

Spremljanje izbranih lastnosti tal na ploskvah intenzivnega monitoringa (IM) gozdnih ekosistemov

Monitoring selected soil properties in Intensive Monitoring (IM) plots of forest ecosystems

Aleksander MARINŠEK^{1,2}, Primož SIMONČIČ^{1,3}, Daniel ŽLINDRA¹

Izvleček:

Sistematično spremljanje stanja gozdnih tal v Sloveniji od leta 1995/96 omogoča oceno osnovnih pedoloških lastnosti in spremljanje sprememb v času. Intenzivni monitoring na izbranih lokacijah pa od leta 2003 omogoča tudi oceno vzročno-posledičnih odnosov in spremljanje procesov v tleh. Analiza mineralnega dela tal (0–10 cm) kaže na razlike med ploskvami na različnih lokacijah v Sloveniji, spremembe talnih parametrov v času intenzivnega spremljanja znotraj posameznih ploskev pa se niso zelo spremenile. Opazili smo nekoliko povečanje organskega ogljika in skupnega dušika, medtem ko so vrednosti razmerja med organskim ogljikom in skupnim dušikom (C/N) ter pH tal ostale stabilne. Kljub razlikam med ploskvami so vrednosti ogljika in dušika ter njunega razmerja primerljive z vrednostmi iz evropske mreže 16 km × 16 km. Čeprav so opazne manjše spremembe v analiziranih lastnostih tal med obdobjema vzorčenja (2003–2010 in 2022), so trendi stabilni. Analiza stanja gozdnih tal na ploskvah sistema intenzivnega monitoringa kaže na manjše spremembe med prvim in drugim obdobjem vzorčenja. Kljub temu so trendi stabilni, kar kaže na logično povezanost dinamike ogljika in dušika v gozdnih ekosistemih. Nadaljnje aktivnosti intenzivnega spremljanja gozdnih tal so ključne za razumevanje procesov v tleh in opredelitev kazalnikov zdravega stanja tal v prihodnosti.

Ključne besede: gozdna tla, gozdna rastišča, ogljik v tleh, dušik v tleh, lastnosti gozdnih tal, spremljanje stanja

Abstract:

Systematic monitoring of forest soils in Slovenia since 1995/96 has enabled the assessment of basic pedological properties and monitoring of changes over time. Since 2003, intensive monitoring at selected sites has also allowed the assessment of cause-effect relationships and the monitoring of soil processes. Analysis of the mineral part of the soil (0–10 cm) shows differences between plots in different locations in Slovenia, but changes in soil parameters during intensive monitoring within individual plots have not changed significantly. A slight increase in organic carbon and total nitrogen has been observed, while the values of the organic carbon/total nitrogen (C/N) ratio and soil pH have remained stable. Despite the differences between the plots, the values of carbon and nitrogen and their ratios are comparable to those of the European 16 km × 16 km grid. Although there are minor changes in the soil properties analysed between the sampling periods (2003–2010 and 2022), the trends are stable. The analysis of forest soil conditions in the intensive monitoring system plots shows minor changes between the first and second sampling periods. Nevertheless, the trends are stable, indicating a logical link between carbon and nitrogen dynamics in forest ecosystems. Further intensive forest soil monitoring activities are crucial to understand soil processes and to identify indicators of future soil health.

Key words: forest soil, forest sites, carbon in soil, nitrogen in soil, forest soil properties, monitoring

1 UVOD

1 INTRODUCTION

V Sloveniji stanje gozdov in s tem stanje gozdnih tal spremljamo na dveh ravneh (I. in II. raven). V okviru aktivnosti spremljanja stanja gozdov

(ICP Forest v Sloveniji) (Simončič in sod., 2003) spremljamo osnovne lastnosti gozdnih tal na sistematični 16 km × 16 km mreži (I. raven monitoringa). Namen spremljanja je pridobivanje osnovnih ocen pedoloških lastnosti, s ponavlja-

¹ Dr. A. M., Gozdarski inštitut Slovenije, Oddelek za gozdno ekologijo, Večna pot 2, SI-1000 Ljubljana, Slovenija, aleksander.marinsek@gozdis.si

² Dr. A. M., Višja šola Postojna, program Gozdarstvo in lovstvo, Ljubljanska ulica 2, 6230 Postojna

¹ Doc. dr. P. S., Gozdarski inštitut Slovenije, Oddelek za gozdno ekologijo, Večna pot 2, SI-1000 Ljubljana, Slovenija, primoz.simoncic@gozdis.si

³ Doc. dr. P. S., Univerza na Primorskem, Fakulteta za matematiko, naravoslovje in informacijske tehnologije, Glagoljaška 8, SI-6000 Koper

¹ D. Ž., Gozdarski inštitut Slovenije, Oddelek za gozdno ekologijo, Večna pot 2, SI-1000 Ljubljana, Slovenija, daniel.zlindra@gozdis.si

njem vzorčenja tal in analizami pa spremljamo te lastnosti v času. Prvo snemanje smo izvedli v l. 1995/96 in ponovitev l. 2005/2006 v okviru projekta BioSoil.

Na ploskvah II. ravni monitoringa imamo deset objektov, ki služijo intenzivnemu monitoringu in spremljanju gozdnih tal od leta 2003 naprej (Urbančič in sod., 2016). Na njih poleg klasičnega/osnovnega spremljanja gozdnih tal in procesov v njih skušamo oceniti tudi vzročno-posledične odnose. V gozdnih tleh spremljamo potencialne procese zakisljevanja, evtrofikacije, oceno zalog in dinamiko ogljika, tokove hranil, vodno bilanco ter biotsko pestrost tal. Spremljanje slednje je šele v začetni fazi. V okviru intenzivnega spremljanja tal nas zanima tudi proizvodna sposobnost rastišča, spreminjanje vegetacije, vsebnost in kakovost vode v tleh, prehranjenost rastlin, rast drevja v povezavi z nekaterimi ekofiziološkimi parametri idr. Parametri, kot so npr. vsebnost skupnega organskega ogljika v mineralnem delu tal, vsebnost skupnega dušika, C_{org}/N_{tot} razmerje in pH vrednost tal, so del kemijskih lastnosti, ki so v pomoč pri oceni proizvodne sposobnosti gozdnih tal.

Tla so največje skladišče ogljika v terestričnih ekosistemih, zato spremljamo vsebnost ogljika v opadu in vsebnosti organskega ogljika v mineralnem delu tal. Vse to v povezavi z njihovimi morfološki, kemijski, fizikalni in biološki lastnostmi. V preteklosti smo intenzivne spremljali in ocenjevali vpliv onesnaženega zraka na tla in gozd, v zadnjem obdobju pa spremljamo predvsem vpliv podnebne spremenljivosti na procese v gozdnih ekosistemih.

Gozdna tla opredeljujejo rastišče; spreminjajo se v času po naravni poti s pedogenezo, obenem pa se spreminjajo zaradi našega gospodarjenja z gozdovi (in posledično tlemi) ter podnebnih sprememb. Na stanje in procese v tleh vplivajo lastnosti tal, kot so na primer vsebnost hranil, pH-vrednost tal, struktura, tekstura, izmenljiva (oz. pufrska) sposobnost tal, zmožnost zadrževanja vode ipd. V tleh neprestano potekajo številni procesi, npr. humifikacija, mineralizacija, izpiranje, zakisovanje, evtrofikacija, oglejevanje, preperevanje idr. Zaradi načina gospodarjenja z gozdovi in posledično z gozdnimi tlemi ter zaradi drugih okoljskih vplivov in človeških dejavnikov

v gozdnih tleh lahko potekajo degradacijski procesi, ki so posledica zasmrečenosti, steljarjenja, poseka, vnosa onesnažil, vpliva ujm, suše idr. Intenzivni monitoring gozdnih tal je predvsem namenjen zaznavanju podnebnih sprememb, spremljanju stanja dušika, težkih kovin in daljinskega onesnaževanja. V prihodnosti bi bilo smiselno vključiti tudi zaznavanje mikroplastike. Z vidika stanja in spremljanja sprememb v tleh nas zanimajo različni procesi (npr. ogljikov cikel) in proizvodna sposobnost rastišča. Stanje tal preverjamo na vsakih deset do petnajst let, saj so spremembe fizikalno-kemijskih lastnosti tal, če ni večjih ujm in preveč intenzivnega gospodarjenja z gozdovi, dokaj počasne. Glede sprememb v gozdnih tleh nas najbolj zanimajo: morebitno spreminjanje reakcije tal, delež organskega ogljika v mineralnem in organskem delu tal, delež skupnega dušika v tleh ter razmerje med ogljikom in dušikom v tleh, ki je dober pokazatelj hitrosti razpada organske snovi. Najzanimivejši del tal za spremljanje stanja je prehod med organskim in mineralnim delom tal do globine 10 cm. Ravno v tem delu tal nastajajo najintenzivnejši procesi in s tem morebitne spremembe.

Metode vzorčenja in analizni postopki v okviru intenzivnega spremljanja so potekali v skladu z Navodili za vzorčenje in analize tal (Cools & De Vos., 2020) in projektno nalogo Monitoring ogljika v gozdnih tleh, mokriščih in urbanih tleh podnebnega sklada Slovenije v delu, ki se navezuje na spremljanje dinamike ogljika v gozdnih tleh (Marinšek in sod., 2023). Fizikalno-kemijske analize vzorcev tal smo opravili v Laboratoriju za gozdno ekologijo Gozdarskega inštituta Slovenije. V prispevku predstavljamo stanje organskega ogljika, skupnega dušika, razmerja C/N in pH vrednosti v mineralnem delu tal do globine 10 cm na desetih ploskvah, kjer poteka intenzivno spremljanje stanja gozdnih ekosistemov. Za prvo spremljanje stanja smo vzeli obdobje od leta 2003 do 2010 ter drugo, ki ga predstavlja stanje v letu 2022.

2 DELEŽ ORGANSKEGA OGLJIKA (C_{org} (%)) V TLEH

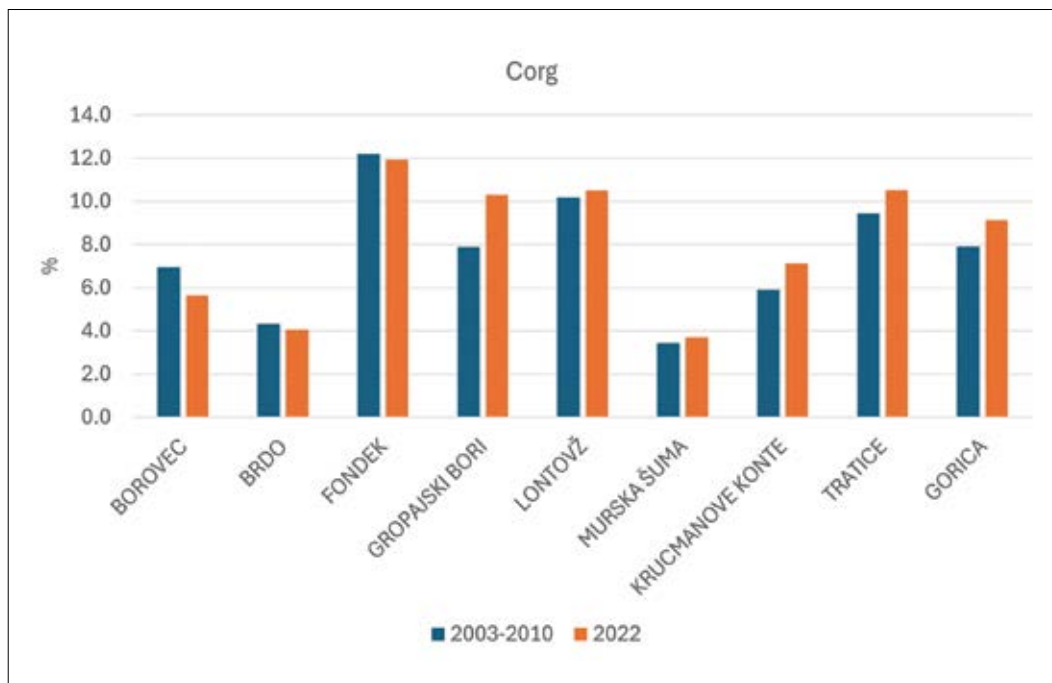
2 THE PROPORTION OF ORGANIC CARBON (C_{org} (%)) IN THE SOIL

Vsebnosti skupnega organskega ogljika (C_{org}) v mineralnem delu tal globine 0–10 cm so izražene v odstotkih in kažejo na velike razlike med ploskvami (do trikratnika) (slika 1). Vsebnosti ogljika so relativno ugodne, najmanjše so na ploskvi Murska Šuma in največje na Fondku. Razlikujejo se tudi vrednosti C_{org} med prvim obdobjem vzorčenja tal (2003–2010) in drugim leta 2022. Najizrazitejši primer spremembe so tla na ploskvi Gropajski Bori, kjer se je delež organskega ogljika v tleh povečal za več kot 2 % (Slika 1). V primeru trajnostnega gospodarjenja z gozdovi brez ekstremnih dogodkov (ujme, požari, končni posek) naj se v obdobju, krajšem od deset let, v mineralnem delu tal ne bi spreminjala vsebnost organske snovi, še posebno v globljih plasteh tal (npr. 10–20 cm in globlje). Če vrednosti iz ploskev IM primerjamo z vrednostmi popisa stanja

gozdnih tal ICP Forest na evropski 16 km × 16 km v mreži (de Vos in sod., 2015; za obdobje 1986–1995, Vanmecheleen in sod., 1997), vidimo, da so vrednosti deleža C_{org} do globine 10 cm za mineralna tla na naših ploskvah podobne oz. po večini večje od povprečne vrednosti evropske mreže (C_{org_pop} : 4,36 %; $P_{2.5-97.5}$ 0,59–15,2%).

Mineralni del tal na naših ploskvah spada med zelo humozna tla, na dveh ploskvah (Brdo in Murska Šuma) pa so mineralna tla v zgornjih 10 cm manj humozna (Slika 1). Na 60 % ploskev smo zaznali trend rahlega povečevanja količine ogljika v tleh, na 40 % pa rahlo zmanjševanje.

V gozdnih tleh je organski ogljik pomemben zaradi skladiščenja in dinamike ogljika; v tleh ga sestavljajo različne oblike in frakcije z različno stabilnostjo in sestavo. Tekstura gozdnih tal je pomemben dejavnik, saj z glino bogatejša tla lahko potencialno vežejo več organske snovi, s čimer se poveča možnost vezave ogljika za daljše obdobje. Tla z večjim deležem gline tudi bolje zadržujejo vodo.



Slika 1: Povprečne vrednosti deleža organskega ogljika v mineralnem delu tal do globine 10 cm.

Figure 1: Mean values of the organic carbon proportion in the mineral part of the soil up to the depth of 10 cm.

3 DELEŽ SKUPNEGA DUŠIKA (N_{tot} (%)) V TLEH

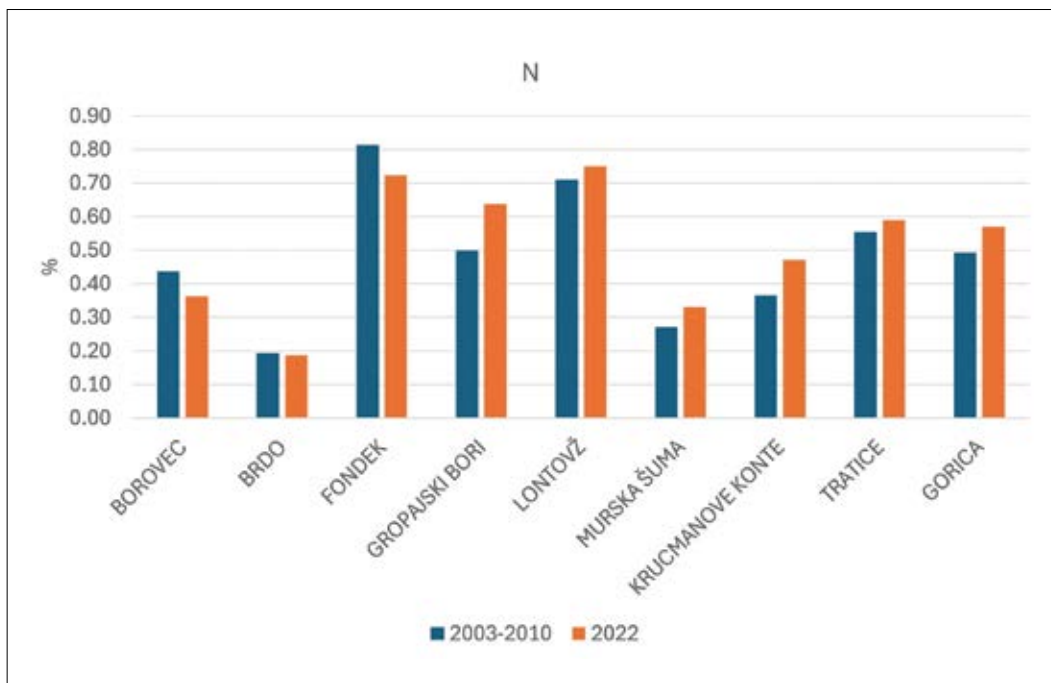
3 PERCENTAGE OF TOTAL NITROGEN (N_{tot} (%)) IN THE SOIL

V tleh se dušik kopiči v obliki rastlinskih in živalskih ostankov, pri čemer se na vsakem mestu v daljšem časovnem obdobju vzpostavi ravnovesje med hitrostjo kopičenja in razgradnje. Glede na druga hranila (npr. K, P, Mg, Ca, idr.) pomeni za rastline pomanjkanje in/ali nedostopnost dušika iz tal omejevalni dejavnik rasti (Simončič in sod., 2014; Pernar, 2017; Binkley & Fisher 2019).

V mineralnem delu tal se koncentracija dušika spreminja glede na vsebnost organske snovi in je nižja kot v organskih horizontih. Glede na raziskavo gozdnih tal na evropski mreži 16 km × 16 km (Vanmechelen in sod., 1997) je 90 % vrednosti dušika manjših od 5,3 g/kg (0,53 %) v zgornjih plasteh in manjših od 3,0 g/kg (0,3 %) v globljih plasteh mineralnega dela tal. Vrednosti so primerljive z vrednostmi na naših ploskvah IM v Sloveniji. Najmanjše vrednosti smo določili za

ploskev Brdo (0,19 %), največje pa na Fondku v Trnovskem gozdu (0,81%) in Lontovžu v Zasavju (0,75 %) (Slika 2). Prva ocena trenda sprememb vsebnosti skupnega dušika v mineralnem delu gozdnih tal med prvim in drugim vzorčenjem tal kaže na povečanje vsebnosti skupnega dušika v zgornji plasti mineralnih tal na večini (70 %) ploskev IM (Slika 2).

V gozdnih ekosistemih je dušik večinoma (90 %) organsko vezan, rastline pa ga večinoma lahko sprejemajo le v anorganski obliki. Vsebnosti skupnega dušika v tleh ne dajejo točne podobe preskrbljenosti rastlin, saj je dušik v tleh večinoma v organski obliki in ga je razmeroma malo v rastlinam dostopnih neorganskih oblikah; rastlinam dostopne oblike dušika večinoma predstavljajo manj kot 2 % skupnega dušika v tleh. Pri drevesničarski proizvodnji veljajo za primerna tista tla, ki vsebujejo od 3 do 8 % organske snovi, razmerje $C_{\text{org}}/N_{\text{tot}}$ pa ob ustrezni preskrbljenosti z dušikom ($> 2,2$ %) naj ne bi bilo večje od 26.



Slika 2: Povprečne vrednosti deleža dušika v mineralnem delu tal do globine 10 cm.

Figure 2: Mean values of the nitrogen proportion in the mineral part of the soil up to the depth of 10 cm.

4 RAZMERJE MED ORGANSKIM OGLJIKOM IN SKUPNIM DUŠIKOM (C_{org}/N_{tot}) V TLEH

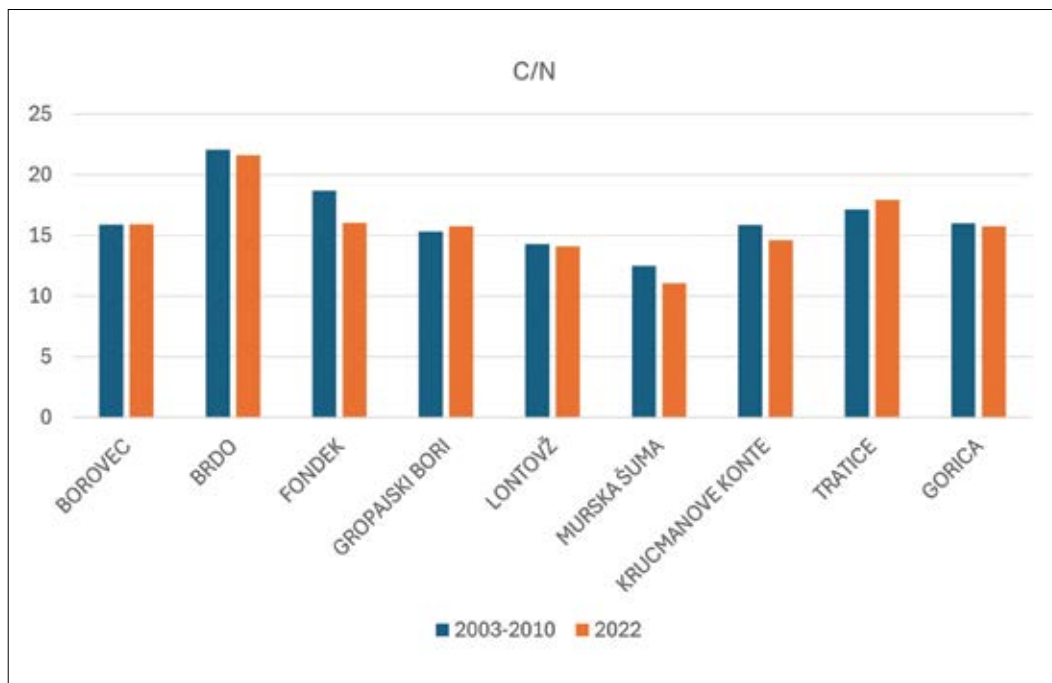
4 THE RATIO OF ORGANIC CARBON TO TOTAL NITROGEN (C_{org}/N_{tot}) IN SOILS

Razmerje med organskim ogljikom (C_{org}) in dušikom (N_{tot}) v gozdnih tleh je pomembno za razumevanje razgradnje organskih snovi in kroženja hranil v ekosistemu. Razmerje C/N v tleh kaže na razmerje med razgradljivimi organskimi snovmi (predvsem rastlinskimi ostanki in humusom) ter razpoložljivim dušikom za rastline. Manjše razmerje C/N po navadi kaže na večjo razgradljivost organskih snovi, saj je dušika v primerjavi z ogljikom relativno več. To lahko pomeni, da v takih tleh potekata hitrejša mineralizacija in sproščanje dušika, kar lahko spodbudi rast rastlin. Veliko razmerje C/N pa lahko pomeni, da so organske snovi manj razgradljive, kar lahko vodi v počasnejšo razgradnjo in sproščanje dušika v tla. V takšnih primerih bi

bil lahko dušik omejujoči dejavnik za rast rastlin, kar lahko vpliva na produktivnost ekosistema.

V organskih plasteh tal, kjer so različni rastlinski ostanki, je vsebnost dušika delno odvisna od vrste vegetacije. V mineralnih plasteh tal pa se večina organskih snovi postopoma spreminja v humus in doseže specifično vsebnost dušika, značilno za humusne snovi. Zato je razmerje med vsebnostjo organskega ogljika (C_{org}) in celotnim dušikom (N_{tot}) očitneje izraženo v mineralnih plasteh tal.

Med razgradnjo odmrlega rastlinskega materiala v tleh se večina organskega ogljika sprosti kot CO_2 , dušik pa ostaja v različnih oblikah. Iz razmerja C_{org}/N_{tot} lahko sklepamo na razpoložljivost dušika v tleh in na stopnjo razkroja organske snovi v tleh. Sprsteninasta humusna oblika z razmerjem $C_{org}/N_{tot} = 10-15$ ima veliko adsorpcijsko sposobnost za vezanje vode in hranil. Pri slabše razkrojenih humusnih oblikah so razmerja širša in so vrednosti večinoma večje od 15; pri vrednostih 15 do 19 gre za prhnine, od 20 do 25



Slika 3: Vrednosti razmerja med organskim ogljikom in skupnim dušikom v mineralnem delu tal do globine 10 cm.
Figure 3: Ratio of organic carbon to total nitrogen in the mineral part of the soil up to the depth of 10 cm.

gre za sprstenine, surov humus ima vrednosti več kot 25 in šote več kot 30.

Na naših ploskvah IM so v mineralnem delu tal vrednosti povprečno od 10 do 20 (Slika 3). Največje razmerje smo izračunali za tla na Brdu (23,64), kjer uspeva kisloljubno rdečeborovje, najnižjo vrednost pa v Murski Šumi v letu 2022 (11,05), kjer je rastišče poplavnega hrastovega gozda. V mineralnem delu tal so po podatkih raziskave gozdnih tal na evropski 16 km × 16 km mreži (Vanmechelen in sod., 1997) vrednosti C/N po večini od 10 do 30, kar je primerljivo z vrednostmi za naše ploskve IM (Slika 3). Med obdobji spremljanj ni večjih odstopanj, kar tudi v tem primeru kaže na dokaj nespremenjene razmere v gozdnih tleh.

5 REAKCIJA TAL (pH)

5 SOIL REACTION

Reakcija tal vpliva na številne lastnosti tal in pojave v tleh; vpliva na biološko (mikrobno) aktivnost, humifikacijo organskih snovi, dostopnost posa-

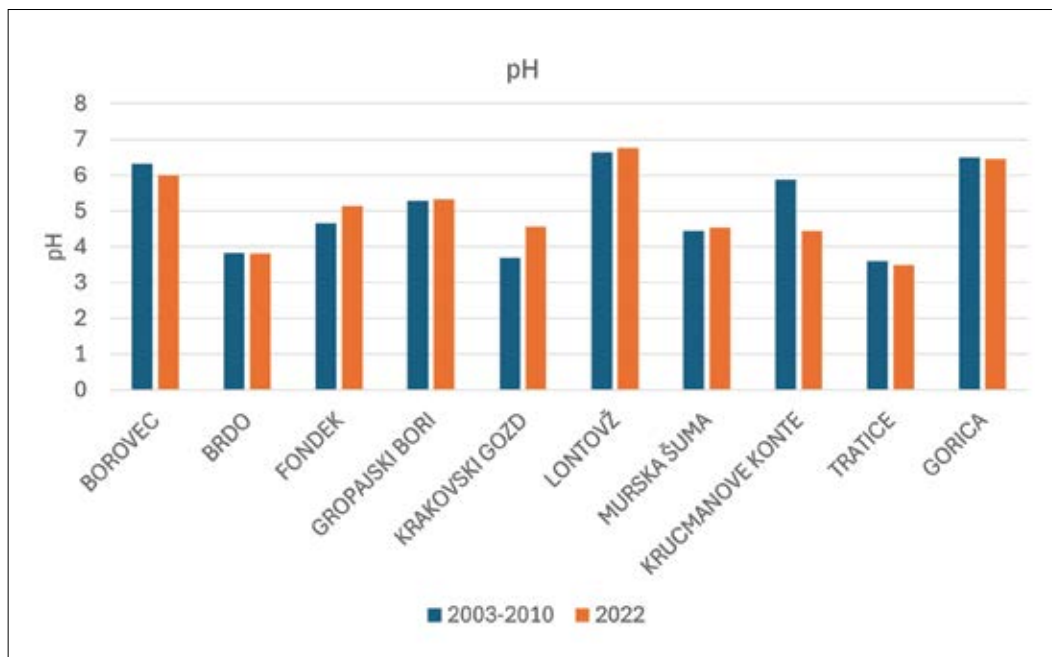
meznih hranil in podobno. Reakcije tal so opredeljene s koncentracijo oksonijevih ionov (H_3O^+) v talni raztopini, ki jo izražamo s pH vrednostmi. Optimalna pH vrednost tal se razlikuje glede na teksturo tal in potrebe rastlinske vrste (za bukev veljajo za optimalne vrednosti pH od 5 do 6, za jesen, javor, lipo, jelšo, topol vrednosti pH od 5,5 do 6,5, za smreko od 4,5 do 5,5 itn.). Če so tla lažja in je v njih več humusa, je optimalna reakcija tal praviloma manjša.

Spremljanje stanja gozdnih tal na ploskvah IM kaže, da se po pričakovanih pH v dvajsetletnem obdobju spremljanja ni bistveno spremenil. Samo v Krakovskem gozdu smo zaznali povečanje pH vrednosti v zgornjih 10 cm mineralnega dela tal (Slika 4), za kar pa zaenkrat še nimamo razlage.

6 ZAKLJUČEK

6 CONCLUSION

Med pregledom stanja in sprememb izbranih lastnosti gozdnih tal, ki so povezane z različnimi procesi degradacije v gozdnih ekosistemih, kot so



Slika 4: Povprečne pH-vrednosti tal do globine 10 cm na posameznih ploskvah IM.

Figure 4: Mean pH values of the soil up to the depth of 10 cm on individual IM plots and values of the nitrogen proportion in the mineral part of the soil up to the depth of 10 cm.

podnebni dejavniki (npr. temperatura in padavine) in gospodarjenje z gozdom (npr. sanitarna sečnja), smo opazili manjše spremembe med prvim in drugim vzorčenjem zgornje plasti mineralnega dela tal. Na večini ploskev so se vrednosti za organski ogljik (C_{org}) in skupni dušik (N_{tot}) povečale, razmerja C/N ter reakcije tal na posameznih ploskvah IM pa ostajajo podobne, kar kaže na logično povezanost dinamike ogljika in dušika v gozdnih ekosistemih z analiziranimi vrednostmi.

V luči predloga zakonodaje EU glede tal, Directive on Soil Monitoring and Resilience (Soil Monitoring Law), je pomembno, da nadaljujemo z aktivnostmi intenzivnega spremljanja gozdnih tal in spremljajočimi meritvami na ploskvah IM, saj bo tako tudi v prihodnje omogočeno spremljanje številnih procesov in podajanje t. i. deskriptorjev tal, spremljanje meril zdravega stanja tal in kazalnikov degradacijskih procesov za tla, med katera sodi izguba organske snovi, neravnovesja hranil v tleh, zmanjšanja biološke aktivnosti tal, erozije idr.

7 ZAHVALA

7 ACKNOWLEDGEMENT

Zahvaljujemo se vsem sodelavkam in sodelavcem na Gozdarskem inštitutu Slovenije, ki pomagajo pri vzorčenju in analizah vzorcev tal. Spremljanje stanja gozdov poteka v okviru Javne gozdarske službe na Gozdarskem inštitutu Slovenije, ki ga financira Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano. Program je deloma potekal v okviru pripravljalnega projekta eLTER faze (eLTER PPP), projekta eLTER Advanced Community Project (eLTER PLUS) in projekta Razvoj raziskovalne infrastrukture za mednarodno konkurenčnost slovenskega RRI prostora - RI-SI-LifeWatch, ki ga financirata Republika Slovenija, Ministrstvo za izobraževanje, znanost in šport, ter Evropska unija iz Evropskega regionalnega Evropskega sklada za regionalni razvoj.

8 VIRI

8 REFERENCES

- Binkley, D., & Fisher, R. F. 2019. Ecology & management of forest soils (Fifth edition). Wiley.
- Cools N, De Vos B., 2020. Part X: Sampling and Analysis of Soil. Version 2020-1. V: 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, 29 p + Annex <http://www.icp-forests.org/manual.htm>.
- De Vos, B., Cools, N., Ilvesniemi, H., Vesterdal, L., Vanguelova, E., Carnicelli, S. 2015. Benchmark values for forest soil carbon stocks in Europe: Results from a large scale forest soil survey. *Geoderma*, 251–252, 33–46. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2015.03.008>.
- Marinšek, A., Žlindra, D., Ferlan, M., Kozamernik, E., Mali, B., Horvat, P., Zagorac, E., Mesarec, N., Bergant, J., Vrščaj, B., Simončič, P., 2023. Poročilo o izvedbi naloge javnega naročila: »Monitoring ogljika v gozdnih tleh, mokriščih in urbanih tleh« - MEJNIK 4. Končno poročilo. 110 str.
- Pernar, N., 2017. Tlo: nastanek, značajke, gospodarjenje, Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, 799 str.
- Simončič, P., Smolej, I., Kalan, P., Mavsar, R., Levanič, T., 2003. Intenzivno spremljanje stanja gozdnih ekosistemov (IMP-SI): letno poročilo (2003) = Intensive monitoring in Slovenia (IMP-SI): fir's annual report (2003). Ljubljana: Gozdarski inštitut Slovenije: = Slovenian Forestry Institute; Wageningen: Alterra, 2004. 29 str., ilustr. ISBN 961-6425-18-8.
- Simončič, P., Eler, K., Kobal, M., Triplat, M., Sinjur, I., Žlindra, D., Mihelič, M., Roblek, R., Piškur, M., Klun, J., Premrl, T., Krajnc, N. 2014. Možnosti in omejitve pridobivanja biomase iz gozdov: zaključno poročilo projekta (V2-1126). Ljubljana: Gozdarski inštitut Slovenije, 180 str.
- Urbančič, M., Kutnar, L., Kobal, M., Žlindra, D., Marinšek, A., Simončič, P., 2016. Značilnosti tal in rastja na ploskvah intenzivnega monitoringa. *Gozdarski vestnik* 74/1, 3–27.
- Vanmechelen, L., Groenemans, R., Van Ranst, E., 1997. Forest Soil Condition in Europe. Technical Report. Ministry of the Flemish Community, EC and UN/ECE, Brussels, Geneva, 257 str.