

Tanulmánykötet  
Prof. Dr. Mika János  
születésének 70. évfordulója alkalmából



Eszterházy Károly Katolikus Egyetem  
Természettudományi Kar  
Földrajz és Környezettudományi Intézet  
Környezettudományi és Tájökológiai Tanszék

Eger, 2023



**Szerkesztette:** Lakatos László

**Szerzők**

Anda Angéla	Kárász Imre	Rácsi András
Baráth Enikő	Kertész Ádám	Skarbit Nóra
Bartók Blanka	Kovács Erik	Steier József
Beteg Noémi	Lakatos László	Szegedi Sándor
Bihari Zita	Lakatos Mónika	Szentes Olivér
Bujtor László Dániel	Lázár István	Szentimrey Tamás
Dobos Anna	Lükő István	Tolnai Zsófia
Domonkos Péter	Makra László	Tóth Antal
Dunkel Zoltán	Misik Tamás	Tóth Tamás
Gál Tamás	Patkós Csaba	Ujfaludi László
Hunkár Márta	Pénzesné Kónya Erika	Unger János
Ihász István	Puskás János	Utasi Zoltán

**Technikai szerkesztés:** Lakatos László

© A tanulmányok tartalmáért a szerzők felelősek

ISBN 978-963-496-260-1

**Kiadásért felel**

Eszterházy Károly Katolikus Egyetem  
Természettudományi Kar  
Földrajz és Környezettudományi Intézet  
Környezettudományi és Tájökológiai Tanszék

Eger, 2023

# TARTALOMJEGYZÉK

## ELŐSZÓ

ANDA ANGÉLA

Keszthelyi meteorológiai megfigyelések - dióhéjban .....9

BARTÓK BLANKA, BETEG NOÉMI

Globálsugárzás és különböző szintű felhőzet változásai Euro-Cordex  
klímamodellek alapján a Kárpát-medencében és környezetében .....24

BIHARI ZITA, LAKATOS MÓNIKA, SZENTES OLIVÉR, SZENTIMREY TAMÁS

Hosszú, jó minőségű éghajlati adatsorok vizsgálata a múlt század elejétől,  
különös tekintettel az elmúlt 70 évre.....43

BUJTOR LÁSZLÓ DÁNIEL, TOLNAI ZSÓFIA, DOBOS ANNA

Az egri Szmrecsányi Lajos Érsekkert, az Egri Termál- és Strandfürdő  
és a Szent József Gyógypark egyedi tájértékeinek bemutatása .....61

DOMONKOS PÉTER

Globális klímaváltozás és a megfigyelési adatok pontossága .....87

DUNKEL ZOLTÁN, BARÁTH ENIKŐ, HUNKÁR MÁRTA

Fenológiai vizsgálatok módszertani kérdései ..... 114

MÁRTA HUNKÁR, ENIKŐ BARÁTH, ZOLTÁN DUNKEL

Phenology from space and ground .....135

IHÁSZ ISTVÁN

Az OMSZ-ECMWF együttműködés 30 éve .....159

KÁRÁSZ IMRE

A versenyzési motiváltság változása a Kaán Károly Országos Természet- és  
Környezetismereti Verseny példáján (1993-2012) .....175

KERTÉSZ ÁDÁM

Földhasználat változás és környezetváltozás.....187

KOVÁCS ERIK, PUSKÁS JÁNOS

A hőmérséklet változása a Zalai borvidéken.....204

LAKATOS LÁSZLÓ

A szárazság hatása a magyarországi borszőlő termés nagyságának jövőbeli  
alakulására.....212

LÁZÁR ISTVÁN, TÓTH TAMÁS, SZEGEDI SÁNDOR A potenciális szélenergiát meghatározó terepi érdekesség vizsgálata távérzékelte szélsőségek adatok alapján.....	241
LÜKŐ ISTVÁN Szemléletformálás, módszertani-oktatástechnológiai változások .....	260
MAKRA LÁSZLÓ A parlagfűpollen transzport légcirkulációs pályáinak meghatározása Szeged térségére backward trajektóriák alkalmazásával .....	279
MISIK TAMÁS Az 50 éves Síkfőkút Project – a cserjeszintre vonatkozó hosszú-távú adatsorok.....	300
PÉNZESNÉ KÓNYA ERIKA A növényvilág megőrzésének nehézségei a világban és jelentősége a környezeti nevelésben. ....	313
RÁZSI ANDRÁS Összehasonlító elemzés az elektronikus médiában az éghajlatváltozással kapcsolatos 2014-ben és 2021-ben megjelent műsorok minősége között.....	322
STEIER JÓZSEF Mika János tanár úr 70 éves születésnapjára.....	331
TÓTH ANTAL, PATKÓS CSABA A felekezeti megoszlás területi aspektusú vizsgálata az Egri Főegyházmegyében a 2022-es népszámlálás adatainak tükrében.....	334
UJFALUDI LÁSZLÓ Fizika-művészet kapcsolatok .....	347
UNGER JÁNOS, SKARBIT NÓRA, GÁL TAMÁS Hőhullámos és normál nyári időszakok hőkomfort viszonyainak regionális és városi léptékű összehasonlítása.....	355
UTASI ZOLTÁN Integrált kataszterek .....	369

## A parlagfűpollen transzport légcirkulációs pályáinak meghatározása Szeged térségére backward trajektóriák alkalmazásával

Determining the air circulation pathways of ragweed pollen transport to the Szeged area, Hungary, using backward trajectories

Makra László

PhD, professor emeritus

Szegedi Tudományegyetem, Mezőgazdasági Kar, Gazdálkodási és Vidékfejlesztési Intézet

6800 Hódmezővásárhely, Andrásy út 15.

*Email: makralaszlo@szte.hu*

### Absztrakt

A szállópor nagytávolságú transzportja jelentősen hozzájárulhat a helyi légszennyezéshez. A levegőben található pollen jelentősége megnőtt a folyamatban lévő klímaváltozása miatt: a pollenszezon meghosszabbodása és a levegőben lévő pollen átlagos koncentrációjának emelkedése megnövelte annak egészségügyi kockázatát. Célunk, hogy azonosítsuk a légáramlások fő útvonalait, melyek befolyásolják levegő pollenkoncentrációját három európai városban, Thesszalonikiben, Szegeden és Hamburgban. A trajektóriákat a HYSPLIT modell segítségével számítottuk ki. Előállítottuk az ezekre a településekre 12.00 GMT-kor érkező négynapos, hatóránkénti 3D backward trajektóriákat a vizsgált öt éves időszak minden egyes napjára. A k-közép klaszterezési algoritmust alkalmaztuk a trajektória típusok meghatározására a Mahalanobis metrika felhasználásával. Az egyes clusterek 3D „convhull” függvényrel történő körülhatárolása új megközelítésnek számít a szakirodalomban. A clusteranalízis eredményei azt mutatják, hogy Thesszaloniki esetében Nyugat-Európa és a Földközi-tenger térsége járul hozzá a legnagyobb mértékben a magas átlagos Urticaceae pollen koncentrációhoz. Szeged esetében az *Ambrosia*-pollen koncentráció növekedése szempontjából kulcsfontosságúak az Északnyugat-Európa, Északkelet-Európa és Észak-Európa térsége felől érkező backtrajektóriák. Jelentős *Ambrosia*-pollen forrásként azonosítottunk egy Közép-Európa feletti clustert, mely magába foglalja Magyarország területét. Hamburg esetében a Poaceae koncentrációt befolyásoló trajektóriák származási területe Nyugat-Európa és a közép-atlanti régió. A forrásterületek elhelyezkedése egybeesik a kérdéses taxonok főbb élőhelyi régióival. A clusterektől függő kritikus napi pollenszám-túllépéseket két statisztikai index segítségével értékeltük. Kifejlesztettünk továbbá egy módszert a közepes- és nagy távolságból érkező pollentranszport szétválasztására.

**Kulcsszavak:** nagytávolságú pollentranszport, backward trajektóriák, clusteranalízis, Mahalanobis metrika, a közepes- és nagytávolságú pollentranszport szétválasztása

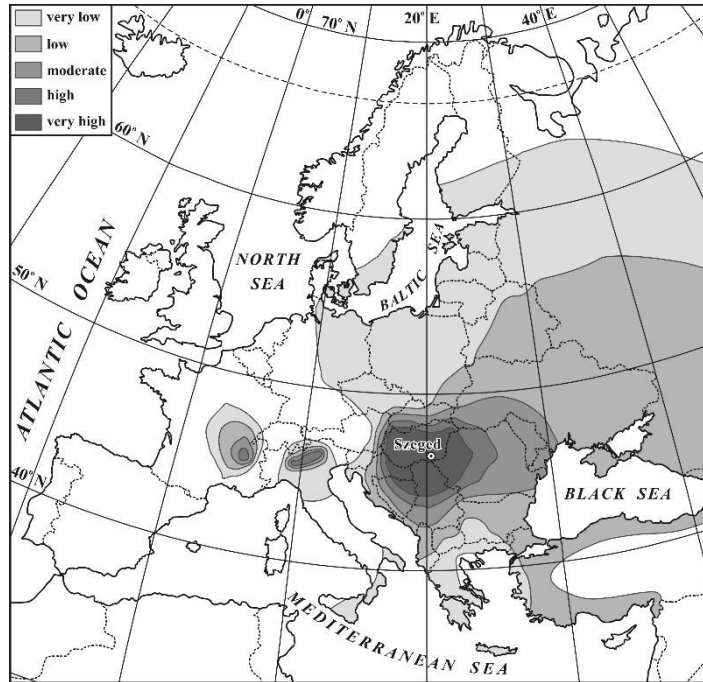
**Abstract**

The long-range transport of particulates can substantially contribute to local air pollution. The importance of airborne pollen has grown due to the recent climate change; the lengthening of the pollen season and rising mean airborne pollen concentrations have increased health risks. We aim to identify atmospheric circulation pathways influencing pollen levels in three European cities, namely, Thessaloniki, Szeged and Hamburg. Trajectories were computed using the HYSPLIT model. 4-day, 6-hourly three-dimensional backward trajectories arriving at these locations at 1200 GMT are produced for each day over a 5-year period. A k-means clustering algorithm using the Mahalanobis metric was applied in order to develop trajectory types. The delimitation of the clusters performed by the 3D function “convhull” is a novel approach. The results of the cluster analysis reveal that the main pathways for Thessaloniki contributing substantially to the high mean Urticaceae pollen levels cover Western Europe and the Mediterranean. The key pathway patterns for *Ambrosia* for Szeged are associated with backward trajectories coming from North-western, North-eastern, and Northern Europe. A major pollen source identified is a cluster over Central Europe, namely the Carpathian basin with peak values in Hungary. The principal patterns for Poaceae for Hamburg include Western Europe and the mid-Atlantic region. Locations of the source areas coincide with the main habitat regions of the species in question. Critical daily pollen number exceedances conditioned on the clusters were also evaluated using two statistical indices. In addition, a method was developed for separating medium- and long-range airborne pollen transport.

**Keywords:** long-range airborne pollen transport, backward trajectories, cluster analysis, Mahalanobis metric, separation of medium- and long-range airborne pollen transport

**1. Bevezetés**

A különböző taxonok allergén pollenjei Európa jelentős területein meghaladhatnak bizonyos kritikus értékeket. Közép-Európában a parlagfű (*Ambrosia*) pollenje az allergiával kapcsolatos légúti megbetegedések legfontosabb előidézője. Az Alföld szerepe Szegeddel, annak földrajzi középpontjával különleges, mivel világviszonylatban a legmagasabb napi és évi parlagfű pollenszámok itt találhatók (1. ábra) (Makra et al., 2004; 2005).



1. ábra A parlagfűpollen koncentráció térbeli eloszlása Szeged földrajzi pozíciójával, augusztus utolsó 10 napja, Európa (<https://ean.polleninfo.eu/ean> nyomán)

Allergén pollenek nagy távolságú transzportját tanulmányozta már többek között Lorenzo et al. (2006) a forrásterületek azonosítása végett. A pollentranszport tanulmányozása hozzásegíthet a pollenszámok változásának megértéséhez, valamint a pollenkoncentráció pontos előrejelzéséhez (Damialis et al., 2005). Számos szerző használt már egyedi backward trajektóriákat bizonyos pollenzennyezési epizódok interpretálásához (Hjelmroos, 1991, Franzen et al., 1994; Rousseau et al., 2004; 2008), azonban ez egy meglehetősen hozzávetőleges megközelítés valamely légtömeg útvonalának nyomon követésére és származási helyének meghatározására. Egy viszonylag hosszú időszakot követően egy adott földrajzi koordináta fölé érkező trajektóriák clusteranalízis segítségével elemezhetők az adatkészleten belüli összefüggések feltárása végett. A clusteranalízist számos szerző alkalmazta már egyes trajektóriáknak viszonylag kis számú csoportba történő osztályozására (Dorling et al., 1992). Azonban ezt az eljárást ez ideig még nem használták a levegő pollenkoncentrációinak interpretálására. A clusteranalízis adatok homogén csoportjait azonosítja anélkül, hogy információt nyújtana az ok-okozati kapcsolatokról. Mindazonáltal az ily módon kapott adatcsoportok segíthetnek a pollenadatok értelmezésében, pl. a légköri transzport rendszerek azonosításában. Természetesen a clusteranalízis révén kapott eredmények megbízhatósága a vizsgált trajektóriák számával emelkedik (Borge et al., 2007).

Tudomásunk szerint eddig még nem jelent meg olyan tanulmány, amely hosszú időszakra vonatkozó trajektória clustereket használt volna fel nagy távolságú transzport rendszerek azonosítására, melyek befolyásolhatják adott földrajzi helyek levegőminőségének biológiai összetevőjét. Nagy időbeli felbontású pollenkonzentráció adatok, mint pl. a napi pollenszámok kétóránkénti menete segíthet a mért pollenkonzentráció eredetének a meghatározásában (a nappali pollencsúcs lehetséges helyi eredetre utal, míg az éjszakai, vagy a kora hajnali csúcsok nagy távolságú transzport jelezhetnek (Šikoparija et al., 2009). Azonban nincs információ a szakirodalomban arra vonatkozóan, hogy miként különítsük el egymástól a lokális pollenszórást is magába foglaló közepes távolságú pollentranszportot a nagy távolságú pollentranszporttól, s következésképp, miként határozzuk meg e két komponens hozzájárulását a mért teljes napi pollenkonzentrációhoz. Ebben a fejezetben az összes taxon pollenje közül a leginkább allergén *Ambrosia* pollen Szeged fölötti koncentrációit elemezzük backward trajektóriák clustereinek segítségével öt éves (1998-2002) napi pollenadatok alapján (1. ábra).

Ahhoz, hogy a pollenkonzentrációnak az egészségre gyakorolt hatását vizsgáljuk, általában kritikus küszöbértékeket definiálunk. Küszöbértékeket definiálhatunk az allergiás betegek klinikai tüneteinek a körülhatárolásával (klinikai küszöbök), vagy pedig aerobiológiai adatsorok statisztikai analízise révén (statisztikai küszöbök). Mivel a szakirodalomban több klinikai küszöbérték ismeretes az *Ambrosia* pollenszintekre (lásd: 6.2.2. szakasz), ezért statisztikai küszöböt alkalmaztunk a parlagfű pollenszám túllépésekre. Küszöbértéknek a felső kvartilist választottuk, vagyis azt az értéket, amely fölött 25% a parlagfűpollen koncentráció relatív gyakorisága. Jóllehet bármely küszöbérték választása szubjektív, ez az érték mégis megfelelőnek tűnik, ugyanis egyrészt elég nagy ahhoz, hogy magas koncentrációjú eseményeket határozzon meg, másrészt elég alacsony ahhoz, hogy elegendő esetszámot biztosítson a statisztikai analízishez.

A vizsgálat célja olyan kulcsfontosságú földrajzi régiók azonosítása, melyek jelentős szerepet játszanak a Szeged fölötti magas napi *Ambrosia* pollen koncentrációkban. Evégett a város fölé érkező backward trajektóriákat a pollenszezonra vonatkozóan clusterezzük. Majd ANOVA-t alkalmazunk annak meghatározására, hogy a különböző régiókhöz tartozó átlagos pollenkonzentrációk szignifikánsan eltérnek-e egymástól. A clusterezést háromdimenziós (3D) backward trajektóriákra hajtjuk végre. Az egy bizonyos küszöbértéket meghaladó clusterfüggő napi pollenkonzentrációkat két statisztikai index segítségével elemezzük. Végül bemutatunk egy eljárást a lokális pollenszórást is magába foglaló közepes távolságú pollentranszport és a nagy távolságú pollentranszport elkülönítésére.

## 2. Anyag és módszer

### 2.1 Vizsgált területek és pollen adatok

Három európai város, Thesszaloniki (Görögország), Szeged (Magyarország) és Hamburg (Németország) ötéves napi pollenadatait (1998-2002) használtuk. Ezek a városok domborzatuk és éghajlatuk, valamint növényi taxonok jelenléte és bősége tekintetében különböznek egymástól. Városonként kiválasztottuk azokat a taxonokat, amelyek jelentős mértékben hozzájárulnak a teljes légköri pollenkoncentrációhoz, és amelyeknek magas allergenitásúak. A pollenszemeket mindhárom városban hétnapos észlelésű Hirst-féle pollensapdákkal gyűjtötték (Hirst, 1952). A csapdát Thesszaloniki, Szeged és Hamburg központjában lévő épületek tetejére helyezték el kb. 30 m-re (Damialis et al., 2007), 20 m-re (Makra et al., 2005) és 25 m-re (Nowak et al., 1996) a talajszint felett. A pollenszemek azonosítását és számlálását mikroszkóppal történt. A pollenszámokat átlagos napi pollenkoncentrációban fejeztük ki (pollenszemek száma levegő m<sup>3</sup>-re vonatkoztatva). A mikroszkóp tárgylemezein a pollenszemek számlálásának részletes leírását Kápylá és Penttinen (1981), valamint Mandrioli (2000) mutatja be. Vizsgálatainkhoz felhasználtuk Thesszaloniki (Université de Thessaloniki, 2003), Szeged (Alsó-Tisza-vidéki Környezet- és Természetvédelmi és Vízügyi Felügyelőség, Szeged, Magyarország) és Hamburg (<http://www.dwd.de/klimadaten>) napi meteorológiai adatait is (átlaghőmérséklet, a napsugárzás átlagos globális fluxusa, átlagos relatív páratartalom és napi csapadékösszeg).

A pollen emberi egészségre gyakorolt hatásának elemzéséhez általában kritikus küszöbértékeket határoznak meg. A küszöbértékek meghatározhatók az allergiás betegek klinikai tüneteinek körülhatárolása céljából (klinikai küszöbértékek), vagy azokat az aerobiológiai adatkészletek statisztikai elemzésével kaphatjuk meg (statisztikai küszöbértékek). Mivel nem ismert, hogy a szóban forgó pollenfajtákra vonatkozó klinikai küszöbértékek ugyanazzal a módszerrel meghatározhatók-e, ezért statisztikai küszöbértékeket alkalmaztunk a pollenszám-túllépésekre felderítésére. A küszöbértéknek az egyes pollenfajták felső kvartiliséét tekintjük; vagyis azt az értéket, amely feletti pollenkoncentráció relatív gyakorisága 25%. Mivel a küszöbérték kiválasztása szubjektív, ez az érték megfelelőnek tűnik, mert elég nagy ahhoz, hogy meghatározza a magas koncentrációjú eseményeket, és elég alacsony ahhoz, hogy elegendő eset legyen a statisztikai elemzéshez.

### 2.2 Backward trajektóriák

Egy ETEX (European Tracer Experiment) kutatás keretében három nagyméretű Lagrange-diszperziós modell, azaz a CALPUFF 5.8, a FLEXPART 6.2 és a HYSPLIT 4.8 hatékonyságát hasonlították össze. Négy statisztikai

pontszám alapján a HYSPLIT modell érte el a legjobb teljesítményt (Anderson, 2008). Ezért úgy döntöttünk, hogy tanulmányunkban a HYSPLIT modellt használjuk (Draxler és Hess, 1998).

Thesszaloniki, Szeged és Hamburg backward trajektóriáit a Hybrid Single-Particle Lagrangian Integral Trajectory (HYSPLIT, version 4.8; <http://www.arl.noaa.gov/ready/hysplit4.html>) model segítségével számítottuk ki, amelyet az NCEP/NCAR-tól (National Centers for Environmental Prediction / National Center for Atmospheric Research, <http://dss.ucar.edu/datasets/ds090.0/>) szereztünk be.

Mivel egyetlen backward trajektória pályájának nagy a bizonytalansága és korlátozott a szignifikanciája (Stohl, 1998), ezért a  $h=500$ ,  $1500$  és  $3000$  m AMSL magasságra beérkezett trajektóriákat az 1998-tól 2002-ig terjedő 5 éves periódusban vettük fel. A három helyszínre 12.00 GMT-kor érkező 4 napos, 6 óránkénti háromdimenziós (3D) backward trajektóriákat használtunk a fent említett városokba érkező légrézecske vízszintes és függőleges mozgásának leírására. A vizsgált öt éves időszak minden egyes pollenfajta esetében a pollenszezon napjait fedti le. A pollenszezon a kezdőnapjának és utolsó napjának a dátuma határozza meg. A szezon kezdetének (végének) azt az első (utolsó) dátumot használtuk, amikor  $1$  pollenszem  $m^{-3}$  levegőt rögzítünk és legalább 5 egymást követő (előző) napon  $1$  vagy több  $m^{-3}$  pollenszem is előfordul (Galán et al., 2001). Egy adott pollenfajta esetében minden évben az öt éves időszak leghosszabb pollenszezonját vettük figyelembe.

### 2.3 Cluster analysis

A clusteranalízis egy elterjedt statisztikai módszer bizonyos elemek együttesének, pl. a légköri trajektóriák objektív csoportosítására hasonlósági mérőszám segítségével. A cél a clustereken belüli elemek homogenitásának maximalizálása és a clusterek közötti heterogenitás maximalizálása. Egy nem hierarchikus clusteranalízist alkalmaztunk  $k$ -közép algoritmussal, Mahalanobis metrikával (Mahalanobis, 1936). A clusterezésre kerülő adatok magukban foglalják az egyes városok 3D backward trajektóriáinak 4 napos, 6 óránkénti koordinátáit ( $\varphi$  - szélesség,  $\lambda$  - hosszúság és  $h$  - magasság AMSL).

A clustereken belüli homogenitást az RMSD-vel mértük, amelyet úgy definiáltunk, mint a clusterelemeknek a megfelelő clusterközépponttól vett négyzetes eltérései négyzetgyökének az összegét. Az RMSD-értéke általában a clusterek számának növekedésével csökken. Így ez a mennyiség önmagában nem túl hasznos a klaszterek optimális számának meghatározásához. Sokkal informatívabb azonban az RMSD (CRMSD) változása a klaszterszámok változásával szemben, vagy akár a CMRSD (CCRMSD) változása is. Ezért a 15-től 1-ig terjedő clusterszámokkal dolgozva egy optimális clusterszámot

választottunk ki, hogy maximalizáljuk a CRMSD változását. Ennek a megközelítésnek az a racionális háttere, hogy a kisebb számú clusterhez képest a legnagyobb javulást eredményező clusterszámot tekintjük optimálisnak.

A clusterezést teljes trajektóriákon végeztük el, ezek négynapos, hatóránkénti koordinátái alapján három beérkezési magasságra, illetve három városra. Így összesen  $1 \times 3 \times 3 = 9$  clusterezési eljárást hajtottunk végre. A clusteranalízis eredményeit városonként a legalacsonyabb ( $h=500$  m) beérkezési magasságra írjuk le és mutatjuk be, mivel ezen a magasságon várható a backward trajektóriák legnagyobb hatása a pollenkoncentrációra. A backward trajektória clusterek szétválasztása és a backward trajektóriák clusterjeihez való ábrák elkészítése egyaránt egy újszerű megközelítéssel, a „convhull” függvény segítségével történt. Az algoritmus (qhull eljárás; <http://www.qhull.org>) összegyűjti a clusterhez tartozó szélső pályapozíciókat (a középponttól legtávolabbi pozíciókat), amelyeket azután elkülöníti. Pontosabban, az eljárás a legkisebb konvex tetet hozza létre, azon legkisebb térfogattal, amely lefedi a clusterek backward trajektória pályáit. Megjegyzendő, hogy a „konvex test” kifejezést a geometriában általában a síkban egy adott nem üres véges ponthalmazt tartalmazó legkisebb konvex halmaz körülhatárolására használják (Preparata és Hong, 1977).

Borge et al. (2007) kétlépcsős clusterezési eljárást alkalmazott. Megfigyelték, hogy az eredeti egylépcsős clusteranalízist, amely minden trajektóriát tartalmazott, erősen befolyásolta a trajektória hossza. A gyorsan mozgó légtömegeket reprezentáló hosszú trajektóriák nagymértékben szétszórtak voltak, annak ellenére, hogy gyakran ugyanabból a földrajzi régióból származtak. Azonban számos rövid, lassan mozgó légtömegeket reprezentáló trajektória egy csoportba került, jóllehet azok igen heterogén régiókból származtak. Ezért az új clustereket azonosító rövid trajektóriákat újraelemztünk (második lépcső). A második lépcsős analízisre azonban nincsen szükség, ha a clusterezési eljárás metrikája nem euklideszi. A két lépés szükségességének a problematikája megszűnik, ha Mahalanobis metrikát használunk. A kétlépcsős clusteranalízis kérdése abból adódik, hogy a trajektória pontok időben távoli és közeli koordinátáinak szórásai eltérnek egymástól. A különböző szórások szerepének bemutatásához vegyünk 200 km eltérést egy adott trajektória pont helyzetétől. Egy ilyen különbség tőlünk mintegy 1500 km-re viszonylag kicsinek tűnik, míg a trajektória kiindulási pontjához közel ez az eltérés igen nagynak számít.

A k-means algoritmussal végzett klaszterezés a MATLAB 7.5.0 szoftverrel történt. A trajektória clustereket a HYSPLIT által támogatott sztereografikus poláris síkra vetítettük (Taylor, 1997).

## 2.4 Variancia analízis (ANOVA)

Egytényezős varianciaanalízist (ANOVA) alkalmaztunk annak meghatározására, hogy a csoportok közötti variancia szignifikánsan nagyobb-e, mint a csoporton belüli variancia. A szóban forgó csoportok átlagain végzett ANOVA-t követően post-hoc Tukey-tesztet alkalmaztunk annak megállapítására, hogy mely csoportok különböznek szignifikánsan egymástól (Tukey, 1985). Az ANOVA eredményei tisztázhatják a nagytávolságú transzport lehetséges szerepét a helyi pollenkoncentrációkban. A különböző klaszterpárok átlagos pollenkoncentrációi közötti jelentős eltérések feltárhatják a légtömegek származási helyének és azok transzportjának a helyi pollenkoncentrációkra gyakorolt hatását.

A pollenkoncentráció, mint minden a meteorológiai tényezők által vezérelt változó, erős éves menetet mutat; ráadásul az év egy bizonyos időszaka pollenpormentes. Ezért az ANOVA alkalmazása előtt a pollenadatokat évi menetet eltávolítottuk, majd standardizált adatkészleteket használtunk. A standardizált adatsorok az éves ciklusoktól mentesek, ami garantálja, hogy a trajektória típusoknak megfelelő átlagos pollenkoncentrációk megkülönböztetése maguknak a típusoknak köszönhető, és nem az év időszakaihoz kapcsolódik.

Az egyes városok napi pollenkoncentrációinak változékonyságát elemeztük annak érdekében, hogy kiderüljön, hogy a clusterek befolyásolták-e a pollenkoncentrációkat. F-tesztet alkalmaztunk annak ellenőrzésére, hogy a clusterek szerint átlagolt pollenkoncentrációk közötti különbség szignifikáns-e. Ha az ANOVA-val szignifikáns különbséget találtunk a clusterek szerint átlagolt pollenkoncentrációk között, akkor a Tukey-teszttel azonosítottuk azokat a clusterpárokat, amelyek pollenkoncentráció átlagai szignifikánsan eltérnek egymástól. Számos módszer áll rendelkezésre egy minta részmintáiból számított átlagok összehasonlítására. Egy viszonylag egyszerű, de hatékony módszer a Tukey-teszt használata (Tukey, 1985). Ez a teszt jól teljesít mind a teszt elsőfajú hibáinak halmozódása, mind a tesztteljesítmény szempontjából. Ez, vagy bármely más teszt feltételezi az adatok statisztikai függetlenségét. Az egymást követő pollenadatokat azonban korrelálhatnak, és a becsült átlagok nagyobb varianciáit eredményezhetik a korrelálatlan adatokhoz képest. A klasszikus Tukey-tesztet ezért az egyes klaszterek adataihoz külön-külön illesztett autoregresszív (AR) modellek segítségével kapott becsült átlagok varianciáival módosítottuk.

## 2.5 Faktoranalízis és speciális transzformáció

A faktoranalízis lineáris kapcsolatokat azonosít a vizsgált változók részalmazai között, ami segít csökkenteni a kezdeti adatbázis dimenzióit anélkül, hogy az jelentős mennyiségű információt veszítene. Először faktoranalízist alkalmaztunk a nyolc változóból álló kiindulási standardizált adatbázisra (három

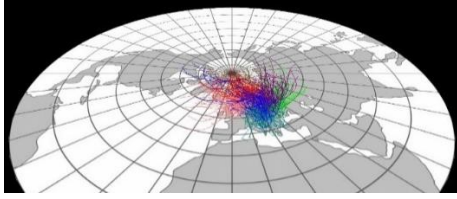
éghajlati és öt trajektória változó), hogy az eredeti változókat kevesebb változóvá transzformáljuk. Ezek az új változók, melyek faktoroknak nevezünk, tekinthetők a fő éghajlati / trajektória függvényeknek, amelyek potenciálisan befolyásolják a szóban forgó városok napi pollenkoncentrációját. A megtartott faktorok optimális számát a teljes variancia előre meghatározott százaléka elérésének a kritériuma határozza meg (Jolliffe, 1993). Ezt a százalékos értéket esetünkben 80%-ban határoztuk meg. A faktoranalízis elvégzése után a megtartott faktorok speciális transzformációját hajtottuk végre annak meghatározására, hogy (1) a fent említett magyarázó változók (3 éghajlati és 5 trajektória változó) milyen mértékben befolyásolják az eredményváltozót (napi pollenkoncentráció), és (2) milyen a fenti változók eredményváltozóra gyakorolt befolyásának a rangsora (Jolliffe, 1993; Fischer és Roppert 1965; Jahn és Vahle 1968).

### 2.6. Szélsőségesen magas pollenkoncentrációk statisztikai jellemzése

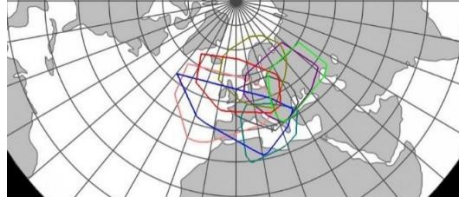
A nagytávolságú transzport szerepét vizsgáltuk a clusterek szerinti előfordulásuk elemzésével azokon a napokon, amikor a 24 órás pollenkoncentráció meghaladta a küszöbértéket. Küszöbértéknek az egyes pollenfajták napi pollenkoncentrációjának felső kvartilisének tekintettük; azaz azt az értéket, amely feletti pollenkoncentráció relatív gyakorisága 25%. Mivel a küszöbérték kiválasztása szubjektív, ez az érték megfelelőnek tűnik, mert elég nagy ahhoz, hogy meghatározza a magas koncentrációjú eseményeket, és ezzel egyidejűen elég alacsony ahhoz, hogy elegendő eset legyen a statisztikai elemzéshez. Az ötéves standardizált adatbázisok alapján ez a küszöbérték Thessalonikiban az Urticaceae, Szegeden az *Ambrosia* Hamburgban pedig a Poaceae esetében rendre 2,05, 2,42 és 2,04.

## 3. Eredmények

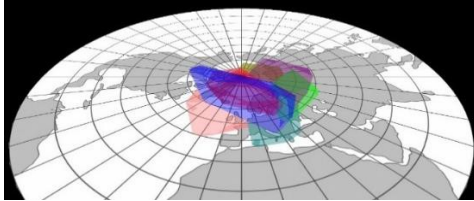
Szeged esetében nyolc clustert tartottunk meg a CCRMSD-n alapuló 3D analízis végrehajtásakor. Az *Ambrosia* pollenre bemutatjuk az összes 3D backward trajektóriát, eltérő színekkel jelezve, hogy azok melyik clusterhez tartoznak (2. ábra, bal felső panel); az összes clustert trajektóriák nélkül, de azok eltérő színű 3D konvex testjeivel felülnézetben (2. ábra, jobb felső panel); továbbá az összes trajektória clustert, melyeket azok legkisebb átlátszó konvex testjeik határolják körül (2. ábra, bal középső panel); valamint azok 90°-os elforgatását (2. ábra, jobb középső panel). Ezenkívül közöljük a trajektória clusterek egy függőleges kiterjesztését azok átlátszó 3D konvex testjeivel (2. ábra, alsó panel).



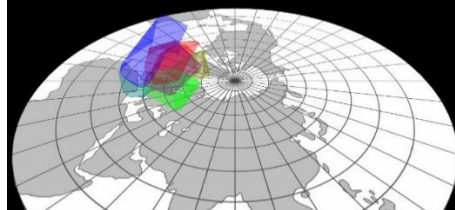
az összes trajektória; az eltérő színek jelzik, hogy mely clusterekbe tartoznak



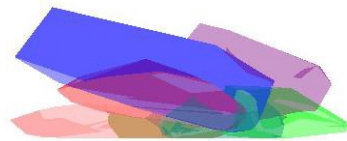
az összes trajektória (a backward trajektóriák nélkül) az eltérő színű 3D convex testükkel körülhatárolva, felülnézet



az összes trajektória cluster, a 3D convex testükkel körülhatárolva, átlátszó



az összes trajektória cluster, a 3D convex testükkel körülhatárolva, 90°-os elforgatás, átlátszó

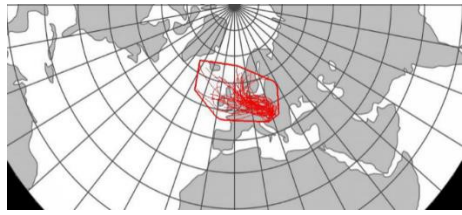


Szeged

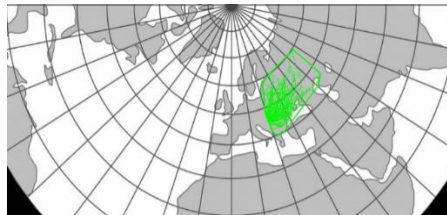
a trajektória clusterok vertikális kiterjedése a 3D convex testükkel körülhatárolva, átlátszó

2. ábra A backward trajektóriák megtartott 3D clusterjei, Ambrosia, Szeged,  $h=500$  m

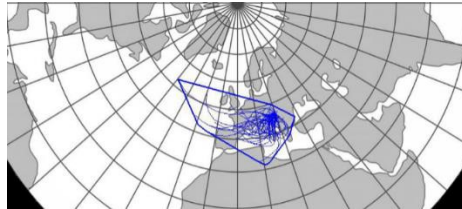
Az 1., 2. és 3. clusterben a legtöbb trajektória rendre ÉNy-Európából, ÉK-Európából, illetve Ny-Európából származik. Ezek hosszú, következésképp gyors mozgású trajektóriák, azonban a leggyorsabb trajektóriák a 8. clusterben találhatóak. Ez utóbbiak Ny-Európából szállítanak légtömegeket Szeged fölé, továbbá számos trajektória közép-atlanti eredetű, ami igen gyors transzportnak felel meg. A 4. cluster legtöbb trajektóriája nagy területet borítva É-Európából származik. Az 5. cluster, mely a legtöbb trajektóriát tartalmazza, heterogén szerkezetű, s É- és K-Európa fölötti eltérő cirkulációs rendszerekhez kapcsolódik. A 6. és 7. cluster a rendre D- és Közép-Európa fölött elhelyezkedő legrövidebb, ennél fogva a leglassúbb trajektóriákból áll (3. ábra).



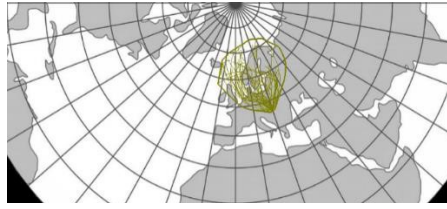
1. cluster 66 trajektória, 11,1%



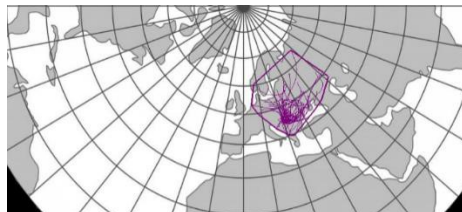
2. cluster 58 trajektória, 9,7%



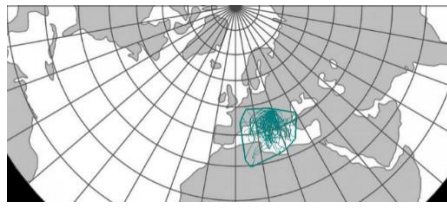
3. cluster 48 trajektória, 8,1%



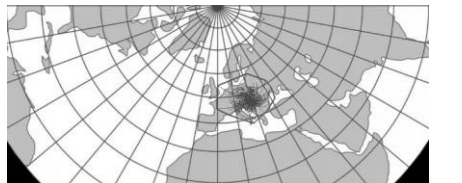
4. cluster 62 trajektória, 10,4%



5. cluster 125 trajektória, 21,0%



6. cluster 58 trajektória, 9,7%



7. cluster 98 trajektória, 16,5%



8. cluster 80 trajektória, 13,4%

3. ábra A backward trajektóriák megtartott clusterjei, Ambrosia, Szeged, felülnézet,  $h=500$  m

1. táblázat A standardizált Ambrosia pollen koncentrációk paraméterei az egyes clusterekre, Szeged,  $h=500$  m (**vastag**: maximum; *dőlt*: minimum)

Cluster	1	2	3	4	5	6	7	8
átlag	1,41	1,49	<i>1,03</i>	1,46	1,10	1,12	<b>1,60</b>	1,19
szórás	1,73	<b>1,82</b>	<i>1,25</i>	1,61	1,57	1,31	1,76	1,30
trajektóriák száma	66	58	48	62	<b>125</b>	58	98	80
%	11,1	9,7	<i>8,1</i>	10,4	<b>21,0</b>	9,7	16,5	13,4

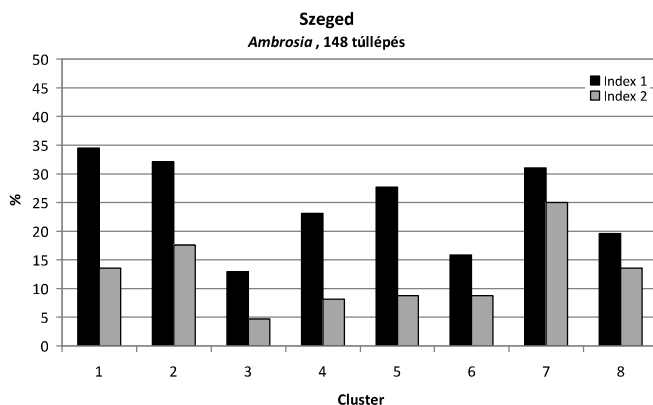
A 1. táblázat az *Ambrosia* pollen jellemzőit összegzi a megtartott clusterekre. A Tukey teszt alkalmazásával az összes lehetséges 28 db clusterpár közül 5 esetben (17,9%) az átlagos parlagfűpollen koncentrációk szignifikáns eltérést mutattak (2. táblázat). Ezt követően csupán ez utóbbi clustereket elemezzük részletesebben (lásd: 1. és 2. táblázat). Az 5. cluster átlagos *Ambrosia* pollen koncentrációja számottevően eltér rendre az 1., 2., 3., 7. és 8. clusterekétől. A legmagasabb *Ambrosia* pollen koncentrációk a 7. clusterhez (Kárpát-medence, legmagasabb átlagos koncentráció), továbbá a 2. clusterhez (ÉK-Európa), a 4. clusterhez (É-Európa) és az 1. clusterhez (ÉNy-Európa) kapcsolódnak. Ugyanakkor az *Ambrosia* pollen koncentrációk alacsonyok, ha a légtömegek Ny-Európából (3. cluster, legalacsonyabb átlagos koncentráció; 8. cluster), É- és K-Európából (a heterogén 5. cluster), valamint D-Európából (6. cluster) érkeznek (1-2. táblázat).

2. táblázat Az *Ambrosia* pollen koncentrációk standardizált cluster átlagai közötti szignifikáns eltérések a Tukey teszt alapján, Szeged, h=500 m (X: szignifikáns a  $p < 0,05$  valószínűségi szinten, X: szignifikáns a  $p < 0,01$  valószínűségi szinten)

	1						
2							2
3							3
4							4
5	X	X	X				5
6							6
7						X	7
8						X	

A 7. cluster tartalmazza a legrövidebb backward trajektóriákat és ez meglehetősen tipikus a Kárpát-medencére, mely az *Ambrosia* taxonnak világviszonylatban kulcsfontosságú előfordulási területe. Következésképp, Szeged esetében ez egy helyi clusternek tekinthető. Az 1., 2. és 4. clusterek (rendre ÉNy-Európa, ÉK-Európa és É-Európa) trajektóriái igen magas átlagos pollenkoncentrációkat jeleznek a célterület fölött (1. táblázat). Jóllehet e clusterek trajektóriáihoz a származási területük fölött igen alacsony koncentrációk tartoznak, azonban áthaladva a Kárpát-medence fölött, ezek jelentős mennyiségű pollent szállíthatnak Szeged térségébe. Továbbá, a 2. és 4. clusterek különösen lassú mozgású trajektóriákat tartalmaznak, melyek kedveznek nagy mennyiségű pollen célterület fölé történő szállításában, ugyanis a trajektóriáik zöme alacsony

szinteken halad Szeged irányába (2. ábra, alsó panel; 3. ábra; 1. táblázat). A Ny-Európából (3. és 8. cluster), D-Európából (6. cluster), valamint a heterogén 5. cluster révén érkező trajektóriák pollentranszportja nem olyan jellegzetes, mint az Ény-, É- és K-Európa felől történő pollenszállítás, melynek oka a parlagfű elterjedésének a különbözőségei a kontinensen (1. ábra; 1. táblázat). Továbbá a 3. és 5. clusterek trajektóriái magasabb szinteken haladnak (2. ábra, alsó panel; 3. ábra), melyek csupán csekély mennyiségű pollen szállítását teszik lehetővé (1. táblázat). Következésképp, e clusterek trajektóriáinak csekélyebb nagy távolságú pollentranszportja csekélyebb helyi pollenkoncentrációkat eredményez Szegeden.



4. ábra A backward trajektóriák 3D clusterjeinek INDEX1 és INDEX2 értékei az Ambrosia pollenre, Szeged,  $h=500$  m

Az *Ambrosia* napi pollenkoncentrációi 148 napon lépték túl a küszöbértéküket (2,42) (4. ábra). A legmagasabb INDEX1 értékek az 1. clusterhez (34,5%) és a 2. clusterhez (32,1%) kapcsolódnak. Ez az eredmény összhangban van azzal a ténnyel, hogy ezekben a clusterekben igen magas az átlagos pollenkoncentráció és azok szórása (1. táblázat). A 7. cluster INDEX1 értéke a 3. legmagasabb (31,1%) és ennek a clusternek a legnagyobb az INDEX2 értéke (25,0%). A fenti clusterek igen magas index értékei arra vezethetők vissza, hogy a Kárpát-medence parlagfűpollen szennyezettsége a legsúlyosabb Európában (Makra et al., 2004; 2005). A 3. és 6. clusterek átlagos pollenkoncentrációja igen alacsony (1. táblázat), összhangban ezek legalacsonyabb INDEX1 és INDEX2 értékeivel. Ez utóbbi clusterek szórása a legalacsonyabbak közé tartozik, ami az extrém napi pollenkoncentrációk csekély valószínűségét jelzi (Makra et al., 2010).

#### 4. Elemzés és következtetések

Clusteranalízist hajtottunk végre a Szeged térsége fölé érkező négynapos, hatóránkénti backward trajektóriákra egy ötéves periódusra vonatkozóan azon célból, hogy azonosítsuk az ezen régió fölötti fő légcirkulációs útvonalakat,

melyek befolyásolják a helyi parlagfűpollen koncentrációkat. A Mahalanobis metrikát használtuk, amellyel elkerüljük a kétszintű clusteranalízis (Borge et al., 2007) alkalmazását. A backward trajektória clusterek 3D körülhatárolása újdonság a szakirodalomban.

A pollenkoncentrációkat lényegesen befolyásoló fontos clusterek meghatározásakor a következő szempontokat vettük figyelembe: (1) egy adott cluster átlagos pollenkoncentrációja szignifikánsan különbözzön egy (vagy több) másik clusterétől, (2) az adott cluster átlagos pollenkoncentrációja magas kell, hogy legyen, (3) az adott cluster INDEX1 és/vagy INDEX2 értéke magas kell, hogy legyen. Két további tényező lehet még fontos, nevezetesen az, hogy az adott clusterben a backward trajektóriák előfordulási gyakorisága magas, valamint az adott cluster alacsony szintű backward trajektóriákat kell, hogy tartalmazzon.

Szegedre a 7. cluster – mely a legrövidebb backward trajektóriákat tartalmazza – mutatja a legmagasabb átlagos pollenkoncentrációt, s meglehetősen tipikus a Kárpát-medencére, ahol világviszonylatban a legsúlyosabb a parlagfűpollen terhelés. Továbbá az 1., 2. és 4. clusterek trajektóriáinak (melyek rendre ÉNy-Európa, ÉK-Európa és É-Európa térségét fedik le) a származási területén jóllehet igen alacsony a parlagfűpollen pollenkoncentráció, mégis, azok a Kárpát-medence fölött több száz km utat megtéve, ottani forrásokból számottevő mennyiségű *Ambrosia* pollent fölvéve jelentős mértékben hozzájárulhatnak a célterület helyi parlagfűpollen koncentrációihoz. Különösen a 2. és 4. clusterek igen magas pollenkoncentrációi, alacsony szinten, továbbá lassan haladó trajektóriái, magas INDEX1 és INDEX2 értékei, valamint a pollenkoncentrációk magas szórásai a napi extrém pollen epizódok nagyobb változékonyságát, következésképp a magas pollenkoncentrációk nagyobb bekövetkezési valószínűségét jelezve kiemelik ezen clusterek szerepének a fontosságát a pollentranszportban. Az *Ambrosia* pollen szintek alacsonyak, ha a backward trajektóriák Ny-Európa (3. és 8. cluster), D-Európa (6. cluster), valamint a heterogén 5. cluster térségéből származnak. A szállított pollen mennyiségét jelentős mértékben befolyásolja, hogy a trajektóriák mely forrásterületekről származnak, ugyanis a parlagfű európai előfordulása számottevő eltéréseket mutat (1. ábra).

Az *Ambrosia* fajok három fő élőhelye Európában a Kárpát-medence, világviszonylatban a legmagasabb pollenkoncentrációkkal (Makra et al., 2005), a Rhône-Alpes térség (Laaidi et al., 2003) Franciaországban és a Pó Alföld nyugati része, azaz D-Lombardia Olaszországban (Mandrioli et al., 1998). K-Európában az *Ambrosia* pollenszintek alacsonyak, vagy igen alacsonyak, míg É-Európa mentes a parlagfűtől (1. ábra). A fentiek alapján azok a régiók, ahol a parlagfű igen elterjedt, egybeesnek a trajektória clusterek által jelzett kulcsfontosságú forrásterületekkel.

Miután a backtrajektóriák objektív csoportjait osztályoztuk, és ily módon meghatároztuk a Szeged fölötti fő cirkulációs útvonalakat, fontos elkülöníteni a tényleges pollenszintek „helyi”, illetve „szállított” komponenseit, vagy más szóval szükséges meghatározni e két összetevő relatív súlyát a mért pollenkoncentrációban. A következőkben egy heurisztikus megközelítést hajtunk végre azon célból, hogy elkülönítsük egymástól a lokális pollenszórást is magába foglaló közepes távolságú pollentranszportot és a nagy távolságú pollentranszportot.

A transzport – a terjedelmétől függően – három csoportba sorolható. A pollenkoncentráció helyi komponensének megfelelő rövid távú transzport időben és térben igen korlátozott, s nem tesz ki többet 1 óra időtartamnál. Ezen időtartam alatt a meteorológiai feltételek nem változnak jelentősen. Ebben a csoportban a transzport 100 m-től 1 km távolságig terjed. A közepes távolságú pollentranszport időskálája 1 nap, térskálája pedig 1 km-től 100 km távolságig terjed, míg a pollen nagy távolságú transzportja időben több nap, térben pedig oly mértékben kiterjedt, hogy az transzkontinentális cirkulációnak tekinthető (Rantio-Lehtimäki, 1994).

A rövid távú transzportot csak a helyi meteorológiai paraméterek befolyásolják. A pollenmérő hálózatok oly módon minimalizálják a helyi hatásokat, hogy a talajszint fölött 10-30 m magasságban végeznek standard mintavételeket. (Ha a pollencsapdát a talajszinten helyeznénk el, akkor az elsősorban annak a közvetlen szomszédságából gyűjtené a pollent és az eredmények ily módon nem volnának összehasonlíthatók az egyes mintavételi helyek között.) Alacsony szélesebségek ( $v \approx 0.7-0.8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ) mellett a fenti magasságok között elhelyezett pollencsapda egy kb. 60-70 km sugarú körnek megfelelő térségből gyűjti a pollent, míg az erős szelek jóval nagyobb távolságból is szállíthatnak pollent a pollencsapdába (Makra et al., 2008). Ily módon a mért pollenkoncentrációk megfelelnek a lokális pollenszórást is magába foglaló közepes távolságú és a nagy távolságú pollentranszportnak.

Számos tanulmány született már, amelyek kimutatják, hogy a pollen hosszú utat tett meg, mielőtt a célterület fölé ért (pl. Mahura et al., 2007; Rousseau et al., 2008; Smith et al., 2008; Šikoparija et al., 2009; Skjøth et al., 2009). A helyi pollinációs időszak kezdete előtt a csapda által befogott pollen teljes bizonyossággal transzportált pollen (Hjelmroos, 1991; Franzen et al., 1994). Backward trajektóriákat is alkalmaztak már pollenek forrásterületének a meghatározására pollenmentes területeken, mint pl. Grönlandon (Rousseau et al., 2003; 2004; 2008). Részletesebb időszakokat (pl. kétórás adatokat) használva a pollenkoncentrációkat egyedi backward trajektória analízissel társították avégett, hogy a transzportált pollen forrásterületeit azonosítsák (Mahura et al., 2007; Smith et al., 2008; Šikoparija et al., 2009; Skjøth et al., 2009).

Elfogadva Rantio-Lehtimäki (1994) pollentranszporttal kapcsolatos osztályozását, egy 24 órás pollen mintavétel a közepes távolságú transzportot a célterület körüli 100 km sugarú körben határolja le, ha a szélességet  $1,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  körülinek vesszük. Ez a határ közel van a fent említett 60-70 km sugarú körhöz. Ennélfogva a pollentranszporttal kapcsolatosan a következőkben csupán két kategóriát fogunk megkülönböztetni, nevezetesen a helyi eredetű, valamint a szél által távolabbról szállított pollent is magába foglaló közepes távolságú pollentranszportot, illetve a nagy távolságú pollentranszportot, mely utóbbinál alapvető a szél paraméterek szerepe.

Hasonló koncepciót vázol Gassmann és Pérez (2006), akik regionális és extra-regionális transzportot különböztetnek meg. Igen nehéz elkülöníteni egymástól a közepes és a nagy távolságú pollentranszportot, s ez az amiért ez idáig nem történtek kísérletek arra, hogy meghatározzák e két komponens relatív súlyát a mért pollenkoncentrációban.

A helyi pollenszórást is tartalmazó közepes távolságú pollentranszportot a továbbiakban a következő paraméterekkel jellemezzük: napi középhőmérséklet, napi relatív nedvesség és napi globálsugárzás. Ugyanis a parlagfűpollen koncentráció szignifikáns pozitív kapcsolatot mutat a napi középhőmérséklettel (Bartkova-Scevkova, 2003; Štefanič et al., 2005; Peternel et al., 2006a; Puc, M., 2006; Kasprzyk, 2008), de negatív korrelációt jelez a napi relatív nedvességgel (Bartkova-Scevkova, 2003; Puc, 2006; Kasprzyk, 2008). A napi átlagos globálsugárzás szintén fontos prediktora a helyi parlagfűpollen szinteknek (Laaidi et al., 2003; Štefanič et al., 2005; Oh, 2009). Másrészt a megközelítésünk figyelembe veszi a befogott pollenszemeket transzportáló 3D trajektóriák valódi hosszát, azok légvonal menti távolságát, e két paraméter arányát, valamint a backward trajektóriák négynapos, hatóránkénti koordinátáin alapuló legmagasabb és legalacsonyabb átlagos vertikális pozícióit. A két utóbbi paraméter a pollen vertikális légköri transzportjára utal, amely vagy a határrétegben található pollen vertikális cseréjét szabályozó turbulens transzportból, vagy intenzív konvektív feláramlásból származik, mely nagy mennyiségű pollent juttat a felszín közeléből nagy magasságokba, pl. 3 km magasságba (Rousseau et al., 2003; 2004; 2005; 2008), vagy néha 8-12 km magasságba is (Rantio-Lehtimäki, 1994).

Ennélfogva kiválasztottuk azokat a napokat a parlagfű pollenszezonjából, amikor a 24 órás átlagos napi pollenkoncentrációk meghaladták a felső kvartilist Szegeden. A pollenszórást számottevően befolyásolja, hogy az adott nap nem-csapadékos, vagy csapadékos. Következésképp, a backward trajektóriák érkezési pontjának napjait két csoportra osztottuk: nem-csapadékos és csapadékos napokra. A napok ily módon történő osztályozása feltárja, hogy a csapadék milyen hatást gyakorol a transzportált pollen mennyiségére (Spieksma és den Tonkelaar, 1986; Galán et al., 2000). A faktoranalízis végrehajtása után speciális transzformációt alkalmaztunk mind a nem-csapadékos, mind pedig a csapadékos napok

adatsoraira, továbbá a backward trajektóriák mindhárom (500 m, 1500 m és 3000 m) érkezési magasságára. Ily módon összesen  $2 \times 3 = 6$  eljárást hajtottunk végre. A megtartott faktorok számát oly módon definiáltuk, hogy azok az eredeti változók teljes varianciájának legalább 80%-át megmagyarázzák (Jolliffe, 1993). Arra a következtetésre jutottunk, hogy Szegeden a nem-csapadékos napokon a közepes távolságú transzportnak van jelentős szerepe, míg a csapadékos napokon a kétféle transzportnak csaknem azonos a súlya a közepes távolságú transzport valamelyest nagyobb értékével.

Megjegyzendő, hogy ezek a megállapítások csupán a napi pollenkoncentrációknak a vizsgált nyolc magyarázó változó által megmagyarázott változásaira érvényesek, és semmit nem tudunk az ezen változók által nem megmagyarázott variancia hányadról. Ugyanakkor anélkül, hogy bármit is mondanánk e kétféle pollentranszport arányáról, a mért pollenkoncentráció eredete annak napi menete révén is tanulmányozható. Ha a napi pollenszámok kétóránkénti menete nappali csúcsot mutat, akkor a pollenek valószínűleg helyi eredetűek. Másrészt, ha csúcsértékük éjszaka, vagy kora hajnalban tapasztalható, akkor azok nagy távolságú transzport révén érkezhettek (Šikoparija et al., 2009). Szegeden a mért parlagfűpollen koncentrációk a helyi pollenszórást is magába foglaló közepes távolságú transzportból származnak, mert a napi pollencsúcsok 8,00-16,00 óra között lépnek fel (Juhász és Juhász, 1997). Mivel a közepes távolságú transzportnak nagyobb a súlya a napi pollenszintek kialakulásában mind a nem-csapadékos, mind a csapadékos napokon, eredményeink összhangban vannak Juhász és Juhász (1997) megállapításaival (Makra et al., 2010).

**Irodalomjegyzék**

- Anderson, B. (2008), Evaluation Methods for Long Range Transport. 9th Modeling Conference Presentations. US Environmental Protection Agency, Technology Transfer Network Support Center for Regulatory Atmospheric Modeling
- Bartkova-Scevkova, J., 2003: The influence of temperature, relative humidity and rainfall on the occurrence of pollen allergens (*Betula*, *Poaceae*, *Ambrosia artemisiifolia*) in the atmosphere of Bratislava (Slovakia). *International Journal of Biometeorology*, 48(1), 1-5.
- Borge, R., Lumbreras, J., Vardoulakis, S., Kassomenos, P., Rodríguez, E., 2007: Analysis of long-range transport influences on urban PM<sub>10</sub> using two-stage atmospheric trajectory clusters. *Atmospheric Environment*, 41(21), 4434-4450.
- Damialis, A., Gioulekas, D., Lazopoulou, C., Balafoutis, C., Vokou D., 2005: Transport of airborne pollen into the city of Thessaloniki: the effects of wind direction, speed and persistence. *International Journal of Biometeorology*, 49, 139-145.
- Damialis, A., J. M. Halley, D. Gioulekas, and D. Vokou (2007), Long-term trends in atmospheric pollen levels in the city of Thessaloniki, Greece. *Atmos. Environ.*, 41(33), 7011-7021.
- Dorling, S.R., Davies, T.D., Pierce, C.E., 1992: Cluster analysis: a technique for estimating the synoptic meteorological controls on air and precipitation chemistry – method and applications. *Atmospheric Environment*, 26(14), 2575-2581.
- Draxler, R. R., and G. D. Hess (1998), An overview of the HYSPLIT\_4 modelling system for trajectories, dispersion and deposition. *Aust. Meteorol. Mag.*, 47, 295-308.
- Fischer, G., and J. Roppert (1965), Ein Verfahren der Transformationsanalyse faktorenanalytischer Ergebnisse. In: *Lineare Strukturen in Mathematik und Statistik unter besonderer Berücksichtigung der Faktoren- und Transformationsanalyse*. Arbeiten aus dem Institut für höhere Studien und wissenschaftliche Forschung. Wien Verlag Physica, Wien-Würzburg, 1. (in German)
- Franzen, L.G., Hjelmroos, M., Kallberg, P., Brorstromlunden, E., Juntto, S., Savolainen, A.L., 1994: The yellow-snow episode of Northern Fennoscandia, March-1991 – a case-study of long-distance transport of soil, pollen and stable organic-compounds. *Atmospheric Environment*, 28(22), 3587-3604.
- Galán, C., Alcázar, P., Cariñanos, P., García, H., Domínguez-Vilches, E., 2000: Meteorological factors affecting daily urticaceae pollen counts in southwest Spain. *International Journal of Biometeorology*, 43(4), 191-195.
- Galán, C., P. Cariñanos, H. García-Mozo, P. Alcazar and E. Domínguez-Vilches (2001), Model for forecasting *Olea europaea* L. airborne pollen in South-West Andalusia, Spain. *Int. J. Biometeorol.* 45(2), 59-63.
- Gassmann, M.I., Pérez, C.F., 2006: Trajectories associated to regional and extra-regional pollen transport in the southeast of Buenos Aires province, Mar del Plata (Argentina). *International Journal of Biometeorology*, 50, 280-291.

- Hirst, J. M. (1952), An automatic volumetric spore trap. *Ann. Appl. Biol.*, 39(2), 257-265.
- Hjelmroos, M., 1991: Evidence of long-distance transport of *Betula* pollen. *Grana*, 30, 215-228.
- Jahn, W., and H. Vahle (1968), *Die Faktoranalyse und ihre Anwendung*. Verlag die Wirtschaft, Berlin, 231 pp. (in German)
- Jolliffe, I.T., 1993: Principal component analysis: A beginner's guide – II. Pitfalls, myths and extensions. *Weather*, 48, 246-253.
- Juhász, I.E., Juhász, M., 1997: Az aeroallergén növények pollenzórásának napi ritmusa a Dél-Alföld levegőjében. In: (eds: Szabó, T. és Miriszlai, E.) *Környezeti ártalmak és légzőrendszer*, 7, 28-34, Szentmihályi Nyomda, Zalaegerszeg
- Käpylä, M., and A. Penttinen (1981), An evaluation of the microscopic counting methods of the tape in Hirst-Burkard pollen and spore trap. *Grana*, 20, 131-141.
- Kasprzyk, I., 2008: Non-native *Ambrosia* pollen in the atmosphere of Rzeszow (SE Poland); evaluation of the effect of weather conditions on daily concentrations and starting dates of the pollen season. *International Journal of Biometeorology*, 52(5), 341-351.
- Laaidi, M., Thibaudon, M., Besancenot, J.P., 2003: Two statistical approaches to forecasting the start and duration of the pollen season of *Ambrosia* in the area of Lyon (France). *International Journal of Biometeorology*, 48, 65-73.
- Lorenzo, C., Marco, M., Paola, D.M., Alfonso, C., Marzia, O., Simone, O., 2006: Long distance transport of ragweed pollen as a potential cause of allergy in central Italy. *Annals of Allergy, Asthma and Immunology*, 96(1), 86-91.
- Mahalanobis, P. C. (1936), On the generalized distance in statistics. *Proceedings of the National Institute of Science of India*, 12, 49-55.
- Mahura, A.G., Ulrik, Č., Korsholm, S., Alexander, Č., Baklanov, A., Rasmussen, Č.A., 2007: Elevated birch pollen episodes in Denmark: contributions from remote sources. *Aerobiologia*, 23(3), 171-179.
- Makra L., Sánta T., Matyasovszky I., Damialis A., Karatzas K., Bergmann K.C., Vokou D., 2010: Airborne pollen in three European cities: Detection of atmospheric circulation pathways by applying three-dimensional clustering of backward trajectories. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres*, 115, D24220, doi:10.1029/2010JD014743
- Makra, L., Juhász, M., Béczi, R., Borsos, E., 2005: The history and impacts of airborne *Ambrosia* (Asteraceae) pollen in Hungary. *Grana*, 44(1), 57-64.
- Makra, L., Juhász, M., Borsos, E., Béczi, R., 2004: Meteorological variables connected with airborne ragweed pollen in Southern Hungary. *International Journal of Biometeorology*, 49(1), 37-47.
- Makra, L., Tombác, Sz., Bálint, B., Sümeghy, Z., Sánta, T., Hirsch, T., 2008: Influences of meteorological parameters and biological and chemical air pollutants to the incidence of asthma and rhinitis. *Climate Research*, 37(1), 99-119.

- Mandrioli, P. (2000), Method for sampling and counting of airborne pollen and fungal spores. <http://www.pollenwarndienst.at/upload/images/original/1995.pdf>
- Mandrioli, P., Di Cecco, M., Andina, G., 1998: Ragweed pollen: The aeroallergen is spreading in Italy. *Aerobiologia*, 14, 13-20.
- Nowak, D, J. Heinrich, R. Jorres, G. Wassmer, J. Berger, E. Beck, S. Boczor, M. Claussen, H. E. Wichmann, H. Magnussen (1996), Prevalence of respiratory symptoms, bronchial hyperresponsiveness and atopy among adults: West and East Germany. *Eur. Respir. J.*, 9(12), 2541-2552.
- Oh, J.W., 2009: Development of Pollen Concentration Prediction Models. *Journal of Korean Medical Association*, 52(6), 579-591.
- Peternel, R., Čulig, J., Hrga, I., Hercog, P., 2006a: Airborne ragweed (*Ambrosia artemisiifolia* L.) pollen concentrations in Croatia, 2002-2004. *Aerobiologia*, 22(3), 161-168.
- Preparata, F. P., and S. J. Hong (1977), Convex Hulls of Finite Sets of Points in Two and Three Dimensions. *Commun. ACM*, 20, 87-93.
- Puc, M., 2006: Ragweed and mugwort pollen in Szczecin, Poland. *Aerobiologia*, 22(1), 67-78.
- Rantio-Lehtimäki, A., 1994: Short, medium and long-range transported airborne particles in viability and antigenicity analyses. *Aerobiologia*, 10, 175-181.
- Rousseau, D.D., Duzer, D., Cambon, G., Jolly, D., Poulsen, U., Ferrier, J., Schevin, P., Gros, R., 2003: Long distance transport of pollen to Greenland. *Geophysical Research Letters*, 30(14), Article number: 1765
- Rousseau, D.D., Duzer, D., Etienne, J.L., Cambon, G., Jolly, D., Ferrier, J., Schevin, P., 2004: Pollen record of rapidly changing air trajectories to the North Pole. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres*, 109(D6), Article number: D06116
- Rousseau, D.D., Schevin, P., Duzer, D., Cambon, G., Ferrier, J., Jolly, D., Poulsen, U., 2005: Pollen transport to southern Greenland: new evidences of a late spring long-distance transport. *Biogeosciences Discussions*, 2, 1-19.
- Rousseau, D.D., Schevin, P., Ferrier, J., Jolly, D., Andreasen, T., Ascanius, S.E., Hendriksen, S.E., Poulsen, U., 2008: Long-distance pollen transport from North America to Greenland in spring. *Journal of Geophysical Research-Biogeosciences*, 113(G2), Article number: G02013
- Šikoparija, B., Smith, M., Skjøth, C.A., Radišić, P., Milkovska, S., Šimić, S., Brandt, J., 2009: The Pannonian plain as a source of *Ambrosia* pollen in the Balkans. *International Journal of Biometeorology*, 53(3), 263-272.
- Skjøth, C.A., Smith, M., Brandt, J., Emberlin, J., 2009: Are the birch trees in Southern England a source of *Betula* pollen for North London? *International Journal of Biometeorology*, 53(1), 75-86.
- Smith, M., Skjøth, C.A., Myszkowska, D., Uruska, A., Puc, M., Stach, A., Balwierz, Z., Chlopek, K., Piotrowska, K., Kasprzyk, I., Brandt, J., 2008: Long-range transport of

*Ambrosia* pollen to Poland. *Agricultural and Forest Meteorology*, 148(10), 1402-1411.

Spieksma, F.Th.M., den Tonkelaar, J.F., 1986: Four-hourly fluctuations in grass-pollen concentrations in relation to wet versus dry weather, and to short versus long over-land advection. *International Journal of Biometeorology*, 30(4), 351-358.

Štefanič, E., Kovačević, V., Lazanin, Ž., 2005: Airborne ragweed pollen concentration in north-eastern Croatia and its relationship with meteorological parameters. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 12, 75-79.

Stohl, A. (1998), Computation, accuracy and application of trajectories – A review and bibliography. *Atmos. Environ.*, 32(6), 947-966.

Summers-Smith, J.D., 2007: Is unleaded petrol a factor in urban House Sparrow decline? *British Birds*, 100, 558. ISSN 0007-0335

Taylor, A. D. (1997), Conformal map transformations for meteorological modellers. *Comput Geosci*, 23, 63-75.

Tukey, J. W. (1985), The problem of multiple comparisons (1953) In: *The Collected Works of John W. Tukey, Volume II: Time Series, 1965-1984*. Wadsworth Advanced Books & Software, Monterey, CA.

<http://www.dwd.de/klimadaten>

<http://www.arl.noaa.gov/ready/hysplit4.html>

<http://dss.ucar.edu/datasets/ds090.0/>

<http://www.qhull.org>

## SZERZŐ

**Makra László**, Kutatási terület: pollen-klíma kapcsolatrendszer, pollenstatisztika, pollentranszport, pollenkoncentráció előjelzés, pollen és klímaváltozás, allergén taxonok élőhelyi kockázatai és terjeszkedése a klímaváltozás függvényében;

Research area: pollen-climate relationship system, pollen statistics, pollen transport, pollen concentration forecast, pollen and climate change, habitat risks and expansion of allergenic taxa depending on climate change;