

Mózner Zsófia

A nemzetközi kereskedelem környezeti hatásának elemzése a karbonlábnyom segítségével

Bevezetés

Napjainkban egyre többet hallunk a fogyasztói társadalom kialakulásáról és ennek környezetre gyakorolt hatásáról. A klímaváltozással kapcsolatban ma már konszenzus van abban, hogy az antropogén tevékenység hozzájárul a globális hőmérséklet-emelkedéshez (IPCC, 2007). Az emissziók környezeti hatásainak értékeléséhez szükség van egy olyan **fenntarthatósági indikátorra**, amely a döntéshozói szinten is segítségül hívható. Az ún. karbonlábnyom egy mutatószámba sűrítve megadja az emissziók környezeti hatását a fenntarthatósági korlátok tükrében, és hasznos indikátor lehet arra, hogy felhívja a döntéshozók figyelmét, mely területeken van nagy szükség a beavatkozásra.

A világ országai a globalizáció során egyre inkább gazdaságilag függő helyzetbe kerültek egymással, részesei a nemzetközi gazdasági és kereskedelmi rendszernek. Az emissziók környezetterhelésének vizsgálatánál nem szabad figyelmen kívül hagyni, hogy nyitott gazdaságú országokról van szó, így a környezeti hatások vizsgálatánál a **nemzetközi kereskedelem környezeti hatását** is vizsgálni kell. Sok ország a nemzetközi kereskedelem révén biokapacitást is importál és függőségbe kerül az exportáló országok gazdaságától és **ökológiai tőkéjétől** is. Mivel a termelés és a fogyasztás egymástól térben is elkülönül, ezért lényeges kérdés, hogy a nemzetközi kereskedelem milyen hatással van egy ország természeti tőkéjére és fenntarthatóságára. A vizsgálat során felmerül a

felelősség kérdése is: a termelőkre vagy a fogyasztókra hárítsák rá a kormányok a szén-dioxid-kibocsátás felelősségét és költségét.

Mindezek alapján, kutatási célunk az, hogy a magyar **háztartási fogyasztás környezetterhelését** megvizsgáljuk, mindezt a karbonlábnyom, mint környezeti indikátor segítségével, hangsúlyt fektetve a hazai előállítású és importtermékek fogyasztásának vizsgálatára. Magyarországon jellemző az importfüggőség bizonyos fogyasztási kategóriákban, és különösen azoknak a termékeknek nagy az importigénye, amelyek még itthon feldolgozásra vagy exportra kerülnek. Így releváns kérdés az, hogy a nemzetközi kereskedelemnek milyen hatása van a magyar háztartások karbonlábnyomára. A fogyasztás és a háztartások fogyasztásának egy része – direkt vagy indirekt módon – behozatalból fedezett. Ezeknek a termékeknek a környezetterhelését a hazai kibocsátásokhoz kellene allokálni, mivel célját tekintve a hazai fogyasztói igények miatt kerültek kibocsátásra. A tanulmányban a **nemzetközi kereskedelem környezeti hatását** kívánjuk összekapcsolni a háztartások fogyasztásával.

Az elemzés során a következő kérdésekre szeretnénk választ kapni:

- Hogyan lehet nyitott gazdaságokban a nemzetközi kereskedelemből származó CO₂ hatását hozzákapcsolni a nemzeti CO₂-kibocsátásokhoz?
- Mekkora környezetterhelést okoz egy ország fogyasztási szükséglete az exportáló országokban?
- Mi a fogyasztók szerepe az importált kibocsátások tekintetében?

A fogyasztás során olyan termékeket és szolgáltatásokat is elfogyaszt egy ország lakossága, amelyek létrehozatala és így a környezeti hatása is az országhatárokon kívül esik, és ebben az esetben azt mondhatjuk, hogy az adott ország **biokapacitást importál**. Az exportra termelés esetében pedig az ország exportálja a biokapacitásának egy részét. A klímaváltozási törekvések nemzeti szintű megvalósításában jelentősége van ezeknek a kutatási kérdéseknek, mert a **hazai fogyasztási struktúra** elemzése felhívhatja a döntéshozók figyelmét a fogyasztók „káros” környezeti magatartására, és megmutathatja azokat a területeket, ahol a fogyasztói magatartás megváltoztatására vagy közpolitikai beavatkozásra van szükség. A nemzetközi kibocsátáscsökkentési törekvések nemzeti szintre vonatkoznak, és ennek az egyik lehetséges módja a karbon-intenzív termelés helyettesítése. A karbonlábnyom alkalmazása és a háztartási fogyasztás elemzése fontos annak megértéséhez, hogy a nemzeti szintű politikai

erőfeszítések hatékonyságát és disztribúciós hatását jobban megértjük, ezenkívül a fenntartható fogyasztási minták kommunikációját segítheti.

Elméleti összefoglaló

A karbonlábnyom

A karbonlábnyom eredetileg az ún. ökológiai lábnyom indikátornak egy alrészete volt, ma már azonban önálló indikátorként is kiszámítható és használható, hiszen különösen a klímaváltozás miatt, szemléletes módon hívja fel a figyelmet a fenntarthatósági korlátokra.

Az **ökológiai lábnyom** a környezeti terhelés mérőszáma, az az élettér, amely egy meghatározott emberi népességet, meghatározott életszínvonalon, eltartani képes. Azt mutatja meg, hogy hány hektár ökológiailag produktív természet szükséges az energia, a beépített területek, a fogyasztási árúk előállításához, a hulladék elnyeléséhez, ami a termelés során keletkezik.

Az általános fogyasztás és a fogyasztási szükségletek alapján bármely népesség ökológiai lábnyoma kiszámolható, egy országtól kezdve régiókon, társadalmi csoportokon át még a szervezetek, vállalatok lábnyoma is meghatározható. Az ökológiai lábnyom és a rendelkezésre álló biológiai területkapacitás különbsége jelenti az ún. **ökológiai deficitet**, ami fontos mutatója annak, hogy a vizsgált népesség milyen mértékben lépi túl a fenntarthatósági korlátot.

A **karbonlábnyom** a CO₂ környezeti hatását fejezi ki, azt mutatja meg, hogy mekkora területű erdőre, erdős területre lenne szükség egy évben ahhoz, hogy az adott évben keletkezett CO₂-t megkösse, azaz mennyivel nagyobb területre lenne szükség az adott népességnek a karbonkibocsátás hatásainak semlegesítéséhez (Monfreda, 2004). A karbonlábnyom meghatározásának egy másik megközelítése annak a területnagyságnak a kiszámítása, ami annyi bioüzemanyag megtermeléséhez szükséges, amennyi energiaigényből származott a CO₂-kibocsátás. Látható, hogy a karbonlábnyom-számítás során a CO₂-kibocsátási adatokat számítják át területnagysággá. A karbonlábnyom mint indikátor tulajdonképpen az az addicionális erdős terület, amire azért van szükség, hogy a keletkezett szén-dioxidot megkösse (ún. carbon capture terület).

A karbonlábnyom alkalmazása megmutatja, hogy a fenntarthatóság számszerűsíthető, és használható a „gondolkodj globálisan, cselekedj

lokálisan” elv gyakorlati megvalósítására. A **karbonlábnyom kiszámításának** és elemzésének azért van jelentősége, mert egy olyan indikátor, ami a termelés/fogyasztás során keletkezett CO₂ mennyiségét egy olyan értékben aggregálja, ami közvetlenül összehasonlítható a környezet biokapacitásával, így a természeti tőke végességét mutató fenntarthatósági korlátként és irányjelző indikátorként alkalmazható. Így nemcsak a kibocsátott CO₂ mennyiségét mutatja meg, hanem használatával következtetéseket tudunk levonni a természeti tőke korlátaira vonatkozóan. A karbonlábnyom esetében is nagy jelentősége van az ökológiai deficit kiszámításának, azaz hogy az emberi fogyasztásból származó CO₂-kibocsátás mennyivel lépi túl a természetes megújulóképesség határát.

A karbonlábnyom számításának módszertani koncepciója a '70-es évekre nyúlik vissza, amikor a háztartás fenntartásának energiaköltségét („energy cost of living”) kezdték kiszámolni, illetve a nettó energia elemzést végezték (Herendeen, 1976). A karbonlábnyom két részre bontható, direkt és indirekt fogyasztási kibocsátásból is származhat, amelyeket fontos külön kezelni. A **direkt vagy elsődleges lábnyom** a fosszilis energiahordozók elégetéséből származó közvetlen CO₂-kibocsátást tartalmazza, amely a háztartási energiafogyasztásból, a közlekedés használatából áll.

A **karbonlábnyom indirekt** részét az elfogyasztott termékek és szolgáltatások kibocsátásaképezi, amelyek a termékek gyártásából, használatából és végső lerakásából, a hulladékkezelésből származnak.

A karbonlábnyom értéke magában foglalja az országban megtermelt termékekből származó kibocsátást, illetve az elfogyasztott, importált termékek emisszióját is. A termelési kibocsátásokból levonásra kerülnek a nem hazai fogyasztási igényeket kielégítő termékek termeléséből származó emissziók. Látható, hogy a karbonlábnyom értéke ténylegesen azt mutatja, ami az adott ország fogyasztásának kielégítésére szolgáló termékek és szolgáltatások emissziója. Ezért is van jelentősége ennek az indikátornak, hiszen az ahhoz az országhoz allokálja a kibocsátásokat, amelyik **felelős a kibocsátás létrejöttéért**. A nemzetközi kereskedelem környezeti hatását emiatt is fontos és szükséges elemezni, hiszen az nemcsak egy ország gazdasági szerkezetét határozza meg, hanem a karbonlábnyomra és a fogyasztás környezetterhelésére is hatással van. Használatával megállapítható, hogy mennyire fenntartható a fogyasztás jelenlegi szintje.

Az ágazati kapcsolatok modellje és szerepe a környezeti számításokban

Az **ágazati kapcsolatok modellje** egy országra vonatkozó, gazdasági szektorok összefüggéseit mutató statisztikai táblázat. Magyarországon ötévente publikálják, az adatok összegyűjtése és allokálása meglehetősen időigényes folyamat. Az ágazati kapcsolatok mérlegével lehetőség nyílik az input-output elemzésre, amelyet eredetileg az '50-60-as években kezdtek el használni. Az alkalmazás eredete Leontief nevéhez köthető, aki eredetileg az ágazati interdependenciák és a környezeti hatások értékelésére készítette és dolgozta ki ezt a modellt. **Leontief (1936)** és Leontief (1970) tanulmányai szolgáltatnak kiindulópontot a módszertanhoz. Az ágazati kapcsolatok mérlegét szükséges használni a karbonlábnyom-számításánál. Az ágazatok kölcsönösen függenek egymástól, inputokat igényelnek és outputokat szolgáltatnak egymás számára, így ezeknek a hatásoknak a számszerűsítésével pontosabb képet kapunk egy-egy ágazat tényleges kibocsátásáról és környezeti hatásairól is.

Az ágazatok közötti komplex interdependenciákat kezelni szükséges **Wackernagel (2006)** alapján is, aki az ágazati kapcsolatok mérlegének alkalmazását javasolja az ökológiai és karbonlábnyom-számításokban. A **modell előnye**, hogy képes végigkövetni a termékek és szolgáltatások útját a gazdaság egészében, a termék végső felhasználásának, valamint a termékhez szükséges nyersanyagoknak a hatását is megmutatja. A kereskedelem hatásainak számszerűsítésében is jól használható, és a karbonlábnyommal kombinálva magában foglalja az életciklus-elemzés elvét is.

A következőkben egy rövid **irodalmi összefoglalást** adunk arról, hogy milyen nemzetközi kutatások születtek a nemzetközi kereskedelem környezetterhelésének vizsgálatára az input-output modellek alkalmazásával.

Van Vuuren et al. (1999) az elsők között vizsgálták, hogy a kereskedelmi tevékenység következtében mekkora egy ország tényleges ökológiai lábnyoma. Azt találták, hogy Hollandia a tényleges területénél három-négyszer akkora területet használ fel a gazdasági tevékenységeihez. **Ahmad és Wyckoff (2003)** 24 országban vizsgálta a nemzetközi kereskedelemből származó CO² kibocsátások hatását, és az eredmény az volt, hogy a globális emissziók 80%-áért felelősek azok az országok. 17 gazdasági szektor alapján készítették az elemzést, már felhasználva az ágazati kapcsolatok mérlegét is.

Regionális szinten, egy-egy országot vizsgálva több elemzés is született az utóbbi időben a nemzetközi kereskedelem környezeti hatásáról. **Ferng (2002)** 14 termelői iparágat vizsgálva tanulmányozta a nemzetközi

kereskelemből származó energialábnyomot. Az elfogyasztott háztartási primer energia alapján is számított energialábnyomot, de nem vizsgálta az energiafogyasztás és az energialábnyom kapcsolatát. **Andersson és Nevalainen (2003)** Finnországban vizsgálta a kereskedelem környezeti hatását, **Hornborg (2005)** egy historikus elemzést végzett az Egyesült Királyság agrárkereskedelmére vonatkozóan. **Peters és Hertwitsch (2006)** a norvég kereskedelem vizsgálatát az ágazati kapcsolatok mérlegén kívül strukturális útelemzéssel is kiegészítette a főbb kereskedelmi kapcsolatokat és azok hatásait vizsgálva.

Wiedmann et al. (2007) és Turner et al. (2007) tanulmányában találunk egy részletes módszertant a nemzetközi kereskelemből származó ökológiai lábnyomról, amelyet több régióra vonatkoztatva, interszektoralis összefüggések alapján az input-output elemzéssel számoltak. Ezt követően többen továbbfejlesztették és finomították a modellt. **Peters (2007)** 87 országot vizsgált egy 57 szektoros modellben. **Wiedmann (2008)** egy összehasonlító tanulmányban mutatja be, hogy a több régió kereskedelmi hatását is figyelembe vevő input-output elemzéssel (MRIO) kombinált számítások mennyiben adnak más eredményt, mint a Global Footprint Network által is alkalmazott Termék-Földhasználat Mártix (Product Land Use Matrix-PLUM) felhasználásával végzett számítások.

Wiedmann szerint jelentős különbség van a két módszertan között, az input-output elemzéssel kombinált módszertan jobban támogatja a fogyasztói felelősség elvének megközelítést, ugyanakkor a számítások elvégzése, illetve a minőségi és megbízható adatok rendelkezésre állása nem mindig teszi lehetővé ezt a számítási módszert.

Az **input-output modellezés** növeli a kereskedelem környezeti hatására vonatkozó számítások teljességét és pontosságát, a nemzetközi ellátási láncok környezetterhelését segíti nyomon követni, kiegészítve a már említett strukturális útelemzéssel, illetve a szenárióelemzéssel összekapcsolva is fontos vizsgálatokat tesz lehetővé.

Az ágazati kapcsolatok mérlegének alkalmazását hátráltathatja az, hogy a szektoralis adatok nem mindig vagy nem megfelelő aggregáltsági szinten állnak rendelkezésre. Annál részletesebb elemzést lehet végezni, minél nagyobb felbontásban vannak meg ezek az ágazati adatok. Ebben a tanulmányban a karbonlábnyom-számítást az ágazati kapcsolatok mérlegének felhasználásával végeztük.

Termelői vagy fogyasztói felelősség?

Kormány szintű döntéseknél is felmerült már annak a kérdése, hogy az **ún. felelősségi elvet** milyen módon érvényesítsék az emissziócsökkentési határozatokban. A nemzetközi kereskedelem környezeti hatásainak a fogyasztást igénylő országhoz rendelése szükségszerű, és részét kell képeznie a nemzeti emisszió egységeknek. A jelenlegi rendszert sok kritika éri amiatt, hogy **a termelési alapú emissziómegállapítások** vannak érvényben, ahol a termelés tartalmazza még az exportra termelt termékek emisszióját is. Egyre nehezebb elérni az emissziócsökkentési vállalásokat és előírásokat. Ezek miatt, a termelési alapú elszámolás mellett, megjelenik **a fogyasztói felelősség elve** is. Ennek azért van jelentősége, mert a termelés és így az ebből származó környezetterhelés egy jelentős része is a háztartások fogyasztását szolgálja.

Az egyén fogyasztói magatartásának és döntésének nagy hatása van a környezetterhelésre, melyet **Bin és Dowlatabadi (2005)** részletesen vizsgált. Egy új paradigmát javasolnak a környezeti hatások értékelésére, ez a **Fogyasztói Életstílus Megközelítés** (Consumer Lifestyle Approach, CLA). Ez alapján közvetlenebbül számszerűsíthetők és vizsgálhatók a fogyasztói tevékenységek és azok környezeti hatása. Meg kell jegyezni, hogy ez a megközelítés sem teljesen új, a gyökerei már megjelentek a '80-as évek végén **Schipper és Bartlett (1989)** munkájában.

Véleményük szerint a jövedelem és az energiaárakon kívül a fogyasztói döntés alapján kialakuló energiahasználati mix határozza majd meg a jövőben az energiakeresletet, így a fogyasztóknak erre közvetlen hatása van. A teljes energiafelhasználás 45-55%-át a fogyasztói tevékenységek befolyásolják, a háztartási fűtéstől kezdve a közlekedésig.

A fogyasztói alapú elszámolás előnyei (**Peters and Hertwich, 2008**):

- a nemzetközi kereskedelemről származó környezeti hatásokat pontosabban kezelné,
- a tisztább termelési technológiákat jobban ösztönözné,
- megfelelő allokációval nagyobb mennyiségű globálisan kibocsátott emissziót lehetne hozzárendelni a fogyasztói csoportokhoz és szektorokhoz,
- jobban motiválná a kibocsátáscsökkentés enyhítésére irányuló intézkedéseket, hiszen ezáltal új szektorok lennének felelőssé tehetőek

a kibocsátásokért, felértékelődne a háztartási fogyasztások környezeti hatása,

- segítené az ezen a területen szükséges intézkedések elterjedését.

A fogyasztói felelősség alkalmazásának azonban hátrányai is vannak. A környezeti hatások allokációja komplexebb számításokat igényel, mint a termelői felelősség rendszere, ezáltal megnő a bizonytalanság a kapott eredményeket illetően, és azokat óvatosan kell kezelni a politikai intézkedéseknél. A fogyasztás során keletkezett emissziók egy része az ország határain kívül keletkezik, így az adott országnak nincs közvetlen hatásköre arra, hogy módosítsa a termelési technológiát a fogyasztás környezeti hatásának csökkentése érdekében, viszont arra van, hogy a külkereskedelem szerkezetére hatással legyen. A fogyasztói felelősség alkalmazása a termelői felelősség helyett tulajdonképpen egy másik végpontja az emissziók és a karbonlábnyom allokációjának, így Lenzen et al. (2007) azt javasolják, hogy az ún. **megosztott felelősségi elv** alapján kerüljenek számításra az emissziók. Az elv módszertanának a kidolgozása azonban még további kutatásokat igényel.

Összefoglalóan az 1. táblázat mutatja a termelési és a fogyasztói alapú allokáció különbségeit. Kutatásomban a fogyasztói megközelítést alkalmazom, éppen azért, hogy ennek az új megközelítésmódnak a jelentőségét bemutassam.

	Emisszióallokálás	
	Termelési (területi) alapú	Fogyasztási alapú
Emisszió kezelésének hatásköre	Adminisztrált terület	Globális
Allokáció alapja	Hazai termelés	Hazai fogyasztás
Kereskedelemből származó emissziók allokálása	Export figyelembevétele, import nem	Import figyelembevétele, export nem
Összehasonlíthatóság alapja	GDP	Nemzeti fogyasztás
Kereskedelmi politikával konzisztens	Nem	Igen

Módszertani komplexitás	Alacsonyabb	Magasabb
Átláthatóság	Magasabb	Alacsonyabb
Bizonytalanság	Alacsonyabb	Magasabb
Enyhítési politika alapja	Országon belüli intézkedések	Globális intézkedések

1. táblázat. Az emisszióallokálás lehetőségei (Peters, 2008)

A karbonlábnyom-számítás módszertana

A karbonlábnyom-számításban Wiedmann (2006) alapján az ágazati kapcsolatok mérlegét használom, amelynek segítségével az ágazatok közötti közvetett fogyasztás is számszerűsíthető lesz.

Az ágazati kapcsolatok mérlegének általános alakja a következő:

$$x = Ax + y + e - m,$$

ahol:

x az egyes szektorok teljes output vektora,

A az ágazatok közvetett fogyasztásának mátrixa, ahol az oszlopokban található az az input mennyiségek az egyes szektorokból (hazai és import), amelyek egy egység output hazai előállításához szükségesek, így az

Ax a teljes közvetett fogyasztás vektora,

y a végső fogyasztás vektora, ami magában foglalja az összes fogyasztási kategória (háztartások, kormányzat, tőke) végső fogyasztását

Az e a teljes export vektora, míg az

m a szektoronkénti import értékét tartalmazó vektor.

A karbonlábnyom (CF) kiszámításának általános képlete:

$$CF = F(I - A)^{-1}y_{com},$$

ahol:

F az egységnyi outputra eső CO² környezetterhelés (hazai+ import) vektora szektoronként (1x57), a GFN adatbázisa alapján.

$(I-A)^{-1}$ a közvetett és közvetlen ágazati inputigények a szimmetrikus ágazati kapcsolatok mérlege alapján. Ezt a formulát hívják még ún. Leontief inverz mátrixnak (57x57) és azt mutatja, hogy az output egy egységgel való növekedése esetén mennyi inputra lenne szükség az egyes szektorokban.

Az y_{com} a fogyasztás végső keresletének vektora (57x1), a vizsgálni kívánt végső fogyasztási kategóriákban.

Az $F (I-A)^{-1}$ mátrixot hívjuk multiplikátor mátrixnak is vagy ún. teljes intenzitás mátrixnak.

Mivel a fogyasztói felelősség elve alapján a fogyasztók által okozott környezetterhelést kívánom számszerűsíteni, a következő módon számítom a karbonlábnyom értékét:

$$CF_{cons} = F (I-A)^{-1} \mathbf{diag} (y)$$

A fogyasztás végső keresletének vektorát tehát diagonalizálni kell ahhoz, hogy a fogyasztói környezetterhelést kapjuk meg. Ezzel szemben a termelői felelősség kiszámításánál a következő képletet kellene használni: $CF_{prod} = F \mathbf{diag} (x)$, ahol $x = (I-A)^{-1} y$

A háztartások végső fogyasztási karbonlábnyomát a következő részekre bontjuk fel:

a hazai termelésből származó karbonlábnyom (CF_d), amely a hazai fogyasztói igények miatt került kibocsátásra (nem tartalmazza az exportból származó kibocsátást).

$$CF_d = F(I-A_d)^{-1} y_d$$

ahol:

A_d a hazai termelésből származó közvetett fogyasztás mátrixa (57x57),

y_d a hazai végső háztartási fogyasztás vektora (57x1).

Az importból származó karbonlábnyom, ami további két részre bontható, direkt és indirekt import karbonlábnyoma.

$$CF_d = F \{((I-A)^{-1} - (I-A_d)^{-1}) y_d + (I-A)^{-1} y_m \}$$

A direkt vagy közvetlen importból származó karbonlábnyom azt mutatja meg, hogy mennyi környezetterhelés keletkezik az importált termékek révén. A közvetlen fogyasztásra szánt importhoz szükséges input a következő:

$$(I-A)^{-1} y_m,$$

ahol:

y_m a hazai import fogyasztás vektora.

A közvetett import inputja, ami a hazai előállítású termékek termeléséhez szükséges a következő:

$$[(I-A)^{-1} - (I-A_d)^{-1}] y_d$$

Mindkét esetben felhasználjuk a Leontief-inverz, és feltételezzük, hogy a külföldi termelési technológia hasonló a hazai, A mátrixban megjelenő termelési technológiához.

A végső háztartási fogyasztás karbonlábnyomát tehát a hazai termelésből származó karbonlábnyom és az importált termékek karbonlábnyomának összegeként határozzuk meg. A módszertani felbontás lehetővé teszi azt, hogy számszerűsítsük és elkülönítsük a hazai termelésből, illetve az importból származó fogyasztás környezetterhelését, ami egy új, politikailag is releváns módszertani megközelítés.

A számítások során a következő feltevésekkel élünk:

- Az input-output tábla nem természetes értékekben, hanem monetárisan jeleníti meg az ágazati összefüggéseket, ennek különösen az import kezelésénél van nagy szerepe, hiszen annak értékét az árfolyam-ingadozások jelentősen befolyásolhatják. A 2005-ös év árfolyamváltozását megvizsgálva megállapíthatjuk, hogy az árfolyammozgások nem okoznak nagymértékű torzítást a számításokban.
- Az import esetében feltételeztük, hogy a hazai termékek és az importált termékek gyártási technológiája azonos, rögzített, fix

arányokon alapul, így az importált karbonlábnyom mennyisége azt mutatja meg, hogy mekkora mennyiségű energia és emisszió nem az országban kerül kibocsátásra, a hazai gyártás helyett az importált termékek miatt.

Az a cél, hogy e nemzetközi kereskedelem hatását, és nem a tényleges energiaintenzitásokat vizsgáljuk meg.

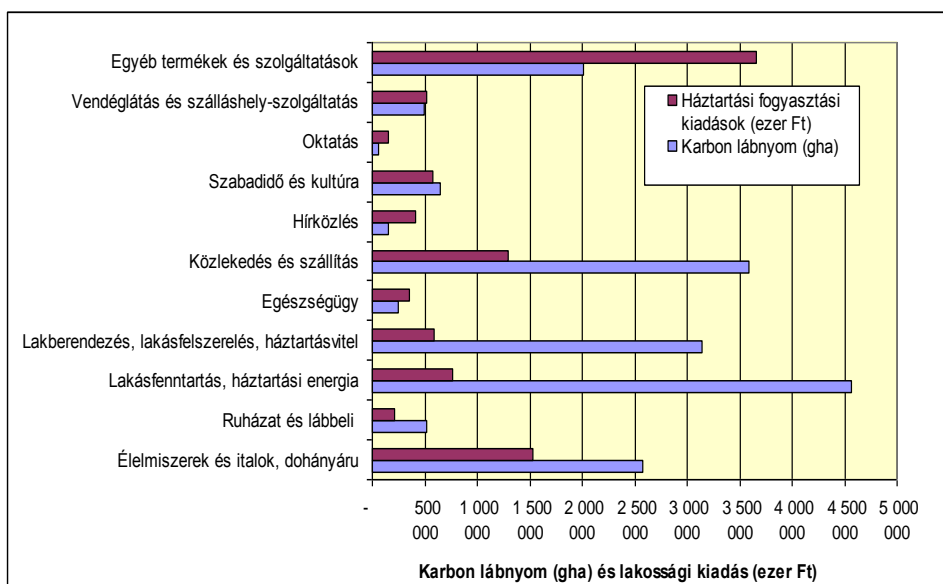
A 2005-ös évre készült a karbonlábnyom-számítás, aminek az az oka, hogy erre az évre állt rendelkezésre a KSH és az Eurostat által legutóbb publikált ágazati kapcsolatok mérlege. A CO₂-kibocsátás értékei és ezeknek a karbonlábnyommá transzformált értékei a Global Footprint Network adatbázisából származnak 2005-re vonatkozóan.

A számítás utolsó lépése a karbonlábnyom allokálása a végső fogyasztói szektorokhoz. Ehhez a COICOP (Classification of Individual Consumption According to Purpose) besorolási rendszert használjuk, ami alapján 12 végfelhasználói kategóriához allokáltuk minden esetben a karbonlábnyomot. A COICOP az egyéni fogyasztás rendeltetés szerinti osztályozása, egy négy szintű, tartalmában harmonizált nemzetközi nomenklatúra. A fogyasztás vizsgálatakor tehát célszerű ezt a csoportosítást alkalmazni.

Kutatási eredmények

A magyar háztartási fogyasztás karbonlábnyomának számítása során számszerűsítettük, hogy az egyes fogyasztási kategóriáknak mekkora a karbonlábnyoma. Ezt a karbonlábnyomot érdemes a fogyasztási kategóriákban elköltött háztartási kiadásokkal is összehasonlítani.

Az **1. ábrán** látható, hogy a különböző fogyasztási kategóriák eltérő kiadási szerkezettel rendelkeznek, valamint a karbonlábnyom értéke és intenzitása is nagy szórást mutat. A lakásfenntartás, háztartási energia karbonlábnyom-értéke a legnagyobb. A közlekedés, lakásfenntartás, háztartási energia és a lakberendezés, háztartásvitel fogyasztási kategóriák rendelkeznek a legnagyobb karbonintenzitással. A hírközlés, oktatás, egyéb termékek és szolgáltatások alacsony karbonintenzitásúak, azaz az egy elköltött pénzegység által generált CO₂-kibocsátás alacsonyabb. Az eredmények alapján egy háztartás karbonlábnyoma 2005-ben 4,5 gha, ennyi kibocsátásért felelős egy magyar átlagos háztartás.



1. ábra. A végső háztartási fogyasztás kiadásai (2005) és a magyar háztartási fogyasztás karbonlábnyoma (gha/év), 12 fogyasztási kategóriában

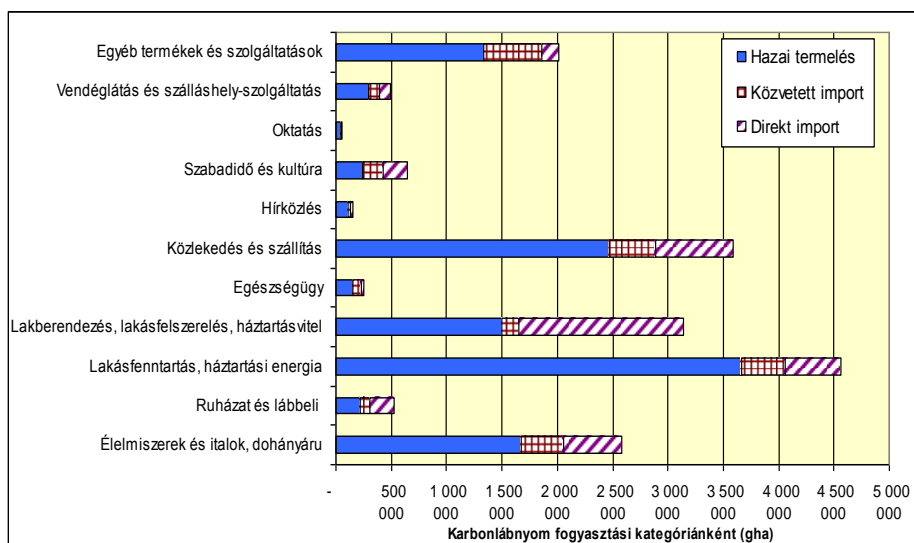
A **számítások eredményeit** nemzetközi eredményekkel összehasonlítva megállapítható, hogy a karbonintenzív fogyasztási kategóriák teljes karbonlábnyomhoz viszonyítva hasonló arányokat mutatnak a nemzetközi eredményekkel, míg a kevésbé karbonintenzív kategóriák esetében vannak eltérések, például az egészségügy eltérő finanszírozása miatt más eredményeket kapunk.

A tanulmány célja, hogy bemutassa a nemzetközi kereskedelem környezeti hatásait a háztartási fogyasztáson keresztül. Az **importált termékek és szolgáltatások**, valamint a hazai háztartási fogyasztásra szánt hazai termelés hatásait számszerűsítettük, a 2. ábra a fogyasztás karbonlábnyomának a szerkezetét mutatja. A karbonlábnyomot két részre bontottuk: a hazai biokapacitást terhelő karbonlábnyomra, valamint az importált karbonlábnyomra, ahol az importált termékek hatását két szinten vizsgáljuk. A direkt import a háztartás végső fogyasztására behozott termékek hatását számszerűsíti, míg az indirekt import a hazai fogyasztás kielégítése érdekében importált, de még itthon tovább feldolgozott alapanyagokra és termékekre vonatkozik. Ezeknek a termékeknek az itthoni feldolgozása hozzáadott értéket generál a gazdaságban.

Látható, hogy a háztartási fogyasztás következtében a **közvetlen import környezeti hatása** a lakásfenntartás, háztartásvitel esetében a legjelentősebb, ezt követi a közlekedés-szállítás fogyasztási kategória.

A háztartási energiafelhasználás nagy része importból fedezett, hiszen Magyarország importfüggősége erőteljes a háztartások energiával való ellátása tekintetében. A háztartási energiafogyasztás nagyon karbonintenzív, mire végső fogyasztásra kerül, jobban, mint a termelés esetében, ami részben azzal is magyarázható, hogy az elektromos áram termelése során nagy a veszteség az átvezetés, disztribúció következtében, így a háztartási végső fogyasztás nagyon energiaigényes és nagy karbonlábnyommal rendelkezik.

Az egyéb termékek és szolgáltatások esetében az **indirekt importnak** nagy a karbonlábnyoma, ennek az az oka, hogy olyan termékek tartoznak ide, amelyeket nyersanyagként vagy félkész formában importálunk, és azok további feldolgozásra kerülnek itthon.



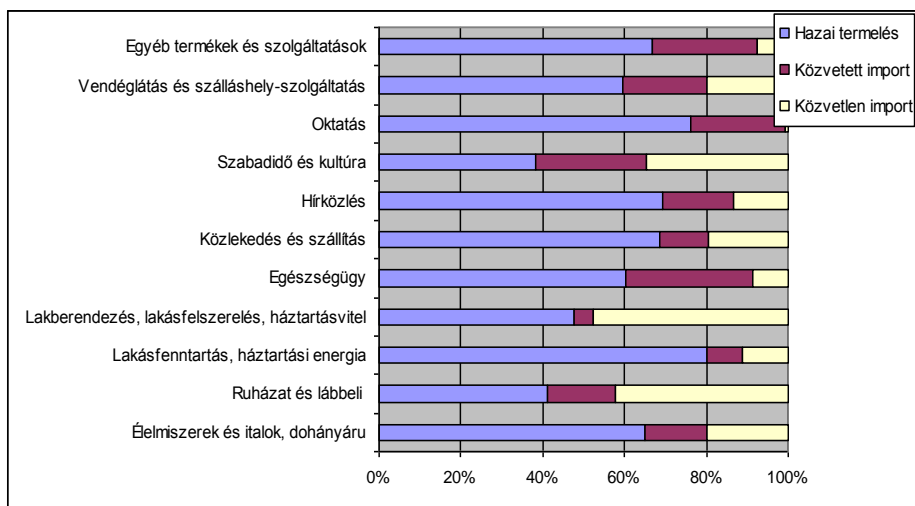
2. ábra. A háztartási fogyasztás karbonlábnyoma (gha/év) a környezetterhelés eredete szerint, 12 fogyasztási kategóriában

A 2. táblázatban található a tényleges karbonlábnyom-értékek a magyar háztartásokra vonatkozóan, a lábnyom eredete alapján elkülönítve.

Hazai háztartási fogyasztás karbonlábnyoma (gha)			
	hazai termelésből	közvetett importból	direkt importból
Élelmiszerek és italok, dohányáru	1 677 735	384 268	515 709
Ruházat és lábbeli	215 558	86 546	221 026
Lakásfenntartás, háztartási energia	3 664 147	394 051	508 365
Lakberendezés, lakásfelszerelés, háztartásvitel	1 499 353	151 636	1 493 208
Egészségügy	150 726	77 865	21 655
Közlekedés és szállítás	2 468 998	416 259	705 395
Hírközlés	108 311	27 061	20 872
Szabadidő és kultúra	245 845	176 198	222 552
Oktatás	41 466	12 547	313
Vendéglátás és szálláshely-szolgáltatás	295 185	103 213	97 979
Egyéb termékek és szolgáltatások	1 339 712	520 742	150 160
Összesen	11 707 038	2 350 385	3 957 234

2. táblázat. A magyar háztartási fogyasztás karbonlábnyoma (gha)

A 3. ábra szintén azt mutatja, hogy a különböző fogyasztási kategóriák karbonlábnyoma milyen mértékben terheli a **hazai biokapacitást**, illetve mennyi környezetterhelést okoznak az exportáló országokban. A közvetlen import karbonlábnyoma a ruházat és lábbeli kategóriában szintén jelentős, ennek a kategóriának a fogyasztása nem a hazai természeti környezetet terheli, hanem az exportáló országokban jelentkezik. A szabadidő és kultúra esetében is ugyanez jellemző, aminek az az oka, hogy ide tartoznak a különböző elektronikai, szórakozási berendezések, amelyeket nagy mennyiségben importálunk és környezeti terhelése is jelentős.

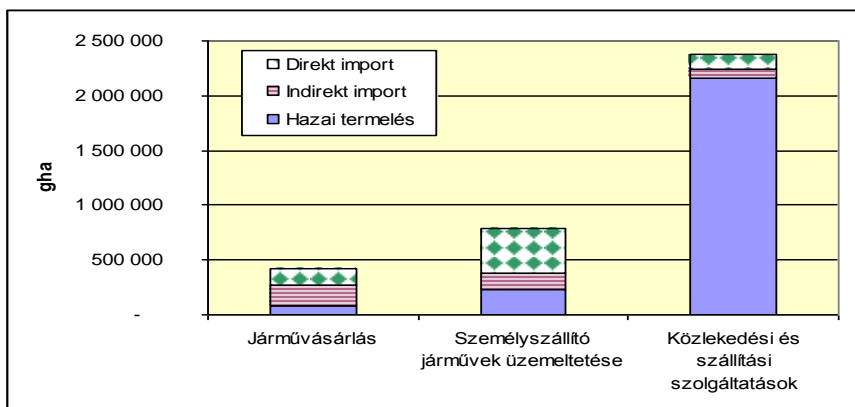


3. ábra. A karbonlábnyom szerkezete eredet alapján

A fenti eredmények alapján, úgy gondolom, hogy fontos azoknak a fogyasztási kategóriáknak a további elemzése, amelyeknél kimagaslóan nagy karbonlábnyom-értékeket kaptunk, hiszen az **aggregáltsági szint csökkentésével** egyre pontosabban ki tudjuk mutatni, hogy melyek azok a területek, ahol lényeges változtatásra lenne szükség a fogyasztói döntésekben.

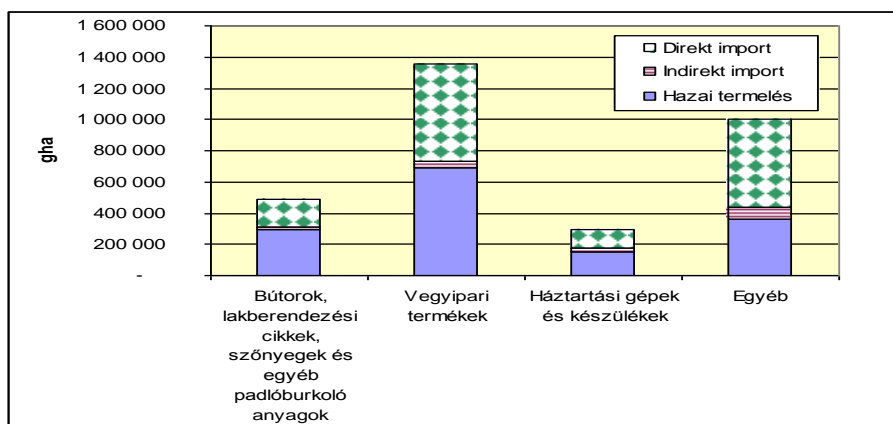
A **közlekedés környezetterhelését** tovább vizsgálva arra az eredményre jutottunk, hogy a közlekedési és szállítási szolgáltatások képezik a karbonlábnyom legnagyobb részét. Ezen a kategórián belül pedig a közúti közlekedés az, ami felelőssé tehető az emissziókéért. A személyszállító járművek üzemeltetése esetében a járművekhez szükséges üzemanyagok okozzák a környezetterhelést, ennek nagyobb része azonban az üzemanyagimport miatt nem az országban jelenik meg környezetterhelésként.

Szükséges még a **lakberendezés, lakásfelszerelés, háztartásvitel karbonlábnyomát** közelebbről megvizsgálni. Az 5. ábra mutatja, hogy a háztartásvitel során használt vegyipari termékeknek a legnagyobb a karbonlábnyoma, ennek azonban csak fele származik hazai termelésből, a vegyipari termékek esetében azt mondhatjuk, hogy biokapacitást importálunk,



4. ábra. A közlekedés karbonlábnyoma

hiszen nem a hazai környezetet terheli a vegyipari termékek gyártásából származó emisszió. A bútork, lakberendezési cikkek esetében a hazai termelésből származó karbonlábnyom jelentős. Azt is megállapíthatjuk, hogy ebben a fogyasztási kategóriában az indirekt import hatása kevésbé jelentős, összességében a közvetlen import meghaladja a hazai termelésből származó karbonlábnyomot.

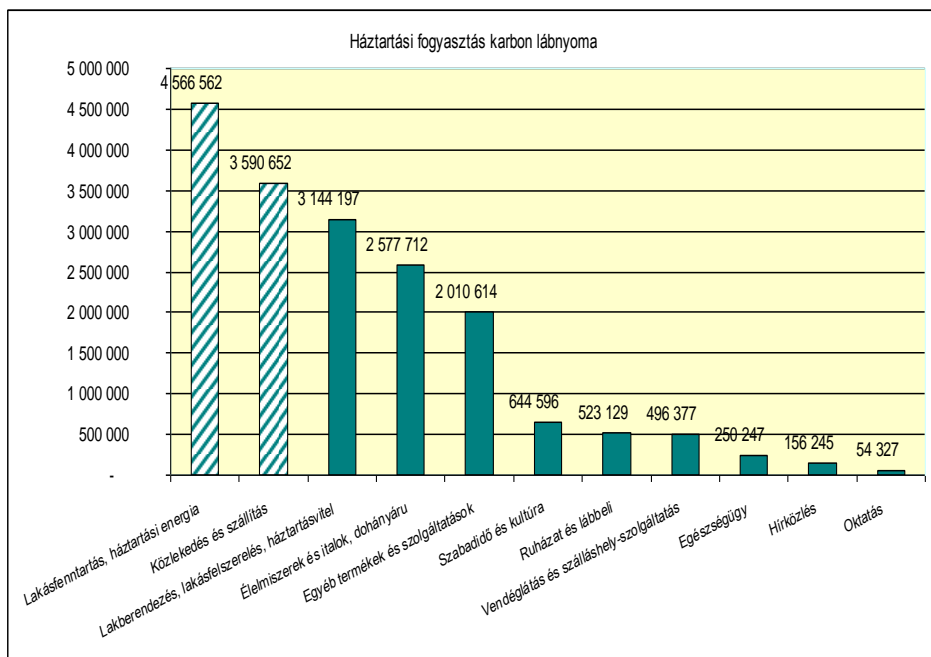


5. ábra. A lakberendezés, lakásfelszerelés, háztartásvitel karbonlábnyomának megoszlása

Konklúzió

A **fogyasztás és termelés térbeli elkülönülésének** fokozódásával felmerül az igény arra, hogy a nemzetközi kereskedelem természeti környezetre gyakorolt hatását elemezzük, illetve a kereskedelmi mérleg megítélésében is alkalmazzuk azt a szemléletet, hogy a kereskedelem a természeti környezet minőségét befolyásolhatja.

A fentiekben bemutatott elemzés során számszerűsítettük és megvizsgáltuk a nemzetközi kereskedelemről, pontosabban a termékek és szolgáltatások behozatalából származó **karbonlábnyomot**, illetve a hazai termelés karbonlábnyomát. Láthatjuk, hogy vannak olyan fogyasztási kategóriák, amelyekben a magyar háztartások fogyasztási szükségletei nagy környezetterhelést okoznak az exportáló országokban, az országhatáron kívüli területeken. A tanulmányban bemutatott és alkalmazott módszertan segítségével kimutatható, hogy a nemzetközi kereskedelem hatására milyen mértékű környezetterhelés valósul meg. Nemcsak a közvetlen, végső fogyasztás import-terhelése jelentős, hanem az indirekt és halmozott importanyag-tartalma is meghatározó szerepet játszik a karbonlábnyom értékében néhány fogyasztási kategóriában.



6. ábra. A háztartási fogyasztás karbonlábnyoma (gha/év)

Fontos megállapítás, hogy a magyar háztartások fogyasztása esetében azoknak a tevékenységeknek nagy a karbonlábnyoma, amelyeket **közvetlenül is befolyásolhatnak** az egyének a fogyasztói magatartásukkal.

A **fogyasztói életmódnak** rendkívül nagy hatása van, ezért is fontos a felelősségi elv alapján történő elemzése és annak megfelelő alkalmazása. A 6. ábra jól szemlélteti, hogy a két legnagyobb karbonlábnyommal rendelkező fogyasztási kategória esetében direkt fogyasztói hatás érvényesül, azaz tudatos fogyasztói döntésekkel befolyásolni és csökkenteni lehetne a karbonlábnyom értékét. Ez kívánatos lenne, azonban a politikai törekvések szempontjából kevésbé vonzó és elfogadott a fogyasztás mennyiségének csökkentése, ezért inkább arra irányulnak a törekvések, hogy a termelés területén valósítsanak meg csökkentéseket, illetve a fogyasztás átirányítására a kevésbé karbonintenzív termékek felé (Hertwich, 2005).

A CO₂ megkötésére különböző technológiai megoldások állnak már rendelkezésre, ilyen például a CCS-Carbon Capture Storage megoldás. Ez azonban nem biztos, hogy hosszú távon a kívánt eredményhez vezet, elképzelhető, hogy a **lock-in hatást erősíti** a fosszilis energiahordozók tekintetében (Vergragt, 2010). Ezért is szükséges a fogyasztói oldalon történő beavatkozás, nem elég csak a technológiai fejlődéstől és az energiahatékonyságtól várni a megoldást a fenntarthatósági kérdésekre.

Nemcsak azokban a fogyasztási kategóriákban van szükség a fogyasztói magatartás megváltoztatására, ahol közvetlen hatás figyelhető meg a karbonlábnyom értékben, hanem az **indirekt hatással rendelkező** kategóriákban is befolyásolhatják az emberek a fogyasztói vásárlási szokások által a környezetterhelést, ha olyan termékek vásárlását preferálják, amelyek kevésbé karbonintenzívek. Ezenkívül még az ellátási lánc zöldítésére lenne szükség.

Bin és Dowlatabadi (2005) alapján a **politikai döntéshozóknak** együtt kell kezelni a direkt és indirekt hatásokat, különben ha csak a direkt vagy indirekt hatásokra fókuszál egy intézkedés, akkor az a technológiai lock-in jelenséget és a visszapattanó-hatást is erősítheti és ezáltal nem éri el a kívánt eredményeket. A direkt és indirekt emissziókat együtt kell csökkenteni. A fogyasztókban is szükséges lenne intézkedések és kommunikációs eszközök segítségével tudatosítani azt, hogy a vásárlási és a fogyasztási döntéseiknek környezeti hatása van és ez felelősséget jelent számukra.

Módszertani szempontból a nemzetközi kereskedelem hatásának allokációját tovább nehezíti az a tény, hogy a re-exportált (nem az exportáló országban

készített) termékek hatását hogyan kezeljük. Úgy gondolom, további kutatásokat igényel a gazdasági hozzáadott érték és az egyes szektorok környezeti hatásának kapcsolata. A megosztott felelősségi elv alapján történő allokáció módszertanának fejlesztése is ígéretes terület lehet a jövőben.

Irodalomjegyzék

1. Ahmad, N., Wyckoff, A. (2003): Carbon dioxide emissions embodied in international trade of goods. DSTI/DOC(2003)15. OECD
2. Andersson, J. O., Nevalainen, M. (2003). Unequal Exchange in Terms of Ecological Footprints: The Case of Finland Today. *World System History and Global Environmental Change*.
3. Bin, S., Dowlatabadi, H. (2005): Consumer lifestyle approach to US energy use and the related CO₂ emissions. *Energy Policy* 33, 197–208.
4. Ferng (2002): Toward a scenario analysis framework for energy footprints. *Ecological Economics* 40, pp. 53-69.
5. Herendeen, R. A. (1976): Tanaka, J. Energy cost of living. *Energy*, 1, 165–178.
6. Hertwich, E.G. (2005): Lifecycle approaches to sustainable consumption: a critical review. *Environmental Science and Technology* 39, 1433-1450.
7. Hornborg, A. (2005): Footprints in cotton fields: the Industrial Revolution as time-space appropriation and environmental load displacement. *Ecological Economics* 59 (1), 74-81.
8. IPCC (Intergovernmental Panel for Climate Change) (2007): *Climate Change 2007. The Physical Science Basis*, Geneva.
9. Knaus, M., Lohr, D., O'Regan, B. (2006): Valuation of ecological impacts — a regional approach using the ecological footprint concept. *Environment Impact Assessment Review* 26, 156–169.
10. Lenzen, M. Dey, C., Foran, B. (2004): Energy requirements of Sydney households. *Ecological Economics*, 49, 375–399.
11. Lenzen, M. Murray, J. Sack, F., Wiedmann, T. (2007): Shared producer and consumer responsibility-theory and practice. *Ecological Economics* 61 (1), 27-42.

12. Leontief, W. (1936): Quantitative input and output relations in the economic system of the United States. *Review of Economics and Statistics*, 18, 105-125.
13. Leontief, W. (1970): Environmental repercussions and the economic structure of input-output approach. *Review of Economics and Statistics* 52, 262-277.
14. Monfreda et al. (2004): Establishing national natural capital accounts based on detailed ecological footprint and biological capacity assessments. *Land Use Policy* 21, 231-246.
15. Munksgaard, J., Pedersen, K.A. (2001): CO₂ accounts for open economies: producer or consumer responsibility?, *Energy Policy* 29 (2001) 327-334.
16. Peters, G. P. (2007): Opportunities and challenges for environmental MRIO modelling: Illustrations with GTAP database. 16th International Input-Output Association (IIOA), Istanbul, Turkey, <http://www.io2007.itu.edu.tr>
17. Peters, G. P. (2008): From production-based to consumption-based national emission inventories. *Ecological Economics*, 65, 13-23.
18. Peters, G. P. and Hertwich, E. G. (2006): Structural analysis of international trade: environmental impacts of Norway, *Economics System Research* 18, 155-181.
19. Schipper, L., Bartlett, S., et al. (1989): Lining life-styles and energy use: a matter of time? *Annual Review of Energy* 14, 271-320.
20. Tukker, A., Jansen, B. (2006): Environmental impacts of products — a detailed review of studies, *J. Ind. Ecol.* 10, pp. 159–182.
21. Turner et al. (2007): Examining the global environmental impact of regional consumption activities- Part 1: a technical note on combining input-output and Ecological Footprint analysis. *Ecological Economics* 62 (1), 37-44.
22. Van Vuuren et al. (1999): The Ecological Footprint of Benin, Bhutan, Costa Rica and the Netherlands. RIVM, p.64.
23. Vergragt, P. (2010): Carbon Capture Storage and Carbon Lock-in című előadás, Budapesti Corvinus Egyetem, 2010. 05. 20.

24. Wackernagel et al. (2006): Allocating ecological footprints to final consumption categories with input-output analysis, *Ecological Economics*, 56 (2006), 28-48.
25. Weber C. L., Matthews, H. S. (2007): Quantifying the global and distributional aspects of American household carbon footprint. *Ecological Economics*, 66, 379-391.
26. Wiedmann, T. (2008): A first empirical comparison of energy Footprints embodied in trade- MRIO versus PLUM. *Ecological Economics* 68, 1975-1990.
27. Wiedmann, T., Wood, R., Lenzen, M., Minx, J., Guan, D., Barrett, J. (2007): Development of an embedded carbon emissions indicator – producing a time series of input–output tables and embedded carbon dioxide emissions for the UK by using a MRIO data optimisation system. DRAFT Final Report to the Department for Environment, Food and Rural Affairs by Stockholm Environment Institute at the University of York and Centre for Integrated Sustainability Analysis at the University of Sydney. DEFRA.