

LÉGTÖMEGTÍPUSOK OBJEKTÍV OSZTÁLYOZÁSA SZEGEDRE KÜLÖNÖS TEKINTETTEL A LEVEGŐ SZENNYEZETTSÉGÉRE A TÉLI HÓNAPOKBAN

MAKRA LÁSZLÓ⁵⁶ – MIKA JÁNOS – BÉCZI RITA – SÜMEGHY ZOLTÁN –
MOTIKA GÁBOR – SZENTPÉTERI MÁRIA

AN OBJECTIVE CLASSIFICATION SYSTEM OF AIR MASS TYPES FOR SZEGED, HUNGARY WITH SPECIAL INTEREST TO AIR POLLUTION LEVELS IN THE WINTER MONTHS

Abstract: This paper determines the characteristic air mass types over the Carpathian Basin for the winter (December, January, and February) and summer (June, July and August) months with the levels of the main air pollutants. Based on the ECMWF data set, daily sea-level pressure fields analysed at 00 UTC were prepared for each air mass type (cluster) in order to relate sea-level pressure patterns with the levels of air pollutants in Szeged. The data basis comprises daily values of twelve meteorological and eight pollutant parameters for the period 1997-2001. Objective definition of the characteristic air mass types occurred by using the methods of Factor Analysis and Cluster Analysis. According to the results, during the winter months five air mass types (clusters) were detected corresponding to levels of the primary pollutants that appear with higher concentrations when irradiance is high and wind speed is low. This is the case when an anticyclone is found over the Carpathian Basin and when an anticyclone prevails over the region south of Hungary, influencing the weather of the country. Low levels of pollutants occur when zonal currents exert influence over Hungary. During the summer months anticyclones and anticyclone edge situations are found over the Carpathian Basin. (During the prevalence of anticyclone edge situations, the Carpathian Basin is found at the edge of a high pressure centre.) As a result of high irradiance and very low NO levels, secondary pollutants are highly enriched.

BEVEZETÉS

A légszennyezettség rendkívül fontos környezetvédelmi probléma, főleg a túlszűfolt és túlnépesedett nagyvárosokban. A legtöbb emberi tevékenység szennyezőanyagokat termel, melyek folyamatosan felhalmozódnak. A légszennyezettség nemcsak forrásának közvetlen környezetét károsítja, hanem hatással van távolabbi térségek levegőminőségére is.

Európára vonatkozóan számos légszennyezettséggel kapcsolatos tanulmány jelent már meg a nemzetközi szakirodalomban. Athén levegőjének tanulmányozása e tekintetben különösen nagy figyelmet kapott, elsősorban a hosszú nyarai miatt, melyekre a szélcsend, vagy gyenge szelek, továbbá zavartalan besugárzás a jellemző. Ez a nyári időjárás, valamint a várost északról határoló hegyek, kedveznek a

⁵⁶ Szegedi Tudományegyetem, Éghajlattani és Tájföldrajzi Tanszék. 6722 Szeged, Egyetem u. 2.
E-mail: makra@geo.u-szeged.hu

légszennyező anyagok rendkívüli mértékű felhalmozódásához (*Kambezidis, H. D. et al.* 1995, 1998).

Péczely Gy. (1959) vizsgálatai szerint Budapesten a légszennyezettség derült, szélcsendes időjárással, esetleg gyenge légáramlásokkal jellemzett kiterjedt és tartós anticiklonális időjárás fennállásakor éri el csúcspontjait. Ugyanakkor a légszennyezettség viszonylag alacsony, amikor ciklonális időjárási viszonyok uralkodnak a Kárpát-medence fölött, erős és turbulens légáramlásokkal. Különösen abban az esetben javul a levegőminőség, amikor Magyarország a ciklon hátoldali, hidegfronti áramrendszerében található.

A dolgozat fő célja, hogy többváltozós statisztikai módszerek alkalmazásával meghatározzuk a Szeged fölött uralkodó légtömegtípusok egy objektív, megbízható osztályozási rendszerét a nyári és a téli hónapokra. Ezt követően a homogen hőmérsékleti- és nedvességviszonyok által jellemzett légtömegtípusok mindegyikére megbecsüljük a fő légszennyező anyagok koncentrációit. Majd azon célból, hogy feltárhassuk az uralkodó időjárási típusok közötti lehetséges kapcsolatot, meghatározzuk a közepes tengerszinti légnyomási mezők térbeli eloszlását, valamint a Szeged térségében előforduló légszennyező anyagok koncentrációit az egyes légtömeg-típusokra az észak-atlanti–európai térségre.

Viszonylag kevés ilyen témájú tanulmány született a nemzetközi szakirodalomban. **Ambrózy P. és munkatársai** (1984) makrocirkulációs rendszerek évszakos objektív tipizálását végezte el a napi 500 mb-os abszolút topográfia adatok alapján az Atlanti-Európai térségre. **Bartholy J.** (1989) a 700 mb-os légnyomási felület napi adatait felhasználva az északi félgömbre határozott meg objektív makrotípusokat. Légtömegtípusok objektív megközelítésére példaként említhetők még **McGregor, G. R.** és **Bamzeli, D.** (1995), **Sindosi, O. A. és munkatársai** (2003), valamint **Makra L. és munkatársai** (2006) munkái, akik a hagyományos fő légszennyező anyagok (MAPs) koncentrációi szerint légtömegtípusokat határoztak meg külön-külön Birmingham-re, Athénre, illetve Szegedre. Ugyanakkor **Kassomenos, P. és munkatársai** (1998), **Péczely Gy.** (1957, 1983) és **Károssy Cs.** (1987, 2004) szubjektív módszereket alkalmazva érdekes eredményeket kaptak Athén, illetve Budapest időjárási osztályozásával kapcsolatosan. **Péczely Gy.** (1959), valamint **Kassomenos, P. és munkatársai** (1998) szubjektív időjárási típusok hatékonyságát tanulmányozták a légszennyező anyagok feldúsulásában, illetve felhígulásában.

Másrésről gyakran használnak úgynevezett stabilitási osztályokat például a levegőminőség modellezésére azon célból, hogy osztályozzák, vajon a légszennyező anyagok szóródása számottevő, vagy csekély az uralkodó meteorológiai feltételek alapján (melyeket empirikusan határoznak meg a szélesebbesség, a hőmérsékleti gradiens, a borultság vagy a napsugárzás ismeretében) (**Pasquill, F.** 1962, **Turner, D. B.** 1964). Mind **Pasquill**, mind **Turner** osztályozási rendszere független a tengerszint fölötti magasságtól és a felszín érdességétől (**Golder, D.** 1972). E dolgozatban az általunk használt módszer egy objektív osztályozási rendszer, szemben **Pasquill** és **Turner** szubjektív módon meghatározott kategóriáitól. Továbbá az álta-

lunk használt módszer sokkal több meteorológiai paramétert vesz figyelembe a légtömegtípusok osztályozására, valamint a légszennyező anyagok koncentrációja szerint kapott osztályokat (légtömegtípusokat) statisztikailag is kiértékeljük.

Ugyanakkor megjegyezzük, hogy a dolgozatban használt módszerek nem helyettesíthetnek egyéb kémiai transzport modelleket, viszont kiegészítik a jelenleg használatos módszereket, hozzájárulva a légszennyezettség koncentrációk előrejelzéséhez.

E tanulmány egy objektív időjárás osztályozási rendszert mutat be, mely egyúttal alapul szolgálhat egy légszennyezettség megfigyelés/előrejelzési rendszer létrehozására azzal a végső céllal, hogy Szeged légszennyezettségét tanulmányozzuk.

SZEGED ÉGHAJLATA ÉS LEVEGŐMINŐSÉGE

Éghajlat

A Köppen-féle klímaosztályozás szerint Magyarország területének legnagyobb része – Csongrád megyével és a szegedi agglomerációval együtt – a C_f klímazónába tartozik (Köppen, W. 1931), illetve Trewartha, G. T. (1943) szerint a D.I klímazóna része.

Magyarország részletesebb, nagyobb felbontású éghajlati osztályozása a vegetációs időszak középhőmérsékletén (t_{VS}), valamint az ariditási indexen (H) alapszik [ahol $H = S/(L \cdot C)$ (S a átlagos évi sugárzási egyenleg; L a párolgási hő, C pedig a átlagos évi csapadékösszeg)]. Az 1901-1950 közötti 50 éves időszak éghajlati paramétereit alapján Szeged éghajlata a *meleg-száraz* kategóriába sorolható a következő fent említett paraméterekkel: $t_{VS} > 17,5^\circ\text{C}$ és $H > 1,15$ (Péczely Gy. 1979).

Levegőminőség

A magyarországi Regionális Immisszió Vizsgáló (RIV) állomásokon 2001-ben mért – a levegőminőségi küszöbértéket meghaladó – szennyezőanyag koncentrációk alapján Szeged levegőminősége egy háromkategóriás osztályozási rendszert (megfelelő, közepesen szennyezett, szennyezett) figyelembe véve a „szennyezett” kategóriába tartozott (Mohl, M. et al. 2002). Szegeden a nitrogén-oxidok (NO_x), az ózon, valamint a 10 μm-nél kisebb átmérőjű részecskék (PM₁₀) koncentrációi túllépik az EU levegőminőségi küszöbértékeit. (A PM₁₀ napi – 24-órás – koncentrációja 11-19-szer magasabb, míg évi koncentrációja kétszer magasabb, mint a 2005. január 1-től érvényes EU-küszöbérték!)

ADATBÁZIS

Az adatok a szegedi monitoring állomásról származnak, amely a belvárosban, a Kossuth Lajos sugárút és a Damjanich utca, sarkán található, körülbelül 10 m távolságra a Kossuth Lajos sugárúttól. A vizsgálat adatbázisát mind a légszeny-

nyező anyagokra, mind a meteorológiai paraméterekre az 1997-2001 közötti ötéves időszak nyári (június, július, augusztus), illetve téli hónapjaira (december, január, február) vonatkozó 30 percenkénti adatok alapján számított értékek képezik.

Légszennyező anyagok

A figyelembe vett 8 légszennyező paraméter a következő légszennyezők átlagos napi tömegkoncentrációi: CO (mg m^{-3}); NO ($\mu\text{g m}^{-3}$), NO_2 ($\mu\text{g m}^{-3}$), SO_2 ($\mu\text{g m}^{-3}$), O_3 ($\mu\text{g m}^{-3}$) és PM_{10} ($\mu\text{g m}^{-3}$), valamint az NO_2/NO napi arányai és az O_3 ($\mu\text{g m}^{-3}$) napi maximális tömegkoncentrációi.

Meteorológiai paraméterek

A tekintett 12 meteorológiai paraméter napi adatai a következők: középhőmérséklet (T_{mean} , °C), maximum hőmérséklet (T_{max} , °C), minimum hőmérséklet (T_{min} , °C), napi hőmérsékleti terjedelem ($\Delta T = T_{\text{max}} - T_{\text{min}}$, °C), szélsősebesség (WS, m s^{-1}), relatív nedvesség (RH, %), globális sugárzás (I, $\text{MJ m}^{-2} \text{nap}^{-1}$), telítettségi gőznyomás (E, hPa), gőznyomás (VP, hPa), potenciális párolgás (PE, mm), harmatpont hőmérséklet (T_d , °C) és légnyomás (P, hPa).

A 00 00 UTC (Coordinated Universal Time = egyetemes világidő) időpontjában mért tengersizinti légnyomási mezők az ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts = a Középtávú Időjárás-előrejelzés Európai Központja) Re-Analysis ERA 40 project-jéből származnak, melynek keretében a napi adatokat újra előállítják 1957. szeptember 1. óta. Az eljárást egységes módszerrel végzik a rendelkezésre álló adatokból a vizsgált időszakra vonatkozóan. Az ECMWF Re-Analysis ERA 40 project adatait verifikálják (ellenőrzik), a légnyomás adatok valódiak még az Atlanti-óceán fölött is, valamint nincs adathiány. A módszer alkalmazásakor a mért hamis input adatokat nem veszik figyelembe.

A vizsgált terület az észak-atlanti-európai térségben található a 30°É-70,5°É földrajzi szélességek és a 30°Ny-45°K hosszúságok tartományában. Az 1,5°x1,5° sűrűségű rácshálózatot választottuk, mely 28x51 = 1428 rácspontot tartalmaz a vizsgált térségben.

MÓDSZEREK

A 30° és 70,5° északi szélesség illetve 30° nyugati és 45° keleti hosszúság között 1,5 fokos sűrűséggel rendelkezésre álló, clusterenként átlagolt légnyomás értékekből az izobárok megszerkesztése a Surfer 7.00 szoftver felhasználásával történt. A pontonkénti adatokból, azaz összesen 28x51=1428 adatból az izobárokat a kriging interpolációs eljárással, lineáris variogram modell alkalmazásával, adatsűrítés nélkül, maximális simítással rajzoltuk meg. Az eljárás eredményeként a Föld felszínén 40,5° földrajzi szélesség és 75° földrajzi hosszúság különbségű foktrapéz-nak megfelelő görbült felszínt a síkban egy X és Y irányban is egyenközűen beosztott téglalpra (négyzetes hengervetületre) képeztük le.

Ahhoz, hogy a kiindulási adatkészlet dimenzióját csökkentsük, s így módon a vizsgált 12 változó közötti kapcsolatokat meg tudjuk magyarázni, a faktoranalízis többváltozós statisztikai módszerét alkalmaztuk (Jolliffe, I. T. 1993, Sindosi, O. A. et al. 2003). A faktorok kiválasztása a főkomponens analízis segítségével történt (a k -adik sajátérték a k -adik főkomponens varianciája). A dolgozatban a „varimax”, vagy másképp „ortogonális faktor rotáció”-t hajtottunk végre (Sindosi, O. A. et al. 2003). A faktoranalízist a kiindulási változók 12 oszlopból (12 meteorológiai változó) és 450 sorból (450 nap, azaz öt év nyári, illetve téli napjai) álló adattáblázatára alkalmaztuk azon célból, hogy csökkentsük a 12 db – egymással kölcsönös kapcsolatban lévő – meteorológiai paraméter számát, s hogy feltárjuk a legfontosabb független meteorológiai faktorokat, melyek felelősek Szeged időjárásának alakításáért.

A kapott faktorérték idősorokra a clusteranalízist alkalmaztuk azon célból, hogy a hasonló időjárási feltételekkel rendelkező napok objektív csoportjait előálíthassuk. A módszer célja, hogy az objektumok homogenitása a legnagyobb legyen a clustereken belül, s egyúttal azok heterogenitása a legnagyobb legyen a clusterek között. A dolgozatban a hierarchikus eljárást, azon belül pedig az „average linkage” módszert használjuk (Anderberg, M. R. 1973, Hair, J. F. et al. 1998, Sindosi, O. A. et al. 2003). Ezután a kapott clusterek mindegyikére (melyek valamelyikébe minden egyes nap beletartozik) kiszámítjuk a meteorológiai és a légszennyező paraméterek átlagértékeit. Így módon megkapjuk az időjárási feltételek, valamint a légszennyező anyagok koncentrációi közötti összefüggéseket. Végül minden egyes időjárási típusra megszerkesztjük az észak-atlanti–európai térség fölött a 00 00 UTC időpontjában mért közepes tengerszinti légnyomáseloszlás térképeit. E térképek elkészítésének a célja az, hogy összekapcsoljuk a légáramlási rendszereket, valamint a légszennyező anyagok feldúsulását/felhígulását Szeged térségében. Szinoptikus rendszerek itt említett, jól elkülöníthető csoportokba történő osztályozása lehetővé teszi számunkra, hogy leírjuk a Szeged térsége számára legfontosabb szinoptikus típusokat.

Amikor meghatározzuk a szinoptikus típusokat, csupán a meteorológiai paramétereket vesszük figyelembe, kizárva a légszennyezettségi adatokat. Következésképpen, az egyes szinoptikus típusokra kiszámított átlagos légszennyezettség koncentrációk további statisztikai értékelésére van szükség. Ezt a feladatot az egyoldali variancia-analízis segítségével hajtuk végre minden egyes légszennyező anyag esetében. A módszer segítségével a különböző szinoptikus típusok (clusterek) légszennyező anyag koncentrációinak szignifikáns eltérései meghatározhatók. Végül a Tukey-féle differencia tesztet alkalmazzuk azon célból, hogy mennyiségileg összehasonlíthassuk minden egyes szinoptikus típus párpai között az átlagos légszennyezettség koncentrációkat (párónkénti többszörös összehasonlítás) (McGregor, G. R. – Bamzeli, D. 1995, Sindosi, O. A. et al. 2003). A statisztikai számításokat az SPSS 9.0 programcsomag segítségével hajtottuk végre.

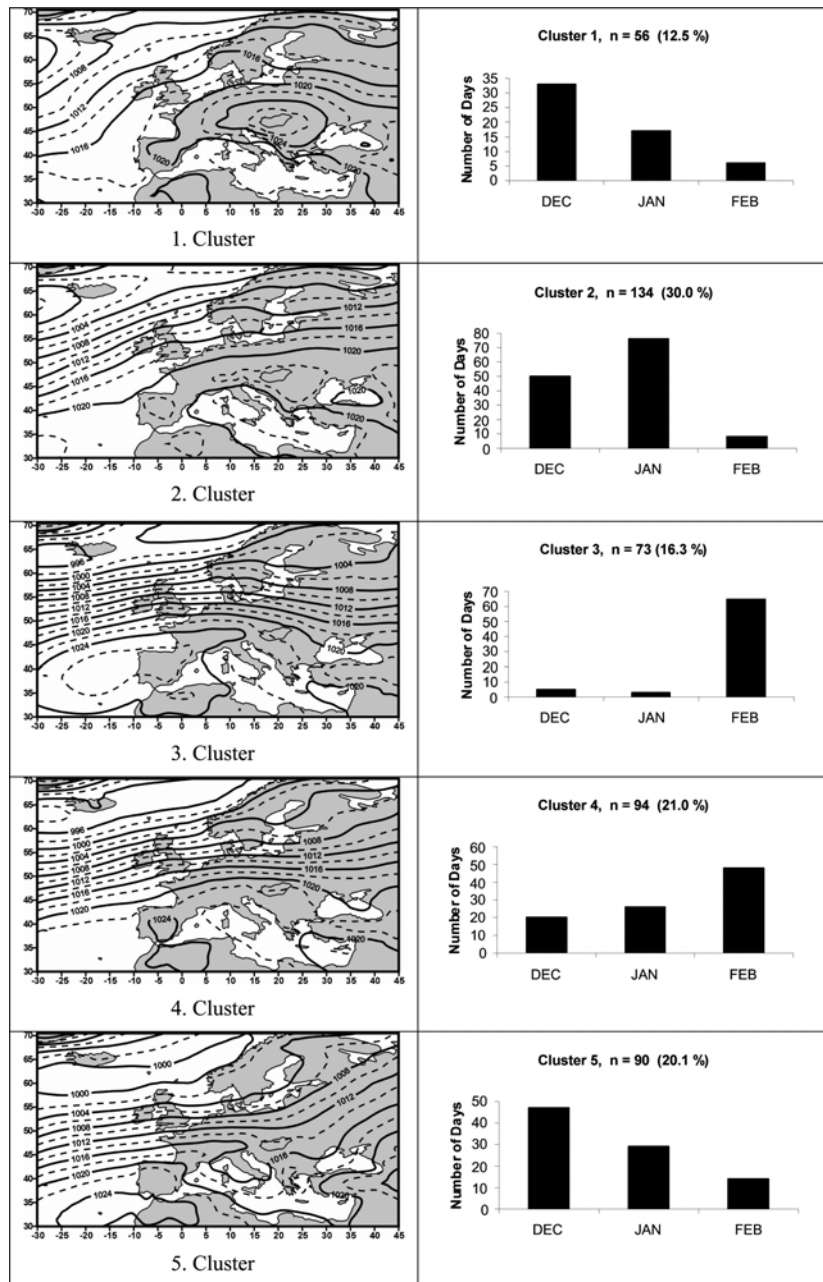
ELEMZÉS

Azon célból, hogy megbecsüljük a különböző légtömegtípusoknak a szegedi légszennyezettség koncentrációkra gyakorolt hatását, objektív többváltozós statisztikai módszereket alkalmaztunk meteorológiai és légszennyezettségi adatokra. Miután objektív tengersizinti légnyomási rendszereket definiáltunk az észak-atlanti-európai térségre, meghatároztuk a Kárpát-medence fölött uralkodó légtömegtípusokat.

Bár az eljárást alkalmazták már a szakirodalomban (*Sindosi, O. A. et al.* 2003); mégis ez egy új megközelítésnek számít a vizsgált térség légtömegtípusainak osztályozására. Ugyanis Magyarország területére mindezidáig csupán az Észak-atlanti térség napi tengersizinti légnyomási mezőinek *Péczely* által elkészített szubjektív osztályozási rendszere ismeretes (*Péczely Gy.* 1957, 1983). *Péczely* osztályozási rendszere – csakúgy, mint az objektív kategorizálása – a 00 00 UTC időpontjában mért tengersizinti légnyomási mezőkön alapszik. *Péczely* 13 makroszintoptikus időjárás-típust határozott meg a Kárpát-medence területére. Ami a téli hónapokat illeti, a *Péczely*-makrotípusok 4 csoportja különíthető el a Kárpát-medencében: (1) déli áramlással kapcsolatos helyzetek, (2) délnyugat felől Közép-Európa felé terjeszkedő anticiklon, (3) anticiklon Magyarországtól északra és (4) anticiklon a Kárpát-medence fölött. Ezek az időjárás-típusok az összes vizsgált nap több mint 70%-át teszik ki a téli hónapokban. Ugyanakkor a jelen dolgozatban kimutatott öt objektív típust alapvetően zonális áramlások jellemzik (az összes vizsgált nap 87,5%-a). E típusok részletesebben a következők: anticiklon Magyarországtól délre (2. és 4. *Cluster*), délnyugat felől Közép-Európa felé terjeszkedő anticiklon (3. *Cluster*), egy zonális ciklonális típus (5. *Cluster*). E típusokat kiegészíti egy anticiklon centrum típus, azaz anticiklon a Kárpát-medence fölött (1. *Cluster*) (az összes vizsgált nap 12,5%-a). Ami a nyári hónapokat illeti, négy *Péczely*-típus a legjellegzetesebb: (1) Magyarország egy kelet-európai ciklon hátoldali áramrendszerében található, (2) délnyugat felől Közép-Európa felé terjeszkedő anticiklon, (3) anticiklon Magyarországtól északra és (4) anticiklon a Kárpát-medence fölött. Ezek a légtömegtípusok az összes vizsgált nap több mint 60%-át teszik ki. Ugyanakkor a 10 objektív clustert alapvetően a következő csoportok határozzák meg: délnyugat felől Közép-Európa felé terjeszkedő anticiklon (2, 3, 4, 5, 8, 9. *Cluster*), anticiklon a Kárpát-medence fölött (1. és 6. *Cluster*), valamint anticiklon Magyarországtól keletre (10. *Cluster*). Az anticiklon centrum helyzet, valamint az anticiklon peremhelyzetek nyári túlsúlya nyilvánvaló mind a *Péczely*-típusoknál, mind az objektív clusterek esetében (*Makra, L. et al.* 2006).

A téli és a nyári hónapokra definiált légtömegtípusokat kapcsolatba hoztuk a légszennyezőanyag koncentrációkkal. Megállapítottuk, hogy a légszennyezettség koncentrációk különböző – a térségre jellemző – légnyomási rendszerekhez köthetők. Következésképpen, az időjárás-előrejelzés ismeretében a várható légszennyező koncentrációk előre megbecsülhetők. Ez az információ hozzájárul a súlyos légszennyezettségi epizódok megelőzéséhez.

Légtömegtípusok objektív osztályozása Szegedre különös tekintettel a levegő szennyezettségére a téli hónapokban



1. ábra Az egyes légtömegtípusok (clusterek) közepes tengersizinti légnyomási mezői, valamint a vizsgált napok számának havi változásai, észak-atlanti–európai térség, téli hónapok (december, január és február)

Figure 1 Mean sea-level pressure fields belonging to each air mass type (cluster), and monthly variation of the number of days belonging to them, North-Atlantic–European region, winter months (December, January, February)

Ugyanakkor hangsúlyoznunk kell, hogy a légcirkuláció nem az egyetlen tényező a légszennyezettség ellenőrzésében. A feltárt légnyomási rendszerek csupán befolyásolhatják a légszennyező anyagok koncentrációit, melyek túlnyomó többségükben antropogén eredetűek. Emiatt a légszennyezettség koncentrációk precíz előrejelzéséhez a jó időjárás-előrejelzés mellett szükség van az emberek szokásainak ismeretére is. Például a csúcsforgalmi napok, a szabadságolások napjainak, vagy az ünnepnapok ismerete is kívánatos bizonyos kibocsátási korlátozások előírásakor. Végül egy másik tényező – mely szintén nem elhanyagolható – az időjárás perzisztenciája (fennmaradása). Továbbá figyelemmel kell lennünk arra, hogy olyan légnyomási rendszerek fennállása, mely tartósan kedvez a légszennyezők feldúsulásának, még rosszabb levegőminőségi feltételeket eredményezhet (Makra, L. et al. 2006).

ÖSSZEGRZÉS

A tanulmány a légszennyező anyagok szegedi koncentrációit elemzi, jellegzetes tengerszinti légnyomási rendszerek fennállásakor. E légnyomási rendszerek által meghatározott jellegzetes légtömegtípusokat definiáltunk mind a téli, mind a nyári hónapokra, amelyek jelentős szerepet játszanak a szennyezőanyagoknak Szeged belvárosában történő feldúsulásában. A téli hónapokra kapott eredmények azt mutatják, hogy az elsődleges légszennyező anyagok nagyobb koncentrációban fordulnak elő, amikor mind a felhőzet, mind a szélsébség csekély (1. és 4. típusok; 1. ábra). Ez az eset fordul elő, amikor egy anticiklon található a Kárpát-medence fölött (1. Cluster), továbbá amikor a Magyarországtól délre eső térség egy anticiklon hatása alatt áll, mely befolyásolja hazánk időjárását (4. Cluster). Az elsődleges légszennyezők koncentrációi akkor alacsonyak, amikor Magyarország fölött zonális áramlások uralkodnak (a szélsébség ekkor a legnagyobb) (3. Cluster, átmeneti típus és 5. Cluster). A nyári hónapok légnyomási rendszere nehezebben kategorizálható, mivel ekkor a légnyomási mezők változékonysága és a gradiensek kisebbek, mint télen. Ez elsősorban az anticiklon-centrum helyzet, valamint az anticiklon peremhelyzetek túlsúlyának tulajdonítható. Az alacsony felhőzet és a rendkívül, alacsony NO-koncentrációk hatására ekkor a másodlagos légszennyezők meglehetősen feldúsulnak. Megjegyzendő, hogy nyáron az O₃-koncentrációk a télen mért értékeik dupláját mutatják.

A légtömegtípusok előrejelzése lehetőséget teremt ahhoz, hogy megelőzzük a szélsőséges légszennyező koncentrációk kialakulását.

Köszönetnyilvánítás: A szerzők köszönetet mondanak az Országos Meteorológiai Szolgálat Módszertani és Elemző Osztályának a vizsgált időszakra vonatkozó tengerszinti légnyomási adatok átadásáért, Haszpra Lászlónak és Horváth Lászlónak a troposzférikus ózontelbontással kapcsolatos értékes tanácsaiért, valamint Deák József Áronnak értékes növénykológiai tanácsaiért.

IRODALOM

- Ambrózy, P. – Bartholy, J. – Gulyás, O.** 1984. A system of seasonal macrocirculation pattern for the Atlantic-European region. *Időjárás* 88. pp. 121-133.
- Anderberg, M. R.** 1973. *Cluster Analysis for Applications*. Academic Press, New York. 353 p.
- Bartholy, J.** 1989. Determination of seasonal macrosynoptic types using cluster analysis and rotated EOF analysis. *Acta Climatologica* 21-23/1-4. pp. 23-33.
- Golder, D.** 1972. Relations among stability parameters in the surface layer. *Boundary Layer Meteorology* 3. pp. 47-58.
- Hair, J. F. – Anderson, R. E. – Tatham, R. L. – Black, W. C.** 1998. *Multivariate data analysis*. 5th ed. Prentice Hall, New Jersey. 730 p.
- Jolliffe, I. T.** 1993. Principal component analysis: A beginner's guide – II. Pitfalls, myths and extensions. *Weather* 48. pp. 246-253.
- Kambezidis, H. D. – Tulleken, R. – Amanatidis, G. T. – Paliatsos, A. G. – Asimakopoulos, D. N.** 1995. Statistical evaluation of selected air-pollutants in Athens, Greece. *Environmetrics* 6. pp. 349-361.
- Kambezidis, H. D. – Weidauer, D. – Melas, D. – Ulbricht, M.** 1998. Air quality in the Athens basin during sea breeze and non-sea breeze days using laser-remote-sensing technique. *Atmospheric Environment* 32. pp. 2173-2182.
- Kassomenos, P. – Flocas, H. A. – Skouloudis, A. N. – Lykoudis, S. – Asimakopoulos, V. – Petrakis, M.** 1998. Relationship of air quality indicators and synoptic scale circulation ant 850 hPa over Athens during 1983-1995. *Environmental Technology* 19. pp. 13-24.
- Károssy Cs.** 1987. A Péczely-féle makroszinoptikus típusok katalógusa (1983-1987). *Légekör* 32/3. pp. 28-30.
- Károssy Cs.** 2004. A Péczely-féle makroszinoptikus típusok, 1988-2003. Kézirat.
- Köppen, W.** 1931. *Grundriss Der Klimakunde*. Walter De Gruyter-Co, Berlin.
- Makra, L. – Mika, J. – Bartzokas, A. – Bécsi, R. – Borsos, E. – Sümegehy, Z.** 2006. An objective classification system of air mass types for Szeged, Hungary with special interest to air pollution levels. *Meteorology and Atmospheric Physics* 92 /1-2. pp. 115-137.
- McGregor, G. R. – Bamzeli, D.** 1995. Synoptic typing and its application to the investigation of weather – air pollution relationships, Birmingham, United Kingdom. *Theoretical and Applied Climatology* 51. pp. 223-236.
- Mohl M. – Gaskó B. – Horváth Sz. – Makra L. – Szabó F.** 2002. Szeged 2. Környezetvédelmi Programja, 2003-2007. Kézirat. (Polgármesteri Hivatal, H-6720 Szeged, Széchenyi tér 10).
- Pasquill, F.** 1962. *Atmospheric diffusion*. Van Nostrand, London. 209 p.
- Péczely, Gy.** 1957. Grosswetterlagen in Ungarn. *Kleinere Veröffentlichungen der Zentralanstalt für Meteorologie Budapest* 30. 86 p.
- Péczely Gy.** 1959. Budapest légszennyezettsége különböző időjárási helyzetekben. *Időjárás* 63. pp. 19-27.
- Péczely Gy.** 1979. Éghajlattan. Tankönyvkiadó, Budapest. 336 p.
- Péczely Gy.** 1983. Magyarország makroszinoptikus helyzeteinek katalógusa, (1881-1983). *Országos Meteorológiai Szolgálat* 53. 116 p.
- Sindosi, O. A. – Katsoulis, B. D. – Bartzokas, A.** 2003. An objective definition of air mass types affecting Athens, Greece; the corresponding atmospheric pressure patterns and air pollution levels. *Environmental Technology* 24. pp. 947-962.
- Trewartha, G. T.** 1943. *An Introduction to Weather and Climate*. McGraw-Hill, New York.
- Turner, D. B.** 1964. A Diffusion Model for an Urban Area. *Journal of Applied Meteorology* 3. pp. 83-91.