

TDK DOLGOZAT

A levegő- és talajminőség közötti összefüggések vizsgálata Dunaújvárosi helyszíneken

Lakatos János és Aladics Dávid

IV. és V. évf. Gépészmérnök hallgatók

Konzulensek:

Prof. Dr. Biró Borbála, DSc, egyetemi tanár

Domonkos Mónika, PhD hallgató

Műszaki Intézet

Természettudományi és Környezetvédelmi Tanszék

DUNAÚJVÁROSI FŐISKOLA
TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRE

DUNAÚJVÁROS
2013. November 5.

Tartalomjegyzék

1.	Irodalmi áttekintés	2
1.1.	Bevezetés, célkitűzés, kutatási háttér.....	2
1.2.	Dunaújvárosról.....	3
1.3.	A légszennyező anyagok eredete	4
1.3.1.	A közlekedés hatása	4
1.3.2.	Az ipari termelés hatása	5
1.3.3.	A mezőgazdasági tevékenység hatása	5
1.4.	A légszennyezőanyagok terjedése	6
1.5.	A városi szennyeződések környezeti hatásai	7
1.6.	A levegőtisztaság-védelem jogi szabályozása	7
1.7.	A talajvédelem jogi szabályozása	7
2.	Anyag és módszer.....	8
2.1.	A mintavételi helyszínek bemutatása	8
2.1.1.	reprezentatív 10 pont	8
2.1.2.	kiválasztott 6 mintavételi pont	9
2.2.	A porszennyezettség mérésének mikrobiológiai eszközei.....	10
2.2.1.	Mintavételezések kivitelezése.....	10
2.2.2.	Környezeti adatok mintavételkor	13
2.3.	Talajvizsgálatok	13
2.4.	Az eredmények statisztikai elemzése	14
3.	Eredmények és értékelésük.....	15
3.1.	A talajminőség alakulása Dunaújvárosban	15
3.1.1.	A nehézfém-szennyezettség alakulása	15
3.1.2.	A szerves szennyezőanyagok mennyisége	17
3.2.	A levegőminőség alakulása Dunaújvárosban	17
3.2.1.	A leggyakoribb szennyezők előfordulása a város légterében	17
3.2.2.	A kitenyészthető baktériumok és gombák helyszín-függő csíraszama ..	18
3.2.3.	A mikrobiális szennyezettségből adódó különbségek Dunaújvárosban .	19
3.3.	A levegő- és a talajminőség közti összefüggések Dunaújvárosban.....	21
3.3.1.	A korrelációs vizsgálatok eredményei	21
3.3.2.	A mintavételi helyszínek közti különbségek matematikai értékelése ...	22
4.	Következtetések és javaslatok	26
5.	Összefoglalás	27
6.	Irodalomjegyzék	28
8.	Köszönetnyilvánítás.....	30
9.	Függelék.....	31
9.1.	Mintavételek környezeti tényezői	31
9.2.	A 10 helyszín jellemzése	32

DUNAÚJVÁROSI FŐISKOLA
TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI DOLGOZAT

Adatlap

Dolgozat címe:
A levegő- és talajminőség közötti összefüggések vizsgálata Dunaújvárosi helyszíneken

Szerző neve	Neptun kód	Email cím	Aktív félévek száma	Képzés típusa
Lakatos János	RF07QV	scarface-926@hotmail.com	7	N/BSc
Aladics Dávid	DRUJOO	aladicsdavid@gmail.com	9	N/BSc

Konzulens neve	Beosztása	Email cím	Tanszék
Prof. Dr. Biró Borbála	Egyetemi tanár	birob@mail.duf.hu	Természettudományi és Környezetvédelmi
Horváthné Domonkos Mónika	PhD hallgató	monika.domonkos@uni-corvinus.hu	BCE – Kertészettudományi Kar, Talajtan és Vízgazdálkodás Tanszék

A dolgozat rövid tartalma

Dunaújváros levegőminőségét egy adott mintavételi ponton rendszeresen vizsgálják. A porszennyezettség (PM_{10}) mérése mellett, a legfontosabb szennyező gázok (NO_x , SO_x , CO_2) mennyiségét is rendre analizálják. Ezek adatbázisát és a szennyezőkre vonatkozó szezonális, évjáráti összefüggéseket korábbi TDK munkában mutattuk be.

A levegővel ellentétben a városban nincsenek adatok a talajok szennyezettségéről még az adott egy rendszeres és hivatalos levegő-mintavételi helyszínen sem. TÁMOP és EU-fp7 támogatású projektben előzetesen 10 dunaújvárosi helyszín talajszennyezettségét vizsgáltuk. Ennek eredményei alapján 3-3 kevésbé és jobban szennyezett mintavételi pontot jelöltünk ki a további rendszeres vizsgálatokra. A levegő-minőséget havonta monitoroztuk, a kitenyészthető összes baktérium és gomba számot szelektív táplemezeken (Nutrient, Martin agar) tenyésztettük ki és inkubálás után feljegyeztük a kinőtt telepkepző egységeket (Cfu). A talajminőséget évente 1 alkalommal mintáztuk a 0-20 és a 20-40 cm-es talajrétegekből a legfontosabb szervetlen és szerves szennyezőkre (nehézfémek, PAH, TPH). Összefüggéseket kerestünk a levegő mikrobiológiai állapota és a talajminőség között a városi vizsgálati helyszíneken. Hipotézisünk szerint a levegő szennyezettsége hatással van a talajok állapotára is. A mért paraméterekben mutatkozó erősen helyszín-függő különbségek felhívják a figyelmet az ipari tevékenység és a közlekedési hatások fokozottabb figyelembevételének szükségességére a környezetminőség értékelésénél. Eredményeink alapján rendszeresebb monitorozás több helyszínen is javasolható.

2013. október 20.

1. Irodalmi áttekintés

1.1. Bevezetés, célkitűzés, kutatási háttér

A XX. században a technikai, gazdasági fejlődés intenzívebbé válásával olyan folyamatok indultak el, mint a városiasodás és az iparosodás. Az emberek migrációja egy magasabb életszínvonal elérése reményében az életminőség és a környezet degradációjával járhat együtt. Világviszonylatban 47,2% a városokban élők aránya (1900-ban a Föld népességének tizenhárom százaléka lakott városokban). Közülük több mint 500 millióan az 5 milliónál több lakossal rendelkező hatalmas városokban vagy megapoliszokban élnek, ahol egy-egy helyen 10 milliónál is több a lakosok száma. Ez a növekedés az 1970-es évek óta egyre jelentősebb. Az ENSZ előrejelzései szerint a világ urbanizációs rátája 2030-ban el fogja érni az 59,7%-ot, 2050-ben pedig a 69,6%-ot ([http1.](#), [http2.](#)). A terjeszkedő városok és a városi életforma fenntartása egyre nagyobb ökológiai terhet jelent környezetünknek, hiszen az urbanizáció nem csupán a föld- és területhasználat és az ezzel járó folyamatok változását jelenti, de a környezetre való negatív hatása is globális jellegű.

- A beépített területtel csökken a talaj csapadék befogadó képessége és fokozódik az árvíz esélye.
- A vízkészletek túlzott mértékű kiaknázásával, a felszíni vízfolyások szennyvíz-terhelődésének a növekedése és a felszín alatti vízkészletek elfertőződése következik be ([http1.](#)).
- A terjeszkedő városok egyre nagyobb földterületeket használnak fel, ami károsítja a természeti környezetet (pl. víz, talaj és levegő szennyezése) és fokozza az üvegházhatású gázok kibocsátását, amely többek között éghajlatváltozáshoz, valamint erőteljesebb lég- és zajszennyezéshez vezet ([http3.](#)).
- Az erőforrások megújuló képességüket meghaladó kiaknázása a környezet degradációjához vezet ([http4.](#)).

A városiasodás és az iparosodás között szoros összefüggés van, mert az urbanizáció segítséget nyújt a gazdasági továbbfejlődéshez.

A nagyobb környezetterheléssel járó nehézipari ágazatok (pl. bányászat, kohászat) Magyarországon elsősorban a medenceperemi térségekben fejlődtek, a feldolgozóipar

inkább Budapestre, illetve az ország belsejébe települt.. A hazai környezet állapotának erősen romló tendenciái a II. világháború után bontakoztak ki, amelyeket gazdaság- és területfejlődési, valamint urbanizációs folyamatok váltottak ki. Figyelmet érdemelnek egyes ipari centrumok megnövekedett emissziói, amelyek egy-egy szűkebb vagy tágabb térség környezeti állapotát erősen befolyásolták (pl. Dunaújváros, Pécs, Százhalombatta). Az ipari tevékenység tehát minden védett környezeti elem elszennyezésében vagy minőségi mutatóinak romlásában szerepet játszott és játszik (Mikanová et al. 2001) ([http5.](#)).

Az ipari tevékenység leginkább megjelenő színtere a levegő-minőségre kifejtett hatás. Egy-egy nagyobb ipari körzetben ezért rendszeresen mérik a levegőben levő gázok és porok mennyiségét. Korábbi munkánkban (Lakatos, 2012) Dunaújváros levegőminőségi adatbankját készítettük el 5 évre visszamenőleg és megállapítottuk a szennyezőanyagok szezonális és évjáráti dinamizmusát is. A talajszennyezettséget EU-Fp7-es támogatású soil-CAM (*Soil contamination, advanced integrated characterization and time-lapse monitoring*) projekt ([http6.](#)) keretében tanulmányoztuk a város 10 pontján.

A jelen munka célja, hogy:

- **a talajminőségre vonatkozó előzetes eredményeket bemutassa, illetve az így kiválasztott 3-3 kevésbé és jobban szennyezett mintavételi ponton a levegő szennyezettségéről további adatokat szolgáltatson rendszeres saját mikrobiológiai mérésekkel.**
- **felismerjük a mikroorganizmusok (baktériumok és gombák) közötti különbségeket a levegő-szennyezettségével összefüggésben.**
- **matematikai statisztikai vizsgálatok segítségével korrelációs összefüggéseket keressünk a levegőminőség és a talajszennyezettség között, hogy a környezet-minőségre vonatkozóan hiánypótló adatokat szolgáltatassunk.**
- **eredményeink alapján javaslatot tegyünk a város jelenlegi 1 mintavételi pontjához viszonyított további rendszeres környezet-minőségi monitoringhoz.**

1.2. Dunaújvárosról

Dunaújváros Magyarország legjelentősebb „szocialista” városa volt, és mivel városhiányos térségben jött létre, mára egy 150 ezer fős vonzáskörzetet kiszolgáló középvárossá emelkedett.

2004 után a privatizált vasmű mellett több országos jelentőségű cég (Ferrobeton, Dunapack, Dunafor, Hankook, Hamburger Hungaria Ltd...stb.) telephelye és egyúttal logisztikai központ is. Napjainkban ipara mellett iskolavárossá is fejlődött, ahol az iparosodottság (illetve az antropogén környezetszennyezés) hatáselemzését a Műszaki Intézet Természettudományi és Környezetvédelmi Tanszékén vizsgálják (Lux G, 2006).

1.3. A légszennyező anyagok eredete

A légszennyező anyagok forrását tekintve két fő csoportról beszélhetünk:

Természetes forrásból származó légszennyezők: elsősorban vulkánokból, erdőtüzekből, óceánok sótartalmának légkörbe jutásából, növényi pollenekből származnak. Ezek mértéke azonban elhanyagolható, illetve összetételük, eloszlásuk és mennyiségük is megközelítőleg állandónak mondható.

Antropogén (emberi) forrásból származó légszennyezők: az emberi tevékenység következtében létrejövő, a légkörbe kikerülő szennyezőanyagok, amelyek elsősorban a hőerőművek égetéstermékeiből, ipari tevékenységből, közlekedésből, háztartások tüzeléséből, mezőgazdasági kibocsátásokból származnak, de a bányászatból, valamint a hulladéklerakókból származó környezetterhelést is ide sorolhatjuk (Kádár. 1995).

Mivel a levegőszennyezettséget gyakorlatilag teljes egészében – a fent említett okok miatt is - az emberi kibocsátások okozzák, így a továbbiakban légszennyező anyagok alatt ezen antropogén eredetű kibocsátásokat értjük.

Az antropogén forrásokat tovább osztályozhatjuk a kibocsátás jellege szerint:

Pontforrások (például egy gyár-kémény); Vonalforrások (például a közlekedési utak);

Diffúz források (például a városi lakossági kibocsátások)

1.3.1. A közlekedés hatása

Napjainkban a belső égésű motorokból származó káros anyagok rendkívül meghatározóak a levegőszennyezettség kialakulásában. Hazánkban a légszennyezés 30-40 %-át a közlekedés adja, amely főként a közúti közlekedésből származik. A tökéletlen égés következtében ugyanis a kipufogógázok szén-monoxidot és szénhidrogéneket is tartalmaznak a szén-dioxidon és vízen kívül, valamint a magas hőmérsékletű égés következtében a beszívott levegő nitrogénjének egy része nitrogénoxidokká alakul. A dízelmotoroknál kén-dioxid és korom kibocsátással is számolnunk kell, de a NO_x emissziója is több mint kétszerese a benzines motorok kibocsátásának.

Az üzemanyag tökéletes égéséhez szükséges optimális levegő-üzemanyag tömegarány benzin üzemű motor esetén 14,8 körüli. Az ettől való eltérés tökéletlen égést eredményez, amely a fent említett levegőszennyezők kibocsátásához vezet.

A motorbenzinek ólomtartalmának fokozatos csökkentésével – Magyarországon 1999. április 1-jén az ólmozott benzint kivonták a kereskedelmi forgalomból - a katalizátorok folyamatos fejlesztésével, valamint a motorkonstrukciók alakításával jelentős mértékben csökkent a káros szennyezőanyag kibocsátás (Kalló 1999, [http7](http://7)).

1.3.2. Az ipari termelés hatása

Az 1950-es évektől kezdve az addig vezető ipari kibocsátások jelentősége a közúti közlekedés okozta szennyezések rohamos emelkedése mellett kezdett visszaszorulni. A veszélyes, mérgező anyagok döntő többsége azonban mind a mai napig ipari kibocsátásokból származik és továbbra is igen nagymértékű az energiatermelésből származó szennyezés is (Biró, Szegi 1994, Biró 2002). Az emissziók csökkentésére tett intézkedések – fűtési technológiák korszerűsítése, üzemek, berendezések fejlesztése, füstgáztisztító berendezések felszerelése valamint a nagyüzemek kitelepítése a városokból - igen hatásosnak bizonyultak. Hazánkban az iparból származó kibocsátások az utóbbi években csökkentek, a technológia fejlődése és az üzemek esetleges felszámolása miatt is. Ezzel együtt az ipar környezetszennyező hatásával továbbra is számolni kell, különösen a Dunaújvárosi területen, ahol a vasmű fő tevékenysége miatt is a porszennyezettség évekre visszamenőleg igen jelentős és közel állandó mértékűnek mondható (Sajtos-Lakatos 2011; Lakatos, 2012).

1.3.3. A mezőgazdasági tevékenység hatása

A földművelés és állattartás környezetszennyező hatása is összefüggésben van a technológiai fejlődéssel. A földmunkát végző mezőgazdasági munkagépek levegőszennyező hatásáról számos esetben bizonyították, hogy annak mértékét a jármű típusa, de a kora, kopottsági állapota is jelentősen befolyásolja (Kádár 1995). A mezőgazdaságból származó légszennyezők hatására a munkagépek tömege, eloszlása, a művelés módja, a használat gyakorisága is hatással van. A talajok tömörödésével fokozódik az üvegház-hatású gázok (ÜVG) kibocsátása is. Ezek hatása globális mértékben is jelentkezik, amit az erdőirtások, az intenzív állattartás és növénytermesztés a műtrágyázás fokozódásával is előmozdít.

1.4. A légszennyezőanyagok terjedése

A levegőszennyezést okozó anyagok a kibocsátás helyétől igen nagy távolságokba is eljuthatnak. Ennek során másodlagos szennyezőanyagok is létrejönnek, amelyek továbbterjedve szintén globális szennyezettséget okozhatnak (Domonkos, Biró és Forró, 2012), a következő terjedési szakaszokkal:

a) *levegőterhelés (emisszió)*: valamely anyag vagy energia levegőbe juttatása; b) *levegőszennyezés (légszennyezés)*: légszennyező anyagnak a légszennyező anyag kibocsátási határértéket meghaladó mértékű levegőbe bocsátása.

A levegőbe került szennyezőanyagok hígulnak, terjednek, fizikai és kémiai átalakuláson mennek keresztül, illetve ülepednek. Ezen folyamatok hatására adott távolságokban kialakul a légszennyezettség:

- *légszennyezettség (immisszió)*: a levegőben a levegőterhelés hatására kialakult légszennyező anyag koncentrációja, beleértve a légszennyező anyag adott időtartam alatt felületekre történt kiülepedését (21/2001 (II. 14.) korm. rendelet a levegő védelmével kapcsolatos egyes szabályokról).

A levegőszennyezettség hatásai lokális, regionális valamint globális szinten egyaránt jelentkezik (Biró, Domonkos, Kiss 2012; Domonkos et al. 2013), így – főként a globális hatások esetében - a nemzetközi együttműködés különösen fontos a levegőtisztaság-védelem területén. A légszennyezőanyagok terjedésében az időjárási körülményeknek és a domborzatnak tulajdonítanak kiemelt jelentőséget. A pontforrásokból származó szennyezők ezek következtében keverednek és eljuthatnak a nem érintett ipari területekre is. A pontforrás közelében a szennyezettség mértéke általában nagyobb (Biró et al. 2013).

Dunaújvárosban jelenleg a levegő szennyezettségének mértékét a város 1 pontján mérik. Ezt a pontot a szennyező-forrásokat is figyelembe véve állapították meg.

A levegő aktuális kémiai összetételét a kibocsátott szennyezőanyagok összesített mennyisége és minősége, a kibocsátások intenzitása és helyszíne, a földrajzi elhelyezkedés és topológia, valamint az előzőekben említett meteorológiai viszonyok is befolyásolják. Az elsődleges légszennyezők, mint a SO₂, CO, NO, NO₂ és korom közvetlenül kerülnek a levegőkörnyezetbe, míg a másodlagos szennyezők a különböző kémiai reakciók következtében létrejövő anyagok, így például az ózon (O₃) és a szulfát-tartalmú aeroszolok, amelyek a savas esőkhöz vezetnek.

1.5. A városi szennyeződések környezeti hatásai

A városi településeken a burkolt felületek aránya megnövekszik a burkolatlan felületekhez viszonyítva. A légköri kiülepedésből és a forgalomból származó szennyezőanyagok fokozatosan felhalmozódnak mind a burkolt, mind pedig a burkolatlan felületeken. A száraz időszakokat követő csapadékesemények során az előbbiekről lemosódó szennyezőanyagok, a galvanizált felületekről kioldódó nehézfémekkel együtt közcsatornába, vagy közvetlenül valamilyen befogadóba jutnak. A burkolatlan felületeken a lemosás helyett a beszivárgás a jellemző folyamat, ami értelemszerűen a talajt és a talajvizeket is veszélyezteti (http8.).

1.6. A levegőtisztaság-védelem jogi szabályozása

Az emberi egészség védelme, és az egészséges környezet biztosítása érdekében lenne fontos a légszennyező anyagok mennyiségének mérséklése (Biró et al. 2013), amelynek megvalósulását - a leghatékonyabb módon - a különböző törvények, jogszabályok kívánják elősegíteni. A világ valamennyi országában intézkedések történtek, és történnek a levegő állapotának a megóvására. Az egyes légszennyezőanyagok nem csak az adott országra vannak hatással, ezért ezen anyagok kibocsátását globális szinten is szabályozni szükséges. Ennek következtében számos nemzetközi egyezmény is született (http9.).

1.7. A talajvédelem jogi szabályozása

Az Európai Bizottság közösségi környezetpolitikájának általános célja, hogy a legjobb életfeltételeket nyújtó környezet megteremtésével elősegítse az embert szolgáló gazdasági növekedést, valamint, hogy a növekedést összeegyeztesse a természeti környezet megőrzésével (http10.), megóvásával. Ebből a célból, számos EK rendelet, határozat és irányelv született, mely alapja a hazai szabályozásnak is.

A hazai szabályozás többértű. Kitér a földvédelemre, az erdővédelemre valamint a földtani közeg és felszín alatti víz védelmére.

Dolgozatunk szempontjából a 6/2009. (IV. 14.) KvVM-EüM-FVM együttes rendelet (a földtani közeg és a felszín alatti víz szennyezéssel szembeni védelméhez szükséges határértékekről és a szennyezések méréséről) a legfontosabb. A rendelet felsorolja a talajszennyezők és a felszín alatti víz szennyezőinek határértékeit.

2. Anyag és módszer

2.1. A mintavételi helyszínek bemutatása

Dunaújváros területén mintavételi pontokat jelöltünk ki, ügyelve arra, hogy azok reprezentatív helyek legyenek és arányosan fedjék a város területét. További szempont volt, hogy a kijelölt helyszínek a városi tevékenységekhez kapcsolódjanak, azaz az iparosodottséghez és/vagy a közlekedéshez közel álló leterheltség legyen jellemző rájuk. Ennek megfelelően 2010-2013 között a városi kijelölt helyszíneket rendszeresen mintáztuk. Vizsgáltuk a levegő- és a talajok minőségét különféle tulajdonságok bevonásával. Kiemelt szempont volt a mikrobiológiai tulajdonságok vizsgálata.

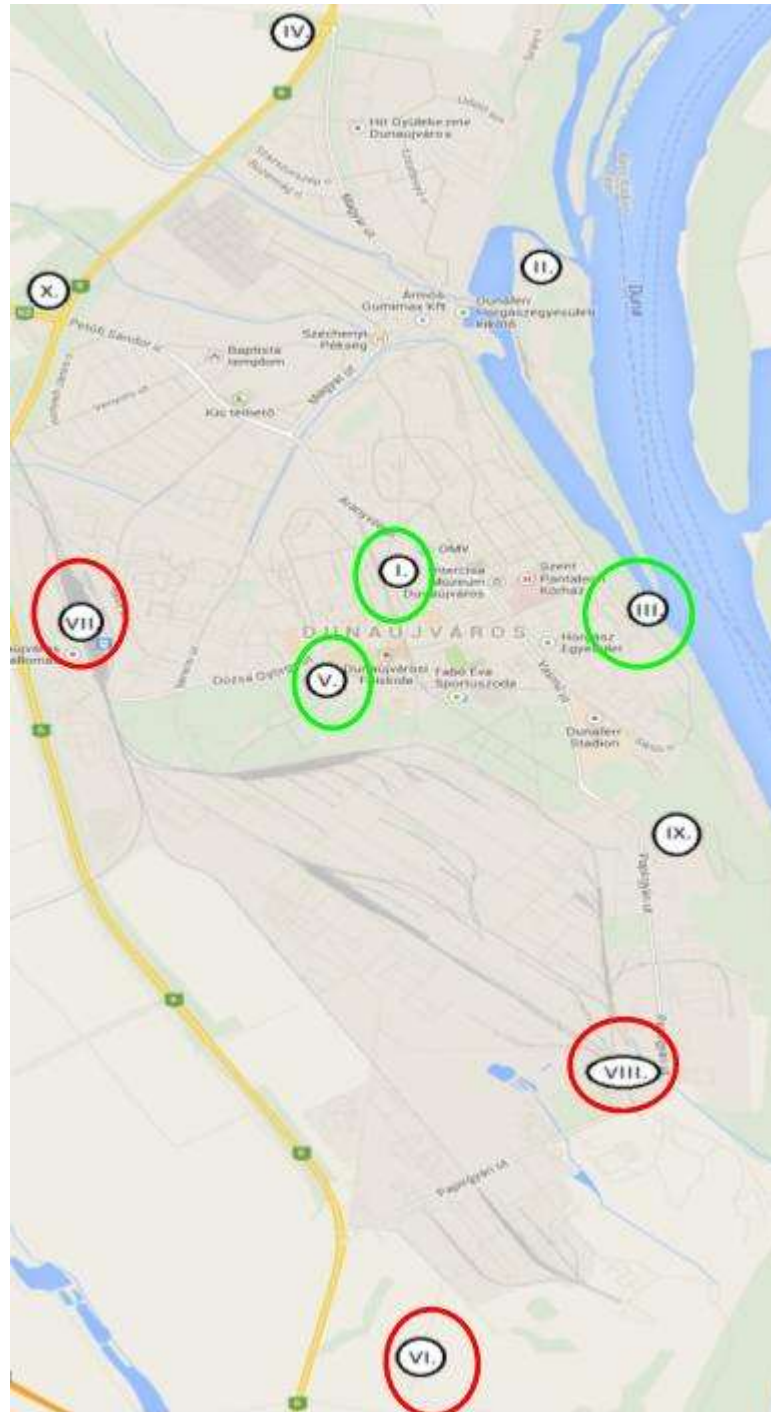
2.1.1 A reprezentatív 10 pont

Dunaújváros területének 10 pontját jelöltük ki korábbi TÁMOP projekthez kapcsolódva (7. táblázat), hogy azokon a helyszíneken rendszeres, összehasonlító talajvizsgálatokat folytassunk le. A mintavételi helyszíneket az 1. ábra mutatja be. Megvizsgáltuk közreműködők bevonásával a 0-20 cm mélységű furatokból származó talajminták szerves nehézfém (Cd, Fe, Zn, ...stb.) és szerves mikroszennyező-tartalmát (PAH, TPH). A vizsgálatok 2010-2013 között évenkénti őszi (októberi) mintavételezéssel történtek. A talajminták szárítás és 2 mm-es lúkbőségű szitán való szárítás után ICP technikával kerültek analízisre.

A mintavételi helyek koordinátáit az 1. táblázatban mutatjuk be.

1. táblázat: A Dunaújvárosi mintavételi helyszínek és az azonosítási koordináták.

Helyszín	Földrajzi koordináták	
I.	N 46°57,956'	E 18°56,112'
II.	N 46°59,195'	E 18°56,853'
III.	N 46°58,318'	E 18°56,520'
IV.	N 46°59,981'	E 18°55,843'
V.	N 46°57,589'	E 18°55,855'
VI.	N 46°55,143'	E 18°56,191'
VII.	N 46°56,149'	E 18°55,992'
VIII.	N 46°56,121'	E 18°57,111'
IX.	N 46°57,035'	E 18°57,131'
X.	N 46°57,853'	E 18°57,514'



1. ábra: Dunaújváros területének 10 mintavételi pontja, és a később kiválasztott 3 kevésbé (zöld) és 3 erősebben (piros) szennyezett helyszín.

2.1.2. kiválasztott 6 mintavételi pont

A szennyezettség kapott értékei alapján meg tudtuk határozni azokat a mintavételi pontokat ahol a legnagyobb, vagy a legkisebb szennyezettséget lehetett kimutatni. Ezek közül 3-3 mintavételi helyszínt jelöltünk ki a további vizsgálatok számára. A helyszínek között a levegő-minőséget rendszeresen monitorozó dunaújvárosi mintavételi pont is

szerepelt. Ez a pont a Dózsa iskola melletti 5-ös helyszín volt. A rendszeres mérések helyszíneit jelöltük (zölddel a kevésbé- pirossal a jobban szennyezett pontokat), 1. ábra.

2.2. *A porszennyezettség mérésének mikrobiológiai eszközei*

A porok felületükön megtapadt mikroorganizmusokat is tartalmazhatnak. Ezzel az egyéb szerves és szervetlen szennyezők hatásán felül tovább fokozhatják pl. az ún. allergiás megbetegedések előfordulását is.

A porok felületén megtapadt mikroorganizmusok számát, mennyiségét kitenyészthető mikrobaszám vizsgálattal mértük le. Ehhez különféle táplemezekre volt szükség (Angerer et al. 1998) a vizsgálni kívánt mikroorganizmusok típusai szerint. Ennek megfelelően Nutrient (N, fehér) táplemezt használtunk az összes csíraszám megállapításához és Rózsa-Bengál (RB, rózsaszín) táplemezt a mikroszkopikus gombákhoz (Domonkos 2009) (2. ábra).



2. ábra: Kész táplemezek a levegőben és/vagy a pormintákon előforduló mikroorganizmusok (mikroszkopikus gombák és baktériumok) kitenyészthető csíraszámának a vizsgálatához. Fotó: Domonkos M.

2.2.1. Mintavételezések kivitelezése

A mintákat havonkénti rendszerességgel vettük. 2012 évben. Az év első felében az 1. ábrán bemutatott 10 helyszínt (később 6 helyszínt) monitoroztunk úgy, hogy a baktériumok és a gombák kitenyésztésére alkalmas táplemezeket az adott mintavételi ponton 15 percig a talajfelszín felett nyitva hagytuk. Ezzel biztosítottuk, hogy azokra a levegőből arányos mennyiségű propagulum-szám ülepedjen ki. A kitenyésztéseket 2-2 párhuzamosban végeztük.

A minták begyűjtése után a táplemezeket inkubátorba tettük 25°C-os hőmérsékletre. A baktériumok csíraszámát (CFU/15 perc) 3 napos inkubáció után, a mikroszkópikus gombák számát 4 napos inkubációt követően számoltuk. A kinőtt telepeket tartalmazó táplemezekről a telepek számát feljegyeztük, majd fotóztuk a későbbi ellenőrizhetőség érdekében. A telepképző egységek (CFU-k) számát táblázatba rendeztük, majd statisztikai vizsgálatokkal értékeltük.

A mintavételezés kivitelezése közös megegyezés alapján került kidolgozásra. A módszer lényege, hogy az adott helyszíneken a rendelkezésre álló erőforrások segítségével a lehető legpontosabb mintavételezést vigyük véghez az elméletileg előírt MSZ ISO 4226:1994 (visszavont) szabvány szerint.

A mintavételi folyamat a kijelölt helyeken történt, minden ponton 2-2 táptalajjal teli Petri csészét helyeztünk el. A mintavétel időtartamát tekintve a következő lehetőségek ismertek.

- pillanatminta (általában 30 perc)
- napi átlagminta (24 óra)
- havi minta (legalább nyolc 24 órás mintából, éves pedig kéthetente vett napi átlagmintából mérhető).

A mintavételezés során mi a pillanatminta időtartamát a felére csökkentettük, így minden mintavétel 15 percet vett igénybe. Ezen idő alatt megítélésünk szerint a kellő mennyiségű mikrobiológiai organizmus képes megtelepedni, majd az inkubáció alatt kifejlődni.

A Petri-csészék elhelyezése rendszerint a talaj közvetlen közelében valósult meg, szélmozgástól, napsütéstől, egyéb zavaró tényezőtől lehetőleg mentes helyen. A mérési pontok megközelítése minden esetben személygépkocsival történt, az adott helyszínre érkezve a minták és egy mobil meteorológia-állomás került elhelyezésre (3., 4. ábra). Ezt követően indult a 15 perces procedura, majd a minták becsomagolása, és a környezeti értékek regisztrálása is.



3. ábra: Mikroorganizmusok mintázása levegőből



4. ábra: Mintavétel és a mobil meteorológiai mérőállomás

A teljes vizsgálati intervallum a 2012-es év elejétől a 2013-as év elejéig terjed, havi lebontásban, összesen 14 alkalommal, illetve kettő korábbi alkalommal, amelyek ún. próbamérések voltak. A mintavételeket jellemző dokumentációk: minden mintavétel alkalmával munkatervet készítettünk, amely tartalmazta az alábbi adatokat:

a kísérlet címe, bevezetés, előzmények, kidolgozandó kérdések, célkitűzések, kísérlet témavezetője, kísérlet tanszéki felelőse, további résztvevők, kísérlet ideje, időtartama, kísérlet helye, kísérlet leírása.

Mintavételi jegyzőkönyv is készült, amely tartalmazza az alábbiakat:

a vizsgálat célja, a vizsgálat időpontja, a vizsgálatot végezte, a vizsgálat helye, a vizsgálatnál alkalmazott szabványok, a méréshez használt műszerek, technológia/helyszín, mérési/mintavételi körülmények, mérési eredmények.

2.2.2. Környezeti adatok mintavételkor

A 2.2.1. pontban említett mobil meteorológia-állomás (4. ábra) elhelyezésével lehetőségünk nyílt az alábbi jellemzők megközelítőleges mérésére (4., 5., 6. táblázat):

- levegő hőmérséklete [$^{\circ}\text{C}$]
- nyomás [hPa]
- páratartalom [rH%].

Ezekon kívül érzékszervi megállapítások alapján szélereősséget, valamint fényereősséget is mértünk. Az alábbi módon osztályoztuk a szélereősséget:

- nincs
- enyhe
- közepes
- erős
- viharos,

ill. a fényereősséget:

- derős
- enyhén felhős
- felhős
- borús
- esős.

2.3. Talajvizsgálatok

A kiválasztott 10 mintavételi helyszínen talajvizsgálati eredményeit az MTA TAKI (ma MTA Agrártudományi Kutatócentrum Talajtani és Agrokémiai Intézete) közreműködésével kaptuk meg. Évente egyszer került sor a feltalaj (0-20 cm) és az altalaj (20-40 cm-es rétegének a vizsgálatára. A talajok szervesetlen szennyezőanyagai közül a nehézfémek/toxikus elemek (As, Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Mn, Pb, Zn, Se),

vizsgálatára került sor ICP analízis (MSZ 21470-50:2006) segítségével, királyvizes kivonást követően. A szerves szennyezők közül az összes szénhidrogén-mennyiséget (TPH) és a poli-aromás-szénhidrogének mennyiségét (PAH) mutatjuk be a talajok felső 0-20 cm-es rétegéből. A vizsgálatok az MSZ 21470-94:2001 és MSZ 21470-84:2002 szabványok szerint készültek.

2.4. *Az eredmények statisztikai elemzése*

A mikroorganizmusok kitenyészthető csíraszámára kapott adatokat átlagoltuk és szórás számoltunk. Az ismétlések segítségével varianciaanalízist (VA) végeztünk. Az 5 %-os szinten szignifikáns ($LSD_{5\%}$) értékeket az ábrákon, vagy a táblázatoknál is jelöltük.

A levegő- és a talajszennyezettség közötti Pearson-féle korreláció vizsgálatát ROPstat 2.0 programban készítettük el. A programot 7 változóval futtattuk: GTSz – gombák telepszáma; CFU – baktériumok telepszáma; Zn, Fe, Pb, As, Cr nehézfémek mennyisége a talajban (ppm). A változók teljes függetlensége Bartlett-féle próbával került elemzésre. Az értékeket korrelációs matrixban mutatjuk be.

A hat kiválasztott mintavételi pont közötti azonosságokat és különbségeket klaszter analízissel hasonlítottuk össze SPSS program segítségével. A statisztikai elemzéseknél Ferenczy Antal matematikus volt segítségünkre.

3. Eredmények és értékelésük

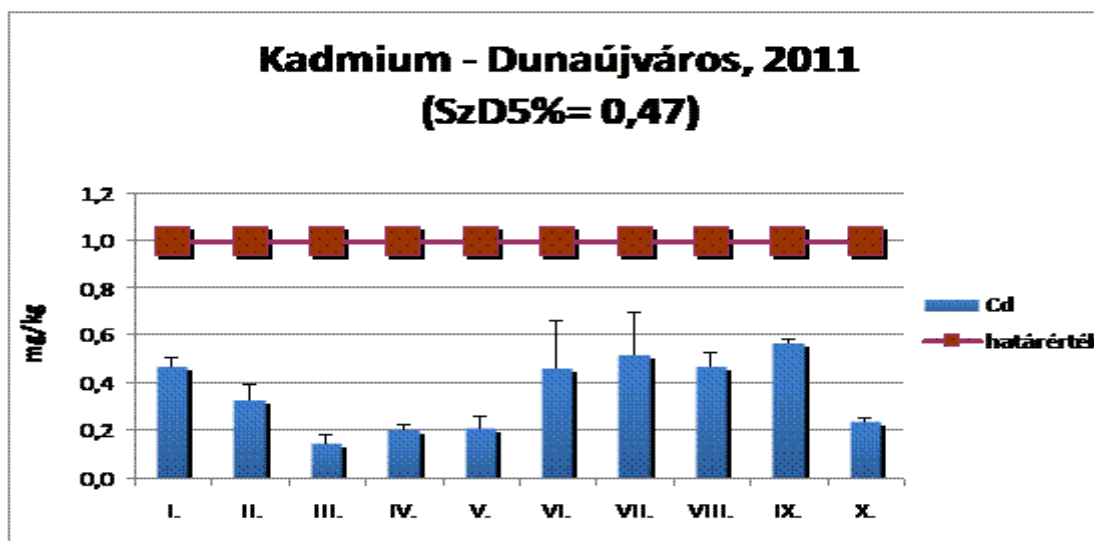
3.1. A talajminőség alakulása Dunaújvárosban

Dunaújváros 10 pontján talajmintákat gyűjtöttünk Eu-Fp7-es Soil-CAM projekt keretén belül 2011 októberében, hogy a talajok nehézfém-szennyezettségéről információkat kapjunk. A szervetlen nehézfémek közül 10 elem adatai kerültek elemzésre. A szerves szennyezők közül a TPH és a PAH adatait mutatjuk be.

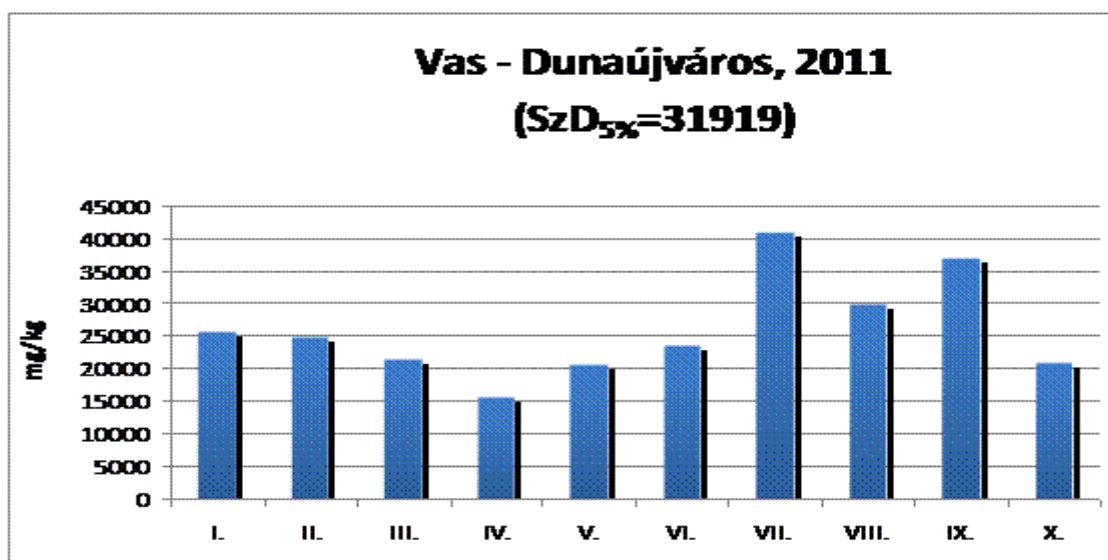
3.1.1. A nehézfém-szennyezettség alakulása

A vizsgált nehézfémek közül a cink, a kadmium és a vas szennyezettségének mértékét mutatjuk be a 0-20 cm-es talajrétegből. A vizsgált elemek mennyisége igen tág határok között változott és előfordulásuk elsősorban az elem típusától függött. A legnagyobb mennyiségű előfordulást a vasnál (Fe) tapasztaltuk, közel 4000 mg/kg értékben, a legkisebbet pedig a kadmiumnál (Cd) 0,6 mg/kg értékben. A nagy variabilitás ellenére is elmondható, hogy a vizsgált elemek mennyisége nem érte el az engedélyezett határértékek szintjét, amelyeket az ábrán (ha az alkalmazható volt), jelöltünk.

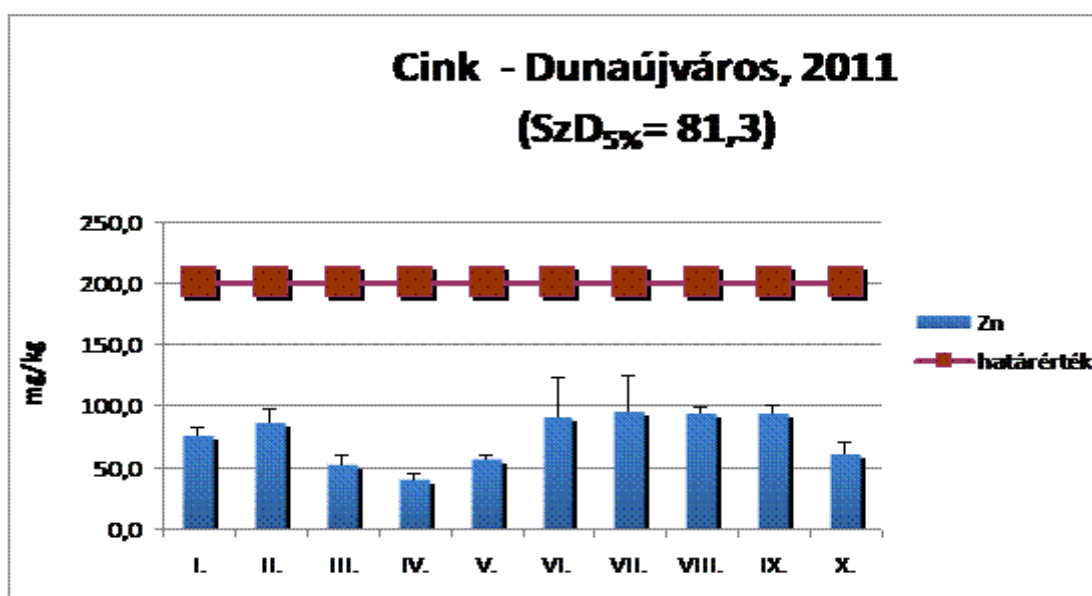
Ha a helyszínek közti különbségeket vizsgáljuk, akkor az egyes mintavételi pontok között egy-egy adott elemre vonatkoztatva akár 3-szoros eltérés is lehetséges (ez látható pl. a cinknél a 7. ábrán).



5. ábra: A kadmium (Cd) szennyezettségének mértéke a talajok felső (0-20 cm-es) rétegében Dunaújváros 10 pontján (2011.október)



6. ábra: A vas (Fe) mennyiségének alakulása a talajok felső (0-20 cm-es) rétegében Dunaújváros 10 pontján (2011 október).



7. ábra: A cink (Zn) mennyiségének alakulása a talajok felső (0-20 cm-es) rétegében Dunaújváros 10 pontján (2011. október)

A vizsgált nehézfémek alapján leginkább szennyezettnek a 2, 7, 8 és 9-es mintavételi pontokból származó minták bizonyultak. Az elemek mennyisége nem minden esetben bizonyult szignifikánsnak ezeken a pontokon, de mennyiségük tendencia-szinten rendre magasabbnak adódott.

3.1.2. A szerves szennyezőanyagok mennyisége

A 2. táblázat a Dunaújvárosi helyszínek felső 0-20 cm-es talajrétegéből származó minták TPH és PAH szennyezettségét mutatja be. A szennyezettség mértéke ezeknél az anyagoknál is igen tág határok között alakult. A PAH mennyisége egyes helyeken már közelítette az engedélyezett határértékeket.

A szerves szennyezőanyagok alapján is ki tudtuk jelölni a legkevésbé és a leginkább szennyezett (szürkével sötétített) Dunaújvárosi helyszíneket (2. táblázat).

2. táblázat: A szerves szennyező anyagok (TPH, PAH) mennyisége Dunaújváros 10 pontján vett talajmintákban a második mintavétel során (2011. tavasz).

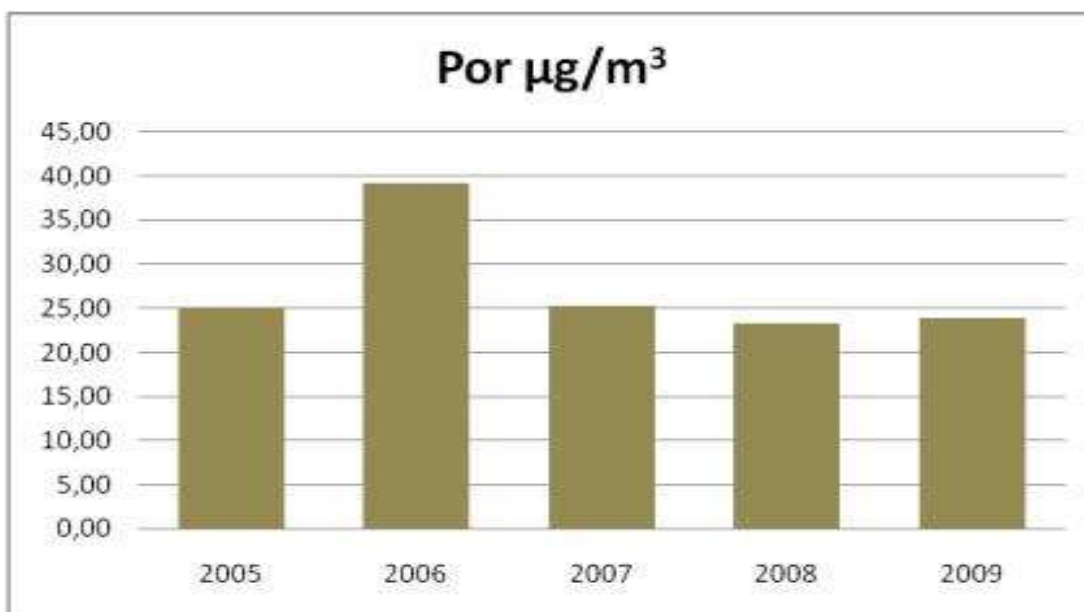
Mintavételi hely	TPH-GC mg/kg	Összes PAH mg/kg
I	20,2	0,141
II	24,8	0,627
III	32,2	0,037
IV	29,8	0,145
V	23,3	0,030
VI	38,6	0,342
VII	35,0	0,609
VIII	27,7	0,763
IX	28,8	0,552
X	31,3	0,292

3.2. A levegőminőség alakulása Dunaújvárosban

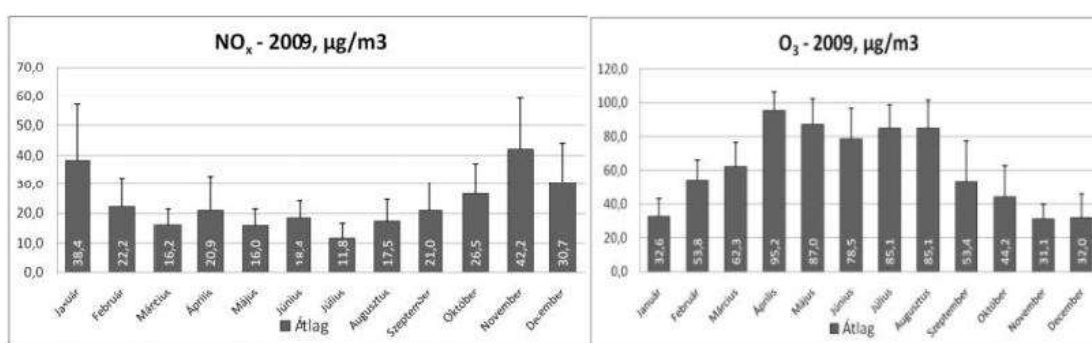
3.2.1. A leggyakoribb szennyezők előfordulása a város légterében

A városi levegő legkritikusabb szennyezettségének a korábbi vizsgálataink szerint a por-szennyezettség bizonyult. Ezek mennyisége éves átlagban meglehetősen egyenletes lefedettséget mutat (8. ábra).

További rendre jelentkező szennyezettséget jelent az ózon és a NO_x értékeinek alakulása. Ezeknél szezonális különbségeket is ki lehetett mutatni (9. ábra) korábbi TDK munkában (Sajtos, Zsupos, 2011).



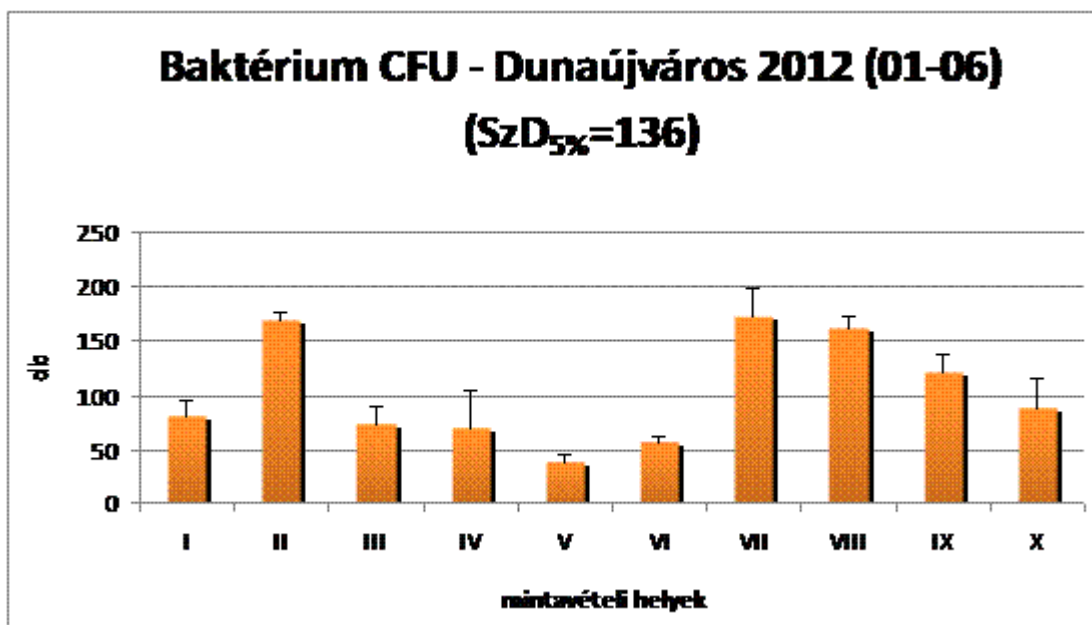
8. ábra: Porszennyezettség éves átlaga 2005-2009 Dunaújváros



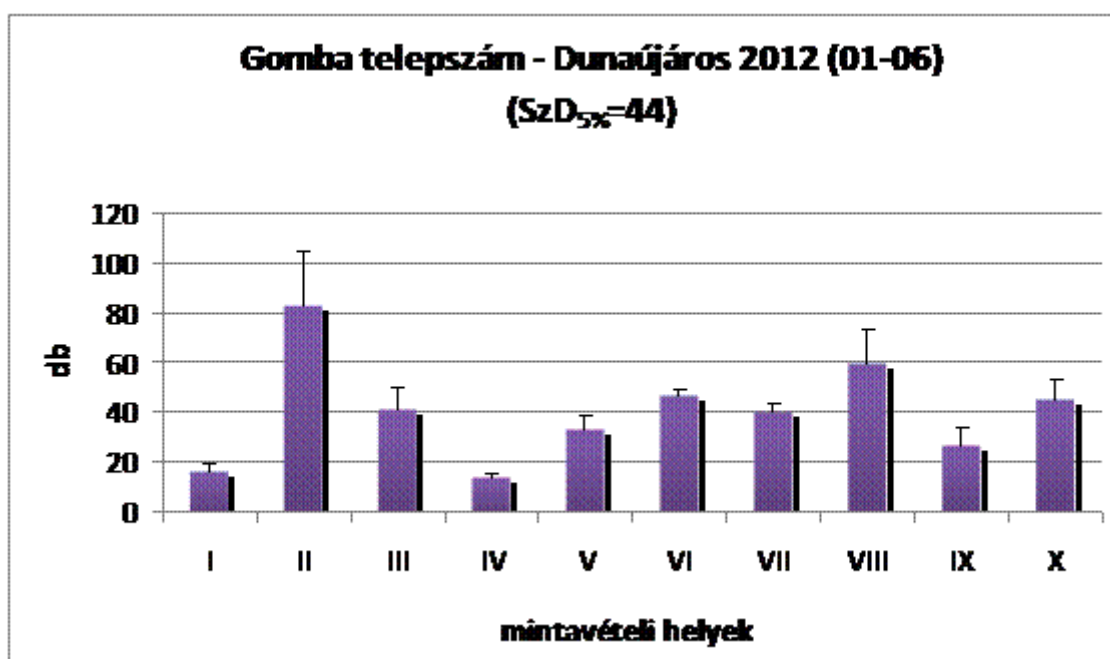
9. ábra: NO_x és az ózon szezonális alakulása 2009-ben Dunaújvárosban

3.2.2. A kitenyészthető baktériumok és gombák helyszín-függő csíraszama

A baktériumok kitenyészthető csíraszámát havonkénti mintavételezéssel állapítottuk meg. Az ún. telepképző egységek számát (colony forming unit, CFU) számoltuk megfelelő inkubáció után (10., 11. ábra).



10. ábra: Kitenyészthető baktériumok mennyisége (CFU db) a levegőben Dunaújváros 10 mintavételi pontján (2012. január-június időszakban)

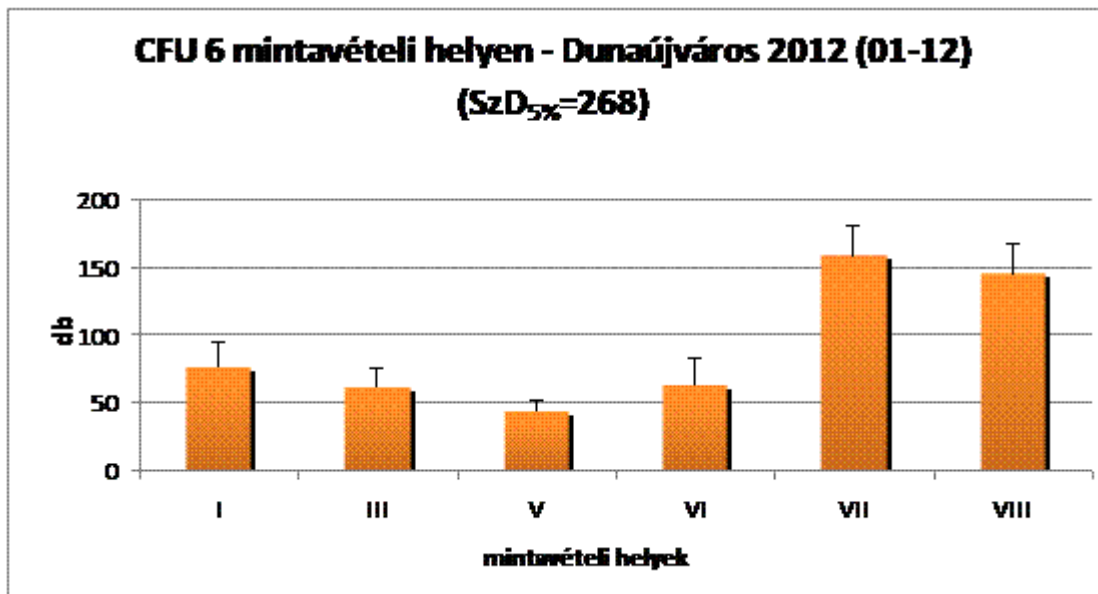


11. ábra: Kitenyészthető mikroszkópikus gombák mennyisége (db) a levegőben Dunaújváros 10 mintavételi pontján (2012. január-június időszakban).

3.2.3. A mikrobiális szennyezettségből adódó különbségek Dunaújvárosban

A Dunaújváros különböző pontján vett talaj- és levegő-minták analízise alapján a város helyszíneit kevésbé és jobban szennyezett részekre lehetett felosztani. A levegő mikrobiológiai vizsgálatainak havonkénti mintavételezését ezért a város 6 kiemelt

helyszínén folytattuk egy teljes vizsgálati év során, 2012. január és december közötti időszakban. Az éves összesített csíraszám-értékeket az egyes mintavételi helyeken a 12. ábra, magát a leszámolandó telepeket, pedig a 13. ábra mutatja be.

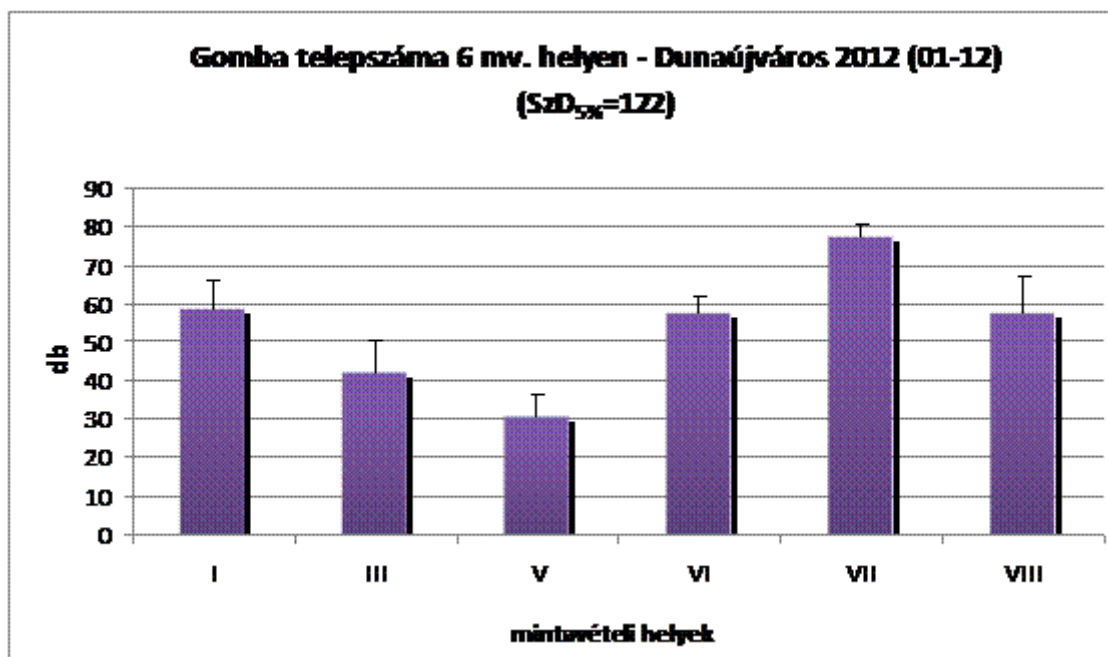


12. ábra: A kitenyészthető baktériumok összesített csíraszám-értékeinek alakulása (CFU db) Dunaújváros 6 mintavételi pontján 2012 január-2012 december közötti időszakban.

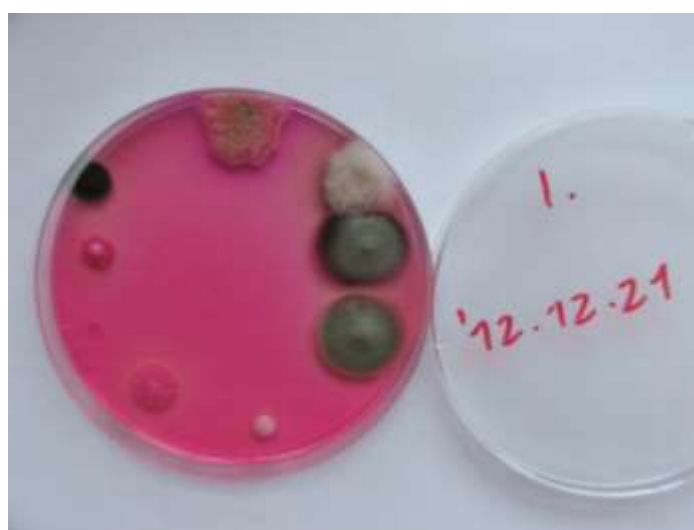


13. ábra: Leszámolandó telepek a nutrient táptalajon (V. helyszín 2012.12. havi mintavételezés)

A kitenyészthető mikroszkópikus gombák csíraszámának alakulását a levegőben Dunaújváros 6 különböző pontján a 14. ábra, a leszámolandó telepeket pedig, a 15. ábra mutatja be.



14. ábra: A kitenyészthető gombák alakulása (gombatelepszám db) Dunaújváros 6 mintavételi pontján 2012 január-2012 december közötti időszakban



15. ábra: Leszámolandó mikroszkópikus gombatelepek a bengál-rózsa (BR) táptalajon (I. helyszín 2012.12. havi mintavételezés)

3.3. A levegő- és a talajminőség közti összefüggések Dunaújvárosban

3.3.1. A korrelációs vizsgálatok eredményei

Ahhoz, hogy megvizsgálhassuk milyen összefüggés van a levegő- és a talajszennyezettség között a vizsgált Dunaújvárosi helyszíneken, korrelációs analízis lefuttatására volt szükség. A korrelációt ROPstat 2.0 programban készítettük el.

A programot 7 (GTSZ, CFU, Zn, Fe, Pb, As, Cr) változóval futtattuk az Anyag és Módszer fejezetben is leírtak szerint. Az eredményeket a 3. táblázat mutatja be.

3. táblázat: Pearson-féle korrelációs mátrix 7 vizsgált változóra

Változó	GTSZ	CFU	Zn	Fe	Pb	As	Cr
GTSZ	1	0.793+	0.856*	0.875*	0.884*	0,704	0,452
CFU	0.793+	1	0.749+	0.916*	0,648	0,559	0,616
Zn	0.856*	0.749+	1	0,729	0.969**	0,648	0.803+
Fe	0.875*	0.916*	0,729	1	0,705	0.794+	0,377
Pb	0.884*	0,648	0.969**	0,705	1	0,665	0,659
As	0,704	0,559	0,648	0.794+	0,665	1	0,22
Cr	0,452	0,616	0.803+	0,377	0,659	0,22	1

(f = 4; +: $p < 0.10$ *: $p < 0.05$ **: $p < 0.01$; A változók teljes függetlenségének Bartlett-féle vizsgálata: $\chi^2(21) =$ végtelen nagy ($p < 0,0000001$); GTSZ – gomba telepszám, CFU – összes kitenyészthető mikrobaszám)

Megállapíthatjuk, hogy a gomba telepszámokkal és a baktériumok kitenyészthető mennyiségével is igen magas korrelációs értékeket kaptunk. A táblázatban ezeket vastagítással kiemeltük. A gombaszámok három nehézfémmeel, így a cinkkel, vassal és az ólommal mutatnak igen jó egyezést. A baktérium csíraszámok ugyanakkor a vizsgált nehézfémek között csak a vas mennyiségével mutatnak jó pozitív összefüggést.

A cink és az ólom-szennyezettség között is nagyon magas korreláció adódott, azaz előfordulásuk általában együttesen jelentkezik az adott helyszíneken.

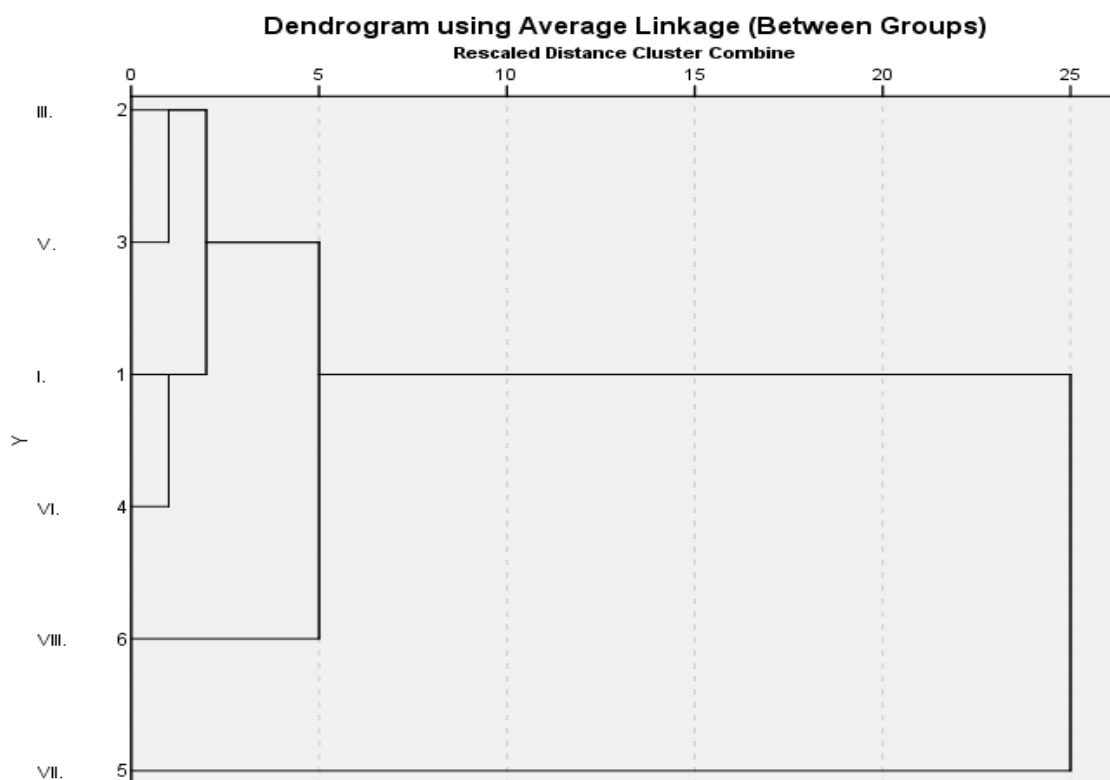
3.3.2. A mintavételi helyszínek közti különbségek matematikai értékelése

Dunaújváros területén 6 mintavételi helyszín levegőminőségi tulajdonságait a mikroorganizmusok számának monitorozásával rendszeresen jellemeztük. Az előzetes vizsgálatok szerint a városban kevésbé és jobban szennyezett területeket különítettünk el. Kérdésként merült fel, hogy vajon az általunk így elkülönített helyszínek között matematikai-statisztikai vizsgálatokkal ki tudunk-e lényegi, szignifikáns különbségeket mutatni.

A hat kiválasztott helyszín összehasonlításához SPSS programot és klaszter analízist használtunk.

Két analízist választottunk ki.

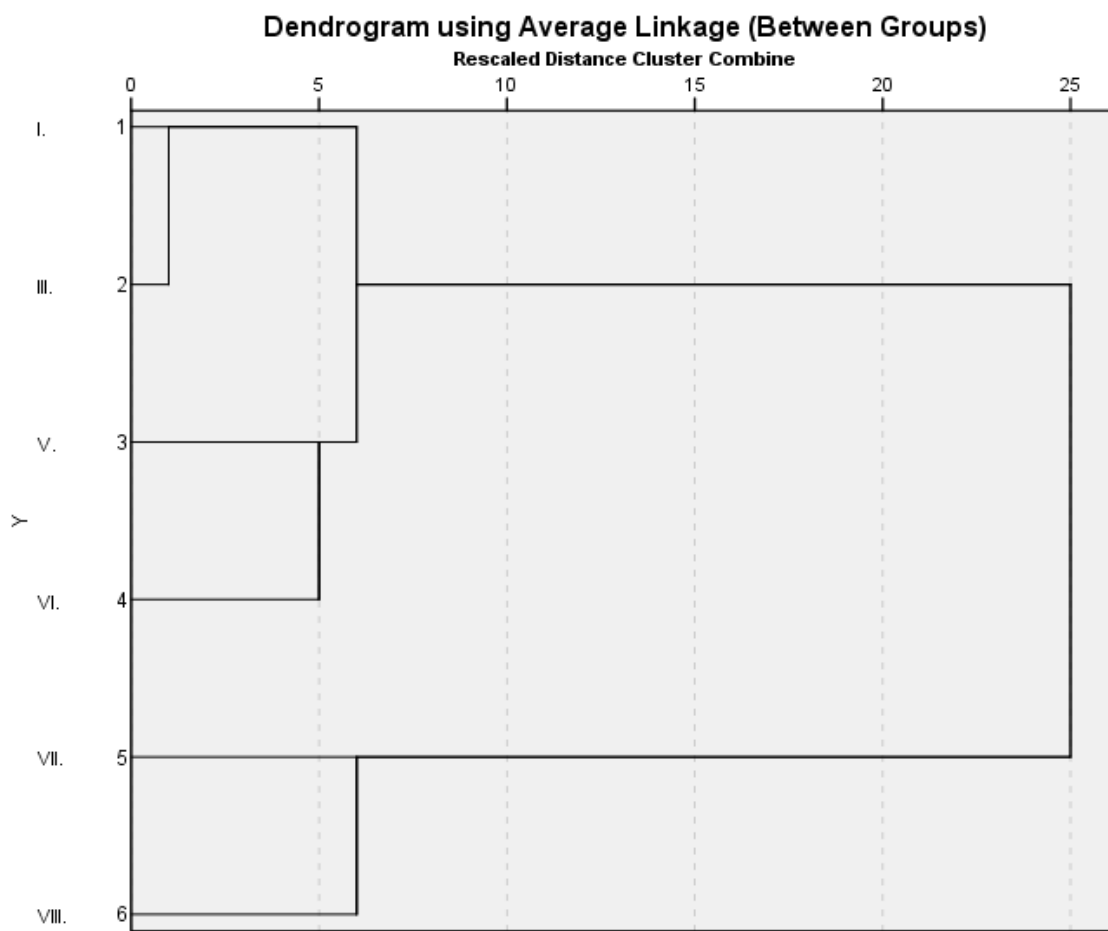
Az elsőben a 7 változó és a 6 helyszín egyszerűsített összehasonlítása történt helyszínenként, ahogy azt a 16. ábra mutatja.



16. ábra: A klaszter analízis eredménye Dunaújvárosi mintavételi helyszínek összehasonlítására a levegőtisztaság kitenyészthető mikrobaszámai alapján

A 16. ábrából jól látszik, hogy leginkább a III. és az V. helyszín hasonlít egymáshoz, majd sorban következnek az I., a VI., majd a VIII. helyszín. A legkevésbé hasonlít a VII. helyszín.

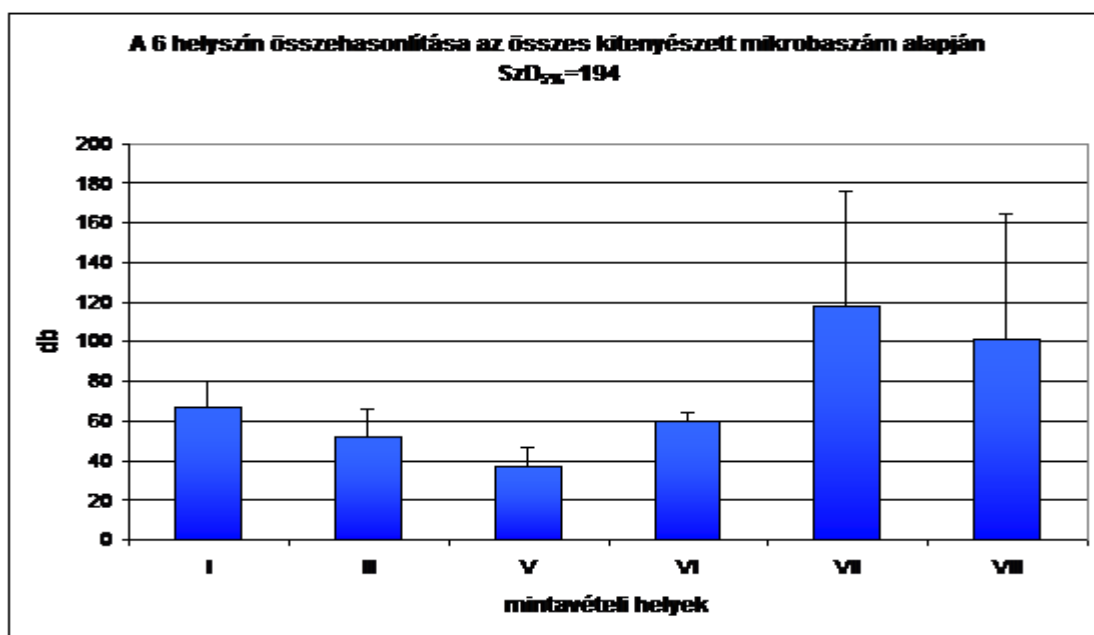
A második analízisben korrelációs összehasonlítást végeztünk a 7 változóval és a 6 helyszínnel (17. ábra).



17. ábra: korrelációs klaszteranalízis

Ebben az összehasonlításban az I. és a III. helyszín korrelál egymással, majd az V. és a VI. Legkevesbé a VII. és VIII. helyszín hasonlít az előző csoporthoz, ugyanakkor a VII. és VIII. helyszín is korrelál egymással.

Megállapíthatjuk, hogy a mikroorganizmusok számának átlagolásával történt összehasonlításnál is hasonló eredményt kaptunk a helyszínek között, mint a klaszteranalízis során. Mindkét vizsgálat eredménye, hogy a VII. helyszín különbözik a leginkább a többi mintavételi helyszíntől (18. ábra).



18. ábra: 6 helyszín összehasonlítása az éves átlag mikrobaszám alapján

Összességében elmondható, hogy a levegő- és talajszennyezettség közötti összefüggést a statisztikai analízisek rendre alátámasztották.

Az eddigi eredményeink alapján a várost kevésbé- és jobban szennyezett területekre, helyszínekre tudtuk felosztani. Ezt az elméletet a mindkét klaszteranalízis eredményeként megerősíthetjük. Az általunk szennyezettebbnek minősített VI. helyszínt azonban ezek a matematikai értékelések a kevésbé szennyezett csoportba tették a tesztelt tulajdonságai alapján. A legszennyezettebb csoportba tehát a VII-es és VIII-as helyszínek kerültek, matematikai elemzésekkel is igazolt módon.

Ezek az eredmények alátámasztják a Dunaújvárosi helyszínekre vonatkozó korábbi tudományos közleményeket (Biró, Domonkos, Kiss 2012; Biró et al. 2013, Domonkos, Biró és Forró, 2012). A matematikai analízis a mikrobiológiai módszerekkel kimutatott erősebb szennyezettséghez viszonyítva az egyik mintavételi helyszínt a kevésbé szennyezett, tehát kisebb kockázatot hordozó helyszínhez sorolta.

4. Következtetések és javaslatok

Dunaújváros területén 10 mintavételi helyszínt jelöltünk ki, hogy a levegő szennyezettségét értékeljük. A korábbi 1 pontban végzett hivatalos vizsgálatok 5 évre vonatkozó adatbankját felállítottuk és elemeztük előző TDK munkában a különböző szennyezők előfordulását (Lakatos, 2012). A napi, heti, havonkénti, szezonális és évjáratí adatok alapján szezonális dinamikát állapítottunk meg egyes szennyezőkre, így az ózon és a NO_x értékek alakulására. A porszennyezettséggel kapcsolatban éves szinten egyenletes lefedettséget állapíthattunk meg.

A talajok leginkább előforduló szennyezői közül a szerves nehézfémek és a szerves TPH, PAH mennyiségét elemeztük a város 10 mintavételi helyén. Megállapítottuk, hogy az engedélyezett határértékeket a szerves szennyezők mennyisége közelíti a leginkább. A szerves szennyezők mennyiségében a vizsgált helyszínek között akár 3-szoros eltérések is lehetnek.

A legszennyezettebb helyeken a levegő mikrobiológiai tulajdonságai is jelzik a szennyezettséget. Pozitív összefüggés adódott a mikroorganizmusok kitenyészthető száma és a szennyezettség mértéke között. Ezeket a feltételezett összefüggéseket matematikai eszközökkel is alá lehetett támasztani. A nagyobb mikrobás csíraszám a levegőben lévő szennyezőkhöz való tapadás miatt adódik. Mivel a por-szennyezés a legkritikusabb Dunaújvárosban, így adódik annak a lehetősége, hogy a kitenyészett mikroorganizmusok is porhoz tapadva élnek túl és ezért kaptunk magasabb értékeket. A mikrobák porral kapcsolatos viselkedését már korábbi TDK munkánkban is vizsgáltuk (Lakatos, 2012). Megállapítottuk, hogy a különböző stratégiával rendelkező mikrobacsoportok nem azonos mértékben élnek túl a por felületén. A kis tápanyagigényű és lassúbb szaporodású mikrobák a szennyezettséget jobban képesek elviselni a gyorsabb szaporodású és nagy tápanyagigényű társaiknál. A mikroorganizmusok az előzetes eredményeink alapján is jól jelezhetik, indikálhatják a környezetszennyezés mértékét.

A városi vizsgált 6 mintaterület közül 2 matematikailag is igazolt módon bizonyult szennyezettnek, így a jelenlegi hivatalos mintavételi 6-os pontot továbbiakkal javasolt kiegészíteni, ha nem is olyan rendszerességgel, de a legkritikusabb szennyezőkre (így a Zn, Cd nehézfémekre és a TPH, PAH szennyezőkre).

5. Összefoglalás

Dunaújváros levegőminőségét vizsgáltuk egy teljes év során havonkénti mintavételezéssel a város 10-majd később 6 mintavételi helyszínén. A város egy adott mintavételi pontján rendszeres mérések vannak és ezeket online országos szinten is követni lehet. A városban igen kritikus porszennyezettség (PM_{10}) mérése mellett, a legfontosabb szennyező gázok (NO_x , SO_x , CO_2) mennyiségét is rendre analizálják. Ezek adatbázisát és a szennyezőkre vonatkozó szezonális, évjáratí összefüggéseket korábbi TDK munkában mutattuk be (Lakatos, 2012).

A levegőminőség mellett a városban igen hiányzó adatokat gyűjtöttünk a talajok szennyezettségére vonatkoztatva is. Ez még a hivatalos egy ponton kivitelezett levegőminőség-vizsgálati helyszínre is hiánypótló. TÁMOP és EU-fp7 támogatású projektben előzetesen 10 dunaújvárosi helyszín talajszennyezettségét vizsgáltuk. Ennek eredményei alapján 3-3 kevésbé és jobban szennyezett mintavételi pontot jelöltünk ki a további rendszeres vizsgálatokra. A levegő-minőséget havonta monitoroztuk, a kitenyészthető összes baktérium és gomba számot szelektív táplemezek (Nutrient, Martin agar) tenyésztettük ki és inkubálás után feljegyeztük a kinőtt telepkező egységeket (CFU). A talajminőséget évente 1 alkalommal mintáztuk a 0-20 és a 20-40 cm-es talajrétegekből a legfontosabb szervetlen és szerves szennyezőkre (nehézfémek, PAH, TPH). Matematikai statisztikai vizsgálatok segítségével összefüggéseket kerestünk a levegő mikrobiológiai állapota és a talajminőség között a kiválasztott városi vizsgálati helyszíneken. Hipotézisünk szerint a levegő szennyezettsége hatással van a talajok állapotára is. A talajok minőségéről a városban eddig nem voltak vizsgálati eredmények.

A mért paraméterekben mutatkozó erősen helyszín-függő különbségek felhívják a figyelmet az ipari tevékenység és a közlekedési hatások fokozottabb figyelembevételének szükségességére a környezetminőség értékelésénél. A kiválasztott 6 mintavételi pont közül 2 (a VII-os és a VIII-es) bizonyultak a leginkább szennyezettnek. Eredményeink alapján a rendszeresebb monitorozást ezekkel a helyszínekkel bővíteni szükséges a legkritikusabb szervetlen (Zn, Fe, Cd) és szerves (TPH, PAH) szennyezőkre legalább az eddig is kivitelezett évenkénti 1 alkalommal. A levegőminőség adatbázisát újabb adatokkal, információkkal, talajvédelmi adatokkal egészítettük ki.

6. Irodalomjegyzék

- ANGERER IP., BIRÓ B, KÖVES-PÉCHY K, ANTON A, KISS E. (1998): Indicator microbes of chlorsulfuron addition detected by a simplified soil dilution method. *Agrokémia Talajtan*, 47: 297-305.
- BIRÓ B, SZEGI J (1994): Some problems of soil contamination and remediation in Hungary. *Acta Biologica Debrecina Oecologica Hungarica*, 5: 483-488.
- BIRÓ B (2002): Talaj és rhizobiológiai eszközökkel a fenntartható növénytermesztés és környezetminőség szolgálatában. *Acta Agronomica Hungarica*, 50: 77-85.
- BIRÓ B, DOMONKOS M, KISS E. (2012): Catabolic FDA microbiological activity as site-dependent monitoring tool in soils of an industrial town. *International Review of Applied Science and Engeneering*, 3 (2012) 1, 1–6.,
- BIRÓ B., SAJTOS L., ZSUPOS G., DOMONKOS M., KISS E. (2012): Néhány szerves és szervesetlen szennyezőanyag egy ipari város talajaiban. Vol. 3: 230-234. In: Erdei Ferenc VI. Tudományos Konferencia: Válságkezelés a tudomány eszközeivel (szerk: Árpád F). 2011. aug. 25-26. Kecskemét.
- DOMONKOS M. (2009): Szennyezés eloszlás horizontális és vertikális értékelése mikrobiológiai módszerrel repülőtéri talajban. Szakdolgozat. p. 3-30. SZIE-MKK, Gödöllő
- DOMONKOS M., BIRÓ B., FORRÓ E. (2012): Adatok hazai talajok használatától és humuszminőségtől is függő terhelhetőségéhez. In: Galbács Z. (szerk.) *Proc. of Internat Symposium on analytical and environmental problems, with special emphasis on heavy metal ions as contaminants*. Szeged, 2012.09.24, Szegedi Akadémiai Bizottság, pp. 161-165
- DOMONKOS M, FERENCZI A, MADARÁSZ B, FORRÓ E, BIRÓ B. (2013): Néhány talaj környezeti terhelhetősége. A humuszmennyiség és az FDA enzimaktivitás kezdeti monitoring eredményei. In: : „*Talajtan a mezőgazdaság, a vidékfejlesztés és a környezetgazdálkodás szolgálatában*”. (Szerk.: Szabóné Kele G.), Magyar Talajtani Társaság Talajtani Vándorgyűlése, 2012 aug. 23-25, Miskolc., Talajvédelem. Suppl. pp. 135-142.

- KALLÓ D. (1999): Katalitikus eljárások a környezetvédelemben, Veszprémi Egyetem Kiadó, Veszprém
- KÁDÁR I. (1995): A talaj-növény-állat-ember tápláléklánc szennyeződése kémiai elemekkel Magyarországon. Akaprint, MTA TAKI, Budapest. pp. 150.
- LAKATOS J (2012): Dunaújváros levegőminőségének értékelése monitoring adatok és mikrobiológiai vizsgálatok alapján. TDK dolgozat. Dunaújvárosi Főiskola, pp. 40.
- LUX G (2006): Indusztria gyermekei: Magyar Iparvárosok a XX. században. Tér és Társadalom (Könyvjelző) 20. évf. 2006/3. p. 109-158.).
- MIKANOVÁ O, KUBÁT J, MIKHAILOVSKAYA N, VÖRÖS I, BIRÓ B (2001): Influence of heavy metal pollution on some biological parameters in the alluvium of the Litavka river. *Rostlynná Vyroba*, 47: 117-122.
- SAJTOS L. ZSUPOS G. (2011): Dunaújváros környezeti állapotának adatbankja, a levegő és a talajminőség vizsgálata, értékelése. TDK Dolgozat, Dunaújvárosi Főiskola, pp. 38.

Internetes hivatkozások:

- http1: http://www.hidrologia.hu/vandorgyules/28/dolgozatok/mrekva_laszlo1.html
- http2: <http://magyardiplo.hu/archivum/2010-aprilis/189-a-vilag-teljes-elvarosiasodasa>
- http3: <http://www.eea.europa.eu/hu/pressroom/newsreleases/varosiasodas-2013-az-europa-reszerol-figyelmen-kivul-hagyott-kornyezetvedelmi-kihivas>
- http4: http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0027_FHT1/ch01s02.html
- http5: <http://mek.oszk.hu/02100/02185/html/159.html>
- http6: www.soilcam.eu
- http7: <http://www.tiszta.levego.hu/kozlekedes.html>
- http8: http://kht.vpk.bme.hu/files/%C3%A1lland%C3%B3/varosi_kornyezetvedelem_muhialexandra.pdf
- http9: http://atiktvf.zoldhatosag.hu/public_html/hu/020203_O_letoltesek_jogszabalyok_levegotisztasag-vedelmi_jogszabalyok.php
- http10: <http://hu.scribd.com/doc/98752483/Jogi-szabalyozas-a-talajvedelem-területen>

8. Köszönetnyilvánítás

Ezúton mondunk köszönetet konzulensünknek, Prof. Dr. Biró Borbála egyetemi tanárnak a diákköri munka elkészítésében nyújtott szakmai segítségéért, útmutatásaiért, türelméért és azért, hogy ezt a számunkra új és érdekes szakterületet megismerhettük.

Köszönjük külső konzulensünknek Domonkos Mónika PhD hallgatónak a statisztikai feldolgozásokban, az alkalmazott módszerek kivitelezésében nyújtott segítséget és a gyors, mindenre kiterjedő emberi háttér-biztosítását.

Köszönjük Ferenczy Antalnak, a BCE Kertészettudományi Kar Matematika és Informatika Tanszék matematikusának a statisztikai feldolgozásban nyújtott segítségét.

Köszönjük a Dunaújvárosi Főiskola, Műszaki intézet, Természettudományi és Környezetvédelmi Tanszékén kialakított kutatási lehetőséget, a baráti, segítőkész hozzáállást és a Tanszék minden munkatársának és diákjainak az összetartó erejét, bátorító hozzáállását.

A kutatások anyagi támogatását a Dunaújvárosi Főiskolán megvalósított TÁMOP (4.2.2) projekt, valamint az MTA ATK TAKI közreműködésével az EU-FP7-es támogatású Soil-CAM projekt biztosította.

9. Függelék

9.1. Mintavételek környezeti tényezői

4. táblázat: 2012. februári mintavétel

Sorszám	Hőmérséklet (°C)	Nyomás (hPa)	Nyomás (MPa)	Páratartalom (%)	Szélereősség	Napfény
I.	-4,9	1013,3	101,33	38	csend	alkonyat
II.	-1,9	1009,9	100,99	37	enyhe	felhős
III.	-4,1	1016,5	101,65	37	csend	felhős
IV.	1,6	999,7	99,97	25	enyhe	enyhén felhős
V.	-3,6	1012,4	101,24	36	csend	nincs
VI.	-2,8	1004,7	100,47	33	közepes	enyhén felhős
VII.	-5,1	1013,1	101,31	37	csend	nincs
VIII.	1,2	999,1	99,91	24	enyhe	enyhén felhős
IX.	0,9	997,8	99,78	25	enyhe	enyhén felhős
X.	-4,2	1013,4	101,34	36	enyhe	nincs

5. táblázat: 2012. májusi mintavétel

Sorszám	Hőmérséklet (°C)	Nyomás (hPa)	Nyomás (MPa)	Páratartalom (%)	Szélereősség	Napfény
I.	14,8	970,6	97,06	58	enyhe	felhős
II.	13,8	976,2	97,62	65	enyhe	felhős
III.	14,1	976	97,6	61	enyhe	felhős
IV.	13,8	970,7	97,07	67	enyhe	felhős
V.	17	971,1	97,11	60	közepes	napos
VI.	16,2	969,9	96,99	66	enyhe	eső
VII.	16	970,8	97,08	71	enyhe	napos
VIII.	15,5	971,6	97,16	65	közepes	felhős
IX.	16,8	970,5	97,05	60	nincs	enyhén napos
X.	17,3	970,7	97,07	52	enyhe	felhős

6. táblázat: 2012. augusztusi mintavétel

Sorszám	Hőmérséklet (°C)	Nyomás (hPa)	Nyomás (MPa)	Páratartalom (%)	Szélereősség	Napfény
I.	27,1	985,3	98,53	55	enyhe	napos
III.	28,9	990,7	99,07	51	enyhe	napos
V.	30,6	985,3	98,53	45	enyhe	napos
VI.	30,6	984,8	98,48	61	enyhe	napos
VII.	33,5	985,9	98,59	37	enyhe	napos
VIII.	33,4	986,7	98,67	40	enyhe	napos

9.2. A 10 helyszín jellemzése

7. táblázat: A 10 helyszín rövid jellemzése

Sorszám	Borítottság	Kiteltség	Hasznosítás	Ipari területtől való távolság	Közüttől való távolság
I.	növényzet/beton	beépített	városi	5-6km	10m
II.	növényzet/talaj	fásított	rekreációs	3km	800m
III.	növényzet	fásított	rekreációs	4,5km	30m
IV.	beton	kitett	ipari	0km	100m
V.	növényzet	beépített/fásított	városi	0,6km	100m
VI.	talaj	kitett	mezőgazdasági	0,6km	2km
VII.	beton/növényzet	beépített/fásított	városi	1,5km	300m
VIII.	beton	kitett	ipari	0km	10m
IX.	talaj/növényzet	beépített/fásított	városi	1km	10m
X.	beton/növényzet	itt volt minden	városi	4,5km	100m