

A campylobacteriosis és a salmonellosis heti átlaghőmérséklet által meghatározott szezonálisának és az *Eristalis tenax* (Diptera: Syrphidae) éves fenológiájának összehasonlítása

Trájer Attila dr.^{1,2} ■ Schoffhauzer Judit³

¹Pannon Egyetem, Limnológia Intézeti Tanszék, Veszprém

²Magyar Tudományos Akadémia–Pannon Egyetem, Limnoökológiai Kutatócsoport, Veszprém

³független szerző

Bevezetés: A környezeti hőmérséklet és a Diptera fajok aktivitása a bakteriális bélfertőzések szezonálisának legfontosabb faktorai. **Célkitűzés:** A szerzők tanulmányukban a campylobacteriosis és a salmonellosis incidenciáértékeinek alakulását elemezték a heti átlaghőmérséklet függvényében, összevetve a potenciális vektor *Eristalis tenax* éves fenológiájával. **Módszer:** A megbetegedési adatokat az Országos Epidemiológiai Központ epidemiológiai információs hetilapjában közölt adattáblákból nyerték. A Magyarországot lefedő rácsra átlagolt heti átlaghőmérsékleti adatok a „European Climate Assessment Dataset” adatbázisból származtak. **Eredmények:** A campylobacteriosis-incidencia gyenge ($r^2 = 0,39$), a salmonellosis-szincidencia erős ($r^2 = 0,71$) összefüggést mutatott a nyolc héttel korábbi heti átlaghőmérséklet-értékekkel. **Következtetések:** Az *Eristalis tenax* fenológiájának és a tanulmányozott bakteriális bélfertőzések incidenciájának összevetése arra az eredményre vezetett, hogy a *Salmonella* és *Campylobacter* fajok átvitele szempontjából elsősorban a késő tavaszi és nyári hónapokban juthat jelentősebb szerep a Diptera fajoknak, különös tekintettel a július és augusztus hónapokra. Orv. Hetil., 2016, 157(14), 529–538.

Kulcsszavak: Salmonella-fertőzések, Campylobacter-fertőzések, Diptera

Comparison of the temperature-driven seasonality of campylobacteriosis and salmonellosis and the annual phenology of *Eristalis tenax* (Diptera: Syrphidae)

Introduction: Ambient temperature and the activity of Diptera species are the primary factors of the seasonality of bacterial enteric diseases. **Aim:** The authors analyzed the effect of the weekly mean ambient temperature on salmonellosis and campylobacteriosis incidence and the annual phenology of the potential vector *Eristalis tenax*. **Method:** Weekly case number data of the period between 2004 and 2014 were derived from the Hungarian National Center for Epidemiology. European Climate Assessment Dataset was the source of the weekly mean temperature data for the grid overlapping Hungary. **Results:** While in the case of campylobacteriosis weak correlation was found ($r^2 = 0.39$), salmonellosis showed strong correlation with mean temperature ($r^2 = 0.71$) using 8-weeks lag before the outbreak of the cases. **Conclusions:** Comparing the mean weekly incidence of campylobacteriosis and salmonellosis with the modeled weekly activity of *Eristalis tenax* it was found that vector Diptera species may influence the incidence of enteric diseases in late spring and summer, in July and August particularly.

Keywords: Salmonella infections, Campylobacter infections, Diptera

Trájer, A., Schoffhauzer, J. [Comparison of the temperature-driven seasonality of campylobacteriosis and salmonellosis and the annual phenology of *Eristalis tenax* (Diptera: Syrphidae)]. Orv. Hetil., 2016, 157(14), 529–538.

(Beérkezett: 2015. december 30.; elfogadva: 2016. január 28.)

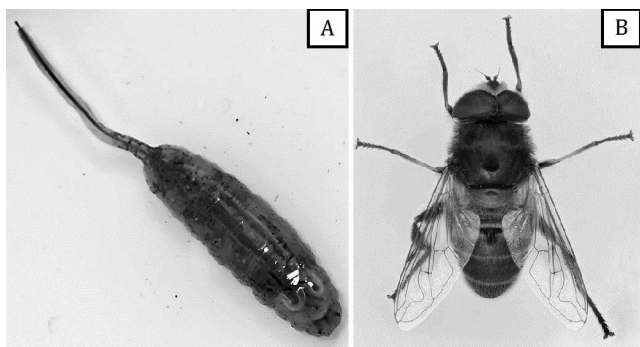
A klímaváltozás egyik legjelentősebb várható epidemiológiai következményeként tartják számon az enterális fertőzések esetszámának növekedését [1–4]. Közegészségügyi tanulmányok sora bizonyította, hogy elsősorban a bakteriális bélfertőzések miatti kórházi betegfelvételek száma és a kültéri hőmérséklet között szoros, pozitív korreláció áll fenn [5–9]. Az emelkedő átlaghőmérséklet növelheti a bakteriális infekciók esetszámát [5, 10, 11], mivel a melegebb környezet növeli a növekedési és osztódási rátát [12], ahogy azt a *Salmonella* fajok kapcsán is megfigyelték [13, 14]. A *Salmonella* fajok rezervoárja általában a beteg vagy tünetmentes ürítő ember. Terjedése elsősorban fertőzött ivóvízzel, fürdővízzel, élelmiszerrel vagy fertőzött személlyel való kontaktus útján történhet. Megfigyelték, hogy a *Salmonella enteritidis* incidenciája erősebben függ a hőmérséklettől, mint a *Salmonella typhimurium*-é, aminek hátterében a fertőzés terjedési útjának különbözősége állhat: a *S. typhimurium*-mal való fertőződés ritkábban történik ételek útján, mint a jellemzően fertőzött ételekkel a szervezetbe jutó *S. enteritidis*-é [12]. Pozitív korreláció várható az átlaghőmérséklet és a vektorokként szóba jövő ízeltlábúak aktivitása, szaporodási rátája és az átlaghőmérséklet között [15]. Az ízeltlábú vektorok szerepet játszanak az enterális fertőzések terjesztésében, ahogy az a *Campylobacter* fajok esetében jól ismert [16, 17]. A hőmérséklet hatása az incidenciára bizonyos latenciával jelentkezik, amit különböző vizsgálatok egy hónapnak, 2–5 hétnek találtak [5, 8, 18]. A salmonellosis lappangási ideje általában 10–14 nap, a campylobacteriosis esetében ez az érték jellemzően 3–5 nap. A hőmérséklet hatása az ételmérgezőések számának növekedésére mintegy 7–8 °C felett jelentkezik [5]. A *Campylobacter* fajok, ellentétben a *Salmonella* fajokkal, nem képesek szaporodni a szobahőmérsékleten tartott élelmiszerekben [19, 20]. A campylobacteriosis esetében a fertőzőforrás a beteg vagy tünetmentes házi- és vadállat, ritkán ember [21]. Terjedési módja történhet fertőzött állattal való kontaktus, fertőzött élelmiszer vagy felszíni és ivóvíz által is. A campylobacteriosis okozói, elsősorban a *Campylobacter jejuni* és a *Campylobacter coli* baktériumfajok hóvel és fertőtlenítőszerrel, illetve kiszáradással szemben érzékenyek. A campylobacteriosis éves szezonálisitása némileg eltérő képet mutat a különböző európai országokban: Dániában, Svájcban, Csehországban és Hollandiában az éves csúcs-incidenciaértékek a 21–41. hetek között figyelhetők meg, az Egyesült Királyságban jellemzően a 21. hét körül, Máltán és Görögországban a 21. hét előtt; a Föld déli féltekéjén, így Ausztráliában és Új-Zélandon a szezonálisitást fordított lefutást mutat [12]. Fontos, de nehezen megjósolható szerepe lehet a klímaváltozás következményeként kontaminálódó karsztvíztárolóknak [22], a felszíni vizek baktériumflórájában végbemenő változásoknak [23], valamint az áradásoknak [2]. Meg kell még említeni, hogy az extrém csapadék hullási események bélfertőzésjárványok kialakulását okozhatják [24].

Módszer

Jelen tanulmányban az Európa-szerinti járványügyi szempontból jelentős campylobacteriosis és salmonellosis hőmérsékletfüggő éves fenológiájának összehasonlítását végeztük. A vizsgált bakteriális fertőzések szezonálisitását egy terjesztő potenciállal rendelkező, széles szezonális aktivitást mutató légyfaj modellezett aktivitásával vetettük össze. Az elemzés logikai lépései a következők voltak: 1. A legjobb determinációs együtthatót adó lag kiszámítása a nyers heti átlaghőmérséklet – heti salmonellosis és campylobacteriosis incidenciá adatsorpárok alapján. 2. Az incidenciá adatok felbontása és a heti trendértékek megállapítása idősor-analízissel, pontosabb megnevezéssel mozgóátlag-alapú egyváltozós (klasszikus) szezonális dekompozícióval történt (Classical Seasonal Decomposition of an univariate time series by Moving Averages modullal). 3. A heti hőmérséklet- és heti trendincidenciaértékek alkalmazása a megállapított lag felhasználásával. 4. A nyert egyenletek révén a megbetegedésszezonok modellezése átlagolt hőmérsékleti adatok alapján. 5. A közönséges herelégy, mint az enterális kórokozók szempontjából tipikus lehetséges (modellfaj) légy vektor szezonálisitásának összevetése a tanulmányozott salmonellosis- és campylobacteriosis-szezonálisitással.

Eristalis tenax mint modellvektorfaj

Mint azt bevezetésként említettük, a Diptera közé tartozó valódilég-alkatúak (Muscomorpha) szerepe az enterális kórokozók átvitele szempontjából jelentős lehet, és vektorpotenciáljuk valószínűleg alábecsült más átviteli módokhoz képest. Jelen tanulmányban egy, a zengőlegyek (Syrphidae) családjába tartozó kozmopolita légyfaj került kiválasztásra, mint az enterális baktériumokkal gyakran kapcsolatba kerülő zengőlégyfaj. A közönséges herelégy, *Eristalis (Eristalomyia) tenax* L. (1758) – továbbiakban: *E. tenax* – kertekben elsősorban a szerves állati hulladékon, valamint a környező épületek szilárd felületein látható gyakori, emberkísérő faj. Az imágók és a lárvák (nyüvek) tavasztól őszig aktívak. A peterakásra készülő nőtényeket a rothadó anyagok szaga vonzza, ami lehet akár trágyalé, fekáliával szennyezett víz vagy elfolyósodó tetem. Az *E. tenax* nyüvei („pocikférgék”) detritivorák, feltehetően baktériumok képezik fő táplálékukat. Erősen szennyezett, oxigénben szegény vizekben is jól fejlődnek, köszönhetően annak, hogy teleszkópos légzőcsövükön keresztül a folyadékban alámerülten is hozzájutnak a levegőhöz (1. ábra). A lárvastádiumban töltött idő végén a nyüvek bebábozódnak. A kifejlett légy viráglátogató, de egyedfejlődése során a bebábozódás helyén, majd a peterakás alatt is kontaminálódhat. Az emberrel és az élelmiszerekkel való, esetenként szoros kapcsolatot bizonyítják az *E. tenax* nyüvei által okozott humán bélmyiasis-esetek [25–28]. A közönséges herelégy, bár belső terekben kevésbé gyakori, mint a közismert házilég (Musca domes-



1. ábra | Az *Eristalis tenax* légy lárvájának és kifejlett egyedének habitusképe

tica L. [1758]), a speciálisan fekáliatartalmú környezet-hez kötődése miatt szerepet játszhat az enterális kórokozók szállításában. Jól ismert éves szeszonalitása az emberi környezetben előforduló legyek éves hőmérséklettől függő relatív aktivitását tükrözi. Az *E. tenax* szezonális aktivitási adatait egy, az 1950-es évektől a 2000-es évekig átölelő gyűjtési adatokból származó, 10 napos időbeli felbontású magyarországi fogási adatsor képezte [29]. A gyűjtési adatok alapján a faj az igen gyakori minősítésű csoportba tartozik. Az imágók rajzásának maximuma július–augusztus hónapok fordulójára tehető. A dekádonkénti (10 napos) fogási számok az összes gyűjtött egyed szám százalékában kerültek kifejezésre. A légy szezonális aktivitásának modellezésére azért volt szükség, mert (1) a rovarfajra vonatkozó gyűjtési adatok 10, a megbetegedésszámok 7 napos felbontásban voltak adottak; (2) a megbetegedésszámok és a rovaraktivitásszámok eltérő időszakot fednek át, ami az elmúlt 2 évtizedben gyorsuló felmelegedés miatt nem vehető össze közvetlenül. Az *E. tenax* számított heti aktivitási (*A*: előfordulási vagy abundancia) értékei a modellezés során az éves összes fogási szám százalékában kerültek kifejezésre. Az aktivitás egy relatív szám, ami azt fejezi ki, hogy a vizsgált periódusban várhatóan a teljes év során fogható egyed szám hány százalékát csapdázhatnánk.

Megbetegedésszámok

A heti campylobacteriosis- és salmonellosis megbetegedési adatok az Országos Epidemiológiai Központ által az „Epinfo”, az Országos Epidemiológiai Központ epidemiológiai információs hetilapjában közölt 2004–2014 közötti heti adattáblákból származtak [30]. Kizárólag a „salmonellosis” és „campylobacteriosis” diagnózissal bejelentett megbetegedésekkel foglalkoztunk. Tizenegy év (2004–2014) heti esetszáma datait vontuk be az elemzésbe. A heti, 100 000 főre vetített incidenciadatak kerültek elemzésre. Az éves népességszámadatakat a KSH éves népesedési adataiból nyertük [31]. A népességnek az adott év január 1-jére számított, ezer főben kifejezett értékei az évek sorrendjében a következők voltak: 10 117 (2004), 10 098 (2005), 10 077 (2006), 10 066

(2007), 10 045 (2008), 10 031 (2009), 9 014 (2010), 9 986 (2011), 9 932 (2012), 9 909 (2013), 9 877 fő (2014).

Meteorológiai adatok

A Magyarország területét lefedő rácsnak megfelelően átlagolt heti hőmérsékletadatokat a „European Climate Assessment Dataset” [32] adatbázisból hívtuk le. A határoló koordináták a következők voltak: 45,50°–48,75°É és 16,00°–23,00°K. Az átlaghőmérséklet-értékek Celsius-fokok szerint kerültek megadásra (továbbiakban: °C). Az *E. tenax* hőmérsékletfüggő szezonális aktivitásának elemzése céljából a gyűjtési időszakot lefedő 1950–2010 közötti időszak került kiválasztásra, 10 napos időbeli felbontással. A salmonellosis és a campylobacteriosis hőmérsékletfüggő szezonális aktivitásának elemzése, valamint modellezési célból a 2004–2014-es időszak heti átlaghőmérséklet-adatai kerültek felhasználásra.

Statisztikai és grafikai értékelés

Az adatokat a Microsoft Office 2010 programcsomag Excel programjában jelenítettük meg. Az illesztett exponenciális és polinomiális regressziós görbék szintén Excel programban kerültek ábrázolásra. Másodfokú polinomiális regressziót használtunk. Az adatsornak a random tényezőktől való megtisztítása érdekében végzett idősoranalízist a szabad hozzáférésű „Spectral Analysis – Free Statistics Software” online program „Classical Seasonal Decomposition of an univariate time series by Moving Averages” alprogramja által készítettük [33]. A lineáris regressziót a szintén szabad hozzáférésű „VassarStats” statisztikai program [34] „Basic Linear Correlation and Regression” alprogramjában végeztük el.

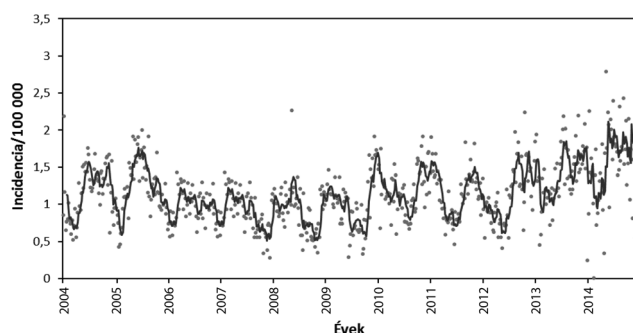
A lag megállapítása

A hőmérséklet alakulása megelőzi időben az adott megbetegedések esetszámváltozását, így megfelelő lag-értékek alkalmazása szükséges [5, 8, 12, 18]. A heti átlaghőmérséklet–heti incidenciadatak párok különböző lag-értékek esetén az exponenciális regresszió alkalmazása eredményeként eltérő determinációs együtthatókat adnak. A legjobb determinációs együtthatót adó lag-érték tekinthető a megfelelő értéknek, ami polinomiális trend illesztésével ellenőrizhető.

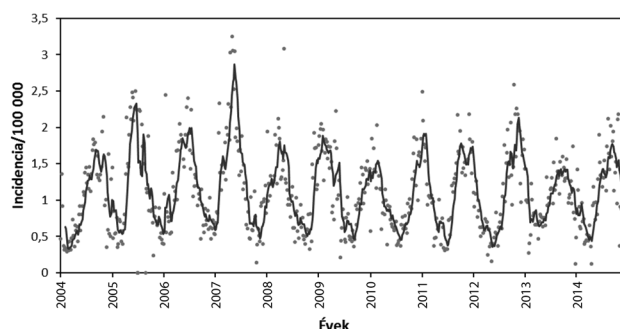
Eredmények

Éves mintázatok, leíró statisztika

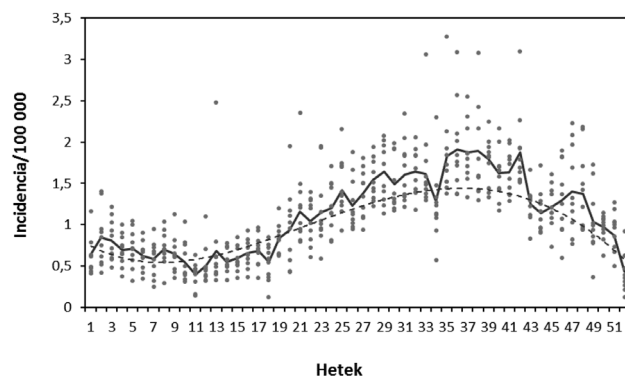
A vizsgált időszakban átlagosan évi 5787 campylobacteriosis- és 6041 salmonellosis esetet regisztráltak. Az éves esetszámok változása nem mutatott szignifikáns trendet egyik betegség esetében sem ($p = 0,3082$, $r^2 = 0,11$;



2. ábra A campylobacteriosis heti incidenciájának alakulása 2004–2014 között Magyarországon az ötödik periódusú mozgóátlag feltüntetésével

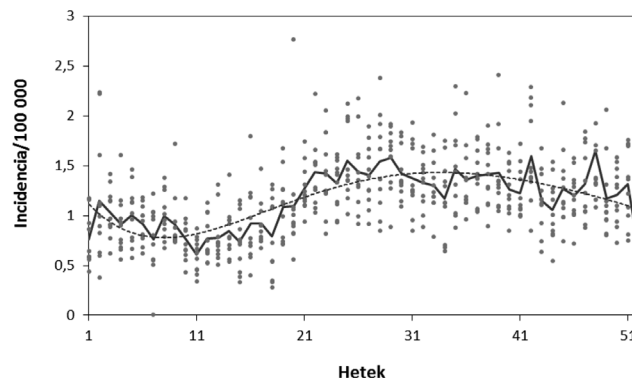


3. ábra A salmonellosis heti incidenciájának alakulása 2004–2014 között Magyarországon az ötödik periódusú mozgóátlag feltüntetésével



4. ábra A salmonellosis és a campylobacteriosis heti átlagos incidenciáértékeinek (pontok) alakulása és a 2004–2014 közötti időszak heti átlagértékei (vonal) az átlagos heti incidenciáértékekre illesztett polinom görbével (szaggatott vonal)

$p = 0,0898$, $r^2 = 0,29$). Az idősor-analízis során kapott trendmintázat alapján éves ciklusok jellemezték a két betegség lefutását. A salmonellosis esetében a ciklikusság kifejezettebbnek látszik, mint a campylobacteriosis esetében az incidenciáértékek kifejezettebb szórásának köszönhetően (salmonellosis: $0,5552/100\ 000$; campylobacteriosis: $0,4309/100\ 000$; 2. és 3. ábra). A campylobacteriosis- és salmonellosisszezónok közös jellegzetessége a bifázisos éves fenológia. A heti átlagolt incidenciáértékek alapján mindkét betegség esetén a 11–22. hetek alatt emelkedő, a 23–51. hetek között pe-

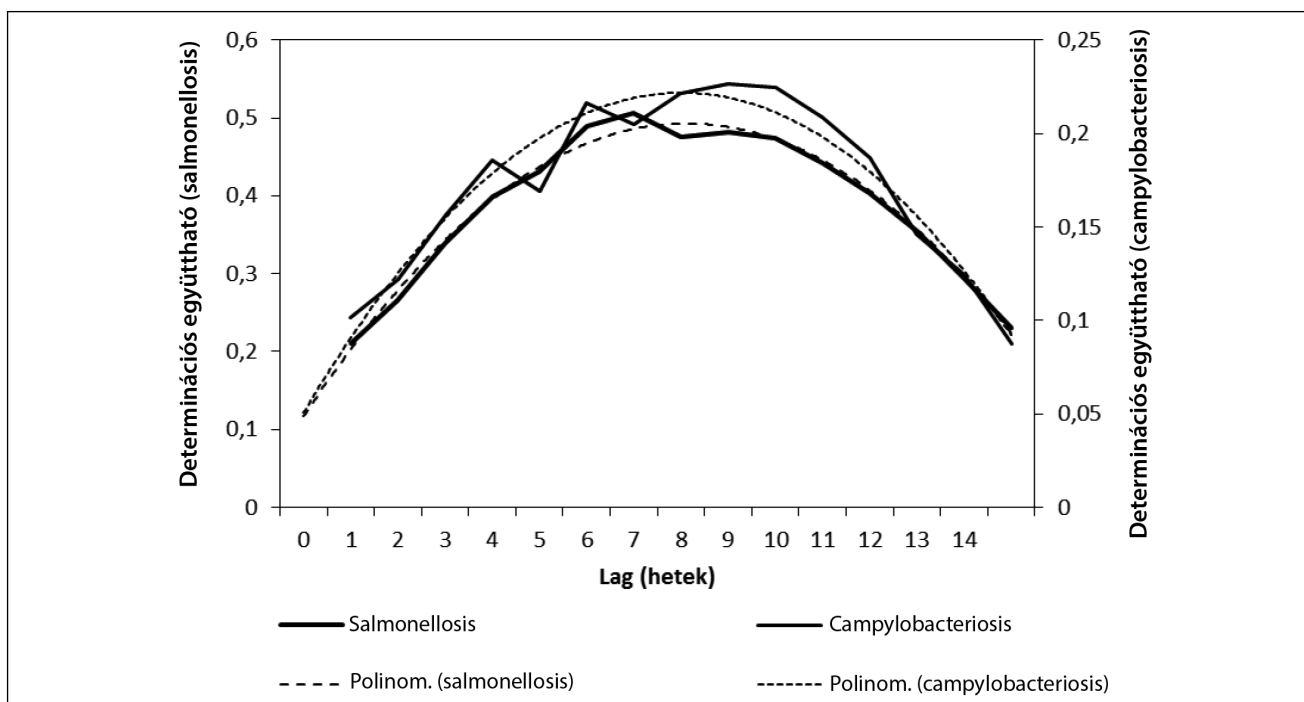


5. ábra A campylobacteriosis heti átlagos incidenciáértékeinek (pontok) alakulása és a 2004–2014 közötti időszak heti átlagértékei (vonal) az átlagos heti incidenciáértékekre illesztett polinom görbével (szaggatott vonal)

dig egy magasabb incidenciájú időszak látható. A magasabb incidenciájú szakasz a campylobacteriosis esetében kifejezetten plató jellegű. A campylobacteriosis esetén az 51–21. hetek átlagos incidenciája $0,68/100\ 000$, ami a 22–50. hetek között $1,41/100\ 000$ értéknek adódik, a magasabb incidenciájú időszak szerint az arány $2,08$. A salmonellosis esetén az 51–21. hetek átlagos incidenciája $0,91/100\ 000$, ami a 22–50. hetek között $1,36/100\ 000$ értéknek adódik, a magasabb incidenciájú időszak szerint az arány $1,49$ (4. és 5. ábra).

A megállapított lag-értékek

Az azonos heti campylobacteriosis és salmonellosis incidenciáértékei a heti átlaghőmérséklettel elhanyagolható erősségű exponenciális összefüggést mutatnak ($r^2_{\text{campylobacteriosis}} = 0,10$; $r^2_{\text{salmonellosis}} = 0,21$). Mindkét betegség esetében a lag függvényében ábrázolt determinációs együttható parabolikus összefüggést mutat. A campylobacteriosis esetében a legmagasabb értékű determinációs együttható nyolc hét lag ($r^2_{\text{campylobacteriosis}} = 0,22$), a salmonellosis esetén a legjobb determinációs együttható a hat hét lag alkalmazásával adódott ($r^2_{\text{salmonellosis}} = 0,50$). A determinisztikus együtthatók lag-értékek szerinti alakulásának polinomiális regressziójával meghatározott maximális determinisztikus együtthatót adó lag-értékek mind a salmonellosis, mind a campylobacteriosis esetében nyolc hét lag alkalmazása mellett mutatják a legnagyobb értéket. A másodfokú polinom modellek illeszkedése az eredeti lag-értékek által leírt függvényre mindkét esetben jónak mondható ($r^2_{\text{campylobacteriosis}} = 0,94$; $r^2_{\text{salmonellosis}} = 0,99$) (6. ábra). A campylobacteriosis esetén a heti átlaghőmérséklet $39,64\%$ -ban, a salmonellosis esetében $71,04\%$ -ban magyarázza az incidenciá alakulását 8 hét lag alkalmazásával. Az exponenciális kitevők (e) értékei a következők: salmonellosis: $0,0390$, campylobacteriosis: $0,0191$. A salmonellosistrend-incidenciáértékek összefüggése a környezeti hőmérséklettel $5\ ^\circ\text{C}$ -os szakaszokra elvégzett lineáris regresszió alapján 8 hetes lag alkalmazása mellett jelentősen eltérő meredekségér-



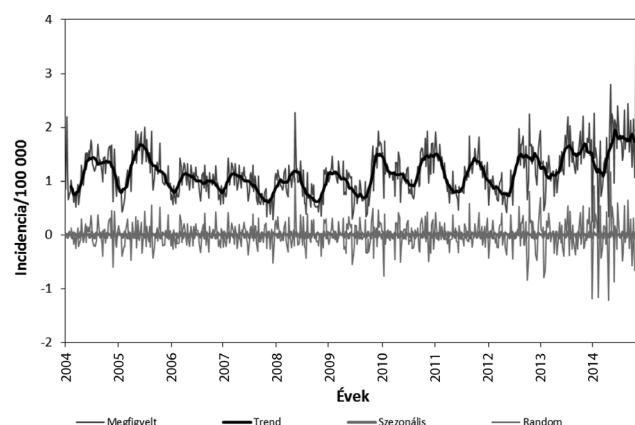
6. ábra | A determinációs együttható alakulása a lag függvényében a campylobacteriosis és a salmonellosis esetében.

tekeket mutat: $-0,0439$ (-10 – -5 °C), $0,0107$ (-5 – 0 °C), $0,0266$ (0 – 5 °C), $0,0394$ (5 – 10 °C), $0,0746$ (10 – 15 °C), $0,0833$ (15 – 20 °C), $0,0375$ (20 – 25 °C), $-0,0198$ (25 – 30 °C). A szakaszonkénti lineáris regressziós meredekségértékek alapján a hőmérsékleti küszöbérték 5 és 10 °C között található. A campylobacteriosis esetén az alacsony e és r^2 miatt a küszöbérték nem becslhető; 10 °C felett a salmonellosisra kapott összefüggés gyakorlatilag lineárisnak tekinthető (7. és 8. ábra). Az idősoranalízissel nyert campylobacteriosistrend-adatok összvarianciájának 39,64%-a a megbetegedési eseteket 8 héttel megelőző heti átlaghőmérséklet-értékek exponenciális kapcsolatával magyarázható, a maradék 60,36% pedig véletlen hiba, illetve a heti átlaghőmérséklettel nem összefüggő magyarázó változóval indokolható (9. és 10. ábra). A campylobacteriosis és salmonellosis várható heti incidenciáértékei (I) az átlaghőmérséklet függvényében a 8 hetes lag figyelembevételével ($T_{\text{átlag}-8}$) a következő egyenletek alapján kalkulálhatók:

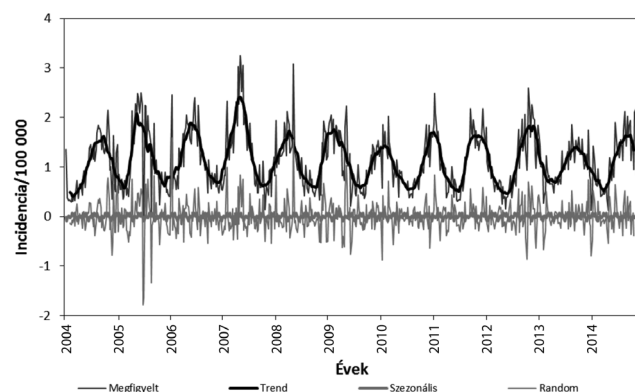
1. egyenlet: $I_{\text{campylobacteriosis}} = 0,9027 \times e^{0,0191 \times T_{\text{átlag}-8}}$
2. egyenlet: $I_{\text{salmonellosis}} = 0,6630 \times e^{0,0393 \times T_{\text{átlag}-8}}$

Modellezett campylobacteriosis- és salmonellosisszezonok a 2004–2014-es időszakra nézve

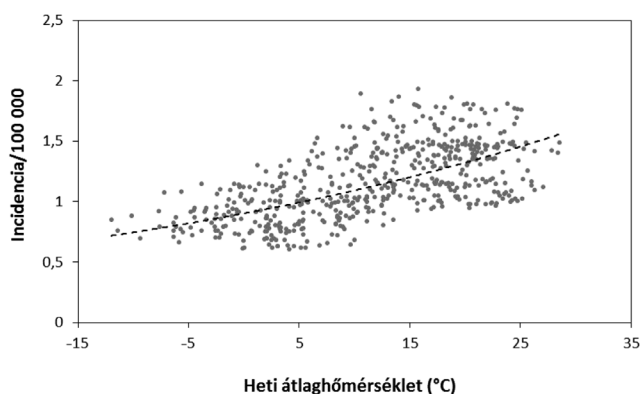
A campylobacteriosis incidenciáértékeinek az 1. egyenlet alapján modellezett fenológiája elsősorban a 9–15. hetek között felülbecsüli, a 21–30. hetek között jelentősen alulbecsüli a valóban bejelentett incidenciákat (11. ábra). A salmonellosis incidenciáértékeinek a 2. egyenlet alap-



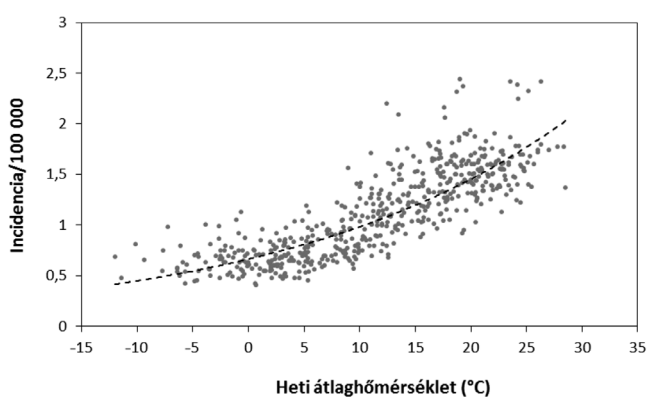
7. ábra | A megfigyelt és az idősoranalízis által komponenseire felbontott campylobacteriosis-incidenciáértékek 2004–2014 között Magyarországon



8. ábra | A megfigyelt és az idősoranalízis által komponenseire felbontott salmonellosis-incidenciáértékek 2004–2014 között Magyarországon



9. ábra | Az idősor-analízissel nyert heti campylobacteriosistrend-incidenciaértékek összefüggése a heti átlaghőmérséklet-értékekkel 8 hetes lag alkalmazásával



10. ábra | Az idősor-analízissel nyert heti salmonellosistrend-incidenciaértékek összefüggése a heti átlaghőmérséklet-értékekkel 8 hetes lag alkalmazásával

ján modellezett fenológiája – bár a 21–42. hetek között kissé alulbecsli a valós értékeket, az adatoknak az átlagolt értékekben is megfigyelhető szórásához képest kielégítően adja vissza az obszervált fenológiát (12. ábra).

Az Eristalis tenax hőmérsékletfüggő aktivitása

Az *E. tenax* relatív (%) aktivitása két, eltérő fenológiájú szezonfélre bontható: egy tavasszal meredeken emelkedő, majd a nyár második felében tetőző szakaszra és egy szeptemberben kezdődő lecsengő szakaszra. Az ennek megfelelően külön elemzett január–augusztusi és szeptember–decemberi periódusra eső 10 napos időszakok relatív aktivitásértékei erős kapcsolatot mutatnak a 10 napra átlagolt átlaghőmérséklet-értékekkel ($r^2_{I-VIII} = 0,92$, $r^2_{IX-XII} = 0,96$). Az *E. tenax* heti relatív (%) aktivitásértékei (A) a következő egyenlet szerint számolhatók a heti átlaghőmérséklet-értékek ($T_{\text{átlag}}$) függvényében az I–VIII. és a IX–XII. hónapokban:

$$3. \text{ egyenlet: } A_{I-VIII} = 0,1613 \times e^{\wedge} \times 0,1797 \times T_{\text{átlag}}$$

4. egyenlet:

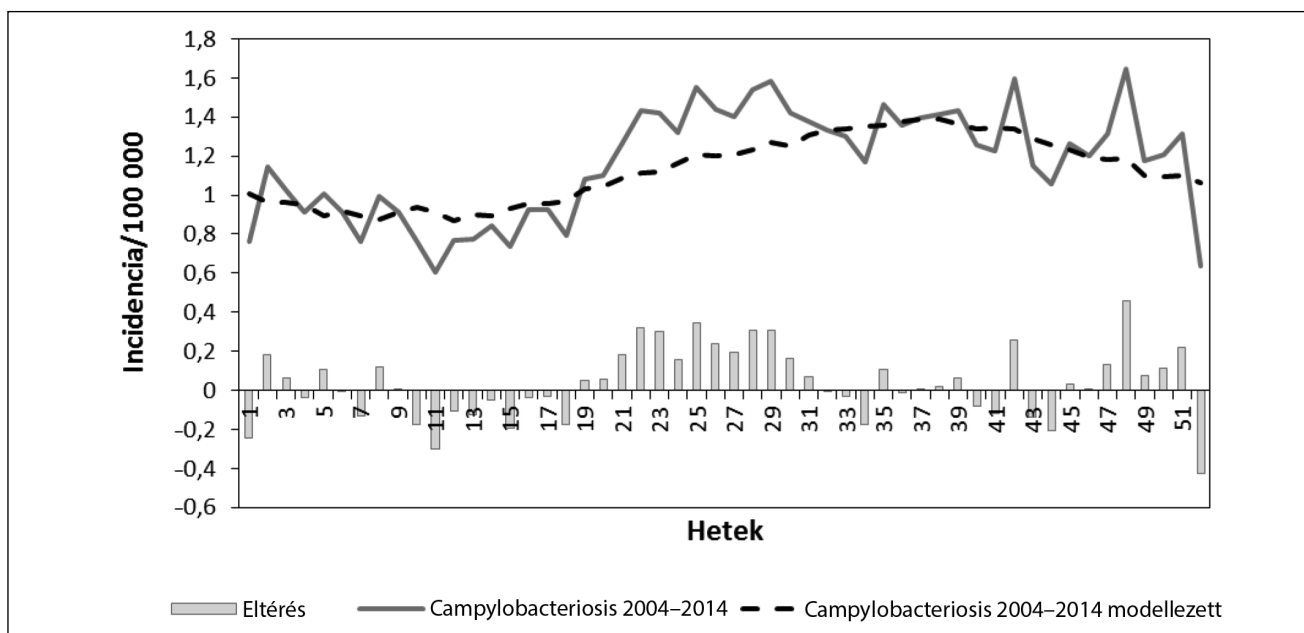
$$A_{IX-XII} = 0,0202 \times T_{\text{átlag}}^{\wedge} 2 + 0,0674 \times T_{\text{átlag}} + 0,1369$$

Az Eristalis tenax modellezett aktivitási mintázatának összevetése a campylobacteriosis- és salmonellosisszezonok fenológiájával

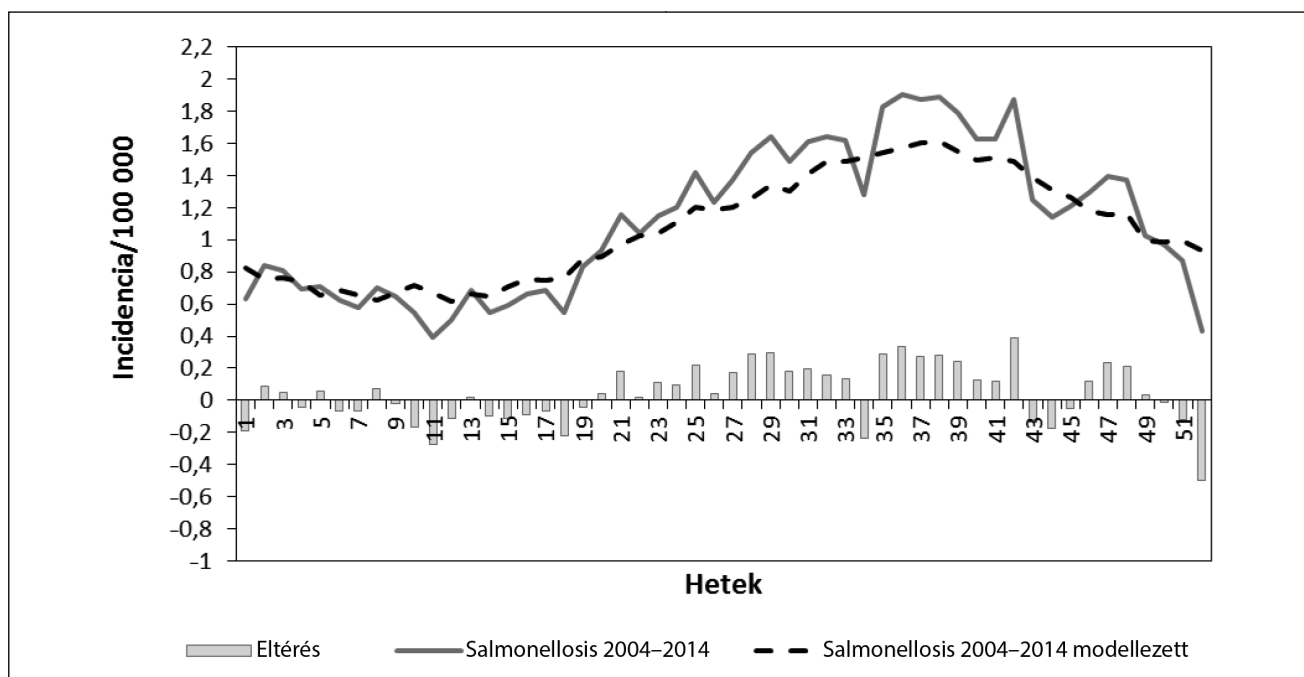
Az *E. tenax*-nak a 3. és 4. egyenlet szerint modellezett éves fenológiája az obszerválthoz hasonlóan július–augusztusi csúcst mutat egy meredeken emelkedő tavaszi-kora nyári és egy lassabban csökkenő lefutású őszi szakasszal. Az *E. tenax* teljes éves aktivitásának 11,43%-a esik a tavaszi, 57,84%-a a nyári és 30,49%-a az őszi hónapokra, ami egy jobbra, az ősz irányába eltolt szezonaritást jelent, a salmonellosis és a campylobacteriosis szezonaritásához hasonlóan. A campylobacteriosis- és salmonellosis-incidenciaértékek tavaszi, meredeken emelkedő időszakával (11–27. hetek) (*13. és 14. ábra*). Két fontosabb különbség figyelhető meg a közönséges herelégység és az enterális betegségek fenológiája között: (1) az *E. tenax* csak a vegetációs időszakban rendelkezik aktivitással (aktivitási csúcs a 27–31. hetek között), a két enterális betegség a vegetációs időszakon kívül is számottevő incidenciával jelentkezik; és (2) a két bakteriális megbetegedés platója az egész nyári időszakra, valamint kora őszre is kiterjed, az *E. tenax* aktivitása nem mutat platószerkezetet. Lineáris regresszióanalízis alapján az *E. tenax*-nak a 11–27. hetekre modellezett aktivitása és a salmonellosis azonos hetek során megfigyelt átlagos incidenciáértékei között szignifikáns, pozitív korreláció áll fenn ($r^2 = 0,78$, $p < 0,001$). Az *E. tenax* és a campylobacteriosis viszonylatában szintén szignifikáns, pozitív korrelációt találtunk az év fentebbivel megegyező szakaszában ($r^2 = 0,69$, $p < 0,001$) (*15. ábra*).

Megbeszélés

Eredményeink szerint a campylobacteriosis és a salmonellosis incidenciája eltérő erősségű függést mutat az átlaghőmérséklettől. A levegő átlaghőmérséklete és a salmonellosis incidenciája között szorosabb kapcsolat áll fenn, mint ami a campylobacteriosis esetében tapasztalható. A különbség hátterében két tényező állhat: (1) eltérő terjedési mód, (2) az eltérő érzékenység a környezeti faktorokra. A hőmérséklet alakulásának hatása az incidencia menetére jelentős időeltolódással jelentkezik. Az eltérő jellemző lappangási idők ellenére a polinomiális közelítéssel kapott legjobb determinisztikus együttható adó lag-értékek mindkét esetben közel 8 hét értéknek adódtak. Eredményeink valamivel meghaladják a mások által a campylobacteriosissal kapcsolatban számolt 2–5 hét lag-értékeket [5, 12, 18, 35]. A viszonylag rövid lappangási idők nem teljesen indokolják a hosszú lag meglétét. Lehetséges magyarázatként felmerül a vektor légyfajok szerepe a belfertőzések terjesztésében vagy a nyári szezonkezdet indukciójában. Az olyan sokgenerációs rovarok éves egyedszámának növekedését, mint amilyen a közönséges herelégység vagy a házilégy, megelőzi az első generáció kifejlődésének időszaka. A rovarok



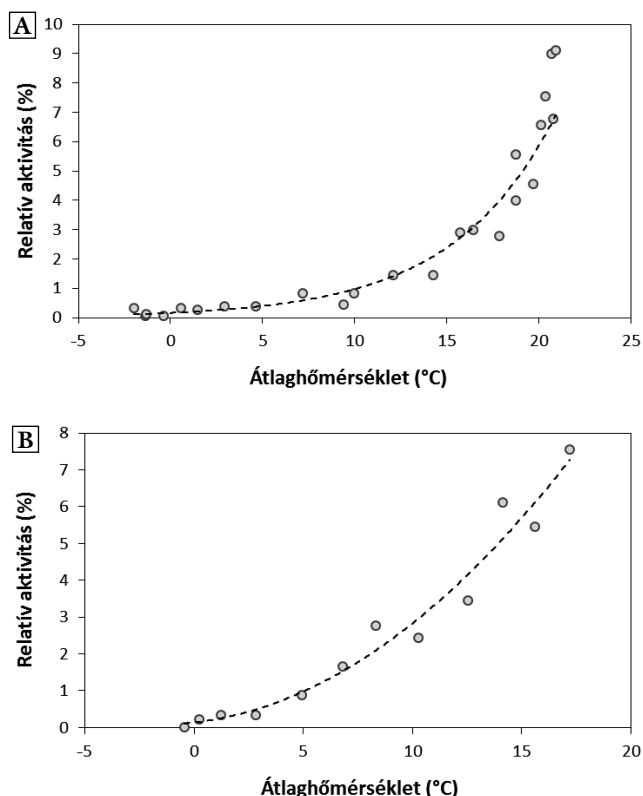
11. ábra | Az átlagos heti hőmérsékletértékek alapján (2004–2014) modellezett éves campylobacteriosisgörbe



12. ábra | Az átlagos heti hőmérsékletértékek alapján (2004–2014) modellezett éves salmonellosisgörbe

egyedfejlődése hőmérsékletfüggő, lévén változó teshőmérsékletű állatok, így a lárvaállapotok közötti átmenetek ideje több időt vesz igénybe a tavaszi első generációk idején, mint a nyári hónapok során fejlődő generációk esetében. A tavaszi–kora nyári fenológia hasonlósága a két bakteriális infekció és a közönséges herelégységek esetében felveti annak lehetőségét, hogy a 8 hét lag mögött a légyfajok egyedfejlődésének latenciája és a fertőzések lappangási ideje együttesen állhat. A campylobacteriosis esetében fontos szerepe lehet annak, hogy a kórokozók a

külső környezetben nem képesek szaporodni, bár tudott, hogy a betegség incidenciája függ a környezeti hőmérséklettől [36]. A vektor légyfajok elsősorban azon enterális patogének terjesztői lehetnek, amelyek a külső környezeti forrásokban életben maradnak, szaporodnak. Egy környezetben szaporodni képes kórokozó esetében lehetőség van rá, hogy az olyan rovarok, mint az *E. tenax*, amelyek a fekáliával szennyezett környezetben fejlődnek vagy szaporodás céljából keresik fel azt, kontaminálódjanak a baktériumokkal és vektorként részt vegye-



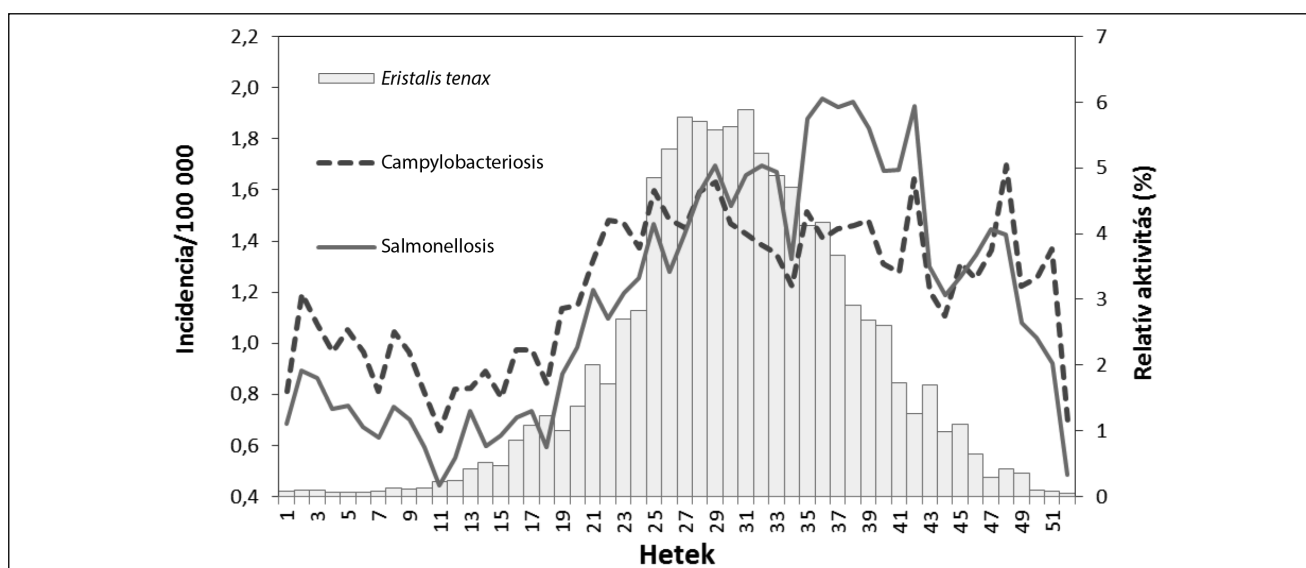
13. ábra | Az *Eristalis tenax* relatív (%) előfordulásának (aktivitásának) alakulása az átlaghőmérséklet függvényében januártól augusztus végéig (A) és szeptembertől december végéig (B) Magyarországon. Az értékelésbe bevont adatpárok időbeli felbontása 10 nap

nek a terjesztésükben. Ezért a salmonellosis esetében hőmérsékletfüggő Diptera-aktivitás szerepe az annuális incidenciafenológia alakításában jelentősebb szerepet kaphat, mint a campylobacteriosis esetében. A salmonellosis esetek számának gyorsuló emelkedése a hőmérséklet

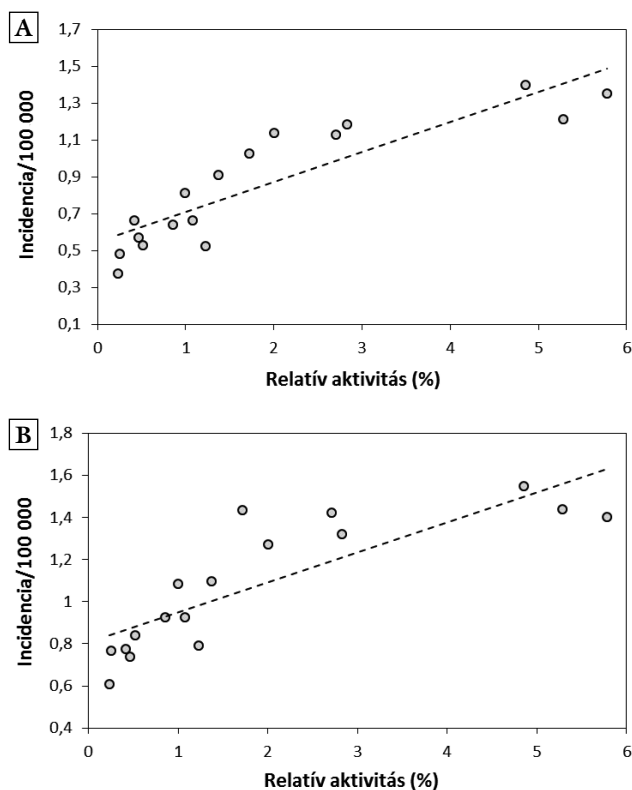
függvényében az 5 és 10 °C közötti intervallumban látható, ami összeegyeztethető a más szerzők által megállapított 7–8 °C küszöbértékkel [5].

A klímaváltozás hatásaként már jelenleg is mérhető, trendszerűen emelkedő átlaghőmérséklet hatása a salmonellosis esetszámának emelkedésére, mások eredményeivel összhangban [1–4], valószínű lehetőségnek tartható. A campylobacteriosis esetében ez a lehetőség fenntartható, bár az eredményeink szerint az átlaghőmérséklet hatása a campylobacteriosis fenológiájára kevésbé direkt hatással jelentkezik. A bélfertőzések abszolút számának predikciójánál tekintetbe kell venni, hogy a javuló élelmiszer-higiéniai követelmények akár a fertőzések számának jelentős csökkenését is eredményezhetik a fejlett országokban [37]. Az utazási szokások és a desztinációk alakulása további tényezőkként vehetők számításba.

A legyek, különösen a házilegyek, az enterális kórokozók fontos rezervoárjai, és vektoraiként [38–41] szezonálisuk hosszával és fenológiájának jellegzetességével befolyásolhatják az enterális fertőzések szezonálisát. A teljes nyári időszak, de különösen július második fele és augusztus első fele tekinthető kockázatos periódusnak a légy vektorok szempontjából. A campylobacteriosis és salmonellosis incidenciája a vegetációs időszakon kívül is számottevő, ami arra utalhat, hogy a legyek mint terjesztők szerepe az enterális megbetegedések átvitelében Magyarországon elsősorban a nyár derekára koncentrálódhat. Valószínű, hogy az újonnan bebábozódó és kikelő legyek a tavaszi-kora tavaszi időszakban a magas csíraszámú forrásokból, elsősorban szennyezett kis vizekből történő radiációjukkal egyidejűleg széthurcolják a *Salmonella* és *Campylobacter* fajokat, hozzájárulva az esetszámok gyors növekedéséhez. Ebben az időszakban szerepük elsődleges lehet az incidencia alakításában. A késő nyári-őszi időszakban a már az emberi és állati populációkban keringő kórokozók prevalenciája csak lassan cseng



14. ábra | Az átlagos heti hőmérsékletértékek alapján (2004–2014) modellezett heti relatív *Eristalis tenax* aktivitás- és a megfigyelt salmonellosis-, valamint campylobacteriosis-incidenciaértékek lefutásának összevetése



15. ábra | Az átlagos, 11–27. heti hőmérsékletértékek alapján (2004–2014) modellezett heti relatív *Eristalis tenax* aktivitás- és megfigyelt salmonellosis- (A), valamint campylobacteriosis- (B) incidenciák közötti lineáris regresszióanalízissel nyert összefüggések

le a primer források csökkenésével, illetve a lehűléssel egyidejűleg. Az *E. tenax* mint modell Diptera faj éves aktivitása természetesen nem fedi le maradéktalanul minden potenciális vektor légyfaj aktivitásának jellegzetességeit, ugyanakkor a vegetációs periódus teljes egészében aktivitást mutató faj feltehetően általánosságban jól reprezentálhatja a poikilotherm legyek hőmérsékletfüggő aktivitását. A közönséges herelégység aktivitásának és a heti incidenciák közel azonos tavaszi hetek során bekövetkező emelkedése egyformán a tavaszi átlaghőmérséklet növekedésével függ össze, az oksági kapcsolat lehetséges, de nem bizonyítható epidemiológiai eszközökkel. A januártól augusztusig terjedő időszak esetén látható exponenciális, illetve az ezt követő hónapok során tapasztalt, közel lineáris kapcsolat a közönséges herelégység aktivitása és a hőmérséklet között populációdinamikai okokra vezethető vissza. A predációs nyomás következtében is aránylag rövid életű rovar természetben való előfordulásának gyakoriságát a bábból kikelő és elpusztuló egyedek aránya határozza meg az adott időpontban. Tavasszal és kora nyáron a légy populáció robbanása következik be, ilyenkor az új imágók számának gyors növekedése határozza meg a dinamikát. Ezzel ellentétben ősszel, amikor a bábból kikelő új imágók száma csökken, az egyedek számának fogyása dominálja a dinamikát, s ezzel együtt a

fogási számot és aktivitást. Ezzel szemben az enterális fertőzések éves dinamikájában szerepet játszanak a rezervoárok és az élettelen tárgyak, mint közvetítő eszközök is, ami elnyújtotta teszi a campylobacteriosis és a salmonellosis szezonját.

Szót kell ejtenünk a tanulmány vitatható pontjairól is. Egyrészt, vizsgálatunkban egyedül a hőmérséklet szerepét vettük tekintetbe, holott az olyan eseti tényezők, mint az áradások, hirtelen felhős szakadások szerepe a bél-fertőzőes betegségek esetszámának alakításában alkalmaslag jelentős lehet [2]. Sajnos, a szélsőséges események bekövetkezése megjósolhatatlan, nehezen tekintetbe vehető tényező. Másrészt a felhasznált anyagnak természetéből következően az adott betegségek nem képeznek etiológiailag homogén csoportot. Ahogy azt a *S. typhimurium* és *S. enteritidis* kapcsán említettük [12], a rokon kórokozók szenzibilitása a környezeti faktorokkal szemben bizonyos mértékben eltérő lehet. Meg kell említeni, hogy a betegségrekordban megjelennek a külföldről importált esetek is. A környező országokból behurcolt esetekkel kapcsolatban elfogadhatjuk azt a feltevést, hogy a hasonló klíma miatt ez nem jelent módszertani problémát. Az 'utazók hasmenése' néven illetett betegségcsoport jelentősen befolyásolhatja a nyár második felében észlelhető esetszámot, módosítva a lag értékét. A más éghajlatú országokból behurcolt esetek módszertani problémát jelenthetnének, ami a behurcolt esetek aránylag kis száma miatt tolerálható metodikai probléma. Továbbá, a vizsgált enterális fertőzések és a légyfaj fenológiája közötti hasonlóságok nem jelentenek bizonyított, kauzális kapcsolatot, ugyanakkor a jelen tanulmánynak ez nem is szerepelt a célkitűzései között.

Következtetések

Megállapítható, hogy eltérő mértékben mind a salmonellosis, mind a campylobacteriosis éves esetszámának alakulásában szerepet játszik az átlaghőmérséklet. A hosszú lag háttérben a terjesztő légyfajok populációdinamikájának jellegzetességei is állhatnak. A szennyezett vizekben fejlődő közönséges herelégység éves aktivitása eleme lehet a bakteriális patogének által okozott enteritisek éves szezonálisának modellezésénél.

Anyagi támogatás: A közlemény megírása, illetve a kapcsolódó kutatómunka anyagi támogatásban nem részesült.

Szerzői munkamegosztás: T. A.: A koncepció kidolgozása, az adatok kezelése, statisztikai elemzések, a kézirat megszövegezése. S. J.: Statisztikai elemzések, a kézirat megszövegezése. A cikk végleges változatát mindkét szerző elolvasta és jóváhagyta.

Anyagi érdekeltségek: A szerzőknek nincsenek érdekeltségeik.

Irodalom

- [1] Bambrick, H., Dear, K., Woodruff, R., et al.: The impacts of climate change on three health outcomes: temperature-related mortality and hospitalisations, salmonellosis and other bacterial gastroenteritis, and population at risk from dengue. Garnaut climate change review, 2008. <http://garnautreview.org.au/CA25734E0016A131/WebObj/03-AThreehealthoutcomes/File/03-A%20Three%20health%20outcomes.pdf>
- [2] Hunter, P. R.: Climate change and waterborne and vector-borne disease. J. Appl. Microbiol., 2003, 94(Suppl. 1), S37–S46.
- [3] McMichael, A. J., Woodruff, R. E., Hales, S.: Climate change and human health: present and future risks. Lancet, 2006, 367(9513), 859–869.
- [4] Schmidhuber, J., Tubiello, F. N.: Global food security under climate change. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A., 2007, 104(50), 19703–19708.
- [5] Bentham, G., Langford, I. H.: Climate change and the incidence of food poisoning in England and Wales. Int. J. Biometeorol., 1995, 39(2), 81–86.
- [6] Checkley, W., Epstein, L. D., Gilman, R. H., et al.: Effects of El Niño and ambient temperature on hospital admissions for diarrhoeal diseases in Peruvian children. Lancet, 2000, 355(9202), 442–450.
- [7] Kovats, R. S., Edwards, S. J., Hajat, S., et al.: The effect of temperature on food poisoning: a time-series analysis of salmonellosis in ten European countries. Epidemiol. Infect., 2004, 132(03), 443–453.
- [8] Singh, R. B., Hales, S., de Wet, N., et al.: The influence of climate variation and change on diarrheal disease in the Pacific Islands. Environ. Health Perspect., 2001, 109(2), 155–159.
- [9] Speelman, E. C., Checkley, W., Gilman, R. H., et al.: Cholera incidence and El Niño-related higher ambient temperature. JAMA, 2000, 283(23), 3072–3074.
- [10] Charron, D. F., Thomas, M., Waltner-Toews, D., et al.: Vulnerability of waterborne diseases to climate change in Canada: a review. J. Toxicol. Environ. Health Part A, 2004, 67(20–22), 1667–1677.
- [11] Rose, J. B., Epstein, P. R., Lipp, E. K., et al.: Climate variability and change in the United States: potential impacts on water- and foodborne diseases caused by microbiologic agents. Environ. Health Perspect., 2001, 109(Suppl. 2), 211–221.
- [12] Kovats, R. S., Tirado, C.: Food-borne diseases. In: Menne, B., Ebi, K. L. (eds.): Climate change and adaptation strategies for human health. Springer, Steinkopff Verlag, Darmstadt, 2006.
- [13] Baird-Parker, A. C.: Foodborne salmonellosis. Lancet, 1990, 336(8725), 1231–1235.
- [14] Baird-Parker, A. C.: Foods and microbiological risks. Microbiology, 1994, 140(4), 687–695.
- [15] Goulson, D., Derwent, L. C., Hanley, M. E., et al.: Predicting calyptrate fly populations from the weather, and probable consequences of climate change. J. Appl. Ecol., 2005, 42(5), 795–804.
- [16] Hald, B., Skovgård, H., Bang, D., et al.: Flies and Campylobacter infection of broiler flocks. Emerg. Infect. Dis., 2004, 10(8), 1490–1492.
- [17] Nichols, G. L.: Fly transmission of Campylobacter. Emerg. Infect. Dis., 2005, 11(3), 361–364.
- [18] Atkinson, P., Maguire, H.: Is food poisoning a clinical or a laboratory diagnosis? A survey of local authority practices in the south Thames region. Commun. Dis. Public Health, 1998, 1(3), 161–164.
- [19] Altekruuse, S. F., Stern, N. J., Fields, P. I., et al.: Campylobacter jejuni – an emerging foodborne pathogen. Emerg. Infect. Dis., 1999, 5(1), 28–35.
- [20] Kapperud, G., Lassen, J., Ostroff, S. M., et al.: Clinical features of sporadic Campylobacter infections in Norway. Scand. J. Infect. Dis., 1992, 24(6), 741–749.
- [21] Dowell, S. F.: Seasonal variation in host susceptibility and cycles of certain infectious diseases. Emerg. Infect. Dis., 2001, 7(3), 369–374.
- [22] Gray, C. J., Engel, A. S.: Microbial diversity and impact on carbonate geochemistry across a changing geochemical gradient in a karst aquifer. ISME J., 2013, 7(2), 325–337.
- [23] Hofstra, N.: Quantifying the impact of climate change on enteric waterborne pathogen concentrations in surface water. Curr. Opin. Environ. Sustain., 2011, 3(6), 471–479.
- [24] Curriero, F. C., Patz, J. A., Rose, J. B., et al.: The association between extreme precipitation and waterborne disease outbreaks in the United States, 1948–1994. Am. J. Public Health, 2001, 91(8), 1194–1199.
- [25] Aguilera, A., Cid, A., Regueiro, B. J., et al.: Intestinal myiasis caused by Eristalis tenax. J. Clin. Microbiol., 1999, 37(9), 3082.
- [26] Whish-Wilson, P. B.: A possible case of intestinal myiasis due to Eristalis tenax. Med. J. Aust., 2000, 173(11–12), 652.
- [27] Swartzwelder, J. C., Cali, S. J.: Human intestinal myiasis due to Syrphid larvae. Report of an additional case (Eristalis tenax). Am. J. Trop. Med., 1942, 22(2), 159–163.
- [28] Dubois, E., Durieux, M., Franchimont, M. M., et al.: An unusual case in Belgium of intestinal myiasis due to Eristalis tenax. Acta Clin. Belg., 2003, 59(3), 168–170.
- [29] Tóth, S.: Hoverfly fauna of Hungary (Diptera: Syrphidae). [Magyarország zengőlégy faunája (Diptera: Syrphidae).] e-Acta Naturalia Pannonica, 2011, Supplementum 1, 5–408. [Hungarian]
- [30] The weekly publications of the National Center for Epidemiology 2004–2014. [Az Országos Epidemiológiai Központ heti kiadványai 2004–2014.] <http://www.oek.hu/oek.web?to=839&nid=41&pid=15&lang=hun> [Hungarian]
- [31] Hungarian Central Statistical Office: Demographical data of Hungary 2004–2014. [Központi Statisztikai Hivatal: Népeség, népmozgalom 2004–2014.] https://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_hosszu/h_wdsd001a.html [Hungarian]
- [32] Haylock, M. R., Hofstra, N., Klein Tank, A. M., et al.: A European daily high-resolution gridded data set of surface temperature and precipitation for 1950–2006. J. Geophys. Res. Atmospheres, 2008, 113(D20). <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2008JD010201/epdf>
- [33] Wessa, P.: Free Statistics Software, Office for Research Development and Education, version 1.1.23-r7, URL, 2008. <http://www.wessa.net/>
- [34] Lowry, R.: VassarStats: website for statistical computation. Vassar College, 2004. <http://vassarstats.net/vscor.html>
- [35] Bentham, G., Langford, I. H.: Environmental temperatures and the incidence of food poisoning in England and Wales. Int. J. Biometeorol., 2001, 45(1), 22–26.
- [36] Louis, V. R., Gillespie, I. A., O'Brien, S. J., et al.: Temperature-driven Campylobacter seasonality in England and Wales. Appl. Environ. Microbiol., 2005, 71(1), 85–92.
- [37] Lake, I. R., Gillespie, I. A., Bentham, G., et al.: A re-evaluation of the impact of temperature and climate change on foodborne illness. Epidemiol. Infect., 2009, 137(11), 1538–1547.
- [38] Olsen, A. R., Hammack, T. S.: Isolation of Salmonella spp. from the housefly, Musca domestica L., and the dump fly, Hydrotaea aenesdens (Wiedemann) (Diptera: Muscidae), at caged-layer houses. J. Food Prot., 2000, 63(7), 958–960.
- [39] Holt, P. S., Geden, C. J., Moore, R. W., et al.: Isolation of Salmonella enterica serovar Enteritidis from houseflies (Musca domestica) found in rooms containing Salmonella serovar Enteritidis-challenged hens. Appl. Environ. Microbiol., 2007, 73(19), 6030–6035.
- [40] Ugbo, O. C., Nwachukwu, N. C., Ogbuagu, U. N.: Isolation of Salmonella and Shigella species from house flies (Musca domestica L.) in Uturu, Nigeria. Afr. J. Biotechnol., 2006, 5(11), 1090–1091.
- [41] Bidawid, S. P., Edeson, J. F., Ibrahim, J., et al.: The role of non-biting flies in the transmission of enteric pathogens (Salmonella species and Shigella species) in Beirut, Lebanon. Ann. Trop. Med. Parasitol., 1978, 72(2), 117–121.

(Trájer Attila dr.,
Veszprém, Egyetem u. 10., 8200
e-mail: atrajer@gmail.com)