

Eötvös Loránd Tudományegyetem
Földrajz- és Földtudományi Intézet
Meteorológiai Tanszék

A légszennyezés hatása az agyi érkatasztrófa (stroke) esetek előfordulására

SZAKDOLGOZAT
FÖLDTUDOMÁNYI ALAPSZAK,
METEOROLÓGUS SZAKIRÁNY



Készítette:

Gombos Katalin

Témavezetők:

Fülöp Andrea (OMSz)

Breuer Hajnalka

Konzulens:

Dr. Folyovich András

Szent János Kórház

Budapest, 2012

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	3
2. Irodalmi áttekintés.....	4
2.1 Stroke	4
2.2 A stroke kapcsolata egyes környezeti tényezőkkel.....	6
Időbeli trendek	6
Időjárási paraméterek szerinti változás	7
Hőmérséklet	7
Relatív nedvesség és napsütéses órák száma	7
2.3 A vizsgált légköri szennyező anyagok és tulajdonságaik.....	8
Nitrogén-oxidok.....	8
Ózon	9
Kén-dioxid	10
Szén-monoxid	10
Szálló por.....	10
2.4 A stroke és légszennyezés kapcsolata	12
3. Adatok.....	15
3.1 Betegstatisztika.....	15
3.2 A légszennyezettségi mérőhálózat	18
3.3 Légszennyező anyagok koncentrációja a vizsgált időszakban.....	19
3.4 Makroszinoptikus cirkuláció	23
4. Eredmények	24
4.1 A megbetegedés gyakoriság és a légszennyezés kapcsolata	24
4.2 Korreláció.....	30
4.3 A makroszinoptikus helyzetek és stroke kapcsolata	33
5. Összefoglalás	38
6. Köszönetnyilvánítás	39
Irodalomjegyzék	40

1. Bevezetés

A stroke (magyarul szélütés, agyi érkatasztrófa) Magyarországon a harmadik leggyakoribb halálozási forma, emellett a túlélőknél minden esetben az agy károsodásával kell számolni. Előfordulási gyakoriságát számos tényező befolyásolhatja az egyén egészségi állapotától függetlenül. E tényezők között szerepel az időjárás és a légszennyezés is. Dolgozatomban elsősorban a légszennyezés és a stroke roham lehetséges összefüggéseit fogom vizsgálni, mely terület jobb megismerése segítheti az orvosi készület szabályozását a kórházakban a „veszélyeztetett” időszakokban.

Az eddigi kutatások arra engedtek következtetni, hogy a hőmérséklet egyértelmű hatást gyakorol a stroke-os esetek számára, azonban az újabb eredmények azt mutatják, hogy a légszennyezettség mértéke akár jelentősebb tényező is lehet. Dolgozatommal egy interdiszciplináris kutatásba kapcsolódtam be, mely a budapesti Szent János Kórház Stroke Centrumának kezdeményezésére indult el. Első lépésként azt a cél tűztük ki, hogy egy kisebb betegcsoportra készítsünk statisztikai elemzést az Országos Légszennyezettségi Mérőhálózat két budapesti állomásának mérései alapján az összes rendelkezésre álló légszennyező anyag felhasználásával. A hatásokat ugyan nehéz elkülönítve kezelni, azonban a vizsgált paraméterek statisztikai összefüggéseit e vizsgálatban elsősorban külön-külön elemzem.

Először szakirodalomban publikált kutatási eredményeket ismertetem, melyekben a stroke-betegek statisztikáját önmagában, a légszennyezők statisztikáját egyenként, majd a betegekkel való összekapcsolását elemzem. Majd bemutatom a vizsgált beteg, s a légszennyezettségi és makroszinoptikus helyzetet leíró adatsorok összefüggéseit. Ezt követi a saját vizsgálati eredményeim bemutatása, melyben szintén ezen szisztéma szerint haladok. Az előzetes célokat kiegészítve az időjárási helyzetekkel (ciklonális, anticiklonális helyzet) való összefüggéseket is elemzem.

2. Irodalmi áttekintés

2.1 Stroke

A stroke kifejezés angol szó, amely ütést, csapást jelent, a magyar nyelvben külön kifejezéssel élve gutaütésnek, szélütésnek nevezzük. Stroke-ról beszélünk a központi idegrendszer vérellátásának zavara miatt bekövetkezett károsodás esetén.

A roham leggyakrabban azért következik be, mert a szükségesnél kevesebb vér jut az agyba. Az agy vérellátási zavarának többféle oka lehet, például egy szívből elszabaduló vérrög, de lehet a nyaki vagy a koponyán belüli erek szűkülete is. Ennek alapján a stroke-nak alapvetően két típusát különböztethetjük meg: az ún. iszkémiás – azaz vérhiányos – és a vérzéses stroke-ot (Warlow et al., 2003, Komoly és Palkovits, 2010).

A **vérhiányos stroke**-típus (agyinfarktus, iszkémiás stroke) kialakulását okozhatja az agy egyik verőérében kialakuló vérrög (trombózis), vagy olyan vérrög is, amely a test valamely más részén alakul ki. A vérrög a vérárammal kerül az agyba (embólia), ahol elzár egy kisebb ereket, így a vér nem jut el a megfelelő agyterülethez és kialakul a stroke. Az összes stroke-eset kb. 80%-át ez a típus adja.

A stroke másik formája a **vérzéses stroke** (agyvérzés), amely akkor alakul ki, ha az agyban vagy az agy körül megreped egy ér, és vér szivárog az agyba/agyra (Komoly és Palkovits, 2010).

A stroke egyik fő befolyásoló tényezője az életkor (Komoly és Palkovits, 2010). Az agyérbetegségek túlnyomórészt az öregkor betegségei, negyötödük 65 éves kor fölött következik be (pl. Oudin, 2009, Warlow et al., 2003). Ennek magyarázata, hogy a szív rendellenességei (infarktus, ritmuszavar) és a gyakran ezek háttérében álló érszűkület, illetve érelmeszesedés az életkor előrehaladtával egyre gyakoribb. Emellett a szervezet érfalai egyre megvastagodnak és csökken rugalmasságuk, a vér sűrűsége is megnövekszik, a szív mérete pedig csökken (Obál, 1986; Komoly és Palkovits, 2010). A bekövetkező változások többnyire a vérnyomás emelkedéséhez vezetnek, illetve az erek sérülékenyebbé válnak. A férfiak esetében 40, nők esetén 50 éves kor fölött kell megnövekedett rizikóval számolni. A stroke-események abszolút számát tekintve 70 éves korig a férfiak túlsúlya tapasztalható, ezt követően a nők magasabb várható életkora miatt az ő oldalukra billen a mérleg (Oudin 2009, Warlow et al., 2003). Ezért humán-biometeorológiai vizsgálatokban, melyek a szív- és érrendszeri kapcsolatot elemzik, általában idősebb betegekre vonatkozó statisztikákkal találkozhatunk. A stroke esetén azt mondhatjuk, hogy a 65 éves kor a

választó határ (pl. Lim et al., 2012, Villeneuve et al., 2006, Wellenius et al., 2005).

Az agyvérzés létrejötte azon emberek esetében a legvalószínűbb, akik érelmeszesedéstől és magas vérnyomástól egyaránt szenvednek (Warlow et al., 2003; Oudin, 2009; Villeneuve et al., 2006). További rizikó faktort jelent a cukorbetegség, a zsírsanyagcsere-zavar és a dohányzás. Különösen a magas vérnyomás veszélyes, ez jelenti a legnagyobb fenyegetettséget (pl. O'Donnell et al., 2011, Johnson et al., 2011, Komoly és Palkovits, 2010). A kockázati tényezők nagyobbik része az egyéneken múlik, hiszen ezek elkerülésével drasztikusan csökkenthető lenne a szélütések száma. Megfigyeléses vizsgálatok rámutattak, hogy a dohányzás az iszkémiás stroke kialakulásának független rizikófaktora mindkét nem esetén (Wellenius et al., 2012, Johnson et al., 2011, O'Donnell et al., 2011). Azok, akik a dohányzásról leszoknak, 50%-kal csökkentik ezt a kockázatot (Gajdácsai és Csilek, 2011). A mértéktelen alkoholfogyasztás, a fizikai aktivitás hiánya, az egészségtelen étrend, illetve az elhízás, a kezeletlen magas vérnyomás és cukorbetegség mind befolyásoló kockázati tényező (pl. Feigin, 2005, Oudin, 2009). A helyes életmód mellett nagyon fontos lenne a rendszeres vérnyomás-, vércukor- és vérzsírszint ellenőrzés (Komoly és Palkovits, 2010).

A kórházon belül a páciens a kifejezetten stroke-betegek ellátására specializálódott osztályra kell, hogy kerüljön (Snell, 2006, Komoly és Palkovits, 2010). Ideális esetben a kezelés mindig egyénre szabott, hiszen minden esetnek más a kórelőzménye. A stroke okának kezelése csak a tünetek jelentkezése utáni első 3 órában, az ún. terápiás időszakon belül lehetséges (Marler et al., 2011). Magyarországon az időablakot 4,5 órára terjesztették ki az utóbbi évben (Komoly és Palkovits, 2010). Kizárólag a betegek gyors ellátása csökkentheti jelentősen a halálozást, illetve a maradandó károsodást okozó állapotok súlyosságát és számát. Sajnos a gyakorlatban a betegek nagy része a terápiás időszakon belül be sem érkezik a kórházba (Lokken et al. 2009, Komoly és Palkovits, 2010). Ezért a stroke a harmadik leggyakoribb – a szívinfarktus és a rák után – halálhoz vezető rendellenesség a világon. (Oudin, 2009, Warlow et al., 2003) Magyarországon évente 40-45 ezer új stroke-os eset fordul elő (Komoly és Palkovits, 2010). Meg kell jegyezni, hogy a betegek egy részét egyéb tényezők, pl. eleséskor történt sérülés, vagy fennálló betegség miatt nem is lehet kezelésben részesíteni.

2.2 A stroke kapcsolata egyes környezeti tényezőkkel

Időbeli trendek

A betegfelvételi statisztikák alapján különböző szezonális illetve időszakos változásokat figyelhetünk meg.

Az iszkémiás stroke szezonális változása téli (Tsementzis et al., 1991, Wang et al., 2002, Klimaszewska et al., 2007, Anderson et al., 2004), esetenként tavaszi (Wang et al., 2002, Anderson et al., 2004) maximumot mutat mindkét nem esetén. Késő nyáron jellemzően alacsonyabb a stroke-os rohamok száma (Tsementzis et al. 1991, Anderson et al. 2004). A vérzéses típusú stroke-os esetek előfordulása sokkal ritkább, de az is mutat egy, az iszkémiás stroke-nál kisebb mértékű évszakos változást (Tsementzis et al., 1991, Anderson et al., 2004).

Heti változás tekintetében megfigyelhető, hogy hétköznap nagyobb a stroke-halandóság, mint hétvégén (Wang et al., 2002, Anderson et al., 2004). Egy japán kutatásban (Wang et al., 2002) hétfőre, a hét első munkanapjára esett a legnagyobb számú betegfelvétel. Akinek hétfőn volt stroke-ja, hajlamosabb volt a dohányzásra, mértéktelen alkoholfogyasztásra, túl sok munka (és felelősség) vállalására és magas vérnyomásra. Willich et al. (1994) szerint a külső tényezők, mint például a hirtelen pszichikai és mentális váltás a hétvége és a munkanapok között, idézhették elő az agy-érkatasztrófás esetszámok növekedését. Másrésről a gépkocsi-forgalom újbóli beindulása következtében megnövekedett szennyező-anyag tartalom is felelős lehet (Mayer, 1999).

Egy új-zélandi (Anderson et al., 2004) és egy indiai (Dubey et al., 2011) kutatás is vizsgálta a napon belüli stroke-rohamok előfordulását, és eredményeik megegyeztek abban, hogy késő reggel, 6 és 12 óra között volt a legtöbb – korra és nemre való tekintet nélkül. Ennek egyik oka lehet, hogy a reggeli ébredést követően az ember hirtelen megkezd az adott nap feladatainak elvégzését, aminek következtében a test hirtelen drámai vérnyomás-, hőmérséklet és pulzusemelkedést él át az alvóállapotbelihez képest. Ez a megrázkódtatás megterheli a rendszert, és nagy feszültséget kelt az esetlegesen gyenge érfalakban (Wang et al. 2002). A másik tényezőként a reggeli közlekedés beindulására következtettek. Például a NO_x-kibocsátás egyik napi maximuma Magyarországon reggel 7 és 9 között van (Tótván, 2011).

Időjárási paraméterek szerinti változás

Hőmérséklet

A stroke-os esetek számának és hőmérséklet változásának kapcsolatát több tanulmány is megerősítette. Az ember vérnyomása télen – a hideg miatt – általában magasabb, mint a nyári időszakban. Az alacsony hőmérséklet hatására az erek összehúzódnak, így nagyobb nyomásra van szükség ahhoz, hogy a szív keringesse a vért az érhálózaton, a vérnyomás tehát emelkedik. A téli időszak szezonális vérnyomás-emelkedéséhez a csökkentett fizikai aktivitás és a súlygyarapodás is hozzájárulhat. Melegben a fenti folyamat fordítottja történik, vagyis az erek kitágulnak, így kisebb nyomás is elegendő az adott vérmennyiség keringetéséhez, ezért a vérnyomás csökken. Azonban a helyzet összetettségéhez az is hozzátartozik, hogy a szervezet számára télen nem áll rendelkezésre annyi D-vitamin, mint nyáron (a napsugárzásból kifolyólag). Az idősebbek, különösen a nyugdíjas otthonok lakói általában D-vitamin hiányban szenvednek, ami okozhat magas vérnyomást. (Li et al., 2004)

Egy svéd (Oudin et al., 2010) 4 éves vizsgálatban – ahol mindkét jellemző stroke-fajtát nézték – azt állapították meg, hogy a hideg évszakban több a stroke, mint a melegben mindkét típusú stroke előfordulás gyakorisága csökken. Egy dél-koreai tanulmány tovább megy ennél, és a napi középhőmérsékleteket vizsgálva arra a megállapításra jut, hogy egy bizonyos küszöb-hőmérsékletig (kb. 24°C) mindkét típusú stroke előfordulás gyakorisága csökken. Azonban ezt a küszöbszámot meghaladva az iszkémiás stroke-rohamok száma szignifikánsan (5%-kal) megnövekszik, kortól és nemtől függetlenül (Lim et al., 2012). Ez arra enged következtetni, hogy az agyban található vérerek kitágulnak egy bizonyos hőmérsékleti határérték felett, így nem jut az agy elegendő vérhez. A vérzéses stroke csökkenése egyértelműen magyarázható az erek tágulásával, hiszen így kevésbé tud megrepedni az érfal.

Relatív nedvesség és napsütéses órák száma

A nemzetközi irodalomban kevés olyan tanulmány található, melyben a hőmérséklet mellett további meteorológiai paraméterek közti összefüggést vizsgálnak a stroke előfordulására. A vérzéses stroke esetén vizsgálták (Tsementzis et al., 1991) a napsütéses órák számának és a relatív nedvesség értékeinek változását. A kutatás azt találta, hogy ha nő a napsütéses órák száma, az csökkenti a stroke kialakulásának kockázatát. Ez magyarázható a D-vitamin meglétével nyáron, és télen ennek hiányával.

Érdekes módon a páratartalom növekedésével, szintén csökken az esetszám (Tsementzis et al., 1991). Azonban - a fenti eredmények ellenére - mégsem túl erős a kapcsolat a meteorológiai változók és az agy-érkatasztófa között. A légköri szennyezőanyagokkal viszont erősebb korrelációt kapunk (Knox, 1981).

2.3 A vizsgált légköri szennyező anyagok és tulajdonságaik

A légszennyező anyagok két csoportba sorolhatók: molekulák, melyeknek kémiai tulajdonságai vannak, és a szálló por (PM), aminek meghatározásához fizikai jellemzőket használunk (pl. méret, szám).

Nitrogén-oxidok

A nitrogén-oxidok (NO_2 , NO , N_2O) 40%-a gépkocsiforgalomból származik, míg 60%-a „álló forrásokból” (pl. erőművek), a fosszilis anyagok égéséből (Mészáros, 1997, Mayer, 1999).

**1. táblázat: A szennyezőanyagok kibocsátásának ágazati megoszlása Budapesten 2002-ben (tonna).
(forrás: www.tiszta.levegő.hu)**

Ágazat	NO_x	CO	PM_{10}	SO_2
Ipar	3 344	2 620	320	1 647
Közúti közlekedés	14 448	98 227	1 854	275
Lakossági fűtés	1 418	2 608	379	625
Szolgáltatók	249	263	5	21
Légi közlekedés	883	1 266	0	39
Összesen	20 342	104 984	2 558	2 607

Az NO_2 éves menetében nyári minimum és téli maximum figyelhető meg. Nyáron a légkör átkeverő hatása miatt tapasztalható alacsonyabb koncentráció. Télen a gépkocsiforgalom mellett a fűtésből is származik jelentős mennyiségű NO_2 és NO , de ekkor a napsugarak hajlásszöge miatt alacsonyabb a talajközeli légréteg hőmérséklete, így az átkeverő hatás is sokkal kisebb (Tótván, 2011, Mayer, 1999).

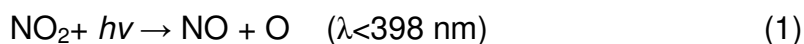
Az NO_2 napi menetében a déli, kora délutáni időszakban tapasztalható alacsonyabb koncentráció, mert a troposzférikus ózon keletkezése közben fotokémiai reakciók csökkentik az NO_2 -ot és NO mennyiségét. A legmagasabb koncentráció kora reggel, a forgalom beindulása következtében, és kora este, éjjel, a besugárzás gyengülése miatt mutatkozik (Tótván, 2011, Mayer 1999). A NO_2 talajközeli levegőben tartózkodási ideje

kb. 3 nap (Bozó et al., 2006).

A NO₂-koncentráció megnövekedése esetén felléphetnek bizonyos élettani hatások. Például köhögési inger, szédülés, a tüdő fertőzés iránti ellenállási képességének csökkenése, fokozott asztma-hajlam (www.kvvm.hu/olm). Egészségügyi határértéke (mely tartós egészségkárosodást nem okoz): 85 µg/m³ (24 órás átlag), illetve 40 µg/m³ (1 éves átlag). Tájékoztatósi határértéke (amely a lakosság egyes csoportjainál fokozott érzékenységet mutathat): 350 µg/m³ 3 egymást követő órában (www.legszenyeztes.hu).

Ózon

A troposzférikus ózon ún. másodlagos szennyező, mert az NO oxidációja (3), és az NO₂ fotolízise (1) (és az abból származó atomos oxigén egyesülése a levegő O₂-jével (2)) segíti a létrejöttét. Ehhez a folyamathoz szükség van napsugárzásra is, mert a fotonok energiája biztosítja a reakcióhoz szükséges energiát (Haszpra, 2001).



Éppen ezért déli maximuma tapasztalható azokon a területeken, ahol magas az NO_x-kibocsátás (pl. városban, vagy ipai körzetekben) (Mészáros, 1997). Az ózon napi menetének maximuma azzal magyarázható, hogy a reggeli gépkocsi-forgalom megindulásával megnövekszik az NO és NO₂ koncentrációja. A növekvő NO_x kibocsátás miatt először csökken az ózonkoncentráció, mivel ekkor még nem elég erős a besugárzás. Majd a napfény hatására gyökök képződnek, ami miatt az NO NO₂-vé alakul át. Ekkor indulhat be az ózontermelődés, mivel az NO₂ koncentráció és a napfény is elegendővé válik. Az ózonkoncentráció növekedni fog, mert kora délután a keletkezés meghaladja a fogyást. Estefelé, amikor a besugárzás csökkenni kezd, az ózon mennyisége is lecsökken. Éjszaka pedig újból a fogyás fog dominálni a felgyűlt nagy mennyiségű NO_x-jelenlét miatt (Bozó et al., 2006; Mészáros, 1997; Tótván, 2011). Az ózon éves menete ezért lakóterületen (ahol alacsonyabb a gépjárműforgalom) mindig magasabb, a városi közlekedés miatt viszont lecsökken. Éves menetében téli minimum, és nyári maximum tapasztalható a napsugárzás következtében (Bozó et al., 2006; Tótván, 2011, Mayer, 1999).

A magas ózon-tartalom irritálhatja a szemet, orr- és nyálkahártyát. Köhögést, illetve fejfájást is okozhat (www.kvvm.hu/olm). Egészségügyi határértéke 50 µg/m³ (24 órás

átlagban), illetve $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (1 éves átlagban). Tájékoztatási határértéket akkor éri el a koncentráció, ha 2 egymást követő napon $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ az ózon-koncentráció, és nem várható javulás (www.legszenyez.es.hu).

Kén-dioxid

A levegő természetes kén-dioxid-tartalma vulkáni-működésből származik, antropogén forrása az ipari folyamatok mellékterméke. Mivel a szén és kőolajszármazékok más-más mennyiségű kén összetevőt tartalmaznak, elégetésük folytán kén-dioxid keletkezik. A légköri tartózkodási ideje kb. 2 nap (Bozó et al., 2006).

A megnövekedett kén-dioxid koncentráció egészségügyi mellékhatása lehet a köhögés, illetve az asztmás rohamok – az arra érzékenyek körében (www.kvvm.hu/olm). Egészségügyi határértéke Magyarországon $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (24 órás átlag), $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (1 éves átlag). Tájékoztatási határértéke $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 3 egymást követő órában (www.legszenyez.es.hu).

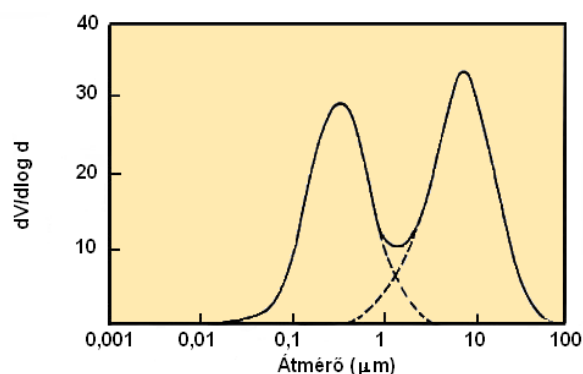
Szén-monoxid

A szén-monoxid széntartalmú (főleg szerves-) anyagok égetésével kerül a levegőbe. A motorok tökéletlen égéssel kibocsátott kipufogógázában is megtalálható ez a komponens (Mészáros, 1997). A légkörben tartózkodási ideje kb. 100 nap (Bozó et al., 2006, Mayer, 1999).

A megnövekedett szén-monoxid tartalom élettani hatásai lehetnek a szív-működési zavarok, álmatlanság, esetleg légzésbénulás (www.kvvm.hu/olm). Egészségügyi határértéke $5000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (24 órás átlagban), és $3000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (1 éves átlagban). Tájékoztatási határértéknek a $20000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -t tekintjük, ha a koncentráció 3 egymást követő órában fennáll (www.legszenyez.es.hu).

Szálló por

A szálló por (particulate matter – PM) apró szilárd vagy folyékony lebegő részecskékből áll. Két osztályba soroljuk részecske-átmérő alapján: nagyszemcsésű részecskék (10 mikrométer fölött), és belélegezhető részecskék (10 mikrométer alatt) (1. ábra). Ez utóbbit még két csoportba lehet sorolni: durva szemcsésű (2,5 és 10 mikrométer között), és finom szemcsenagyságú (0,1 és 2,5 mikrométer között). Ezt PM_{10} és $\text{PM}_{2,5}$ -tel jelöljük, amelyben az index az átmérő maximumát jelöli, és a tartomány az annál kisebb részecskéket foglalja magában (a PM_{10} tartalmazza a $\text{PM}_{2,5}$ -öt.) (Bozó et al., 2006).



1. ábra: Az aeroszol részecskék nagyság szerinti eloszlása (V - térfogat, d - átmérő) (Bozó et al., 2006).

A PM_{10} a felszín aprózódása, mállása következtében kerül a légkörbe. Ennek megfelelően ásványokat, illetve – az óceán fölött – tengerisó-részecskéket tartalmaz. Méretükből adódóan a molekulák hőmozgása nem, azonban a gravitáció annál nagyobb hatással van rájuk. Ha a gravitációs erő és a közegellenállás egyensúlyt tart egymással, akkor a részecske állandó esési sebességet ér el. Ezzel a száraz ülepedéssel kb. 1 nap a PM_{10} tartózkodási ideje.

A $PM_{2,5}$ több időt (7-10 nap) képes az atmoszférában tartózkodni, mert túl kicsi ahhoz, hogy a gravitáció hatására nagy esési sebességet érjen el, és a levegőmolekulák termikus mozgása sincs rá nagy hatással, ezért legnagyobb mértékben csapadékhullással - nedves ülepedés során - távoznak a levegőből (Bozó et al., 2006).

A porrészecskék ingerelhetik a szem- és nyálkahártyát, így a légzőszervi betegségben szenvedők állapotát súlyosbítja. Csökkentik a tüdő védekezőképességét a fertőzésekkel, mérgező anyagokkal szemben. Az egyik legkárosabb porforrás az aktív és passzív dohányzás (www.kvvm.hu/olm). Egészségügyi határértékről az $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -s (24 órás átlag), illetve $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -s (1 éves átlag) koncentrációról beszélhetünk. A tájékoztatási küszöbérték $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$, ha 2 egymást követő nap tapasztalható ez a koncentráció, illetve nem mutatkozik javulás a jövőben (www.legszenyezés.hu).

2.4 A stroke és légszennyezés kapcsolata

A stroke kialakulásának szempontjából az oxidáló hatású légszennyező anyagok az emberi szervezetben gyulladásos folyamatokat indíthatnak be, mely a véralvadás megnövekedéséhez vezethet, elősegítve a vérrögképződést. Az NO-nak továbbá értágító szerepe van, amely a stroke előfordulásának kockázatát csökkenti. A légszennyezők adott koncentrációja és a stroke-roham között főként rövid idejű kapcsolat mutatható ki (2. táblázat). Ez azzal is magyarázható, hogy a légszennyezők tartózkodási ideje is csupán pár nap, illetve az emberi szervezet is alkalmazkodó-képes (Komoly és Palkovits, 2010). Ezen belül az iszkémiás stroke-ra nagyobb statisztikus szignifikanciát lehetett kimutatni az egyes légszennyezőkkel, mint a vérzésesre (pl. Hong et al. 2002, Vidale et al. 2010). Ez utóbbi előfordulása is sokkal ritkább a gyakorlatban (pl. Villeneuve et al., 2006).

A magas NO_x -koncentráció a vizsgálatok nagy részében gyors reakciót okozott a stroke-rohamok gyakoriságában; egyértelmű kapcsolat volt kimutatható. Egy 4 éves időszakot elemző brit tanulmány (Maheswaran et al., 2005) csak az aznap tapasztalható magas ($57,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -t meghaladó) légszennyezettségi szintet hozta kapcsolatba a stroke-os esetek számának megnövekedésével. Az azt követő napokra már nem tudott szignifikáns kapcsolatot kimutatni. Ennek a tanulmánynak az érdekessége abban áll, hogy kimutatták, hogy egy adott koncentrációt meghaladva drasztikusan (1%-os növekedésről 30%-osra) megnövekszik a stroke-rohamok száma. Ez a határ pedig $57 \mu\text{g}/\text{m}^3$ környékén volt tapasztalható. További érdekességgént említendő, hogy a stroke-halálozást és a stroke-roham miatt felvett betegek kapcsolatát külön elemezte a magas NO_x szinttel, és ez előbbire 37%-os növekedést kapott, utóbbira pedig 13%-osat. Más tanulmányokban viszont 1 (Hong et al., 2002), illetve 2 napos (Vidale et al., 2010) késéssel kaptak maximális rizikót az iszkémiás stroke-ra. Villeneuve et al. (2006) 10 évet tekintő munkájában 3 napos átlagokat vizsgálva mutattak ki maximális kapcsolatot a NO_x magas koncentrációja és az iszkémiás és vérzéses stroke között. De itt csupán a nyári (áprilistól szeptemberig) időszakban volt szignifikáns az összefüggés. A magas NO_x koncentráció okozójaként a közlekedést nevezték meg. A másik – gépkocsi-közlekedésből kifolyólag megnövekedett – légszennyező a CO.

A magas CO-koncentráció - ugyancsak Villeneuve et al. (2006) munkája alapján - 3 napos átlagát nézve kapta a legerősebb kapcsolatot mind az iszkémiás, mind a vérzéses stroke esetén a nyári (áprilistól szeptemberig) félévben. A vérzéses típusú stroke-kal gyengébb volt a korreláció. További munkákban (Hong et al., 2002, Vidale et al., 2010,

Maheswaran et al., 2005) a megnövekedett CO-koncentráció napját követő napon kaptak maximális kapcsolatot a stroke-kal (két előbbi az iszkémiással, utóbbi a vérzéssel). Érdekes megemlíteni, hogy Maheswaran et al. (2005) szerint nem a legmagasabb CO-koncentráció mellett haltak meg, illetve kerültek be a kórházba a legtöbben! 433-455 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -es koncentráció mellett volt a legnagyobb a halandóság, de ezt a CO-szintet meghaladva már kissé csökkent a halálozás és a kórházi felvétel.

Magas SO_2 koncentrációt vizsgálva két cikkben (Hong et al., 2002, Vidale et al., 2010) mutattak 4%-os stroke-növekményt aznapra. Vidale et al., (2010) azonban további időbeli eltéréseket vizsgálva a 2. napnál állapítja meg a maximális kapcsolatot, ami ez esetben 5,8%-os stroke esetszám-növekedést jelent. Ezen adatoktól eltekintve a legtöbb irodalomban nem volt kimutatható szignifikáns kapcsolat (pl. Villeneuve et al., 2006, Wellenius et al., 2012).

Az **ózon**koncentráció hatását a stroke-esetekre még kevesebb tanulmány tudta kimutatni. Általában nem találtak szignifikáns kapcsolatot (pl. Villeneuve et al., 2006, Vidale et al., 2010). Két cikkben találtunk kapcsolatot az ózonkoncentráció és a stroke-os esetek között. Lisabeth et al. (2008) 2%-os növekedést mutatott ki a kórházi felvételekben az ózon hirtelen megemelkedésének napján, mely felvételi esetszám különbség 4%-ra emelkedett a következő napon. Hong et al. (2002) pedig a maximális szignifikáns kapcsolatot (+6%) 3 nappal a koncentrációnövekedés eltelte után jegyezte.

Összefoglalva a feldolgozott nemzetközi irodalom alapján (2. táblázat) a felsorolt légszennyező vegyületek általában aznap, illetve 1-2 nappal később vannak hatással a stroke-os esetek számának növekedésére. A legerősebb kapcsolat az NO_x -szel mutatták ki.

A szálló port tekintve a legtöbb vizsgálat egységes következtetésre jutott.

A megnövekedett mértékű PM_{10} szintre (20,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ fölött) még aznap maximális iszkémiás stroke (Hong et al., 2002, Oudin et al., 2010, Maheswaran et al., 2005) és vérzésses-stroke rizikó volt kimutatható (Hong et al., 2002). Amikor a PM_{10} szintje már 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ fölé emelkedett, akkor még aznap szinte ugyanannyi kórházi felvétel-növekmény volt tapasztalható, mint a 20,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ fölötti szintnél, de másnapra ez a kockázat még inkább megemelkedett (Oudin et al., 2010). Egy 2010-es olasz vizsgálat (Vidale et al., 2010) pedig a magas PM_{10} koncentráció folyamatos fennállása mellett aznapra 5,7%-os növekményt mutatott ki, míg 4 nap elteltével ennél nagyobb, 7,8%-os.

A 2,5 mikrométer alatti finom por koncentráció beletartozik a 10 mikrométer alattiába, azonban ezt külön is vizsgálat alá vetjük. Általánosan elmondható, hogy a $\text{PM}_{2,5}$ emelkedett szintje még aznap maximális stroke-kockázatnövekedést okozott, és az ezt

követő napokra egyre kisebb hatással bírt (O'Donnell et al., 2011), vagy egyáltalán nem volt kimutatható szignifikáns kapcsolat (Wellenius et al., 2012). Egyes tanulmányok azonban más képet mutatnak. Ilyen pl. a PM_{2,5} szint emelkedésekor a stroke-os esetszám növekedés ugyanannyi volt (Lisabeth et al., 2008) aznap, mint egy nappal később (3%) a légszennyezési szint megemelkedésének következtében. Egy további, 9 évet vizsgáló kutatás (Wellenius et al., 2012) árnyalja a képet, és a 12-14 órával a koncentrációemelkedés után mutat ki maximális szignifikáns kapcsolatot, miközben a PM_{2,5} értéke magas, 15 és 50 µg/m³ között van. Általánosságban azt mutatták ki, hogy 6 µg/m³-enkénti szintemelkedéssel nő a rizikó 11%-kal, ami közel lineáris kapcsolatot feltételez.

2. táblázat: A stroke és légszennyezés közti kapcsolatot jellemző források összefoglaló táblázata (I - iszkémiás, V - vérzéses).

NO _x					források
aznap	1 nap	2 nap	3 nap	4 nap	
I					Maheswaran et al. 2005
I					Wellenius et al. 2012
	I				Hong et al. 2002
I,V					Villeneuve et al. 2006
		I			Vidale et al. 2010

SO ₂					
aznap	1 nap	2 nap	3 nap	4 nap	
I					Hong et al. 2002
		I			Vidale et al. 2010

CO					
aznap	1 nap	2 nap	3 nap	4 nap	
	I				Hong et al. 2002
	I				Vidale et al. 2010
I					Maheswaran et al. 2005
I					Villeneuve et al. 2006
	V				Villeneuve et al. 2006

O ₃					
aznap	1 nap	2 nap	3 nap	4 nap	
			I		Hong et al. 2002
I					Lisabeth et al. 2008

PM ₁₀					
aznap	1 nap	2 nap	3 nap	4 nap	
I					Hong et al. 2002
	I				Oudin et al. 2010
I					Maheswaran et al. 2005
				I	Vidale et al. 2010

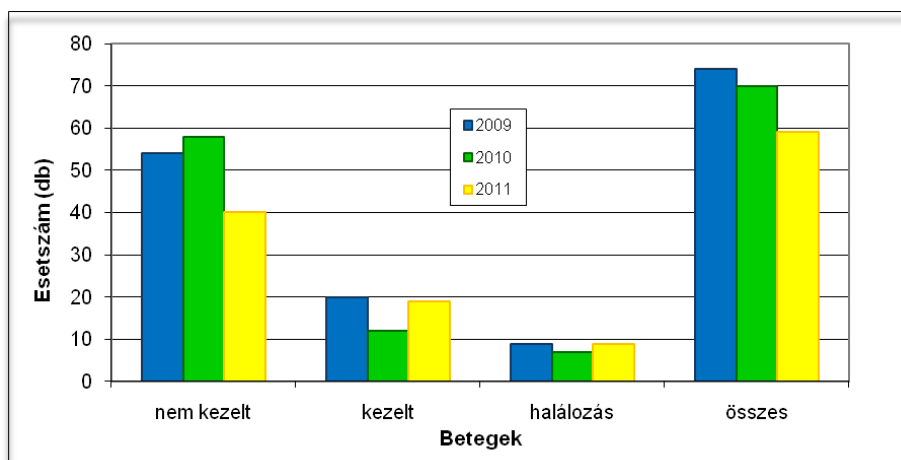
PM _{2,5}					
aznap	1 nap	2 nap	3 nap	4 nap	
I					O'Donnell et al. 2011
I					Lisabeth et al. 2008
I					Wellenius et al. 2012

3. Adatok

3.1 Betegstatisztika

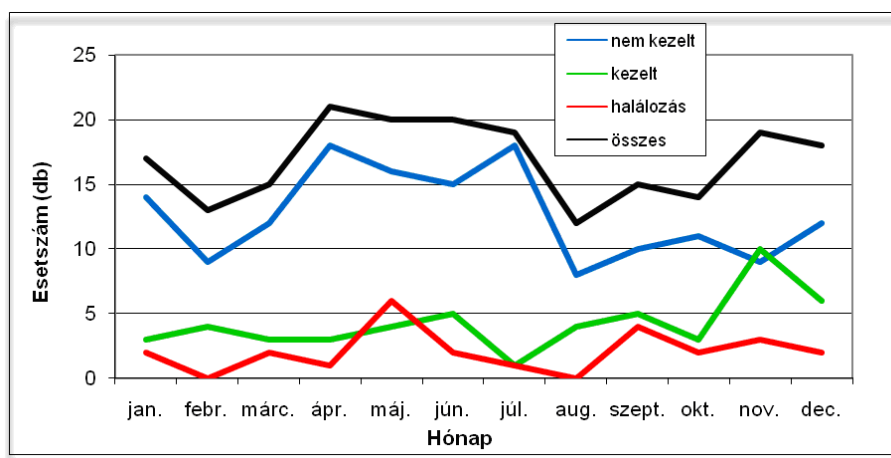
Hazánkban trombolízis-kezelést mindössze 10-15 centrum végez rutinszerűen. Nemzetközi szinten csak az iszkémiás stroke-betegek 5-10%-a részesülhet ebben a kezelésben. Ennek sokszor az a magyarázata, hogy a betegek nem érkeznek be időben a centrumokba (Komoly és Palkovits, 2010), vagy a sérülések és fennálló egyéb betegségek miatt nem kezelhetők.

A budapesti Szent János Kórház Stroke Centrumába 2009 és 2011 között felvett iszkémiás stroke-os betegek adatait (2. ábra) elemezve több megállapításra juthatunk. A 203 stroke-rohamot kapott betegből csupán 51 részesült trombolízis-kezelésben. A trombolízis abból áll, hogy a trombózt (vagyis a vérrög-képződést) műtéti eszközökkel igyekeznek feloldani. Azonban a beavatkozás nagy felkészültséget igényel a kórház részéről mind emberi, mind eszközök szintjén. A kezelésben részesíthetők kijelölését szigorú szabályok mentén végzik, hogy minden esetenél egyértelműen megállapítható legyen, mely betegeken lehet elvégezni a kezelést, melyeken nem. A vizsgált időszakban (2009-2011) a stroke esettől számított 3 órán belül felvett személyeken végezhették el a beavatkozást, 2012-ben a kivárási időt 4,5 órára emelték. A trombolízis-kezelés annál hatékonyabb, minél hamarabb alkalmazzák (Komoly és Palkovits, 2010). A 203 betegből 25 halálozott el, mely csoportnak fele részesült kezelésben, fele nem. A három év folyamán a betegek száma kismértékben csökkent, de a kezelt betegek száma jelentősen nem változott.



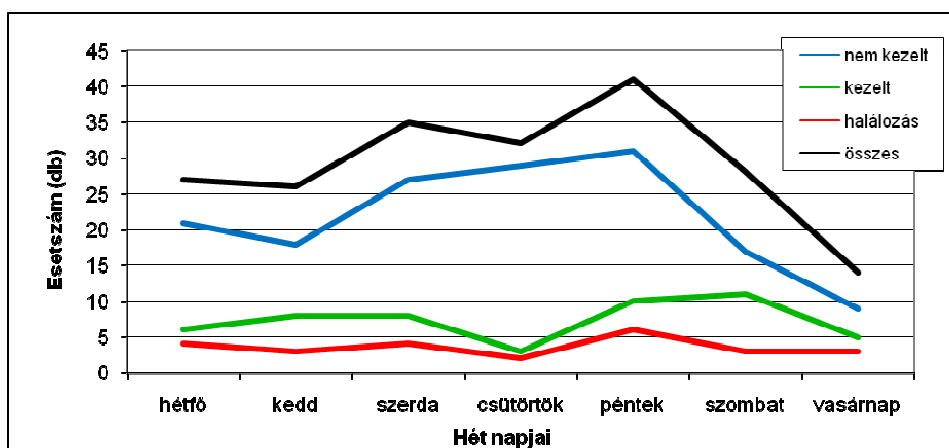
2. ábra: A vizsgált időszakban (2009-2011) előfordult betegek száma

A 3 év adatából arra a megállapításra juthatunk, hogy az esetszámok évi eloszlása (3. ábra) nem tükrözi a nemzetközi szakirodalom tapasztalatait. Ez esetleg betudható a rövid vizsgálati időszaknak. A kezelésben nem részesültek esetén áprilistól júliusig tapasztalható maximális kórházi-felvételsszám (15-18 eset/hónap), míg a kezelt betegek esetében november-december környékén történt a legtöbb beavatkozás (6-10 beteg/hónap). A nemzetközi szakirodalomban a gyakorisági értékek maximuma téli vagy kora tavaszi időszakban jelentkezik (pl. Tsementzis et al., 1991; Klimaszewska et al., 2007, Wang et al., 2002).



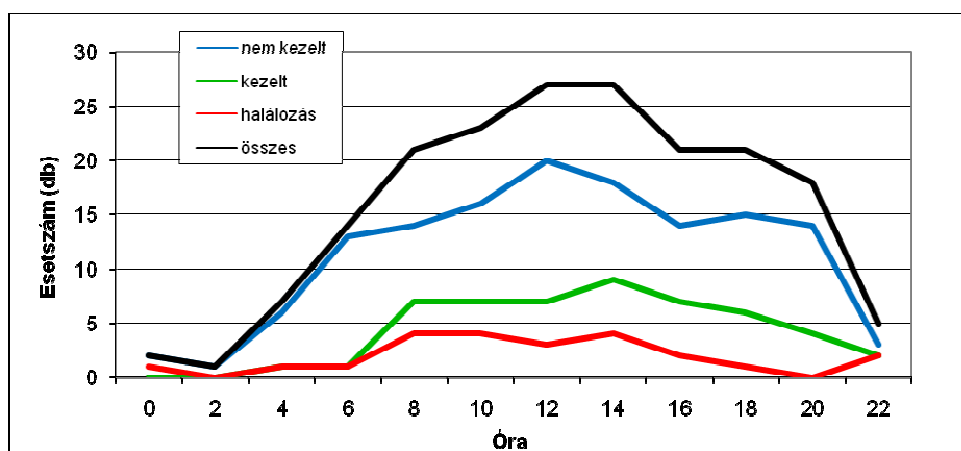
3. ábra: A betegek számának havi változása (2009-2011)

Ha a héten belüli gyakoriságokat tekintjük (4. ábra), úgy a nem-kezelteknél szerdától péntekig tapasztalható nagyobb esetszám (27-31 beteg), pénteki maximummal, a minimum pedig hétfőn van (vasárnap: 9 fő). A kezelésben részesített betegek heti eloszlása hasonló ehhez, annyi különbséggel, hogy pénteken és szombaton tapasztalható kiugró érték (10-11 eset). Ez átlagosan csupán 5-tel több beteget jelent a hét többi napjához képest (a 3 év adatai alapján). A hétvége és hétköznapi arányai megegyeznek más vizsgálatokkal (Wang et al., 2002, Anderson et al., 2004), azonban az ő elemzéseikben a hétköznapi maximum, a hét elején volt megfigyelhető.



4. ábra: A betegek számának heti alakulása (2009-2011)

A napi eloszlás (5. ábra) tulajdonképpen az ébrenléttel és a munkában eltöltött idővel lehet összefüggésben. Napközben a déli, illetve a kora délutáni időszakban tapasztalható a legtöbb felvétel mind a kezelt, mind a nem kezelt betegekénél, viszont minimális értékeket találunk éjjel és hajnali 3 óra között (3 év alatt egyszer sem részesítettek kezelésben beteget éjjel 12 és 3 óra között, igaz, ekkor a felvettek száma is a legkevesebb volt – 1-2 fő.). Ettől némiképp eltérő adatokat találunk Anderson et al., (2004) és Dubey et al. (2011) munkáiban, ahol a betegfelvétel szám a délelőtti órákban tetőzött.



5. ábra: A betegek számának nap alakulása (2009-2011)

3.2 A légszennyezettségi mérőhálózat

Magyarországon a Regionális Imisszió Vizsgáló (RIV) Hálózatot 1974-ban alapították – ma Országos Légszennyezettségi Mérőhálózat (OLM) a neve –, mely az évek során folyamatosan bővült. Az OLM jelenleg a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium (KVVM) felügyelete alá tartozik. Mai feladata a mintavételezés, vizsgálatok végzése, eredmények ellenőrzése, illetve rendszeres értékelések készítése. Működésének feltételeit az állam biztosítja, a mérőpontok kijelölését pedig a KVVM végzi. Területi lefedettsége 10 zónára terjed ki, illetve 11 kiemelt városra (köztük Budapestre is). A mérőpontok elhelyezésénél a lakosságszámot, általános levegőszennyezettséget, illetve a terjedési viszonyokat vették figyelembe. Méréseket a következő komponensekre végeznek: kén-dioxid, nitrogén-dioxid, szén-monoxid, ózon, szálló por (PM_{10} , $PM_{2,5}$) és VOC (illékony szerves vegyületek). Vidéki és városi háttérszennyezés mérést is vizsgál az OLM. Az ipari szennyezés mérésénél a cél az emberi egészség védelme, ezért azt a kibocsátáshoz legközelebbi területen végzik. A közlekedés szennyezési monitorozást is az előbb említett célból, a legmagasabb koncentrációjú helyekre készítik.

A mérések lebonyolításához többfajta gázelemző készüléket alkalmaznak. Ilyen például a többkomponensű infravörös fotométer, mely ipari füstgázok (pl. CO, NO, SO₂, CO₂ stb.) komponenseinek folyamatos mérésére szolgál. Pormonitor is segíti az elemzést, mely 2,5 és 10 µm-es frakció mérését biztosítja. Különböző gázelemzők is megtalálhatók a Hálózatban. Ilyen a környezeti kén-dioxid gázelemző, környezeti ózon gázelemző, környezeti nitrogén-oxid (NO, NO₂, NO_x) gázelemző és Környezeti szén-monoxid gázelemző, melyek a környező levegő adott komponens tartalmának meghatározását és kibocsátását hivatott mérni (www.kvvm.hu/olm).

A KVVM honlapján (www.kvvm.hu/olm) a mérőállomások órási adatai szabadon rendelkezésre állnak, melyekből a vizsgált 3 éves időszakra, két állomásra készítettem elemzést. Az egyik a pestszentlőrinci Marcell György Obszervatórium, mely Budapest kevésbé beépített részén található főként lakóépületek övezik. A másik mérőállomás a Széna téren található az I., II. és XII. kerület határán, Budapest nagy forgalmú terei közé sorolható. A Szent János kórházba hivatalosan a XII. kerületi és a környező agglomeráció települései közül a P, T, S kezdőbetűjű helységekből szállítják ide a betegeket, de a Stroke Centrumba Buda jelentős részéről (esetenként a Pesti oldalról) érkeznek betegek. Ezért vettük e két eltérő adottsággal rendelkező állomás légszennyezettségi adatait.

3.3 Légszennyező anyagok koncentrációja a vizsgált időszakban

A **nitrogén-dioxid** (6a. ábra) koncentrációja tavasszal és nyáron alacsonyabb (pl. júniusban Széna tér: kb. $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Lőrinc: kb. $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$), míg ősszel és télen magasabb (pl. novemberben Széna tér: kb. $62 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Lőrinc: kb. $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$) mindkét állomás esetében. Ez a besugárzás miatti konvektív határréteg vastagságával állhat összefüggésben, hiszen télen vékonyabb ez a réteg – a besugárzás gyengébb – így a koncentráció magasabbá válik. Nyáron e folyamat fordítottja tapasztalható. Egy másik magyarázat lehet, hogy a városi lakosság általában nyáron elutazik, így kevesebb jármű szennyezi a levegőt.

A **szén-monoxid** (6b. ábra) éves változása is hasonlóan tekinthető. A két állomás közül itt is a Széna téren tapasztalunk magasabb légszennyezési értékeket, a külvárosi légszennyezés csak novemberben haladja meg a forgalmas területét (kb. $170 \mu\text{g}/\text{m}^3$ különbséggel). Júniusban a Széna téren átlagosan $460 \mu\text{g}/\text{m}^3$ mérhető, míg Lőrincen csak $360 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Januárban mindkét állomáson magas, kb. $900 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -es légszennyezési érték jellemző. Ennek az lehet a magyarázata, hogy a szén-monoxid elsődleges forrása a téli fűtés (1. táblázat).

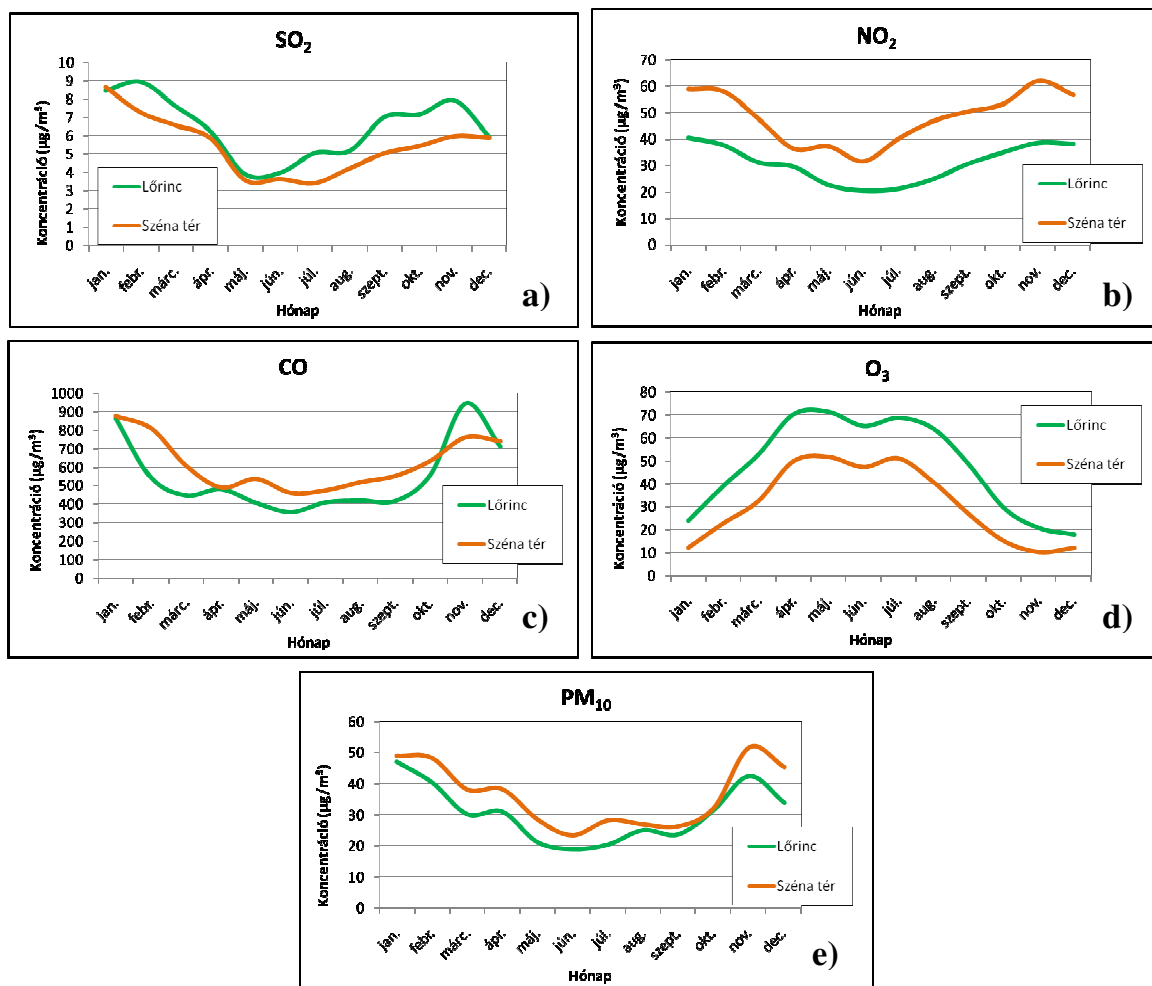
A **kén-dioxid** (6c. ábra) abban különbözik az előbbi szennyezőktől, hogy a Lőrinci értékek mindig magasabbak az év folyamán, mint a belvárosiak. Májusban $3\text{-}4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, míg januárban $8\text{-}9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ környékén van a légszennyezés mértéke. Ez azért lehetséges, mert a SO_2 elsődleges forrása az ipar, míg a fűtés csak a másodlagos forrása. Az ipari termelés általában a külvárosi régiókban zajlik. A külterületi magasabb SO_2 koncentrációnak másik oka a fűtés. Míg a belvárosban általában távfűtést használnak, addig a külvárosi régióban a gázfűtés mellett jelentős mértékben hagyományos fa- és széntüzelés működik. Ezért lehetséges az is, hogy a CO-nál magasabb értéket kaptunk Lőrincnél novemberben, és a Széna térivel megegyezőt januárban. Sőt, téli hideg légpárna időszakban az ország egész területén magas légszennyezési értéket kapunk, mert a fűtés miatt a levegőbe bekerült szennyezőanyagok nem tudnak keveredés útján távozni.

Az **ózon** (6d. ábra) koncentrációja épp ellentétes változást mutat az előbbi szennyezőanyagokkal: tavaszi elsődleges és nyári másodlagos maximum (márciusban Széna tér: kb. $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Lőrinc: kb. $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$) és késő őszi minimum (novemberben Széna tér: kb. $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Lőrinc: kb. $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) jellemző. Ez kiválóan mutatja a NO_2 -dal való ellentétes változást, hiszen a troposzférikus ózon kialakulásának egyik „alapanyaga” a NO_2 .

A **szálló por** (PM_{10}) (6e. ábra) koncentrációja egyértelmű nyári minimummal

(júniusban $20\text{--}25\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$), és téli maximummal (januárban kb. $50\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$) rendelkezik, ami szintén a közlekedésre vezethető vissza.

Összességében tehát elmondható, hogy az SO_2 , NO_2 , CO és PM_{10} koncentrációjának minimuma május - júliusban tapasztalható, a maximum november - február körül. Az O_3 -tartalom épp ezzel ellentétesen viselkedik. Ennek magyarázata a fejezet elején említett kémiai és szociális jelenség.



6. ábra: Az a) SO_2 , b) NO_2 , c) CO , d) O_3 és e) PM_{10} koncentrációjának [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] átlagos évi menete a vizsgált időszakban

Az óras koncentráció-változásokat szemléltető ábrán (7. ábra) is egyértelműen kirajzolódik, hogy télen a legmagasabb a légszennyező gázok koncentrációja (kivéve az ózont).

Az SO₂-nél (7a. ábra) az ipari termelés és a fűtés következtében télen látjuk a maximumot, mely közel kétszerese a nyáriénak. Télen 13-14 óra felé maximális a koncentráció, ekkor átlagosan 9 µg/m³-t mérnek. Mindkét állomáson mért koncentráció nagyjából együtt változik a nap folyamán, Lőrinc értékei egy kicsit magasabbak (0,2 µg/m³-vel). Hajnali 4-5 óra felé mérik a minimumot, kb. 7 µg/m³-t. Nyáron alig változik a levegő kén-dioxid tartalma, általában 4 µg/m³ körül mozog. Ősszel (a novemberi maximum miatt) figyelhető meg a legnagyobb különbség a két állomás mérései között. A kora délután 1,5, este pedig 2-3 µg/m³ az eltérés, mely jól mutatja a fűtésből származó szennyezőanyagok túlsúlyát a külvárosban.

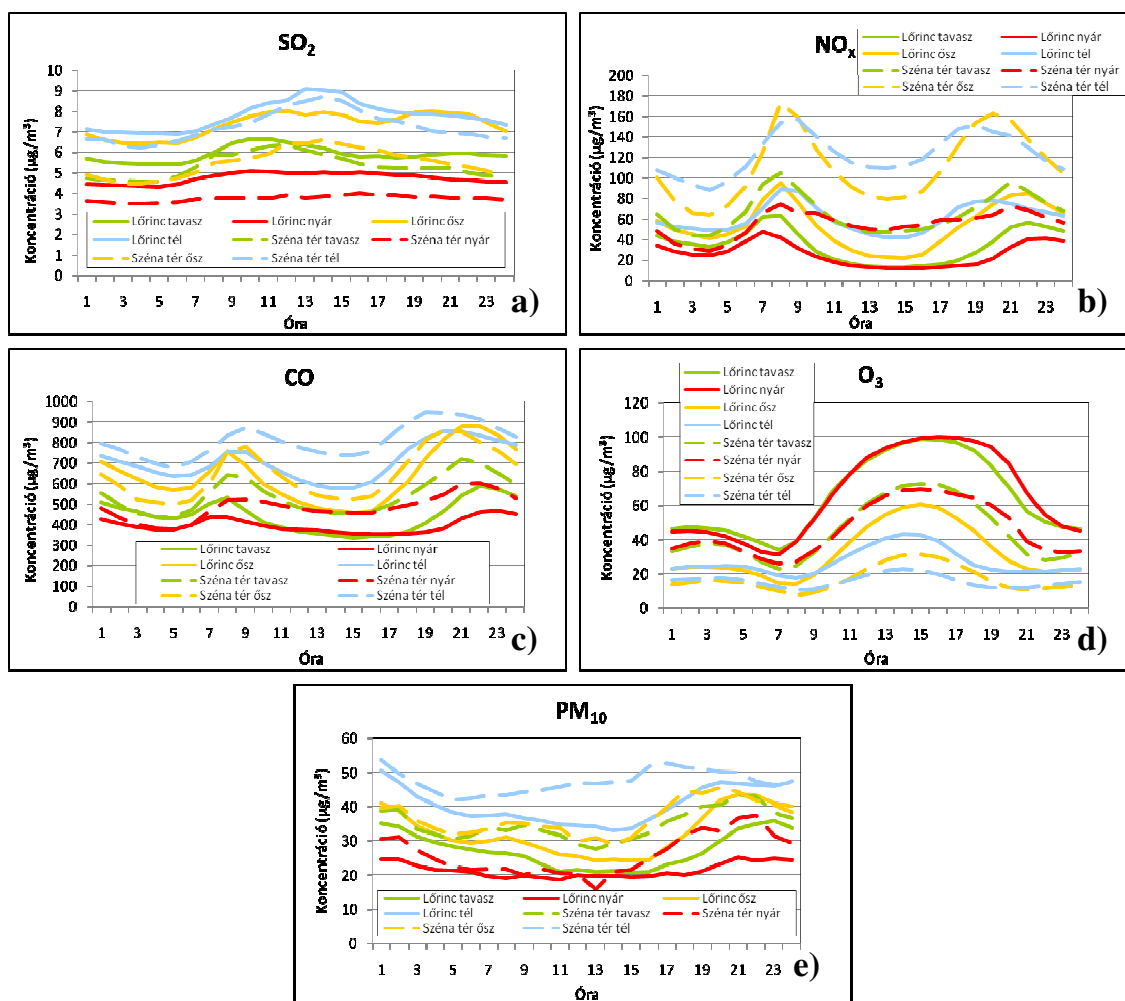
Az SO₂-vel ellentétben a NO_x-nál (7b. ábra) minden évszakban különbség mutatkozik a két állomás között – főleg télen és ősszel (45-60 µg/m³). Mivel a közlekedés a NO_x elsődleges forrása, ezért érthető, hogy 2 maximum mutatkozik minden évszakban. Az első rendre 8 órakor mérhető, télen 160 µg/m³ maximummal a Széna téren. (A NO_x reggeli maximum után tapasztalható szembetűnő hirtelen lecsökkenése az ózonná alakulás miatt van.) A második maximum télen 18 órakor figyelhető meg a Széna téren (150 µg/m³-al), míg nyáron 23 órakor Lőrinc esetében (40 µg/m³). Nyáron – főleg Lőrincen – sokkal kisebb a nap közbeni koncentráció-változás.

A CO-nél (7c. ábra) szintén 8 órakor – a forgalom beindulásával – figyelhető meg az elsődleges maximum minden évszakban. A másodlagos maximum télen például 950 µg/m³-t vesz fel a Széna téren (18 órakor), míg nyáron csupán 500 µg/m³-t (22 órakor). Azért lehetséges, hogy a második maximumban ilyen eltolódás van időben, mert keveredési határréteg nyáron még vastagabb 18 órakor, mint télen ugyanakkor (tovább tart a besugárzás nyáron). Így az emberek munka utáni közlekedése következtében felhalmozódott CO koncentráció a határréteg csökkenésével megnövekszik. Nyáron kisebb a napi menet változása: Lőrinc esetében 400, a Széna téren pedig 500 µg/m³ körül mozog a koncentráció.

Az ózon (7d. ábra) maximuma nyáron a Lőrinci állomás esetében 100, a Széna téren 70 µg/m³ 15 és 16 óra környékén található. Ugyanis a besugárzás maximuma (kb. 14 óra) után a levegőnek eddig tart az átkeverődés, és valószínűleg eddigre növekedett meg leginkább a NO_x koncentráció mértéke (amely az ózon keletkezéséhez szükséges).. A minimum napkelte előtt, 6-7 órakor figyelhető meg 30 µg/m³ körüli koncentrációval

mindkét állomás esetén. Télen a gyenge napsugárzás következtében alig tapasztalható változás a nap folyamán, ekkor egy kisebb mértékű maximum mutatkozik 14-15 órakor (Lőrincnél 40, Széna téren 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Egy másik szennyezőanyag, melynek elsődleges forrása a közlekedés, a PM_{10} (7e. ábra). Ennek megfelelően érthető, hogy télen a Széna téren mérik a koncentráció maximumát, kb. 52 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -t. A két állomáson mért koncentrációk nagyjából azonos mértékben változnak, igaz, télen max. 140 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ koncentráció különbség mutatkozik a Széna tér javára. A nap folyamán itt nem láthatunk markáns menetet.



7. ábra: Az a) SO_2 , b) NO_x , c) CO, d) O_3 és e) PM_{10} koncentrációjának napi menete.

3.4 Makroszinoptikus cirkuláció

A nagyterségi időjárási helyzetek elemzésére két elterjedt módszer van hazánkban. Az egyik a Hess-Brezowsky - féle (1952) osztályozás, amit széles körben alkalmaznak Közép-Európára vonatkoztatva. Ezen belül többféle csoportosítás lehetséges: áramlási főirányok, cirkulációs jelleg, ciklonális/anticiklonális áramlás dominanciája, illetve az utóbbi kettő ötvöztetésével készült. A legegyszerűbb, cirkulációs jelleg szerinti osztályozás alapján 3 csoportot különböztethetünk meg: zonális (nyugati áramlás), meridionális (délnyugati, északnyugati áramlás, Közép-Európa felett anticiklon, illetve ciklon) és kevert (északi, északkeleti, keleti, délkeleti, déli áramlás) cirkulációt (Pongrácz, 2003). Ezt a fajta besorolást a Német Meteorológiai Szolgálat automatizált rendszerrel végzi; honlapjukon az adatsor naponta frissítve szabadon hozzáférhető (www.dwd.de/GWL).

A másik, Magyarországra vonatkozó makroszinoptikus osztályozás a Péczely-típusú. Ez a Kárpát-medence sajátos klimatológiai és földrajzi adottságait is beleszámítja az időjárási helyzet elemzésébe. Érdekessége az, hogy Péczely eredetileg a budapesti légszennyezési viszonyokra alapozta módszerét (1959) (Pongrácz, 2003; Tótván, 2011). A módszer 13 típust különböztet meg, ebből 6 ciklonális. Az osztályozást Magyarországon egyetlen személy Károssy Csaba végzi. A legfrissebb kódok a jelenlegi tanulmányt írva még nem érkeztek meg, 2010. november 23.-ig állnak rendelkezésünkre adatok.

Az elemzéshez felhasználtam továbbá az Országos Meteorológiai Szolgálattól (OMSZ) kapott frontkódokat. A kódokkal több különböző időjárási helyzetet különböztethető meg. Ezek fő típusai következők: 1. nincs front, 2. stabil melegfronti (melegfront előoldal), 3. labilis melegfronti, 4. labilis hidegfronti, 5. stabilis hidegfronti (hidegfront hátoldal). Ezen kívül két számmal jelölik azokat a napokat, amelyeken egyszerre több hatás is érvényesült (pl. 3,4 jelentése: kettős fronthatás), így összesen 15 kategória van. A 15 kategóriát 4 fő csoportra osztottuk jellegük alapján: nincs front hatás, meleg-, hideg- és kettős fronthatás. A 3 év adatait elemezve azt látjuk, hogy egy évben átlagosan azokból a napokból van több, amikor nincs fronthatás (150), ezt követi a hidegfronti napok száma (106), majd a melegfronti napoké (70). A kettős fronthatás napjai közül van a legkevesebb (40). Tehát az év 41 %-ában nem volt front, a 59 %-ában igen.

3. táblázat: Fronthatások az év folyamán (3 év átlaga).

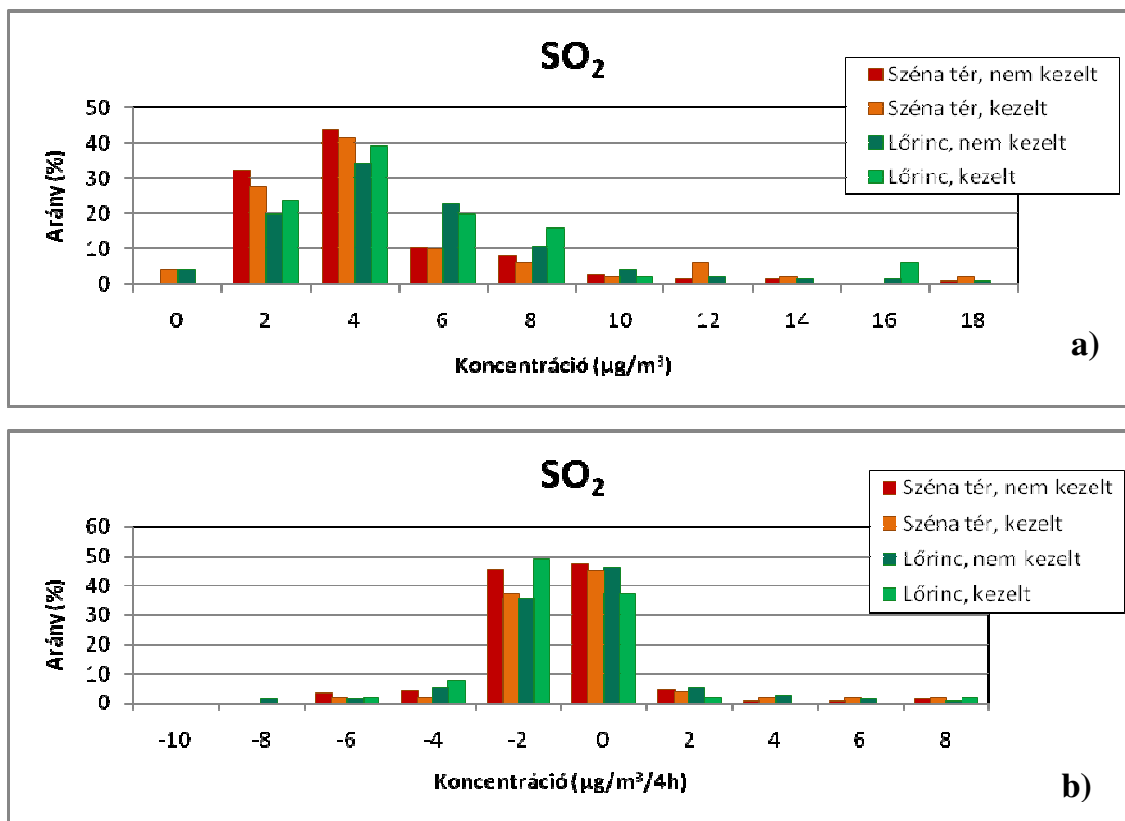
Frontok	nincs	meleg	hideg	kettős
átlag (db)/év	150	70	106	40
év %-ában (%)	41	19	29	11

4. Eredmények

4.1 A megbetegedés-gyakoriság és a légszennyezés kapcsolata

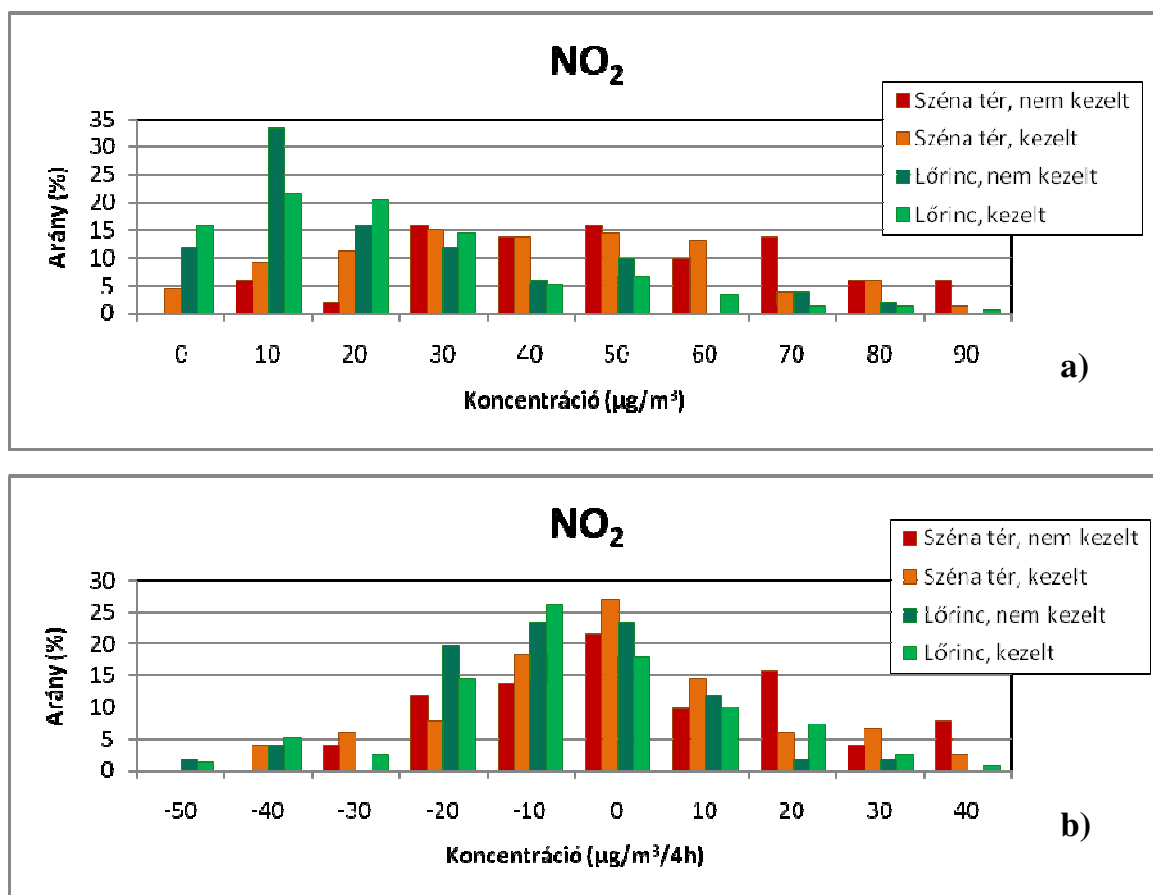
Az adott szennyezőanyag-koncentráció és az akkor tapasztalható stroke-esetszám változását vizsgálva általában arra a következtetésre juthatunk, hogy az esetek előtt 3, 4 vagy 24 órával általában kissé megnövekedett a szennyezőanyagok koncentrációja. Ugyanakkor a szélsőségesen magas koncentrációk idején nem látható kiugróan magas esetszám.

A SO_2 hatásáról kevés tanulmány tett említést, egyikük aznapi hatást, míg a másik 1-2 napos késéssel jelentkező tünetekről számolt be. Az SO_2 esetében 2 és $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ között vették fel a legtöbb beteget (8a. ábra). A Széna téri és a Lőrinci állomás adatai nagyjából együtt változnak, de utóbbinál általában a Lőrinci magasabb koncentráció miatt az eloszlás szélesebb skálán változik. A kezelt és nem kezelt betegek aránya változó. A stroke-ot megelőző 4 órában kb. $-2 - 2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -es változás volt megfigyelhető (8b. ábra). Mivel a 4 óra alatt történt változás mindkét irányban kb. azonos ilyen rövid időtartamra nem nevezhetjük kiváltó oknak. A halálozásokat megelőző 4 órában (nem ábrázoljuk) a koncentráció az esetek 60, illetve 70%-ában emelkedett.



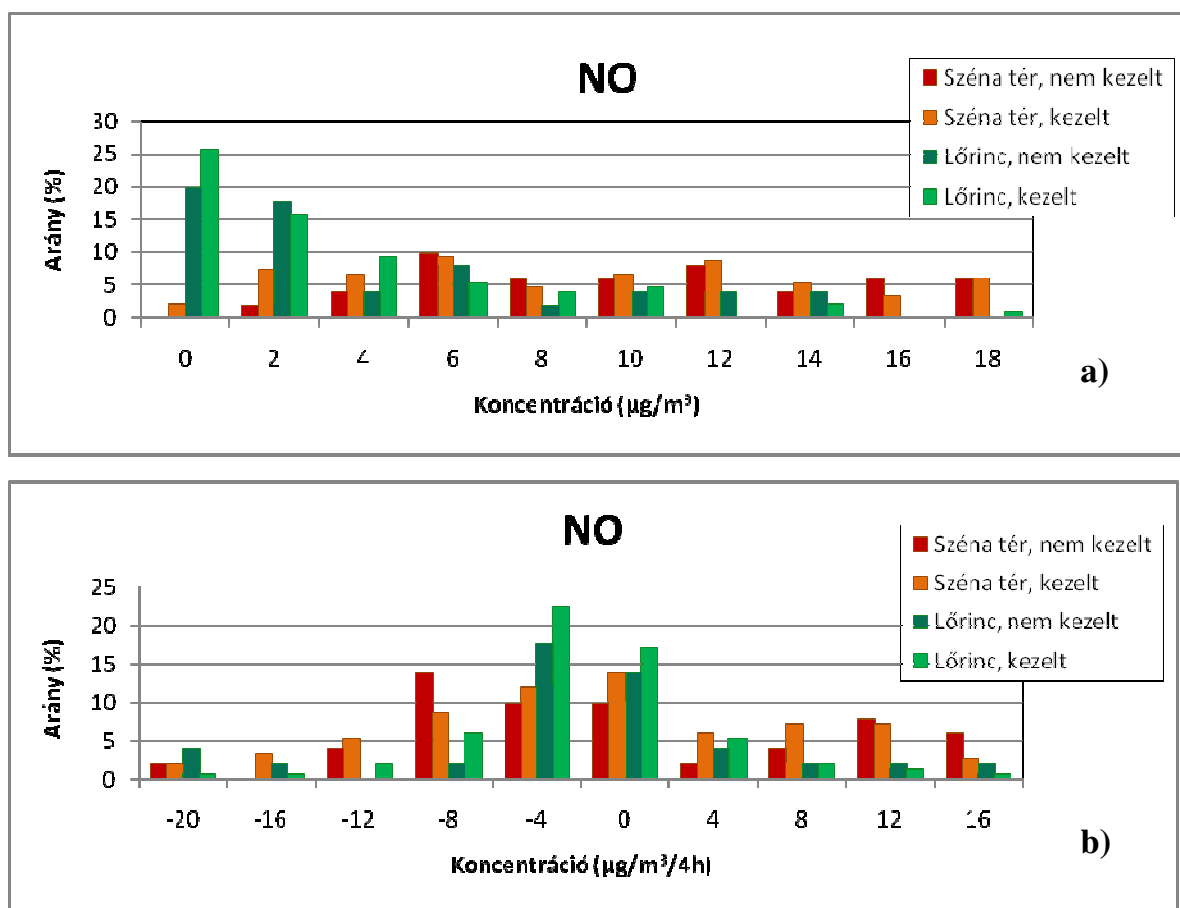
8. ábra: A beteggyakoriság alakulása a) beszállítás órájában b) a beszállítás órája és az azt megelőző 4 órával korábbi időpont között mért SO_2 koncentráció függvényében.

Az NO₂ koncentrációja a kezelésben részesült betegeknél adott órában (9a. ábra), 10-20 µg/m³-nél mutatja a maximumot a Lőrinci állomás esetében. A 6a. ábra alapján elmondható, hogy ilyen alacsony koncentrációk – az NO_x napi menetét (7b. ábra) figyelembe véve – jellemzően nyári napokon és a kora délutáni órákban fordulnak elő. A nem kezelt betegek esetén is megfigyelhető ez a maximum, de már jóval nagyobb koncentrációknál (40-80 µg/m³) is tapasztalható nagyszámú betegfelvétel az adott órában. A Széna téri állomáson nem mutatható ki kifejezett maximum, az adatok változása megközelítően konstans függvényt követ. A kezelt és nem kezelt betegek számában az intervallum két szélén figyelhető meg minimum. A 24 órával korábbi koncentrációkra hasonló eredményt kaptunk, mint az SO₂ esetén, nem volt egyértelmű pozitív vagy negatív változás. Mindkét betegcsoport esetében a 4 órával korábbi koncentrációknál (9b. ábra) nagy a koncentráció szórása (±50 µg/m³). A Széna téri mérésekkel összevetve a beteg esetszámokat azt kaptuk, hogy az összes csoportra nézve az esetek mintegy 60-65-70%-ánál (nem kezelt – kezelt – halálozás) a NO₂ koncentrációja emelkedett. A Lőrinci mérésekről ugyanez már nem mondható el, legtöbbször egyik irány változása sem meghatározó, sőt a halálozások száma, csökkenő koncentráció mellett növekedett.



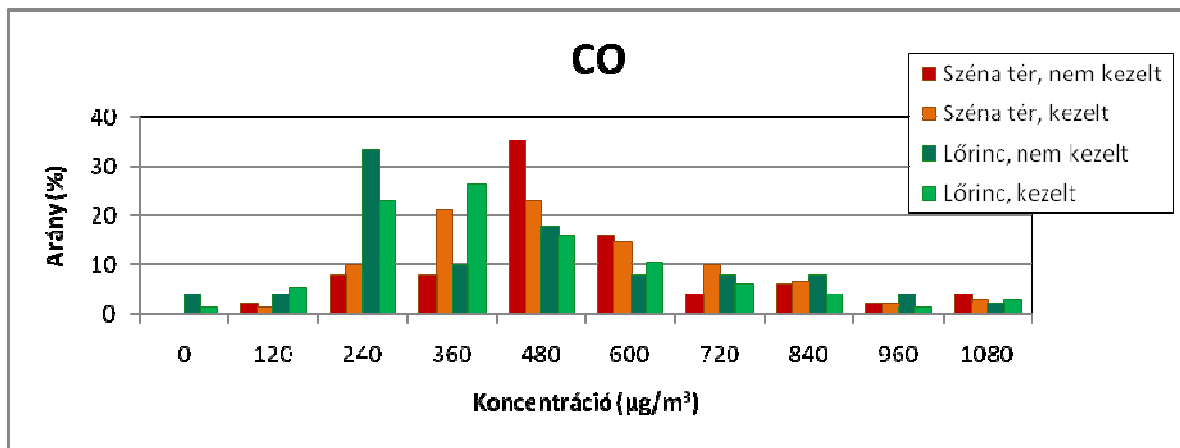
9. ábra: A beteggyakoriság alakulása a) a beszállítás órájában, b) a beszállítás órája és azt megelőző 4 órával korábbi időpont között mért NO₂ koncentráció függvényében.

NO esetében a maximális betegfelvételt alacsony, 0 és 4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ koncentráció értékek körül tapasztaljuk (10a. ábra) a Lőrinci adatokat tekintve, de a teljes tartományban fordulnak elő esetek. A belvárosban az NO_2 gyakoriságához hasonlóan itt is egyenletesen oszlik el a betegek száma. Ebből is arra következtethetünk, hogy a belváros szennyezettebb. A stroke előtti napon mért kb. 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ koncentrációemelkedés a Széna tér esetében mutat egy kicsi stroke esetszám-növekedést (nem ábrázoljuk). A 4 órával megelőző adatok (10b. ábra) nem mutatnak kiugró értékeket Lőrincre nézve. A Széna téri mérésekben az eltérések hasonlóak a koncentráció eloszlásokhoz. Megjegyezzük azonban, hogy a feltüntetett eloszlás, nem a teljes skálát fedi le. A 4 órás változások (-130) – (+380) $\mu\text{g}/\text{m}^3$ közötti tartományban mozogtak, de közel 50%-uk esett a $\pm 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ közötti intervallumba.



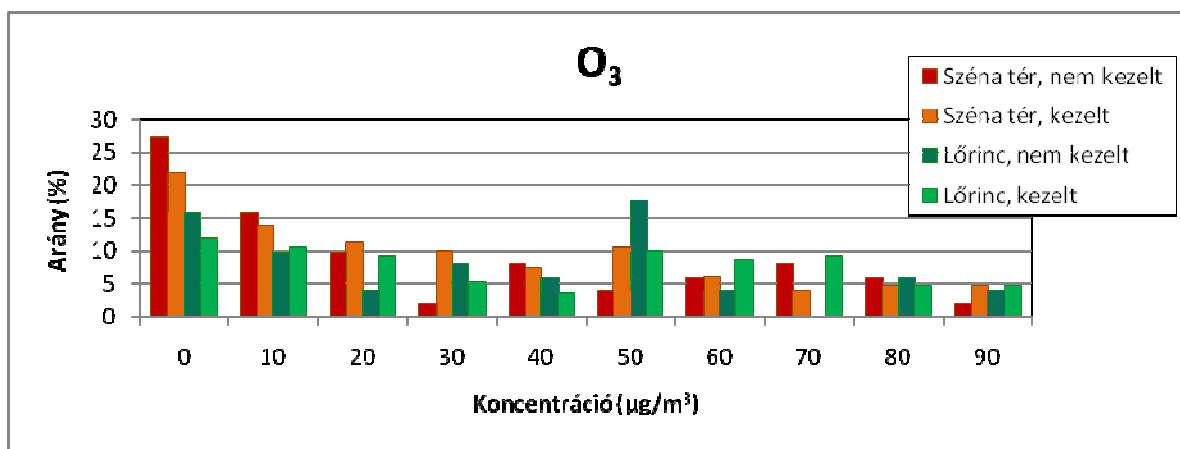
10. ábra: A beteggyakoriság alakulása a) a beszállítás órájában, b) a beszállítás órája és az azt megelőző 4 órával korábbi időpont között mért NO koncentráció függvényében.

A CO esetén Kb. 240-600 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -nél (11. ábra) szállították be a legtöbb beteget. Az elhalálozások statisztikája is ezt mutatja. Ezekből az adatokból arra következtethetünk, hogy a CO koncentráció emelkedése nemigen befolyásolja a stroke-esetszám alakulását, vagy csak nagyon kicsi a hatása. A stroke-ot megelőző 4 órai adatok (nem ábrázoljuk) normális eloszlást rajzolnak ki.



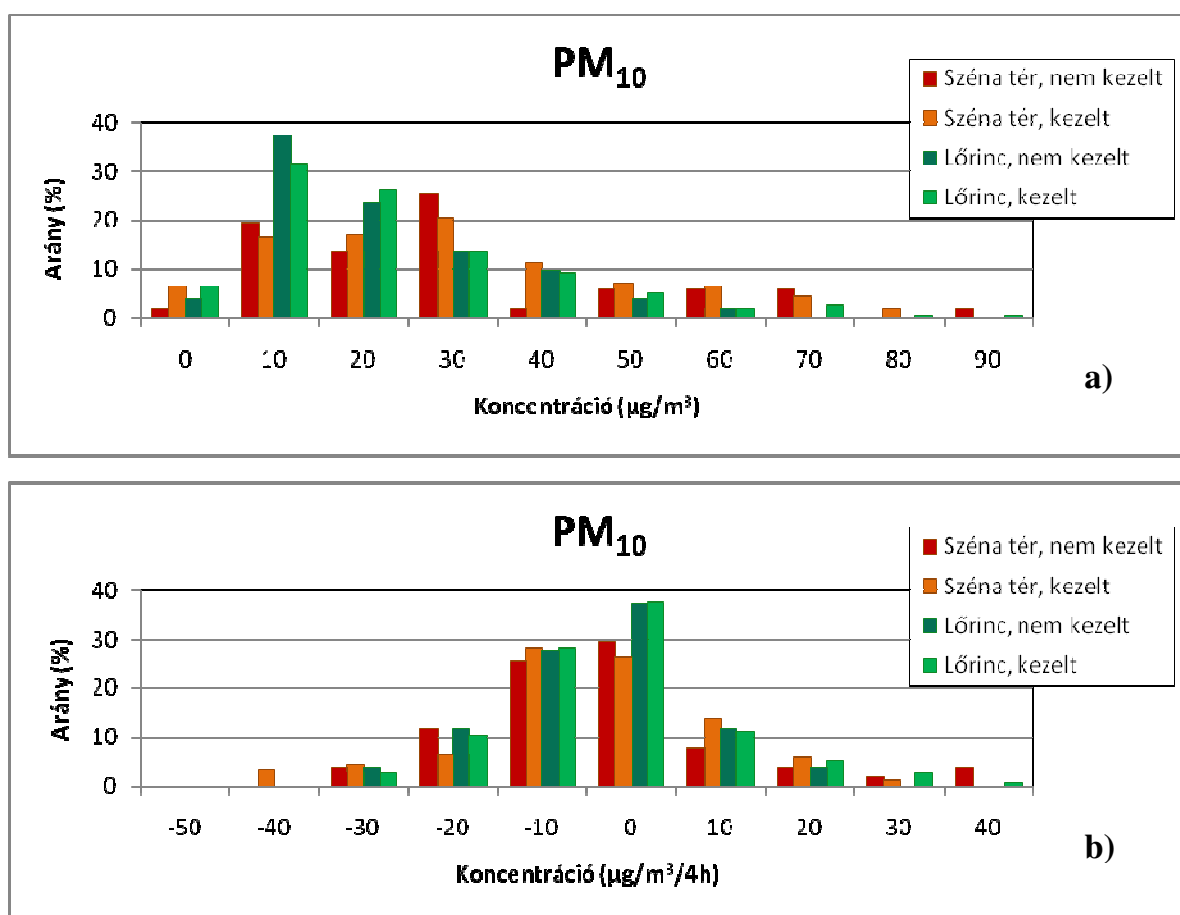
11. ábra: A beteggyakoriság alakulása a beszállítás órájában mért CO koncentráció függvényében.

Ózon esetén 0 és 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ koncentrációnál (12. ábra) tapasztalható a betegszám maximuma. A szórás elég nagynek mondható (kb. 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), azonban a nagyon alacsony (10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ körüli) koncentráció mellett megjelenik egy másodlagos maximum az 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ környékén (főleg a külterületen). A stroke eseményt 4 órával megelőző időben ugyan nem sokkal (pár $\mu\text{g}/\text{m}^3$), de megemelkedett az ózon-koncentráció (nem ábrázoljuk). A halálozási arány nagynek mondható a Széna téren, az eseteket megelőző 4 órás (10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -os) koncentrációemelkedésnél (összesen 6 beteg), míg Lőrinc esetében alacsony a betegszám (összesen 2).



12. ábra: A beteggyakoriság alakulása a beszállítás órájában mért O₃ koncentráció függvényében.

A PM_{10} -nél az esetek többségében 10 és 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ között (13a. ábra) szállították be a legtöbb beteget (kb. 150 beteg mindkét állomás, kezelt/nem kezelt esetén), ami alul marad az egészségügyi határértéknek (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 24 órás átlagban). A Lőrinci állomás esetében a 4 órán belüli megnövekedett szálló por-koncentráció 7%-os betegszám-növekedést eredményezett (13b.ábra) a nem kezelt betegeknél. Ennél kisebb növekedés volt tapasztalható a többi csoport esetén is (pl. Lőrinc, kezelt: +2%). A Széna téri állomáson sokkal több a szélsőséges PM_{10} koncentrációkor kapott stroke-roham, mert a nem kezelt/kezelt esetek 10-12%-a esik ki a $\pm 50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ -es határon (a Lőrinc 2-4%-ával szemben).



13. ábra: A beteggyakoriság alakulása a) a beszállítás órájában b) a beszállítás órája és az azt megelőző 4 órával korábbi időpont között mért O_3 koncentráció függvényében.

4.2 Korreláció

A 3 éves időszak átlagos havi és évszakos légszennyezési adatait, illetve a stroke-rohamot szenvedők korrelációs együtthatót ábrázoltam a táblázatokban (4. és 5. táblázat). A 4. táblázatban szereplő értékeket úgy kaptam, hogy az adott hónap 3 évi átlagos koncentráció-szintjét korreláltattam az adott hónap 3 évi összes betegével (abból is az adott betegcsoporttal, pl. nem kezelt stb.). Az 5. táblázatban a négy évszakban tapasztalható 2 órás átlagokat korreláltattam az adott betegcsoporttal.

Az SO₂ esetében a havi korrelációk -0,5 és 0,5-ös érték közöttiek mindkét állomáson (4. táblázat). Azonban az évszakos korrelációkat tekintve (5. táblázat) egészen magas szintű (0,7 – 0,8) egyezést kapunk (a Lőrinci nyár és a Széna téri tavasz mutatja a legerősebb összefüggést).

Az NO₂ esetén is általában kis korrelációs értéket kapunk (4. táblázat), csak a Széna téri állomás, kezelésben nem részesült betegeinél kapunk nagyobb, -0,69-es korreláció értéket. A tavaszi és nyári időszakban (5. táblázat) a Lőrinci állomás mutat magasabb, -0,7-es értéket (a Lőrinci tél és Széna téri ősz esetében már nem nagyon van kapcsolat – 0,2-es korreláció – a stroke-kal). A halálozással való kapcsolat is elenyésző mindkét állomás, mindkét táblázatában (pl. Lőrinc és Széna tér -0,12-es érték a 4. táblázatban). A negatív korreláció azt mutatja, hogy alacsonyabb szennyezőanyag koncentráció esetén nagyobb az esély a stroke-roham bekövetkezésére. Mivel az O₃ és általában a nitrogén-oxidok mennyisége ellentétesen változik, ezért valószínűleg az O₃ megnövekedésével hozható összefüggésbe a betegszám-növekedés, ezt később elemzem.

Negatív (de gyenge) korreláció jelentkezik NO esetén is, ahol tavasszal és nyáron (5. táblázat) tapasztalható -0,5 körüli korreláció az összes, kezelt és nem kezelt beteg esetén, de csak a Lőrinci állomáson. A halálozással nem mutatható ki erős kapcsolat egyik állomásnál sem, illetve a Széna téren egyébként is kicsi a korreláció (0,2 körüli). A havi elemzésnél kissé bonyolultabb képet kapunk (4. táblázat), hiszen a nem kezeltéknél kb. -0,5, a kezelt betegeknél +0,55 körüli értéket kaptunk.

A CO esetében is bizonytalanabb a kép, csupán a Lőrinci állomást tekintve kapunk magasabb, -0,6 körüli korrelációt (5. táblázat) az összes, kezelt és nem kezelt betegcsoportra (Széna téren csupán 0,1 körüli). A havi korreláció (4. táblázat) nem túl magas ennél a szennyezőanyagnál (-0,4 és +0,6 közötti, de legtöbb esetben közel áll a 0-hoz).

Az évszakos O₃-koncentráció változása (5. táblázat) nagymértékű összefüggést mutat a stroke-os esetek növekedésével. A korrelációs együtthatók értéke pont ellentétesen viselkedik az NO és az NO₂-hoz viszonyítva – havi és évszakos szinten is. A különbség annyi, hogy ősszel és télen is magas a korreláció a Lőrinci állomáson (0,6 körüli), sőt a Széna téri állomáson is – a telet kivéve – magas értékeket kapunk (0,6-0,7). A halálozással való kapcsolat az, ami kissé elrontja a statisztikát, mert ott csupán 0,3 körüliek a korrelációs együtthatók. Havi szinten (4. táblázat) a 0,1-et sem érik el.

A 10 µm alatti szálló por koncentrációja kevés (-0,3 és 0,4 közötti) összefüggést mutat a stroke-os betegek számával (4. táblázat). Azonban az évszakos változást tekintve (5. táblázat) megfordul a kép, hiszen a Lőrinci állomáson minden évszakban, minden betegcsoportnál -0,7 körüli korrelációt kapunk. Még a Széna téri állomás esetében is -0,5 körüli korrelációs együtthatót jelenik meg az elhalálozott betegek csoportjában, amely csoport eddig csak kevés összefüggést mutatott a stroke-kal. (Igaz, itt a tél elég kevésbé korrelál, értéke átlagosan nem haladja meg a 0,1-et.) A negatív korrelációt az ózon esetében láthattuk. Érdekes azonban, hogy a PM₁₀ esetén is azt találtuk, hogy alacsony PM₁₀ szint esetén nő meg a betegfelvételek száma. Ez magyarázható lenne azzal, hogy egy másik változó (pl. hőmérséklet?) megnövekedése miatt lecsökken a PM₁₀ koncentráció – mivel megnő a keveredési határreteg vastagsága. Az adatfeldolgozási részben láthattuk, hogy késő tavasz-nyár környékén van a betegfelvételek számának maximuma (3. ábra), amikor a hőmérséklet megemelkedik. Tehát lehetséges, hogy ez a folyamat játszódik le ebben az esetben. Ezen elmélet mellett szólhat az, hogy a szennyezők általában (kivéve ózon) negatívan korrelálnak tavasszal és nyáron a betegfelvétellel. Sajnos a betegfelvételi számok napi trendje több természetes, antropogén és szociális tényező napi trendjével egyezik meg, így nehéz egyértelmű következtetést levonni.

4. táblázat: Az egyes szennyezőanyagok és a beteggyakoriság évi menetének korrelációja a Széna téri és a Lőrinci állomásra.

Lőrinc (havi korreláció)	SO ₂	NO ₂	NO _x	CO	O ₃	PM ₁₀	NO	PM _{2,5}
nem kezelt	-0,49	-0,48	-0,46	-0,29	0,53	-0,36	-0,47	-0,43
kezelt	0,16	0,38	0,47	0,56	-0,50	0,33	0,51	0,50
halálozás	-0,27	-0,12	-0,03	0,01	0,03	-0,23	0,00	-0,13
összes	-0,45	-0,28	-0,19	0,08	0,24	-0,18	-0,18	-0,12

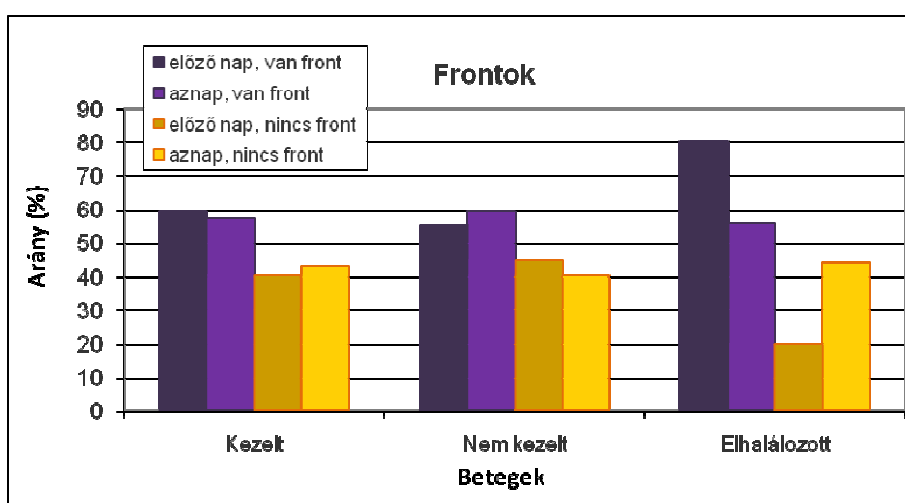
Széna tér (havi korreláció)	SO ₂	NO ₂	NO _x	CO	O ₃	PM ₁₀	NO
nem kezelt	-0,29	-0,69	-0,53	-0,45	0,63	-0,26	-0,45
kezelt	0,08	0,43	0,57	0,34	-0,48	0,40	0,60
halálozás	-0,25	-0,12	-0,04	-0,09	0,04	-0,19	0,00
összes	-0,27	-0,48	-0,20	-0,27	0,37	-0,01	-0,08

5. táblázat: Az egyes szennyezőanyagok és a beteggyakoriság napi menetének korrelációja a Széna téri és a Lőrinci állomásra, külön évszakonként vizsgálva.

Lőrinc (évszakos korreláció)					Széna tér (évszakos korreláció)				
SO ₂	nem kezelt	kezelt	halálozás	összes	SO ₂	nem kezelt	kezelt	halálozás	összes
tavaszi	0,60	0,71	0,79	0,66	tavaszi	0,84	0,87	0,82	0,88
nyári	0,84	0,95	0,75	0,90	nyári	0,72	0,83	0,44	0,78
ősz	0,66	0,78	0,49	0,72	ősz	0,84	0,93	0,65	0,90
téli	0,76	0,88	0,65	0,83	téli	0,81	0,90	0,69	0,87
NO ₂	nem kezelt	kezelt	halálozás	összes	NO ₂	nem kezelt	kezelt	halálozás	összes
tavaszi	-0,66	-0,73	-0,48	-0,71	tavaszi	-0,15	-0,15	-0,26	-0,16
nyári	-0,71	-0,75	-0,36	-0,74	nyári	0,27	0,35	0,09	0,30
ősz	-0,43	-0,46	-0,46	-0,45	ősz	0,27	0,33	-0,05	0,30
téli	-0,13	-0,13	-0,38	-0,14	téli	0,46	0,53	0,07	0,50
NO _x	nem kezelt	kezelt	halálozás	összes	NO _x	nem kezelt	kezelt	halálozás	összes
tavaszi	-0,55	-0,64	-0,33	-0,60	tavaszi	0,02	-0,06	0,01	-0,01
nyári	-0,58	-0,69	-0,27	-0,64	nyári	0,42	0,44	0,35	0,44
ősz	-0,34	-0,38	-0,26	-0,37	ősz	0,22	0,23	0,07	0,23
téli	0,03	0,02	-0,02	0,03	téli	0,49	0,50	0,25	0,51
CO	nem kezelt	kezelt	halálozás	összes	CO	nem kezelt	kezelt	halálozás	összes
tavaszi	-0,69	-0,68	-0,38	-0,71	tavaszi	-0,13	-0,08	-0,10	-0,12
nyári	-0,57	-0,55	-0,14	-0,58	nyári	0,07	0,21	0,12	0,12
ősz	-0,50	-0,47	-0,43	-0,51	ősz	-0,01	0,06	-0,09	0,01
téli	-0,36	-0,31	-0,43	-0,36	téli	0,09	0,19	-0,10	0,13
O ₃	nem kezelt	kezelt	halálozás	összes	O ₃	nem kezelt	kezelt	halálozás	összes
tavaszi	0,68	0,81	0,39	0,75	tavaszi	0,62	0,74	0,38	0,68
nyári	0,68	0,79	0,32	0,74	nyári	0,63	0,73	0,28	0,68
ősz	0,60	0,73	0,40	0,67	ősz	0,46	0,58	0,32	0,52
téli	0,53	0,63	0,48	0,58	téli	0,18	0,27	0,27	0,22
PM ₁₀	nem kezelt	kezelt	halálozás	összes	PM ₁₀	nem kezelt	kezelt	halálozás	összes
tavaszi	-0,87	-0,84	-0,67	-0,89	tavaszi	-0,47	-0,39	-0,59	-0,46
nyári	-0,78	-0,73	-0,70	-0,78	nyári	-0,53	-0,42	-0,67	-0,51
ősz	-0,69	-0,65	-0,66	-0,70	ősz	-0,34	-0,26	-0,59	-0,32
téli	-0,73	-0,68	-0,75	-0,73	téli	-0,03	0,13	-0,33	0,02
NO	nem kezelt	kezelt	halálozás	összes	NO	nem kezelt	kezelt	halálozás	összes
tavaszi	-0,55	-0,61	-0,19	-0,58	tavaszi	0,10	-0,01	0,18	0,06
nyári	-0,46	-0,65	-0,23	-0,54	nyári	0,41	0,34	0,53	0,40
ősz	-0,48	-0,49	-0,27	-0,50	ősz	0,17	0,15	0,12	0,16
téli	-0,06	-0,07	0,10	-0,07	téli	0,45	0,42	0,31	0,45
PM _{2,5}	nem kezelt	kezelt	halálozás	összes					
tavaszi	-0,88	-0,87	-0,68	-0,91					
nyári	-0,68	-0,61	-0,63	-0,68					
ősz	-0,62	-0,62	-0,72	-0,64					
téli	-0,68	-0,64	-0,72	-0,69					

4.3 A makroszinoptikus helyzetek és stroke kapcsolata

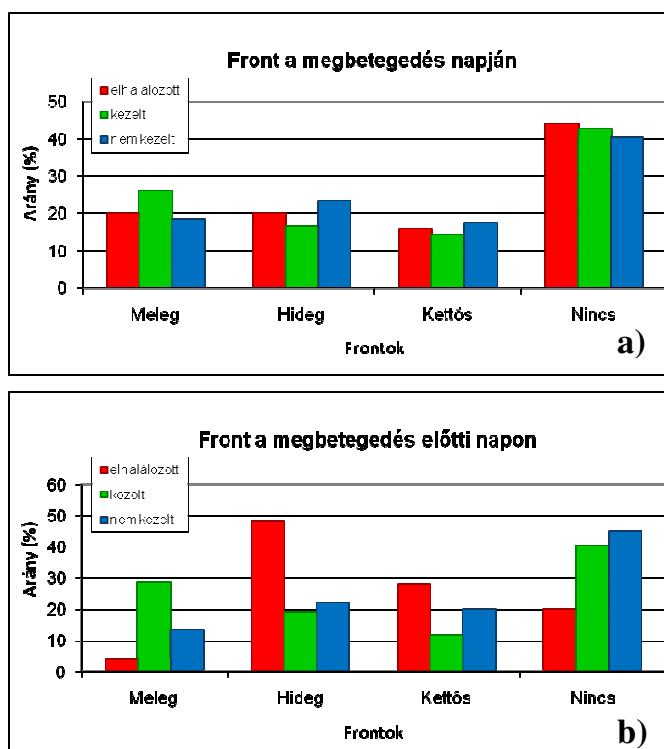
Három év frontkód adatait vizsgálva összefüggést állapíthatunk meg a stroke-rohamok előfordulásával kapcsolatosan (15. ábra). A stroke-ot megelőző napon átlagosan 7%-kal (12 fővel) növekedett a kórházi felvételek száma (kezelt, nem kezelt és elhalálozott csoportokban egyaránt) ahhoz képest, mintha nem lett volna front. Ez alól csak a halálos kimenetelű esetek a kivételek, mert ott az esetek 80%-ánál előző nap frontátvonulás volt (tehát 30%-os növekedés volt tapasztalható). A stroke napján a csoportarány változatlan, annyi különbséggel, hogy a nem kezelt betegeknél már jóval (25-tel) több beteget vettek fel, amikor volt front.



14. ábra: A betegek számának alakulása az esetek napján és azt megelőző napon történő frontátvonulás alapján.

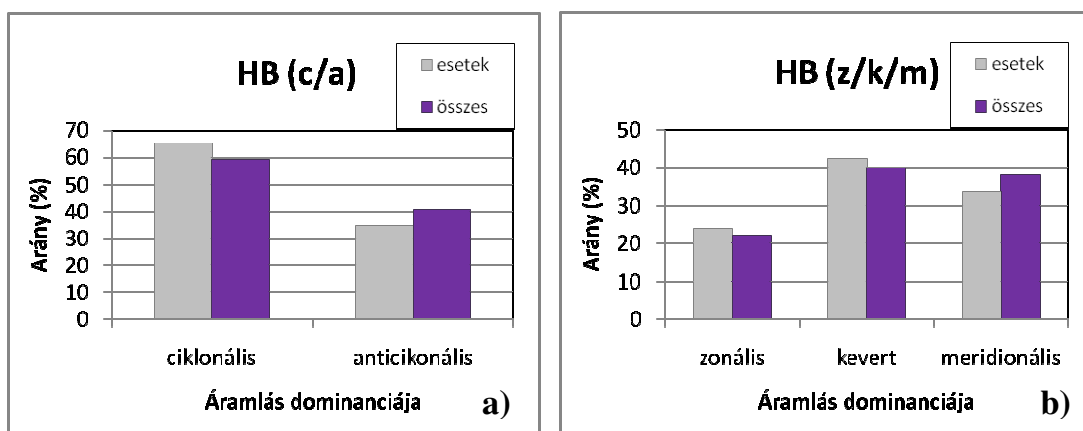
A stroke-rohamok idején körülbelül 60-40%-ban volt, illetve nem volt front (16a. ábra). Ez megegyezik az OMSz-től kapott frontkódok elemzéséből adódó aránnyal (3. táblázat: év 59%-ában volt front, 41%-ában nem). Ez azt mutatja, mintha nem lenne nagyon erős összefüggés a stroke-roham és a frontátvonulások között.

A stroke-ot megelőző napon (16b. ábra) 35%-ban nem volt, és 65%-ban volt front. Ez azt jelenti, hogy a stroke előtti napon átvonuló front növelte a másnapi stroke bekövetkezésének kockázatát (6%-kal). A frontok áthaladásával megváltozik a légnyomás, ami hatással van a vérnyomásra is. Az adatokból kitűnik az is, hogy a stroke-ot megelőző napon, ha hidegfront volt, akkor az elhalálozott betegek 48%-a ekkor vesztette életét a 3 év folyamán (12 személy). Melegfront esetén azonban csupán 1 személy. A hidegfront szervezetre gyakorolt hatása, a front markáns jellegéből adódóan mindig nagy. Az orvosok és mentősök is általában azt mondják, hogy hidegfrontkor gyakrabban következnek be az érrendszerhez köthető rohamok.



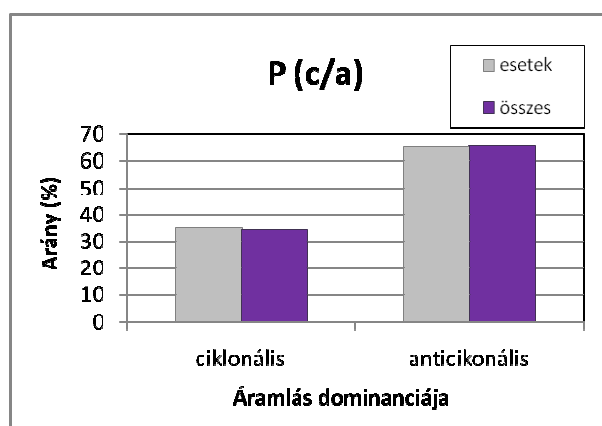
15. ábra: A betegek számának alakulása a) az esetek napján és b) azt megelőző napon történő különböző típusú frontátvonulás alapján.

A 3 évet vizsgálva (17. ábra) a Hess-Brezowsky osztályozást leegyszerűsítve csupán ciklonális és anticiklonális helyzetekre 60%-ban ciklonális, 40%-ban anticiklonális helyzet alakult ki Európa fölött. Ezt az arányt kaptuk az OMSz-os frontkódok feldolgozásából is. Az összes stroke-os eset időbeni előfordulása illeszkedik ehhez az arányhoz (66-34%-kal kicsi – 6%-os – kockázatsnövekedés ciklon idején). A kevert és meridionális áramlás ugyanannyiszor fordult elő a 3 év folyamán (40-40%-ban), illetve a zonális csupán 20%-ban. Ehhez szintén jól illeszkedik a betegstatisztika. Csupán kis növekedés figyelhető meg ciklonális, illetve kevert és zonális áramlási rendszer esetén.



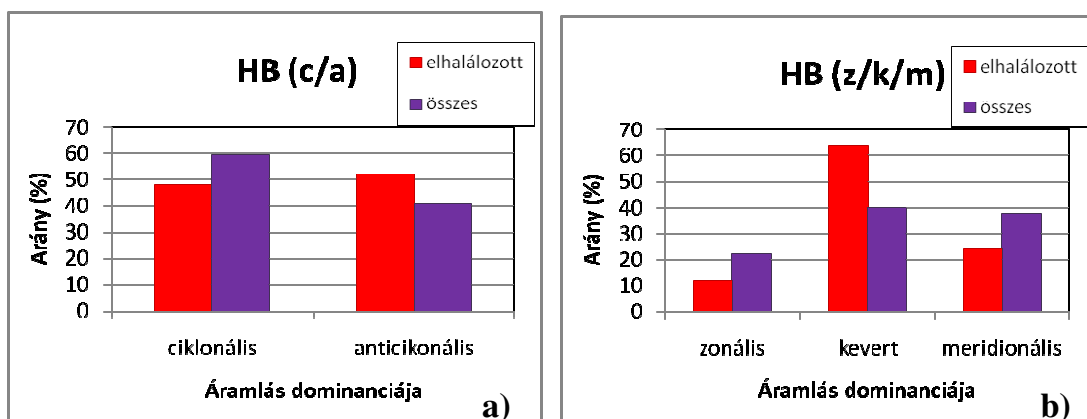
16. ábra: A Hess-Brezowsky makroszinoptikus helyzetek a) ciklonális áramlás b) irányítottság szerinti csoportosításának gyakorisága a vizsgált időszakban és az összes stroke beteg esetében.

A Péczy osztályozás szerint (18. ábra) a ciklonális és anticiklonális esetek aránya fordítottan, 35-65%-ra változik, szemben az előbbi 60-40%-hoz képest. A Hess-Brezowsky és Péczy típusú osztályozás eltérő eredménye nem a rövid vizsgálati időszak következménye, mert a ciklonális/anticiklonális gyakoriság hasonló Pongrácz (2003) által 120 évre vizsgált osztályozásbeli különbségekkel (hiszen ott 52/48, illetve 33/66%-os ciklon/anticiklon arány volt). Ez jól mutatja a front kódolás valamint a Péczy osztályozás közti különbségeket, habár mindkettő a Magyarországot érintő időjárási rendszerekre vonatkozik. Ennek ellenére a betegstatisztika nagyon pontosan követi a Péczy osztályozás alapján kapott eredményeket.



17. ábra: A Péczy-féle makroszinoptikus helyzetek ciklonális áramlás szerinti csoportosításának gyakorisága a vizsgált időszakban és az összes stroke beteg esetében.

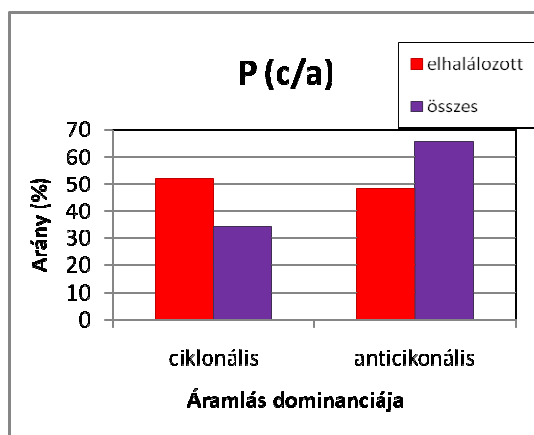
Az elhalálozások a Hess-Brezowsky rendszer alapján (19. ábra) inkább az anticiklonális helyzetben történtek: 12%-kal gyakrabban történt ilyen eset, mint az anticiklonális áramlás gyakorisága. A másik csoportosítás alapján a kevert cirkulációs jelleg bizonyult a legmegterhelőbbnek az emberi szervezetre vonatkozóan, ugyanis a betegek 65%-a ekkor hunyt el. A meridionális és főként a zonális áramlási viszonyok már kevésbé terheltek meg a szervezetet.



18. ábra: A Hess-Brezowsky makroszinoptikus helyzetek a) ciklonális áramlás b) irányítottság szerinti

csoportosításának gyakorisága a vizsgált időszakban és az elhalálozott stroke betegek esetében.

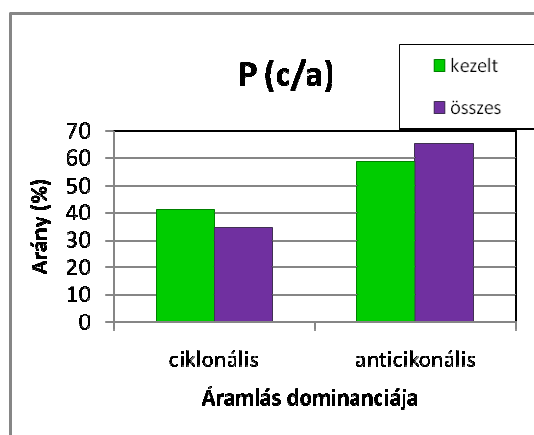
A 3 év alatt tapasztalt elhalálozások (25 beteg) fele (13 fő) ciklonális, fele (12 fő) anticiklonális esetben történt. Az év során csupán 35%-ban volt ciklonális, és 65%-ban anticiklonális a helyzet. Ebből adódik, hogy frontos időszakban 17%-kal gyakoribb (20. ábra) a halálozás, mint anticiklon hatása alatt.



19. ábra: A Péczy-féle makroszinoptikus helyzetek ciklonális áramlás szerinti csoportosításának gyakorisága a vizsgált időszakban és az elhalálozott stroke betegek esetében.

A kezelt betegek esetén a Hess-Brezowsky osztályozás alapján besorolt időjárási helyzetek között szinte nem volt különbség, mert a 60%-ban előforduló ciklonális helyzetre a betegek 63%-a jutott. A kevert cirkulációs áramlás idején kissé (5%-kal) emelkedik meg a kezelésben részesült betegek aránya (nem ábrázoljuk).

A Péczy osztályozás alapján 6%-os esetszám-növekedés mutatható ki ciklonális áramlás idején (21. ábra). A kezelésben nem részesült betegek és a kétféle osztályozás arányai szinte teljesen megegyeznek az összes beteg statisztikájával.



20. ábra: A Péczy-féle makroszinoptikus helyzetek ciklonális áramlás szerinti csoportosításának gyakorisága a vizsgált időszakban és a kezelt stroke betegek esetében.

5. Összefoglalás

Munkám során összefüggéseket kerestem a stroke-rohamot elszenvedő betegek, és az esetlegesen azt kiváltó tényezők között, különös tekintettel a légszennyező anyagokra.

A szakirodalom szerint a NO_x koncentrációjának téli maximuma és a betegek téli maximuma között erős kapcsolat van. A CO és a PM_{10} -nél sikerült még egy alacsonyabb szintű összefüggést kimutatnia. Saját kutatás alapján általában – a légszennyezők területén – sikerült megkapni a szaklapok által körülrajzolt eredményt, ez alól a betegek statisztikája a kivétel, ami betudható az alacsony számú regisztrált esetnek. Különösen az egyes szennyezőanyagok korrelációjánál látszódott meg a kevés haláleset (mert nagyjából évi egyenletes eloszlása van).

A szennyezőanyag gyakoriságokat tekintve azért tudtunk nagyjából egyezőséget kimutatni a szaklapokkal, mert a legtöbb esetben nekik sem sikerült összefüggést kimutatni. Nekem csak egy szinte elhanyagolható mértékű CO-, és egy 4 órával megelőző pár $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -es O_3 -növekedés jött ki eredményül; illetve egy kissé erősebb (+7%) esetszám-növelő hatás a PM_{10} -re.

Korrelációkat tekintve csak NO_2 , PM_{10} esetében kaptam erős negatív korrelációt (kb. -0,7), illetve O_3 -nál pozitív 0,6-0,7 évszakos korrelációt. A többi szennyezőanyag csak néhány (változó) csoportnál van korreláció a stroke-osokkal – általában a Lőrinci állomás esetén.

Dolgozatomban összehasonlítottam továbbá a Hess-Brezowsky és Péczely időjárási osztályozást, illetve az adott helyzetekben tapasztalt esetszám növekményeket. Azt találtam, hogy a Péczely típusú osztályozás a ciklonális (frontos) helyzetekre adja a kezelt (+6%) és elhalálozott (+17%) stroke-esetek egy megnövekedett részét, azonban az összes és a kezelésben nem részesült betegek csoportjára (ami a két legnagyobb csoport) nincs hatással a frontos időszak. A Hess-Brezowsky-féle osztályozás alapján pedig pont a két legnagyobb betegcsoportra (összes beteg, nem kezelték) kaptunk +6%-os összefüggést a ciklonális helyzet javára. A kezelt betegeknél nem érvényesül ilyesfajta hatás, az elhalálozott betegeknél pedig +12%-os növekedést tapasztalunk anticiklonális helyzetben.

Ezen kutatási határterület fiatalságát jelzi a nemzetközi szakmai biometeorológiai kutatások alacsony száma. Magyarországon a stroke és légszennyezés kapcsolatát még nem nagyon vizsgálták, ezért ezen tanulmány egy bevezető kutatás része, amelyet a jövőben érdemes lenne nagyobb betegszámra kiterjeszteni.

6. Köszönetnyilvánítás

Hálámat szeretném kifejezni Breuer Hajnalkának fáradhatatlan, végtelenül precíz és mindig segítőkész munkájáért.

Köszönet illeti dr. Bartholy Juditot és Fülöp Andreát (OMSz) építő tanácsaikért és útmutatásaikért. Köszönöm Biczó Dávid és Konkoly Bence orvostanhallgatóknak a stroke általános áttekintését és megértését segítő kérdések megválaszolását.

Külön köszönöm dr. Folyovich Andrásnak (Szent János Kórház Neurológiai Osztályának osztályvezető főorvosa) a betegstatisztikai adatokat, és hogy a kutatásában részt vehettünk. Németh Ákosnak és az Országos Meteorológiai Szolgálatnak az adatokat köszönöm. Károssy Csabát pedig a Péczely makroszinoptikus kódokért illeti köszönet.

Irodalomjegyzék

- Anderson N, Feigin V, Benett D, Broad J, Pledger M, Anderson C, Bonita R. Diurnal, weekly, and seasonal variations in stroke occurrence in a population-based study in Auckland, New Zealand. *Journal of NZMA*. 2004. Vol117 No1202
- Bozó L, Mészáros E, Molnár Á. *Levegőkörnyezet. Modellezés és megfigyelés*. Budapest. Akadémia Kiadó. 2006. 250.
- Dévényi D, Gulyás O. *Matematikai módszerek a meteorológiában*. Tankönyvkiadó. 1988. Budapest
- Dubey D, Sawhney A, Kavishwar A, Pande S, Dubey D. A study of anatomical, seasonal and diurnal variation in the occurrence of ischemic stroke. *International of Collaborative Research on Internal Medicine and Public Health*. 2011. 3(10):781-788
- Feigin VL. Stroke epidemiology in the developing world. *Lancet*. 2005. 365(9478)
- Gajdácsi Zs, Csilek M. *A cerebrovaszkuláris betegségek diagnosztikája és kezelése*. Elemzési, Orvosszakértői és Szakmai Ellenőrzési Főosztály. 2011. Budapest
- Haszpra L. *A troposzférikus ózon képződése*, Kutatás és Fejlesztés, 2001/4
- Hong YC, Lee JT, Kim H, Kwon HJ. Air pollution: a new risk factor in ischemic stroke mortality. *Stroke*. 2002. 33:2165-2169
- Johnson JYM, Villeneuve PJ, Pasichnyk D, Rowe BH. A retrospective cohort study of stroke onset: implications for characterizing short term effects from ambient air pollution. *Environmental Health*. 2011. 10:87
- Klimaszewska K, Kulak W, Jankowiak B, Kowalczyk K, Kondzior D, Baranowska A. Seasonal variation in ischaemic stroke frequency in Podlaskie Province by season. *Advances in Medical Sciences*. 2007. Vol. 52
- Knox EG. Meteorological associations of cerebrovascular disease mortality in England and Wales. *J Epidemiol Community Health*. 1981. 35:220-223
- Komoly S, Palkovits M. *Cerebrovasculáris betegségek (stroke)*. Gyakorlati neurológia és neuroanatómia. Budapest. Medicina Könyvkiadó Zrt. 2010. 85-101.
- Li YC, Qiao G, Uskokovic M, Xiang W, Zheng W, Kong J. Vitamin D: a negative endocrine regulator of the rennin-angiotensin system and blood pressure. *J Steroid Biochem Mol Biol*. 2004. 89-90(1-5):387-392
- Lim YH, Kim H, Hong YC. Variation in mortality of ischemic and hemorrhagic strokes in relation to high temperature. *Int J Biometeorol*. 2012.
- Lisabeth LD, Escobar JD, Dvonch JT, Sanchez BN, Majersik JJ, Brown DL, Smith MA, Morgenstern LB. Ambient air pollution and risk for ischemic stroke and transient ischemic attack. *Ann Neurol*. 2008. 64:53-59
- Lokken RP, Wellenius GA, Coull BA, Burger MR, Schlaug G, Suh HH, Mittleman MA. Air pollution and risk of stroke: underestimation of effect due to misclassification of time of event onset. *Epidemiology*. 2009. 20(1):137-42
- Maheswaran R, Haining RP, Brindley P, Law J, Pearson T, Fryers PR, Wise S, Campbell MJ. Outdoor air pollution and stroke in Sheffield, United Kingdom: A small-area level geographical study. *Stroke*. 2005. 36:239-243

- Marler JR, Tilley BC, Lu M, Brott TG, Lyden PC, Grotta JC, Broderick JP, Levine SR, Frankel MP, Horowitz SH, Haley EC Jr, Lewandowski CA, Kwiatkowski TP. Early stroke treatment associated with better outcome. *American Academy of Neurology*. 2011. 27:77
- Mayer H. Air Pollution in cities. *Atmospheric Environment*. 1999. 33:4029-4037
- Mészáros E. Levegőkémia. Veszprémi Egyetemi Kiadó. 1997. Veszprém
- O'Donnell MJ, Fang J, Mittleman MA, Kapral MK, Wellenius GA. Fine particulate air pollution (PM_{2.5}) and the risk of acute ischemic stroke. *Epidemiology*. 2011. 22:422-431
- Obál F. Az emberi test I-II. Gondolat Kiadó, 1986. Budapest
- Oudin A, Strömberg U, Jakobsson K, Strohm E, Björk J. Estimation of short-term effects of air pollution on stroke hospital admissions in Southern Sweden. *Neuroepidemiology*. 2010. 34:131-142
- Oudin A. Short-term and long-term exposure to air pollution and stroke risk. Exploring methodological aspects. Lurd University, 2009. Sweden
- Snell RS. Clinical neuroanatomy. 6. ed. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins. 2006. 478-485. o.
- Tsemetzis SA, Keneth RP, Hitchcock ER, Gill JS, Beevers DG. Seasonal variation of cerebrovascular disease. *Acta Neurochir*. 1991. 111:80-83
- Tótván B. Városi légszennyezés vizsgálata a Péczy féle makroszinoptikus osztályozás segítségével. Diplomamunka, ELTE Meteorológiai tanszék, 2011. Budapest
- Vidale S, Bonanomi A, Guidotti M, Arnaboldi M, Sterzi R. Air pollution positively correlates with daily stroke admission and in hospital mortality: a study in the urban area of Como, Italy. *Neurol Sci*. 2010. 31:179-182
- Villeneuve P, Chen L, Stieb D, Rowe BH. Associations between outdoor air pollution and emergency department visits for stroke in Edmonton, Canada. *Eur J Epidemiol*. 2006. 21:689-700.
- Wang H, Sekine M, Chen X, Kagamimori S. A study of weekly and seasonal variation of stroke onset. *International Journal of Biometeorology*. 2002. 47:13-20
- Warlow C, Sudlow C, Dennis M, Wardlaw J, Sandercock. Stroke. *Lancet*. 2003. 362:1211-24
- Wellenius G, Schwartz J, Mittleman M: Air pollution and hospital admissions for ischemic and hemorrhagic stroke among Medicare beneficiaries. *Stroke*. 2005. 36:2549-2553
- Wellenius GA, Burger MR, Coull BA, Schwartz J, Suh HH, Koutrakis P, Schlaug G, Gold DR, Mittleman MA. Ambient air pollution and the risk of acute ischemic stroke. *Arch Intern Med*. 2012. 172(3): 229-234
- Willich SM, Löwel H, Lewis M, Hörmann A, Arntz HR, Keil U. Weekly variation of acute myocardial infarction: increased Monday risk in the working population. *Circulation*. 1994. 90:87-93

Internetes hivatkozás:

www.kvvm.hu/olm

www.legszenyezés.hu

NYILATKOZAT

Név: Gombos Katalin

Kar: ELTE, Természettudományi Kar

Szak: Földtudományi BSc

Szakirány: Meteorológus szakirány

ETR azonosító: GOKRAAT.ELTE

Neptun kód: Q75PQX

Szakedolgozat címe:

A légszennyezés hatása az agyi érkatasztrófa (stroke) esetek előfordulására

A **szakedolgozat** szerzőjeként fegyelmi felelősségem tudatában kijelentem, hogy a dolgozatom önálló munkám eredménye, saját szellemi termékem, abban a hivatkozások és idézések standard szabályait következetesen alkalmaztam, mások által írt részeket a megfelelő idézés nélkül nem használtam fel.

Budapest, 2012.12.12.

.....
a hallgató aláírása