



SZÉCHENYI ISTVÁN EGYETEM
MŰSZAKI TUDOMÁNYI KAR
KÖRNYEZETMÉRNÖKI TANSZÉK



A járműforgalom és a levegőminőség összefüggései Győr város példáján

TDK dolgozat

Készítette: **Sándor Ingrid Márta**
környezetmérnök hallgató

Belső konzulens: Pestiné dr. Rác Éva
Külső konzulens: Lautner Péter

Győr

2013

Tartalomjegyzék

Bevezetés	1
1. A városi légszennyezés komponenseinek mérése és kapcsolata a közlekedéssel	3
1.1 Légszennyezők mérésének módszere	3
2. Légszennyezés és a közlekedés kapcsolata	7
3. Győr város levegőminősége	9
3.1 Győr közúti forgalmi rendjének főbb módosulásai	9
3.2 Főbb légszennyezők trendjei	10
4. A levegőminőség napi és heti ritmusának kimutatása mért adatok alapján	15
4.1 Január és július havi adatsorok 1994-től 2012-ig	15
4.2 Január és július 3. hetének napi adatsora 1994-2012-ig	16
4.3 Nitrogén-oxidok napi ritmusa	16
4.4 Szálló por napi ritmusa	17
5. A forgalom és a levegőminőség együttes vizsgálata	20
5.1 Mérések, mintavétel	20
5.2 Mérőpontok	20
5.3 Mintavételi eljárás	20
5.4 Mintavételek időpontjai, összmintaszám	22
5.5 Kapcsolódó forgalomszámlálás	22
5.6 Mintaelemzés	23
6. Eredmények értékelése	25
6.1 A Szent István út – Jókai utca vizsgálata	25
6.2 Fogalmas utcák elemzése	29
6.3 NO _x koncentrációja és a közlekedés közötti kapcsolat	32
6.4 Következtetések	36
Összegzés	38
Irodalomjegyzék	41
Ábrák jegyzéke	44
Képek jegyzéke	46
Mellékletek	48

Bevezetés

Dolgozatom tárgyát a járműforgalom és a levegőminőség összefüggéseinek vizsgálata képezi Győr város példáján, melynek a szakmai gyakorlatom alkalmával és a „TÁMOP-4.2.2.C-11/1/KONV-2012-0012: „Smarter Transport” – Kooperatív közlekedési rendszerek infokommunikációs támogatása – című projektben végzett munkám eredménye. Dolgozatomban alapvető célul tűztem ki, hogy átfogó képet adjak Győr Megyei Jogú Város légszennyezettségének alakulásáról. A témaválasztásom aktualitását adja – amellet, hogy a levegő szennyezettsége napjaink egyik legégetőbb problémája – az is, hogy a Széchenyi István Egyetem pályázatával elnyerte a Magyar Állam és az Európai Unió által támogatott, az Európai Szociális Alap által társfinanszírozott „Smarter Transport” - Kooperatív közlekedési rendszerek infokommunikációs támogatása elnevezésű TÁMOP-4.2.2.C-11/1/KONV-2012-0012 projekt megvalósítását, amelyben többek között a járműforgalom levegőminőségre gyakorolt hatását szeretnék modellezni.

Vizsgálataim során alapul vettem a szakirodalmat, a kapcsolódó egyetemi előadások anyagát és a projekt során az Észak-dunántúli Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség (a továbbiakban: ÉDU-KTVF) mérőállomásán és mérőkonténerében végzett 48 órás kutatómunkámat.

Diákköri dolgozatom keretében bemutatom a vizsgált légszennyezők mérési módszereit, valamint a légszennyezés és a közlekedés kapcsolatát. Ebben a részben leginkább az egyetemi tanulmányaimra és az ÉDU-KTVF mérőállomásán használt mérési módszerek megismerésére támaszkodtam. A szükségesnek tartottam bemutatni Győr város légszennyezettségének éves trendjeit, melyeket külön, az egyes légszennyező komponensenkénti bontásban tettem meg.

Mindezek után a levegőminőség heti és napi ritmusát ismertetem, főként az ÉDU-KTVF adatait feldolgozva. Az elemzés során a jobb áttekinthetőség érdekében az adatokat gyakorta rendeztem táblázatokba, illetve ahol szükségesnek ítéltm, az általam kapott eredményeket diagrammon is személttettem.

Végül rátértek a „Smarter Transport” projekt ismertetésére, levegőminőségi vizsgálatainak részletes bemutatására, a jellemző mérési metódusaira és az adatok értékelésére, összevetve az ÉDU-KTVF által mért koncentrációkkal, valamint a közúti forgalom változásával. A minták kiértékelésében személyesen vettem részt, a mérési adatokat felhasználtam. Fontos azonban megjegyezni, hogy a mérési eredmények tulajdonjoga a projektgazdát illeti meg, aki a pontos mérési adatok közléséhez nem járult hozzá. Ezért az általam készített diagrammok a trendeket

és a fő irányvonalakat mutatják csak meg, a konkrét koncentrációkkal kapcsolatos adatokat nem tartalmazzák.

A két mérési nap során egy konkrét kereszteződésen belüli, és több, kiemelkedő forgalmat lebonyolító főút légszennyezettségének térbeli változását is elemeztem. Vizsgálataim alapján beigazolódott, hogy a kiválasztott napokon a várt napi lefutási görbe egyértelműen átfedésben van az általunk kapott eredményekkel. Azonban az elemzett értékek között viszonylag nagy, egyedi különbségek mutatkoztak, mind a kereszteződéseken belül, mind a város különböző részein.

Nagy segítségemre voltak konzulenseim, Pestiné dr. Rácz Éva Veronika (a Széchenyi István Egyetem, Műszaki Tudományi Kar, Környzetmérnöki Tanszék, egyetemi docense), és Lautner Péter (az Észak-dunántúli Környzetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség, osztályvezető-helyettese) szakmai iránymutatásai, valamint munkámat a „TÁMOP-4.2.2.C-11/1/KONV-2012-0012: "Smarter Transport" - Kooperatív közlekedési rendszerek infokommunikációs támogatása - című projekt projekt kapcsán a Széchenyi István Egyetem Műszaki Tudományi Kar Matematika és Számítástudomány Tanszéke is segítette, így sikerült hasznos mutatószámokkal és adatokkal tovább színesíteni a feldolgozott témakört.

1. A városi légszennyezés komponenseinek mérése és kapcsolata a közlekedéssel

1.1 Légszennyezők mérésének módszere

Immisszió (szennyezettség) a környezeti elemek (levegő, víz, föld) szennyezettségi állapota, mely az emissziót, majd a transzmissziót, illetve transzportot követően alakul ki. Jellemezhető a szennyezők minőségi és mennyiségi értékeivel. A KvVM kármentesítési kézikönyvének szerinti definíció is mutatja a légszennyezők mérésének fontosságát, így most a fent említett főbb légszennyezők analízator általi mérési alapjait mutatom be. [1] Mindegyik általam vizsgált mintavevő készülék a Magyar Szabvány követelményrendszerének megfelelő technológiát alkalmazza. A Magyar Szabvány (nitrogén-oxidokra vonatkozóan MSZ EN 142111:2005, szálló porra vonatkozóan MSZ EN 12341:2000) tartalmazza az alkalmazási területet, fogalommeghatározásokat, a referenciaműszerrel való egyenértékűség követelményeit, mint a vizsgálandó műszerek összehasonlíthatósági követelményeit. Ezen felül a vizsgálati eljárást, valamint a vizsgálati jegyzőkönyv tartalmi követelményeit is részletezi. Mindezek mellett természetesen elengedhetelen, és alapkövetelmény, hogy az analízator a környezeti levegőből a mintát úgy elemezze, hogy a vizsgálat során annak fizikai és kémiai tulajdonságait ne változtassa meg, a mért tömegben, vagy térfogatban a vizsgálat komponens koncentrációja értékelhető maradjon. (Vallero, 2008)

A légszennyező anyagok közül leginkább a szállópor és a nitrogén-oxidok hozhatók összefüggésbe a közlekedéssel (Radnainé, 2011), ezért e két csoport mérési módszereit mutatom be.

A szállópor mérése

A por mérésére három analízator működését mutatom be, melyek hasonló elven működnek.

A FH62I-R típusú analízator radiometrikus mérési elven (β -abszorpció, két sugaras, kompenzációs radiometria) alapszik, az összegyűlt porszemcséket a por gyűjtése alatt egyidejűleg méri, megfigyeli és kijelzi. Lehetővé teszi a szűrőpapíron felgyűlt por valós idejű mérését és a környezeti levegőben lebegő részecskék tömegkoncentrációjának on-line mérését, kijelzését.

A por mintavételezéssel párhuzamosan, a szűrőn felgyűlt részecskék tömegét a műszer méri és kijelzi. Tömeg növekedésének sebességéből és a levegő aktuális áramlási sebességéből kiszámolja az aktuális porkoncentrációt.

Metódus:

A szűrőszalag egy tiszta szakasza a mérési pozícióba halad, a környezeti levegőt a mintavételi rendszer átszívja rajta. A levegőben lévő porszemek lerakódnak a szűrőn. A mérőkamrában a szűrőn a porból felgyülemelő mintában növekvő számú szemcse rakódik le. Ez a folyamatosan növekvő porréteg gyengíti a β -sugarak intenzitását a szekcióban (mérőkamra, ionizációs kamra). A kimenetnél az elektromos jel növekszik. Ez a jel a mindenkor szűrő adott helyén felgyűlt tömegről ad aktuális információt. A porkoncentráció számításához az aktuális légáramlatot a műszer szakaszosan méri. A légáram értéke állandó kell hogy legyen, ezért a fordulatszám szabályozására vákuumszivattyút használnak. (Thermo ESM Andersen, 1999)

MPSI100 típusú pormonitor szintén a β -sugár abszorpciójának elvén mér. A levegő minta portartalmát üvegszálszűrőn fogják fel, amelyet mikroprocesszoros vezérléssel léptetnek. A porkoncentrációt $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -ben fejezi ki. A mérés során a tiszta és a poros szűrő elnyelésének különbségével számolunk.

Mérési ciklus felépítése:

Egy ciklus tartalmazza a periódusokat (pl. $\frac{1}{2}$ óra). Minden periódus végén a szűrőn összegyűlt porréteg alapján kiszámolja a periódus átlag koncentrációját (MPC).

Minden ciklus végén a ciklus alatt gyűlt porból kiszámolja a ciklus átlag koncentrációját (MCC).

Egy ciklus alatt néhány folt is keletkezhet a szűrőn. Ez akkor következik be, ha:

- a) a porréteg meghalad egy előre meghatározott értéket
- b) a szűrő eltömődést kompenzáló szelep teljesen nyitva van.

Ezekben az esetekben az MCC a részkoncentrációkból számolható. A ciklus végén a rendszer kiszámítja a rész koncentrációk átlagát. (DIGITEL Elektronik GmbH, 1995)

DIGITEL PM_{10} - $\text{PM}_{2,5}$ szemcseméretű por mérésére a DHA-80 és a DHA-80W digitális nagy térfogatáramú por mintavevők szolgálnak, melyek olyan rendszerek részei, ahol por és aeroszol részecskéket gyűjtenek későbbi kiértékelés és analízis céljából. A szűrő anyagának és felépítésének kiválasztása az analízis fajtájától függ. Szükséges légáramlást egy rotaméter állítja be. Ezt az értéket először be kell kalibrálni a mintavételi időszak elején. Maga a mérés a következőképp zajlik. A levegőt a motor szívja be egy mintacsövön keresztül függőlegesen, föntről lefelé a szűrőn át, mely az áramlási folyosón található. A légnyomást és a levegő hőmérsékletét az áramlásmérő előtt folyamatosan méri a készülék és folyamatosan szabályozza azokat egy vezérlő. A mintagyűjtők szélirány és szélesség mérésére alkalmas

műszerekkel lettek felszerelve és a vezérlő számításba veszi a szélmérő által közölt adatokat. (Aufschaite, 2000)

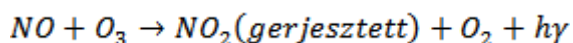
Jó példa a mérési metódusok szemcseméret szerinti mérésére az Észak-dunántúli Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség a Győr1., a Győr2. És a Sarród-Konténere, hiszen például a Győr1. mérőkonténerben 2003 óta mérik a PM_{2,5} szemcseméretű por koncentrációját.

Kezdetben a Kálmán System Környezetvédelmi Műszer Fejlesztő, Gyártó és Kereskedelmi Kft. által forgalmazott nagy térfogatáramú pormintatvevőket használtak a mérőkonténerekben, amely 24 órás mintavételt tett lehetővé, és a mintacsere naponta történt. Jelenleg két hetes ciklusok jellemzik a mintavételt. Az új konténerekben (Mosonmagyaróvár, Sarród, Szombathely) az optikai módszerrel történik a PM₁, PM_{2,5}, PM₁₀ szemcsefrakciók mérése, amelyet egy β-abszorpción alapuló PM₁₀-es szemcsetartomány mérés egészít ki. A két mérés eredménye óránként kalibrálja magát egymáshoz.

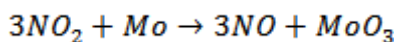
Nitrogén-oxidok mérése

NO-NO₂-NO_x analizátorral (mint például a Thermo Scientific 42c, 42i és GreenLab AC32M modellekkel) történik a mérés az ÉDU-KTVF győri mérőállomásán. Az itt látott eszközök bemutatásával szeretném szemléltetni az adott komponensek mérési elvét, jellemzését.

NO-NO₂-NO_x mérés a kemilumineszcianál alapul, azaz hogy a nitrogén-monoxid az erősen oxidáló ózon molekulák jelenlétében fényt bocsát ki.



Fontos azonban, hogy a vizsgálandó mintában lévő NO₂-t át kell alakítani NO-vá, mielőtt a kemilumineszcianai reakció végbe mehetne. Ez az átalakítás circa 320°C-ra hevített molibdén kemence segítségével megy végbe, ahol a következő folyamat játszódik le:



Az NO és az NO_x mérése gyakorlatilag ugyanabból a mintából történik. A levegő minta, miután áthaladt a porszűrőn a szolenoid szelepekhez kerül. Egy külső pumpa a reakciókamrában vákuumot hoz létre. A minta egy része a reakciókamrába szűkítőn keresztül jut be, amely korlátozza az áramlási sebességet az NO-ciklushoz, az NO₂→NO átalakítón keresztül az NO_x ciklushoz és az előkamrán keresztül a referencia ciklushoz (minta+ ózon). Az ózont tartalmazó levegő a mérőkamrába szintén szűkítőn keresztül jut be. (Environment s.a., 1992)

A mérés három ciklusban történik:

-Referencia ciklus:

Ugyanaz a folyamat játszódik le, mint a reakciókamrában, csak nem gerjesztett NO_2 van jelen, hanem az alapállapotú NO_2 jut be (ezt az út hosszabításával oldja meg). Ezt tekintjük „null” állapotnak, ekkor csak NO_2 van jelen. Energiáját az előcellában adja a következőektől eltérően, amelyek a mérőcellában adják le. A minta bekerül az előreakciókamrába és ózonnal keveredik. A gázban lévő NO molekulák NO_2 -vé oxidálódnak, mielőtt bekerülnek a reakciókamrába. A fotóerősítő által így a kemilumineszcencia nélkül mért jel „nullgáz” mérésenként vehető figyelembe, és referenciajelként használható.

- NO ciklus:

A minta közvetlenül kerül a mérőkamrába, ahol az ózon oxidálja a nitrogén-monoxidot. A fotóerősítő által mért jel arányos a mintában lévő NO molekulák számával.

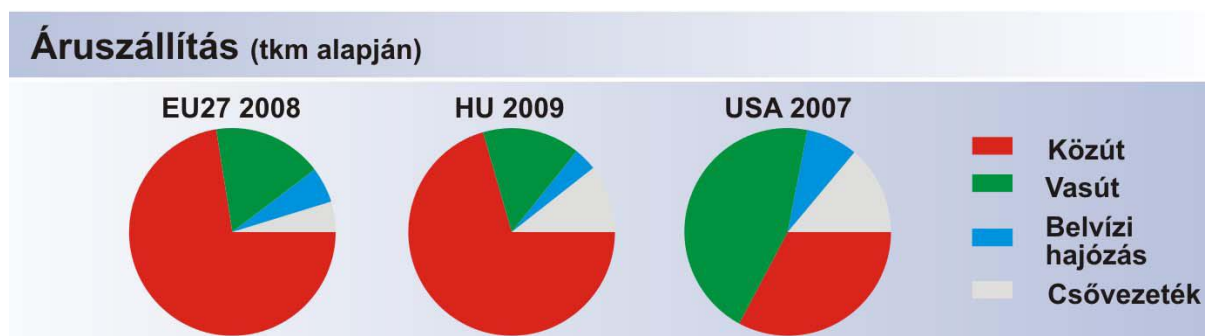
- NO_x ciklus:

A minta keresztüláramlik az átalakítókemencén, majd a reakciókamrában keveredik O_3 -nal. A fotóerősítő által mért jel arányos a mintában lévő NO , NO_x molekulák számával.

Összesítve tehát „a gerjesztett molekulák jellemző hullámhosszúságú fényenergia kisugárzása közben jutnak alapállapotba. A kisugárzott energiát a műszer elektromos jellé alakítja át. A jel arányos a gázminta nitrogén-monoxid, illetve nitrogén-oxidok koncentrációjával. A nitrogén-oxidok koncentrációméréséhez a gázmintában lévő nitrogén-dioxidot nitrogén-monoxiddá kell alakítani. Az átalakító konverter a műszer belső tartozéka.” (Kardos, Sándor, 2013)

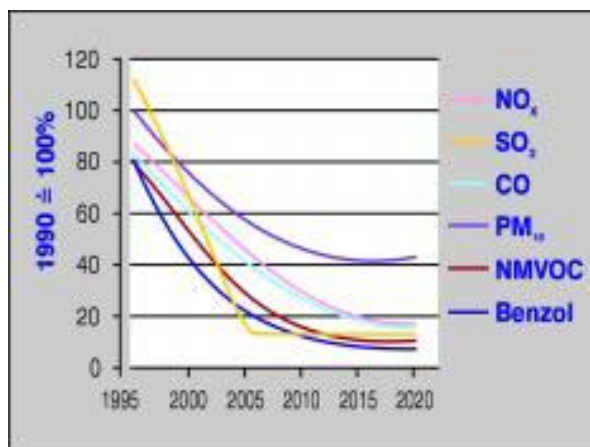
2. Légszennyezés és a közlekedés kapcsolata

A városiasodástól kezdve, az ipari forradalmakon át 1960-as évek végéig az ipari termelés volt a légszennyezés legjelentősebb forrása a városokban. Napjainkban viszont az ipari és fűtési technológiák modernizációja valamint a nagyüzemek városokból történő kitelepítése következtében a légszennyezés egyik fő okozója a közúti közlekedés. [2] A mobilizáció iránti igény a mai napig arra sarkalja a lakosság többségét, hogy személygépkocsival közlekedjenek. A közúti közlekedés az emberek közvetlen közelében szennyezi a levegőt, káros kibocsátásai nem tudnak felhígulni, egészségkárosító hatásuk ezért különösen erős (Colville és mtsi, 2000; Dr. Barna, Barna, 2004). Még ha a technikai fejlődésen is esnek át a gépjárművek, akkor is jelentős légszennyezőkként szerepelnek. A légköri immissziót befolyásoló tényezők közül számolnunk kell a közlekedés esetén a forgalom nagyságával, összetételével, akadályozó tényezőkkel, a járművek korszerűségével, terheltségével, továbbá a szélsőségekkel is. Mindezek befolyásolják a kipufogógáz mennyiségét [2]. Így célszerű szorgalmazni a tömegközlekedést, HÉV illetve a villamos, metró, kerékpár használatát. Mint az látszik, a hagyományos busz sem lehet végleges megoldás, hiszen az előbb felsoroltakkal szemben jóval nagyobb emissziós forrás. Ehhez a megfelelő körülmények megteremtése szintén elengedhetetlen, ám ez az adott ország társadalmi és gazdasági lehetőségei is befolyásolják. Bár hazánkban a környezetvédelmi felülvizsgálati rendszert már több mint tíz éve bevezették, ám az áruszállítás továbbra is a legnagyobb probléma szennyezőanyag-kibocsátás – főleg NO_x és részecske (PM_{10}) – szempontjából. A vasúti szállítás lenne a leginkább környezetbarát a levegőminőség vonatkozásában. Ezt a lemaradást kívánja szemléltetni a következő 1. ábra, melyben az EU27, USA és Magyarország áruszállításának megoszlását mutatja.



1. ábra: Az EU27, az USA és Magyarország áruszállításának megoszlása [4]

A tökéletlen égés levegőszennyező gázokat eredményez, mint szénmonoxid (CO), szénhidrogének (CH), nitrogénoxidok (NO_x), policiklikus aromás szénhidrogének (PAH-ok), illékony szerves vegyületek (VOC-k), valamint aeroszolok (szálló por) (2. ábra).



2. ábra: Az EU közúti közlekedési eredetű légszennyező emisszióinak a következő évtizedekben várható alakulása (Berndt és mtsi, 2003)

A szennyezés csökkentésére két út áll előttünk, a kibocsátó tevékenységeket mérsékeljük, vagy technikai eljárásokkal kiszűrjük a légkörbe jutás előtt a szennyezést. Az elsőre jó példa az autózás helyett a közösségi közlekedés, kerékpár használata, kamionos helyett a vasúti szállítás. A másodikra a gépkocsikra szerelhető katalizátor [5]. Az akkori Környezetvédelmi és Területfejlesztési Minisztérium gondozásában is megjelent „A fenntarthatóság felé- Egy környezettel és fenntartható fejlődéssel kapcsolatos politika és cselekvés Európai Közösségi programja” című kiadvány az infrastruktúrahálózatok összehangolását, a vasúti közlekedés versenyhelyzetének javítását, a járművek állandó technikai fejlesztését, az autópálya alkatrészek újrahasznosítását, továbbá állami ösztönzőkkel (jobb, összehangoltabb tömegközlekedéssel a városi közúti forgalom csökkentéséért), szabályozásokkal (magas parkolási díjak) kívánja célját elérni. (Pomázi és mtsi, 1997)

Az Európai Környezetvédelmi Ügynökség (EEA) Közlekedési és Környezeti Jelentések Rendszerének (TERM) 2012. novemberben megjelent jelentése szerint az elmúlt 20 évben természetesen megfigyelhető a légszennyező anyagok kibocsátásának csökkenése az európai országokban, de a nitrogén-oxidok (NO_x) tekintetében még közelíteni sem sikerült a kitűzött határértékhez, így a városok továbbra is ki vannak téve a szennyezett levegő káros hatásainak. [5]

3. Győr város levegőminősége

A főbb légszennyezőkre nézve 1994 és 2012 év közötti adathalmazokat dolgoztam fel, hogy az éves trendeket szemléltethessem. Az Észak-dunántúli Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség (ÉDU-KTVF) Győr1. és Győr2. automata mérőkonténerei által mért adatok vizsgálatánál számolnunk kell azzal, hogy Győr város az elmúlt 18 évben jelentős változásokon ment keresztül a közúti közlekedéshálózatának tekintetében, és ezen munkálatok a következő években is folytatódni fognak. Ezért először a közúti forgalmi rend módosulásait veszem sorra, majd a szennyezők koncentrációjának változását, melyeket rendelkezésre álló adatokból készített diagrammok segítségével támasztok alá.

A Győr1. mérőkonténer az Szent István úton, míg a Győr2. mérőkonténer a Szigethy Attila út – Ifjúság körút kereszteződésében helyezkedtek el. Helyzetük célja, hogy mind a közlekedési (Győr1. automata mérőkonténer), mind a háttér (Győr2. automata mérőkonténer) légszennyezésének paraméterei rögzítésre kerüljenek. A Győr2. mérőkonténer az elmúlt évek során a forgalmi rend változása miatt már közlekedési háttérnek tekinthetjük.

3.1 Győr közúti forgalmi rendjének főbb módosulásai

Győr Megyei Jogú Város közlekedési rendszerét a személygépkocsi, a tehergépkocsi, a vasút, és a szerződéses autóbuszjáratok határozzák meg. A Győr M1-es autópályaszakasza, amely ma a legnagyobb forgalmat bonyolítja le nap, mint nap, déli elkerülője két gyűrűvel köti össze a Hecsei felüljárót, az Ipar utcát, az Audi úttal és a Szigethy Attila úttal. A déli elkerülő megépítéséig a Győr2. automata mérőkonténer, mint háttér szennyezettségmérő funkcionált, ám a harmadik nagyobb közúti rend változás miatt az Ifjúság körút forgalma jelentősen megnövekedett, és innentől kezdve a Győr2. mérőkonténer már, mint közlekedési automata mérőkonténer funkcionál. A déli elkerülő megépülése mellett a József Attila utca tehermentesítése sikeresnek mondható, de a Banai út forgalma jelentős maradt, hiszen a Győri Ipari Park területén dolgozók többsége ezt az útszakaszt veszi igénybe. Az Audi Hungária Motor Kft.-hez (győri telephelye 1994-től üzemel) és a honvédség területéhez vezető körforgalom jelentős lépésnek mondható. A győrszentiváni külső keleti elkerülő az Audi Hungária Motor Kft. területének bővítése miatt vált szükségessé, de csak az átmenő forgalmat vezeti el, tehermentesítésről nincs szó. További változást hozott az Ipar utca meghosszabítása északi irányba, az Árkád Üzletháznál található körgeometriás csomópont segítségével. A

Győr 1. mérőkonténer területének légszennyezése a Nádor aluljáró megépítésével is jelentősen csökkent, hiszen így nem szükséges minden esetben a Baross hídon keresztül haladnia a forgalom azon részének, amely Győr peremterülete felé igyekszik. A közlekedés szempontjából a legnagyobb terhelést az észak-dél és kelet-nyugat irányú átmenő forgalom jelenti.

Jövőbeli tervként jelenik meg az északi elkerülő út, amely áthaladna Bácsa és Kisbácsa között, és északról a Püspökerdőt megkerülve csatlakozna vissza a 1. számú főúthoz (Budapest- Tatabánya- Tata- Komárom- Győr- Mosonmagyaróvár- Hegyeshalom). (Könczey, és mtsi, 2003-2005)

Egyértelmű támpontot a Győr várost érintő közúthálózat további fejlesztéséről a 1222/2011. (VI. 29.) Korm. határozat ad. Az országos gyorsforgalmi- és főúthálózat nagytávú terv és hosszú távú fejlesztési program négy programciklust határoz meg, amely megyénket is érinti. Győr-Moson-Sopron megye vonatkozásában a következő fejlesztéseket rendezi programciklusokba (3. ábra): M15 gyorsforgalmi út és az M1 autópálya országhatár közötti szakaszának bővítése, M85 autótút Győr- Csorna közötti szakaszának, továbbá csornai elkerülő kiépítése. Ezen felül 14. számú főút Győr északkeleti elkerülő szakaszát kívánják még megvalósítani. (Lennert, 2012)



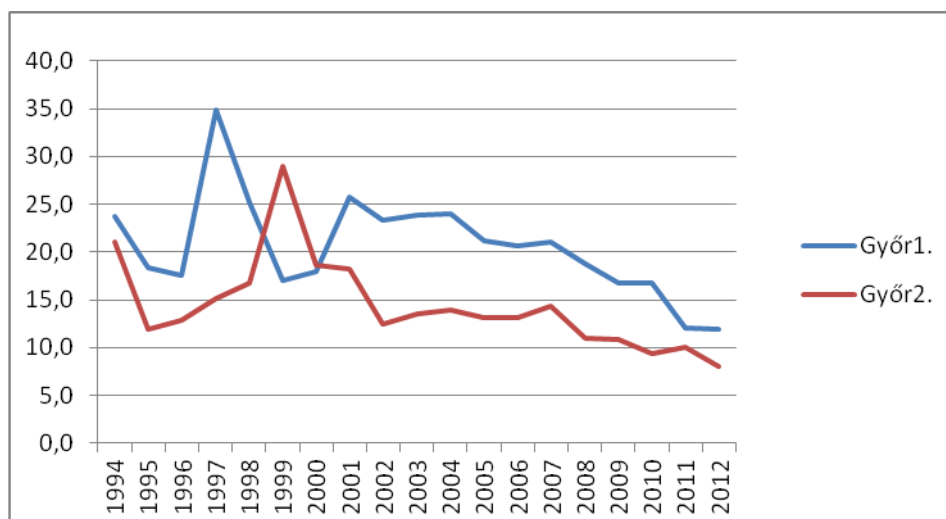
3. ábra: Győr-Moson-Sopron, Komárom-Esztergom gyorsforgalmi- és főúthálózatának nagytávú fejlesztési terve (Lennert, 2012)

3.2 Főbb légszennyezők trendjei

A légszennyezőkre rendelkezésre álló adatok elemzésénél a mai aktuális légszennyezettségi index szolgált alapul. A légszennyezők éves koncentrációit diagrammon ábrázoltam, külön kiemelve az két adatrögzítő értékeit.

Nitrogén-monoxid, nitrogén-dioxid és a nitrogén-oxidok

1994-es évtől kezdve a nitrogén-monoxid szint 1996-ig jelentős csökkenést mutat, majd 1998-ban a Győr1., 2000-ben pedig a Győr2. mérőállomás rögzít csúcserőértéket a többi évhez képest. Az ezt követő időszakra lassú mérséklődés jellemző mindkét adatszolgáltató részéről. A nitrogén-monoxidra nincs határérték.



4. ábra: A Győr 1. és a Győr2. automata mérőkonténer által mért éves NO átlagkoncentrációk

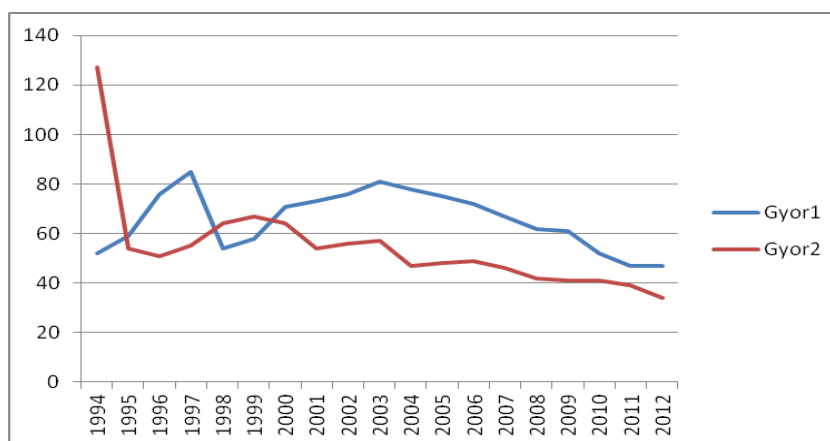
A nitrogén-dioxid közlekedési mérőállomás általi csúcsai a kezdeti időszakot leszámítva átfedéseket mutat a lakóövezeti adatokkal, ám a lefutás a Győr2. mérőkonténer esetében határozottan élesebb, a Szent István úti adatokkal szemben. 1994-ben, az első mérés kezdetén mindkét adatszolgáltató az úgy nevezett „jó” illetve „megfelelő” kategóriába tartozó koncentrációt mért, majd 1998-99 között mélypontot regisztrált. Ekkor már mindkét adatszolgáltató a „jó” minősítést adja a város levegőminőségére a nitrogén-dioxid szempontjából. 2002-2003 között csúcsot dönt a NO₂ mennyisége, az eddigi értékekhez képest, amely az Szent István úti mérésre vonatkozóan „szennyezett” minősítést jelent. Látványos mélypont a 2011-es évben a NO₂ átlagkoncentrációja, mely mára már emelkedésnek indult a Győr1. adatszolgáltató mérései szerint, ám még így is jóval az előírt határérték alatt van. Győr a 2012-es évben „jó” minősítést kapott az Országos Levegőtisztasági Mérőhálózat éves értékelése szerint. Az OLM „2012. évi összesítő értékelés hazánk levegőminőségéről az automata mérőhálózat adatai alapján” című kiadványában azonban a 2003-2012-re vonatkozó adatokból kitűnik, hogy a győri értékek bár a határérték alatt vannak, a többi ÉDU-KTVF mérőállomása, így Sarród, Tatabánya, Sopron éves értékei felett találhatók. Ennek oka a Győr városára jellemző erős iparosodás, a

közlekedési hálózat gyors ütemű bővülése, és a lakosság számával, tüzelési szokásaival magyarázható.



5. ábra: A Győr 1. és a Győr2. automata mérőkonténer által mért éves NO₂ átlagkoncentrációk

Nitrogén-oxidoknak nevezzük a nitrogén-monoxid és nitrogén-dioxid összességét, amelynél ennek megfelelően magasabb koncentrációkkal találkozunk. A Szent István úti mérés kezdetben (1997-ben és 1998-ban) meghatározóan eltér a lakóövezeti mérési adatoktól, szennyezett minősítésű, és ez a 2003-as évre is vonatkozik, hiszen amíg a Győr1. csúcskoncentrációt mért, addig a Győr2. mélypontot regisztrált. A 2004-es év 2007-ig bezárólag szennyezett kategóriába eső éves átlagértékek tartományába esett. Ezen időszakra nagymértékű beruházások voltak jellemzőek, mind a vállalkozások, mind az úthálózat bővítése során (Auchan győri telephelyének ásatási munkálatai, Győr Útkezelő útkorszerűsítési munkái). Napjainkra vonatkozóan lassú csökkenést mutat a diagram, „jó” minősítésbe lépve át. Mint azt már a nitrogén-dioxidnál is szembejövő volt, itt is megfigyelhető, hogy a nitrogén-oxidok 2007-től határérték alatt vannak, ám az Észak-dunántúli KTVF egyéb mérőállomásaihoz képest magasabb értékekkel rendelkeznek.[6]

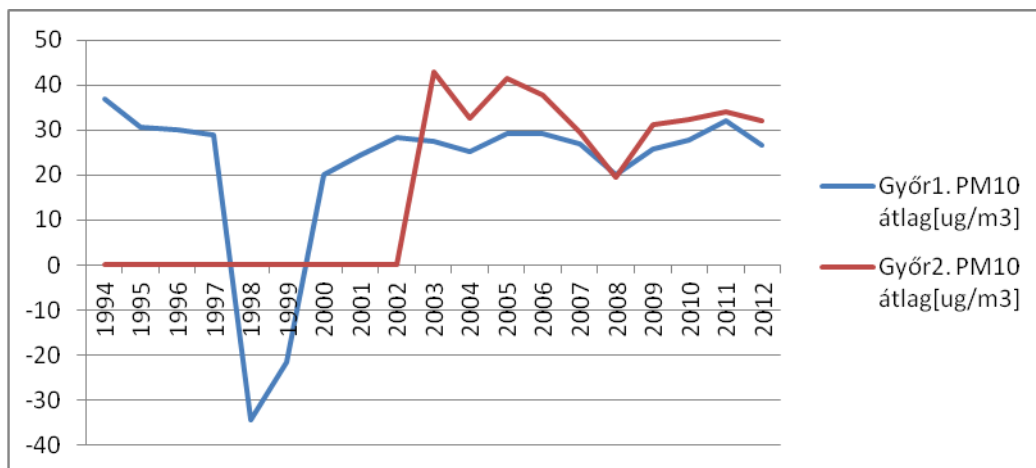


6. ábra: A Győr 1. és a Győr2. automata mérőkonténer által mért éves NO_x átlagkoncentrációk (1994-2012)

Szálló por (PM₁₀)

A szálló por forrása a közlekedés, az ipari tevékenység, a háztartási szén és fatüzelés, és ebből a mindennapjainkban a közlekedés képviseli a legnagyobb hányadot, míg a fűtési időszakban a lakossági fűtőanyag milyensége befolyásolja. A Győr1. automata mérőkonténer 1999-es értéke nem tekinthető valósnak, hiszen a negatív tartományba esik. Ennek okai a következők lehetnek: A mintavételek során az adatok többsége érvénytelen volt, gyakorta kikapcsolt állapot lett regisztrálva, esetleg műszerhiba jelentkezett. Amennyiben 95%-nál kevesebb adat állt rendelkezésre, úgy érvénytelen az adott időszakra vonatkozó átlagkoncentráció. A Győr2. mérőkonténer csak 2002-ben csatlakozott a szálló por méréséhez, így az ezt megelőző időszakban az Szent István úti adatokra támaszkodom. Mind az összes komponensnél, így a szálló pornál is jelentős befolyásoló tényezőknek számítanak a meteorológiai paraméterek (csapadék mentes, szélcsendes időjárás kedvez a PM₁₀ koncentráció növekedésének). Ezt támasztja alá nemzetközi viszonylatban, hogy például helsinki a szélesebbég 0,5 m s⁻¹-ről 1,5 m s⁻¹-ra történő emelkedése a széntartalmú anyagok azon komponensének (amely elnyeli a fényt a látható tartományban) koncentrációja 50%-os csökkenését eredményezte (Pakkanen et al., 2000). Csapadékmentes napokon a 24 órás átlagos szálló por koncentráció többszörösen nagyobb, mint csapadékos napokon. Mivel télen általánosan megnövekednek a lakossági szén- és fatüzelése, így ez erősen hozzájárul a magas koncentrációhoz.

Sajnos országosan elmondható, hogy gyakori határérték túllépések jellemzőek, kiemelten Dorog, Budapest, és Miskolc területén. Győr városában az Ifjúság körút és Szigethy Attila út kereszteződésében mérő konténer adatai magasabbak, mint a Szent István úti esetében, ám nem lépik át az 50 µg/m³ koncentrációt, így értéke a megfelelő kategóriában marad. Mondhatni stabilan a „jó” kategóriában mozog a szálló por koncentráció értéke, helyenként megközelítve a megfelelő kategória alsó határát. Az OLM 2013-as évi jelentése alapján Győr értékei a régió többi koncentrációihoz képest átlagosnak mondhatók, és mint azt az 7. ábra is mutatja csökkenő tendenciák jellemzik. A szálló por koncentrációjának csökkenéséhez a meteorológiai paraméterek, a társadalmi hozzáállás, de a kommunális szolgáltató is hozzájárulhat. Utóbbinál az utak rendszeres mosása, locsolása jelentős eredményeket ér el. Ezen módszer alkalmazása csak indokolt esetben fordul elő napjainkban, tehát ha határérték átlépés tartósan mutatkozik. Célszerű lenne a kommunális szolgáltatónak rendszeres helyzetképet kérnie a hatóságoktól, és preventív jellegű tisztítási munkákat végeznie.



7. ábra: A Győr 1. és a Győr2. automata mérőkonténer által mért éves PM_{10} átlagkoncentrációk

A fenti ábrák alapján, és az országos meteorológiai adatsorok figyelembe vételével elmondható, hogy Győr Megyei Jogú Város országos viszonylatban jó levegőminőséggel bír. A légszennyezőkkénti ábrázolás szemléletesen mutatja meg, hogy a nitrogén-oxidok a jövőben is azon légszennyezők közé fognak tartozni, melyeknek csökkentésében a társadalmi támogatás, környezettudatos hozzáállás szükségeltetik. Így a lakosság által a tömegközlekedés, kerékpározás előnyben részesítése a személygépjárművel szemben, a földgáz, vagy biomassza alapú tüzelés alkalmazása a szén-, fa-, olajtüzeléssel helyett.

4. A levegőminőség napi és heti ritmusának kimutatása mért adatok alapján

Ebben a fejezetben azt vizsgálom, hogy a választott (közlekedést jellemző) légszennyezők mennyisége milyen napi és heti ritmust mutat. Alapul, akárcsak az előző fejezetnél is, az Észak-dunántúli Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség Mérőállomásán biztosított adatok szolgáltak és ugyancsak 18 mérési év egy-egy hónapját vizsgálom meg. Választásom a január illetve a július hónapra esett, mivel e két hónap között feltételezhető a legtöbb eltérés, mind meteorológiai tényezők tekintetében, mind fűtési idény szerint.

4.1 Január és július havi adatsorok 1994-től 2012-ig

Az 1. számú mellékletben az automata állomások alapján a január és július hónapok nitrogén-oxidok és szálló por havi átlagkoncentrációját mutatom be 1994 és 2012 között.

A táblázatból jól kitűnik, hogy a nitrogén-oxidok havi átlagos koncentrációja jelentősen alatta marad a $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -s határértéknek. Ezenkívül leolvasható, hogy 2000-ig a lakossági háttért mérő konténer, majd 2000 után a Győr1. automata mérőállomás mutat magasabb NO_x mennyiséget a januári hónapban. Július hónapban erre a komponensre nem tudunk általános jellemzőt meghatározni, arra vonatkozóan, hogy a nitrogén-oxidok huzamosabb ideig melyik adatrögzítőnél dominánsabbak. Mindemellett megállapíthatjuk, hogy a januári magasabb értékek a mérési időszak vége felé haladva mutat ugyan némi csökkenést, de az átlagértékeket figyelembe véve ez csak 2006-tól érzékelhető jelentősebben. Július már nem büszkélkedhet ilyen NO_x koncentrációval, hiszen, ha nem is erőteljes, de bizonyos mértékű koncentráció növekedést tapasztalunk.

A szálló por tekintetében 2003-as évig csak a Győr1. automata mérőkonténer által rögzített adatok állnak rendelkezésre, amelyek számottevően a szennyezett kategóriához tartozó koncentráció alatti értékekkel rendelkeznek. Egyértelműen megállapítható továbbá a szálló porra vonatkozóan, hogy a januári hónapokban nagymértékben magasabb mennyiségek kerültek regisztrálásra, mint júliusban a tizenhét éves intervallum alatt. A szálló por esetében 1996. januárjában tapasztalhatunk kiugró értéket a többi évhez képest, amelyhez nagy valószínűséggel a közlekedés járul hozzá jelentősen.

A szálló por koncentrációját szemléltető táblázaton látható, hogy a mért adatok gyakran megközelítik, többször túl is lépik a „jó” kategóriához tartozó $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -es határértéket. A

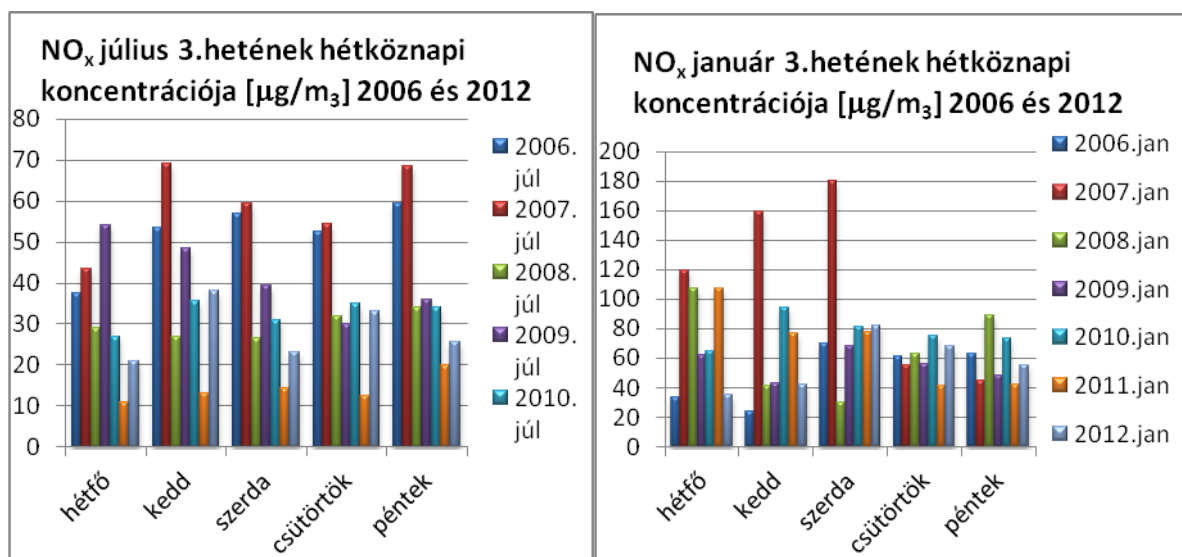
határérték-túllépések szezonális eloszlását figyelve megállapítható, hogy a téli hónapban több, míg a kiválasztott nyári hónapban csak szórványosan fordul elő. A szakirodalom az őszi októberre és a tavaszi márciusra jegyzi a legjelentősebb túllépéseket. Ennek tudatában kijelenthetjük, hogy a fűtési szokások kevésbé járulnak hozzá a szálló por koncentrációjának emelkedéséhez, mint a közlekedési viszonyok és a meteorológiai tényezők. (Muránszky, 2011)

4.2 Január és július 3. hetének napi adatsora 1994-2012-ig

4.3 Nitrogén-oxidok napi ritmusa

Az első kiválasztott komponens, a NO_x napi átlagkoncentrációját hivatott bemutatni január, illetve július hónap 3. hetében. Az elemzés két részre osztottam, a hétköznapi és a hétvégi adatbázisokra (8-9. ábra).

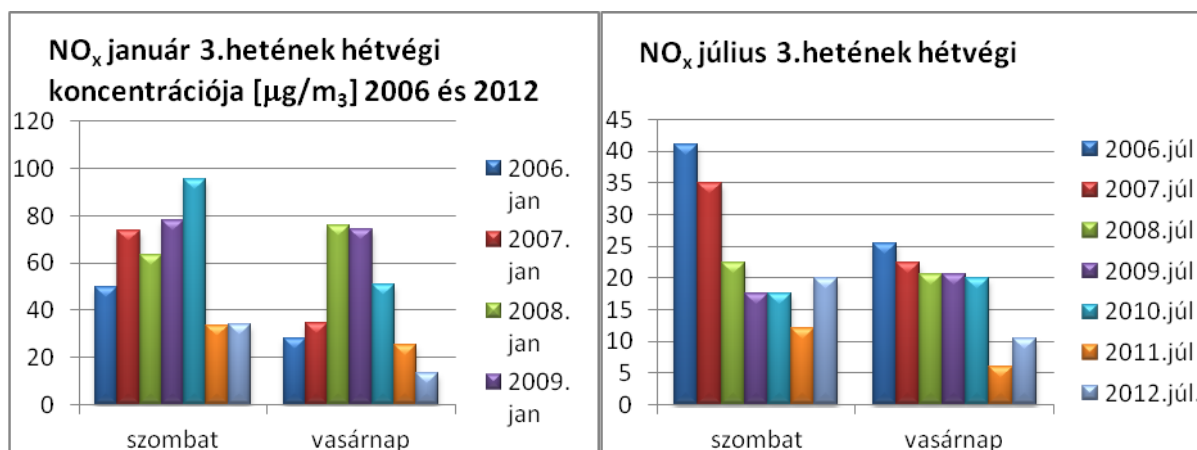
A 2006-2012-es intervallumot tekintve elmondható, hogy január hónapokra hét közepéig növekvő kiugrások tapasztalhatók, amelyek eltérnek az előző 11 év tendenciájától. Ez az állítás a 2002-es évre ugyancsak igaz. Július keddi és pénteki napjain éri el a maximumát a nitrogén-oxid koncentráció, átlépve a megfelelő $120\text{-}150\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ tartományba. 2006. januárjában jelezték a hét év közül a legalacsonyabb értéket, közel kiváló minősítéssel, míg július havában a 2011-es év maximuma $20\ \mu\text{g}/\text{m}^3$.



8. ábra: Az NO_x hétköznapi koncentrációja január és július 3. hetében 2006-2012 között

A hétköznapi ritmus tanulmányozása után most a hétvégéket vettem górcső alá, szintén hármas bontásban, az éveket tekintve.

2006 és 2012 között a januári, azon belül is a szombati értékek magasabbak, de már kevésbé szélsőséges értékekkel, így a legrosszabb minősítés is „jó”. Júliust elemezve ismét a szombati napokon regisztráltak időszakon belüli csúcsot, amely csekélységét mutatja, hogy a $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -t se éri el. Általánosságban az évek előre haladtával bár csekély mértékű, de csökkenés tapasztalható.

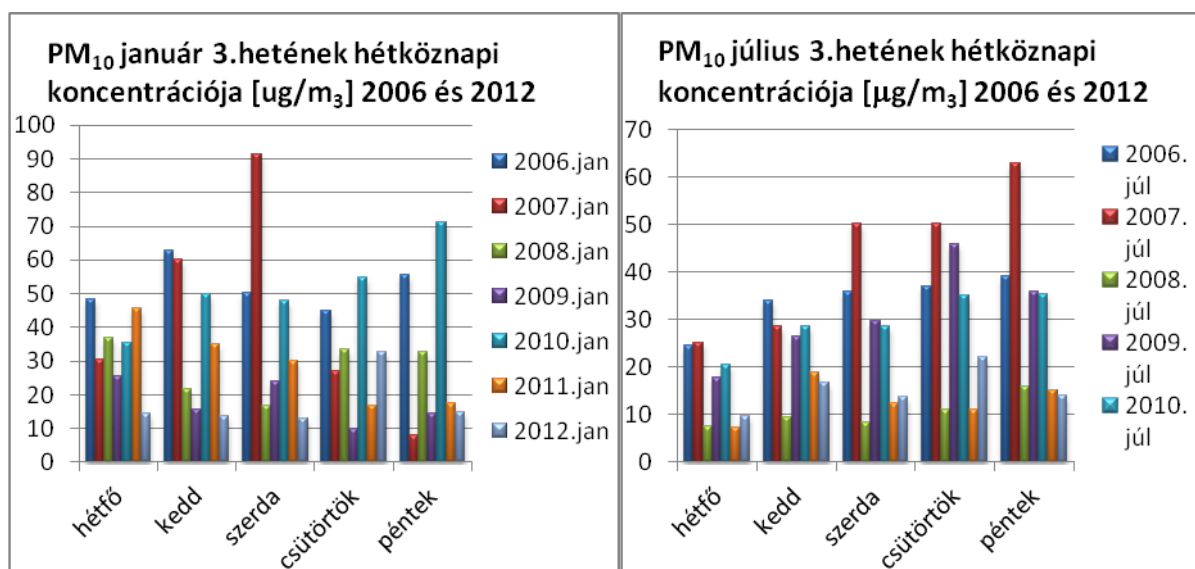


9. ábra: Az NO_x hétfégi koncentrációja január és július 3. hetében 2006-2012 között

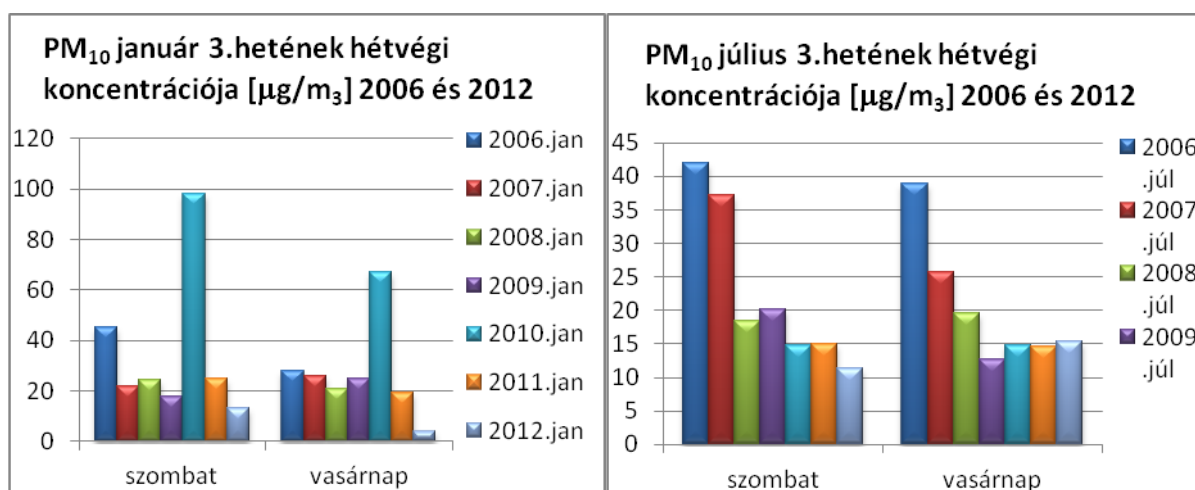
4.4 Szálló por napi ritmusa

A szálló por (PM₁₀) vizsgálatánál figyelembe kell vennünk a túllépéseknél, hogy erős befolyásoló tényező a szélsébség, hiszen 1,5 m/s szélsébség alatt érzékelünk leggyakrabban szálló por határérték túllépést. Az ipari park és a közúthálózat folyamatos fejlesztései miatt jelentős szálló por általi szennyezéssel kell számolnunk.

2006-2012-es években a 2007-es év januárja és júliusa is látványos. Magyarázatot az időjárási tényezők, továbbá a háztartások fosszilis tüzelőanyag felhasználása adnak a 2007-es évi adatra. „A szálló por koncentrációját az eső, a szél, és a nagy meleg is csökkenti, utóbbi azért, mert ilyenkor intenzívebb a levegő vertikális áramlása, és a felsőbb, tisztább légrétegek lecserélik az alsó, szennyezett réteget”. [8] Az említett esztendőben meghatározó volt a határérték túllépése. 2007. januárjának harmadik hetének szerdai napján $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -t meghaladó koncentráció a 24 órás átlag értéke, ennek ellenére ezen esztendő éves átlaga határérték alatt maradt. A januári hónapokat továbbra is gyakoribb $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ koncentráció átlépés jellemzi. 2011-2012-ben már tekintélyes csökkenés tapasztalhatunk az előző évekhez képest.



10. ábra: Az PM₁₀ hétköznapi koncentrációja január és július 3. hetében 2006-2012 között

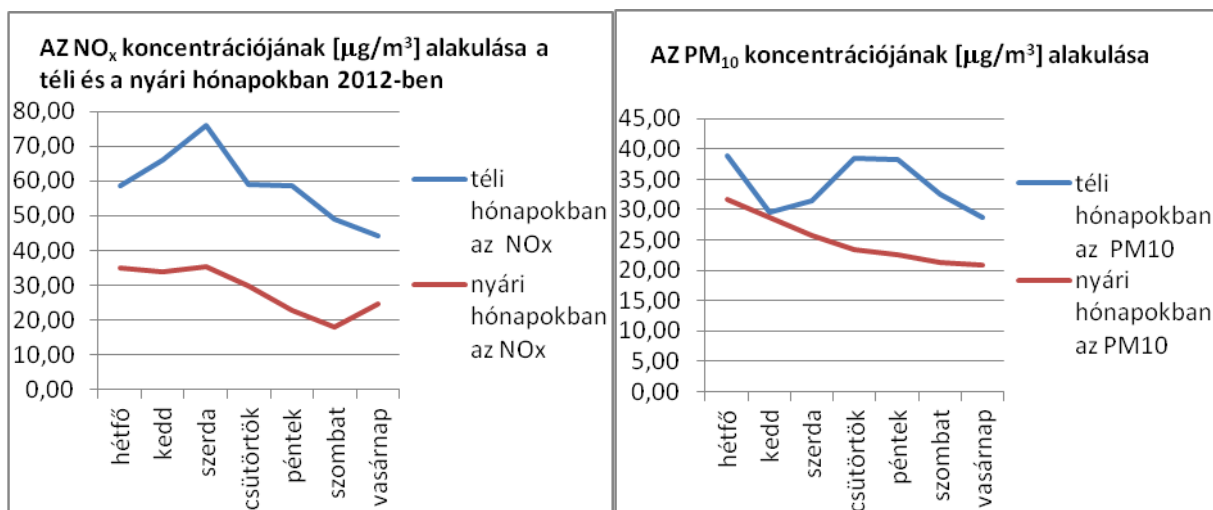


11. ábra: Az PM₁₀ hétvégi koncentrációja január és július 3. hetében 2006-2012 között

A fenti napokat külön, mindkét komponensre vonatkozóan, a 2012-es év nyári és téli évszakában is megvizsgáltam, amely a 12 ábrán látható lefutást adta. Az adatok a 2012. decemberének, januárjának, februárjának koncentrációi, melyek a Győr1. és a Győr2. automata mérőkonténer adatainak átlagolásával került kiszámolásra. Ez a módszer érvényes a nyári időszakra is. Egyértelműen látható, hogy a téli hónapok nagyobb értékekkel rendelkeznek, mind a nyáriak, a NO_x esetében csak a téli időszakban haladta meg a kiváló kategória szélsőértékét, a 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -t, azonban a jó minősítéshez tartozó koncentrációtartomány keretein belül maradt. A PM₁₀ esetében nem találunk kiváló kategóriába eső értékkel, a jó minősítés intervallumán belül mozog.

A 2012-es átlagos heti profilt az adott hónap összes napjának 24 órás átlagai 2012 január február december, valamint a nyári időszakot tekintve a június, július, augusztus hónapokra

vonatkozóan készítettem. Természetesen a Győr1. és Győr2. adatai szolgáltatják az értékek forrását. 2012-ben eltérő pályát járnak be az eredmények, párhuzamost nem állíthatunk fel a téli és a nyári eredmények között. A nitrogén-oxidok esetében szerdán tapasztaltuk a tetőpontot, majd a téli időszakban a hét következő részében csökkenés mutatkozik, a nyári hónapokban a hétvégén is emelkedést jeleztek. A szálló por vizsgálatánál a hét közepétől indul növekedés a téli időszakban, majd koncentrációesés jellemző. A nyári hónapokban a hét elejétől kezdődően közel $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -nyi csökkenést mutat az ábra.



12. ábra: A NO_x és a PM₁₀ átlagos koncentrációja a téli és a nyári hónapokban (2012)

Összeségében megállapíthatjuk, hogy a szálló por káros hatásaival a téli hónapokban gyakrabban kell számolnunk. Okai közé tartozik, hogy a fűtési időszakról van szó, továbbá a gyakori $1,5 \text{ m/s}$ alatti szélesebbesség.

A Győr1. és a Győr2. automata mérőállomás adatai kezdeti időben eltérően, majd az Ifjúság körút és a Szigethy Attila út keresztezésének forgalmának növekedése következtében együtt mozognak. Tehát a napi illetve a havi koncentrációváltozások mögött nem csak a meteorológiai paraméterek változása, de a közúti forgalmi rend változás is áll.

5. A forgalom és a levegőminőség együttes vizsgálata

A Széchenyi István Egyetemen futó Smarter Transport – Kooperatív közlekedési rendszerek infokommunikációs támogatása (TÁMOP-4.2.2.C- 11/1/KONV-2012-0012) című kutatási program részét képezi a Győr Megyei Jogú Város levegőminőségének vizsgálata, azon belül is a forgalmi eredetű szennyezések alakulása, a forgalom mennyiségének és eloszlásának hatása a város levegőminőségi mutatóira.

A rendelkezésre álló történeti adatsorok (Győr1, Győr2) alapján a nitrogén-oxidokat választották ki a forgalom eredetű légszennyezés indikátoraként. A kutatási projekt szempontjából fontos volt a szennyezés-eloszlás kisléptékű különbségeinek kimutatása és a forgalom hatásának követése.

5.1 Mérések, mintavétel

A projekt céljainak és a rendelkezésre álló eszközöknek megfelelően két mérésre került sor. 2013. szeptember 10-én a Szent István út-Jókai utca kereszteződésben és 2013. szeptember 12-én a város három kiválasztott, kiemelten forgalmas útja (ld. 2. melléklet) mentén.

5.2 Mérőpontok

A levegőminőséget mérő pontok elhelyezésére már a mérés előtt, az előző években tapasztalt kritikus pontok szolgáltak alapul (forgalmi adatok, mérőállomás által biztosított légszennyezési adatok).

5.3 Mintavételi eljárás

A mintavételt a Széchenyi István Egyetem környezetmérnök szakos hallgatói végezték. A mérést természetesen terepbejárás előzte meg, ahol a folyamatban résztvevő hallgatók megismerkedtek a hellyszínnel, instrukciókat kaptak, valamint elsajátították a műszerek használatát.

2013.09.10-én Győrben a Szent István út és Jókai utca kereszteződésében vizsgáltuk a nitrogén-oxid koncentrációját. Nyolc ponton (13. ábra), két magasságban (másfél méteren és három méteren) vettünk mintákat pumpák segítségével, amelyek a külső, környezeti levegőt beszívják egy szűrőn keresztül, majd a kinyomó csomagon az egyéni azonosítóval ellátott Tedlar Sample Bag nevű zacskóba vezették (1. kép). Ez a mintavétel körülbelül nyolc percet vett igénybe, mivel a szivattyú 1 liter/perc sebességű áramoltatást tett lehetővé a mintavételi tasakba („a zacskókat sohasem telítjük teljesen, mert ez bizonyos összetevők esetén

diffúzióból adódó veszteséget okozhat”).(Tatai, 2009) A Tedlar zacskó két szelepe biztosítja a légmentes állapotot, valamint azt, hogy a minta ne keveredjen más külső komponensekkel. A mintavétel befejezése után a zacskón lévő szelepeket zártuk (2. kép).



1. kép A 2013.09.10-i mintavétel (fotó: Varga Rozália)



2. kép A mintavételre használt Tedlar Sample Bag zárt szeleppel (fotó: Pestiné dr. Rácz Éva)

A mérésekre azonos időpontban került sor. A helyszíni jegyzőkönyvben rögzítésre került a mérőhely száma, magassága, a mintavételi idő, a Tedlar zacskón feltüntetett mintaszám, és

ezen adatokon felül a szélesség, a szélirány, valamint a hőmérséklet regisztrálása történt meg.

5.4 Mintavételek időpontjai, összmintaszám

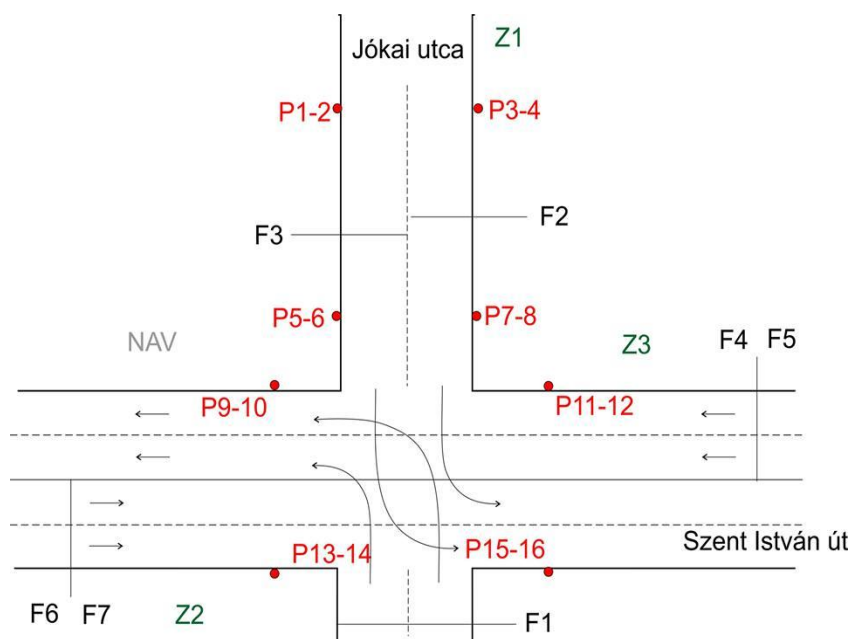
Mindkét mérési napon a mérési időpontok (5:30; 7:30; 11:30; 15:30; 18:00; 22:50) természetesen megegyeztek. A mérési időpontok meghatározásához az előző évek forgalmi adatainak elemzése szolgált, ahol az úgy nevezett induktív hurok mágneses terének változása adott képet az aktuális forgalomról. A hurkok által közölt adatok feldolgozása során az is kiderült, hogy a hétfői és pénteki nap nem felel meg a reprezentatív mérési napnak, hiszen ezen két nap sajátossága, hogy az egész évre vonatkozóan jóval a mindennapi értékek feletti a forgalom, és így a légszennyezettség erőssége is. (Dr.Kiss, Tóth, 1996)

Összeségében a két nap során 30 mérési ponton került sor a környezeti levegő mintavételére. A két nap során 180 ponton történt mintavétel, és a NO_x koncentrációjának feldolgozottsági aránya 99% feletti. A mintavételek százalékos eloszlása a következő: az első nap 53,3%, míg a második nap 46,7%.

Közel egyenlő a mintavételi pontok száma a két napon, azonban a mintavételi pontok sűrűsége a 2013. szeptember 10-i napon jóval nagyobb, hiszen a város központjának legsűrűbb forgalmát bonyolítja le ez az útszakasz. A második nap pontjai jóval hosszabb útszakaszokat fednek le, és Győr város peremkerületének közúti forgalmának vizsgálata is így megtörtént.

5.5 Kapcsolódó forgalomszámlálás

A Smarter Transport – Kooperatív közlekedési rendszerek infokommunikációs támogatása (TÁMOP-4.2.2.C- 11/1/KONV-2012-0012) című kutatási programjához forgalomszámlálás is hozzátartozott. A Szent István út-Jókai utca kereszteződésében 7 forgalomszámlálási pont került kijelölésre (22. ábra) amely lefedte a kereszteződés minden sávját. A második mérési napon a Szigethy Attila úton egy szakaszon, és Szent István úton két szakaszon vizsgálták a forgalmat 14 pont kijelölésével (2. melléklet). A résztvevők órás, majd később negyed órás intervallumokban rögzítették a három akusztikai járműkategóriához tartozó közlekedési eszközök számát. A nitrogén-oxidok mérési ideje alatt külön nyilvántartották a közúti forgalomban résztvevők számát.



13. ábra: A 2013.09.10-i NO_x mérés pontjai

Ezen mérési pontok kijelölése esetén törekedtek a sávok teljes lefedése mellett, a fő útírányok vizsgálatára is.

5.6 Mintaelemzés

A helyszínen lezárt mintákat az Észak-dunántúli Környezetvédelmi, Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség Mérőállomásán három műszertípus segítségével kerültek analízálásra.

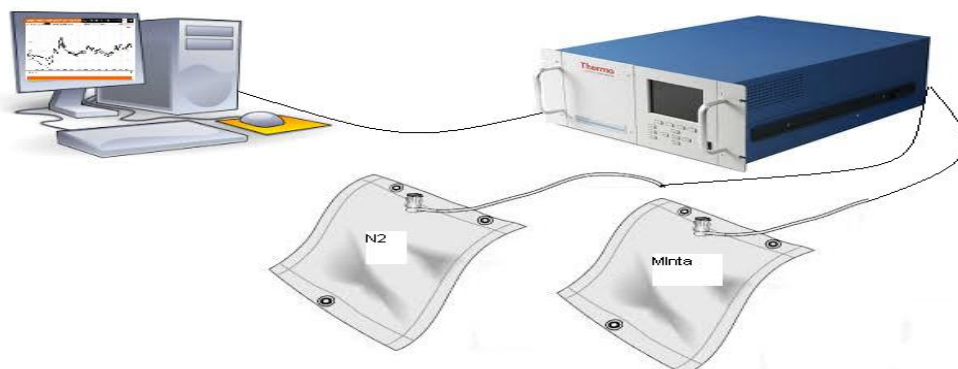
Mérésben részt vett analizátorok:

- 2 db Thermo Scientific, Model 42i (szériaszám: 131 755 8362)
- 1 db Thermo Electron Corporation, Model 42c (szériaszám: 041 940 6892)

A mérésünk azon alapult, hogy a nitrogén-monoxid ózon hatására gerjesztett állapotú nitrogén-dioxidá alakul. A mérési módszert a 1.4.5. fejezet utolsó bekezdésében ismertettem. A minták kielemezéséhez használt beállítást a 14 ábra mutatja.

A mérőállomáson elsőként tiszta nitrogén-gázzal töltöttünk meg Tedlar zacskót, amely nullázza az analizátor által mért értékeket, így segít a minták elkülönítésében. A számítógép a gázelemző adatait a „Real-Time Graph” nevű program által valós idejű grafikonon ábrázolja, tehát a nitrogén-monoxid, a nitrogén-dioxid és nitrogén-oxidok ppb-ben kifejezett értékeit. A program lehetővé teszi az adatsor táblázatos formában való megjelenítését. A tiszta nitrogén után a minta szelepét felhelyeztük a szívócsonkra, és 7-8 percig fent hagytuk. Minden egyes minta feldolgozásának kezdő- és végpontját rögzítettük, mely biztosítja az ellenőrizhetőséget,

nyomonkövetést. A számítógép által táblázatba konvertált adatokból egy mintához tartozó értékek közül öt perc értékének átlagát vettük jellemzőnek az adott mérési órára.



14. ábra: A analízás sematikus ábrázolása

Megfelelő óvintézkedések mellett a mintavevő zacskókat (Tedlar bag) ismételten fel lehet használni. Ha az újrafelhasználás megengedett. Mint az esetünkben is, úgy a zacskókat ellenőrizni kell, majd tiszta levegővel vagy nitrogénnel átöblíteni, mint azt Debbie Dietrich és George A. Dwiggins is írja az 50 gyakori csapda- A mintavételezés hitelességének veszélyei című írásukban. Az átöblítés során mi nitrogént használtunk. [9]

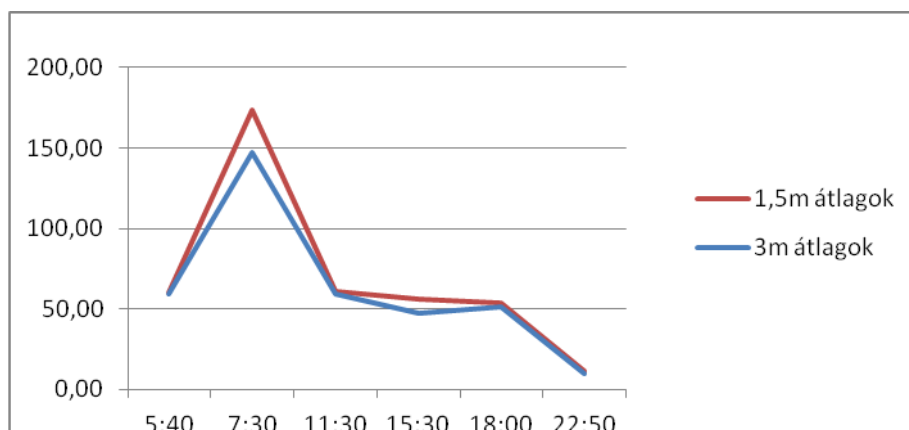
6. Eredmények értékelése

A következőkben a két mérési nap értékeit vizsgáltam, valamint a koncentrációk és a forgalom változása közötti összefüggéseket elemeztem.

Az egy helyhez tartozó két magasságban vett minta adatit táblázatos formában, valamint diagrammon is összesítettem. Mivel a Szent István uti mérési pontokhoz legközelebb a Győr1. mérőkonténer helyezkedik el, így az ott mért adatokat is összevetettem a TÁMOP-4.2.2.C-11/1/KONV-2012-0012: "Smarter Transport" - Kooperatív közlekedési rendszerek infokommunikációs támogatása elnevezésű projekt keretében mértekkel, amelyet a Magyar Állam és az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

6.1 A Szent István út – Jókai utca vizsgálata

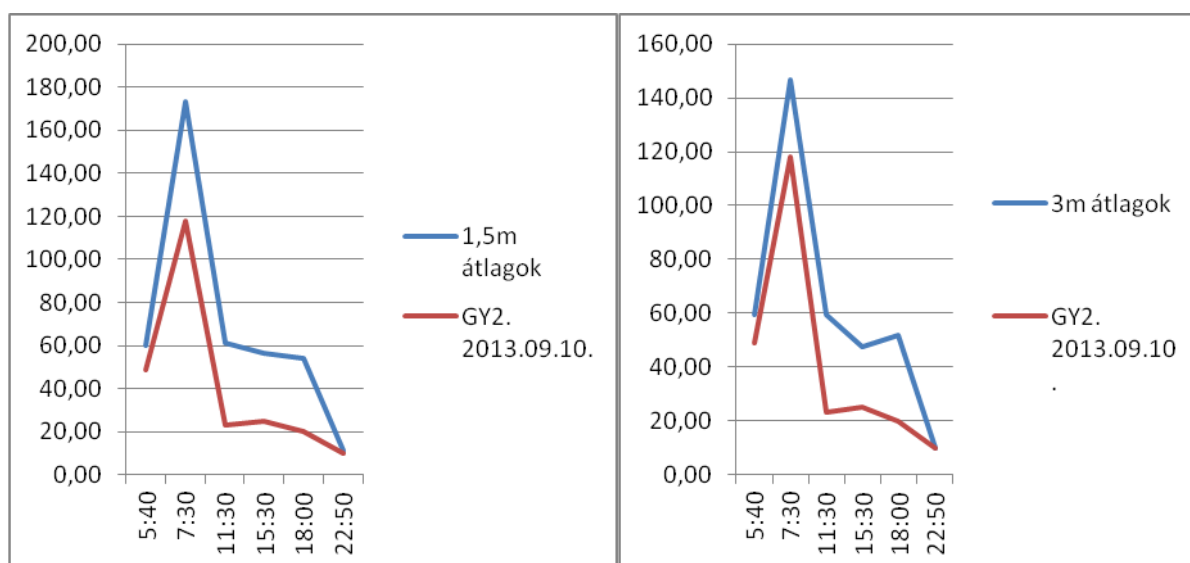
2013.09.10-i (keddi) adatok feldolgozása során kiderült, hogy átfedés van a másfél és a három méteren vett minta NO_x mennyiségei között.



15. ábra: Másfél és három méteren mért átlag NO_x [ppb] koncentráció 2013.09.10-n

A kapott koncentrációk a levegőszennyezettségi index határértékei alapján való besorolás után látható, hogy amennyiben a másfél méteres magasságban vett minta kategóriát lép („jó” vagy „megfelelő” vagy „szennyezett” minősítésbe), úgy a három méteren szívtott környezeti levegő NO_x koncentrációja is kategóriát vált. Másfél méteres magasságra vonatkozó minta nitrogén-oxidok mennyisége a hét mérőhely esetében gyakorta több, mint a három méteren vett levegő esetén. A mért értékek 5,9 százaléka a szennyezett minősítést kapta, 1,1 százaléka megfelelő, 8,3 százaléka jó, míg a fennmaradó hányad a kiváló kategóriába esett, hiszen értéke a 0 és $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ között mozog.

Másfél méteren mért adatok átlaga alapján 7:30-kor mértünk csúcsot nitrogén-oxidok koncentrációját illetően, és így a „kiváló” értékek között „megfelelő” ($160\text{--}200\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$) minősítésű NO_x mennyiség van jelen. A három méteres magasságon ugyancsak a 7:30-kor mért érték kimagasló, ám itt a „jó” kategóriába eső mennyiséggel találkozunk. Mindkét magasság átlagait összevettem a Győr1. automata mérőkonténer adataival. Az első négy mérési időpontban kevés és érvénytelen adat került rögzítésre, majd a negyedik időpontban a $\text{NO-NO}_2\text{-NO}_x$ analizátor kalibrálása folyt, ezért a Győr2. mérőkonténer adataival tudtam összehasonlítani az általunk mért adatokat. A 25. ábrán szépen kirajzolódik a napi ritmus, ám az általunk mért értékek, főként a másfél méter magasságban mért koncentrációk jóval meghaladják mérőkonténer általi eredményeket.

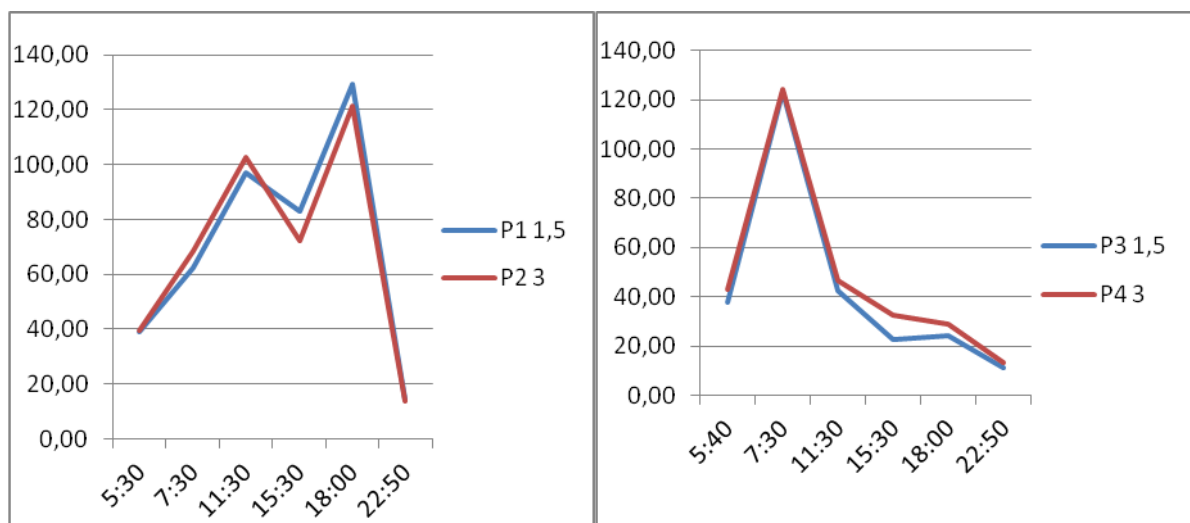


16. ábra: Az NO_x [ppb] koncentráció 1,5 méteres és 3 méteres magasságban mért átlaga és a Győr2. mérőkonténer szerinti értékek

A 16:00-kor és a 22:50-kor rögzített adat mindegyik magassági értékhez viszonyítva is alacsonyabb. A napi lefutása a másfél méteres és a három méteres mennyiségek esetén némi párhuzamot mutat, továbbá azt, hogy az utolsó mérési időpontnál már nulla felé tendáló értékek kerültek rögzítésre. Az intervallum, amelyet a NO_x koncentrációja bejár 0-tól közel $180\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ -ig tart. Így a magassági átlagokat tekintve szennyezett minősítés nem tapasztalható.

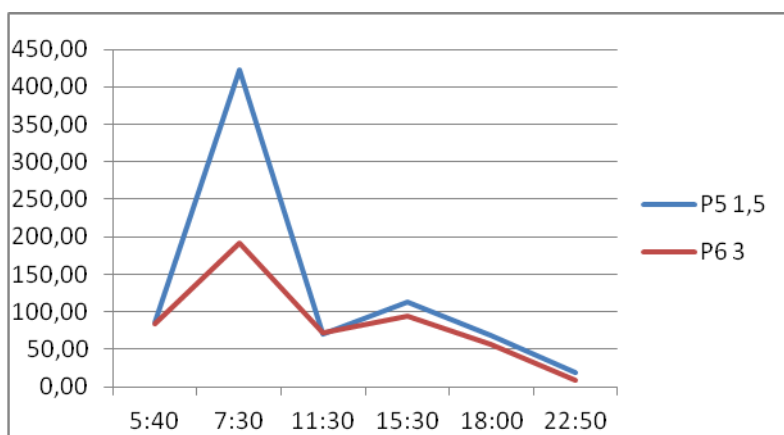
Ha a mérőhelyeket vesszük górcső alá, akkor észrevehetjük, hogy az első két mérési ponton kívül a többi mérési hely hasonló lefutású. Az említett első két mérési pont a Jókai utca Nemzeti Adó- és Vámhivatal Győr-Moson-Sopron Megyei Adóigazgatóság felőli oldalán került kiválasztásra. Az utca ezen szakaszán két sáv, egyirányú közút mérése folyt, melynek forgalma a Szent István út felé kanyarodott. Mindezen felül terhelést a parkolóból és a

parkolóba érkező járművek jelenthettek. Ellentétben a magassági átlagok lefutásával, itt este hat órakor tapasztalunk kiugrást, továbbá 11:30-kor. Ez utóbbi körülbelül 20-30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -mal kevesebb koncentrációjú mindkét magasság esetén.



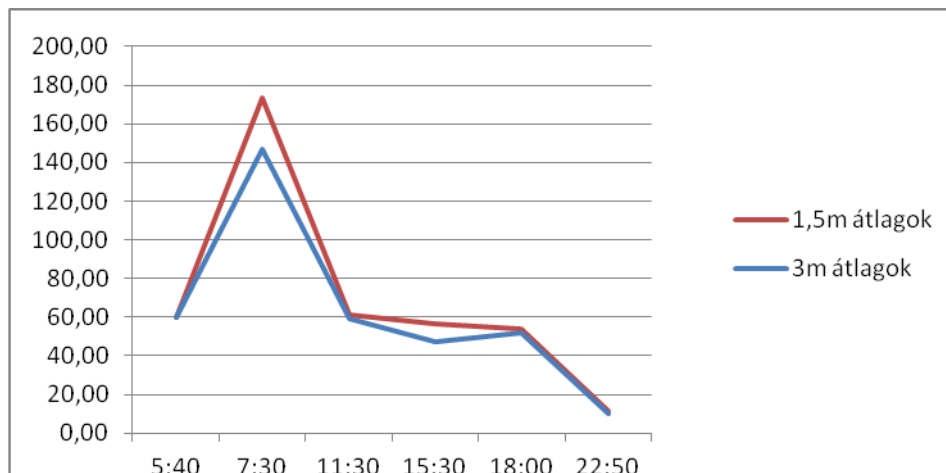
17. ábra: Az NO_x [ppb] koncentrációi a P1-P2 és P3-P4 mérőhelyeken 2013.09.10-n

Érdekes diagrammot képez a P5-P6 mérési pontokhoz tartozó adattábla. A várt 07:30-kor tapasztalt csúcs ugyan megjelenik, akár csak a többi ábrán, ám a másfél méteren mért érték már szennyezett kategóriába esik, míg a három méteren vett minta koncentrációja a „megfelelő” minősítést képviseli. Ebben az esetben a két mennyiség között közel 300 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a különbség. Ezek a mérési pontok helye szintén a Jókai utca a Nemzeti Adó- és Vámhivatal Győr-Moson-Sopron Megyei Adóigazgatóság felőli (későbbiekben NAV) felőli sarkán volt, közelében egy sorompóval ellátott autókijárat található, amelyen további járművek érkezhettek a NAV udvarából. A kikanyarodásra váró járművek okozhatták az alacsonyabb szintén tapasztalt kiugró értéket.



18. ábra: Az NO_x [ppb] koncentrációi a P5-P6 mérőhelyeken 2013.09.10-n

Ha a további ábrákat vizsgáljuk, akkor a P13-P14-es mérőpontok görbéje tűnhet eltérőnek, hiszen mindkét magassági ponton az összes értéke „kiváló” kategóriába esik, valamint nem tapasztalhatunk olyan erőteljesen kimagasló pontot, mint az eddigi mérési helyeken a 7:30-as mérési időpontban.



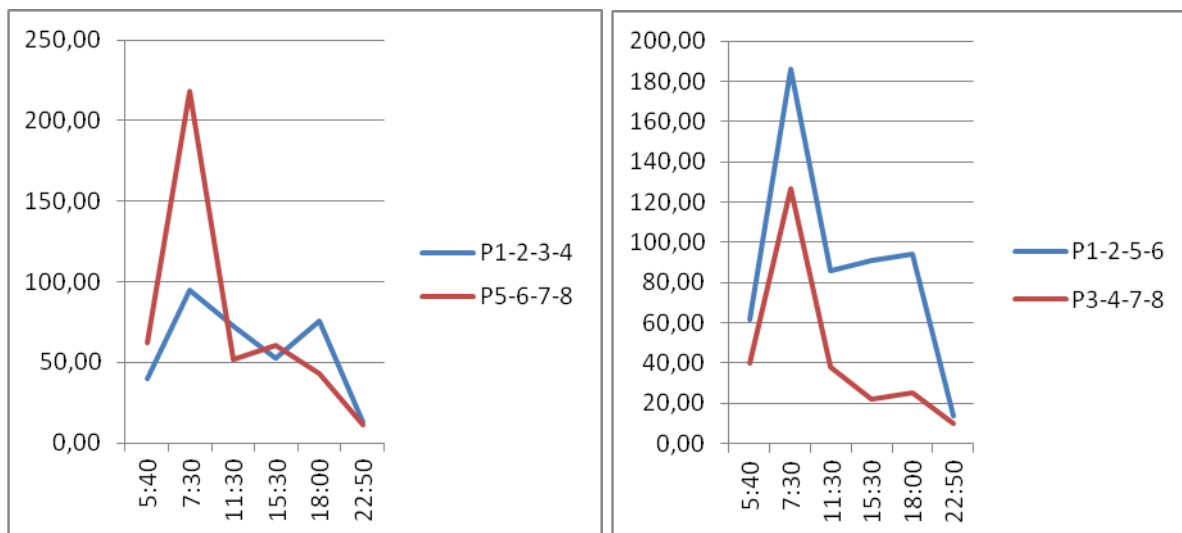
19. ábra: Az NO_x [ppb] koncentrációinak összehasonlítás a két vizsgált magasság között 2013.09.10-n

A meteorológiai paraméterek közül a szélirány, a szélesség és a hőmérséklet került rögzítésre a mérési időpontokban. A jegyzőkönyvben feltüntetett szélirányok alapján az uralkodó szélirány az észak-keleti volt, de dél-keleti, valamint szórványosan észak-nyugati szélirányt is jeleztek. A szélesség a mérés ezen napján csekély értéket vett fel, gyakorta szélcsend uralkodott a mintavételezés során. A mérés során hőmérsékleti tartomány 15°C -tól 25°C -ig terjedt.

A 2013.09.10-n vizsgált kereszteződés mérőpontjait elemezve a napi átlagot tekintve a Jókai utca sarka (NAV) mutatja a legnagyobb NO_x értéket, majd ezt követi a Révai Miklós Gimnázium sarkán kijelölt pont. Ha továbbra is a napi átlagokat vesszük figyelembe, akkor a Jókai utca (NAV felőli oldallal szemben) rendelkezik viszonylag alacsony, kiváló kategóriába eső koncentrációval. Ezen a napon a jellemző szélirány az észak-nyugati volt, ami megmagyarázza a két kimagasló pont közti kapcsolatot.

A P1-2-3-4 és a P5-6-7-8 mérőpontok átlagolásával kimutathatjuk, hogy a Jókai utca keresztszelvényének melyik része jelez magasabb NO_x koncentrációt a mérési időpontokban. A 32. ábrán látható, hogy a Szent István úthoz közelebbi sarok rész dominál az NO_x koncentrációját illetően a reggeli időszakban. A P1-2-3-4 mérőpont által mért szelvényrészlet tükrözi a 7:30-as és a 18:00-s csúcsot, ám jelentősen alacsonyabb értékekkel, mint a másik mérési részben.

A Jókai utca hosszszelvény vizsgálata esetén a P1-2-5-6 és a P3-4-7-8 mérőpontok átlagával dolgoztunk. Hasonló lefutással találkozunk ebben az esetben is. Az utca nyugati oldala (P1-2-5-6) jóval erőteljesebb NO_x jelenlétet regisztrált. Kivehető továbbá, hogy a mérési pontok napi koncentrációja magas, akár megfelelő, vagy szennyezett minősítésű értéket is magába foglaltak. Jelen helyzetben, mind a kereszt-, mind a hosszszelvény esetén a dominánsabb lefutású görbéhez tartozó mérőpont egyike mutatta a fent említett kategóriába tartozó koncentrációt.



20. ábra: 2013.09.10-n a Jókai utca kereszt- és hosszszelvénye az NO_x átlagkoncentrációját [µg/m³] tükrözve

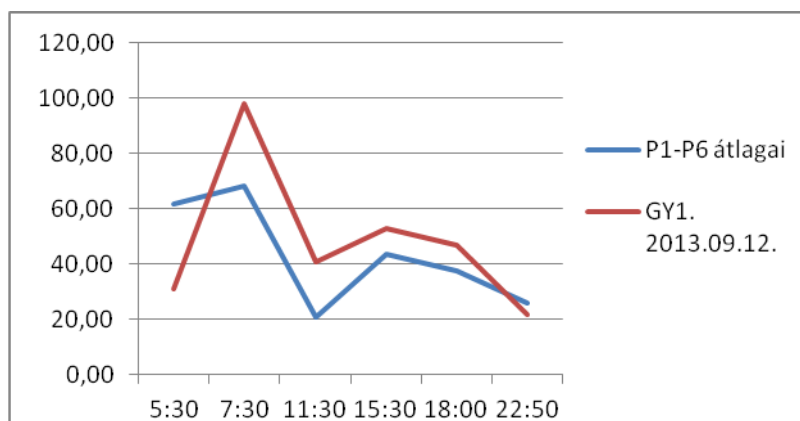
6.2 Fogalmas utcák elemzése

2013.09.12-én, csütörtökön zajlott le a második egész napos mérés. A 2013.09.10-i méréssel ellentétben, ezen a napon már Győr város két, egymástól távol eső, eltérő forgalmi struktúrájú városrészein, időben párhuzamosan zajlott. A két helyszín mellett jelen esetben csak másfél méteres magasságban történt környezeti levegőből mintavétel. A P1-P6 azonosítójú mintavételi pontok a Szent István úton kerültek kijelölésre, a fennmaradó mérőpontok a Szigethy Attila úton és a Fehérvári úton voltak (13. ábra, 2. a) b) számú melléklet).

Az adatok vizsgálatát a Szent István úti mérési adatok elemzésével kezdem. A mintavételi időszakok továbbra sem változtak. Az első mérési pontokon mért koncentrációk „kiváló” minősítésűek, csupán 8,3 %-a esett a „jó” kategóriába. Az eddig 7:30-kor tapasztalt csúcs helyét két esetben fél hat órai és egy este hat órai kiugró érték váltja fel, mint például a P1-P2 mérőpontokon, amelyek a Szent István út abda felőli első mérőhelyek voltak. A fél nyolcas csúcsához a P3-P6 mérőpontokon 15:30-as tetőpont is jellemzi, ám az ehhez az időponthoz némileg alacsonyabb koncentráció társul. A nitrogén-oxidok koncentrációja tehát az első mérési helyszínen 8-120 µg/m³ tartományban mozog. A napi ritmus tendenciája a következő.

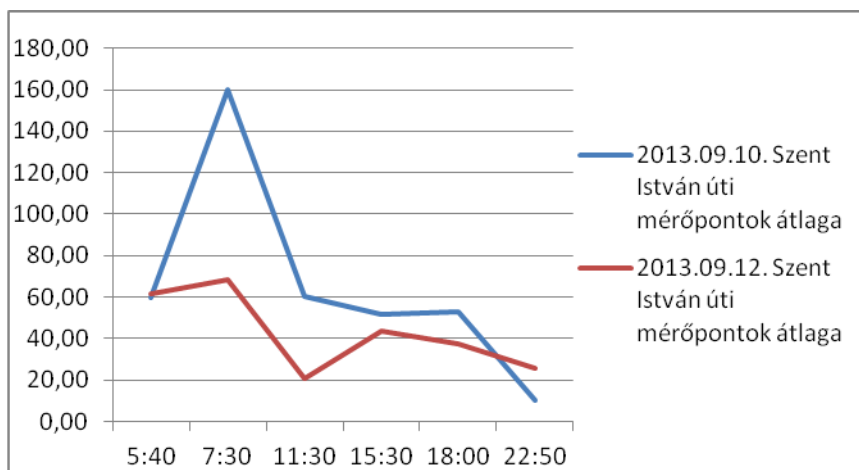
A már említett tetőpontok mellett a mélypontok a nap közepén jelentkeztek, majd enyhe visszaesést látunk a nap végén.

A P1-P6 mérőhelyek átlag koncentrációját összevettem a Győr1 automata mérőkonténer adataival. A Szent István úti adatrögzítő eredményei a kezdeti és a végidőpontot kivéve meghaladják a projekt keretében mérték átlagát. Az összesített 21. ábra a 7:30-as időpontra ismételten csúcsot jelez, majd erős csökkenést, ezt követően enyhe növekedést a 15:30-as időpontra, majd ismét koncentrációesés mutatkozik.



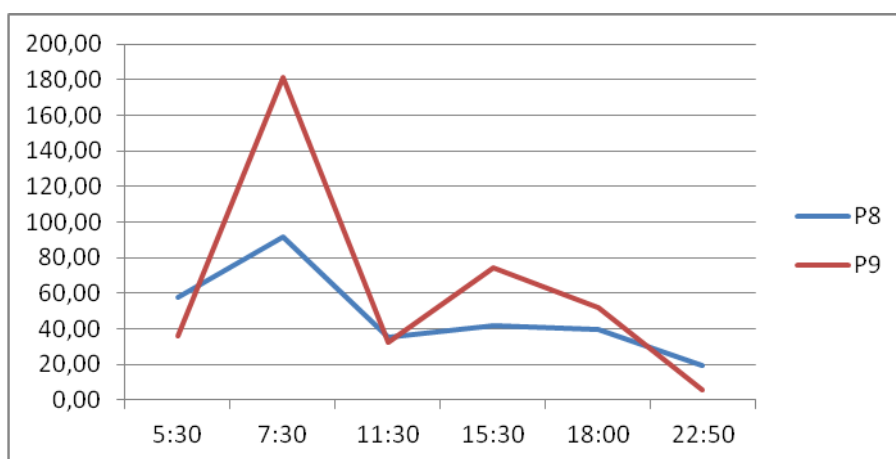
21. ábra: A P1-P6 mérőhelyek átlag NO_x [ppb] koncentrációi a Győr1. mérőkonténer adataival 2013.09.12-n

Ha a 2013.09.12-i, Szent István úti adatokat összevetjük az első mérési nap eredményeivel, akkor megállapíthatjuk, hogy a nitrogén-oxidok második mérési napján alacsonyabb koncentrációkat regisztráltunk. Érdeemes továbbá megjegyezni, hogy a csütörtöki (2013.09.12.) koncentrációk lefutásánál a 11:30-kor tapasztaltuk a legalacsonyabb értékeket a teljes mérési időintervallumra vonatkozóan. Ezen napra jellemző szélirány az első hat mérőponton az észak-keleti illetve a dél-nyugati és a szélsébség az előző napokhoz hasonlóan minimális, közel szélcsendes időt tapasztaltunk. A hőmérséklet a 2013.09.10-én regisztrálttal közel egyező volt.



22. ábra: 2013.09.10-i és a 2013.09.12-i Szent István úti mérőpontok átlaga [ppb]

A Szigethy Attila utat tekintve a vizsgált pontok a P7-P8-P9 mérőhelyekhez tartoznak. A különválasztás célja, hogy az egymásra merőleges útszakaszok külön, majd összehasonlítva is elemzésre kerüljenek. E három ponthoz 11% „jó” és 5,6% „megfelelő” kategóriájú NO_x koncentráció tartozik, ezenkívüli értékek „kiváló” minősítésűek. A P8-P9 mérőpontok koncentrációs kálaja mutat hasonlóságot egymással, melyek a körgeometriás csomóponthoz, illetve attól távolodó közúti forgalom okozta légszennyezést kívánta mérni. Az utca park felőli oldalán jelentkeztek inkább az alacsonyabb értékek a két szemben lévő pont közül (23. ábra).

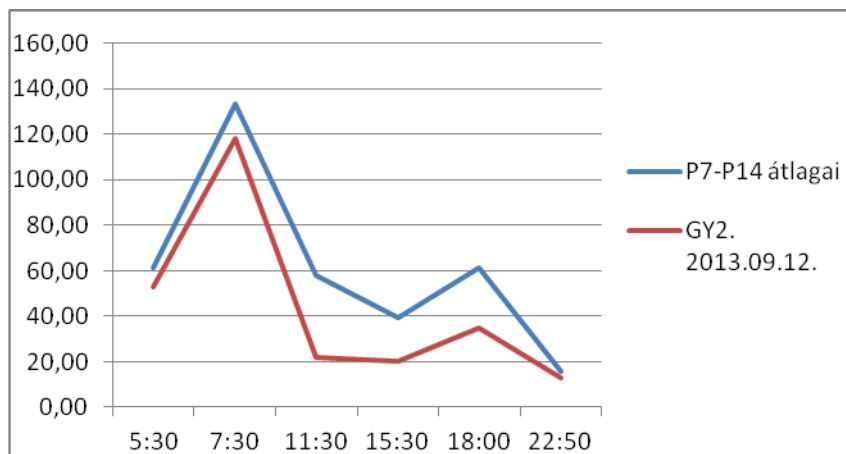


23. ábra: A P8-P9 mérőpontok NO_x koncentrációi [ppb] 2013.09.12-n

A hőmérséklet továbbra is 15-23°C között maradt, a domináns szélirány a dél-nyugati, de keleti és észak-keleti szélirány is előfordult. A körforgalomhoz legközelebbi ponton a vizsgált másik két ponthoz képest nagyobb szélsőbességet tapasztaltak.

A Fehérvári út és a Fehérvári csomópont közvetlen közelében kijelölt mérési helyeken a második mérési nap eddig elemzett eredményeit meghaladó NO_x mennyiségeket kaptunk. Az eddig is kimagasló értékekkel rendelkező 7:30-as időpont továbbra is a nap többi adatához képest magasabb mennyiséget képvisel. Főként ebben az időpontban mértünk kiválótól eltérő kategóriába tartozó értékeket. Így 13,4 százaléka az adatoknak a „jó”, szintén 13,4 százaléka a „megfelelő”, míg 3,4 százaléka a „szennyezett” minősítést kapta. A Fehérvári körforgalomba vezető Fehérvári úton több légszennyezési kategória is megjelenik, és a fentieknek megfelelően a 7:30-as mérési időponthoz tartozó érték a legmagasabb az NO_x koncentrációt illetően. Ennek kialakulásához a beépítettség is hozzájárulhat. A lefutási ritmus gyakorta két csúcsot jelez, a második az este hat órai időpontra tehető, bár ez valamivel kisebb tetőpont, mint a már többször említett 7:30-as. Sajnos a P7-től a P14-ig a mérőhelyek átlagai már a Győr2. automata mérőhely adatai fölé emelkednek, főként a 11:30-as mérési időponttól

kezdve. Napi ritmusra jellemző lefutása a 7:30-as és az este hat órai tetőponttal itt is megfigyelhető.



24. ábra: A P7-P14 mérőpontok NO_x koncentrációi [ppb] a Győr2. mérőkonténer adataival 2013.09.12-n

A hőmérsékleti tartomány a 16-27°C közé tehető. A szélirány többnyire dél-keleti volt, de északi, észak-keleti és dél-nyugati is előfordult.

6.3 NO_x koncentrációja és a közlekedés közötti kapcsolat

A rendelkezésemre álló, a mérési napokon végzett forgalomszámlálási eredmények tükrében kívánom a nitrogén-oxidok mennyiségét a közlekedési viszonyokkal párhuzamba állítani.

A Jókai utcán mindkét sáv forgalomszámlálása megtörtént, melynek értékeit az időbeli tartományokat figyelembe véve a P1-P8 mérőhelyek adataival vetettem össze. A 7:30-as időponttól forgalomművekedést tapasztalhatunk, ám a forgalmi csúcs a 11:30-as időpontban került rögzítésre, amely időpontok között hőmérséklet emelkedését is a szélsőbesség erősödését láthatunk. A forgalmi csúcshoz 8 esetből egynél társul időben a NO_x koncentrációjának tetőpontja. A forgalmi adatok 18:00-kor jeleznek az előzőnél alacsonyabb, ám mégis kiemelkedő értéket, melyet a NO_x mennyisége szépen követ, kiváltképp a másfél méteres magasságban kijelölt mérőponton.

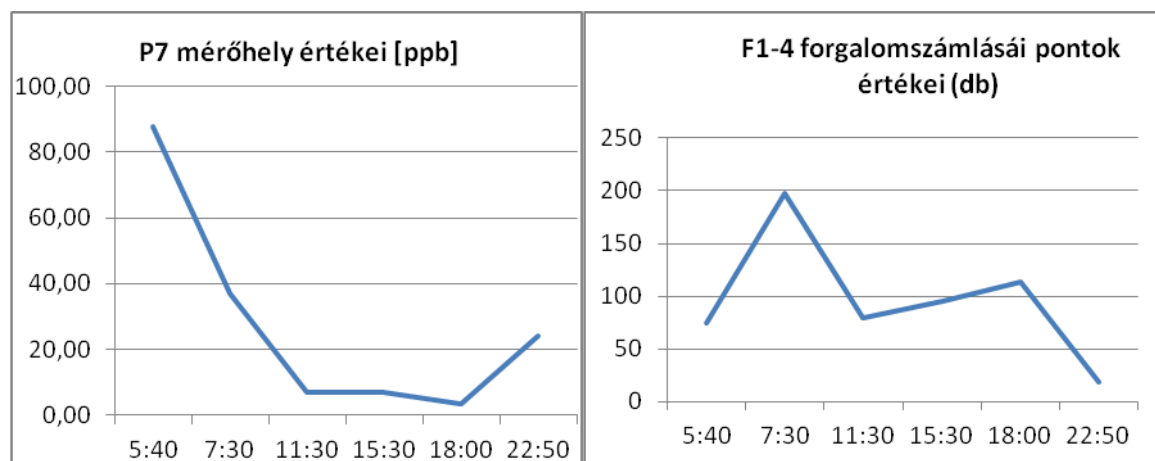
A P9-P10-es mérési eredményekhez ellentmondásos forgalmi adatok kapcsolódnak. A második mérési időpont után erőteljes NO_x koncentrációesés indul, amelyet nem követ a közúti forgalomszámlálás során rögzített érték. A 15.30-as időponthoz ugyanakkora forgalom társul a jegyzőkönyv szerint, mint a 7:30-ashoz, ám a nitrogén-oxidok mennyisége nem erről tanúskodik. A meteorológiai paramétereket figyelembe véve az első három mérési időpontban a szél, mint befolyásoló tényező elhanyagolható, ezután némi szélsőbesség és hőmérséklet-emelkedés tapasztalható.

A P11-P12-es mérőpontokhoz szintén társíthatunk forgalmi adatokat. Az első kiugró csúcshoz megfelelő időben a másfél és a három méteren mért eredmények tetőfokával, ám az ezt követő időszakban viszonylag nagy közúti forgalom és $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ alatti NO_x koncentráció járul. E ellentmondás oka lehet, hogy a mérés időintervalluma egy órát ölelt fel, így nem tudjuk a pontos eloszlását a járműveknek a mérési időpontokban.

A 2013.09.10-i mérés utolsó megvizsgálandó területe a Győri Törvényszéknek, a Győri Törvényszék Cégbíróságának és a Győr-Moson-Sopron Megyei Főügyészségnek otthont adó Szent István út 6. szám alatti „törvénykezési” épület előtti útszakasz forgalmi eredményei, melyek párhuzamosságot mutatnak az erre a területre vonatkozó nitrogén-oxidok értékével.

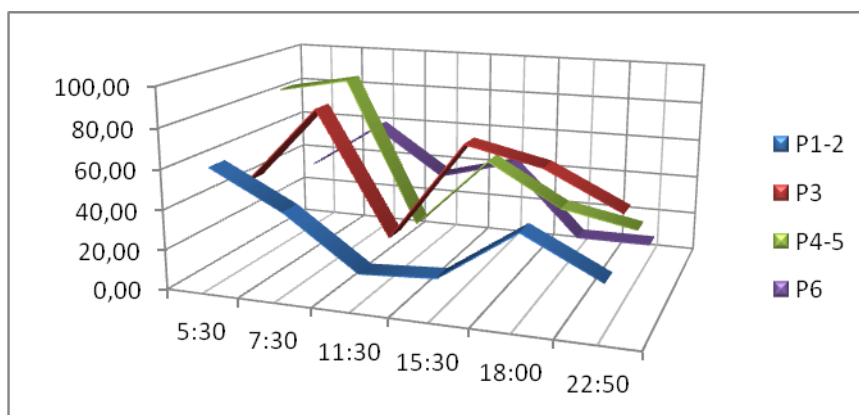
A 2013.09.12-n a forgalomszámlálási pontok sávonként kerültek kijelölésre, így a 8. a) b). számú mellékletben feltüntetett térképen feltüntetett NO_x mérési pontokkal való összevetéshez a forgalomszámlálási értékeket összevontam. A Szent István úti értékek a 7:30-as és az este 18:00-i időpontokra jegyzi a legnagyobb forgalmat a Bisinger-sétány utáni szakaszon, amely megfelel a reggeli időpontban jegyzett NO_x eredményekkel, azonban a 18:00-kor erős visszaesést tapasztaltunk a nitrogén-oxidok tekintetében. Az F5-8 forgalmi adatai fél nyolckor jeleznek csúcsot, majd enyhe visszaesés, és este hat órakor ismét kiugrást mutatnak. A 18:00-kor tapasztalt értékek, az eddigi tapasztalatokkal ellentétben meghaladják a 7:30-kor mérteteket. Ha ezt a lefutást összevetjük a P2-es mérési pont koncentrációjával, akkor némi átfedést tapasztalhatunk, ám a nap közepén a forgalom enyhe csökkenéséhez az NO_x drasztikus csökkenése társul, a kezdeti órákban mért felére való visszaesést láthatunk.

A Szigethy Attila úton történt vizsgálat a forgalom szempontjából a várt tendenciát mutatja, ám a P7 mérési pont 5:30-ra jegyzi a legnagyobb NO_x értéket, ezt követően jelentős csökkenést ábrázol a 5.10. diagram, és a 22:50-kor vett minta koncentrációja emelkedik a napközben mért minták koncentrációi fölé.



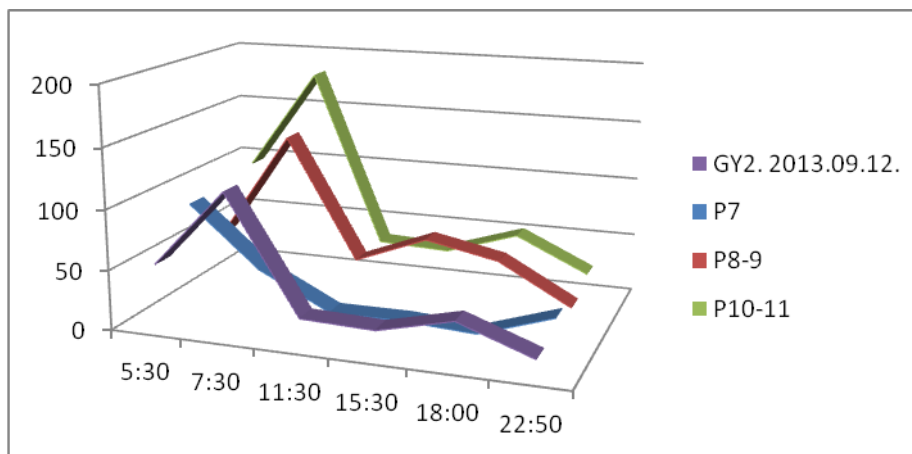
25. ábra: A P7 mérőpont NO_x koncentrációi [ppb] a F1-. forgalomszámlálási pontok adatai 2013.09.12-n

A Szent István út esetében az egymáshoz közel eső mintavételi helyek mérési időpontokban vett NO_x átlagának eredményeit tükrözi a 26. ábra. A Shell töltőállomás közelében mérő P1-2 pont 5:30-ra teszi a reggeli csúcsot, a többi értékhez képest, amely a 7:30-as időpontot tünteti fel. Meglepő, hogy eme összegző eredmények nem egyhangúan jelzik a várt 18:00-as tetőpontot. Azonban az egyértelmű, hogy a két csúcs, és az utolsó mérési időpontban a jelentős koncentrációesés megvalósul. A legélesebb koncentrációkülönbségek a városközpontban (NAV és a Győri Városháza közötti útszakasz) tapasztalható. Ez alátámasztja, hogy a Nádor-aluljáró és a 821. számú út biztosítja a járműforgalom számára a centrum kikerülését.



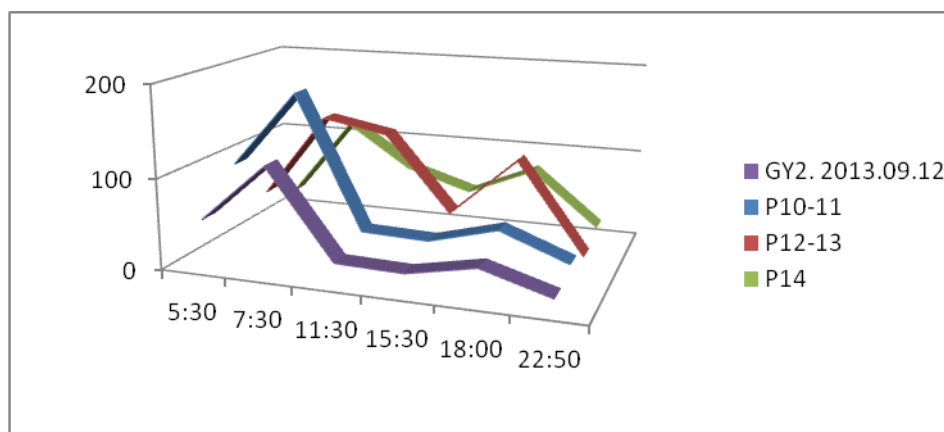
26. ábra: A Szent István út NO_x átlagkoncentrációi [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] 2013.09.12-n

A Szigethy Attila útról a Fehérvári körforgalom felé haladva egyre növekvő NO_x koncentráció mutatható ki. Mint azt már korábban is ismertettem a 2013.09.12-i P7-es mérőőpont által regisztrált értékek egyedi lefutásuak, ám a következő pontok már egybe esnek az eddigi vizsgálatok során tapasztalt két tetőponttal rendelkező hullámmal. Ahogy az várható volt a Fehérvári körforgalom közelében mérhető a legmagasabb NO_x érték. Viszonyítási alapként feltüntettem a diagrammon a Győr2. mérőkonténer 2013.09.12-i adatait a mérési időpontokban. Mint az látható egyedül a P7 mérési pont maradnak Győr2. által mért eredmények alatt.



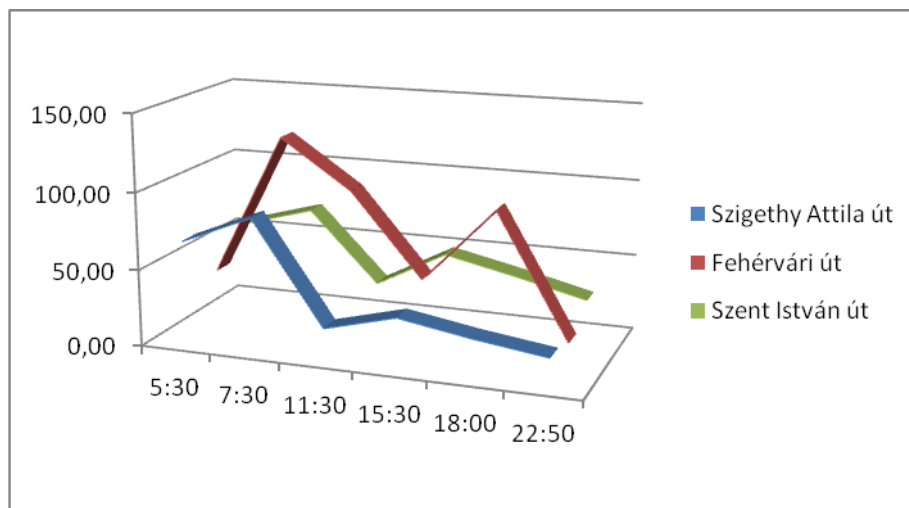
27. ábra: A Szigethy Attila út NO_x átlagkoncentrációi [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] a Győr2. mérőkonténer adataival

A Fehérvári út és a Fehérvári körforgalom vizsgálata során a P10-11, P12-13, és a P14 napi lefutását hasonlítom össze a Győr2. mérőkonténer által mért adatsorral. Minden egyes pontunk jelentősen nagyobb értékekkel rendelkezik, mint az ÉDU-KTVF mérőkonténere által mértek. A körforgalom mellett, a P10-11 mérési pontokban 7:30-kor ismét szennyezett minősítésű környezeti levegő került rögzítésre az NO_x-re vonatkozóan.



28. ábra: A Fehérvári út és a Fehérvári körforgalom NO_x átlagkoncentrációi [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] a Győr2. mérőkonténer adataival

A 29. ábra a 2013.09.12-i útszakaszok NO_x koncentrációjának napi lefutását hivatott ábrázolni, a Fehérvári körforgalom nélkül. Ennek oka, hogy a körforgalom a Szigethy Attila út és a Fehérvári utat összeköti, így forgalma, és légszennyezettségét eme két útszakasz, továbbá az Ipar utca és a Pér felől érkező járművek együttesen befolyásolják. A 38. ábrán látható, hogy a Fehérvári út pontjainak összesége jóval meghaladja a $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -t, tehát csak a jó kategóriába tartozó értékek mutatkoznak ezen az útszakaszon. A másik két útszakasz csak a reggel 7:30-as időpontban haladja meg a kiváló minősítéshez tartozó koncentrációt.

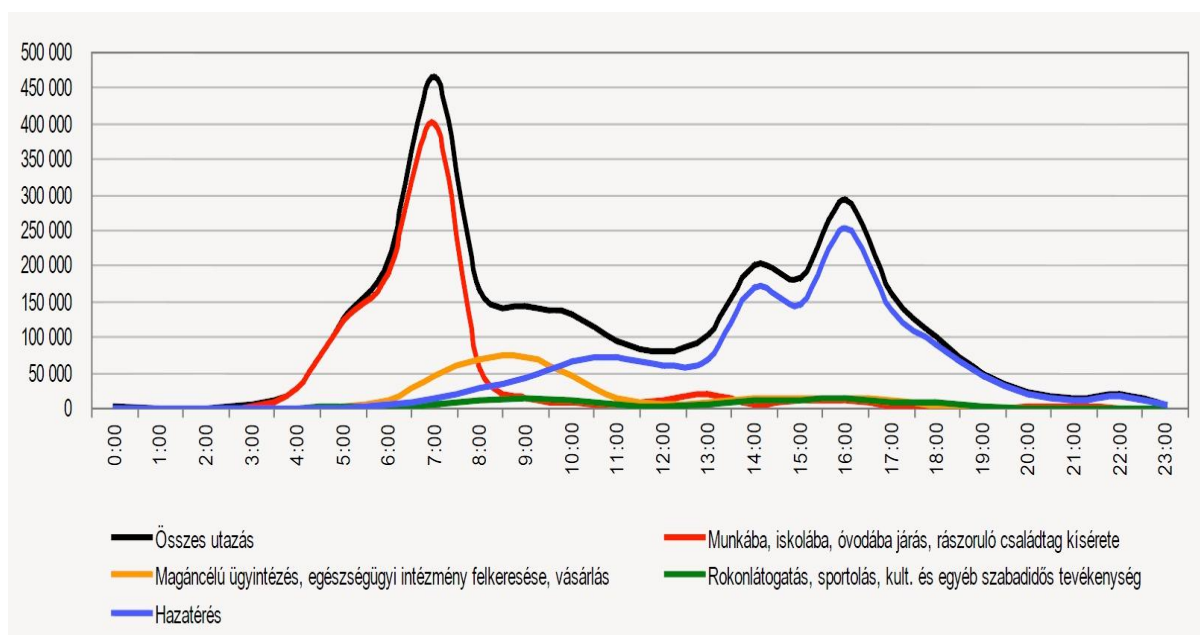


29. ábra: A 2013.09.12-i mérési pontjainak átlagkoncentrációi [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] a vizsgált útszakaszokon

6.4 Következtetések

A két nap részletes vizsgálata után megállapíthatjuk, hogy az első mérés nap forgalomszámlásási adatai kellőképpen szemléltetik a közlekedés és a nitrogén-oxidok mennyisége közötti kapcsolatot, továbbá azt, hogy a meteorológiai paraméterek egyáltalán nem elhanyagolhatók. Ezen kívül megállapítható, hogy magassággal szemben az utca geomateriája, és a beépítettség nagyobb szerepet játszik a NO_x koncentrációjának alakulásában, hiszen esetünkben a Jókai utca- Szent István útkereszteződés („utcakanyon”) a Győr1. és Győr2. mérőkonténer adataihoz képest is magasabb értékekkel rendelkezik. További vizsgálat tárgyát képezheti a forgalmas keresztezések, és körcentrikus csomópontok (Fehérvári kúti körforgalom) légszennyezettségének vizsgálata, amely során a még szemléletesebben kimutatható lenne a forgalom és a légszennyezés kapcsolata.

Vizsgálatunk összhangban van Központi Statisztikai Hivatal (KHS, 2013) felmérésében kapott napi fogalmi profillal (30. ábra), egyértelműen alátámasztja az általunk felismerni vélt két csúccsal rendelkező napi ritmust a lakosság közlekedési szokásaiban.



30. ábra: Hétköznapi utazások száma az indulás időpontja szerint 2012-ben (KSH, 2013)

A forgalom aránya és az NO_x értékei közötti eltérések oka közé tartozik, hogy míg az első mérési nap a mintavételi pontjai mellé tartozó forgalom pontos értékei társultak, a második nap kisebb felbontású forgalmi és NO_x mintavételre volt lehetőség. A mért immiszió a forgalmas útszakaszok teljes keresztmetszeti forgalmával vethető össze. Meg kell jegyeznünk, hogy a vizsgált terület csomópontjain több helyen vannak mérőhurkok, azonban az induktív hurokadatok nem álltak rendelkezésemre, ezek feldolgozása nem volt a feladatomból része, a kutatás további szakaszában kívánják megvizsgálni.

Összeségében elmondható, hogy a Szent István út-Jókai utca a napi forgalmi csúcsokban NO_x tetőpontokat is jelez és a 2013.09.12-i Szent István úti vizsgálat eredményének tudatában megállapítható, hogy az elkerülő utak számának növelése célszerű lenne a város számára.

A Fehérvári úti körforgalom egyértelműen az egyik legteheletesebb közúti szakasz, karbantartása, továbbá lehetséges tehermentesítése, vagy az úthálózat ezen városrészben történő bővítése az elkövetkező évek egyik szükségszerű feladata lesz Győr Megyei Jogú Városának.

A későbbiekben kívánatos lenne a 2013.09.12-i forgalomszámlálás megismétlése, és a számláló pontok gyakoriságának növelése, illetve az NO_x mennyiségének mérésére az útvonal mindkét oldalán mérőpontok kihelyezésére.

Összegzés

Dolgozatom tárgyát a légköri szennyezők – különösképpen a nitrogén-oxidok, a szilárd szennyezők, mint a közuti közlekedés szennyezés indikátorainak – vizsgálata képezi. Munkámat konkrét, gyakorlati példán, Győr Megyei Jogú Város légszennyezettségi adatainak elemzésén keresztül végeztem.

Szakdolgozatomat a Magyar Szabvány által elfogadott mérési metódusok, az éves trendek, napi és heti ritmusok, majd az általunk mért, konkrét adatok bemutatásának logikai sorrendjében készítettem el.

Elsőként megállapítottam, hogy a közlekedés tehető a leginkább felelőssé a város levegő minőségének alakulásáért, mely jelzi a forgalmi rend változását és az Ipari Park Kft. bővülésével járó forgalomművekedést, valamint a város átmenő forgalom alóli tehermentesítését szolgáló elkerülő utak szerepének növekedését.

A következőekben a levegőszennyező komponensek éves trendjét szemléltettem 18 évre visszamenőleg. A nitrogén-oxid szennyezés az elmúlt éveket tekintve némi növekedést mutat, ám az éves értékelésben megfelelő kategóriában marad. Meg kell jegyeznünk azonban, hogy ez az eredmény az ÉDU-KTVF többi mérőállomásának értékei felett van. Ennek okai között a közlekedés, az erős iparosodás, és a lakosság számának növekedése szerepelhet. A szálló por esetén szintén koncentrációesés mutatható ki éves szinten, jó kategóriába tartozó eredményekkel. Eme csökkenő tendencia fenntartásához a társadalmi hozzáállás is szükségeltetik, vagy például a kommunális szolgáltató tevékenysége is, gondolva itt az utak vízzel történő tisztítási gyakoriságának növelésére.

Mivel Győrt jelenleg két közlekedési állomás konténere jellemzi és reprezentatív területe viszonylag kicsi, így tanácsos lenne még egy konténer elhelyezése a hálózatba, vagy az egyik konténer város háttér mérésére beállítani, amelyhez az áthelyezése szükséges (például Győr, Marcalváros I.-re vagy Marcalváros II.-re). Jelenleg eme két konténer nem fedi le a város teljes területét. Megoldást jelenthet egy mozgó mérőkonténer beüzemelése is.

Napi és heti ritmus vizsgálatához az NO_x -t és a PM_{10} -t választottam ki, hiszen a legnagyobb terhelést eme két komponens esetén tapasztalunk magas, esetenként határértéket átlépő koncentrációkkal. Az elemzést január és július hónapra korlátoztam, a napi ritmus esetén a 3. hét hétköznapi és hétvégi koncentrációit vettem górcső alá. Az NO_x esetén kezdetben a januári értékek voltak magasabbak, ám a mérési időszak vége felé némi csökkenést mutatnak. Sajnos a július hónapot emelkedő értékek jellemzik. Napi ritmusáról a következők mondhatók

el: 2006-tól az előző évektől eltérően a hét közepéig növekvő eredmények jelentkeztek, valamint kedden és pénteken regisztráltak csúcsot. A hétvégéket szemléltető ábrán látható, hogy a koncentráció a kiváló és a megfelelő kategóriához tartozó szélsőértékek között mozog. Győr jelentős ipari vállalatnál emissziócsökkentés a lefutási görbén is jól látható.

A PM₁₀ szálló por mérése 2003-ig csak a Győr1. automata mérőkonténerben történt, és a mért értékek gyakorta a szennyezett minősítést kapták. Ezen kategória a januári hónapban gyakoribb a nyári időszakhoz képest. A hétköznapokat tekintve tekintélyes csökkenés mutatkozik, jó és megfelelő kategóriákba tartozó értékek váltják egymást. A heti ritmus hétfőtől szerdáig emelkedést jelez. Többségében hétfőn és pénteken tapasztalták a kimagasló értékeket. A hétvégéket vizsgálva, megállapíthatjuk, hogy a szálló por káros hatásával a téli hónapokra jellemzőbb. Továbbá a mérőállomás által is alátámasztott tény, hogy a fűtési szokások kevésbé járulnak hozzá a szálló por koncentrációjának emelkedéséhez, mint a közlekedés és a meteorológiai paraméterek.

Dolgozatom második felét a Széchenyi István Egyetemen futó Smarter Transport – Kooperatív közlekedési rendszerek infokommunikációs támogatása (TÁMOP-4.2.2.C-11/1/KONV-2012-0012) című kutatási program keretében végzett vizsgálat bemutatása adja. A mérés az NO_x koncentrációjára és a forgalomszámlására terjedt ki, és két napot ölelt fel, és hozzájárult ahhoz, hogy Győr két legforgalmasabb útszakaszáról egy átfogó, reprezentatív képet adjon a NO_x és a forgalom napjainkra vonatkozó kapcsolatáról. A mérési adatok összhangban vannak az előző évek ritmusával. Mivel kis és nagyobb léptékű mérés helyszínében átfedés volt, ezért lehetőség nyílt a két mérés összehasonlítására.

A vizsgálat eredményeképpen a vizsgált kereszteződésen belül is eltérések vannak a kereszt- és hosszszelvény tekintetében, továbbá a város különböző pontjai között is jelentős koncentráció különbségek tapasztalhatók. A vizsgálat egyértelműen rávilágított arra, hogy a legnagyobb terhelés ma már nem a Szent István út, hanem a Fehérvári út mentén tapasztalható.

Az adatokat szolgáltató két konténer nem tudja lefedni a teljes város területét, ezért szükség lenne kisebb léptékű vizsgálatokra, a különösen terhelt utcakanyonok feltérképezésére. Az általunk végzett immissziós elemzés, csak két napot ölelt fel, így csak pontszerű vizsgálatnak nevezhető, nem reprezentatív.

Az éves átlagok és az országos meteorológiai adatsorok figyelembe vételével összeségében elmondható, hogy Győr Megyei Jogú Város országos viszonylatban jó levegőminőséggel bír. A munkámban alkalmazott légszennyezőkkénti ábrázolás szemléletesen mutatja meg, hogy a nitrogén-oxidok a továbbiakban is azon légszennyezők közé fognak tartozni, melyeknek

csökkentésében a társadalmi támogatás, környezettudatos hozzáállás szükségeltetik. Ha a lakosság a tömegközlekedést, a kerékpározást részesíti előnyben a személygépjárművel szemben, vagy a földgáz, vagy biomassza alapú tüzelést alkalmazza a szén-, fa-, olajtüzelés helyett, ezzel egy-egy lépést tesz afelé a jövő felé, ahol a légszennyező komponensek stagnáló, vagy csökkenő képet mutatnak és ahol a „fenntartható város” cím Győr tulajdonát képezi.

Irodalomjegyzék

Aufschaite, GreenLab (2002): DHA-80 Használati útmutatás- Digitel High Volume Samplers- Nagy Térfogatú Pormintavevők

Az R. N. Colville, E. J. Hutchinson, J. S. Mindell és R. F. Warren (2000): a londoni T. H. Huxley School, Imperial College Epidemiológiai és Közegészségügyi Igazgatóságának kiadványa, végleges formában 2000. november 22-én leadott cikk, London, England

Bánházi Antal (1992) (ford.): Environment s.a. Analizátorok alapfokon, Országos Közegészségügyi Intézet Levegőhigiénés Osztálya, Budapest

Berndt Mihály, Bibok Zsuzsa, Kiss Diána, Dr. Paár István, Petrók János (szerk.) (2003): Közlekedjünk környezetkímélőbben, Felelős kiadó: Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium, Készült a Közlekedéstudományi Intézet Rt. szerkesztésében, Budapest

Daniel Vallero (2008): Fundamentals of air pollution, Academic Press is an imprint of Elsevier, Burlington, USA; San Diego, California, USA; London, UK

DIGITEL Elektronik GmbH (1995): Operation instructions Digitel High Volume Samplers DHA-80, DHA-80W, Ludesch, Austria

Dr. Barna Andrea, Barna Péter (2004): A gépjármű-közlekedés Európai Unió szakmai kézikönyve, KJK-KERSZÖV Jogi és Üzleti Kiadó Kft, Budapest

Dr. Kiss Ferenc, Tóth Gábor (1996): Út- és vasútépítéstan 2., Széchenyi István Egyetem, Győr

Dr. Pomázi István, szabó Zsuzsanna, Csanády R. András (szerk.) (1997): A fenntarthatóság felé- Egy környezettel és fenntartható fejlődéssel kapcsolatos politika és csalákvés Európai Közösségi programja. Környezetvédelmi és Területfejlesztési Minisztérium, Budapest

Environment s.a. (1990): CO11M Gas filter correlation carbon monoxide monitor, Poissy, France

Fülöp Tamás, Hanus István, Molnár Károly, Örvös Mária, Patkó István, Pitrik József (2011): In Radnainé Dr. Gyöngyös Zsuzsanna (szerk.): Levegőtisztaság-védelem. 11. kötet, Veszprém, Pannon Egyetem-Környezetmérnöki Intézet

Kardos Csilla, Sándor Ingrid Márta (2013)-Smarter Transport-Kooperatív közlekedési rendszerek infokommunikációs támogatása című projekt (TÁMOP-4.2.2.C- 11/1/KONV-2012-0012) keretében történő NO-NO₂-NO_x analízis környezeti levegőből című jegyzőkönyv

KSH (2013): A lakossági közösségi és egyéni közlekedési jellemzői, 2012.

Statisztikai Tükör VII. évfolyam 47. szám 2013. június 27.

Lennert János (2012): Határon átnyúló infrastruktúra fejlesztés Konferencia előadás 2012. november 15. Visegrád

Muránszky Gábor (2011): Városi aeroszol PM₁₀ frakciójának kémiai jellemzése (doktori értekezés), Eötvös Loránd Tudományegyetem Természettudományi Kar, Kémiai Intézet, Budapest

Pakkanen, T. A., Kerminen V.A., Ojanen C.H., Hillamo, R.E., Aarnio, P., and Kosken talo,T., (2000): Atmospheric black carbon in Helsinki. Atmospheric Environment 34,1497–1506

Radnainé Dr. Gyöngyös Zsuzsanna (szerk.)(2011): Levegőtisztaság-védelem. 11. kötet, Veszprém, Pannon Egyetem-Környezetmérnöki Intézet

Thermo Environmental Intstruments (2003): Model 42C Chemiluminescence NO-NO₂-NO_x analyzer, Intrstruction manual, Franklin, Massachusetts

Thermo Environmental Intstruments Inc. (1994): Model 43C Pulsed fluorescence SO₂ analyzer, Intruction manual, Franklin, Massachusetts

Thermo Environmental Intstruments Inc. (1994): Model 49C UV photometric O₃ analyzer, Instruction manual, Franklin, Massachusetts

Thermo Environmental Intstruments Inc. (2000): Model 48C Gas filter correlation CO analyzer, Instruction manual, Franklin, Massachusetts

Thermo ESM Andersen (1999): Operating instructions-Particulate monitoring instrument FH62 I-R, Erlangen, German

1222/2011. (VI. 29.) Korm. határozat

[1] www.kvvm.hu/szakmai/karmentes/kiadvanyok/karmkezikk.2/2-14.htm, letöltés időpontja: 2013-09-23, 10:09

[2] <http://tisza.levego.hu/kozlekedes.html>, letöltés időpontja: 2013-09-23, 17:31

[3] www.kti.hu, letöltés időpontja: 2013-09-23, 17:56

- [4] http://www.uvt.bme.hu/targyak/kterv_I/kterv_I_II_kgysch/kterv_I_II_kgysch_10.pdf,
letöltés időpontja: 2013-09-23, 18:10
- [5] <http://www.levego.hu/>, letöltés időpontja: 2013. 09.24. 19:03
- [6] <http://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszaki/jelberuh/jelberuh12.pdf>, letöltés időpontja:
2013.10.20. 14:51
- [7] http://www.kvvm.hu/cimg/documents/2_zona_gyor.pdf, letöltés időpontja: 2013. október
25. 14:29
- [8] http://www.ng.hu/Civilizacio/2008/06/Gyakoribba_valhat_a_szmogriado, letöltés
időpontja: 2013. október 28., 18:45
- [9] <http://www.weber.hu/PDFs/Air/Pitfalls.pdf>, letöltés időpontja: 2013. november 1., 15:17

Ábrák jegyzéke

1. ábra: Az EU27, az USA és Magyarország áruszállításának megoszlása [3]
2. ábra: Az EU közúti közlekedési eredetű légszennyező emisszióinak a következő évtizedekben várható alakulása (Berndt és mtsi, 2003)
3. ábra: Győr-Moson-Sopron, Komárom-Esztergom gyorsforgalmi- és főúthálózatának nagytávú fejlesztési terve (Lennert, 2012)
4. ábra: A Győr 1. és a Győr2. automata mérőkonténer által mért éves NO átlagkoncentrációk
5. ábra: A Győr 1. és a Győr2. automata mérőkonténer által mért éves NO_2 átlagkoncentrációk
6. ábra: A Győr 1. és a Győr2. automata mérőkonténer által mért éves NO_x átlagkoncentrációk (1994-2012)
7. ábra: A Győr 1. és a Győr2. automata mérőkonténer által mért éves PM_{10} átlagkoncentrációk
8. ábra: Az NO_x hétköznapi koncentrációja január és július 3. hetében 2006-2012 között
9. ábra: Az NO_x hétvégi koncentrációja január és július 3. hetében 2006-2012 között
10. ábra: Az PM_{10} hétköznapi koncentrációja január és július 3. hetében 2006-2012 között
11. ábra: Az PM_{10} hétvégi koncentrációja január és július 3. hetében 2006-2012 között
12. ábra: A NO_x és a PM_{10} átlagos koncentrációja a téli és a nyári hónapokban (2012)
13. ábra: A 2013.09.10-i NO_x mérés pontjai
14. ábra: A analízis sematikus ábrázolása
15. ábra: Másfél és három méteren mért átlag NO_x [ppb] koncentráció 2013.09.10-n
16. ábra: Az NO_x [ppb] koncentráció 1,5 méteres és 3 méteres magasságban mért átlaga és a Győr2. mérőkonténer szerinti értékek
17. ábra: Az NO_x [ppb] koncentrációi a P1-P2 és P3-P4 mérőhelyeken 2013.09.10-n
18. ábra: Az NO_x [ppb] koncentrációi a P5-P6 mérőhelyeken 2013.09.10-n
19. ábra: Az NO_x [ppb] koncentrációinak összehasonlítás a két vizsgált magasság között 2013.09.10-n
20. ábra: 2013.09.10-n a Jókai utca kereszt- és hosszszelvénye az NO_x átlagkoncentrációját [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] tükrözve
21. ábra: A P1-P6 mérőhelyek átlag NO_x [ppb] koncentrációi a Győr1. mérőkonténer adataival 2013.09.12-n

22. ábra: 2013.09.10-i és a 2013.09.12-i Szent István úti mérőpontok átlaga [ppb]
23. ábra: A P8-P9 mérőpontok NO_x koncentrációi [ppb] 2013.09.12-n
24. ábra: A P7-P14 mérőpontok NO_x koncentrációi [ppb] a Győr2. mérőkonténer adataival 2013.09.12-n
25. ábra: A P7 mérőpont NO_x koncentrációi [ppb] a F1-. forgalomszámlálási pontok adatai 2013.09.12-n
26. ábra: A Szent István út NO_x átlagkoncentrációi [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] 2013.09.12-n
27. ábra: A Szigethy Attila út NO_x átlagkoncentrációi [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] a Győr2. mérőkonténer adataival
28. ábra: A Fehérvári út és a Fehérvári körforgalom NO_x átlagkoncentrációi [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] a Győr2. mérőkonténer adataival
29. ábra: A 2013.09.12-i mérési pontjainak átlagkoncentrációi [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] a vizsgált útszakaszokon
30. ábra: Hétköznapi tett utazások száma az indulás időpontja szerint 2012-ben (KSH, 2013)

Képek jegyzéke

- 1. kép A 2013.09.10-i mintavétel (fotó: Varga Rozália)*
- 2. kép A mintavételre használt Tedlar Sample Bag zárt szeleppel (fotó: Pestiné dr. Rácz Éva)*

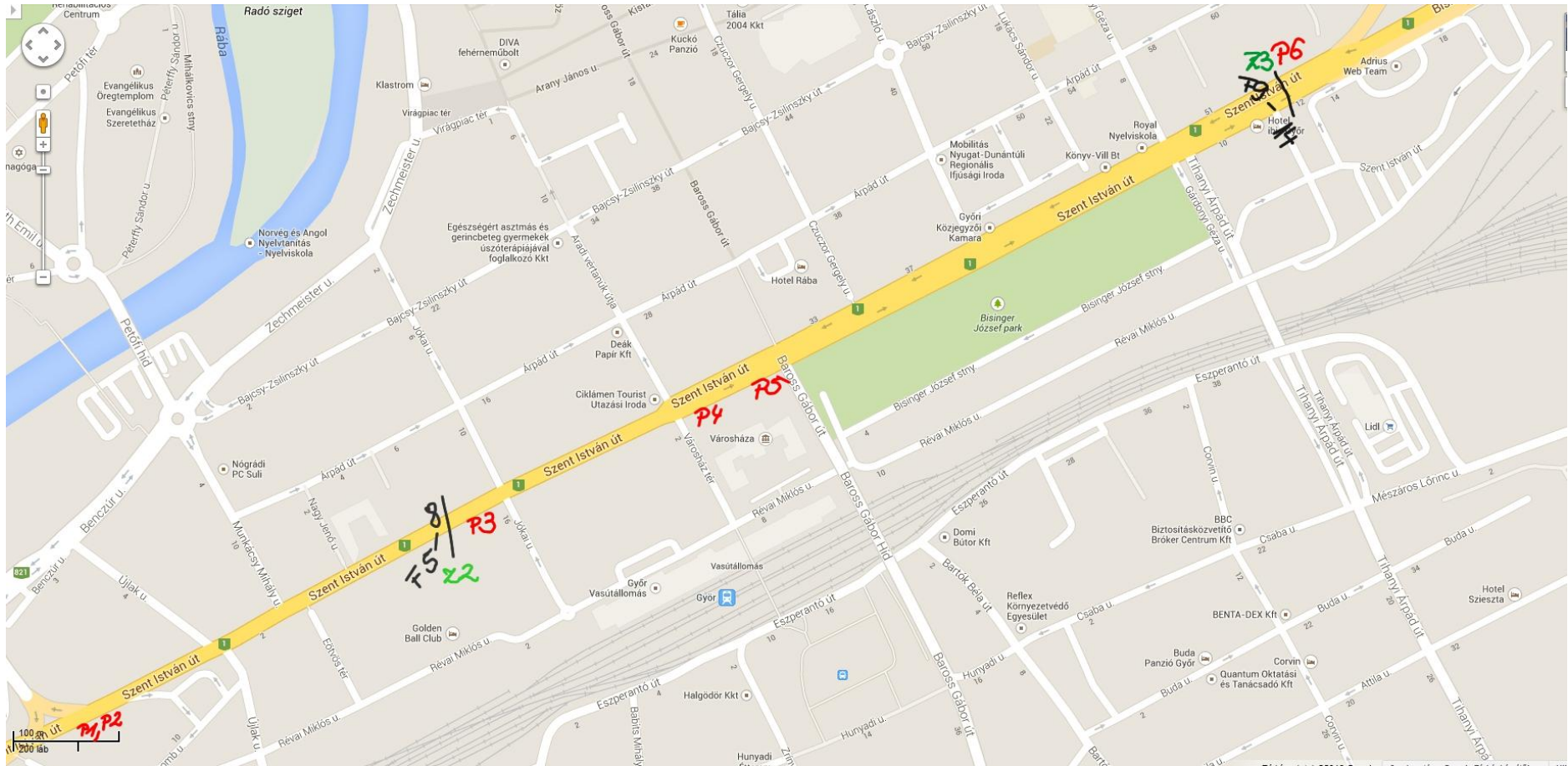
Mellékletek

1. számú melléklet: 1994-től 2012-ig a januári és júliusi hónapok NO_x és PM₁₀ koncentrációi µg/m³-ben kifejezve

Január		1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
NO _x	Győr1.	nincs adat	69	71	135	nincs adat	67	62	69	108	117	96	99	101	87	83	78	68	79	54
	Győr2.	nincs adat	70	71	59	nincs adat	54	61	80	64	74	50	53	59	55	53	54	54	52	46
	Átlag:	—	69,5	71	97	—	56	61,5	74,5	86	95,5	73	76	80	71	68	66	61	65,5	50
PM ₁₀	Győr1.	nincs adat	42,4	68,8	36,9	nincs adat	InVld	8,3	36	41,2	32,4	36,7	21,8	52,3	22,1	28,2	31,6	41,6	40,8	27,8
	Győr2.	nincs adat	nincs adat	nincs adat	nincs adat	nincs adat	InVld	nincs adat	nincs adat	nincs adat	nincs adat	42,2	37,6	65,9	27,3	25,3	37,9	52,7	46,3	41,9
	Átlag:	—	42,4	68,8	36,9	—	—	8,3	36	41,2	32,4	39,5	29,7	59,1	24,7	26,75	34,75	47,15	43,55	34,85
Július		1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
NO _x	Győr1.	41	45	29	203	54	33	48	133	52	49	59	54	47	55	37	55	40	16	29
	Győr2.	206	45	27	50	40	126	70	42	29	71	35	31	34	35	28	30	29	13	19
	Átlag:	123,5	45	28	126,5	47	79,5	59	87,5	40,5	59,5	47	42,5	40,5	45	32,5	42,5	34,5	14,5	24
PM ₁₀	Győr1.	38	33,8	15,1	8,8	6	InVld	22,4	20,4	20,7	18,6	23,2	29,4	26,3	23,5	15,1	21,9	25,3	17,6	21,9
	Győr2.	nincs adat	nincs adat	nincs adat	nincs adat	nincs adat	InVld	nincs adat	nincs adat	nincs adat	nincs adat	26,5	31,8	36,5	22	14,4	29,6	22,4	18,7	nincs adat
	Átlag:	38	33,8	15,1	8,8	6	79,5	22,4	20,4	20,7	18,6	24,85	30,6	31,4	22,75	29,5	25,75	23,85	18,15	21,9

2. számú melléklet: 2013.09.12-i mérőpontok a Szegehty Attila és Fehérvári út mentén

a)



b.)

