

319. 869

"AGRO-21" Füzetek

KLÍMAVÁLTOZÁS – HATÁSOK – VÁLASZOK

A TARTALOMBÓL

A klímaváltozás globális hatásai a gazdaságra és a társadalomra

A klímaváltozás várható társadalmi hatásai hazánkban

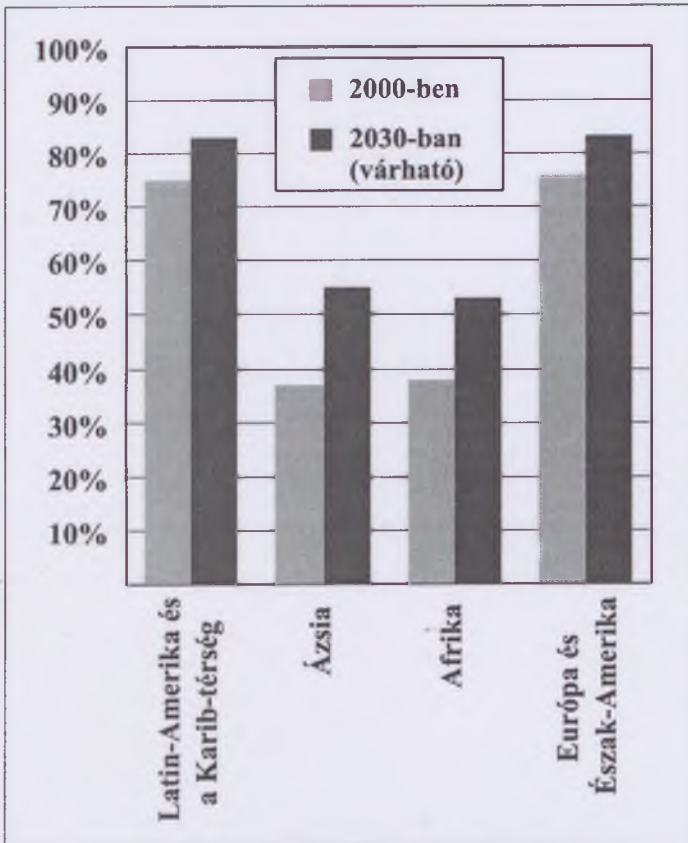
Alkalmazkodjunk az éghajlatváltozáshoz!

Hazai nagyvárosok hősziget hatásának elemzése műholdképek alapján

A lokális és mikroklimatikus módosulások városi környezetben

A klímaváltozás és a fenntartható településszerkezet

Szél, hó, eső és jég hatása az épületekre



A városi népesség arányának várható alakulása a Föld különböző nagyobb térségeiben (a 2000-es és a 2030-as arányok összehasonlítása)

Forrás: Bartholy – Pongrácz – Dezső tanulmánya

2005. 44. szám

„AGRO-21” FÜZETEK
KLÍMAVÁLTOZÁS – HATÁSOK – VÁLASZOK

“AGRO-21” BROCHURES
CLIMATE CHANGE – IMPACTS – RESPONSES

„AGRO-21“ HEFTE
KLIMAÄNDERUNG – AUSWIRKUNGEN – LÖSUNGEN

«АГРО-21» БРОШЮРЫ
ИЗМЕНЕНИЕ КЛИМАТА – ВЛИЯНИЯ – ОТВЕТЫ

SZERKESZTI:
CSETE LÁSZLÓ
c. egyetemi tanár

KIADJA:
AZ „AGRO-21” KUTATÁSI PROGRAMIRODA
1061 Budapest, Andrásy út 23.
Telefon/Fax: 342-7571
E-mail: csetel@mail.datanet.hu

FELELŐS KIADÓ:
LÁNG ISTVÁN
akadémikus

ISSN 1218-5329

Készült:
AKAPRINT KFT. BUDAPEST – Felelős vezető: Freier László

TARTALOM

TANULMÁNYOK

<i>Szegi-Tóth Ferenc: A klímaváltozás globális hatásai a gazdaságra és a társadalomra</i>	3
<i>Szirmai Viktória: A globális klímaváltozás lehetséges hazai társadalmi hatásai</i>	18
<i>Beliczay Erzsébet: Ne szenvedjünk, hanem alkalmazkodjunk az éghajlatváltozáshoz! ..</i>	25
<i>Bartholy Judit – Pongrácz Rita – Dezső Zsuzsanna: A hazai nagyvárosok hősziget hatásának elemzése finomfelbontású műholdképek alapján</i>	32
<i>Unger János – Sümeghy Zoltán: A városi környezet hatására fellépő lokális és mikro-klimatikus léptékű módosulások</i>	45
<i>Ruzsányi Tivadar: A klímaváltozás veszélyeinek csökkentése fenntartható település-szerkezettel</i>	57
<i>Lenkei Péter: Éghajlatváltozás: szél, hó, eső és jég hatása az épületekre</i>	67
Summary	73
Contents	77

A KLÍMAVÁLTOZÁS GLOBÁLIS HATÁSAI A GAZDASÁGRA ÉS A TÁRSADALOMRA

SZEGI-TÓTH FERENC

ÖSSZEFOGLALÁS

Az éghajlat és természetes változékonysága, illetve az ezeket befolyásoló emberi tevékenységek sokrétű kapcsolatban állnak a gazdasággal és a társadalommal. Az emberiség által kibocsátott üvegház-gázok globális éghajlatmódosító hatásának ökológiai következményei már most kimutathatóak. A klímarendszer inerciája miatt a múltban kibocsátott üvegház-gázok akkor is módosítanak a jövőbeli éghajlatot, ha kibocsátásuk azonnal megszűnne. A klímaváltozás sokrétűen befolyásolja az emberiség jövőjét: egyes gazdasági és társadalmi hatások közvetlenül, mások különböző környezeti rendszerek elemeinek és folyamatainak megváltozása révén jelentkeznek. A hatások főként az alábbi területeken várhatóak: emberi egészség, mezőgazdaság, hidrológia-vízellátás, települések és bizonyos gazdasági ágazatok, kis szigetek és tengerparti területek, természetes ökológiai rendszerek. A várható hatások nagysága és társadalmi-gazdasági jelentősége a földrajzi pozíció, a gazdasági fejlettség és a társadalmi adottságok függvényében a föld különböző régióiban rendkívül eltérő. A globális hatások felmérése egyrészt az alkalmazkodásra való felkészülés, másrészt a még elviselhető mértékű éghajlatváltozás és ezáltal a hosszú távú klímavédelmi stratégiák kidolgozása szempontjából fontos.¹

BEVEZETÉS

A jelen dolgozat feladata a klímaváltozás globális gazdasági és társadalmi hatásainak áttekintése. A feladat nem könnyű, hiszen az ENSZ Környezeti Programja (UNEP) és a Meteorológiai Világszervezet (WMO) által létrehozott, a Klímaváltozással Foglalkozó Kormányközi Testület (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC) Harmadik Helyzetértékelő Jelentésének keretében a II. Munkacsoport több mint ezer oldalon

foglalta össze és értékelte a témakörben 2000-ig felgyülemlett ismereteket (IPCC, 2001a). A hatások áttekintéséhez ez a jelentés képezi a kiindulópontot, de a megállapításokat kiegészítjük az azóta született kutatási eredmények ismertetésével is a területi korlátok által nyújtott kereteken belül. Emellett röviden értékeljük a hatásokra vonatkozó jelenlegi ismeretek megbízhatóságát, illetve az egyes klímaérzékeny szektorok társadalmi és gazdasági kontrolljának mértékét. Ez utóbbinak az éghajlatváltozás pénzügyi kárai, illetve az alkalmazkodási lehetőségek felmérése tekintetében van jelentősége.

A dolgozat első része az éghajlat és a társadalom kapcsolatát tekinti át. Ezt követi a globális hatásokat ismertető 2. rész. A klímahatás-vizsgálat keretében egyre fontosabb szerepet játszik az alkalmazkodási lehetőségek felmérése, ezért a 3. rész az

¹ Ez a dolgozat a Magyar Tudományos Akadémiaán 2004. november 25-én a „Klíma és Társadalom” konferencián elhangzott előadás bővített változata. A szerző köszönetet mond a szerzőknek, elsősorban Láng István akadémikusnak a meghívásért, a konferencia résztvevőinek pedig az előadáshoz fűzött megjegyzésekért és kérdésekért.

alkalmazkodás fontosságát vizsgálja. A 4. rész a dolgozat fő következtetéseit foglalja össze.

1. AZ ÉGHAJLAT ÉS A TÁRSADALOM KAPCSOLATA

Az éghajlatváltozás gazdasági és társadalmi hatásainak vizsgálatához fontos kiindulópont annak feltérképezése, hogyan illeszkednek ezek a hatások az éghajlat és a társadalom között fennálló sokrétű kapcsolatok rendszerébe. Az elmúlt két évtized során számos diagram született e kapcsolatok bemutatására. Az 1. ábra az IPCC már említett összefoglaló jelentése (*IPCC, 2001b*) alapján készült.

A kiindulópontot az ábra jobb alsó sarkában található társadalmi fejlődési pályák jelentik. Az ezeket leíró forгатókönyvek fő elemei a gazdasági növekedés, a technológiai fejlődés, a népesség nagyságának és korösszetételének változása, valamint a kormányzás hatékonyságának alakulása. A forгатókönyvekben leírt tendenciák két különböző irányban válnak az éghajlat-társadalom kapcsolat meghatározó tényezőivé. Egyrészt meghatározzák az energia, az élelmiszerek és más olyan javak és szolgáltatások iránti kereslet nagyságát és összetételét, amelyek kielégítése üvegház-gázok kibocsátásával jár. A kibocsátott gázok mennyiségét befolyásolja még az igények kielégítésére használt technológia és a különböző gazdasági-társadalmi célok kitűzése és megvalósítása. A gazdasági tevékenységek jövőbeli alakulása határozza meg tehát a légkör sugárzásátviteli tulajdonságait befolyásoló gázok kibocsátását. Míg az aeroszolok csak néhány napig, esetleg egy-két hétig tartózkodnak a légkörben, addig az üvegház-gázok légköri tartózkodási ideje évtizedekben (metán), évszázadokban (szén-dioxid) és évezredekben (halogénezett szénhidrogének, CFC-k) mérhető. Mindkét típusú gáznál igaz azonban, hogy az éghajlatot nem a gázok adott évi kibocsátása, hanem légköri kon-

centrációja befolyásolja. A koncentráció változása nyomán ugyanis megváltozik e gázok radiációs kihatása, amely az éghajlat megváltozását vonja maga után. Ennek fő komponenseit a hőmérséklet és csapadékviszonyok módosulása, a szélsőséges időjárási események (például aszály és áradások) gyakoriságának és intenzitásának megváltozása, illetve a tengerszint-emelkedés képezik. Az éghajlat módosulása kisebb-nagyobb változásokat von maga után a klímaérzékeny társadalmi és természeti rendszerekben. Ezek között legfontosabbak az élelem- és vízforrásokat, az ökológiai rendszereket és a biológiai sokféleséget, az emberi településeket és egészséget érintő hatások. Az éghajlatváltozás következményei idővel elérhetik azt a mértéket, amely már érezhetően befolyásolja a kiindulópontul szolgáló társadalmi-gazdasági fejlődési pályát.

Az emberiség két módon avatkozhat be e komplex rendszer jövőjének alakulásába. Az első lehetőség az éghajlatváltozás mérséklése, amelynek fő formái az üvegházhatású gázok kibocsátásának mérséklése (források), a már légkörben található mennyiségük csökkentése (nyelők), illetve radiációs hatásuk korlátozása (geo-manipuláció). A második fő beavatkozási lehetőség az alkalmazkodás. Ennek egyik formája a fejlődési pálya olyan irányú módosítása, amely csökkenti a társadalom jövőbeli klímaérzékenységét és növeli alkalmazkodási képességét. A másik formát a konkrét alkalmazkodási tevékenységek jelentik.

Az 1. ábrán felvázolt rendszer minden elemét és a köztük fennálló kapcsolatokat is nagyfokú bizonytalanság jellemzi. Az *IPCC (2000)* által elkészített kibocsátási forгатókönyvek az üvegház-gázok emissziójának meglehetősen széles sávját tartják elképzelhetőnek a 21. század folyamán: a kumulált szén-dioxid kibocsátás becsült mennyisége az 1000–2100 gigatonna szén (Gt C) tartományt fogja át. E gázok légköri és globális éghajlati hatásait nehéz pontosan előrejelezni, regionális és helyi klimatikus következményeik pedig még bizonytalanabbak

(IPCC, 2001c). Az éghajlatváltozás biofizikai hatásainak előrejelzése több évtizedes múltira tekint vissza, de még itt is sok területen számottevő a bizonytalanság. Ennek a tovagyrűző bizonytalanságokat akkumuláló sornak a következő eleme a gazdasági-társadalmi hatások felmérése. Ezen a téren a különleges nehézséget az jelenti, hogy nemcsak a biofizikai változások bizonytalanságát kell számbavenni, hanem az általuk érintett jövőbeli társadalomra vonatkozó ismereteink bizonytalanságát is. Ez utóbbi azért is fontos, mert a jövőbeli társadalmi adottságok határozzák meg az alkalmazkodási lehetőségeket és azok költségeit. Itt érkezünk el a klímaváltozás okai és következményei között fennálló kapcsolat kulcseleméhez: ahol az éghajlatváltozáshoz történő alkalmazkodás lehetetlen vagy elviselhetetlenül drága lenne, ott ez a tény fontos információt jelent az ENSZ Éghajlatváltozási Keretegyezményének (UNFCCC) 2. Cikkelyében megfogalmazott rejtvény megfejtéséhez, nevezetesen annak meghatározásához, hogy hol kezdődik a veszélyes emberi beavatkozás a klímarendszerbe, amelyen belül az üvegházgázok légköri koncentrációját stabilizálni kell.

Miért lehet probléma az éghajlatváltozás? A kutatók némileg eltérő elhatárolásban és csoportosításban 6+1 klímaérzékeny szektort különböztetnek meg, amelyekben az éghajlat változása kisebb vagy nagyobb, elsősorban negatív (de néha kismértékben pozitív) hatásokkal jár. Ezek: az emberi egészség, a mezőgazdaság és erdőszet, a hidrológia és vízellátás, a tengerparti területek és a kis szigetek, az emberi települések és gazdasági ágazatok (pl. energiaellátás, közlekedés, építőipar, biztosítás), valamint a természetes ökológiai rendszerek. Külön kategóriát képeznek a nagy geofizikai rendszerekben esetleg bekövetkező változások: a termohalin körforgás lelassulása vagy leállása, a nyugat-antarktisi jégmező szétesése és elolvadása, a dél-ázsiai monszunrendszer térbeli vagy időbeli változása stb. Az éghajlat változása és a felsorolt rendszerek kulcs-

fontosságú jellemzőinek alakulása közötti kapcsolatot klímahatás-válaszfüggvényekkel lehet leírni, amelyeknek két típusát különböztetjük meg. A folytonos válaszfüggvények esetében egy viszonylag széles tartományban az éghajlati jellemzők kismértékű változása (pl. hőmérséklet vagy csapadék) a klímaérzékeny szektor folytonos (nem feltétlenül lineáris) változását vonja maga után (pl. mezőgazdasági hozamok vagy a fűtési-hűtési energiaigény változása). A szakadós válaszfüggvényekkel leírható rendszerekben egy küszöbérték elérésekor (például bizonyos mértékű vagy ütemű hőmérséklet-növekedési határnál) alapvető szerkezeti változások következnek be, ami megváltoztatja a rendszer viselkedésének jellegét.

A felsorolt szektorokban a klímahatások jelentkezhetnek közvetlenül a hőmérséklet, a csapadékviszonyok, a szélsőséges időjárási események mértékének és gyakoriságának megváltozása, vagy a tengerszint emelkedésének következtében. Emellett a hatások felléphetnek közvetett formában is valamilyen biológiai, geológiai vagy fizikai rendszer közvetítésével.

Az éghajlatváltozás gazdasági és társadalmi hatásainak vizsgálatokor két további tényezőt fontos figyelembe venni. Az első az emberi beavatkozás mértéke az adott szektorban: ez viszonylag csekély természetes ökológiai rendszerek esetében, míg nagyon erőteljes a mezőgazdaság, vízgazdálkodás és erdőgazdálkodás terén. Az emberi beavatkozás mértéke jelentősen befolyásolja a klímaváltozáshoz történő alkalmazkodási lehetőségek mértékét és költségét. A második fontos tényezőt a klímaérzékeny szektorral kapcsolatos javak és szolgáltatások piacosultsága jelenti: milyen mértékben alakultak ki tulajdonjogok és piaci viszonyok az egyes klímaérzékeny területeken. A spektrum itt is nagyon széles: az ökológiai rendszerek piacosultsága nagyon csekély (ha egyáltalán létezik), míg a mezőgazdaság esetében jól definiált és teljes mértékű tulajdonjogról beszélhetünk. A piacosultság mértéke azért fontos, mert ez adja a kulcsot

a klímaváltozás hatásainak pénzbeli értékeléséhez, amelynek alapján meg lehet határozni, hogy mennyit érdemes az adott terület védelmére áldozni. Ez egy újabb kapcsolatot jelent a klímaváltozás lassítására vagy megállítására vonatkozó döntések meghozatalához.

2. GLOBÁLIS HATÁSOK

Az éghajlatváltozással kapcsolatos, már említett bizonytalanságok megnehezítik a kutatók megállapításainak kommunikációját a döntéshozók és a szélesebb közvélemény számára. Ezt igazolja, hogy a „klímakatasztrófa-világvége” víziók és a „nem probléma” kijelentések közötti széles spektrumban szóródnak a tudományos igényű folyóiratokban és a bulvársajtóban közzétett vélemények. A bizonytalanságból adódó problémák enyhítése érdekében az IPCC legutóbbi helyzetértékelő jelentésében nemcsak azt foglalta össze, hogy mik lehetnek az éghajlatváltozás legfontosabb hatásai, hanem azt is, hogy az arra vonatkozó megállapítások jelenlegi tudásunk alapján mennyire megbízhatóak. A skála három eleme: az adott megállapítás megbízhatósága nagy, közepes vagy alacsony.

Emberi egészség

Összességében tekintve az éghajlatváltozás várhatóan növeli az emberi egészséget fenyegető környezeti kockázatokat, elsősorban a trópusi és szubtrópusi régiókban élő alacsony jövedelmű társadalmi csoportok esetében. A közvetlen hőhatás terén már 2025-re várható a hőstressz okozta halálozások és megbetegedések növekedése, amely az évszázad és klímaváltozás előrehaladtával tovább fokozódik. Nagy megbízhatósággal állítható, hogy az első pár évtizedben néhány mérsékelt égövi területen csökken a lehűlés-megfagyással kapcsolatos téli halandóság. Az élőlények (vektorok) és a víz által

közvetített betegségekre vonatkozóan közepes-nagy megbízhatósággal várható, hogy már 2050-re számottevően megnő az a terület, ahol az éghajlati adottságok lehetővé tennék a malária és a trópusi náthaláz terjedését, és ez 2100-ig tovább folytatódhat. A gyakrabban és növekvő intenzitással jelentkező szélsőséges időjárási eseményekre, viharokra és áradásokra közepes megbízhatósággal kimondott megállapítás az, hogy már 2025-re megnövekszik az ilyen eseményekkel kapcsolatos halálozások, sérülések és fertőzőes megbetegedések száma, amely tovább növekszik a század későbbi évtizedeiben. Végül az élelmezés terén fennáll annak veszélye, hogy a legszegényebb népcsoportokat fokozottan fenyegetheti az éhezés veszélye, de az erre vonatkozó szaktudományos ismeretek még nagyon hiányosak.

Egymástól elszigetelten és eltérő modellezési módszerekkel végzett számítások szerint Észak-Amerika nagyvárosaiban évente több százzal emelkedhet a hőstressz által okozott halálozások száma (például New York: 500–1000, Detroit 100–250) még akkor is, ha a légkondicionálás további növekedését tételezik fel a kutatók. A jelenleg legnagyobb néptömegeket veszélyeztető, szúnyogok által terjesztett betegségek a malária (2,4 milliárd ember) és a trópusi náthaláz (3 milliárd ember). Többféle modellezési módszert (biológiai, statisztikus-empirikus, vektor-disztribúciós) is használnak a klímahatások elemzésére, de egyiket sem sikerült megfelelően kalibrálni regionális és globális szinten. A számszerű előrejelzések megbízhatósága ezért nagyon alacsony.

Az egészség a társadalom olyan szektora, amelyben a beavatkozás rendkívül erős (közegészségügyi és egészségi ellátó rendszerek), de ennek kiterjedése és színvonala nagyon eltérő az országok között, elsősorban gazdasági fejlettségük függvényében. A beavatkozás mértéke és a rendelkezésre álló erőforrások nagysága most és a jövőben fokozottan lehetővé teszi a közvetlen és közvetett klimatikus hatások csökkentését

és/vagy teljes kiiktatását. Előrejelző és riasztórendszerekkel, légkondicionálással, a szegényebb társadalmi csoportok számára temperált közösségi helyiségek vagy más szociális intézkedések révén nagymértékben csökkenthető a jövőben az olyan szélsőséges időjárási események áldozatainak száma, mint amilyen a 2003 nyarán Nyugat-Európa (elsősorban Franciaország) nagyvárosait sújtó tartós kánikula volt. Hasonlóképpen már a jelenlegi éghajlati viszonyok között is sok terület alkalmas lenne a malária terjedésére (például az Amerikai Egyesült Államok délkeleti partvidéke Washingtontól délre), de a megelőző intézkedések és a közegészségügy fejlettségének eredményeként mégsincs maláriaveszély. Az egészségügy piacosultsága is eltérő, ráadásul annak kívánatos mértéke rendkívül vitatott. Ennek köszönhető, hogy az éghajlatváltozás gazdasági értékelésében az egészségügyi hatások pénzbeli számszerűsítése jelenti az egyik legvitatottabb tételt: mennyit ér egy statisztikai élet vagy egy életév? Elfogadható-e, hogy a klímaváltozás „beárazásánál” is a jelenlegi realitásokból induljunk ki, amely szerint egy statisztikai élet értéke akár egy nagyságrenddel is nagyobb lehet Nyugat-Európában, mint számos fejlődő országban. Némi ironiával azt mondhatjuk: nagy megbízhatósággal állítható, hogy e területen a klímaváltozás kockázatairól még sok vita várható.

Mezőgazdaság

Az éghajlatváltozás lehetséges mezőgazdasági hatásai nagyon vegyesek attól függően, hogy milyen termelési ágakról és földrajzi régiókról van szó. Alacsony-közepes megbízhatósággal kijelenthető, hogy az évszázad közepéig a gabonafélék átlagos terméshozama sok közepes és magas földrajzi szélességű körzetben növekszik. A század második felében azonban – amikor a globális éves középhőmérséklet növekedése elérheti 3–4 °C-ot – ez a tendencia megfordul. A trópusi és szubtrópusi területeken a

gabonafélék átlagos terméshozama már viszonylag kismértékű (0,4–1,1 °C) hőmérsékletnövekedés mellett is csökkenhet, és ez a tendencia a felmelegedés erősödésével egyre fokozódik. Nagy megbízhatóságú az a nyilvánvalónak látszó előrejelzés, miszerint az éghajlat melegedésével egyes régiókban a fagykarak csökkenése, más régiókban viszont az ott honos növények hőstresszből eredő károsodásának növekedése várható. Ugyanígy az állatállományt érintő hőstressz is fokozódik. Csak alacsony-közepes megbízhatóságúak azok az előrejelzések, amelyek szerint a fenti tendenciák eredményeként a fejlődő országok szegény földművelőinek jövedelme csökken, illetve a század második felében a 3–4 °C-os felmelegedés termés-csökkentő hatásainak eredményeként az élelmiszerárak növekedhetnek.

A termőhely szintjén végzett hozamváltozás becslések azt mutatják, hogy a kétszeres szén-dioxid-koncentrációnak megfelelő klimatikus viszonyok mellett Egyiptomban a kukorica, a rizs és a búza terméshozama egyaránt csökken, utóbbi akár 50%-kal, és ezt a veszteséget az agronómiai alkalmazkodás is csak részben képes mérsékelni. A trópusi övezetekben a hozamcsökkenés mértéke elérheti a 25–50%-ot is: kukorica és köles Gambiában, cukornád Trinidadon, rizs és búza Bangladesben. Ugyanakkor a mérsékelt-égövi mezőgazdászok sok helyen jelentős (20–50%-os) hozamnövekedésre számíthatnak: búza Ausztráliában és Bulgáriában, kukorica Romániában.

A mezőgazdaság az a klímaérzékeny szektor, amelyben az emberi beavatkozás közel tízezer éves múltra tekint vissza, és ma is a legerőteljesebb. Az agronómiai technikák, a fajtaválasztás és új fajták kifejlesztése, az öntözés, a műtrágyázás és a növényvédelem számtalan lehetőséget kínálnak az éghajlatváltozáshoz történő alkalmazkodásra. Ráadásul a szektor piacosultsága nagymértékű, tehát a mezőgazdasági termelők nemcsak közvetlenül a saját terméshozamaik változása révén, hanem a piaci árakon keresztül a máshol bekövetkezett változások

hatásairól is értesülnek. Az árak és a jövedelmek (termelői és fogyasztói többlet) változása közvetlen információt nyújt a klímaváltozás gazdasági következményéről. A piaci információk értékét az alkalmazkodás orientálására azonban csökkenti, hogy sok országban az állami beavatkozás közvetett és közvetlen formái torzítják a piac működését. A szegényebb fejlődő országokban várhatóan még évtizedekig fennmaradó önfenntartó mezőgazdasági alkalmazkodási lehetőségei is korlátozottak, és működő piacok hiányában az éghajlatváltozás ottani pénzübeli kárait is nehéz megállapítani.

Hidrológia-vizellátás

A klímaváltozás modellezésében a csapadékviszonyok változásának előrejelzése jelenti az egyik legnehezebb feladatot. Különösen igaz ez a csapadékváltozás regionális előrejelzésére, amit igazol, hogy a különböző globális klímamodellek egy adott körzetre eltérő előjelű változásokat jeleznek, de még ugyanannak a modellnek egymást követő változatai is minőségileg más eredményre jutnak. Nem meglepő tehát, hogy a bizonytalan csapadék-előrejelzéseket inputként felhasználó hidrológiai modellek eredményei is széles tartományban szóródnak. Néhány alaptendenciát azonban viszonylag nagy megbízhatósággal lehet előrejelezni.

Azon folyóknál, amelyeknél a téli hóesés a vízhozam jelentős forrását képezi, a tavaszi hozamcsúcsok már kismértékű éghajlatváltozás esetén is előrecsúszhatnak a télbe. A század második felére az éghajlatváltozás erősödésével számos már ma is vízhiánnyal küzdő országban tovább csökkenhet a rendelkezésre álló víz mennyisége. A hőmérséklet emelkedése a vízminőség romlását vonja maga után, de befolyásolja a folyók vízhozamának változása is. A tengerszint emelkedése révén a sós víz bejut a partmenti édesvízforrásokba. A hőmérséklet emelkedése magával vonja a víz iránti kereslet növekedését is, elsősorban öntözésre. Ez a tendencia már két-három

évtized múlva érezhetővé válik és a század folyamán egyre erősödik. A szélsőséges időjárási események is negatív hatást váltanak ki. Az intenzívebbé váló esőzések következtében növekvő árvízzárral kell számolni, ugyanakkor az aszályok növekvő gyakorisága terméskiesést és más károkat okozhat.

A világ népességének jelenleg csaknem egyharmada, mintegy 1,7 milliárd ember él olyan területeken, ahol szűköss a vízellátás (vagyis a megújuló vízforrások több mint 20%-át felhasználják). A népességnövekedés ütemének függvényében ez a szám már 2025-re elérheti az 5 milliárdot. A vízszűkös területek jelentős részén a klímaváltozás tovább csökkenti a vízhozamot és a talajvíz-utánpótlást, például Közép-Ázsiában, Afrika déli részén és a Mediterrán országokban. Néhány régióban a csapadékviszonyok változása viszont enyhítheti a jelenlegi relatív vízhiányt.

A természetes vízellátásba és vízviszonyokba történő társadalmi beavatkozás régióként eltérő mértékű. A fejlett országokban megfelelően kiépített vízvédelmi művek és különböző célú (árvízvédelmi, energetikai, vagy vízkészlet-szabályzó) víztárolási rendszerek csökkentik a társadalom sebezhetőségét a meteorológiai ingadozásokkal szemben. A fejlődő országokban az ilyen rendszerek kiépítettsége sokkal alacsonyabb fokú, vagy teljesen hiányzik. Hasonlóképpen eltérő a vízellátás piacosultsága is a föld különböző régióiban. Mindenütt jellemző azonban bizonyos mértékű állami beavatkozás a vízforrások elosztásában. Sok helyen, fejlett és fejlődő országokban egyaránt, ősrégi, jórészt elavult vízjogok akadályozzák már ma is a víz mint erőforrás hatékony felhasználását, és ezek egyre nagyobb gondot jelentenek a jövőben, amint az éghajlatváltozás kedvezőtlen hatásai egyre erősödnek.

Települések-ágazatok

A gazdaság leginkább klímaérzékeny szektorai az energiaellátás, a közlekedés, az építőipar és a biztosítás. Az energiaszektor-

ban az egyes földrajzi régiókban különböző tendenciák várhatók. A mérsékelt égövi és hideg körzetekben csökken a téli fűtési energiaigény. Az energiaellátásban a hideg-gel kapcsolatos problémák (pl. elektromos távvezetékek fagykárból származó üzemzavarai) csökkennek, míg mások növekszenek (pl. a növekvő gyakoriságú és erősségű szélviharok által okozott károk). A mérsékelt éghajlatú régiókban növekszik a nyári hűtési-akklimatizációs igényekkel kapcsolatos energiakereslet, mégpedig a század folyamán exponenciális mértékben. A közlekedésben (út, járművek, balesetek) a téli hidegből és fagyból eredő károk csökkenése, a nyári forróság nyomán jelentkező problémák növekedése várható. Az éghajlat változásával egyrészt módosulnak az épületekkel kapcsolatos építészeti és funkcionális (pl. hő- és napvédelem) igények. A mérsékelt és hideg égövi területeken az építőiparban a téli hideg miatti leállás rövidül. A biztosítási szektorban a század közepétől a szélsőséges időjárási eseményekből (szélvihar, jégeső, áradások, aszályok) származó károk biztosítási díjai emelkednek, illetve bizonyos területeken (pl. különösen árvízveszélyes folyóparti szakaszokon vagy az alacsonyan fekvő tengerparti területeken) bizonyos kártípusok biztosíthatósága teljesen megszűnhet.

Ezen szektorok mindegyikében a társadalmi kontroll elég nagymértékű, bár eltérések itt is mutatkoznak. A fejlődő országok egy részében a biztosítási piac még meglehetősen fejletlen. A szektorok szereplőinek döntéseit jórészt a piaci viszonyok irányítják, de egyes ágazatokban többé vagy kevésbé indokolt állami beavatkozás is befolyásolja e döntéseket. Mivel e szektorokban a döntések egy része hosszú élettartamú infrastrukturális beruházásokra vonatkozik, ezért fontos az éghajlatváltozás várható hatásait is figyelembe venni a döntéshozatal során. A biztosítási piac viszonylag torzításmentes működés esetén (biztosítási kötelezettség hiánya) önmagában is az éghajlatváltozás hatásaihoz történő alkalmazkodást segíti elő, mivel a növekvő biztosítási díjak,

illetve a biztosítás lehetőségének megszűnése elriasztja a kockázatos területeken tervezett beruházásokat.

Kis szigetek és alacsonyan fekvő tengerparti területek

Bár hazánkat nem érinti, a globális éghajlatváltozás egyik legfontosabb hatása a tengerszint emelkedése, amely elsősorban kis szigeteket és alacsonyan fekvő tengerparti területeket érint. A problémát nemcsak a tengerszint még nagyon bizonytalan mértékű emelkedése jelenti (a 2100-ra szóló előrejelzések 9 és 88 cm között szóródnak), hanem a tengerparti viharok árhullámai is. Ezek a kockázatok nyilvánvalóan és nagy megbízhatósággal kedvezőtlenül érintik a tengerközei területek, folyódelták és kis, lapos szigetek népességét (halálozás, sérülések, fertőzésveszély), gazdaságát (infrastrukturakárok, terméskiesés, az idegenforgalmi szektor veszteségei) és környezetét (édesvízkészletek, partmenti halászat, korallzátonyok, strandok-üdülőhelyek és partmenti élővilág).

A topográfiai térképek alapján nagy megbízhatósággal előre jelezhető, hogy mintegy 45 cm-nyi tengerszint-emelkedés Banglades területének 11%-át, lakosságának 5%-át (kb. 5,5 millió embert) érintené. Egy egyméteres vízszint-növekedés Banglades területének több mint 20%-át, Vietnáménak mintegy 12%-át, a lakosság 13,5, illetve 23 százalékának lakhelyét árasztaná el. A helyzetet világszerte tovább nehezíti, hogy az emelkedő tengerszint mellett a partmenti viharok által kiváltott hullámverés következményei is súlyosbodnak. 40 centiméteres tengerszint-emelkedés esetén megtöbbszöröződik a viharhullámok által elárasztott emberek száma, ami elérheti az évi 75–200 milliós nagyságrendet is attól függően, milyen mértékben sikerül az alkalmazkodási lehetőségeket megvalósítani. A partmenti infrastruktúrában okozott károk várható nagyságát több tízmilliárd dollárryira be-

csülik jó néhány országban, például Lengyelország, Egyiptom és Vietnám esetében.

A tengerszint-emelkedés lassúsága miatt a károk egy részét tervszerű és előrelátó alkalmazkodással viszonylag kis költséggel el lehet kerülni (pl. új beruházások létesítése a jelenlegi tengerpart mögött, a várható tengerszint emelkedést figyelembe véve is biztonságos távolságra), az erőforrások (vízkészletek) és ökológiai rendszerek (pl. korallok) esetén azonban az alkalmazkodási lehetőségek korlátozottak.

A természetes ökológiai rendszerek

Sokrétű, de viszonylag jól meghatározható és leírható kapcsolat áll fenn az éghajlat és a természetes növény- és állatvilág között. Ebből következik, hogy a klímaváltozás magával vonja a természetes élővilág megváltozását is. A tengerek korallzátonyaiban már kismértékű hőmérsékletnövekedés esetén is megnő a korallok fehéredésének és pusztulásának gyakorisága, ami végül teljes pusztulásukhoz vezet. Nagy megbízhatósággal előre jelezhető, hogy ez a tendencia a század közepére egyre markánsabb lesz. Közepes megbízhatósággal állítható, hogy a tengerparti mocsarak élővilága károsodik, és két-három évtizeden belül már viszonylag kismértékű felmelegedés esetén is bekövetkezik a partvonal eróziója. Mindkét tendencia tovább erősödik a későbbi évtizedekben a globális felmelegedés előrehaladtával. A szárazföldi ökológiai rendszerek sokrétűségéből adódóan az ezeket érő klímaváltozási hatások is nagyon változatosak. A közepes és magas földrajzi szélességi területeken hosszabb lesz a tenyészidőszak, és a jelenlegi ökológiai rendszerhatárok mentén már kismértékű felmelegedés esetén is megkezdődik a növény és állatfajok térbeli elhelyezkedésének eltolódása. Ezeken a területeken megnő a nettó primer produktivitás is, de várhatóan gyakoribbak lesznek a tűzből és rovarfertőzésekkel adódó káresemények. A század közepére 1–2,5 °C-os globális felme-

legedés mellett nagy megbízhatósággal előre jelezhető számos, már ma is veszélyeztetett faj kipusztulása, és más fajok veszélyeztettségének növekedése. Ma még nehéz megbecsülni, hogy milyen mértékű felmelegedési határon túl szűnik meg a nettó primer produktivitás növekedése, az viszont nagy megbízhatósággal kijelenthető, hogy az egyre erősebb felmelegedés a tüzek és rovarfertőzések gyakoriságát növeli.

A Föld jelenleg hideg, jéggel borított területein előre jelezhető a gleccserek már napjainkban is megfigyelhető visszahúzódásának folytatódása, egyes állandóan fagyott (permafrost) területek felolvadása, továbbá a folyókon és tavakon a jégmentes időszak meghosszabbodása. Körülbelül 2050-re közepes megbízhatósággal előre jelezhető, hogy 1–2,5 °C körüli felmelegedés esetén az Északi-Jeges tengert borító jégmező nagymértékben zsugorodik, ami kedvez a hajóforgalomnak, de nagyon káros az élővilág számára (fókák, jegesmedvék, rozmárok stb.). Az olvadó permafrost területeken a kisebb földcsuszamlások károsítják az ottlévő infrastruktúrát.

A fentiek alapján elmondható, hogy a természetes ökológiai rendszerek jelentik a legérzékenyebb szektort a klímaváltozás szempontjából. Az emberi beavatkozás ezekbe a rendszerekbe minimális, vagy teljesen hiányzik. Az emberiség a természetes ökoszisztémák számtalan termékét és szolgáltatását használja közvetlen vagy közvetett formában. E szolgáltatások piacosultsága gyenge vagy egyáltalán nem létezik, közgazdasági értelemben tehát lokális vagy globális közjavakról beszélhetünk. Mivel a klímaváltozás ezt a szektort érzékenyen érinti, ugyanakkor az alkalmazkodási lehetőségek korlátozottak, így a természetes ökológiai rendszerekben a klímaváltozás által generált, még elfogadható szintű változások mértéke jelentheti azt az információforrást, amely alapján az *Éghajlatváltozási Keretegyezmény* már említett 2. cikkelye szerinti „veszélyes emberi beavatkozás” mértéke meghatározható.

A Potsdami Klímahatás Kutató Intézetben (PIK) a szerző által 1995 és 2001 között vezetett ICLIPS (a klímavédelmi stratégiák integrált értékelése) projekt (Toth, 2003) során létrehozott modell részeként klímahatás-válaszfüggvényeket is kifejlesztettünk (Toth et al., 2000). A hamburgi Max Planck Meteorológiai Intézet ECHAM4 nevű globális klímamodellje adta az éghajlatváltozási információt, míg a laxenburgi Nemzetközi Alkalmazott Rendszerelemzési Intézetben (IIASA) kifejlesztett BIOM 1.1 globális vegetációs modell szolgált az ökológiai rendszerek reakciójának meghatározására. Az ECHAM4 modell egy tranziens (nem egyensúlyi) futtatásából egy speciális statisztikai módszer (empirikus ortogonális függvények) segítségével kiszűrhető a természetes növénytakaró számára fontos éghajlati paraméterek (hőmérséklet és csapadék) változása egy olyan földrajzi felbontásban, amely a Föld szárazföldi területeit 0,5 hosszúsági \times 0,5 szélességi fok méretű egységekre osztja. Minden ilyen földrajzi egységre az éghajlati attribútumok és a légköri szén-dioxid koncentráció kombinációjának hosszú távú időszora állítható elő. Ezek adják a BIOM modell beviteli adatait. A BIOM modell e klimatikus paraméterek alapján határozza meg, hogy az egyes földrajzi egységekben (a 0,5 \times 0,5 fokos cellákban) a 16 nagy ökológiai rendszer (biom) melyike képezi a domináns növénytakarót. Az input paraméterek kombináció-sorozatainak szisztematikusan végighaladva megkapjuk az egyes kombinációkhoz tartozó vegetáció típust. Ezek egyesítésével előállítható a természetes ökológiai rendszerek globális klímahatás-válaszfüggvénye.

Egy ilyen válaszfüggvény látható a 2. ábrán, amely azt mutatja meg, hogy az éghajlat és szén-dioxid koncentráció változásának együttes hatásaként a jelenleg természetvédelmi területeken található természetes növénytakaró mekkora hányada megy át olyan alapvető változásokon, amelynek következtében az adott területen jelenleg uralkodó biomot egy másik vegetáció típus váltja fel

(Füssel et al., 2003). Az ábrán jól látszik, hogy már viszonylag kismértékű, 0,6–1,3 °C-os globális középhőmérséklet emelkedés és 400–800 ppm tartományba emelkedő szén-dioxid koncentráció mellett a védett területeken található természetes növénytakaró 10–20%-a megy át alapvető változáson. A 3–3,5 °C közötti globális felmelegedés és a 600–1000 ppm szén-dioxid koncentráció mellett pedig a védett területek felén következik be alapvető változás a természetes növényzetben.

A 2. ábra válaszfüggvény síkjának isoquant görbéit az éghajlat–szén-dioxid változás síkjába levetítve ezek az összefüggések még nyilvánvalóbbá válnak (lásd 3. ábra). A 3. ábrán megjelenítettük az IPCC (2000) üvegház-gáz kibocsátási forgatókönyvei alapján az ECHAM4 modellel számolt éghajlat- és szén-dioxid-változási pályákat is. Ebből jól látható, hogy a 2000-ig a légkörbe került üvegház-gázok hatásainak eredményeként a védett területek mintegy 10%-án a biomváltozás már akkor is elkerülhetetlen lenne, ha azonnal megszűnne ezen gázok kibocsátása. Erről azonban szó sincs. Még a leginkább környezetorientált B1-es forgatókönyv mellett is a 2100-ig bekövetkező kibocsátások következtében a védett területek csaknem egyharmadán történik alapvető vegetációváltás, míg a magasabb kibocsátás eredményező A1 és A2 forgatókönyvek esetében ez a részarány elérheti a 40–50%-ot is.

A nagy geofizikai rendszerek

Végül röviden meg kell említeni azokat a nagy geofizikai rendszereket, amelyekben az éghajlatváltozás következtében alapvető minőségi változások mehetnek végbe. Ezeket a rendszereket szakadós klímahatás-válaszfüggvények jellemzik. Ennek lényege, hogy az éghajlati paraméterek változása egy küszöbértéket túllépve minőségi változást okoz az adott rendszer működésében. Ennek egyik példája az Atlanti- és Indiai-Óceánban működő termohalin körforgás leállása, amelynek

összefüggéseit a 4. ábra mutatja be sematikus formában. Ez a körforgás a felszínen nagymennyiségű meleget szállít az Atlanti-Óceán északkeleti régióiba, amelynek következtében Izland, a Brit szigetek (elsősorban Skócia), valamint Skandinávia éghajlata a földrajzi szélességi helyzetükből adódónál jóval melegebb, de Nyugat-Európa is részesül a többletmelegből. Ha a globális felmelegedés mértéke és az ennek következtében az észak-atlanti régióban a rendszerbe jutó édesvíz mennyisége olyan mértékben megnő, hogy elér egy ma még pontosan nem ismert küszöbértéket, akkor leáll a felszínen lehűlő víz lesüllyedése és ezzel az észak-atlanti mélyvíz formáció (az *a* és *b* nyilak a 4. ábrán). Ezzel megszűnik a mélyben jelenleg déli irányban mozgó nagyobb sókoncentrációjú és ezért nehezebb víztömeg áramlása, ami az egész szállítószalag leállását vonja maga után. Lásd erről *Czelnai (1999)* kitűnő könyvét. A rendszer a pótlólagos édesvíz-bevitel megszűnésével újra beindulhat (a *d* nyíl a 4. ábrán), mint ez már a földtörténet során többször megtörtént, ehhez azonban sok ezer évre lehet szükség. Szakadásos válaszfüggvénnyel írható le a Nyugat-Antarktisz jégtömb dinamikus viselkedése is.

A kétféle klímahatás-válaszfüggvény közötti különbség döntéshozatali jelentősége az, hogy a folytonos esetben a társadalom még milyen mértékű változást tart elfogadhatónak az adott rendszerben, pl. a növénytakaró 20, 30 vagy 40%-os megváltozását. A szakadásos válaszfüggvénnyel a kérdés jóval egyszerűbb: el akarja-e kerülni az emberiség a küszöbérték átlépését vagy sem. A hatások és a küszöbértékek bizonytalansága miatt a kibocsátás-csökkentési döntések meghozatala szekvenciális kockázatkezelési folyamatot igényel.

A globális hatások szintézise

Az IPCC (2001a) II. munkacsoportja öt kategóriában foglalta össze azon tényezőket, amelyek az éghajlatváltozással kapcsolatos aggodalmak alapját képezik.

Az első kategóriába a speciális és már ma is fenyegetett ökológiai rendszerek, állat- és növényfajok tartoznak, amelyeknél már ma is fennáll a kihalás veszélye, de ide sorolható a speciális élőhelyek és a tengerparti mocsarak eltűnése, valamint a korallok kifehéredése és pusztulása. Itt 1 °C körüli globális középhőmérséklet-emelkedés is jelentős kárt okozhat.

A második kategóriába a szélsőséges időjárási események tartoznak, amelyek 1–1,5 °C körüli felmelegedés mellett növekvő gyakorisággal és intenzitással fordulhatnak elő, kárt okozván az emberek egészségében, ingatlanokban és a természeti környezetben.

A harmadik kategóriát az éghajlatváltozás hatásainak földrajzi régiók és társadalmi csoportok közötti megoszlása képezi. Ide azon változások sorolhatók, amelyek 2 °C körüli felmelegedésig előnyösen érintenek számos magas földrajzi szélességű, elsősorban fejlett országokban található területet (gabonánövények terméshozam emelkedése, a mérsékelt égövi erdők gyorsabb növekedése és más pozitív gazdasági hatások), de károsak a legtöbb trópusi és szubtrópusi területen található fejlődő ország számára.

A negyedik fő kategóriát a globális aggregált hatások alkotják, amelyek 2,5 °C körüli felmelegedés esetén a piaci szektorokban (mezőgazdaság, erdőgazdálkodás, energiaellátás stb.) kisebb-nagyobb haszonnal járnak, de ennél nagyobb klímaváltozás esetén már mindenütt egyértelműen negatívba fordulnak. A fejlődő országok többségét már kisebb mértékű felmelegedés is kedvezőtlenül érinti.

Az ötödik kategóriát a nagy geofizikai rendszerek nagyléptékű és nagy hatással járó átalakulása alkotja. 3,5–4 °C globális felmelegedés mellett már 2100-ra elképzelhető a termohalin körforgás jelentős lelassulása.

3. AZ ALKALMAZKODÁS FONTOSSÁGA

Az előző részben rámutattunk arra, hogy az egyes klímaérzékeny szektorokat érintő negatív hatások csökkentése vagy teljes

kiküszöbölése, illetve a pozitív hatások kihasználásának lehetősége szektoronként és országonként eltérő mértékű. Minél nagyobb emberi beavatkozás jellemzi az adott rendszert jelenleg és a jövőben, annál több és nagyobb lehetőség adódik az éghajlati hatások mérséklésére. Mindazonáltal az előző részben felvázolt hatások kivétel nélkül a primer változásokat, vagyis mindenféle alkalmazkodás nélküli következményeket foglalták össze.

Az éghajlatváltozási hatásvizsgálatok sokat változtak az elmúlt évtized során. Míg az 1990 körüli elemzések tipikusan az ipari forradalom előtti szén-dioxid koncentráció megkétszereződése (550 ppm) esetén várható éghajlat hatásait vizsgálták, az alkalmazkodási lehetőségeket teljesen figyelmen kívül hagyva, addig a közelmúlt komolyan vehető éghajlati hatásvizsgálatai már többkevesebb alkalmazkodási elemzést is tartalmaznak. A mezőgazdasági hatásvizsgálatok így jutottak el az „ostoba farmer” döntéshozatalának leképezésétől (aki, tekintet nélkül az éghajlat változására, tovább folytatja ugyanazon növények és fajták termesztését változatlan technológiákkal) a „látnok farmer” döntéshozataláig, aki felhasználja az éghajlatváltozásra vonatkozó tökéletes előrejelzéseket, és ezek függvényében hozza meg döntését. Mára a hatás, alkalmazkodóképesség és sebezhetőség témakörének gazdag irodalma jött létre. Ezek azonban túlmutatnak a jelen dolgozat témáján, részletes tárgyalásuk jövőbeli feladat lehet.

Egy példa erejéig azonban mindenképpen érdemes megemlíteni az alkalmazkodásban rejlő lehetőségeket és azok gazdasági kihatásait. Példaként tekintsük a mezőgazdaságot, amelyben számos közvetlen és közvetett lehetőség nyílik az alkalmazkodásra. A közvetlen opciók közé tartozik a különböző agronómiai technikák módosítása (pl. a vetési idő elcsúsztatása, a műtrágyázás és a növényvédelem mennyisége és időzítése, öntözés stb.), a változó éghajlati körülményeknek jobban megfelelő fajta kiválasztása, vagy az adott területen más növény termesztése. A közvetett

alkalmazkodás legfontosabb formája a kereskedelem, amelynek révén valamennyi körzetben a változó klimatikus körülmények között legnagyobb hasznot hozó növények termesztése és a kereskedelmi csatormákon át történő kicserélése jelenthet kárenyhítést vagy akár előnyök realizálását is. *Tol (2002)* öt globális mezőgazdasági hatásvizsgálat eredményét hozza közös nevezőre és kilenc világ gazdasági régió szintjén foglalja össze egy 2,5 °C-os globális középhőmérséklet-növekedés mezőgazdasági hatásait (lásd 1. táblázat). Az 1. táblázat az éghajlatváltozás hatásait a bruttó mezőgazdasági termék százalékában adja meg. A táblázatból kiderül, hogy a klímaváltozás alkalmazkodás nélkül a legtöbb régióban negatív hatásokkal jár. Amikor azonban a becslések alapjául szolgáló modellek figyelembe veszik a termőhely szintjén megvalósítható alkalmazkodási lehetőségeket, akkor az öt modell szintéziséből levezetett legjobb becslés valamennyi régióban pozitívrá fordul. Az ilyen tanulmányok eredményeit természetesen rendkívüli óvatossággal kell kezelni, az azonban nyilvánvaló, hogy alkalmazkodás révén jelentősen csökkenthetők az éghajlatváltozás negatív következményei.

4. ÖSSZEFOGLALÓ MEGJEGYZÉSEK

Az éghajlatváltozásnak a gazdaságra és társadalomra gyakorolt közvetlen és közvetett hatásairól tudásunk ma még meglehetősen hiányos. A fejlett országokban sok biofizikai, jóval kevesebb, bár növekvő számú gazdasági, de még mindig viszonylag kevés társadalmi hatásvizsgálatot készítettek. A fejlődő országokban lényegesen rosszabb a kép: kevés biofizikai, szörványos gazdasági és elenyésző számú társadalmi hatásvizsgálatot végeztek el eddig.

A pénzben mérhető hatásokról jelenleg rendelkezésre álló ismeretek alapján nincsen jele a globális éghajlatváltozás által kiváltott gazdasági katasztrófának. Az aggregált gazdasági kárbecslések a preindusztriális viszonyított kétszeres szén-dioxid-ekviva-

lens üvegház-gáz koncentrációnak megfelelő éghajlatváltozás esetén a bruttó világtermék 1–2%-ának elvesztésével számolnak (Cline, 1992; Fankhauser, 1995; Nordhaus – Boyer, 2000). Ehhez azonnal hozzá kell tenni, hogy a hatások földrajzilag nagyon eltérőek. A globális számokban a viszonylag kedvezően és a rendkívül súlyosan érintett régiók összesített eredménye jelenik meg. Az éghajlatváltozás nyertesei és vesztesei közötti társadalmi feszültségek nemzetközi téren országok között, egyes országokon belül pedig társadalmi csoportok között jelenhetnek meg és a felmelegedés erősödésével eszkalálódhatnak. A 2,5 °C-ot meghaladó felmelegedés esetén a kedvezően érintettek köre eltűnik, a globálisan összesített károk pedig exponenciálisan növekszenek.

Az alkalmazkodás elsősorban az emberi beavatkozás által irányított klímaérzékeny szektorok esetében lehetséges, de az alkalmazkodás mértékének növekedésével párhuzamosan nőnek a költségek is. Az alkalmazkodási képesség erősen függ a társadalmi viszonyoktól, a gazdasági fejlettség szintjétől és a technológiai lehetőségektől. Az alkalmazkodási lehetőségek erősen korlátozottak a természetes ökológiai rendszereknél. Mivel a Földön már jelenleg is számos fajt és speciális ökológiai rendszert fenyeget a kihalás veszélye, ezért számukra már egy kismértékű éghajlatváltozás is az utolsó lökést adhatja a teljes pusztuláshoz (IPCC, 2002).

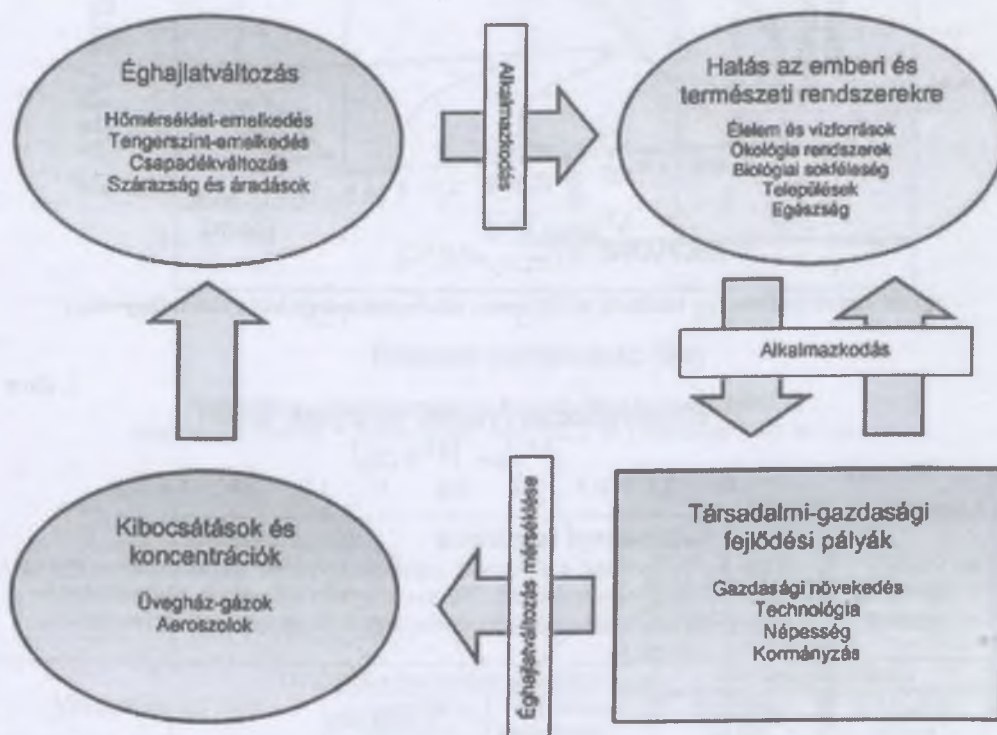
Az éghajlatváltozási hatásvizsgálatok legfontosabb célja, hogy felmérjék a várható hatásokat, az alkalmazkodási lehetőségeket és felkészítsék az érintett gazdasági szereplőket és társadalmi csoportokat e hatások kezelésére. Mindennek azonban van egy fontos visszahatása a klímapolitika kibocsátási oldalára is: figyelembe véve az alkalmazkodás lehetőségeit és költségeit is, a még elviselhető és elfogadható klímaváltozás határozza meg azt a szintet, amelyen túl az ENSZ Keretegyezmény 2. cikkelye értelmében már a klímarendszerbe történő „veszélyes emberi beavatkozásról” beszélhetünk. Az elfogadható hatások mértéke határozza meg a hosszú távú globális hőmérsékletemelkedés még tolerálható maximumát, és ennek megfelelően az üvegház-gázok légköri koncentrációjának stabilizációs szintjét. Ebből vezethető le a szükséges globális középtávú klímavédelmi stratégia, amelyet az ENSZ Klímaváltozási Keretegyezményében résztvevő felek kibocsátáskorlátozási jegyzőkönyvekbe foglalnak. Bár a Kiotói Jegyzőkönyv 2005 februárjában életbe lépett, megvalósítása és a kibocsátáscsökkentés tényleges mértéke még kérdéses, a Kiotó utáni második kibocsátási egyezménynek pedig még a körvonalai sem látszanak. Ezért is fontos a klímaváltozás hazai hatásainak és az alkalmazkodási lehetőségeknek gondos feltárása és a már most szükséges intézkedések meghozatala.

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

- (1) CLINE, W. R. (1992): The economics of global warming. Institute for International Economics, Washington, D.C. (2) CZELNAI R. (1999): A világóceán. Vince Kiadó, Budapest. (3) FANKHAUSER, S. (1995): Valuing Climate Change: The Economics of the Greenhouse Effect. Earthscan, London, U. K. (4) FÜSSEL, H.-M. – TOOTH, F. L. – VAN MINNEN, J. G. – KASPAR, F. (2003): Climate impact response functions as impact tools in the Tolerable Windows Approach. Climatic Change 56, 91–117. pp. (5) Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2000): Special Report on Emission Scenarios. Cambridge University Press, Cambridge, UK. (6) Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2001a): Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the IPCC. Cambridge University Press, Cambridge, UK. (7) Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2001b): Climate Change 2001: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II, and III to the Third Assessment Report of the IPCC. Cambridge University Press, Cambridge, UK. (8) Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

(2001c): Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the IPCC. Cambridge University Press, Cambridge, UK. (9) IPCC, 2002 SR Climate change and biodiversity. Technical Report. IPCC, Geneva, Switzerland. (10) NORDHAUS, W. D. – BOYER, J. (2000): Warming the World: Economic Models of Global Warming. MIT Press, Cambridge, MA. (11) TOL, R. S. J. (2002): Estimates of the damage costs of climate change, Part I: Benchmark estimates. Environmental and Resource Economics 21, 47–73. pp. (12) TOTH, F. L. (2003): Climate policy in light of climate science: The ICLIPS project. Climatic Change 56, 7–36. pp. (13) TOTH, F. L. – CRAMER, W. – HIZSNYIK, E. (2000): Climate change: Thresholds and response functions. Climatic Change 46, 225–246. pp.

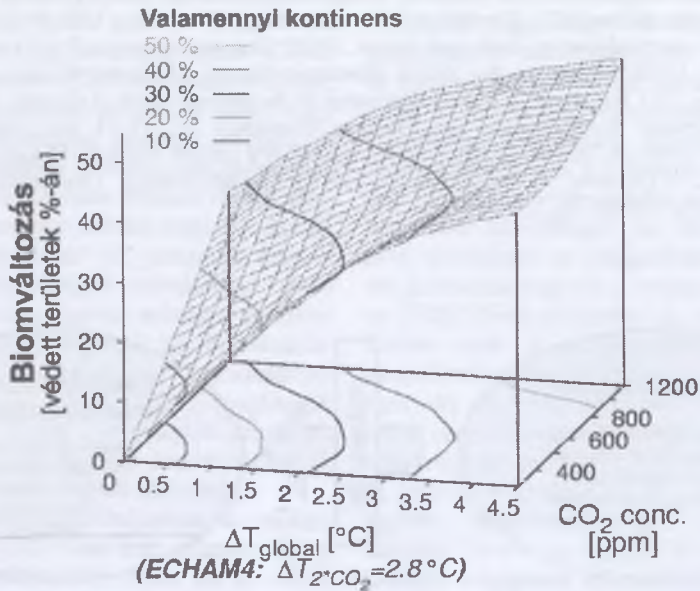
1. ábra



Az éghajlatváltozás és a társadalom kapcsolata

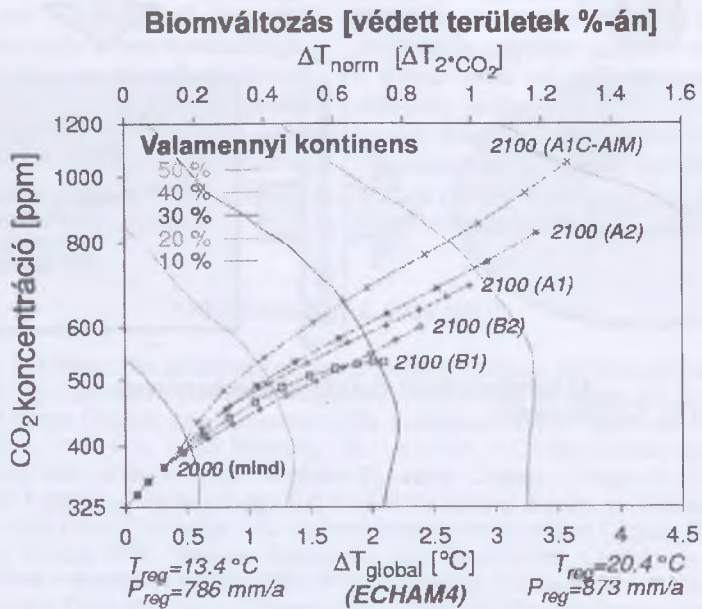
Forrás: Az IPCC (2001b) alapján

2. ábra



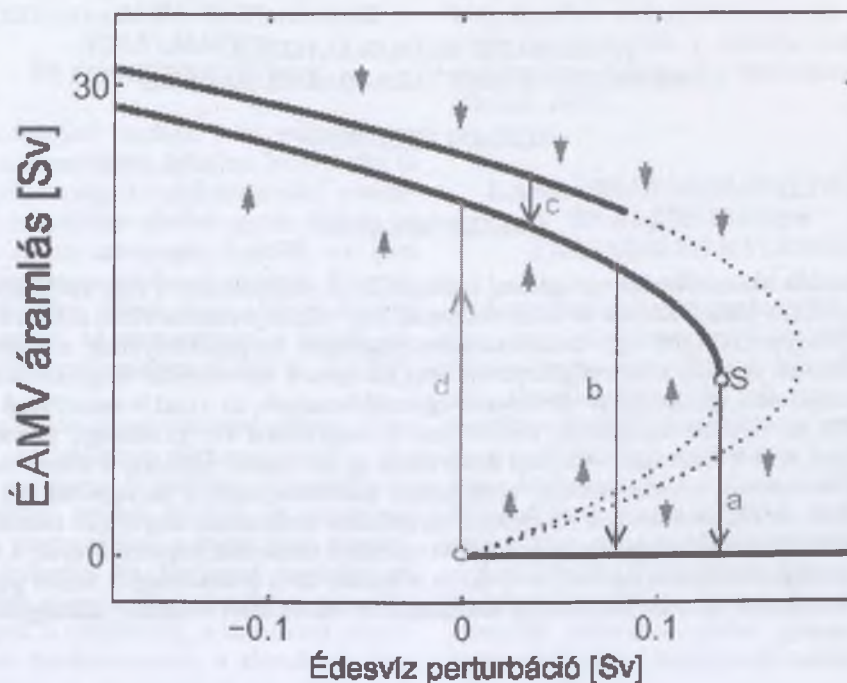
A mai védett területeken található természetes növénytakaró globális válaszfüggvénye

3. ábra



A természetes növénytakaró globális hatás-isogörbéi és az IPCC SRES kibocsátási forgatókönyvek

4. ábra



Szakadósos válaszfüggvény: a termohalin körforgás leállása
 Magyarázat: ÉAMV = Észak-Atlanti mélyvíz, 1 Sv (Sverdrup) = 10^7 m³/sec

1. táblázat

A bruttó mezőgazdasági termék százalékos változása a jelenhez viszonyítva 2,5 °C globális középhőmérséklet-emelkedés esetén, a becsült alkalmazkodási lehetőségekkel és azok nélkül.
 A becslések öt modell átlagán alapulnak, a táblázat a standard eltéréseket is tartalmazza

Világ gazdasági régió	Alkalmazkodás nélkül		Alkalmazkodással	
	Legjobb becslés	Standard eltérés	Legjobb becslés	Standard eltérés
OECD–Amerika	-0,25	1,30	0,99	1,33
OECD–Európa	0,55	1,03	2,09	1,12
OECD–Csendes Óceán	-0,15	1,61	0,80	1,62
Közép-Európa+volt SZU	0,94	1,19	2,65	1,13
Közél-Kelet	-0,44	0,41	0,58	0,48
Latin-Amerika	-0,76	0,60	0,55	0,70
Dél- és Délkelet-Ázsia	-0,66	0,28	0,63	0,33
Központi terv Ázsia (Kína)	1,73	0,98	3,10	1,01
Afrika	-0,23	0,23	0,47	0,28

Forrás: Tol, 2002

A GLOBÁLIS KLÍMAVÁLTOZÁS LEHETSÉGES HAZAI TÁRSADALMI HATÁSAI

SZIRMAI VIKTÓRIA

ÖSSZEFOGLALÁS

A globális klímaváltozás társadalmi hatásainak az elemzések a mai körülményekből, a globális klímaváltozás és a társadalmak mai viszonyrendszeréből célszerű kiindulni. Magyarországon egy mértéktartóbb-realistább forgatókönyvnek nagyobb az esélye. Ennek alapján a lehetséges társadalmi hatások a következők: megváltozhatnak a nagy regionális gazdasági és társadalmi egyenlőtlenségek, az azzal is összefüggő makro-térbeli társadalmi mozgások, átalakulhat a nagyvárosi tér gazdasági, társadalmi szerkezete, s ez a centrum, valamint a periféria új tartalmát adhatja, a klímaváltozás hatásai növelhetik a társadalmi és életmódbeli különbségeket, a társadalmi egyenlőtlenségeket. A klímaváltozás kedvezőtlen társadalmi hatásainak enyhítése nemzetközi együttműködéssel, az érdekelt és érintett társadalmi szereplők összefogásával, a társadalmi támogatottság növelésével, a rövid és a hosszú távú érdekeltségek közös pontjainak a tisztázásával, a társadalmilag megalapozott védekezési rendszer kidolgozásával képzelhető el.¹

BEVEZETÉS

Több okból is nehéz feladat a globális klímaváltozás lehetséges társadalmi hatásait elemezni.

Egyrészt azért, mert a klímaváltozást vizsgáló természettudósok között nincsen egyetértés a globális felmelegedés trendjeiről, a globális, a regionális, a helyi hatások viszonyáról, a várható hatásokról, a lehetséges éghajlati forgatókönyvekről. Sok a bizonytalanság, több a vitatott kérdés, mint a közös álláspont.

Másrészt azért, mert nagyon kevés a hazai vonatkozó társadalomtudományi kutatás.²

A kutatási eredményekből alapvetően az derül ki, hogy a különböző társadalmi csoportoknak ma milyen a viszonyuk a természethez, a globális klímaváltozás vélt hatásaihoz és a már érzékelhető következményekhez. Az előrejelzés nehézségeit növeli, hogy az éghajlati előrejelzések többnyire a

távoli jövőre vonatkoznak. A hatások így a mai felnőtt generációkat valószínűleg már nem érintik, a mai fiatal generációt is csak talán. A már érzékelhető, globálisnak vélt klíma problémák többnyire nagyon messzi országokat sújtanak. A szociológiai kutatások tapasztalatai szerint a lehetséges katasztrófákhoz való társadalmi és egyéni viszony a már megélt tapasztalatoktól is függ (*Tamás, 2000, 87*).

A lehetséges társadalmi hatások elemzésekor mégis a mai körülményekből, a globális klímaváltozás és a társadalmak mai viszonyrendszeréből, a mai térségi és társadalmi adottságokból célszerű kiindulni.

Mégpedig egy olyan feltevés alapján, hogy összefüggés van a mai és a jövőbeni természeti környezeti problémák és a globális klímaváltozási folyamatok társadalmi értékelésében, a mai és a jövőbeni környezeti problémákhoz szükséges alkalmazkodás társadalmi lehetőségeiben.

1. A KLÍMAVÁLTOZÁST MEGHATÁROZÓ TÁRSADALMI FOLYAMATOK ÉS ÉRDEKVISZONYOK

Az éghajlati rendszer belső változékony-sága, a természetes éghajlati kényszerek (a naptevékenység, a vulkánkitörések) vitathatlan jelentősége mellett egyre többen ismerik el az antropogén hatások, az ipari tevékenység meghatározó szerepét. A természettudósok is állítják, hogy a három tényező csak együtt ad magyarázatot a légkör közelmúltbeli változásaira (Szabó et al., 2003, 34).

A globális klímaváltozásra számos társadalmi mechanizmus gyakorol hatást: a globális gazdaság, a globális urbanizáció, a koncentrált területi fejlődés, a nagyvárosi régiók szerveződése, a fejlett ipari társadalmak kulturális és életforma modelljeinek terjedése, a regionális társadalmi egyenlőtlenségek, a szegénység, a társadalmi részvétel mai mechanizmusai, a társadalmi kirekesztettség. A meghatározó társadalmi okok között fontosak a demográfiai folyamatok is, hiszen az utóbbi száz évben az emberiség létszáma megnégyesződött, s ez megnövelte a természeti erőforrások iránti igényeket.

A globális, a Földet károsító ökológiai problémák a legfejlettebb ipari társadalmak, a gazdagabb országok gazdasági, társadalmi és politikai modelljeinek következményei.

Világméretű társadalmi és nemzeti támogatottság övezi az adott modelleket. Az elitcsoportok, a középosztályok fogyasztási igényei és a hatalmakkal szembeni elvárásai is szerepet játszanak a meglévő modellek kialakulásában és fenntartásában. Ez nemcsak azt jelenti, hogy a károk megteremtésében nagyobb a felelősségük, hanem azt is, hogy nagyobb az érdekeltségük a meglévő modellek fenntartásában is. A fejlődő társadalmak (közte Kína és Oroszország is) a mai piaci, egyben fogyasztói társadalmakban látják a jövőbeni gazdasági, társadalmi fej-

lődés lehetőségeit, ezért azokban a tevékenységekben érdekeltek, amelyek újratermelik és fenntartják a globális környezeti problémákat, közte a klímaváltozást is (McRae, 1996).

2. A GLOBÁLIS KLÍMAVÁLTOZÁS ÉS A LEHETSÉGES TÁRSADALMI HATÁSOK

A meglévő éghajlati prognózisok alapján két nagy, markánsan elkülönülő globális klímaváltozási forgatókönyv képzelhető el, egy „élesebb-katasztrofális” és egy „mértéktartóbb-realistább” forgatókönyv. A vonatkozó szakirodalmak alapján az a feltevésem, hogy Magyarország esetében a mértéktartóbb-realistább forgatókönyvnek nagyobb az esélye. Már csak azért is, mert a nemzetközi szakirodalmak véleménye az, hogy a globális klímaváltozás regionális értelemben differenciált hatásokkal járhat. Ennek figyelembevételével a lehetséges társadalmi hatások a következők.

a) A globális klímaváltozásból adódóan megváltozhatnak a nagy regionális gazdasági és társadalmi egyenlőtlenségek, az azzal is összefüggő makro-térbeli társadalmi mozgások

A differenciált hatású globális klímaváltozás nagyon sok ember élet- és munkakörülményeit, megélhetését érintheti (Flavin, 2001, 22; Brown, 2001, 73). A veszélyeknek leginkább Afrika, Latin-Amerika és Ázsia, Dél-Európa és a sarki régiók vannak kitéve, de a jobb alkalmazkodóképességű országokban, mint Észak-Amerika és Új-Zéland is találhatóak veszélyeztetett közösségek.

A jövőbeni éghajlati hátrányok (például a melegeedés, a sivatagosodás, a szárazodás) főként azokat a térségeket sújthatják, ame-

lyekre ezek az éghajlati tényezők már most is jellemzőek, és amelyek már most is nagy nehézségek árán (a környezeti károk növelésével) tartják fenn gazdaságaik működését.

Számos régió esetében – főként a fejlődő országokban, így Afrikában, Latin-Amerikában, Ázsiában – kumulatív hatásokkal kell számolni. A globális klímaváltozás hátrányos regionális és társadalmi helyzetekben jelenik meg, s ez növeli a társadalmi problémákat, megnehezíti a védekezést, az alkalmazkodást is.

A regionális egyenlőtlenségek miatt hatalmas menekültáradattal, új térbeli, társadalmi mobilitási irányokkal kell számot vetni. Az éghajlati és társadalmi szempontból is hátrányos térségekben élők megindulhatnak a kedvezőbb éghajlati és társadalmi, gazdasági helyzetű országok, térségek felé. Ez a fogadó (vagy fogadni kényszerülő) országokban, közte a vélhetően kedvezőbb helyzetben lévő Magyarország esetében is, számos gazdasági és társadalmi problémát, társadalmi konfliktusok sokaságát okozhatja. A kívülről érkező társadalmi konfliktusok sajátos hátrányokká alakíthatják a kedvezőbb éghajlati pozíció előnyeit, ha az ország nem készül fel a kedvező helyzet társadalmi következményeinek és konfliktusainak a kezelésére.

**b) A globális klímaváltozás
hatással lehet
a magyarországi
regionális egyenlőtlenségek
mai sajátosságaira is**

A globális klímaváltozás következtében átalakulhatnak a világgazdaság térségi terjeszkedési irányai és ez elvileg módosíthatja a hazai regionális egyenlőtlenségek mai jellegzetességeit. A globális klímaváltozás viszonylag kedvezőbb magyarországi forgatókönyve esetén (rövid távon) erősödhet az ország gazdasági vonzóereje az olyan globális vállalatok, azok

centrum vállalatai, illetve kihelyezett telephelyei esetében, amelyek a globális klímaváltozás valóban kedvezőtlen hatásainak lesznek kitéve. Az újonnan érkezők vélhetően a fejlettebb térségeket választják.

A klímaváltozás hazai hatásai feltehetőleg nem lényegében változtatják meg a ma regionális gazdasági és társadalmi egyenlőtlenségek rendszereit, de növelhetnek bizonyos hátrányokat, szigetserű térségi problémákat is okozhatnak, csökkenthetnek bizonyos előnyöket is, felerősíthetik a regionális társadalmi szegregációt.

Felgyorsulhatnak a gazdaságilag, társadalmilag fejlettebb (több önkormányzati tartálékkal, nagyobb védekezési potenciállal rendelkező) nyugat-magyarországi térségek felé irányuló területi mozgások. A területmozgásokban elvileg a jobb jövedelmű csoportok éppúgy részt vehetnek, mint a hátrányosabb helyzetű rétegek, miközben vélhetően a magasabb státusúaknak nagyobb a mobilitás révén megvalósuló védekezési esélyei.

A katasztrófa hatások esetén sérülékenyebb hátrányos helyzetű társadalmi rétegek migrációs folyamatait motiválhatja, hogy a keleti térségek önkormányzatai rosszabb védekezési és rosszabb kár-kompenzációs lehetőségekkel rendelkeznek, kiváltképp a kedvezőtlen éghajlati hatások gyakorisága esetén.

A kelet-magyarországi térségek önkormányzatainak rosszabbak a védekezési potenciálai, továbbá ebből adódóan is megnövekedett helyi társadalmi, gazdasági feszültség és szociális problémák is hozzájárulhatnak ahhoz, hogy a jobb módú, gazdasági társadalmi értelemben is mobilabb csoportok a nyugat-magyarországi térségek felé törekedjenek, és ha módjuk lesz rá, ott le is települjenek. Az alacsonyabb státusú csoportoknak rosszabbak, a magasabb státusúaknak jobbakké lehetnek a letelepedési esélyei az éghajlati és gazdasági szempontból kedvezőbb pozíciójú térségekben. Ez megnövelheti a regionális társadalmi szegregációt.

c) A klímaváltozás összefüggésében a nagyvárosi tér gazdasági, társadalmi átalakulására is sor kerülhet, s ez a centrum és a periféria új tartalmát adhatja

A magyarországi nagyvárosi terek térbeli társadalmi szerkezete történetileg a magas társadalmi státusú centrum és az alacsony társadalmi státusú periféria modellje szerint alakult, jóllehet ebben voltak hullámlások a városfejlődési korszakok szerint. A klímaváltozások hatására csökkenhet a centrum és növekedhet a periféria gazdasági és társadalmi jelentősége. Egyrészt lelassulhatnak a jellemző gazdasági, társadalmi koncentrációs folyamatok, másrészt felgyorsulhatnak a gazdasági, társadalmi dekoncentráció jelenségei.

A melegedés, a szárazodás és a nedvesedés folyamatai vélhetően a városok számára is különös gondokat okozhatnak (Mika, 2002, 6). A mai közép-európai városi építészeti megoldások (Tóth Zoltán főépítész szerint⁴) sokkal jobban felkészültek a hideg, mint a meleg elleni védelemre. A belvárosi klíma és egyéb közlekedési problémák miatt lefékeződhet a dzsentifikáció folyamata és felgyorsulhat a szuburbanizáció, növekedhet a középosztálybeliek kiköltözése. A vállalatok és magasabb jövedelmű csoportok kiköltözésével párhuzamosan, az átalakuló ingatlanárak következtében is a belvárosban leromolhat a társadalmi szerkezet, a citisedés folyamata is leállhat, növekedhet a vidékről, illetve a rosszabb státusú, de kedvezőbb klímájú elővárosokból, városkörnyéki falvakból beáramló alacsony jövedelmű, iskolázatlan társadalmi csoportok aránya.

A nagyvárosi centralizáltság miatt az éghajlati katasztrófák nagyon sok embert egyszerre és egy időben érinthetnek. A korábbi centralizált állami védelmi rendszer leépült, a piaci társadalmakra jellemző helyi társadalmi részvetelre és helyi hatósági szereplőkre, az öntevékeny magatartásra épülő rendszer kialakulatlan. A mai (főként árvízi) katasztrófák elemzéseiből kiderült, hogy a

korábbi államszocialista védekezési rendszerek lebomlása, a feladatok önkormányzati szintre telepítése nem járt együtt sem az anyagi feltételek biztosításával, sem pedig megalapozott városrészi, vagy helyi szintű védekezési forgatókönyvek kialakításával. Továbbá nem párosult a kisebb, például lakóhelyi közösségek, egyének vonatkozó feladatai, részvétele kidolgozásával sem (Rozgonyi et al., 2000).

d) A klímaváltozás hatásai növelhetik a társadalmi és életmódbeli különbségeket

A gazdasági, társadalmi szempontból hátrányosabb helyzetű térségek és azok társadalmi csoportjai sokkal inkább veszélyeztetettek, mint az előnyös helyzetű térségek és a magasabb státusú csoportok. Az előzőek nem rendelkeznek a szélsőséges időjárások, a katasztrófák esetén szükséges elegendő anyagi tartalékkal, sem egyéni, sem közösségi szinten nincs olyan anyagi bázisuk, amely segítségével képesek lennének felkészülni a (lehetőségekhez képest) megelőzésre, vagy a szükséges védelemre, illetve aminek a segítségével képesek átvészelni a nagyon szélsőséges éghajlati hatásokat.

A melegedésből és a szárazodásból adódó kedvezőtlen mindennapi élettani hatásokat a magasabb jövedelmű csoportok jobban képesek kivédeni, akár klímaberendezések segítségével, a lakás korszerű árnyékolásával, a lakáshoz tartozó kert, erkély zöldfelületeinek a növelésével, akár lakóhelycserével, a városkörnyékre történő kiköltözéssel, a kedvező szubklímájú nyaralóhely vásárlásával, új szabadidős, illetve fogyasztási szokásokkal.

A szabad foglalkozásúak, vagy kötetlen munkarendben dolgozók inkább képesek lesznek a felmelegedéshez, a szélsőségesen változékony napi hőmérsékletekhez alkalmazkodni a munkarend ritmusának és ütemének átalakításával, a munkaidő és a pihe-

nés ciklusainak a módosításával, az egészség védelméhez szükséges új életmód és életstílus feltételeinek a kialakításával.

A hátrányos helyzetű, alacsonyabb jövedelmű, a szükséges ismeretekkel, valamint anyagi forrásokkal nem vagy kisebb mértékben rendelkező, periférikus helyzetben lévő csoportok (a belvárosi sűrű beépítésű régi városrészek idősebb, alacsonyabb jövedelmű csoportjai, a rosszabb ökológiai pozíciójú lakótelepek esetében, a lakótelepi népesség alsó osztályokhoz tartozó rétegei, az egyedülálló idősebbek, a hátrányosabb helyzetű vidéki nagycsaládok) kevésbé lesznek képesek alkalmazkodni az éghajlati változások mindennapi hatásaihoz, az egészségügyi problémák kivédéséhez.

Az éghajlati változások a társadalmak életmódjának, lakó- és munkahelyi körülményeinek, szabadidős szokásainak az általános átrendeződését kívánják meg, miközben a társadalom szerkezeti és területi egyenlőtlenségei a szükséges átalakítások csak differenciált módosítását biztosítják. A klímaváltozás ezért tovább növelheti a társadalmi egyenlőtlenségeket.

3. A GLOBÁLIS KLÍMAVÁLTOZÁS ÉS A TÁRSADALMI VÁLASZOK

A szükséges társadalmi válaszok kialakítását nehezítik a globális és nem globális környezeti, társadalmi problémák kezelésével, enyhítésével kapcsolatos világméretű és nemzeti, de azon belüli regionális és térségi, valamint a kapcsolódó főbb társadalmi szereplők érdekmegosztottságai, a különböző szintű károk újratermelésében, a megoldások kidolgozásában való differenciált érdekelt-ségek.

A klímaváltozás hatásaira való felkészülést nehezíti az a szociológiai kutatási tapasztalat is, amely szerint környezeti krízishelyzetben, az árvíz döntési és cselekvési terében helyet foglaló főbb társadalmi szereplők, közte az önkormányzat, a lakosság, a vállalkozók, de az állam is, érdekviszonyaik

alapján „fogékonyabbak az aszálykárok, belvív- és árvízvárosok megtérítésére, konpenzálására, mint azok megelőzésére” (Jávor – Rozgonyi, 2002, 213).

A nemzetközi, de a hazai környezetszociológiai kutatások eredményei szerint különösképpen a globális, de a lokális környezetvédelemnek sem elég erős a társadalmi támogatottsága. A magyarországi alacsony mértékű (bár tendenciájában pozitív irányba változó) társadalmi támogatottságot a történeti folyamatok, a gazdasági érdekeltségek, a politikai rendszer sajátosságai, az elit csoportok érdekviszonyai, a civil társadalom jellegzetességei, a civil társadalmi szervezetek függései és a szükséges társadalmi bázis hiányosságai, a társadalmi és regionális egyenlőtlenségek növekvő mértéke magyarázzák (Szirmai, 1999).

A globális és a lokális klímaváltozás vezetői társadalmi hatásainak elhárítása kizárólag nemzetközi együttműködéssel, érdekelt és érintett társadalmi szereplők összefogásával képzelhető el. Létfonosság a globális klímaváltozás megfékezésében elvileg érdekelt világméretű civil társadalmi erők kapcsolatrendszerének bővítése, szükséges nemzetközi és nemzeti (ezen belül a regionális, a városi és térségi) intézményes szervezetek kooperációjának, a pályázati támogatási lehetőségeknek a kimunkálása, társadalmi támogatottság növelése, a rövid és a hosszú távú érdekeltségek közös pontjainak a tisztázása, az érdekeltségi viszonyok átalakítása, a problematika tudományosan megalapozása is.

A szükséges válaszok egyik legfontosabb eszköze a társadalmilag megalapozott védekezési rendszer kidolgozása. A különösen veszélyeztetett társadalmi csoportok lehetséges védekezési stratégiáit kiemelten indokolni. Fejlesztési szükséges a katasztrófavédelem modern rendszereit, az állami és helyi hatóságai, a különböző szakmai és katasztrófavédelmi szervezetek részvételére, öntevékeny és aktív állampolgári magatartásra épülő struktúrákat. Ehhez biztosítani kell a szükséges forrásokat, a forrásmegosztást.

tás olyan szerkezetét, hogy abban minden érdekelt és érintett hatékonyan részt tudjon venni.

A globális klímahatások esetén, a változások előrejelzéseiben, a globális és lokális védekezés kidolgozásában szükség lenne

részben a nemzetállam szerepének növelésére, ennek keretében a különböző hatóságok, az állam, a helyi önkormányzatok, illetve a kapcsolódó szakértők, az elitcsoportok szerepének erősítésére, valamint a társadalmi és egyéni részvétel feltételeinek a javítására is.

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

- (1) ABRAMOVITZ, JANET N. (2001): Természetellenes katasztrófák elhárítása. In: Világ helyzete 2001. 146–171. pp. (2) BENISTON, M. (2003): Climatic change in mountain regions: a review of possible impacts. Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherland. (3) BROWN, Z. L. R. (2001): Az éhezés gyökeres felszámolása. In: A világ helyzete 2001. A Worldwatch Institute a fenntartható fejlődésről. Föld Napja Alapítvány, 51–75. pp. (4) BULLA M. – TAMÁS P. (2003): Magyarország környezeti jövőképe. Országos Környezetvédelmi Tanács, MTA Szociológiai Kutatóintézet. (5) FLAVIN, CH. (2001): Gazdag bolygó, szegény bolygó. In: A világ helyzete 2001. A Worldwatch Institute a fenntartható fejlődésről. Föld Napja Alapítvány, 5–26. pp. (6) FÜZESI Zs. – TISTYÁN L. (1998): A környezeti tudat alakulásának elemzése a rendszerváltás óta eltelt időszakban. In: Zöld belépő, Magyarország az ezredfordulón MTA Stratégiai Kutatások. (7) Globális környezeti válság – társadalmi differenciákkal és a fejlődő országok környezeti fenyegetettségé. (www.kornyezetunk.hu) 2004. július 27. (8) Health of the Planet Survey, Gallup International Institute, 1992. (9) IPCC harmadik jelentése. (<http://www.hps.elte.hu/zagoni/wmo2.htm>) (10) JÁVOR I. – ROZGONYI T. (2002): Hatalom és érdekek hálójában. In: Társadalomkutatás, 3–4. sz., Akadémiai Kiadó, Budapest, 191–217. pp. (11) KON, K. J. (2004): Globális klímaváltozás (www.kornyezetunk.hu) (12) LÁNG I. (2003): Bevezető gondolatok „A globális klímaváltozással összefüggő hazai hatások és az arra adandó válaszok” című MTA–KvVM közös kutatási projekthez. In: „AGRO-21” Füzetek, 31. sz. 3–9. pp. (13) MIKA J. (2002): A globális klímaváltozásról. In: Fizikai Szemle, 2002. 9. sz. 258. p. (www.kfki.hu/fszemle archivum) (14) MIKA J. (2003): Regionális éghajlati forgatókönyvek: tények és kétségek. In: „AGRO-21” Füzetek, 32. sz. 11–25. pp. (15) MIKA J. (2004): A globális klímaváltozásról. Környezetünk Magazin (www.kornyezetunk.hu) (16) MCRAE, H. (1996): A világ kétezer húszban – versenyben a hatalomért, kultúráért, jólétért. Budapest, AduPrint. 335 p. (17) KOVÁCS A. (2004): Globális klímaváltozás (Válogatott bibliográfia), MTA VKI, Budapest, Kézirat. (18) ROZGONYI T. – TAMÁS P. – VÁRI A. (szerk.) (2000): A tiszai árvíz: vélemények kockázatok, stratégiák. MTA Szociológiai Kutatóintézet, Budapest. (19) ROZGONYI T. – TAMÁS P. – TAMÁSI P. – VÁRI A. (2000): A tiszai árvíz. MTA Szociológiai Kutatóintézet, 141–169. pp. (20) State of the World 2004. The Worldwatch Institute, Washington, 2004. (21) SZABÓ F. – ANDA A. – IVÁNY K. – KOVÁCS A. (2003): A globális felmelegedés várható következményei a legeltetésre alapozott szarvasmarhatartásban. In: „AGRO-21” Füzetek, 2003. 31. sz. 29–54. pp. (22) SZIRMAI V. (1999): A környezeti érdekek Magyarországon. Pallas Stúdió, Budapest, 191 p. (23) SZIRMAI V. (2003): Környezeti érdekérvényesítés konfliktusai. In: Bulla M. – Tamás P.: Magyarország környezeti jövőképe. Országos Környezetvédelmi Tanács, MTA Szociológiai Kutatóintézet. 281–303. pp. (24) TAMÁS P. (2000): Az árvíz, mint kulturális kihívás. In: Rozgonyi T. – Tamás P. – Tamási P. – Vári A.: A tiszai árvíz. MTA Szociológiai Kutatóintézet, 85–115. pp. (25) The world in 2020: Power, Culture and Prosperity: a Vision of the Future, Harper Collins Publishers Ltd., 1994. (26) VÁRI A. (1996): Environmental Policy and the Use of International Aid in Hungary: Fairness Issues in Resource Allocation. In: Lofstedt, R. – Sjøstedt, G.: Environmental Aid Programmes in Eastern Europe. Avebury Studies in Green Research. (27) VÁRI A. (2001): Árvizek a Felső-Tisza-Vidéken – ahogy az érintettek látják. In: Társadalomkutatás, 1–2. sz. Akadémiai Kiadó, Budapest, 65–78. pp. (28) VÁRI A. – LINNERTH-BAYER J. – FERENCZ Z. (2002): Mit gondol a lakosság az árvízi kockázat csökkentésének és megosztásának lehetőségeiről? In: Hidrológiai Közlöny, 82. évf. 1. sz. 47–54. pp. (29) VÁRI A. – LINNERTH-BAYER J. – FERENCZ Z. (2003): A 2000. évi ciánszennyezés és utóélete: Lappangó konfliktusok a vélemények tükrében. In: Társadalomkutatás, 1. sz. Akadémiai Kiadó, Budapest, 33–50. pp.

JEGYZETEK

¹ Elhangzott előadás a „Klíma és társadalom” című konferencián, 2004. november 25., az MTA Gazdaság- és Jogtudományok Osztálya, Földtudományok Osztálya, Orvosi Tudományok Osztálya közös rendezésében.

² Az Egyesült Államokban a 90-es évek közepétől folyamatosan vizsgálják a klímaváltozással kapcsolatos véleményeket. A megkérdezettek nagy többsége (évek óta átlagosan 70%) komoly problémának tartja a klímaváltozást. Magyarországon alig találni kapcsolódó hazai eredményeket, a nagy nemzetközi vizsgálatok keretében jelennek meg közép- és kelet-európai, közte magyar adatok. A Gallup International Institute klasszikus vizsgálatai (Health of the Planet Survey, 1992; Millenium Survey, 2000) jóval kisebb közép- és kelet európai, illetve magyar társadalmi érdeklődésre mutatnak: az 1992-es vizsgálatban a megkérdezett országok között a magyar társadalom tartotta legkevésbé komoly problémának az éghajlatváltozást, a 2000-es vizsgálatban pedig az éghajlatváltozásra hatást gyakorló közlekedés szennyezést.

³ A vonatkozó irodalmakat lásd a cikket megalapozó átfogó tanulmány keretében: Szirmai V.: A globális klímaváltozás társadalmi összefüggései, Kézirat, MTA SZKI, Budapest, 2004. 58 p.

⁴ A VAHAVA kutatási projekt által rendezett akadémiai bizottságok beszélgetései keretében az MTA Településtudományi Bizottsági ülésén elhangzott hozzászólás.

NE SZENVEDJÜNK, HANEM ALKALMAZKODJUNK AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁSHOZ!

BELICZAY ERZSÉBET

„Használjuk ki a városi területek hatalmas tudásanyagát és dinamizmusát – hozzunk létre „zöld városokat”, ahol az emberek gyerekeket nevelhetnek, és álmaikat jól tervezett, tiszta és egészséges környezetben valósíthatják meg.”

Kofi Annan ENSZ főtitkár üzenete a világhoz a 2005. évi Környezetvédelmi Világnapon, San Franciscóban

ÖSSZEFOGLALÁS

Kevés erőfeszítést teszünk az éghajlatváltozással kapcsolatos helyi válaszokra, az alkalmazkodásra. Pedig a hőség – ellentétben a nagy hidegekkel – nemcsak a szegényebeket, hanem általában a betegeket, a négy év alattiakat és az időseket sújtja. Előírásainkat, műszaki megoldásainkat, adórendszerünket fokozatosan át kellene alakítanunk, alázatosabban kellene a természet erőihez viszonyulnunk. A világon 50%, Magyarországon mintegy 65% a városias területeken élők aránya. Az összes energia 75%-át a városokban használják fel. Hatalmasak a lehetőségek a fosszilis energiák megtakarítására a közlekedésben, az épületek, közművek üzemeltetésénél és életmódunk, szórakozásaink megválasztásánál. Kutatásokat, fejlesztéseket kellene indítani a hőérzet javítására, az egyenetlenül lehulló csapadék visszatartására, a szűrkevizek továbbhasznosítására. Magyarország, medence jellegénél fogva, vízben gazdag ország. Ennek tükröződnie kellene a településeken ma szinte teljesen hiányzó szabad vízterületek, ivókutak számában is. Új és ismert módszerekkel biztosítani kellene a fokozott hőszigetelésű épületek energiatakarékos, természetes légcseréjét, nyári hővédelmét. A klímaberendezések helyett szelidebb megoldásokat célszerű elterjeszteni. Különösen fontos a területrendezésben, illetve az ingatlanfejlesztésekben a szélsőséges időjárási helyzetek okozta kellemetlen hatások mérséklése. Ennek egyik eszköze a városklíma vizsgálat, amelyet a városstervezést alátámasztó munkarészek kötelező elemévé kellene tenni.

Divatba jött az éghajlatváltozás! Mégis, miközben elárasztanak a jéghegyek olvadásáról szóló hírek, és különféle, nemegyszer lobbyérdekből gerjesztett viták folynak az okokról, kevés figyelmet fordítunk a helyi válaszokra, az alkalmazkodásra. Pedig a hőség – ellentétben a nagy hidegekkel – a piciket, az időseket, a betegeket és nemcsak a szegényebeket sújtja. Ijesztő megbetegedések, délről terjedő élőlények inváziói figyelmeztetnek arra, hogy előírásainkat, műszaki megoldásainkat, gazdasági ösztön-

zó-rendszerünket fokozatosan át kellene alakítanunk, fel kellene készülnünk az éghajlatváltozásra. A klíma szélsőségeire még akkor is reagálnunk kellene szokásaink, környezetünk újragondolásával, ha nem kunkorodtak volna fel a sínek már ez év májusában, nem nőne az egekbe a nyári áramfogyasztás, és 2002-ben nem érkeztek volna hozzánk a hírek Párizsból, a hőség 14 ezer áldozatáról.

A világon 50%, Nagy-Britanniában majdnem 90%, Magyarországon mintegy 65% a

városias területeken élők aránya. Az összes energia 75 százalékát a városokban használják fel. Ennek nem kis része a szállításra, közlekedésre megy el, de még nagyobb a közműhálózatok és az épületek üzemeltetésének az energiaigénye. Óriási megtakarítási tartalékok vannak a lakossági fogyasztásban, az életmódban, a kínált szolgáltatásokban. Mindezekkel azonban keveset foglalkoznak világszerte, mert a beavatkozás a jelenlegi erőviszonyokat, befektetéseket, munkahelyeket erőteljesen érintené. Mindenütt szaporodnak ugyan az éghajlatváltozással kapcsolatos népszerűsítő kiadványok, ám az üzenetek nem térnek el a húsz éve megszokottaktól: fürdés helyett zuhanyozzunk, ne égjen feleslegesen a villany, és igyekezzünk minél többet kerékpározni. A világ viszonylag felelősen gondolkodó államai is csak az üvegházhatású gázok kibocsátásával kapcsolatos minimális követelmények felállításáig jutottak el. A viták még mindig a körül forognak, hogy mibe kerül majd az éghajlatvédelem a fejlett országokban, illetve milyen üzleti haszonnal járhat. Komoly megtakarítások kikényszerítése helyett energetikai beruházásokat, többek között a megújuló energiákat, a kevesebb változtatási kényszerrel, költségoptimalizálással járó kibocsátási jogok kereskedelmét támogatják. Jellemző például, hogy EU forrásból minden további nélkül lehet a közutak teherbírását növelni, nagy energiaigényű regionális szennyvízkezelő rendszereket kiépíteni, ugyanakkor nem támogatják a lakóépületek energiatakarékos felújítását. Sokéves vita eredménye, hogy legalább a városi tömegközlekedés javítása támogatható a közös forrásokból.

Az elmúlt fél évszázadban a városok és az épületszerkezetek fejlesztésénél nem voltunk tekintettel a földrajzi helyzetre. Moszkvában áll *Le Corbusier* egyik függőfalas épülete, amelyet, hogy használni lehessen, kénytelenek voltak pótlólag deszkával burkolni. Finnországban, divatból, ma ugyanolyan klímaberendezéssel szerelik fel az elegáns irodaépületeket, mint Európa

melegebb részein. Az évszakok szélsőségei már évtizedekkel ezelőtt is megviselték az ún. iparosított szerkezetű épületekben tartózkodókat. A gyors, kevesebb élőmunkát igénylő építésmódoznál kellemes komfortérzetet csak komoly gépészeti berendezésekkel lehet biztosítani, azaz az üzemeltetés több energiát igényel, mint a száz éve épült téglalapépületeknél. Bár a mesterséges hűtés háromszor energiaigényesebb a fűtésnél, a gépi klimatizálás az olajválság óta is folytatja „diadalútját”.¹ Ha javul is fokozatosan az épületek szigetelése és a fűtési rendszere, a magasabb igények, nagyobb alapterületek következtében nem csökken a primerenergia felhasználás.

Közös elhatározás hiányában sok országban önként hoznak energiatakarékosságot elősegítő intézkedéseket. Válaszként a *Bush* adminisztráció Kiotóval szembeni merev álláspontjára, az idén százezer sürgető levél érkezett az Egyesült Államok szenátusába, hogy foglalkozzon érdemben az éghajlatvédelemmel. Egyre több amerikai állam, városi önkormányzat hoz kibocsátás-csökkentést, illetve alkalmazkodást szolgáló helyi rendeleteket.²

Sok EU tagországban napkollektort szerelnek még a többlakásos városi bérházak tetejére is, amellyel a melegvíz előállításához szükséges fosszilis energia váltható ki gazdaságosan.³ Spanyolországban ez év elejétől előírás, hogy minden új és felújított épületre napelemet vagy napkollektort kell szerelni. Ezzel néhány éven belül, Németország után, a második legnagyobb napenergia hasznosító országgá kívánnak válni Európában.⁴ Dániában korábban fix összeggel segítették a lakosságot napkollektorok felszerelésében. 2005-től a nagyobb projektek tervezői, építetők, üzemeltetők pályázhatnak kibocsátás csökkentéssel járó műszaki megoldásokra. 2010-re szeretnék a lakásokkal kapcsolatos kibocsátást 28 millió tonna CO₂-ban maximálni. Eközben arra is ösztönöznek, hogy ne nőjenek tovább a lakóterületek, hanem a minőségük javuljon.⁵

Ausztriában a lakástámogatás egyik elő-

feltétele a szabványoknál szigorúbb épület-energetikai mutatók teljesítése. Alsó-Ausztriában csak a passzív házakra⁶ lehet építési támogatást kapni, Bécsben a kis energiafogyasztású házakra (low energy house). Dél-Tirolban minden új épületet energiabizonyítvánnyal kell ellátni, és a megszigorított műszaki követelmények következtében egy m² épületterület éves energiaigénye nem lehet 7 liter fűtőolajnál nagyobb, miközben a mai átlag még 21 liter. Az építési hatóságok szerint azonban a jelenlegi szerkezetekkel és berendezésekkel akadálytalanul teljesíthetők a szigorúbb követelmények.

Az építés területén energiamegtakarítási termékekkel és szolgáltatásokkal foglalkozó 22 európai cég 1998-ban megalakította a *Vállalkozások Európai Szövetsége az Épületek Energiahatékonyságáért* elnevezésű szervezetet (EuroACE). 2003. december 9-i levelükben ellenérzésüket fejezték ki a közös energiaellátással foglalkozó stratégiatervezettel szemben, amely az energiaszolgáltatás biztonságát szinte kizárólag a beruházások kibővítésében látja. Ez ellentétben áll az EU energiahasználat és energiaszolgáltatás hatékonyságát szolgáló beruházások kiterjesztésére vonatkozó direktívájával. Megállapítják, hogy a megtakarítás költsége átlagosan 2,2 eurocent/kW, míg az átlagos áramár 4,6 és a csúcsidejű áramé 9,4 eurocent/kW. Az, hogy nem is említik, hogy segíthetnék a fogyasztókat, különösen a KKV-kat csökkenteni a fogyasztásukat, annál is inkább aggasztó, mert az áramszektor becslült kiadásai, az Európa Tanács szerint, 6000 milliárd euró körül vannak. Ez háztartásonként kb. 30 000 euró. Ugyanakkor minden új beruházásnak van környezeti kára, míg a megtakarítással csökken a kibocsátás. Számításaik szerint az építési ágazatban 2010-ig 430 millió tonna CO₂ megtakarítás érhető el. A Bizottság „Az energiaellátás biztonságát szolgáló Európai Stratégia” Zöld Könyve leszögezi, hogy a kínálati politikáról a keresleti politikára kell helyezni a nagyobb hangsúlyt.

Most az EU is határozottabb lépésekre

készül az energiatakarékosabb épületek érdekében. *Andris Piebalgs* energetikai biztos májusban az energiahatékonyságot nevezte meg a legfontosabb politikai célnak. Szakértők szerint a 2005. év 1100 millió tonnás kibocsátási szintjét tartani lehetne a jövőben, de ehhez nem elegendők az energiafogyasztó berendezések tervezési előírásai, illetve az épületek energiabizonyítványával kapcsolatos direktíva, hanem hatékonyabb adózásra és új közbeszerzési szabályokra lenne szükség.⁷

A városrendezésben és az építési engedélyek kiadásánál nálunk nem szempont, hogy ne növekedjen a nyári felmelegedés a területen. A problémák különösen ott nagyok, ahol a szegénység miatt nem jut elég forrás a túlépítés okozta problémák utólagos korrekciójára, a környezeti állapot javítására. Nyaranta a por, a karbantartás és az öntözés hiánya, a csekély számú, ápolatlan zöldterület és a felforrósodott betonrengetegek első sorban a fővárosban keserítik meg az emberek életét, éjszakai nyugalmát. A klimatikus tényezők semmibevétele következtében a hőség száraz, szélcsendes nyári napokon éjjel sem enyhül, amint azt a fővárosról készült légifelvételek is mutatják.⁸ Mi lesz, ha a nagy melegek még több napon át tartanak?⁹ Miből telik majd a városoknak az utcák, a parkolók és a zöldterületek rendszeres locsolására? Hogy fognak tanulni a gyerekek a hőségben, a rossz műszaki állapotú, alulfinanszírozott iskoláinkban?

A fejlesztések még ma is szinte kizárólag a befektetések gyors megtérülését szolgálják, és az autóközlekedés szempontjaira ügyelnek. A lakosság tiltakozása ellenére, illetve a szakemberekből álló tervtanácsok, szakhatóságok véleményének figyelmen kívül hagyásával döntenek laikus képviselők az átszellőzést biztosító folyosók beépítéséről, a zöldterületek, sportpályák megszüntetéséről. Folytatják a belső kerületekben a telkek teljes beépítését, holott ez csak a XIX. század végén volt megengedett, és már az első világháborút követően a szellősebb, keretes beépítést írta elő az új szabályozás.

Míndez közismert, a kétharmados önkormányzati törvényre és az önkormányzatok finanszírozási problémáira hivatkozással azonban a változtatást húzzák-halasztják a döntéshozók.¹⁰

Ithon egyelőre klímaügyben is maradnak az „egyéni életstratégiák” az üzleti- és a magánéletben. A tehetősebbek és azok, akik az üzemeltetési költségeket tovább tudják hárítani, hűtenek, öntöznek, költözködnek, klímaberendezéseket szerelgetnek fel, kime-nekülnek a városokból, illetve lobbiznak a különféle állami támogatásokért, vízdíj kompenzációért, olcsó vezetékies energiáért, öntözési kedvezményekért stb. Eközben elmaradnak az energiahasználat radikális csökkentését szolgáló beavatkozások, lassú a szabályozások módosítása, elavult és merev a hatóságok engedélyezési gyakorlata, kevés a forrás műszaki fejlesztésre, kutatásra. Pedig ezek ígérik a legnagyobb nemzetgazdasági hasznokat – pozitív szociális és környezeti externáliákat, illetve a költségvetési egyensúly javulását.

A főváros által létrehozott *Stúdió Metropolitana Kht.* évek óta szondázza Budapest lakosainak véleményét a városról. Kortól, nemtől, családi állapottól és társadalmi helyzetétől függetlenül mindenki a közlekedési állapotokat, a felújítások elmaradását és a zöldterületek hiányát kifogásolja. Mi minde-re a főváros és a kerületek válasza? Beépíteni hagyják a domboldalakat, az átszellőzést szolgáló légcsatornákat, a még megmaradt zöldterületeket. Autózásra ösztönöznek a bevásárlóközpontokkal, a tömegközlekedés mostoha kezelésével; parkolók céljára leburkolják a szabad felületeket, eltüntetik a pihenőkertnek, játszótérnek használható foghíjakat stb. Minden hétre legalább egy tüntetés, lakossági tiltakozás jut, amelyek közül alig akad olyan, amely meghallgatásra találna a választók érdekeit védeni hivatott képviselőtestületeknél. Miközben a világ nagyvárosaiban igyekeznek a Városligethez, de legalábbis a Városmajorhoz hasonló nagy parkokat létrehozni, megtartani, most folyik a Tabánban egy nagy idegenforgalmi fejlesztés,

bővítik a Margitszigeten az uszodát a zöldterület rovására, nem jut elegendő pénz a Városliget, a Népliget karbantartására. Az ingatlanadó szabályozó funkciójának fel nem ismerését jelzi, hogy az önkormányzatok számára teher a zöldterület, mert csak az értékesítéséből származik – igaz egyszeri – bevétel.¹¹ Viszont megtartása esetén költeni kellene rá. Szinte minden szabad terület beépítésénél az indok az, hogy szemetes, nem biztonságos, ápolatlan, a „rendes” lakosság nem látogatja.

Komoly változásokat, a városi életminőség természetes elemeinek a megóvását csak az adórendszer átalakítása és az önkormányzati törvény újragondolása esetében várhatunk. Egyes megoldások azonban most is alkalmazhatók lennének: „zöldíteni” kellene a falakat, ösztönözni kellene a felesleges leburkolások megszüntetésére, zöldtetők kialakítására, ahogy ez Berlinben bevált – a csatornadíjak részleges elengedésével. Szökőkutakat, csobogókat, tározó vízfelületeket kellene kialakítani a város minden pontján. Budapesten néhány évtizeddel ezelőtt még számos működő díszkút, fürdő volt a belső városrészekben is. Egyben ez az idegenforgalmi vonzerő növelésének is hálás eszköze lehetne.

Ismeretes, hogy a jövőben még szeszélyesebb lesz a csapadék eloszlása. Kutatást, fejlesztést igényelne a keletkező szürkevíz (esővíz, zuhanyozás vize stb.) puffer-tárolása, és helyben tartása a burkolt és burkolatlan felületek locsolására. Ezekre rugalmas, de biztonságos műszaki megoldásokat és szabályozást kellene kidolgozni. A probléma hasonlít a folyó menti területekre, ahol egy éven belül is előfordulhat aszály és árvíz egyaránt. Ma már nem a gátak megemelésén, a víz mielőbbi eltávolításán gondolkodnak, hanem a víz visszatartásán és hasznosításán. Hasonló gyökeres szemléletváltásra lenne szükség városias területeken is a vizekkel kapcsolatban.

Nagy adaptációs tartalékok találhatók a közlekedésben. Az egyéni gépkocsi-közlekedés csökkentése üzemenyag megtakarítás

mellett a lég- és zajszennyezés mérséklődésével jár, és a dugók megszűnése a tömegközlekedés járatainak az előrehaladását is megkönnyítené. Nyári forróságban a talajközei ózonkoncentráció határértéken túlnövekedése már ma is reális veszély, nemcsak a fővárosban. Szmogriadók és hőségriadók elkerülésére tanácsos lenne a közlekedést radikálisan megreformálni.

Bécs közlekedéspolitikai koncepciója szerint 2020-ra az autózás arányát a városban 25 százalékra kívánják leszorítani.¹² A gépkocsik adóinak megemelésével és egyidejűleg a tömegközlekedés színvonalának javításával Dániában sikerült az 1000 főre jutó autók számát 550 körül stabilizálni.¹³ Sajnos azonban a közúti és a légi közlekedés szinte az egész világon hatalmas nyílt és rejtett támogatásokat élvez. Az Európai Unióban is főképpen elvi viták folynak a növekedés fékezését elősegítő gazdasági beavatkozásokról. Emiatt a legtöbb régi tagországban a közlekedési eredetű kibocsátások folyamatos növekedése miatt van veszélyben az éghajlatvédelmi kötelezettségvállalások 2012-ig tartó első ütemének, a kiotói vállalásoknak a teljesítése.

A jelenlegi gazdasági ösztönzők közül nem egy az éghajlatvédelem ellenében hat. Csak 2000-ben indult be, de az idei költségvetésből már kimaradt a tavaly még mintegy 2,5 milliárd forintos lakossági energiatakarékosági támogatás. Lenne forrás a Strukturális Alapokból közintézmények energetikai korszerűsítésére, az önkormányzatok, az intézmények azonban nem iparkodnak ezt igénybe venni. A legtöbb helyen az energetikust bocsátották el elsők között a rendszerváltás utáni kapkodásban, és ezt a súlyos hibát azóta sem orvosolták. Pedig a középületek üzemeltetésénél, a korszerűsítések több évtizedes elmaradása miatt, hatalmasak a megtakarítási lehetőségek.

A panellakások felújítására elkülönített pénzek sem kelendők az elhibázott bérlői, illetve tulajdonosi jogosítványok miatt. A szakemberek itt is egyelőre vitáznak a sürgősen elvégzendő beavatkozások mennyiség-

gén és sorrendiségén (szabályozás, fűtés, szigetelés, ablakcsere, villanszerelés stb.).

A felújítások, valamint az energiatakarékos és a megújuló energiát hasznosító berendezések ÁFA kulcsa 25%, ezzel szemben továbbra is támogatott a lakossági gázár.¹⁴ A magas bérterhek is a korszerűsítés ellenében hatnak: nem ösztönöznek az anyaggal és az energiával való takarékoskodásra és a többlet élőlítmények igénylő felújításokra.

Az Európai Unió általános gyakorlatával ellentétben, nálunk a lakástámogatás nincsen környezeti feltételekhez kötve. Évente közel 200 milliárd forint nagyságrendű a költségvetést terhelő kamattámogatás, amelynek nagyobbik része még csak nem is szociális indíttatású, csupán a lakásépítési piac élénkítését hivatott elősegíteni. Az új szerkezetek minősége azonban nemegyszer még a kötelezően előírt műszaki színvonalat sem éri el. A megépült lakások nagy része a zöldterületek fogyását, kertvárosias környezetben a kialakult településszerkezet zavarását, a belső kerületekben a beépítési intenzitás elviselhetetlen növekedését „eredményezi”. Valós veszélynek látszik, hogy a kis alapterületű, igénytelen építészeti megfogalmazású, a komfortérzetet, a zöldterület iránti igényt figyelmen kívül hagyó új lakások néhány év alatt erkölcsileg ugyanúgy elavulnak, mint az a panelos lakótelepek esetében történt.

Ugyancsak megkérdőjelezhető a megújuló energiák támogatása is, igaz, inkább csak elvben, hiszen a gyakorlatban erre a területre kevés közpénz jutott. Az elhibázott támogatási elveket az EU-ból vettük át. A megújulóknak a kibocsátás-kereskedelem mellett kétféleképpen ösztönzik. Egyrészt kötelező, százalékos megújuló/fosszilis energia arányokat állapítanak meg az egyes tagországoknak, de csak az áramtermelésre és az üzemanyagokra vonatkozóan. Másrészt pedig, bár ezt az eszközt nem minden országban alkalmazzák, a megtermelt „zöld áram” átvételét törvényben garantálják, emelt átvételi áron. Mindkét eszköz, az előírt százalékos részesedés és a garantált

átvételi ár, egyelőre féloldalas, gyakran csak lobbyérdekeket, a befektetések minél nagyobb biztonságát szolgálják. Erre már nemcsak a zöldszervezetek szakértői jelentései figyelmeztetnek. A legfőbb kifogás az, hogy továbbra is növekszik az energiaigény, nincs lényeges változás az energiahasználatban – nőnek az utazási távolságok és az egy főre jutó lakóterület. Korlátok nélkül terjednek az energiafogyasztást növelő megoldások (fapados repülések, terepjárók divatja, klimatizált bevásárlócsarnokok stb.).

A megújuló energiák termelése a támogatások ellenére lassabban nő, mint az energiafogyasztás, ezért szerepük nem elsősorban az éghajlatvédelemben, legfeljebb az ellátásbiztonságban, a diverzifikációban van. Figyelmeztető, hogy a megújulók fejlesztésében és használatában élenjáró országok közül több számottevően növelte a CO₂ egyenérték kibocsátását 2002 és 2003 között: Ausztria 5,9 százalékkal, Dánia 7,3 százalékkal, Finnország 10,8 százalékkal.¹⁵

Más a helyzet a harmadik világban, de azzal itt nem foglalkozunk. Magyarországon a szélerőmű pályázatoknál, a fatüzelésre részlegesen átállított erőműveknél, és a kezdeti kudarcok után ismét napirendre került bioüzemanyag gyártásnál előszeretettel hivatkoznak az EU direktívákban előírt, az áramtermelésre, illetve az üzemanyagokra vonatkozó százalékos arányokra és az elkerült CO₂ kibocsátásra. (Az utóbbi két esetben a vidéki munkahelyek teremtésével is szoktak érvelni.) Sajnálatos, hogy a megújuló hőenergetikai hasznosítását az Európai Unió egyelőre nem támogatja. Magyarországon ez lenne a legésszerűbb módja a hasznosításnak: a mezőgazdasági hulladékokból nyerhető viszonylag alacsony fűtőértékű biogázt, a kisipari módszerekkel is könnyen előállítható napkollektorokat és a geotermikus energiát egyaránt fűtésre (hűtésre), melegvíz készítésére lehetne legésszerűbben felhasználni.

Említettük, hogy jelenleg a területrendezés során nem veszik kellően figyelembe a kedvező mikroklíma kialakításának szem-

pontjait. A keretjellegű szabályozásnak azonban nem lehet feladata a helyi adottságok aprólékos figyelembevétele, és ezek alapján az adott telekre legkedvezőbb beépítésmód, intenzitás meghatározása. Arra a tervezők, a szakhatóságok és velük együttműködve a helyi vállalkozók, civilek lennének hivatottak. Ma nem ez a gyakorlat. A fejlesztők a keretek adta maximális beépítéshez ragaszkodnak, lázasan keresik a szabályozási előírások kiskapuit, amelyek kihasználásával minél nagyobb építhetnek. Példaként a főváros egésze jellemző gyakorlatot írunk le. A megszűnt vállalatok helyén a rozsdaterületeket ipari területből átsoroltatják intézményi területté, ami igen nagy beépítési lehetőségeket enged. Ezek után lakásokat építenek a telkekre, mondván, hogy nincs a szabályozásban, hogy nem lehet intézményi területre akár 100 százalékban lakásokat építeni. A főváros főépítésze állásfoglalása szerint intézményi területre lakást nem szabad nagy arányban építeni, hiszen a lakásokhoz nagyobb zöldterületet, játszótérrel és egyéb alapfokú ellátást is biztosítani kell. Ennek ellenére a bíróságok helyt adnak az építetői érvelésnek, nem törődve azzal sem, hogy nemcsak a szomszédos telkeken élők érdekei sérülnek a túlzott beépítéssel, hanem az odaköltözőkéi is.

Több helyen, például Németországban, hagyománya van annak, hogy a rendezési terveket csak klímavizsgálatok alapján szabad elkészíteni. A beépítési magasságokat és a beépítésre szánt területeket a vizsgálatok figyelembe vételével határozzák meg. Helyi rendeletben azt is előírják, hogy a belső városrészekben éjszaka legfeljebb 5 fokkal lehet magasabb a hőmérséklet, mint a városon kívüli területeken. Az igazsághoz tartozik, hogy a szabályozás ott se mindig következetes, hiszen a belső területek intenzív beépítése, illetve a települések terjeszkedése nemcsak a mi régióinkra jellemző. A helyi hatóságok azonban több figyelmet fordítanak a beépítések okozta hatások mérséklésére – a közterületek, zöldterületek karban-

tartására, az öntözésre, az igényesebb építészeti kialakításra stb.

Nálunk három évvel ezelőtt, igaz, már az engedélyek kiadása után, városklíma vizsgálatok készültek a Duna parton épülő Millenniumi Városközpont beépítésével kapcsolatban.¹⁶ Most napirenden van a Moszkva tér átépítése. Több variáció is készült az utóbbi években a térre, a forgalom kialakítására, a zöldterületekre stb. Az egyik vita során felmerült, hogy a Retek utcai egy-két szintes

házak helyén milyen nagyobb fejlesztések lennének megvalósíthatók. A hazai gyakorlat ma az, hogy a szinterületi mutatóra, beépítési százalékra határt legfeljebb a beruházói fantázia szab. Ha lenne előírás arra, hogy ilyen nagyságrendű térrendezésnél már az alátámasztó munkarészek között városklíma vizsgálatot is kell végezni, akkor sok vita, rossz szabályozási döntés elkerülhető. Mindenki jól járna a szakszerűen kialakított, a klímaviszonyokat is figyelembe vevő megoldásokkal.¹⁷

JEGYZETEK

¹ Állítólag léteznek olyan klímaberendezések, amelyek nem okoznak izületi bántalmakat, illetve a betegségekben szenvedőket sem zavarják. A gyakorlatban azonban az EU 15-ben is legtöbbször rosszul beállított, zavaró berendezésekkel találkozhatunk.

² A Climate Group nevű, Nagy-Britanniában bejegyzett non profit szervezet például az USA-val közösen hirdette meg az idén a „Zero Carbon Cities” kampányát.

³ 4–5 m² napkollektor egy 4 tagú család melegvíz energiaszükségletének 60–90%-át képes biztosítani a puffertartály méretétől függően.

⁴ Szélenergiaiban, ugyancsak Németország után (12 836 MW), a második legjobbak voltak 2003-ban (5060 MW). Rajtuk kívül Dánia áll a dobogón (2916 MW).

⁵ Igaz viszont, hogy ott már az egy főre eső lakásterület 43 m², de nálunk is az utóbbi években rohamosan nőtt, és megközelíti a 30 m²-t.

⁶ Nálunk egy átlagos családi ház fűtési energiaszükséglete 210–240 kWó/m² évente, a passzív házé 15 kWó/m² körül van.

⁷ Environment Daily, 2005/05/03

⁸ A dokumentáció a Főpolgármesteri Hivatal Környezetvédelmi Ügyosztályán tekinthető meg.

⁹ Ha 28 fok feletti az átlaghőmérséklet 3 napon túl, az már súlyos egészségügyi kockázatot jelent a betegeknek, az időseknek és a négy éven aluliaknak.

¹⁰ Erősebb civil kontroll és hozzáértő, elsősorban a hosszabb távú közérdeket szem előtt tartó önkormányzati képviselőtestületek esetében az érvényes építési előírások mellett is megvédhetők lennének a zöldterületek és az átszellőzést biztosító légcseretornák.

¹¹ Varga Ötvös Béla – Letenyey László: A területérték, mint fenntartható önkormányzati jövedelemforrás. 2001, Budapest, kézirat

¹² Ez ma Budapesten 40%, az agglomerációból érkezőknél 50%.

¹³ Németországban mintegy 750 gépkocsi jut ezer lakosra.

¹⁴ Eddig 13,50 Ft volt a támogatás, az év második felétől 17,70 Ft-tal terveznek minden köbméter lakossági gázfogyasztást támogatni.

¹⁵ www.climnet.org

¹⁶ www.lelegzet.hu, 2003. márciusi, 2005. májusi szám

¹⁷ Lásd a BME és a Szegedi Tudományegyetem cikkeit az „AGRO-21” Füzetek jelenlegi számában.

A HAZAI NAGYVÁROSOK HŐSZIGET HATÁSÁNAK ELEMZÉSE FINOMFELBONTÁSÚ MŰHOLDKÉPEK ALAPJÁN

BARTHOLY JUDIT – PONGRÁCZ RITA – DEZSŐ ZSUZSANNA

ÖSSZEFOGLALÁS

A globális környezeti változások hatására a fokozódó emberi tevékenység miatt a városokban megbomlik a természetes környezet egyensúlya, amely a helyi éghajlati viszonyok módosulásához vezet. A nagyobb települések körzetében jelentősen módosul a felszín–légtér rendszer energiaegyenlege, aminek egyik megjelenési formája az ún. városi hősziget. E hatás vizsgálatát végeztük el a fővárosra és kilenc hazai nagyvárosra, melyhez az amerikai Terra és Aqua műhold MODIS szenzorával detektált felszínhőmérsékleti értékek 2001 és 2004 közötti idősorait használtuk fel. Eredményeink alapján az alábbi következtetéseket vonhatjuk le. (1) A nappali órákban végzett mérésekből meghatározott városi hősziget hatás évi változékonysága jóval meghaladja az éjszakait. (2) A legintenzívebb városi hősziget a nyári hónapokban a nappali időszakban figyelhető meg, melyre a 4–5 °C-ot meghaladó havi átlagos hősziget-intenzitás jellemző. (3) Budapest agglomerációs övezetében az évszakos felszínhőmérsékleti anomáliák közötti eltérés nyáron és tavasszal meghaladja a 12 °C-ot, illetve a 8 °C-ot. A belvárosi hősziget-centrum téli napokon 4–5 °C-kal hűvösebb, mint nyáron.

BEVEZETÉS

A globális változások egyik lényeges eleme a világnépesség gyors növekedése, amely földrajzi térségenként nagy eltéréseket mutat. Elsősorban a nagyobb településeken élők száma emelkedik, s kialakulnak a hatalmas agglomerációs (szélsőséges esetekben ún. megavárosi) központok. 2000-ben már a Föld népességének mintegy fele városokban élt. Az amerikai és európai kontinensen a városi lakosság aránya még ennél is jóval magasabb, kb. 75%-os volt. A fejlődő régiókban, Afrikában, illetve Ázsiában közel 40%-os arányt regisztráltak. A jelenlegi és a 2030-ra várható városi népesség arányokat az egyes kontinensekre az 1. ábra mutatja. Az elkövetkező három évtizedben a fejlettebb gazdaságú országokban előreláthatóan 80% fölé emelkedik ez az érték, míg a fejlődő országokban az előrejelzések alapján közel 55%-ra módosul a városi lakosok

aránya (ENSZ, 2002). Ázsiában és Afrikában az össznépesség nagy mértékű növekedése várható, mely hatványozottan jelentkezik a nagyvárosokban. A fokozódó emberi tevékenység hatására megbomlik a természetes környezet egyensúlya a városokban, amely az éghajlat módosulásához vezet. Városi körülmények között jelentősen megváltozik a felszín–légtér rendszer energiaegyenlege, aminek egyik megjelenési formája az e cikkben is tárgyalt ún. városi hősziget hatás (Howard, 1833; Oke, 1982).

A városi hősziget (UHI) jelenségének vizsgálatához hagyományosan a két méter magasságban mért léghőmérsékleti adatokat használják. Az első meteorológiai műholdak megjelenése óta azonban egyre több olyan tanulmány készül, amely a távérzékeléssel nyert felszínhőmérsékleti adatokon alapul. Az 1970-es években készültek az első ilyen jellegű vizsgálatok, ám ezekhez még durva felbontású (10 km/pixel) műholdképeket

használtak (Rao, 1972), s nagymértékben egyszerűsített összefüggéseket alkalmaztak a sugárzásmérésből való felszínhőmérséklet származtatásához (Carlson et al., 1977). E kutatások bebizonyították, hogy a műholdas mérések derült égbolt esetén alkalmasak a városi hősziget jelenségének kimutatására (Price, 1979). A városi és városkörnyéki területek közötti hőmérsékleti különbség már viszonylag kisebb városok esetében is kimutatható (Matson et al., 1978).

A városi hősziget elemzéséhez szükséges felszín-bázisú hőmérsékleti adatbázishoz vagy egy sűrű állomáshálózat mérései révén, vagy egy mozgó járműre rögzített mérőműszer segítségével juthatunk. Az utóbbi módszer csak kisebb városok esetében alkalmazható, ahol a mérési útvonal elég rövid ahhoz, hogy a megfigyelések közötti időkülönbség még kezelhető legyen. Néhány hazai városban (Szegeden, Debrecenben, Szombathelyen) Unger et al. (2001) és Bottyán et al. (2005) végeztek ilyen jellegű méréseket. Nagyobb agglomerációk esetében – mint például Budapest – ez a módszer nem alkalmazható. Egy megfelelő sűrűségű felszíni állomáshálózat telepítése és fenntartása a jelenlegi gazdasági környezetben nem finanszírozható, így ez az út sem járható. Mind a nagy, mind a kisebb városok esetében alternatív lehetőséget kínálnak a térben folytonos, lényegében egyidejű műholdas mérések (Bartholy et al., 2001; 2004). Fontos azonban hangsúlyozni, hogy a hagyományos földfelszíni mérésekből, illetve a műholdas felszínhőmérsékleti mérésekből meghatározott városi hősziget intenzitása lényegesen eltér egymástól. A hősziget-intenzitás maximuma a földfelszíni mérések esetében napnyugta után néhány órával következik be, míg a műholdas mérések esetében ez a déli, kora délutáni órákra tehető (Roth et al., 1989). Napjainkban a városi hősziget kutatások fő céljai közé tartozik a városi hősziget részletes szerkezetének feltárása (Nichol, 1996), ezen információk felhasználása a városstervezés és a humánkomfort vizsgálatok területén (Scherer et al., 1999; Gómez et

al., 2001), valamint a városi áramlási és hőmérsékleti mező modellezése (Herbert et al., 1998; Voogt – Grimmond, 2000).

E tanulmányban a városi hősziget megjelenését és jellegzetességeit vizsgáltuk Magyarország tíz legnagyobb városában (Budapest, Debrecen, Miskolc, Szeged, Pécs, Győr, Nyíregyháza, Kecskemét, Székesfehérvár, Szombathely). A következő fejezetben először bemutatjuk a műholdas adatokat és az alkalmazott vizsgálati módszert. Majd ezután ismertetjük a legfontosabb kutatási eredményeket külön-külön fejezetben Budapestre és a többi kilenc hazai nagyvárosra.

1. ADATOK ÉS MÓDSZEREK

Az amerikai Űrkutatási Hivatal, a NASA Földmegfigyelő Rendszerének részeként 1999 decemberében bocsátották pályára a Terra műholdat, majd ezt követte 2002 májusában az Aqua műhold (NASA, 1999). Mindkét műhold egy 15 évre tervezett nemzetközi kutatási program részeként gyűjti a szenzorokkal mért adatokat az egész Földre kiterjedően. A kutatási program kiemelt céljai közé tartozik az emberi tevékenység éghajlatra gyakorolt hatásainak vizsgálata. A Terra és Aqua műhold által mért sugárzási adatok lehetőséget nyújtanak arra, hogy a nagyvárosokban zajló folyamatokat, változásokat egyre pontosabban leírjuk, és azok lehetséges okait feltárjuk.

Mindkét műhold kvázipoláris pályájú és 705 km magasságban kering a Föld körül. A Terra az Egyenlítőt (leszálló pályán) helyi időben 10 óra 30 perckor lépi át, az Aqua pedig (felszálló pályán) 13 óra 30 perckor (NASA, 1999). A Terra fedélzetén öt szenzor található (ASTER, CERES, MISR, MODIS, MOPITT), míg az Aqua műhold fedélzetére hat érzékelőt telepítettek (AIRS, AMSU-A, HSB, AMSR-E, MODIS, CERES). E tanulmányban a Terra és az Aqua műholdon egyaránt megtalálható finomfelbontású spektrális sugárzásmérő MODIS-szenzorok

méréseit használtuk fel. A MODIS szenzor a sugárzási paramétereket 36 különböző hullámhossz-csatornában méri a látható tartománytól a hőmérsékleti infravörösre terjedően. A mérések térbeli felbontása a látható hullámhossz-tartományban 250 m, míg az infravörösben 1 km (Barnes et al., 1998). A MODIS sugárzásméréseiből több származtatott paramétert határozhatunk meg, mint például a földfelszín- és tengerfelszín-hőmérsékletet, az óceán színét, a globális vegetáció tulajdonságait, a különféle felhő-karakterisztikákat, a hóborítottságot, valamint a hőmérsékleti és nedvességi profilokat.

A felszínhőmérséklet meghatározása a földfelszín által kisugárzott hosszuhullámú sugárzás segítségével történik, mely erősen függ a földfelszín energiaháztartásától, különösen a szenzibilis és a látens hőáramok arányától. Planck törvénye értelmében minden test a hőmérsékletének megfelelő hullámhosszú elektromágneses sugárzást bocsát ki. A szenzorok azonban nem képesek tisztán a felszín által kibocsátott sugárzást mérni, hisz a légkör tetején mért spektrális infravörös sugárzás a felszín hőmérsékleti sugárzása mellett szoláris direkt és diffúz sugárzást és a felszín által visszavert légköri hőmérsékleti sugárzást is tartalmaz. A felszínhőmérséklet meghatározása a MODIS szenzor hőmérsékleti infravörös tartományába eső mérései alapján történik, melyeket előzőleg minőségellenőrzésnek és felszíni megfigyeléseken alapuló kalibrációnak vetnek alá (NASA, 1999). A Wan és Snyder (1999) által kifejlesztett módszer a felszínhőmérséklet meghatározásához a 36 spektrális csatornából hét csatorna méréseit használja fel: 3660–3840 nm (20. csatorna), 3929–3989 nm (22. csatorna), 4020–4080 nm (23. csatorna), 8400–8700 nm (29. csatorna), 10 780–11 280 nm (31. csatorna), 11 770–12 270 nm (32. csatorna), 13 185–13 485 nm (33. csatorna). Ez a módszer a MODIS szenzor fenti hét csatornájának nappali és éjszakai mérési párijait használja, melyekből a felszínhőmérséklet és az emisszivitás nagy pontossággal meghatározható a légköri hő-

mérséklet és a vízgőzprofil előzetes ismerete nélkül. A sugárzás-átviteli egyenlet linearizálásával regressziós egyenletrendszert kapunk, melyekben az együtthatók meghatározása ugyan sok számítási műveletet igényel, de ezt csak egyszer kell elvégezni. A MODIS szenzor által mért 1 km-es térbeli felbontásban rendelkezésre álló felszínhőmérsékleti értékek abszolút pontossága óceán felett 0,3 °C, szárazföld felett 1 °C, a relatív pontosság pedig 0,25 °C. A műholdas adatok legfőbb hátránya az, hogy csak felhőmentes időszakokban használhatók.

E tanulmányban a hazai tíz legnépesebb város hősziget hatását elemeztük, és első lépésként leválasztottuk a Kárpát-medencét tartalmazó teljes 1200 × 1200 pixeles műholdképről a tíz várost lefedő kisebb kivágásokat. A főváros és a többi hazai nagyváros közötti népességszámban és térbeli kiterjedésben meglévő jelentős különbségek miatt Budapest esetén 50 × 50 km²-es, míg a többi város esetén 30 × 30 km²-es kivágással dolgoztunk.

A városi és városkörnyéki képpontok szétválasztását az ún. *MODIS Felszínborítottsági Adatbázis* (Strahler et al., 1999) alapján végeztük el, melynek térbeli felbontása 1 km. A 17 féle felszín-típus (Belward et al., 1999) meghatározásához számos, a MODIS szenzor méréseiből származtatott paramétert használnak fel bemenő adatként.

Városi pixelnek tekintettük a *Felszínborítottsági Adatbázisban* beépített területként megjelenő képpontokat, melyek a városközpont 15 km-es (Budapestnél), illetve 5 km-es (a többi város esetén) körzetében található. A városkörnyéki pixelek közé soroltuk azokat a képpontokat, melyek nem beépített – és nem víz felszíneket jelölnek, továbbá a főváros középpontja körüli 15/25 km-es körgyűrűn belül található. A másik kilenc hazai nagyváros esetén 5/15 km-es körgyűrűt jelöltünk ki a város környékének, s ezen belül vettük figyelembe a nem beépített- és nem víz felszíneket.

Mivel a domborzati viszonyok jelentősen befolyásolhatják a városi hősziget szerkeze-

tét és intenzitását, ezért fontos a jelentős magassági különbségek kiszűrése. Ehhez az ún. *GTOPO30 globális digitális terepmoddell* (USGS, 1996) használtuk fel. Az *USA Geológiai Hivatala* által összeállított adatbázis horizontális felbontása 30 szögmásodperc (átlagosan 1 km).

A városi és városkörnyéki képpontok elhelyezkedését, a felszínborítottsági osztályokat és a magassági mezőt Budapest esetén a 2. ábrán illusztráljuk.

2. A FŐVÁROS HŐSZIGET HATÁSA

Budapest városi hőszigetét 2001 és 2004 között havi és évszakos átlagos felszínhőmérsékleti értékek alapján elemezzük. A 3. ábra a havi átlagos hősziget intenzitást mutatja 2004-ben Budapesten. A hősziget intenzitást a városi, illetve városkörnyéki képpontokban a MODIS-mérésekből származtatott felszínhőmérsékleti átlagok különbségeként számítottuk. Mindkét műhold esetén az éjszakai időszakban jóval kisebb éven belüli változékonyságot tapasztalhatunk, mint a nappali műholdátvonulások alkalmával. A legintenzívebb városi hőszigetet (4–5 °C körüli intenzitás-értékekkel) a nyári – júniusi, illetve júliusi – nappalokon detektáltunk, melynek oka egyrészt a nagyobb napmagasság miatti erős nappali besugárzási érték, másrészt a mesterséges felszínnek nagy hőtárolóképesége.

Budapest városi hőszigetének térbeli szerkezetét a 4. ábra illusztrálja, ahol 2004-re az évszakos átlagos felszínhőmérsékleti anomáliákat ábrázoltuk a nappali és az éjszakai Aqua/MODIS mérések alapján. Az anomáliák meghatározásához a városkörnyéki képpontok átlagos felszínhőmérsékletét használtuk fel. A legnagyobb anomáliaérték itt is nyáron jelenik meg. További jelentős eltéréseket láthatunk a tavaszi időszakban is. Az évszakos maximális anomáliaértékek a nappali órákban nyáron meghaladják a 12 °C-ot, illetve tavasszal a 8 °C-ot. A nagyrészt erdővel borított budai oldalon

fordulnak elő hűvösebb felszínhőmérsékletek, a hősziget legmelegebb területei pedig a pesti belvárosban figyelhetők meg. A nyári nappalokon 4–5 °C-kal magasabbak az anomáliaértékek ezekben a régiókban a téli nappalokhoz viszonyítva. Az éjszakai műholdmérésekből származtatott térképek jóval kisebb mértékű éven belüli ingadozást mutatnak, habár a városi hősziget térbeli szerkezete hasonló jellegű a nappalihoz. Az évszakok közötti kis éjszakai eltéréseket jól jellemzi, hogy a hősziget anomália-maximumainak különbsége mindössze 1 °C körüli.

A városi hősziget jelenség térbeli szerkezetének időbeli alakulását követhetjük nyomon a Budapestről készített É–D, Ny–K, ÉK–DNy, illetve ÉNy–DK irányú metszetek anomália-idősorait vizsgálva. Az 5. ábrán az ÉNy–DK irányú metszetre láthatjuk a fővárosi hősziget-intenzitás változásait 2001 és 2004 között. Az ábrán a Terra/MODIS-mérésekből származtatott felszínhőmérsékleti értékek képpontonkénti havi átlagos eltéréseit mutatjuk be nappal és éjszaka, a városkörnyéki havi átlagos felszínhőmérséklethez viszonyítva. Az éven belüli menet különösen a nappali időszakban jól kivehető: a nyári hónapokban 5–6 °C-os hősziget-intenzitást figyelhetünk meg a belvárosban, míg télen csupán 3–4 °C-ost. Figyelemre méltó, hogy 2003 nyarán a másik három évhez viszonyítva kisebb felszínhőmérsékleti különbséget detektáltunk a városi és a városkörnyéki területek között – holott ez a nyár kifejezetten forró, száraz volt Európában, s hazánk területén is. Talán éppen ez a magyarázata a gyengébb hőszigetnek: a környéki területek felszíne is az átlagosnál jóval nagyobb mértékben melegedett fel.

3. A MAGYARORSZÁGI NAGYVÁROSOK HŐSZIGET ELEMZÉSE

A Budapestre vonatkozó városi hősziget elemzés lépéseit a többi kilenc hazai nagyvárosra is elvégeztük. E fejezetben összefoglal-

juk eredményeinket. A 6. ábra grafikonjain a 2004-ben detektált havi átlagos hősziget-intenzitásokat mutatjuk be a dunántúli, illetve az alföldi városokra. Jól látható, hogy az éven belüli változékonyság a nappali időszakban jelentős, az éjszakai időszakban viszont nincs számottevő eltérés. A legintenzívebb városi hősziget hatás nappal, május és augusztus között figyelhető meg – ekkor 5 °C-ot meghaladó mértékű intenzitás a jellemző. Általában az Aqua műhold MODIS szenzorának méréseiből származtatott hősziget-intenzitás valamivel erősebb, mint amit a Terra műhold MODIS-méréseiből számoltunk. Ennek oka valószínűleg az eltérő áthaladási időponttal függ össze. Ugyanis az Aqua műhold pályája 2–4 órával később esik a Kárpát-medence fölé, mint a Terra műholdé, s 10–13 óra között már jelentősebb besugárzási értékkel kell számolnunk, mint 8–11 óra között.

A városi hősziget térbeli szerkezetének időbeli alakulását szemlélteni a 7. és a 8. ábra. A 7. ábrán a Dunántúlon, míg a 8. ábrán az ország keleti felében fekvő városokhoz tartozó 30 × 30 km²-es kivágatok keresztmetszeteit láthatjuk 2001 és 2004 között. A bemutatott keresztmetszeteket úgy választottuk ki, hogy a városok körüli földrajzi, illetve domborzati viszonyokat minél jobban reprezentálják. Hasonlóan a budapesti városi hőszigethez, a többi hazai nagyváros hősziget-intenzitásának maximuma is a nyári hónapok nappali időszakára tehető. A nappali órákban detektálható felszínhőmérsékleti különbségek évi változékonysága jóval meghaladja az éjszakai.

A fővároshoz viszonyítva sokkal kisebb a többi hazai nagyváros hősziget-centruma, mely a jelentős méretkülönbségekből adó-

dik. Nemcsak a beépített felszíntípusok nagyobb felszínhőmérsékletei, hanem másfajta felszínborítottság, illetve felszínforma jellemző hőmérsékleti menete is leolvasható az ábrákról. Például Győr esetén a Duna környezetében detektálható nappali hűvösebb felszínhőmérsékletek éles kontrasztként jelennek meg – főként nyáron – a városi hőszigethez képest (7. ábra bal felső része). A hegyes-völgyes területek jól kirajzolódnak Pécs és Miskolc esetén, főként a nappali órákban végzett műholdas észleléseknél. Pécstől északra, a Mecsekben az átlagosnál jóval hűvösebb felszínhőmérsékleteket detektáltunk – különösen a nyári félévben (7. ábra bal alsó része). Miskolc környékének Ny–K irányú keresztmetszeten jól kirajzolódik a Szinva patak völgye Lillafüred irányában (8. ábra bal felső része). A hat bemutatott városra kapott eredmények alapján tehát a különböző területek közötti legerősebb felszínhőmérsékleti kontraszt a nyári félévben, nappal figyelhető meg.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

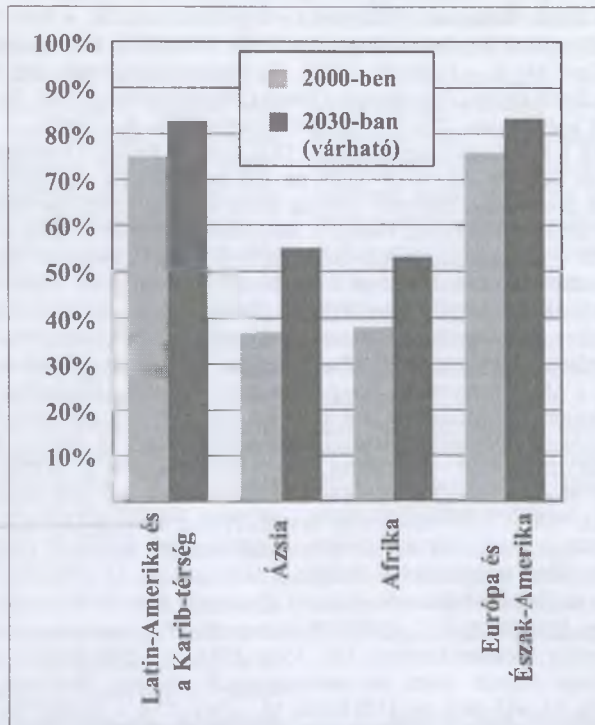
A műholdas felszínhőmérsékleti adatbázis előállítására és rendelkezésre bocsátására az amerikai NASA-nak köszönhető, melyhez a Földfelszíni Megfigyelőrendszer Adatközpontján keresztül jutottunk hozzá. Kutatásainkat az OTKA T-038423, T-034867, T-049824 számú pályázatait, az NKFP-3A/0006/2002 és az NKFP-3A/0082/2004 pályázatok, valamint az IHM TP-241 számú pályázata támogatta. További segítséget nyújtottak az EU 5. keretprogram EVK2-CT-1999/0013 és EVK2-CT-2002/00163 számú projektjei.

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

- (1) BARNES, W. L. – PAGANO, T. S. – SALAMONSON, V. V. (1998): Prelaunch characteristics of the Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) on EOS-AM1. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 36, 1088–1100. pp. (2) BARTHOLO J. – PONGRÁCZ R. – DEZSŐ ZS. (2001): Evaluation of urban heat island effect for large Hungarian cities using high resolution satellite

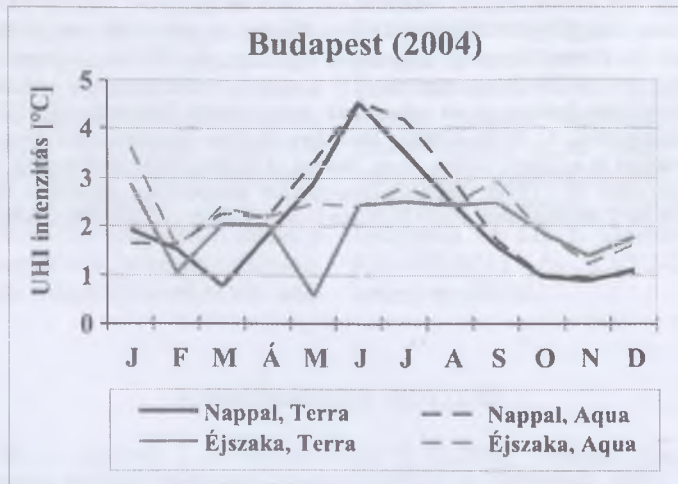
- imagery. In: Hunkár M. (ed.): Proceedings of the Fifth European Conference on Applications of Meteorology. ECAM 2001, Budapest (3) BARTHOLY J. – PONGRÁCZ R. – BARCZA Z. – DEZSŐ Zs. (2004): Aspects of urban/rural population migration in the Carpathian Basin using satellite imagery. In: Unruh, J. D. – Krol, M. S. – Kliot, N. (eds.): Environmental Change and its Implications for Population Migration Book series „Advances in Global Change Research” Vol. 20. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht and Boston. 289–313. pp. (4) BELWARD, A. S. – ESTES, J. E. – KLINE, K. D. (1999): The IGBP-DIS 1-Km Land-Cover Data Set DISCover: A Project Overview. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 65, 1013–1020. pp. (5) BOTTYÁN Zs. – KIRCSI A. – SZEGEDI S. – UNGER J. (2005): The relationship between built-up areas and the spatial development of the mean maximum urban heat island in Debrecen, Hungary. *International Journal of Climatology*, 25, 405–418. pp. (6) CARLSON, T. N. – AUGUSTINE, J. A. – BOLAND, F. E. (1977): Potential application of satellite temperature measurements in the analysis of land use over urban areas. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 58, 1301–1303. pp. (7) ENSZ (2002): World Population Prospects – The 2002 Revision (8) GÓMEZ, F. – TAMARIT, N. – JABALOYES, J. (2001): Green zones, bioclimatic studies and human comfort in the future development of urban planning. *Landscape and Urban Planning*, 55, 151–161. pp. (9) HERBERT, J. M. – JOHNSON, G. T. – ARNFELD, A. J. (1998): Modelling the thermal climate in city canyons. *Environmental Modelling and Software*, 13, 267–277. pp. (10) HOWARD, L. (1833): Climate of London deduced from meteorological observations. Vol. 1–3. Harvey and Darton, London (11) MATSON, M. – MCCLAIN, E. P. – MCGINNIS, D. F. – PRITCHARD, J. A. (1978): Satellite detection of urban heat island. *Monthly Weather Review*, 106, 1725–1734. pp. (12) NASA (1999): Science writers’ guide to Terra. NASA Earth Observing System Project Science Office, Greenbelt, MD (13) NICHOL, J. E. (1996): High-resolution surface temperature patterns related to urban morphology in a tropical city: a satellite-based study. *Journal of Applied Meteorology*, 35, 135–146. pp. (14) OKE, T. R. (1982): The energetic basis of the urban heat island. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 108, 1–24. pp. (15) PRICE, J. C. (1979): Assessment of the heat island effect through the use of satellite data. *Monthly Weather Review*, 107, 1554–1557. pp. (16) RAO, P. K. (1972): Remote sensing of urban heat islands from an environmental satellite. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 53, 647–648. pp. (17) ROTH, M. – OKE, T. R. – EMERY, W. J. (1989): Satellite-derived urban heat island from three coastal cities and the utilization of such data in urban climatology. *International Journal of Remote Sensing*, 10, 1699–1720. pp. (18) SCHERER, D. – FEHRENBACH, U. – BEHA, H.-D. – PARLOW, E. (1999): Improved concepts and methods in analysis and evaluation of the urban climate for optimizing urban planning processes. *Atmospheric Environment*, 33, 4185–4193. pp. (19) STRAHLER, A. – MUCHONEY, D. – BORAK, J. – FRIEDL, M. – GOPAL, S. – LAMBIN, E. – MOODY, A. (1999): MODIS Land Cover Product Algorithm Theoretical Basis Document, Version 5.0. Center for Remote Sensing, Department of Geography, Boston University, Boston, MA. (20) USGS (1996): GTOPO30 documentation (21) UNGER J. – SÜMEGHY Z. – ZOBOKI J., (2001): Temperature cross-section features in an urban area. *Atmospheric Research*, 58, 117–127. pp. (22) VOOGT, J. A. – GRIMMOND, C. S. B. (2000): Modeling Surface Sensible Heat Flux Using Surface Radiative Temperatures in a Simple Urban Area. *Journal of Applied Meteorology*, 39, 1679–1699. pp. (23) WAN Z. – SNYDER W. (1999): MODIS land-surface temperature algorithm theoretical basis document. Institute for Computational Earth Systems Science, Univ. of California, Santa Barbara.

1. ábra



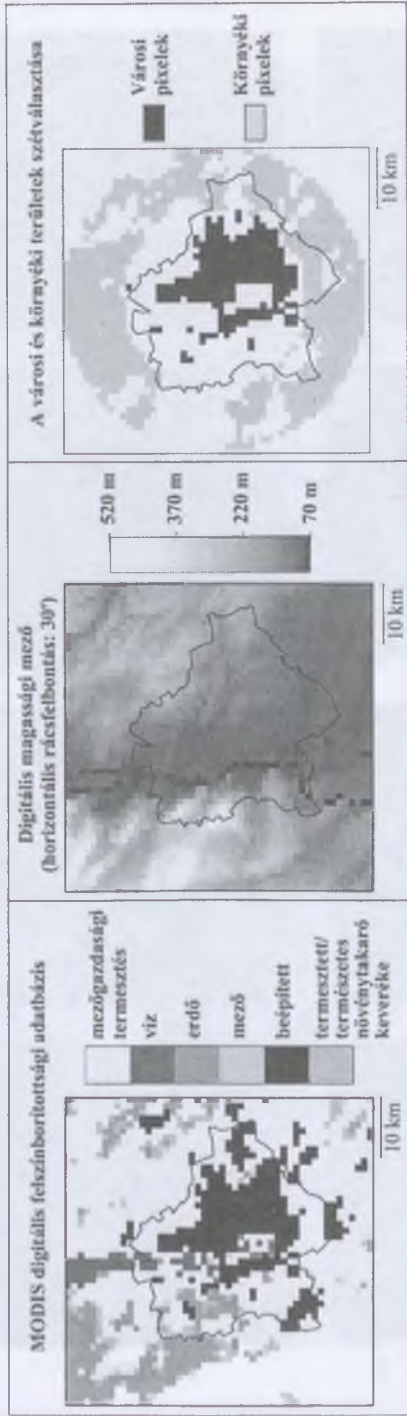
A városi népesség arányának várható alakulása a Föld különböző nagyobb térségeiben (a 2000-es és a 2030-as arányok összehasonlítása)

3. ábra



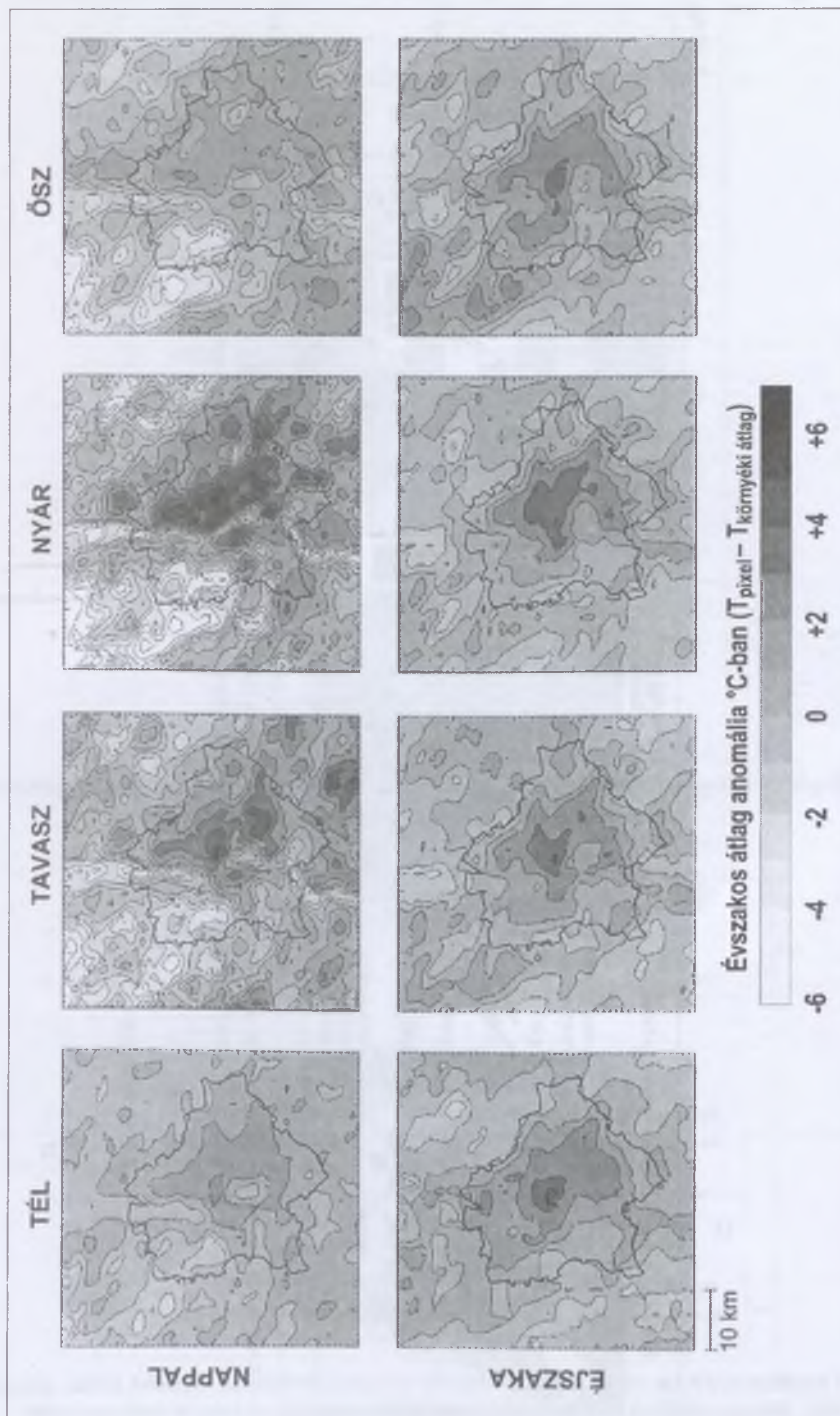
Budapest városi hősziget intenzitásának éves menete a Terra, illetve az Aqua műhold MODIS szenzora által nappal és éjszaka mért felszíni hőmérsékleti értékek alapján, 2004

2. ábra



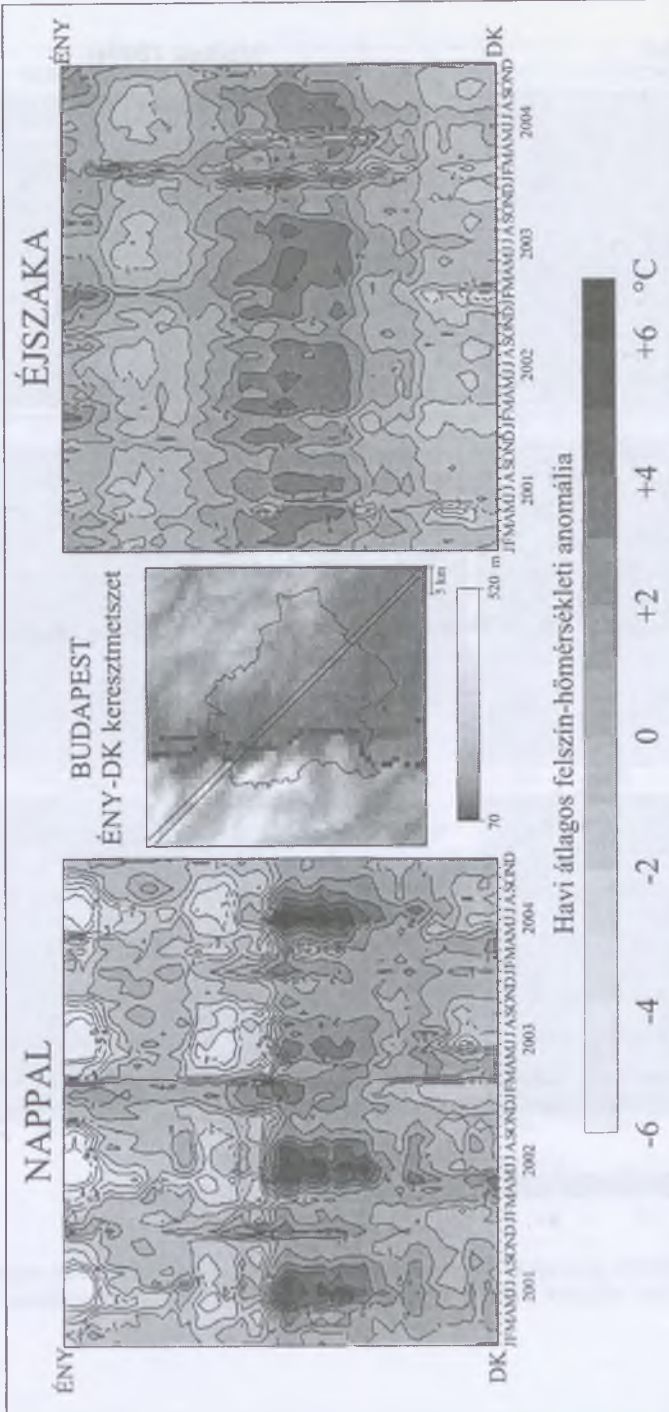
A városi és városkörnyéki területek szétválásúsa (jobbira) a MODIS felszínborítottsági adatbázis (balra) és a digitális magassági mező (középen) felhasználásával Budapest agglomerációs övezete (50 km x 50 km) esetén

4. ábra

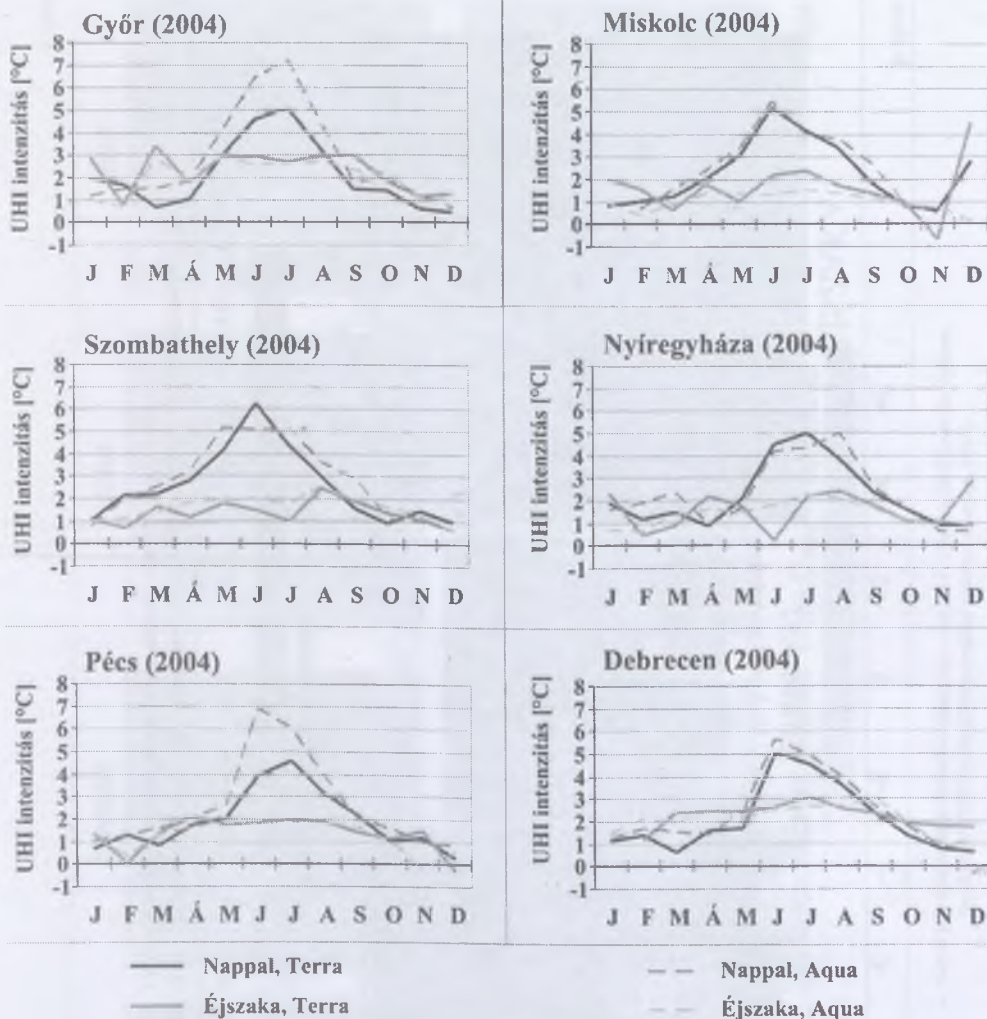


A városi hősziget átlagos évszakos szerkezete nappal és éjszaka Budapest térségében (az Aqua/MODIS felszín hőmérséklet mérésel alapján, 2004)

5. ábra

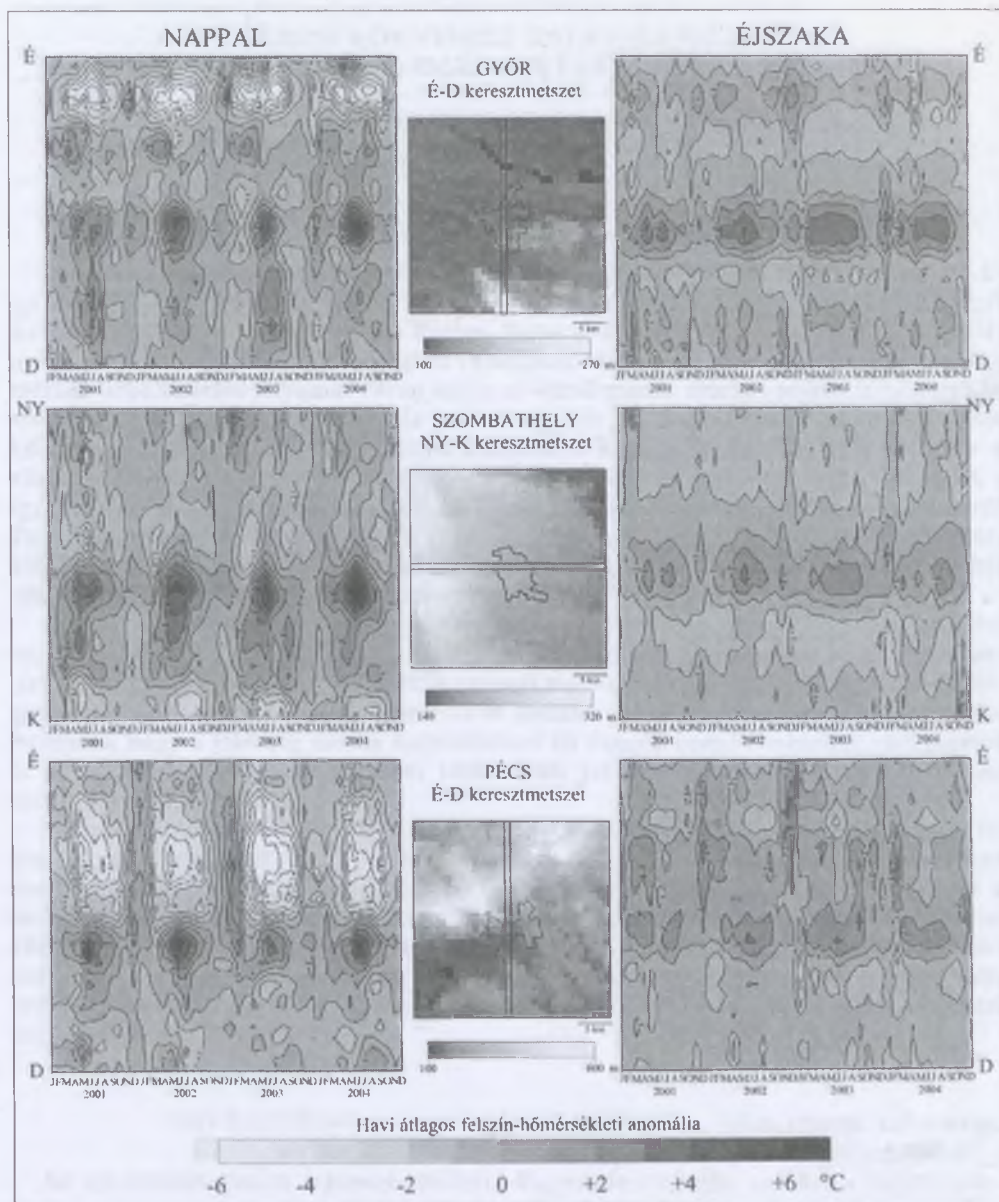


A havi átlagos városi hősziget ÉNY-DK-i keresztmetszeti képe nappal és éjszaka Budapest esetén (a Terra/MODIS felszíni hőmérséklet méréseit alapján, 2001–2004)

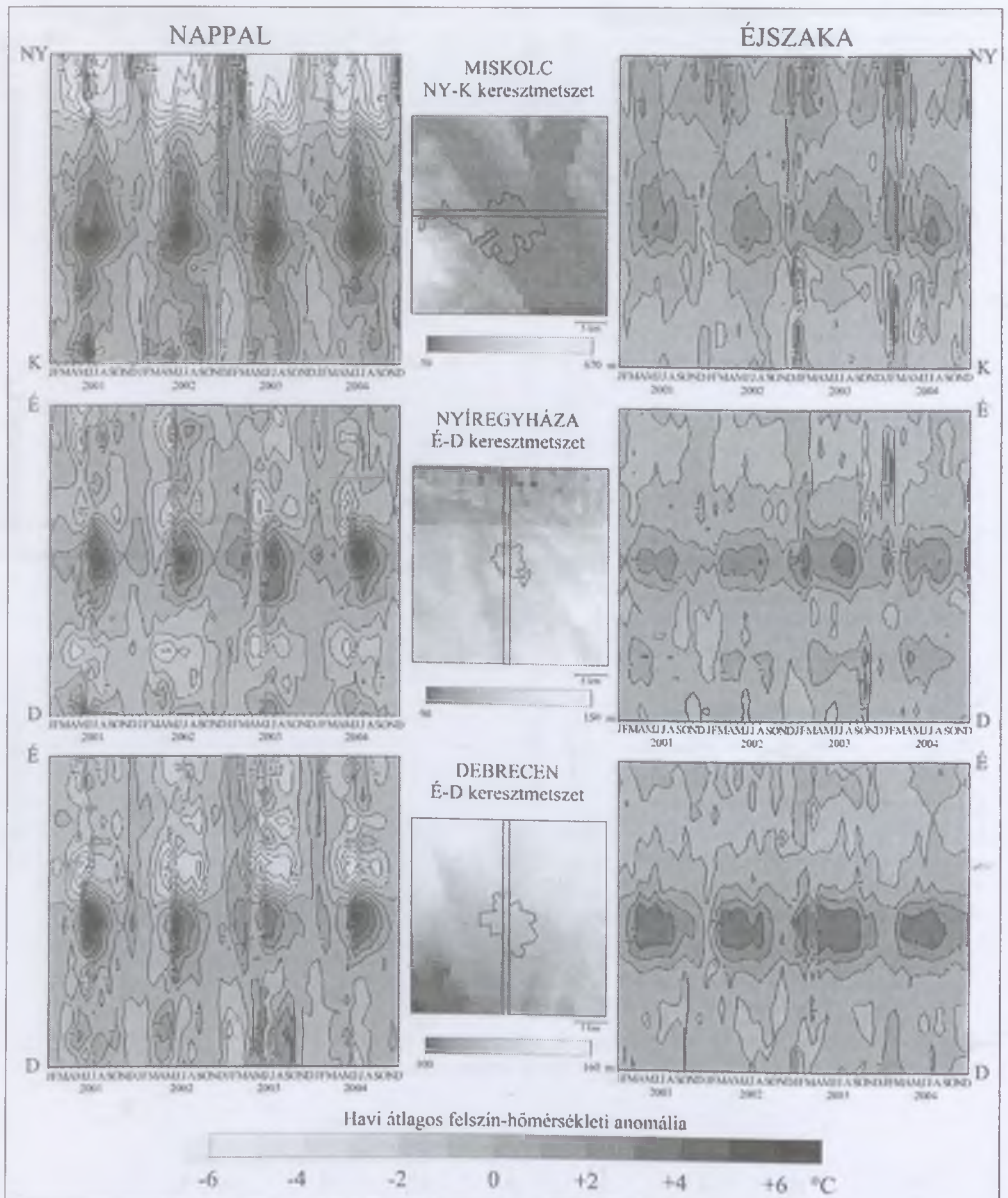


A városi hősziget intenzitás éves menete hazai nagyvárosokra a Terra, illetve az Aqua műhold MODIS szenzora által nappal és éjszaka mért felszíni hőmérsékleti értékek alapján, 2004

7. ábra



A havi átlagos városi hősziget keresztmetszeti képe nappal és éjszaka Dunántúli nagyvárosok esetén (a Terra/MODIS felszíni hőmérséklet mérései alapján, 2001–2004)



A havi átlagos városi hősziget keresztmetszeti képe nappal és éjszaka az ország keleti felében fekvő nagyvárosok esetén (a Terra/MODIS felszíni hőmérséklet mérései alapján, 2001–2004)

A VÁROSI KÖRNYEZET HATÁSÁRA FELLÉPŐ LOKÁLIS ÉS MIKROKLIMATIKUS LÉPTÉKŰ MÓDOSULÁSOK

UNGER JÁNOS – SÜMEGHY ZOLTÁN

ÖSSZEFOGLALÁS

Az egész bolygónkat érintő feltételezett globális éghajlatváltozásnál mérsékeltebb figyelmet és nyilvánosságot kap a városoknak ugyan kisebb területre kiterjedő, mégis nagyon számottevő klímamódosító hatása. Pedig a települések mesterséges környezetének következtében kialakuló éghajlati változások vizsgálata igencsak jelentős, a világméretű urbanizációs folyamat révén egyre növekvő számú érintett miatt. A városlakók szervezetét érő számos stresszhatás között ugyanis fontos szerepe van a természetes környezethez képest jelentősen eltérő klimatikus körülményeknek. Ezek nemcsak a városi népesség komfortérzetét befolyásolják, de rekreációját és egészségi állapotát, s így végső soron gazdasági teljesítőképességét is. Ezért tanulmányunkban a Szegedi Tudományegyetem Éghajlattani és Tájföldrajzi Tanszékén több évtizede folyó városklíma kutatás néhány újabb eredményéről számolunk be, amelyben a hangsúlyt két különböző léptékű jelenség bemutatására helyezzük.

Egyrészt az urbanizáció okozta legszembetűnőbb lokális szintű éghajlati módosulásra, azaz a beépített területeknek a környezetükhöz viszonyított magasabb hőmérsékletére szeretnénk felhívni a figyelmet. A szegedi mérési adatokból szerkesztett éves átlagos maximális városi hősziget intenzitás és eloszlás területi szerkezete alapján megállapítható, hogy a jelenség szoros kapcsolatban áll Szeged beépítettségének sűrűségével és struktúrájával, továbbá a város területének jelentős részén számottevő termális módosulás tapasztalható.

Másrészt egy esettanulmány segítségével azt szeretnénk szemléltetni, hogy egy viszonylag kis területen belül a különböző városi mikrostruktúráknak milyen eltérő az emberi komfortérzetre gyakorolt hatása egy zavartalan nyári nappal folyamán. Ez a bioklimatológiai vizsgálat megmutatja a vegetáció hőstresszt mérséklő szerepét mikro-környezetre vonatkozóan is. Kutatásunk eredménye szerint a számított bioklimatikus index alakulása igen szoros összfüggést mutat a vizsgálati pontokban mérhető globális sugárzás értékével, amely összefüggés sokkal erőteljesebb, mint az a hőmérséklettel kapcsolatban megfigyelhető.

BEVEZETÉS

Az urbanizáció okozta legszembetűnőbb lokális szintű éghajlati módosulás a beépített területeknek a környezetükhöz viszonyított magasabb hőmérséklete, azaz a városi hősziget jelensége. A hősziget a légtér komfortértékét jelentősen befolyásolja: nálunk nyáron a fokozott hőterhelés miatt kellemet-

len, kedvezőtlen, télen viszont kifejezetten előnyös is lehet (hiszen meghosszabbodik a fagymentes időszak, csökken a fagyok erőssége, kevesebb lesz a hó az utakon, csökken a fűtési energia mennyisége és hosszabb lesz a vegetációs időszak).

A városi hősziget intenzitása (nagysága) a település és az azt övező külterület szabad („természetes”) felszíne felett mért hőmér-

séket különbségével definiálható. A hősziget intenzitása a városon belül azonban eléggé eltérő mértéket mutat (1. ábra).

A városi hősziget keresztmetszeti képét és területi szerkezetét az 1. ábra mutatja be, amely igen jól érzékelteti, hogy valóban mennyire találó a „sziget” elnevezés. A külterületek felől a belváros felé haladva a település peremvidékén erőteljesen megemelkedik a hőmérséklet („szirt”), majd ezt követően lassú és viszonylag egyenletes a növekedés („fennsík”), amelyet csak a közbeekelődő parkok, tavak eltérő energiaegyenlege módosít valamennyire. A sűrűn beépített belvárosban észlelhető a legmagasabb hőmérséklet („csúcs”). Az is megfigyelhető az ábrán, hogy a gyenge szél hatására az izotermák kissé eltolódnak a légáramlás irányának megfelelően. Természetesen ilyen viszonylag szabályos, ideális alakzat csak bizonyos ideig áll fenn, majd az idő múltával változik. Általában csak olyan időjárási körülmények között jön létre, amelyek kedvezőek a kisebb léptékű klimatikus folyamatok kialakulásához, vagyis főleg a magasnyomású (anticiklonális) helyzetekben, amikor általában derült az ég és közel szélcsend van. A felhőzet hatását a felhőfajták eltérő jellege miatt elég nehéz számszerűsíteni, de általánosságban az mondható el, hogy a nagyobb felhőzet kisebb hősziget intenzitással jár együtt. Az erős szél a hőszigetet nagymértékben gyengíti, sőt a különbséget akár fel is számolhatja: itt sokat számít a település mérete és lélekszáma, ugyanis minél nagyobb a város, annál nagyobb erősségű szél szükséges a termikus különbségek kialakulásának megakadályozására. A csapadék szintén a város és környezete közötti hőmérsékleti eltérés megszűnését eredményezheti.

A horizontális kiterjedés mellett a hőszigetnek van egy vertikális, a városi felszín fölé nyúló része is. A hőmérsékleti különbségekben kimutatható egy magassági függés, amely szerint a legnagyobb eltérés a város és a külterület között a felszín közelében jelentkezik, majd a különbség a magas-

sággal csökken. Átlagos esetben a hősziget jelensége 2–300 m magasságig terjed ki.

A városi hőmérsékleti többlet intenzitása jellegzetes napi menetet is mutat (2. ábra). A napi menet legfőbb jellemzője, hogy a késő délutáni és az esti mérsékeltőbb lehűlés miatt a hajnali minimum hőmérséklet nem olyan alacsony, mint a külső területeken. Ugyanakkor napkelte után a város légtere lassabban melegszik fel. Ezek eredőjeként a hősziget intenzitása napnyugta után gyorsan növekszik és kb. 3–5 órával később éri el a maximumát (*pl. Oke – Maxwell, 1975*). Az éjszaka hátralévő részében lassan, de egyenletesen csökken a különbség a hőmérsékletek között, majd a csökkenés napkeltekor felerősödik. Tehát a nap folyamán a hősziget intenzitásának mértékét a lehűlési és felmelegedési ütemek eltérései szabályozzák.

A városi hősziget jelenségének a vizsgálata meglehetősen széleskörű világszerte. Eddig azonban viszonylag kevesebb figyelmet fordítottak legerőteljesebb kifejlődésére és az ekkor fellépő sajátosságainak vizsgálatára, pedig ez befolyásolja legnagyobb mértékben a városban élők komfortérzetét. Kutatásaink éppen emiatt koncentrálnak erre, s tanulmányunk első felében ezért foglalkozunk a hősziget nagyságának területi (lokális léptékű) eloszlásával Szegeden, a napi menetben mutatkozó maximális kifejlődés legvalószínűbb idejében.

Az emberek komfortérzetét és életminőségét a lokális hatásokon túl természetesen a mikrokörnyezet is jelentősen befolyásolja. A humán bioklimatológiai kutatások egyik központi témája a testet körülvevő termális és sugárzási környezet fiziológiai szempontú értékelése, mert ennek a környezetnek a viszonyai alapvetően meghatározzák a test energiaegyenlegét (*Höppe, 1993*). E fiziológiai szempontú értékelés olyan módszerek és indexek kifejlesztését indukálja, amelyek képesek összekapcsolni a levegőkörnyezet paramétereit az emberi szervezetre vonatkozó perszonális adatokkal (*Mayer, 1993*). Az ilyen eljárással készített humán komfort, illetve kvantitatív hőstressz értékelés a vá-

rostervezésben is jól hasznosítható adatokat szolgáltat, segítve a komfortosabb környezet kialakítását. Ezért cikkünk második felében egy esettanulmány segítségével azt szemléltetjük, hogy egy viszonylag kis szegedi belvárosi területen belül a különböző városi mikrostruktúráknak milyen eltérő az emberi komfortérzetre gyakorolt hatása egy tiszta, szélcsendes és meleg nyári nappal folyamán.

AZ ÁTLAGOS MAXIMÁLIS VÁROSI HŐSZIGET TERÜLETI SZERKEZETE SZEGEDEN

A vizsgált terület

Szegedet földrajzi fekvése (sík, alföldi vidék, távol minden időjárást befolyásoló domborzati akadálytól és kiterjedt vízfelület-től) különösen kedvező tereppé teszi városklimatológiai kutatásokra és az eredményekből levonható általános következtetésekre (Unger et al., 1999, 2000, 2001). Szegeden az igazán városi és elővárosi területek csak kb. 25–30 km²-t foglalnak el, és nagyrészt az árvizek elleni védelemként szolgáló körtöltésen belül helyezkednek el. Vizsgálatainkat mi is ezekre a városrészekre koncentráltuk. Szeged szerkezetéről röviden az mondható el, hogy úthálózata körutasugárutas rendszerű, városmorfológiai típusai pedig a következők: viszonylag sűrű beépítettségű belváros, magas panelépítésű lakótelepek, ipari és raktárházias körzetek, családiházias részek, valamint városi parkok, Tisza menti zöldsávok és mezőgazdasági földek (3. ábra).

A vizsgált területet a nemzetközi gyakorlatban (pl. Jendritzky – Nübler, 1981; Park, 1986) is elfogadott 0,5 × 0,5 km nagyságú négyzetekre (gridcellákra) osztottuk, amelyekből összességében 107-re (26,75 km²) volt szükség Szeged városi és elővárosi részeinek lefedéséhez. Az ezeken kívül eső főleg falusi, illetve vidéki jellegű részek ezért nincsenek benne a gridhálózatban, kivéve a város Ny-i peremének négy cellá-

ját, melyek a vidéki és a városi területek hőmérsékleti különbségének megállapításához szükségesek (3. ábra).

Kutatási módszer, adatgyűjtés

A maximális városi hősziget intenzitás területi vizsgálata mérőkocsikkal gyűjtött adatokon alapult az 1999. március és 2000. február, illetve a 2002. április és 2003. március közötti (tehát 2 × 1 éves) időszakokban. A személygépkocsival végzett mobil mérést egyébként általános eljárásnak tekinthetjük bizonyos városklíma jellemzők, köztük a hőmérséklet detektálására (pl. Oke – Fuggle, 1972; Moreno-Garcia, 1994; Ripley et al., 1996; Klysis – Fortuniak, 1999).

Ahhoz, hogy kellő mennyiségű hőmérsékleti adattal rendelkezünk a vizsgált területről és időszakból, 7–10 naponta végeztük a mobil méréseket, amelynek során a mérési útvonalon minden cellát érintettünk legalább egyszer-egyszer. Az összesen 48 + 35 alkalommal végrehajtott mérések biztosítják azt, hogy különböző időjárási helyzetekben (hulló csapadék kivételével) a teljes vizsgált területen a hősziget maximális kifejlődésének mértékéről részletes információkat kapjunk.

A cellák nagy száma és ebből következően a szükséges mérési útvonal hossza miatt a területet két, közel azonos nagyságú részre kellett osztani (4. ábra), amelyeknek oda-vissza történő bejárása kb. 3–3 órát vett igénybe. Az észlelést végző mérőautók sugárvédelemmel ellátott automata hőmérsékleti szenzorokkal voltak felszerelve, amelyek hordozható digitális adatgyűjtőkhöz kapcsolódtak. A gyűjtő az adatokat 10 másodpercenként rögzítette, vagyis az autók átlagosan 20–30 km/h sebességénél a mérési pontok között 55–83 m volt a távolság az útvonalak mentén. A szenzorok 1,45 m magasan és 0,60 m-rel az autók eleje előtt helyezkedtek el egy rúdon, hogy a motor és a kipufogógáz hőhatása ne befolyásolja a mért értékeket (Unger et al., 1999, 2000, 2001).

Az összegyűjtött hőmérsékleti értékeket cellánként átlagoltuk és átszámítottuk az adott mérésre jellemző referencia időpontra, ami minden esetben a napnyugta utáni 4. óra volt, amely a korábbi vizsgálatok alapján a legvalószínűbb ideje a legerősebb városi hősziget bekövetkezésének a nap során Szegeden. Az átszámításnál felhasználtuk azt a tényt, hogy a hőmérséklet a mérés rövid időtartama alatt nagyjából lineárisan változott, amelyet a korábbi kutatások és a nemzetközi szakirodalom is alátámasztanak.

A városi hősziget kialakításában számos tényező játszik szerepet. Természetesen mindegyik vizsgálata fontos feladat (*Bottyán – Unger, 2003*), de helyhiány miatt most csak a statisztikai módszerekkel igazolhatóan is legjelentősebb befolyással bíró beépítettség (*Oke, 1987; Golany, 1996; Unger et al., 2000*) kerül bemutatásra. A beépítettség mértékét, azaz annak százalékos arányát, hogy a felszín hányad részét borítják mesterséges objektumok (pl. parkolók, utak, járdák és épületek), SPOT XS űrfelvételek kiértékelésével határoztuk meg, térinformatikai módszerek alkalmazásával. A felvételek felbontása, vagyis egy pixel nagysága 20×20 méter volt, amelynek révén kisebb területi egységek jellegzetességeit is fel lehetett tární. Az úgynevezett *Normalizált Vegetációs Index* (*Gallo – Owen, 1999*) használatával ugyanis a zöldfelületeken kívül a beépített, a vízzel borított és az egyéb felszíneket is el lehet különíteni (*Unger et al., 1999*). A beépítettség alsó határa (0%) a viszonyítási területként szolgáló legnyugatibb cellában van. Az elméleti maximális beépítettségi arány (100%) egy cellában sem található meg, azonban ahhoz közeli értékek nagy számban fordulnak elő a belső részeken. Szeged a beépítettség szempontjából viszonylag koncentrikusnak tekinthető.

Eredmények

A beépítettségnek az átlagos maximális hősziget szerkezetére gyakorolt hatását különböző meteorológiai paraméterekkel és

antropogén hő kibocsátással rendelkező időszakokban szemléltetjük.

A nem-fűtési félévben (április 16.–október 15.) az izotermák csaknem szabályos koncentrikus alakot vesznek fel, a külvárosoktól a belső területek felé növekvő értékekkel, és szoros összefüggést mutatnak a beépítettség mértékével (5. ábra). Erős eltérés a koncentrikusságtól a város ÉK-i és ÉNy-i részén figyelhető meg, ahol a $2,25^\circ\text{C}$ -os vonal kinyúlik a külterületek felé, amelynek magyarázata az itt elhelyezkedő nagy, panelépítésű lakótelepek, illetve az ipari területek hatásában keresendő. A $1,5^\circ\text{C}$ -os izoterma kinyúlását DNy, ÉNy és ÉK felé is a 75%-nál nagyobb beépítettség okozza. A legnagyobb különbségek ($>2,75^\circ\text{C}$) a központra jellemzők és 8 cellát fednek le (2 km^2). A legerősebb intenzitás ($3,18^\circ\text{C}$) a központi cellától egy kicsit É-ra jelentkezik. Az átlagosan 2°C -nál nagyobb hősziget intenzitású (azaz jelentős termális módosulással jellemezhető) terület viszonylag nagy, ugyanis 40 cellát fed le (10 km^2), amely a vizsgált terület 37%-a (*Sümeghy – Unger, 2003a*).

A fűtési félévben (október 16. – április 15.) az általános koncentrikus jellegén túl a 75%-nál nagyobb beépítettség az $1,5^\circ\text{C}$ -os izoterma ÉNy-i és ÉK-i, az 1°C -os DNy-i, ÉNy-i és ÉK-i irányú kinyúlását okozza (6. ábra). A legnagyobb különbségek ($>2^\circ\text{C}$) a belvárosban koncentrálódnak, kevesebb mint 2 cellát ($0,5\text{ km}^2$) fedve le, ami a teljes területnek mindössze 2%-a. A legnagyobb hősziget intenzitás ($2,12^\circ\text{C}$) abban a belvárosi négyzetben van, amely a város sétálóutcáját (Kárász utca) és annak közvetlen környezetét tartalmazza. Tehát a nem-fűtési szezonhoz viszonyítva, bár a szerkezete hasonló, a kifejlődött hősziget nagysága abszolút értékben lényegesen kisebb. Mindez arra utal, hogy az erre az időszakra jellemző antropogén eredetű többlethő korántsem ellensúlyozza a nyári időszakhoz képest megváltozott időjárási körülményeket, azaz a gyengébb besugárzást, erősebb szelet és nagyobb borultságot (*Sümeghy – Unger, 2003a*).

Megjegyzésre érdemes még, hogy az éves átlagos maximális hősziget intenzitás csúcserőértéke (2,7 °C) éppen a két (fűtési és nem fűtési) félév legnagyobb adata között félúton helyezkedik el. Egyes esetekben azonban, amikor a hősziget kifejlődésének kedvező az időjárás (tisztá, szélcsendes, anticiklonális), akkor Szeged belvárosának és a külső területeknek a hőmérsékletkülönbsége a 6,5 °C-ot is meghaladhatja (Sümeghy – Unger, 2003b).

KÜLÖNBÖZŐ BELVÁROSI MIKROKÖRNYZETEK HATÁSA AZ EMBERI KOMFORTÉRTÉKRE

Mintaterület

A kiválasztott szegedi mintaterület (7. ábra) a város viszonylag sűrűn beépített belvárosi régiójában helyezkedik el, és általában 30 évesnél idősebb (20–30 m magas) lombhullató fákkal szegélyezett szűk utcák jellemzik. A 200x200 m-es területen egy forgalmasabb ÉK–DNY-i irányú út (Petőfi sgt.) és három szűk mellékutca halad át. A mellékutcák egyike (Batthyány u.) ÉNy–DK-i, míg a másik kettő (Egyetem u., Alföldi u.) a sugárúttal párhuzamosan ÉK–DNY-i irányú. A területet az egyetem háromemeletes épületegyüttese uralja. (A tőle DK-re elterülő, szintén többszintes új könyvtárpépület a mérés időpontjában még nem épült fel, ezért nem szerepel az ábrán.)

A vizsgált területen hat mérőpontot jelöltünk ki (7. ábra), melyek különböző kitettségi és sugárzási viszonyokkal jellemezhetők. A kijelöléskor törekedtünk arra, hogy e kis mintaterületen belül is jól reprezentáljuk a változatos mikroklimatikus adottságokat. Az [1]-es és [2]-es mérőállomást az Egyetem utca ÉNy-i oldalán jelöltük ki, ahol az állomásokat magas épületek veszik körül. Az [1]-es állomásnál a fák lombkoronája majdnem összefüggő, míg a [2]-esnél a fák távolabb vannak egymástól, nem biztosítanak teljes árnyékolást. A [3]-as és

[4]-es pont a Batthyány utca két oldalán található, itt alacsonyabbak az épületek, így a nap folyamán tovább éri direkt sugárzás a területet. Az [5]-ös mérőhely a széles Petőfi sugárút ÉNy-i, viszonylag nyílt részén, a [6]-os pedig a sugárút DK-i oldalán található. A [6]-os pontban a fasor lombkorona szintje szinte teljesen zárt, az épülettel együtt gyakorlatilag az egész nap folyamán árnyékolást biztosít a mérőpontnak.

Kutatási módszer, adatgyűjtés

A vizsgálatunkhoz felhasznált *PET* (*Physiological Equivalent Temperature*) – mivel a témában nem áll rendelkezésre magyar nyelvű szakirodalom, ezért nincsen magyar elnevezése – a legnépszerűbb bioklimatikus indexek egyike, mert fiziológiailag komplex, és egysége (°C) könnyen értelmezhető a nem szakértő felhasználók számára is. Számítási módjából adódóan a *PET* értéke magas szélsébségű és légnedvességű téli, illetve nyugodt, napos nyári időben tér el jelentősen a levegő hőmérsékletétől. Ilyen esetekben szélsőségesen erős hideg, illetve meleg stressz éri az emberi szervezetet (1. táblázat).

A *PET* index kiszámítására kifejlesztett modellek közül vizsgálatunkban az ún. *RayMan* modellt használtuk (pl. *Matzarakis, 2002*). Alkalmazásának előnye az, hogy segítségével jól kimutathatók a városi mikroklimatikus különbségek, mert a modell igen árnyaltan veszi figyelembe a bonyolult felszíni struktúra sugárzásmódosító hatását. A modell által használt bemeneti adatok típusai: felszínmorfológiai (épületek koordinátái és magassága, fák paraméterei), meteorológiai (léghőmérséklet, relatív páratartalom, szélsébség, globális sugárzás) és perszonális (vizsgált személy kora, neme, magassága, súlya, ruházata, fizikai aktivitása, pozíciója).

Esettanulmányunkhoz a meteorológiai adatokat 2003. augusztus 6-án, egy tiszta, szélcsendes és meleg nyári nap folyamán

gyűjtöttük. A bioklimatikus indexet pedig olyan fiktív vizsgálati alanyra vonatkoztatuk, aki 35 éves, 175 cm magas, 75 kg testtömegű, laza nyári ruházatot viselő, könnyű ülő munkát végző férfi.

Eredmények

A megfigyelési pontokban rögzített hőmérséklet és relatív nedvesség adatok jól jellemzik a mérési nap időjárási viszonyait. Mivel a vizsgált nap szinte teljesen szélcsendes volt, ezért a szél hatása gyakorlatilag elhanyagolható bioklimatikus szempontból.

A hőmérséklet napfelkelte környékén közel azonos értékről (~23 °C-ról) indult valamennyi mérési pontban, majd a tiszta anticiklonális időnek köszönhetően gyorsan emelkedett (maximálisan ~32–33 °C-ig). A mért adatok nagyon hasonlóak voltak a nap során, a legnagyobb eltérés csak 1,7 °C volt a kora délutáni órákban. Ezt követően a naplementéig az értékek együtt csökkentek, s a mérési periódus végére ismét közel azonos hőmérséklet jellemezte a helyszíneket (~28–29 °C).

Ehhez hasonlóan a relatív nedvesség értékek is igen azonosan alakultak a pontokban, de a hőmérséklettel éppen ellentétesen. Itt is megfigyelhető az értékek kismértékű széthúzódnása a déli órákban. A mérési helyek között tapasztalt csekély különbségek azzal magyarázhatók, hogy a pontok között igen kicsi a távolság.

Viszont a globális sugárzás esetében már lényeges különbségek tapasztalhatók a mérőpontok között (8. ábra). Az [1]-es és [6]-os állomásokon egész nap alacsony értékeket észleltünk, mert a fák és az épületek árnyékoló hatása miatt gyakorlatilag egyiket sem éri a nap során direkt sugárzás. A legnagyobb kilengést az [5]-ös pont adatai mutatják, már röviddel napfelkelte után megugrik az értéke, majd 13 óráig fokozatosan emel-

kedik. Kora délután hirtelen lecsökken, mert a mérőpont 14 óra után árnyékba kerül. A [2]-es mérőhely szintén igen magas értékekkel jellemezhető, de itt az épületek magassága és közelsége hamarabb fejti ki árnyékoló hatását, a sugárzás időtartama sokkal rövidebb, hirtelen emelkedik, majd hirtelen csökken. A [3]-as pontban csak délután mérhető jelentősebb mennyiségű közvetlen sugárzás, ám ez is csupán néhány órára korlátozódik.

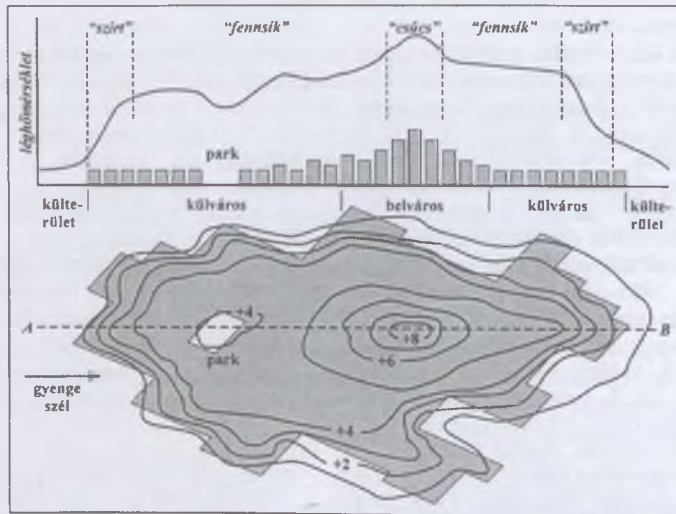
Az előzőekkel összhangban a 9. ábra a PET index alakulását mutatja a mérési napon a különböző pontokban. Az indexszámítás szerint a vizsgálati nap reggelén a termikus terhelés minden észlelési helyen túllépte a komfortérzet határát, azaz már napfelkelte idején is gyenge hőstressz (1. táblázat) volt tapasztalható. A nap folyamán a terhelés mértéke természetesen mindenhol nőtt, ám igen nagy eltérések mutathatók ki az egyes pontok között. Legszembeötlőbb a különbség az ugyanazon utca két oldalán, egymáshoz igen közel (kb. 25 m-re) fekvő [5]-ös és [6]-os helyszínen esetében.

Ugyanis a legmarkánsabb emelkedést és az abszolút értéket tekintve is a legmagasabb terhelést (47,7 °C-ot) az [5]-ös ponton tapasztaltuk. Ez a hőérzet szempontjából a nagyon forró, a fiziológiai stressz szintet tekintve az extrém terhelési határt is átlépi. Ennek az az oka, hogy az [5]-ös mérőhelyet ÉNy-ról határolják épületek, amelyek csupán a délutáni órákban okozhatnak árnyékolást. Mivel a pont felett nincs fa, így a direkt sugárzással szemben a nap első felében (délig) szinte teljesen védetlen ez az utcaszakasz, amely csak kora délután kerül takarásba. Tehát az extrém sugárzási értékekre és a hatásukra kialakuló igen magas hőterhelésre a DK-i kitettség és a nyílt terep ad magyarázatot. Ezzel szemben az épületek és a fák miatt a [6]-os helyszínt a nap folyamán nem (vagy alig) éri direkt sugárzás, ezért ott a hőterhelést kifejező index értékek is jóval alacsonyabbak.

FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

- (1) BOTTYÁN, ZS. – UNGER, J. (2003): A multiple linear statistical model for estimating the mean maximum urban heat island. *Theoretical and Applied Climatology* 75, 233–243. pp. (2) GALLO, K. P. – OWEN, T. W. (1999): Satellite-based adjustments for the urban heat island temperature bias. *Journal of Applied Meteorology* 38, 806–813. pp. (3) GOLANY, G. S. (1996): Urban design morphology and thermal performance. *Atmospheric Environment* 30, 455–465. pp. (4) HÖPPE, P. R. (1993): Heat balance modelling. *Experientia* 49, 741–745. pp. (5) JENDRITZKY, G. – NÜBLER, W. (1981): A model analysing the urban thermal environment in physiologically significant terms. *Archives for Meteorology, Geophysics and Bioclimatology Ser.B.* 29, 313–326. pp. (6) KLYSIK, K. – FORTUNIAK, K. (1999): Temporal and spatial characteristics of the urban heat island of Łódź, Poland. *Atmospheric Environment* 33, 3885–3895. pp. (7) MATZARAKIS, A. (2002): Validation of modelled mean radiant temperature within urban structures. *Am. Meteorol. Soc. Symposium on Urban Environment, Norfolk, USA.* 7.3. (8) MAYER, H. (1993): Urban bioclimatology. *Experientia* 49, 957–963. pp. (9) MAYER, H. – MATZARAKIS, A. (1998): Human-biometeorological assessment of urban microclimates' thermal component. *Proc. Int. Symposium on Monitoring and Management of Urban Heat Island, Fujisawa, Japan.* 155–168. pp. (10) MORENO-GARCIA, M. C. (1994): Intensity and form of the urban heat island in Barcelona. *International Journal of Climatology* 14, 705–710. pp. (11) OKE, T. R. (1982): The energetic basis of the urban heat island. *Q. J. R. Meteorol. Soc.* 108, 1–24. pp. (12) OKE, T. R. (1987): *Boundary layer climates.* Routledge, London. 435 p. (13) OKE, T. R. – FUGGLE, R. F. (1972): Comparison of urban/rural counter and net radiation at night. *Boundary-Layer Meteorology* 2, 290–308. pp. (14) OKE, T. R. – MAXWELL, G. B. (1975): Urban heat island dynamics in Montreal and Vancouver. *Atmospheric Environment* 9, 191–200. pp. (15) PARK, H-S. (1986): Features of the heat island in Seoul and its surrounding cities. *Atmospheric Environment* 20, 1859–1866. pp. (16) RIPLEY, E. A. – ARCHIBOLD, O. W. – BRETTELL, D. L. (1996): Temporal and spatial temperature patterns in Saskatoon. *Weather* 51, 398–405. pp. (17) SÜMEGHY Z. – UNGER J. (2003a): A települések hőmérséklet-módosító hatása – a szegedi hősziget-kutatások tükrében. *Földrajzi Közlemények* 127(51), No. 1–4., 23–44. pp. (18) SÜMEGHY, Z. – UNGER, J. (2003b): Classification of the urban heat island patterns. *Acta Climatologica et Chorologica Univ. Szegediensis* 36–37, 93–100. pp. (19) UNGER J. – PÁL V. – SÜMEGHY Z. – KÁDÁR E. – KOVÁCS L. (1999): A maximális kifejlődésű városi hősziget területi kiterjedése tavasszal Szegeden. *Légkör* 44, No. 3., 34–37. pp. (20) UNGER, J. – BOTTYÁN, ZS. – SÜMEGHY, Z. – GULYÁS, Á. (2000): Urban heat island development affected by urban surface factors. *Időjárás* 104, 253–268. pp. (21) UNGER, J. – SÜMEGHY, Z. – GULYÁS, Á. – BOTTYÁN, Z. – MUCSI, L. (2001): Land-use and meteorological aspects of the urban heat island. *Meteorological Applications* 8, 189–194. pp. (22) UNGER J. – GULYÁS Á. – MATZARAKIS, A. (2005): Eltérő belvárosi mikrokörnyezetek hatása a humán bioklimatikus komfortterezetre. *Légkör* 50, No. 1., 9–14. pp.

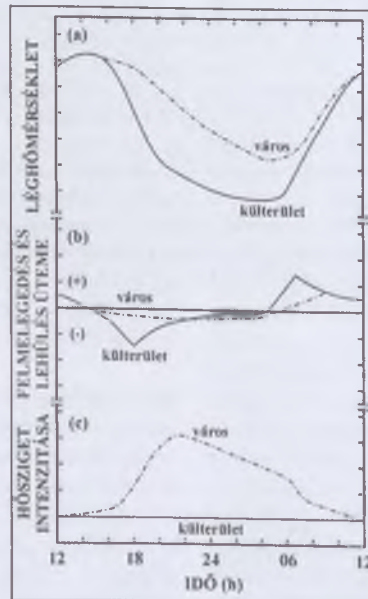
1. ábra



A városi hőmérsékleti többlet vázlatos keresztmetszeti képe (AB mentén) és horizontális szerkezete ideális időjárási körülmények között

Forrás: Oke, 1982, 1987

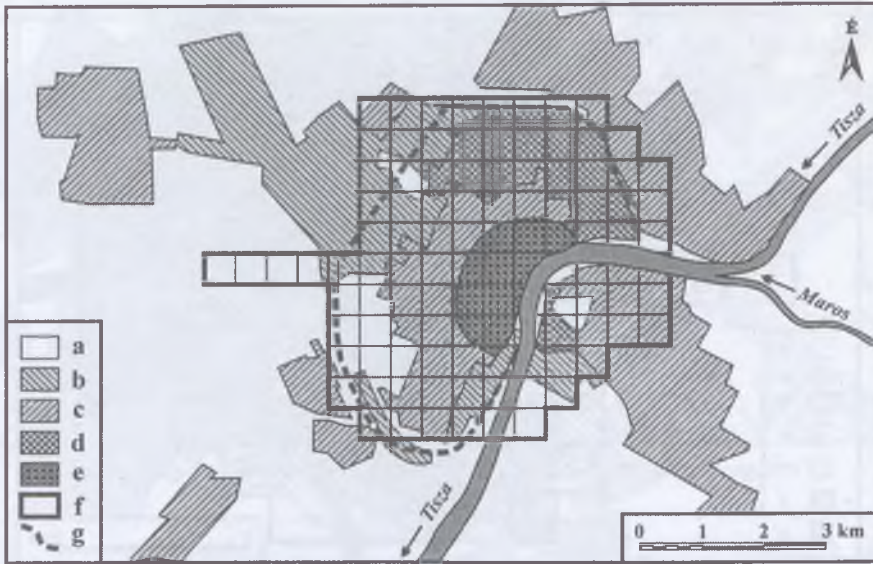
2. ábra



A város és a költérület hőmérsékleti szempontból eltérő viselkedése ideális helyzetben: (a) hőmérséklet napi menete ($^{\circ}\text{C}$), (b) a lehűlés és felmelegedés üteme ($^{\circ}\text{C}/\text{h}$) a városban és a költérületen, valamint (c) a hősziget intenzitása ($^{\circ}\text{C}$)

Forrás: Oke, 1982, 1987

3. ábra



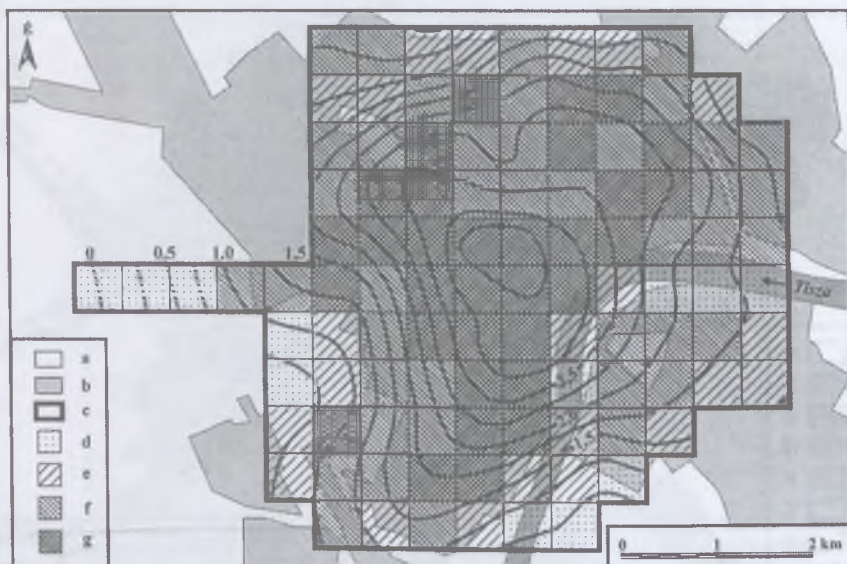
A vizsgált terület és a fő szerkezeti-morfológiai típusok Szegeden: (a) mezőgazdasági és szabad területek, (b) ipari és raktározási területek, (c) családi házak, (d) panel lakótelepek, (e) belváros 3–5 emeletes épületekkel, (f) vizsgált terület határa, (g) körtöltés

4. ábra



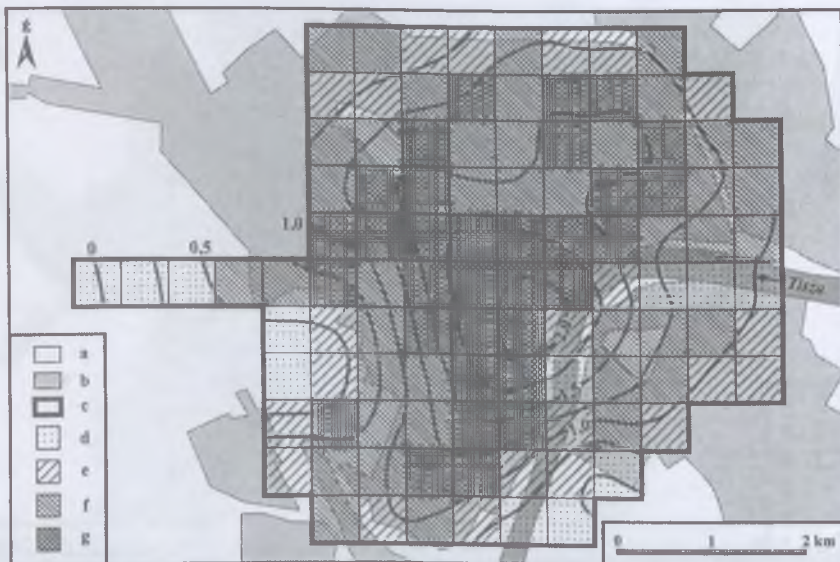
A vizsgált terület és a mérési útvonalak: (a) mezőgazdasági és szabad területek, (b) beépített területek, (c) vizsgált terület határa, (d) mérőutak kezdőpontja, az OMSZ obszervatóriuma, (e) É-i mérőút, (f) D-i mérőút

5. ábra



A beépíttség mértéke és az átlagos maximális hősziget intenzitás kapcsolata a nem-fűtési félévben: (a) mezőgazdasági és szabad területek, (b) beépített területek, (c) vizsgált terület határa, (d) 0–25%-os, (e) 26–50%-os, (f) 51–75%-os és (g) 76–100%-os beépíttség

6. ábra



A beépíttség mértéke és az átlagos maximális hősziget intenzitás kapcsolata a fűtési félévben: (a) mezőgazdasági és szabad területek, (b) beépített területek, (c) vizsgált terület határa, (d) 0–25%-os, (e) 26–50%-os, (f) 51–75%-os és (g) 76–100%-os beépíttség

7. ábra



A vizsgálati mintaterület és a hat mérési pont elhelyezkedése Szegeden

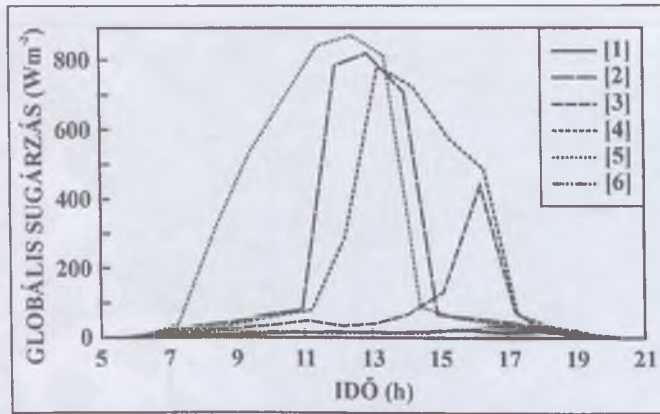
1. táblázat

A PET index küszöbértékei, illetve az emberi hőérzet és fiziológiai stressz szintjei (standard feltételek mellett)

PET (°C)	Hőérzet	Fiziológiai stressz szint
	nagyon hideg	extrém hideg stressz
4	hideg	erős hideg stressz
8	hűvös	közepes hideg stressz
13	kissé hűvös	gyenge hideg stressz
18	komfortos	nincs termikus stressz
23	kissé meleg	gyenge meleg stressz
29	meleg	közepes meleg stressz
35	forró	erős meleg stressz
41	nagyon forró	extrém meleg stressz

Forrás: Mayer – Matzarakis, 1998

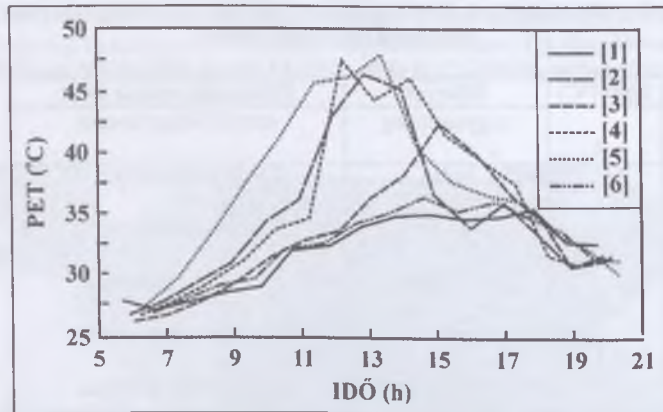
8. ábra



A globális sugárzás a mintaterület hat mérőpontján a humán bioklimatológiai standard magasságban (1,1 m-re a felszíntől) 2003. augusztus 6-án

Forrás: Unger et al., 2005

9. ábra



A számított PET értékek a mintaterület hat mérőpontján a humán bioklimatológiai standard magasságban (1,1 m-re a felszíntől) 2003. augusztus 6-án

Forrás: Unger et al., 2005

A KLÍMAVÁLTOZÁS VESZÉLYEINEK CSÖKKENTÉSE FENNTARTHATÓ TELEPÜLÉSSZERKEZETTEL

RUZSÁNYI TIVADAR

ÖSSZEFOGLALÁS

Elkerülhetetlen a területhasználat erőteljesebb kontrollja és szabályozása, a településnövekedés felváltása a fenntartható településfejlődéssel. Városainkban a terület-, a település- és a közlekedés-fejlesztés integrációja mellett a kisvárosias lakóterületekre jellemző átlagos beépítési intenzitás javasolható. A kisvárosias beépítési sűrűség, különösen akkor, ha csökken a munkahelyek és a lakóhelyek közötti távolság, javítja a műszaki és humán infrastruktúra, a városi közszolgáltatások létesítésének és működtetésének hatékonyságát, általános értelemben véve az urbanizációs gazdaságosságot, és egyben hozzájárul a fenntartható fejlődéshez.

A területgazdálkodás, az urbanizációs gazdaságosság érvényesítésének igénye felveti a gondolatot, hogy érvényesüljön alsó korlát is a telkek beépítésénél, ami hozzájárul a kedvezőtlen környezeti hatású, a klímaváltozás kockázatát növelő területfelhasználási folyamatok korlátozásához. Ehhez javasoljuk:

- A fenntartható településszerkezet (területfelhasználás, települési sűrűség) normatíváinak kidolgozását.
- A területátsorolás és -felhasználás módszertani, pénzügyi és jogi szabályozásának megújítását.
- A hatékony és kellő kompetenciával rendelkező intézmények létrehozását.

TELEPÜLÉSPOLITIKA ÉS GLOBÁLIS KLÍMAVÁLTOZÁS

Az ember befolyásolja az éghajlatot. Az emberi tevékenység következtében módosulhat a klíma lokálisan, településszinten, és realitás a globális klímaváltozás is. Az utóbbi néhány évben felgyorsult a globális felmelegedést okozó gázok, elsősorban a szén-dioxid légköri felhalmozódása. Beindult az a pozitív visszacsatolási folyamat, amelyet a meteorológusok és ökológusok korábban csak a távoli jövőben feltételeztek. Lehetséges, hogy az eddig feltételezettnél sokkal gyorsabb ütemű és nagyobb mértékű változásokkal kell számolnunk.

A globális klímaváltozás jelzés: a „fejlődési” tendencia nem fenntartható. A

fenntartható fejlődés helyett a fenntarthatatlan növekedés stádiumában vagyunk. Ezért az éghajlatváltozás kockázatának csökkentése az EU közös politikájának is az egyik átfogó prioritása. Hazánk is csatlakozott az üvegházhatású gázok kibocsátását szabályozó *Kiotói Jegyzőkönyvhöz*.

Magyarország általában teljesíti vállalt kötelezettségeit, ám hosszabb távon nem kizárt, hogy növekszik a szén-dioxid-kibocsátás. Ez növeli a globális éghajlatváltozás veszélyét. A változás a közép-európai térséget sem kerüli majd el. A hatások súlyos kockázatot jelentenek mind környezeti, mind társadalmi-gazdasági szempontból. Ezért elsődleges a káros gázok kibocsátásának visszaszorítása, ehhez az energiafelhasználás hatékonyabbá tétele, átváltás a növekedésről a fenntartható fejlődés pályájára. A növeke-

dés ugyanis növekvő szén-dioxid-kibocsátással jár, amivel növekszik annak kockázata, hogy akár egy méterrel megemelkedhet az óceán vízszintje, százezer ember lakhelyét fenyegetve.

Magyarországon a fenntarthatatlan növekedés elkerülését szolgálja a környezet védelmének általános szabályairól szóló törvény, amely – egyebek mellett – védeni kívánja a levegőt, a légkör egészségét, annak folyamatait, összetételét, összességében a klímát. A törvény előírja, hogy a helyi önkormányzatok a településrendezési tervvel összhangban kidolgozzák a település környezetvédelmi programját is. Ehhez önkormányzati feladat a környezet állapotának elemzése, értékelése, a lakosság tájékoztatása, a fejlesztés során a környezetvédelem követelményeinek érvényesítése, a környezeti állapot javításának elősegítése. Az épített környezet alakításáról és védelméről szóló törvény szerint pedig úgy kell biztosítani a településrendezés során a települési területeknek a közérdeknek megfelelő felhasználását, hogy tekintetbe veszik a jogos magánérdeket, és egyben figyelembe veszik a környezet, a természet és a klíma védelmét.

Természetesen nem a települési önkormányzat feladata a globális klímaváltozás folyamatának értékelése. Lényeges azonban annak felismerése, hogy a kontrolálatlan területfelhasználásból fakadó „spontán” településnövekedés is hozzájárul a globális klímaváltozás veszélyének növeléséhez. Elegendő idejük van a többéves tartózkodási idejű gázoknak arra, hogy elkeveredjenek a légkör egészében, és a kibocsátás helyétől akár több ezer kilométerre fejtsék ki káros hatásukat. A káros folyamatra utal a nagyvárosok klímájának előnytelen módosulása, melynek oka többnyire a városok nem kellően átgondolt közlekedési infrastruktúrája, a közlekedési kultúra hiánya, ezzel szoros összefüggésben a nagyvárosok szétterülése, növekedése.

A 2003–2008 közötti időszakra szóló *Nemzeti Környezetvédelmi Program (NKP)* szerint viszonylag lassan halad a már meglé-

vő hazai tervezési rendszerek (pl. terület- és településfejlesztés és -rendezés) mellett az új, átfogó tervezés megteremtése. Probléma a városok szétterülése mellett, hogy a városok zöldfelületi ellátottsága nemzetközi összehasonlításban mennyiségi és minőségi szempontból rosszabb a közepesnél. A problémák a telkek értékesítésének és a beépítés engedélyezés helytelen gyakorlatának következményei, így az elmúlt néhány évben emelkedésnek indult az üvegházhatású gázok kibocsátási szintje. Hiába javul a termelési célú energiahasználat határfoka, ezzel ellentétes a tendencia a háztartások és a közlekedés vonatkozásában. A tömegközlekedéshez viszonyítva tovább nőtt az egyéni közlekedést igénybe vevők aránya. Mind a személy-, mind az áruszállításban a közúti közlekedés került túlsúlyba. Valószínűsíthető, hogy az elkövetkezendő évtizedekben tovább növekedhetnek a közlekedési eredetű kibocsátások, növekszik a CO₂ és NO_x tekintetében a közlekedés hozzájárulása a légkör szennyezéséhez.

Az NKP szerint az éghajlatváltozás kockázata elsősorban az energetikai és a közlekedési infrastruktúra, illetve a termelési-termesztési rendszerek szennyezés-csökkentést célzó fejlesztésével biztosítható. Mivel azonban „a települések terjeszkedése tovább folytatódik, s ez mind a település belső működése, mind a tájjal való szerves kapcsolata szempontjából számos kedvezőtlen hatással is jár”, az NKP városi környezetminőség akcióprogramja szerint olyan településpolitika szükséges, amely csökkenti a gépjármű-közlekedés igényét. Az akcióprogram célja ezért – és egyebek mellett – a településszerkezet-fejlesztés, -rendezés környezeti szempontból is megfelelő alakulásának elősegítése, a korábbi hibákból eredő környezeti problémák csökkentése, a „felesleges utazást csökkentő várostervezés kialakítása, a közlekedési igények csökkentését szolgáló településszervezési kísérletek támogatása, a fenntartható fejlődés települési és térségi modelljének kialakítása, közlekedési szokások alakítása.”

Belátható, hogy a gépjármű-közlekedési igényt csökkentő településpolitika is közvetlenül hozzájárul az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentéséhez. A fenntartható településfejlődést támogató településpolitika, településszerkezet egyszerre segíti az ember számára kedvező lokális klíma megőrzését és a globális klímaváltozás kockázatának mérséklését. A *fenntartható fejlődés települési modellje* a természeti környezetet kímélő, az erőforrások takarékos felhasználását biztosító megoldások alkalmazását igényli. A magunk részéről néhány kutatási eredményünk közreadásával szeretnénk hozzájárulni a modell kiépítéséhez.

AZ OPTIMÁLIS BEÉPÍTÉSI KOMPROMISSZUM KERESÉSE

Évtizedes szakmai evidencia, hogy „erős a negatív korreláció a városi sűrűség és az energiafelhasználás között”. Ha egy lakóterületen a népsűrűség 45–50 fő/ha alá csökken, akkor jelentősen megnövekszik a személygépjárművek száma és használatuk volumene, összefüggésben azzal, hogy a közösségi közlekedési szolgáltatás gazdasági szempontból fenntarthatatlanná válik az alacsony megálló- és járatsűrűség miatt. A gazdasági problémákat fokozza a közpénzekből megépítendő úthálózat hossza, ebből fakadóan létesítésének és fenntartásának költsége.

A személygépjárművek számának és használatának növekedésével együtt növekszik a CO₂ és NO_x kibocsátása, a légkör szennyezése, tehát a folyamat nem tesz eleget a fenntartható fejlődés követelményeinek. A problémát súlyosbítják – mint jelentős externális hatások – a balesetek, torlódások. Számítások szerint ezek együttesen a GDP 5–8%-át is kiteszik. Ez tehát egy olyan erőteljes, a viszonylag alacsony lakóterületi népsűrűséggel a város szerkezetébe beépülő „veszteségi tényező”, amit az (energia)-gazdaság előbb-utóbb képtelen fedezni. Az

éghajlatváltozás kockázatának növekedésével párosuló növekvő veszteségek, a csökkenő urbanizációs hatékonyság egyre sürgetőbbé teszik a megelőző, a települések szintjén is érvényesülő stratégiai jelentőségű intézkedéseket.

Az újabb kutatások szerint Európában a fajlagos közlekedési energiafelhasználás a magasabb intenzitású beépítéssel, a tömegközlekedés színvonalának emelésével csökkenthető. Az angol kormány ezért az újonnan beépítésre kerülő területeken 30–50 lakást irányoz elő hektáronként, kisebb telkek parcellázásával és vegyes területhasználatú területek létrehozásával, ahol egymáshoz viszonylag közel vannak a munka- és lakóhelyek, szolgáltató központok. Így kívánják lassítani a nagyvárosok, metropoliszok szétterülését, és biztosítani a gazdaságosan létesíthető, működtethető és ellátható település kiépítését.

Gazdasági és egyben környezeti szempontból nem mindegy, hogy milyenek egy településen és környezetében a különböző területfelhasználási kategóriák arányai, ehhez kapcsolódóan mekkora a beépítési sűrűség, illetve a népsűrűség (urban density). Példaként említjük, hogy műszaki és gazdasági szempontok érvényesítésekor ma Magyarországon a szennyvízcsatorna-hálózat kiépítése hektáronként minimum 12 lakást, 650–750 m²-es telkeket feltételez. Meggyőzőek ezért azok a megállapítások, hogy az elmúlt évek szennyvízcsatorna-hálózat fejlesztései számos helyen túlzott mértékűek és pazarlóak voltak. Megalapozottnak tűnnek azok az elképzelések, hogy célszerű kerülni az alacsony beépítési sűrűséget, amihez lehetőség szerint Magyarországon az olyan épületállomány-bővítést kellene a településrendezés eszközeivel is támogatni, amelyik hatékony településszerkezetbe illeszkedik és takarékosan bánik a természeti erőforrással és a költségekkel.

Az egyik véglet a túlzottan nagy, a másik pedig a túlzottan alacsony városi sűrűség. Városnyi kiterjedésű és beépítési intenzitású terület módosítja a lokális klímát. Agglomer-

ráció méretű, szétterült város hozzájárul a globális klímaváltozás kockázatának növekedéséhez. A fenntartható fejlődés településpolitikája és modellje a két szélsőség között keresi az optimális város-beépítési kompromisszumot.

A KUTATÁST TÁMOGATÓ INFORMÁCIÓS HÁTTÉR

A fenntartható fejlődés hazai települési modelljének megalapozásához átfogó elemzést végeztünk a tényleges és a településrendezési tervekben meghatározott adatokkal a területfelhasználás, annak megoszlása, a telekméret és a beépítés összefüggéseinek feltárásával. Ehhez magyarországi települések, városok és községek földrajzi információrendszerrel készült településszerkezeti terveinek azon meglévő adatbázisaira támaszkodtunk, melyek kellő mélységűek a belterületi területfelhasználás arányai és a beépítési összefüggések összehasonlító elemzésére. Földrajzi információrendszerrel készült a vizsgálatokhoz nélkülözhetetlen adatok leválogatása, az elemzési adatbázis feltöltése és kiegészítése az egyes településekre és budapesti kerületekre vonatkozó KSH adatokkal.

A kiépített adatbázis olyan minta, amelyben a közigazgatási egységek népességének összege meghaladja az ország népességének 10%-át. Bár az adatbázisban a főváros a népesség tekintetében némileg túlreprezentált, feltételezzük, hogy a kapott eredmények kellőképpen általánosíthatók.

A vizsgálandó közigazgatási egységek összehasonlíthatóvá tételéhez a települések, illetve a budapesti kerületek beépítésre szánt területének részletes (területfelhasználási egységre, illetve ezen belül a sajátos építési használat szerint beépítésre szánt területekre vonatkozó) adatait területfelhasználási „kategóriákba” vontuk össze. Ilyenek a nagyvárosias, kisvárosias, kertvárosias és falusias lakóterület, a vegyes (településközponti, köz-ponti), az ipari, a kereskedelmi-

gazdasági (szolgáltató és nagykiterjedésű) területek stb.

Az építési telkek méretére, a telekméret és a telek beépített területe közötti összefüggés feltárására vonatkozó elemzésünket azokra a településekre és budapesti kerületekre végeztük el, amelyekre rendelkezésünkre áll az ún. településrendezési tervezésre alkalmas digitális adatbázis'.

A KUTATÁSI EREDMÉNYEK ÁTTEKINTÉSE

A mintánkban lévő közigazgatási egységek beépítésre szánt területének összesített területi mérlege szerint a kertvárosias lakóterületek területének összege meghaladja az összes beépítésre szánt terület 31%-át. Városainkban a felhasznált területet illetően meghatározó, és az elkövetkező időszakban is meghatározó lesz a kertvárosias lakóterület.

A minta átlagának (súlyozott) népsűrűsége cca. 50 fő/ha körül mozog, beleértve az olyan óriási népsűrűségű területet, mint Budapest VII. kerülete, és az olyan alacsony lakóterületi népsűrűségű települést, mint Szentgyörgyvölgy község. Megemlítjük, hogy a települési szennyvízelvezetési agglomeráció lehatárolásának módszertana szerint elfogadható hektáronkénti legkisebb lakosság (30 fő/ha) alig haladja meg Békéscsaba és Pápa városi átlaga, ugyanakkor nem éri el a szintén jelentős lakosság-számú Érd. Ez igazolja, hogy a magyarországi települések nem elhanyagolható része olyan, illetve településeken belül olyan egybefüggő településrészek vannak, ahol a *népességszám nem éri el a szennyvízelvezető rendszer gazdaságos kiépítéséhez előírt értéket*, mivel az alacsony népsűrűség miatt a szennyvízelvezető rendszer kiépítése túlságosan költséges. Ez is jelzés arra, hogy a *magyarországi városok növekedése, pontosabban szétterülése gazdasági szempontból nehezen fenntartható, mivel a városra jellemző szolgáltató rendszerek csak bizonyos*

sűrűségi érték felett tehetnek eleget az „urbanizációs gazdaságosságnak”.

Mintánkban a lakássűrűség súlyozott átlaga nem éri el a 22 lakás/ha értéket. Az átlagot a budapesti kerületek zömén túl csak Győr városa haladja meg, bár Veszprém is alig marad el ettől az értéktől. Mintánk átlaga alatta marad az újonnan beépített angol területekre megadott 25 lakás/ha értéknek. Ez utóbbi ismeretében érthető, hogy Angliában kormányzati szintről igyekeznek érvényesíteni, hogy ez az érték növekedjen 30–50 lakás/hektárra. A városrendezők által kompromisszumként javasolt minimum 35 lakás/hektárt azzal indokolják, hogy ilyen sűrűség mellett már közvetlenül a lakókörnyezetben lehet biztosítani a kellemes közérzethez, klímához szükséges zöldfelületet. Figyelmet érdemel, hogy az angol kormány által az újonnan beépítésre kerülő területeken hektáronként szorgalmazott 30–50 lakás intervallumba a hibahatáron belül csak három budapesti kerület sorolható. Mindez azt mutatja, hogy *a rendelkezésre álló területen városaink, budapesti kerületeink zömében biztosítható lenne a lakókörnyezetben a megfelelő zöldfelület, ha nem uralnák szélsőségek a lakófunkció területfelhasználását.*

Ez utóbbira utal, hogy Budapest II. és III. kerületében közel kétszer akkora a vegyes és a nagyvárosias lakóterületek százaléka, mint a minta városainak átlaga (és ezzel valamivel alacsonyabb a kisvárosias és a kertvárosias lakóterületeké). A területi mérlegekben mutatkozó viszonylag csekély különbség azonban mégis azt eredményezi, hogy a lakássűrűség átlaga Budapest II. és III. kerületében több mint kétszerese a minta városi (Budapest nélkül számolt) átlagának. Ez azt igazolja, hogy *csupán a területi mérleg, legyen szó akár a tényállapotról, akár a rendezési tervben rögzített tervállapotról, önmagában semmit sem mond valamely település, településrész lakóterületi sűrűségéről. Ez azt is eredményezi, hogy konkrétan és számszerűen nem tervezhetők a városi szolgáltatások, nem értékelhető a városi szolgáltatások hatékonysága, gazdaságossága.*

További számítási eredményeink alapján kiderült, hogy a lakóterületi népsűrűség növekedésével arra számíthatunk, hogy növekszik a szennyvízhálózatba bekapcsolt lakások aránya. Ha a lakóterületi népsűrűség valahol eléri a 45–50 fő/hektárt, akkor a lakások döntő hányadát már bekapcsolták a szennyvízhálózatba, összhangban azzal, hogy ahol nagyobb a népsűrűség, ott kisebb a fajlagos (az egy lakásra jutó) létesítési költség. Ilyenkor az egy lakásra jutó szennyvízcsatorna hossza alatta marad 8–10 m-nek. A statisztikai összefüggés azt igazolja, hogy *a szolgáltatóknál érvényesül az urbanizációs gazdaságosság a közszolgáltatások fejlesztésével és üzemeltetésével összefüggésben.*

Szimulációval kapott eredményünk szerint általános tendencia, hogy *a kertvárosias besorolású területek növekedésével csökken a burkolt utak aránya a városokban.* Száz hektárral több kertvárosias lakóterület közel két százalékkal több burkolatlan utat „eredményez”. Nyilván itt is arról van szó, hogy *a kertvárosok méretének növekedésével nem képes lépést tartani a városok költségvetése.* A költségvetés nem képes finanszírozni a kertvárosias lakóterületté átminősítést, ami sokszor a korábbi mezőgazdasági terület beépítésre szánt területté minősítést.

Matematikai-statisztikai számításaink azt mutatják, hogy a nagyvárosias lakóterületeken nagyon erős a korreláció a telkek területe és a telkek beépített területe között. Hasonló a helyzet, bár nem ilyen erős korrelációval, a kisvárosias lakóterületeken. A falusias és a kertvárosias lakóterületek esetében ugyanakkor alacsony a korreláció a telkek területe és a telkek beépített területe között.

A kertvárosokra jellemző, hogy általában független a telek mérete és a telken épített lakóház alapterülete, ami érthető, hiszen a parcellázást végzők igyekeznek eleget tenni a mindenkori telekméret „divatnak” és az előírásoknak, míg a telken felépülő lakóház méretét más hatások befolyásolják. Így a kertvárosias lakóterületeken (és persze a

falusiasokon is) semmi sem utal a beépítéssel összefüggésben a telkek területével gazdálkodásra. *A városok beépítésre szánt területének jelentős részén tehát nem korlátozza semmi a telekpiacra megjelenő telkek méretét és volumenét, azaz a pazarló területhasználatot, ami egyben maga után vonja a városi szolgáltatások drága kiépítését és költséges üzemeltetését.* Ily módon építik be városaink településrendezési tervükkel települési szerkezetükbe azt a „növekvő veszteségi tényezőt”, ami hosszabb távon egyre kevésbé finanszírozható.

A vázolt jelenség Magyarországon különösen kiélezetten jelentkezik a budapesti agglomerációban, annak tágabban értelmezett térségében, ahol évtizedek óta szuburbanizációs folyamat zajlik: csökken a főváros népessége és erőteljesen növekszik a kertés övezetek egyre növekvő presztízse mellett az agglomerációs településeké.

A fővárost környező települések tehát kontrollálatlanul, kis intenzitással épülnek be. A települések ilyen jellegű és a tervek szerint az elkövetkező években is folytatódó terjeszkedése személygépjármű nélkül csak korlátozottan lakható településhálózat kialakulását eredményezi, konzerválva a fenntarthatatlan növekedés tendenciáját. A koncentrálatlan, szétterülő jelleg miatt a tömegközlekedés, az úthálózat, a teljes körű infrastruktúra nem képes követni a növekedés ütemét. A kis beépítésű, nagy kiterjedésű

területeken szinte megoldhatatlan a kellő sűrűségű tömegközlekedés gazdaságos kialakítása. Mivel a munkahelyek jórészt maradnak a fővárosban és a tömegközlekedés csak részlegesen épül ki, a közlekedési igény növekvő gépkocsiforgalommal elégíthető ki. Ez pedig növeli a közutak és a parkolók iránti igényt is.

Ennek megfelelően az agglomerációban egyre kevésbé érvényesülnek az urbanizáció előnyei, az urbanizációból fakadó gazdaságosság (urbanisation economies). Ezen előnyök a városi területeken a koncentrált gazdasági, a termelő és a széles értelemben vett szolgáltatási tevékenységekből eredő költségmegtakarítások. Az előnyök egyben a helyi piac méretéből és a települési (térségi) szerkezetből, és különösen a közszolgáltatások méretgazdaságosságából fakadnak. Mindehhez hozzájárulhat az intézmények közelsége, és különösen a színvonalas infrastruktúra és a fejlett kommunikációs háttér.

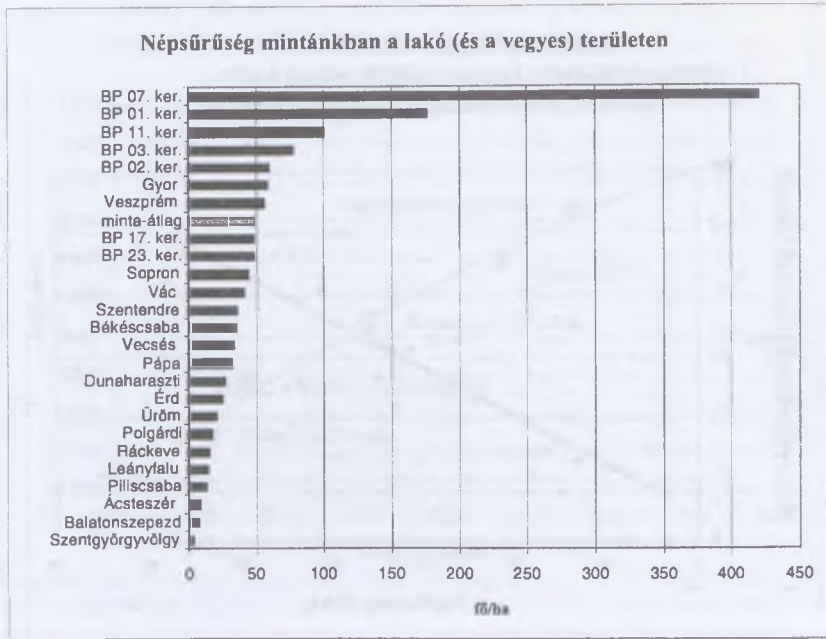
Magyarországon azonban továbbra is az évszázados hagyomány érvényesül. A XIX. század második felében kidolgozott „tanulmányok azt mutatják, hogy az építész tervezők ugyan ismerték a társterületek tevékenységét, de az ott dolgozó szakemberekkel nemigen működtek együtt. *Így nem készültek komolyabb gazdasági elemzések sem az átfogó szabályozási tervek, sem az első általános rendezési tervek előkészítése során.*”¹

JEGYZETEK

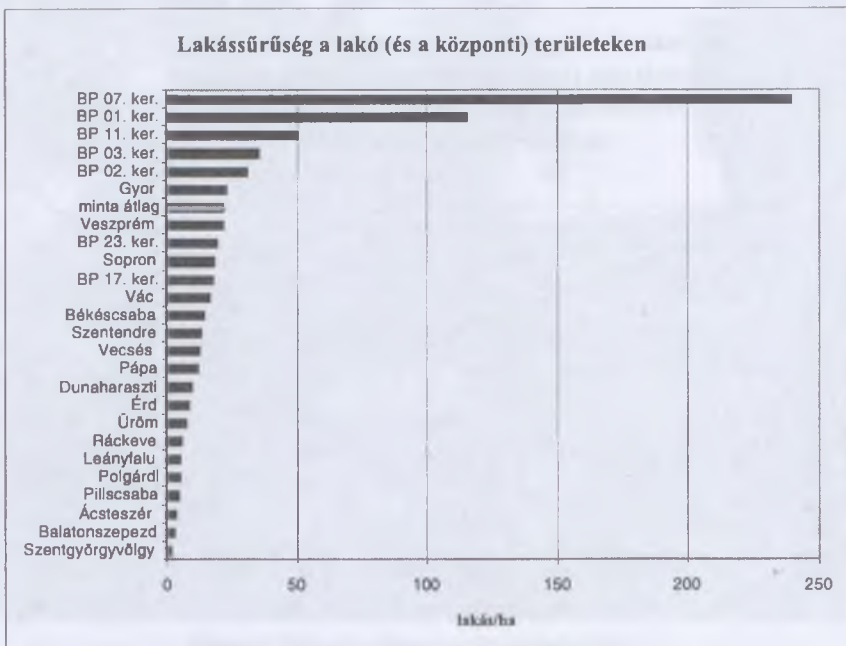
¹ Ez utóbbi vizsgálati szinten az adott településnek, budapesti kerületnek, azaz közigazgatási egységnek az MSZ 7772-1 „Digitális térképek. 1. rész: A digitális alaptérkép fogalmi modellje” c. szabványnak megfelelő digitális állományának felel meg oly módon, hogy a földrészletek, építési telkek, épületek és építmények megfelelnek az épített környezet alakításáról és védelméről szóló 1997. évi LXXVIII. törvényben meghatározott telek, épület és műtárgy fogalmának.

² Körner Zsuzsa – Nagy Márta: A városrendezési szabályozások története Magyarországon. Műegyetemi Kiadó, 2004, 62. o.

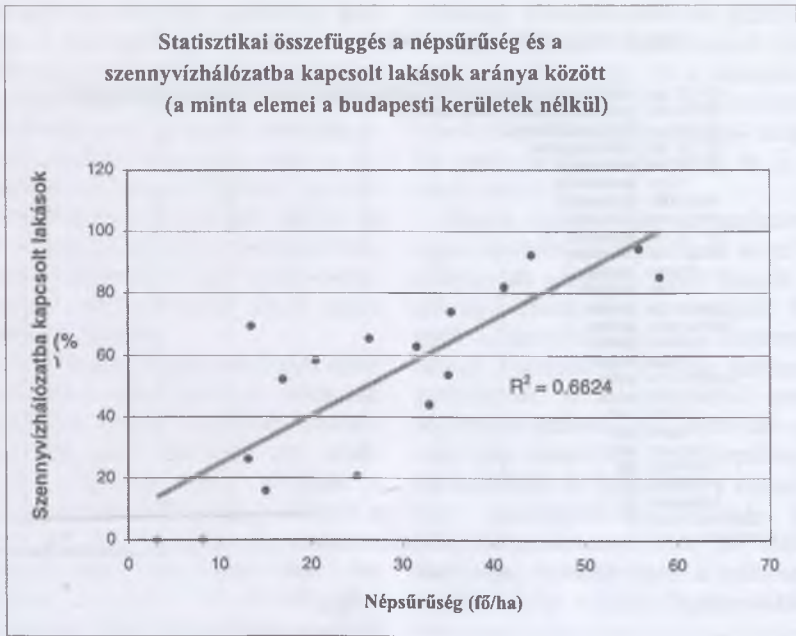
1. ábra



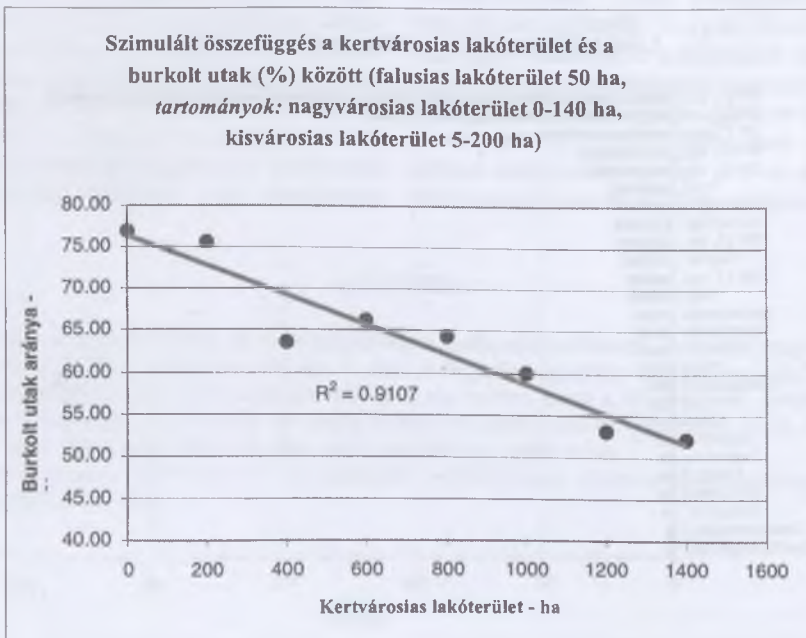
2. ábra



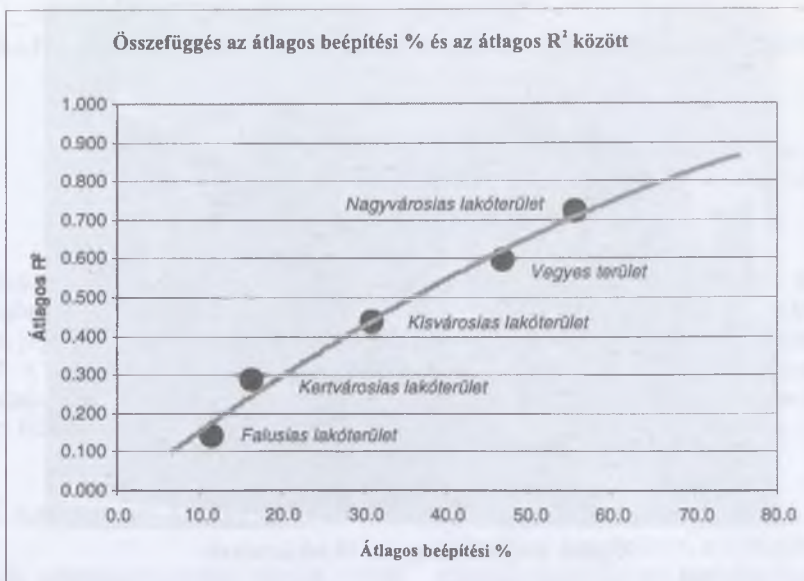
3. ábra



4. ábra



5. ábra



1. kép

Kispest, Wekerle-telep, cca. 35 lakás/hektár

2. kép



Újpest, Bagaria utca, cca. 80 lakás/hektár

3. kép



Újlipótváros, cca. 250 lakás/hektár

ÉGHAJLATVÁLTOZÁS: SZÉL, HÓ, ESŐ ÉS JÉG HATÁSA AZ ÉPÜLETEKRE

LENKEI PÉTER

Mottó: Aki nem készül fel a várható változásokra, az vagy szegény, vagy öreg, vagy felelőtlen.

ÖSSZEFOGLALÁS

A cikkben az épületekre vonatkozó felvetéseket röviden egy kérdéssel és az arra adott válasszal lehet összefoglalni. Nevezetesen: barát vagy ellenség a szél, a hó, a csapó eső és a jég, különös tekintettel értékeiknek a várható éghajlatváltozás okozta növekedésére? A válasz egyik sem, csak együtt kell létezni ezekkel a folyamatokkal, kezelni kell tudni ezeket a folyamatokat, és nem szabad a várható problémákat, amiket okozhatnak, félresöpörni.

1. AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁS

Sokak véleménye szerint mindig voltak különböző éghajlatváltozások, de mindig visszaállt a „rend”, és most is csak ilyen változásokról van szó. Ha megnézzük azonban a két leggyakrabban bemutatott kutatási eredményt képviselő 1. ábrát (*IPCC, 2001*) az éghajlat változási tendenciára, akkor egyértelmű, hogy az üvegházhatást okozó gázok emberi tevékenység okozta növekvő kibocsátása globális felmelegedést okoz, melynek becsült értéke századunkban 1,8–5,4 °C, a további kibocsátás függvényében. Saját tapasztalat, hogy olyan kártevők jelentek meg, amelyek régebben csak délebbi vidékeken voltak honosak.

Ugyanakkor minden jövőben előforduló esemény bekövetkezése bizonytalan. A következőkben alapvetően lehetőségekről lesz szó, amelyek mértékének meghatározásához további kutatásokra van szükség.

A VAHAVA projekt korlátai és a cikk célkitűzése

A VAHAVA projekt (ami az Éghajlatváltozás – Hatás – Válaszadás rövidítését jelenti) nem ad/adhat választ az összes fel-

merülő kérdésre, hanem a várható éghajlatváltozással kapcsolatos, a különböző szakterületeken előrelátható problémákat, kérdéseket vet fel, az elvégzendő feladatokat, kutatásokat megpróbálja behatárolni, fontossági sorrendjüket törekszik meghatározni és mindezekre fel kívánja hívni a döntéshozók figyelmét.

Értelemszerűen ebben a cikkben sem lesz pontos számszerű, adekvát válasz a felvetett kérdésekre, problémákra, csak a válasz kidolgozásához vezető út felvázolására kerül sor.

A cikk igyekszik kitérni azokra a legfontosabb kérdésekre, amelyek a meteorológiai hatásoknak a várható éghajlatváltozás által kiváltott intenzitás növekedése okoz/okozhat az épületek részeire, elsősorban a tartószerkezetekre, valamint egyes épületszerkezetekre, különös tekintettel azok felerősítésére és felületeinek károsodására.

Továbbá röviden kitér a cikk az egyik legfontosabb szerkezeti anyagnak, a betonnak, a helyszínen bedolgozott és felhordott habarcsoknak, valamint a külső vakolatoknak építéshelyszíni kezelési technológiai kérdéseire és a velük szemben támasztott követelményrendszerek növekedésére.

2. AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁS ÉPÜLETEKRE GYAKOROLT VÁRHATÓ HATÁSAI

A várható éghajlatváltozás következtében elsősorban az épületekre jutó meteorológiai hatások növekedhetnek, válhatnak veszélyessé.

Hangsúlyozandó, hogy a hőmérséklet-növekedést csak anyagtechnológiai szempontból veszi a cikk figyelembe.

A szél hatása

Ismeretes, hogy a ≈ 15 m-nél magasabb épületeknél és tornyoknál az önsúly, a szél, az esetleges teher és, amennyiben ennek veszélye fennáll, a földrengés a legfontosabb tervezési hatás.

Az épületekre ható szélnyomás és szél szívás alapvetően, valamint az örvényleválás miatti keresztirányú rezgések (vortex) a szélesebségtől függenek, amelynek várható növekedése egyes becslések szerint legalább 5–10%-kal megnövelheti a tervezési szélnyomás értékét (*Steeimers, 2003*).

Ennek következtében megnőhetnek az igénybevételek a tartószerkezetekben, a szélszívásnak közvetlenül kitett felületek (burkoló elemek, tetőfedés, nyílászárók) hagyományos rögzítése pedig veszélybe kerülhet.

Vizsgálatokat/kutatásokat igényel, hogy a várható éghajlatváltozás következtében mekkorára becsülhető a szél sebességének növekedése, a magassági szélprofil esetleges változásainak tisztázása és a forgószél veszélyének növekedése.

A szél és az eső együttes hatása, a csapóeső, valamint a szél által szállított részecskék (pl. homok, agresszív anyagok) fizikailag és kémiaiilag megrongálhatják a szélnek kitett felületeket és azok élettartamát jelentősen lecsökkenthetik.

Különösen veszélyesek lehetnek ezek az összetett hatások a látszó beton védőrétegére.

Az extrém hatások előfordulási valószínűsége

Az eddigi kutatások alapján valószínűsíthető az extrémumok előfordulási gyakoriságának növekedése, az egyes ciklusok közötti idő jelentős rövidülése, ami jelentheti a nagyobb hatások gyakoribb bekövetkezését is. Ennek következtében egyrészt felgyorsulhatnak a tönkremeneteli folyamatok, másrészt a kisciklusú fáradás veszélye is megnővekedhet az erre érzékeny anyagoknál.

A hó és a jég hatása

Az eddigieknél esetleg nagyobb havak a hideg-meleg ciklusok gyakoriságának növekedése miatt hamarabb elolvadhatnak. Ezért várhatóan a mi éghajlati viszonyaink között a hó tömörödésének veszélye csökkenhet. Ebből kifolyólag a tervezési hőteher értékének növekedése nem valószínű. Azonban a nagyobb szélesebség miatt a hó felhalmozódása az erre alkalmas zugokban nőhet, pl. a lapostetős megmozgatott tömegű épületeknél.

A jégesedés elsősorban a szabadban lévő vezetékeknél, az ereszeknél, a tetőszéleknél és a külső és belső vízlevezető csöveknél lehet veszélyes. Itt is a ciklusszámok növekedése és nem a hatás tartóssága okozhat problémát.

A jégeső kialakulási feltételei valószínűleg növekednek és ez egyidejűleg az erősödő széllel elsősorban az érzékeny felületeknél jelenthet problémát.

3. KÜLÖNLEGES PROBLÉMÁK

A meglévő épületek kérdésköre

Eddig a többé-kevésbé hivatalos álláspont az volt, hogy egyrészt az új kutatási eredmények alapján általában csökkenthető volt az előírásokban szereplő biztonság, másrészt

ről pedig a meglévő épületek már „kipróbáltak”, és ezért az új előírások alapján csak akkor kellett felülvizsgálni a meglévő épületeket, ha valamilyen különleges ok merült fel (pl. a használat megváltozása, az épület átalakítása, valamilyen egyéb veszély gyanúja). A várható éghajlatváltozás kapcsán azonban a meteorológiai hatások nőnek, ezért az eddigi, az előbbiekből vázolt álláspont változtatására is sor kerülhet. Ez a meglévő épületek szempontjából a várható éghajlatváltozás egyik legnagyobb kérdése lehet.

Az épületek élettartamának meghatározása

Az új épületek várható élettartamának és a meglévő épületek maradék élettartamának meghatározásába, tehát általában az élettartam gazdálkodásba, bele kell illeszteni azokat a kockázatokat, melyeket a várható éghajlatváltozás okozhat.

A beton és habarcs technológia

A várható magasabb hőmérséklet a beton készítésénél és a készbeton szállításánál is okozhat problémákat, de az igazi veszély a helyszíni érlelésnél, utókezelésnél jelentkezhet. Hozzá kell tenni ehhez, hogy a várhatóan nagyobb szélesebbségek és gyakoribb előfordulásuk növelik a zsaluzatokban és az állványzatokban az igénybevételeket, a szél erős szárító hatása pedig növeli az intenzívebb beton utókezelés fontosságát.

A fagyási-olvadási ciklusok számának várható növekedése miatt a beton fagyállósági határainak felülvizsgálata is szükséges lehet.

Az épületek biztosítása

Sajnálatos tapasztalat, hogy a biztosító társaságok igyekeznek kivonulni az épület vihar- és árvízkárok biztosításából, ill. egyre

súlyosabb feltételekhez kötik e termékeik díját. Ennek oka, hogy pl. az Egyesült Államokban több nagy viszontbiztosító tönkrement a floridai hurrikánok gyakoriságának, valamint erősségének növekedése és az előzetesen becsült károk mértékének óriási méretű túllépése miatt. Magyarországon a biztosítók kivonultak az árvízveszélyes területeken lévő épületek biztosításából. Ugyanez történt pl. Angliában is, de ott egyúttal megtiltották az ilyen területeken való építési tevékenységet is. Ha a biztosító nem vagy csak nagyon magas díjjal köt biztosítást, akkor az egyébként is pénzügyileg nehéz helyzetben lévő önkormányzatokra és az államra hárulhat a kárenyhítés, amire képtelenek lesznek. Egy szolidaritási jellegű alap létrehozása segíthetne a károk enyhítésén.

4. AZ ÉPÜLETEK SZEMPONTJÁBÓL MILYEN VÁLASZ ADHATÓ A VÁRHATÓ ÉGHAJLATVÁLTOZÁS KIHÍVÁSAIRA

Javasolt kutatások a meteorológiai hatások meghatározására

A fentebb vázolt kérdések tisztázására a következő kiegészítő kutatások elvégzése szükséges:

- Az 50 évenként előforduló szélesebbség várható maximális értékének és az ehhez közeli értékek gyakoriságának meghatározása a regionális modellben.

- A magassági szélprofil lehetséges változásainak vizsgálata.

- A hóréteg 50 évenként előforduló várható maximális vastagságának és tartósságának meghatározása.

- A fagyási-olvadási ciklusok várható gyakoriságának meghatározása.

- A jégeső kialakulását lehetővé tevő időjárási viszonyok kialakulása, várható gyakoriságának meghatározása.

Javaslatok tartószerkezetek kialakítására és az ezzel kapcsolatos kutatásokra

Az időben várhatóan folyamatosan növekvő meteorológiai hatások miatt az épületeket fel kell készíteni a viszonylag hosszabb intervallumban várható, de pontosan nem meghatározható mértékű változásokra. Erre a nemzetközi szakmai közvélemény két utat lát:

- Az egyik az épület tartószerkezetek robusztusságának növelése (*Larsson, 2004*), ami nem okvetlenül a tömegük növekedését, hanem elsősorban a hatásokkal szembeni ellenállásuk növelését jelenti. Ez pl. magasabb szilárdságú anyagok alkalmazásával, a gyenge pontok és kapcsolatok megerősítésével, az anyag és szerkezeti hibák kijavításával, az öregedési folyamatok lassításával érhető el. Ezeket a szempontokat már az új épületek tervezése alkalmával, ill. a meglévő épületek esetleg szükségessé váló megerősítése során lehet érvényesíteni.

- A másik az épület tartószerkezetek és a felerősítések statikai határozatlanságának növelése, ami a biztonság bizonyos mértékű növelését jelenti a képlékeny igénybevétel átrendeződés következtében (*Lenkei, 1972*).

Továbbá kutatások szükségesek arra vonatkozóan, hogy a meglévő épületek tartószerkezeteibe történő különböző utólagos beavatkozások milyen erőjüket változással járnak.

A szabványosítás kérdései és a kutatások

A hazai és a nemzetközi előírások a meteorológiai hatások éves előfordulási valószínűségére 0,02 értéket adnak meg. Ez az 50 évente egyszer előforduló maximális értéket jelenti. A fő probléma, hogy eddig szokásosan a múltbeli adatok statisztikus értékeléséből határozták meg a hatások értékeit. Most pedig a hatások jövőbeni értékeiből – amelyek meghatározási bizonytalansága jóval nagyobb, mint a múltbeli adatoké – kell az előírások értékeit meghatározni. Várhatóan az értékek tovább növekednek.

Az adott területen elsősorban kétféle kutatásra van szükség, nevezetesen:

- Egy olyan szabályozási elv kialakítására, amely a szabályozási ciklusidőt és azon belül a követelmények növekedését a költségoptimum alapján határozza meg.

- Annak meghatározására, hogy az építési folyamat szereplői (építető, tervező, építő, felhasználó), a társadalom és a szabályzat készítőik milyen jellegű és milyen mértékű kockázatot hajlandók vállalni.

A várható éghajlatváltozással kapcsolatos szakterületi oktatási feladatok

A feladat az, hogy az építészeket és a mérnököket fel kell készíteni a várható éghajlatváltozással kapcsolatos egyre növekvő problémák megértésére és bemutatni számukra a problémák kezelésének módjait.

Ugyancsak szükséges az építészeti és mérnöki felsőoktatás curriculaiban helyet találni a vázolt problémák ismertetésének és azok megoldási lehetőségeinek.

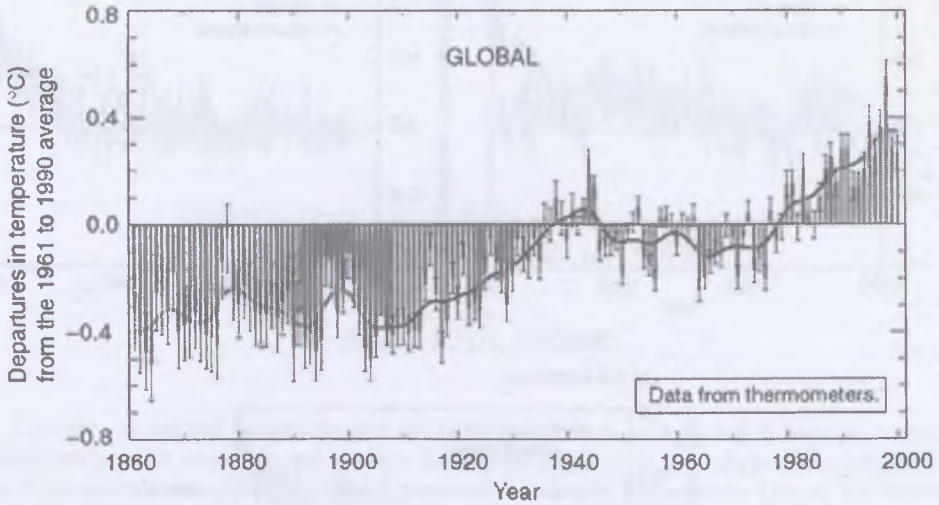
FORRÁSMUNKÁK JEGYZÉKE

- (1) IPCC (2001): Climate Change 2001, Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge (2) LARSSON, B. (2004): Climate change: using robustness as a policy response. Building Research & Information 32 (1) 71–74. pp. (3) LENKEI, P. (1972): Compatibility condition in plastic design of statically indeterminate reinforced concrete structures. Acta Technica Acad. Sci. Hung. 72 (3–4) 341–346. pp. (4) STREEMERS, K. (2003): Towards a research agenda for adapting to climate change. Building Research & Information 31 (3–4) 291–301. pp.

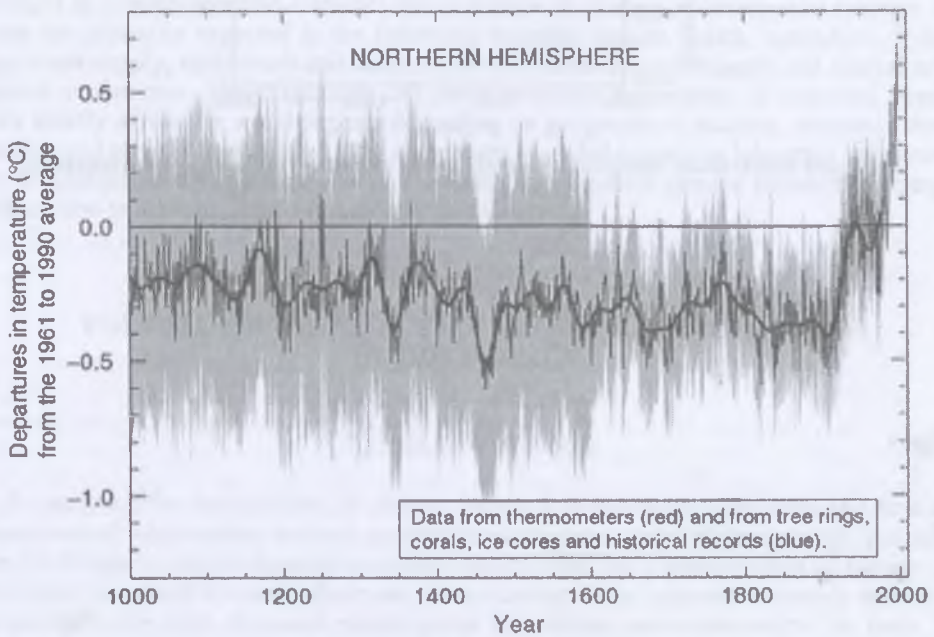
1. ábra

Variations of the Earth's surface temperature for:

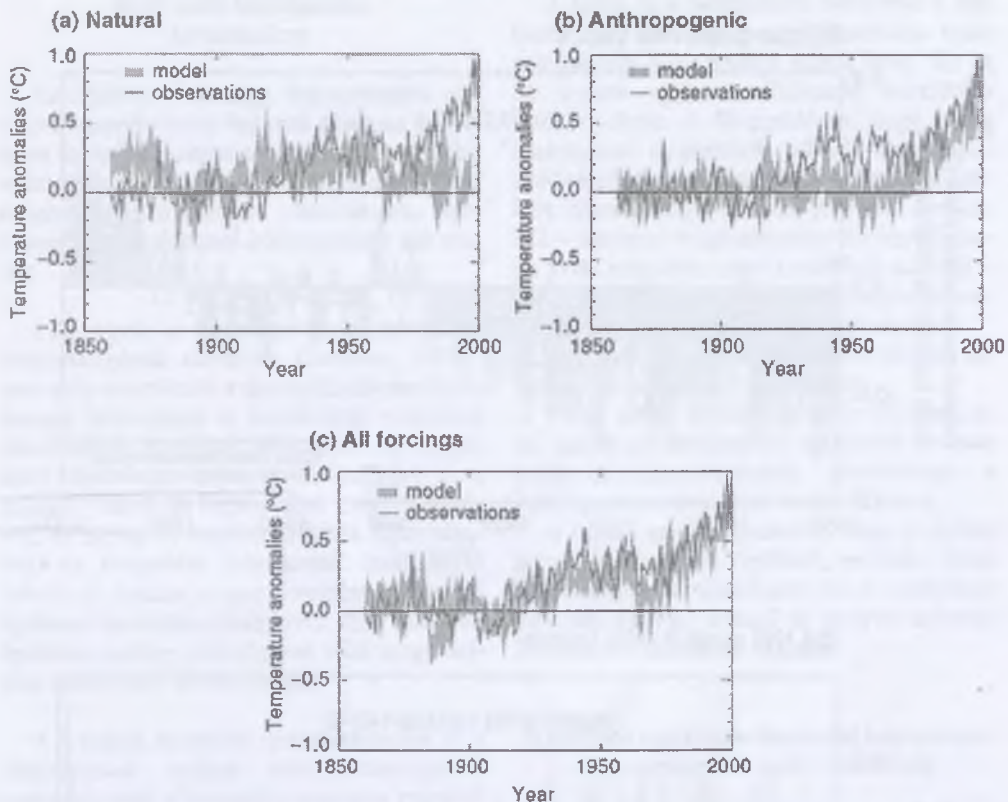
(a) the past 140 years



(b) the past 1,000 years



A globális hőmérséklet emelkedése

Simulated annual global mean surface temperatures

A globális hőmérséklet emelkedése a természet és az emberi tevékenység következtében

THE IMPACTS OF GLOBAL CLIMATE CHANGE ON THE ECONOMY AND SOCIETY

By
SZEGI-TÓTH, FERENC

Climate, its natural variability and the human activities influencing it have multifaceted relationships with economy and society. Ecological impacts of global climate change resulting from greenhouse-gases emitted by mankind are already discernable. Due to the inertia of the climatic system, greenhouse gases emitted in the past will alter the future climate even if their emissions ceased immediately. Climate change will affect mankind's future in various ways: some economic and social impacts will be direct, while others will arise through changes in climate-sensitive elements and processes of various environmental systems. Impacts are primarily expected in the following domains: human health, agriculture, hydrology-water supply, settlements and certain economic sectors, small islands and coastal areas, natural ecosystems. The magnitude and socio-economic importance of expected impacts vary greatly across the world regions depending on geographical location, economic development and social circumstances. The assessment of global impacts is important in preparing for adaptation on the one hand, and for developing long-term climate protection strategies with a view to tolerate climate change, on the other hand.

POSSIBLE SOCIAL EFFECTS OF GLOBAL CLIMATE CHANGE IN THIS COUNTRY

By
SZIRMAI, VIKTÓRIA

In analysing the social effects of climate change, it is expedient to consider as a first step the system of relationships between today's circumstances, global climate change and societies. In Hungary a relatively more moderate-realistic plan has a better chance of success. On this basis the possible social effects are the following: large regional economic and social inequalities may alter, as would macro-spatial population movements related to these, the economic and social structure of large cities may be transformed, that may give new content

to metropolitan centres and their neighbourhoods, climate change may increase the differences between people's life styles, and social inequalities. The amelioration of unfavourable social effects of climate change can only be achieved by international cooperation, unity of interested and affected parties, increase in social support, clarification of common ground between short and long term interests and preparation of a socially acceptable plan for a system of safeguards.

LET US NOT SUFFER, BUT ADAPT TO CLIMATE CHANGE!

By

BELICZAY, ERZSÉBET

We make little effort in preparing local responses to climate change for the purposes of adaptation. Even though heat, as opposed to cold, affects the poor as well as the sick, children younger than four and the elderly. Our specifications, technical solutions and system of taxation should be changed to suit the forces of nature. The percentage of population living in urban areas is on average 50% worldwide and 65% in Hungary. In all 75% of energy produced is used in cities. There are enormous possibilities in saving energy in public transport, in operating buildings and public utilities and in selecting our life style and entertainment. Research and development should be undertaken for improving thermal perception, conservation of precipitation and further utilization of wastewater. Because Hungary lies in a basin, she is rich in water resources. This situation should be reflected in each settlement in the number of free ponds, lakes and drinking fountains, which at present are totally absent. New and present insulation methods should be used to protect buildings against overheating while ensuring natural, energy economic ventilation. In place of air-conditioning units more reasonable equipment should be popularised. When allocating a building area or developing an area it is particularly important to moderate any unpleasant effects due to extreme weather phenomena. Town climate assessment is an important tool in this respect that should be a compulsory element of work supporting town planning.

ANALYSES OF THERMAL ISLAND EFFECTS OF LARGE HUNGARIAN CITIES BY HIGH RESOLUTION SATELLITE IMAGES

By

BARTHOLY, JUDIT – PONGRÁCZ, RITA – DEZSŐ, ZSUZSANNA

Analysis of the urban heat island (UHI) effects for the Budapest agglomeration area and nine other cities located in Carpathian Basin has been made. Remotely sensed data (namely, observations of sensor MODIS on satellites Terra and Aqua) provided the basis for this analysis. Daytime and night-time surface temperature time series, observed in the ten most populated cities of Hungary, have been considered to define the UHI intensity as the difference between spatially averaged surface temperature of the urban and surrounding pixels. Spatial structures of the UHI have been determined and compared in various seasons. The most intense UHIs occur in daytime during summer months in all the cases of cities investigated.

LOCAL AND MICROCLIMATIC MODIFICATIONS IN CITY ENVIRONMENT

By

UNGER, JÁNOS – SÜMEGHY, ZOLTÁN

The effect of cities on climate, although restricted to a relatively small area, is considerably greater than those due to the assumed climate change affecting the entire planet and yet it receives less attention and publicity, even though climate change owing to the artificial environment of settlements is quite significant and concerns an increasing number of persons due to the worldwide progression of urbanisation. Of the stresses affecting city dwellers' health, climatic factors deviating considerably from those in the natural environment play a significant role. It does not just influence city dwellers' perception of comfort, but also their recreation and health and ultimately their economic performance. Therefore in this study we present the latest findings of a research program of several decades' standing at the Szegedi Tudományegyetem Éghajlattani és Tájföldrajzi Tanszék placing the emphasis on phenomena at two different scales.

On the one hand we would like to draw attention to a most conspicuous modification of local climate due to urbanisation that is increased air temperatures in built-up areas compared with that in the general environment. The annual average maximum values of thermal island intensities and the structure of their areal distribution constructed from the Szeged data indicate that thermal modification affects a significant section of the city of Szeged and the phenomenon is closely related to the density and structure of built-up areas.

On the other hand we would like to present a case study showing how the various micro-structures in a relatively small area in a city may differently affect human perception of comfort during a quiet summer day. This bio-climatologic investigation demonstrates the role of vegetation in moderating heat stress in a microenvironment. We have found that the calculated bio-climatic index is closely related to the values of globe radiation at the points measured. This relationship is far more significant than that between air temperature and radiation.

SUSTAINABLE SETTLEMENT STRUCTURES FOR LESSENING THE DANGERS OF CLIMATE CHANGE

By

RUZSÁNYI, TIVADAR

An increased control and regulation of the use of building land is inevitable as is the replacement of settlement growth by sustainable settlement development. Apart from the integration of building land, settlement and public transport in our cities, average building density characterising the dwelling areas of small cities is recommended. Building densities in small cities optimise efficiency for establishing and operating technical and human infrastructures and, in a general sense; they support the economy of urbanisation and sustainable development, especially if distances between places of residence and employment are reduced. The need to enforce land use management and urban economy throws up the idea of establishing also a lower limit for building density that would restrict urban development risking climate changes affecting unfavourably the environment. For this we recommend:

- Development of normative values for sustainable settlement structures (land use, building density)
- Reform of methodological, financial and legal regulations for listing and using building land.
- Establishment of sufficiently competent and effective institutions.

CLIMATE CHANGE: EFFECTS OF WINDS, SNOW, DRIVING RAIN AND ICE ON BUILDINGS

By
LENKEI, PÉTER

The issues concerning buildings discussed in this paper could be summarized by a single question and the answer to it. In particular, are winds, snow, driving rains and ice friends or enemies of buildings considering that their values will in future probably rise due to the expected climate change? The answer is neither: we have to co-exist with these processes, have to have the skill to control them and we must not overlook or neglect the associated problems that will arise.

CONTENTS

STUDIES

<i>Szegi-Tóth, Ferenc</i> : The impacts of global climate change on the economy and society	3
<i>Szirmai, Viktória</i> : Possible social effects of global climate change in this country	18
<i>Beliczay, Erzsébet</i> : Let us not suffer, but adapt to climate change!	25
<i>Bartholy, Judit – Pongrácz, Rita – Dezső, Zsuzsanna</i> : Analyses of thermal island effects of large Hungarian cities by high resolution satellite images	32
<i>Unger, János – Sümeghy, Zoltán</i> : Local and microclimatic modifications in city environment	45
<i>Ruzsányi, Tivadar</i> : Sustainable settlement structures for lessening the dangers of climate change	57
<i>Lenkei, Péter</i> : Climate change: effects of winds, snow, driving rain and ice on buildings	67
Summary	73

MTA KÖNYVTÁR ÉS
INFORMÁCIÓS KÖZPONT

SZÁMUNK SZERZŐI

Bartholy Judit, az ELTE Meteorológiai Tanszék egyetemi tanára, tanszékvezető (1117 Budapest, Pázmány P. sétány 1/A., Tel.: 209-0555/6645, Fax: 372-2904, E-mail: bari@ludens.elte.hu)

Beliczay Erzsébet, a Levegő Munkacsoport elnökhelyettese (1075 Budapest, Károly krt. 3/a., Tel.: 411-0510, Fax: 266-0150, E-mail: beli@zpok.hu)

Dezső Zsuzsanna, az ELTE Meteorológiai Tanszék egyetemi tanársegéde (1117 Budapest, Pázmány P. sétány 1/A., Tel.: 209-0555/6645, Fax: 372-2904, E-mail: tante@nimbus.elte.hu)

Lenkei Péter, a Pécsi Tudományegyetem PMMK Szilárdságtani és Tartószerkezeti Tanszék professor emeritusa (7624 Pécs, Boszorkány u. 2., Tel.: 72/503-650/3838, Fax: 72/213-268, E-mail: lenkeip@witch.pmmf.hu)

Pongrácz Rita, az ELTE Meteorológiai Tanszék egyetemi adjunktusa (1117 Budapest, Pázmány P. sétány 1/A., Tel.: 209-0555/6645, Fax: 372-2904, E-mail: prita@elte.hu)

Ruzsányi Tivadar, a MŰ-HELY Területfejlesztő és Tervező Rt. igazgatója (1065 Budapest, Bajcsy-Zsilinszky út 31., Tel.: 312-4570, Fax: 312-2598, E-mail: ruzsanyi@muhelyrt.hu)

Sümeghy Zoltán, a Szegedi Tudományegyetem Éghajlattani és Tájföldrajzi Tanszék egyetemi adjunktusa (6722 Szeged, Egyetem u. 2., Tel.: 62/544-000/3172, Fax: 62/544-624, E-mail: sumeghy@geo.u-szeged.hu)

Szegi-Tóth Ferenc, a Budapesti Corvinus Egyetem Gazdaságföldrajz Tanszék egyetemi docense (1093 Budapest, Fővám tér 8., Tel.: 217-6706, Fax: 217-6706, E-mail: f.toth@kabsi.at)

Szirmai Viktória, az MTA Szociológiai Kutatóintézet tudományos tanácsadója (1014 Budapest, Uri u. 49., Tel.: 224-6742, Fax: 224-6741, E-mail: h9579szi@ella.hu)

Unger János, a Szegedi Tudományegyetem Éghajlattani és Tájföldrajzi Tanszék egyetemi docense (6722 Szeged, Egyetem u. 2., Tel.: 62/544-587, Fax: 62/544-624, E-mail: unger@geo.u-szeged.hu)