

Opponensi bírálat

**Barcza Zoltán**

a Magyar Tudományos Akadémia doktora  
cím elnyerésére benyújtott

**Légköri üvegházhatású gázok felszíni mérlegének vizsgálata eddy kovariancia mérések és biogeokémiai modell segítségével**

című értekezéséről

Az üvegházhatású gázok létfontosságuk a bioszféra és ezen belül az emberiség szempontjából, hiszen alapvető szerepük van a földfelszín hőmérsékletének szabályozásában. Különös jelentőségű a szén-dioxid, ami éghajlati hatása mellett lehetővé teszi, hogy a növényzet szerves anyagot halmozzon fel a fotoszintézis révén, ezzel élelmet biztosít az emberiség és a haszonállatok számára és nyersanyagot szolgáltat számos tevékenységhez. Ugyanakkor, életfolyamatai során a növényzet a fotoszintézis mellett ki is bocsát szén-dioxidot, illetve a talajban a szerves anyag lebomlása során is szén-dioxid szabadul fel. Az éghajlat hatással van a növényzet szén-dioxid forgalmára, a termés hozamra, ugyanakkor a növényzet is visszahat a szén-dioxid szintre és az éghajlatra. Emiatt a talaj-növény-légkör rendszer szén-dioxid mérlegének megértése alapvető jelentőségű mind az élelmiszer-biztonság, mind az éghajlat szempontjából, így megállapítható, hogy az értekezés témaválasztása időszerű.

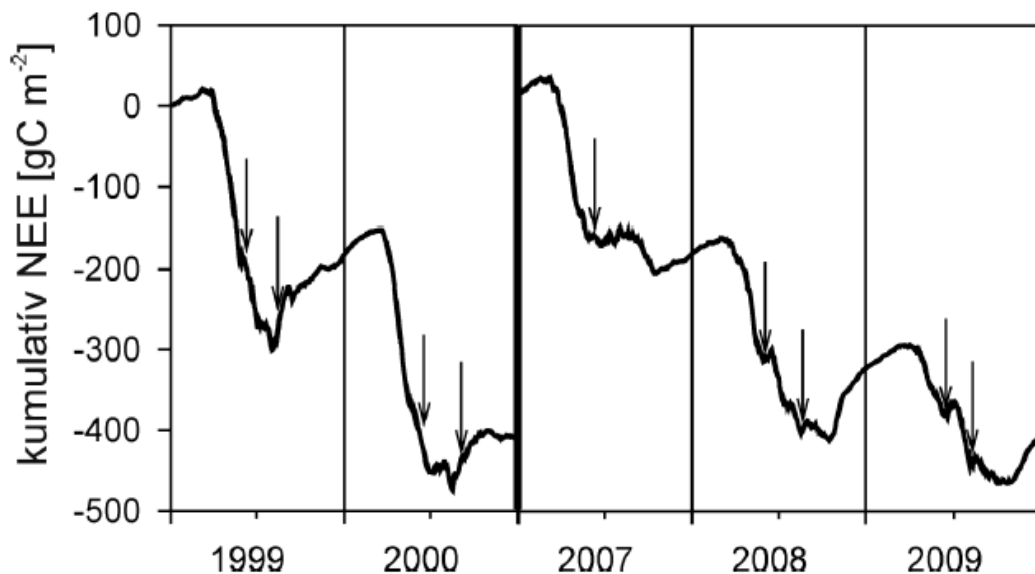
Az A4 formátumú, igényesen kivitelezett értekezés 75 oldalas, amelyet 16 oldalas irodalomjegyzék követ. Az értekezés nyelvezete megfelelő, a szövegben helyenként előforduló gépelési hibák a megértést nem zavarják. A 3 oldalas bevezetőt követő 2. fejezetben a szénmérleg komponensek mérését és modellezését tekinti át a Jelölt mintegy 10 oldalon. Ebben a fejezetben kapott helyet a talaj-növény rendszer szénmérlegének leírásához használt nevezéktan is. A témában kevésbé jártas olvasó számára létfontosságú ez a fejezet, mert nagyon sok angol nyelvű rövidítés szerepel az értekezésben. Elektronikus formában olvasva az értekezést, a Ctrl F billentyű kombinációval viszonylag gyorsan vissza lehet keresni egy-egy rövidítés definícióját, ennek ellenére hasznos lett volna az értekezés elején egy jegyzék a rövidítésekről.

Ebben a fejezetben többször volt „mézes madzag” érzésem, amikor a Jelölt egy-egy témában utal egy publikációra, felkelti az olvasó érdeklődését, de aztán konkrét tényeket nem kapunk a hivatkozott cikkből. Pl. a 13. oldalon: *„A szén ciklussal kapcsolatos megfigyelésekről ad kiváló áttekintést Ciais et al. (2014) tanulmánya, amelyben globális lefedettséget biztosító, szén ciklussal kapcsolatos adatbázisokról is kapunk információt. Áttekintést kapunk a folyóvizekben szállított szén mennyiségének meghatározásáról, a jelenleg használt és tervezett műholdas szenzorokról, az óceánokkal kapcsolatos mérésekről és megfigyelésekről, illetve helyet kap az emberi beavatkozást (menedzsmentet) leíró adatbázisok létrehozásának tárgyalása is. ...”* Jó lett volna egy-két megállapítást is idézni ebből az áttekintésből!

A 30 oldalas 3. fejezetben a magyarországi szénmérleg komponenseinek méréseit ismerteti a Jelölt. Először a módszertant tárgyalja, illetve valószínűleg terjedelmi okok miatt inkább csak felsorolja az alkalmazott módszereket és mindegyikhez rendel néhány cikket, aminek (társ)szerzője. Így kevésbé olvasmányos az értekezés, de érthető ez a fajta megközelítés és a gondolatmenet így is követhető. A hivatkozások pedig azt jelzik, hogy az alkalmazott módszereket a szakmai folyóiratokban elfogadták, publikálták, tehát szakmailag megalapozottnak találták. Külön kiemelném, hogy a 82 m magasságban végzett mérések kivitelezése és eredményeinek értelmezése úttörő jellegű volt, ami módszertani fejlesztéseket is szükségessé tett.

A módszertan leírását követi az eredmények ismertetése. Ezzel kapcsolatban néhány kérdés felmerült bennem:

24. oldal. 3.5 ábra Hegyhátsálon az NEE közvetlenül a kaszálás után megemelkedik a 2007-es 2009-es években (ami csökkenő CO<sub>2</sub> felvételt jelez), de ez nem látszik ennyire jól 1999-2000-ben. Mi lehet az oka?



3.5. ábra. Kumulatív NEE a HU-He2 mérőhelyen az 1999-2000 illetve 2007-2009 időszakban. A nyilak a kaszálás időpontjait jelzik.

25. oldal A talajnedvesség hatásának vizsgálata során a Jelölt megállapítja, hogy „*Ez a telítődés miatti leszabályozás nem jellemző Mátra és Bugac állomásokra. Az eredmények rámutatnak a talajtípus fontosságára a gyepek szénmérlege vonatkozásában.*”

Ezek alapján azt gondolom, hogy a talajtípust is figyelembe kell venni, ha kiterjesztjük a modell eredményeket regionálisan (ahány talaj, annyi NEE.) Megoldható ez?

26. oldal 3.6. ábra Milyen fajokból áll az a gyepek, ami Bugacon 5% talajnedvesség mellett ugyanannyi CO<sub>2</sub> megkötésére képes, mint a mátrai gyepek 25-35% talajnedvesség mellett? Ezek alapján nem csak a talajtól függ a gyepek szénmérlege, hanem a gyepek alkotó növényfajoktól is, amit szintén figyelembe kell venni a modellezésnél. Egyetért ezzel?

27. oldal A 3.1 táblázat kapcsán több kérdés, észrevétel is felmerült bennem:

3.1. táblázat. Éves eredmények a hegyhátsági gyepre vonatkozóan. Csak azokat az éveket mutatom be, amikor elegendő mennyiségű adat állt rendelkezésre az éves összegek származtatásához. Az NBP a lekaszált és elszállított széna mennyisége alapján lett becslve, az NEE felhasználásával.

	éves átlaghő- mérséklet [°C]	vegetációs időszak* átlaghő- mérséklete [°C]	éves csapadék- összeg [mm]	vegetációs időszak* csapadék- összege [mm]	NEE [gC m <sup>-2</sup> év <sup>-1</sup> ]	GPP [gC m <sup>-2</sup> év <sup>-1</sup> ]	Reco [gC m <sup>-2</sup> év <sup>-1</sup> ]	levágott és elszállított szén [gC m <sup>-2</sup> év <sup>-1</sup> ]	NBP [gC m <sup>-2</sup> év <sup>-1</sup> ]
1999	10.5	15.2	735	582	-183	-1786	1603		
2000	11.6	15.7	606	441	-226	-1689	1463	223	3
2007	11.4	15.3	786	628	-227	-1523	1295		
2008	11.4	15.1	661	543	-165	-1681	1516	291	-126
2009	11.0	15.5	937	681	-96	-1557	1462	154	-58
2010	10.1	14.4	893	659	-165	-1727	1561	61	105
2012	11.2	15.8	615	495	-83	-1575	1493	114	-31
2014	11.8	15.4	1017	794	-236	-1821	1584	205	32
2015	11.8	15.8	631	536	-40	-1235	1195	136	-97
2016	11.2	15.3	733	539	-173	-1673	1501	142	30
2017	11.0	15.7	641	519	-164	-1427	1263	250	-86

\* áprilistól októberig

- A Reco értékek pozitív előjellel (pl. 2008-ban 1516 gC m<sup>-2</sup> év<sup>-1</sup>) míg a GPP adatok negatív előjellel szerepelnek a táblázatban (pl. 2008-ban -1681 gC m<sup>-2</sup> év<sup>-1</sup>), gondolom, azért, mert ellentétes irányú folyamatokról van szó. Így viszont a 9. oldalon bemutatott definíció (NEE=Ra+Rh-GPP=Reco-GPP=Rh-NPP) alapján az NEE értékére meglehetősen nagy pozitív értéket kapnánk (pl. 2008-ban 3197 gC m<sup>-2</sup> év<sup>-1</sup>), a táblázatban viszont az összes tanulmányozott év esetében negatív NEE értékek szerepelnek. Ha a folyamat irányát az előjellel jelezzük, akkor a definíciónak NEE=Reco+GPP-nek kellene lennie, de ha a definíció NEE=Reco-GPP, akkor Reco és GPP értékének is pozitívnak kell lennie a táblázatban véleményem szerint.

- Abszolút értékben Reco és GPP 2015-ben volt a legalacsonyabb a mérések alapján. A bemutatott környezeti jellemzők között nem találtam olyat, ami indokolta volna pl. a kiugróan alacsony GPP-t ebben az évben. Mi lehetett ennek az oka? Más, nem vizsgált környezeti jellemző (pl. csapadék időbeli eloszlása) vagy esetleg mérés technikai okokra vezethető vissza?

- NEE negatív volt mindegyik évben, azaz kaszálás nélkül szénmegkötő lett volna a gyep. Ezt módosította a kaszálás után elszállított széna mennyisége, aminek következtében bizonyos években pozitív, más években negatív lett NBP értéke, átlagosan -25 gC m<sup>-2</sup> év<sup>-1</sup>, ami arra utal, hogy a gyep szénvesztő. Mennyire pontos az elszállított széna mennyiségéről rendelkezésre álló információ? Hogyan mérte/számolta/származtatta a szénával elszállított szén mennyiségét? Mekkora hibával terhelt ez az adat? Az NBP-t befolyásoló többi fluxus (pl. VOC) elhanyagolható volt minden évben? Ezeket azért kérdezem, mert a horizontális szénmozgás alapvetően befolyásolja NBP értékét és a levont következtetéseket.

36. oldal A hegyhátsági vegyes mezőgazdasági terület szénmérlegével kapcsolatban ezt írja a Jelölt: *A teljes kép felvázolásához (konkrétan az NECB és az NBP becsléséhez) további*

*információra van szükség, mivel a mérés a függőleges irányú fluxusokat méri (lásd 2.1. ábra), de nem ad információt a laterális szénmozgásról. Tekintve, hogy egy túlnyomórészt mezőgazdasági terület szénmérlegét méri a HU-Hel rendszer, kísérletet tettem a szántóföldekről időről időre elszállított szénmennyiség becslésére (bevételi oldalt nem számítottam).*

A szerves trágyázás, a műtrágyázás (pl. karbamid), vagy a vetés (vetőmag széntartalma) hatása elhanyagolható?

Szintén a laterális szénmozgást (és így NBP értékét) befolyásolja az elszállított szén mennyisége. Jelölt erről ezt írta: *A mezőgazdasági melléktermék kezelésre (a levágott szár, illetve levél helyben hagyása aratás után, avagy elszállítása) vonatkozó feltételezés alapján, a fent közölt növényfajta-specifikus forrásterület arány figyelembe vételével számítottam az adott évre vonatkozó elszállított szén mennyiséget.*

A melléktermék kezelésére vonatkozó feltételezés helytállóságáról, avagy hibájáról, bizonytalanságáról milyen információ áll rendelkezésre? Azért tartom lényegesnek a laterális szénmozgás mértékét, mert hatással van NBP értékére és a 3. fejezethez tartozó 2. és 3. tézispontban is szerepel.

Az értekezés 36. oldalán az olvasható, hogy a 21 éves átlagos NBP  $-30 \text{ gC m}^{-2} \text{ év}^{-1}$  volt, a 3. fejezethez tartozó 3. tézispontban pedig az szerepel, hogy az NBP kb.  $-20 \text{ gC/m}^2/\text{év}$  volt a vizsgált 1997–2018 időszakban. A két NBP érték más területre vonatkozott vagy esetleg elírás történt?

A sokéves adatsorok nagyon értékesek, mert lehetővé teszik a különböző időjárású évek összehasonlítását és ez alapján következtetések levonását az éghajlat és a szén ciklus kapcsolatára. Ezekkel az új ismeretekkel árnyalni lehet korábbi (akár széles körben elfogadott) következtetéseket is. Ilyenre találunk példát a 36. és 38. oldalon a 2003-as szárazság hatásának vizsgálata kapcsán.

A 3. fejezet végén a Jelölt összefoglalja a fejezetben tárgyalt tudományos eredményeket. Ennek során nagy gondot fordít arra, hogy egyértelműen megfogalmazza, lehatárolja a szerepét az egyes eredmények elérésében, hiszen a mérések kivitelezése, a mérőhely karbantartása, az eredmények feldolgozása komplex feladat, ami csapatmunkát igényel. Úgy láttam, hogy a 3.2.1 fejezet (eddy kovariancia mérések gyepe felett) eredményeiből nem született tézispont. Mi ennek az oka?

A 3. fejezethez tartozó 4. tézispontból a 2. és 3. tézispontot a fenti észrevételeim alapján a jelenlegi formájában nem tudom elfogadni, az 1. és 4. tézispontot elfogadom.

A „mézes madzag” a 3. fejezetben is előkerül, pl. a 45. oldalon: *„Megemlítendő az adatok kolinearitásával kapcsolatos módszertani megjegyzésünk is, amit a Kern et al. (2018) tanulmányban fogalmaztunk meg.”* Nem tudjuk meg az értekezésből, hogy mi volt az.

A 27 oldalas 4. fejezetben a szénmérleg hazai és európai modellezése kapcsán elért eredményeket ismerteti a jelölt. A 3. fejezethez hasonlóan itt is először a módszertant írja le, amiből kiderül, hogy meghatározó szerepe volt/van az alkalmazott Biome-BGCMuSo modell

fejlesztésében, tesztelésében, az algoritmusok készítésében, a felhasználókkal való kapcsolattartásban, a dokumentáció készítésében. Ennek ellenére az eredmények között nem a modell fejlesztését helyezi fókuszba, hanem a modellek segítségével levont következtetéseket. Először az amerikai Biome-BGC modell, majd a saját (tovább)fejlesztésű Biome-BGCMuSo modell alkalmazásával elért eredményeket foglalja össze. A fejezet végén ismét nagy gondot fordít arra, hogy egyértelműen megfogalmazza, lehatárolja a szerepét az egyes eredmények elérésében, mivel a modellezés is csapatmunka keretében történt. Ezt követi az új tudományos eredmények, illetve a kapcsolódó publikációk bemutatása.

A modelleredmények bemutatása kapcsán (pl. Magyarország teljes bioszférikus CO<sub>2</sub> mérlege) nem találtam utalást az eredmények bizonytalanságára vonatkozóan (ez alól kivétel csak a 4.4 és 4.7 ábra). Mi ennek az oka?

A 4. fejezethez tartozó 5-10. tézispontot elfogadom.

**Összefoglalva:** Barcza Zoltán értekezése sokrétű, kitaró kutatómunkát tükröz, amelynek segítségével jobb betekintést kapunk a légköri üvegházhatású gázok felszíni mérlegébe. Tevékenysége magába foglalja nagy pontosságú mérések végzését, ehhez kapcsolódóan részt vett a hegyhátsági mérőállomás fenntartásában, a műszerek karbantartásában, az informatikai rendszer üzemeltetésében, az adatgyűjtő szoftverek megírásában és az internet alapú távelérés biztosításában. Az Európai Unió projekt keretében részt vett az adatok közel valós idejű feldolgozásában és közzétételében a projektek felé. Szintén fontos szerepe volt a magas torony alapú mérések statisztikai elemzéséhez kapcsolódó módszertani fejlesztésekben illetve a Biome-BGCMuSo modell fejlesztésében.

Munkája révén számos hazai és nemzetközi együttműködés résztvevője és ezzel elősegíti más magyar kutatók bekapcsolódását is a nemzetközi tudományos vérkeringésbe. Tudományos eredményeit nagyszámú nemzetközi és hazai szakcikkben publikálta.

A bírálatomban megfogalmazott észrevételek, kérdések nem csökkentik a doktori munka értékét, az értekezésben bemutatott tudományos eredményeket elegendőnek tartom az MTA doktori cím megszerzéséhez, és a nyilvános védés kitűzését javaslom.

Veszprém, 2023. június 19.



Dr. Kiss Gyula  
tudományos tanácsadó  
Pannon Egyetem