

A KLÍMAVÁLTOZÁS HEGYVIDÉKI SAJÁTOSSÁGAI ÉS VÁRHATÓ KÖVETKEZMÉNYEI ÉSZAK-MAGYARORSZÁGON

KERTÉSZ ÁDÁM^{1,12}, PAJTÓKNÉ TARI ILONA², KÜRTI LÍVIA¹, MIKA JÁNOS^{1,3}

1. Bevezetés

A hegységek a Föld azon területei közé tartoznak, amelyek a legérzékenyebbek a klímaváltozásra. Közismert tény a gleccserek visszahúzódása, amely a trópusoktól a sarkokig megfigyelhető. A hegységi területek különleges érzékenységét az IPCC Negyedik Jelentése (IPCC 2007) külön kiemeli. A hegységi tájak legfontosabb szolgáltatásai között elsőként a jó minőségű ivóvíz biztosítása és a biológiai sokféleségben betöltött szerepüket kell megemlítenünk. Fontos a rekreáció, a turizmus és a sportolás számára nyújtott szolgáltatásuk is. Felvetődik tehát a kérdés, hogy vajon a klímaváltozás ezeket a fontos funkciókat, szolgáltatásokat mennyiben befolyásolja, csökkenti, károsítja. Fontos kérdés az is, hogy milyen mértékű lesz a változás, hol lesznek azon térségek, amelyek a legnagyobb mértékben változnak, sérülnek.

A Környezet és Fejlődés Világkonferencia (Rio de Janeiro 1992) az Agenda 21 13. fejezetében „Managing fragile ecosystems: Sustainable Mountain Development” címmel fogadott el fontos dokumentumot a hegységi területek védelméről, a Fenntartható Fejlődés Világkonferencia (Johannesburg 2002) nyomán pedig létrejött az International Mountain Partnership intézménye. Látjuk tehát, hogy a világ nemcsak felfigyelt a hegységek sérülékenységére, hanem fontos dokumentumokkal és intézmények létrehozásával a konkrét cselekvés útjára lépett

2. Célkitűzés

E tanulmány célja egyrészt annak a rövid bemutatása, hogy a globális felmelegedés hogyan érinti a hegységi területeket, melyek a hegy- és dombvidékek éghajlati és időjárási jellemzői, valamint kockázatai, másrészt hogy egy esettanulmány keretében konkrétan is elemezze a klímaváltozás hatásait Északkelet-Magyarországon.

3. A domb- és hegyvidékek éghajlati jellemzői és időjárási kockázatai

A tengerszint feletti magasságnak az éghajlat alakulásában betöltött szerepe, a magassági övezetesség közismert, így az alábbiakban elsősorban a klímaváltozás módosító hatásaira utalunk. A klímaváltozás domb- és hegyvidéki következményei jól ismertek: az övezetek felfelé tolnak, a szélsőséges események bekövetkezése és gyakorisága megnő, változás történik az éghajlati elemekben és a földhasználatban.

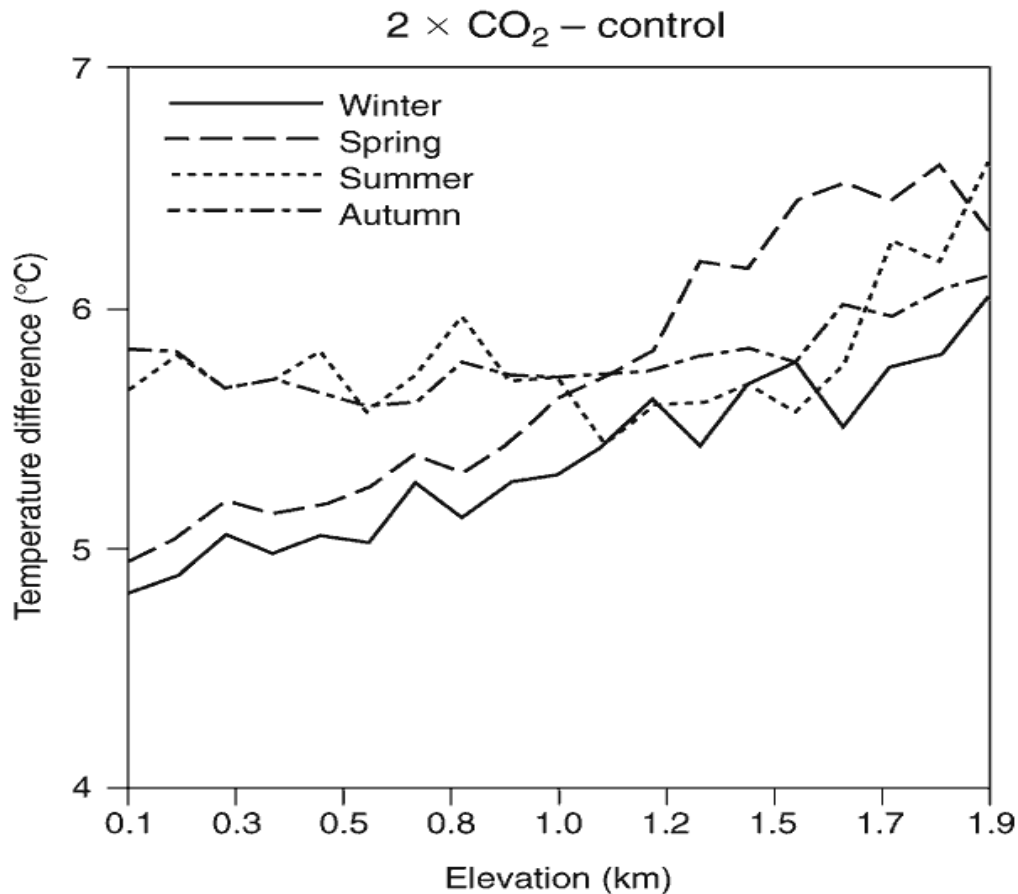
A klímaváltozás hegységeket érintő változásait illetően a legismertebb tény a hó és jég fődte területek csökkenése. Természetesen olvad a hó és a jég a sarkvidékeken is. A Földön a legtöbb gleccser a Himalájában van, ahol jelenleg a hófödte felszín 30–40 %, a gleccserek pedig 9 % területi kiterjedésűek. Az IPCC (2007) jelentés szerint a gleccserek a Himalájában gyorsabban fogynak, mint bárhol máshol a világon. 2035-re a Himalája gleccsereinek területe 193051 négyzetmérföldről 38,000 négyzetmérföldre fog zsugorodni. A Himalája hó és jég borította térségei táplálják a nagy ázsiai folyókat, így egy hatalmas terület vízellátásában döntő szerepük van.

¹ Eszterházy Károly Főiskola, Földrajz Tanszék, 3300, Eger, Leányka u. 6.

² MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, 1112 Budapest, Budaörsi út 45.

³ Országos Meteorológiai Szolgálat, 1024, Budapest Kitaibel Pál u. 1.

A hőmérséklet várható alakulását az 1. ábra az Alpok térségében, a megkettőzött széndioxid szcenárió esetén mutatja. Az ábrán jól láthatók a hőmérséklet magasság szerinti alakulásának évszakos különbségei.



1. ábra A felmelegedés vertikális eloszlása az Alpok térségében egy regionális klímamodell keretei között a szén-dioxid duplázódáshoz tartozó kísérletben (IPCC 2001, 10.15 ábra)

A hegységi területek vízellátásban betöltött szerepe mindenütt, így Magyarországon is fontos, ahol a vízkészlet nagy része (95–97 %-a) a szomszédos hegyvidékekből érkezik. Hazánk területe igen érzékeny a közepes, illetve nagy folyók áradásaira. A vízhozam hosszú távú változásai összefüggnek a globális klímaváltozással, a hidrológiai célú éghajlati forgatókönyvek nem lehetnek teljesek a Felső-Duna vízgyűjtő távolabbi területeire vonatkozó becslések nélkül.

A csapadék és a tengerszint feletti magasság kapcsolatát vizsgálva a Magyarországon előforduló, alacsony tengerszint feletti magasságok csapadékadatát (1. táblázat) elemezve is egyértelmű, hogy a tengerszint feletti magasság növeli a csapadékot. Ez alól kivételt képezhetnek a messze a szokásos felhőszint fölé nyúló hegyek szél felőli oldalai, ez esetben ugyanis a fönhatás csapadékképző ága csak a csúcs alatti magasságokban fejt ki a hatását. E szint felett a további emelkedés nem növeli (esetleg csökkenti) a csapadékot. A szél mögötti oldalon, a magasabb helyeken mindenütt több a csapadék, ami a fön természetét végiggondolva is érthető. Minél rövidebb az út a csúcstól visszafelé a további kiszáradáshoz, a még megmaradt nedvesség annál könnyebben éri el – oldalsó keveredéssel – a telítettséget,

vagy marad meg telített állapotban. A nagy hegységekben tehát a fönhatás igen jelentős, a hegység felező magassága táján akár meg is duplázhatja a csapadékot a szél mögötti oldalhoz képest.

A relatív nedvesség profilja magas hegyek környezetében sajátosan alakul (3. ábra). A vertikális magasságtól függően, a középső részen észlelhető a profil maximuma. Ez a felhőszint, ahol gyakran lép fel 100 % relatív nedvesség. Ez alatt a magas hőmérséklet felett pedig a vízgőz alacsony párányomása csökkenti az értékeket.

1. táblázat A csapadék évi összegének összefüggése a tengerszint feletti magassággal (Justyák J. 1998)

Csapadék (mm/év)	Tengerszint feletti magasság				
	100 m	150 m	200 m	300 m	400 m
<i>Tájegység</i>					
Alföld	545	560	-	-	-
Kisalföld	580	620	-	-	-
Dunántúl	650	670	690	700	720
Északi hegyvidék	545	575	590	650	700
Országos átlag	560	600	650	680	710

A csapadék területi eloszlásában a tengerszint feletti magasságon kívül a földrajzi helyzet és ezen keresztül a cirkulációs folyamatok érvényesülése is jelentős szerepet játszik, azaz a valójában három dimenziós kép egyetlen (vertikális) dimenzió szerinti feldolgozása esetenként hordozhatja az elrejtett két dimenzió latens hatásait is.

A változatos domborzatú, dombsági-hegységi térségekben sok szempontból – vízellátottság, ökológiai potenciál, energiaigények, stb. – fontos a tengerszint feletti magasság esetleg eltérő érzékenységet kiváltó területein a várható klímaváltozás mértékét pontosabban ismerni. Fokozottan igaz ez a megállapítás a növénytakaró vonatkozásában. Közismert, hogy a felmelegedés következtében a növényzet egyre feljebb húzódik, hiszen az általa megszokott környezeti feltételeket egyre magasabb tengerszintfeletti magasság mellett találja meg. A változás az ökoszisztéma egészét érinti. Az Alpok érzékeny területein a globális felmelegedés a rendkívül érzékeny alpesi ökoszisztémát érinti a legjobban, amely olyan egyedülálló fajokból áll, amelyek speciális feltételeket igényelnek, egyebek között a hőmérséklet vonatkozásában is. ZÓLYOMI Á. (2010) szerint ha a hőmérséklet tovább emelkedik, úgy a növények 60 %-át fenyegeti a kipusztulás.

Fontos megemlíteni, hogy a hegységi tájak a globális klímaváltozás nélkül és emberi beavatkozások híján is jelentős éghajlati és időjárási kockázatok hordozói. Ezek a kockázatok mindenekelőtt a szélsőségességhez, a szélsőséges eseményekhez kapcsolódnak. A nagy csapadékesemények villámárvizeket okoznak, amelyek fokozódó talajerózióhoz vezetnek, a víztöbblet jelenléte kedvez a lejtős tömegmozgások, a csuszamlások kialakulásának, a hirtelen olvadás lavina veszélyt okoz. Az erdőtüzek, földrengések veszélye és sok más, itt most nem említett kedvezőtlen folyamat indulhat meg az ember szerepe nélkül is.

A hegységek ugyanakkor a Föld klímaváltozásra különösen érzékeny (szenzitív) és sérülékeny (vulnerábilis) területei. A sérülékenység nem csak a természetesnek tekinthető térségeket, az erdőket, hanem a mezőgazdasági és a növényzetmentes területeket, a félig természetes ökoszisztémákat is érinti. Ritka, védett fajok tűnnek el, változik a fajösszetétel és a felszínborítás. Az alábbiakban Északkelet-Magyarország vonatkozásában bemutatjuk,

hogyan alakult a csapadék az 1974 és 1998 közötti, félgömbi átlagban monoton melegedő időszakban.

4. A klímaváltozás hatása Északkelet-Magyarországon

A globális klímaváltozás kutatásának egyik sarkalatos kérdése, hogy hogyan változik az egyes térségek éghajlata. A regionális sajátosságok ugyanis az éghajlati rendszer belső folyamatainak késleltető és térbeli újraelosztó szerepe miatt az egyes térségekben nem egyszerre és nem azonos módon jelentkeznek. A globális éghajlatot számos tényező befolyásolja, a globális klímamodellek felbontása mérsékelt. Jelenleg nincs egységesen elfogadott eljárás arra az ún. leskálázásra sem, amely a modellek megbízható tartománya és a hatásvizsgálatokhoz szükséges felbontás között keres statisztikai, vagy teremt – beágyazott modellezéssel – fizikai kapcsolatot. A leskálázás összetettebb, többlépcsős módszerei mellett történtek kísérletek a félgömbi és helyi változások közötti kapcsolatok megállapítására évtizedes időskálán a szeletelés módszerével (MIKA J. 1988).

4.1. Módszerek

Amint említettük, a magyarországi vízkészlet főleg a határokon túlról származik, így azt elsősorban az alpi és kárpáti hegyvidéki területek éghajlati viszonyai határozzák meg. Mivel itt igen kevés hosszú adatsorú állomást találunk, bemutatunk egy eljárást, amely rövidebb sorokra is lehetővé teszi a helyi és félgömbi jellemzők közötti regresszió-becslést. Ennek lényege, hogy a mindkét skálán jelentkező adathibák, valamint a félgömbi átlaghőmérséklet mellett esetleg szerepet játszó, de explicite nem figyelembe vehető latens változó MIKA J. 1988 szerint a kontinens-óceán léghőmérsékleti kontraszt) torzító hatásának mérséklésére az ún. instrumentális változók módszerét alkalmazzuk, amelynek segítségével számszerűsítjük a félgömbi átlaghőmérsékleti sorok és a vizsgált térség 76 állomására vonatkozó csapadék közötti lineáris regressziós kapcsolatokat ($Y=Y_0+Y_1\langle T \rangle$). Ez az eljárás abban az esetben ajánlott, amikor korrelációt feltételezünk a független változó megfigyelt értékei és a függő változó hibái között. Ilyen esetben a hagyományos, legkisebb négyzetes becslés helyett a regressziós együttható hatékonyabban becsülhető egy ún. instrumentális változó bevezetésével.

A Z instrumentális változó esetén a kapcsolat lineáris regressziós együtthatóját az alábbi kovarianciák hányadosaként számítjuk ki:

$$b = \frac{\text{cov}(Y, Z)}{\text{cov}(X, Z)}$$

Az alkalmazott módszer monoton, lineáris globális trendű időszakokban az időt tekinti instrumentális változónak, amely kielégíti az instrumentális változó feltételeit. Az együtthatókat az 1974–1998 időszakra határozzuk meg, amelyben az éves félgömbi átlaghőmérséklet lineáris trendje 0,261 K/10 év, a 25 elemű minta korrelációs együtthatója 0,825.

A mi közelítésünkben tehát az X független változó a félgömbi átlaghőmérsékletek sorozata (JONES, P. D. 1994 és JONES, P. D. et al. 2000), Y az állomásonkénti havi PDSI értékek, a Z instrumentális változó pedig egy 25 elemű vektor, amelynek komponensei 1974, 1975, ..., 1998. Az alkalmazott módszer lehetővé teszi a regressziós együttható torzítatlan, pontszerű becslését. Ugyanakkor, nehéz szignifikancia kritériumot adni e becslésekhez (VINNIKOV, K. Y. 1986), ami kétségkívül hátrányt jelent azon regressziós közelítésekkel szemben, amelyek hosszabb idősorokon alapulnak.

A további elemzésekhez használt helyi adatbázis a klimatológiai és hidrológiai állomások havi csapadékösszegeit tartalmazza a csaknem teljes Felső-Duna vízgyűjtő területéről, ezen adatok részei lévén az 1974–1998 alapperiódus nemzetközi adatcseréjének. A hiányzó adatok helyettesítése a területi összefüggések figyelembe vételével történtek.

A vizsgálatban felhasznált 76 állomás hat ország területére esik: Németország, Ausztria, Csehország, Szlovákia, Magyarország és Románia. A 76 állomásból hierarchikus cluster-analízissel (MIKA J. – BÁLINT G. 2000) határoztuk meg azokat a térségeket, amelyekben belül az oda eső állomások változékonysága hasonlóan, egyúttal más térségektől különböző módon ingadozik. A cluster-analízis célja volt a szingularitások (hibás adatok) felfedése és javítása is. Ilyet akkor gyanítottunk, ha egymástól nagyon távoli pontok kerültek volna egy clusterbe, vagy ha bizonyos állomásokat nem is lehetett volna besorolni.

Felhasználtuk még a felszínről történt vizuális felhő-fedettségi idősorok adatsorait is (HAHN, C. J. – WARREN, S. G. 1999). Maguk az adatsorok a Carbon Dioxide Information Analysis Center honlapjáról álltak rendelkezésre, az 1973 és 1996 közötti, monoton melegedő időszakokra, amely az instrumentális változó szempontjából ugyanolyan jó, mint a 25 éves alap-időszak. Az állomási adatokat először 2.5 x 2.5 fokos gömbi négyzetekbe rendeztük. Így a 2. ábra területéhez választott, 4 x 10 ilyen négyzetbe egyetlen kivétellel mindig jutott 4–23 db állomás.

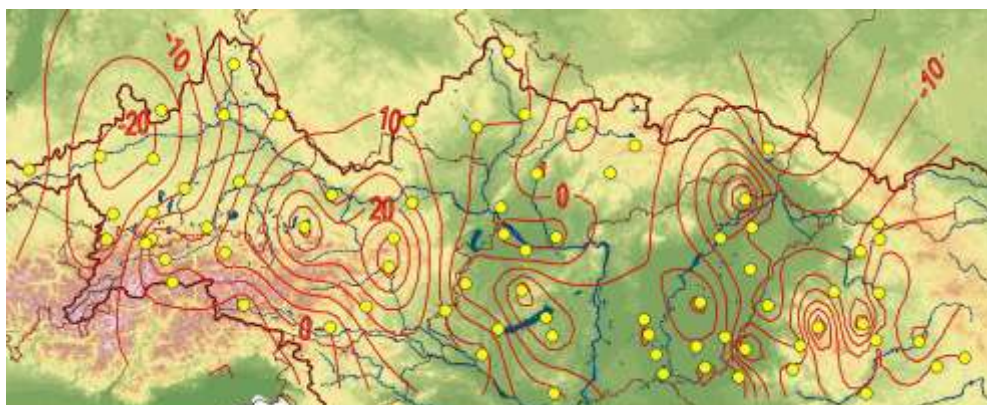
4.2. Eredmények

Az éves csapadékösszeg és a félgömbi melegedés kapcsolatának első szembetűnő jellemzője a földrajzi hosszúság (Atlanti-óceántól vett távolság) szerinti nem-linearitás (2. ábra). A keskeny, alig 4 fokot kitevő övezetben a földrajzi szélesség hatása a csapadékra a teljes Felső-Duna vízgyűjtő tekintetében nem kimutatható. A tengerszint feletti magasság hatását a korábbi tanulmányban (MIKA J. – BÁLINT G. 2000) ismertettük. Eszerint egyértelmű kapcsolat az erdélyi Kárpátok vidékén, illetve a Kelet-Magyarországot és a Partiumot lefedő térségben mutatkozott, ahol a negatív előjelű együttható 100 méterenként pár %-kal tovább csökkent.

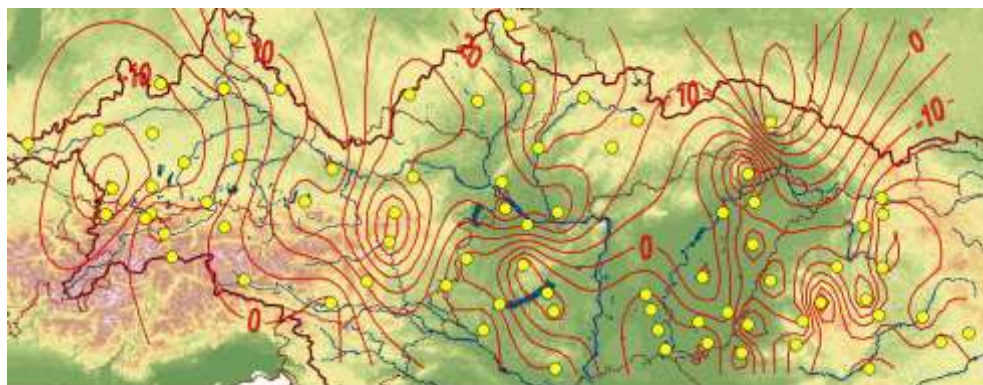
Az instrumentális változók módszere szerint az éves csapadékösszeg (2 a. ábra) hazánk területén és a Tisza vízgyűjtőjén mintegy 10 %-kal csökken a fél fokos melegedés esetén. Ezzel szemben az Alpokhoz közeli vízgyűjtő nagy részén a változás 10–20 %-os növekedést jelent, míg az Alpok távolabbi térségein a változás ismét 10 % körüli csapadék-csökkenés.

A nyári félévben hazánk területét, a Kisalföld és az Északi-középhegység kivételével, csökkenő csapadék jellemzi. Ennek mértéke a fél fok globális melegedésre alig pár %, s a zérus vonal közelsége miatt ez is valószínűleg kevésbé szignifikáns. Tőlünk keletre az együtthatók egyértelműen negatívak, míg nyugatra pozitívak.

a.)



b.)



2. ábra. A 0,5 K félgömbi melegedésnek megfelelő százalékos változás mezői az éves csapadék-összegben (a) és a nyári félévben (b) a vizsgált térségben a 25 év (1974-1998) átlagában (Mika J. 2006).

Hazánkban a téli félévben a változás mindenütt egyértelműen negatív, -10–20 % közötti értékkel. Tőlünk keletre erős, helyenként a -30 %-ot is elérő a fél fokos melegedésre számított csapadék-csökkenés. Többet tőlünk nyugatra található, az Alpokban +25 %-os maximummal.

2. táblázat A felhőzet relatív megváltozása 0.5 K félgömbi melegedés esetén az Alpi-Kárpáti térség 2.5x2.5 fokos négyzeteibe eső állomások átlagában (1973-1996) **Vastagon** a növekedés (Mika J. 2006).

Téli félév.	7,5	10	12,5	15	17,5	20	22,5	25	27,5	30 °E
52,5	-7%	-7%	-7%	-7%	-5%	-4%	-4%	-5%	-3%	-4%
50	-4%	-3%	-4%	-4%	-4%	-3%	-2%	-1%	-2%	1%
47,5	-4%	-3%	-3%	-2%	-5%	-4%	-1%	3%	6%	n. a.
45	-9%	-14%	-8%	-7%	-9%	-8%	-6%	1%	-5%	-1%

Nyári félév	7,5	10	12,5	15	17,5	20	22,5	25	27,5	30 °E
52,5	-1%	1%	2%	-1%	0%	0%	-3%	-5%	-2%	-2%
50	1%	4%	0%	-2%	-2%	-2%	-4%	-5%	-7%	-2%
47,5	1%	1%	0%	-1%	-5%	-5%	-4%	-7%	0%	n. a.
45	-6%	-11%	-10%	-11%	-14%	-17%	-16%	-7%	-12%	-10%

A felhőzet 2,5 x 2,5 fokos területi átlagainak féléves értékei és a félgömbi átlaghőmérséklet közötti regresszió eredményeit mutatja be a 2. táblázat. A 0,5 K félgömbi melegedésre vonatkoztatott adatok a térség túlnyomó részén mindkét félévben néhány százalékos felhőzet-csökkenésre utalnak. Ez a csökkenés különösen a térség délebbi sávjában, vagyis a 45. É. sz. középponttal jellemzett sávban jelentős.

Megállapítható, hogy a csapadék vonatkozásában nem volt ennyire egyértelmű a csökkenés túlsúlya. A két eredmény még sincs ellentmondásban egymással, hiszen a csapadék mennyiségében a légoszlop víztartalma is szerepet játszik. E tekintetben a melegedés általában a potenciálisan kihullható vízgőzmennyiség növekedését vonja maga után, hiszen a telítési párányomás a helyi hőmérséklet emelkedésével, az ún. Magnus-formula értelmében közel exponenciálisan növekszik. A globális melegedéssel erősödő párolgás a vízfelületekről

több vízgőzt juttat a légkörbe, így az előbbi potenciális vízfelvevő képesség realizálódhat. Így tehát a csapadék változásának jellege nem pontosan egyezik a felhőzet változásával.

5. Kockázatcsökkentő intézkedések

Amint láttuk, a hegységek a Föld klímaváltozásra különösen érzékeny és sérülékeny területei. Fontos feladat, hogy a klímaváltozás következményeinek kockázatát minden lehetséges módon csökkentsük a Föld egész területén, így a hegységi és a dombsági térségekben is. A kockázat csökkentésének legfontosabb eszköze a klímavédelem. Szabályozni kell a földhasználatot, fokozni kell az erdősítés mértékét, egységes vízgazdálkodási, víz menedzsment koncepcióra van szükség, amelynek lényeges eleme a vízelvezetés megoldása és az erózió elleni védelem. Mérsékelni kell a turizmust, meg kell szervezni a katasztrófa-elhárítást. Mindent meg kell tenni az eltűnni készülő fajok megmentése érdekében.

6. Összefoglaló

A növekvő tengerszint feletti magasság viszonyai között az időjárás és az éghajlat is számos olyan sajátosságot mutat, amelyek sérülékenyebbé teszik e tájakat. A hegységi tájak a globális klímaváltozás nélkül és emberi beavatkozások nélkül is jelentős éghajlati és időjárási kockázatok hordozói. A klímaváltozás domb- és hegyvidéki következményei jól ismertek: az övezetek felfelé tolnak, a szélsőséges események bekövetkezése és gyakorisága megnő, változás történik az éghajlati elemekben és a földhasználatban. A hegységek a Föld klímaváltozásra különösen érzékeny és sérülékeny területei. A sérülékenység a mezőgazdasági területeket, az erdőket, a félig természetes ökoszisztémákat éppúgy érinti, mint a természetes területeket. Ritka, védett fajok tűnnek el, változik a fajösszetétel, megnő a villámárvizek előfordulásának valószínűsége, csökken a gleccserek és hófödte területek nagysága. Északkelet-Magyarország vonatkozásában bemutatjuk, hogyan alakult a csapadék az 1974 és 1998 közötti, félgömbi átlagban monoton melegedő időszakban. A nyári félévben hazánk területét, a Kisalföld és az Északi-középhegység kivételével, csökkenő csapadék jellemzi. Ennek mértéke 0,5 K globális melegedésre alig pár %. Tőlünk keletre az együtthatók egyértelműen negatívak, míg nyugatra pozitívak. A téli félévi változás hazánkban mindenütt negatív, -10–20 % -os jellemző értékkel. Tőlünk keletre erős, néhol a -30 %-ot elérő a 0,5 K melegedésre számított csapadék-csökkenés. Növekvő csapadék tőlünk nyugatra található, az Alpokban +25 %-os maximummal. Emellett azonos metodikával megvizsgáltuk, hogy a felszínről megfigyelt felhőzet adatsorai megerősítik-e az adott 25 év csapadék-adataira feltárt kapcsolatok valós voltát. A válasz e kérdésre pozitív, mivel a felhőzet változása a globális melegedéssel párhuzamosan a terület túlnyomó részén ugyancsak negatív; a csökkenés mértéke a fél fokos melegedésre vonatkoztatva néhány százalék.

Irodalomjegyzék

1. HAHN, C. J. – WARREN, S. G. 1999: Extended Edited Synoptic Cloud Reports from Ships and Land Stations Over the Globe, 1952–1996. Internet publication and data In: <http://cdiac.esd.ornl.gov/epubs/ndp/ndp026c/ndp026c.html>
2. IPCC THIRD ASSESSMENT REPORT: Climate Change 2001. In: http://www.grida.no/publications/other/ipcc_tar/
3. IPCC FOUTH ASSESSMENT REPORT: Climate Change 2007. In: http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg2/en/contents.html
4. JONES, P.D. 1994: Hemispheric surface air temperature variations: a reanalysis and an update to 1993. *J. Climate* 7. pp. 1794–1802.

5. JONES, P.D. – PARKER, D.E. – OSBORN, T. J. – BRIFTA, K. R. 2000: Global and hemispheric temperature anomalies – land and marine instrumental records. In: Trends: A Compendium of Data on Global Change. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Oak Ridge, Tenn., U.S.A.
6. JUSTYÁK J. 1998: Magyarország éghajlata. Kossuth Egyetemi Kiadó, Debrecen. 118. p.
7. MIKA J. 1988: A globális felmelegedés regionális sajátosságai a Kárpát-medencében. *Időjárás* 92. pp. 178–189.
8. MIKA J. – BÁLINT G. 2000: Rainfall scenarios for the Upper-Danube catchment. XXth Conf. Danubian Countries, Bratislava, Slovakia, 4–8 Sept., 2000. CD-ROM. pp. 990–995.
9. MIKA J. – BÁLINT G. – IMECS Z. – JANKÓ SZÉP I. – VAJDA A. 2000. Az éghajlat érzékenységének függése a tengerszint feletti magasságtól. In: III. Erdő és Klíma Konferencia Debrecen 2000. Június 7–9, ISBN 963 472 489 2. pp. 45–58.
10. MIKA J. – BÁLINT G. – BARTÓK B. – CSÍK A. – HOROSZNÉ GULYÁS M. – SCHLANGER V. 2006: Csapadéktendenciák az alpi-kárpáti térségben a globális melegedés időszakában (1974–2003) In: Vahava Zárókonferencia Előadásai 4 o. CD-ROM
11. VINNIKOV, K. Y. 1986: Csuvsztvityelnoszty klimata. *Gidrometeoizdat*. 219 p.
12. ZÓLYOMI Á. 2010: A klímaváltozás hatása az alpesi növényekre. Klímabarát Települések Szövetsége. In: <http://klimabarát.hu/node/225>