

MONTABIO-füzetek II.

Helyszíni talajlevegő-mérések

On site soil gas measurements



Helyszíni talajlevegő-mérések

On site soil gas measurements

Készítette / Author

Tatai Gábor, környezetmérnök / Gábor Tatai, Environmental Engineer

Szakmailag ellenőrizte / Supervisor

Bernáth Balázs, témavezető / Balázs Bernáth, Principal Investigator

A kiadványt szerkesztette / Editors

Székács András és Illés Zoltán / András Székács and Zoltán Illés

© MTA Növényvédelmi Kutatóintézet

Plant Protection Institute, Hungarian Academy of Sciences

Budapest

2009

A kiadvány a
“Komplex monitoring rendszer összeállítása talaj-mikroszennyezők analitikai
kimutatására és biológiai értékelésére a fenntartható környezetért (MONTABIO)”
OM 00026, 00027, 0028 és 00029/2008
kutatási program támogatásával készült.

This publication has been sponsored by the research project
OM 00026, 00027, 0028 and 00029/2008
“Complex monitoring system for analytical detection and biological evaluation of
soil micropollutants for a sustainable environment”.

Címlapkép – Butak András: Élő talaj
(gipsznyomat, papír, 1987)

Cover picture – András Butak: Alive soil
(plaster relief print on paper, 1987)



Borítóterv / Cover design: Závodszy, F.

MONTABIO-füzetek – II.
Kiadja az MTA Növényvédelmi Kutatóintézet, 1525 Budapest, Pf. 102.
E-mail: webmaster@nki.hu
Felelős kiadó: Dr. Barna Balázs
ISBN 978-963-87178-3-2
ISBN 978-963-87178-5-6 (II.)
Készült a **dART studio** gondozásában.

A kiadványban ismertetett eredmények elhangzottak
a MONTABIO 2009 konferencián
(2009. szept. 22, MTA Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet, Budapest)

Results reported in this publication have been presented at the conference
MONTABIO 2009
(Sep 22, 2009, Research Institute for Soil Sciences and Agricultural Chemistry,
Hungarian Academy of Sciences, Budapest, Hungary)



MEGATERRA Környezetvédelmi
Mérnöki Iroda Kft.
1126 Budapest, Zulejka u. 4.
Iroda: 1022 Budapest, Herman O. u. 15.
Tel.: (20) 9311-230;
(1) 213-5813; (1) 356-4644/33
FAX: (1) 213-5813; (1) 202-6698
ISO 9001 szerint tanúsítva
(MSZT-CERT, 503/0325)
NAT-1-1273/2007 számon akkreditált
környezeti minták vételével foglalkozó
szervezet

MEGATERRA Environmental
Engineering Office Ltd.
1126 Budapest, Zulejka u. 4, Hungary
Office: 1022 Budapest, Herman O. u.15,
Hungary
Phone: +36 20 9311-230;
+36 1 213-5813; +36 1 356-4644/33
FAX: +36 1 213-5813; +36 1 202-6698
Certified by ISO 9001
(MSZT-CERT, 503/0325)
Accredited for environmental sampling
Accred.No. NAT-1-1273/2007

E-mail: megaterra@hu.inter.net
Home page: <http://www.megaterra.hu>



Helyszíni talajlevegő-mérések

On site soil gas measurements

Összefoglalás

A helyszíni talajlevegő-mérések kiegészítik a talaj- és talajvíz-vizsgálatokat, s emellett hatékony segítséget nyújtanak a monitoring rendszerek tervezéséhez és üzemeltetéséhez. A talajbeli levegő-összetétel helyszíni mérésével mezőgazdasági területeken a talajélet intenzitása jellemezhető, szennyezett területeken az illékony szennyező anyagok kimutatását lehet e módszerrel elvégezni. A technika alkalmazható továbbá hulladék-lerakókban a depóniagázok mérésére, valamint komposztáló telepek, bioágys ellenőrzésére. A MONTABIO kutatás-fejlesztési projekt során a talajszennyezettség-monitoring már meglévő elemeit a komplex helyszíni talajlevegő-mérés elemeivel bővítettük ki. A nagy számban elvégzett méréseknek köszönhető gyakorlati tapasztalat alapján tudatos eszközbeszerzéssel lehetett mind színvonalasabbá fejleszteni a módszert. A projekt céljaival összhangban a talajlevegő-mérés segítségével gyors, pontos és nem utolsósorban gazdaságos módon nyert információ gyűjthető, s ezáltal a vizsgált területek – legyenek azok ipari (szennyezett) vagy mezőgazdasági jellegűek – pontosabban és alaposabban jellemezhetők.

Summary

On site soil gas measurements complement soil and ground water inspection, and effectively support the design and operation of monitoring systems. The *in situ* measurement of soil gas composition characterizes the intensity of soil microbial life at agricultural sites, and allows detection of volatile contaminants at polluted sites. The technique is also applicable in waste deposit sites to detect depony gases, and for quality control of composting sites, biological decomposition beds. In the scope of the research and development activities of project MONTABIO, existing elements of soil contamination monitoring have been expanded by certain elements of a complex on site soil gas measurement. Based on practical experience gained in numerous determinations, the measurement method was further developed through purposive device acquisition. In accordance with the project objectives, soil gas measurements provided rapid, accurate and last not least economically obtainable information, allowing more accurate and thorough characterization of the test sites – should those be of industrial (contaminated) or agricultural type.



A Magyar Tudományos Akadémia két kutatóintézete, a Talajtani és Agrokémiai Kutatóintézet (MTA TAKI) és a Növényvédelmi Kutatóintézet (MTA NKI), valamint két üzleti vállalkozás, a Megaterra Környezetvédelmi Mérnöki Iroda Kft. (Budapest) és a Fair Trade Agro Bio Export-Import Kft. (Békéscsaba) által alkotott négyes konzorcium „*Komplex monitoring rendszer összeállítása talaj-mikroszennyezők analitikai kimutatására és biológiai értékelésére a fenntartható környezetért*” (MONTABIO) címmel kutatás-fejlesztési pályázatot nyert el a 2007-ben meghirdetett Jedlik Ányos Program keretében. A fejlesztési munka 2008 januárjában indult.

A kutatás-fejlesztés célja

A kutatási-fejlesztési projekt alapvető célkitűzése, hogy olyan talajszennyezés-monitoring rendszert hozzon létre, amely korszerű mintavételi és mérés-technika alkalmazásával alkalmas a hazai talajszennyezők jellegzetes típusainak komplex felmérésére, ezáltal kiküszöbölve a jelenleg működő Talajvédelmi Információs és Monitoring Rendszer (TIM) mezőgazdasági irányultságából adódó környezetvédelmi és -analitikai hiányosságokat. A mintavételezési technikának a szennyező forrás feltárására vonatkozó reprezentativitás-optimalása mellett az OM-00026-29/2008 JÁP MONTABIO projekt fontos analitikai és módszertani célkitűzései, hogy:

1. Az illékony szennyezők (pl. VOCI, TPH) meghatározására szenzor-technikán alapuló helyszíni, *in situ* mérés technikákat dolgozzon ki, s ezen eljárások analitikai pontosságát és megbízhatóságát standard műszeres kimutatási módszerekkel hitelesítse.
2. A kockázatcentrikus talaj- és talajvízszennyezés-azonosítási mód érdekében a vizsgálati eljárások körét az analitikai határozáson túl biológiai tesztekkel (talajbiológia, ökototoxicitás- és mutagenitásvizsgálat) bővítse, a kémiai és genetikai biztonság javítását célozva.
3. Adott kiválasztott térség (minta-terület) mérési eredményeit tér-informatikai rendszerben együtt interpretálva az ökológiai indikációktól függően alakítható mérés-technikát dolgozzon ki és alkalmazzon.

Talaj-, talajvíz- és felszínvíz-mintavételezések

A Megaterra Kft. környezeti minták vételére akkreditált szervezet. A projekt keretén belül a Megaterra Kft. önállóan végzi a talaj-, talajvíz- és felszínvíz-mintavételezéseket, a szakszerű mintaszállítást a vizsgáló laboratóriumokba, valamint helyszíni vizsgálatok és mérések kivitelezését – különös tekintettel a helyszíni talajlevegő-vizsgálatokra, és közreműködik a K+F projekt egyéb feladatainak pontos ellátásában.



Az elnyert pályázatban szereplő és elfogadott feladattervnek megfelelően a Megaterra Kft. az alábbi feladatok elvégzésében közreműködött:

1. Mintavételezési pontok, térinformatika, szennyezett területek azonosítása;
2. Mintavételezés
3. *In situ* szenzoros méréstechnika
4. Az eredmények szintézise

A mintavételezések helyszínéül Békés megyét jelölte ki a konzorcium, ahol az alábbi típusú területeken történtek terepi munkálatok:

1. Intenzív mezőgazdasági termelés alá vont termőterület
2. Ökológiai mezőgazdasági termelés (biotermesztés) alá vont termőterület
3. Ösgyep
4. Pontszerű szennyezés mezőgazdasági jellegű szennyező anyaggal (nem mezőgazdasági tevékenység nyomán)
5. Pontszerű szennyezés ipari eredetű szennyező anyaggal

A Megaterra Kft. 2009-ben az alábbi kijelölt teszterületeken végzett mintavételezéseket vizsgálatokat:

1. Agrárterületek

- Kőröstarcsa – bio- és intenzív tábla
- Medgyesegyháza – biotábla
- Csorvás – intenzív tábla
- Battonya – bio- és intenzív tábla, valamint ösgyep

2. Szennyezett ipari területek és mezőgazdasági jellegű szennyező anyaggal, de nem mezőgazdasági tevékenység nyomán szennyezett területek

- Gyomaendrőd – Nagylapos (peszticid)
- Békéscsaba (ammónium, nitrit, nitrát)
- Orosháza I. (alifás szénhidrogének)
- Orosháza II. (aromás szénhidrogének)
- Orosháza III. (klórozott alifás szénhidrogének)

A 2009. évben alkalmazott mintavételi tervet az *I. táblázat* ismerteti. A teszterületeken vételezett és azonosítóval ellátott talaj-, talajvíz- és felszínvíz-mintákat megfelelő, hűtött körülmények közt tároltuk és szállítottuk az analitikai vizsgáló laboratóriumokba.



I. táblázat A mintavételi területek és minták megoszlása területhasznosítás jellege szerint

Mintázott terület jellege	Talajminta [db/év]	Felszínvíz- és talajvízminta [db/év]
Intenzív mezőgazdasági termelés alá vont termőterület	163	30
Ökológiai mezőgazdasági termelés alá vont termőterület	153	28
Mezőgazdasági termeléssel felhagyott terület, legelő	45	11
Pontszerű szennyezés mezőgazdasági jellegű szennyező anyaggal (nem mezőgazdasági tevékenység nyomán)	38	25
Pontszerű szennyezés ipari eredetű szennyező anyaggal	51	224
Összesen	450	318

Megjegyzés: Az eredeti mintavételi terv 225-270 talajmintát és 155-190 vízmintát irányzott elő. Vagyis jelentősen több minta került begyűjtésre a tervezettnél (talajminta: 167-200%, vízmint: 167-277%). Utóbbit nehezítette, hogy a száraz időjárási körülmények miatt a lecsövezett talajmintavételi furatokban gyakran nem gyűlemlett fel talajvíz.

A mintavételi program (terv) kidolgozása, tartalma

A mintavételi program (terv) kidolgozásakor számos – mind elvi, mind a mintavételezések időzítése szempontjából fontos, mind pedig egyéb technikai – tényezőre kellett tekintettel lenni. Ennek megfelelően a mintavételi tervet nagyszámú külső tényező befolyásolta:

- a minta mennyisége
- a minta jellege: pontminták és átlagminták
- biztonsági kérdések
- a mintákból meghatározandó paraméterek
- mintavételi helyek
- a mintavételi helyek azonosítása
- a mintavételi helyek előkészítése
- a mintavételi hely leírása
- mintavételezési akadályok
- a felesleges mintamennyiség elhelyezése
- a minták tartósítása és előkezelése
- megfelelő mintatároló edények
- a mintavételezést végző személyi állomány
- a mintavétel célja
- előzetes információk
- mintavételi stratégia
- mintavétel
- a mintavétel időpontja
- a mintavételezés mélysége



- talaj- és talajvíz-mintavevő eszközök
- helyszíni vizsgálatok
- a minták helyszíni jellemzése
- mintavételi jegyzőkönyv és jelentés
- biztonsági intézkedések
- minőség-ellenőrzés, minőségbiztosítás

X
BX
CX
EX
AX
D

0 10 20 m

1. ábra A mintavételezési RPF kvadrát (RPF = Reprezentatív Parcella Fúrás) mintavételi pontjainak elhelyezkedése. A gépi fúrások térbeli elrendezése a kijelölt Reprezentatív Parcellarészlethez (RPR) kötődően 50x50 m méretű kvadrátban történik, 4 fúrás a négyzet sarokpontjain, 1 fúrás a négyzet átlójának közepén. (Az RPF kvadrátok mindig az RPR-en belül helyezkednek el úgy, hogy 1 sarokpontjuk egybeesik.) Az így mélyített 5 fúrás egy helyszín 5 ismétlésének tekinthető, illetve az RPF negyedhektáros parcella térbeliségének reprezentálására alkalmas.

A mintavételezés módszereit és munkaeszközeit a Megaterra Kft. akkreditált mintavételre vonatkozó „Minőségügyi Kézikönyv” előírásait figyelembe véve, az MTA TAKI munkatársaival együtt

alakítottuk ki. Az MTA TAKI szakemberei a teszterületeken egy 50 x 50 m méretű négyzet sarokpontjainak, valamint az átlók találkozáspontjának EOVS koordinátáit határozták meg az *1. ábrán* látható módon. A megadott koordináták alapján a fúráspontokat méteres alatti GPS támogatással keresték meg a Megaterra Kft. talajfúrást és mintavételt végző munkatársai. A talajfúrást Eijkelkamp ütve fúró géppel, valamint Minuteman spirálfúróval végezték.

A mintavételi teszterületek és a mintaszám meghatározása

A 2009. évi mintavételi és vizsgálati pontokat a konzorciumi partnerekkel történő szakmai egyeztetés után a mintaszám ésszerűsítésének és a hatékonyság növelésének figyelembe vételével jelöltük ki. Azon teszterületeken végeztünk mintavételezést és helyszíni vizsgálatot, ahol a 2008. évi talaj- és talajvíz-, illetve felszínvíz-minták laboratóriumi vizsgálata mikroelem-tartalomra a „B” szennyezettségi határértéket meghaladó koncentrációt mutatott ki. Ennek megfelelően kikerült a mintázandó területek köréből a – korábbi mikroelem-tartalomvizsgálatokon a vonatkozó jogszabályban hatályosan meghatározott szennyezettségi szintet el nem érő – medgyesegyházi intenzív művelésű mezőgazdasági, valamint a csorvási ökológiai művelésű mezőgazdasági és legelő teszterületek. A célkitűzésnek megfelelően 12 teszterületen 56 db talajmintavételi pont vizsgálatát és mintázását végeztük el 2009-ben.



A talaj-, talajvíz- és felszínvíz-mintavételezést az év során három alkalommal végeztük: május, augusztus és október hónapokban. A talajmintavétel során mintánként 0,5-1 kg talajt vettünk, talajvíz és felszíni víz esetén mintánként 1 liter + (2 x 1) liter volt a minta mennyisége.

A májusi mintavételezéskor minden vizsgált – és fentebb már említett – teszterületen mintavételi fúrásokat mélyítettünk, területenként 5-5 fúrás – ez alól csak a békéscsabai teszterület képezett kivételt, ahol mindössze 1 fúrás készült. A mintavételi tervet az egyes teszterületek különféle sajátosságainak figyelembe vételével alakítottuk ki. A talajmintavételi mélység és a mintaszám ennek megfelelően teszterületenként változott. A fúrásokat minden esetben a talajvíz fakadási szintjének eléréséig

végeztük. Emellett további talajvíz- és felszínvíz-mintákat a teszterületek közelébe eső objektumokból, azaz ásott és fűt kutakból, öntözőcsatornákból és patakokból vettünk – amennyiben ez lehetséges volt. Mindezen túlmenően valamennyi talaj-mintavételi ponton talajlevegő-vizsgálatokat is végeztünk. Az év során a további mintavételezésekhez a mintavételi pontokat konzorciumi partnereinkkel együtt jelöltük ki. A második, *augusztusi* és *októberi* mintavételezések során a *II. és III. táblázatokban* mutatott paraméterek szerint jártunk el.

A mintavételhez alkalmazott eszközök

A mintavételezések kivitelezéséhez alkalmazott berendezéseket, eszközöket a *IV. táblázat* sorolja fel.

II. táblázat Mintavételezések a 2009. nyári (augusztusi) mintázás során

Helyszín	Talajlevegő *	Szántott réteg **	Felszíni és talajvíz ***
BA1	E pont	A, B, C, D és E pont	2 db felszíni víz
BA2	–	–	2 db felszíni víz
BA3	–	–	2 db felszíni víz
CS1	E pont	A, B, C, D és E pont	3 db talajvíz
KT2	E pont	A, B, C, D és E pont	1 db felszíni víz, 1 db talajvíz
MH2	–	–	1 db talajvíz

Megjegyzés: * CO₂-vizsgálat, elvesző csúccsal, 0–1m mélységig; 25 cm szintek, 1 m mélység alatt: 50 cm szintek, 2 azonos eredményig.

** 0,5–1 kg minta pontonként, összesen 15 db minta.

*** 1 mintavételi helyen kell 1 liter és 2 x 1 liter mintát venni.



III. táblázat Mintavételezések a 2009. őszi (októberi) mintázás során

Helyszín	Talajlevegő *	Szántott réteg **	Talaj **	Felszíni és talajvíz ***
BA1	E pont	A–E pont	A/1, D/1	2 db felszíni víz
BA2	–	C, D pont	A/2, C/2	2 db felszíni víz
BA3	–	–	–	2 db felszíni víz
CS1	E pont	A–E pont	A/2, C/1, D/2	3 db talajvíz
KT1	–	A, C, E	–	–
KT2	E pont	A–E pont	–	1 db felszíni víz, 1 db talajvíz
MH2	–	–	–	1 db talajvíz
BSZ1	A pont	–	–	1 db talajvíz
GYN1	A, E pont	–	A/3, E/1, E/2	3 db talajvíz
OK1	A–E pont	–	–	4 db talajvíz
OÜ1	A–E pont	–	–	1 db talajvíz

Megjegyzés: * CO₂-vizsgálat, elvesző csúccsal, 0–1 m mélységig: 25 cm szintek, 1 m mélység alatt: 50 cm szintek, 2 azonos eredményig. Ipari területen: szondával a furatban speciális mérés.

** 0,5–1 kg minta pontonként, összesen 22 db minta (szántott réteg), 10 minta (altalaj).

*** 1 mintavételi helyen kell 1 liter és 2,5 liter mintát venni.

Talajmintavétel

A talajmintavételeket a 2009. év során három alkalommal (tavasz, nyár, ősz) végeztük el. Az előkészítő munkálatok során állapotörögzítő, aktualizáló helyszínelést tartottunk, értékeltük a – vizsgálandó területre vonatkozó – rendelkezésre álló információkat, majd konzorciumi partnereinkkel közös mintavételi és vizsgálati tervet készítettünk.

A talajfúrásokat magmintavétellel alkalmas száraz gépi fúrással a kívánt

szintig mélyítettük, 0,5–1 kg talajt vettünk mintaként, a mintavételi terveknek megfelelő darabszámban. Az egyes mintákra vonatkozóan a mintavétel körülményeit mintavételi jegyzőkönyvben rögzítettük. A fúrószerszámokat minden mintavétel után megtisztítottuk, a talajfúrások, mintavételezések elvégzését követően a fúrásokat a terepi munka végén saját furadékaival visszatömedékellettük, valamint a fúrási környezetet valamennyi mintavételi helyen tereprendeztük.



IV. táblázat A mintavételezésekhez használt eszközök

Eszköz	Max. minta- vételi mélység [m]	Minta típusa			Kapcsolhatóság helyszíni vizsgáló eszközökhöz	Megjegyzés
		talaj	talaj- víz	talaj- levegő		
Eijkelkamp ütve fúró	6	+	+	(+)	Talajvíz-mintavevő szivattyúk, pH, EC, hőmérséklet- mérők	Kvázi bolygatatlan minta
Minuteman talajfúró	10	+	+	(+)	Talajvíz-mintavevő szivattyúk, pH, EC, hőmérséklet-mérők	Folyamatos spirál (d=83-86 mm)
Eijkelkamp talajlevegő- mintavevő	6	–	–	+	Eijkelkamp perisztaltikus vákuumszivattyú, MSA Auer GAS- TESTER II. MSA Auer Sirius ECOPROBE 5	Réteg-gázminta- vételre alkalmas, vízkizáró szelep nincs
RS Dynamics talajlevegő- mintavevő (d=34-58 mm fűrésben)	3	–	–	+	MSA Auer GAS- TESTER II. MSA Auer Sirius 12 ECOPROBE 5	Eijkelkamp szondacsővel (4. tag, d=49 mm, 5. tag, d=39 mm) előfűrva, vízkizáró szelep van

A talajmintavétel fejlesztése

A 2008-as mintavételezések során a talajfúrások mélyítéséhez – a Megaterra Kft. saját tulajdonában lévő és a projekt keretein kívül, korábban vásárolt – Eijkelkamp típusú (magmintavételre alkalmas) fűrésztet használtunk, illetve ha ezzel az eszközzel nem sikerült elérni a talajvíz fakadási szintjét, akkor a – fentebb már említett – Foremost Mobile – Minuteman típusú benzinmotoros spirálfűrógépet alkalmaztuk. Az Eijkelkamp készlet előnyei, többek közt, hogy a szett a talajmintá

zavartalan megvételét teszi lehetővé, megállapíthatók vele a talaj genetikus talajszintjei, fűrészelvény készíthető, meghatározható a szennyezett területen a szennyezés mélysége és vertikális kiterjedése. A 2008-ban alkalmazott Eijkelkamp készlet hátránya azonban, hogy elhasználódott, s emiatt gyakoriá váltak a mechanikai meghibásodások (az eszköz egyes elemeinek törése), ami részint nehezítette és lassította a terepi munkát, részint folyamatos karbantartást igényelt, s így a projektben a szerviz-költségek jelentős anyagi ráfordítást jelentettek. További gond volt, hogy az



eszköz használata jelentős zajterheléssel járt, s emellett működtetése erős fizikai munkát igényelt.

A hátrányok elkerülésére és a talajmintavétel – mint kiemelt feladat – hatékony és szakszerű elvégzése céljából 2009-ben a projekt keretein belül beszereztünk egy új típusú, komplett Eijkelkamp fúrókészletet (2. ábra), amely rendelkezik a 2008-ban használt készlet minden előnyével, a

fejlesztések révén pedig megbízhatóbb, hatékonyabb elődjénél, s zajkibocsátása is alacsonyabb.

Talajvíz-mintavételhez a Minuteman spirálfúrógép hatékonyan alkalmazható, talajmintavétel esetén azonban nem célravezető használata, mivel működése során összekeveri a talajrétegeket, így az ilyen körülmények közt vett minta nem reprezentálja a vizsgált talaj adott rétegének tulajdonságait.



2. ábra A MONTABIO projekt keretében beszerezett Eijkelkamp fúrókészlet (Eijkelkamp Agrisearch Equipment BV, Giesbeek, Hollandia)

Talajvíz-mintavétel

A talajvizet minden talajfúrás, illetve a teszterületeken és azok környezetében található létesített figyelőkút, ásott kút, lecsövezett mintavételi fúrás esetében mintáztuk, illetve a helyi hidrogeológiai paramétereket szintén jegyzőkönyvben rögzítettük. A mintavétel céljából mélyített fúrásokat a talajvíz-mintavétel idejére szolgáló szűrőcső lehelyezésével biztosítottuk. Abban az esetben, ha a magmintavételre alkalmas száraz gépi fúrással nem sikerült elérni a talajvíz fakadási szintjét, akkor a megkezdett

talajfúrás talpmélységének növelésére Foremost Mobile – Minuteman típusú benzinmotoros spirálfúrógépet alkalmaztunk. Ennek segítségével elértük, hogy minden fúrásból tudtunk talajvíz-mintát venni, mivel az eszközzel 10 m talpmélységű talajfúrást lehet mélyíteni.

Felszínivíz-mintavétel

A teszterületekhez kapcsolódó felszíni vizek (patakok, öntöző csatornák stb.) mintázásához kialakított, tetszés szerint hosszabbítható (teleszkópos) tartórúdra szerelt merítőedényt használtunk.



A talajlevegő-mintavételek és -vizsgálatok általános szempontjai

A Megaterra Kft. a MONTABIO kutatás-fejlesztési projekt keretén belül kiemelten foglalkozik talajlevegő vizsgálatára szolgáló módszer- és eszköz-fejlesztéssel. A módszerfejlesztés célja, hogy analitikai mintavételezés mellett helyszíni mérésekre is lehetőséget teremtő eljárást dolgozzunk ki.

Talajtani szakkönyvekben a “talaj” fogalmi meghatározása alatt az alábbi leírás található: „a talaj háromfázisú polidiszperz rendszer”. Az analitikai vizsgálatokhoz tehát a talajban a szilárd, a cseppfolyós és a gáznemű fázisokat egyaránt mintázni kell. A szilárd és a folyadékfázisok (talaj, talajvíz) mintavételezése és vizsgálata rutinszerűen folyik. A talajlevegő mintavétele és vizsgálata azonban csak elvétve, nagyon ritkán valósul meg, s ezen esetekben is – hasonlóan a talaj- és talajvízmintákhoz – a vett talajlevegő-minták vizsgálata laboratóriumokban történik.

Mivel a mintavétel (a minta kivétele eredeti közegéből), -szállítás és a laboratóriumi analitikai vizsgálatokat megelőző mintafeltárások alapvetően megváltoztatják a minta tulajdonságait, rontják a reprezentálhatóságot, és gyakran lehetetlenné teszik a vizsgálati eredmények visszavezetését a vizsgált területre, az utóbbi néhány évben mind inkább előtérbe kerültek olyan vizsgálati módszerek, melyek a minták kivétele nélkül végzett, *in situ* talaj- és talajvíz-vizsgálatokat tesznek lehetővé (*direct-pushing*, CPT). A projekt során alkalmazott talajlevegő-mérési technológia a

légnemű fázis *in situ* mintavételére és azonnali kiértékelést biztosító helyszíni vizsgálatára alkalmas.

A talajlevegő mintavétele és vizsgálata Ecoprobe 5 talajlevegő-mérő készülékkel

Az Ecoprobe 5 talajlevegő-mérő készülékkel (3. ábra) laboratóriumi vizsgálati célú mintavétel, valamint helyszíni vizsgálat egyaránt végezhető.



3. ábra Az Ecoprobe 5 talajlevegő-mérő készülék (RS Dymanics Ltd, Prága, Csehország)

Helyszíni mérés esetén a talajlevegő egy porszűrőn keresztül haladva jut be a műszerbe. Először a fotoionizációs detektor (PID) lámpa ultraibolya (UV) ionizációs terében, majd az infravörös (IR) lámpa előtt halad el, ahol 30-40 °C-on történik a mérés. A műszer alapkiépítettségben 10,6 eV energiaszintű PID lámpával kerül szállításra. Ez a típusú lámpa biztosítja a legtöbb szerves illékony vegyület vizsgálatát. A lámpa cserélhető, egyes különleges esetekben



alacsonyabb vagy magasabb energiájú lámpák is felhasználhatók. A PID lámpával mért érték 100 ppm izobutén referenciagázra vonatkozik. Ha a PID lámpa mérhető értéket ad, és ismerjük a szennyező komponens(ek)et, célszerű ismételt mérést végezni az izobutén helyett referenciaként az ismert gázt beállítva. Mintegy 200 ismert szennyező komponens mérhető ily módon. Az IR mérés négy csatornán történik: ezek a referenciacsatorna, CO_2 , CH_4 és a magyar előírásoknak is megfelelő szénhidrogén-tartalom (TPH) $\text{C}_5\text{-C}_{40}$ szénatomszám között (sávtartomány: 2823-3057 $1/\text{cm}$). Mért TPH esetén a kísérő CO_2 és CH_4 előfordulásának és arányának mértéke utalhat a szénhidrogén bomlottságának fokára, a szennyezett réteg redox viszonyaira és a szennyezés kortörténetére is. Friss szénhidrogén-szennyeződés esetén CH_4 nem, CO_2 csak a környező, azonos talajadottságú területen mért értékig fordul elő.

A műszer méri az gáztéri O_2 -tartalmat (elektrokémiai eljárás), az aktuális külső légnyomást, az alkalmazott vákuum mértékét, valamint saját szondájának alkalmazása esetén a talajlevegő hőmérsékletét is. GPS vevője (Holux) segítségével a mintavételi pontok raszteres beazonosíthatósága mellett a pontokat WGS84 térinformatikai rendszerben is megjeleníti, a gyártó által 2009-ben elvégzett szoftverfrissítés után a *Google Earth* térképező rendszer megjelenítésben is.

Amennyiben a műszert csupán mintavételre használjuk, a PID és IR analizátor lámpái kikapcsolhatók, és

csupán a vákuumszivattyú működtethető. (Ez azonban csak az energiamegtakarítás szempontjából indokolt, hiszen a gyártó közlése és saját méréseink tapasztalatai szerint a lámpák üzemelése nincsen befolyással az átáramló gáz összetételére.) A mintákat a műszer kimenő csonkjához kapcsolt 1 literes Tedlar-zsákokba gyűjtjük. (A zsákokat sohasem telítjük teljesen, mert ez bizonyos összetevők esetén diffúzióból adódó veszteséget okozhat.) A mintavétel befejezése után a Tedlar-zsákot leválasztjuk a műszer kimeneti oldaláról, a mintát a talajlevegő eredeti hőmérsékletét biztosító körülmények között tároljuk, a műszert pedig a lámpák visszakapcsolását követően mérésekkel igazoltan átöblítjük, megtisztítjuk.

A műszer kalibrációja

A műszer helyes működéséhez a következő egységek megfelelő időközönkénti (PID és IR tekintetében legalább egy pontos) kalibrációja szükséges: a PID, az IR lámpa által mért CH_4 - és CO_2 -, az O_2 -tartalom, a hőmérséklet és a külső nyomás. A PID többpontos izobuténes, az IR lámpa által mért CH_4 - és CO_2 -tartalom többpontos kalibrációja számítógépes kapcsolat segítségével hajtható végre. A műszer kézikönyvében szereplő kalibráló gázokat a feladat elvégzéséhez beszereztük, és a kalibrálásokat rendszeresen végezzük. A kalibráló gázok névleges, illetve analitikai koncentrációit az *V. táblázat* tartalmazza.



V. táblázat Az Ecoprobe 5 műszer kalibráló gázainak koncentrációja

Kalibráló gázok koncentrációja [ppm]						
CO ₂ + CH ₄ *			CH ₄ *		C ₄ H ₈ **	
névleges	analitikai (CH ₄)	analitikai (CO ₂)	névleges	analitikai	névleges	analitikai
1000	973	974	100000	100400	10	10
5000	5132	4937	–	–	100	104
10000	10500	10600	–	–	1000	1000
50000	48600	49500	–	–	2000	1999

Megjegyzés: * N₂-gázban

** szintetikus levegőben

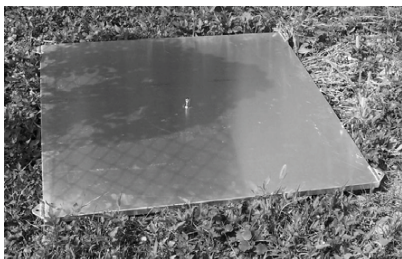
*A talajból kipárolgó gázok
mintavétele helyszíni és/vagy
laboratóriumi vizsgálathoz*

A talajfelszínről eltávozó gázok mintavételére és vizsgálatára több különböző esetben is sor kerülhet. A mofettakutatás vagy a felszín alatti gázvezetékek szivárgás-ellenőrzése feltétlenül ebbe a körbe tartozik. E célra az Ecoprobe 5 műszerszett részét képező talajlevegő-mintavevő harang (4. ábra) használható, mely rozsdamentes acélból készült, tetején mintavételi csomaggal. A felszíni gázmintavétel továbbfejlesztéseként legyártattunk egy 1 m² (négyzet) alapú, mintavevő alumíniumtartályt (5. ábra), mely – nagyobb felülete révén – kisebb gázkoncentráció esetén is használható. A speciális feltét mezőgazdasági területeken elsősorban a talajbeli CO₂-kibocsátás vizsgálatára alkalmazható (például kisparcellás kísérletekben). Az ilyen vizsgálatok

során az eszköz a mérés helyszínére telepíthető, a mintavételre szolgáló csomaggal csappal lezárható. Az első méréseink arra utalnak, hogy a talajból kipárolgó gázok (elsősorban a CO₂) horizontális variabilitása igen jelentős.



4. ábra Az Ecoprobe 5 készülék talajlevegő-mintavevő harangja (RS Dymamics Ltd, Prága, Csehország). Méretei: átmérő: 375 mm, felület: 11 dm², űrtartalom: 4,5 dm³.



5. ábra Az Ecoprobe 5 készülékhez legyárttatott talajlevegő-mintavevő egység Méretei: oldalhossz: 1000 mm, felület: 100 dm², űrtartalom: 20,4 dm³.

Talajlevegő-mintavétel a felszíni talajrétegből (0-40 cm) helyszíni és/vagy laboratóriumi vizsgálatához

Amennyiben a cél sekély mélységű talajlevegő-mintavétel (ez általában mezőgazdasági területeken a szántott réteg mintázását jelenti), a gyártó megfelelő átmérőjű vascső leverését/lenyomását, és az így mélyített lyukba helyezhető le a műszer szondája. A sekély mélységű lyuk kialakításához az Eijkelkamp ütve fúró készülék készletének verőfejjel ellátott 5. szondacsővét (6. ábra) használjuk, melyet a kívánt mélység elérésére kalapáccsal verünk le, majd kiemelő eszközzel (stift) húzunk ki. A lyukátmérő kb. 40 mm.

Az Ecoprobe 5 műszerszethez tartozó szondacsövek rozsdamentes acélból készülnek. A talp felett található a talajlevegőcsonk, mely a vákuum hatására a szonda belsejében vízkizáró szeleppel ellátott csövön keresztül áramlik a mérőműszer felé (7. ábra). A szondák nyaki részén csonka kúp alakú tömítő gallér található.



6. ábra Az Az Eijkelkamp ütve fúró készlet 5. szondacsőve (Eijkelkamp Agrisearch Equipment BV, Giesbeek, Hollandia). Méretei: átmérő: 35 mm, elérhető maximális mélység: 1 m kézi fúrással, 10 m gépi fúrással.



7. ábra Talajgáz-mintavétel az Ecoprobe 5 készülék szondacsővén keresztül (RS Dymanics Ltd, Prága, Csehország). A szondacső méretei: külső átmérő: 20 mm; talajlevegőcsonk távolsága a talptól: 6 cm; talajlevegőcsonk átmérője: 11 mm, mintaátvezető cső átmérője: 8 mm. A tömítő gallér méretei: alsó átmérő: 35 mm, felső átmérő: 59 mm, hossz: 98 mm.



*Talajlevegő-mintavétel fűrt lyukból
helyszíni és/vagy laboratóriumi
vizsgálathoz*

A talajlevegő mintavétele céljából mélyített fúrások átmérője minimálisan 35 mm, maximális átmérőt nem határozunk meg. A gyakorlatban a fúrógépek műszaki adatai döntik el az elért lyukátmérőt. A Megaterra Kft. birtokában lévő fúróberendezésekkel az alábbi jellemző átmérőjű lyukak biztosíthatók a talajlevegő mintavételezése céljából:

- Eijkelkamp ütve fúró berendezés: 60-100 mm
- Minuteman végtelen spirálfúró: 90 mm
- Hidraulikus gépi fúró: 140-240 mm

A lyukszájak tömítése érdekében 40x40 cm méretű, 6 mm vastagságú gumilapot használunk, amelynek közepén kiképzett, 40 mm átmérőjű lyuk található. Ide helyezzük el a szondát, majd a gallérját tömítjük. A készlethez tartozó szondatípusok:

- Szonda (1,5 m) talajlevegő mintavételére fűrt lyukban, vízkizáró szeleppel
- Szonda (1,5 m) talajlevegő mintavételére és hőmérséklet mérésére fűrt lyukban, vízkizáró szeleppel (ez a szonda a talpi részen elhelyezett digitális hőmérőt tartalmaz)
- Szonda (3 m) talajlevegő mintavételére fűrt lyukban, vízkizáró szeleppel

A szondacsövön a szondagallér függőlegesen elcsúsztatható, ezáltal a

szonda talajlevegő-beáramlási részének felszín alatti mélysége beállítható. A talajlevegő mintavételezése céljából mélyített fúrások talpmélysége a talajlevegő-mintavétel céljától, az esetleges szennyezett talajrétegek és a nyugalmi talajvízszint mélységétől függ. Összemérésekhez talajlevegő-méréseket, illetve mintavételezéseket végeztünk talaj-, valamint talajvíz-mintavételi fúrásokból ipari területeken. Helyszíni méréseket végeztünk, valamint 1 liter térfogatú Tedlarzsákokba vettünk talajlevegő-mintákat. A vett mintákat vizsgáló laboratóriumba szállítottuk, és ott vizsgáltuk az Ecoprobe 5 műszerrel, valamint ezzel egyidejűleg a laboratórium munkatársai CH_4 és illékony petróleum típusú szénhidrogén (VPH) összetételű gázokra vonatkozó méréseket végeztek gázkromatográf (GC) segítségével. A mérések eredményeit az alábbiakban foglaljuk össze.

A CH_4 -mérési eredmények értékelése

A mérési sorozatban minden mérési ponton két mérést, illetve két mintavételezést hajtottunk végre. (A minták jelölése pl: OK1W1A1 az első, OK1W1A2 a második.) A mintavétel az OK1W1/Ecop. mérési sorozatban történt oly módon, hogy a vizsgált mintát a készülék kimeneti csonkjához csatlakoztatott 1 liter térfogatú Tedlarzsákba töltöttük, így minden mérési pontról 2 db minta származik. A Tedlarzsákokat a talajhőmérsékletnek megfelelő hűtési körülmények között



vizsgáló laboratóriumba szállítottuk. A laboratóriumban először a minimális mintamennyiséget igénylő GC technika segítségével vizsgálták (OK1W2/GC mérési sorozat) a beszállított mintát, majd ezt követően mértünk a Tedlar-zsákból az Ecoprobe 5 műszerrel is (OK1W2/Ecop mérési sorozat). Ezzel a módszerrel lehetőség nyílt a mintaszállítás hatásának vizsgálatára, valamint az Ecoprobe 5 és GC analitikai műszerekkel kapott eredmények közvetlen összehasonlítására. Az A–E pontok mérési eredményeit a VI. táblázat foglalja össze.

A1, A2 – CH₄: A OK1W1/Ecop helyszíni mérés A1 mintájához képest a szállított minta (OK1W2/Ecop-A1) vizsgálati eredményei közt 4% különbséget figyelhettünk meg. Az A2 minta esetén a különbség mindösszesen 1% volt. A GC-vizsgálat az OK1W2/GC-A1 jelű mintával magasabb értéket eredményezett, mint az Ecoprobe 5 műszerrel kapott mennyiségek az OK1W1/Ecop-A1 és az OK1W2/Ecop-A1 minták esetén mért értékek.

B1, B2 – CH₄: A B1 jelű minták esetében az átlagkoncentrációkat figyelembe véve a különböző mérési módszerek közt mutatkozott bizonyos fokú, csekélynek mondható eltérés, pontosabban csak az OK1W2/Ecop mérési sorozatban kapott eredmény volt alacsonyabb, mint a terepi mérés eredménye, itt ugyanis mindösszesen kb. 5%-kal kisebb CH₄-gázkoncent-

rációt detektáltunk, ami ebben az esetben körülbelül 250-300 ppm koncentrációnak felelt meg.

C1, C2 – CH₄: Az OK1W1/Ecop helyszíni mérési sorozat alkalmával 169 ppm szintet mértünk az első (C1) és 0 ppm szintet a második (C2) mérés során. A mérést követően vett minta szállítása után az Ecoprobe 5 műszerrel vizsgálva nem jelzett CH₄-gázt sem a C1, sem a C2 esetében, míg ugyanezen mintákból a GC műszer a gáz 156 ppm, illetve 143 ppm koncentrációit mutatta ki. Amíg a C1 minta esetében közel azonos koncentrációt mértünk terepen az Ecoprobe 5 készülékkel, mint a GC műszerrel a laboratóriumban, a C2 mintára csak a GC detektálta CH₄ jelenlétét. Látható, hogy a szennyező anyagot csak kis koncentrációban tartalmazó minták a szállítás hatásaira meglehetősen érzékenyek.

D1, D2 – CH₄: A D jelű vizsgálati ponton az Ecoprobe 5 gázmérő készülékkel nem detektáltunk CH₄-gázt egyetlen esetben sem. Az 1 literes Tedlar-zsákban laboratóriumba szállított mintából GC módszerrel D1 esetében 35 ppm, D2 esetében 25 ppm koncentrációt, vagyis viszonylag alacsony szinteket mutattak ki, mindösszesen.

E1, E2 – CH₄: Az E jelű vizsgálati pont esetében csak a laboratóriumban végzett GC-mérés mutatott ki CH₄-tartalmat, a helyszíni mérés metánt nem detektált.



VI. táblázat A szondás és gázkromatográfiás CH₄-mérések eredménye az E mintavételi pontban

A mérés neve	OK1W1/ Ecop	OK1W2 /Ecop	OK1W2/ GC
ideje	2009.06. 11. de.	2009.06. 11. du.	2009.06. 11. du.
helye	terep	labor	
műszer	Ecoprobe 5		GC
CH ₄ -átlagkoncentráció [ppm]			
A1	6888	6592	8130
A2	4646	4602	5950
B1	5712	5487	5780
B2	4369	4183	4050
C1	169	–	156
C2	–	–	143
D1	–	–	35
D2	–	–	25
E1	–	–	164
E2	–	–	110

A TPH illékony komponenseire vonatkozó mérési eredmények értékelése

Az Ecoprobe 5 IR TP-csatornája – mely az összes petróleum típusú szénhidrogén (TPH) szintjét méri – által terepen és szállítás után mért értékek, valamint a szállított minták laboratóriumi GC módszerrel történő mérése során kapott eredmények közvetlen összevetése helyett az arányokat vizsgáltuk, mivel a két módszer eltérő mértékegységű koncentrációértékeket eredményezett

(Ecoprobe 5 – ppm, GC – mg/m³), így a közvetlen összevetés problematikus. A két módszerrel kapott koncentrációértékeket a *VII. táblázat* foglalja össze.

VII. táblázat A szondás és gázkromatográfiás TPH₄-mérések eredménye az E mintavételi pontban

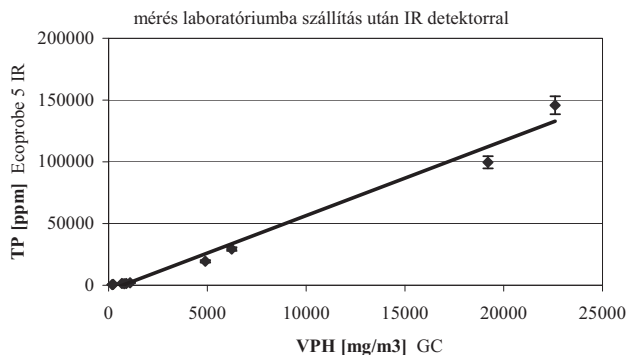
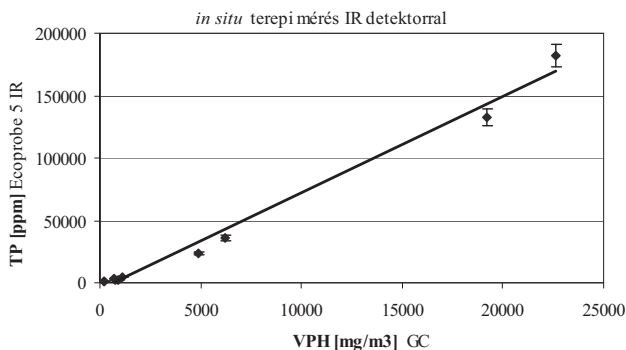
A mérés neve	OK1W1/ Ecop	OK1W2/ Ecop	OK1W2/ GC
ideje	2009.06. 11. de.	2009.06. 11. du.	2009.06. 11. du.
helye	terep	labor	
műszer	Ecoprobe 5		GC
		TP [ppm]	VPH [mg/m ³]
A1	36006	29342	6230
A2	23863	19477	4900
B1	181681	145836	22600
B2	132844	99628	19200
C1	2411	1483	893
C2	2213	1300	786
D1	1342	673	233
D2	1047	598	188
E1	4359	1998	1090
E2	2861	1404	679

Az eredményeket korrelációs diagramban grafikusán ábrázoltuk a koordinátarendszer abszcisszáján a GC-eredményeket, az ordinátán az Ecoprobe 5 IR egysége által mért eredményeket elhelyezve és egymáshoz rendelve, majd az így kapott pontokra trendvonalat illesztve. A laboratóriumi mérési eredményeket



összehasonlítottuk az Ecoprobe 5 műszerrel terepen (8. ábra, *fent*), valamint a szállítás után (8. ábra, *lent*) mért értékekkel. Az eredmények alapján – bár a talajlevegő-mérő a minták laboratóriumba szállítását követően valamelyest alacsonyabb

koncentrációértékeket mért, mint az *in situ* mérések esetében – az Ecoprobe 5 által mért értékek mindkét esetben összhangban vannak a laboratóriumi GC műszeres eredményekkel 1000 mg/m³ koncentráció alatt és e szint felett is.



8. ábra TPH illékony komponensek aránya különböző méréstípusok esetén: Az *in situ* szenzoros mérés Ecoprobe 5 műszerrel (*fent*) és laboratóriumi szenzoros mérés szintén Ecoprobe 5 műszerrel (*lent*) korrelációja az ugyanazon mintákon elvégzett gázkromatográfiás (GC) mérésekkel. A korrelációs paraméterek igen hasonlóak a két esetben: *in situ* szenzoros vs. GC mérés ($TP = 7,7101 \times VPH + 4929,9$; $R^2 = 0,9883$), laboratóriumba szállítással szenzoros vs. GC mérés ($TP = 6,0679 \times VPH + 4291,1$; $R^2 = 0,9824$).



A CH₄-, TP- és CO₂-szintek alakulása a terepi mérések során

A helyszíni mérések eredményeit a VIII. táblázat foglalja össze. A legmagasabb mért értéket TP-szintre a B ponton kaptuk. Ugyanitt adódott a legmagasabbnak a CH₄- és CO₂-koncentráció is. A CH₄-szintekre vonatkozó eredmények azonban jóval alacsonyabbak, mint a mért CO₂-szintek. Ennek oka feltehetőleg az, hogy a szennyezőanyag (TP) bomlása oxidatív módon zalik.

VIII. táblázat Az *in situ* mérésekkel meghatározott metán- (CH₄), teljes petróleum-szénhidrogén- (TP) és széndioxid- (CO₂) -szintek az A–E mintavételi pontokon

A minta jele	CH ₄	TP	CO ₂
	[ppm]		
OK1W1A1	7549	36006	26919
OK1W1A2	5190	23863	21488
OK1W1B1	6541	181681	101349
OK1W1B2	4909	132844	90620
OK1W1C1	332	2411	24409
OK1W1C2	–	2213	23197
OK1W1D1	–	1342	32079
OK1W1D2	–	1047	27523
OK1W1E1	–	4359	48711
OK1W1E2	–	2861	35897

A mintaszállítás hatása a TP- és a CO₂-szintekre

A IX. táblázatban összefoglalt TP-mérési eredményekből látható, hogy a 100000 ppm értéket meghaladó TP-koncentrációk esetén jelentős (18–54%) veszteség keletkezik a laboratóriumba történő szállítás következményeként, de ez a veszteség százalékos értékben kifejezve kevésbé szignifikáns, mint az alacsonyabb, 5000 ppm alatti koncentráció-tartományban. Tehát kis mennyiségek esetén magas veszteségre lehet számítani a szállítás hatására. Ennek kiküszöbölése érdekében a mintákat feltétlenül hűtött körülmények között kell szállítani, ezenkívül a mintatárolásra használatos 1 liter térfogatú Tedlar-zsák töltésekor ügyelni kell arra, hogy ne töltsük tele azt, illetve lehetőleg teflonbevonatos Tedlar-zsákot alkalmazzunk a mintavétel kivitelezése során.

A CO₂ esetében hasonló jelenséget tapasztaltunk, mint a TP-szintek mérésénél: a fentiekhez hasonló módon jelentős mértékű eltérések mutatkoztak százalékban kifejezve az 50000 ppm alatti koncentrációjú minták esetében, amint azt a X. táblázat adatai is mutatják. A százalékos veszteség a CO₂-szintek tekintetében minden minta esetében alacsonyabb volt, mint az TP-koncentrációk esetén.

*IX. táblázat* A teljes petróleum-szénhidrogén- (TP) -szintek alakulása a minta szállítása során

A minta jele	TP			
	OK1W1	OK1W2	veszteség	CO ₂
	Terepen [ppm]	laborban [ppm]	[%]	[ppm]
A1	36006	29342	18,51	6664
A2	23863	19477	18,38	4386
B1	181681	145836	19,73	35845
B2	132844	99628	25,00	33216
C1	2411	1483	38,47	927
C2	2213	1300	41,24	913
D1	1342	673	49,81	668
D2	1047	598	42,93	450
E1	4359	1998	54,17	2361
E2	2861	1404	50,91	1457

X. táblázat A széndioxid-szintek (CO₂) alakulása a minta szállítása során

A minta jele	CO ₂			
	OK1W1	OK1W2	veszteség	CO ₂
	Terepen [ppm]	laborban [ppm]	[%]	[ppm]
A1	26919	24646	8,44	2273
A2	21488	19851	7,62	1637
B1	101349	94965	6,30	6383
B2	90620	80915	10,71	9705
C1	24409	17681	27,56	6728
C2	23197	16114	30,53	7082
D1	32079	21384	33,34	10694
D2	27523	19969	27,45	7554
E1	48711	28460	41,57	20251
E2	35897	21881	39,05	14016



Talajlevegő-mintavétel „elvesző csúcsos” módszerrel, helyszíni és/vagy laboratóriumi vizsgálathoz mezőgazdasági területen

Az Eijkelkamp „elvesző csúcsos” (*lost cone*) mintavevő vertikálisan szekcionált talajlevegő mintavételére alkalmas bolygatatlan talajból (9. ábra). Az eszköz nem része az Ecoprobe 5 készülék alapfelszereltségének. Ezt a mintavevő szondát ütve fúrás sajtolással nyomjuk a talajba, majd a kívánt mélység után a kiemelővel néhány cm magasságnyt megemeljük. Ezáltal az elvesző csúcs és a belül lyukas szonda eltávolodik egymástól, így a vákuumszivattyú képes megszívni a talajlevegőt.



9. ábra Az Eijkelkamp készülék alapfelszereltségéhez nem tartozó „elvesző csúcsos” mintavevő szonda (Eijkelkamp Agrisearch Equipment BV, Giesbeek, Hollandia).

Mivel ez a mintavevő szonda vízkizáró szeleppel nem rendelkezik, részletesen és pontosan tájékozódniuk kell – akár néhány fúrás mélyítésével is – a vizsgálandó terület nyugalmi talajvízszintjére vonatkozóan. A kétfázisú telített rétegben ezzel a módszerrel mintát venni nem szabad, mivel – vízkizáró szelep híján – a műszerbe esetlegesen beáramló víz abban súlyos, a normál működést kizáró károsodásokat okozhat.

A 2009-ben végrehajtott helyszíni vizsgálataink arra utalnak, hogy jelentős különbség mutatkozik a lyukfúrásos és az elvesző csúcsos módszerek eredményei között. Szennyezett területeken a lyukfúrásos módszer elfogadhatónak tekinthető, ezzel szemben agrárterületeken, illetve talajbiológiai szempontból az elvesző csúcsos mintavétel lényegesen többet mond.

Az elvesző csúcsos módszer számottevően kisebb O_2 -tartalmat mutat ki, és jobban jellemzi a talajok pórusszerkezetét. Kötöttebb és agyagosabb szerkezetű talajokban – mint például a köröstarcsai tesztterületek esetében – az Ecoprobe 5 vákuumszivattyúja már nem volt kellőképpen erős, illetve mintegy – 250 mbar alatt PID artefaktum jelentkezett, ezért Eijkelkamp perisztaltikus szivattyút használtunk. Mivel az Eijkelkamp perisztaltikus szivattyú igen erős, de viszonylag kis anyagáramot szolgáltat, a kiszívott talajlevegőt Tedlar-zsákból fogtuk fel, és onnan végeztük el a mérést Ecoprobe 5 műszerrel.



A mérést a MONTABIO projekt három mezőgazdasági teszterületén végeztük. A három teszterülettel kapcsolatos adatokat a *XI. táblázat* tartalmazza. Ezeken mezőgazdasági területeken a CO_2 - és az O_2 -tartalom alakulása szempontjából volt érdemes elvégezni a vizsgálatokat. A CO_2 -tartalom a talajlevegőben eltér a légköri levegőtől (*XII. táblázat*).

XI. táblázat Mezőgazdasági teszterületek az elvesző csúcsos szonda alkalmazásához

Terület	Művelés	Minta-vételi pont	A mérés ideje
Battonya	intenzív	BA1E	2009. 08. 11.
Csorvás	intenzív	CS1E	2009. 08. 11.
Kőrös-tarcsa	bio	KT2E	2009. 08. 12.

XII. táblázat Mezőgazdasági teszterületek az elvesző csúcsos szonda alkalmazásához

Közeg	CO_2 [%]
légkör	0,03
talajlevegő	0,3-0,7

Az talajgáztartalmi értékek azonban meglehetősen széles skálán mozognak, így előfordulhat 5% feletti CO_2 - és 10% alatti O_2 -tartalom is a talajban. A talajba az O_2 csak a légkörből jut be, diffúzió útján. A diffúzió viszonylag lassú folyamat, így a talajlevegő O_2 -tartalma csökken a CO_2 -tartalom pedig nő a mélységgel.

Az összetételre több tényező is hatással van, így befolyásolja a biológiai környezet: a gyökér-növekedés és a talajlakó szervezetek intenzitása és légzése, a növényzet fejlettségi állapota, a kurrens légköri hőmérséklet és nyomás ingadozása, a talaj nedvességtartalma, hőmérséklete, valamint az elbontható szerves anyag mennyisége.

A talajlevegő mennyiségét is több tényező befolyásolja. A talaj pórusterének a nedvesség által el nem foglalt részét tölti ki a talajlevegő, tehát a nedvesség és a levegő egymásra ellentétesen hatnak. Amikor a talaj átnedvesedik, a víz kiszorítja a levegőt. A talaj száradásakor megnövekszik a gázfázis térfogata. Ezenkívül a mennyiséget befolyásoló tényező a porozitás (pórustérfogat), azaz egységnyi térfogatú bolygatatlan talajban a szilárd részek által be nem töltött tér térfogatszázalékban kifejezve.

A pórusok között különbséget kell tenni aszerint, hogy a hézagok a talaj szerkezeti elemei között (ún. aggregátum közötti porozitás) vagy a szerkezeti elemeken belül (ún. aggregátumporozitás) találhatók. A durva pórusok, vagyis a nagy átmérőjű hézagok általában szerkezeti elemek között találhatók, míg a finom – többnyire kapilláris – hézagok szerkezeti elemeken belül helyezkednek el. Vannak olyan talajok, melyeknek aggregátumai tömöttek, ilyenkor a pórustér kizárólag az aggregátumok között található. A durva pórusok belsejéből könnyen



kiszívannyúzható a talajlevegő, míg a finom pórusokból, nehezen vagy egyáltalán nem szívható ki. A különféle fizikai talajféleségek egyedi porozítása igen eltérő (*XIII. táblázat*). Emiatt az eredmények értékelésénél figyelembe kell venni, hogy a mérést

milyen szerkezetű talajban hajtottuk végre. A talajszerkezettel kapcsolatos adatok a vizsgálattal érintett teszterületek mintavételi pontjain korábbi, száraz magfúrások alkalmával kerültek rögzítésre és részletes dokumentálásra (rétegleírás).

XIII. táblázat A különböző fizikai talajféleségek porozítása

Talajféleség	Durva	Közepes pórusok [V/V%]	Finom	Összporozítás [V/V%]
Homok	30 ± 10	7 ± 5	5 ± 3	42 ± 7
Vályog	15 ± 10	15 ± 7	15 ± 5	43 ± 8
Agyag	8 ± 5	10 ± 5	30 ± 10	48 ± 8

A mérési eredmények értékelése
– az alkalmazott vákuum

Battonya Az eredmények értékeléséhez rendelkezésre állt az adott vizsgálati pontra (BA1E) vonatkozó rétegleírás (*XIV. táblázat*). A mérés alsó határa 2,0 m volt. A 10. ábrán látható, hogy az első rétegben, a szürkés, tömődött humuszos iszaprétegben nem kellett erős vákuumot alkalmazni (50 mbar alatt) a mérés végrehajtásához, s a második rétegben (szürkéssárga agyagos iszap) is hasonló volt a helyzet. A harmadik réteg, az okkersárga lösz (iszap) már jóval nagyobb vákuum alkalmazását tette szükségessé.

XIV. táblázat A talajrétegek fizikai jellemzése – Battonya (BA1E mintavételi pont)

Rétegmélység	Rétegleírás
0,00 – 0,70	Szürkés, tömődött humuszos iszap
0,70 – 1,30	Szürkéssárga agyagos iszap
1,30 – 2,20	Okkersárga lösz (iszap)
2,20 – 3,60	Okkersárga lösz (iszap) mészkonkréciókkal
3,60 –	Okkersárga lösz (iszap), rozsdafoltokkal



Csorvás A csorvási vizsgálati pont, a CS1E rétegsora a *XV. táblázat* szerint alakult. Az adott vizsgálati ponton a mérés alsó mélységi határa 2,5 m volt. Az első, sárgásbarna humuszos-homokos iszaprétegben a mélységgel nőtt a szükséges vákuum mértéke. A növekedés a második, fakó szürkéssárga (gyengén humuszos) iszaprétegben is folytatódott. A rétegváltás után az okkersárga iszapos homok (csillámos) képezte rétegben azonban kisebb vákuum is elegendő volt a mérés végrehajtásához. A szükséges vákuum mértékének csökkenése a következő (negyedik) sárgásszürke durva homokrétegben (csillámos) is folytatódott. Összességében azonban minden egyes mérési pontra egyaránt elmondható, hogy nem volt szükség erős vákuum alkalmazására, amint az a *11. ábráról* is leolvasható.

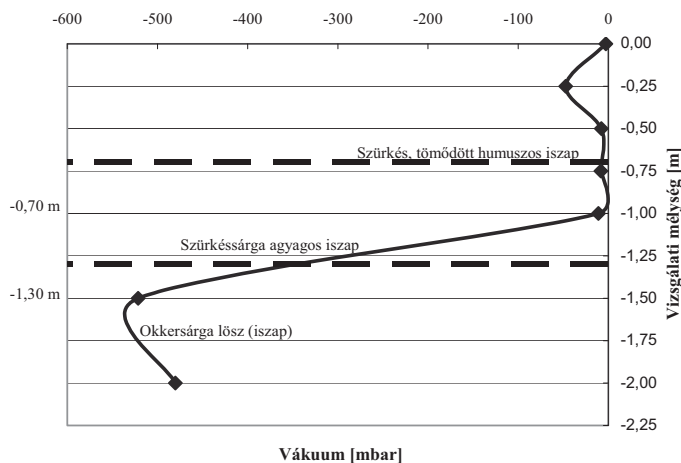
XV. táblázat A talajrétegek fizikai jellemzése – Csorvás (CS1E mintavételi pont)

Rétegmélység	Rétegleírás
0,00 – 0,50	Sárgásbarna humuszos, homokos iszap
0,50 – 1,40	Fakó szürkéssárga (gyengén humuszos) iszap
1,40 – 2,40	Okkersárga iszapos homok (csillámos)
2,40 –	Sárgásszürke durva homok (csillámos)

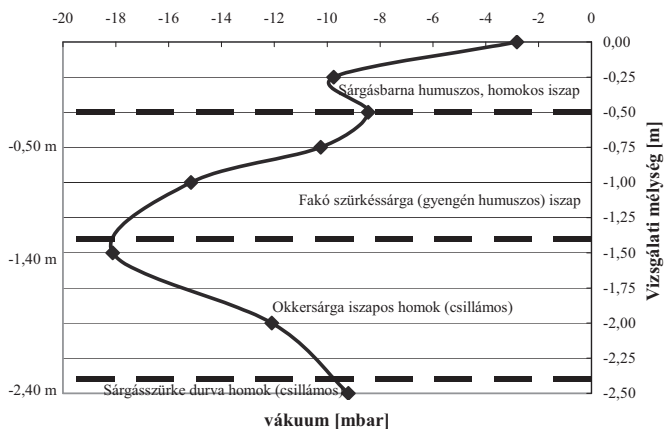
Köröstarcsa A köröstarcsai KT2E vizsgálati pont rétegsoránál (melyet a *XVI. Táblázat* mutat be) a mérés alsó határa mindössze 1,0 m volt a vizsgálati ponton. A mérési sorozat csak a legfelső, feketésszürke, tömődött, humuszos réti agyagos (montmorillonit) réteget érintette, melynek tömörsége 50 cm-es mélységnél egyrészt olyan erős vákuumot igényelt, amely már a mérőműszer épségét veszélyeztethette volna, másrészt a készülék még ilyen körülmények között is csak igen csekély anyagmennyiséget tudott átszivattyúzni. Mindezek miatt nem volt indokolt a mérést további mélységig folytatni. A *12. ábrán* jól látható, hogy a 25 cm mélység után már több mint -500 mbar vákuumra volt szükség a mintavételezés folytatásához, tehát ebben a mintavételi közegben az volt megfigyelhető, hogy azonos szerkezetű rétegen belül is nő a mélységgel a gázminták kinyeréséhez szükséges vákuum nagysága is.

XVI. táblázat A talajrétegek fizikai jellemzése – Köröstarcsa (KT2E mintavételi pont)

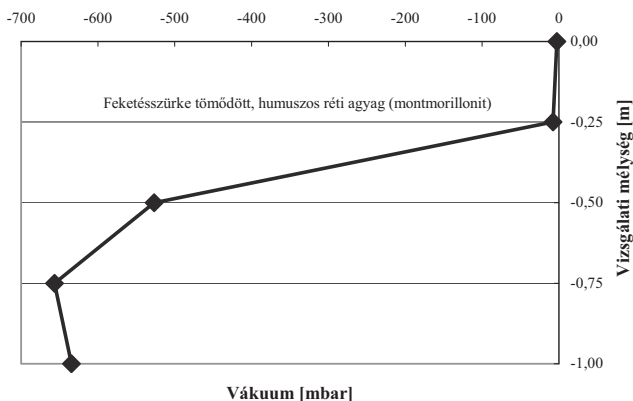
Rétegmélység	Rétegleírás
0,00 – 1,20	Feketésszürke tömődött, humuszos réti agyag (montmorillonit)
1,20 – 2,00	Sárga agyag (nyirkos)
2,00 – 4,00	Sárga iszapos agyag



10. ábra A mintavételi vákuum alakulása a B1A1 mintavételi ponton (Battonya, 2009.08.11).



11. ábra A mintavételi vákuum alakulása a CS1E mintavételi ponton (Csorvás, 2009.08.11).



12. ábra A mintavételi vákuum alakulása a KT2E mintavételi ponton (Köröstarcsa, 2009.08.12.).

A mérési eredmények értékelése

– az O_2 - és CO_2 -tartalom alakulása

Battonya A vizsgált ponton a mért O_2 -koncentráció (V/V%) megfelel a bevezetőben említettnek az első négy vizsgálati mélység esetében, 1,50 m mélységben azonban jóval alacsonyabb volt az O_2 aránya (9,58%), s ez 2,00 m mélységben sem változott jelentősen (13. ábra). A CO_2 -koncentráció a felszíntől lefelé folyamatosan nő egészen 1,00 m mélységig, majd 1,50 m szinten, a rétegváltás után harmadára csökken az 1,00 m mély rétegben mért értékhez képest. A következő, 2,00 m mérési mélységben a CO_2 mért koncentrációja a légköri CO_2 -koncentrációnak nagyjából kétszerese (14. ábra).

Csorvás A mintavételi ponton 25 cm mélyen az O_2 -koncentráció megfelel a bevezetőben említetteknek, lefelé haladva a második talajrétegben pedig folyamatosan csökken, majd a harmadik rétegben állandósul. A mélységgel, ezen a mintavételi ponton csak 17,5 V/V% körüli értékre csökken le az O_2 koncentrációja (15. ábra). A mérési ponton a CO_2 koncentrációja folyamatos növekedést mutat a mélységgel. A harmadik vizsgálati mélységben, 50 cm mélyen a fenti szintnél két nagyságrenddel magasabb értéket mértünk. Tehát a csorvási mérési ponton 2,50 m mélyen is volt elegendő póruster a mérés elvégzéséhez (16. ábra)



Köröstarcsa A mérési ponton az egyedi talajtani adottságok következtében a mérést nem volt indokolt 1,00 m mélységnél mélyebben is elvégezni, mivel már 1 m mélységben is igen alacsony szintet mértünk, mind O_2 -, mind pedig CO_2 -koncentrációk esetében (17. és 18. ábrák). Ezen talajtípus esetén nem indokolt az Ecoprobe 5 készülék saját vákuumszivattyújának alkalmazása a mintavételezéshez. Ilyen esetekre a mérés megfelelő kivitelezéséhez rendszeresítettünk egy Eijkelkamp típusú perisztaltikus szivattyút, mely az Ecoprobe 5 szivattyújánál alacsonyabb anyagáram mellett is stabil vákuumot tud létrehozni, s így megfelelő mennyiségű mintát képes szolgáltatni a méréshez.

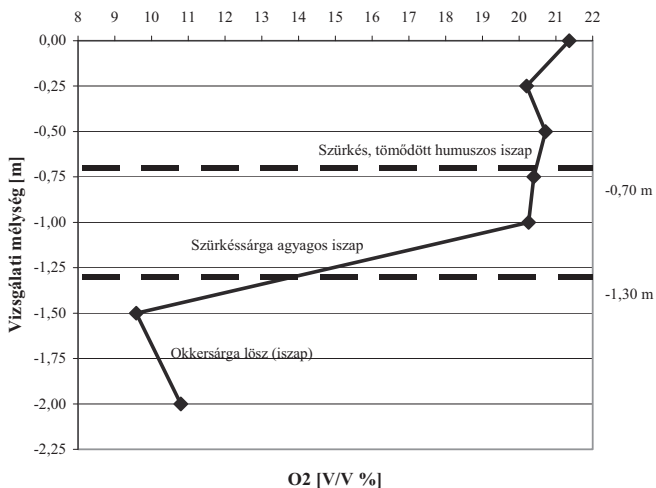
A mérési eredmények összefoglalása

A terepi mérések három mintavételi helyen, Battonya (BA1E), Csorvás (CS1E) és Köröstarcsa (KT2E) térségében kerültek kivitelezésre. A mintavételre használt fúrások átmérője és talpmélysége – s ebből adódóan térfogata – tekintetében fontos szempont volt, hogy a mérést csak a fúrásban levő „pangó” talajlevegő kiszivattyúzását („*preintegration period*”) követően végezzük (vagyis a mintázandó/vizsgálandó talajlevegő a szondacsövön felérjen a műszer szenzoraihoz), s ezen várakozási időszak függött a vákuumszivattyú teljesítményétől s így a keletkezett vákuum mértékétől. A pangó és a tisztító szivattyúzási lépést követő

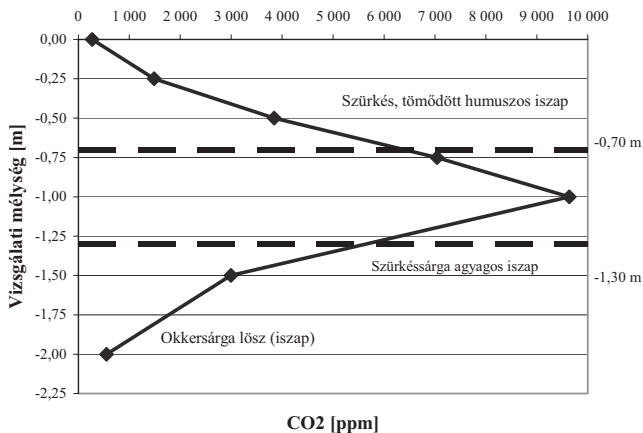
mintavétel/mérés előnyei és hátrányai hasonlatosak a figyelő kutak esetében a talajvíznél jelentkező hatásokhoz.

Gáznemű anyagok átfolyásmérésére használatos rotaméterek segítségével ellenőriztük a keletkezett vákuum és a szivattyútelsítmény összefüggését: a gázmérő készülék bemenő csomópontjára rotamétert és szabályozó csapot illetve mértük, hogy a készülék szivattyúja adott anyagáram mellett mekkora vákuumot hoz létre. A mérés arra is rávilágított, hogy az Ecoprobe 5 talajlevegő-mérő készülékbe épített vákuummérő működése helyesnek bizonyult, mikor azt vákuummérő külső manométerrel ellenőriztük.

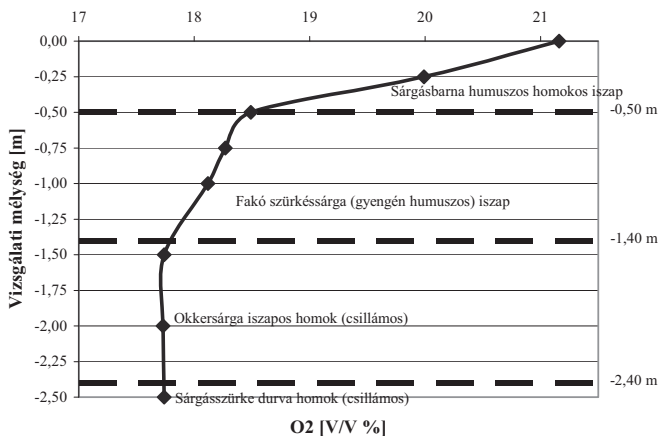
A három mintavételi helyszínen, Battonyán, Csorváson és Köröstarcsán elvégzett mérések tekintetében az eredmények rámutattak, hogy a helyszíneken adott talajféleségekben a mélységgel növekszik a szükséges mintavételi vákuum erőssége. Rétegváltás után azonban előfordulhat az a helyzet is, hogy a mélyebben fekvő rétegben alacsonyabb vákuum alkalmazása is elegendő a mintavételhez, mint egy felsőbb talajrétegben. Tehát a talajprofil ismerete mindig hasznos információt ad a talajlevegő-mérés eredményeinek értékeléséhez. Agyagos talajon erős vákuumot (akár 300-600 mbar) kell használni a mintavétel érdekében már 50 cm mélység esetén is, míg iszapos és homokos talajoknál akár enyhe vákuum (10-20 mbar) is elegendő lehet a mintavételezés eredményes kivitelezéséhez.



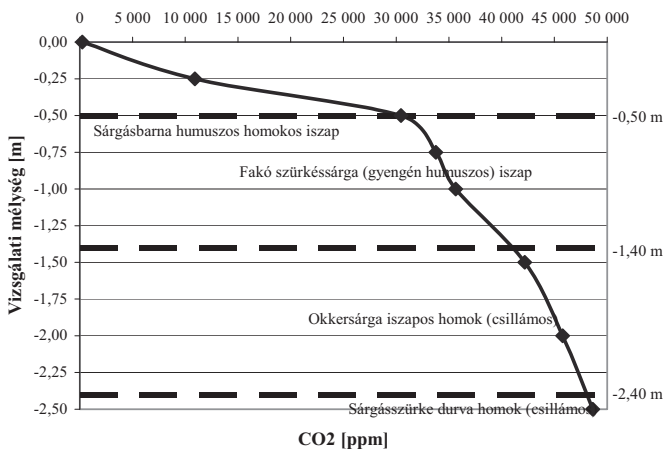
13. ábra A talajlevegő O_2 -koncentrációjának vertikális lefutása a B1A1 mintavételi ponton (Battonya, 2009.08.11).



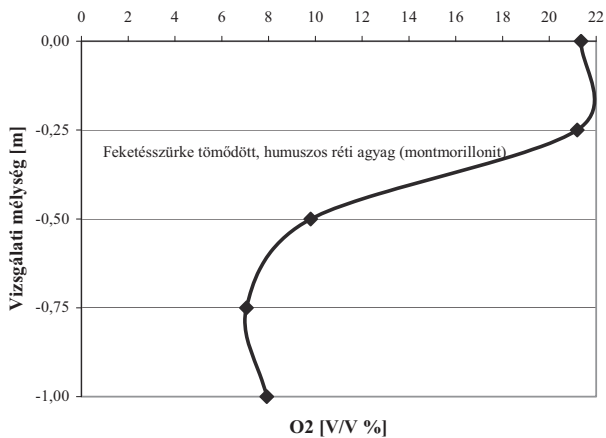
14. ábra A talajlevegő CO_2 -koncentrációjának vertikális lefutása a B1A1 mintavételi ponton (Battonya, 2009.08.11).



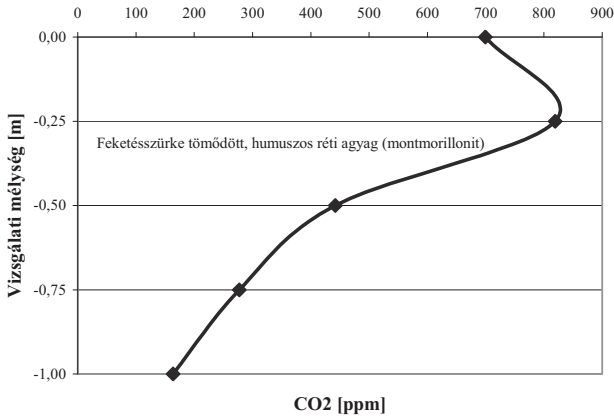
15. ábra A talajlevegő O₂-koncentrációjának vertikális lefutása a CS1E mintavételi ponton (Csorvás, 2009.08.11).



16. ábra A talajlevegő CO₂-koncentrációjának vertikális lefutása a CS1E mintavételi ponton (Csorvás, 2009.08.11).



17. ábra A talajlevegő O₂-koncentrációjának vertikális lefutása a KT2E mintavételi ponton (Köröstarcsa, 2009.08.12).



18. ábra A talajlevegő CO₂-koncentrációjának vertikális lefutása a KT2E mintavételi ponton (Köröstarcsa, 2009.08.12).



Talajlevegő-mintavétel „elvező csúcsos” módszerrel, helyszíni és/vagy laboratóriumi vizsgálathoz ipari területen

A mérések kivitelezése A módszert az adott teszterületeken kétféleképpen vizsgáltuk. Az A jelű mintavételi ponton 2,5 m mélységig ütöttük le a mintavevő szárat, és ott egymás után öt mérést végeztünk ugyanazon mélységben. Az E jelű mintavételi ponton először 1,5 m (1 mérés), majd 2,0 m (2 mérés), végül 2,5 m mélységig (2 mérés) ütöttük le a mintavevő szárat. Mindkét ponton létesült előzőleg talajmintavételi fúrás, 6 m talpmélységgel, így a talajprofil is ismert volt. Az elvező csúcsos vizsgálatot a talajmintavételi fúrástól 15-20 cm távolságban végeztük.

Az eredmények értékelése A talajmintavételi fúrásból mért talajlevegő-mérési eredmények és az elvező csúcsos módszerrel vett mintákra kapott eredmények között különbségek mutatkoztak, továbbá az elvező csúccsal azonos ponton, de különböző mélységből származó minták eredményei is különböztek egymástól.

A mintavételhez az Ecoprobe 5 talajlevegőmérő készülék vákuumszivattyút használtuk. A vákuum mértéke a talajmintavételi furatokból történő mérések során – néhány kivételtől eltekintve – legfeljebb 20 mbar volt. Az elvező csúcs alkalmazásakor ezekben a mérési sorozatokban a vákuum 400-700 mbar között változott, aminek oka, hogy a

talajból szívja ki a szivattyú a talajlevegőt, és nem a fúrásból, s ennek kivitelezése nagyobb vákuumot tesz szükségessé.

Az O₂-tartalom is eltérő a két módszer esetén, amint azt a *XVII. táblázat* szemlélteti. Az adott vizsgálati pontokon a fúrásból történő méréskor magasabb értékeket detektáltunk, mint az elvező csúcs alkalmazásakor. A légköri levegő kizárása kényes kérdés a talajlevegő mérése során. A jó tömítettség elérése a módszerfejlesztés fontos részét képezi.

XVII. táblázat A mért O₂-tartalom az A és E mintavételi pontokon hagyományos és elvező csúcsos szonda alkalmazásával.

A jelű vizsgálati pont	O ₂ [V/V %]
OK1A1_2,5m_1	9,47
OK1A1_2,5m_2	7,56
OK1A1_2,5m_3	7,23
OK1A1_2,5m_4	10,18
OK1A1_2,5m_5	9,07
Talajvédelmi fúrás esetén	
OK1A_6,0m fúrás	19,90
E jelű vizsgálati pont	O ₂ [V/V %]
OK1E1_1,5m	10,05
OK1E1_2,0m_1	6,76
OK1E1_2,0m_2	3,92
OK1E1_2,5m_1	9,45
OK1E1_2,5m_2	7,40
Talajvédelmi fúrás esetén	
OK1E_6,0m fúrás	18,88



Az A jelű vizsgálati ponton Ecoprobe 5 talajlevegő-mérő készülék a talajlevegő illékony komponenseit mérő PID egysége az elvesző csúcsos vizsgálat esetén két nagyságrenddel kisebb eredményt adott a talajmintavételi fúrásban mért értékeknél (XVIII. táblázat). Ennek egyik oka, hogy a szennyezési góc mélyebb rétegben van, mint ahol az elvesző csúcsos mérés zajlott; másik oka, hogy ez a szenzor 250 mbar értéket meghaladó nyomás mellett igen különböző parciális O_2 -nyomásokat mér, ami PID mérési adatot eredményez akkor is, ha nincs jelen illékony komponens a vizsgált elegyben (a készülék gyártója szerint). Azonos mélységben végzett mérések közti eltérést okozhat a PID által mért komponensek alacsony mennyisége is a vizsgált rétegben.

Az E jelű vizsgálati ponton, ahol a mérésekre különböző mélységekben került sor, jól látható, hogy 1,5 m mélyen csak a maximumok közt jelenik meg egy alacsony koncentráció (ami a fent említett okokra vezethető vissza), míg 2,0 m és 2,5 m mélyen közel azonos eredményeket kaptunk, ám még ezek az értékek is messze alacsonyabbak a 6,0 m talpmélységű fúrásban detektálthoz képest (XVIII. táblázat). Ennek oka az lehet, hogy az elvesző csúcs esetében kb. $2-4\text{ cm}^2$ nagyságú felületen át szívhat a szivattyú talajlevegőt, míg a talajmintavételi fúrásnál lényegesen nagyobb felület áll rendelkezésre, hogy a talajlevegő komponensei a számottevően nagyobb térfogatba diffundáljanak és feldúsuljanak.

XVIII. táblázat Az illékony komponensek mért koncentrációja az A és E mintavételi pontokon hagyományos és elvesző csúcsos szonda alkalmazásával.

A jelű vizsgálati pont	PID átlag	PID max.
	[ppm]	[ppm]
OK1A1_2,5m_1	0,26	0,77
OK1A1_2,5m_2	5,19	5,37
OK1A1_2,5m_3	4,71	4,84
OK1A1_2,5m_4	0,03	0,22
OK1A1_2,5m_5	3,56	3,74
Talajvédelmi fúrás esetén		
OK1A_6,0m fúrás	69,96	71,40
A jelű vizsgálati pont	PID átlag	PID max.
	[ppm]	[ppm]
OK1E1_1,5m	0,00	0,08
OK1E1_2,0m_1	4,05	4,56
OK1E1_2,0m_2	4,59	4,69
OK1E1_2,5m_1	3,69	4,21
OK1E1_2,5m_2	4,59	4,94
Talajvédelmi fúrás esetén		
OK1E_6,0m fúrás	141,72	144,15

Az A jelű vizsgálati ponton az Ecoprobe 5 IR detektora által mért CH_4 és TP komponensek esetén is hasonló a helyzet, mint a PID egység detektálta jeleknél. Az E jelű vizsgálati ponton az elvesző csúcsos módszerrel 0,00 ppm-et detektáltunk CH_4 és TP komponensekre egyaránt, míg a talajmintavételi fúrásban mindkettőt mérni tudtuk (XIX. táblázat).



XIX. táblázat A CH₄ és TP komponensek mért koncentrációja az A és E mintavételi pontokon hagyományos és elvesző csúcsos szonda alkalmazásával.

A jelű vizsgálati pont	CH ₄ átlag [ppm]	CH ₄ max [ppm]	TP átlag [ppm]	TP max [ppm]
OK1A1_2,5m_1	0,00	0,00	0,00	0,00
OK1A1_2,5m_2	68,02	611,66	0,26	11,14
OK1A1_2,5m_3	7,25	486,02	0,00	0,00
OK1A1_2,5m_4	0,00	0,00	0,00	0,00
OK1A1_2,5m_5	0,00	0,00	0,00	0,00
Talajmintavételi fúrás esetén				
OK1A_6,0m fúrás	33 736,79	34 130,16	116 158,80	116 726,10
E jelű vizsgálati pont	CH ₄ átlag [ppm]	CH ₄ max [ppm]	TP átlag [ppm]	TP max [ppm]
OK1E1_2,5m_1	0,00	0,00	0,00	0,00
OK1E1_2,5m_2	0,00	0,00	0,00	0,00
OK1E1_2,5m_3	0,00	0,00	0,00	0,00
OK1E1_2,5m_4	0,00	0,00	0,00	0,00
OK1E1_2,5m_5	0,00	0,00	0,00	0,00
Talajmintavételi fúrás esetén				
OK1E_6,0m fúrás	487,05	603,66	6 652,66	6 903,70

A talajlevegő közvetlen és közvetett mintavétele Eijkelkamp perisztaltikus szivattyúval helyszíni és/vagy laboratóriumi vizsgálathoz

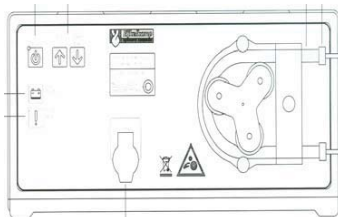
Közvetlen mintavétel. Az Eijkelkamp perisztaltikus szivattyúja (19. ábra) robosztus, hordozható, belső akkumulátoráról tartósan működtethető készülék, egyaránt alkalmas “lassú áramlású” (*low flow*) talajlevegő-, illetve talajvíz-mintavételre. A forgási teljesítmény nyomókapcsolóval szabályozható, ám erre vonatkozó konkrét adatok nem

álltak rendelkezésre, ezért összemérést végeztünk vákuummérő és átfolyásmérő (rotaméter) segítségével (XX. táblázat). Az Eijkelkamp perisztaltikus szivattyú kiválóan alkalmas berendezés, ha a terepen csupán mintavételezést végzünk „*low flow*” javasolt üzemmódban, vagy ha a helyszínen mérünk Ecoprobe 5 műszerrel, de kötött, tömörödött, pórushiányos talajon az elvesző csúcsos szonda módszerével kell talajlevegő-mintát venni, és az eljáráshoz az Ecoprobe 5 vákuumszivattyúja nem biztosít elegendő vákuumot.



XX. táblázat Az Eijkelkamp talajgáz-mintavevő készülék perisztaltikus szivattyújával elérhető fizikai paraméterek (áramlási sebesség vs. vákuum)

Gombnyomások száma	anyagáram	vákuum	Gombnyomások száma	anyagáram	vákuum
[db]	[l/min]	[mbar]	[db]	[l/min]	[mbar]
0	0	0	23	0,333	-389
1	0	0	24	0,350	-402
2	0	0	25	0,366	-415
3	0,004	-129	26	0,383	-428
4	0,020	-142	27	0,400	-441
5	0,036	-155	28	0,417	-454
6	0,052	-168	29	0,433	-467
7	0,068	-181	30	0,450	-480
8	0,084	-194	31	0,466	-493
9	0,100	-207	32	0,483	-506
10	0,117	-220	33	0,500	-519
11	0,133	-233	34	0,517	-532
12	0,150	-246	35	0,533	-545
13	0,166	-259	36	0,550	-558
14	0,183	-272	37	0,566	-571
15	0,200	-285	38	0,583	-584
16	0,217	-298	39	0,600	-597
17	0,233	-311	40	0,617	-610
18	0,250	-324	41	0,633	-623
19	0,266	-337	42	0,650	-636
20	0,283	-350	43	0,666	-649
21	0,300	-363	44	0,683	-662
22	0,317	-376	45	0,700	-675



19. ábra Az Eijkelkamp talajgáz-mintavevő készülék (Eijkelkamp Agrisearch Equipment BV, Giesbeek, Hollandia) perisztaltikus szivattyúja (balra) és a berendezés műszaki rajza (jobbra). A hosszú ideig működtethető szivattyú talajlevegő és talajvíz mintavételére egyaránt alkalmas.

Közvetett mintavétel. A közvetlen mintavétellel szemben – melynek során a kiszivattyúzott talajlevegő a mintavevő egységbe bejutva közvetlenül érintkezik a vákuumszivattyúval, és a mintavétel viszonylag jelentős erősségű vákuum mellett történik – a közvetett gázmintavétel lényege, hogy egy zárt, nyomásálló térben elhelyezett Tedlar-zsákot oly módon töltünk meg gázzal, hogy a körülötte levő zárt térben csökkentjük a nyomást. Erre szolgálnak az ún. vákuumbőröndök (20. ábra). Az általunk beszerzett vákuumbőrönd (Vac-U-Chamber, SKC-West, Inc, Fullerton, CA, USA) 1 liter térfogatú Tedlar-zsák befogadására alkalmas. Előlapján két bement található: egy a minta beáramlásához, egy pedig a vákuum kialakításához, s itt helyezték el a vákuummegszüntető kapcsolót is. Az eszköz oldalán található csatlakozó segítségével tisztíthatók a minta belső vezetékai (tisztító szivattyúzás), a bőrönd tetején elhelyezett kör alakú

kémlelő plexiüvegablakon figyelemmel kísérhető a Tedlar-zsák telítődése.



20. ábra Az Ecoprobe 5 készülék kiegészítőjeként alkalmazható vákuumbőrönd (SKC-West Inc., Fullerton, CA, USA).



Az MSA Sirius gázérzékelő használata a talajlevegő vizsgálata során

A PID egységgel ellátott SIRIUS kombinált gázérzékelővel folyamatos gázmintavétel és szakaszos gázvizsgálat végezhető a következő paraméterekre: gyúlékony gázok, illékony szerves vegyületek (VOC), O_2 és H_2S (21. ábra). A talajlevegő, valamint erős kipárolgás és felszíni, havária jellegű szennyeződés esetén segítségével a szabad levegő egészségkárosító hatásá detektálható, a szükséges munkavédelmi intézkedések (a munkaterület elhagyása, a szikraképződéssel járó folyamatok leállítása, légzésvédelmi eszközök alkalmazása stb.) érdekében.

A Sirius gázérzékelő csatlakoztatható az Ecoprobe 5 kimeneti csomakhöz, így egyszerre végezhető mérések a fent említett paraméterekkel. Így az Ecoprobe 5 méréseit megelőző tisztítási szakasz tökéletessége figyelemmel kísérhető a kimeneti oldal O_2 -tartalmának mérése révén (22. ábra).



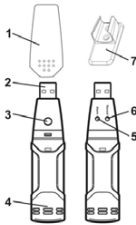
21. ábra Az MSA Sirius gázérzékelő készülék (Mine Safety Appliances Co., Cranberry Township, PA, USA).



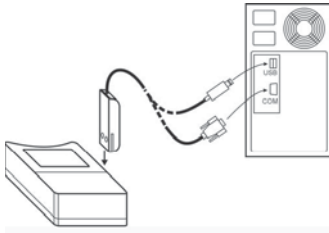
22. ábra Az együttesen alkalmazott Ecoprobe 5 talajlevegő-mintavevő egység és MSA Sirius gázérzékelő készülék.

A gázmérés továbbfejlesztése kiegészítő eszközök rendszerbe történő integrálásával

A talajlevegő-mérés két fontos befolyásoló tényezője a hőmérséklet és a páratartalom. A talaj, a talajvíz és a talajlevegő aktuális hőmérséklete és a talajlevegő páratartalma jelentősen befolyásolják a mintakomponensek illékonyosságát, koncentrációját. Ezen paraméterek részletesebb vizsgálatára kétféle páratartalom- és hőmérséklet-mérő adatgyűjtő műszert szereztünk be: egy USB bemeneten csatlakoztatható Dostmann LOG32 USB Logger (23. ábra) és egy külső érzékelővel és kijelzővel ellátott Comet Logger S3121 szenzort (24. ábra). Előbbi főként a vett talajlevegő-minták szállítási körülményeinek vizsgálatára alkalmas, a hűtőtáskákban a Tedlar-zsákok közé elhelyezve. Utóbbi külső szenzor a gázmérés kiegészítésére, rögzíthető az Ecoprobe 5 szondacsővének levegő-beeresztő nyílása mellett.



22. ábra A Dostmann LOG32 USB hőmérséklet és relatív páratartalom mérő készülék (TFA Dostmann GmbH + Co. KG, Wertheim-Reicholzheim, Németország).



23. ábra A Comet Logger S3121 készülék (Comet System, s.r.o., Roznov pod Radhostem, Csehország).

Vizsgálataink alapján megállapítható:

- 5 °C külső léghőmérséklet alatt talajlevegő-mintavételre és/vagy helyszíni vizsgálatra lehetőleg ne kerüljön sor
- esőben ne végezzünk talajlevegő-mintavételt és/vagy helyszíni vizsgálatot
- a megvett talajlevegő-mintákat – laboratóriumi vizsgálat esetén – az aktuális talajlevegő hőmérsékletnek megfelelő körülmények biztosításával szállítsuk a laboratóriumba

Az in situ talajlevegő-vizsgálati tapasztalatokra épülő lehetőségek

A Megaterra Kft. a 2009-es évben nagyszámú helyszíni talajlevegő-vizsgálatot végzett mezőgazdasági és ipari területeken. A felhasználás rutinszerűvé válása mellett új kiegészítők rendszeresítésével többféle mérési mintavételi metodikát sikerült felállítani. Mindezek tekintetében lehetőség nyílt talajlevegő-mintavételi akkreditáció megszerzésére a Nemzeti Akkreditáló Testületnél, valamint helyszíni talajlevegő-mérés tekintetében szabadalmi eljárás elkezdéséhez történő felkészülésre.

Szénhidrogén-szennyezés *in situ* mikrobiológiai megszüntetésének talajlevegő-monitoring tevékenysége

A szennyeződések felszámolása során a szénhidrogénnel szennyezett talaj, talajvíz kitermelés nélküli kezelése is lehetséges. Ilyen módszer a szennyeződés hatásnövelt biológiai lebontása (biodegradációja) a talajban élő mikroorganizmusok segítségével, melyeknek szénhidrogénforrása adott esetben maga a szennyező anyag is lehet: a szénhidrogén-szennyeződések szabályozott biológiai lebontása során a mikroszervezetek speciális enzim-rendszereik révén, megfelelő redox-potenciál mellett, mobilizált formájú nitrogén, foszfor, kálium jelenlétében a szénhidrogén-vegyületeket zsírsavakká alakítják, majd ezekből CO₂ és H₂O keletkezése mellett energiát nyernek. E speciális szennyezőanyag-bontó mikro-



organizmusokat alkalmazó eljárásokat világszerte környezetbarát technológiaként tartják nyilván.

A biodegradációs kísérlethez csatlakozó talajlevegő-vizsgálatot *in situ* (a földtani közegben) és *ex situ* (bioprizmákon) kívánjuk elvégezni. 2009. során 20 m³ mikrobiológiai oltóanyag kijuttatására került sor két részletben az Orosháza-I. teszterületen. A kijuttatást a helyszínen szállított 1 m³ térfogatú IBC-tartályokból gravitációsan, illetve szivattyúval, egyenletesen eloszlatva oldottuk meg. A TPH-szennyezett teszterületen – a terület tulajdonságaiból adódóan – nincs lehetőség a talaj kitermelésére és felszíni kezelésére, mivel a felszín alatt elektromos vezeték és szennyvíz-csatorna is húzódik.

Az intenzifikált biodegradációs eljárásnak a teszterületeken történő alkalmazásával választ kaphatunk a mikrobiológiai lebontási folyamatok remediációs alkalmazhatóságának kérdésére. Az eredmények átvitethetők a környezetvédelmi kármentesítési gyakorlatba, főleg olyan helyszínek vonatkozásában, ahol a hagyományos (talajkitermeléssel járó) műszaki megoldások nem – vagy csupán korlátozott mértékben – lehetségesek (épületek alatt, sűrűn beépített, burkolt felszínek, vonalas létesítmények).

Pre laboralis mérések

A *pre laboralis*, de nem helyszínen végzett (*off site*) talajlevegő-vizsgálatok, mint a részletes laboratóriumi talaj- és talajvízvizsgálatok előzetes szűrőértékelései, segítséget nyújtanak a

laboratóriumba küldeni kívánt minták kiválasztásában.

A pre laboralis talajvizsgálatok eljárása

Mintavétel után a vett talajmintát zárt mintatároló edénybe (konténerbe) helyezzük. A konténeren keresztül – a mintavételt követően, illetve meghatározott inkubációs idő eltelte után – a talajlevegőt kiszivattyúzzuk, és annak illékony komponenseit Ecoprobe 5 műszerrel mérjük. A műszerből eltávozó talajlevegőt az egyensúlyi gázkoncentráció meghatározására visszavezetjük a konténerbe. Ha recirkuláció helyett a talajmintán külső levegőt szivattyúzzuk át, koncentrációgradiens-csökkenés mellett meghatározuk a talajmintából kiszivattyúzható talajlevegő illékony szennyezőanyag-tartalmának teljes mennyiségét. Ez utóbbi, nyílt rendszerű esetben a műszerből kiáramló levegő mennyiségét rotaméter segítségével határozzuk meg.

A pre laboralis talajvízvizsgálatok eljárása

Az eljárás során adott mennyiségű talajvizet mérőhengerrel bemérünk a vizsgálati edénybe. Az egyensúlyi koncentráció meghatározása érdekében a szivattyúzást zárt rendszerben addig végezzük, míg a gázmérő műszeren (Ecoprobe 5) az adott komponens értékei nem állandósulnak. A mért értéket a mérési eljárásban résztvevő gáztérre vonatkoztatjuk. A szennyezőanyag teljes mennyiségének meghatározása céljából alkalmazott nyílt



rendszer esetén lényegében sztrippelést végzünk, azaz kihajtjuk a mintában lévő illékony komponenseket. Ez utóbbi nyílt rendszerű esetben a műszerből kiáramló levegő mennyiségét rotaméterrel határozzuk meg. A mérés eredményeként következtetünk az ismert mennyiségű talajvízminta szennyezőanyag-tartalmára.

A Megaterra Kft. talajlevegő-mintavételi akkreditációjának megszerzése

Az akkreditált státusz megszerzése érdekében módosítottuk és kiegészítettük a minőségügyi kézikönyvünket, kidolgoztuk a talajlevegő mintavételére vonatkozó belső eljárásrendünket (Megaterra Belső Eljárás-1 – MEBE-1) talajlevegő mintavételére. A Nemzeti Akkreditáló Testület (NAT) által végzett éves felülvizsgálaton sor került a Megaterra Kft. talajlevegő-mintavételi eljárásainak és eszközeinek bemutatására is. A NAT részéről a helyszíni értékelés (2009. október 7, a Megaterra Kft. Irodájában, 1022 Budapest, Herman Ottó u. 15.) során a MEBE-1 dokumentációja és a talajlevegő-mintavétel bemutatásra került, az eszközök és a mintavétel végrehajtásának ellenőrzése mellett. A szemle részeként közvetlen, dúsítás nélküli talajlevegő-mintavételt végeztünk furatból. A fúrófej leütése

(kb. 30 cm mélységig, az iroda előtti füves területen) után a furatba helyeztük a mintavételi szondát, tömítettük, majd szivattyúzással Tedlar-zsákba mintát vettünk. Az eseményen készült értékelő jelentés szerint a dokumentáció és az eljárás működése megfelelt a vonatkozó előírásoknak, s a Megaterra Kft. minden szempontból (minőségirányítási, műszaki, szakmai) felkészültnek bizonyult. A MONTABIO kutatás-fejlesztési projekt keretén belül a Megaterra Kft. 2009. október 28-án megszerezte a talajlevegő-/depóniagáz-/biogáz-mintavételi* akkreditációt.

A projekteredmények nyilvános bemutatása és bevonása az oktatásba

Poszter bemutatása és gyakorlati bemutató KSzGySz konferencián

A Környezetvédelmi Szolgáltatók és Gyártók Szövetsége (KSzGySz) 2009. április 22-23-án konferenciát rendezett “A kármentesítés aktuális kérdései” címmel (Budapest, Margitsziget hotel), melyen a Megaterra Kft. munkatársai is részt vettek. A kétnapos konferencián poszteres bemutató keretében lehetőség nyílt a MONTABIO K+F projekt megismertetésére: a Megaterra Kft. “Komplex monitoring rendszer összeállítása talaj-mikroszennyezők analitikai kimutatására és biológiai értékelésre a fenntartható környezetért

* Az angol nyelvű szakirodalomban használatos soil gas megnevezésnek a magyar szakirodalomban a talajlevegő felel meg – erre az akkreditációs eljárás során a NAT munkatársai hívták fel figyelmünket. Így tanulmányainkban, jelentéseinkben – korábbi gyakorlatunkkal ellentétben – következetesen ezt használjuk a talajgáz megnevezés helyett.



(MONTABIO) 2008-2010 – Talajgáz-vizsgálatok” címmel állított ki posztert. Az eredmények ismertetésén túlmenően sor került az Ecoprobe 5 talajlevegő-mérő gyakorlati bemutatójára is, melyen többek közt részt vettek a MÁV Zrt. Egészség, Biztonság és Környezet-védelmi osztályának munkatársai is.

A Megaterra Kft. belső továbbképzése

A Megaterra Kft. 2009. évi háromnapos belső továbbképzésének (Gárdony, 2009. május 6-8.) 1. és 3. napján a Velencei-hegység területén terepgyakorlatra került sor, valamint a Fejér megyei Szakigazgatási Hivatal Növény- és Talajvédelmi Igazgatóságát (Velence) keresték fel a Megaterra Kft. munkatársai. A rendezvény 2. napján a következő előadók vettek részt:

- „Megaterra projektbeszámoló”, Megaterra Kft.
projektmenedzserek: a 2009. év futó és frissen lezárult projektjei, kiemelve a MONTABIO projekt eredményeit, célkitűzéseit.
- “A Közép-Dunántúli Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség bemutatása”, Petrás József, Ellenőrzési és Felügyeleti Osztályvezető (KDTKTVF).
- “Kármentesítéssel kapcsolatos hatósági tapasztalatok”, Bíró Attila, csoportvezető (KDTKTVF)

- “Komplex monitoring rendszer összeállítása talaj-mikroszennyezők analitikai kimutatására és biológiai értékelésére a fenntartható környezetért (Montabio, OM-00026-29/2008.) ismertetése, az ezévi feladatok meghatározása”, Dombos Miklós (MTA TAKI): interaktív, részletes megbeszélés a 2009. évi mintavételi és vizsgálati terv tekintetében
- “Talajgáz-mintavétel és illékony szerves komponensek vizsgálata”, Filep Zoltán (Wessling Hungary Kft.): a talajlevegő-mintavétel akkreditálásához szükséges feltételekről.
- “Ecoprobe5 és MSA AUER Sirius talajlevegő-mintavevő, -vizsgáló készülékek használatának 2008. évi tapasztalatai, a fejlesztés további lehetőségei, a gyakorlati alkalmazás kérdései”, Szabó Péter-és Bernáth Balázs (Megaterra Kft.): oktatás tartottak a Megaterra Kft és az MTA TAKI munkatársai számára a műszerek terepen történő gyakorlati használatáról.

Az előadások után lehetőség nyílt kérdésfeltevéltre a talajlevegő-mérés elvi és technikai részleteinek témakörében, valamint a témával kapcsolatos Felügyelőségi hatósági álláspont megismerésére.



Tanulmányút és tárgyalás az Ecoprobe 5 készülék gyártójánál

A Megaterra Kft. munkatársai felkeresték a MONTABIO projektben felhasznált Ecoprobe 5 talajlevegő-mérő készülék gyártóját (RS Dymanics Ltd, Prága, Csehország, 2009. május 26-27.) a használat során felmerült kérdések megtárgyalása, valamint a szakmai tapasztalatok kicserélése céljából. A tárgyalás során tisztázásra kerültek a Megaterra Kft. kérdései, valamint a felek megegyeztek a folyamatos kapcsolattartásról a jövőben felmerülő kérdések, illetve újabb tapasztalatok megbeszélése céljából.

MONTABIO konferencia

A MONTABIO K+F projekt 2009. évre vonatkozó elvégzett feladatairól, eredményeiről, valamint az év hátralévő részében végzendő feladatokat illetően a konzorcium tagjai konferenciát tartották a Magyar Tudományos Akadémia Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézetében (2009. szeptember 22.). A konferencián előadások hangzottak el, a jelenlévők értékelték az elért eredményeket és pontosították a további feladatokat.

Poszter bemutatása MKE konferencián

A Megaterra Kft. munkatársai részt vettek a Magyar Kémikusok Egyesülete (MKE) Környezetvédelmi Analitikai és Technológiai Társasága (Környezetvédelmi Szakosztály, Élelmiszer-analitikai Szakosztály) és a Nyugat-

Magyarországi Egyetem Erdőmérnöki Kar, Kémiai és Termőhely-ismerettani Intézet által szervezett IX. *Környezetvédelmi Analitikai és Technológiai Konferencián* (Sopron, 2009. október 7-9), melyen bemutatásra kerültek a talajlevegő-mérés módszerfejlesztési eredményei. Az eredmények poszteren kerültek bemutatásra, melynek címe: *“Talajgáz mintavétel és vizsgálat az Ecoprobe 5 készülékkel”*. A poszteres bemutatót rövid előadás egészítette ki a plenáris előadóteremben, a konferencia hallgatósága előtt. A talajlevegő-mérésről többek közt a Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar, Kémiai és Termőhely-ismerettani Intézet, Kémia Tanszék (Sopron) munkatársai kértek az előadásban elhangzottakon túl további információkat erdőtalajok CO₂-kibocsátásának mérési lehetőségeivel kapcsolatban.

WIREC továbbképzés

A Wessling Nemzetközi Kutató és Oktató Központ Közhasznú Non-profit Kft. (WIREC) által megtartott továbbképzés a talajlevegő mintavétele és helyszíni vizsgálata témájában került megrendezésre (2009. november 30). A Megaterra Kft. munkatársai megismerkedtek a Wessling Kft. mintavételi és az illékony szerves komponensek mérési eljárásaival, a területen szerzett tapasztalataival, a jelenkor legfejlettebb technikáival, a jövő várható fejlesztéseivel, illetve kihívásaival.



További feladatok

Összemérések

Laboratóriumi összeméréseket végzünk az Ecoprobe 5 talajlevegő-mérő készülék és a *pre laboralis* módszerek vizsgálata céljából.

Korbecslés lehetőségeinek vizsgálata

A vizsgálat célja TPH-szennyezett területek esetében a szennyezés korbecslésének lehetőségei az Ecoprobe 5 készülékkel. TPH- szennyezett talaj-, talajvíz-, illetve talajlevegő-mintákat GC módszerrel vizsgáltunk, illetve az Ecoprobe 5 készülék segítségével vizsgálunk. (GC-méréshez 0, 25, 50 és 75%-os mértékben degradálódott gázolaj-etalonmintákat beszereztünk.) Az etalonokkal kapott kromatogramokat összevetjük a vizsgált minták kromatogramjaival, másrészt vizsgáljuk a minták Ecoprobe 5 által mért komponensek egymáshoz viszonyított arányait. Az adatok, valamint egy adott szennyezett terület történeti kutatása során szerzett információk segítségével becsüljük a szennyezés korát.

Visszavezethetőség

A három év mérési adatai alapján célunk megtalálni a kapcsolatokat a talaj-, talajvíz- és talajlevegő-szennyezettségi előfordulások között, melyet matematikai módszerek bevonásával is megkísérünk alátámasztani, ezáltal eredményt elérni ezen a területen is.

Előadás-sorozat az eredmények gyakorlati hasznosíthatóságáról

A helyszíni talajlevegő-mintavételi akkreditált státusz és a hároméves MONTABIO K+F eredményeinek birtokában várhatóan 2010. kora őszen bemutató előadásokkal demonstráljuk az érintetteknek – elsősorban a KvVM, a Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Főfelügyelőség és a területi Felügyelőségek munkatársai számára – a helyszíni talajlevegő-mintavétel alkalmazhatóságát és előnyeit. Emellett felhívjuk az érintettek figyelmét a helyszíni talajlevegő-vizsgálatok előnyeire, illetve azok széles körben történő elterjedésének szükségességére.

Szabadalom benyújtása

A talaj- és talajvízszennyező illékony komponensek *pre laboralis* szennyezettség-vizsgálati módszereit célunk szabadalmi védetség alá vonni a 2010. évben. A módszerek jelentőségét a minták olcsó elővizsgálati (*screening*) lehetősége s így a költséges labor-vizsgálatokra szánt mintaszám ésszerűsítése (csökkentése) adja. A *pre laboralis* módszerek kiegészítik a helyszíni talajlevegő-méréseket, s a labor-költségek csökkentésével növelik a tényfeltárások költséghatékonyágát.

Irodalomjegyzék

- Stefanovits Pál, Filep György, Fülek György
(1999) Talajtan; Mezőgazda Kiadó,
Budapest
Stefanovits Pál (1975) Talajtan; Mezőgazda
Kiadó, Budapest



Nemzeti Kutatási és Technológiai Hivatal



Megaterra Kft.

