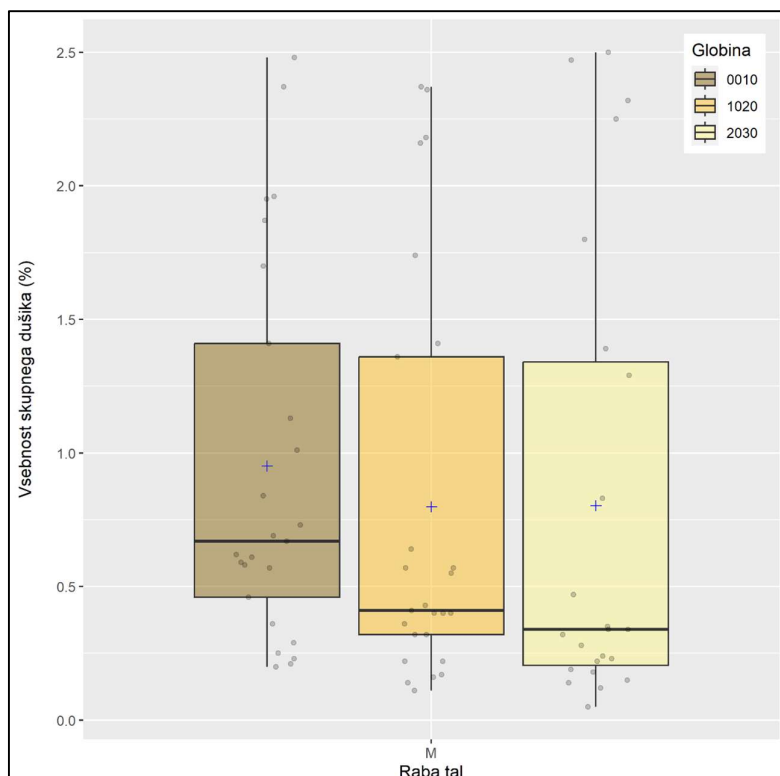
Povprečna pH vrednost tal vzorčenih mokrišč na globini 0-10 cm in 10-20 cm znaša 5,7 (Slika 46), kar pomeni, da večina vzorcev iz teh dveh globin spada v razred zmerno kislih tal (Mihelič in sod. 2010). Povprečna kislost tal na globini 20-30 cm znaša 5,6 kar pomeni, da tudi vzorce iz te globine uvrščamo v razred zmerno kislih tal.



Slika 46: pH vzorcev tal na mokriščih glede na globino tal. V ozadju grafa je prikazana pH reakcija tal v razredih po Mihelič in sod. (2010). Sivi krogi označujejo posamezne rezultate meritev, znak + pa povprečno vrednost.

8.2.2 Vsebnost skupnega dušika v tleh

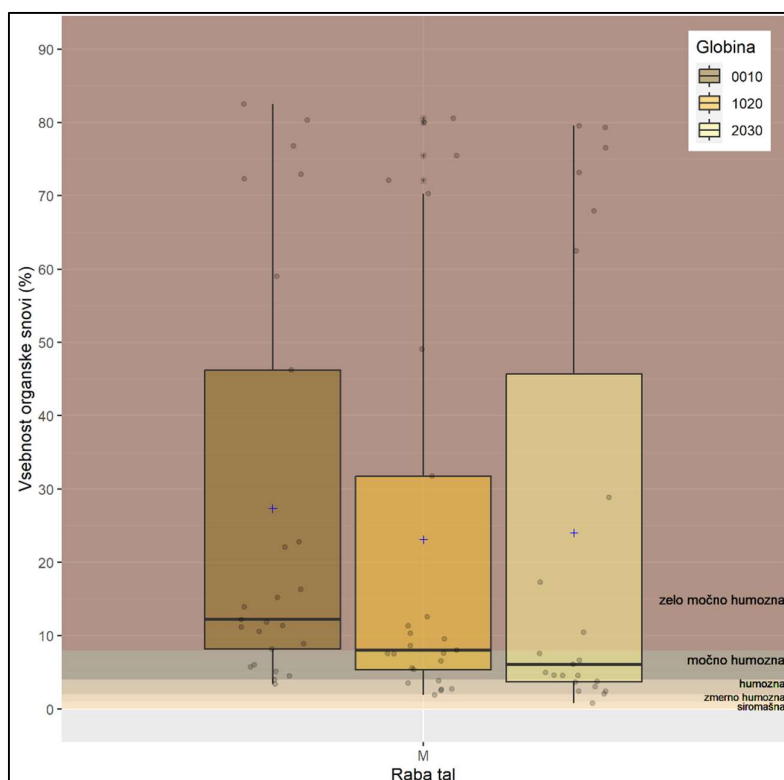
Povprečna vsebnost skupnega dušika v tleh na mokriščih na globini 0-10 cm znaša 0,95 %, 0,8 % na globini 10-20 cm in 0,8 % na globini 20-30 cm. Iz spodnje slike (Slika 47) je razvidno, da je vsebnost skupnega dušika v prvi globini (0-10 cm) nekoliko višja kot pri drugih dveh globinah tal (10-20 cm, 20-30 cm).



Slika 47: Delež skupnega dušika na mokriščih. Znak + prikazuje povprečno vrednost, sivi krogci pa posamezne meritve.

8.2.3 Vsebnost organske snovi v tleh – mokrišča do globine 30 cm

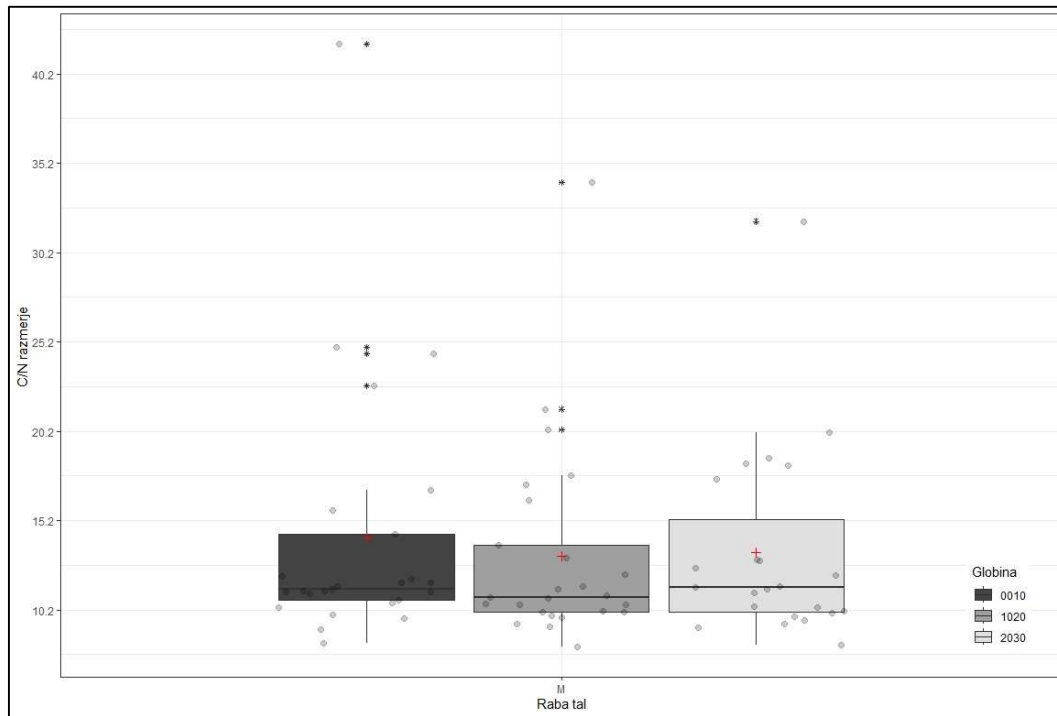
Slika 48 prikazuje delež talne organske snovi na mokriščih po različnih globinah tal. Povprečna vrednost vsebnosti talne organske snovi v tleh na globini 0-10 cm znaša 27,3 %, 23,1 % na globini 10-20 cm in 24 % na globini 20-30 cm. Povprečno lahko vzorce urbanih zemljišč iz vseh globin uvrstimo v razred močno humoznih tal (Mihelič in sod. 2010).



Slika 48: Vsebnost talne organske snovi (%) v vzorcih tal na mokriščih. Znak + označuje povprečno vrednost, sivi krogi pa dejanske rezultate meritev .

8.2.4 C/N razmerje

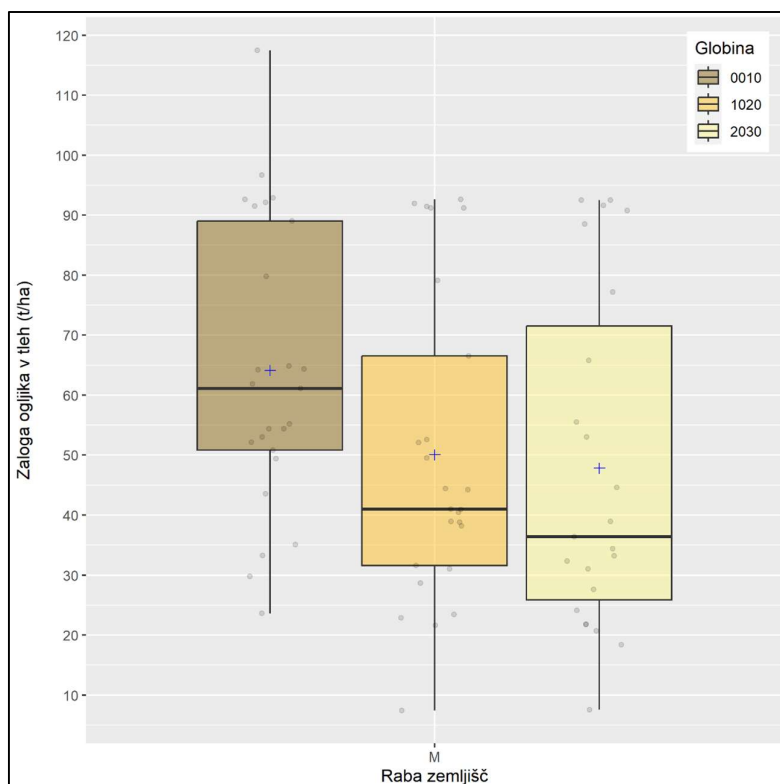
Na mokriščih je povprečna vrednost razmerja C/N na globini 0-10 cm 14,2. Na globini 10-20 cm je povprečna vrednost razmerja C/N 13,2 in 13,4 na globini 20-30 cm (Slika 49).



Slika 49: C/N razmerje v vzorcih tal na mokriščih glede na globino tal. Znak + označuje povprečno vrednost, sivi krogi pa dejanske rezultate meritev.

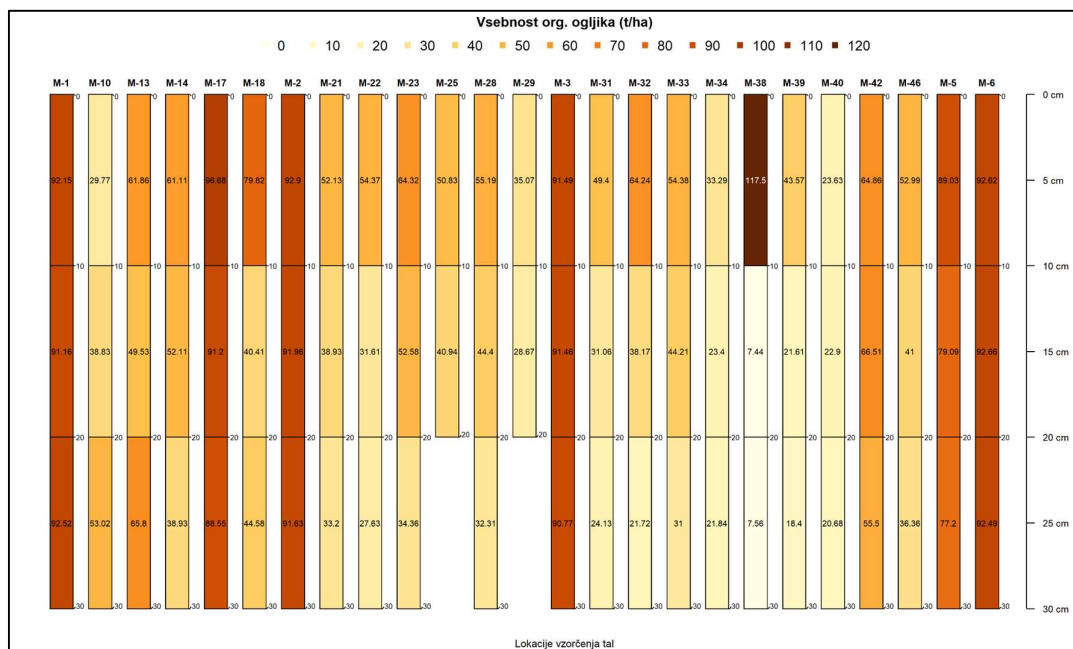
8.2.5 Zaloga organskega ogljika (C_{org}) v tleh mokrišč do globine 30 cm

Zaloge organskega ogljika v vzorcih ($n = 73$) odvzetih iz 25 ploskev na tleh mokrišč so glavni rezultati naloge, ki kažejo, da se zaloge organskega ogljika na globini 0-10 cm gibljejo med 23,6 t/ha in 117,5 t/ha, s povprečno vrednostjo 64,1 t/ha. Na globini 10-20 cm se zaloge organskega ogljika gibljejo med 7,4 t/ha in 92,7 t/ha, s povprečno vrednostjo 50,1 t/ha in na globini 20-30 cm med 7,6 t/ha in 92,5 t/ha, s povprečno vrednostjo 47,8 t/ha. Iz slike (Slika 50) je razvidno, da zaloga organskega ogljika z globino upada. Povprečna vrednost zaloge organskega ogljika vseh 25 ploskev mokrišč do globine 30 cm znaša 158,2 t/ha.



Slika 50: Zaloga C_{org} (t/ha) v vzorcih tal mokrišč po globinah vzorčenja

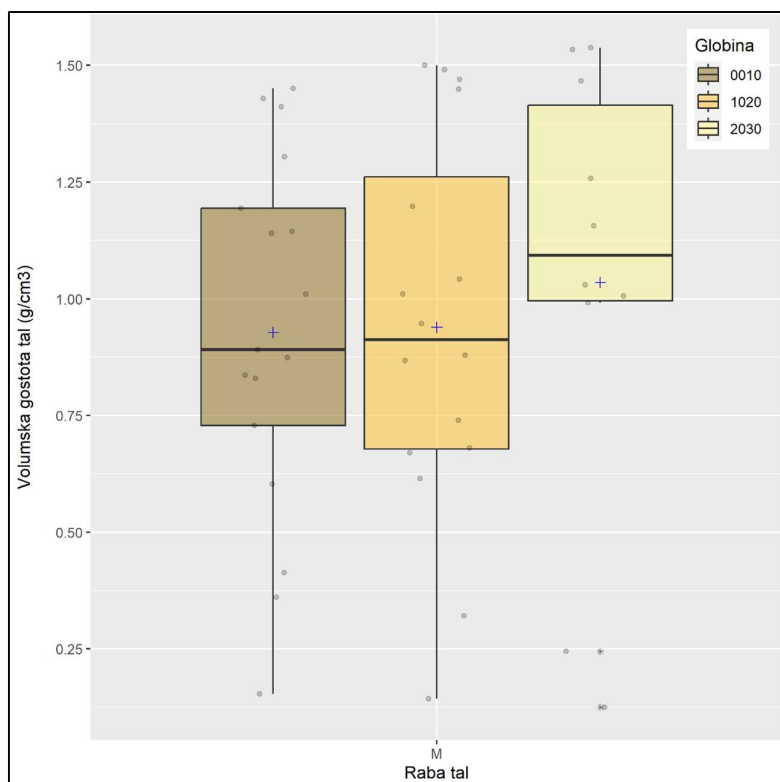
Slika 51 prikazuje povprečne vrednosti zalog C_{org} (t/ha) na vsaki od 25 lokacij mokrišč kjer smo izvedli vzorčenje za namene te naloge. Svetlejše barve pomenijo manjše zaloge organskega ogljika, medtem, ko temnejše barve (rdeče-rjave) pomenijo visoke zaloge organskega ogljika.



Slika 51: Prikaz povprečnih vrednosti zalog organskega ogljika na posamezni lokaciji glede na globino vzorčenja (J. Bergant)

8.2.6 Volumska gostota tal

Povprečna volumska gostota talnih vzorcev na globini 0-10 cm znaša $0,93 \text{ g/cm}^3$, na globini 10-20 cm $0,94 \text{ g/cm}^3$ in na globini 20-30 cm $1,03 \text{ g/cm}^3$. Praviloma se povprečna volumska gostota tal z globino veča, kar je vidno tudi na sliki (Slika 52).

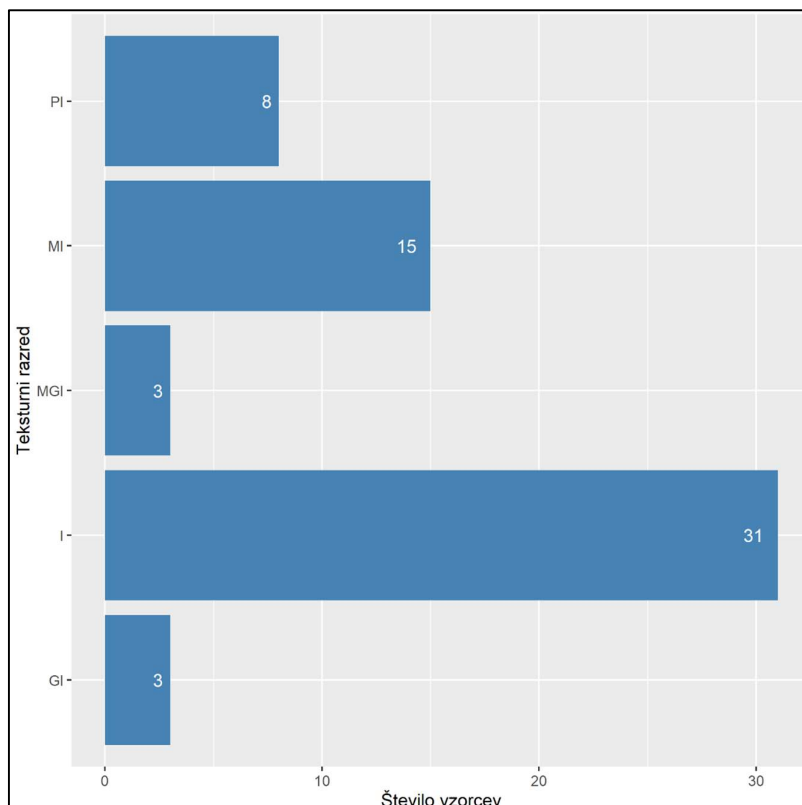


Slika 52: Volumska gostota vzorcev tal iz mokrišč glede na globino tal

8.3 Urbana tla

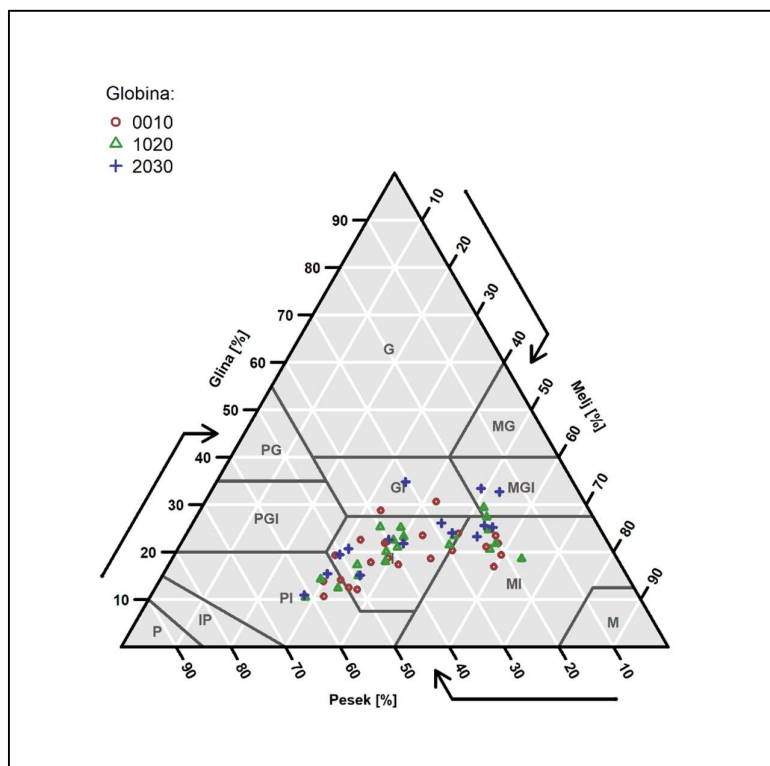
8.3.1 Tekstura/zrnavost tal

Glede na ameriško teksturno klasifikacijo največ vzorcev iz urbanih zemljišč sodi v teksturni razred I (ilovica – 31 vzorcev), sledi teksturni razred MI (meljasta ilovica – 15 vzorcev) in teksturni razred PI (peščena ilovica – 8 vzorcev). Teksturna razreda MGI (meljasto glinasta ilovica – 3 vzorci) in GI (glinasta ilovica – 3 vzorci) sta zastopana v veliko manjši meri (Slika 53).



Slika 53: Prikaz števila vzorcev glede na teksturni razred Ameriške teksturne klasifikacije

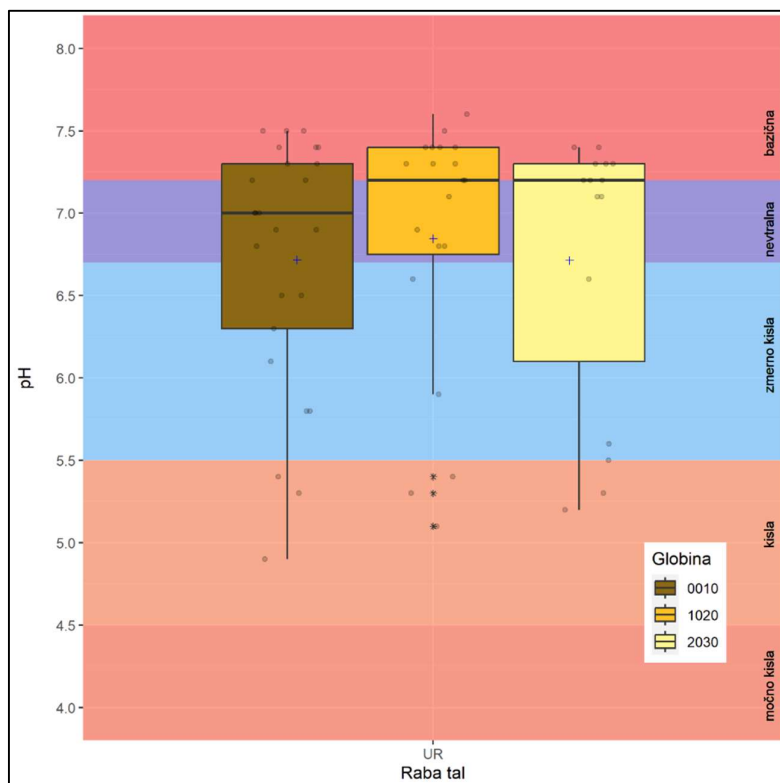
Slika 54 prikazuje razporeditev talnih vzorcev po globinah (0-10 cm, 10-20 cm in 20-30 cm) v teksturne razrede. Simbol v obliki kroga predstavlja vzorce odvzete na globini 0-10 cm, simbol v obliki trikotnika predstavlja vzorce odvzete na globini 10-20 cm in simbol v obliki znaka plus vzorce odvzete na globini 20-30 cm. Razvidno je, da največ vzorcev iz vseh treh globin spada v teksturni razred ilovnatih tal (I).



Slika 54: Razporeditev vzorcev (n=60) na urbanih zemljiščih v teksturne razrede glede na globino vzorčenja tal

8.3.2 Reakcija tal

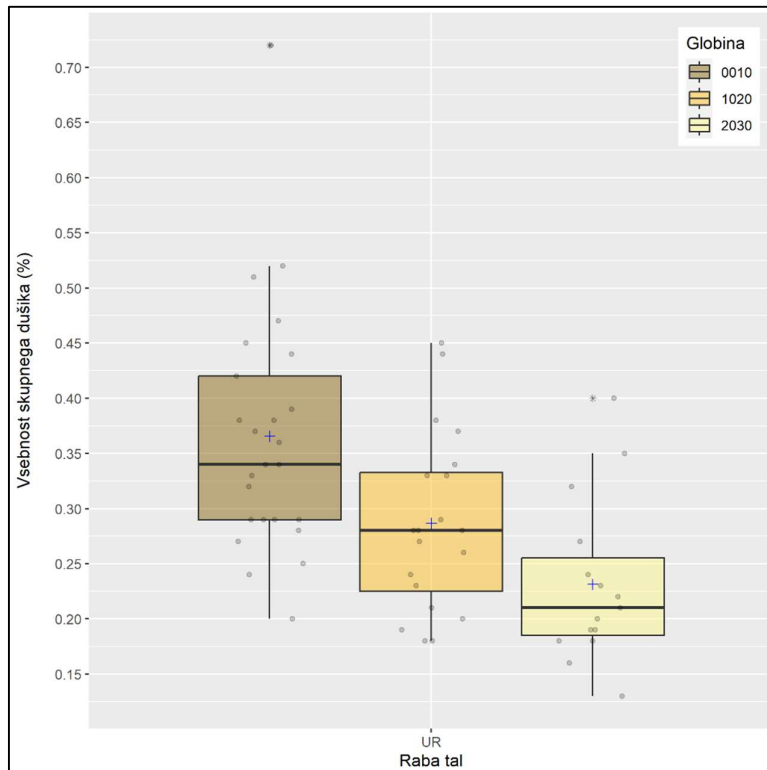
Povprečna reakcija tal vzorčenih urbanih tal na globini 0-10 cm in na globini 20-30 cm znaša 6,7 (Slika 55), kar pomeni, da večina vzorcev iz teh dveh globin spada v razred zmerno kislih tal (Mihelič in sod. 2010). Povprečna pH vrednost tal na globini 10-20 cm znaša 6,8 kar pomeni, da lahko te vzorce uvrstimo v razred nevtralnih tal.



Slika 55: pH vrednost vzorcev tal na urbanih zemljiščih. V ozadju grafa je prikazano območje pH vrednosti tal v razredih po Mihelič idr. (2010). Sivi krogci označujejo posamezne rezultate meritev, znak + pa povprečno vrednost.

8.3.3 Vsebnost skupnega dušika v tleh

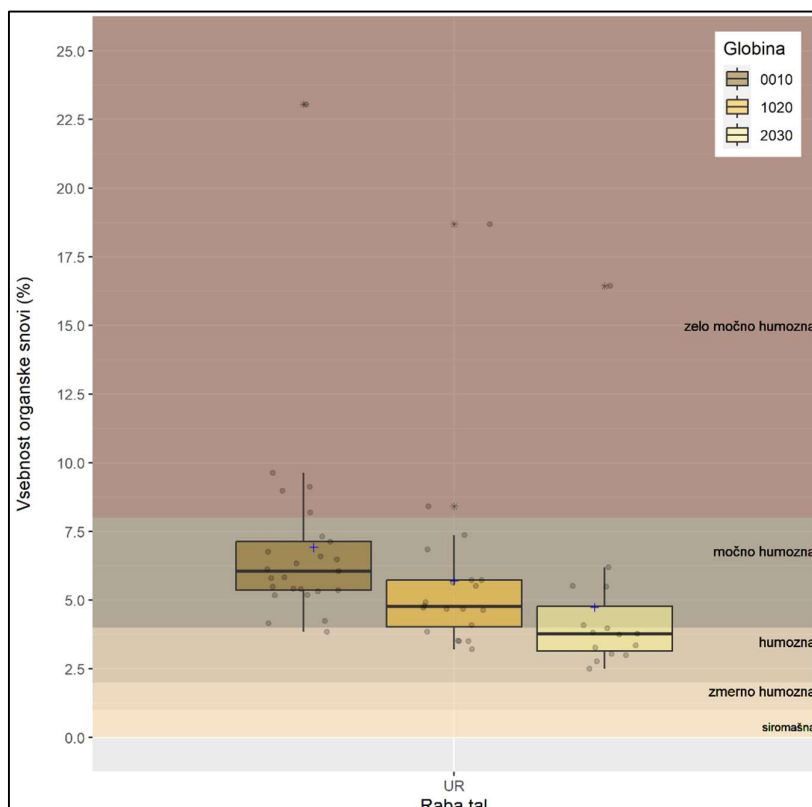
Povprečna vsebnost skupnega dušika v tleh urbanih zemljišč na globini 0-10 cm znaša 0,37 %, 0,29 % na globini 10-20 cm in 0,23 % na globini 20-30 cm. Iz slike (Slika 56) je razvidno, da vsebnost skupnega dušika z globino pada, kar je pričakovano.



Slika 56: Vsebnost skupnega dušika (%) v vzorcih tal, odvzetih iz urbanih tal do globine 30 cm. Znak + prikazuje povprečno vrednost, sivi krogci pa posamezne meritve.

8.3.4 Vsebnost organske snovi v tleh v urbanih tleh do globine 30 cm

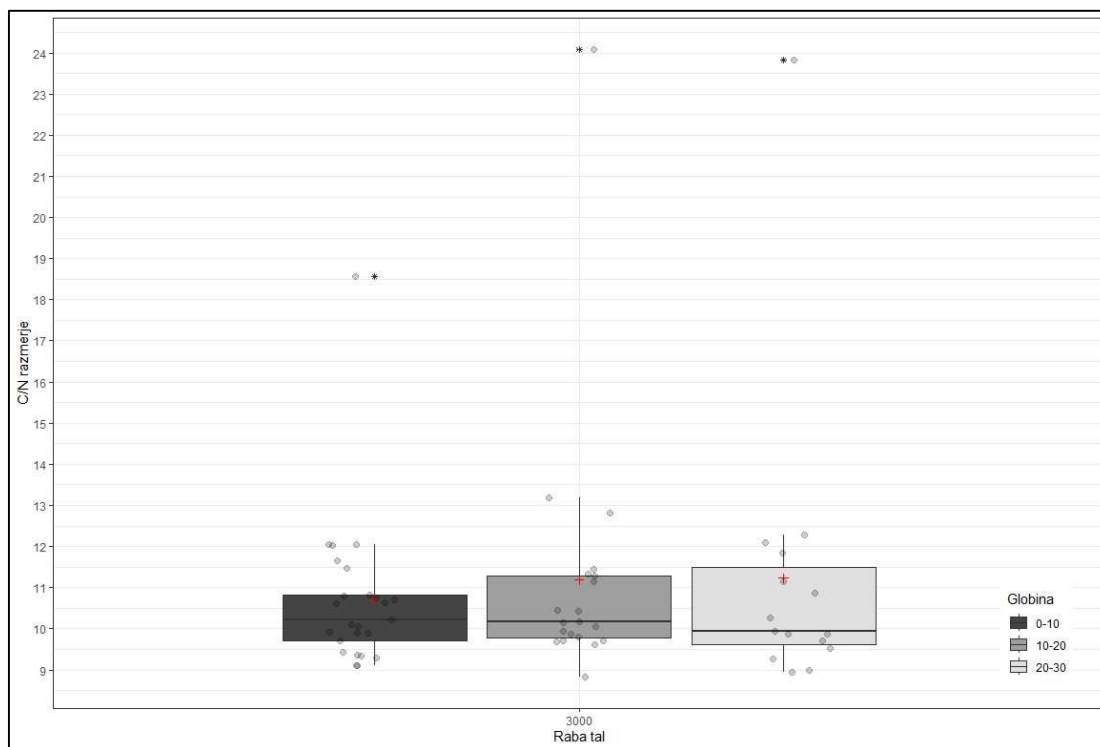
Slika 57 kaže na to, da delež talne organske snovi z globino pada. Povprečna vrednost vsebnosti organske snovi v tleh na globini 0-10 cm znaša 6,9 %, 5,7 % na globini 10-20 cm in 4,7 % na globini 20-30 cm. Povprečno lahko vzorce urbanih zemljišč iz vseh globlin uvrstimo v razred močno humoznih tal (Mihelič in sod. 2010).



Slika 57: Vsebnost talne organske snovi (%) v vzorcih tal na urbanih tleh. Znak + označuje povprečno vrednost, sivi krogci pa dejanske rezultate meritev. Po Mihelič in sod. (2010) so v ozadju slike prikazani razredi vsebnosti organske snovi v tleh.

8.3.5 C/N razmerje

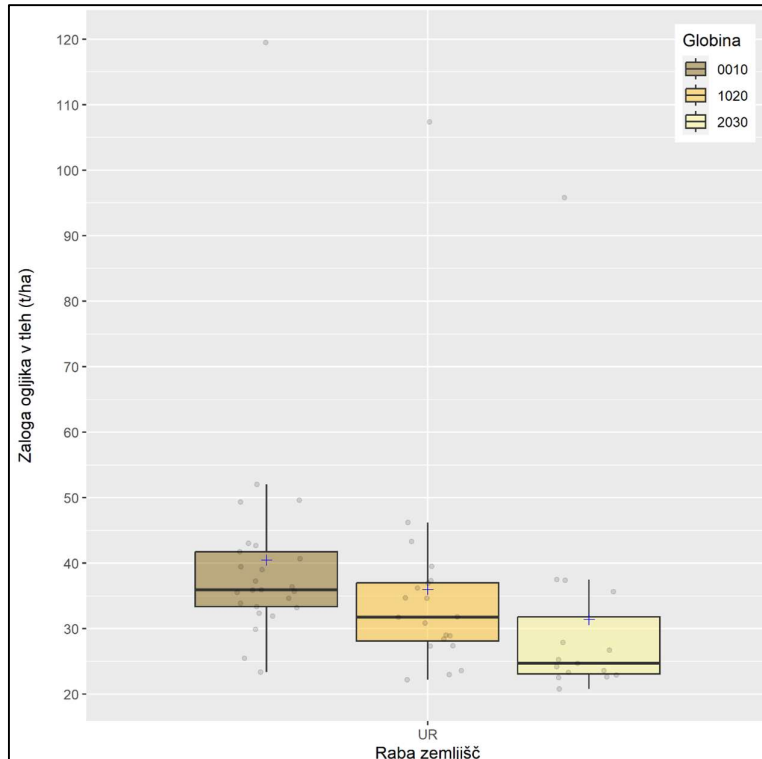
V urbanih tleh je povprečna vrednost C/N razmerja na globini 0-10 cm 10,7. Na globinah 10-20 cm in 20-30 cm je povprečna vrednost C/N razmerja 11,2 (Slika 58). Sproščanje hranil je najbolj optimalno pri razmerju 10.



Slika 58: C/N razmerje v vzorcih urbanih tal glede na globino tal do 30 cm. Znak + označuje povprečno vrednost, sivi krogci pa dejanske rezultate meritev.

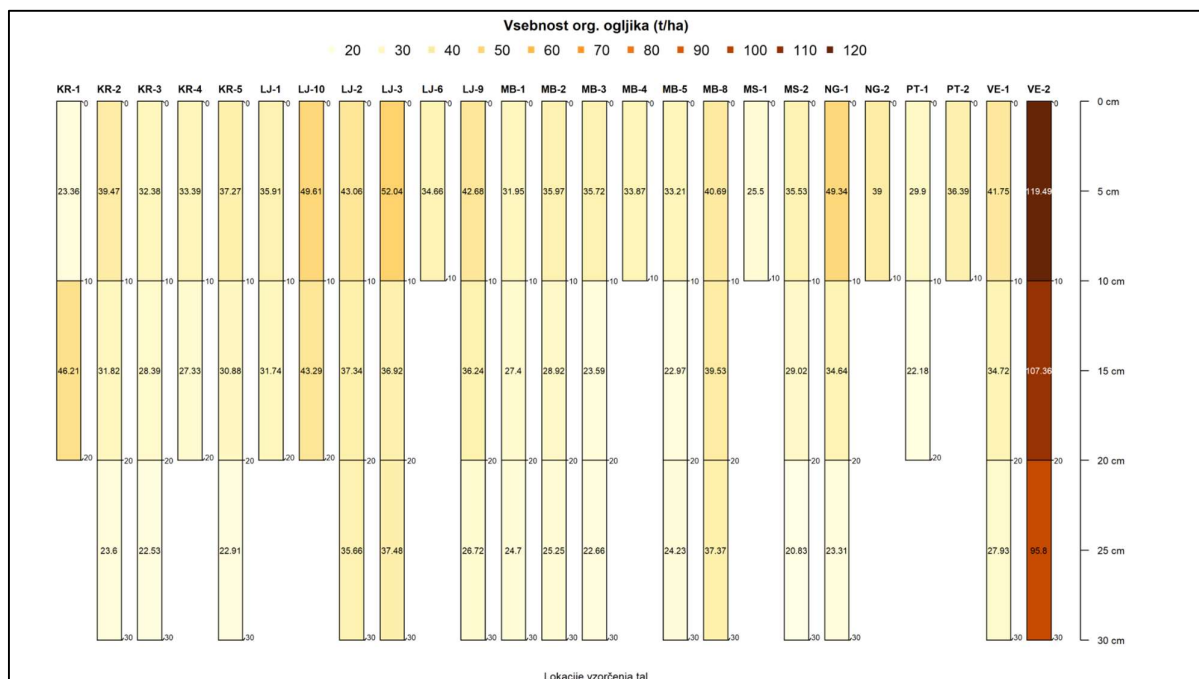
8.3.6 Zaloge organskega ogljika (C_{org}) v urbanih tleh do 30 cm globine

Zaloge C_{org} v vzorcih ($n = 60$) odvzetih iz 25 urbanih lokacij so glavni rezultati naloge. Rezultati kažejo, da se zaloge C_{org} na globini 0-10 cm gibljejo med 23,4 t/ha in 119,5 t/ha, s povprečno vrednostjo 40,5 t/ha. Na globini 10-20 cm se zaloge C_{org} gibljejo med 22,2 t/ha in 107,4 t/ha, s povprečno vrednostjo 36 t/ha in na globini 20-30 cm med 20,8 t/ha in 95,8 t/ha, s povprečno vrednostjo 31,4 t/ha. Razvidno je (Slika 59), da zaloga C_{org} z globino upada. Povprečna vrednost zaloga C_{org} za vzorčena urbana tla do globine 30 cm znaša (60 vzorcev) znaša 88,1 t/ha.



Slika 59: Zaloga organskega ogljika (t/ha) v talnih vzorcih na urbanih tleh po globinah vzorčenja.

Slika 60 prikazuje povprečne vrednosti zaloga C_{org} (t/ha) na vsaki od 25 lokacij urbanih zemljišč kjer smo izvedli vzorčenje za namene te naloge. Povprečne zaloge C_{org} so prikazane po globinah odvzema talnih vzorcev (0-10 cm, 10-20 cm in 20-30 cm). **Izjemno visoka vrednost povprečnih zaloga C_{org}** je bila ugotovljena za lokacijo vzorčenja v **Velenju**, kjer je povprečna vrednost zaloga C_{org} na globini 0-10 cm znašala 119,5 t/h, na globini 10-20 cm 107,4 t/ha in na globini 20-30 cm 95,8 t/ha. Na ostalih lokacijah so bile vrednosti zaloga organskega ogljika med seboj primerljive.

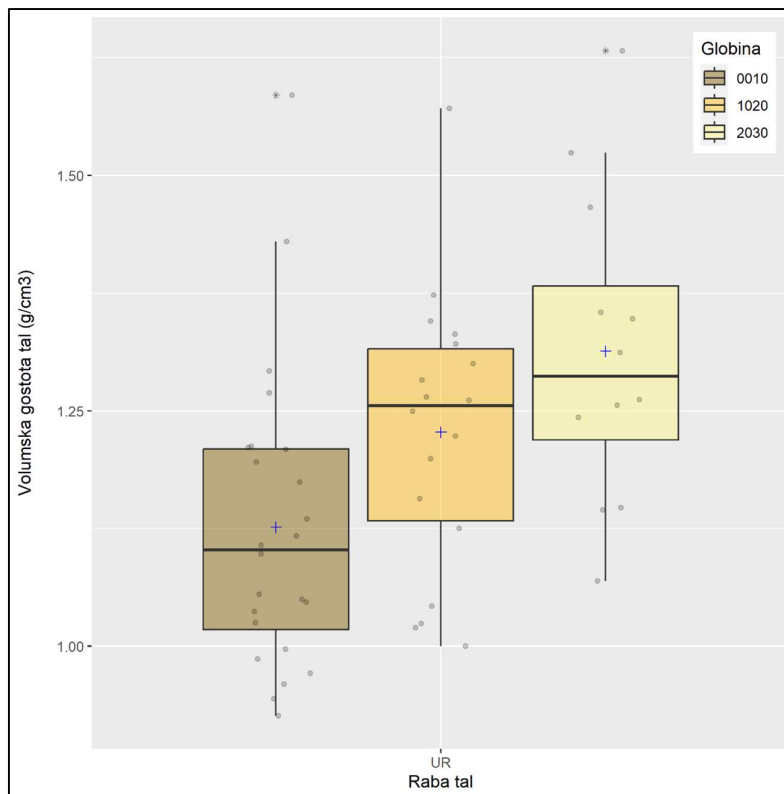


Slika 60: Prikaz povprečnih vrednosti zalog organskega ogljika na posamezni lokaciji glede na globino vzorčenja.

8.3.7 Volumska gostota tal

Volumska gostota tal (ang. *bulk density*) je povprečna gostota trdne faze tal in por, ki jih lahko zapolnita talna raztopina in zrak. Volumsko gostoto izražamo v g/cm^3 .

Povprečna volumska gostota talnih vzorcev na globini 0-10 cm znaša $1,13 \text{ g}/\text{cm}^3$, na globini 10-20 cm $1,23 \text{ g}/\text{cm}^3$ in na globini 20-30 cm $1,31 \text{ g}/\text{cm}^3$. Praviloma se povprečna volumska gostota tal z globino veča, kar je skladno s pričakovanji (Slika 61).



Slika 61: Volumska gostota talnih vzorcev urbanih tal glede na globino vzorčenja.

8.4 DS 2 - vzorčenje opada in ocena spremembe zaloge organskega ogljika v gozdnih tleh s pomočjo modela YASSO20

Podnebni scenarij po RCP4.5 kaže, da se bo povprečna letna temperatura v Sloveniji do leta 2070 dvignila za 2 °C. Predvideva se povečanje količine padavin v vzhodni polovici Slovenije. Pričakovana je tudi sezonska prerazporeditev padavin iz zimskega v poletno obdobje (www.euro-cordex.net/). Na podlagi omenjenega scenarija RCP4.5 smo z modelom Yasso20 modelirali dinamiko ogljika na izbranih ploskvah od začetnega izmerjenega let 2022 do leta 2070.

V preglednici (Preglednica 17) so podatki o skupni količini ogljika, heterotrofni respiraciji tal in količini ogljika v mineralnem delu tal za izhodiščno in vsako deseto leto do leta 2070.

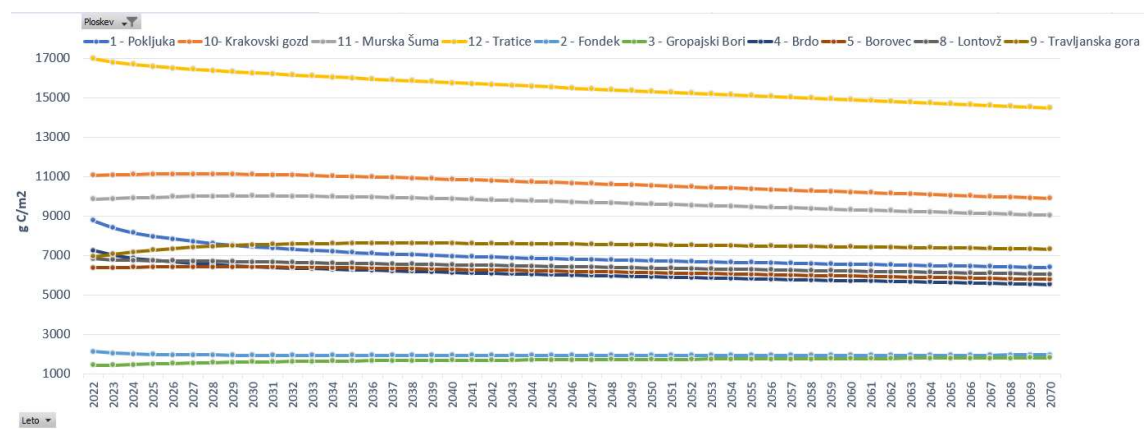
Preglednica 17: Skupna količina ogljika, heterotrofni respiraciji tal in količina ogljika v mineralnem delu tal za izhodiščno in vsako deseto leto do leta 2070

Ploskev	Leto	Skupna količina ogljika (C_{tot}) [g C/m ²]	SD C_{tot} [g C/m ²]	Heterotrofna respiracija (R) [g C/m ²]	SD R [g C/m ²]	Ogljik v mineralnem delu tal (H) [g C/m ²]	SD H [g C/m ²]
1 - Pokljuka	2022	8771,2	34,6	983,8	34,6	6587,3	1,5
1 - Pokljuka	2030	7457,6	38,3	184,4	2,8	6507,1	8,4
1 - Pokljuka	2040	6977,4	36,8	135,7	1,8	6366,6	22,6
1 - Pokljuka	2050	6740,2	44,0	124,2	1,6	6218,5	37,7
1 - Pokljuka	2060	6561,8	56,2	120,9	1,5	6069,5	52,7
1 - Pokljuka	2070	6397,3	69,7	120,2	1,5	5921,1	67,3
2 - Fondek	2022	2133,0	11,7	555,6	11,7	1047,3	1,2
2 - Fondek	2030	1948,2	27,5	229,8	1,7	1071,5	4,4
2 - Fondek	2040	1936,4	33,0	228,1	0,3	1095,9	7,4
2 - Fondek	2050	1942,6	33,7	226,1	0,3	1118,3	10,2
2 - Fondek	2060	1950,2	34,0	226,4	0,3	1138,7	12,7
2 - Fondek	2070	1955,8	34,2	228,8	0,2	1157,6	14,9
3 - Gropajski Bori	2022	1441,6	9,6	503,3	9,6	620,9	1,0
3 - Gropajski Bori	2030	1605,9	17,5	288,0	1,5	653,5	4,8
3 - Gropajski Bori	2040	1688,8	23,8	299,9	0,5	696,1	9,6
3 - Gropajski Bori	2050	1737,6	25,7	301,6	0,4	737,8	14,2
3 - Gropajski Bori	2060	1778,9	26,8	301,6	0,4	777,5	18,5
3 - Gropajski Bori	2070	1814,4	28,2	301,4	0,4	815,0	22,4
4 - Brdo	2022	7250,7	13,7	952,8	13,7	5817,3	0,9
4 - Brdo	2030	6443,4	20,3	210,5	1,9	5685,1	16,2
4 - Brdo	2040	6142,8	26,4	185,2	2,4	5498,2	37,0
4 - Brdo	2050	5922,6	44,4	181,3	2,1	5310,9	57,4
4 - Brdo	2060	5726,7	63,4	180,2	2,0	5126,6	76,8
4 - Brdo	2070	5537,5	81,7	179,4	1,9	4946,0	95,3

5 - Borovec	2022	6383,5	5,9	317,8	5,9	5746,9	2,3
5 - Borovec	2030	6427,2	27,6	222,7	2,7	5607,5	22,2
5 - Borovec	2040	6303,2	50,4	236,5	2,3	5442,1	45,2
5 - Borovec	2050	6134,9	71,0	239,1	2,1	5280,7	66,9
5 - Borovec	2060	5963,6	90,7	239,1	2,0	5122,0	87,7
5 - Borovec	2070	5794,0	109,8	239,6	1,9	4965,9	107,5
8 - Lontovž	2022	6838,9	8,8	389,4	8,8	6065,5	1,4
8 - Lontovž	2030	6682,2	29,3	193,0	2,4	5946,7	16,5
8 - Lontovž	2040	6531,1	46,9	197,6	1,8	5799,7	34,9
8 - Lontovž	2050	6373,6	62,2	197,8	1,7	5654,9	52,6
8 - Lontovž	2060	6216,5	77,4	198,1	1,6	5511,6	69,5
8 - Lontovž	2070	6060,8	92,4	197,9	1,5	5369,9	85,8
9 - Travljska gora	2022	6937,5	8,5	375,0	8,5	6117,2	1,9
9 - Travljska gora	2030	7550,0	39,6	394,8	4,1	6027,0	16,3
9 - Travljska gora	2040	7628,8	65,1	437,8	1,9	5938,1	31,2
9 - Travljska gora	2050	7546,1	75,9	447,4	1,4	5854,2	45,2
9 - Travljska gora	2060	7443,7	82,8	447,5	1,3	5769,4	58,8
9 - Travljska gora	2070	7330,9	89,8	449,0	1,3	5683,3	72,2
10- Krakovski gozd	2022	11079,8	7,3	426,7	7,3	10307,6	4,0
10- Krakovski gozd	2030	11118,3	27,9	300,3	3,3	10032,8	37,7
10- Krakovski gozd	2040	10873,7	60,1	319,6	3,5	9705,3	77,0
10- Krakovski gozd	2050	10552,5	93,9	323,5	3,6	9386,2	114,0
10- Krakovski gozd	2060	10221,2	128,0	323,9	3,5	9073,3	149,2
10- Krakovski gozd	2070	9897,0	161,3	322,0	3,3	8766,1	182,7
11 - Murska Šuma	2022	9873,0	6,1	490,9	6,1	8874,5	3,4
11 - Murska Šuma	2030	10025,8	36,9	342,8	4,2	8645,0	32,1
11 - Murska Šuma	2040	9881,3	71,6	369,6	3,3	8375,2	65,4
11 - Murska Šuma	2050	9616,3	100,8	375,9	3,1	8113,9	97,0
11 - Murska Šuma	2060	9331,7	128,6	378,8	3,0	7857,6	127,3
11 - Murska Šuma	2070	9051,1	155,9	378,6	2,9	7605,6	156,3
12 - Tratice	2022	16993,1	17,9	639,1	17,9	15440,0	3,7
12 - Tratice	2030	16270,0	38,4	241,0	3,9	15127,7	38,9
12 - Tratice	2040	15769,4	75,5	230,1	4,2	14728,2	82,6
12 - Tratice	2050	15327,5	116,5	226,5	4,2	14330,7	125,1
12 - Tratice	2060	14902,7	157,2	225,8	4,1	13936,9	166,4

Monitoring ogljika v gozdnih tleh, mokriščih in urbanih tleh

12 - Tratice	2070	14485,6	196,9	226,0	3,9	13547,4	206,3
--------------	------	---------	-------	-------	-----	---------	-------



Slika 62: Modelirana skupna količina ogljika v g/m^2 po letih vezano na scenarij RCP4.5

V model je vključen le enakomeren letni vnos organske mase preko nadzemnega opada in ne vključuje opada podzemnega dela ali vnosov zaradi gospodarjenja z gozdom. Ob scenariju RCP4.5 in zgoraj omenjenih predpostavkah nam model Yasso20 do leta 2070 prikaže zmanjšanje skupne količine ogljika v tleh na vseh izbranih ploskvah, razen na ploskvi Fondek in Gropajski bori. Na teh dveh ploskvah se bosta tako skupna količina ogljika kot količina ogljika v mineralnem delu tal rahlo povišali.

9 Viri

European Commission. Joint Research Centre. (2017). LUCAS 2018: Soil component: sampling instructions for surveyors. Publications Office.

<https://data.europa.eu/doi/10.2760/023673>

Fürst A, Kowalska A, Brunialti G, Clarke N, Cools N, De Vos B, Derome J, Derome K, Ferretti M, Jakovljevič T, König N, Marchetto A, Mosello R, O'Dea P, Tartari GA, Ulrich E, 2020: Part XVI: Quality Assurance and Control in Laboratories. Version 2020-1. In: UNECE, ICP Forests Programme Co-ordinating Centre (ed.): Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. Thünen Institute of Forest Ecosystems, Eberswalde, Germany, 46 p. + Annex [<http://www.icp-forests.org/manual.htm>]; ISBN: 978-3-86576-162-0

GSP. 2017. Guidelines for sharing national data/information to compile a Global Soil Organic carbon (GSOC) map. Pillar 4 Working Group. Version 1. 01 Februar 2017.

<http://www.fao.org/3/a-bp164e.pdf>

Guidance on Member State reports providing: 'Information on LULUCF actions' in accordance with Article 10 of EU Decision 529/2013/EU. 2014. Project »LULUCF implementation guidelines and policy options' funded by DG Climate action (CLIMA.A2/2013/AF3338)«. The Institute for European Environmental Policy, Environment Agency Austria, Thünen Institute.

<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52016PC0479>

(10.11.2016)

IPCC 2014. 2013 Revised Supplementary Methods and Good Practice Guidance Arising from the Kyoto Protocol. Hiraishi, T., Krug, T., Tanabe, K., Srivastava, N., Baasansuren, J. Fukuda, M. and Troxler, T.G. (ur.). Switzerland, IPCC.

Kastelic P, 2020: Geomorfološke značilnosti Dobrepolja in porečja Rašice [na spletu]. Diplomsko delo. Univerza v Ljubljani. [Dostopano 28. november 2022]. Pridobljeno s: <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?lang=slv&id=115944>.

Kobal M, Urbančič M, Kralj T, Simončič P, 2007: Navodila za vzorčenje tal na 4 x 4 kilometrske mreži velikoprostorskega popisa poškodovanosti gozdov in gozdnih ekosistemov v letu 2007. Interno gradivo. 21 str.

Mihelič R, Čop J, Jakše M, Štampar F, Majer D, Tojnko S, Vršič S, 2010: Smernice za strokovno utemeljeno gnojenje. Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano.

Predlog Uredbe Evropskega parlamenta in Sveta o vključitvi emisij toplogrednih plinov in odvzemov zaradi rabe zemljišč, spremembe rabe zemljišč in gozdarstva v okvir podnebne in energetske politike do leta 2030 ter spremembi Uredbe št. 525/2013 Evropskega parlamenta in Sveta o mehanizmu za spremljanje emisij

toplogrednih plinov in poročanje o njih ter za sporočanje drugih informacij v zvezi s podnebnimi spremembami (2016), dostopno na:

SIST EN ISO/IEC 17025:2017, Splošne zahteve za usposobljenost preskuševalnih in kalibracijskih laboratorijev.

SIST ISO 10390:2006, Kakovost tal – Določevanje pH.

SIST ISO 10693:1996 - Kakovost tal - Ugotavljanje vsebnosti karbonatov - Volumetrijska metoda.

SIST ISO 10694:1996 Kakovost tal - Ugotavljanje organskega in skupnega ogljika po suhem sežigu (elementna analiza).

SIST ISO 11261:1996, Kakovost tal - Ugotavljanje skupnega dušika - Modificirana Kjeldahlova metoda.

SIST ISO 11272:2017, Kakovost tal - Določevanje prostorninske gostote suhih vzorcev.

SIST ISO 11464:2006, Kakovost tal – Priprava vzorcev za fizikalno-kemijske analize.

SIST ISO 11465:1996/Cor 1:2005, Kakovost tal – Ugotavljanje suhe snovi in vsebnosti vode na osnovi mase – Gravimetrijska metoda.

SIST ISO 13878:1999, Kakovost tal - Določevanje skupnega dušika po suhem sežigu (elementna analiza).

SIST ISO 14235:1999, Kakovost tal - Določevanje organskega ogljika z oksidacijo v kromžvepleni kislini.

Sklep št. 529/2013/EU Evropskega Parlamenta in Sveta z dne 21. maja 2013 o pravilih za obračunavanje emisij in odvzemov toplogrednih plinov, ki nastanejo pri dejavnostih v zvezi z rabo zemljišč, spremembo rabe zemljišč in gozdarstvom, ter informacijah o ukrepih v zvezi s temi dejavnostmi. Ur. l. EU št. L 165/80.

Thomas SC, Martin AR, 2012: Carbon content of tree tissues: a synthesis, *Forests*, 3, 332–352, <https://doi.org/10.3390/f3020332>

Vangelova EI, Bonifacio E, De Vos B, Hoosbeek M R, Berger TW, Vesterdal L, Armolaitis K, Celi L, Dinca L, Kjonaas OJ, Pavlenda P, Pumpanen J, Püttsepp Ü, Reidy B, Simončič P, Tobin B, Zhiyanski M, 2016: Sources of errors and uncertainties in the assessment of forest soil carbon stocks at different scales—review and recommendations. *Environ Monit Assess* 188: 630, DOI 10.1007/s10661-016-5608-5

Vernik T, 2014: Spremljanje vsebnosti organske snovi v kmetijskih tleh v Sloveniji. Mag. delo. Ljubljana, Univ. v Ljubljani, Biotehniška fakulteta: 64 str.

Viskari, T., Pusa, J., Fer, I., Repo, A., Vira, J., and Liski, J. 2022 Calibrating the soil organic carbon model Yasso20 with multiple datasets, *Geosci. Model Dev.*, 15, 1735–1752. <https://doi.org/10.5194/gmd-15-1735-2022>