

XXXI. OTDK
Biológia Szekció

**Dunaújváros levegőminőségének
értékelése monitoring adatok és
mikrobiológiai vizsgálatok alapján.
Adatbank fejlesztése.**

Lakatos János

Gépészmérnök
3. évf.

Konzulens:
Prof. Dr. Biró Borbála
egyetemi tanár

Műszaki Intézet
Természettudományi és Környezetvédelmi tanszék

DUNAÚJVÁROSI FŐISKOLA

DUNAÚJVÁROS
2012. December 27.

Tartalomjegyzék

1.	Irodalmi áttekintés	5
1.1.	Bevezetés, célkitűzés, kutatási háttér	5
1.2.	A légkör összetétele	6
1.3.	A légszennyező anyagok eredete	7
1.4.	A légszennyezés legfőbb forrásai.....	7
1.4.1.	Közlekedés.....	7
1.4.2.	Ipar	8
1.4.3.	Mezőgazdaság.....	8
1.5.	A légszennyezőanyagok terjedése	9
1.5.1.	A lokális légszennyeződés	10
1.5.2.	Regionális hatások	10
1.5.3.	Globális hatások.....	10
1.6.	A légszennyező anyagok és hatásaik.....	11
1.6.1.	Szervetlen vegyületek:.....	11
1.6.2.	Szerves vegyületek	13
1.6.3.	A szálló por (PM ₁₀ , PM _{2,5}).....	13
1.7.	A levegőtisztaság-védelem jogi szabályozása.....	14
1.8.	A levegőszennyezettség mérése	14
1.8.1.	Az immissziómérés.....	14
1.8.2.	Az országos levegőtisztaság-védelmi mérőhálózat	16
1.9.	Dunaújváros környezeti állapotának monitoringja.....	17
1.9.1.	Mérési helyszínek a városban	17
1.9.2.	Vizsgált tulajdonságok.....	17
1.9.3.	A kapott adatok hozzáférése és feldolgozásuk módja	18
2.	Anyag és módszer	18
2.1.	A porszennyezettség mérése fizikai kémiai eszközökkel	18
2.1.1.	A porminták vizuális és színintenzitás szerinti értékelése.....	18
2.1.2.	A porminták elemtartalmának meghatározása.....	19
2.2.	A porszennyezettség mérésének mikrobiológiai eszközei.....	20
2.3.	Az eredmények statisztikai kiértékelése	21
3.	Eredmények	22
3.1.	A szennyezettség internetes adatbankja	22
3.1.1.	A szennyezettségi háttér adatok.....	22
3.1.2.	A levegőszennyező-anyagok határérték-átlépései típusonként	23
3.1.3.	A levegőszennyező-anyagok éves értékeinek alakulása.....	26
3.2.	A porszennyezők vizuális és műszeres vizsgálati eredményei	27
3.2.1.	A bonitálási eredmények alakulása.....	27
3.2.2.	Az elemtartalmak műszeres analízisének eredményei.....	28
3.3.	A porszennyezettség mikrobiológiai vizsgálati eredményei.....	30
4.	Eredmények értékelése	32
4.1.	A szennyezettség internetes adatbankja	32
4.1.1.	A szennyezettségi háttér adatok.....	32
4.1.2.	A levegőszennyező-anyagok határérték-átlépései típusonként	33
4.1.3.	A levegőszennyező-anyagok éves értékeinek alakulása.....	33
4.2.	A porszennyezők vizuális és műszeres vizsgálati eredményei	33
4.2.1.	A bonitálási eredmények alakulása.....	33
4.2.2.	Az elemtartalmak műszeres analízisének eredményei.....	33
4.3.	A porszennyezettség mikrobiológiai vizsgálati eredményei.....	34
5.	Következtetések és javaslatok	35

6.	Összefoglalás	36
7.	Irodalomjegyzék	37
8.	Köszönetnyilvánítás	39
9.	Függelék.....	40
9.1.	A dunaújvárosi mintavételezések térképes ábrázolása.....	40
9.2.	Porminták műszeres elem-analízisének vizsgálati eredményei	41
9.3.	Adatbázis bemutatása	45

DUNAÚJVÁROSI FŐISKOLA
TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI DOLGOZAT

Adatlap

Dolgozat címe:
Dunaújvárosi levegőminőségének értékelése monitoring adatok és mikrobiológiai vizsgálatok alapján. Adatbank létrehozása.

Szerző neve	Neptun kód	Email cím	Aktív félévek száma	Képzés típusa
Lakatos János	RF07QV	scarface-926@hotmail.com	5	N/BSc

Konzulens neve	Beosztása	Email cím	Tanszék
Prof. Dr. Biró Borbála	Egyetemi tanár	birob@mail.duf.hu	Természettudományi és Környezetvédelmi

A dolgozat rövid tartalma
Dunaújvárosi levegő-szennyezettségi adatok feldolgozására került sor több évre visszamenőleg internetes adatbázisból. A vizsgálat során a legfontosabb légszennyező anyagokat vettük számba, hogy következtethessünk azok dinamikájára és a környezeti elemekkel való összefüggésekre. A porszennyezettségre koncentrálna a minták toxikus elemtartalmát műszeresen és vizuálisan is megállapítottuk. A cink (Zn) mennyiségét a szennyezettség mértékével egyenes arányúnak találtuk, ugyanúgy, ahogy a baktériumok egy csoportjának a csökkenését is a szennyezők hatására. Az így létrejött adatbank az értékelésekkel, demonstratív ábrákkal együtt hiánypótló adatokat szolgáltat a levegő-szennyezettség kockázatának a megítéléséhez a továbbiakban is javasolt folyamatos monitoring során.

2012. december 27.

1. Irodalmi áttekintés

1.1. Bevezetés, célkitűzés, kutatási háttér

A levegő összetétele és minősége jelentősen befolyásolja az emberi élet minőségét. Az emberi tevékenység fontos környezetalakító tényezővé vált. Egy adott terület levegő minőségét elsősorban a lakosság tevékenysége, hatásterületen belüli ipari tevékenységek és a közlekedési emissziók határozzák meg, de a meteorológiát figyelembe véve szerepe lehet a nagyobb távolságról érkező szennyezéseknek is.

A légszennyezettség vizsgálata valamint a csökkentő illetve megelőző intézkedések meghozatala során részletesen kell ismerni az adott térség emissziós forrásait, a kibocsátás mértékét, hogy előre meg tudjuk becsülni a döntések, intézkedések következményeit és hatékonyságát.

Napjainkban a levegőszennyezettség csökkenése már a tudatos beavatkozás következménye. Az Európai Unió által meghatározott környezetvédelmi követelmények kényszerítik az ipari tevékenységek üzemeltetőit a kibocsátások hatékony csökkentésére.

A levegőtisztaság-védelmi stratégia célja – amelynek alapjait képezik a hazai jogszabályok és a nemzetközi egyezmények – hogy az ország minden településén a levegő minősége megfeleljen a jogszabályban előírt követelményeknek, ahol pedig szükséges, környezetvédelmi programot dolgoznak ki.

A dolgot a Dunaújvárosi Főiskola TÁMOP projektje („A régió és a Dunaújvárosi Főiskola valamint az anyagtudomány és a technológia új kihívásai”, Tsz: 4.2.2-08/1/2008-0016) támogatja, amelynek egyik részfeladata a környezeti állapot felmérése és értékelése, valamint egy jól követhető adatbázis létrehozása és folyamatos fejlesztése.

Az említett okok miatt a Dunaújvárosi ipari-városi régióban célként tűztük ki a következőket:

- felderítjük azokat a rendelkezésre álló környezeti adatbázisokat, amelyek a várossal kapcsolatban hozzáférhetők,

- adatokat gyűjtünk a városban a levegő és a talajok szennyezettségére vonatkozóan az utóbbi évekre visszamenőleg,
- megállapítjuk az egyes levegőszennyező anyagok mennyiségi viszonyait, azok szezonális és évjárat dinamikáját,
- Kimutatjuk a légszennyező anyagok, különösen a porszennyezés esetleges kockázatát azáltal, hogy elemezzük az azokban előforduló toxikus elemeket és a porminták mikrobiológiai állapotát is.

1.2. A légkör összetétele

A légkör összetétele a Föld felszínén meglehetősen állandó, túlnyomó része az alsó 10-15 km-es tropopauzában található. A felszíni levegő összetételét a nitrogén (78,082 tf %), az oxigén (20,946 tf %), az argon (0,933 tf %) és a széndioxid (0,038 tf %) adja. A fennmaradó hányadot a kisebb mennyiségben jelen lévő nyomelemek teszi ki, amelyek rendkívül nagy jelentőségűek a légköri folyamatok tekintetében.

Az összetevőket tartózkodási idejük alapján csoportosítva három besorolásról beszélünk:

Állandó: a 10^3 évnél hosszabb tartózkodási idejű gázokat soroljuk ide:

oxigén, nitrogén, argon, neon, hélium, kripton

Változó: az $1 - 10^2$ éves tartózkodási idejű gázok:

szén-dioxid, metán, hidrogén, dinitrogén-oxid, freonok, karbonil-szulfid

Erősen változó: 1 évnél rövidebb tartózkodási idejű gázok:

víz, szén-monoxid, ózon, nitrogén-dioxid, ammónia, kén-dioxid, nem metán szénhidrogének (Mészáros 1993).

A levegőben jelen lévő aeroszol részecskék tartózkodási idejét vizsgálva elmondható, hogy a leghosszabb tartózkodási idővel – 10 nap – a közepes nagyságú részecskék rendelkeznek. A légköri aeroszokok mellett, hogy sugárzások elnyelésével befolyásolják a napfény terjedését, rendkívül fontos szerepet játszanak a víz körforgalmának szabályozásában is.

Az emberi tevékenység hatására tehát a légkörbe kerülhetnek azok a szerves és szervetlen szennyezőanyagok, amelyek a környezetminőségre is nagymértékben hatással vannak. Így az egészség és a környezet védelme érdekében fokozott figyelmet kell fordítani a levegő összetételének változására, a szennyező anyagok levegőbe bocsátásának mértékére.

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 származik. Ezek mértéke azonban elhanyagolható a másik fő forrásból, az antropogén emisszióból származó anyagok mellett, valamint ezen szennyezők összetétele, eloszlása és mennyisége nagyjából állandónak mondható, tehát a természetes emisszió ellen tulajdonképpen nem kell, és nem is lehet védekezni.

Antropogén (emberi) forrásból származó légszennyezők: az emberi tevékenységek következtében létrejövő, a légkörbe kikerülő szennyezőanyagok, amelyek elsősorban a hőerőművek égetéséből, ipari kibocsátásból, közlekedésből, háztartások tüzeléséből, mezőgazdasági kibocsátásból származik, de a bányászatból, valamint a hulladéklerakókból származó terhelést is feltétlenül ide kell sorolnunk. Mivel a levegőszennyezettséget gyakorlatilag teljes egészében – a fent említett okból kifolyólag is - az emberi kibocsátások okozzák, így a továbbiakban légszennyező anyag alatt ezen kibocsátásokat értjük.

Az felsorolt kibocsátók emissziója adja a légkör elsődleges szennyezőit, a légköri reakcióknak „köszönhetően” azonban megjelennek a másodlagos szennyezők is, amelyek már nem feltétlenül a kibocsátás helyén jelentkeznek (globális probléma), mint például a fotokémiai füstköd jellemző komponense, az ózon.

Az antropogén forrásokat tovább osztályozhatjuk a kibocsátás jellege szerint:

- Pontforrások (például kémény)
- Vonalforrások (például közlekedés)
- Diffúz források (például városi kibocsátás)

1.4. A légszennyezés legfőbb forrásai

1.4.1. Közlekedés

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 nitrogénoxiddá alakul. A dízelmotoroknál problémát okoz továbbá, hogy kén-dioxid és korom kibocsátással is számolnunk kell, valamint NO_x emissziója is több mint kétszerese a benzines motorok kibocsátásához képest.

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 teljesen kivonták a kereskedelmi forgalomból - a katalizátorok folyamatos fejlesztésével, valamint a motorkonstrukciók alakításával jelentős mértékben csökkent a szennyezőanyag kibocsátás (Kalló 1999., [http1](#)).

1.4.2. Ipar

Az 1950-es évektől kezdve az addig vezető ipari kibocsátások jelentősége a közúti közlekedés okozta szennyezések rohamos emelkedése mellett kezdett visszaszorulni. Nem szabad azonban megfeledkezni arról, hogy a veszélyes, mérgező anyagok döntő többsége a mai napig ipari kibocsátásokból származik, valamint továbbra is nagy problémát jelent az energiatermelésből származó szennyezés. 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 jelentősen csökkentek, ez azonban elsősorban nem a technológia fejlődésének köszönhető, hanem az üzemek nagy számban történő megszűnésének.

1.4.3. Mezőgazdaság

A földművelés és állattartás korunkban rendkívül fontos, igen nagy mértéket öltött, különösen hazánkban, így a mezőgazdaságból származó légszennyezőkkel is kiemelten fontos foglalkoznunk, hatása ugyanis globális mértékben is jelentkezik. A termelésre alkalmas területek nagy részét erdőterületek kiirtásával érték el, így nem csupán a

felszín jellegének megváltozása okoz problémát, hanem a kivágott fák hiánya is, amelyek – mint ismeretes – a CO₂ megkötésében játszanak fontos szerepet.

A növénytermesztésnél fontos szerepet játszhat egyes növényeknél kigőzölgő metán mennyisége. A hüvelyesek (szója és bab) termesztése esetén a nitrogén-megkötése is módosíthatja a légkör összetételét. Komoly egészségkárosító hatása lehet a szakértelem nélküli permetezésnek is, melynek során túlzott mennyiségű vegyszerek, peszticidek kerülnek a levegőbe. Jelentős hatása van a kerti avarégetésnek, amely következtében mérgező gázok, szilárd részecskék (pernye), poliaromás-szénhidrogének kerülnek a levegőbe. A műtrágyázás a különböző talajok mikrobiológiai folyamatait, a nyomanyagok mennyiségét változtatja meg, nagy problémát jelent ezen vegyszerek használatának túlzásba vitele, amelynek következtében megnő a talajok N₂O kibocsátása (Mészáros 1993).

Az állattartás esetében elmondható, hogy az állatok vizelete számos nitrogénben gazdag szerves anyagot tartalmaz, valamint jelentős a kérődző állatok emésztése során keletkező metán mennyisége is.

A mezőgazdaságból származó légszennyező anyagok azonban odafigyeléssel és a vegyszerek szakszerű felhasználásával jelentősen csökkenthetők. A biológiai eredetű hulladékok komposztálásával – égetés helyett -, a műtrágya használatának csökkentésével, valamint az avarégetés visszaszorításával, tiltásával jelentős eredmények érhetők el.

1.5. A légszennyezőanyagok terjedése

A levegőszennyezést okozó anyagok a kibocsátás helyétől kezdve igen nagy távolságokba juthatnak el, amely következtében számos folyamat játszódik le, így kialakulhatnak másodlagos szennyezőanyagok, amelyek továbbterjedhetnek globális problémákat okozva. Ezek alapján a következő terjedési szakaszokat különböztethetjük meg:

- *levegőterhelés (emisszió):* valamely anyag vagy energia levegőbe juttatása
- *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 korm. r.).

A levegőszennyezettség hatásai lokális, regionális valamint globális szinten egyaránt jelentkeznek, így – főként a globális hatások esetében - a nemzetközi együttműködés különösen fontos a levegőtisztaság-védelem területén is.

1.5.1. A lokális légszennyeződés

A jellemzően 10-20 km kiterjedésű, nagyvárosokban a közvetlenül kibocsátott, elsődleges légszennyezők játszanak fontos szerepet (CO, SO₂), amelyek amellet, hogy károsan hatnak az emberi egészségre, rontják az épületek és műtárgyak állapotát is.

1.5.2. Regionális hatások

Az úgynevezett kontinentális légszennyezők hatása akár 1000 km-es távolságban is észlelhető: Az elsődleges szennyezők kezdenek a háttérbe szorulni, és a légköri reakciók következtében megjelennek a másodlagos komponensek. Az egyik legkritikusabb következmény a savas esők kialakulása, valamint a fotokémiai szmog megjelenése.

1.5.3. Globális hatások

A problémát a hosszú tartózkodási idejű gázok (CO₂, CH₄ stb.) okozzák, amelyek elnyelik a földfelszín által visszavert hosszúhullámú sugárzást, így növelik az üvegházhatást, amelynek következménye a globális felmelegedés (Mészáros 1993).

1.6. A légszennyező anyagok és hatásaik

A levegő aktuális kémiai összetételét a kibocsátott szennyezőanyagok mennyisége és minősége, a kibocsátás intenzitása és helyszíne, a földrajzi elhelyezkedés és topológia és a meteorológiai viszonyok is befolyásolják. Az elsődleges légszennyezők – a már említett módon - (SO_2 , CO, NO, korom) közvetlenül kerülnek a levegőkörnyezetbe, míg a másodlagos szennyezők a különböző kémiai reakciók következtében létrejövő anyagok (O_3 , szulfát-aeroszol). A következőkben a kulcsfontosságú légszennyező anyagok tulajdonságainak ismertetése látható.

1.6.1. Szervetlen vegyületek:

Szén-monoxid: színtelen, szagtalan, íztelen, vízben kevésbé oldódó gáz. Elsősorban a szénvegyületek tökéletlen égése során keletkezik (fosszilis tüzelőanyag, belsőégésű motorok, ipari méretű égetések), természetes úton a szénhidrogének oxidációja során jut a légkörbe. Belégzése után a vérben lévő hemoglobinnal egyesülve akadályozza az oxigénellátást. A mérgezés tünetei: felfájás, nehézlégzés, szív működési zavarok. Hatása bizonyos mértékig reverzibilis, azaz friss levegőt lélegezve a szén-monoxid távozik a szervezetből (http2).

Szén-dioxid: színtelen, szagtalan gáz, a levegőnél nagyobb sűrűségű, az égést nem táplálja. Állatok, növények és mikroorganizmusok légzése során, valamint az emberi tevékenység esetében elsősorban a széntartalmú anyagok égése során kerül a levegőbe. Legfontosabb hatása az üvegházhatás, a globális felmelegedés egyik okozója (http3).

Nitrogén-dioxidok: a levegőszennyezés szempontjából elsősorban a dinitrogén-oxid (N_2O), a nitrogén-oxid (NO) és a nitrogén-dioxid (NO_2) jelentős (http4).

Dinitrogén-oxid: színtelen, nem gyúlékony gáz, kellemes édeskés íze és szaga van. Könnyen cseppfolyósítható, oldhatósága vízben és alkoholban is jó. Kéjgáznak, illetve nevetőgáznak is nevezik. Felhasználják altatógázként, oxigénnel keverve, valamint foghúzásoknál érzéstelenítésre. Elsősorban a talajban élő denitrifikáló baktériumok tevékenysége következtében kerül a légterbe. Jelentősége, hogy a Föld légkörében jelenlévő dinitrogén-oxid gáznak üvegházhatása van.

Nitrogén-monoxid és a nitrogén-dioxid: a nitrogén-monoxidot és nitrogén-dioxidot együttesen NO_x -nek nevezzük. A NO színtelen, szaga nem figyelemfelkeltő, gáz halmazállapotú anyag, erős oxidálószer, míg a NO_2 vöröses-barna, szúrós szagú, savas kémhatású gáz, nagyon reakcióképes. Az NO_x fő természetes forrásai a villámlások. Az

emberi tevékenység eredményeként főként a fosszilis tüzelőanyagok égetése (erőművek, belsőégésű motorok) során kerülnek a levegőbe. A NO_2 nem közvetlenül kerül a levegőbe: nitrogén-monoxid (NO) és egyéb nitrogén-oxidok (NO_x) reakciói során alakul ki.

A nitrogén-dioxid a salétromsav és salétromossav képződése által jelentős szerepet játszik a savas esők kialakulásában, korrodálja és erodálja a fémeket, valamint a mészkőből készült épületek és tárgyakat is rongálja. Élettani hatása, hogy megtámadja a légzőszerveket – szintén a salétromsav és salétromossav képződés miatt -, néhány tíz ppm-es állandó kitettség esetén hatása krónikussá válhat. Legnagyobb problémát a forgalmas nagyvárosokban jelent, a déli órákban ugyanis napsütés hatására - a légköri reakcióknak köszönhetően – ózon keletkezik, amely a fotokémiai füstköd (*Los Angeles-típusú*) „alapvető” folyamata.

Troposzférikus ózon: szúrós szagú, mérgező, vízben oldódó, erősen oxidáló hatású gáz, az egyik legjelentősebb oxidáló- és fertőtlenítőszer. Az emberi szervezetet érintő ózon az úgynevezett földközeli ózon, amely a fotokémiai szmog terméke, tehát elsősorban légköri reakciók következtében jelenik meg a levegőben ([http5](http://5)).

Az élővilágra gyakorolt hatása tekintetében elmondható, hogy gátolja a fotoszintézist, valamint a növények levelének károsodásához vezethet. Az emberi egészségre gyakorolt hatása, hogy irritálja a nyálkahártyát, a szemet, csökkenti a tüdő teljesítőképességét, valamint köhögést és fulladásos tüneteket okozhat.

Kén-dioxid: színtelen, vízben oldékony, szúrós szagú, mérgező gáz, vízzel egyesülve kénessavat, kénsavat képez. Kén-dioxidot a természetben a vulkánok bocsátanak ki, az antropogén forrásokat tekintve elsősorban az erőművek égetéséből, valamint a háztartási tüzelésből származik, de jelentős mennyiség jut a légkörbe az ipari tevékenységek következtében is ([http6](http://6)).

A kén-dioxid a London-típusú füstköd egyik fő komponense, továbbá az egyik legjelentősebb környezetet befolyásoló hatása, hogy a kén-dioxid a savas esők okozója. A talajok elsavanyodása következtében a növények ásványi anyag felvétele is felborulhat, így a növényt könnyebben támadhatják meg különféle kórokozók. A kén-dioxid az épített környezetet is jelentősen károsíthatja. Az egészségre kifejtett hatása, hogy izgatja a légutakat, belélegezve a légutak görcsös állapota alakulhat ki, köhögésre ingerel. Különösen veszélyes a légúti megbetegedésekben szenvedőkre nézve, az

asztmások reagálnak a leghevesebben. A véráramba jutva gátolhatja az oxigénfelvételt, nagy mennyiségben akár halált is okozhat (Zichler et al., 2007).

1.6.2. Szerves vegyületek

A szennyezőanyagok igen nagy csoportját alkotják a szerves szennyezők. Ezeknek veszélyességét jelzi, hogy igen kicsi, mikromennyiségben, azaz sokszor ppb („part per billion”) arányban is mérgezőek, toxikusak lehetnek. A nemzetközi irodalomban elterjedt POP („persistent organic pollutant”) kifejezést ezért magyarul szerves mikroszennyezőként fordítjuk. Ezek a vegyületek, ahogy az az angol nevükben is van sokáig képesek megmaradni (perzisztensek), mivel lebontásuk hosszú időt vehet igénybe. A szerves szennyező anyagok igen nagy részét a bioszféra bocsátja ki. A növényekből számos vegyület szabadul fel, a fűfélék etánt, propánt és alként is termelhetnek. A mikroorganizmusok is ilyen anyagokat exudálnak a talajban, amivel pl. antagonista tulajdonságukat fokozzák és túlélőképességüket növelik ([http7](http://7)).

Igen jelentős ugyanakkor az emberi emisszió is, legfontosabb a fosszilis tüzelőanyagok égetése, gyógyszergyártás, festék- és vegyipar által alkalmazott szerves oldószerek, valamint a földgáz és kőolaj kitermelése, feldolgozása és felhasználása során is jelentős mennyiségű szerves anyag kerül a levegőbe.

A fosszilis tüzelőanyagok tökéletlen égése során további illékony szerves vegyületek kerülnek a levegőbe, például aldehidek, poliaromás szénhidrogének (PAH vegyületek) ([http8](http://8)). Ezek ismert karcinogén, illetve mutagén hatásúak, egyes szerves vegyületek károsítják az immunrendszert, a benzol pedig elváltozásokat okozhat a csontvelőben, amely akár leukémiához is vezethet, míg a toluol az idegrendszert támadja meg és egyebek mellett az emberi érzékenységtől függően erős hallucinációt is okoz.

1.6.3. A szálló por (PM₁₀, PM_{2,5})

Az emberi tevékenységek következtében elsősorban a szén, olaj, fa, hulladék eltüzelése, közúti közlekedés, főként a kétütemű és dízelüzemű motor működése során képződőnek koromrészecskék. Nagy mennyiségben kerülnek a levegőbe természetes forrásból is, vulkánokból, felszíni porlódással, valamint az óceánok sótartalmának párolgása során

(http9). A részecskék kémiai összetétele nagyon változatos, nagy arányban tartalmaznak ammónium-szulfátot, ammóniumnitrátot, szerves vegyületeket és kormot. A korom mellett az ipari tevékenységtől vagy a közlekedési aktivitástól is függően bizonyos toxikus elemeket, nehézfémeket is tartalmazhatnak. Ismert például a vaskohászattal összefüggésbe hozható cink (Zn) mennyiségének feldúsulása, de a közlekedésben használt hajtó- és vivőanyagok kopogás gátló adaléka az ólom (Pb) feldúsulásához vezetett.

Az aeroszol részecskék szórják a fényt, de erősen befolyásolják a látótávolságot is. Egészségügyi hatásuk, hogy asztmát, krónikus légúti megbetegedéseket okozhatnak. De ingerlik a szem kötőhártyáját is. Igen veszélyes a PM_{2,5} frakció, amely méreténél fogva eljut a tüdőhólyagocskákba, és ott megtapadva rontja a sejtfalon át történő oxigéncserét, akár tüdőrákot is okozva.

1.7. A levegőtisztaság-védelem jogi szabályozása

Az emberi egészség védelme, és az egészséges környezet biztosítása érdekében rendkívül fontos a légszennyező anyagok mennyiségének mérséklése, amelynek megvalósulását - a leghatékonyabb módon - a különböző törvények, jogszabályok segítik elő.

A világ valamennyi országában jelentős intézkedések történtek, és történnek – különösen az utóbbi években – a levegő állapotának megóvására. Mivel az egyes légszennyezőanyagok nem csupán az adott országra vannak hatással, nélkülözhetetlen, hogy ezen anyagok kibocsátását globális szinten is szabályozzák. Ez a felismerés az országok nemzetközi szintű összefogását eredményezte, amelynek következtében számos nemzetközi egyezmény is született, ezen egyezmények folyamatos felülvizsgálatával, illetve az eredményesség figyelésével és értékelésével.

1.8. A levegőszennyezettség mérése

1.8.1. Az immissziómérés

A fenti pontokban is részletezett sok negatív hatás miatt nélkülözhetetlen az, hogy a levegőszennyező anyagok NE legyenek mérve mennyiségileg és minőségileg

(összetételük alapján) is. Az adott mérőhelyre jutó szennyezők mennyiségének (*immisszióknak*) a területi és időbeli alakulása minden levegővédelmi intézkedés alapja. Az ilyen szabadlégtérbeli vizsgálatok ezért megelőznek minden, más jellegű vizsgálatot. A szennyezőanyagok vizsgálatát tekintve meg kell még említeni a kibocsátások vizsgálatát (*emmisszió-mérések*), illetve a zárt helyiségek levegőjének vizsgálatát, amely a munkaegészségügy és lakáshigiénia területére tartozik (http10).

Dolgozatunk témájának megfelelően az immissziós méréseket ismertetjük részletesebben.

Az **immisszió mérésével** elérhetővé válik a levegőszennyezettség mértékének, illetve összetételének meghatározása, a meghatározás számos fajtája lehetséges, attól függően, hogy mi a mérés célja.

A mérések kivitelezésük szerint a következők lehetnek:

- alkalomszerű,
- rendszeres, időszakos,
- telepített, szakaszos,
- telepített, folyamatos (Bozó 2001).

A **telepített, szakaszos** méréseket rendszerint automatikus mintavevő készülékekkel végzik. A programozható készülék huzamosabb időn át végzi a levegőmintavételt úgy, hogy meghatározott időpontban újabb mintavevő edényt vagy szűrőt kapcsolnak be.

Folyamatos, telepített mérések automatikus analizátorokkal (air monitoring) végezhetők. A néhány másodperces, vagy néhány perces gyakoriságú mintavételek sorozatát az adatkezelő rendszer a program szerinti átlagolási időtartamra adja meg, megszakítás nélküli üzemben. A mérőeszközök általában telepített konténerekben vannak elhelyezve.

A mérőpontok kijelölésének szempontjai szintén a vizsgálat céljától függnének. A mérőpontnak mindig reprezentatívnak kell lennie. (Forgalmas útkereszteződésben a talajszinttől másfél méter magasságban vett minták reprezentatívak abban az esetben, ha az ott tartózkodó emberek terhelését kívánjuk felderíteni. Ugyanezek a mérések viszont egyáltalában nem reprezentatívak az illető városrész egészére) (http11).

Az állomáskijelölésnél fontos szempont, hogy a *háttérszennyezettséget*, vagy *alap légszennyezettséget* akarunk-e vizsgálni. Háttérszennyezettség esetén az állomást olyan helyen kell elhelyezni, hogy az nagy városoktól 100 km távolságban, forgalmas földi és légi útvonaltól nem érintett helyen legyen, ahol a környéken ismeretek szerint

semmilyen művi, vagy antropogén szennyező forrás nincs. Egy település alapterhelését mérő állomással szemben a követelmények, hogy helyi szennyező források közvetlen hatásától, kéményektől és forgalomtól viszonylag távol helyezkedjen el (ideális hely pl. városok parkja).

1.8.2. Az országos levegőtisztaság-védelmi mérőhálózat

1. Észak-dunántúli Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség:

- Sopron
- Sarród
- Győr
- Tatabánya
- Esztergom
- Dorog

2. Közép-Duna-völgyi Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség

- Salgótarján
- Vác
- Százhalombatta
- Tököl
- Apácatorna

3. Közép-dunántúli Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség

- Devecser
- Ajka
- Veszprém
- Várpalota
- Székesfehérvár
- Dunaújváros

4. Dél-dunántúli Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség

- Komló
- Pécs
- Kisszentmárton

5. Észak-magyarországi Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség

- Putnok
- Eger
- Oszlár

- Kazincbarcika
- Sajószentpéter
- Miskolc
- Hernádszurdok

6. Tiszántúli Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség

- Nyíregyháza
- Debrecen

7. AlsóTisza-vidéki Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség

- Kecskemét
- Szeged ([http12](#))

1.9. Dunaújváros környezeti állapotának monitoringja

1.9.1. Mérési helyszínek a városban

Dunaújvárosban a korábbi 3 monitoring pontból jelenleg 1 üzemel ([http13](#)). Ebben napi rendszerességgel kerülnek vizsgálatra a legfontosabb levegőszennyező gázok és a porszennyezés is, amelyekről évente kiadvány készül Dunaújvárosban ([http 14](#)). Egyre inkább hasznos ismerni a levegőszennyezettség és a talajszennyezettség közötti összefüggéseket is, hogy azokból a környezet- és ember-egészségügyre vonatkozó következtetéseket is levonhassunk. A Dunaújvárosi mérések térképes ábrázolását a függelékben (14. ábra) mutatjuk be.

1.9.2. Vizsgált tulajdonságok

Dunaújvárosban a légszennyezettségi mérőállomáson ([http15](#)) SO₂, NO₂, NO_x, CO, ózon, PM₁₀, NO és UVB szennyezettségi értékeket állapítanak meg napi rendszerességgel.

1.9.3. A kapott adatok hozzáférése és feldolgozásuk módja

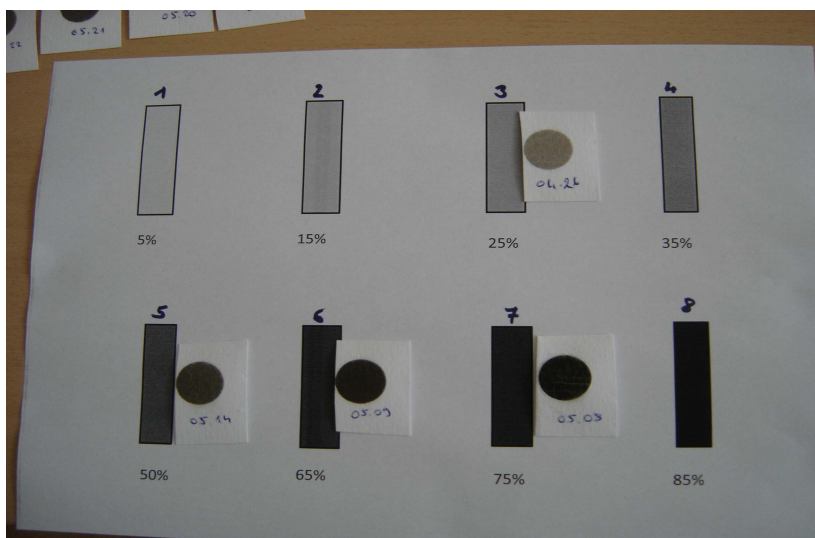
Az Internetről letölthető adatokat begyűjtöttük és abból adatbázist készítettünk excel formátumban (http15). A feldolgozott adatokat a 3. fejezetben mutatjuk be részletesen.

2. Anyag és módszer

2.1. A porszennyezettség mérése fizikai kémiai eszközökkel

2.1.1 A porminták vizuális és színintenzitás szerinti értékelése

A pormintákat az automatikus mérőállomástól kaptuk. Ezeknél jellegük szerint lehetőség volt arra, hogy a színüket egy, a feketeséget jelző színskálához hasonlíthassuk, és vizuális megfigyelést végezzünk. Az ezt segítő színskálát a 1. ábrán mutatjuk be.



1. ábra: A porszennyezettség intenzitásának, azaz a szennyezettség mértékének (%) vizuális kiértékelése színskála segítségével. Fotó Domonkos M.

A színskála segítségével a városban egy hónap alatt, napi gyakorisággal vett pormintákat dolgoztuk fel és elemeztük (bonitáltuk) a szennyezettség mértékét. A bonitálás mellett a porminták színét ETD 020.50 típusú színmérő készülékkel is lemértük.

2.1.2. A porminták elemtartalmának meghatározása

A porminták elemtartalmát igen sokféle módszerrel meg lehet határozni. A különböző módszereket a teljesség igénye nélkül ebben a fejezetben részletezzük.

Analízis induktív csatolású plazma (ICP) spektrometriával

Az ICP egy atomemissziós technika, melyben egy indukciós tekercs elektromágneses terét használjuk fel. Körülbelül 60-75 elem meghatározását teszi lehetővé, egy idejűleg sok elemet mérve, 1-2 perces mérési idővel. (http16) A működés során nemesgázt, legtöbbször argongázt használunk fel, ekkor egy Ar-atomokból és Ar^+ -ionokból, valamint elektronokból álló, magas hőmérsékletű (6000-8000 K) plazma alakul ki. Ebbe a plazmába kerül be a minta. A részecskék által kibocsátott fényt detektáljuk a gáz áramlására merőlegesen vagy azzal párhuzamosan is. A módszer kimutatási határai általában a 0,1-100 ng/ml koncentrációtartományba esnek.

Az ICP előnyei a következők:

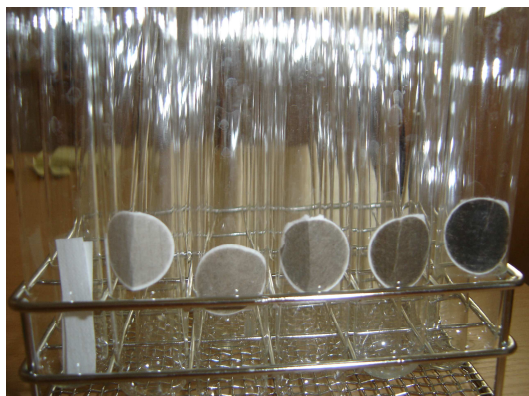
- alkalmas gyors sokelemes meghatározásokra,
- kiváló kimutatási határok a periódusos rendszer mintegy 70-75 elemére,
- az atomemissziós spektrometriához (AES) képest egyszerű spektrumok,
- az ebből adódóan kevesebb spektrális zavarás,
- izotóp-összetétel meghatározható,
- többféle mintavételi rendszerrel kapcsolható, széles linearitási tartománya miatt a fő- és mellékalkotók valamint a nyomelemek egyidejűleg is meghatározhatók (http17).

2.2. A porszennyezettség mérésének mikrobiológiai eszközei

A porok felületükön megtapadt mikroorganizmusokat is tartalmazhatnak. Ezzel az egyéb szennyezők hatását tetézve tovább fokozhatják pl. az ún. allergiás megbetegedések számát is. A porok felületén megtapadt mikroorganizmusok számát, mennyiségét a kitenyészthető mikrobaszám vizsgálatot ún. „csepegtetős módszerrel” készítettük el (Biró & Angerer 1997). Ehhez különféle táplemezekre volt szükség a vizsgálni kívánt mikroorganizmusok szerint, így Nutrient (N, fehér) táplemez az összes csíraszámhoz és Rózsa-Bengál (RB, rózsaszín) táplemez a mikroszkopikus gombákhoz (Domonkos 2009) (2., 3. ábra).



2. ábra: Kiöntött táplemezek a pormintákon előforduló mikroorganizmusok (mikroszkopikus gombák és baktériumok) kitenyészthető csíraszámának a vizsgálatához, fotó: Domonkos M.



3. ábra: Levegőminták előkészítése mikrobiológiai tulajdonságok vizsgálatához, azaz hígítási sor készítéséhez kémcsövekben, fotó: Domonkos M.

2.3. Az eredmények statisztikai kiértékelése

A kapott adatokat átlagoltuk és szórást is számoltunk. Ha az ismétlések száma engedte, akkor varianciaanalízis (VA) segítségével számoltuk ki a szórások értékeit. Az 5%-os szinten szignifikáns ($LSD_{5\%}$) értékeket az ábrákon, vagy a táblázatoknál is jelöltük.

3. Eredmények

3.1. A szennyezettség internetes adatbankja

3.1.1. A szennyezettségi háttéradatak

1. táblázat: A manuális mérőhálózat mérőhelyei Dunaújvárosban és működőképességük a 2004-2006 közötti időszakban

Mérőhelyek	NO ₂			SO ₂			üledő por		
	2004.	2005.	2006.	2004.	2005.	2006.	2004.	2005.	2006.
Vasmű, IX. Kapu 17716417	-	-	-	-	-	-	+	+	+
Papírgyári út 4-6. Partfigyelő 17846427	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Lajos király körút 26. Lórántffy Szakk. 17946401	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Városház tér 2. Városháza 18006418	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Megj.: A Papírgyári úti Vízműnél, az Építők úti strandon, a Barátság úti Óvodánál, a Bólyai János utcai Bölcsődénél, az Apáczai Csere János utcai Vízműnél, a Jókai Mór utcai Iskolánál, valamint a Szent István téri Szennyvíz átemelőnél lévő manuális mérőhelyek 2004. április 5. után megszűntek.

3.1.2. A levegőszennyező-anyagok határérték-átlépései típusonként

2. táblázat: A szén-monoxid (CO) mennyiségének évenkénti alakulása a vizsgált időszakban, a határérték-túllépések jelölésével.

CO mennyisége	órás		24 órás		éves	
	maximum ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	határérték túllépés, db	maximum ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	határérték túllépés, db	maximum ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	határérték túllépés, db
2003	9240	0	5525,71	1	553,69	0
2004	7470	0	3300,86	0	529,74	0
2005	6610	0	3000,29	0	438,79	0
2006	13330	16	10205,00	11	966,83	0
2007	6094	0	3020,00	0	569,65	0
2008	5702	0	2783,75	0	493,15	0
2009	7959	0	3318,53	0	442,73	0

3. táblázat: A nitrogén-oxidok (NO_x) mennyiségének évenkénti alakulása a vizsgált időszakban, a határérték-túllépések kiemelésével.

NO _x mennyisége	órás		24 órás		éves	
	maximum ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	határérték túllépés, db	maximum ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	határérték túllépés, db	maximum ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	határérték túllépés, db
2003	591,0	15	101,6	0	21,08	0
2004	342,3	21	70,5	0	18,49	0
2005	375,0	43	107,8	0	22,30	0
2006	860,1	50	133,1	0	25,18	0
2007	455,7	32	76,1	0	22,90	0
2008	589,0	26	167,8	1	22,61	0
2009	643,2	31	109,5	0	23,79	0

4. táblázat: A nitrogén-monoxid (NO) mennyiségének évenkénti alakulása a vizsgált időszakban, a határérték-túllépések kiemelésével.

NO	órás		24 órás		éves	
	maximum (µg/m ³)	határérték túllépés, db	maximum (µg/m ³)	határérték túllépés, db	maximum (µg/m ³)	határérték túllépés, db
2003	333,0	Nincs határérték	38,6	Nincs határérték	9,47	Nincs határérték
2004	214,8		24,5		5,37	
2005	280,4		34,5		6,02	
2006	496,6		57,3		6,35	
2007	236,5		26,9		4,59	
2008	322,8		80,5		4,48	
2009	368,4		50,2		4,97	

5. táblázat: A nitrogén-dioxid (NO₂) mennyiségének évenkénti alakulása a vizsgált időszakban, a határérték-túllépések kiemelésével.

NO ₂	órás		24 órás		éves	
	maximum (µg/m ³)	határérték túllépés, db	maximum (µg/m ³)	határérték túllépés, db	maximum (µg/m ³)	határérték túllépés, db
2003	140,1	8	43,7	0	18,91	0
2004	98,1	0	40,5	0	15,27	0
2005	126,9	16	59,0	0	17,97	0
2006	125,0	16	61,4	0	20,56	0
2007	133,3	22	47,4	0	19,14	0
2008	112,7	2	44,3	0	18,53	0
2009	117,4	12	49,5	0	19,17 _{nox}	0

6. táblázat: A kén-dioxid (SO₂) mennyiségének évenkénti alakulása a vizsgált időszakban, a határérték-túllépések kiemelésével.

SO ₂	órás		24 órás		éves	
	maximum (µg/m ³)	határérték túllépés, db	maximum (µg/m ³)	határérték túllépés, db	maximum (µg/m ³)	határérték túllépés, db
2003	233,6	0	176,1	17	49,70	0
2004	283,9	3	109,3	0	13,98	0
2005	209,3	0	43,2	0	6,91	0
2006	139,2	0	63,0	0	6,74	0
2007	170,7	0	35,1	0	5,65	0
2008	189,8	0	60,0	0	8,14	0
2009	186,0	0	93,1	0	6,14	0

7. táblázat: Az ózon (O₃) mennyiségének évenkénti alakulása a vizsgált időszakban, a határérték-túllépések kiemelésével.

O ₃	órás		24 órás*		éves**	
	maximum (µg/m ³)	határérték túllépés, db	maximum (µg/m ³)	határérték túllépés, db	maximum (µg/m ³)	határérték túllépés, db
2003	197,0	Nincs határérték	166,08***	20	33,08	Nincs határérték
2004	164,1		132,21	42	77,93	
2005	181,0		153,48	61	87,37	
2006	187,9		170,36	64	85,13	
2007	198,2		165,19	72	86,00	
2008	167,2		148,11	54	77,88	
2009	249,3		150,91	58	82,26	

*Napi 8 órás mozgó átlagkoncentrációk maximuma.

**8 órás futó átlag napi maximumainak átlaga, egy naptári éven belül.

***8 órás középérték, mely egy nem-átfedő mozgó átlag.

8. táblázat: A szálló por (PM10) mennyiségének évenkénti alakulása a vizsgált időszakban, a határérték-túllépések kiemelésével.

PM ₁₀	órás		24 órás		éves	
	maximum (µg/m ³)	határérték túllépés, db	maximum (µg/m ³)	határérték túllépés, db	maximum (µg/m ³)	határérték túllépés, db
2003	154,0	Nincs határérték	85,4	8	23,60	0
2004	211,7		83,9	19	23,96	0
2005	185,5		101,8	26	24,59	0
2006	742,6		164,4	61	35,01	0
2007	290,2		128,5	26	25,02	0
2008	238,1		103,4	20	22,93	0
2009	168,7		75,5	27	24,06	0

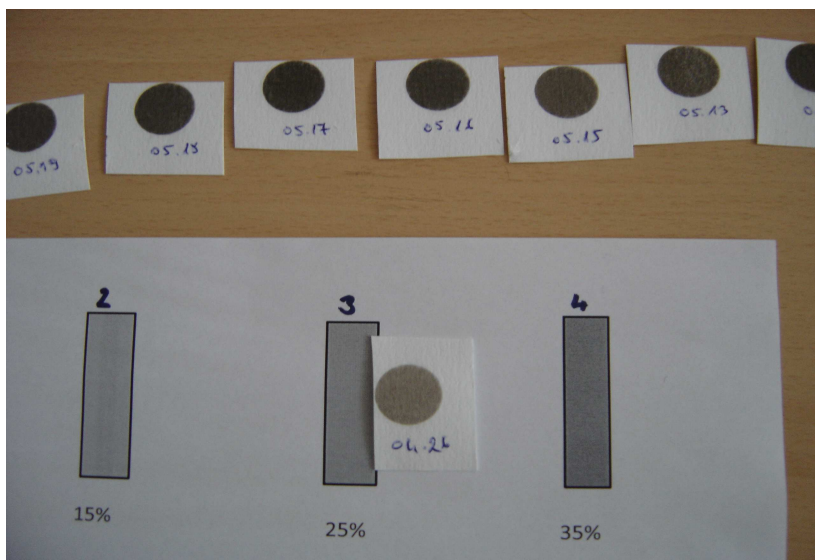
3.1.3. A levegőszennyező-anyagok éves értékeinek alakulása

9. táblázat: Dunaújváros területén mért egyes légszennyező anyagok mennyiségének alakulása az anyaguk, típusuk szerinti bontásban a vizsgált időintervallumban.

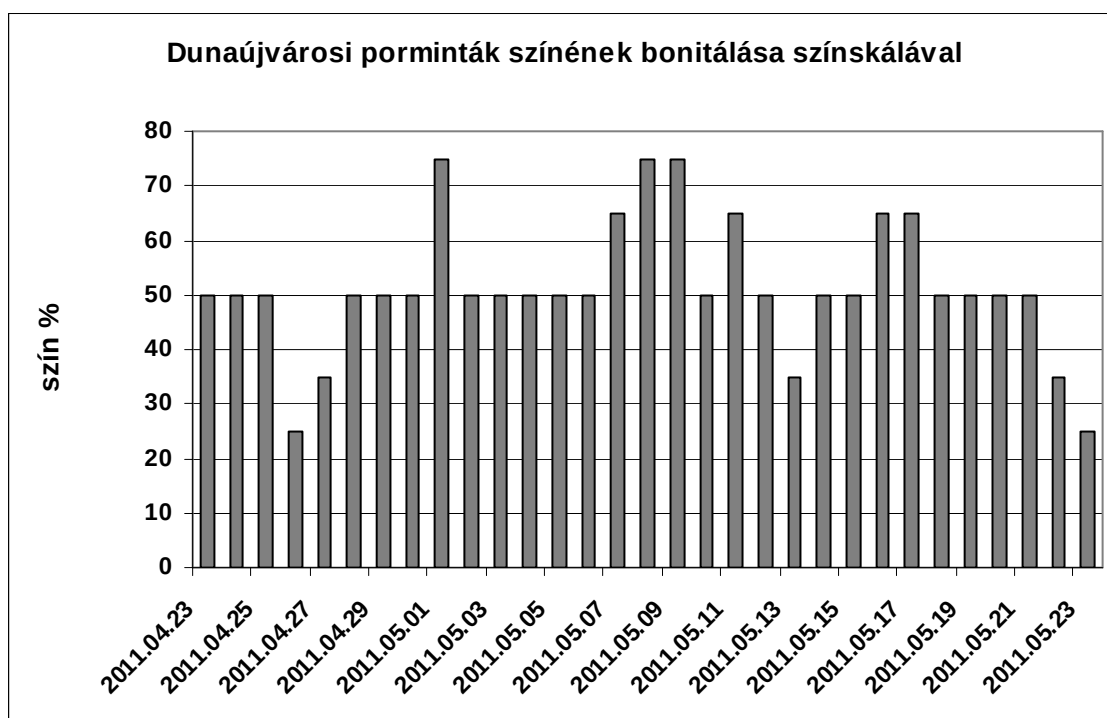
Légszennyezők típusonként, évenként	SO ₂	NO ₂	NO _x	CO	O ₃	PM ₁₀	NO
	éves átlagok (µg/m ³)						
2003.	44,70	18,91	21,08	539,69	38,08	23,60	9,47
2004.	13,98	15,27	18,49	529,74	77,93	23,96	5,37
2005.	6,91	17,97	22,30	438,79	87,37	24,59	6,02
2006.	6,74	20,56	25,18	966,83	85,13	35,01	6,35
2007.	5,65	19,14	22,90	569,65	86,00	25,02	4,59
2008.	8,14	18,53	22,61	493,15	77,88	22,93	4,48
2009.	6,14	19,17	23,79	442,73	82,26	24,06	n.a.
2010.	10,13	n.a.	19,49	353,25	69,11	22,11	n.a.
2011.	10,50	n.a.	26,46	493,48	76,35	31,24	n.a.

3.2. A porszennyezők vizuális és műszeres vizsgálati eredményei

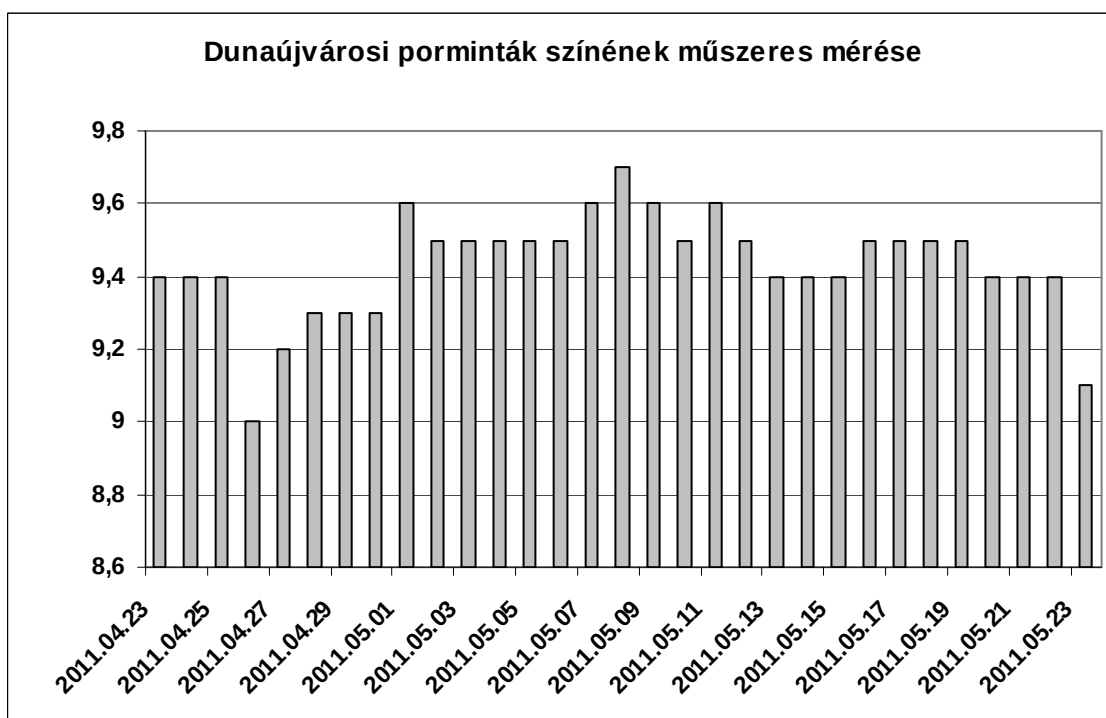
3.2.1 A bonitálási eredmények alakulása



4. ábra: A 2011.04.26-ai pormintavétel színmélységének meghatározása, a bonitálást segítő színskála segítségével, fotó: Domonkos M.



5. ábra: Dunaújvárosi porminták szennyezettségének megítélése színskála szerinti vizuális bonitálás alapján egy hónapi mintavétel során.

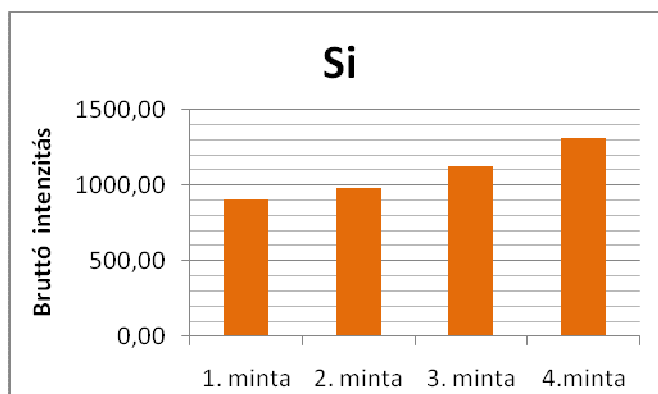


6. ábra: Dunaújvárosi porminták szennyezettségének műszeres színmérése ETD 020.50 típusú műszer segítségével

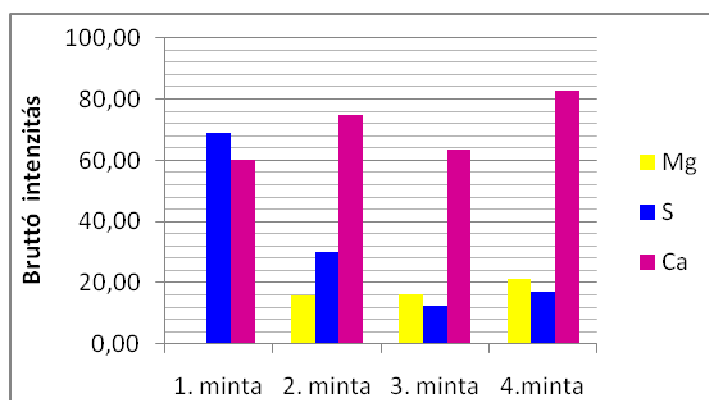
3.2.2. Az elemtartalmak műszeres analízisének eredményei

10. táblázat: Dunaújvárosi légszennyezettségi minták műszeres elem-analízisének eredményei 4 napi mintán (BMGTE, Budapest, 2011).

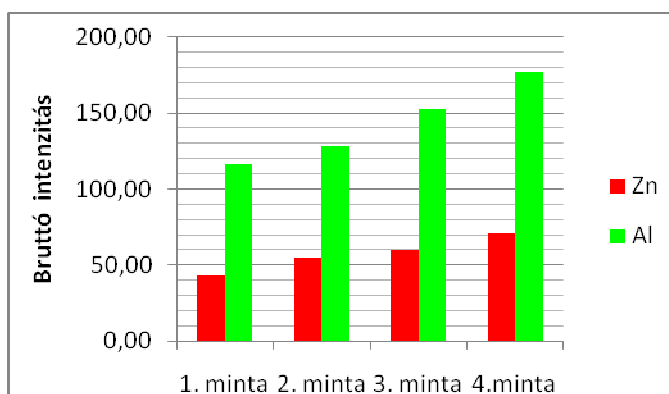
	mezoelemek				nehézfémek			
elemek	Si	Mg	S	Ca	Zn	Al	összesen	átlag
1. minta	902,02	0,00	68,97	60,16	43,07	116,51	1190,73	198,46
2. minta	984,12	15,97	29,99	74,79	54,91	128,52	1288,30	214,72
3. minta	1120,46	16,39	12,32	63,42	60,32	152,82	1425,73	237,62
4. minta	1313,57	21,28	17,07	82,62	70,85	176,67	1682,06	280,34
átlag	1080,04	13,41	32,09	70,25	57,29	143,63	1396,71	



7. ábra: A szilícium (Si) mennyiségének alakulása a Dunaújvárosi levegőszennyezettségi mintákon. (Budapest, BMGTE, 2011)

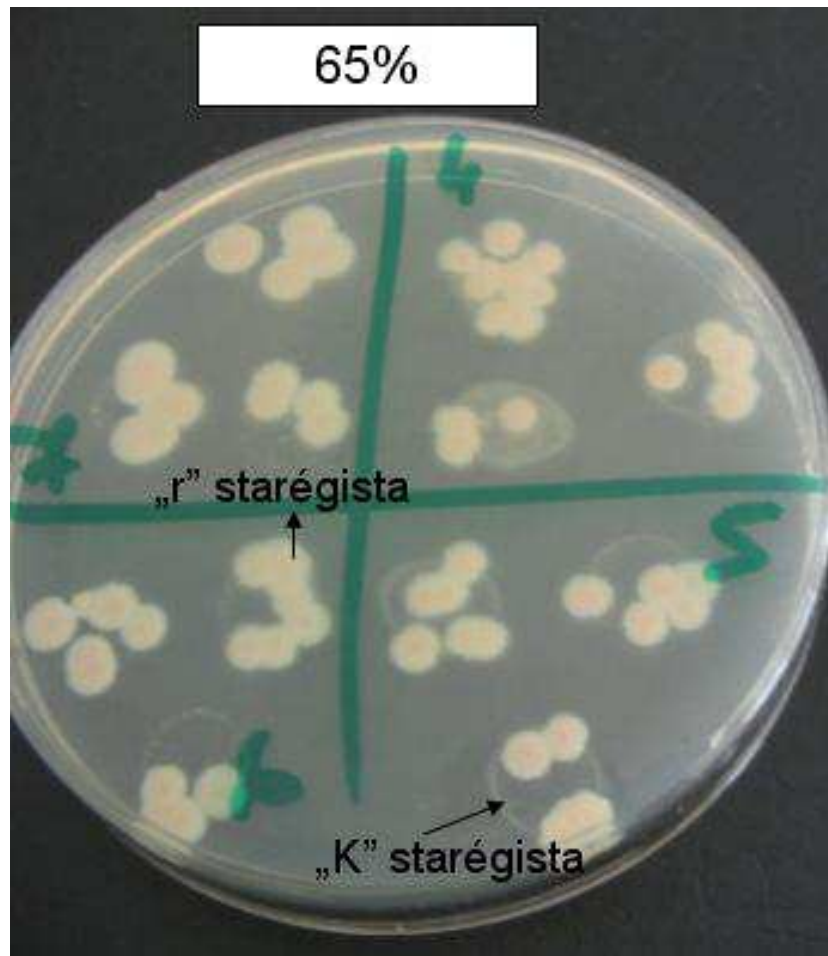


8. ábra: A magnézium (Mg), a kén (S) és a kalcium (Ca) mennyiségének alakulása a Dunaújvárosi levegőszennyezettségi mintákon. (Budapest, BMGTE, 2011)

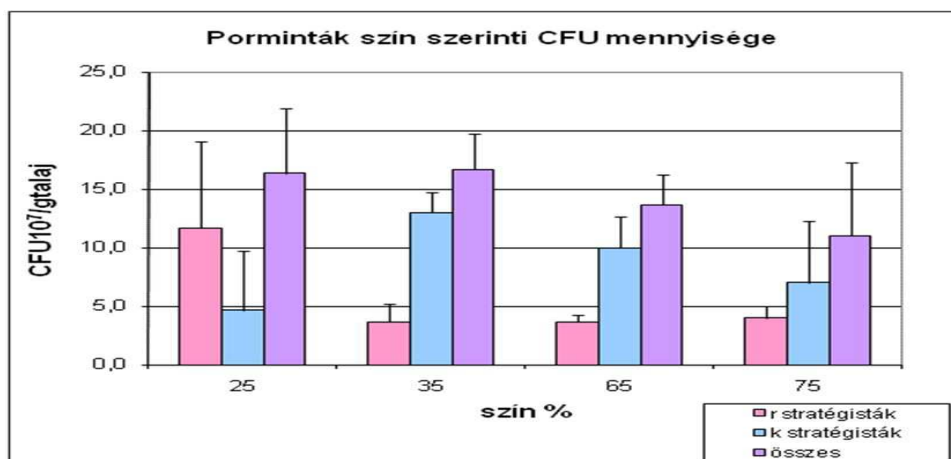


9. ábra: A cink (Zn) és az alumínium (Al) mennyiségének alakulása a Dunaújvárosi levegőszennyezettségi mintákon. (Budapest, BMGTE, 2011)

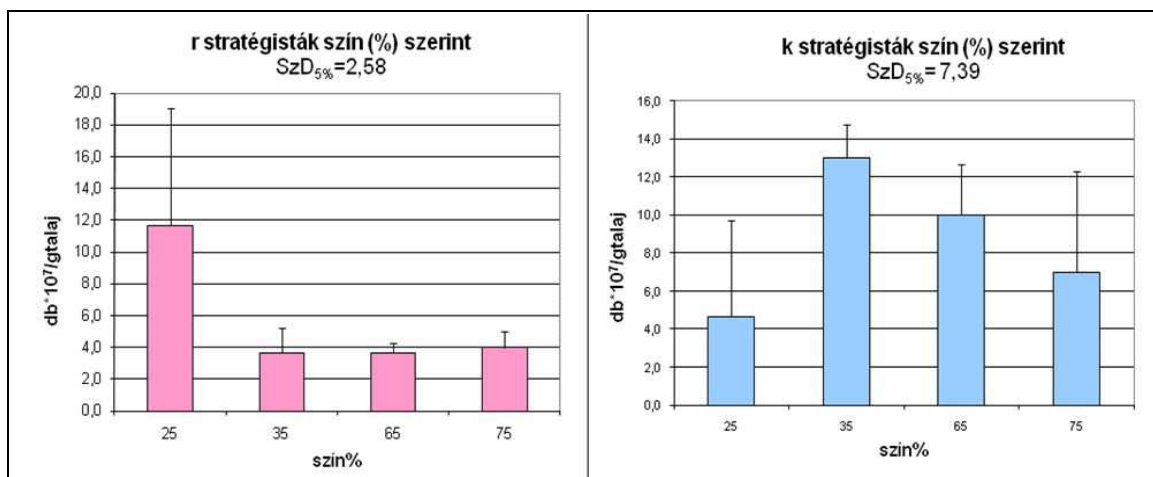
3.3. A porszennyezettség mikrobiológiai vizsgálati eredményei



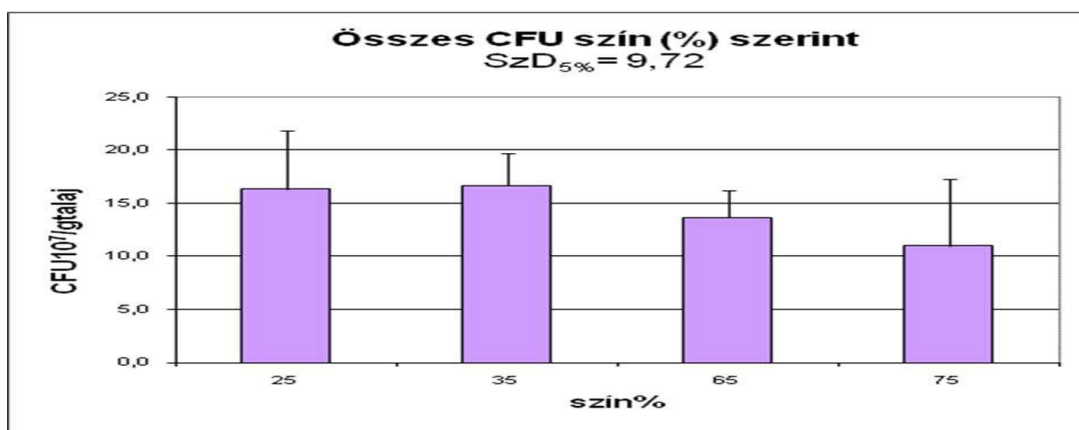
10. ábra: A 65%-os borítottságú minta csíraszámának vizsgálati módszere kicsöpögtetése, „r” és „K” starégista telepek, fotó: Domonkos M.



11. ábra: Levegő(por)minták mikrobiológiai vizsgálati eredményeinek alakulása a szennyezettség mértéke (színmélységi %) szerint.



12. ábra: Levegő(por)minták mikrobiológiai vizsgálati eredményei, azaz az r és K stratégista baktériumok előfordulási aránya a szennyezettség mértéke (színmélységi %) szerint.



13. ábra: Levegő(por)minták mikrobiológiai vizsgálati eredményei, azaz összes csíraszám alakulása a szennyezettség mértéke (színmélységi %) szerint.

4. Eredmények értékelése

4.1. A szennyezettség internetes adatbankja

4.1.1. A szennyezettségi háttér adatok

A környezet védelmének általános szabályairól szóló 1995. évi LIII. törvény 46. §-a (1) bekezdése e.) pontja, valamint az 51. § (3) bekezdése alapján a környezeti állapotot rendszeresen értékelni, vizsgálni kell, hogy a kedvezőtlen hatásokról időben tájékozódhassunk és a döntéshozók a környezeti állapot javítására megfelelő intézkedéseket tehessenek.

A vizsgálatok, az elemzés célját az adja, hogy a környezetállapot értékelését a levegő-szennyező anyagok monitoringjával kell kezdeni, mivel a levegő érintettsége közvetlen és közvetett hatással is van az emberre, az emberi egészségre.

A levegőszennyező anyagok rendszeres értékelésével megkaphatjuk, kiválaszthatjuk, szelektálhatjuk azokat a leggyakoribb szennyezőket, amelyekre koncentrálni kell a további és a talajvizsgálatok során.

Az évszakos és az éves adatok segítséget adnak ahhoz, hogy a kritikus pontokat meghatározhassuk.

A folyamatos monitoring adatok eredményei az értékeléseket követően megjelenhetnek a lakossági tájékoztatási oldalakon is.

A Dunaújvárosi Főiskola az eredmények összegzésével, értékelésével társadalmilag is hasznos szolgáltatást nyújthat az elkövetkező időszakokban.

Az 1. táblázat a városi manuális mérőhálózat adatait közli és 3 vizsgálati évre vonatkoztatva három vizsgált légszennyezőre vonatkozó adatokat. A jelen vizsgálati időszakban, további változások történtek a 2007, 2008 és 2009-es években, mivel bizonyos mérőhelyek a lábjegyzet szerint is azt követően megszűntek.

A levegő szennyezettségét a Közép-dunántúli Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség méri. A manuális elven működő korábbi immissziómérő hálózat mérőpontjainak számát időközben jelentősen lecsökkentették, azonban 2003. júliusától 1 db folyamatos működésű automatikus konténerállomást is üzemeltetnek Dunaújváros területén

A manuális rendszerben 3 légszennyező ágens (nitrogén-dioxid, kén-dioxid és az ülepedő por) koncentrációját mérik.

Adatbázis készült a szennyező anyagok kibocsátásáról. Az adatbázis havi bontásai közül a függelékben 2005-2012. januári adatokat mutatjuk be (11. táblázat).

Dunaújvárosban 2003. nyarán a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium és a városi önkormányzat közös beruházásában a Köztársaság úton létesült egy **automata konténerállomás**.

4.1.2. A levegőszennyező-anyagok határérték-átlépései típusonként

A levegőszennyező anyagokat, azok típusa szerint értékeltük, illetve rendeztük táblázatokba az évenként rendelkezésünkre álló adatbankokból. Ennek megfelelően vizsgáltuk a szén-monoxid (CO), a nitrogén-oxidok (NO_x, NO, NO₂), a kén-dioxid (SO₂), az ózon (O₃) és a szálló por (PM₁₀) dózisait.

Az összesített adatokat és a kimutatható határérték-túllépéseket is az alábbi (2.-8.) táblázatok tartalmazzák az egyes szennyezők szerint összesítve.

4.1.3. A levegőszennyező-anyagok éves értékeinek alakulása

A 9. táblázat összesített adatokat közöl a légszennyező anyagokról azok anyaga, típusai szerinti megoszlásban.

4.2. A porszennyezők vizuális és műszeres vizsgálati eredményei

4.2.1 A bonitálási eredmények alakulása

A porszennyezettségek napi mintavételének eredményeit egy színmélységi skála segítségével vizsgáltuk, valamint ETD 020.50 típusú színmérő készülékkel. Az eredményeket az 5. és 6. ábrákon mutatjuk be. Az ábrákon látszik, hogy a bonitálási értékek pontossága közel azonos a műszeres méréssel. Az egyik napi (2011.04.26) eredményt 25%-os borítottságúnak határoztuk meg 4. ábra.

4.2.2. Az elemtartalmak műszeres analízisének eredményei

A műszeres méréseket a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen végezték el. Az analízis eredményeit a 10. táblázat és a 7.-9. ábrák mutatják be.

Az 1-től 4-ig terjedő, fokozatosan sötétedő mintákat vizsgáltunk. A legkevesebb szennyező anyag a legvilágosabb 1. mintában volt, és fokozatosan növekedett a

legsötétebb 4. mintáig. Amint az a 10. táblázatból látni a leggyakoribb elem a szilícium (Si) volt. Ennek mennyisége nagyságrendnyivel nagyobb a többi elemnél.

A 7., 8., 9., ábrákról megállapítható, hogy a szilíciumon kívül még az alumínium (Al) és a kalcium (Ca) mutatott kiugró értékeket. Az elemek minták közötti eloszlása a szilíciumnál, magnéziumnál, kalciumnál, alumíniumnál és cinknél növekvő tendenciát mutatott, míg a kén fokozatosan csökkent.

Megállapíthatjuk tehát, hogy a szennyezettség intenzitásának növekedésével a vizsgált szennyezőanyagok mennyisége is arányosan növekszik, a környezetvédelmi kockázat fokozódik.

A műszeres mérés kromatogramjait a függelék 15.- 18. ábráin mutatjuk be.

4.3. A porszennyezettség mikrobiológiai vizsgálati eredményei

A mikrobiológiai vizsgálatokat csepegtetési módszerrel végeztük el. A petricsészéken leszámoltuk az „r” és „K” stratégistákat. „r” stratégistáknak nevezzük azokat a mikroorganizmusokat, amelyek gyorsabban és hatékonyabban ki tudják használni a rendelkezésre álló életteret, jobban nőnek, rövidebb életűek, míg a „K” startégisták lassabb növekedésűek, kisebbekre nőnek, mivel a tápanyagigényük is kisebb. A 10. ábrán megfigyelhetők a telepek méretei közötti különbségek.

A telepek leszámolása után az eredményeket statisztikailag elemeztük, melyeket a következő (11., 12., 13.) ábrákon mutatunk be. A „K” stratégisták száma magasabb, jóval magasabb volt, mint az „r” stratégisták száma. Ez a 2-4-szeres nagyobb csíraszám különösen a szennyezettebb pormintáknál nyilvánvaló. A legvilágosabb, 25%-os fedettségű pormintánál ugyanakkor az r stratégisták száma a legnagyobb. Ez a tény azt jelzi, hogy a gyors szaporodású, nagy tápanyagigényű baktériumok a szennyezettségre jobban érzékenyek. A kis tápanyagigényű, lassú szaporodású baktériumok azonban a szennyezettebb körülmények között dominálnak. A K-strategista baktériumok környezeti stressztűrő-képessége nagyobb.

5. Következtetések és javaslatok

Az internetről letölthető adatokból egy olyan adatbázist készítettünk, amely visszakövethetővé teszi Dunaújváros légszennyezettségének mértékét.

Az internetes adatok feldolgozása után megállapítható, hogy az egyik legjelentősebb környezetszennyező anyag Dunaújvárosban a szálló- és az ülepedő por.

Ezek a porok a légkörbe kerülve közvetve, illetve közvetlenül a növényeket és állatokat veszélyeztetik, de humán egészségügyi hatásai is vannak, mivel a szállópor nem csak nehézfémeket, toxikus elemeket, hanem mikroorganizmusokat is szállít, amit laboratóriumi vizsgálatokkal igazoltunk.

A mikroorganizmusok közötti különbségek lehetővé teszik, hogy a szennyezettség mértékét a csíraszámból megállapíthassuk, amivel a költséges műszeres analízisek számát csökkenteni lehet.

Vizsgálataink alapján javasoljuk a városi mérőállomásokon, nemcsak a szállópor mennyiségének, hanem a rátapadt mikroorganizmusok számának és típusainak a rendszeres vizsgálatát is.

6. Összefoglalás

Dunaújvárosi levegőszennyezettségi adatok feldolgozására került sor több évre visszamenőleg internetes adatbázisból. A vizsgálat során a legfontosabb légszennyező anyagokat vettük számba, hogy következtethessünk azok dinamikájára és a környezeti elemekkel való összefüggésekre.

A porszennyezettségre koncentrálva a minták toxikus elemtartalmát műszeresen és vizuálisan is megállapítottuk. A cink (Zn) mennyiségét a szennyezettség mértékével egyenes arányúnak találtuk, ugyanúgy, ahogy a baktériumok egy csoportjának a csökkenését is a szennyezők hatására.

Az így létrejött adatbank az értékelésekkel, demonstratív ábrákkal együtt hiánypótló adatokat szolgáltat a levegő-szennyezettség kockázatának a megítéléséhez a továbbiakban is javasolt folyamatos monitoring során.

Továbbá a már bemutatott vizsgálatok alapján a legszennyezettebb pont közelében másik, kisebb mérőállomás felállítását tudjuk javasolni.

7. Irodalomjegyzék

- BIRÓ B., ANGERER I. (1997): Módosított talajhígításos szelektív kitenyésztés környezetvédelmi szempontú talajbiológiai állapotfelmérése. In XI. Országos Környezetvédelmi Konferencia, Siófok, p: 287-292.
- BIRÓ B. (2002): Talaj és rhizobiológiai eszközökkel a fenntartható növénytermesztés és környezetminőség szolgálatában. *Acta Agronomica Hungarica*, 50: 77-85.
- BIRÓ B. (2005): A talaj mint a mikroszervezetek élettere. p. 141-173. In: *A talajok jelentősége a 21. században*. Magyarország az ezredfordulón. Stratégiai Kutatások a Magyar Tudományos Akadémián. II. Az agrárium helyzete és jövője. (szerk.: Stefanovits P; Michéli E.); MTA Társadalomkutató Központ; Budapest
- BOZÓ L. (2001): A környezeti levegőszennyezettség mérésének gyakorlata, Kézikönyv az imisszió vizsgálatokhoz, Budapest
- DOMONKOS M. (2009): Szennyezés eloszlás horizontális és vertikális értékelése mikrobiológiai módszerrel repülőtéri talajban. Szakdolgozat. p. 3-30. SZIE-MKK, Gödöllő
- GRUIZ K, HORVÁTH B, MOLNÁR M. (2001) Környezettoxikológia. Műegyetemi Kiadó, Budapest.
- KALLÓ D. (1999): Katalitikus eljárások a környezetvédelemben, Veszprémi Egyetem Kiadó, Veszprém
- MÉSZÁROS E. (1993): Légkörtan, Veszprémi Egyetem Kiadó, Veszprém
- SZOBOSZLAY S., KRISZT B. (2010); Környezeti elemek védelme, Egyetemi jegyzet, SZIE-KTI, Gödöllő, p:13-58.
- ZICHLER SZ., OCSKAY R., SALMA I., (2007): Budapest légszennyezettségének története, Levegő Munkacsoport

Jogszáabályok:

21/2001 (II.14.) Korm. rendelet, a levegő védelmével kapcsolatos egyes szabályozásokról

Internetes hivatkozások:

http1: <http://www.tiszta.levego.hu/kozlekedes.html>

http2: <http://www.szenmonoxid.hu/index.php?stilus=lkon&hiv=4>

http3: <http://www.kfki.hu/chemonet/hun/olvaso/geokem/levego.html>

http4: <http://legszennezes.hu/legszennezok/37-legszennezok/64-nitrogen-oxidok>

http5: http://www.atmosphere.mpg.de/enid/3___zon__s_nitrog_n_oxidok/-__zon_2sx.html

http6: <http://legszennezes.hu/legszennezok/37-legszennezok/48-ken-dioxid>

http7: http://www.kvvm.hu/cimg/documents/Fugg_1_Mell_1_Talaj.pdf
http8: <http://www.humusz.hu/kukabuar/archivum/1997/nyar/pah-vegyletek>
http9: <http://legszennyez.es.hu/legszennyezok/37-legszennyezok/47-szallo-por-pm10>
http10: <http://www.kvvm.hu/szakmai/karmentes/kiadvanyok/karmkezikk2/2-14.htm>
http11: <http://www.tankonyvtar.hu/konyvek/kornyezettechnika/kornyezettechnika-2-7-1-081029>
http12: <http://www.kvvm.gov.hu/olm/index.php>
http13: <http://www.kvvm.gov.hu/olm/station.php?id=4>
http14: http://www.chem.elte.hu/system/files/ICPMS_leiras.pdf
http15: <http://www.kvvm.hu/olm/report.php?id=4>
http16: <http://www.oktatas.ch.bme.hu>
http17: <http://www.chem.elte.hu>

8. Köszönetnyilvánítás

Ezúton mondunk köszönetet konzulensünkek, 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 Domonkos Mónika megbízott kutatónak, hogy a kísérleti munkák kivitelezésében és értelmezésében is segítségünkre volt.

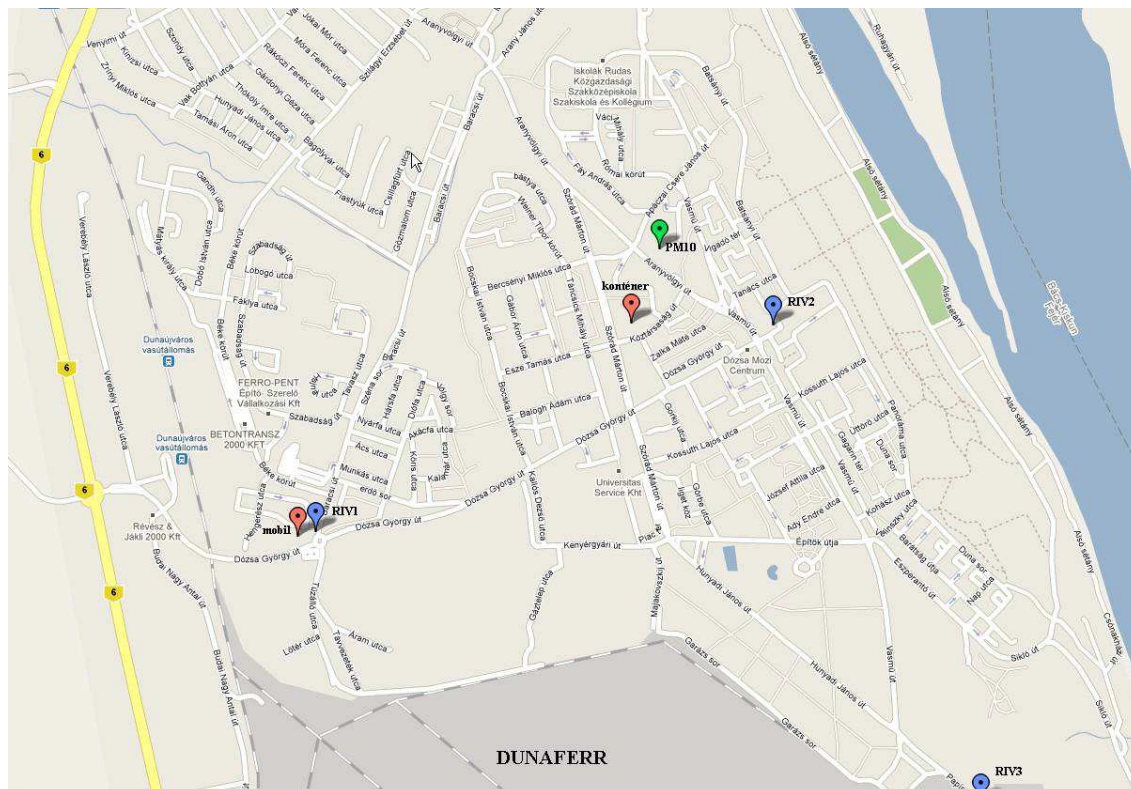
Köszönjük Kovács-Bokor Éva tanárnőnek, hogy a pormintákat rendelkezésünkre bocsátotta.

Köszönjük a Dunaújvárosi Főiskola, Műszaki Intézet, Természettudományi és Környezetvédelmi Tanszékének az infrastrukturális, műszeres vizsgálati háttér lehetőséget. Külön köszönet illeti Dr. Verő Balázs Professzor urat, aki a porminták műszeres vizsgálatához segített hozzá bennünket a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen rendelkezésre álló eszközökkel.

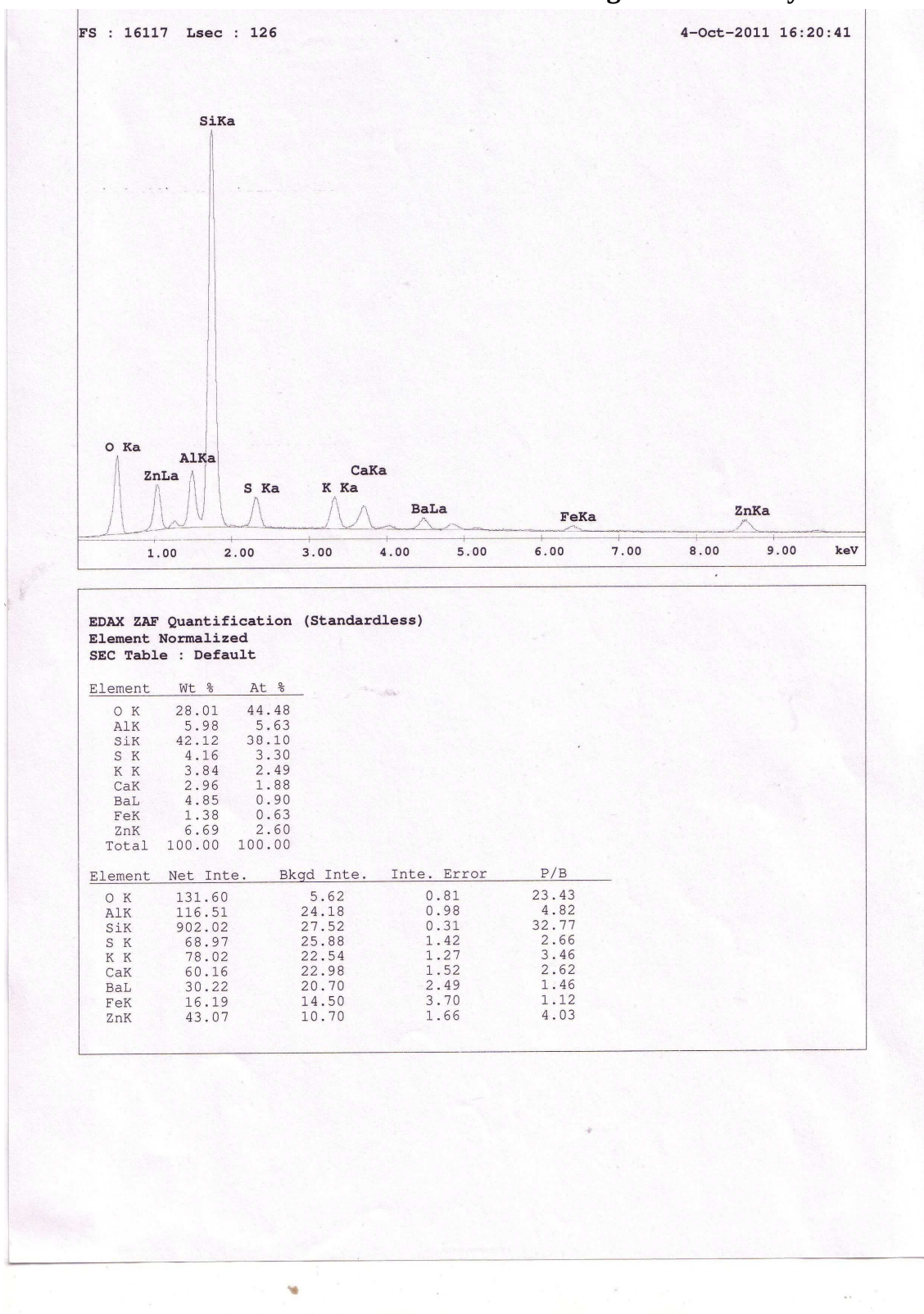
9. Függelék

9.1. A dunaújvárosi mintavételezések térképes ábrázolása

14. ábra: Mintavételezések ábrázolása térképen



9.2. Porminták műszeres elem-analízisének vizsgálati eredményei



16. ábra: 1. minta (3.2.2. fejezet)

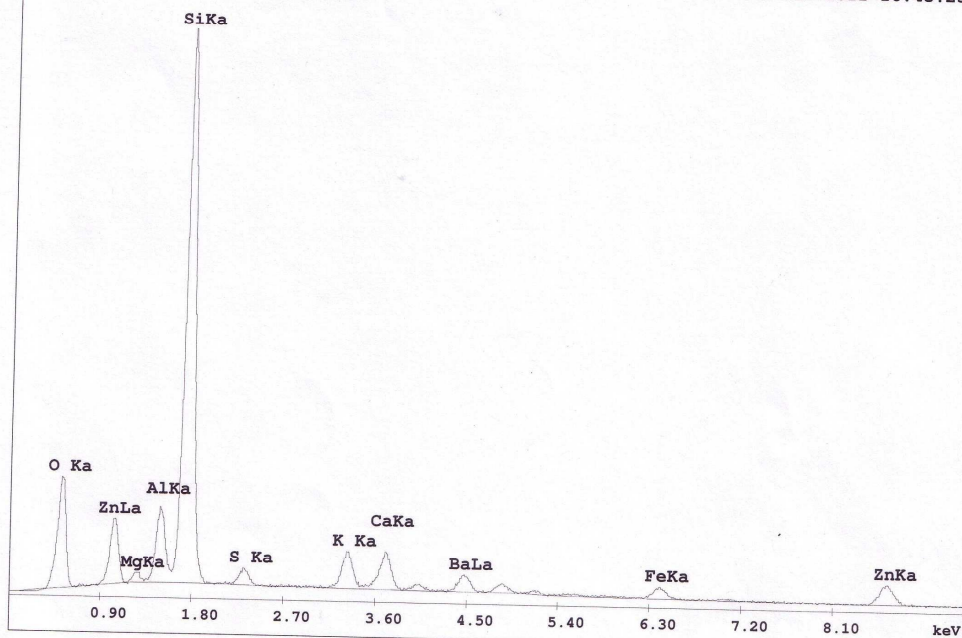
c:\edax32\genesis\genspc.spc

Label:2011.05.26.

kV:25.0 Tilt:0.0 Take-off:35.2 Det Type:SUTW+ Res:141 Amp.T:35.0

FS : 13514 Lsec : 108

4-Oct-2011 16:45:25

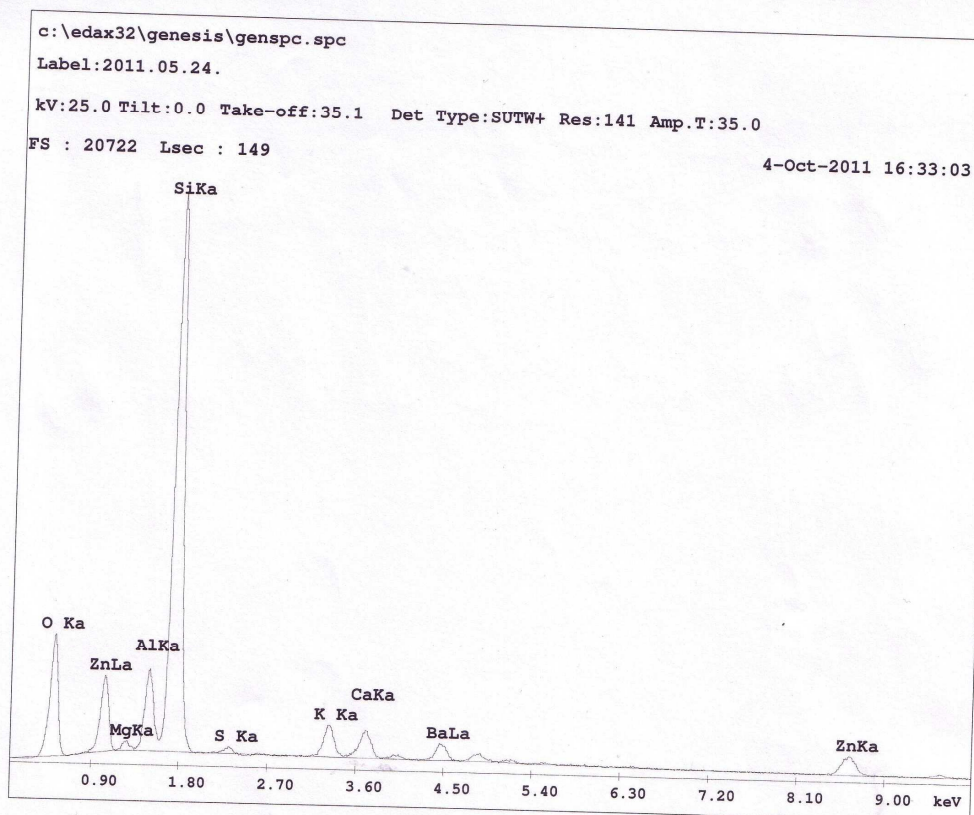


EDAX ZAF Quantification (Standardless)
Element Normalized
SEC Table : Default

Element	Wt %	At %
O K	28.09	44.75
MgK	0.99	1.04
AlK	6.10	5.76
SiK	42.12	38.22
S K	1.62	1.29
K K	3.15	2.05
CaK	3.21	2.04
BaL	5.10	0.95
FeK	2.09	0.96
ZnK	7.52	2.93
Total	100.00	100.00

Element	Net Inte.	Bkgd Inte.	Inte. Error	P/B
O K	155.75	6.76	0.80	23.04
MgK	15.97	22.91	4.72	0.70
AlK	128.52	23.63	0.99	5.44
SiK	984.12	26.01	0.31	37.84
S K	29.99	23.70	2.81	1.27
K K	73.30	22.75	1.43	3.22
CaK	74.79	23.64	1.42	3.16
BaL	36.26	22.09	2.37	1.64
FeK	28.03	15.52	2.63	1.81
ZnK	54.91	13.41	1.58	4.10

17. ábra: 2. minta (3.2.2. fejezet)



EDAX ZAF Quantification (Standardless)
 Element Normalized
 SEC Table : Default

Element	Wt %	At %
O K	29.80	46.43
MgK	0.92	0.94
AlK	6.54	6.04
SiK	43.82	38.88
S K	0.62	0.48
K K	2.83	1.81
CaK	2.50	1.56
BaL	5.37	0.97
ZnK	7.59	2.89
Total	100.00	100.00

Element	Net Inte.	Bkgd Inte.	Inte. Error	P/B
O K	184.90	5.30	0.62	34.87
MgK	16.39	24.35	4.03	0.67
AlK	152.82	24.48	0.76	6.24
SiK	1120.46	26.12	0.25	42.90
S K	12.32	24.42	5.19	0.50
K K	71.41	23.77	1.25	3.00
CaK	63.42	24.34	1.37	2.61
BaL	41.55	22.34	1.83	1.86
ZnK	60.32	12.89	1.26	4.68

17. ábra: 3. minta (3.2.2. fejezet)

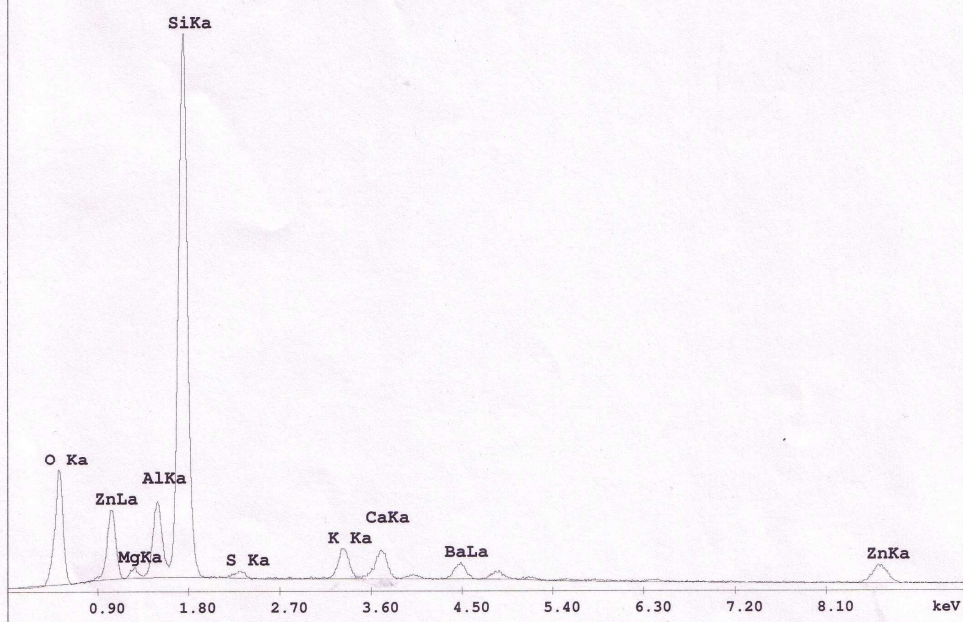
c:\edax32\genesis\genspc.spc

Label:2011.05.30.

kV:25.0 Tilt:0.0 Take-off:35.1 Det Type:SUTW+ Res:141 Amp.T:35.0

FS : 18622 Lsec : 110

4-Oct-2011 16:08:05



EDAX ZAF Quantification (Standardless)

Element Normalized

SEC Table : Default

Element	Wt %	At %
O K	29.28	45.78
MgK	1.01	1.04
AlK	6.46	5.99
SiK	43.91	39.11
S K	0.78	0.61
K K	2.87	1.84
CaK	2.79	1.74
BaL	5.25	0.96
ZnK	7.63	2.92
Total	100.00	100.00

Element	Net Inte.	Bkgd Inte.	Inte. Error	P/B
O K	209.24	7.27	0.68	28.78
MgK	21.28	27.00	3.88	0.79
AlK	176.67	28.05	0.82	6.30
SiK	1313.57	31.17	0.27	42.14
S K	18.07	28.05	4.53	0.64
K K	84.40	27.87	1.33	3.03
CaK	82.62	29.68	1.37	2.78
BaL	47.38	28.03	2.04	1.69
ZnK	70.85	16.60	1.37	4.27

18. ábra: 4. minta (3.2.2. fejezet)

9.3. Adatbázis bemutatása

11. táblázat: adatbázis bemutatása január hónapok példáján, napi bontásban

2005. január						2006. január						2007. január					
dátum	NO _x ug/m3	SO ₂ ug/m3	O ₃ ug/m3	CO mg/m3	por ug/m3	dátum	NO _x ug/m3	SO ₂ ug/m3	O ₃ ug/m3	CO mg/m3	por ug/m3	dátum	NO _x ug/m3	SO ₂ ug/m3	O ₃ ug/m3	CO mg/m3	por ug/m3
1.	9,1	4,2	42,3	0,48	15,2	1.	20,5	9,4	53,8	0,92	33,1	1.	26,7	3,5	39	0,35	62,8
2.	10	4,6	45,1	0,46	16,4	2.	15	5,9	40	0,27	19,7	2.					
3.	7,4	2,5	60,5	0,26	7,5	3.	16,1	4,5	29,2	0,39	13,6	3.	13,9	3,7	44,5	0,21	12,1
4.	8,6	0,7	49,9	0,32	13,1	4.	31,9	5,4	9,4	0,5	16,6	4.	17,8	3,6	40,6	0,36	11,9
5.	6,3	4,5	64,6	0,27	4	5.	26,4	5,2	17,9	0,96	15,1	5.	15,9	3,5	41,4	0,09	8,5
6.	15,9	7,6	53,2	0,32	10	6.	26,4	5,2	17,9	0,96	15,1	6.	18,3	2,6	43,8	0,57	14,4
7.	13,5	7	51,9	0,3	12,8	7.	23,6	3,7	18,8	0,52	14,2	7.	14,4	1,5	52,8	0,07	18,3
8.	16,3	2,2	47	0,37	13,4	8.	14,1	1,1	38,3	0,41	16,8	8.	55	3,3	35,5	0,71	30,9
9.	19,8	9,9	53	0,61	33,6	9.	13,5	0,9	45,1	0,48	18,6	9.	23,1	4,9	41,7	0,35	18,7
10.	10	1,8	64,8	0,33	21,9	10.	54,2	2	26,8	0,61	23,4	10.	26,9	13,5	41,3	0,41	34,6
11.	21,4	6,6	52,4	0,63	37,5	11.	35,5	4,2	35,1	0,46	25,5	11.	19,3	3,2	41,1	0,17	18,2
12.	60,5	2,6	16	0,98	51,4	12.	42,8	3,4	25,7	0,83	38,6	12.	17,8	0,3	54,2	0,31	13,3
13.	69,7	2,4	9,9	1,03	35,5	13.	70,5	2,4	11,2	1,09	66,1	13.	15,7	3,2	50,4	0,03	14,4
14.	25,6	2	14,8	0,66	31,2	14.	46,5	4,9	8,6	1	52,1	14.	15,2	7,3	47,6	0,17	11,7
15.	16,1	2,5	43,7	0,34	9,4	15.	23,6	4,2	26,1	0,55	29,7	15.	25,2	2,4	49,8	0,26	14,7
16.	13,3	4,2	45,5	0,3	11,5	16.	11	3,7	54,2	0,58	25,5	16.	60,4	15,4	35,1	0,74	60,6
17.	31,7	3	37,7	0,56	19,6	17.	13,8	4,6	58	0,41	25,2	17.	60,2	6,2	21,9	0,83	46,3
18.	46,6	5,1	30	0,85	39,3	18.	13,3	8,9	46,5	0,42	36,1	18.	11,4	4	52,8	0,78	16,8
19.	10,7	4,6	37,6	0,49	25,8	19.	36	10,8	30,1	0,49	31,5	19.	8,1	0,5	65,3	0,2	14,4
20.	20,7	11,2	29	0,5	4,2	20.	18,2	7,1	45,2	0,44	22,1	20.	19,6	0,7	47,5	0,42	14,5
21.	13,9	7,5	43,8	0,39	5,2	21.	21,4	6,6	36,4	0,76	29,4	21.	10,9	1,8	48,7	0,4	16,2
22.	8,6	7	70,5	0,31	4,8	22.	19	6,3	42,1	0,35	30,6	22.	21,3	0	52,4	0,62	10,6
23.						23.	11,9	1,3	56,6	0,48	17,3	23.	13,8	0,8	43,7	0,25	10,2
24.	7,7	4,2	57,4	0,27	5,1	24.	18,6	3,2	49,4	0,54	24,6	24.	23,9	1,3	23,5	0,31	17,5
25.	51,8	0,6	42,7	0,59	11,9	25.	43,8	9,8	41,3	1,16		25.	20,4	6,4	32,5	0,14	18,7
26.	20,3	1,6	47,2	0,51	16,9	26.	21		59,9	0,74	30,9	26.	33	4,9	28,6	0,77	28,7
27.	15,4	5,3	51	0,37	9,7	27.	26,5		70,9	0,88	75,9	27.	13,2	1,8	51,3	0,32	19,1
28.	13,9	5,3	51	0,43	16	28.	29,6		65,9	1,05	83,5	28.	8,4	3,8	60,8	0,09	6,2
29.	25,6	6	46,1	0,55	25,2	29.	22		70,7	0,53		29.	10,7	5,5	58,1	0,64	9,9
30.	22,5	13,3	52,2	0,6	31,2	30.	32,1		54,8	0,47	112,7	30.	13,3	3,1	49,9	0,11	7,6
31.	17,2	16,9	53,1	0,48	30,2	31.	41,2		38,7	0,96	0	31.	17,9	2,5	53,1	0,4	8,6
átlag:	21	5,23	45,46	0,485	18,98	átlag:	27,1	4,988	39,5	0,652	32,53	átlag:	21,72	3,84	44,96	0,369	19,68
szórás:	15,98	3,733	14,22	0,2	12,42	szórás:	13,88	2,687	17,67	0,255	24,17	szórás:	13,76	3,43	10,21	0,237	14,27

2008. január						2009. január						2010. január					
dátum	NO _x ug/m3	SO ₂ ug/m3	O ₃ ug/m3	CO mg/m3	por ug/m3	dátum	NO _x ug/m3	SO ₂ ug/m3	O ₃ ug/m3	CO mg/m3	por ug/m3	dátum	NO _x ug/m3	SO ₂ ug/m3	O ₃ ug/m3	CO mg/m3	por ug/m3
1.	18,1	4,1	33,8	0,96	36,7	1.	16,3	3,1	34,6	0,69	41,4	1.	14,3	11,7	29,3	0,39	13,8
2.	26,3	3,6	40,7	0,78	32,2	2.	23,6	5,1	26,4	0,48	35,7	2.	10,3	1,3	45,1	0,37	17,9
3.	15,8	4,4	46,6	0,65	31,1	3.	61	6,4	24,6	0,79	45,1	3.	6,8	0,1	59,9	0,31	8,6
4.	15,3	5,8	59,7	0,67	34,2	4.	20,4	2,2	39,4	0,65	40	4.	34,1	2,3	37,9	0,59	21,6
5.	15,7	22,2	62,6	0,62	36,5	5.	42	11	37,5	0,86	66,1	5.	16,2	1,6	52,9	0,34	21,1
6.	24,7	14,3	51	0,74	32	6.	27	5	41,5	0,61	52,8	6.	23,7	1	49,8	0,33	16,3
7.	34,3	5,3	44,7	0,98	39,2	7.	30,4	14,1	38	0,82	65,2	7.	46,9	10,2	32,7	0,27	30,6
8.	60,9	3,9	39,1	1,15	49,3	8.	89,9	7,6	27,6	0,84	49	8.	19,8	6,1	38,3	0,22	21,5
9.	19,9	2,2	46,7	0,8	28,5	9.	75,2	28,4	36,8	0,93	68,3	9.	22,9	5,6	35,2	0,34	18,6
10.	23,5	0,9	39,9	0,77	21,4	10.	34,9	8,5	48,8	0,67	67,6	10.	21,7	2,9	19	0,4	20,1
11.	32,4	2,7	41,9	0,94	47	11.	18,4	12,9	54,7	0,6	63,6	11.	29,4	6,2	21,6	0,25	34,7
12.	51,1	28,1	33,7	1,06	81,4	12.	26,8	17,7	55,7	0,64	60,7	12.	33,5	5,8	23,4	0,47	37,1
13.	16,4	5,6	40,5	0,55	45,9	13.	21,6	6,1	49,9	0,61	65,7	13.	33,5	11,8	35,7	0,37	43,4
14.	31,3	11,6	40,4	0,72	46,6	14.	44	10,1	29,7	0,83	66,7	14.	26,4	10,7	40,6	0,05	36,7
15.	27,7	8,9	36,9	1,05	60,7	15.	33,5	10	30,6	0,68	48,6	15.	25,5	0,7	27,8	0,34	35,4
16.	35,1	14,3	32,8	0,97	49,5	16.	48,4	13	21,6	0,52	37,1	16.	35,7	5,1	25,7	0,39	34,2
17.	20,8	7,5	31,1	0,66	39,8	17.	38,7	4,2	25,6	0,74	35,9	17.	11,9	8	44,4	0,24	28,1
18.	50,2	3,3	9,2	0,96	59,5	18.	29,1	5,5	29	0,72	38,4	18.	24,5	6,9	28,7	0,31	31,4
19.	15,3	3,5	37,1	0,35	22,1	19.	36,9	16,4	38,1	0,55	36,5	19.	34,7	3,4	34,5	0,28	34
20.	14,3	4,2	42,3	0,24	17,1	20.	51,8	29,3	26,3	1,03	46	20.	39,6	12	37,2	0,26	32,4
21.	22,5	1,9	41,5	0,73	22,3	21.	28,9	6,2	25,3	0,67	29,6	21.	19,5	13	47	0,22	30,3
22.	14,4	4,1	44,2	0,45	14	22.	36,6	3,3	15,2	0,69	11,5	22.	43,7	11,9	46,1	0,36	49,6
23.	13,5	1,6	51,9	0,38	12,6	23.	44,4	6,9	13,9	0,73	22,9	23.	29,2	15,5	61,5	0,17	50,9
24.	21,6	3,4	44,7	0,79	16,7	24.	75,1	5,5	35,5	0,72	14,6	24.	18,3	12,2	84,2	0,38	43,4
25.	25,6	4,4	41,7	0,56	25,9	25.	39,7	2,8	21,2	0,67	22,8	25.	31	5,7	73,2	0,41	62,1
26.	13,1	5,1	53,7	0,61	17,5	26.	69,8	4,1	28,5	0,65	28,5	26.	29,6	12,9	77,5	0,35	48,3
27.	5,3	5,3	81,4	0,42	9,1	27.	21,8	1	33,2	0,57	26,2	27.	55,1	33,4	71,8	0,51	88,9
28.						28.	28,1	0,3	21,8	0,63	16,9	28.	26,8	41,1	74,2	0,69	71,6
29.						29.	29,1	0	21,8	0,52	9,7	29.	37,7	50,6	77,4	1,08	78,8
30.						30.	24,7	0,5	37,1	0,42	22,7	30.	33,9	28,4	63,6	0,25	66,3
31.	48,5	6,1	5,4	0,61	28,5	31.	21,1	0,8	41,9	0,51	22,2	31.	14,8	7,6	79,1	0,05	25
átlag:	25,49	6,725	41,97	0,72	34,19	átlag:	38,36	8	32,64	0,679	40,58	átlag:	27,45	11,15	47,59	0,355	37,18
szórás:	13,44	6,241	14,26	0,233	16,71	szórás:	18,64	7,294	10,61	0,135	18,45	szórás:	11,06	11,86	19,48	0,188	19,63

2011. január						2012. január					
dátum	NO _x ug/m3	SO ₂ ug/m3	O ₃ ug/m3	CO mg/m3	por ug/m3	dátum	NO _x ug/m3	SO ₂ ug/m3	O ₃ ug/m3	CO mg/m3	por ug/m3
1.	9,3	1,1	35,8	0,03	56,3	1.	28,7	14,2	29,6	0,3	31,6
2.	15,6	2,8	33,2	0,33	27	2.	36,8	77,6	34,9	0,73	83,7
3.	29,8	3,7	28,1	0,31	27,7	3.	23,9	5,9	31,7	0,17	17,1
4.	20,8	5,6	37,1	0,1	37,2	4.	21,6	8,3	34,2	0,46	27,3
5.	15,7	14,5	58,6	0,26	27,5	5.	13,6	14,9	46,9	0,34	13,5
6.	27,9	30,6	46	0,37	53,2	6.	9,4	15	50,4	0,12	7,3
7.	39,5	39,5	28,9	0,3	66,3	7.	12,8	26,1	40,9	0,33	10,4
8.	19,2	4	41,8	0,56	37,1	8.	8,2	10,5	43,2	0,27	6,3
9.	61,1	43	33,4	0,83	60,3	9.	16,5	21,8	30,6	0,19	9,5
10.	23,7	1,2	28,4	0,5	23,9	10.	25,5	20,2	29,8	0,36	9
11.	23,9	8,1	19,5	0,17	30,8	11.	18,9	20	37,3	0,35	13
12.	23,8	2,5	19,7	0,28	27,3	12.	17,4	15,4	43,1	0,29	10,3
13.	19,1	6,5	25	0,26	14,2	13.	10,3	5,5	54,1	0,16	7,2
14.	23,8	5,5	35,1	0,25	12,6	14.	7	12,3	54,1	0,38	6,7
15.	16	9,4	55	0,17	7,7	15.	6,1	13,2	50,7	0,26	7
16.	18,3	6,1	60,4	0,17	10,2	16.	15,6	23,4	34,3	0,37	12,9
17.	39	19,5	45,3	0,47	38,7	17.	19,3	10	30,8	0,25	12,1
18.	30,8	4,2	23,4	0,26	20,1	18.	32,8	3	21,4	0,27	17
19.	40,1	13,1	11,4	0,47	21	19.	17,4	28	43,6	0,15	14,4
20.	32,1	2,4	34,9	0,26	12	20.	15,6	13,9	49,9	0,12	9
21.	31,4	12,9	39,9	0,16	21,5	21.	13,4	13	50,7	0,28	9,4
22.	21,3	14,3	47,3	0,31	22,8	22.	8,8	6	60,2	0,03	8,1
23.	15	11,7	48,4	0,08	19	23.	16,1	20,3	51,9	0,22	9,1
24.	26,6	4,1	43,1	0,6	18,2	24.	27,7	5,1	34,7	0,27	11,3
25.	24,5	8,6	52,6	0,38	19,4	25.	19,1	15,6	35,4	0,34	15,9
26.	28,3	12,8	56,4	0,46	58,4	26.	25,2	16,7	28,7	0,27	23,9
27.	20,4	17	63,7	0,02	51,9	27.	43,5	3,4	26,9	0,37	43,1
28.	31,7	3,5	63,1	0,26	40,5	28.	21,1	16,3	37,9	0,19	55,3
29.	61	17,1	48,8	0,48	64,8	29.	16,6	16,7	50,3	0,41	47,3
30.	28,6	4,4	51,8	0,01	62,4	30.	25,6	15,2	51,1	0,17	35,9
31.	34,8	10,6	57,4	0,03	70,5	31.					
átlag:	27,52	10,98	41,08	0,295	34,21	átlag:	19,15	16,25	40,64	0,281	19,49
szórás:	11,74	10,37	14,04	0,19	19,06	szórás:	8,87	13,3	10,1	0,13	17,8