

---

*Emelkedő hőmérséklet és emelkedő tengerek*

Noha civilizációnk fejlődése során jelentős mértékben stabil volt az éghajlat, ez a korszak jelenleg a végéhez közeledik. Új korszakba lépünk, a gyors és gyakran kiszámíthatatlan klímaváltozás korába. Az éghajlattal kapcsolatban most már az lesz a megszokott, hogy minden változik.

Amikor 2007 tavaszán előadást tartottam a Kiotói Egyetemen, megjegyeztem, hogy a Kiotói Jegyzőkönyv szövegének elfogadása óta jelentős szemléletbeli elmozdulás következett be. 1997-ben még egy jövőbeli eseményként beszéltünk az éghajlatváltozásról. Mára az éghajlatváltozás már nem az a jelenség, ami esetleg bekövetkezhet, hanem szemünk láttára zajló folyamat.

Napjainkban nem csak azt tudjuk, hogy a Föld egyre melegebbé válik, hanem látjuk a melegebb éghajlat egyes következményeit is. A hegyek gleccserei szinte mindenhol olvadnak. Gyorsan fogyatkoznak a Himalája gleccserei is, pedig ezek olyan folyóknak a vízellátását biztosítják, amelyek vizével Kína rizsföldjeit és India búzaföldjeit öntözik.<sup>1</sup>

Az éghajlatkutatók figyelme Grönland és Nyugat-Antarktisz olvadó jégtaikarói felé fordul. Ha megmentésük érdekében nem tudjuk elég gyorsan lecsökkenteni széndioxid-kibocsátásunkat, akkor a tengervízszint 12 métert fog emelkedni. A világ sok tengerparti városa víz alá kerül, és több mint 600 millió tengerpartok közelében élő ember kényszerül majd lakóhelye megváltoztatására.<sup>2</sup>

A magas hőmérséklet pusztító hatása több fronton is látszik. A termést kiszárító megleghullámok az utóbbi években kulcsfontosságú élelmiszertermelő területeken csökkentették a gabonahozamokat. 2002-es esztendő rekordmagasságú hőmérsékletei és az aszály csökkentették a gabonatermést Indiában, az Egyesült Államokban és Kanadában: a világ gabonatermése a vártnál 90 milliónál kisebb volt, és ez az évi fogyasztás 5 százalékának felel meg. A 2003-as, rekordokat megdöntő európai hóhullám következtében a világon learatott gabona mennyiség 90 millió tonnával volt kevesebb, mint a fogyasztás. 2005-ben az USA gabonatermelő övezetét hőség és aszály sújtotta, és ez 34 millió tonnával rontotta a világ gabonamérlegét.<sup>3</sup>

Ezek az erős hóhullámok emberéleteket is követelnek. 2003-ban perzselő és rekordokat megdöntő hóhullám kilenc országban 52000 emberéletet. Egyedül Olaszországban 18000 ember halt meg, míg Franciaország vesztesége 14800 ember. Emiatt a hóhullám miatt tizennyolcszor annyi ember vesztette életét, mint 2001. szeptember 11-én, a Világkereskedelmi Központ elleni támadásban.<sup>4</sup>

A biztosítási szektor fájdalmasan veszi tudomásul a magas hőmérsékletek és a viharok hevessége közötti összefüggést. Miközben az időjárással kapcsolatos kárigények az egekbe szöktek, az utóbbi években csökkent a nyereség, és tömeges méretekben romlott a biztosítóintézetek, illetve az őket biztosító viszontbiztosítók hitelbesorolása.<sup>5</sup>

Azok a társaságok, amelyek a múltban rögzített adatok alapján számítják ki a jövőben bekövetkező viharok biztosítási díjait, felismerik, hogy a múlt már nem ad megbízható eligazítást a jövővel kapcsolatban. Ez pedig nemcsak a biztosítási szektornak, hanem mindannyiunknak a problémája. Megváltoztatjuk bolygónk éghajlatát, olyan folyamatokat váltunk ki, amelyeket nem mindig értünk, és képtelenek vagyunk előrejelezni a következményeket.

### **Az emelkedő hőmérséklet és a következmények**

Az Egyesült Államok Nemzeti Légügyi és Űrhajózási Hivatalának Goddard Intézetében dolgozó tudósok az egész Földre kiterjedő és 800 éghajlatfigyelő állomásból álló hálózatra támaszkodva azért gyűjtik az adatokat, hogy a Föld átlaghőmérsékletében bekövetkező változásokat mérni tudják. Az intézet közvetlen mérései 1880-ban kezdődtek.<sup>6</sup>

1970 óta a Föld átlaghőmérséklete 0,6°C-kal emelkedett. Meteorológusok megjegyzik, hogy a mérések szerinti 23 legmelegebb esztendő 1980 után volt, míg a mérések bevezetése óta mért, hét legmelegebb év a legutóbbi kilencéves időszakra esett. E hét évből 2002, 2003, 2005 és 2006 olyan év volt, amelyben jelentős élelmiszertermelő területeken a termés az addig sosem tapasztalt meleg miatt kiégett.<sup>7</sup>

Az ipari forradalom kezdete óta a légkör széndioxid-tartalma jelentősen megnőtt: 277 milliommód részről 2007-ig 384 milliommód részre emelkedett. A világ egyik leginkább előrejelezhető környezeti trendje, a légkör széndioxid-tartalmának éves növekedése, amelyet az okoz, hogy a fosszilis energiahordozók elégetése miatt évente 7,5 milliárd tonna karbon és az erdőirtás miatt további 1,5 milliárd tonna karbon jut a légkörbe. A légkör széndioxid-tartalmának jelenlegi növekedése négyszer akkora, mint az 1950-es emelkedés, és ezt nagyrészt a fosszilis energiahordozók elégetése okozza. Ahogy nő a légkör széndioxid-tartalma, emelkedik a hőmérséklet.<sup>8</sup>

Ha figyelembe vesszük ezt a rekordnagyságú növekedést, korántsem légből kapottak azok az előrejelzések, amelyek szerint ebben az évszázadban a Föld átlagos hőmérséklete 1,1-1,6°C-kal emelkedhet. Ezek annak az Éghajlatváltozással Foglalkozó Kormányközi Testületnek (IPCC) legfrissebb adatai, amelynek szerte a világban 2500 tagja van, és amely 2007-ben kiadott közös egyetértésen alapuló jelentésében megerősítette, hogy az emberiség szerepet játszik a globális felmelegedésben.<sup>9</sup>

Az IPCC (Éghajlatváltozással Foglalkozó Kormányközi Testület) által előrejelzett hőmérséklet-növekedés globális átlag. Valójában azonban a hőmérséklet-emelkedés régiónkénti megoszlása nagyon egyenlőtlen lesz. Sokkal magasabb lesz szárazföldön, mint az óceánokon, a magas északi szélességi fokokon, mint az egyenlítőn és a kontinensek belső régióiban, mint a tengerparti területeken.<sup>10</sup>

A magasabb hőmérsékletek csökkentik a terméshozamokat, a hegyvidékeken található havas és jeges területeken tárolt és a Föld folyóit tápláló víz olvadásához vezetnek, fokozzák a viharok pusztító erejét, növelik az aszály által sújtott területeket, továbbá miattuk nő a hatalmas erdő- és bozóttüzek gyakorisága és pusztító ereje.

Az Amerikai Meteorológia Társaság kaliforniai San Diegóban megrendezett éves közgyűlésén a Nemzeti Légkörkutatói központ munkatársai előadásukban arról számoltak be,

hogy az utóbbi évtizedekben drámaian megnőtt az aszályal sújtott területek nagysága. 1970-ben a Föld teljes szárazföld-területének kevesebb, mint 15 százalékán lehetett nagyon száraz viszonyokat tapasztalni, míg 2002-re ez a terület 30 százalékra nőtt. A tudósok a változás egy részét a hőmérséklet-emelkedésnek, másik részét pedig a lehulló csapadék csökkenésének tulajdonították, és arra is rámutattak, hogy a megvizsgált időszak második felében a magas hőmérséklet fokozatosan egyre fontosabb szerepet játszott. A jelentés fő szerzője, Aiguo Dai arról számolt be, hogy a száraz viszonyok kialakulása legfőképp Európára és Ázsiára, Kanadára, Nyugat- és Kelet-Arikára és Kelet-Ausztráliára koncentrálódik.<sup>11</sup>

Az Amerikai Mezőgazdasági minisztérium Erdészeti Szolgálatának kutatói, 85 esztendő tűzeseteire és hőmérsékleti jelentéseire támaszkodva, 2004 augusztusában azt jelentették, hogy a nyári hőmérséklet 1,6°C-fokos emelkedése a 11 nyugati államban megkétszerezheti az erdőtüzek által érintett területek nagyságát.<sup>12</sup>

A magasabb hőmérsékleti értékek mindenhol hatást fognak gyakorolni az ökológia rendszerekre, és néha ezeket nem lehet majd könnyen előrejelezni. Az IPCC 2007-es jelentése megállapítja, hogy a hőmérséklet 1°C-os emelkedése a fajok majdnem 30 százalékát a kihalás veszélyének teszi ki. A globális éghajlatváltozással foglalkozó PEW központ támogatta azt a kutatást, amelynek keretében mintegy 40 olyan tudományos jelentés adatait elemezték, amely összefüggést talált az emelkedő hőmérséklet és az ökoszisztemek változása között. A nagyszámú változás között megemlíthetjük azt, hogy az Egyesült Államokban a tavasz két héttel korábban érkezik meg, a mezei verebek kilenc nappal korábban rakják a fészkeiket, mint 40 éve, és a vörös rókák lakóhelye északabbra helyeződött, és ezzel elhódítják az északi-sarki róka előfordulási helyeit. Az eszkimókat meglepte a vörösbegyek megjelenése, egy olyan madaré, amelyet eddig még sosem láttak. Sőt az eszkimó nyelvben nincs is szó a „vörösbegyre”.<sup>13</sup>

A Nemzeti Vadrezervátum Szövetség (NWF) jelentése szerint, ha a hőmérséklet emelkedése folytatódik, 2040-ra Észak-Amerika Csendes-óceáni partvidékének államaiban minden öt folyóból egynek a hőmérséklete túl magas lesz ahhoz, hogy a lazac, a szivárványos pisztráng és a pisztráng életben maradjon benne. Paula Del Giudice, az NWF Észak-Nyugati Erőforrás Központjának igazgatója megjegyzi, hogy a „globális felmelegedés óriási megterhelést okoz majd a régió primer, hideg-vízi halainak természetes, még létező környezetében.”<sup>14</sup>

Douglas Inkley, az NWF tudományos főtanácsadója és a Vadrezervátum Társaság egyik jelentésének főszerzője megjegyzi: „Szembe kell néznünk azzal, hogy azok az általunk ismert területek, amelyeken vadon élő állatok élnek–márpedig sok olyan terület létezik, amelynek évtizedek munkáját szenteltük annak érdekében, hogy rezervátumként vagy a vadon élő állatok természetes környezeteként megőrizzük őket–jelenleg ismert formájukban el fognak tűnni, hacsak nem teszünk azért, hogy a jelenlegi előrejelzések megváltozzanak.”<sup>15</sup>

### **A növekvő hőmérséklet hatása terméshozamokra**

A mezőgazdaságot, abban a formájában, amelyben létezik, olyan éghajlati rendszer alakította ki, amely a mezőgazdaság 11000 éves fejlődése során keveset változott. Ebben a már hosszú ideje fennálló rendszerben úgy választották ki a termelt növényeket, hogy a hozamokat maximalizálják. Ahogy nő a hőmérséklet, fokozott mértékben megszűnik a mezőgazdaság és

természetes környezete közötti összhang. Nincs olyan terület, amelyben ez ne látszana annyira, mint a hőmérséklet és a termés hozamok közötti kapcsolatban.

Mivel az egyes növényfajtákat sok országban az adott fajta számára legkedvezőbb vagy ahhoz közel álló hőmérsékleti viszonyok között termesztik, a növekedési időszak ideje alatt bekövetkező viszonylag kicsi, 1-2°C-os hőmérsékletemelkedés is, a gabonatermés jelentős csökkenését okozhatja olyan jelentős élelmiszertermelő területeken, mint az Észak-Kínai Síkság, India Hindusztáni-alföldje és az USA gabonaövezete.<sup>16</sup>

A magasabb hőmérséklet csökkentheti, sőt meg is állíthatja a fotoszintézist, megakadályozhatja a növények beporzását és a termés kiszáradásához vezethet. Bár a hőmérséklet emelkedését okozó, légköri széndioxid-koncentráció megemelkedése a termés hozamok emelkedéséhez is vezethet, a legfontosabb növényfajták esetében a magasabb hőmérsékleti értékek káros hatása nagyobb, mint a hozamnövelő hatás.

A helyi ökoszisztémák fenntarthatóságáról szóló tanulmányában, Mohan Wali és kollégái az Ohio Állami Egyetemről rámutatnak arra, hogy a hőmérséklet emelkedésével növekszik a növények fotoszintézise, és egészen addig, amíg a hőmérséklet eléri a 20°C-ot. Ennél nagyobb hőmérséklet esetében a fotoszintézis intenzitása változatlan egészen 35°C-ig, majd ezután elkezd csökkenni, és 40°C-on a fotoszintézis teljesen leáll.<sup>17</sup>

A növények életének legsebezhetőbb része a porzási időszak. A világ három legalapvetőbb élelmiszere, a rizs, a gabona és a kukorica közül, a kukorica különösen sebezhető. Annak érdekében, hogy a beporzás megtörténjen, kukorica polleneknek le kell hullania címeréről a minden kukoricacsőből kilógó kukoricabajuszra. A kukoricabajusz minden egyes szála össze van kötve a kukoricacsőben lévő maggal. Ahhoz, hogy a mag fejlődésnek induljon, egy pollenszemnek kell hullania a bajuszra, majd el kell jutnia a maghoz. Ha a hőmérséklet különösen magas, a kukoricabajusz szálai gyorsan kiszáradnak és megbarnulnak, és képtelenek betölteni a szerepüket a megtermékenyítési folyamatban.

A Fülöp-szigeteken részletesen tanulmányozták a hőmérséklet hatását a rizzsporzásra. Az ottani tudósok arról számolnak be, hogy míg a rizs beporzása 34°C-on 100 százalékos, addig 40°C-on már majdnem nulla százalékra esik vissza, ami a termelt növény elpusztulását eredményezi.<sup>18</sup>

A magas hőmérséklet a növények kiszáradásához is vezethet. Ahhoz, hogy megértsük, milyen hatással van a hőmérséklet a rizs beporzására egy tudóscsoportra van szükség, de azt bárki felismeri, hogy a kiszáradt kukoricamezőn a víz hiányzik. Amikor a kukorica levelei összekunkorodnak, hogy kisebb felületet érjen napsugár, akkor csökken a fotoszintézis. Amikor a levelek fonákján található stomata elnevezésű apró pórusok összeszűkülnek, hogy csökkentsék a vízvesztéséget, csökken a növény szén-dioxid felvétele, és ez visszafogja a fotoszintézist. A megemelkedett hőmérséklet körülményei között (az egyébként az ideális körülmények között bőségesen termő) kukorica hőgutát kap.

Az utolsó néhány évben, a növényfajtákkal foglalkozó ökológusok számos országban a hőmérséklet és a termés hozamok közötti összefüggésnek szentelték a figyelmüket. Az egyik legátfogóbb kutatási projektre a Fülöp-szigeti Nemzetközi Rizskutató Intézetben (IRRI) került sor. Az egyes növényfajtákkal foglalkozó, neves kutatók az öntözött rizs kísérleti parcelláin mért termés hozam-adatak alapján megerősítették az alapszabályt: ha a hőmérséklet a

normálisnak számító értéket 1°C-kal meghaladja, akkor ez 10 százalékkal csökkenti a búza, a rizs és a kukorica hozamokat. Az IIRI kutatási eredménye összhangban állt a többi nemrég lezajlott kutatás megállapításaival. A kutatók arra következtetésre jutottak, hogy a „globális felmelegedésből fakadó hőmérséklet-emelkedés következtében egyre nehezebbé válik a Föld növekvő lakosságának élelmezése.”<sup>19</sup>

Két indiai kutató, K. S. Kavi Kumar és Jyotki Parikh, megbecsülte, hogy a magasabb hőmérsékletnek milyen hatása van a búza- és rizshozamokra. Tíz hely adataira támaszkodó modelljük alapján arra a következtetésre jutottak, hogy Észak-Indiában az éves középhőmérséklet 1°C-os növekedése nem csökkenti észrevehető módon a búzahozamokat, de a 2°C-os növekedés már majdnem minden helyen hozamfogyással járt. Ha csak a hőmérsékletváltozást vették figyelembe, a 2°C-os hőmérséklet-növekedés az öntözött területek búzahozamát 37-58 százalékkal csökkentette. Amikor a magasabb hőmérsékletek negatív, továbbá a szén-dioxid dúsulás pozitív hatását együtt vették figyelembe, akkor a megfigyelt termőhelyek hozamcsökkenése a nyolctól harmincnegyzig terjedő sávba esett. Egy olyan ország számára, amelyben az előrejelzések szerint az évszázad közepéig 500 millióval fog nőni a lakosság, ez a prognózis aggasztónak mondható.<sup>20</sup>

### **A magas hegységekben lévő édesvízkészletek**

A hegyekben található hó és jégtömeg a természet édesvíztározójaként működik. A természet így tárolja a vizet, amellyel a száraz időszakok idején a folyókat táplálja. Most épp ezeket a tározókat fenyegeti a hőmérséklet-emelkedés. A hegyvidékeken már egy 1°C-os emelkedés is lényegesen csökkentheti a hóként lehulló csapadék teljes csapadékmennyiséghez viszonyított arányát, és megnövelheti annak esélyét, hogy ez a csapadék esőként hullik le. Ez viszont az esős évszakok idején megnöveli az áradásokat, és csökkenti a folyókba jutó, hóból keletkező olvadékvizet.

Olvadnak a száraz évszak alatt folyókat tápláló gleccserek. Néhány közülük már teljesen eltűnt. A világ egyetlen régiójában sem aggódnak annyira a gleccserek olvadása miatt, mint Ázsiában, ahol 1,3 milliárd ember vízellátását a Himalájából és a szomszédos Csinghaj-Tibeti-fennsíkrol eredő folyók szolgáltatják.<sup>21</sup>

Az Indiában található Gangtori-gleccser, amely a Gangesz vízhozamának 70 százalékát szolgáltatja, olvad, és pedig egyre gyorsuló ütemben. Ha ez az olvadás tovább gyorsul, Gangtori-gleccser várható élettartamát már csak évtizedekben lehet majd mérni, és a Gangesz olyan folyó lesz, amelyben csak egy évszakban, az esős évszak idején lesz víz. A Gangesz medencéjében élő 407 millió indiai és bangladesi lakos számára ez a vízhozamcsökkenés az életüket fenyegető fejleménynek számít.<sup>22</sup>

Kína még nagyobb mértékben van ráutalva arra, hogy a folyók vizét öntözésre használja, és ezért ott a helyzet sokkal súlyosabb. A kínai kormány adatai jelzik, hogy a Sárga és a Jangce folyók vizét tápláló Csinghaj-Tibeti-fennsík gleccserei évi 7 százalékos ütemben olvadnak. A 147 millió embernek otthont adó Sárga Folyó medencéje a száraz évszakokban nagy vízhozam-csökkenésen mehet át. A Sárga Folyónál sokkal nagyobb Jangcét is fenyegeti a gleccserek eltűnése. A medencében lakó 369 millió ember élelmezése óriási mértékben függ a Jangce vízával öntözött rizsföldekről származó rizstől.<sup>23</sup>

Yao Tangdong, az egyik legjelentősebb kínai gleccserszakértő előrejelzése szerint Kína gleccserei 2060-ra eltűnhetnek. „Ha a Csinghaj-Tibeti-fennsík gleccserei teljesen elolvadnak – jegyzi meg Yao – , akkor ez végül is ökológiai katasztrófához fog vezetni.”<sup>24</sup>

A világ tetejének számító fennsíkról ered, többek között, az Indus, amelynek medencéjében India és Pakisztán területén 178 millió ember él, a Brahmaputra, amelyik Bangladeszt szeli át és a Mekong, amely Kambodzsát, Laoszt, Tájféldet és Vietnámot látja el vízzel.<sup>25</sup>

Afrikában, a Tanzániában található hófödte Kilimandzsáróról lehet, hogy hamarosan teljesen el fog tűnni a hó és a jég. Az Ohioi Állami Egyetem gleccserkutatójának, Lonnie Thomsonnak a tanulmányai rámutatnak arra, hogy 1989 és 2000 között Afrika legmagasabb hegye jégtakarójának 33 százalékát veszítette el. A kutató előrejelzése szerint 2015-re a hófödte csúcs teljesen eltűnhet. A közelben lévő Mount Kenya 18 gleccseréből 7-et veszített el. Az ezen gleccserek által táplált folyók egyre inkább csak egy szezonban létező folyókká válnak, és ez konfliktust okoz aközött a 2 millió ember között, akiknek a vízellátása a száraz időszakban ezektől az emberektől függ.<sup>26</sup>

Bernard Fancou, a francia kormány Kutatási és Fejlesztési Intézetének kutatási igazgatója szerint az elkövetkező 15 évben a dél-amerikai gleccserek 80 százaléka el fog tűnni. Olyan országok számára, mint pl. Bolívia, Ecuador és Peru, amelyek háztartási és öntözési célú vízellátásuk céljából a gleccserek vizére támaszkodnak, ez nem jó hír.<sup>27</sup>

Peru, amelyik az Andok hatalmas hegylánca mentén 1600 kilométer hosszúságban terül el, és amelyik a Föld trópusi gleccserei 70 százalékának ad otthont, bajban van. Gleccserállományának mintegy 22 százaléka, amely a fél-sivatagos, tengerparti vidékeken található városokat vízzel látja el, eltűnt. Lonni Thompson arról számol be, hogy a dél-perui Quelccaya-gleccser, amelyik a hatvanas években még csak évi hat méterrel zsugorodott, jelenleg már évente 60 méterrel húzódik vissza.<sup>28</sup>

Sok perui földműves búza- és burgonyaföldjeiket olyan folyók vizével öntözi, amelyek vízhozama ezekből az eltűnő gleccserekből származik. Peru 28 millió lakosa számára a zsugorodó gleccserek végül is csökkenő élelmiszerkínálathoz vezetnek.<sup>29</sup>

A 7 millió lakosú Lima a legtöbb vizet három, az Andok magas hegyeiből eredő folyóból kapja, és ezeket a folyókat részben a gleccserek olvadékvize táplálja. Míg a gleccserek olvadnak, a folyók vízhozama magasabb, mint a normális hozam, de ha már teljesen eltűntek, a vízhozamok zuhanásszerűen csökkennek majd, és Limában súlyos vízhiány alakul ki.<sup>30</sup>

Sok olyan mezőgazdasági terület létezik, ahol a hó és a jég a legfontosabb forrása az öntözésnek és az ivóvíznek. Az USA dél-nyugati részében a régió fő öntözővíz forrása, a Colaradó folyó, amelynek vízhozama nagyrészt a Sziklás-hegység hómezőiről származik. Kalifornia, azon kívül, hogy jelentős mértékben támaszkodik a Colardo folyóra, az állam keleti részéből származó Sierra Nevada hóolvadékát is hasznosítja. Mind a Sierra Nevada, mind a tengerparti hegylánc szolgáltató öntözővizet a világ gyümölcsös- és zöldségeskertjének számító kaliforniai középső régióknak.<sup>31</sup>

Egy tanulmány megvizsgálta az emelkedő hőmérséklet hatásait az USA nyugati részén található három legfontosabb folyómedencére, a Columbiára, a Sacramentora és a Coloradora. Az előzetes eredmények jelezték, hogy az ezeket a folyókat tápláló hegyekben található téli hómennyiség drámai mértékben fog csökkenni, és hogy téli hóesések és áradások gyakorisága is emelkedni fog.<sup>32</sup>

Ha a jelenlegi energiapolitika változás nélkül folytatódik, akkor (a globális éghajlatmodellek szerint) a század közepéig az Egyesült Államok nyugati részén 70 százalékkal fognak csökkenni a hóval fedett területek. A Washington államban található óriási gyümölcsstermesztő régióról, a Yakima folyó völgyéről készített részletes tanulmány, amelyet az USA Energiaügyi Minisztériuma Észak-Nyugati Nemzeti Kutatóintézete készített, kimutatja, hogy a hóval fedett területek és az öntözésre rendelkezésre álló vízmennyiség csökkenésével párhuzamosan egyre súlyosabb veszteségek érik a terméshozamokat.<sup>33</sup>

A közép-ázsiai országok (Kazahsztán, Kirgisztán, Tádzsikisztán, Türkmenisztán és Üzbegisztán) mezőgazdasága az öntözésre használt vizet nagymértékben a Hindu Kush, a Pamir és a Tien Shan hegyvidékről származó olvadékhóból nyeri. A közelben lévő Irán az országban elhasznált víz jelentős részét a Teherán és Kaszpi-tenger között elterülő 5700 méter magas Elburz-hegyvidék olvadékhavából nyeri.<sup>34</sup>

A világ legfontosabb hegységeiben található jég- és hótömeget, és a benne raktározott víz rendelkezésre állását adott tényként kezelik egyszerűen azért, mert ezek a jéggel és hóval fedett területek a mezőgazdaság létrejötte előtti idők óta léteznek. Ez jelenleg megváltozik. Ha tovább folytatjuk a Föld hőmérsékletének növelését, akkor elveszíthetjük azokat a magas hegységekben található édesvízkészleteket, amelyekről városok és mezőgazdasági termelők léte függ.

### **Az olvadó jég és a tengerek vízszintjének megemelkedése**

A hegyvidékeken elolvadó jég nemcsak a folyamok hozamát befolyásolja, hanem hatással a van tengerek vízszintjének megemelkedésére is. A nagyobb léptékű változásokkal kapcsolatban megemlíthető, hogy a Föld két hatalmas Déli-sarkon és Grönlandon található jégpáncéltakarójának elolvadása jelentősen megemelheti a tengerszintet. Ha a grönlandi jégtakaró tényleg elolvadna, akkor ez hét méterrel emelné meg a tengerszintet, míg a Déli-sark nyugati régiójában található jégtakaró elolvadása a tengerszintet 7 méterrel emelné meg. De ezen jégmezők részleges elolvadása is már drámai befolyással lesz a tengervízszint megemelkedésére. Vezető tudósok mutatnak rá arra, hogy az Éghajlatváltozással Foglalkozó Kormányközi Testületnek (IPCC) erre az évszázadra vonatkozó, 18-59 centiméteres emelkedést valószínűsítő előrejelzései mára már elavultak, és ugyanebben az időszakban most már egy 2 méteres emelkedés is lehetséges.<sup>35</sup>

A grönlandi jégtakaró esélyeinek megbecslése csak úgy lehetséges, hogy először a északi-sarki régió felmelegedését vesszük szemügyre. Egy 2005-es tanulmány, amelynek címe *A felmelegedő Északi-sark hatása*, arra a következtetésre jutott, hogy a Északi-sark majdnem kétszer olyan gyorsan olvad, mint a világ többi része. A kutatást a Északi-sarki Klímahatás Felmérése (ACIA) nevű szervezet 300 kutatót tömörítő nemzetközi kutatócsoportja végezte, és megállapította, hogy a Északi-sarkot körbevevő régiókban, ideértve Alaszkát, Nyugat-Kanadát, és Kelet-Oroszországot, a hőmérséklet már 3-4°C-kal

emelkedett a múlt évszázad során. Robert Corell, az ACIA elnöke megjegyezte „ez a Földnek az a régiója, amelyik a leggyorsabb és legsúlyosabb éghajlatváltozásán megy keresztül.”<sup>36</sup>

Az Alaszkában, Kanadában, Grönlandon és az Oroszországi Föderáció területén élő 155000 eszkimó képviselőjében beszélve, Sheila Watt-Cloutier, az amerikai szenátus kereskedelmi bizottsága előtt tartott meghallgatáson elmondta, hogy a változó éghajlat körülményei között népének harca a fennmaradásért „tömören tükrözi azt, ami az egész bolygónkkal történik”. Az Északi-sark olvadását „döntő fontosságú eseménynek” nevezte planétánk történelmében, majd hozzáfűzte, hogy a „Föld a szó szoros értelmében olvad”.<sup>37</sup>

Északi-sarki Klímahatás Felmérése (ACIA) nevű szervezet jelentése leírja, hogy a jéggel borított területek zsugorodása mennyire katasztrofális hatással jár a jegesmedvék számára, és kérdésessé vált, hogy vajon ez az állatfaj képes lesz-e túlélni a változásokat. Egy későbbi jelentés már arról tudósít, hogy a túlélésért harcoló jegesmedvék között megfigyelték a kannibalizmust is. A jégmezőkön élő fókák is, az eszkimók alapvető tápláléka, is veszélybe került.<sup>38</sup>

Ezen 2005-ből származó jelentés óta sok új bizonyíték merült fel azzal kapcsolatban, hogy a probléma jóval rosszabb, mint az korábban gondolták. A Nemzeti Hó és Jég Adatközpont és a Nemzeti Légkörkutatói Központ, az 1953-tól 2006-ig terjedő időszakra adatokat állított össze a Jeges-tenger nyári időszakokban zajló olvadásáról, és arra a következtetésre jutott, hogy a jég sokkal gyorsabban olvad, mint azt a különböző éghajlati modellek jelezték. Megállapították, hogy 1979 és 2006 között a nyári időszak jégtakaró zsugorodása felgyorsult 9,1 százalékos/évtizedes ütemre. 2007-ben a jégtakaró a 2005-ben tapasztalt legkisebb jégtakaró területhez képest is 20 százalékkal csökkent. Ezek az adatok jelzik, hogy a Jeges-tenger már jóval 2050 előtt jégmentessé válhat. Az Északi-sarkot kutató Julianne Stroeve megjegyezte, hogy a Jeges-tenger jégtakarójának zsugorodása minden valószínűség szerint elért „egy olyan fordulópontot, amely láncreakcióként olyan éghajlatváltozást indíthat el, amelynek hatása még a mérsékelt égövben is érezhető lesz.”<sup>39</sup>

A NASA Goddard Űrrepülési központjának vezető tudósának, Joséfino Comisonak a nemrég napvilágot látott tanulmánya ezt az aggodalmat erősíti meg. Comiso az első, aki arról számolt be, hogy a Jeges-tenger téli jégtakarója is 2005-ben és 2006-ban egyaránt 6 százalékkal csökkent. Ez az új fejlemény, továbbá az, hogy a jégtakaró vastagsága is csökken további bizonyíték arra, hogy a Jeges-tenger jégtakarója sokkal korábban eltűnhet, mint azt korábban lehetségesnek gondolták.<sup>40</sup>

Az USA Nemzeti Hó és Jég Adatközpontjában dolgozó Walt Meier, aki a Jeges-tenger jégtakarójának változásait követi nyomon, a téli időszakban lezajló jégfelület-zsugorodást riadtan figyel. Úgy véli, hogy az Északi-sark régiója minden bizonnyal fordulóponthoz ért. „Az emberek megpróbálták módszereket kidolgozni arra, hogy hogyan lehet visszajutni a kiindulóponthoz. Egy alagútban haladunk egyre előre, és egyre nehezebbé válik a kijutás.” Jelenleg néhány kutató véleménye szerint a nyári időszakban már 2030-ban teljesen jégmentessé válhat a Jeges-tenger.<sup>41</sup>

A tudósok amiatt aggódnak, hogy „önfelerősítő visszacsatolási folyamatok” kezdődhetnek. Ez a kifejezés egy olyan helyzetet jelöl, amelyben egy már meglévő folyamat elkezd önmagát felerősíteni. Ezek közül a visszacsatolási folyamatok közül kettő miatt

különösképp aggódnak a tudósok. Az Északi-sark régiójában az első ilyen hatás az ún. albedo-hatás.

Amikor a Földre eljutó napsugarak elérik a Jeges-tenger jegét 70 százalékuk visszaverődik a világűrbe, és csak harminc százalékukat nyeli el a felszín hőként. Ahogy azonban olvad az óceán vize, és a beérkező napsugarak elérik a sokkal sötétebb nyílt vizeket, csak 6 százalékuk verődik vissza a világűrbe és 94 százalékuk hővé alakul át. Feltehetőleg ez az oka annak, hogy a Jeges-tenger jégtakarója gyorsuló ütemben zsugorodik, és annak is, hogy emelkedik a régió hőmérséklete, ami viszont közvetlen hatással van a Grönland jégtakarójára.<sup>42</sup>

Ha a Jeges-tenger jégtakarója elolvad, akkor ez nem fogja megemelni a vízszint magasságát, mert ez a jég már benn van a tengervízben. De ahogy a Földre érkező napsugarak egyre növekvő részét hőként nyeli el a Föld, az északi-sarki övezet sokkal melegebbé válik. Ez utóbbi jelenség különös aggodalomra ad okot, mivel Grönland legnagyobb része az Északi-sarkkörön belül terül el. Ahogy az északi-sarki övezet melegszik, megkezdődik a szigetet borító, helyenként akár 1,6 kilométer vastagságú jégpáncél olvadása.<sup>43</sup>

A második önfelerősítő visszacsatolási folyamat a jég olvadásával kapcsolatos. Amiről a tudósok valaha azt gondolták, hogy egy meglehetősen egyszerű lineáris folyamat, azaz hogy a hőmérséklet alakulásának függvényében a jégréteg felszínének egy része minden évben elolvad, az most jelenleg sokkal bonyolultabbnak tűnik. Ahogy a felszíni jég elkezd olvadni, a víz egy része a gleccser repedésein leszivárog, és csúszóssá teszi a gleccser és az alatta lévő jégréteg közötti érintkezést. Ez felgyorsítja a jégréteg gleccserszerű mozgását, és a jéghegyek óceánba jutását. A gleccseren keresztül folyó, viszonylag meleg víz sokkal gyorsabban viszi le a felszínen található hőt a jégréteg mélyére, mint az egyszerű hővezetés útján.<sup>44</sup>

Számos, nemrégén készült jelentés arról számol be, hogy a grönlandi jég olvadása felgyorsult. 2006 szeptemberében napvilágot látott a *Science*-ben egy jelentés, amely arról tudósított, hogy az utolsó pár esztendőben jégolvadás üteme megháromszorozódott ezen a hatalmas szigeten. Ugyanebben a hónapban a Coloradói Egyetem tudóscsoportja megjelentetett egy tanulmányt a *Nature*-ban, amely jelzi, hogy 2004 és 2006 áprilisa között a grönlandi jégmezők zsugorodásának üteme 2,5-szer volt nagyobb, mint az azt megelőző két évben. 2006 októberében a NASA tudósai jelentették, hogy a gleccserek tengerbejutása felgyorsult. A NASA Sugárhajtású Motorokat Vizsgáló Laboratóriumának munkatársa kijelentette: „Ezen jelenségek egyikét sem jelezték előre a számokra építő modellek, és ez azt jelenti, hogy az összes előrejelzés, amely a grönlandi jég olvadásának a tengervízszintre gyakorolt hatásával foglalkozott, a valóságnál sokkal kisebb adatokat tartalmazott.”<sup>45</sup>

A világ túlsó végében található 2 kilométer vastagságú antarktisi jégréteg, amely egy Ausztráliánál kétszer nagyobb kontinenst takar jéggel és a világ édesvízkészleteinek 70 százalékát tartalmazza, szintén olvadásnak indult. Azok a jégrétegek, amelyek a kontinens területéről benyúlnak a szomszédos tengerekbe riasztó sebességgel kezdtek el széttöredezni.<sup>46</sup>

2007 májusában a NASA és a Coloradói Egyetem közös kutatócsoportja olyan műholdfelvételekről számolt be, amelyek szerint a Déli-sarki jégréteg belső területén egy Kalifornia állam nagyságú területen rendkívül sok helyen olvad a jég. Ez a 2005-ben lezajló olvadás a kontinens peremétől 900 kilométerre és a Déli-sarktól mindössze 500 kilométerre történt. Konrad Steffen a kutatócsoport egyik tagja megjegyzi: „Az Antarktisi-félsziget

kivételével a legutóbbi időkben kevés vagy semmi jele nem volt az olvadásnak, de most nagy területeken tapasztalhatjuk az olvadás első hatásait.”<sup>47</sup>

Az Antarktisz partjainál lévő jégrétegeket a gleccserek tenger felé történő mozgása alakítja. A jégnek ez az áramlása, amelyet az tesz lehetővé, hogy a szárazföldön folyamatosan új jég keletkezik, majd a kontinens peremén lévő jég széttöredezik, és jéghegyek jutnak a tengerbe, önmagában nem új jelenség. Ami új, az a folyamatok sebessége. Amikor a Larsen A, az Antarktisz keleti partján lévő gigantikus méretű jégtömb, szétesett, ez jelezte, hogy a régióban valami nem stimmel. Ezt követően egy 11000 négyzetkilométeres, Connecticut állam nagyságú jéghegy tört le az Antarktisz Ross-jég nevű régiójáról.<sup>48</sup>

Miután a Larsen A széttöredezett, a régióban uralkodó hőmérséklet-emelkedést figyelembe véve, már csak az idő kérdése volt, hogy a szomszédos Larsen B jégtömbje mikor szakad le. Így tehát, amikor 2202 márciusában a Larsen B összeroppan és tengerbe került, ez nem okozott különösképp nagy meglepetést. Ezzel egyidőben egy hatalmas jégtömb törött le a Thwaites-gleccserről. Ez a jéghegy a maga 15000 négyzetkilométeres területével akkora mint Rhode Island.<sup>49</sup>

Még a nagy tapasztalattal rendelkező tudósok is döbbenetben látják, hogy a jégmező széttöredezése milyen gyorsan zajlik. „Az olvadás hihetetlenül gyors” – mondja Dr. David Vaughan, a Brit Antarktisz-kutató Csoport gleccserszakértője. Ez a szervezet már régóta rendkívül nagy figyelemmel követi a Larsen-jég nevű terület folyamatait. Az Antarktisz-félsziget mentén a Larsen-jég környékén az utolsó öt évtizedben az átlagos hőmérséklet-emelkedés 2,5°C-fokos volt.<sup>50</sup>

Ha azok a jégtömbök törnek le a kontinens jégéről, amelyeknek legnagyobb része a tengerben van, ennek önmagában nincs jelentős hatása a tengervízszint alakulására. De a parti jégtömbök nélkül, amelyek lassítják a jellemzően 400-900 méter/év sebességgel zajló gleccserszűrést, a kontinens belsejéből a tenger felé haladó jég mozgása felgyorsul, és ez az Antarktisz peremén lévő jég elvékonyodásához vezethet. Ha ez tényleg bekövetkezne, akkor nem maradna el az olvadással arányos tengervízszint emelkedés.<sup>51</sup>

A Nemzetközi Intézet a Környezetvédelemért és a Fejlesztésért (IIED) elemezte, hogy milyen hatással lenne a tengerszint 10 méteres megemelkedése, és így jobban el tudjuk képzelni, hogy mivel járna, ha a Föld legnagyobb jégtakarói elolvadnának. Az IIED tanulmány legelején a szerzők rámutatnak arra, hogy világszerte 634 millió ember él a tengerpartokon 10 méterrel vagy ennél kisebb magasságban a tengerszint felett. A tanulmány ezeket a területeket alacsonyán kiemelkedő tengerparti területeknek hívja. Ebbe a rendkívül sebezhető csoportba tartozik a földkerekség városi lakosságának egy nyolcada.<sup>52</sup>

Az egyik legsebezhetőbb ország Kína, amelyben a környezeti menekültek potenciális száma 144 millió. Kína után következik India 63 millió és Banglades 62 millió potenciális környezeti menekülttel. Vietnamban a veszélyeztetett emberek száma 43 millió, míg Indonéziában 42 millió. A legsebezhetőbb államok tízes listáján szerepel még Japán 30 millió, Egyiptom 26 millió és az Egyesült Államok 23 millió potenciális környezeti menekülttel.<sup>53</sup>

A világ eddig még sosem szembesült annak lehetőségével, hogy ennyi ember válhat menekültté. A menekültek egy része saját országában lesz képes más területekre vándorolni. Mások, mivel saját hazájuk belső régióiban óriási zsúfoltsággal szembesülnének, valószínűleg

hazájukon kívül keresnének menedéket. Bangladesnek, amely már jelenleg is a világ egyik legsűrűbben lakott országa, még nagyobb zsúfoltsággal kellene szembesülnie, hiszen 62 millió környezeti menekült kényszerülhet arra, hogy beköltözzön azokra a magasabban fekvő területekre, amelyeken már 97 millió ember él. Vajon hajlandó lesz-e egy olyan, ritkább népsűrűségű ország, mint például az Egyesült Államok, az emelkedő tengerszint előtt menekülő, egyre növekvő számú embert fogadni, miközben ő maga is azzal küszködik, hogy 23 millió saját állampolgárának új lakóhelyet találjon?<sup>54</sup>

A tengerszint emelkedésének következtében nemcsak olyan, a világ legnagyobb városai közé tartozó települések, mint Sanghai, Kalkutta, London és New York, kerülnének részben vagy teljes egészében víz alá, hanem óriási területű termőföld is elveszne. Ázsia rizstermelő folyódeltái és áradások lévén létrejött síkságait befedné a sós víz, és ez megfosztaná Ázsiát az élelmiszerellátásnak egy részétől. Az első osztályú termőföldek elvesztése legalább akkora baj lenne, mint a folyóvizek hozamának csökkenése, amit a Himalája gleccsereink eltűnése okoz.<sup>55</sup>

Végül is felmerül az a kérdés, hogy vajon a kormányok elég erősek-e ahhoz, hogy leküzdjék azt politikai és gazdasági sokkot, amit óriási számú népesség áttelepítése okoz, miközben lakóépületek és ipari létesítmények pusztulnak el. A lakosság áttelepítése nem csupán belső ügy, mivel az otthonukat veszített emberek nagy számban más országokba akarnak költözni. Vajon képesek lesznek-e az országok kibírni ezeket a csapásokat, vagy egyre több állam össze fog roppanni?

### **Pusztítóbb erejű viharok**

A tengerszint megemelkedése nem az egyetlen veszély, amit a globális hőmérséklet-növekedése okoz. A trópusokon a tenger felszíni hőmérséklete megemelkedik, és ez azt jelenti, hogy nő annak az atmoszférába kisugárzott energiának a mennyisége, ami tropikus viharokat mozgatja, és ez pusztítóbb viharokhoz vezet. A tengerek vízszintjének emelkedése, a hatalmasabb viharok és erősebb viharlökések együttes hatása katasztrofális lehet.<sup>56</sup>

2005 augusztusának utolsó napjaiban, mikor a Katrina nevű hurrikán New Orleans közelében elérte a Mexikói-öböl partvidékét, világos lett, hogy az előbb említett tényezők együttes hatása mennyire katasztrofális lehet. Néhány Mexikói-öböl partján lévő városban a hurrikán következtében a tengerszint a normális szinthez képest 8,5 méter magasra emelkedett és minden épületet lerombolt. New Orleans túlélte a vihar első csapását, de amikor a szárazföldi gátak átszakadtak, a város nagy részét elárasztotta a víz. Ezek rekedtek a háztetőkön. Még 2006 augusztusában, egy évvel a vihar után is, a város legsúlyosabban megrongálódott területein nem volt víz, energiaellátás, szennyvízcsatornák nem működtek, nem volt szemétszállítás és telekommunikációs összeköttetés.<sup>57</sup>

Mivel előzetesen figyelmeztettek a viharra és hivatalos helyekről is sürgették a lakosságot, hogy ürítsék ki a tengerparti területeket, mintegy 1 millió ember hagyta el lakóhelyét, és észak felé, Louisiana államba, illetve a szomszédos Texasba és Arkansasba menekült. Az egy millió menekültből 290000 fő még nem tért vissza, és valószínűleg már sosem fog. Ezek a vihar előtt otthonukból elmenekülő emberek a környezeti menekültek első olyan csoportja, amelyik az éghajlatváltozás miatt kényszerült otthona elhagyására.<sup>58</sup>

Eddig a Katrina volt a legnagyobb anyagi kárt okozó hurrikán, amely valaha is valahol partot ért. A 2004-ben és 2005-ben az USA délkeleti részét elérő nyolc hurrikán egyike volt a Katrina. Az addig sosem látott kár miatt a biztosítási díjak megduplázódtak, háromszorosukra emelkedtek, és nagyon kockázatosnak ítélt feltételek esetén pedig akár megtízszereződtek. A biztosítási költségek ilyen hatalmas megemelkedése csökkenti a tengerparti ingatlanok értékét, és arra sarkallja az embereket és az üzleti vállalkozásokat, hogy a magas kockázatúnak ítélt államokból, pl. Floridából máshova menjenek.<sup>59</sup>

A Katrina által okozott pusztítást nem tekinthetjük elszigetelt eseménynek. 1998 őszén a Mitch névre keresztelt hurrikán, a maga 200 mérföld per óra széllelkéseivel az egyik legpusztítóbb Atlanti-óceán felől érkező vihar, Közép-Amerika keleti partjára csapott le. Mivel a légköri viszonyok feltartották az észak felé haladó vihart, néhány nap leforgása alatt 2 méternyi csapadék hullott Hondurasra és Nicaraguára. A vízözön miatt lakóépületek, gyárak, iskolák omlottak össze és váltak romhalmazzá. Honduras ültetvényeinek 70 százaléka elpusztult és a termőföld nagy része tönkrement—olyan termőföld, amely hosszú geológiai korszakok során alakult ki. Hatalmas sárcsuszamlások következtében fálvak pusztultak el, és egyes helyeken teljes fálvakat temetett maga alá a sár.<sup>60</sup>

A vihar 11000 emberéletet követelt. További ezreket, akiket a földcsuszamlás temetett maga alá vagy vihar sodort ki a tengerre, már sosem találtak meg. Az alapvető infrastruktúra, Honduras és Nicaragua útjai és hídjai, nagyrészt romokban hevert. Honduras elnöke így nyilatkozott a pusztításról: „Ami a vihar következtében néhány nap leforgása alatt elpusztult, annak létrehozása 50 évünkbe tellett.” A vihar okozta kár, amelynek összege meghaladta a két ország éves bruttó nemzeti össztermékét, a Honduras és Nicaragua fejlődését húsz évvel vetette vissza.”<sup>61</sup>

2004-ben Japánban összesen húszszor pusztított tájfun, és ezek összesen 10 milliárd dollár kárt okoztak. Ugyanerre az évszakra jut az USA történetének tíz, legnagyobb anyagi kárt okozó hurrikánjából négy hurrikán. Ezen viharok nyomán 22 milliárd dollár összegben nyújtottak be biztosítási kárigényeket.<sup>62</sup>

Ilyen körülmények között a biztosító és viszontbiztosító társaságok számára roppant nehéz kikalkulálni a már biztonságosnak mondható biztosítási díjakat, hiszen az eddig használt történeti adatok ma már nem adnak eligazítást a jövővel kapcsolatban. Például 1950-ben szerte a világban hat nagy áradások által okozott katasztrófa volt, míg 1990-re ez a szám huszonhatra emelkedett.<sup>63</sup>

A biztosítási emberek meg vannak győződve arról, hogy a magasabb hőmérséklet és a nagyobb energiával hajtott viharok miatt a jövőbeni veszteségek még nagyobbak lesznek. A biztosítási szektor fizetőképessége miatt aggódnak, mivel a káresemények száma jelenleg rohamosan növekszik. A Moody hitelminősítő cég befektetési tanácsadó szolgálata is aggódik: az utóbbi hat évben a világ viszontbiztosítási társaságainak hitelbesorolását többször is leminősítette.<sup>64</sup>

A Müncheni Viszontbiztosító Társaság (Munich Re) vezető éghajlatszaktörője, Thomas Loster, elmondja, hogy a természeti katasztrófák összesített mérlegében jelenleg „az időjárással összefüggő események játszanak vezető szerepet, és ezek közül nagyon sok a szélsőséges időjárás miatt következik be. Véget kell vetni annak a veszélyes kísérletnek, amelyet az emberiség jelenleg a Föld légkörével folytat.”<sup>65</sup>

A Munich Re közzétette azon természeti katasztrófák listáját, amelyeknek biztosítással fedezett kára 1 milliárd dollár vagy ennél nagyobb összeg. A 2006-ig feljegyzett 1 milliárd dolláros vagy annál nagyobb összegű biztosítási kifizetéssel járó, 58 természeti katasztrófából három földrengés volt, ideértve a 2004-es földrengés által kiváltott cunamit is, a többi viszont mind időjárással összefüggő katasztrófa–viharok, árvizek, hurrikánok, illetve bozót- vagy erdőtüzek. Az 1980-as években három ilyen esemény történt, az 1990-es években 26, 2000 és 2006 között pedig 26.<sup>66</sup>

Az összesített anyagi kár szempontjából a Katrina előtti két legnagyobb katasztrófa az 1992. évi, 60000 otthont leromboló és 30 milliárd dollár kárt okozó Andrew Hurrikán és a Jangce medencéjében pusztító 1998. évi áradás volt. Ez utóbbi is mintegy 30 milliárd dollár kárt okozott, és ez akkora értéknek felel meg, mint Kína egy évi rizstermelése. A kárértékek folyamatos növekedése részben annak tulajdonítható, hogy a tengerparti területeken és a folyók egykori árterületén dinamikusabb lett a városiasodás és iparosodás. A károk másik részét viszont a sokkal pusztítóbb viharok okozzák.<sup>67</sup>

A nyugati félteke nagyobb viharok által legsebezhetőbb területei az Egyesült Államok Atlanti-óceán partján és a Mexikói-öböl mentén lévő területei és a Karib-térség országai. A keleti félteke legsebezhetőbb területei Kelet- és Délkelet-Ázsia, ideértve Kínát, Japánt, a Fülöp-szigeteket, Taivant és Vietnámot–olyan országokat, amelyek valószínűleg leginkább lesznek kitéve a Csendes-óceánt átszelő hatalmas viharoknak. Bengál-öbölben Banglades és India keleti partja sebezhető a leginkább.

Nyugat-Európa, amely feltételezhetően minden évszázadban elszenvedett egy roppant pusztító téli vihart, az első, 1 milliárd dollárnál nagyobb kárt okozó viharát 1987-ben élte át. Ez az orkán 3,7 milliárd dolláros kárt okozott, amelyből 3,1 milliárdot biztosítás fedezett. Azóta Nyugat-Európának kilenc jelentős téli orkánnal kellett szembenéznie, és az egy viharra jutó, biztosítási kifizetéssel fedezett károk 1,3-5,9 milliárd között mozogtak.<sup>68</sup>

Ahogy változik az éghajlat, egyre több szélsőséges időjárási eseményre számíthatunk. Andrew Dlugolecki, aki az éghajlatváltozásnak és következményeinek a pénzügyi intézményekre gyakorolt hatásával foglalkozik, megjegyzi, hogy a légköri viszonyokkal kapcsolatban álló jelenségekből eredő károk évente 10 százalékkal emelkednek. „Ha ez a növekedés a végtelenségig tartana – hangsúlyozza Dlugolecki –, akkor a károk értéke 2065-re meghaladná a világ a bruttó össztermékét. Ha a károk ilyen gyorsan növekednének, a világ már sokkal korábban szembesülne az összeomlással.” Persze kevés olyan kétszámjegyű trend létezik, amelyik több évtizeden keresztül tart, de Dlugolecki legfontosabb mondanivalója az, hogy a az éghajlatváltozás pusztítónak, romboló hatásúnak és nagyon költségesnek bizonyulhat.<sup>69</sup>

Ha megengedjük, hogy az éghajlatváltozás kezelhetlenné váljon, hatalmas pénzügyi költségek veszélyének tesszük ki magunkat. 2006 végén a Világbank korábbi vezető közgazdásza, Nicholas Stern arra mutatott rá, hogy az éghajlatváltozás hosszú távú költségei meghaladhatják a világ bruttó össztermékének 20 százalékát is. Ezzel összehasonlítva az üvegházhatású gázok kibocsátásának–az éghajlat stabilizálása érdekében–végrehajtott csökkentése Stern becslései szerint neveltségesen olcsó lenne: a rövid távú költségek a világ bruttó össztermékének mindössze 1 százalékát tennék ki.<sup>70</sup>

## A karbonkibocsátás 80 százalékos csökkentése

Princeton Egyetem kutatói, Stephen Pacala és Robert Socolow 2004-ben közöltek egy cikket a *Science*-ben amely bemutatta, hogyan lehetne a fosszilis üzemanyagokból származó karbonkibocsátást az évi 7 milliárd tonna kibocsátásnál megállítani ahelyett, hogy hagynánk, hogy az elkövetkező ötven esztendőben a kibocsátás az évi 14 milliárd tonnás szintre emelkedjen. Ez az emissziós szint várható akkor, ha minden változatlanul úgy megy tovább, ahogy eddig. Az ökológus Pacala és a mérnök Socolow célja az, hogy megakadályozzák, hogy a széndioxid-koncentráció szintje a légkörben a 2004. évi közel 375 ppm (milliomod részről) 500 ppm (milliomod rész) fölé emelkedjen.<sup>71</sup>

A szerzők 15, a gyakorlatban jól bevált technológiára támaszkodó módszert írtak le, amellyel 2054-ig a széndioxid-kibocsátást évi 1 milliárd tonnával lehetne csökkenteni. A 15 kibocsátást csökkentő módszerekből hét tetszőleges módszer kiválasztásával 2054-ig meg lehet akadályozni a kibocsátás jelenlegi szinthez képest bekövetkező növekedését. Pacala és Socolow feltételezik, hogy a fejlődő technika 2104-ig lehetővé teszi majd karbonkibocsátás lecsökkentését az évi 2 milliárd tonnára, ez pedig már egy olyan emissziós szint, amivel a szárazföldök és az óceánok nyelői (azok az ökoszisztemek, amelyek megkötik az légkörben található üvegházgázokat) is meg tudnak birkózni.<sup>72</sup>

Pacala-Socolow fogalmai roppant hasznosak akkor, amikor a karbonkibocsátás lehetséges módszereit fontolgatjuk. A cikk megjelenése és jelen sorok leírása között eltelt három év során azonban nyilvánvalóvá vált, hogy mennyire sürgős gyorsan és sokkal nagyobb léptékben cselekednünk. Túl kell lépnünk az összes lehetséges karbonkibocsátást csökkentő módszert azonos módon kezelő és pusztán fogalmakban gondolkodó megközelítésen, és az emissziócsökkentés legígéretesebb módszereire kell koncentrálnunk.

Egyes tudósok, mint pl. a NASA vezető klímakutatója, James Hansen azt gondolják, hogy a globális felmelegedés gyorsul, és valószínűleg már megközelítette azt a fordulópontot, ahonnan az éghajlatváltozás folyamatait már nem lehet többé visszafordítani. Az ehhez a csoporthoz tartozó kutatók, úgy vélik, körülbelül még egy évtized áll rendelkezésünkre a trendek megfordításához. Ha nem történik semmi, egy évtized múlva túljutunk azon a fordulóponton, ahonnan már nincs visszaút. A könyv szerzője egyetért ezzel a nézettel.<sup>73</sup>

Gyakran halljuk, mit kell tennünk az előttünk álló évtizedekben vagy 2050-ig, hogy elkerülhessük „a veszélyes klímaváltozást”, de a klímaváltozással már jelenleg is szembesülünk. 2060-ra a Sárga-folyót és a Jangcét tápláló gleccserek kétharmada eltűnik még abban az esetben is, ha a gleccserek jelenleg 7 százalékos olvadási üteme nem gyorsul. Szakértők arról számolnak be, hogy a Gangotri-gleccser, amely 70 százalékát adja annak az olvadákvíznek, amely a száraz évszakban a Gangeszt táplálja, néhány évtized leforgása alatt teljesen eltűnhet.<sup>74</sup>

Létezik-e egyáltalán valami, ami nagyobb fenyegetést jelent az élelmiszerbiztonságra, mint azoknak a gleccsereknek az elolvadása, amelyek Ázsia legfontosabb folyóit táplálják a száraz időszak alatt; olyan folyókról van szó, amelyeknek vizével a régió rizs- és búzaföldjeiket öntözik. Ebben a régióban lakik a világ lakosságának fele, és a víz elvesztése a száraz évszak alatt nemcsak éhezéshez, hanem elképzelhetetlen méretű éhínséghez is vezethet.

Ázsia élelmiszerbiztonságára az jelentené a második csapást, ha rizstermelő folyódeltái és árvizek által kialakított síkságai víz alá kerülnének. A Világbank jelentése szerint a tengervízszint mindössze egy méteres emelkedése Banglades rizstermesztő területeinek felét árasztaná el. Bár egy méteres tengervízszint emelkedés nem következik be egyik napról a másikra, mégis aggódhatunk: ha a jég olvadása a jelenlegi ütemben folytatódik, akkor egy bizonyos ponton egy ekkora tengervízszint emelkedés már nem lesz megakadályozható. Egy olyan olvadást, amelyik ezzel a következménnyel járna, nem pusztán a jövőben bekövetkező további felmelegedés okozhatja: olyan folyamatról van szó, amely a jelenlegi hőmérsékleti körülmények között már most elkezdődött.<sup>75</sup>

Ahogy 2007-ben közeledtünk a nyár végéhez, a Grönlandról érkező jelentések jelezték, hogy a gleccserek tenger felé történő haladása annyira felgyorsult, hogy ez még annál is rosszabb, mint amire a gleccsertudósok a legrosszabb esetben gondoltak. Hatalmas, több milliárd tonnás súlyú jégtömbök törtek le jégtakaróról és csúsztak be a tengerbe, és eközben kisebb földrengések keletkeztek.<sup>76</sup>

Ahogy az olvadákvíz síkossá tette a gleccserek alsó része és a gleccserek alatt lévő sziklák közötti érintkezést, a jég mozgásának sebessége felgyorsult, és elérte az óránkénti 2 métert. A jég felgyorsult mozgása és a földrengések együttesen arról tanúskodnak, hogy az egész jégtakaró darabokra töredezhet, majd el is tűnhet.<sup>77</sup>

A jelenleg zajló folyamatok mellett a világnak azzal a kockázattal kell szembenéznie, hogy néhány visszacsatolási folyamat kezdődhet el, és ez tovább erősíti majd a globális felmelegedést. Azok a tudósok, akik valaha még azt hitték, hogy a Jeges-tenger 2100 nyarára fog elolvadni, manapság már 2030-ra jósolják ezt az eseményt. De még erről az utóbbi dátumról is kiderülhet, hogy túlságosan is óvatos becslésen alapul.<sup>78</sup>

A Jeges-tenger olvadása miatt azért aggódnak annyira a tudósok, mert bekövetkezhet az ún. albedo-hatás: a napsugarakat erősen visszaverő jégtakarót egyre inkább felváltják a sötétebb nyitott vízfelületek, és ez nagymértékben növeli a napsugár hőjének elnyelését. Ennek következtében természetesen tovább gyorsulhat a Grönlandi jégpáncél olvadása.

A második, aggodalomra okot adó és egyben öngerjesztő jelenség a permafagy olvadása. Ennek következtében több milliárd tonna karbon és metán juthat a légkörbe. Ez utóbbi gáz tonnánkénti globális felmelegedést kiváltó hatása négyszer akkora, mint a széndioxidé.<sup>79</sup>

Az emberiséget az a veszély fenyegeti, hogy a globális felmelegedés teljesen kezelhetetlenné válik, és nem lesz többé lehetséges olyan trendek feltartóztatása, mint pl. a tengervízszint emelkedése. Ebben az esetben magának a civilizációnak a fennmaradása kerülne veszélybe.

Az olvadó gleccserek, emelkedő tengerek és ezek együttes hatása az élelmiszerbiztonságra és az alacsonyan fekvő városokra erősebbnek bizonyulhat a kormányok erejénél. Jelenleg leginkább a gyenge államok kezdenek el összeroppanni az egyre súlyosabb környezeti hatások következtében. De a fentiekben leírt változások még a legerősebb államokat is letéperhetik. Ezen rettenetes csapások súlya alatt elindulhat magának a civilizációnak az összeomlása.

Pacala és Socolow célkitűzésével ellentétben, amely szerint a karbonkibocsátás szintjét 2054-ig azonos szinten kell tartani, a B-terv átfogó erőfeszítés lenne azzal a céllal, hogy 2020-ig 80 százalékkal csökkenjen a széndioxid-kibocsátás. Célunk annak megakadályozása, hogy a légköri szén-dioxid koncentráció 400 ppm (milliomod rész) fölé emelkedjen; így korlátozni tudnánk a hőmérséklet jövőbeni emelkedését.<sup>80</sup>

Ez roppant nagyra törő cél. Azt jelenti például, hogy 2020-ig fokozatosan megszüntetjük az összes széntüzelési erőművet és ezzel párhuzamosan jelentősen csökkentjük az olajfogyasztást. Nem egyszerű ennek a célkitűzésnek a megvalósítása.

Mégis képesek vagyunk erre a váltásra a jelenleg rendelkezésünkre álló technológiákkal. A karbon kibocsátás csökkentését célzó erőfeszítés három alkotóeleme: az erdőirtás megállítása, és a szén megkötése céljából végrehajtott faültetés (lásd a 8. fejezetet); az energiafelhasználás hatékonyságának növelése szerte a világban (lásd a 11. fejezetet); a Föld megújuló energiaforrásainak hasznosítása (lásd 12. fejezetet). A B-terv megvalósításához szükség van arra, hogy a rendelkezésre álló leghatékonyabb technológiát használjuk a világításra, az épületek fűtésére és hűtésére és a szállításra. A B-terv szükségessé teszi a Földön rendelkezésre álló nap-, szél- és geotermikus energia legteljesebb kihasználását. Ez például azt jelenti, hogy teljes egészében átállunk a részben árammal üzemelő, hibrid meghajtású gépjárművek használatára, és azt is, hogy ezeket a gépjárműveket nagyrészt szélerőművekben előállított energiával működtetjük.

A B-terv azt jelenti, hogy a világ energiagazdaságát mindenre kiterjedően és egy háborús mozgósítás sürgősségével alakítjuk át. Ez a vállalkozás nagyon hasonlít ahhoz, ahogy az USA a II. világháború elején néhány hónap leforgása alatt átállt a hadiipari termelésre (lásd 13. fejezetet). A II. világháborúban sok forgott kockán, de napjainkban sokkal nagyobb a tét. Most azelőtt a kérdés előtt állunk, hogy vajon képesek vagyunk-e elég gyorsan mozgósítani erőnket ahhoz, hogy megmentsük civilizációnkat.

---

<sup>1</sup> U.N. Environment Programme (UNEP), *Global Outlook for Ice and Snow* (Nairobi: 2007).

<sup>2</sup> Ibid.

<sup>3</sup> U.S. Department of Agriculture (USDA), *Production, Supply and Distribution*, electronic database, at [www.fas.usda.gov/psdonline](http://www.fas.usda.gov/psdonline), updated 11 June 2007; Janet Larsen, "Record Heat Wave in Europe Takes 35,000 Lives," *Eco-Economy Update* (Washington, DC: Earth Policy Institute, 9 October 2003); USDA, National Agricultural Statistics Service, "Crop Production," news release (Washington, DC: 12 August 2005).

<sup>4</sup> Janet Larsen, "Setting the Record Straight: More than 52,000 Europeans Died from Heat in Summer 2003," *Eco Economy Update* (Washington, DC: Earth Policy Institute, 26 July 2006); National Commission on Terrorist Attacks Upon the United States, *The 9/11 Commission Report* (Washington, DC: U.S. Government Printing Office, 2004).

<sup>5</sup> "Awful Weather We're Having," *The Economist*, 2 October 2004; Richard Milne, "Hurricanes Cost Munich Re Reinsurance," *Financial Times*, 6 November 2004.

<sup>6</sup> J. Hansen, NASA's Goddard Institute for Space Studies (GISS), "Global Temperature Anomalies in 0.1 C," at [data.giss.nasa.gov/gistemp/tabledata/GLB.Ts.txt](http://data.giss.nasa.gov/gistemp/tabledata/GLB.Ts.txt), updated June 2007; climate monitoring stations from Reto A. Ruedy, GISS, e-mail to Janet Larsen, Earth Policy Institute, 14 May 2003.

<sup>7</sup> Temperature change calculated from Hansen, op. cit. note 6; crops from USDA, op. cit. note 3; USDA, *Grain: World Markets and Trade* (Washington, DC: various months).

<sup>8</sup> Carbon dioxide data from Pieter Tans, “Trends in Atmospheric Carbon Dioxide–Mauna Loa,” NOAA/ESRL, at [www.cmdl.noaa.gov](http://www.cmdl.noaa.gov), viewed 16 October 2007, with historical estimate in data from Seth Dunn, “Carbon Emissions Dip,” in Worldwatch Institute, *Vital Signs 1999* (New York: W. W. Norton & Company, 1999), pp. 60–61; fossil fuel emissions calculated from International Energy Agency, *World Energy Outlook 2006* (Paris: 2006), p. 493; deforestation emissions from Vattenfall, *Global Mapping of Greenhouse Gas Abatement Opportunities up to 2030: Forestry Sector Deep-Dive* (Stockholm: June 2007), p. 27.

<sup>9</sup> Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), *Summary for Policymakers*, in *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (Cambridge and New York: Cambridge University Press, 2007), p. 13; IPCC, “Intergovernmental Panel on Climate Change and Its Assessment Reports,” fact sheet, at [www.ipcc.ch/press](http://www.ipcc.ch/press), viewed 27 July 2007.

<sup>10</sup> IPCC, *Summary for Policymakers*, op. cit. note 9, p. 15.

<sup>11</sup> National Center for Atmospheric Research and UCAR Office of Programs, “Drought’s Growing Reach: NCAR Study Points to Global Warming as Key Factor,” press release (Boulder, CO: 10 January 2005); Aiguo Dai, Kevin E. Trenberth, and Taotao Qian, “A Global Dataset of Palmer Drought Severity Index for 1870–2002: Relationship with Soil Moisture and Effects of Surface Warming,” *Journal of Hydrometeorology*, vol. 5 (December 2004), pp. 1117–30.

<sup>12</sup> Donald McKenzie et al., “Climatic Change, Wildfire, and Conservation,” *Conservation Biology*, vol. 18, no. 4 (August 2004), pp. 890–902.

<sup>13</sup> Camille Parmesan and Hector Galbraith, *Observed Impacts of Global Climate Change in the U.S.* (Arlington, VA: Pew Center on Global Climate Change, 2004); DeNeen L. Brown, “Signs of Thaw in a Desert of Snow,” *Washington Post*, 28 May 2002; IPCC, *Summary for Policymakers*, op. cit. note 9, p. 13.

<sup>14</sup> Patty Glick, *Fish Out of Water: A Guide to Global Warming and Pacific Northwest Rivers* (Seattle: National Wildlife Federation, March 2005); Elizabeth Gillespie, “Global Warming May Be Making Rivers Too Hot: Cold-Water Fish Will Struggle, Report Says,” *Seattle Post-Intelligencer*, 24 March 2005.

<sup>15</sup> Douglas B. Inkley et al., *Global Climate Change and Wildlife in North America* (Bethesda, MD: The Wildlife Society, December 2004); J. R. Pegg, “Global Warming Disrupting North American Wildlife,” *Environment News Service*, 16 December 2004.

<sup>16</sup> John E. Sheehy, International Rice Research Institute, e-mail to Janet Larsen, Earth Policy Institute, 1 October 2002; Pedro Sanchez, “The Climate Change–Soil Fertility–Food Security Nexus,” speech, Sustainable Food Security for All by 2020, Bonn, Germany, 4–6 September 2002; USDA, op. cit. note 3.

<sup>17</sup> Mohan K. Wali et al., “Assessing Terrestrial Ecosystem Sustainability,” *Nature & Resources*, October–December 1999, pp. 21–33.

<sup>18</sup> Sheehy, op. cit. note 16; Sanchez, op. cit. note 16.

<sup>19</sup> Shaobing Peng et al., “Rice Yields Decline with Higher Night Temperature from Global Warming,” *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 6 July 2004, pp. 9971–75; *Proceedings of the National Academy of Sciences*, “Warmer Evening Temperatures Lower Rice Yields,” press release (Washington, DC: 29 June 2004).

<sup>20</sup> K. S. Kavi Kumar and Jyoti Parikh, “Socio-Economic Impacts of Climate Change on Indian Agriculture,” *International Review for Environmental Strategies*, vol. 2, no. 2 (2001), pp. 277–93; U.N. Population Division, *World Population Prospects: The 2006 Revision Population Database*, at [esa.un.org/unpp](http://esa.un.org/unpp), updated 2007.

<sup>21</sup> UNEP, op. cit. note 1, p. 131.

<sup>22</sup> Emily Wax, “A Sacred River Endangered by Global Warming,” *Washington Post*, 17 June 2007; UNEP, op. cit. note 1, p. 131.

<sup>23</sup> Clifford Coonan, “China’s Water Supply Could be Cut Off as Tibet’s Glaciers Melt,” *The Independent* (London), 31 May 2007; UNEP, op. cit. note 1, p. 131; rice irrigation from “Yangtze River–Agriculture,” *Encyclopedia Britannica*, online encyclopedia, viewed 25 July 2007.

<sup>24</sup> Jonathan Watts, “Highest Icefields Will Not Last 100 Years, Study Finds: China’s Glacier Research Warns of Deserts and Floods Due to Warming,” *Guardian* (London), 24 September 2004; “Glacier Study Reveals Chilling Prediction,” *China Daily*, 23 September 2004.

<sup>25</sup> UNEP, op. cit. note 1, p. 131

<sup>26</sup> Lonnie G. Thompson, “Disappearing Glaciers Evidence of a Rapidly Changing Earth,” American Association for the Advancement of Science Annual Meeting, San Francisco, February 2001; “The Peak of Mt Kilimanjaro As It Has Not Been Seen for 11,000 Years,” *Guardian* (London), 14 March 2005; Nancy Wangui, “Crisis Looms as Rivers Around Mt. Kenya Dry Up,” *East Africa Standard*, 1 July 2007.

<sup>27</sup> Eric Hansen, “Hot Peaks,” *OnEarth*, fall 2002, p. 8.

<sup>28</sup> Leslie Josephus, “Global Warming Threatens Double-Trouble for Peru: Shrinking Glaciers and a Water Shortage,” *Associated Press*, 12 February 2007; *Citation World Atlas* (Union, NJ: Hammond World Atlas Corporation, 2004).

<sup>29</sup> Josephus, op. cit. note 28; U.N. Population Division, op. cit. note 20.

<sup>30</sup> James Painter, “Peru’s Alarming Water Truth,” *BBC News*, 12 March 2007; U.N. Population Division, *Urban Agglomerations 2005 Wall Chart*, at [www.un.org/esa/population](http://www.un.org/esa/population), viewed 28 September 2007.

<sup>31</sup> Michael Kiparsky and Peter Gleick, *Climate Change and California Water Resources: A Survey and Summary of the Literature* (Oakland, CA: Pacific Institute, 2003); Timothy Cavagnaro et al., *Climate Change: Challenges and Solutions for California Agricultural Landscapes* (Sacramento, CA: California Climate Change Center, 2006).

<sup>32</sup> John Krist, “Water Issues Will Dominate California’s Agenda This Year,” *Environmental News Network*, 21 February 2003.

<sup>33</sup> Michael J. Scott et al., “Climate Change and Adaptation in Irrigated Agriculture—A Case Study of the Yakima River,” in UCOWR/NIWR Conference, *Water Allocation: Economics and the Environment* (Carbondale, IL: Universities Council on Water Resources, 2004); Pacific Northwest National Laboratory, “Global Warming to Squeeze Western Mountains Dry by 2050,” press release (Richland, WA: 16 February 2004).

<sup>34</sup> UNEP, op. cit. note 1, p. 131; Mehrdad Khalili, “The Climate of Iran: North, South, Kavir (Desert), Mountains,” *San’ate Hamlo Naql*, March 1997, pp. 48–53.

<sup>35</sup> UNEP, op. cit. note 1, p. 103; IPCC, *Summary for Policymakers*, op. cit. note 9, p. 13; Paul Brown, “Melting Ice Cap Triggering Earthquakes,” *Guardian* (London), 8 September 2007.

<sup>36</sup> Arctic Climate Impact Assessment (ACIA), *Impacts of a Warming Arctic* (Cambridge, U.K.: Cambridge University Press, 2004); ACIA Web site, at [www.acia.uaf.edu](http://www.acia.uaf.edu), updated 13 July 2005; “Rapid Arctic Warming Brings Sea Level Rise, Extinctions,” *Environment News Service*, 8 November 2004; UNEP, op. cit. note 1, p. 103.

<sup>37</sup> J. R. Pegg, “The Earth is Melting, Arctic Native Leader Warns,” *Environment News Service*, 16 September 2004.

<sup>38</sup> ACIA, op. cit. note 36; Steven Armstrup et al., “Recent Observations of Intraspecific Predation and Cannibalism among Polar Bears in the Southern Beaufort Sea,” *Polar Biology*, vol. 29, no. 11 (October 2006), pp. 997–1002.

<sup>39</sup> Julienne Stroeve et al., “Arctic Sea Ice Decline: Faster than Forecast,” *Geophysical Research Letters*, vol. 34 (May 2007); National Snow and Ice Data Center (NSIDC), “Arctic Sea Ice Shatters all Previous Record Lows,” press release (Boulder, CO: 1 October 2007); Stroeve quoted in “Arctic Ice Retreating 30 Years Ahead of Projections,” *Environment News Service*, 30 April 2007.

<sup>40</sup> . Marc Kaufman, “Decline in Winter Arctic Ice Linked to Greenhouse Gases,” *Washington Post*, 14 September 2006; Joséfino C. Comiso, “Abrupt Decline in the Arctic Winter Sea Ice Cover,” *Geophysical Research Letters*, vol. 33, 30 September 2006.

<sup>41</sup> . David Adam, “Meltdown Fear as Arctic Ice Cover Falls to Record Winter Low,” *Guardian* (London), 15 May 2006.

<sup>42</sup> NSIDC, “Processes: Thermodynamics: Albedo,” at [nsidc.org/seaice/processes/albedo.html](http://nsidc.org/seaice/processes/albedo.html), viewed 26 July 2007.

<sup>43</sup> UNEP, op. cit. note 1.

<sup>44</sup> H. Jay Zwally et al., “Surface Melt-Induced Acceleration of Greenland Ice-Sheet Flow,” *Science*, vol. 297 (12 July 2002), pp. 218–22.

<sup>45</sup> J. L. Chen, C. R. Wilson, and B. D. Tapley, “Satellite Gravity Measurements Confirm Accelerated Melting of Greenland Ice Sheet,” *Science*, vol. 313 (29 September 2006), pp. 1958–60; Isabella Velicogna and John Wahr, “Acceleration of Greenland Ice Mass Loss in Spring 2004,” *Nature*, vol. 443 (21 September 2006), pp. 329–31; S. B. Luthke et al., “Recent Greenland Ice Mass Loss from Drainage System from Satellite Gravity Observations,” *Science*, vol. 314 (24 November 2006), pp. 1286–89; “Gravity Measurements Confirm Greenland’s Glaciers Precipitous Meltdown,” *Scientific American*, 19 October 2006.

<sup>46</sup> U.S. Department of Energy, Energy Information Administration, “Antarctica: Fact Sheet,” at [www.eia.doe.gov](http://www.eia.doe.gov), September 2000.

<sup>47</sup> University of Colorado at Boulder, “NASA, CU-Boulder Study Shows Vast Regions of West Antarctica Melted in Recent Past,” press release (Boulder: 15 May 2007).

<sup>48</sup> “Breakaway Bergs Disrupt Antarctic Ecosystem,” *Environment News Service*, 9 May 2002; “Giant Antarctic Ice Shelves Shatter and Break Away,” *Environment News Service*, 19 March 2002.

<sup>49</sup> NSIDC, “Antarctic Ice Shelf Collapses,” at [nsidc.org/iceshelves/larsenb2002](http://nsidc.org/iceshelves/larsenb2002), 19 March 2002; “Breakaway Bergs Disrupt Antarctic Ecosystem,” op. cit. note 48; “Giant Antarctic Ice Shelves Shatter and Break Away,” op. cit. note 48.

<sup>50</sup> “Giant Antarctic Ice Shelves Shatter and Break Away,” op. cit. note 48; Vaughan quoted in Andrew Revkin, “Large Ice Shelf in Antarctica Disintegrates at Great Speed,” *New York Times*, 20 March 2002.

<sup>51</sup> Michael Byrnes, “New Antarctic Iceberg Split No Threat,” *Reuters*, 20 May 2002.

<sup>52</sup> Gordon McGranahan et al., “The Rising Tide: Assessing the Risks of Climate Change and Human Settlements in Low Elevation Coastal Zones,” *Environment and Urbanization*, vol. 18, no. 1 (April 2007), pp. 17–37.

<sup>53</sup> Ibid.

<sup>54</sup> Ibid.; U.N. Population Division, op. cit. note 20.

<sup>55</sup> International Institute for Environment and Development, “Climate Change: Study Maps Those at Greatest Risk from Cyclones and Rising Seas,” press release (London: 28 March 2007); Catherine Brahic, “Coastal Living—A Growing Global Threat,” *New Scientist.com*, 28 March 2007; UNEP, op. cit. note 1.

<sup>56</sup> Thomas R. Knutson and Robert E. Tuleya, “Impact of CO<sub>2</sub>-Induced Warming on Simulated Hurricane Intensity and Precipitation: Sensitivity to the Choice of Climate Model and Convective Parameterization,” *Journal of Climate*, vol. 17, no. 18 (15 September 2004), pp. 3477–95.

<sup>57</sup> Lester R. Brown, “Global Warming Forcing U.S. Coastal Population to Move Inland,” *Eco-Economy Update* (Washington DC: Earth Policy Institute, 16 August 2006); water and power from Connie Kline, “New Orleans Looks Like Katrina Hit Yesterday; U.S. Needs to Step Up,” *Ventura County Star*, 6 August 2006; garbage collection from Susan Saulny, “Despite a City’s Hopes, an Uneven Repopulation,” *New York Times*, 30 July 2006; telecommunications from Gary Rivlin, “Patchy Recovery in New Orleans,” *New York Times*, 5 April 2006; sewer system from “Katrina Recovery Deemed a Mixed Bag,” *Associated Press*, 15 August 2006.

<sup>58</sup> Peter Grier, “The Great Katrina Migration,” *Christian Science Monitor*, 12 September 2005; Louisiana Recovery Authority, *Migration Patterns: Estimates of Parish Level Migrations Due to Hurricanes Katrina and Rita* (Baton Rouge, LA: August 2007), pp. 7–9.

<sup>59</sup> National Weather Service National Hurricane Center, *NHC Archive of Hurricane Seasons*, at [www.nhc.noaa.gov](http://www.nhc.noaa.gov), updated June 2007; Kevin E. Trenberth, “Warmer Oceans, Stronger Hurricanes,” *Scientific American*, July 2007; Joseph Treaster, “High Winds, Then Premiums,” *New York Times*, 26 September 2006.

<sup>60</sup> Janet N. Abramovitz, “Averting Unnatural Disasters,” in Lester R. Brown et al., *State of the World 2001* (New York: W. W. Norton & Company, 2001) pp. 123–42.

<sup>61</sup> Storm death toll from National Climatic Data Center, National Oceanic & Atmospheric Administration, “Mitch: The Deadliest Atlantic Hurricane Since 1780,” at [www.ncdc.noaa.gov](http://www.ncdc.noaa.gov), updated 1 July 2004; Flores quoted in Arturo Chavez et al., “After the Hurricane: Forest Sector Reconstruction in Honduras,” *Forest Products Journal*, November/December 2001, pp. 18–24; gross domestic product from International Monetary Fund (IMF), *World Economic Outlook Database*, at [www.imf.org](http://www.imf.org), updated April 2003.

<sup>62</sup> Michael Smith, “Bad Weather, Climate Change Cost World Record \$90 Billion,” *Bloomberg*, 15 December 2004; “Insurers See Hurricane Costs as High as \$23 Billion,” *Reuters*, 4 October 2004

<sup>63</sup> “Awful Weather We’re Having,” op. cit. note 5; Munich Re, *Topics Geo Annual Review: Natural Catastrophes 2006* (Munich: 2007), p. 47.

<sup>64</sup> “Disaster and Its Shadow,” *The Economist*, 14 September 2002, p. 71; “Moody’s Downgrades Munich Re’s Ratings to ‘Aa1,’” *Insurance Journal*, 20 September 2002; Moody’s Investor Service, “Issuer Research” for Munich Re, Hanover Re, and Swiss Re, at [www.moody.com](http://www.moody.com), viewed 26 July 2007.

<sup>65</sup> Tim Hirsch, “Climate Change Hits Bottom Line,” *BBC News*, 15 December 2004.

<sup>66</sup> Munich Re, “Natural Disasters: Billion-\$ Insurance Losses,” in Louis Perroy, “Impacts of Climate Change on Financial Institutions’ Medium to Long Term Assets and Liabilities,” presented to the Staple Inn Actuarial Society, 14 June 2005; Munich Re, *Topics Geo Significant Natural Catastrophes in 2004, 2005, and 2006* (Munich: 2005, 2006, and 2007.)

<sup>67</sup> Munich Re, *Topics Annual Review: Natural Catastrophes 2001* (Munich: 2002), pp. 16-17; value of China’s wheat and rice harvests from USDA, op. cit. note 3, using prices from IMF, *International Financial Statistics*, electronic database, at [ifs.apdi.net/imf](http://ifs.apdi.net/imf), updated June 2007.

<sup>68</sup> Munich Re, “Natural Disasters,” op. cit. note 66; Munich Re, *Significant Natural Catastrophes in 2005 and 2006*, op. cit. note 66.

<sup>69</sup> Andrew Dlugolecki, “Climate Change and the Financial Services Industry,” speech delivered at the opening of the UNEP Financial Services Roundtable, Frankfurt, Germany, 16 November 2000; “Climate Change Could Bankrupt Us by 2065,” *Environment News Service*, 24 November 2000.

<sup>70</sup> Sir Nicholas Stern, *The Stern Review on the Economics of Climate Change* (London: HM Treasury, 2006), pp vi–ix.

<sup>71</sup> S. Pacala and R. Socolow, “Stabilization Wedges: Solving the Climate Problem for the Next 50 Years with Current Technologies,” *Science*, vol. 305 (13 August 2004), pp. 968–72.

<sup>72</sup> Ibid.

<sup>73</sup> “Earth’s Climate Approaches Dangerous Tipping Point,” *Environment News Service*, 1 June 2007; James Hansen et al., “Climate Change and Trace Gases,” *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, vol. 365 (2007), pp. 1925–54.

<sup>74</sup> Wax, op. cit. note 22; Coonan, op. cit. note 23; Watts, op. cit. note 24; “Glacier Study Reveals Chilling Prediction,” op. cit. note 24.

<sup>75</sup> World Bank, *World Development Report 1999/2000* (New York: Oxford University Press, September 1999).

<sup>76</sup> Brown, op. cit. note 35.

<sup>77</sup> Ibid.

<sup>78</sup> Adam, op. cit. note 41.

<sup>79</sup> IPCC, *Summary for Policymakers*, op. cit. note 9, p. 33; Sergey A. Zimov et al., “Permafrost and the Global Carbon Budget,” *Science*, vol. 312, no. 3780 (16 June 2006), pp. 1612–13.

<sup>80</sup> Figure of 400 ppm calculated using fossil fuel emissions from G. Marland et al., “Global, Regional, and National CO<sub>2</sub> Emissions,” in *Trends: A Compendium of Data on Global Change* (Oak Ridge, TN: Carbon Dioxide Information and Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, 2007), and land use change emissions from R. A. Houghton and J. L. Hackler, “Carbon Flux to the Atmosphere from Land-Use Changes,” in *Trends: A Compendium of Data on Global Change* (Oak Ridge, TN: Carbon Dioxide Information and Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, 2002), with decay curve cited in J. Hansen et al., “Dangerous Human-Made Interference with Climate: A GISS ModelE Study,” *Atmospheric Chemistry and Physics*, vol. 7 (2007), pp. 2287–312.