

# SOPRON KODÁLY TÉRI MÉRŐÁLLOMÁS LÉGSZENNYEZETTSÉGI ADATAINAK ELEMZÉSE IDŐSOR ANALÍZIS TECHNIKÁK ALKALMAZÁSÁVAL

## THE ANALYSIS OF AIR POLLUTION DATA FROM SOPRON KODÁLY-TÉR USING TIME SERIES TECHNIQUES

Vig Péter<sup>1</sup> és Pödör Zoltán<sup>2</sup>

<sup>1</sup> NYME EMK Környezet- és Földtudományi Intézet, [pvig@emk.nyme.hu](mailto:pvig@emk.nyme.hu)

<sup>2</sup> NYME EMK Matematikai Intézet, [podzol@emk.nyme.hu](mailto:podzol@emk.nyme.hu)

NYME, 9400 Sopron, Bajcsy-Zsilinszky u. 4.

**Összefoglalás.** Az emberiség számára megfelelő környezet fenntartása egy rendkívül komoly és nehéz feladat. Az ipar és a gazdaság utóbbi évtizedekben tapasztalható fejlődése, növekedése a levegő minőségét is jelentősen befolyásolja, ami pedig környezetünk egyik alapeleme, létünk alappillére. Így fontos feladat a levegő minőségének vizsgálata. Dolgozatunkban Sopron Kodály téri mérőállomásának 5 éves adatsorát elemezzük, megvizsgáljuk a mért paraméterek közti kapcsolatokat korreláció analízissel. Elemezzük a fontos paraméterek tendenciáját a fenti időszakban regresszió analízissel, illetve vizsgáljuk ezen attribútumok éves lefutásait is. Valamint vizsgáljuk, hogy az egészségügyi határértéket meghaladó mérések száma, nagysága hogyan alakult a fenti időszakban.

Kulcsszavak: légszennyezettség, idősorok, korrelációs számítás, lineáris regresszió, határérték túllépések

**Abstract.** Maintenance of a suitable environment for humanity is an extremely serious and difficult task. The development and growth of industry and economy in recent decades has significantly influenced the air quality, which is one of the keystones of our environment and existence. Hence it is really important to analyze the air quality. In this paper, we analyze the five-year data of the Kodály-tér measurement centre in Sopron; correlation analysis was used to examine the relationships between the measured parameters. We study the trend of the important parameters in the above mentioned time period and we also analyze the yearly sequence of these attributes. In addition we examine how the number and size of the measurements changed which have exceeded the hygienic limit value in this period.

Keywords: air pollution, time series, correlation analysis, linear regression, limit value exceeding

**Bevezetés.** Az utóbbi években egyre gyakrabban fogalmazódik meg a hétköznapi emberekben is az „élhető környezet” kialakításának igénye. A fogalom egy nagyon sokrétű problémát takar, és bizonyos értelemben rokon jelentésű a fenntartható fejlődéssel. Ez esetben azt vizsgáljuk, hogyan lehet úgy használni, kihasználni környezetünket, hogy az hosszú távon is elfogadható, fenntartható legyen. Ezt a problémát sok aspektusból lehet megközelíteni, mi most a légszennyezettségi adatok vizsgálatának irányából tesszük ezt, hiszen a levegő szennyezése, összetevő komponenseinek változása is nagyrészt az emberi tevékenységre vezethető vissza. Másrészt a humánkomfort szempontjából is meghatározó jelentőségű a levegő minősége, hiszen a civilizációs ártalmak között Sopronban is nagy szerepe van a légszennyezettségből eredő hatásoknak. Érdekes, hogy a környező erdők, a gyakori szél ellenére a város levegőkörnyezeti állapota nem olyan kedvező, mint azt gondolnánk.

Sopronban a légszennyező anyagok koncentrációját 1978 októberétől a Regionális Immisszió Vizsgáló Hálózat (RIV) állomásainak adataiból követhetjük nyomon. A városban működő három mérőállomás egy forgalmas útkereszteződés (Csengery u.), egy lakóövezet (Szarvkői u.) és egy erdei környezetben elhelyezkedő gyógyhely (Állami Szanatórium, Várisi út) levegőjének szennyezettségéről szolgáltat mintát. A mérések a kén-dioxid (SO<sub>2</sub>), a nitrogén-dioxid (NO<sub>2</sub>) és az ülepedő por mennyiségére vonatkoznak. 2003 decembere óta működik a Kodály téren az Országos Lég-

szennyezés Mérő Hálózat (OLM) mérőkonténera, amely a városi háttérszennyezettséget méri, a mért elemek listája az 1. ábrán látható. A Szarvkői úti óvodában elhelyezett mérőegységet a Kodály téri állomás közelsége miatt azóta nem üzemeltetik.

Dolgozatunkban a Kodály téri mérőállomás adatait vonjuk elemzés alá. Az adatok 2004. január 1-től 2008 végéig állnak rendelkezésre. A mérések órás gyakoriságúak, és 22 komponenst mérnek. Fontos megemlíteni, hogy az alkalmazott mérési technika természetéből adódóan a nyers adatbázisban több helyen is voltak hosszabb-rövidebb adathiányok, illetve teljes rekordhiányok. Ezek mennyisége és eloszlása azonban nem befolyásolja érdemben a vizsgálatot.

Elemzésünkben kiemelten foglalkozunk az NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> és PM<sub>10</sub> (levegőben képződő szállópor) komponensek vizsgálatával, ezeknek más komponensekhez fűződő viszonyával. Az NO<sub>2</sub> a közlekedéssel erősen összefüggő komponens, az O<sub>3</sub> egy másodlagos szennyező, melynek mennyisége a szmog problémájával áll kapcsolatban, a PM<sub>10</sub> pedig az általános közérzetet jelentősen befolyásoló tényező. Ez utóbbi komponenssel már csak azért is érdemes külön foglalkozni, mert a légszennyezésből adódó megbetegedések jelentős része a szállóporral függ össze.

Dolgozatunkban először megvizsgáljuk az egyes komponensek közötti kapcsolatokat a teljes időszak tekintetében, korreláció elemzést alkalmazva. Majd a kiemelt komponen-

sek ( $\text{NO}_2$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{PM}_{10}$ ) viselkedését elemezzük a 2004-2008-as időszakban (regressziós technika, ciklikusság vizsgálat). Ezután vizsgáljuk ezen komponensek éves lefutásait, az ezekben tapasztalható különbségeket, ezek lehetséges okait. Végül pedig az egészségügyi határértéket meghaladó mérészek számának, mértékének alakulását.

Az adatsorok elemzéseikhez az R-programcsomagot használjuk, mely egy nyílt szoftverkörnyezet, kifejezetten statisztikai,

rangkorreláció negatív lesz. Így alkalmas pl. rangsor típusú adatsorok esetén is, míg a Pearson-féle korreláció ott nem feltétlenül helyesen működne. Fontos megjegyezni, hogy a rangkorreláció nem ugyanazt mutatja ki, mint a Pearson-féle korreláció, pl. (0,1), (10,100), (101,500), (102,2000) számpárok sorozata esetén a rangkorrelációk teljes egyezést mutatnak, hiszen mindkét sorozat nő, míg a korrelációs érték csak 0,456, vagyis a számpárok távol esnek a fenti

1. táblázat: Ózonnal negatívan korreláló komponensek

ózon koncentráció negatív korreláltsága más paraméterekkel												
	NO	NO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	Benzol	Toluol	MPxylol	Etilb.	Oxylol	PM <sub>10</sub>	Legny.	Parat.
O <sub>3</sub>	-0.480	-0.699	-0.609	-0.315	-0.430	-0.502	-0.431	-0.423	-0.435	-0.318	-0.199	-0.708

titikai, idősor analitikai problémák kezelésére és grafikus megjelenítésére. Egyúttal egy olyan programozási nyelv, melynek segítségével saját alkalmazásokat is fejleszthetünk, illetve számtalan kiegészítő csomag áll rendelkezésre, valamint szabadon fejleszthetőek alá újabb csomagok (Dalgard, 2008).

## 1. A 2004-2008-as teljes időszak adatainak vizsgálata.

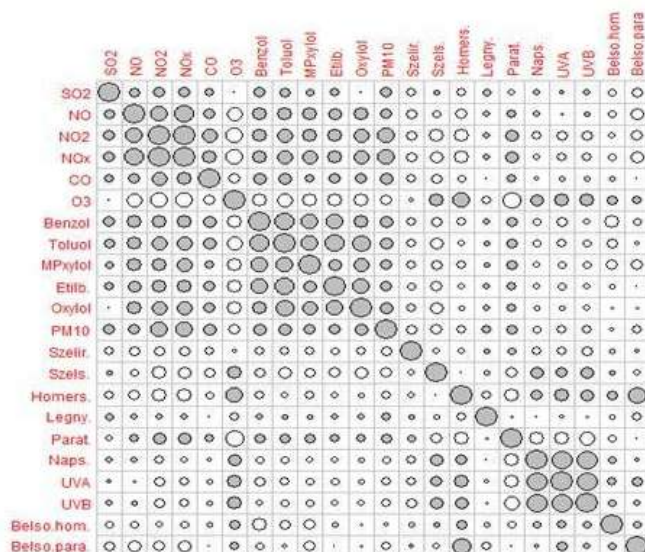
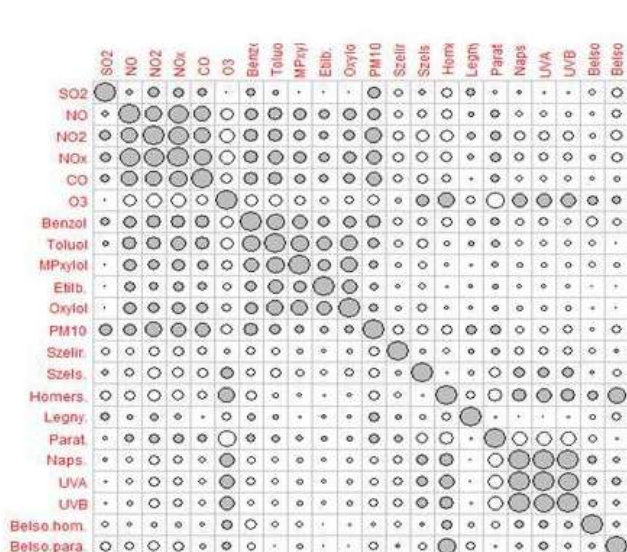
### 1.1. Komponensek közti kapcsolatok, korreláció vizsgálat.

A vizsgálatokban gyakran alkalmazott Pearson-féle korrelációs együttható ( $r$ ) a vizsgált változók közti lineáris kapcsolat erősségét (nagyság), illetve irányát (előjel) jellemzi. Az  $r$  értéke dimenzió nélküli szám és a  $[-1, +1]$  zárt intervallumban helyezkedik el:  $r < 0$  esetén negatív,  $r > 0$  értéknél pozitív korreláltságról beszélünk. Ha az  $r = 0$ , akkor a vizsgált két változó kapcsolatát korrelálatlannak nevezzük lineáris értelemben.

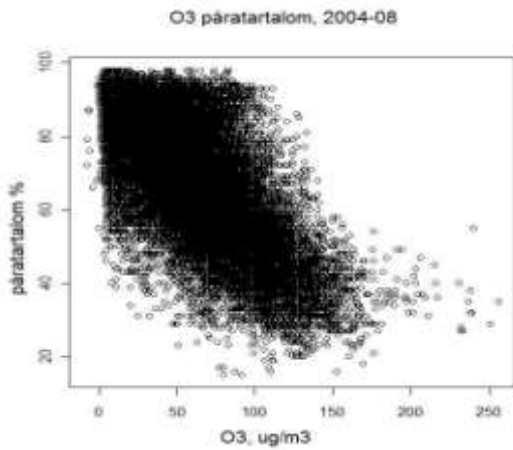
Ezzel szemben az ún. rangkorrelációs együtthatók azt mérik, hogy a két adatsor együtt változik-e, azaz ha pl. az egyik sorozat nő, és ezzel együtt a másik csökken, akkor a

pontpárookra illeszthető regressziós egyenestől. A rangkorreláció mérésére a Spearman-, illetve Kendall-féle korrelációs együtthatókat szokták alkalmazni. Vizsgálatunkban az előbbi használjuk a Pearson-féle korreláció mellett (Spiegel, 1995, Rodgers, 1988) (1. ábra).

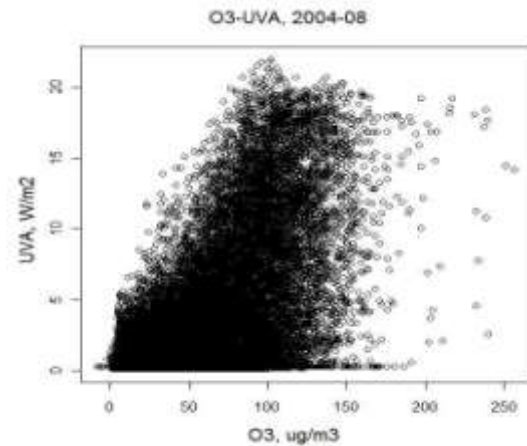
A korrelációs mátrixok fenti grafikus megjelenítése alapján jól láthatóak a jellemző kapcsolatok, illetve azok iránya az egyes komponensek között (a körök nagysága jelzi a korreláció erősségét, a színárnyalat pedig az irányát, a fehér a negatív, a sötétebb árnyalat a pozitív korrelációt mutatja). Érdekes megvizsgálni, hogy a két típusú korreláció (Pearson, Spearman) által adott eredmény mennyire fedik egymást, mennyire ugyanazt az eredményt adják. Erre egy lehetőség a két korrelációs mátrix közti távolság (Székely et al., 2007) meghatározása, melynek eredménye egy  $d$  érték a  $[0, 1]$  intervallumból. Az 1-hez közeli érték jelzi, hogy a két mátrix közti távolság kicsi (hasonlóság nagy), míg a 0 közeli érték azt mutatja, hogy a két mátrix közti távolság nagy (hasonlóság kicsi). A mi esetünkben  $d$  értéke 0,9877, ami azt mutatja, hogy a paraméteres, illetve



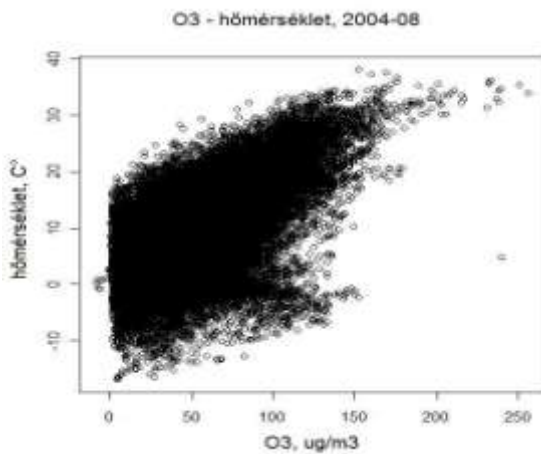
1. ábra: A teljes adatsor korrelációs mátrixainak grafikus megjelenítése



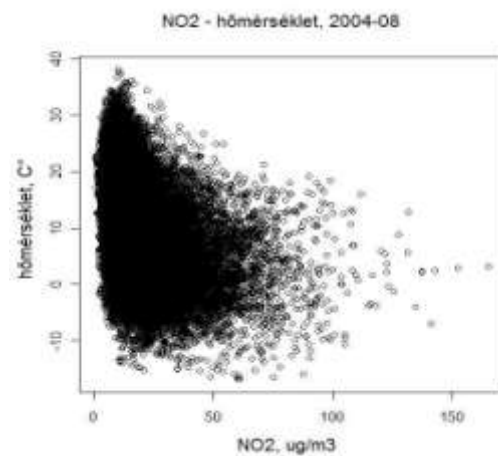
2. ábra: Ózon-páratartalom kapcsolat



3. ábra: Ózon-UVA sugárzás kapcsolat



4. ábra: Ózon-hőmérséklet kapcsolat



5. ábra: Nitrogéndioxid-hőmérséklet kapcsolat

nemparaméteres korreláció eredményei jól fedik egymást. Így a továbbiakban a korrelációs értékeken a Pearson-féle korrelációs együttható értékeit értjük.

Emeljük ki és vizsgáljuk az érdekes és erősnek mondható összefüggéseket a fenti korrelációs mátrixok alapján, különösen az  $\text{NO}_2$ ,  $\text{O}_3$ ,  $\text{PM}_{10}$  vonatkozásában a teljes vizsgált időszak tekintetében! A korrelációs mátrix grafikus megjelenítése segítségével könnyebben áttekinthetőek az összefüggések, melyek számszerű értékét már ki tudjuk olvasni a tényleges értékeket tartalmazó korrelációs mátrixból. Érdekes megfigyelni, hogy az ózon koncentráció mértéke a többi mért paraméterrel jellemzően negatív korrelációt mutat, sőt kifejezetten erős negatív korreláció áll fent a teljes vizsgált időszak tekintetében az ózon mennyisége és a páratartalom között,  $r = -0,71$  értékkel. Ez a kapcsolat minden egyes évre külön-külön is hasonló erősséggel jellemező (I. táblázat).

Az  $\text{O}_3$  és  $\text{NO}_2$  vonatkozásában összességében egy erősnek mondható ( $r = -0,699$ ) negatív korreláció áll fent a vizsgált időszakban. A későbbiekben látni fogjuk, hogy valóban, míg az ózonkoncentráció nyáron, addig a nitrogén-dioxid értékek éppen a téli időszakban magasabbak. Az ózon és a szállópor komponensek között már egy jóval gyengébb negatív korrelációt tapasztalhatunk ( $r = -0,318$ ).

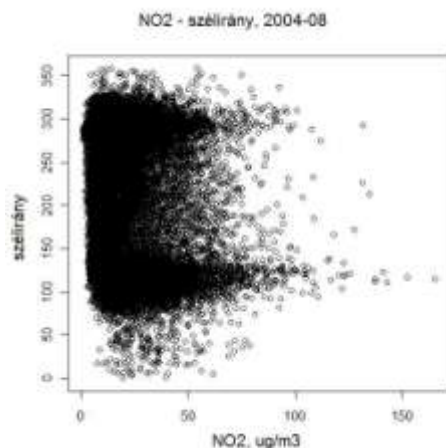
Grafikusan megjelenítve a vizsgált paraméterek értékeit plot-diagramon, jól látható a két vizsgált változó közötti kapcsolat megléte, illetve iránya (2. ábra).

Az ózon és a páratartalom vonatkozásában a diagram alapján is teljesen egyértelműen látszik a negatív korreláció ( $r = -0,708$ ). Pozitív korreláció az ózon vonatkozásában a napsugárzási, hőmérséklet és a szélsőséges adattal áll fent, ami a napsugárzás vonatkozásában természetesnek is mondható, (II. táblázat) (3. ábra).

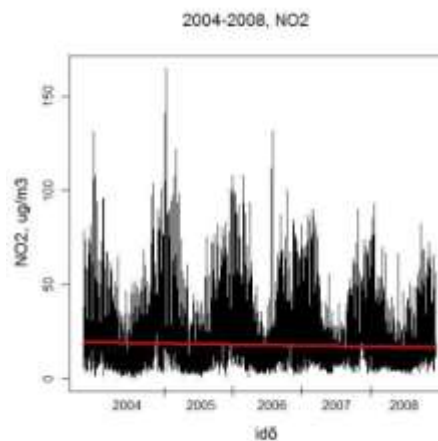
Mint már korábban említettük, az ózon és egyéb vizsgált paraméterek között jellemzően negatív lineáris kapcsolat fedhető fel, azonban érdemes megvizsgálni, hogy mely paraméterekkel áll pozitív kapcsolatban az  $\text{O}_3$  szennyező anyag. Egy, a diagram alapján is látható közepes erősségű pozitív korreláció áll fent az ózon és az UVA sugárzás vonatkozásában ( $r = 0,464$ ). (4. ábra)

Közepes erősségű pozitív korreláció tapasztalható az ózon és a hőmérséklet vonatkozásában is ( $r = 0,561$ ). A fenti kapcsolatok magyarázata, hogy a sugárzás intenzitásának növekedésével emelkedik a hőmérséklet, minek következtében felgyorsul a kémiai reakciók sebessége, így magasabb lesz az ózon koncentráció a légkörben.

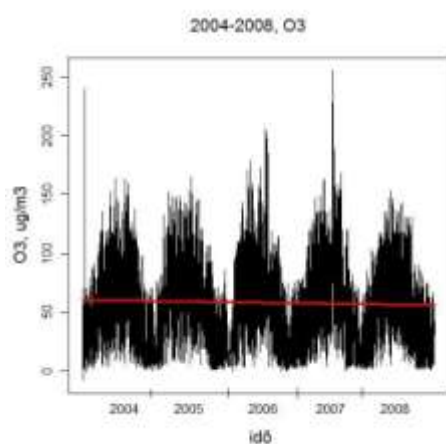




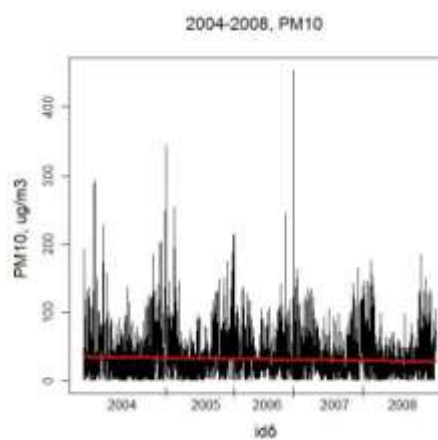
6. ábra: Nitrogén-dioxid-szélirány kapcsolat



7. ábra: Nitrogén-dioxid mennyiségi változása 2004-08



8. ábra: Ózon mennyiségi változása 2004-08



9. ábra: Szállópor mennyiségi változása 2004-08

Természetesnek mondható módon, különböző erősségű, de pozitív korreláció áll fent külön-külön a különböző NO komponensek, a napsugárzási komponensek, valamint a benzol, toluol, mpxylol, etilbromid, oxylyol között.

Jellemző, hogy jórészt a közlekedés melléktermékeként adódó NO<sub>2</sub> értéke negatív korrelációban áll a szélsébséggel ( $r = -0,355$ ) és a hőmérséklettel ( $r = -0,384$ ). Ez arra utal, hogy az erősödő szél valamelyest eltávolítja az NO<sub>2</sub> szennyezést, illetve növekvő hőmérséklet esetén másodlagosan szintén csökken az NO<sub>2</sub> koncentráció mértéke (ugyanakkor a hőmérséklet és a szélsébség között nincs kimutatható korrelációs kapcsolat,  $r = -0,030$  a két komponens közti korrelációs együttható értéke (5. ábra). Érdekes ugyanakkor, hogy az összes mért komponens vonatkozásában az NO<sub>2</sub> az egyetlen olyan szennyező anyag, melynek vonatkozásában értékelhető kapcsolat fedhető fel a szélirány és az adott komponens vonatkozásában (6. ábra).

A diagram alapján egyértelműen beazonosítható az a két szélirány, mely magasabb NO<sub>2</sub> koncentrációval jár: a 110° és a 300° környéke. Ebből arra lehet következtetni, hogy az adott irányokban valamilyen emisszió forrás, kibocsátó található, ami a magasabb értékekért felelős.

A levegőben szálló por (PM<sub>10</sub>) vonatkozásában azt tapasztalhatjuk, hogy a legerősebb kapcsolatot az éppen előbb vizsgált NO<sub>2</sub>-vel mutatja,  $r = 0,620$  korrelációs együtthatóval. Pozitív korrelációban áll még az SO<sub>2</sub>, CO és Benzol paraméterekkel, illetve gyenge negatív korrelációt mutat az ózon, hőmérséklet és szélsébség komponensekkel. Ugyanakkor a szálló por vonatkozásában nem tapasztalhatóak jellemző, erős korrelációs kapcsolatok a fent említettek közül (PM<sub>10</sub>-NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>-O<sub>3</sub>). Gyenge, negatív korrelációt tapasztalhatunk még a hőmérséklettel ( $r = -0,262$ ) és a szélsébséggel ( $r = -0,241$ ) kapcsolatban, ami már az NO<sub>2</sub> komponensre is jellemző volt (ne feledjük, hogy az NO<sub>2</sub> és PM<sub>10</sub> között erősnek mondható pozitív korreláltság áll fent).

*1.2. Az egyes komponensek elemzése a 2004-08 időszakban.*  
A paraméterek közti korrelációs kapcsolatok elemzése után kezdjük el a korábban már említett NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> és PM<sub>10</sub> szennyező anyagok vizsgálatát, illetve ezen elemek mennyiségi változásainak elemzését a vizsgált 5 évben. Természetesen mindegyik említett komponens vonatkozásában tapasztalható az éves ciklikusság, azonban érdemes megvizsgálni, hogy hogyan alakul egy-egy éven belül az adott komponens értéke: van-e különbség az egyes évek között, egy adott éven belül hogyan változik az adott paraméter mértéke stb.

Tekintsük az egyes paraméterek lefutását a fenti öt évben, illetve az adatokra regressziós egyenest illesztve azt, hogy az öt év vonatkozásában, hogyan változott az adott komponens értéke, egyáltalán van-e kimutatható lineáris trend.

**1.2.a NO<sub>2</sub> komponens. (7. ábra).** A grafikon alapján jól látható az éves ciklikusság, az hogy a mért NO<sub>2</sub> értékek az év elején és év végén magasabbak, az év közepén ehhez képest jóval alacsonyabb értékeket mutatnak. (Ennek magyarázatát lásd 1.2.b. részben.).

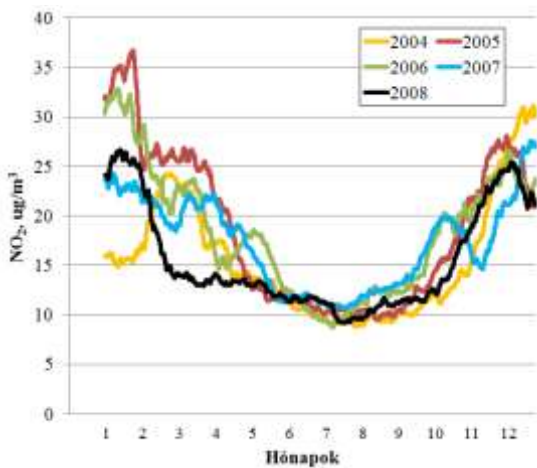
Ugyanakkor az összesített grafikon alapján az a feltevés adódik, hogy a kiugró, határértéket meghaladó NO<sub>2</sub> értékek száma csökkenő tendenciát mutat a fenti időszakban (lásd 2.1.b. részben). Az adatsorra illesztett regressziós egyenes egyenlete:  $y = -0.00006771x + 19.58$ , ami azt mutatja, hogy gyakorlatilag a vizsgált öt évben az NO<sub>2</sub> mennyisége éves vonatkozásban a fenti időszak tekintetében állandónak mondható, illetve egy elhanyagolható mértékű csökkenést mutatnak a regressziós együtthatók.

**1.2.b. O<sub>3</sub> komponens.** Az ózon, mint a fotokémiai reakciók köztes terméke, a nitrogén-vegyületek koncentrációival és a

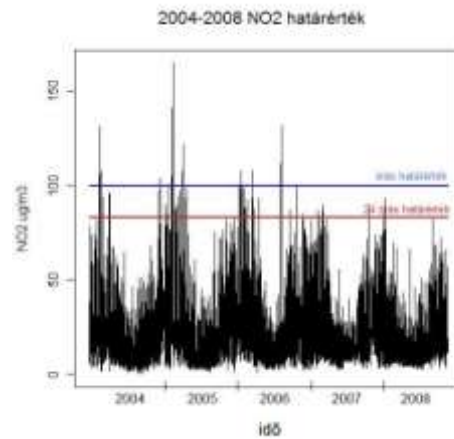
napsugárzás intenzitásával mutat szoros összefüggést, mivel keletkezésének egyik módja a nitrogén-dioxid fotokémiai bomlása. Ezért a légköri koncentrációja az energiaipar és a közlekedés emissziójával van kapcsolatban. A téli időszakban a fűtési energiafelhasználás erősödésével és a napsugárzás intenzitásának csökkenésével a nitrogén-vegyületek koncentrációja emelkedik, míg nyáron az ózoné. Ez magyarázza az NO<sub>2</sub> és O<sub>3</sub> éves karakterisztikáját, illetve a közöttük fennálló erős negatív korrelációt (1. és 8. ábra).

Az ózon mérési eredményi alapján szintén jól látható az éves periodicitás és az, hogy ellentétben az NO<sub>2</sub>-vel, itt a nyári értékek a magasabbak, míg az év eleji és év végi értékek ennél jóval alacsonyabbak (a két változó között erős negatív korreláció áll fent). A mért ózon értékekre illesztett lineáris regresszió eredménye:  $y = -0,0001026x + 60,17$ , ami alapján az NO<sub>2</sub> esetén is tapasztalt következtetést vonhatunk le, azaz a fenti öt év vonatkozásában éves szinten az ózon mennyisége állandónak tekinthető, illetve egy rendkívül gyenge, elhanyagolható csökkenés tapasztalható.

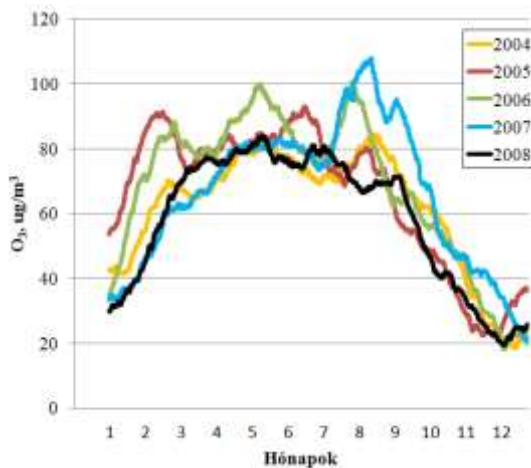
**1.2.c. PM<sub>10</sub> komponens.** A környezetvédelem kétféle porszennyezést ismer. A nagyobb méretű, többnyire a földfelszínről szél által felkoptott, felaprózódott törmelék-



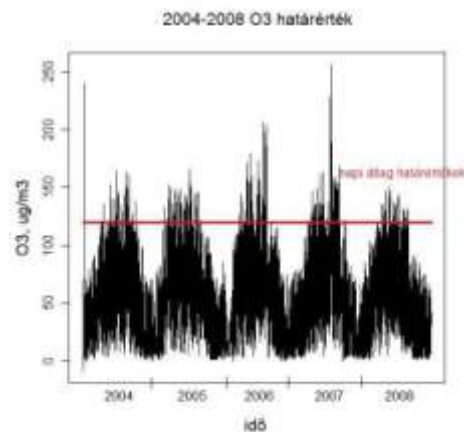
10. ábra: Nitrogén-dioxid koncentráció éves lefutásai



11. ábra: Nitrogén-dioxid koncentráció és az egészségügyi határértékek



12. ábra: Ózon koncentráció éves lefutásai



13. ábra: Ózon koncentráció és az egészségügyi határértékek

II. táblázat: Ózonnal pozitívan korreláló komponensek

pozitív korreláció O <sub>3</sub> -mal					
	Szels.	Homers.	Globálsug.	UVA	UVB
O <sub>3</sub>	0,414	0,561	0,397	0,464	0,453

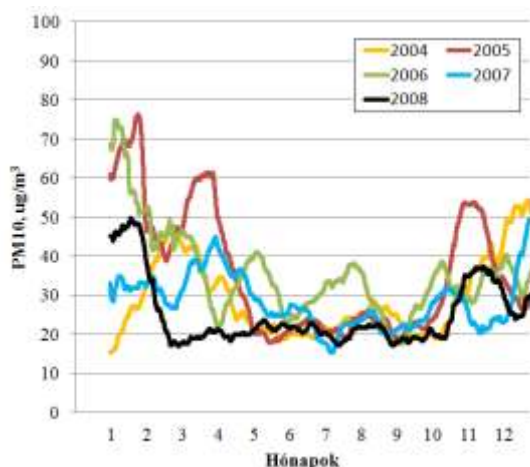
ket, és a kéményekből fölemelkedő pernyét, amelynek légköri tartózkodási ideje rövid, hiszen a gravitáció hatására viszonylag gyorsan szedimentálódik. Ennek az *ülepedő* pornak a terhelését a havonta m<sup>2</sup>-enként lehullott mennyiség alapján mérjük. A 10 µm-nél kisebb méretű *szálló por* a veszélyesebb. Ennek forrásai a tüzelőberendezések, a közlekedés és a levegőben lezajló kémiai folyamatok lehetnek. Az egészségre ártalmas anyagokat tartalmazhat, a pollen allergén hatását fokozhatja. Tekintsük az alábbi grafikonon a szálló por mennyiségi változását 2004-08 vonatkozásában (9. ábra)

A korábbi két adatsorhoz képest sokkal gyengébben vehető ki, azonban itt is érzékelhető az éves periodicitás, az az éves tendencia, hogy év elején és év végén általában magasabbak a mért PM<sub>10</sub> értékek, mint az év középső részén. A kiugróan magas értékek jellemzően a téli, szélhiányos időszakban adódnak, amikor összegyűlnek a szennyező anyagok éppen a szél tisztító hatásának hiánya miatt.

A szállópor esetén az alábbi regressziós függvény adódik:  $y = -0,000174x + 35,25$ , ami szintén azt mutatja, hogy 2004-08 vonatkozásában éves szinten a PM<sub>10</sub> mennyisége állandónak tekinthető.

**2. A vizsgált komponensek éves lefutásainak összevetése, egészségügyi határértékek.** A teljes adatsor vizsgálata mellett érdemes azt is elemezni, hogy az egyes években külön-külön milyen volt a vizsgált komponensek lefutása. Ahhoz, hogy ez szemléletesen is áttekinthetőbb legyen, és a kiugró adatok ne befolyásolják az összehasonlíthatóságot, mozgóátlagolással simított adatsorokat vetünk össze egymással, és ezeket ábrázoljuk közös koordináarendszerben.

2.1.a. NO<sub>2</sub> értékek éves karakterisztikája. (10. ábra). Jól



14. ábra: Szállópor koncentráció éves lefutásai

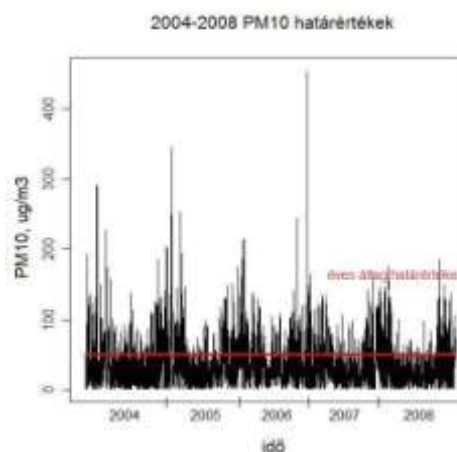
láthatóan az egyes évek lefutásának karakterisztikái jól fedik egymást, jellemzően egy y tengely mentén zsugorított parabolikus típusú görbét leírva. Azaz az évek elején, végén tapasztalható magasabb NO<sub>2</sub> koncentráció, jellemzően 35 µg/m<sup>3</sup> feletti átlagos értékkel. Míg az év középső időszakában érzékelhetően kisebb, jellemzően 25 µg/m<sup>3</sup> körüli átlaggal. Ugyanakkor azt is láthatjuk, tekintve az eredeti és a fenti simított adatsorokat, hogy míg az év középső szakaszában mért értékek esetén az egyes évek szinte teljesen fedik egymást, elhanyagolhatóak az eltérések, addig az év eleji és év végi adatok esetén már jelentősebb eltérések is tapasztalhatóak az egyes évek adatsorai között. Jellemzően 2005-06 esetén érzékelhetőek szignifikánsan magasabb értékek, mely érdekes módon összecseng ugyanezen évek ezen időszakában tapasztalható magasabb O<sub>3</sub> értékeivel, holott köztük negatív korreláció áll fent; feltehetően ezeken a teleken nagyobb volt az antropogén kibocsátás.

2.1.b. NO<sub>2</sub> határértékek. Az NO<sub>2</sub> szempontjából az egészségügyi határérték napi átlag szinten 85 µg/m<sup>3</sup>, illetve óras szinten 100 µg/m<sup>3</sup>, így fontos lehet annak vizsgálata, hogy a vizsgált teljes időszakban hányszor, mikor lépte át a komponens mértéke ezt a határt. Evvel kapcsolatban számszerűsítve az alábbi mennyiségek adódnak a vizsgált időszak vonatkozásában (III. táblázat)

A táblázat alapján az látható, hogy a vizsgált 5 év vonatkozásában összességében a szennyezőanyag határt meghaladó értékei és ezek átlaga is csökkenő tendenciát mutat. Az óras határérték átlépések száma 2007-08-ban 0 a korábbi évekkel szemben. Azt azonban nem mondhatjuk el, hogy elérte a kívánatos szintet. Illetve jellemzően az év elején és végén voltak a határértéket meghaladó mérések (11. ábra).

2.2.a. O<sub>3</sub> éves karakterisztikája (12. ábra). Az ózon vonatkozásában már jóval nagyobb szórás tapasztalható az egyes évek mérési adatai között: 2005 elején jellemzően magasabb értékeket mértek, mint a többi évben, illetve 2006-07 esetén nyár végén voltak tapasztalhatóak magasabb mért értékek, mint a többi 3 évben.

2.2.b. O<sub>3</sub> határértékek. A troposzférikus ózon kifejezetten veszélyes légszennyező anyag, ezért koncentrációjára fokozott figyelmet kell szentelni. A 120 µg/m<sup>3</sup> napi átlag határér-



15. ábra: Szállópor koncentráció és az egészségügyi határértékek

III. táblázat: Nitrogén-dioxid koncentráció határérték feletti mérése

NO <sub>2</sub> határérték feletti értékek 2004-08					
	2004	2005	2006	2007	2008
napi átlag határérték feletti mérések (nap)	0	1	0	0	0
24 órás határérték feletti mérések átlaga (µg/m <sup>3</sup> )	95,93	102,27	93,32	86,87	89,25
órás határérték feletti mérések száma (db)	9	26	13	10	11

IV. táblázat: Ózon koncentráció határérték feletti mérése

O <sub>3</sub> határérték feletti értékei 2004-08					
	2004	2005	2006	2007	2008
napi átlag határérték feletti napok száma (nap)	11	29	47	33	6
napi átlag határérték feletti mérések átlaga (µg/m <sup>3</sup> )	132,88	131,07	141,22	142,83	128,77

tékét a nap folyamán tapasztalt legmagasabb 8 órás mozgóátlag alapján határozták meg. Összevetettük a mért koncentráció értékeket az azonos idejű szélirányokkal, de nem mutatnak szoros összefüggést. Mind a város felől fújó déli-délkeleti, mind a külső területek felől érkező északnyugati szél eredményezett magas koncentrációkat. Tekintettel arra, hogy az ózon légköri tartózkodási ideje 5-10 nap, származhat az ÉNy-i széllel érkező terhelés ausztriai forrásokból is. (13. ábra és IV. táblázat). A táblázat adatai alapján azt láthatjuk, hogy 2004-2007 között a határértéket meghaladó ózonkoncentráció értékek darabszáma és átlagos értéke is növekszik, míg 2008-ban egy komolyabb csökkenés tapasztalható a korábbi 4 évhez képest. Azonban ezek az értékek még így is magasak. A határértéket meghaladó ózonkoncentráció adatok jellemzően az év közepén, a nyári időszakban tapasztalhatóak, adódóan az éves ózonkoncentráció karakterisztikájából.

2.3.a. *PM<sub>10</sub> éves karakterisztikája (14. ábra).* A görbék alapkarakterisztikái alapvetően megegyeznek, azonban 2005-06 esetén év elején jellemzően magasabb értékek adódtak, mint a többi évben, és az év további szakaszaiban is több kiugrás tapasztalható. Ezek a magasabb értékek, illetve a görbék lefutása összhangban áll ugyanezen időszakban tapasztalt magasabb NO<sub>2</sub> értékekkel, amit korábban már említettünk (a két változó között erősnek mondható pozitív korreláció áll fent).

2.3.b. *PM<sub>10</sub> határértékek.* A finom részecskék magas légköri koncentrációja sürgető feladatokat tűz a város vezetése elé. Az éves átlagra vonatkozó 40 µg/m<sup>3</sup> határértéket nem érték el az adatok, de a 14 µg/m<sup>3</sup> felső vizsgálati küszöbértéket minden évben meghaladták. A 24 órás átlagos 50 µg/m<sup>3</sup>-es szintet (15. ábra) az évente megengedett 35-nél többször is túllépték (V. táblázat). A fenti adatok alapján azt mondhatjuk, hogy a porszennyezettség mértéke a vizsgált 5 évben folyamatosan elég magas, különösen az év eleji és év végi időszakok tekintetében.

A közelmúltban az EU tagállamok közül elsőnek hazánkban bevezetett tájékoztatói és riasztási kötelezettség külön figyelmet érdemel. Eszerint az önkormányzatok akkor kötelesek tájékoztatni a lakosságot, ha a szálló por értéke két egymást követő napon meghaladja a 75 µg/m<sup>3</sup>-t, riasztási kötelezettség pedig akkor áll fenn, ha a szálló por értéke két egymást követő napon meghaladja a 100 µg/m<sup>3</sup>-t és a meteorológiai előrejelzések szerint a következő napon javulás nem várható. A PM<sub>10</sub> korábbi méréseinek tapasztalataiból tudhatjuk, hogy a közlekedésből eredő koncentráció átlagosan 20 µg/m<sup>3</sup> körül változik (ez is a felső vizsgálati küszöb fölött van!). Az őszi és téli időszakban ehhez adódik az avarégetésből és a lakossági fűtésből eredő többlet. Az utóbbi általában a hőmérséklettől függő intenzitású. Az elszabadult gázárak következtében az egyre szűkösebb anyagi körülmények között élő lakosság szívesen fűt háztartási hulladékkal is. Ez ugyan a levegőkörnyezetet erősen terheli, de tüneti kezeléssel nehezen kerülhető el. Az Észak-dunántúli Környezetvédelmi Felügyelőség 2004-ben intézkedési programot készített a város légszennyezettségi állapotából adódóan, mert a „légszennyezettséggel érintett” városok közé tartozik. A 2002. évi KVVM értékelés szerint Sopron légszennyezettségi zónabesorolása az egyes légszennyező anyagok tekintetében a következő: Kén-dioxid: F, Nitrogén-dioxid: C, szén-monoxid: E, PM<sub>10</sub>: D, benzol: E. Ez azt jelenti, hogy van

V. táblázat: Szállópor koncentráció határérték feletti mérése

PM <sub>10</sub> határérték feletti értékei 2004-08					
	2004	2005	2006	2007	2008
napi átlag határérték feletti napok száma (nap)	56	69	76	43	32
napi átlag határérték feletti mérések átlaga (µg/m <sup>3</sup> )	73,64	82,2	74,26	71,07	73,64

olyan légszennyező anyag, amelyre vonatkozóan a határérték túllépés megvalósul. Egy később készült tanulmány a város levegőjét ózon tekintetében jónak, PM<sub>10</sub> tekintetében csupán megfelelőnek ítéli.

3. *Konklúzió.* A fenti elemzések alapján összességében elmondható, hogy Sopron légszennyezettségi adatai, (különösen a por, nitrogén-vegyületek és ózon terhelése a városnak) korántsem olyan kedvezőek, mint az fekvéséből, turisztikai jelentőségéből adódóan várható lenne. Illetve nem látszódnak olyan tendenciák, melyek egyértelműen a javulás irányába mutatnának. Így érdemes elgondolkodni azon, hogy milyen lépéseket lehet, érdemes tenni a helyzet javítása érdekében.

#### Irodalom

- Dalgard, P., 2008: Introductory Statistics with R. Springer.  
 Rodgers, J. L., and Nicewander, A. W., 1988: Thirteen Ways to look at the Correlation Coefficient. The American Statistician Vol. 42., No. 1, 59-66.  
 Spiegel, M. R., 1995: Statisztika, Elmélet és gyakorlat. Panem-McGraw-Hill, Budapest.  
 Székely, G. J., Rizzo, M. L. and Bakirov, N. K., 2007: Measuring and testing dependence by correlation of distances. Ann. Statist. Volume 35, Number 6., 2769-2794.