

# Medletna variabilnost značilnosti lesa in floema vrst, ki sobivajo: *Fraxinus ornus*, *Quercus pubescens* in *Ostrya carpinifolia*

Jožica Gričar<sup>1</sup>, Klemen Eler<sup>2</sup>, Saša Ogorevc<sup>1</sup>, Debojit Chanda<sup>3</sup>, Sarkiri Kro<sup>4</sup>, Mohendra Thapa<sup>4</sup>, Polona Hafner<sup>1</sup>, Peter Prislan<sup>1</sup>

1 Gozdarski inštitut Slovenije, Večna pot 2, 1000 Ljubljana, Slovenija

2 Oddelek za agronomijo, Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, Jamnikarjeva 101, 1000 Ljubljana, Slovenija

3 Arya Vidyapeeth College, Guwahati, Assam, India

4 Diphu Government College, Karbi Anglong, Assam, India

## POUDARKI:

- Anatomija lesa in floema drevesnih vrst, ki sobivajo, ponuja dragocene informacije o tem, kako se različne drevesne vrste soočajo s podnebnimi spremembami in prilagajajo strukturo prevodnih tkiv lokalnim vremenskim razmeram.
- V obdobju 2019–2021 smo proučili in primerjali širino letnih prirastkov lesa in floema in velikosti prevodnih elementov ranega lesa in ranega floema pri listavcih, ki sobivajo na Podgorskem krasu: mali jesen (*Fraxinus ornus*), puhasti hrast (*Quercus pubescens*) in črni gaber (*Ostrya carpinifolia*).
- Ugotovili smo, da analizirane spremenljivke lesa in floema pri preučevanih drevesnih vrstah kažejo različne sezonske trende glede na lokalne vremenske razmere.
- Med vrstami so bile v vseh letih opažene statistično značilne razlike v velikostih prevodnih elementov lesa in floema, kar kaže na velike razlike v izračunani hidravlični prevodnosti med drevesnimi vrstami.
- Visoka medletna variabilnost in vrstno specifična občutljivost ksilema in floema na padavine in temperaturo potrjujeta visoko plastičnost in različne strategije debelinske rasti preučevanih drevesnih vrst, ki zagotavljajo optimalno delovanje v lokalnih vremenskih razmerah.

## HIGHLIGHTS:

- The xylem and phloem anatomy of co-existing tree species provides valuable information on how different tree species face climate change and adjust their vascular structure to local weather conditions.
- We examined and compared annual ring widths and conduit size in earlywood and early phloem in *Fraxinus ornus*, *Quercus pubescens* and *Ostrya carpinifolia* in a sub-Mediterranean site Podgorski kras in the period 2019–2021.
- We found that phloem increment widths and conduits in earlywood and early phloem in the studied tree species showed different trends in terms of interannual variability and in relation to local weather conditions.
- Statistically significant differences were observed among species across all years for the size of xylem and phloem conduits and the hydraulic conductivity of earlywood vessels, which indicates great differences in the calculated hydraulic conductivity among the tree species.
- High interannual variability and species-specific sensitivity of xylem and phloem traits to precipitation and temperature confirm high plasticity and different radial growth strategies of the studied tree species to ensure optimal functioning under local weather conditions.

## UVOD:

Obsredozemske pokrajine Slovenije, kamor prištevamo tudi Podgorski kras, zaznamujejo suha in vroča poletja ter dokaj mile zime (Brečko Grubar in sod. 2020). Pričakuje se, da bodo drevesa in gozdni ekosistemi na tem območju zaradi podnebnih sprememb in z njimi povezanih pogostejših ekstremnih vremenskih dogodkov in naravnih nesreč, kot so suše, gozdni požari in vročinski valovi, pod velikim pritiskom v naslednjih desetletjih (Köhl in sod. 2020). Anatomija lesa in floema drevesnih vrst, ki sobivajo, ponuja dragocene informacije o tem, kako se različne drevesne vrste soočajo s podnebnimi spremembami in prilagajajo strukturo prevodnih tkiv lokalnim vremenskim razmeram. V obdobju 2019–2021 smo proučili in primerjali širino letnih prirastkov lesa in floema in velikosti prevodnih elementov ranega lesa in ranega floema pri malem jesenu (*Fraxinus ornus*), puhastem hrastu (*Quercus pubescens*) in črnem gabru (*Ostrya carpinifolia*) (Gričar in sod. 2026). Raziskavo smo opravili na Podgorskem krasu, kjer se je delež izbranih vrst listavcev v zadnjih desetletjih povečal, predvsem na račun zaraščajočih površin travnikov in pašnikov (Ferlan in sod. 2016).

## MATERIALI IN METODEDE:

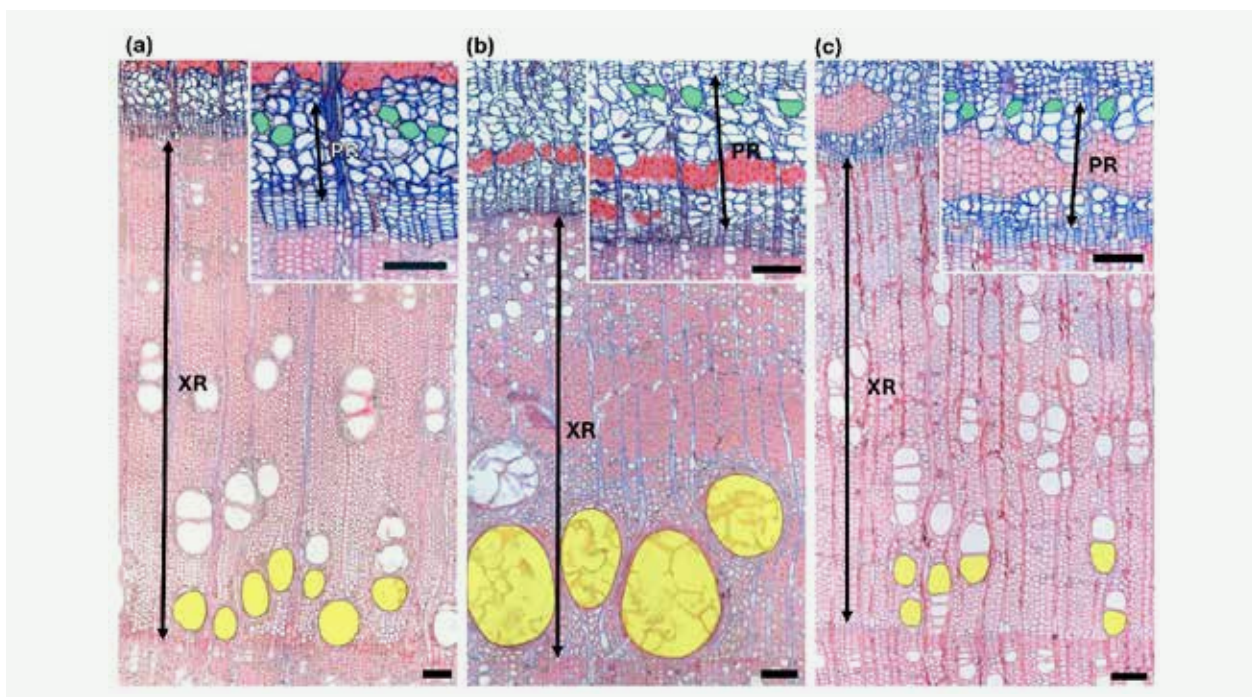
Raziskavo smo izvedli na območju Podgorskega krasa v JZ delu Slovenije (45°32'31"N, 13°54'45"E, 420–430 m a.s.l.), kjer prevladuje submediteransko podnebje, za katerega so značilna vroča in suha poletja, pozimi je pogosta burja s

periodično snežno odejo. Za to območje so značilne lesnate rastline srednje in pozne sukcesije, pri čemer so puhasti hrast (*Quercus pubescens* Willd.), navadni jesen (*Fraxinus ornus* L.) in črni grob (*Ostrya carpinifolia* Scop.) prevladujoče listopadne drevesne vrste, ki rastejo v čistih ali mešanih sestojih.

Pogoste visoke temperature in pomanjkanje padavin poleti na Podgorskem krasu vodijo v nastanek suše, ki je za tamkajšnjo vegetacijo omejujoč dejavnik. V obdobju 2019–2021 je letna količina padavin preseгла 1100 mm z najmanjšo količino v letu 2021 (1147 mm), ko je padlo 26,8 % oz. 19,7 % manj padavin kot v letih 2019 in 2020. Vremenske razmere v obdobju debelinske rasti (maj–avgust) so bile primerljive v letih 2019 in 2021. V letih 2019 in 2021 sta bila najsušnejša meseca z mesečnimi padavinami pod 50 mm marec in junij, najbolj moker mesec pa je bil maj (> 150 mm). V letu 2020 je bil najbolj suh mesec april, najbolj moker pa junij. Povprečna mesečna temperatura je preseгла 20°C v obdobju junij–avgust v letih 2019 in 2021, v letu 2020 pa se je to zgodilo v obdobju julij–avgust. Podnebne podatke smo pridobili z bližnje klimatske postaje Agencije za okolje RS (ARSO).

V obdobju 2019–2021 smo vsako leto spomladi, pred začetkom rastne sezone, izbrali po šest dreves vsake vrste. V 7-10 dnevni intervalih smo v prsni višini izbranih dreves s Treforjem (Rossi et al. 2006) odvzeli mikroizvrtke premera

**Slika 1:** Prečni prerezi preparatov lesa in floema pri (a) *Fraxinus ornus*, (b) *Quercus pubescens* in (c) *Ostrya carpinifolia*. Lumni merjenih trahej ranega lesa so označeni z rumeno; lumni sitastih cevi ranega floema pa z zeleno barvo. XR – najmlajša lesna branika; PR – najmlajša floemska branika. Daljica = 100 µm



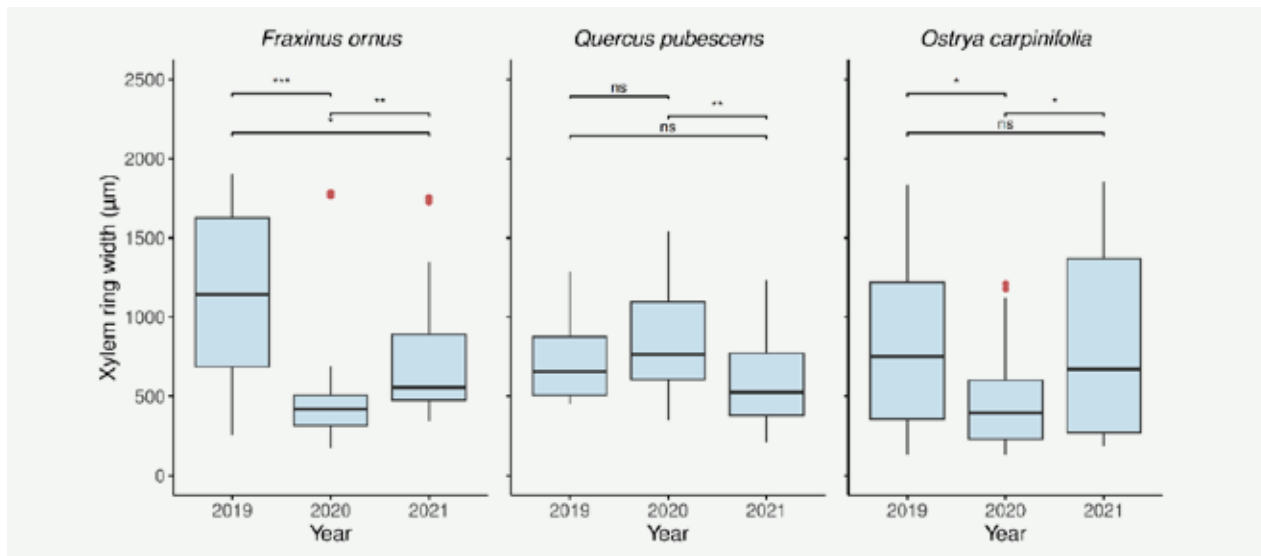
2,4 mm za analize sezonskega razvoja floemske in lesne branike. V Laboratoriju za anatomijo lesa na Gozdarskem inštitutu Slovenije smo po ustaljenem postopku pripravili prečne prereze tkiv (Prislan in sod. 2022). Iz vzorcev, odvzetih ob koncu vsake rastne sezone (avgust–september), smo za anatomske analize popolnoma oblikovanih lesnih in floemskih tkiv izbrali dva preparata, na katerih smo izmerili širine lesnih in floemskih prirastkov ter velikosti desetih naključno izbranih trahej ranega lesa ter sitastih cevi ranega floema (Slika 1). Za traheje smo izračunali teoretično prevodnost. Vse statistične analize so bile opravljene v okolju R (package nlme) (R Core Team 2024).

## REZULTATI:

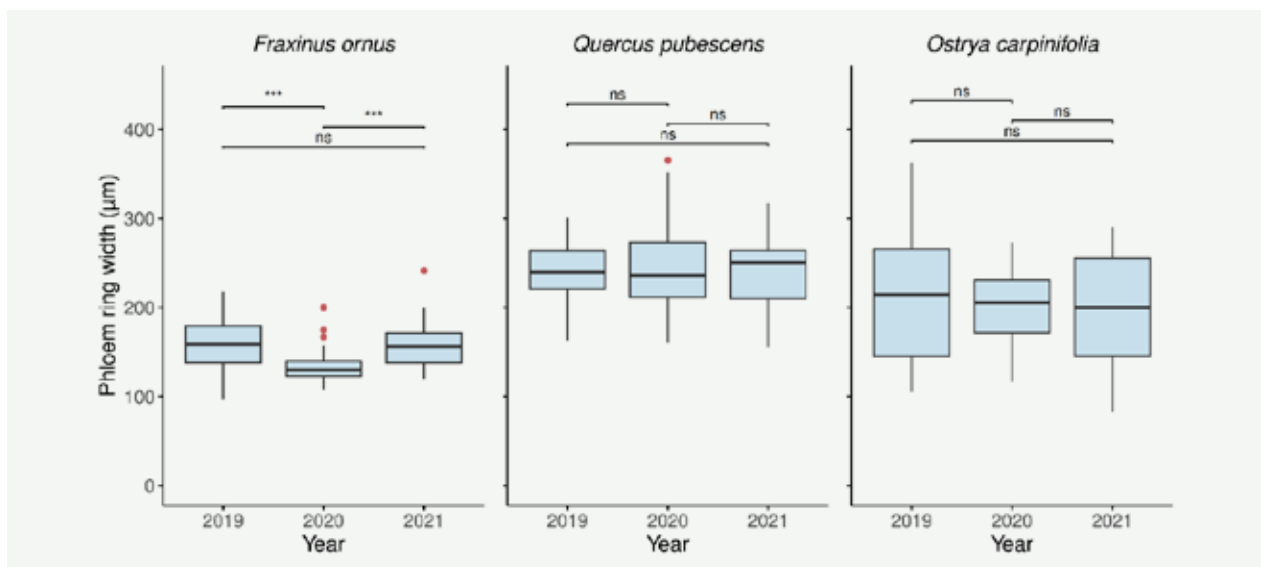
V lesu so bile povprečne vrednosti širine prirastkov v vseh treh analiziranih letih največje pri *F. ornus* in najmanjše pri *O. carpinifolia* (Slika 2). Poleg tega se je širina lesnih prirastkov med vrstami v analiziranih letih razlikovala.

V floemu so bile povprečne vrednosti širine prirastkov v vseh treh letih največje pri *Q. pubescens* in najmanjše pri *F. ornus* (Slika 3). Z izjemo *O. carpinifolia* in *Q. pubescens* v letu 2019 so bile v vseh drugih primerih statistično značilne razlike v širinah floemskih prirastkov med vrstami v analiziranih letih. V vseh primerih je bil lesni prirastek širši od floemskega, in sicer v povprečju za 79,0 % pri *F. ornus*, 62,8 % pri *Q. pubescens* in 66,0 % pri *O. carpinifolia*.

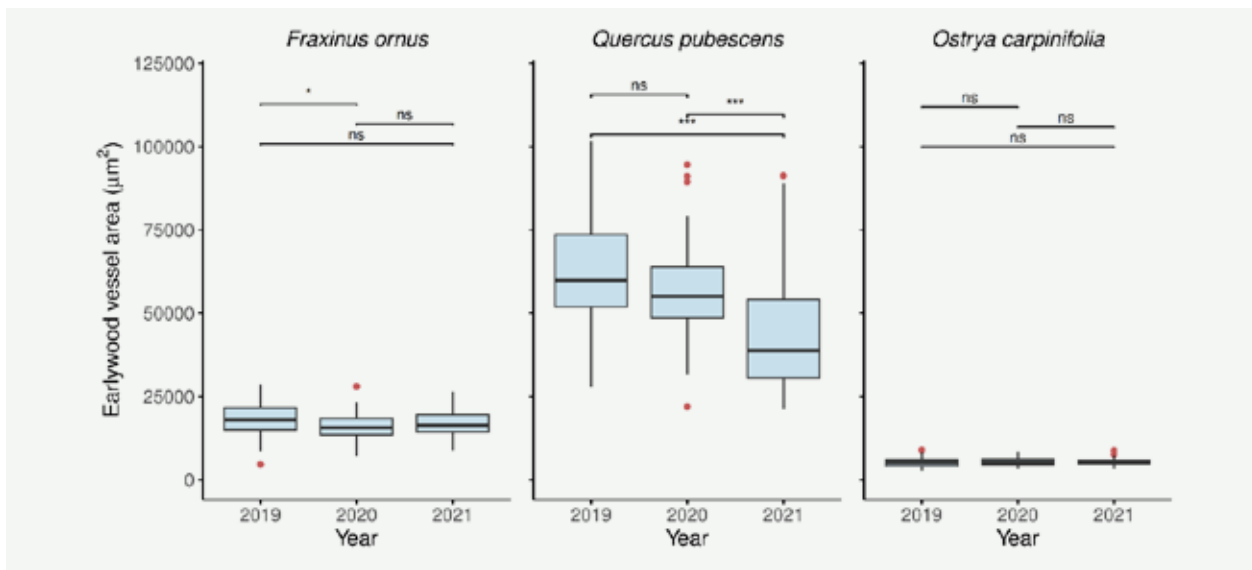
**Slika 2:** Širine letnih prirastkov lesa pri *Fraxinus ornus*, *Quercus pubescens* in *Ostrya carpinifolia* na Podgorskem krasu v obdobju 2019–2021. Stopnja značilnosti: ns = ni statistično značilno, \* $p < 0,05$ , \*\* $p < 0,01$ , \*\*\* $p < 0,001$ .



**Slika 3:** Širine letnih prirastkov floem pri *Fraxinus ornus*, *Quercus pubescens* in *Ostrya carpinifolia* na Podgorskem krasu v obdobju 2019–2021. Stopnja značilnosti: ns = ni statistično značilno, \* $p < 0,05$ , \*\* $p < 0,01$ , \*\*\* $p < 0,001$ .



**Slika 4:** Površina lumnov trahej ranega lesa pri *Fraxinus ornus*, *Quercus pubescens* in *Ostrya carpinifolia* na Podgorskem krasu v obdobju 2019–2021. Stopnja značilnosti: ns = ni statistično značilno, \*p < 0,05, \*\*p < 0,01, \*\*\*p < 0,001.

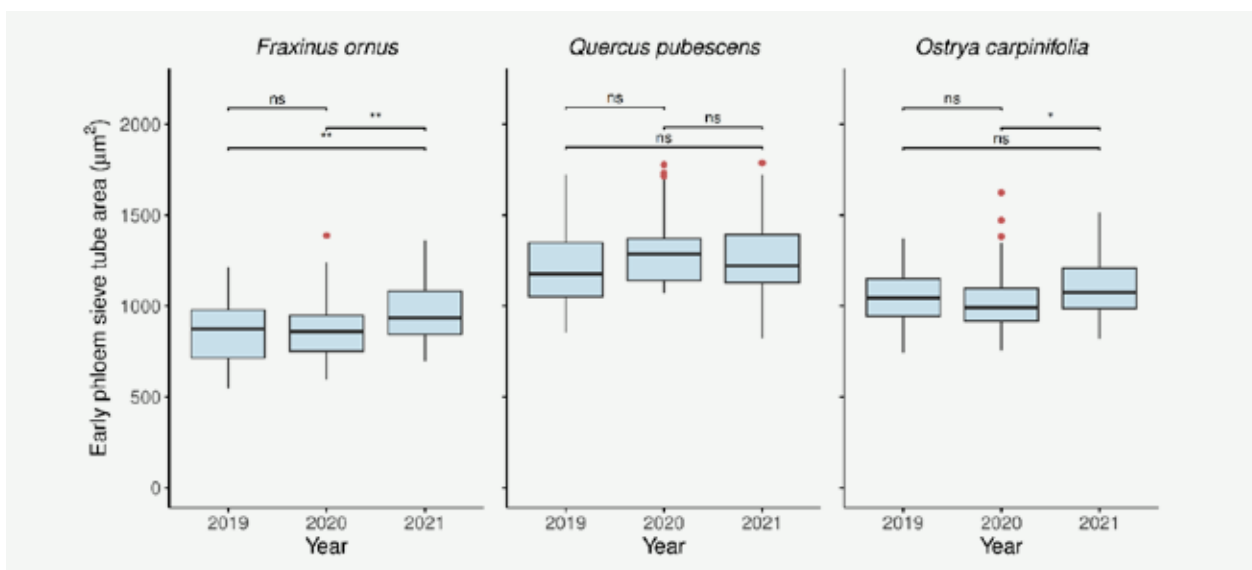


V lesu so bile izmerjene največje traheje ranega lesa pri *Q. pubescens* in najmanjše pri *O. carpinifolia* (Slika 4), medtem ko smo največje sitaste cevi ranega floema zabeležili pri *Q. pubescens* in najmanjše pri *F. ornus* (Slika 5). V povprečju so bile traheje ranega lesa pri *Q. pubescens* 67,4 % oziroma 89,9 % večje kot pri *F. ornus* oziroma *O. carpinifolia*.

27,7 % večje kot pri *O. carpinifolia* in *F. ornus*. Razlike v velikosti lesnih in floemskih prevodnih elementov so bile opažene pri vseh treh vrstah, pri čemer so bile traheje ranega lesa značilno večje kot sitaste cevi ranega floema, in sicer za 94,7 % pri *Q. pubescens*, 97,6 % pri *F. ornus* in 80,0 % pri *O. carpinifolia*.

Sitaste cevi ranega floema so bile največje pri *Q. pubescens* in najmanjše pri *F. ornus* (Slika 5). Sitaste cevi ranega floema so bile pri *Q. pubescens* v povprečju 15,7 % oziroma

**Slika 5:** Površina lumnov sitastug cevi ranega floema pri *Fraxinus ornus*, *Quercus pubescens* in *Ostrya carpinifolia* na Podgorskem krasu v obdobju 2019–2021. Stopnja značilnosti: ns = ni statistično značilno, \*p < 0,05, \*\*p < 0,01, \*\*\*p < 0,001.



## DISKUSIJA:

Naša raziskava medletne variabilnosti širin lesnih in floemskih prirastkov ter velikosti prevodnih elementov ranega lesa in ranega floema pri treh listavcih, ki sobivajo na Pogorskem krasu, je pokazala vrstno-specifične razlike v analiziranih lesnih in floemskih parametrih (Gričar in sod. 2026). Strukturne prilagoditve lesa in floema odražajo fenotipsko plastičnost drevesnih vrst, kar jim omogoča prilagajanje lokalnim razmeram in premagovanje različnih stresnih dogodkov (Valladares et al. 2007). V izbranem submediteranskem okolju so naravne motnje, kot so suše in požari, zelo pogoste in imajo lahko različne učinke na strukturo lesa in floema (Kirapostolou in Petit 2018, Sevanto et al. 2018, Gričar et al. 2020), kar vpliva na dolgoročno delovanje dreves in njihovo odpornost na različne stresorje. Navkljub veliki medletni variabilnosti v velikosti prevodnih elementov ter širini lesnih in floemskih prirastkov smo pri izbranih listavcih zaznali dva vzorca: (1) prirastki ksilema so bile v vseh primerih širši od floema in (2) traheje ranega lesa so bile značilno večje od sitastih cevi ranega floema.

Naše ugotovitve so še posebej pomembne za floem, saj takšnih podatkov kritično primanjkuje. Pri izbranih drevesnih vrstah so vzorci debelinske rasti in anatomija lesnih in floemskih tkiv v povezavi z okoljskimi razmerami na splošno slabo poznani, ker je gospodarska vrednost teh vrst trenutno zelo omejena, kar še posebej velja za *F. ornus* in *O. carpinifolia*. So pa vrste pomembne z ekološkega vidika. Zaradi podnebnih sprememb se bo njihov delež v srednji Evropi najverjetneje povečal, saj se predvideva širitev sredozemskih gozdnih tipov v omenjena območja (Buras in Menzel 2019). Zato so nove informacije o variabilnosti strukture prevodnih tkiv lesa in floema pri različnih vrstah eden izmed ključnih korakov k bolj celostnemu razumevanju njihove prevodne učinkovitosti in sposobnosti prilagajanja lokalnim okoljskim spremembam, vključno z ekstremnimi vremenskimi dogodki.

## LITERATURA IN VIRI:

Brečko Grubar V in sod. 2020. Opredelitev in meje Sredozemlja v Sloveniji po mnenju prebivalcev slovenske Istre. V: Lazar I in sod. (ur.). Mikro in makro : pristopi in prispevki k humanističnim vedam ob dvajsetletnici UP Fakultete za humanistične študije : 1. knjiga. Koper: Založba Univerze na Primorskem:359–377.

Buras A in Menzel A. 2019 Projecting tree species composition changes of European forests for 2061–2090 under RCP 4.5 and RCP 8.5 scenarios. *Frontiers in Plant Science* 9.

Ferlan M in sod. 2016. Carbon and water flux patterns

of a drought-prone mid-succession ecosystem developed on abandoned karst grassland. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 220:152-163.

Gričar J in sod. 2020. Post-fire effects on development of leaves and secondary vascular tissues in *Quercus pubescens*. *Tree physiology* 40(6): 796-809.

Gričar J in sod. 2025 Dataset of xylem and phloem traits of *Fraxinus ornus*, *Quercus pubescens* and *Ostrya carpinifolia* from Podgorski Kras (Slovenia) in the period 2019–2021. Completed scientific research data collection. Ljubljana: Slovenian Forestry Institute. <https://dirros.openscience.si/lzpisGradiva.php?lang=slv&id=24453>

Gričar J in sod. 2026. Year-to-year variability in xylem and phloem traits of co-existing *Fraxinus ornus*, *Quercus pubescens* and *Ostrya carpinifolia*. *Tree physiology* 46: tpag005.

Kirapostolou N in Petit G. 2018. Similarities and differences in the balances between leaf, xylem and phloem structures in *Fraxinus ornus* along an environmental gradient. *Tree Physiology* 39:234-242.

Köhl M in sod. 2020. State of Europe's Forests 2020. Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe - FOREST EUROPE Liaison Unit Bratislava, Bratislava.

Prislan P in sod. 2022. Sample preparation protocol for wood and phloem formation analyses. *Dendrochronologia* 73:125959.

R Core Team. 2024. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org/>

Rossi S in sod. 2006. Trephor: a new tool for sampling microcores from tree stems. *IAWA Journal* 27:89 - 97.

Sevanto S in sod. 2018. Is desiccation tolerance and avoidance reflected in xylem and phloem anatomy of two coexisting arid-zone coniferous trees? *Plant, Cell & Environment* 41:1551-1564.

Valladares F in sod. 2007. Ecological limits to plant phenotypic plasticity. *New Phytologist* 176:749-763.

## KLJUČNE BESEDE:

puhasti hrast, mali jesen, črni gaber, traheja, sitasta cev, Podgorski kras, listavci

## ZAHVALA:

Raziskava je bila financirana s strani ARIS v okviru raziskovalnih programov P4-0430 (JG, PP), P4-0085 (KE) in P4-0107 (PH) ter projektov J4-9297 (JG, PH, KE), J4-

4541 (JG, SO), J4-50130 (SO) in J7-50231 (PP). Delo DC, SK and MT je bilo financirano s strani Edupacked Chief Minister's Green Fellowship Programme 2024-25 (an initiative by the Pollution Control Board of Assam, India). Avtorji prispevka se zahvaljujejo Gregorju Skobernetu in Andreji Vedenik z Gozdarskega inštituta Slovenije za pomoč na terenu in v laboratoriju.

### **RAZPOLOŽLJIVOST PODATKOV:**

Podatki, na katerih temelji predstavljen članek (Gričar in sod. 2026), so na voljo v repozitoriju DiRROS na naslovu (<https://doi.org/10.20315/Data.0012>) (Gričar in sod. 2025).

---

CC BY SA · DOI 10.20315/SFS.191.07