

## A kritikus zónában lévő víz mintavételének, kinyerésének és izotópelemzésének közös módszertani kerete felé a növényzet vízhasználatának tanulmányozása céljából

A talajból és növényekből származó vízminták hidrogén és oxigén stabil izotópos összetételének elemzése segíthet a vegetációs vízfelvétel forrásainak azonosításában. Ez a megközelítés megköveteli, hogy a kísérleti tervezés, a mintavétel, a vízkivonás és az elemzések során gondosan figyelembe vegyünk a növényi és talajmátrixok heterogén jellegét. A vízkivonás és az izotópösszetétel elemzésére szolgáló különböző módszerek összehasonlíthatóságát és hiányosságait a szakirodalomban már megvitatták. A világszerte működő laboratóriumok extrakciós módszereinek és benchmarking-módszertanainak alapos összehasonlítása ellenére a közösségnek még mindig nincs útiterve a mintavétel, az extrakció és az izotópelemzés irányításához, és a potenciális felhasználók számára számos gyakorlati kérdés megoldatlan maradt: például, hogy a kinyert víz melyik (talaj vagy növény) vízkészletet (vízkészleteket) képviseli? Ezek akadályozzák a megközelítés új belépők általi alkalmazását. A következőkben a WATSON ("WATER isotopeS in the critical zONE: from groundwater recharge to plant transpiration" -CA19120) COST-akció keretében folytatott vitákat foglaljuk össze. Útmutatást adunk (1) az izotópelemzésre szánt talaj- és növényi anyagok mintavételéhez, (2) a laboratóriumi vagy in situ vízkivonás módszereihez és (3) az izotópösszetétel méréséhez. Kiemeljük a folyamatlánc egészének figyelembevételének fontosságát a kísérleti tervezéstől az izotópelemzésig, hogy minimalizáljuk a különböző vízforrásoknak a növényi vízfelvételhez való relatív hozzájárulásának torzított becslését. Végezetül elismerjük e módszertan néhány korlátját, és tanácsokat adunk a kulcsfontosságú környezeti paraméterek összegyűjtésére vonatkozóan az izotópos elemzésekhez szükséges mintavétel előtt.

## Stabil izotópok felhasználása a vízkészlet-gazdálkodáshoz az erdős és mezőgazdasági ökoszisztémákban

A jelenlegi és jövőbeli éghajlati tendenciák várhatóan jelentősen megváltoztatják a vízfolyásokat és a vízkészleteket a hidrológiai ciklusban. Emellett a vízigény a megnövekedett emberi felhasználás és a növekvő népesség miatt tovább nő. A vízkészletekkel való fenntartható gazdálkodáshoz a természetes, mezőgazdasági és városi ökoszisztémák víztárolásának és vízáramlásának alapos ismerete szükséges. A víz (hidrogén és oxigén) stabil izotópjainak mérése a vízkörforgásban (léggör, talajok, növények, felszíni és felszín alatti vizek) olyan információkat szolgáltat a víz szállítási útvonalairól, forrásáról, dinamikájáról, koráról és tárolási medencéiről, amelyeket más technikákkal nehéz megszerezni. E technikák gyakorlati kérdésekben rejlő lehetőségeit azonban még nem használták ki teljes mértékben. Itt felvázoljuk a stabil izotópos módszerek lehetséges alkalmazásainak előnyeit és korlátait, amelyek hasznosak a vízgazdálkodók, gazdálkodók és más érdekelt felek számára. Emellett több esettanulmányt is ismertetünk, amelyek bemutatják, hogy a víz stabil izotópjai hogyan támogathatják a vízgazdálkodási döntéshozatalt. Végül javaslatot teszünk egy olyan munkafolyamatra, amely végigvezeti a felhasználókat a stabil izotópos módszerek vízgazdálkodási problémákra történő alkalmazásához szükséges döntések sorozatán. Folyamatos párbeszédre és szorosabb kapcsolatra szólítunk fel a vízgazdálkodásban érdekelt felek és a vízügyi stabil izotópokkal foglalkozó szakemberek között a legsürgetőbb kérdések azonosítása és a legjobb gyakorlatok kidolgozására irányuló iránymutatások kidolgozása érdekében.

## A talaj és a törzs xilémájának vízigotópos adatai két páneurópai mintavételi kampányból

A hidrogén ( $\delta^2\text{H}$ ) és az oxigén ( $\delta^{18}\text{O}$ ) stabil izotóparányai kulcsfontosságúak az erdők ökohidrológiai dinamikájának tanulmányozásához. A legtöbb tanulmány azonban csak egyetlen helyszínre korlátozódik, ami azt eredményezi, hogy a fák vízfelvételek megértéséhez nem állnak rendelkezésre nagyméretű izotópadatok. Ebben a tanulmányban a talaj és a törzs xilémavizének első szisztematikus izotópos adatgyűjtését mutatjuk be, amelyet két páneurópai mintavételi kampány során gyűjtöttünk 40 bükkös (*Fagus sylvatica*), lucfenyő (*Picea abies*), illetve bükkös-fenyő vegyes erdei helyszínen 2023 tavaszán és nyarán (Lehmann et al., 2024). Az adatkészletet további hely-, talaj- és fafajspecifikus metaadatok egészítik ki. A mintákat és a metaadatokat Európa-szerte különböző kutatók gyűjtötték egységes protokoll szerint. Talajmintákat legfeljebb 5 mélységből (0 és 90 cm között) és törzs xilémamintákat vettek telephelyenként három bükk és/vagy lucfenyőfából. Minden mintát egyetlen laboratóriumba küldtek, ahol az összes analitikai munkát elvégezték. A vizet kriogén vákuumdesztillációval vonták ki, és izotópos lézerspektrométerrel elemezték. Ezenkívül a minták egy részhalmazát izotóparány-tömegspektrométerrel is elemezték. Az adatok minőségének ellenőrzése magas átlagos teljes extrakciós hatékonyságot, átlagos abszolút vízmennyiséget (> 1 ml), valamint magas analitikai pontosságot és precizitást mutatott. A talaj és a szár xilémvizének vízigotópos szignatúrája a földrajzi eredet függvényében változott, és tavasztól nyárig minden helyszínen változott. Míg a  $\delta^2\text{H}$  és  $\delta^{18}\text{O}$  értékek erősen korreláltak, a talajvíz adatai közelebb helyezkedtek el a globális meteorvíz-vonalhoz (GMWL), mint a szár xilémvize. Konkrétan, a szár xilém  $\delta^2\text{H}$  értékei gazdagabbak voltak, mint a talajvízé, ami a GMWL-től való szisztematikus eltéréshez vezetett. A törzs xilémvizének izotópos dúsulása nagyobb volt a lucfenyő esetében, mint a bükkfák esetében a vegyes erdőterületeken. Ez az adatkészlet különösen hasznos a növényi vízhasználat nagyléptékű vizsgálataihoz, az ökohidrológiai modellek teszteléséhez és az izotópos térképezéshez Európa-szerte.

## A kritikus zóna vízáramlásának nyomjelzőanyagokkal támogatott keveredési modellezésének legújabb eredményei

A kritikus zóna a földfelszín azon rétege, ahol a levegő, a víz, a növények, a talaj és a kőzetek kölcsönhatásba lépnek egymással. Annak megértése, hogy a víz hogyan mozog ebben a zónában, alapvető fontosságú a vízkészletekkel való gazdálkodás és az egészséges ökoszisztémák fenntartása szempontjából, különösen, ha a jövőben megváltozhatnak a körülmények. A kutatók a kritikus zónában a víz mozgását többek között nyomjelzőkkel támogatott keveredési modellek segítségével tanulmányozzák. Ezek a modellek természetes jelölőanyagokkal, úgynevezett "nyomjelzőkkel" kombinált modellekkel követik a víz útját, ahogyan az az esőzésből a talajba és a mély víztartó rétegekbe jut. Ez az áttekintés kiemeli a nyomjelzőanyagokkal támogatott modellek legújabb eredményeit, és azt, hogy ezek hogyan javítják a kritikus zónában zajló vízáramlás megértését.