

Nemzeti Víztudományi Program

Milyen változásokat okozhat a globális felmelegedés itt, a Kárpát-medencében? – interjú Bozó Lászlóval

Az MTA Víztudományi Program Irányító Testületében is szerepet vállaló akadémikus a víz világnapja és a meteorológiai világnap alkalmából válaszolt az mta.hu kérdéseire.

SUGÁR ÉVA

Milyen hatást gyakorol a víz körforgalmára, a vízkészletek állapotára a globális felmelegedés és a szélsőséges időjárás?



Bozó László

Környezetünkben a víz állandó körforgásban van. Mivel szilárd, folyékony és légnemű halmazállapotban is létezik a Földön uralkodó hőmérsékleti és nyomásviszonyok között, az összes földi szférában megtalálható. A víz alapvető szerepet játszik az

élet fenntartásában, a globális léptékű energetikai folyamatok, valamint az éghajlat szabályozásában. A vízgőz a legjelentősebb üvegházhatású vegyület a légkörben, hozzávetőleg a teljes légköri üvegházhatás 60%-áért felelős.

A globális átlagban melegedő légkör a termodinamika törvényei szerint exponenciálisan növekvő mennyiségű vízgőzt képes magában tartani. Becslések szerint 1 °C-os légköri hőmérséklet-emelkedés 6-7%-kal növeli meg a légkör vízgőztartalmát, ami a látens hőforgalmon keresztül hatással van a légkör dinamikai folyamataira is. Ezek a változások a víz teljes globális ciklusára kihatnak.

Bár a párolgás és a csapadék mennyisége csak 1-2%-ot változik, területi és időbeli eloszlása mind szélsőségesebbé válik.

Általánosságban azt mondhatjuk, hogy a korábban is jó vízellátottságú területek egyre nedvesebbé, a vízhiányos területek pedig egyre szárazabbá válnak. A trópusi övezetben, Amerika és Európa északi részein növekszik, míg a mediterrán régióban, Afrika és Ausztrália déli vidékein csökken az évi átlagos csapadékösszeg. A közepes földrajzi szélességeken nem tapasztalható az éves csapadékösszegek szignifikáns változása, az eloszlás szélsőségei azonban növekednek.

A tengerszint emelkedése az utolsó glaciális maximumot (kb. 21 ezer évvel ezelőtt) követően indult el. Az emelkedés üteme nem volt egyenletes, összesen mintegy 120 méteres szintemelkedés történt ebben az időszakban. Az utolsó 8000 évben az emelkedés lelassult, majd a legutolsó mintegy kétezer évben a vízmagasság stabilizálódott. A 20. század elejétől kezdve – nagy valószínűséggel antropogén okokkal magyarázhatóan – egyre gyorsuló mértékben tapasztalhatjuk a szintemelkedést, melynek átlagos mértéke az elmúlt

évtizedben 3,6 mm/év volt. Az emelkedést nagyjából fele-fele arányban a jégtakarók és a gleccserek olvadása, illetve az óceánok felmelegedése következtében létrejövő hőtágulás okozza. A folyamatosan emelkedő vízszint nemcsak a tengerszint közvetlen közelében elhelyezkedő lakott területeken, hanem az ökoszisztémákban és a mezőgazdasági művelés alatt álló területeken is visszafordíthatatlan károkat okozhat.

A permafroszt kiterjedésének csökkenése szintén meggyőzően mutatja az átlaghőmérséklet emelkedését. A permafroszt jelentése állandó fagy, örökfagy. Olyan talajra használjuk ezt a kifejezést, mely legalább két éven keresztül fagyott állapotban van. A jelentős mennyiségű állati és növényi maradványokat is tartalmazó permafroszt mélysége változó, a legvastagabb réteg elérheti az 500 métert is. Elsősorban a sarkvidékek környékén, az északi régiókban – így többek közt Oroszországban, Kanadában, Alaszkában –, illetve magashegységekben fordul elő, például a Himalája hegyei között elterülő Tibeti-fennsíkon. A jelenség az üvegházhatást tovább erősíti (pozitív visszacsatolás), hiszen jelentős mennyiségű metán (CH₄) és szén-dioxid (CO₂) szabadul fel az olvadás és a szerves anyagok bomlási folyamatainak felgyorsulása során. Az állandó fagyhatár emelkedése az ázsiai magashegységekben csökkenti az itt tárolt természetes jégtömeget, ami egyúttal a hozzáférhető ivóvízbázis szűkülésével is együtt jár. Ez kritikus helyzetet



A permafroszt olvadása miatt fellazult talajban elbillent elektromos kapcsolószekrények, Alaszka
Forrás: istockphoto.com

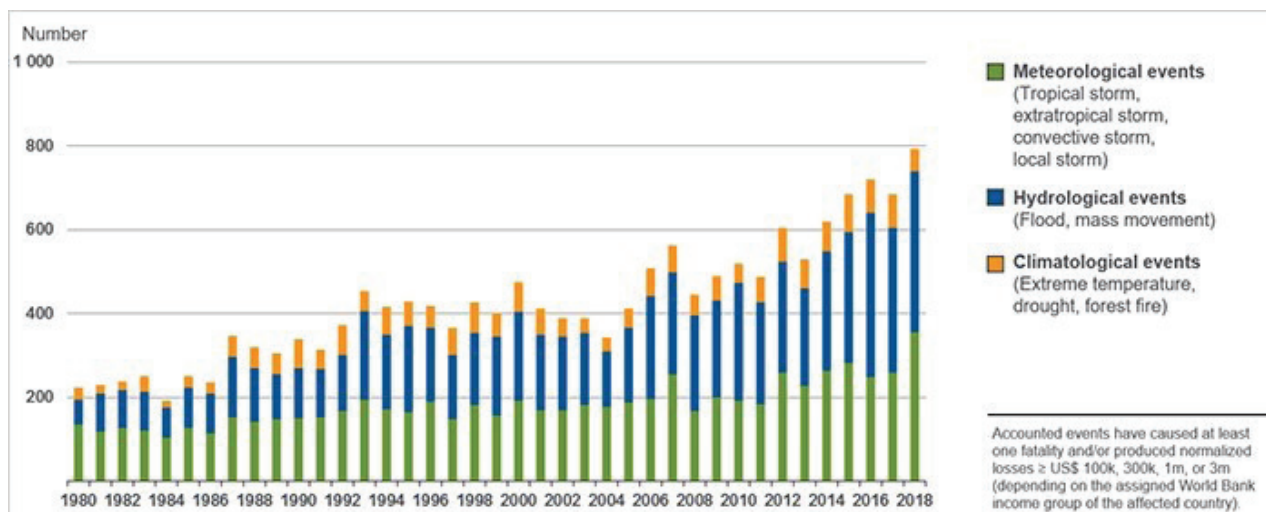
eredményezhet a térségben, hiszen közvetlenül vagy közvetve több milliárd ember ivóvizét biztosítják ezek a források.

A csapadék egyre szélsőségesebb tér- és időbeli eloszlása egyrészt az extrém árvizek előfordulásának valószínűségét növeli, másrészt azt is eredményezi, hogy az aszály szempontjából sérülékenyebb területek talajtakarója folyamatosan veszít nedvességtartalmából, és termőképességét elveszítve sivatagossá válhat. Ez a veszély ma már számos európai régiót is fenyeget. Magyarországon a Duna–Tisza közti Homokhátságot említhetjük példaként, ahol a talajvízszint folyamatos süllyedése mellett a negatív talajtani és ökológiai változások is megfigyelhetők. A talaj és a növényzet szárazodásától nem független jelenség az erdőtüzek kiterjedésének és intenzitásának növekedése. Európában korábban csak a dél-európai országokban jelentett problémát, de ma már a kontinens középső, sőt északi területein is rendszeres előfordulására kell felkészülnünk. Észak-Amerikában és Ausztráliában térben és időben is egyre kiterjedtebbek lettek az erdőtüzek, amelyek a teljes erdei ökoszisztéma működését is felboríthatják.

Milyen változásokat okozott az éghajlatváltozás az elmúlt évtizedekben a Kárpát-medencében? Milyen káros rövid és hosszú távú hatásai lehetnek?

A Kárpát-medence időjárását alapvetően a nagytérségű légköri folyamatok határozzák meg. A mérsékelt övi ciklonok mind gyakoribb északabbra húzódásával térségünket sokszor az időjárási frontoknak csak a déli ága érinti. Az országunkban mért éves csapadék jelentős részét ezek a frontátvonulások, illetve a fölöttünk hullámzó légköri frontok adják. A hidegfrontok térségünket éppen csak elérő déli ága legtöbbször csak a szél északi irányúra fordulását, majd a viharos szelet hozza magával, rendszerint kevés csapadékkal.

Szintén megfigyelhető a Földközi-tenger medencéjében kialakuló mediterrán ciklonok gyakoriságának változása. A mediterrán ciklonok vagy legalább a csapadéksávjuk gyakran okoz jelentős mennyiségű csapadékot hazánkban is, így elmaradá-



A hidrometeorológiai katasztrófák számának változása 1980–2018 között Forrás: © 2019 Munich Re, Geo Risks Research, NatCatSERVICE, 2019. márciusi állapot

suk ugyancsak hozzájárul az aszályos időszak kialakulásához. Amikor viszont ősszel a sivatagi hatás visszahúzódik, a nyáron felmelegedett Földközi-tenger jelentős mennyiségben adja át a nedvességet a hűvösebb légkörnek, és a déli részeken igen erős csapadékot adó, heves ciklonok jöhetnek létre. A hurrikánhoz hasonlóan, a mediterrán jelzővel társítva újabban medikán névvel jelölik a jelenséget. A medikánt a hurrikánok esetében is megfigyelhető lassú mozgás, a trópusi jellegű mag és a jól szervezett zivatarfelhőzet jellemzi. Mozgási energiáját és víztartalmát a meleg Földközi-tengerből nyeri. A rendszerben jelentős nyomásváltozás mérhető, kiadós esőzéseket, igen erős szeleket és szellőkéseket okoz. Gyakorisága és pusztító hatása nem éri el a hurrikánokét, hiszen a kialakulás és fennmaradás geográfiai feltételei, valamint a tengervíz mélysége és termodinamikai jellemzői különbözőek.

Az átlagosnál jelentősebb csapadékkal vagy tartós szárazsággal járó események, periódusok előfordulási gyakoriságát az extrém csapadék indexeinek idősoraival és bekövetkezett változásukkal jellemezhetjük.

Az Országos Meteorológiai Szolgálat megfigyelései alapján az elmúlt 120 éves időszakban országos átlagban csökkent a csapadékos napok száma, a 20 mm-es összeget meghaladó csapadékos napok száma viszont enyhe növekedést mutat.

A napi intenzitás, más néven átlagos napi csapadékoság – egy adott periódusban lehullott csapadékos összeg és a csapadékos napok számának hányadosa – a nyári évszakban szintén nőtt.

Ez arra utal, hogy a csapadék egyre inkább rövidebb ideig tartó, intenzív záporok formájában hullik.

Az elfolyás miatt ennek hasznosulása a talajban kevésbé hatékony, mint a gyakoribb, de kisebb intenzitású csapadékoké, ráadásul a talajeróziós folyamatokat is erősíti. A hűvösebb és a melegebb periódusok a szélsőségindexek értékeiben is megnyilvánulnak, de az 1980-as évektől kezdődően szembevetendő az extrém meleg időjárási helyzetek gyakoribbá válása.



Nyári villámárvíz Görögországban Forrás: istockphoto.com

Milyen pontossággal lehet a szélsőséges időjárási viszonyokat előre jelezni? Fel lehet készülni ezekre az extrém körülményekre?

A légköri folyamatokat fizikai törvények határozzák meg. A felszíni és úrbázisú mérési tevékenység folyamatos bővülésével, valamint a nagy kapacitású számítógépek megjelenésével lehetővé vált e törvényekre épülő *numerikus előre jelző modellek* kifejlesztése és futtatása. A gyorsan kialakuló, veszélyes időjárási jelenségekre vonatkozó riasztások és figyelmeztetések alapjául részletes, nagy térbeli felbontású előrejelzések szolgálnak. Ezen előrejelzések regionális modellek futtatásával készülnek, amelyek a globális (pl. ECMWF) modellek eredményeit pontosítják térben és időben, egy-egy kisebb európai területen belül.

Az elfolyás miatt ennek hasznosulása a talajban kevésbé hatékony, mint a gyakoribb, de kisebb intenzitású csapadékoké, ráadásul a talajeróziós folyamatokat is erősíti. A hűvösebb és a melegebb periódusok a szélsőségindexek értékeiben is megnyilvánulnak, de az 1980-as évektől kezdődően szembevető az extrém meleg időjárási helyzetek gyakoribbá válása.

Milyen pontossággal lehet a szélsőséges időjárási viszonyokat előre jelezni? Fel lehet készülni ezekre az extrém körülményekre?

A légköri folyamatokat fizikai törvények határozzák meg. A felszíni és úrbázisú mérési tevékenység folyamatos bővülésével, valamint a nagy kapacitású számítógépek megjelenésével lehetővé vált e törvényekre épülő *numerikus előre jelző modellek* kifejlesztése és futtatása. A gyorsan kialakuló, veszélyes időjárási jelenségekre vonatkozó riasztások és figyelmeztetések alapjául részletes, nagy térbeli felbontású előrejelzések szolgálnak. Ezen előrejelzések regionális modellek futtatásával készülnek, amelyek a globális (pl. ECMWF) modellek eredményeit pontosítják térben és időben, egy-egy kisebb európai területen belül.

A meteorológiai szolgálatok kulcsfontosságú feladata az élet- és vagyonvédelemhez kapcsolódó veszélyjelző tevékenység minél pontosabb és

a lehetőség szerinti legnagyobb időelőnyvel való végrehajtása. Ez különösen fontos a tavi viharjelzés, a repülésbiztonság vagy a nagy tömegeket vonzó szabadtéri rendezvények biztosítása esetében. A 48 órán belüli előrejelzések ma már igen megbízhatóak, ráadásul az ún. *valószínűségi előrejelzések* nem diszkrét értékeket, hanem várható paramétertartományokat adnak meg, így az előrejelzés bizonyosságának mértéke is becsülhető.

Nagyon fontos, hogy az előrejelzések minőségét, azaz beválását folyamatosan ellenőrizzük, validáljuk, mégpedig úgy, hogy utólag összehasonlítjuk a numerikus előrejelzési modellek által számított értékeket (szél, hőmérséklet, légnedvesség, csapadék stb.) a ténylegesen mért értékekkel. Az eredmények fontos visszajelzést adnak arról, hogy adott időjárási helyzetekben mely modellek alkalmazhatók megbízhatóan, illetve hogy egy adott fejlesztés milyen mértékű javulást hoz a modell-előrejelzésekben.

Az éghajlatváltozás okozta extrém időjárási körülményekre bizonyos határok között fel tudunk készülni, alkalmazkodni tudunk a változó környezethez.

A mindennapos életkörülményeinket, az egyes gazdasági és társadalmi szereplőket a változások különböző formában és mértékben érinthetik.

Az adaptációs folyamatot segítik az *éghajlati modellszámítások*, amelyek többek között az elkövetkező évtizedekben várható hőmérséklet-, csapadék- és aszályviszonyokra adnak számszerű becsléseket. Magyarországon az extrém vízjárás mindkét végletére, tehát az árvizekre és a tartós aszályokra is fel kell készülnünk, amelyek akár viszonylag rövid időn belül is váltakozhatnak.

Honnan szerezhet egy környezetvédelem iránt elkötelezett személy vagy diák hiteles és megbízható információkat klímaügyben?

A téma népszerűsége miatt sajnos rengeteg téves vagy félrevezető információ, álhír, összeesküvés-elmélet található a különböző hírcsatornákon és címeken. Célszerű a professzionális nemzet-

közi és hazai szakmai és tudományos szervezetek (pl. Meteorológiai Világszervezet, Nemzeti Meteorológiai és Hidrológiai Szolgálatok, Magyar Tudományos Akadémia) ezzel kapcsolatos híreit, adatait, elemzéseit keresni.

Forrás: <https://mta.hu/nemzeti-viztudomanyi-program/milyen-valtozasokat-okozhat-a-globalis-felmelegedes-itt-a-karpat-medenceben-interju-bozo-laszloval-111303>

Válogatta: Fonyó Istvánné