



# Magyarország részvétele a pán-európai üvegházgáz mérőhálózatban

**Haszpra László**

HUN-REN Atommagkutató Intézet, HUN-REN Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet, haszpra.l@gmail.com

DOI: 10.56474/légkor.2024.3.4

Hatékony üvegházgázkibocsátás-csökkentési stratégiák kidolgozása, a vállalások betartásának ellenőrzése megvalósíthatatlan megfelelő mérőhálózat nélkül. Az európai Integrált Szén-dioxid-megfigyelési Rendszert (Integrated Carbon Observation System - ICOS) 2015-ben hozták létre. Magyarország 2022-ben csatlakozott, és az első magyarországi mérőállomás 2024 májusában kapta meg a hivatalos ICOS minősítést. A tanulmány az ICOS létrejöttét, felépítését, működését, valamint a magyar részvételt tekinti át.

## Hungarian contribution to the pan-European greenhouse gas monitoring network

Developing effective greenhouse gas emission reduction strategies and monitoring compliance with commitments are not feasible without an adequate measurement network. The European Integrated Carbon Observation System (ICOS) was established in 2015. Hungary joined in 2022, and the first monitoring station in Hungary was officially ICOS-labelled in May 2024. This paper reviews the establishment, structure, and operation of ICOS, as well as the participation of Hungary in the organization.

## Előzmények

Az éghajlatváltozást okozó üvegházhatású gázok kibocsátásának korlátozását célzó Kiotói Jegyzőkönyv (1997) [1] aláírását követően szembesült az Európai Unió azzal, hogy a vállalások megvalósításához szükséges kutatási-megfigyelési infrastruktúra lényegében hiányzik Európából. Az Amerikai Egyesült Államok pár levegő-mintavételi pontja mellett alig néhány in situ üvegházgáz mérőállomás működött Európában. A célnak leginkább megfelelő, nagy területi reprezentativitású magas tornyos mérő-

helyből pedig mindössze kettő volt: egy Hollandiában (Cabauw), közel az Atlanti-óceánhoz, egy pedig Magyarországon (Hegyhátsál), a kontinens közepén. Ezért az ezredfordulótól jelentős összegek áramlottak erre a területre az Európai Unió Kutatási-Fejlesztési Keretprogramjaiból. A támogatott kutatási projektek egy részében (AEROCARB, CHIOTTO, CarboEurope, Carbo-Europe-IP, InGOS, RINGO) Magyarország is részt vett, részben az Eötvös Loránd Tudományegyetem Meteorológiai Tanszékének, részben az Országos Meteorológiai Szolgálatnak (OMSZ) a vezetésével. A hazai kutatási hozzájárulás bázisa az 1993-ban

létesült hegyhátsági üvegházgáz mérőállomás volt. A kutatási programok eredményei alapján kiderült, hogy az Európai Unió a saját maga által szorgalmazott elvárásoknak sem tud megfelelni, ha nem rendelkezik egy egységes, standardizált, egész Európát lefedő, sűrű mérőhálózattal és egy erre épülő kutatóhálózattal. Így született meg az Integrated Carbon Observation System (ICOS) terve, amelyet 2006 végén támogatólag fogadott be a Kutatási Infrastruktúrák Európai Stratégiai Fóruma (European Strategy Forum on Research Infrastructures – ESFRI). Az előkészítő fázis után az ICOS 2015 októberében kiemelten sikeres ESFRI Landmark projektként vált jogilag Európai Kutatási Infrastruktúra Konzorciummá (Integrated Carbon Observation System European Research Infrastructure Consortium – ICOS ERIC) (*Európai Bizottság, 2015*). Bár az eredeti elnevezés is szűkebb a tényleges tevékenységi körnél, hiszen az ICOS által megfigyelt üvegházhatású gázok körében nem csak szén (carbon) tartalmú nyomanyagok vannak (pl. dinitrogén-oxid [N<sub>2</sub>O], kén-hexafluorid [SF<sub>6</sub>]), a hivatalos magyar fordítás (*Európai Bizottság, 2015*) még szűkebbre sikerült: Integrált Szén-dioxid-figyelő Rendszer.

## Az ICOS célja

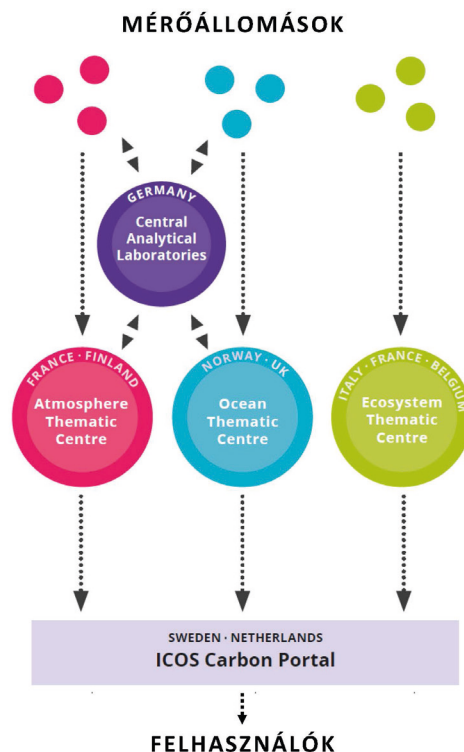
A nemzeti antropogén üvegházgáz kibocsátásokat jelenleg statisztikai adatok alapján számolják. Magyarországon ezt a feladatot a HungaroMet Zrt. Levegőtisztaság-modelllezési és Emissziós Osztály látja el. A tevékenység-statisztikai alapokon nyugvó értékek eltérhetnek a tényleges kibocsátás értékektől, mivel részben nem pontosan ismerjük az egyes tevékenységek fajlagos (egységnyi tevékenységre eső) kibocsátását (emissziófaktor), másrészt az ismeretlen források eleve nem kerülhetnek be a statisztikákba. Az éghajlat változása miatt a természetes források hozama is változik, ami statisztikai módszerekkel nemigen követhető. Az éghajlati hatások pedig nem a számított, hanem a tényleges kibocsátástól, pontosabban annak légkörben maradó részétől függenek. Az Európai Bizottság a kibocsátások mérési alapú meghatározását várja az ICOS-tól, részben a tényleges kibocsátások meghatározása, részben a kibocsátás-csökkentési stratégiák hatékonyságának a lemerése, részben pedig a nemzeti vállalások betartásának ellenőrzése céljából. Mindez az ICOS sűrű, összehangolt, homogén mérőhálózatára építő inverz légköri terjedési modellek alkalmazásával érhető el.

Tudományos oldalról az ICOS célja, hogy egyrészt méréseivel elősegítse az üvegházhatású gázok biogeokémiai körforgalmának pontosabb megértését

a globális éghajlatváltozás ütemének és mértékének pontosabb előrejelezhetősége érdekében, másrészt a légköri üvegházgáz-tartalom folyamatos megfigyelése révén észlelje és riasszon bármilyen, aktuális tudásunkból nem következő, potenciálisan veszélyes változás esetén. Bár riasztás alatt elsősorban a természeti folyamatokkal kapcsolatos átbillenésekre (tipping points) gondoltak az ICOS koncepciójának kidolgozó, de az ICOS mérőhálózat állomásai voltak azok, melyek az ugrásszerűen megnövekedett metánkoncentráció révén észlelték az Északi Áramlat gázvezetékek 2022. szeptember 26-i megrongálását és elsőként adtak ki riasztást a médiának [2].

## Az ICOS felépítése

Az ICOS ERIC az Európai Unió csatlakozott országainak és társult államoknak a konzorciuma, mely a tagországok területén elosztott kutatási infrastruktúrát (ICOS Research Infrastructure – ICOS RI), mérőállomásokat és kiszolgáló létesítményeket tart fenn. Központja (ICOS Head Office) Helsinkiben, Finnországban van. A kutatási infrastruktúra három fő részre tagolódik: a légköri és az óceán mérésekkel foglalkozó, illetve az ökológiai rendszerek éghajlatilag releváns folyamataival foglalkozó mérőhálózatra (*1. ábra*).



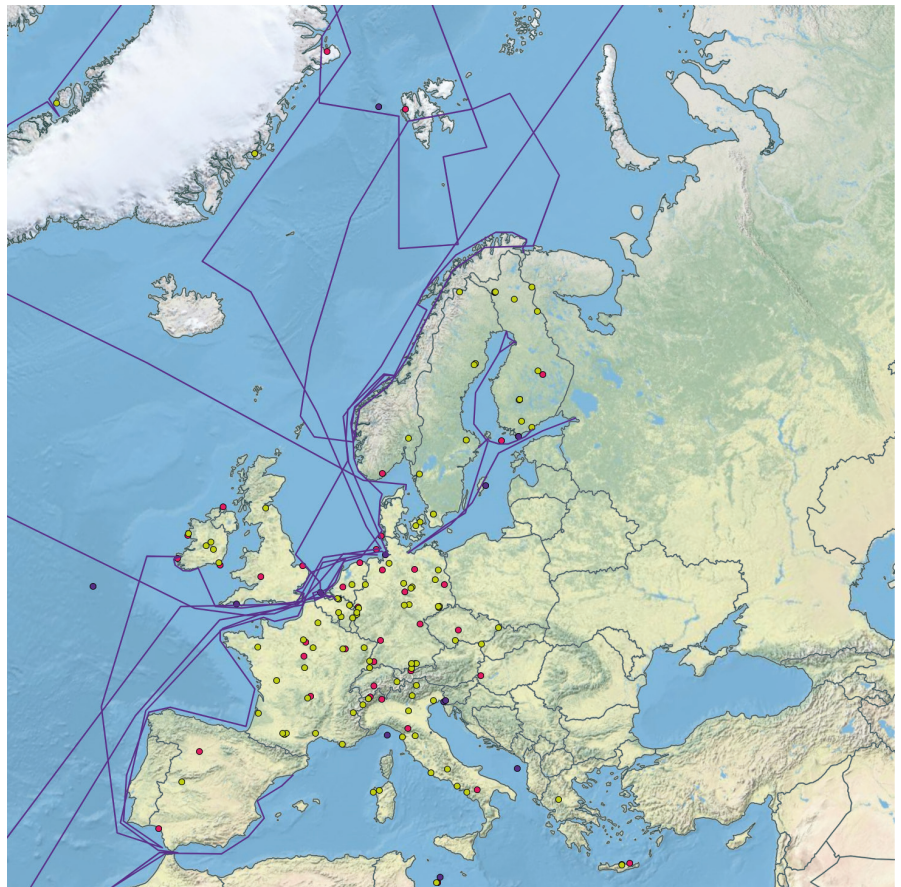
1. ábra. Az ICOS felépítése.



Mindegyikhez tartozik egy módszertani központ (Thematic Centre), amely az adott mérőhálózat munkájának koordinálását, a módszertani fejlesztéseket, a mérési adatok begyűjtését és ellenőrzését végzi. A mérőállomásokat központi analitikai laborok (Central Analytical Laboratories) segítik laboratóriumi mérésekkel, illetve a mérőállomásokon használt kalibráló standardok előállításával. A módszertani központokból a minőségellenőrzött adatok a Carbon Portálnak nevezett adatközpontba kerülnek (ICOS Carbon Portal – ICOS CP). A Carbon Portal az adatokat különböző feldolgozott-sági formákban, különböző produktumokként hozzáférhetővé teszi a kutatók, a döntéshozók, illetve a média és más érdeklődők számára. Az egyes mérőállomások létrehozása és fenntartása a területileg érintett tagország feladata, míg a különböző központokat az egyes tagországokra leosztott hozzájárulási kötelezettségekből, de döntő részben a központoknak helyet adó tagországok közvetlen felajánlásaiból fedezik.

A kibocsátás területi eloszlásának, a nemzeti kibocsátásoknak a meghatározása nagymértékben az egyes mérőállomások közötti koncentráció-különbségen és annak időbeni változásán alapul. Ezért a mérőállomások mérési skáláit nagyon pontosan össze kell hangolni, a mérések magas minőségét folyamatosan fenn kell tartani annak érdekében, hogy az egyes állomások mérési skálájának elcsúszása ne generálhasson a valóságban nem létező, virtuális forrásokat és nyelőket a modellekben. Az egységes mérési skála érdekében a kalibrációs standardokat valamennyi mérőállomás számára az ICOS Központi Analitikai Laboratóriuma biztosítja. Az ICOS-ba belépni szándékozó mérőállomásoknak és műszerparkjuknak szigorú minőségellenőrzési folyamaton is át kell esniük, a tesztek pedig megadott időközönként meg kell ismételnük. Jogi okokból a minősítési eljárást

nem akkreditációnak, hanem „címkézésnek” (labeling) nevezik [3]. Az eljárás sikeres lefolytatása után a mérőállomás az ICOS ERIC Közgyűlésének jóváhagyásával kapja meg az ICOS „címkét”, ezzel válik elismert ICOS mérőállomássá. A minimálisan kötelező mérési programot teljesítő állomások a Class 2, míg a bővített mérési programot végrehajtók a Class 1 besorolást kapják. Az ICOS ökológiai mérőhálózatba indokolt esetben bekerülhetnek olyan „társult” (associated) mérőállomások is, melyek valamilyen paraméterükben nem felelnek meg a minimum előírásoknak, de méréseik kiemelten fontosak. A fenntartóknak legalább öt évre garantálniuk kell az állomások folyamatos működését ahhoz, hogy csatlakozhassanak az ICOS mérőhálózathoz. A természetes légköri változékonyság miatt ennél rövidebb időszakból érdemi következtetéseket nemigen lehetne levonni. Ténylegesen még hosszabb idejű stabil működésre lenne szükség, de hosszabb időtávra már egyetlen döntéshozó sem merne ígéretet tenni.



2. ábra. Az ICOS mérőhálózata 2024 közepén (piros – légköri mérőállomás, sárga – ökológiai mérőállomás; kék – óceáni mérőállomás/mérési útvonal).

Az ICOS konzorciumot jelenleg 16 ország alkotja. A 8 alapítóhoz (Belgium, Franciaország, Finnország, Hollandia, Németország, Norvégia, Olaszország, Svédország) egy éven belül csatlakozott Csehország, Dánia, az Egyesült Királyság és Svájc. Spanyolország és Magyarország 2022. évi belépése óta még Görögország és Írország csatlakozott. Az ICOS mérőhálózatot 2024. közepén 47 léggöri, 103 ökológiai és 29 óceáni mérőállomás alkotta (2. ábra). Az ICOS tevékenységéről, az egyes tagországokban folyó munkákról az érdeklődő az ICOS honlapján kívül [4] az ICOS Handbook-ból tájékozódhat [5]. A részben a döntéshozóknak, részben a médiának szánt tudományos anyagok az évenkénti FLUXES Bulletinekben jelennek meg [6].

## Magyarország közreműködése

A magyar csatlakozási szándék szakmai szinten már 2009-ben, az ICOS előkészítő fázisa idején megjelent, a csatlakozáshoz azonban sem az erőforrások, sem a politikai akarat nem volt meg. Így Magyarország nem került az ICOS alapító tagjai közé, és így itt egyetlen ICOS központi szervezet sem települt le. Már ekkor világosan látszott, hogy belátható időn belül csak a magas minőségi szintet garantáló ICOS mérőállomások lesznek nemzetközileg elfogadottak, a bizonyára kétes minőségük miatt kimaradó egyéb mérő-



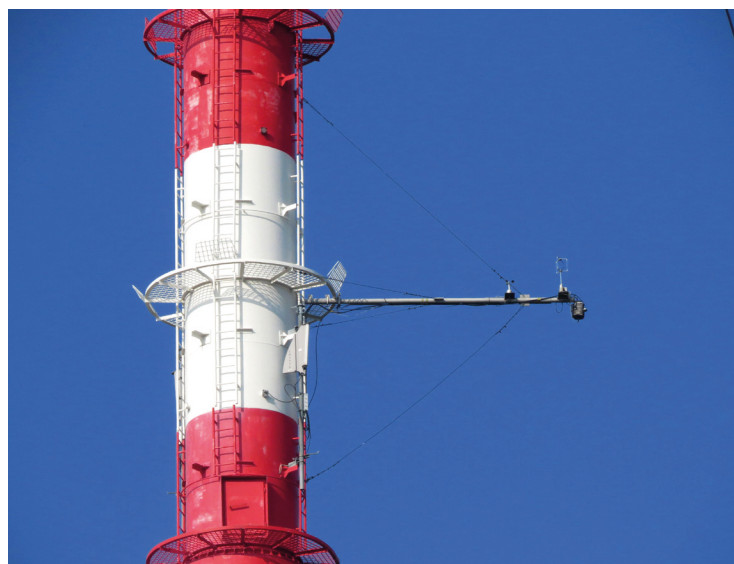
1. fénykép. Az Antenna Hungária Zrt. hegyhátsági adótornya, mely a magyarországi üvegházgáz mérések bázisaként szolgál.

helyek adatai iránt pedig megszűnik az igény. A nem hasznosuló mérések fenntartása pénzügyileg nem lesz védhető, mérési háttér nélkül pedig a hazai szakmai tudás rövid időn belül elsorvad ezen a globális éghajlatváltozás miatti kulcsterületen. A hazai éghajlatvédelmi stratégiák szakmai megalapozásához és a nemzetközi kezdeményezések megfelelő értékeléséhez azonban ez a tudás nélkülözhetetlen.



2. fénykép. Meteorológiai érzékelők és levegőbeszívó csövek 115 m magasan.

Az Országos Meteorológiai Szolgálat 2016-ban, az ICOS ERIC megalakulását követően kezdeményezte újra az ICOS-hoz való csatlakozást, hivatkozva a közel ICOS kompatibilis hegyhátsági magastornyos üvegházgáz mérőállomásának (Haszpra, 2018) a meglétére (1. fénykép). Többszöri próbálkozással ugyan sikerült elvi kormányzati támogatást elérni, a pénzügyi feltételek hiánya miatt azonban a csatlakozási eljárás újra és újra elakadt. 2020-ban a személyi és pénzügyi feltételek zsugorodása miatt az OMSZ feladta a hegyhátsági mérőállomást. A világviszonylatban is kiemelkedően hosszú homogén adatsorral rendelkező, nemzetközileg is széles körben használt mérőállomás fenntartását az állomáson már korábban is méréseket



3. fénykép. Mérőkonzol 82 m magasan a tornyon.





4. fénykép. A felújított műszerszoba (Molnár Mihály felvétele).



5. fénykép. Szén-dioxid / metán mérések az ICOS számára. Jobbra háttérben a régi, balra az új gázút-vezérlő és áramlásmérő rendszer.

végző Atommagkutató Intézet (ATOMKI) vállalta magára 2020. szeptember 1-től.

A mérőállomás átvételét követően már az ATOMKI lobbizott az ICOS-hoz való csatlakozás érdekében. Az újabb kezdeményezés ezúttal sikerre vezetett, és Magyarország nevében a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal egy magyarországi léghő mérőállomást (Hegyhátsál) felajánlva 2021 májusában benyújtotta az ország csatlakozási kérelmét az ICOS Konzorciumnak. A Konzorcium a Közgyűlés döntése nyomán 2022. január 1-jével fogadta tagjai közé Magyarországot. Ezt követően megkezdődhetett a közel 30 éves, az idők során mind küllemében, mind

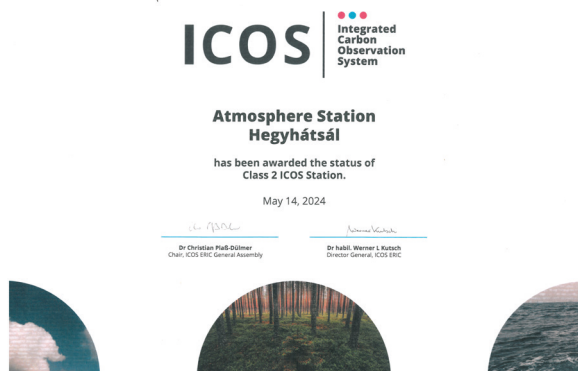
műszerezettségében erősen megkopott mérőállomás ICOS előírásoknak (ICOS RI, 2020) megfelelő felújítása. A jelentős összeget felemésztő felújítás során korszerű eszközök, meteorológiai érzékelők léptek a régiék helyére, új gázkezelő-rendszer épült, mintegy másfél kilométernyi levegőbeszívó cső és fél kilométernyi kábel került lecserélésre a 117 m magas toronyban (2-5. fénykép). Kiépült a mérőállomás új adatgyűjtő rendszere, amely már nagysebességű üvegszál kábelen csatlakozik a külvilághoz. A mérőállomás belső felújítását, beleértve a festési-burkolási munkákat is, az ATOMKI kutatói maguk végezték (6. fénykép), míg az új mérőkonzolok tervezését, kivitelezését és a meteorológiai eszközök telepítését Grób Zoltán vezetésével a MetTech Bt. végezte.

A COVID-19 világiárvány okozta beszerzési nehézségek miatt a felújítás közel másfél évet vett igénybe, mely után, 2023 nyarán megkezdődhetett az állomás ICOS minősítési eljárása. A bő fél éves tesztidőszak alatt megtörtént az adattovábbító rendszer finomhangolása, mely lehetővé teszi, hogy a terjedési modelleket fejlesztő-használó szakemberek legfeljebb 24 órás késéssel hozzáférjenek az állomáson mért összes adathoz. 2024 tavaszán az ICOS Léghő Műszertani Központja (Atmospheric Thematic Centre) elkészítette a hegyhátsáli állomás „címkézési” folyamatának jegyzőkönyvét, melyben rögzítette, hogy az állomás teljesíti az ICOS Class 2 léghő mérőállomásokkal szemben támasztott követelményeket. Ennek a jegyzőkönyvnek az alapján az ICOS ERIC Közgyűlése 2024. május 14-én a hegyhátsáli magas tornyos üveg- hűgáz mérőállomást Class 2 kategóriájú ICOS léghő mérőállomássá minősítette [7] (3. ábra).

Számos országban a mérőállomások különböző



6. fénykép. Az állomás felújítását végzők (balról jobbra: Bán Sándor, Molnár Mihály, a szerző, Baráth Balázs Áron, Varga Tamás).



3. ábra. A hegyhátsáli mérőállomás minősítési oklevela.

intézmények kezelésében vannak és szakmailag szerteágazó mérések is több intézmény együttműködését igényelhetik. A legtöbb országban az ICOS tevékenység összehangolására nemzeti ICOS konzorciumokat hoztak létre. Az ICOS központok ezeken keresztül könnyebben tudnak kapcsolatot tartani az infrastruktúra nemzeti elemeivel, de az infrastruktúra működtetői is hatékonyabban tudnak a fenntartóikkal, anyagi támogatóikkal, adataik felhasználóival tárgyalni, ha egységesen lépnek fel. Bár Magyarország egyelőre csupán egyetlen mérőállomással és viszonylag szűk mérési programmal vesz részt az ICOS munkájában, a potenciális jövőbeni fejlesztésekre tekintettel a 2022 nyarán az ATOMKI koordinációjával megalakított ICOS-Hungary Konzorciumnak öt tagja van: a HUN-REN Atommagkutató Intézet (ATOMKI), a Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem (MATE), a HUN-REN Földfizikai és Űrtudományi Kutatóintézet (FI), az Eötvös Loránd Tudományegyetem (ELTE) és a HungaroMet Zrt.. A konzorcium nyitott további csatlakozók előtt is. Az ATOMKI a hegyhátsáli ICOS méréseket végzi. A MATE több olyan ökológiai mérőállomást is fenntart, melyek a jövőben csatlakozhatnak az ICOS ökológiai mérőhálózatához (Pintér *et al.*, 2007; Balogh *et al.*, 2022). Az ELTE és az FI a Hegyhátsálon végzett felszín-légkör anyagáram mérésekkel (Barcza *et al.*, 2012, 2020; Haszpra *et al.*, 2018) kapcsolódhat be, míg a HungaroMet Zrt. a magastornyos meteorológiai mérések, szélprofil mérések potenciális hasznosítója.



## Irodalomjegyzék

- Balogh, J., Pintér, K., Fóti, S., De Luca, G., Mészáros, Á., Bouteldja, M., Insaf, M., Gajda, G., and Nagy, Z., 2022: Szántóföldi szénmérleg egy közép-magyarországi mintaterületen. *Agrokémia és Talajtan* 71, 273–288. <https://doi.org/10.1556/0088.2022.00125>
- Barcza, Z., Kern, A., Davis, K. J., and Haszpra, L., 2020: Analysis of the 21-years long carbon dioxide flux dataset from a Central European tall tower site. *Agricult. Forest Meteorol.* 290, 108027. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2020.108027>
- Barcza, Z., Haszpra, L., Hidy, D., Gelybó, Gy., és Dobor, L., 2012: A légkör és a bioszféra közötti szén-dioxid cseré vizsgálata. *Légkör* 57, 147–149.
- Európai Bizottság, 2015: A Bizottság (EU) 2015/2097 végrehajtási határozata (2015. október 26.) az „Integrált Szén-dioxid-figyelő Rendszer” európai kutatási infrastruktúra-konzorcium (ICOS ERIC) létrehozásáról. *Az Európai Unió Hivatalos Lapja* 58, L303, 19–34. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=OJ:L:2015:303:FULL>
- Haszpra L., 2018: 25 éves a hegyhátsáli üvegházgáz mérőállomás. *Légkör* 63, 100–101.
- Haszpra, L., Hidy, D., Taligás, T., and Barcza, Z., 2018: First results of tall tower based nitrous oxide flux monitoring over an agricultural region in Central Europe. *Atmos. Environ.* 176, 240–251. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2017.12.035>
- ICOS RI, 2020: ICOS Atmosphere Station Specifications V2.0 (editor: O. Laurent), ICOS ERIC. <https://doi.org/10.18160/GK28-2188>
- Pintér, K., Nagy, Z., Barcza, Z., Balogh, J., Czóbel, S., Fóti, S., Weidinger, T., és Tuba, Z., 2007: Az ökoszisztéma-léptékű fotoszintetikus CO<sub>2</sub>-asszimiláció és légzés sajátosságai a mérsékelt övi gyepekben, *Magyar Tudomány* 168, 1280–1287.

## Internetes hivatkozások

- [1] <https://unfccc.int/sites/default/files/kpeng.pdf>
- [2] <https://www.icos-cp.eu/event/1221>
- [3] <https://meta.icos-cp.eu/labeling/>
- [4] <https://www.icos-cp.eu/>
- [5] <https://www.icos-cp.eu/news-and-events/news/icos-handbook-2024-published>
- [6] <https://www.icos-cp.eu/fluxes>
- [7] <https://www.icos-cp.eu/news-and-events/news/four-more-observation-stations-receive-icos-label>