

25 ÉVES A HEGYHÁTSÁLI ÜVEGHÁZGÁZ MÉRŐÁLLOMÁS 25 YEAR ANNIVERSARY OF HEGYHÁTSÁL GREENHOUSE GAS MONITORING STATION

Haszpra László

Országos Meteorológiai Szolgálat, 1181 Budapest, Gilice tér 39., haszpra.l@met.hu

Összefoglalás: 25 évvel ezelőtt, 1993. március 2-án zajlott le az első mérés a hegyhátsáli üvegházgáz mérő állomáson, amely azóta számtalan sikeres kutatási program résztvevőjeként nemzetközi elismertségre tett szert. A tanulmány felidézti a mérőállomás létrehozásának történetét és bemutatja a mérési programot.

Abstract: 25 years ago, on 2 March 1993, the first measurement at Hegyhátsál greenhouse gas monitoring station was performed. Since then the station has participated in numerous successful research projects and acquired international recognition. This paper recalls the history of the setting up of the station and presents its measurement program.

Az 1960-as évek második felére egyértelművé vált, hogy a légkör szén-dioxid (CO₂) tartalma fokozatosan növekszik, és mivel a szén-dioxid üvegházhatású gáz, ezért ez a Föld éghajlatának megváltozását okozhatja. A kockázatra való tekintettel a Meteorológiai Világszervezet (WMO) az akkoriban megszervezés alatt álló globális háttérlevegőszennyezettség-mérő hálózat (Background Air Pollution Monitoring Network – BAPMoN, a mai Global Atmosphere Watch [GAW] elődje) mérési programjába beemelte a szén-dioxid légköri koncentrációjának mérését is. Ennek köszönhető, hogy amikor a WMO megbízásából az Országos Meteorológiai Szolgálatnál (OMSZ) 1978-ban megindultak a nemzetközi BAPMoN továbbképző tanfolyamok, a WMO egy szén-dioxid koncentrációt mérő műszert is az OMSZ-nak adományozott. A műszert 1981-ben az akkor épült K-pusztai mérőállomáson folyamatos üzembe állítottuk, így a tanfolyamok résztvevői valós mérési körülmények között ismerkedhettek vele és a kapcsolódó értékelő munkával. A korabeli koncepció szerint szén-dioxid méréseket csak vegetációtól távoli helyen érdemes végezni, mert a vegetáció ciklikus szén-dioxid felvétele és leadása (fotoszintézis/respiráció) olyan mértékű zajt okoz a mérési adatsorban, ami nehezíti a tendenciák tisztázását. Ezért mérőállomások döntő részben sarkvidéki területeken, elszigetelt óceáni szigeteken és magas hegycsúcsokon létesültek. Az éghajlatvédelmi stratégiák kidolgozásához azonban nem elegendő csupán nyomon követnünk, hogy hogyan változik az egyik legfontosabb üvegházhatású gáz mennyisége, azt is tudnunk kell, hogy miért, milyen folyamatok révén. Az 1980-as évek végére derült ki, hogy a korábbi feltételezésekkel ellentétben a bioszféra meghatározó szerepet játszik a légkör szén-dioxid tartalmának hosszabb távú alakításában. Nincs egyensúlyban, mint ahogy azt korábban feltételezték, hanem felveszi az emberi kibocsátás egy részét is. A bioszféra szén-dioxid forgalma viszont igencsak érzékeny az éghajlat alakulására. A folyamatok tisztázására mérőállomásokat kellett létesíteni a korábban mérési szempontból ellenjavallt területeken is. Itt, a megfelelő területi reprezentativitás elérése érdekében, célszerűnek látszott a mérőállomásokat magas tornyokra telepíteni, hogy ne csak a közvetlen közelükben lévő növényzet szén-dioxid forgalmát érzékeljék, hanem jellemezzék a bioszféra jelentős részének viselkedését is. Ez a paradigma-váltás felértékelte az addig tudományos szempontból nem sokra becsült K-pusztai CO₂ mérőállomást, hiszen éppen a korábbi állomástelepi-

tési koncepció miatt Európában az 1980-as években csak a Német Szövetségi Köztársaságban működött néhány, a bioszféra viselkedését is érzékelni képes mérőhely. A magyarországi mérési tradíciók felkeltették az amerikai National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) üvegházhatású gázok mérésével foglalkozó csoportjának figyelmét is, amely az új felismerésnek megfelelően meglévő globális mérőhálózatát a vegetációval borított kontinentális területekre is igyekezett kiterjeszteni. A szakmai együttműködés kibontakozására a rendszerváltás után létrehozott Magyar-Amerikai Tudományos és Technológiai Közös Alap (MAKA) adott módot, amely lehetővé tette a kölcsönös szakmai tanulmányutakat, közös kutatási programok indítását, továbbá az ezekhez szükséges eszközök beszerzését. Az Amerikai Egyesült Államokban 1992-ben hozta létre a NOAA az első magas tornyos szén-dioxid-mérő állomást. K-pusztán azonban nem volt sem műszaki, sem anyagi lehetőség egy legalább 100 m magas torony felállítására. Ezért az 1992-ben indult első MAKA projekt feladata volt, hogy olyan, legalább 100 m magas tornyot találjunk Magyarországon, amely egyrészt távol esik az emberi szennyezőforrásoktól, másrészt minél síkabb területen áll, ahol a domborzat lokális áramlásmódosító hatásával kevésbé kell számolni. Ilyen magassággal csak a TV- és rádió-adótoronyok jöhetnek számításba, ezek azonban – műsorszórás szempontból érthetően – elsősorban hegytetőkön találhatóak. A rendkívül támogató, a környezetvédelem iránt elkötelezett Magyar Műsorszóró Vállalat (a mai Antenna Hungária Rt. jogelődje) segítségével végül a nem sokkal korábban épült 117 m magas hegyhátsáli adótoronyt találtuk a legalkalmasabbnak a céljainkra, amely a közlekedési, ipari és lakossági szennyezőforrásoktól viszonylag távol, a környezetéből alig kiemelkedő lankás dombon helyezkedik el. A szén-dioxid mérések drága eszközöket és hozzáértő szakembereket igényelnek, továbbá biztosítani kell azt is, hogy a különböző mérőállomások műszerei nagy pontossággal ugyanahhoz a mérési skálához kötődjenek. Egy globális mérőhálózat létrehozásánál ezeket a feltételeket nehéz biztosítani. A NOAA azt a megoldást választotta, hogy az egyes mérőállomásokon csak levegőmintát vesz, amihez nem kell sem drága eszköz, sem különösebb szakértelem, a postázott levegőmintákat pedig egyetlen helyen, a NOAA boulderi (Colorado állam) központi laboratóriumában elemzik. Így az egyes állomások mérési skáláinak szétcsúszása fel sem merül, továbbá a levegőminták-

ból nemcsak a szén-dioxid, hanem más gázok koncentrációja, illetve izotóp-összetétele is mérhető. A hegyhátsági mérőhelyen a mai napig fenntartott heti rendszerességű mintavételek 1993. március 2-án kezdődtek. Ezt a dátumot a *1. táblázat: A hegyhátsági (46°57'N, 16°39'E) mérőállomás mérési programja*

Mért komponens	Mérés magasság	Mérési gyakoriság	Mérési időszak	Együttműködő szervezetek*
CO ₂ , CH ₄ , CO, H ₂ , δ ¹³ C–CO ₂ , δ ¹⁸ O–CO ₂	96 m	hetente	1993–	NOAA
CO ₂	10, 48, 82, 115 m	folya- matos	1994–	
N ₂ O, SF ₆	96 m	hetente	1995–	NOAA
CO ₂ felszín-légkör fluxus (kb. 200 km ² , mg. ter., erdő)	82 m	folya- matos	1997–	ELTE
CO ₂ felszín-légkör fluxus (30 ha, gyepek)	3 m	folya- matos	1999–2003	NIRE ELTE
CO ₂ , CH ₄ , CO, H ₂ , N ₂ O, SF ₆	200–3000 m	havonta	2001–2009	LSCE
CO ₂ , CH ₄ , CO, δ ¹³ C–CO ₂ , δ ¹⁸ O–CO ₂ , d ¹⁴ C–CO ₂ , O ₂ /N ₂	10 m, 96 m, 500–3000 m	eseti	2002–2008	RUG
CO ₂	200–3000 m	4–5 na- ponta	2006–2009	ELTE
N ₂ O, SF ₆	96 m	10 per- cenként	2006–2012	ELTE
CH ₄	96 m	10 per- cenként	2006–2014	ELTE
CO ₂ fel- szín-légkör flu- xus (kb. 30 ha, gyep)	3 m	folya- matos	2006–	ELTE
d ¹⁴ C–CO ₂	10 m, 115 m	havonta	2008–	MTA ATOMKI
CH ₄ , δ ¹³ C–CH ₄	96 m	hetente	2013–2015	RHUL
CO, N ₂ O	82 m	folya- matos	2015–	MTA CSFK
CO, N ₂ O felszín-légkör fluxus (kb. 200 km ² , mg. terület, erdő)	82 m	folya- matos	2015–	MTA CSFK ELTE
CH ₄	82 m	folya- matos	2016–	

* NOAA – National Oceanic and Atmospheric Administration, Boulder, Colorado, U.S.A.; ELTE – Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest; NIRE – National Institute for Resources and Environment, Tsukuba, Japán; LSCE – Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, Gif-sur-Yvette, Franciaország; RUG – Rijksuniversiteit Groningen, Groningen, Hollandia; MTA ATOMKI – Magyar Tudományos Akadémia Atommagkutató Intézet, Debrecen; RHUL – Royal Holloway, University of London, Egham, Egyesült Királyság; MTA CSFK – Magyar Tudományos Akadémia Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont

mot tekinthetjük az állomás alapítási idejének. Mivel Magyarországon a szaktudás és a MAKKA jóvoltából a komolyabb mérési programokra is lehetőséget adó anyagiak is rendelkezésre álltak, 1994 őszére elkészült az a

mérőrendszer, amely a hegyhátsági tornyon 4 magassági szintben (10 m, 48 m, 82 m, 115 m) folyamatosan méri a levegő szén-dioxid koncentrációját. Ezekre a szintekre egyszerű meteorológiai érzékelők is kerültek (szélirány, szélsőesség, hőmérséklet, relatív nedvesség), amelyek adatait a meteorológusok is használhatják. Egy újabb MAKKA projekt jóvoltából 1997-ben megkezdhettük a felszín és a légkör közötti szén-dioxid áramlás folyamatos közvetlen mérését is, ami alapvető fontosságú információkat ad arról, hogyan reagál a vegetáció szén-dioxid forgalma az éghajlat ingadozására, illetve változására. A Kiotói Jegyzőkönyv aláírását követően Európa számára is kiemelt kérdéssé vált az éghajlatvédelem, így mire a magyar-amerikai projektek kifutottak, addigra az állomás már bekapcsolódhatott a nagy uniós kutatási projektekbe. A szakmai tapasztalatokon és a kiépült infrastruktúrán túlmenően az európai kutatások számára a hegyhátsági mérőállomás földrajzi elhelyezkedése is értékes. A döntően a nyugati szelek övében elhelyezkedő Európában Hegyhátsál mindmáig a legdélekeletibb üvegházgáz mérőállomás, amely egyrészt nyomon tudja követni a nyugat- és közép-európai üvegházgáz-kibocsátás hatását, másrészt, ellenkező irányú légáramlások esetén, a legmélyebben „lát be” a helyi mérésekkel egyelőre lefedetlen kelet- és délkelet-európai régióba. A 2000-től kezdődően érkezett Európai Unió kutatási támogatásoknak köszönhetően 2001. és 2009. között 8 éven keresztül repülőgépes mérések is folytak a hegyhátsági torony felett, melyek adatai – újabb adatok híján – ma is meghatározó jelentőségűek a légköri üvegházgáz-mérleg modellekben. 2006-tól indult meg néhány nem-CO₂ üvegházgáz gáz koncentrációjának folyamatos mérése. A teljes mérési programot az *1. táblázat* tartalmazza. A mérőállomás mai belső képét pedig a *címlapon* láthatjuk. A mérőállomás jövőjét elsősorban a mostanság szerveződő pán-európai üvegházgáz-mérőhálózathoz, az ICOS-hoz (Integrated Carbon Observation System) való csatlakozás jelenti. Az évek során csaknem 40 olyan tudományos publikáció jelent meg, amelyek kifejezetten a hegyhátsági méréseken alapultak, és másfél tucatnyi külföldi kutató épített olyan mértékben a hegyhátsági mérésekre, hogy munkájába szerzőtársként magyar kutatókat is bevont. A hegyhátsági mérések beépülnek azokba a globális modellekre alapított kutatásokba is, ahol az egyes résztvevő mérőállomások nevesítésére már nincs mód. A globális üvegházgáz mérőhálózat szolgáltatja azokat az ismereteket, amelyekre aztán az éghajlati modellek épülnek. A magyar-amerikai együttműködésen túlmenően az állomás részt vett az AEROCARB, a CHIOTTO, a CarboEurope-IP, a Carbon-Pro, az IMECC, az InGOS és a RINGO Európai Unió kutatási projekteken, egy-egy japán-magyar és holland-magyar bilaterális projektben, de az itt folyó mérésekre épült öt hazai OTKA és egy GVOP-KMA kutatási program is. A hegyhátsági mérések eredményeinek jelentős része nyilvánosan hozzáférhető a Meteorológiai Világszervezet Üvegházgáz Adatbázisában (WMO World Data Centre for Greenhouse Gases – <https://ds.data.jma.go.jp/gmd/wdcgg/>), illetve az ICOS Carbon Portal-on (<https://www.icos-cp.eu/>).