

MTA-MTB, 1991:  
*Állásfoglalás éghajlatunk jövőjéről. (Faragó T. (szerk.))*  
MTA X. Földtudományok O., 12 o. ISBN 963 7702 46 6

**A Magyar Tudományos Akadémia Meteorológiai  
Tudományos Bizottságának\*  
állásfoglalása éghajlatunk jövőjéről**  
1991. november

## Összefoglalás

Természeti környezetünk egyik összetevője, az éghajlat az emberi tevékenység következtében nagy valószínűséggel az emberiség történetében példa nélkül álló változásnak néz elébe. Bizonyított tény, hogy hosszabb ideje egyre gyorsuló ütemben növekszik az olyan gázok légköri koncentrációja, amelyek fokozzák a légkör üvegházhatását. E gázok kibocsátásának változatlan ütemű erősödését feltételezve, egyre nagyobb a felszínközeli középhőmérséklet fokozatos emelkedésével járó éghajlatváltozás kockázata. A melegebb éghajlatot kísérő tengerszint-emelkedés, a sarki jégmezők kiterjedésének módosulása, az éghajlati övezetek eltolódása, valamint a Föld számos körzetében feltételezhetően jelentkező, kedvezőtlenebb csapadék-ellátottság arra figyelmeztet, hogy már a ma élő generációnak lépéseket kell tennie az éghajlatváltozás kockázatának és e változás következményeinek elkerülése, vagy legalább azok mérséklése érdekében.

Az éghajlatváltozás veszélye világszerte a szakemberek és a kormányzati szervek érdeklődésének előterébe került. Az ENSZ égisze alatt olyan nemzetközi tárgyalási folyamat kezdődött, amely az emberiség egészének közös érdekére támaszkodva –

---

\*Az állásfoglalás szövegét az MTB Éghajlati Albizottsága készítette elő és az MTB 1991. novemberben fogadta el.

MTB: Antal E., Czelnai R., Faragó T., Götz G., Iványi Zs. (titkár), Koppány Gy., Major Gy. (elnök), Mersich I., Miskolczi F., Mészáros E., Práger T., Probáld F., Rákóczi F., Szász G., Szepesi D., Sz. Bartholy J., Tanczer T., Varga-H. Z.  
MTB Égh. Alb.: Ambrózy P., Antal E., Faragó T. (titkár), Götz G. (elnök), Koppány Gy., Mika J., Pálvölgyi T., Práger T., Szalai S., Tar K.

és a gazdasági fejlettség különböző fokán álló országok ellentétes érdekeltségét feloldva – remélhetőleg már a közeljövőben elvezet a környezet állapotának megóvására is hangsúlyt helyező, fenntartható fejlődési ütem elfogadásához.

A tudományos vizsgálatok alapján valószínűsíthető, hogy az éghajlatváltozásnak hazánkban is jelentős környezeti és gazdasági következményei lesznek. Mindezek figyelembevételével mérlegelni kell az üvegház-gáz kibocsátások mérséklésének hazai lehetőségeit, és az éghajlatváltozás mértékének, valamint hatásainak pontosabb becslése érdekében nagyobb figyelmet kell fordítani a levegőkörnyezeti és éghajlati megfigyelésekre és kutatásokra.

## **Bevezetés**

Az éghajlatváltozás korunk egyik legsúlyosabb globális környezeti kockázata. Természeti okok következtében az éghajlat a földtörténet folyamán – különböző időléptékekben, mértékben és előjellel – mindig változott, ezúttal azonban e változásokhoz az emberi tevékenység nyomán rendkívüli ütemű melegezési tendencia járulhat. E folyamat a nemzetközi és a hazai tudományos előrejelzések szerint előbb a változásokra különösen érzékeny területeken okozna komoly ökológiai és gazdasági problémákat, a tendencia folytatódása esetén pedig a problémák mértéke és területi kiterjedése is jelentősen növekedhet. A Magyar Tudományos Akadémia Meteorológiai Tudományos Bizottsága ezért szükségesnek ítéli meg, hogy a globális éghajlatváltozás problémájára, valamint annak tudományos, gazdasági és környezetpolitikai vonatkozásaira az alábbi állásfoglalásban hívja fel a nyilvánosság figyelmét.

## **Múltbeli éghajlatváltozások**

Az élővilág legtöbb sajátossága, a társadalmi és gazdasági élet – így a mezőgazdasági termelés vagy az energiaszolgáltatás – számos jellemzője nagymértékben az adott környezet sajátos meteorológiai viszonyaihoz, az éghajlathoz

igazodva alakult ki és fejlődött. Földünk éghajlata soha és sehol nem volt állandó; a változások a földtörténet során végig nyomon követhetők. E változások jellegzetes példái a negyedkor visszatérő eljegesedési folyamatai, a mainál melegebb és nedvesebb, 5-6 ezer évvel ezelőtti „éghajlati optimum” időszaka, vagy a néhány száz éven át tartó és 1850 táján véget ért „kis jégkorszak”.

A múltbeli változásoknak két közös jellemvonása van: azok aránylag lassú, és minden esetben természeti eredetű folyamatok voltak.

Napjainkra e kép megváltozott: a természeti erők mellé az emberi tevékenység is belépett az éghajlatalakító tényezők sorába, és – kellő ellenőrzés és beavatkozás hiányában – néhány évtizeden belül a jelen éghajlatában olyan mértékű és olyan sebességű változást okozhat, amilyenre az elmúlt százezer év során nem volt példa.

### **Az emberi tevékenység hatása a földi éghajlatra**

Az egyetlen tevékenység, amellyel az ember számottevően beavatkozik a légkör folyamataiba: a földi légkört jellemző, valamint a légkör és a földfelszín közötti globális energia-egyensúly megváltoztatása. Ennek az egyensúlynak a módosulása mindenekelőtt a légkör üvegházhatását erősítő néhány gáz koncentrációjának a megnövelése révén következhet be. E gázok ugyanis a Nap rövidhullámú sugárzását csaknem akadálytalanul átértesztik, viszont a felszín hosszuhullámú kisugárzását hatékonyan elnyelik, ami a földfelszínen és a légkör alsó rétegeiben energiátöbblettel jár, és ezért melegedést eredményez. A természeti eredetű üvegházgázok a földi éghajlat meghatározó tényezői: vízgőz, széndioxid és metán hiányában bolygónkon átlagosan 33 fokkal hidegebb klíma uralkodna.

A légkör összetételének jelentős mértékű antropogén módosulása a múlt század közepe táján, az ipari forradalom kibontakozásával kezdődött el, és azóta a fosszilis energiahordozók

(szén, olaj és földgáz) elégetésével egyre több szén-dioxid kerül a levegőbe. Bizonyított tény, hogy napjainkra a légköri szén-dioxid koncentráció már 25 %-kal haladja meg a mintegy száz évvel ezelőtti szintet. A légköri szén-dioxid mennyiségének növekedéséhez a trópusi őserdők kíméletlen irtása is jelentősen hozzájárul.

A szén-dioxid azonban nem az egyetlen üvegház-gáz, amelynek mennyisége az emberi tevékenység nyomán a légkörben növekszik. Csak a legfontosabbakat említve: ilyen gáz még a rizstermesztés, az állattenyésztés, a biomassza égetése és a szénhidrogén-ipar révén kibocsátott metán, a főleg a műtrágyázással és a fosszilis tüzelőanyagok elégetésével keletkező dinitrogén-oxid, továbbá az iparban széles körben alkalmazott különböző halogénezett szénhidrogének (freonok és halonok). Ez utóbbi mesterséges gázok elsősorban a sztratoszférikus ózont elbontó képességük miatt kerültek a figyelem középpontjába.

Bár a felsorolt üvegház-gázoknak a légköri koncentrációja a szén-dioxidénak csak a töredéke, jelentőségüket az adja meg, hogy a hosszúhullámú sugárzást elnyelő sávjaik éppen azokba a tartományokba esnek, ahol a vízgőz és a szén-dioxid sugárzáselnyelése nem számottevő. Egyetlen újabb metán molekulának a légkörbe kerülése 21-szer, a freon-11 molekuláé pedig 12 000-szer intenzívebben fokozza az üvegházhatást, mint egy szén-dioxid molekula. Ezért napjainkra az üvegházhatásnak az emberi tevékenység miatti erősödése csak fele részben vezethető vissza a szén-dioxid légköri felhalmozódására, másik feléért a többi üvegház-gáz a felelős.

Az üvegházhatás növekedése a földi légkör alsó, mintegy tíz kilométeres rétegében jelenleg már másodpercenként és négyzetméterenként 2,2 joule energiátöbbletet eredményez. Ezt összehasonlítva a földfelszín és a légkört együttesen melegítő, másodpercenként és négyzetméterenként átlagosan 240 joule napenergiával, nyilvánvaló, hogy az emberi tevékenységből származó üvegház-gáz kibocsátás hatása már

nem lebecsülhető. A melegedéssel a legfontosabb természetes üvegház-gáznak, a légköri vízgőznek a mennyisége is növekszik, ami a jövőben a melegedés ütemének további gyorsulását eredményezheti.

Az emberi tevékenység éghajlatmódosító hatásának veszélyességét fokozza az a tény, hogy az üvegház-gázok többségének igen hosszú a légköri tartózkodási ideje. A metán már 10 év után kikerül a légkörből, de a legfontosabb freonfajták csak 100-200, a dinitrogén-oxidok mintegy 150 év elteltével bomlanak el a légkör felsőbb rétegeiben. A légkört antropogén eredetű többletként terhelő szén-dioxid molekulák akár 200 évet is e közegben tartózkodhatnak, mielőtt azokat az óceán vagy a bioszféra elnyelné. Még ha az emberiség arra az elhatározásra is jutna, hogy azonnal beszüntet minden, a légköri üvegházhatást fokozó tevékenységet, a korábbi kibocsátások következményeit az utókor akkor is még évszázadokon át tapasztalni fogja.

### **A várható éghajlatváltozás és annak következményei**

Ha az emberi tevékenység továbbra is a jelenlegi tendenciákat követi, vagyis az energiatermelés nagymértékben a fosszilis tüzelőanyagok felhasználására épül, az energiahatékonyság csak szerény ütemben javul, a metán és a dinitrogén-oxid mezőgazdasági eredetű kibocsátása szabályozatlan marad, továbbá a halogénezett szénhidrogének termelésének és kibocsátásának visszafogásáról szóló Montreali Egyezményt csak az azt eddig aláíró országok tartják be, akkor a légköri üvegházhatás mértéke már 2030 körül megfelel majd annak a szintnek, amit az ipari forradalmat megelőző szén-dioxid koncentráció kétszerese okozna. Ezt a körülményt figyelembe véve az alapvető kérdés: milyen hőmérséklet-változással, és milyen egyéb következményekkel jár a légköri energiamérlegnek az üvegházhatás erősödéséhez kapcsolódó módosulása ?

A légkör és a természeti környezetnek a légkörral közvetlenül kapcsolatban álló részei (az óceánok, a szárazföldek felső rétege, a felszint borító vegetáció, valamint a hó- és jégmezők) együttesen alkotják az éghajlati rendszert. Az e rendszerben fellépő, a kezdeti beavatkozásokat erősítő vagy gyengítő visszacsatolási folyamatok bonyolultsága miatt az üvegház-gázok mennyiségének a növekedéséből fakadó következményeket, másszóval az éghajlat érzékenységének mértékét csak megközelítő pontossággal becsülhetjük meg. Az éghajlati rendszerre vonatkozó modellszámítások szerint a szén-dioxid szint megkétszereződése a globális felszíni átlaghőmérséklet több fokos emelkedését eredményezné. Ezt a felmelegedést azonban az óceánok víztömegének hatalmas hőkapacitása mérsékelheti, és évtizedekkel késleltetheti.

Az emberi tevékenység jelenlegi fejlődési irányait és a légköri üvegházhatás ezzel járó erősödését alapul véve, a jövő éghajlatáról a következő, legvalószínűbb kép bontakozik ki. A globális középhőmérséklet az elkövetkező évtizedekben 0,2-0,5 fok/évtized értékkel fog emelkedni, és 2025-re körülbelül egy fokkal, a jövő század végére pedig 2-5 fokkal lehet majd magasabb a mainál. A felmelegedés a magasabb földrajzi szélességeken erősebb lesz, mint a trópusokon. Emiatt csökken az Egyenlítő és a sarkvidékek közötti hőmérsékleti különbség, gyengül a mérsékeltövi ciklonok erőssége, módosulnak a szokásos ciklonpályák. Folytatódik a tengerek szintjének már elkezdődött emelkedése; 2025-re mintegy 20 cm-es, a jövő század végére pedig 40-100 cm-es átlagos szintemelkedés várható.

A nagy térségű változásoknál lényegesen bizonytalanabbul becsülhetők a regionális következmények. A nemzetközi és a hazai kutatások alapján Magyarország térségében a földi éghajlat változásának kezdeti szakaszában bekövetkező néhány tized fokos melegedést a tenyészidőszak vízellátottságának további romlása kíséri, amit a csapadék valószínű csökkenése mellett a hőmérséklet emelkedése és a felhőzet csökkenése miatti párolgatóképesség-növekedés is súlyosbít. A globális

éghajlatváltozás erősödésével e tendencia valószínűleg folytatódik, de több fokos melegedés esetén a regionális következmények jellege alapvetően megváltozhat.

Az éghajlat fent vázolt módosulásának várható környezeti és gazdasági hatásai – mindenekelőtt a természetes vízellátottság változása révén – a folyók vízhozamának, az egyes mezőgazdasági kultúrák átlagos terméshozamának, a fák növekedésének módosulásában jelentkezhetnek. A várható növénytermesztési következmények szempontjából lényeges, hogy a nagyobb párologtatóképesség csak részben ellensúlyozható öntözéssel, mivel – legalábbis az éghajlatváltozás kezdeti szakaszában – a csapadék mennyisége is csökken. Bizonyos éghajlati elemek módosulásának, így mindenekelőtt a léghőmérséklet átlagában és évi menetében bekövetkező változásnak, jelentékeny energiagazdálkodási hatásai lehetnek. A légköri áramlások módosulása hat majd a levegőminőség alakulására is. Az átlagos értékek fokozatos módosulása mellett nagy jelentőséget kell tulajdonítani a szélsőséges éghajlati jelenségek (például az aszályos időszakok) gyakoriságában várhatóan bekövetkező – de még kevésbé pontosan becsülhető – változásoknak.

### **Bizonytalansági tényezők**

A fentiekben a jövő éghajlatának legvalószínűbb képét vázoltuk, amely azonban sok bizonytalanságot hordoz. Ennek fő összetevői a következők:

- nem tudjuk elegendő pontossággal számszerűsíteni az egyes üvegház-gázok forrásainak jövőbeli erősségét és nyelőinek hatékonyságát, a gazdasági és műszaki fejlődés bizonytalanságai miatt a kibocsátások további alakulását, valamint a légkörben végbemenő egyes kémiai reakciókat; tehát végeredményben pontatlanul jelezhető előre e gázok jövőbeli légköri mennyiségének növekedési üteme;

- a melegedéssel erősödni fog a párologtatóképesség, de nem tudjuk pontosan, hogy végsősoron mennyivel növekszik

majd meg a vízgőz mennyisége a légkörben, és miként alakul a felhőzet mennyisége és sugárzásátviteli tulajdonsága, ami azért fontos, mert összességében a felhőzet sugárzási hatása (ellentétes előjellel) jelentősen meghaladja az üvegház-gázok együttes sugárzási hatását, tehát a felhőzet esetleges növekedése hatékonyan ellensúlyozhatja a melegedés mértékét;

- nem ismerjük kellő pontossággal az óceán és a légkör, valamint az óceán felső és mélyebb rétegei között végbemenő energiacsere mértékét, pedig ezek a tényezők is szabályozzák a földi éghajlat változásának ütemét és e változás területi eloszlását;

- nehezen számszerűsíthető a sarki jégmezőknek az éghajlatváltozással szemben tanúsított viselkedése, aminek a tengervíz hőtágulása mellett alapvető hatása van a tengerszint emelkedésének mértékére.

Az éghajlat jövőjével kapcsolatos bizonytalanságot jól jellemzi, hogy ma még vitatott, vajon ténylegesen elkezdődött-e már a földi éghajlatnak az emberi tevékenység miatt fokozódó üvegházhatással magyarázható módosulása? A megfigyelések szerint tény, hogy a Föld éghajlata a 20. század folyamán 0,4-0,6 fokot melegedett, és az 1980-as évtized az elmúlt 150 év legmelegebb évtizede volt. Az éghajlati modellek tanúsága szerint a felmelegedésnek ez a mértéke megfelel az üvegházgázok koncentráció-növekedésének. Ugyanakkor nem lehet kizárni annak a lehetőségét sem, hogy mindössze az éghajlati rendszer belső folyamataiból eredő természetes változékonysággal állunk szemben: az elméleti számítások szerint az elmúlt száz év hőmérsékleti ingadozásainak összes sajátossága az éghajlati rendszert érő minden külső hatástól mentesen, önmagától is kialakulhatott volna.

## **Következtetések**

Az emberiség – bár nem szándékoltan, de a kockázatot fokozatosan felismerve – napjainkra képessé vált arra, hogy tevékenységével befolyásolja a földi éghajlatot. Az éghajlati



megfigyelések, a számítógépes modellekkel végzett számítások és a kezdeti hatásvizsgálatok tapasztalatai arra utalnak, hogy noha a változások ütemét, területi eloszlását, valamint azok társadalmi, gazdasági és természeti következményeit illetően még jelentős a tudományos bizonytalanság, e probléma érdemi figyelembevétele tovább már nem halasztható. Túl nagy ugyanis a kockázata annak, hogy a folyamat visszafordíthatatlanná válik, vagy legalábbis gyorsabb lesz, mint az ökológiai rendszerek vagy az ember alkalmazkodó képessége.

Az éghajlatváltozás kockázata globális kérdés, amely – bár a különböző térségekben eltérő mértékben – az egész emberiséget érinti. Az éghajlatváltozást valószínűsíthetően kiváltó emberi tevékenység is országonként eltérő jellegű és mértékű, következésképpen nem egyforma az egyes országok felelőssége. Ám az említett természeti folyamatok, környezeti és gazdasági hatások nem „ismernek” országhatárokat. Napjainkban az e témával foglalkozó tudósok, jogászok és politikusok világszerte az éghajlatra gyakorolt emberi tevékenységeket korlátozó nemzetközi megállapodás tervén dolgoznak, amelynek elfogadása és betartása legalábbis ellenőrizhető keretek között tartaná az éghajlatváltozás ütemét. A megállapodással kapcsolatos nemzetközi egyeztetések elősegítésére az Egyesült Nemzetek Szervezete kormányközi bizottságot hozott létre. A tervezett éghajlati egyezmény mindenekelőtt az üvegházgázok kibocsátásának korlátozását és későbbi csökkentését célozza.

Az éghajlatváltozással kapcsolatos kérdésekkel nemzeti szinten annál inkább foglalkoznunk kell, mivel e folyamat hazánk térségében valószínűsíthetően sok vonatkozásban a környezet állapotának romlásával járna. Hatékonyabb energiagazdálkodással, az üvegház-gázok minél szélesebb körének kiváltásával és a más módokon megvalósítható kibocsátás-csökkentéssel, valamint megfelelő erdőgazdálkodással hozzájárulhatunk a világméretű erőfeszítéshez. Emellett az éghajlatváltozás kockázatának és az ezzel kap-

csolatos bizonytalanságoknak a részletesebb feltárását, a regionális hatások pontosabb megismerését, az éghajlati feltételekhez történő alkalmazkodást elő kell segítenünk az éghajlati rendszer összetevőinek átfogó megfigyelésével, állapotváltozásaik folyamatos elemzésével, az éghajlati és a kapcsolódó szakterületeken folyó kutatási erőfeszítések fokozásával, a természeti erőforrásokkal való hatékony gazdálkodás, a környezetbarát termelési és fogyasztói magatartás erősítésével, valamint az ezirányú nemzetközi kutatási és technológiai eredmények hasznosításával.

- - -