

Horváth Levente

Felkészülés a klímaváltozásra - alkalmazkodás

A klímaváltozás a Föld klímájának, éghajlatának tartós és jelentős mértékű megváltozását jelenti helyi és globális szinten. A klíma változékonysága, tehát a hosszabb időintervallumokban megnyilvánuló klímastabilitás hiánya meghatározó jelentőségű valamennyi földi ökoszisztéma állapota és állapotváltozásai szempontjából. Mértéke önmagában is jelentős heterogenitást mutat, úgy térben, mint időben. Az ökoszisztémák, mint szabályozási folyamatokra képes rendszerek nem egyszerűen passzív elszennvedői a hatásoknak, hanem azokra különböző mértékű és jellegű alkalmazkodással, visszacsatolással reagálnak. A klímaváltozáshoz való alkalmazkodás már most jelentős feladatokat hárít a társadalomra, a várható hatásokra való felkészülés pedig elengedhetetlen. Jelen tanulmány a klímaváltozás által leginkább érintett tevékenységeket és alkalmazkodási lehetőségeit tekinti át.

Helyzetkép

A 19. század második felétől kismértékű globális melegedés figyelhető meg, melynek hatására az éves felszín közeli középhőmérséklet napjainkra 0,7°C-kal emelkedett. Ennek az antropogén eredetű hőmérséklet-változásnak már vannak kimutatható hatásai a különböző társadalmi és ökológiai rendszerekre. Az átlaghőmérsékletek eltolódásával együtt jár az időjárási szélsőségek gyakoriságának növekedése, amelynek hatványozott következményei lehetnek.

A Kárpát-medencére számított hőmérsékleti extrém indexek tendenciái

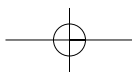
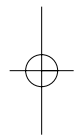
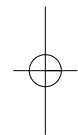
Mind a középhőmérsékletek, mind az extrém hőmérsékleti paraméterek idősorait tanulmányozva szembetűnő a hetvenes évek közepétől napjainkig jelentkező erős mele-

gedő tendencia. A hideg napok arányának csökkenése, s a hőségnapok számának növekedése egyaránt melegedést jelez.

Általánosságban elmondhatjuk, hogy a szimulációk valamelyest felülbecsülik a hőmérsékletet a Kárpát-medence térségében, csak a vizsgált terület nyugati és északkeleti határain figyelhetünk meg csekély mértékű alulbecslést. A legnagyobb felülbecslés az ország déli részén figyelhető meg, de ennek mértéke sem haladja meg a 1,5°C-ot.

A Magyarország területére várható melegedés nyáron a legnagyobb, s tavasszal a legkisebb. A hőmérséklet-emelkedés mértéke nyáron északról dél felé, míg télen és tavasszal nyugatról kelet felé haladva növekszik.

A napi maximum és minimum hőmérséklet évszakos átlagainak várható alakulását is így jellemezhetjük. Hasonlóan a globális és európai eredményekhez, a Kárpát-medencére a maximumhőmérsékletek legnagyobb növekedése nyáron várható, a me-



legedés térbeli eloszlása egyértelműen zonális szerkezetet mutat, északról dél felé haladva egyre nagyobb hőmérséklet-növekedésre számíthatunk.

A várható változásokat összegezve, a minimum hőmérsékletek valószínűsíthető növekedése általában (tél kivételével) kisebb, mint a maximum hőmérsékletké, s hasonló az átlaghőmérsékletekhez. A legnagyobb melegedésre nyáron számíthatunk. Különösen jelentős mértékű a forró napok, a túl meleg éjszakák és a hőségnapok számának emelkedése. A hideg téli szélsőségek gyakoriságának várható csökkenése kisebb mértékű, mint a meleg nyári szélsőségek növekedése.

A Kárpát-medence extrém csapadék-paramétereinek tendenciái

A mezőgazdasági termelés szempontjából alapvető jelentőségű az adott térségben lehulló csapadék teljes mennyisége, intenzitása és eloszlása. A 20. század utolsó negyedének tendenciái jelentősen eltérnek az évszázados trendektől. Míg a Kárpát-medencében az elmúlt ötven évben csökkent a csapadék-extremitás mértéke, addig az elmúlt 25 évben a szélsőséges csapadékok összességében növekedtek.

Jól felismerhető az európai térség megosztottsága: az északi területeken a nagy csapadékú napok száma az utolsó két-három évtizedben növekedett, míg a Földközi-tenger vidékén csökkent. A Kárpát-medence a két régió határterületén helyezkedik el, így egyértelmű változást nem lehet kimutatni, viszont az évszakos változások szignifikánsak. Az egész Kárpát-medencét egy erős negatív trend jellemzi, azaz a csapadékos napok számának erőteljes csökkenése várható.

Az IPCC-jelentés feltevése szerint több régió éghajlatát, mezőgazdaságát is jelen-

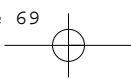
tősen befolyásoló veszélyforrás lehet a 21. században a csapadékszélsőségek gyakoriságának növekedése. Számos extrém-csapadékindex erősen növekvő tendenciája figyelhető meg a Kárpát-medencében. Ezek az eredmények jó egyezést mutatnak a korábbi megfigyelésekkel. A nagy csapadékintenzitást vagy a nagy csapadékot jelző extrém indexek esetén találhatjuk a legerősebb pozitív trendet.

A 20 mm-t meghaladó extrém csapadékú napok számának tendenciáit elemezve, szembevetve az egész Kárpát-medencét jellemző egyöntetű erős pozitív trend. A Dunántúlon intenzívebben növekedett a 20 mm-nél nagyobb csapadékú napok száma, mint az Alföld térségében. A nagy csapadékok évi arányának alakulása a Dunántúlon enyhén csökkenő, míg a térség többi részén közepes erősségű növekvő tendencia jellemző. Kevesebb napon hullott csapadék, mint korábban, a csapadékos napokon az úgynevezett nagy csapadékok aránya viszont jelentősen megnőtt.

A klímaváltozási scenáriók szerint az éves csapadékösszegben nem várható jelentős mértékű változás, de ezt nem mondhatjuk el az évszakos csapadékösszegekről. A Kárpát-medence térségére a csapadékösszegek változásának várható tendenciája nem minden évszakban azonos előjelű: nyáron (és kisebb mértékben ősszel) a csapadék csökkenésére, míg télen (és kisebb mértékben tavasszal) a csapadék növekedésére számíthatunk. A modellek azt jelzik, hogy a legcsapadékosabb két évszak a tél és a tavasz lesz.

Az 1°C-os globális melegedés esetén várható éghajlatváltozás Magyarországon

A klímaváltozások hatásvizsgálatához a közelebbi jövőre vonatkozó előrejelzések-re lenne szükség, melyek egyelőre még



nem teljes mértékben állnak rendelkezésre. A századvégre vonatkozó modellbecslések alapján meghatározták az 1°C-os globális melegedéshez tartozó regionális hőmérséklet- és csapadékváltozásokat az európai országokra.

A hőmérsékletre egyértelmű melegedő tendencia jellemző, mely erősebb az 1°C-os globális átlaghőmérséklet-emelkedésnél. az éves 1,4°C-os hőmérséklet-emelkedésnél nagyobb mértékű változásra számíthatunk nyáron és ősszel (1,7°C, illetve 1,5°C), míg télen és tavasszal valamivel kisebbre (1,3°C, illetve 1,1°C).

Az 1°C-os globális átlaghőmérséklet-emelkedés esetén várható éves csapadékváltozást csekély mértékű negatív tendencia jellemzi. Az évszakos csapadékösszegben hazánkban jelentős (abszolút értékben átlagosan közel 10%-os) változás a téli és nyári évszakban valószínűsíthető, előbbi esetén növekedésre, utóbbinál csökkenésre számíthatunk.

Vízügy

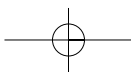
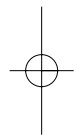
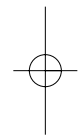
Magyarország természetföldrajzi adottságai árvízi veszélyeztetettség szempontjából meglehetősen kedvezőtlenek. Az ország a Kárpát-medence legmélyebb részén helyezkedik el, így számolni kell a környező 1000–3000 méter magas hegyvidéki vízgyűjtőkről érkező – a Duna, a Tisza és ezek 16 nagyobb mellékvízfolyása által szállított – árhullámokkal. Az ország területének közel egynegyede árvíz által veszélyeztetett terület, ami Európában a legnagyobb. Az árvízi szempontból kedvezőtlen földrajzi adottságokat fokozza, hogy hazánk az éghajlati szélsőségek országa: a hatalmas vízbőséget hozó árvizes időszakokat kitartó szárazság követheti. A növekvő szélsőségek miatt ma már minden második év aszályos.

E kettősség megnehezíti az árvíz elleni védelem fejlődését: egy-egy hosszabb száraz periódus jelentősen gyengíti a védelmi fejlesztések társadalmi támogatottságát, ellehetetlenítve így azok finanszírozását. Ennek megfelelően nagy időléptékben vizsgálódva az árvízvédelmi rendszer fejlődésének szükségszerű, a gazdasági-társadalmi igények által kikényszerített alakulását figyelhetjük meg: a fejlesztések konkrét jelentősebb lépéseit azonban szinte mindig közvetlenül egy-egy komoly árvízi katasztrófa váltotta ki.

Bolygónkon változatos formában megjelenő vizek (folyók, tavak, talajvíz, talajnedvesség) a víz körforgásán át kapcsolódnak a légköri folyamatokhoz. A csapadék táplálja, a hőmérséklettel együtt növekvő párolgás fogyasztja a vizeket. Nagy mennyiségű csapadékot, hirtelen hóolvadást követően a talaj telítődik, a mederből kilépő víz áradást, esetenként katasztrófával együtt járó árvízet okoz. Síkvidéken a felszín mélyedéseiben megrekedő víz belvizeket vált ki. Hosszan tartó csapadékhiány a talaj kiszáradásához vezet, aszály léphet fel, csökken a talajvíz, erősen apad a folyók szintje.

A vizek időjárástól függő időbeli alakulásának, a vízjárásnak a légköri folyamatokhoz való szoros kötődése azt jelenti, hogy az éghajlat, s különösen a csapadék és a hőmérséklet megváltozása maga után vonja a vízjárás változását is. A vízjárás változását az éghajlat mellett esetenként azt meghaladó mértékben a nem éghajlati hatások, a vizekre közvetlenül vagy közvetve ható emberi tevékenységek is kiválthatják.

Az éghajlat változékonysága mindig is hatott a vízgazdálkodási politikára. A vízgazdálkodás hosszú távú stratégiája nem változhat az éghajlat változékonysága szerint, annál inkább figyelembe kell vennie



az éghajlat lehetséges változását. Hosszabb időszakra a megújuló vízkészlet az átlagos évi csapadék és párolgás különbségeként megjelenő átlagos évi lefolyással jellemezhető. Az átlagos évi lefolyás megoszlása jelenleg is nagy területi eltérést mutat, a globális melegedés következtében az eltérések növekednek.

Az előre jelzett változás függ a hatásvizsgálatához választott éghajlati forgatókönyvtől. A különböző éghajlati forgatókönyvek alapján készített előrejelzések helyenként egymásnak ellent is mondanak. Az elégtelen vízkészletből fakadó vízhiánytól meg kell különböztetni a vízszolgáltatás elégtelenségéből származó vízhiányt, ami akkor is jelentkezhet, ha a vízkészlet elegendő, de nincs meg vagy hiányos a vízellátó rendszerek, a közművek infrastrukturális kiépítettsége, azaz a jó minőségű vízhez való hozzáférés korlátozott. Ez főként a lakossági ivóvízellátásban okoz gondokat.

Vízjárési szélsőségek

A globális melegedés miatt várhatóan nő a téli esőeredetű árvizek kockázata, korábban jelentkeznek a hóolvadási árvizek. A szélsőséges nagycsapadékok gyakoriságának és intenzitásának növekedése miatt sokfelé várhatóan nő a rövid idejű, nagy árvizek gyakorisága és hevessége. A nyári csapadék csökkenése a párolgás növekedésével párosulva sokfelé növeli a vízfolyások szélsőségesen alacsony kisvízeinek (hidrológiai aszály) gyakoriságát és nagyságát.

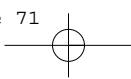
Vizeink vízjárásában a 20. század során megfigyelt tendenciák összhangban vannak a globális melegedés regionális éghajlati következményeivel, a csapadék csökkenésével és a hőmérséklet emelkedésével. Több folyón az évi középvízhözam csökkenő tendenciát mutat. Az évszázad utolsó évtizedeiben jelentősen, he-

lyenként 60%-kal is csökkent a síkvidéki területek lefolyása. Ennek oka lehetett az is, hogy a talajvíz süllyedése miatt a kevesebb csapadék nagyobb hányada szivárgott a talajba. A talajvíz süllyedése részben éghajlati okok miatt következett be, de jelentős szerepet játszottak az antropogén hatások is.

Nagy tavaink évi természetes vízkészlet-változása is csökkenő tendenciát mutat. A Velencei-tó vízszintje a csapadékszegény 1990-es évek elején a kritikus szint alá csökkent, a tó vizét átmenetileg karsztvizekből pótolták. A 2000–2003. években a Balaton párolgása meghaladta a tó csapadékból és hozzáfolyásból adott vízbevételeit, természetes vízkészlet-változása negatív volt, vízszintje jelentősen és tartósan apadt. Az 1980-as évek szárazodó éghajlata az alföldi tavak felületének csökkenését eredményezte, több tó kiszáradt.

Hazánk térségében a legvalószínűbben várható éghajlatváltozás, a néhány fokos melegedés és az évi csapadék kismértékű csökkenése, a 21. század során várhatóan az átlagos évi lefolyás, azaz a vízfolyások évi megújuló vízkészletének fogyatkozásához vezet. Kisebb vízfolyásainkon a csökkenés a 25–30%-ot is meghaladhatja. A megújuló vízkészlet fogyatkozását nemcsak az okozza, hogy kevesebb lesz a csapadék, hanem csökken annak lefolyást adó hányada, a lefolyási tényező. Csökken a felszín alatti vizek csapadékból megújuló utánpótlása is, legnagyobb mértékben az Alföld középső vidékén, mértéke itt kisebb globális melegedésnél is elérheti a 25–50, nagyobb melegedésnél a 75%-ot.

Növekszik a tavak párolgása és a nagy tavakat évi átlagban ma jellemző 250–300 mm éghajlati vízhiány, amit a vízgyűjtőkről csökkenő mértékben érkező hozzáfolyás egyre kevésbé ellensúlyoz. A tavak vízháztartása romlik, természetes vízkészlet-vál-



tozásuknak a 20. században észlelt csökkenő tendenciája várhatóan folytatódik, csökkenhet a tavak kifolyása, vízcseréjük lassulhat. Az alföldi kistavak többségét a kiszáradás fenyegeti.

A tél melegedése miatt várhatóan csökken a folyók és a tavak jégjelenségeinek gyakorisága, amit az utóbbi évtizedek megfigyelései alátámasztanak, jóllehet a csökkenésben nem éghajlati hatások is közrejátszanak.

Az éghajlat melegedése és szárazodása növeli a talajaszályt, az aszályos évek gyakoriságát. Az aszályok a mainál nagyobb térségre terjednek ki. Az évi csapadék 15%-os csökkenése és a hőmérséklet 1,5°C-os emelkedése esetén az átlagos aszályhelyzet olyan lehet, mint amilyen a jelenlegi éghajlat esetén az átlagosnál aszályosabbnak mutatózó 1991–2000-es évtizedben volt.

A vizeinket érintő éghajlatváltozás másik szembetűnő vonása, hogy mind a hazai, mind a határainkon kívül fekvő vízgyűjtőkben a csapadék a téli félévben nő, a nyári félévben csökken. A hőmérséklet emelkedése miatt a téli félévben rövidül a hóidény, a növekvő csapadék egyre kisebb hányada hull le hó alakjában. A növekvő téli esőzések miatt várható a késleltetés nélküli téli lefolyás növekedése, amelynek mértéke több vízgyűjtőben (Felső-Tisza, Sajó, Zagyva, Balaton) a 10–20%-ot is elérheti. Ezek következtében nőhet a téli esőeredetű árvizek gyakorisága és nagysága.

A tél végi, tavasz eleji olvadásból keletkező késleltetett lefolyás változása kevésbé egyértelmű. A hó alakjában hulló csapadék csökkenése miatt az alacsonyabban fekvő vízgyűjtőkben várhatóan kisebb lesz a hó felhalmozódása, a benne tárolt vízmennyiség, és ezért csökkenhet a tavaszi olvadás idején jelentkező késleltetett lefolyás. A magasabb fekvésű vízgyűjtőkben a téli

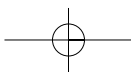
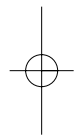
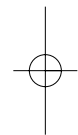
csapadék növekedése miatt nagyobb lehet a hó felhalmozódása, ami növelheti a tavaszi olvadás idején képződő késleltetett lefolyást, növekedhetnek a tetőző vízhozamok, a mainál korábban jelentkezhetnek az olvadásos és vegyes (esőzéssel kísért olvadásos) eredetű árvizek.

A csapadék éven belüli átrendeződését a tavak havi természetes vízkészlet-változásának átrendeződése is követi. A nyári hónapok szárazabb és melegebb éghajlata miatt ebben az időszakban csökken a tavak természetes vízkészlete, a vízháztartásuk romlik.

A Balaton nyári természetes vízkészletének csökkenése következtében az alacsony vízállások gyakorisága megnövekszik. Az évi csapadék 10%-os csökkenése és a hőmérséklet 1–1,5°C-os emelkedése esetén a Balaton szélsőségesen alacsony, a síófoki vízmércét tekintve a 30 cm alatti vízállásainak gyakorisága húszszorosára nő változatlan síófoki vízeresztési előírások mellett. Ez azt jelenti, hogy ilyen éghajlatváltozás esetén átlagosan minden évben két héten át a vízállás 30 cm alatt marad. Ilyen vízállások tartós előfordulása jellemezte a szélsőséges vízháztartású 2000–2003. éveket. Ami akkor szélsőséges volt, a jövőben szokásos lehet.

Az éghajlatváltozás vízminőségi hatásai

A hőmérséklet emelkedése közvetlenül, a vízkörforgás változásán át közvetve is hatással lehet a vizek minőségére, a globális sugárzás erősödésével együtt javítja a fotoszintézis feltételeit, növeli a szervesanyagképződést, fokozza az eutrofizálódást. A folyókban csökken az oxigén-telítettségi koncentráció, ami a kisvízi lefolyás csökkenésével együtt rontja a vizek oxigén-háztartását. Az elfogyasztható oxigén kisebb



mennyiségben áll rendelkezésre a szerves szennyezéseket lebontó baktériumok számára, végső soron csökken az „öntisztulás”, és növekedhet az algásodás. A vizek egyes minőségi tulajdonságát a szén-dioxid légköri koncentrációjának növekedése közvetlenül is kiválthatja, növekedhet a hidrogénkarbonátion-koncentráció, ami a víz keménységének növekedését eredményezheti, és változhat a tavak pH-értéke is.

A tavak vízháztartásának romlásával megnő a vízük kicserélődési ideje, és ezért romlik egyes vízminőségi mutatóik értéke, növekedhet a sótartalmuk, várhatóan nő a tavak klorofill-tartalma. Az alacsonyabb vízállások gyakoribb és tartósabb előfordulása hatással lesz a tó nyíltvízi és parti övezetének ökológiájára. A vízszint csökkenése miatt több fény jut az üledék közelébe, ami elősegíti a kékalga spórák csírázását. A nyíltvízi övezetben fokozódik a víztér és a felső üledékréteg felmelegedése, ami gyorsítja a biológiai folyamatokat, nő a vegetációs időszak hossza, a biomassza és a melegigényesebb fajok elszaporodnak. Kellemetlen következmény a többlet árvaszúnyog-nemzedék.

A vízkészlet–vízigény egyensúly megőrzése

A vízkészletek és a vízigények egyensúlyának megteremtése a vízgazdálkodás egyik fontos feladata. Ennek többféle eljárása is kialakult a múltban, két csoportjuk: a hasznosítható vízkészletek növelése, illetve a vízigények csökkentése. Ezek az eljárások lesznek a vízkészletek és a vízigények közötti egyensúly megőrzésének és javításának alapvető eljárásai az éghajlat változása esetén is.

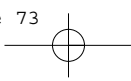
A hasznosítható vízkészlet növelésének fontos eszközei a tározás és a vízátervezés. A hazai tározási lehetőségek azonban kor-

látozottak: a domborzati adottságok kedvezőtlenek, káros környezeti hatásuk és rövid élettartamuk miatt építésük főként síkvidékeken nem célszerű. Vízátervezés az országon belül többfelé lehetséges és műszakilag megoldható, korlátokat a költségek és a környezeti követelmények jelenthetnek. A csökkenő felszíni vízkészlet csak korlátozottan pótolható a felszín alatti vizek fokozottabb igénybevételével, mivel várhatóan a felszín alatti utánpótlódó vizek is csökkennek, a fokozott vízkivétel a talajvíz további süllyedéséhez vezet, ami rontja a felette található talajréteg nedvességéből táplálkozó növényzet természetes vízellátását, csökkenti a folyók kisvízi utánpótlását.

A vízigény-szabályozás is sokrétű. Eredményes lehet a vízpazarlás megszüntetése, ami elérhető pénzügyi és jogi intézkedésekkel, a tudatosabb vízfogyasztásra való neveléssel. A vízigény csökkenthető a víz ismételt vagy többszöri használatával. Megoldás lehet a víztakarékos vagy száraz technológiák alkalmazása. A vízigény szabályozása különösen két fogyasztó: a ma is nagy vízfogyasztóként jegyzett erőművek, és a mezőgazdaság (öntözés, halastavak) vízhasználata esetén járhat jelentősebb megtakarítással.

Természetes ökoszisztémák

A bioszférát alkotó fajok elterjedése, az életközösségek faji és mennyiségi összetétele a földi élet kezdetétől fogva folyamatosan változik. Korábban az élővilág földtörténeti léptékű átalakulása természetes folyamatként volt felfogható, de egyre nagyobb súllyal szerepelnek az emberi tevékenységnek tulajdonítható hatások. A környezetünkre gyakorolt antropogén hatások közül az egyik legvitatottabb és legjelentősebb a klímaváltozás kérdésköre.



A klímaváltozás kétségkívül jelentős hatással van a természetes ökológiai rendszerekre és rajtuk keresztül a társadalmi és gazdasági folyamatokra. Ma már elfogadott tény, hogy a gazdasági és társadalmi életünk a korlátozott természeti erőforrásokra támaszkodik, és az ökoszisztémák legkülönbébb hasznait élvezi. Ennek alapján az ökoszisztémák nemcsak egy szektort jelentenek a többi között, hanem az ökoszisztéma-szolgáltatások révén a legtöbb szektorral kapcsolatban vannak, és a globális változások elsősorban ezek megváltozásán keresztül befolyásolják életünket.

Az elmúlt évtizedekben már megfigyelhető a klímaváltozás közvetlen és közvetett hatása a szárazföldi és vízi ökoszisztémákra – egyed-, populáció-, faj- és ökoszisztéma-összetétel szinten egyaránt. A klímaváltozás természetközeli ökoszisztémákra gyakorolt lehetséges hatásai és az élőlényközösség erre adott válaszreakciói azonban még kevésbé ismertek. Ennek oka a természetközeli ökoszisztémák nagyobb komplexitásában keresendő.

Vízi ökoszisztémák

A klímaváltozás különösen érzékenyen érintheti a vízi ökoszisztémákat. A KvVM adatai szerint a vízhiány okozhatja a legnagyobb problémát a legtöbb védett természeti területen. Az aszályos időszakok során mocsarak és lápok száradhatnak ki. Valószínűsíthető, hogy a növekvő párolgás miatt számos kis tavunk felülete jelentősen csökken, esetleg kiszárad, nagyobb tavaink esetén számolhatunk alacsonyabb vízállással.

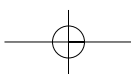
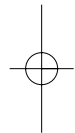
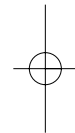
A lápok ökológiai szempontból kiemelkedően fontos vizes élőhelyek, melyek még a nagy lecsapolások előtti időszakban is hazánk területének mindössze 1,1%-át tették ki. Az európai kontinensen az egykori kb.

495 ezer négyzetkilométernyi lápvidék néhány évtized alatt 187 ezer négyzetkilométerre zsugorodott. Ez az európai átlagban is hatalmas (mintegy 62%-os) veszteség hazánkban még drámaibb arányokat mutat, hiszen hazánk lápterületeinek több mint 97%-a odaveszett.

A lápok vízszintje természetes állapotában nagyfokú állandóságot mutat, és a víz felszíne alatt oxigéntől elzárt viszonyokat teremt. Ezért a lápok az egyéb vizes élőhelyektől főként abban különböznek, hogy bennük az elhalt növényi anyagok nem bomlanak le, hanem tőzeget képezve felhalmozódnak, így szenet vonnak ki. Ennek ökológiai jelentősége azért óriási, mert a légkörből kivont szén-dioxid a legfontosabb üvegházhatású gáz, ami Földünk klímájának alakulásában meghatározó. A tőzeg porózus szerkezete és kémiai tulajdonságai révén nemcsak szén-rezervoár, hanem duzzadóképesége folytán nagyon sok vizet is képes megkötni, így meghatározó szerepe van a vízviszonyok szabályozásában és a csapadékvíz továbbözönlését megakadályozó vízvisszatartásban.

A lápok élővilág-védelmi jelentőségét azonban nemcsak ökológiai szerepük, hanem döntően a biológiai sokféleség megőrzésében való jelentőségük is adja. A lápokra jellemző élőhelyi sokféleség és térbeli heterogenitás számos ritka, különleges élőlény fennmaradását biztosítja.

Magyarországon a folyószabályozások és lecsapolások előtt a vizes területek aránya sokkal nagyobb volt a jelenleginél. A 20. század második felében világszerte felgyorsult a vizes területek pusztulásának üteme. A tapasztalatok hamar rávilágítottak arra a tényre, hogy önmagában az élőhelyek védelme nem elegendő, magát az ökológiai rendszert kell megőrizni, amely képes az ott előforduló fajok eltartására. A vizes élőhelyeknek igen fontos szerepük



van a föld biodiverzitásának fenntartásában. A vizes területekre a globális felmelegedés sok esetben igen nagy veszélyt jelent. Számos védett állatfaj kipusztulását okozhatja további degradációjuk vagy teljes kiszáradásuk.

Szárazföldi vegetáció

Hazánk nemcsak éghajlati, hanem biogeográfiai szempontból is átmeneti területen van: a közép-európai lomberdőövezet és a kontinentális erdős sztyepp határán, jelentős szubmediterrán hatásokkal. A várható felmelegedés hazánk területét több okból is különösen érzékenyen érintheti. Egyrészt a klimatikus meghatározott növényzeti övek határai a klímaváltozás szempontjából fokozottan érzékenynek számítanak, másrészt a Kárpát-medence elszigetelt helyzete fokozott veszélyeztetettségre hívja fel a figyelmet. Magyarország természeti értékei már ma is nagyon szűk területre szorultak vissza, és veszélyeztetettségük klímaváltozás nélkül is drámai. Ebből következően, hazánkban a klímaváltozás hatása mindenképpen alapvető átstrukturálódásban, az állapotok gyökeres megváltozásában nyilvánulna meg, amely felhívja a figyelmet a természetvédelmi és általánosabb értelemben vett biodiverzitás-megőrzési alkalmazkodás jelentőségére, ezen feladatok súlyára és fontosságára.

Magyarország klimatikus viszonyainak az évszázad végére várható, igen jelentős megváltozása a biogeográfiai zónák eltolódását is okozhatja. A megváltozott klímához a növények vagy helyben alkalmazkodnak, ha képesek erre, vagy elvándorolnak, elsősorban szaporító képleteik révén. A terjedési folyamatot viszont nagyban hátráltatja az élőhelyeik emberi tevékenységnek köszönhető feldaraboltsága. A ter-

mészetes vegetációval borított területek között ugyanis nincs elég kapcsolat, így nem tudnak vándorolni a fajok, és nem találhatják meg azokat a menedékeket, ahol átvészélhetik a számukra kedvezőtlen időszakot. Mivel hazánkban a klímaváltozás leginkább a vizes élőhelyek kiszáradásában vagy a száraz élőhelyek még szárazabbá válásában mutatkozhat meg, így a nedves élőhelyeket kedvelő fajok részéről is fokozott reakció várható. A nagy, eurázsiai vagy globális elterjedésű fajokat érintheti legkevésbé a klímaváltozás. A délies elterjedésű, szárazságtűrő fajok közül kerülhetnek ki a klímaváltozás haszonélvezői, különösen, ha jó terjedő képességgel rendelkeznek. Azonban e fajok jelentős része inváziós gyomnövény, fokozott terjedésük nagy figyelmet követel.

A biológiai invázió problémája különös jelentőségű. A klímaváltozás hatására a jelenleg is problémát okozó invazív növényfajok hazai elterjedése megváltozhat, de új fajok is megjelenhetnek, vagy jelenleg nem invazív idegen fajok válhatnak özőnfajokká. Bár elképzelhető, hogy egyes özőnfajok visszaszorulnak a számukra kedvezőtlené váló klíma miatt, általánosságban elmondható, hogy a gyors környezeti változásokra a gyorsan terjedő fajok képesek jól reagálni, így ezek nagyobb arányú térhódítása várható. Mindez nem csupán a hazai flórára jelent nagy veszélyt, hanem számos özőnnövény – allergén hatása miatt – az emberi egészségre is ártalmas lehet.

A klímaváltozásra a növényfajok fenológiai változásokkal is reagálhatnak. Számos vizsgálat alapján a kora tavaszi fajok reagálhatnak a legszembetűnőbben, korábban hajtanak és korábban virágoznak. A természetes állapotú, nagy fajgazdagsággal bíró közösségek stabilabbak, mint a természetes állapotát tekintve leromlott

vagy másodlagos állományok. A fajokban gazdag természetes ökológiai rendszerek a klímaváltozás negatív hatásait is jobban képesek tompítani. Mindez azért is jelentős tény, mert a sűrűn lakott Európában – így hazánkban is – több leromlott állapotú, fajokban elszegényedett élőhely van, mint természetközeli állapotú.

Természetvédelem

A klímaváltozás a globális változási folyamatok természetvédelmi szempontból legfontosabb eleme. A fennálló ökológiai állapotok jelenlegi élőhelyeken való megőrzése helyett a természetvédelem célja csakis a bioszféra működésképeségének, önszabályozó kapacitásának és biológiai sokféleségének megőrzése lehet. Ennek megvalósítása a károsító emberi hatások megakadályozásával és az ökológiai rendszerek természetes alkalmazkodási folyamatainak aktív segítségével lehetséges. A probléma megoldásában az ökomérnökségen alapuló aktív természetvédelmi munka nem kerülhető el. Ez a munka alapvetően két fő részfeladatra bontható: hazánk megváltozó éghajlatának megfelelő természetes és természetközeli élőlényközösségek létrejöttének elősegítése; a jelenleg hazánkban élő és annak megváltozó ökológiai feltételeihez alkalmazkodni képtelen élőlény-együttesek menekülési útvonalának biztosítása.

Ezek kapcsán különböző emberi tevékenységek és szektorok látszólagos érdekei ütközhetnek, ami szükségessé teszi a hatások és következmények pénzületi kifejezését. Ehhez az ökológiai közgazdaságtan eszközei nyújtanak lehetőséget a bioszféra szolgáltatásainak számszerűsítésével. A klímavédelmi célú erdőtelepítések, a természetvédelmi célú transzlokációs projektek, a földterületeknek az intenzív műve-

lésből való kivonása, vagy éppen az ökológiai feltételeknek megfelelő mezőgazdaság kialakítása ezen eszközök segítségével lendíthető fel.

Ember által befolyásolt ökoszisztémák

A termőhelyi viszonyok nagymértékben meghatározzák a növénytermesztési tevékenység feltételeit. A számos befolyásoló tényező közül némileg pontatlan összefoglaló kifejezéssel a „talaj-klimatikus” viszonyokat tekinti a mezőgazdaság olyan tényezők összességének, amelyek hatását nem vagy csak kismértékben képes szabályozni, és amely hatások ugyanakkor alapvetően meghatározni képesek a termelés célját, a természetű növény fajtát, fajtáját, az alkalmazható agrotechnikai műveleteket és a tevékenység gazdaságosságát. Autentikus irodalmi források szerint az éghajlat erőforrás, mégpedig az egész emberiség legjelentősebb erőforrása, amelyet hasznosítani lehet, de egyúttal az éghajlat magába foglal olyan tényezőket is, amelyek többféle szempontból is kockázati elemet jelenthetnek.

Magyarország, Európában egyedülállóan, területének több mint 80%-án rendelkezik agroökoszisztémákkal (de a művelés alól kivett területek aránya fokozatosan emelkedik), továbbá területének csaknem fele szántó. Az ország sajátossága a viszonylag alacsony erdősültség és a lombos fafajok magas aránya. Az erdők és általában a zöldfelületek sokoldalú hatásuk miatt – CO₂ elnyelés és oxigén-kibocsátás, árnyékolás, a pára megőrzése, esztétikai hatások, a szelek mérséklése stb. – a légkörvédelem és az alkalmazkodás semmi mással nem helyettesíthető elemei.

A mező- és erdőgazdaság a természeti erőforrásokat hasznosítja, ezért elemi ér-

dek a védelmük. Az emberi tevékenységek azonban – a kemikáliák használata, a talajok vízháztartását befolyásoló talajművelés, ligeterdők kiirtása az ártereken – már jelentősen megváltoztatták az ökoszisztémát, a klímaváltozás pedig további jelentős változásokat okozhat.

A mezőgazdaság és így az élelmiszer-ellátás biztonsága az a tevékenység, amely – a természetes vegetáció mellett – leginkább érzékeny az időjárásra és a változó éghajlatra. Hazánk növénytermesztési zónák határán fekszik – a kukorica és a szőlő szempontjából például az északi határon, a burgonya és a rozs szempontjából a déli határon –, így viszonylag kis klimatikus változások is jelentősen megváltoztathatják az ország agroökológiai feltételeit, ezzel együtt a földhasználat és a termelés szerkezetét is. Ezért kiemelt jelentőségű az ökológiai adottságok várható változásának vizsgálata, és az ahhoz való alkalmazkodási lehetőségek kidolgozása, egyrészt a termőterületek kiválasztásával, másrészt a nemesítési vonalak (például szárazságtűrő fajták) meghatározásával.

A kertészeti ágazatok viszonylag kis területen állítanak elő nagy termelési értéket. Gazdasági jelentősége mellett a hazai kertészeti termelésnek nagy szerepe van az egészséges táplálkozás szempontjából is. A termesztett növények sokfélesége miatt azonban eltérő klímaváltozási kockázatokkal kell számolni.

Talaj, tápanyagellátás, víz

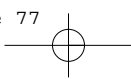
A talaj termőképességére is hatással lesznek a klimatikus változások. A magasabb levegőhőmérséklet következtében a termőréteg hőmérséklete is növekszik, ez meggyorsítja a szerves anyagok lebomlását és más folyamatokat, amelyek mind hatással vannak a termőképességre. E fo-

lyamatok ellensúlyozására nagyobb mennyiségű műtrágya felhasználására lesz szükség. A harmonikus tápanyagellátás segíthet a növények vízhasznosításában. A megfelelő tápanyag-ellátottságú növényállomány még aszályos körülmények között is 10–20%-kal nagyobb termést ad, mint a trágyázatlan. Minden növényfajnak, és ezen belül minden fajtának is specifikus evapotranszpirációs vízigénye van. Nem mindegy tehát, hogy mikor, hol, milyen növényfajokat/fajtákat termesztünk.

A víz- és tápanyagellátás az optimális tőszámot is nagymértékben befolyásolja. Az optimálisnál nagyobb tőszám növeli az aszályérzékenységet. A fokozott műtrágya-felhasználás következtében a talaj-növény-atmoszféra-rendszerben növekedni fog a CO₂ és N₂O üvegházhatású gázok kibocsátása. Fontos kiemelni azt is, hogy a talaj hazánk legnagyobb kapacitású – potenciális – természetes víztározója, aminek a várható szélsőséges vízháztartási helyzetek miatt mezőgazdasági és környezetvédelmi szempontból egyaránt kiemelt jelentősége van.

Klimatikus kockázatok

A termesztési feltételeket, a termelés biztonságát nagymértékben befolyásolják az extrém időjárási esetek. Ezek gyakorisága és intenzitása várhatóan növekedni fog. Az utóbbi évek megfigyelései is ezt a megállapítást támasztják alá. A négy, Magyarországon leggyakrabban előforduló jelenség: a tavaszi fagy, az aszály (hosszú száraz periódus), a hőstressz és a viharos időjárás (erős szél, jégeső, intenzív csapadék). Ezek mindegyike előfordult 2007-ben Magyarországon, s az együttesen okozott kár a mező- és erdőgazdaságban elérte a 150 milliárd forintot. A legnagyobb kárt a múltban is a kisebb-nagyobb gyakoriság-



gal előforduló aszály okozta. Az aszály mellett számítani kell a belvívelöntésre is. Számos esetben egy évben mindkét kártétel előfordult Magyarországon. A belvíz országos szinten csapadékos éjárattól, illetve árviztól függően 100–150 000 hektárt is érint. Bár a klímaváltozást általában a felmelegedéssel kapcsoljuk össze, a tavaszi fagyok előfordulását sem lehet kizárni, mint ahogy az bekövetkezett 2007-ben, amely az egyik legmelegebb év volt a megfigyelések óta. A gyümölcsösökben okozott kár óriási volt az ország északkeleti részén. A viharok gyakorisága és intenzitása is növekedni fog a jövőben. Ennek jelei is megfigyelhetők az utóbbi években. A klímaváltozás növelheti a jégesők gyakoriságát, ami szabadföldi kultúráknál nehezen kivédhető kártétel.

Szántóföldi növénytermesztés

A klímaváltozással összefüggésben az egyik legsérülékenyebb területnek az élelmiszer-ellátás biztonságát tartják. Az élelmiszer-termelésben meghatározó szerepe van a gabonaféléknek. Az IPCC második jelentése szerint a cereáliák termesztése várhatóan csökkenni fog globálisan, még a legnagyobb erőfeszítések ellenére is. A kiinduló értékeket a jelenlegi klimatikus viszonyokra becsült értékek jelentik, egyértelműen megállapítható, hogy a cereália-termelés feltételei összességében romlanak.

A termőhelyi adottságok és a földhasználat kontinentális szinten jelentősen változhat a klímaváltozás függvényében. Számítások szerint 1°C globális hőmérséklet-emelkedés 150–250 km-rel tolja el a termesztési zónákat a sarkok felé.

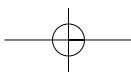
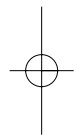
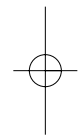
A klíma változásának számos tényezője érinti a mezőgazdasági növénytermesztést. A magasabb átlaghőmérséklet felgyorsítja a növények fejlődését, melynek a

növénytermesztésben rövidebb vegetációs periódus, termés kiesés lesz a következőképpen. A légkörben növekvő CO₂-szint – bár közvetve, az üvegházhatás révén negatív kihatásaival is számolni kell – serkenti a biomassza-felhalmozást, és növeli a termést. A gabonafélék érése alatti hősnapok számának emelkedése – amellet, hogy jelentős termés kiesést okozhat – nagymértékben rontja a termés minőségét is. A csapadék hiánya a magas hőmérséklethez hasonlóan a termés mennyiségét és minőségét is negatívan befolyásolja, míg a túl sok eső elhúzódó éréshez, bő, de gyengébb minőségű terméshez vezethet.

Klimatikus feltételek változása

A termőhelyi adottságok több 100 km-es eltolódását Magyarország esetében is megfigyelhetjük. A klímaszcenáriók által jelzett változásokat figyelembe véve például a Debrecen térségében várható klimatikus viszonyokhoz hasonló területek Európában jelenleg tőlünk délkeletre, a Vajdaságban, Dél-Romániában és Észak-Bulgáriában helyezkednek el. Ez a földhasználat, és azon belül a növénytermesztés teljes átalakítását teszi szükségessé. Jelentősen megnövekszik a hőmérsékletileg lehetséges vegetációs periódus hossza is, ami kedvező a hosszabb tenyészidejű, hőigényes fajok/fajták termesztéséhez.

A növénytermesztés szempontjából azonban nagyon kedvezőtlen, hogy a legnagyobb mértékű hőmérséklet-növekedést és a legnagyobb arányú csapadékcsökkenést is egyaránt a nyári időszakra jelzik a szcenáriók. Néhány hidegtűrő és csapadékigényes növény (például burgonya) termesztése tőlünk északabbra lesz optimális, hazai termesztése kritikus helyzetbe kerülhet.



Kártevők, kórokozók, gyomok

A kártevők, kórokozók és gyomok elterjedését – és ezzel a kártétel gazdasági súlyát – a klímaváltozás a hőmérséklet növekedésén, a légköri szén-dioxid-koncentráció változásán és a szélsőséges időjárási eseményeken keresztül egyaránt befolyásolja. Az utóbbi évek tapasztalatai alapján várható, hogy a melegebb klímával együtt új kórokozók és kártevők, illetve gyomok jelennek meg hazánkban. Ezek a hagyományosokhoz képest gyakran agresszívebbek, és tömeges megjelenésük is valószínűsíthető. Az enyhébb telek miatt a kártevők és kórokozók könnyebben telelnek át (kevesebb pusztul el), így a következő vegetációs időszakban nagyobb kárt okozhatnak. A szélsőséges időjárási események következtében kialakuló sérülések (például egyenetlen vízellátás vagy jég által okozott repedések) a kórokozók számára fertőzési kapuként szolgálnak, és emiatt váratlanul nagy fertőzések alakulhatnak ki.

A gyomok életfeltételeit alapvetően ugyanazok az időjárási tényezők befolyásolják, mint az általuk károsított, illetve velük versenyben lévő kultúrnövényekét. Az aszályosabb körülmények ugyan vízhiányt jelentenek a gyomnövények számára is, azonban ezek közül több növényfaj is képes a kultúrnövényeket meghaladó szárazságtűrésre, továbbá a kevesebb rendelkezésre álló víz megszerzéséért folytatott verseny révén fokozottabban károsíthatják a termesztett növényállományt. Az átlaghőmérséklet emelkedésével összhangban a mediterrán fajok betelepődése, illetve terjedése figyelhető meg.

Az alkalmazkodásban megnő a szaktudás, az előrejelzés, a szervezett szaknácásadás, az integrált növényvédelem és a korszerű technikai eszközök szerepe. A növényi betegségek, a kártevő állatok és

a gyomnövények elleni védekezésben a precíziós technika, valamint a gyomnövénytan eredményeinek elterjesztése a cél. Így érhető el a csökkentett vegyszermennyiség kijuttatása. A biológiai védekezés felkarolása és elterjesztése is fontos teendő.

Mezőgazdaság és energiatermelés

A mező- és erdőgazdaság termékei a múltban komoly szerepet játszottak elsősorban a vidéki lakosság energiaszükségleteinek kielégítésében. Ez a kép jelentősen megváltozott az olcsó és kényelmesen hasznosítható fosszilis energiák széles körű elterjedésével. Az elmúlt néhány évben újra felértékelődött a megújuló energiák hasznosítása. Az összes priménerenergia-felhasználás 2004-ben 1088,1 PJ volt, a megújuló energiák ennek a 4%-át sem tették ki. A klímaváltozással összefüggésben az EU 2007 tavaszán azt a célt tűzte ki, hogy a megújuló energiaforrások használatának 2020-ig az EU átlagában el kell érni a 20%-os részesedést, a bioüzemanyagoknak pedig a teljes felhasználás 10%-át. Az EEA (*European Environmental Agency*) szerint az EU25-ök energetikai célú biomassza-termelési potenciálja a 21. század első harmadában a négyszeresére növekedhet. Ebben nagy szerepe lehet a mezőgazdasági természetű energianövényeknek. A biomassza energetikai átalakítására is több lehetőség van, a választáskor főként a környezetvédelmi szempontokat kell értékelni.

Az energianövények hatékonysága változó. Viszonylag alacsony a nagy szántóföldi növényeknél (napraforgó, kukorica), ami miatt csak komoly mérlegelések után célszerű ezek energetikai hasznosítását előtérbe helyezni. A fás növények közül energetikai célra Magyarországon jól

hasznosítható az akác, a nyárfák, a fűz, az éger, a gyertyán és a hárs. Szabályozási okok miatt azonban különbséget kell tenni az energiaerdők (erdőgazdálkodáshoz tartozik) és az energetikai faültvények (mezőgazdasági hasznosítás) között. A biomassza energetikai célú hasznosítása várhatóan nagyobb szerepet fog kapni a jövőben, mint napjainkban, azonban vannak korlátai is: a bioenergia-termelés és az élelmiszer alapanyagok előállítása egymást korlátozzák, a tűzifa felhasználás az erdőszülség rovására megy, s így csökken a erdők CO₂ lekötési kapacitását.

Humánegészségügy

A klímaváltozás egészséggel kapcsolatos hatásainak két nagy csoportját különítjük el. A direkt hatásokat – mint a hőhullámok és az extrém időjárási események egészségi következményeit – az időjárási helyzetek közvetlenül idézik elő. Az indirekt hatások közé soroljuk a vektorok által, valamint az ivóvíz és élelmiszerek által terjesztett betegségek, és az aeroallergének által előidézett betegségek kialakulását, amelyeknél a klímaérzékeny környezeti rendszerek megváltozása révén alakulnak ki a kórképek.

A klímaváltozás káros hatásainak megelőzése két módon lehetséges: a kibocsátások csökkentésével és az alkalmazkodás elősegítésével. Az alkalmazkodás többféle módon tudja csökkenteni a klímahatásokat. Magába foglalhatja a klímahatásoknak való kitettség csökkentését, a populáció fogékonyságának csökkentését vagy a nem klíma jellegű kockázati tényezők befolyásolását, valamint a megbetegedések hatásának közvetlen csökkentését.

Az emberi egészség szempontjából az éghajlat előre jelzett változásának fontos következményei lesznek. Egyre több bizo-

nyíték támasztja alá, hogy a klímaváltozás befolyásolja az emberi egészséget, jelenleg világszerte hozzájárul a globális betegségteherhez és az idő előtti halálozáshoz.

A hőstressz hatása

A környezeti tényezők közül a hőmérséklet igen jelentősen befolyásolja az egészségi állapotot, az emelkedő hőség hatására a következő kórképek, megbetegedések alakulhatnak ki: bőrkiütés, fáradtság, görcs, hirtelen ájulás, kimerülés, hőséguta. A legtöbb, hőséggel összefüggő megbetegedés a hőszabályozó rendszer különböző súlyosságú zavarára vezethető vissza. Szervezetünk rövid távon általában 3–12 nap alatt képes alkalmazkodni a nagy meleghez, a hosszú távú alkalmazkodás a szokatlan hőviszonyokhoz azonban akár évekig is eltarthat. A hőhullámok gyakorisága és intenzitása is nagy terhet ró a lakosságra. A hazánkban végzett klímaegészségügyi vizsgálatok alapján megállapították, hogy a Kárpát-medencében jelenleg a hőmérséklet hatása és az extrém meteorológiai események jelentenek igen jelentős egészségi kockázatot. A 25°C feletti napi átlaghőmérséklet jelentősen növeli a napi halálozás kockázatát. A klímaszenáriók vizsgálata kimutatta, hogy a hőhullámok száma jelentősen meg fog növekedni, az viszont még ennél is fontosabb, hogy a hőhullámok hossza is drasztikusan megnő. Ha e két paramétert együtt tekintjük, akkor egyértelművé válik, hogy a hőhullámos napok száma többszörösére nő, továbbá a jövőben akár egy hónapot jóval meghaladó, tartós hőhullámokkal kell számolni a nyári időszakokban, a jelenlegi néhány napig tartó hőséggel/hőhullámmal szemben.

Az elemzések alapján nagy valószínűséggel növekedni fog a magas hőmérsék-

lettel összefüggő többlethalalozás (2025-re évenként országos szinten 800–2500 többlet-haláleset), valamint a sürgősségi mentőhívások száma (1500–4800 évi többlet-esettel). A leginkább sérülékenyek a krónikus betegségekben szenvedők, szociálisan hátrányos helyzetűek, illetve a 65 éven felüliek csoportja és a kisgyermekek.

Az éghajlatváltozás hatása a légszennyezettségre

A gyakoribbá váló hőhullámokhoz kapcsolódóan számolni kell az úgynevezett „nyári típusú szmog”-helyzetek alatt megnövekedő légszennyezés hatásával is. Az a meteorológiai helyzet, amely a hőhullámot előidézi, hozzájárul a levegő minőségromlásához: növeli a földközeli ózon és a szálló por mennyiségét. A hazai mérések is igazolják a nemzetközi tapasztalatot, hogy a hőhullámok alatt jelentősen növekedhet a légszennyezettség. Elsősorban az ózonkoncentráció emelkedésére lehet számítani, általában nem a nagyvárosok központjában, hanem a városok szélén, esetleg még távolabb.

Az UV-sugárzás

A Napból származó ibolyántúli sugárzás számos kedvező és kedvezőtlen hatást fejt ki az emberi szervezetre. A betegségteher legnagyobb hányadát a bőr rosszindulatú daganatai, elsősorban a festékes daganatok (melanoma), és a bőr leégése, valamint a szemlencse széli részének homályosodása (szürkehályog) okozza. Az UV-B sugárzás gyöngíti a bizonyos védőoltásokra adott immunválaszt, és következetesen csökkenti a védőoltások hatékonyságát is. A klímaváltozás többféle módon változtatja meg az UV-sugárzásnak való kitettséget. Megváltoztatja a felhők eloszlását, ami befolyásolja

a Föld felszínére érkező UV-sugárzás mennyiségét. A magasabb külső hőmérséklet befolyásolja öltözködési szokásainkat és a szabadban töltött időt, mindez növelheti az UV-sugárzás kockázatát.

Allergén növények

A klímaváltozás hatásaként számolni kell az allergén növények elterjedésének tér- és időbeli megváltozásával is. Vizsgálatok igazolták, hogy a tavaszi pollenszezon korábban kezdődik Európában. Hazánkban ezt a jelenséget már megfigyelhettük az elmúlt tíz évben: 2007-ben négy héttel előbb kezdtek virágozni a tavaszi fák.

Megalapozottan feltételezhető, hogy a pollenek által okozott allergiás betegségek gyakorisága növekedni fog. Új, erős allergénitású, invazív növényfajok megjelenése, mint például a parlagfű, jelentős egészségi kockázatot képvisel majd Európa sok országa számára, hiszen számolni kell e növény északra terjedésével.

Az 1980–1990-es években a hazai időjárás fokozatos felmelegedése és a gyakori enyhe telek hatására egyre több melegkedvelő növényfaj jelent meg és terjedt el intenzíven országunk területén. Ezek az adventív növények (behurcolt, illetve jövevényfajok) szubmediterrán, mediterrán, szubtrópusi és trópusi területekről származnak. A mediterrán vidékeken a falgyom, a ciprus, az olajfa és a platán a legfontosabb pollenallergének. Amennyiben Magyarország éghajlata melegedni fog az elkövetkező évtizedekben, várható, hogy további mediterrán allergén növények jelennek meg.

Ízeltlábú vektorok által terjesztett fertőző betegségek

A szúnyogok egyrészt számos fertőző betegség átvivői, terjesztői (vektorai), más-

részt a környezet, az éghajlat érzékeny indikátorai. Az egyes szúnyogfajokban eltérő kórokozók élőködnek. Egyes nemzetségeik az egész világon, a trópusoktól a magashegységekig, valamint a tundráig megtalálhatók, míg mások a trópusok, szubtrópusok lakói. Az általános felmelegedés a szúnyogokra hasonlóan hat, mint más izeltlábúakra: lerövidül a szúnyogok életének nyugalmi időszaka, nő az évenkénti generációk száma, gyorsul az egyedek anyagcseréje, így rövidül az életciklusa, nő a szúnyogok csípési indexe. Amennyiben az egyes kórokozók terjesztéséért felelős vektorok számára a hazai klíma megfelelővé válik, és szaporodni is képesek lesznek, akkor megnő annak az esélye, hogy az általuk terjesztett betegségek megjelenjenek itthon is. Ez akkor különösen jelentős veszély, ha a jelenlegi előfordulási terület és Magyarország között nincsen olyan természetes határ (például hegység, tenger), amely megakadályozhatná a vektor ide sodródását. Ebből a szempontból különösen fontos a Balkánon előforduló betegségek figyelemmel kísérése.

A hazai kullancsok – ismereteink szerint – kilencféle betegséget terjeszthetnek. Egyért (az agyhártya- és agyvelőgyulladásért) vírus a felelős, a többi baktérium okozza. A megbetegedések a jövőben gyakoribbá válhatnak az enyhe telek és az ország várhatóan növekvő erdőborítottsága következtében.

Víz és élelmiszerek által közvetített fertőzések

Az Egészségügyi Világszervezet 2002. évi jelentésében a világban bekövetkezett hasmenéses esetek 2,4%-át írta a klímaváltozás terhére. A WHO Surveillance Programja azokat a fertőzéses vagy mérgezős tünetekkel járó megbetegedéseket te-

kinti élelmiszerek útján terjedő megbetegedéseknek, amelyek fertőzött étel vagy víz fogyasztása révén alakultak ki. Epidemiológiai vizsgálatok kimutatták, hogy a hasmenéses betegségek és a külső hőmérséklet között szoros a kapcsolat: minél melegebb van, annál többen kerülnek bélfertőzések miatt kórházba. Ennek alapján a globális klímaváltozás egyik várható jelentős hatása a gyomor- és bélfertőzések számának növekedése. Egyre több nemzetközi és hazai adat is alátámasztja, hogy – az egyre gyakrabban előforduló – extrém mennyiségű csapadék hullás következtében a jövőben egyre gyakrabban kell számolni ivóvíz eredetű fertőzések lehetőségével is.

Élelmiszer-biztonság

A klímaváltozással összefüggésben gyakrabban kerülnek elő mezőgazdasági vagy élelmezés-biztonsági kérdések, mint élelmezés-biztonságiak. Az élelmezés-biztonság elsősorban az ellátás biztonságát jelenti. Globális összefüggésekben e területen a maihoz képest is nagyon jelentős kérdéseket vet fel a klímaváltozás kérdése. A növénytermesztés területén például nemcsak egyes termények termesztési körülményeinek megváltozásával, hanem komoly kríziseket okozó termés kiesésekkel is lehet számolni.

Míg a termesztési körülmények megváltozásához minden bizonnyal Magyarországnak is alkalmazkodnia kell, a kríziseket okozó termés kiesések szempontjából nem tartozik a legveszélyeztetettebb országok közé. Ugyanakkor a már ma is kitüntetett szerepet játszó élelmiszer-biztonság szempontjából a klímaváltozás várhatóan komoly kihívásokat fog jelenteni nálunk is.

Az élelmiszer-biztonsági szempontból fontos veszélyek: fizikai veszélyek (fém tárgyak, sugárzások, hőhatások stb.); kémiai veszé-

lyek (mérgek, peszticidek, gyógyszermaradékok, mikroszkopikus gombatoxinok (mikotoxinok) stb.); biológiai veszélyek (baktériumok, gombák, vírusok, prionok stb.).

A klímaváltozással összefüggésben a legnagyobb élelmiszer-biztonsági problémát a biológiai, ezen belül is a mikrobiológiai jellegű, élelmiszer-eredetű megbetegedések jelentik. Az élelmiszerláncon belül számos élelmiszer-biztonsági probléma elsősorban a hűtőlánc megszakadásaikor jelentkezik, például a vásárlástól az otthoni elfogyasztásig terjedő időszakban.

A klímahatásokkal összefüggésben nyilvánvalóan fontos, hogy a veszélyes léghőmérsékletű időszak az év során milyen hosszán áll fenn, hiszen a mikrobák szaporodási sebességének alapvető meghatározója a hőmérséklet.

A klímaváltozás a fizikai jellegű élelmiszer-biztonsági veszélyeket várhatóan nem fogja érdemben befolyásolni. A kémiai veszélyek közül azonban a növényi, állati, illetve mikrobiális eredetű mérgezések összefüggésben állhatnak a klímával. Humánegészségügyi szempontból a legnagyobb problémát a daganatképződésre kifejtett hatásuk jelenti. Nagy részük rendkívül stabil vegyület, így az élelmiszeriparban és a konyhai feldolgozás során alkalmazott hagyományos hőkezelési eljárásokkal szemben ellenálló. A kockázatok méréséklésének eszközei lehetnek – többek között – a növénytermesztés során alkalmazott gombaölőszeres (fungicid hatású) permetezések, amelyek viszont a szermaradvány eredetű élelmiszer-biztonsági kockázatok növekedését eredményezhetik. ■

Tájékoztató irodalom magyar nyelven

- Birkás Márta – Jolánkai Márton – Stingli Attila – Bottlik László: Az alkalmazkodó művelés jelentősége a talaj- és klímavédelemben. *KLÍMA-21 Füzetek*, 51. 2007, 34–47. o.
- Bujdosó László – Páldy Anna: Az ÁNTSZ feladatai a klímaváltozás egészségi hatásainak megelőzése érdekében. *AGRO-21 Füzetek*, 2006. 48. szám, 60–67. o.
- Bukovics István: A klímaváltozás lehetséges hatásai és a lakosságot érintő katasztrófavédelem. *AGRO-21 Füzetek*, 2004. 36. szám, 3–31. o.
- Harnos Zsolt – Gaál Márta – Hufnagel Levente: *Klímaváltozásról mindenkinek*. Budapest, 2009, Aula.
- Harnos Zsolt – Csete László: *Klímaváltozás: környezet, kockázat, társadalom*. Budapest, 2008, Szaktudás Kiadó Ház.
- Láng István – Csete László – Jolánkai Márton: *A globális klímaváltozás: hazai hatások és válaszok (VAHAVA-jelentés)*. Budapest, 2007, Szaktudás Kiadó Ház.
- Somlyódy László – Simonffy Zoltán – Licskó István: Az ivóvízellátás biztonsága és éghajlatváltozás. Országos Ivóvíz-biztonsági Konferencia, Siófok 2008. 01. 22–23.