

„Üvegházhatás a PET-palackban”, avagy hogyan mutassuk be az üvegházhatást a tanteremben

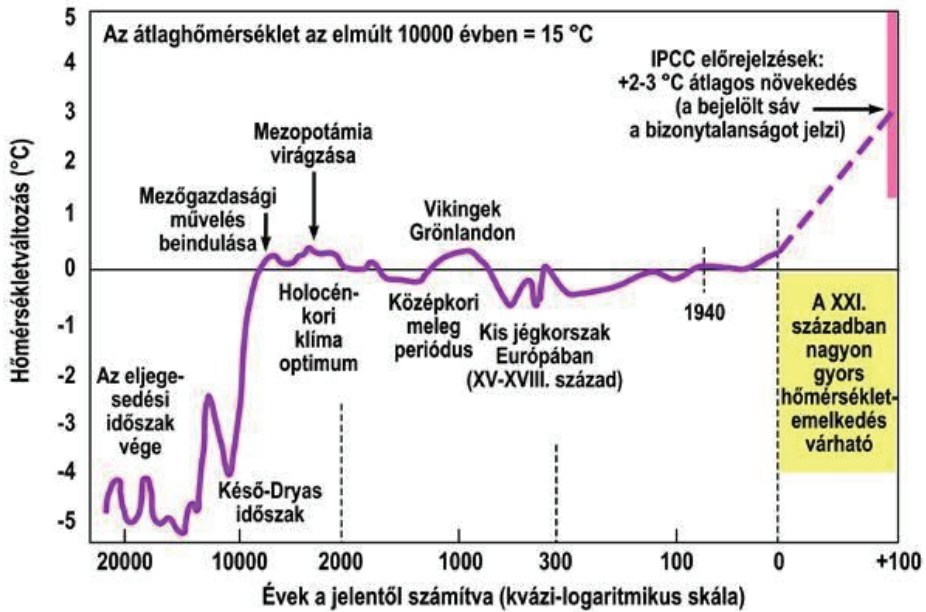
Vitathatatlan tény, hogy a Föld felszín közelében található légrétege melegszik, emellett számos üvegházhatású gáz koncentrációja emelkedett nagyobb mértékben, mint amit a természetes folyamatok indokolhatnának, illetve az általunk belátható földtörténet során valaha is bekövetkezett. E gázok mennyiségük következtében mára már a túlzott felmelegedés és az ennek következtében kialakuló éghajlatváltozással járó természeti katasztrófák forrásává váltak. Kiemelkedő feladat, hogy a diákok megismerjék az üvegházhatás folyamatát, és megértsék, miért van szükség az üvegházhatású gázok emberi eredetű kibocsátásának csökkentésére.

Napjainkra elfogadott tényé vált, hogy a Föld klímája periodikusan változik, hidegebb (jégkorszakok) és melegebb időszakok váltják egymást. Jelenleg is egy melegedő tendenciában vagyunk, azonban az emberiség környezetkárosító tevékenységének hatására az elmúlt 300 évben a melegedési folyamat rendkívüli módon felgyorsult (IPCC, 2007; Bukovics, 2006; Lindmayer, 2010). Földünk átlaghőmérséklete hirtelen ugrások, majd azokat követő lengések során emelkedett az utóbbi 150 év alatt mintegy 0,6–0,8 °C értékkel (1. ábra).

A felmelegedés legvalószínűbb oka, hogy a légkörben feldúsultak az üvegházhatású gázok. Az üvegházhatású gázok közül a legfontosabbak a vízgőz, a szén-dioxid (CO₂), a metán (CH₄) és a dinitrogén-oxid (N₂O), amelyek mellett még megemlítendők a fluorozott szénhidrogének (HFC), a perfluor-karbonok (PFC), telített és telítetlen freonok (CFC és HCFC) és halonok.

Jégfurat-minták elemzéséből megállapítható, hogy az ipari forradalom kezdetétől a szén-dioxid, a metán és a dinitrogén-oxid légköri koncentrációja jelentősen megnövekedett (Horváth, 2010; Hufnagel és Sipkay, 2010).

Az emberi tevékenységek révén egyre több üvegházgáz (elsősorban szén-dioxid) kerül a légkörbe, ezek elnyelik a Földről kisugárzott hő egy részét, ami a légkör melegedését eredményezi. Másképp fogalmazva: a visszatartott hő következtében bolygónk termikus egyensúlya (beérkező energia = kisugárzott energia) már csak egyre magasabb hőmérsékleten tud létrejönni (Barcza, Bartholy, Bihari, Czira, Haszpra, Horányi, Horváth, Krüzselyi, Lakatos, Mészáros, Mika, Pálvölgyi, Pieczka, Pongrácz, Práger, Radics, Szentimrey, Szabó, Szépszó és Torma, 2011).

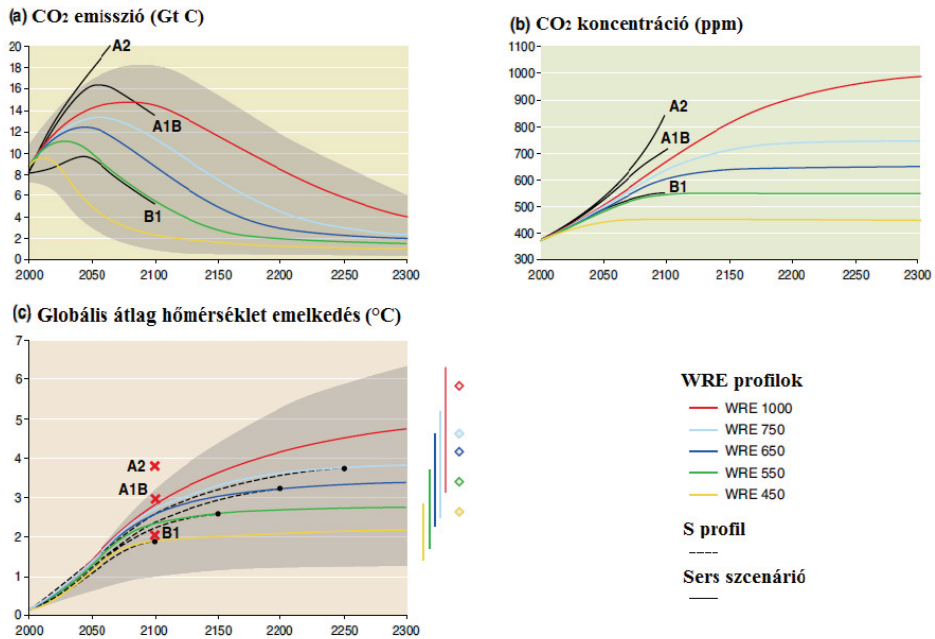


1. ábra. A Föld globális átlaghőmérsékletének alakulása az elmúlt 20 ezer év során (forrás: WHO)

A klímaváltozást alapvetően természeti folyamatok irányítják. Mára azonban ezen folyamatok mellett egyre inkább előtérbe kerül az emberi hatás, valamint annak a kérdése, hogy a természeti folyamatokat mennyiben befolyásolják az antropogén hatások (Hufnagel és Sipkay, 2010). Az IPCC 2007-es negyedik értékelő jelentésében olvashatjuk:

„Mára már egyértelműen kimutatható, hogy bizonyos gazdasági tevékenységekből, életviteli szokásokból adódóan a földi légkörben gyors ütemben növekszik a globális éghajlatváltozást kiváltó – üvegházhatású – gázok mennyisége. Ennek következtében jelentős mértékű felmelegedés alakulhat ki, ami együtt jár a csapadékviszonyok megváltozásával, gyakoribb és súlyosabb károkat okozó szélsőséges meteorológiai jelenségekkel, a világtengerek szintjének emelkedésével és mindezek számottevő természeti, társadalmi és gazdasági következményeivel.”

A CO₂-szint növekedése elsősorban a fosszilis üzemanyagok felhasználásának tudható be, a CH₄ és a N₂O szint növekedésének oka a földhasználati változásokban és mezőgazdaságban keresendő. A szén-dioxid légköri koncentrációja az iparosodás előtt 280 ppm-ről (ppm=parts per million, milliomodrész) mára 395-re nőtt, amely messze meghaladja az elmúlt 600 000 évben megfigyelt természetes ingadozás 180 és 300 ppm közötti tartományát. A növekedés mértéke az elmúlt években (1995–2005-ös átlagban 1,9 ppm/év) magasabb volt, mint a légköri mérések kezdete óta eltelt időszakban (1960–2005-ös átlagban 1,4 ppm/év), ám az utóbbi időben megfigyelt értékek mára már az éghajlatváltozást leíró legpesszimistább klíma-forgatókönyveket is felülmúlták (2. ábra) (Hufnagel és Sipkay, 2010).



2. ábra. (a) A CO₂-emisszió emelkedésének várható üteme, (b) a CO₂ légköri koncentrációja emelkedésének üteme, (c) a globális átlaghőmérséklet várható emelkedésének mértéke (forrás: Watson, Albritton, Barker, Bashmakov, Canziani, Christ, Cubasch, Davidson, Gítay, Griggs, Halsnaes, Houghton, House, Kundzewicz, Lal, Leary, Magadza, McCarthy, Mitchell, Moreira, Munasinghe, Noble, Pachauri, Pittock, Prather, Richels, Robinson, Sathaye, Schneider; Scholes, Stocker, Sundararaman, Swart, Taniguchi és Zhou, 2001)

Ha a légköri CO₂-mennyiség meghaladja az 500 ppm-et és ezzel együtt a felmelegedés a 3 °C-ot, akkor a korallzátonyok teljes rendszere megsemmisülhet. A halállomány összeomlása mellett a zátonyok többé nem védenek a vihar rombolásától sem. Ennek katasztrofális következményeit a közvetlenül a halászatból és turizmusból élők, közel 10 000 000 ember tapasztalhatja majd meg (Hoegh-Guldberg, Mumby, Hooten, Steneck, Greenfi eld, Gomez, Harvell, Sale, Edwards, Caldeira, Knowlton, Eakin, Iglesias-Prieto, Muthiga, Bradbury, Dubi és Hatzios 2007; Hufnagel és Sipkay, 2010).

Mit is jelent 1 °C emelkedés?

A századvégre vonatkozó modellbecslések alapján meghatározták az 1 °C-os globális melegedéshez tartozó regionális hőmérséklet- és csapadékváltozásokat.

A hőmérsékletre vonatkozóan egyértelmű melegedő tendencia jellemző, mely erősebb az 1 °C-os globális átlaghőmérséklet-emelkedésnél. Az éves 1,4 °C-os hőmérséklet-emelkedésnél nagyobb mértékű változásra számíthatunk nyáron és ősszel (1,7 °C, illetve 1,5 °C), míg télen és tavasszal valamivel kisebb mértékűre (1,3 °C, illetve 1,1 °C) (Hufnagel és Sipkay, 2010).

Az ökoszisztémák és a mezőgazdasági termelés szempontjából alapvető jelentőségű az adott térségben lehulló csapadék teljes mennyisége, intenzitása és eloszlása. A 20. század utolsó negyedének csapadék-tendenciái jelentősen eltérnek az évszázados trendektől. Míg a Kárpát-medencében az elmúlt 50 évben csökkent a csapa-

A légköri üvegházhatás kifejezés arra a hasonlóságra utal, mely számos légköri gáz és a kertészetek melegházait lefedő üveglapok funkciója között van.

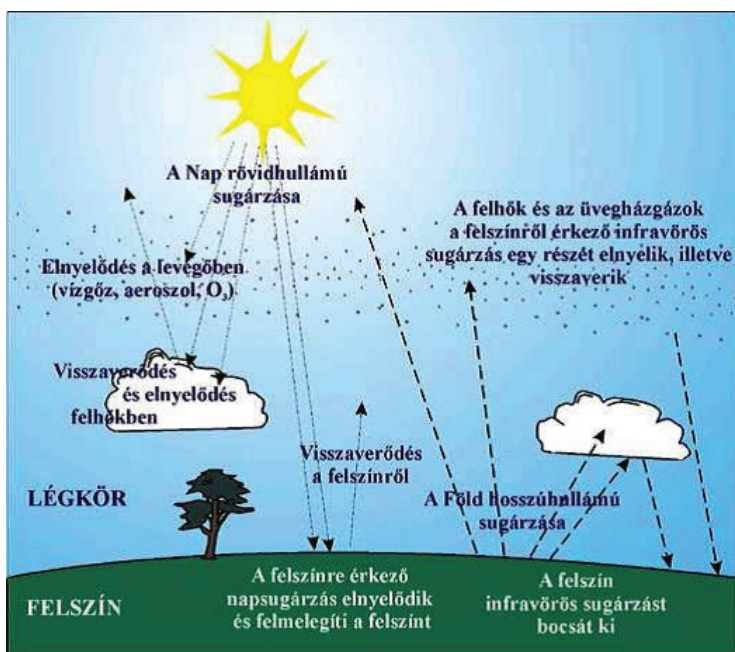
A légkörben jelen lévő üvegházgázok a kertészetekben használt üveglapokhoz hasonlóan áteresztik a rövid hullámhosszú, Napból érkező elektromágneses sugárzást, a másik irányba pedig útját állják a Föld felől érkező, az infravörös (hőmérsékleti) tartományba eső földi sugárzásnak. Ettől meleg az üvegház, s ettől magasabb a Föld felszínközeli hőmérséklete 33 °C-kal, mint amilyen e gázok légköri jelenléte nélkül lenne.

dék-szélsőségek mértéke, addig az elmúlt 25 évben a szélsőséges csapadékok összességében növekedtek. Az 1 °C-os globális átlaghőmérséklet-emelkedés esetén várható éves csapadékváltozást csekély mértékű negatív tendencia jellemzi. Az évszakos csapadékösszegben hazánkban jelentős (abszolút értékben átlagosan közel 10 százalékos) változás a téli és nyári évszakban valószínűsíthető, előbbi esetén növekedésre, utóbbinál csökkenésre számíthatunk (Hufnagel és Sipkay, 2010). A klímaváltozási scénáriók esetén az éves csapadékösszegben nem várható jelentős mértékű változás, de ezt nem mondhatjuk el az évszakos csapadékösszegekről. A regionális klímamodellek által a Kárpát-medence térségére a csapadékösszegek változásának várható tendenciája nem minden évszakban azonos előjelű. Nyáron (és kisebb mértékben ősszel) a teljes vizsgált térségben a csapadék csökkenésére, míg télen (és kisebb mértékben tavasszal) a csapadék növekedésére számíthatunk. A modellek azt jelzik, hogy a legcsapadékosabb két évszak a tél és a tavasz lesz (Harnos és Csete, 2008; Harnos, Gaál és Hufnagel, 2008).

A légköri üvegházhatás

A légköri üvegházhatás kifejezés arra a hasonlóságra utal, mely számos légköri gáz és a kertészetek melegházait lefedő üveglapok funkciója között van. A légkörben jelen lévő üvegházgázok a kertészetekben használt üveglapokhoz hasonlóan áteresztik a rövid hullámhosszú, Napból érkező elektromágneses sugárzást, a másik irányba pedig útját állják a Föld felől érkező, az infravörös (hőmérsékleti) tartományba eső földi sugárzásnak. Ettől meleg az üvegház, s ettől magasabb a Föld felszínközeli hőmérséklete 33 °C-kal, mint amilyen e gázok légköri jelenléte nélkül lenne.

A melegházban a Nap sugárzása, átjutva az átlátszó üveglapon, részlegesen elnyelődik a felszínközeli tárgyakon, melyek azt hővé konvertálják, s így emelkedik a melegház belső hőmérséklete. A másik fontos melegítő hatás a termőtalajra lejutott, elnyelt, s a hosszuhullámú hőmérsékleti tartományban újból kisugárzott energiából származik: ez az energia alulról eljut az üveglaphoz, melyet az nem ereszt át, hanem visszasugároz a melegház belsejébe (3. ábra).



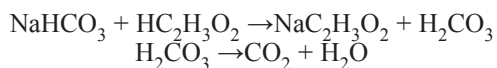
3. ábra. A légkör üvegházhatása (forrás: Hufnagel és Sipkay, 2010)

Üvegházhatás bemutatása az osztályteremben

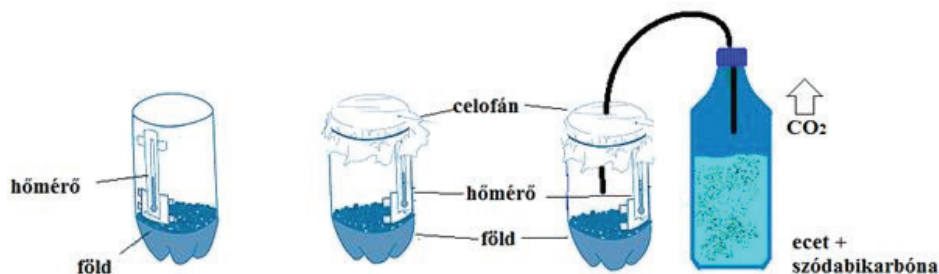
Az üvegházhatásnak mint napjaink egyik legsúlyosabb környezeti problémájának bemutatása fontos része a tananyagnak. A folyamat kísérletes bemutatása elősegítheti, hogy a diákok megértsék, miért is jelent problémát az emelkedő szén-dioxid koncentráció. A következőkben bemutatott kísérlet tanári demonstrációs vagy kiscsoportos diák-kísérletként is kivitelezhető. A tanulói kísérletek bevezetése a természettudományos tárgyak megfelelő színvonalú oktatásához elengedhetetlen, minthogy a fiatalok természettudományos érdeklődésében bekövetkezett hanyatlás gyökerei nagyrészt a természettudományos tanításának módszereiben keresendők. Hiába ért egyet azzal a természettudományos neveléssel foglalkozó oktatók közössége, hogy a kutatásalapú tanuláson nyugvó oktatási módszerek hatékonyabbak az osztálytermi gyakorlatoknál, ezeket a módszereket a legtöbb országban egyszerűen nem használják (Beke, 2011; Rocard, Hemmo, Jorde, Lenzen, Walberg-Henriksson és Csermely, 2010).

A kísérlethez szükséges anyagok mérő csoportonként: 4 darab kétliteres műanyag palack (a diákokat megkérhetjük, hogy hozzanak otthonról), 3 darab hőmérő, körülbelül fél kilogramm föld, celofán, befőttesgumi, gumicső, szódabikarbóna, háztartási ecet, és ha a teremben nincs olyan ablak, ahova odasüt a nap, akkor szükséges egy lámpa is.

A vizsgálat megkezdése előtt a tanulókat párba osztjuk. Elkészítjük a modelleket: három műanyag palackot félbevágunk, és körülbelül azonos mennyiségű földet szórunk az aljukba. Egy-egy hőmérőt rögzítünk a palackok oldalához. Két palack tetejét befedjük fóliával. A negyedik palackba ecetet öntünk, szódabikarbónát szórunk bele, majd gumicsővel ellátott kupakot rakunk rá. Az ecet és a szódabikarbóna reakcióba lép és szén-dioxid fejlődik:



Az egyik félbevágott palackba a fólián keresztül egy gumicső segítségével szén-dioxidot jutattunk (4. ábra). A palackokat az ablakba helyezzük, oda, ahol egyenesen süti a Nap. Amennyiben erre nincs lehetőség, akkor egy lámpa segítségével világítsuk meg mindegyik modellt egyforma fényerejű és teljesítményű lámpával azonos távolságról, körülbelül 20–30 cm-ről, így a lámpák jelképezik a napot.



4. ábra. Üvegházhatást bemutató kísérlet

A diákok jegyezzék fel a kezdő hőmérsékletet mindegyik eszközben, majd 30 percen keresztül ötpercenként jegyezzék fel a hőmérséklet változását. A kísérlet közben átismételhetjük a korábban tanult elméleti anyagot, valamint felhívhatjuk a diákok figyelmét, hogy ha a globális felmelegedés folytatódik, akkor annak milyen következményei lehetnek.

A kísérletezés során lehetőségünk van képességfejlesztésre, fejleszthető kompetenciák: kez ügyesség, megfigyelőképesség, együttműködési, gondolkodási, rendszerező és kommunikációs képesség. A kapott eredmények rögzítése és elemzése során az információs és kommunikációs képesség (számítógép-használat) fejleszthető. A kis létszámú csoport miatt lehetőség nyílik az addig visszahúzódó hallgatók bevonására és ösztönzésére.

Napjainkban a globális felmelegedés az egyik legfontosabb környezeti probléma. Ilyen mértékű problémával még nem találkozott az emberiség. A felmelegedés az egész bolygóra hatással van, és az összes kontinens összes lakójának életét veszélyezteti. Mégis tehetünk ellene, ez a veszély ugyanis nem az űrből érkezik, hanem mi, emberek vagyunk felelősek érte azzal, hogy túl sok szén-dioxidot (és egyéb üvegházhatású gázt) juttatunk a légkörbe.

Összefoglalás

Napjainkban a globális felmelegedés az egyik legfontosabb környezeti probléma. Ilyen mértékű problémával még nem találkozott az emberiség. A felmelegedés az egész bolygóra hatással van, és az összes kontinens összes lakójának életét veszélyezteti. Mégis tehetünk ellene, ez a veszély ugyanis nem az űrből érkezik, hanem mi, emberek

vagyunk felelősek érte azzal, hogy túl sok szén-dioxidot (és egyéb üvegházhatású gázt) juttatunk a légkörbe. A természettudományos oktatás hanyatlásának megállítása fontos feladat, ehhez azonban mind az általános, mind a középiskolában új tárgypedagógiai szemléletre van szükség. Sok olyan feladat van, ami csak néhány tanulónak világos és

érthető, a többség számára azonban a felfoghatatlan kategóriába tartozik. Így ha tehetjük, válasszuk inkább a kutatáson alapuló oktatási módszert, mellyel felkelthetjük a diákok figyelmét. Egy ilyen egyszerűen kivitelezhető kísérlet az üvegházhatás szemléltetése műanyag palack segítségével, mellyel egyszerűen, kis anyagigénnyel szemléltethetjük a légszennyezés hatását a klímaváltozásra.

Köszönetnyilvánítás

A kutatást, valamint a közlemény megjelenését a TÁMOP (4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0064, 1.1 *Szélsőséges időjárás események hatása felszíni vizekre* almodul) támogatta.

Irodalomjegyzék

- Barcza Z., Bartholy J., Bihari Z., Czira T., Haszpra L., Horányi A., Horváth E. S., Krüzselyi I., Lakatos M., Mészáros R., Mika J., Pálvölgyi T., Pieczka I., Pongrácz R., Práger T., Radics K., Szentimrey T., Szabó P., Szépszó G. és Torma Cs. (2011): *Klimaváltozás – 2011*. Magyar Tudományos Akadémia – Eötvös Loránd Tudományegyetem Meteorológiai Tanszéke, Budapest.
- Beke T. (2011): A projekt munka hatásai a természettudományos tantárgyak tanulásában. *Iskolakultúra*, **21**. 4–5. sz. 3–22.
- Bukovics I. (szerk.): *Felkészülés a klímaváltozásra*. In: *Környezet – kockázat – társadalom*. Fire Press Kiadó, Budapest.
- Harnos Zs., Gaál M. és Hufnagel L. (2008): *Klimaváltozásról mindenkinek*. Budapesti Corvinus Egyetem, Kertészettudományi Kar, Matematikai és Informatikai Tanszék.
- Harnos Zs. és Csete L. (2008, szerk.): *Klimaváltozás: környezet-kockázat-társadalom*. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest.
- Hoegh-Guldberg, O., Mumby, P. J., Hooten, A. J., Steneck, R. S., Greenfield, P., Gomez, E., Harvell, C. D., Sale, P. F., Edwards, A. J., Caldeira, K., Knowlton, N., Eakin, C. M., Iglesias-Prieto, R., Muthiga, N., Bradbury, R. H., Dubi, A., Hatziolos, M. E. (2007): Coral Reefs Under Rapid Climate Change and Ocean Acidification. *Science*, 318. sz. doi: 10.1126/science.1152509
- Horváth L. (2010): Felkészülés a klímaváltozásra – alkalmazkodás. *Nemzet és Biztonság*, február. 67–82.
- Hufnagel L. és Sipkay Cs. (2010): *A klímaváltozás hatása ökológiai folyamatokra és közösségekre*. Budapesti Corvinus Egyetem Kiadó, Budapest.
- Lindmayer, J. (2010): Az éghajlatváltozás okozta lehetséges konfliktusforrások a Kárpát-medencében, *Hadtudomány*, 3. 2. sz.
- Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Henriksson, H. és Hemmo, V. (2010): Természettudományos nevelés ma: megújult pedagógia Európa jövőjéért. *Iskolakultúra*, **20**. 12. sz. 13–30.
- Watson, R. T., Albritton, D. L., Barker, T., Bashmakov, I. A., Canziani, O., Christ, R., Cubasch, U., Davidson, O., Gitay, H., Griggs, D., Halsnaes, K., Houghton, J., House, J., Kundzewicz, Z., Lal, M., Leary, N., Magadza, C., McCarthy, J. J., Mitchell, J. F. B., Moreira, J. R., Munasinghe, M., Noble, I., Pachauri, R., Pittock, B., Prather, M., Richels, R. G., Robinson, J. B., Sathaye, J., Schneider, S., Scholes, R., Stocker, T., Sundararaman, N., Swart, R., TaT., Zhou, D. (2002): An assessment of the Intergovernmental Panel on Climate Change. In: Watson, R. t. (szerk.): *Climate change 2001: Synthesis report. Contribution of Working Groups I, II, and III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge. 35–145.