

SEBESTYÉNNÉ SZÉP TEKLA

Energiahatékonyság: áldás vagy átok?*

Az energiafogyasztás, az energiahatékonyság, illetve a két változó közötti kapcsolat vizsgálata már az ipari forradalom idején is élénk viták tárgyát képezte, s mind a mai napig nem veszített aktualitásából. A globális környezeti problémák felismerése arra készíteti a nemzetállamokat, hogy gazdaságpolitikai célokat határozzanak meg az emisszió csökkentésére, amik teljesítésének egyik módja az energiahatékonyság növelése, például az energiahatékonysági normák révén. Az energiahatékonysági intézkedések eredményességét számos tényező befolyásolja, így a gazdasági struktúra, az alkalmazott technológia fejlettsége, az energia ára stb. Ugyanakkor egyre nagyobb az érdeklődés abban a tekintetben, hogy sok esetben az energiahatékonysági célkitűzések teljesítése miért nem eredményezi az energiafogyasztás kívánt csökkenését. Ennek egyik oka, hogy a kalkulált (potenciális) energiamegtakarítást túlbecsülik (Haas et al. 1998.), a másik gyakori ok pedig a visszapattanó hatásnak nevezett jelenségben keresendő. Ez utóbbi Sorrell et al. (2009, 1457. o.) megfogalmazásában olyan „gyűjtőfogalom, amelyet mindazon jelenségekre, mechanizmusokra használunk, amik csökkentik az energiahatékonyság-növekedés hatására bekövetkező potenciális energia megtakarítást.” Az energiaszolgáltatás iránti kereslet legkisebb mértékű növekedése is csökkenti az energiahatékonyság-növekedés hatására bekövetkező potenciális energiamegtakarítást. Például egy fogyasztó kisebb fogyasztású gépkocsit vásárolva a gyakoribb használat mellett dönt az egy kilométerre eső alacsonyabb költségek miatt. Másik jellegzetes példa a háztartási szektorhoz kapcsolódik: az egy négyzetméterre eső fűtési költségek csökkenésének következtében (például egy ház hőszigetelése esetén) a lakók megnövelik a fűtési hőmérsékletet, illetve esetenként a fűtési idény is kitolódik.

Elméleti áttekintés

Az energiahatékonyság, illetve – ezzel összefüggésben – a visszapattanó hatás részletes bemutatását megelőzően szükségesnek tartom néhány olyan fogalom tisztázását, amelyek nélkülözhetetlenek a téma vizsgálatához. Az *energia* munkavégző képességet jelent, az *energetika* kifejezés pedig „a társadalmak energiatermelését” (Kádár et al. 2008, 1. o.). A legnagyobb különbség a műszaki és gazdasági értelmezés között abban van, hogy míg a közgazdaságtanban a felhasznált energia elfogy, addig műszaki értelemben (a termodinamika első főtörvénye alapján) az energia megmarad (Martinás 2012). Az energiának két fő fajtáját különböztetjük meg az átalakíthatóság szempontjából: az exergiát és az anergiát. Az energia munkává átalakítható része az exergia (vagyis a felhasználható energia), a nem átalakítható része az anergia (a nem felhasználható energia). Például a fosszi-

* A tanulmány/kutató munka a TÁMOP-4.2.1 B10/2/KONV-2010-0001 jelű projekt részeként – az Új Magyarország Fejlesztési Terv keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

lis energiaforrásokból kinyerhető energia 100%-a exergia, amely a gazdaság számára is felhasználható hasznos munkává alakítható (Kümmel 2010, Cleveland et al. 2000). Tehát amikor a közgazdaságtanban energiafelhasználásról beszélünk, valójában exergiafelhasználást értünk alatta és bár ez precízebb megfogalmazás, ennek ellenére a továbbiakban én is a hétköznapi nyelvezetben elfogadott *energia* kifejezést használom.

Történelmi távlatokban szemlélve az energiafelhasználás csökkentésére két út kínálkozik: az *energiatakarékosság* és az *energiahatékonyság*, amely fogalmak az energiastratégiai dokumentumok kulcselemei. Mivel két, egymáshoz nagyon közel álló definícióról van szó, sok esetben felcserélik őket, illetve nem a megfelelő értelemben használják azokat. Az előbbi tulajdonképpen „úgy éri el az alacsonyabb energiafogyasztást, hogy közben az általa igénybe vett szolgáltatás minősége is csökken, például azáltal, hogy alacsonyabb fűtési hőmérsékletet állít be a fogyasztó, csökkenti autójának sebességét stb.” (Ouyang et al. 2010, 5271. o.). Az energiahatékonyság ezzel szemben azt jelenti, hogy ugyanazt az energetikai szolgáltatást kevesebb energia felhasználásával érem el. Erre utal az Európai Unió 2011. évi energiahatékonysági tervében használt definíció is, miszerint „az energiahatékonyság tulajdonképpen annyit jelent, hogy kevesebb energia felhasználásával tartjuk fenn a gazdasági tevékenységek, illetve szolgáltatások ugyanazon szintjét, az energiamegtakarítás tágabb fogalom, már magatartásbeli változásokat, illetve a gazdasági tevékenység korlátozását is magába foglalja”. Az energiahatékonyság mérésének nincsen egyértelmű, mindenki által elfogadott módszertana. Általában energiahatékonyságról beszélünk, ha ugyanolyan mennyiségű output megtermeléséhez (illetve eléréséhez) kevesebb energia szükséges. Összehasonlítva e két fogalmat, tehát az energiamegtakarítás jóval tágabb kategória, amely már a fogyasztói attitűd megváltozását is magába foglalja, míg az energiahatékonyság általános célja a költségek csökkentése.

A továbbiakban az energiafelhasználás és az energiahatékonyság közötti kapcsolatot vizsgálom, és arra keresem a választ, hogy az energiahatékonyság javítására tett kísérletek eredményessége miért múlja alul sok esetben a várakozásokat. Ezt a kérdéskört részletesen a visszapattanó hatás szakirodalma tárgyalja. Tulajdonképpen azon folyamatok összességét jelenti, amelyek csökkentik az energiahatékonyság javulásából származó potenciális energiamegtakarítást.

A visszapattanó hatás felismerésének története Jevons (1865, 12. fejezet) *Szénkérdés* című művéig nyúlik vissza: „Teljesen félrevezető azt feltételezni, hogy a nyersanyag gazdaságosabb felhasználása csökkenő fogyasztást jelent. A valóságban ennek épp az ellenkezője igaz. [...] A berendezések minden megvalósuló fejlesztése végeredményben a szén fogyasztását növeli.” Ennek York (2008) szerint az az oka, hogy a szén hatékonyabb felhasználása következtében csökken az egy termékre eső szénköltség, aminek hatására megnő a szén iránti kereslet, ezzel helyettesítenek más energiaforrásokat, illetve a szén hasznosító technológiákba fektetnek. A következő állomás a jelenség vizsgálatában a Khazzoom–Brookes-posztulátum (Jevons-féle paradoxonnak is nevezik), amelyet Saunders alkot meg 1992-ben Brookes 1979-es, illetve Khazzoom 1980-as kritikai írása alapján. Eszerint „minden mikroökonómiai szinten bekövetkező energiahatékonyságjavulás makroszinten az energiafogyasztás növekedését eredményezi, ahhoz a szinthez képest, ami a fejlesztés nélkül lett volna” (Brookes 2000, 360. o., Herring 2008, 2. o.). Ezen szerzők adnak először kézenfekvő magyarázatot arra, hogy makroökonómiai szinten

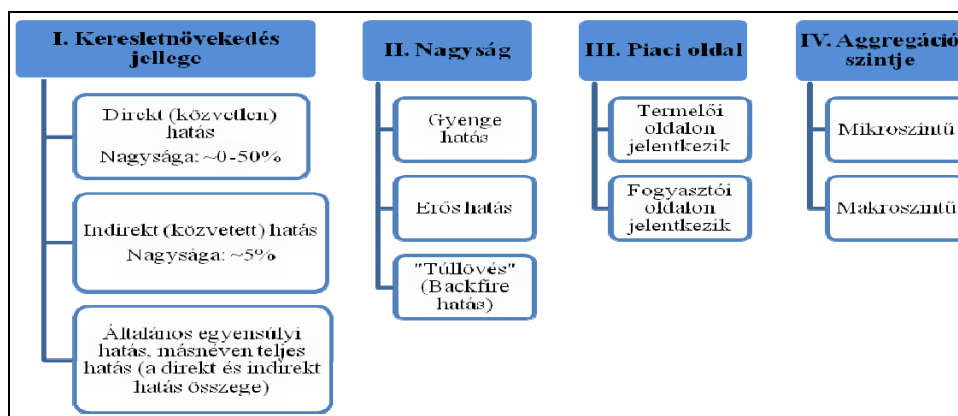
ten az energiatenzitás fejlesztésével kapcsolatos intézkedések miatt nem eredményezik a kívánt csökkenést az energiafelhasználásban (Barker et al. 2007).

A visszapattanó hatás tekintetében számos definíció él jelenleg egymás mellett, Barker et al. (2007) a korábbiakhoz képest szűkebb megfogalmazását adja a jelenségnek: „A visszapattanó hatás mindazoknak az elvárt energiafogyasztási csökkenéseknek az összessége, melyet az energiahatékonyság növekedésből származó, energiaszolgáltatások iránti növekvő kereslet zár ki” (Barker et al. 2007, 4935. o.). Málóvics (2009) a hatást az ökohatékonyság szemszögéből vizsgálja, arra a következtetésre jutva, hogy az ökohatékonyság egy természeti tényező relatív felhasználásának csökkenését eredményezheti, azonban az abszolút felhasználás még így is növekedhet (Málóvics 2009, 23. o.). Mások, például York (2008), a visszapattanó hatást egyfajta ökológiai paradoxonként jellemzik.

A visszapattanó hatás jelenségét számos elemzés során érintik: foglalkoznak vele a nukleáris energia komparatív előnyei kapcsán (Brookes 1984, 1990), az ökológiai gazdaságtan és az ipari ökológia témakörében is rendszeresen felmerül (Hertwich 2005), a fenntarthatóság egyik kihívásaként is emlegetik (Herring 2007), az üvegházhatású gázok kibocsátása kapcsán pedig Jaccard et al. (2000) és Druckman et al. (2011) vizsgálja. Tehát a jelenség nemcsak az energiagazdaságtan által tárgyalt kérdéskör, hanem megjelenik mind az ipari ökológia élet-ciklus elemzéseiben, mind a környezetgazdaságtan által végzett input-output vizsgálatokban, környezeti hatáselemzésekben (Howells 2010, Mizobuchi 2008).

1. ábra

A visszapattanó hatás osztályozása



Forrás: saját szerkesztés.

A jelenség számos módon osztályozható, az 1. ábra a szakirodalomban fellelhető típusokat rendszerezi. A visszapattanó hatáson belül megkülönböztetünk direkt (közvetlen) és indirekt (közvetett) hatást. Általánosságban mondván direkt hatás abban az esetben lép fel, ha egy jószág ára csökken, és ezzel összefüggésben megnő iránta a kereslet. Az indirekt hatás akkor következik be (feltételezve, hogy egyéb javak és szolgáltatások ára konstans), ha az energia árának csökkenése révén a fogyasztónál több elköltendő pénz marad, amit így más javakra és szolgáltatásokra fordíthat (amelyek gyártása és szállítása során

szintén energiát használtak fel). Az általános egyensúlyi hatás a direkt és indirekt hatás összege. Azon hosszú távú változások hatásainak összessége, amik az energiahatékonysággal összefüggő technológiai újítások következtében a gazdaságban, a fogyasztói preferenciákban jelentkeznek. „A teljes gazdaságban a kereslet-kínálat törvényeinek megfelelően számos ponton megváltoznak az input-output mennyiségek, olyan irányban, ami a gazdaság egészét tekintve tompítja az energiahatékonyságban elért eredményeket” (Harangozó 2009, 4. o.). Itt jegyezném meg, hogy míg a közvetlen visszapattanó hatás becslésére számos példa akad, addig a közvetett hatás kiszámítása már jóval bonyolultabb, mindössze néhány tanulmány született eddig a témában (például Wei 2010).

Az osztályozás elvégezhető a termelői és fogyasztói oldalról egyaránt. Míg az előbbieknél a hatás felosztható a már említett helyettesítési és termelési hatásra, addig az utóbbiaknál helyettesítési és jövedelmi hatást különböztethetünk meg (Sorrell 2007). Csoportosíthatjuk továbbá a vizsgálandó terület alapján is: mikroszintű hatás vizsgálata esetén egy szektor, egy tevékenység energiafogyasztását vizsgáljuk, makroszintű hatás esetében pedig az energiahatékonyság, a gazdasági növekedés és az energiefelhasználás közötti kapcsolatot (Schipper et al. 2000, 368. o.).

A jelenség nagyságát számos tényező befolyásolja, így például a kereslet árrugalmassága, az adott gazdasági szektor energiaintenzitása, az energiahatékonyság javulását követően eltelt idő, a fogyasztói attitűd, a fogyasztók jövedelemszintje, továbbá az energia helyettesíthetősége. Hertwich (2005) a jelenség nagysága alapján a következő három típust különbözteti meg: a gyenge visszapattanó hatás akkor következik be, ha a hatékonysági intézkedések eredményessége elmarad az elvárttól; erős visszapattanó hatásról beszélhetünk, amennyiben az elvárt energiamegtakarítás nagy része nem realizálódik; túllövés (*backfire* hatás) pedig akkor, ha az energiahatékonysági intézkedés hatására nő az energiafogyasztás.

A visszapattanó hatás mértékéről jelentősen megoszlanak a vélemények, amelynek legfőbb oka, hogy „mérése rendkívül összetett, eltérő módszertannal eltérő eredmények születnek” (Panyi 2009, 2. o.). Egyes vélemények szerint mértéke rövid távon elhanyagolható, csak hosszú távon jelentős (például Hanley et al. 2009, 705. o.), mások szerint mind rövid, mind hosszú távon szignifikáns a jelenség (például Druckman et al. 2011.), illetve megjelentek olyan álláspontok, amelyek éppen ellenkezőleg a rövid távú jelentősége mellett érvelnek (például Wei 2010, 662. o.). Ha a visszapattanó hatás nagysága 30%, az azt jelenti, hogy a potenciális energiamegtakarítás 30%-a vész el.

1. táblázat

A közvetlen visszapattanó hatás mértéke

Közvetlen visszapattanó hatás (hosszú távon)	< 10–30% (ritkábban 5–50%)
Háztartások fűtése, hűtése	< 0–50%
Háztartások vízfelmelegítése	< 10–40%
Világítás	< 5–12%
Háztartási eszközök	< 20%
Közúti közlekedés	< 10–30%

Forrás: Madlener R. et al. 2009, 372. o. alapján saját szerkesztés.

A legnagyobb mértékű közvetlen hatás a közlekedés és a háztartási szektorban jelentkezik, míg a legnagyobb közvetett hatás az energiaiintenzív iparágakban. Az általános vélekedés szerint valószínűtlen, hogy mértéke az OECD-országokban meghaladná a 30%-ot, bár előfordulhatnak olyan szektorok, ahol ez az érték 50% (főként rövid távon értelmezve). Annak ellenére, hogy mértéke szignifikáns, nem teszi szükségtelemmé az energiahatékonyság javítására irányuló intézkedéseket.

A jelenség mérése komoly nehézségekbe ütközik: nehezíti egyrészt a megfelelő adatok és a hosszú idősorok hiánya, azok endogenitása, továbbá sok esetben ismeretlen az okozati kapcsolat iránya (Druckman et al. 2011). A közvetlen hatás mérésére kétféle lehetőség van: az egyik során egy egyszerű becsléssel megvizsgáljuk, hogy mekkora volt az energiaszolgáltatás iránt a kereslet az energiahatékonysági újítást megelőzően és követően. A módszertani kidolgozottsága ezeknek a méréseknek igen lágy, hiszen mindössze egy előtte-utána történő összehasonlításból próbálnak következtetéseket levonni. A másik becslési mód másodlagos statisztikai adatok elemzésével történik. Ebben az esetben az adatok sokfélék lehetnek: paneladatok, keresztmetszetiek és idősorosak, illetve az adatok aggregálásának is különböző szintjei lehetnek (gazdasági szektor, régió, ország). Ennek többféle módja van: rugalmassági számítások, általános egyensúlyi modellek, input-output, élekciklus és ökonometriai elemzések. Ez utóbbiak során másodlagos adatok felhasználásával becsljük az energia, illetve energiaszolgáltatás iránti kereslet rugalmasságát különböző aggregációs szinteken. Az ökonometriai elemzésekben gyakran találkozhatunk a hagyományos (klasszikus), illetve a két- és háromfokozatú legkisebb négyzetek módszerével, vektor autoregresszív és vektor hibakorrekciós modellekkel.

Tanulmányomban a legkisebb négyzetek módszerével vizsgálom Magyarország háztartási szektorában – különös tekintettel a fűtésre, vízmelegítésre – fellépő közvetlen visszapattnó hatást, 1990 és 2009 között. Az OLS-modelleket alkalmasnak tartom az elemzés elvégzésére, hiszen (mint arra a későbbiekben részletesen kitérek) nem integrálok olyan változót (például energiaszolgáltatás ára) a modellbe, amely szükségessé tenné – különböző problémák kiküszöbölésére alkalmas – modellek használatát.

Alkalmazott módszertan

A visszapattnó hatás a következő egyszerű képlettel írható le (Druckman et al. 2011, 3575. o.):

$$RE = \frac{\text{Potenciális energia megtakarítás} - \text{Tényleges energia megtakarítás}}{\text{Potenciális energia megtakarítás}},$$

ahol a potenciális energiamegtakarítás valamilyen energiahatékonysági intézkedéssel kapcsolatosan elvárt (becsült) energiamegtakarítást jelent. A jelenség számszerűsítése az alábbi három módszerrel történhet (Matos et al. 2011, 2836–2837. o., Sorrell 2008, 638–641. o.):

1. A hasznos munka (energiaszolgáltatás, például villamos energia) iránti kereslet rugalmassága, tekintettel az energiahatékonyságra:

$$\eta_{\varepsilon}(E) = \eta_{\varepsilon}(S) - 1,$$

ahol E az energiakereslet, S az energiaszolgáltatás iránti kereslet, ε az energiahatékonyság.

Abban az esetben lehetséges az energiahatékonyság-javulás révén elérhető potenciális energiamegtakarítás megvalósítása, ha a hasznos munka iránti kereslet rugalmassága (tekintettel az energiahatékonyság-javulásra) nulla ($\eta_\varepsilon(S)=0$), vagyis $\eta_\varepsilon(E)=-1$. Ez azt jelenti, hogy az energiahatékonyság-javulás hatására nem változik a kereslet, vagyis az elérhető teljes energiamegtakarítás realizálódik. „Visszapattanó hatásról akkor beszélhetünk, ha $\eta_\varepsilon(S)>0$ és $\eta_\varepsilon(S)<1$. Ha a kereslet rugalmatlan (akkor az energiahatékonyság-javulás hatására csökken az energiafogyasztás) ($-1<\eta_\varepsilon(E)<0$). Ha rugalmas $\eta_\varepsilon(S)>1$, akkor az energiafogyasztás nőni fog a kiinduló állapothoz képest” (Matos et al. 2011, 2836. o.).

2. A hasznos munka (energiaszolgáltatás, például villamos energia) iránti kereslet rugalmassága, tekintettel az energetikai költségekre:

$$\eta_\varepsilon(E) = \eta_{P_\varepsilon}(S) - 1,$$

ahol E az energiakereslet, S az energiaszolgáltatás iránti kereslet, ε az energiahatékonyság, P_ε az energiaszolgáltatás költsége.

Feltételezzük, hogy a fogyasztó ugyanúgy reagál az energia árának csökkenésére, mint az energiahatékonyság javulására; szimmetrikusan reagál az ár csökkenésére, illetve növekedésére; továbbá az energiahatékonyság javulása exogén változó, nem befolyásolja az energia árának változása (González 2010). Ebben az esetben a hasznos munka rugalmasságát becsüljük, tekintettel annak költségére. Nézzünk egy példát a személyi közlekedésre! Legyen $\eta_{P_\varepsilon}(S)=-1$, ami azt jelenti, hogyha az egy utaskilométerre eső költségek 1%-kal nőnek, akkor az utaskilométerek száma 0,1%-kal csökken. Vagyis a $\eta_\varepsilon(E) = \eta_{P_\varepsilon}(S) - 1$ képlet alapján $\eta_\varepsilon(E) = (-1) - 1 = -0,9$. Ez azt jelenti, hogyha 1%-kal nő a hatékonyság, 0,9%-kal csökken az üzemanyag-kereslet, vagyis 0,1% elvész, tehát a visszapattanó hatás mértéke 10%.

3. Az energia iránti kereslet rugalmassága, tekintettel annak árára:

$$\eta_\varepsilon(E) = -\eta_{P_E}(E) - 1,$$

ahol E az energiakereslet, ε az energiahatékonyság, P_E az energia ára. Itt az energiakereslet árrugalmasságát vizsgáljuk, az értelmezés a korábbiaknak megfelelően történik.

A visszapattanó hatás becslésére vonatkozó ökonometriai elemzések leggyakrabban a 2. és a 3. egyenletet használják, tekintettel az adatok elérhetőségére (a technológiai fejlődés nehezen számszerűsíthető). Ugyanakkor ennek a két egyenletnek jelentős hátránya, hogy az energiahatékonyság exogenitására vonatkozó feltétel erőteljes leegyszerűsítése a valóságnak (így az eredmények valószínűleg torzítottak lennének), hiszen az energiahatékonyság javulása nem lehet független az energia árának alakulásától. Ezt támasztja alá Hanley et al. (2009, 693. o.), miszerint „bármilyen az energiahatékonyságban bekövetkező változás hatással van az energia árára, és ez fordítva is igaz”.

A klasszikus legkisebb négyzetek módszere

Az energiafogyasztás és az energiahatékonyság közötti kapcsolat leírására a leggyakrabban alkalmazott modell az OLS (*Ordinary Least Squares*), magyar nevén klasszikus legkisebb négyzetek módszere, amelynek általános alakja a következő:

$$Y_t = \beta_1 + \beta_2 X_{t2} + \dots + \beta_k X_{tk} + u_t$$

A klasszikus legkisebb négyzetek módszere a reziduumok négyzetösszegét minimalizálja. Az eltérések négyzetre emelése két dolog miatt hasznos, egyrészt „eltünteti a hiba

előjelét, ezáltal a pozitív és negatív eltéréseket hasonlóan kezeli, másrészt a négyzetre emelés bünteti a nagy hibákat, mert az ilyen hibák a négyzetre emeléssel felnagyítódnak” (Ramanathan 2003, 60. o.). A reziduum a tényleges és a becült eredményváltozók különbségét jelenti (Wenger et al. 2011). Az OLS-modelleknek a 2. táblázatban felsorolt feltételeket kell teljesíteniük.

2. táblázat

Az OLS-modell feltételrendszere

Feltételek	Magyarázat
1. A modell linearitása	A regressziós modell lineáris az ismeretlen α és β együtthatókban; ez azt jelenti, hogy $Y_t = \alpha + \beta X_t + u_t$, ahol $t=1, 2, \dots, n$.
2. A megfigyelt X-ek nem mind egyenlők	Az X megfigyelései nem mind azonosak, legalább egy különbözik a többitől; ez azt jelenti, hogy $VAR(X) > 0$.
3. Az u -nak az X-re vonatkozó feltételes várható értéke nulla	Az u , eltérésváltozó valószínűségi változó, várható értéke $E(u_t X_t) = 0$.
4. Nincs kihagyva fontos változó a modellből	X_t korrelálatlan a feltételezett hibatagokkal, ugyanis a becült regresszióban ez mindig igaz, hogy $COV(X_s, u_t) = E(X_s u_t) - E(X_s)E(u_t) = 0$, minden $s, t=1, 2, \dots, n$ -re.
5. Homoszkedaszticitás	Ha X_t adott, az u_t varianciája minden t -re azonos; ez azt jelenti, hogy $VAR(u_t X_t) = E(u_t^2 X_t) = \sigma^2$.
6. Autokorrelálatlanság	Ha X_t adott, u_t és u_s függetlenek minden $t \neq s$ -re, tehát $COV(u_t, u_s X_t) = E(u_t u_s X_t) = 0$.
7. A megfigyelések száma (n) nagyobb kell, hogy legyen, mint a becülendő regressziós együtthatók száma (k)	
8. Az eltérésváltozók normalitása	Adott X_t mellett az u_t normális eloszlást követ, vagyis $u_t X_t \sim N(0, \sigma^2)$, amiből következik, hogy $Y_t X_t \sim N(\alpha + \beta X_t, \sigma^2)$.

Forrás: Ramanathan R. 2003, 117. o. alapján saját szerkesztés.

Elemzéseim során a feltételek vizsgálatára nagy figyelmet fordítottam, az első lépés az adatsorok stacionaritásának vizsgálata. Egy idősor nem stacionárius, ha az átlaga és szórása folyamatosan változik, vagyis függ az időtől (Wadud et al. 2009, Maddala G. S. 2004). A legtöbb gazdasági idősor nem rendelkezik ezzel a tulajdonsággal, de a differenciáltjuk már igen. E tulajdonság vizsgálatát a kiterjesztett Dickey–Fuller-próbával, a DF-GLS- és a Kwiatkowski-féle KPSS-tesztel végeztem el.

Az illeszkedés jóságát a korrigált R^2 , vagyis a korrigált többszörös determinációs együttható segítségével mérem. Ez egy aránymutató, mértékegység-független, értéke minél közelebb van 1-hez, annál jobb a becült egyenes illeszkedése a megfigyelt pontokra. A korrigált R^2 a „hagyományos” R^2 -hez képest szigorúbb mutatószámnak tekinthető, hiszen bünteti a felesleges magyarázóváltozókat, továbbá a korrigált R^2 ma már jóval gyakrabban alkalmazott mutatószám az energiagazdaságtani szakirodalomban, a hagyományos típusúhoz képest. A magyarázóváltozók relevanciáját a t-próba segítségével vizsgálom. A modellezés során az 5%-os szignifikancia szint elérésére törekedtem. A homoszkedaszticitás minden esetben a White-tesztel vizsgáltam, ez esetben a nullhipotézis az, hogy a reziduumok homoszkedasztikusak. A hibatagok autokorrelációjának vizsgálatára a Breusch–Godfrey-tesztet alkalmaztam, amelyenél nullhipotézisünk, hogy nincs jelen

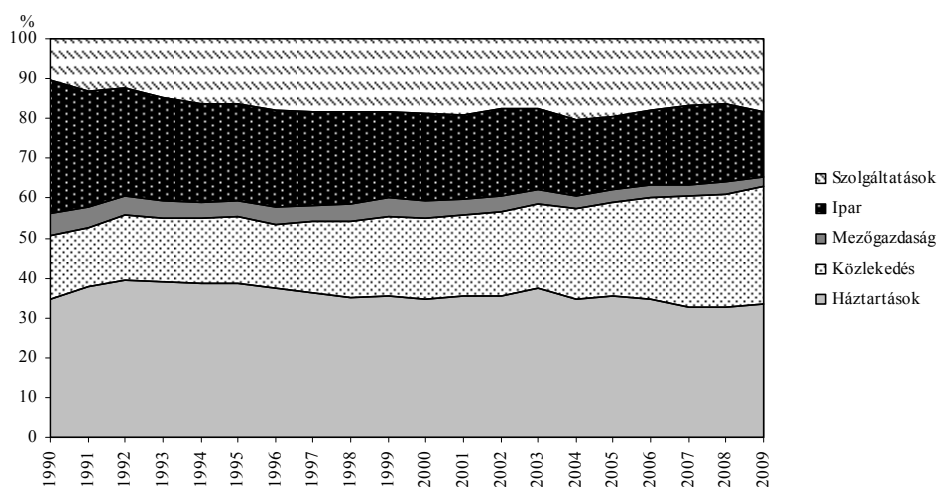
zavaró autokorreláció (a teszt az úgynevezett Lagrange-multiplikátor elvre vezethető vissza). A változók multikollinearitásának vizsgálatára a varianciainflációs tényezőt (VIF-mutatót) tartottam megfelelőnek. A modellspecifikációt a Ramsey-féle RESET-teszttel vizsgáltam, amely során nullhipotézisünk, hogy a modell adekvát, vagyis jól specifikált.

Empirikus eredmények

A 2. ábra Magyarország energiafelhasználását mutatja 1990 és 2009 között, ami jelentősen csökkent (15,5%-kal) a vizsgált két évtizedben. Az ábrán összegeztem az egyes szektorok energiafelhasználását (amely így minden évben 100%-ot jelent), és a különböző színnel jelölt területek nagysága minden esetben az adott szektor energiafelhasználásának a részesedését mutatja. A legjelentősebb csökkenés a mezőgazdaságban és iparban zajlott le, ami elsősorban a technológiai fejlődés, másodsorban a strukturális átalakulás (például nehézipar leépülése) következménye. A háztartási szektorban is jelentős energiahatékonyság-javulás ment végbe, leginkább annak köszönhetően, hogy a tárgyalt időszakban a „háztartások jelentős számban cserélték le a cserépkályhákat, szilárd tüzelésű és olajtüzelésű kazánokat új földgáztüzelésű, magas hatásfokú kazánokra” (Odyssee 2011, 1. o.).

2. ábra

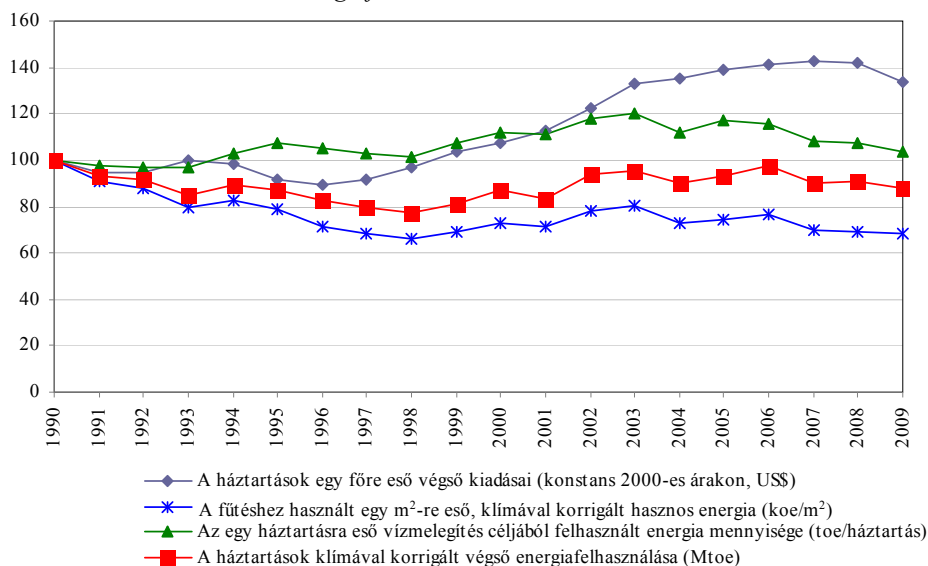
*A nemzetgazdasági szektorok végső energiafelhasználásának változása
1990 és 2009 között Magyarországon*



Forrás: saját szerkesztés a Világbank adatai alapján.

Magyarországon jelentős hatékonyságjavulás ment végbe a háztartások energiafelhasználásában, ugyanakkor ez a fejlődés döntően a fűtés célú energiafelhasználás csökkenéséből származik (3. ábra). A kérdés az, hogy az elméleti (potenciális) energiamegtakarítás teljesen megvalósult-e a hatékonyságjavulás során. A továbbiakban célom, hogy megvizsgáljam egy potenciális energiahatékonyság-javulás hatását a háztartások energiafelhasználására.

3. ábra

A háztartási szektor energiafelhasználásának alakulása 1990 és 2009 között

Forrás: saját szerkesztés a Világbank és az Enerdata–Odyssee-adatbázis alapján.

A háztartások energiahatékonyságának javítására számos, mindenki által jól ismert eszköz áll rendelkezésre: az épületek hőszigetelésén túl egészen a használt elektronikai eszközök modernizálásáig. E tanulmányban – ezen eszközök ismertetésétől, elemzésétől eltekintve – célom annak bemutatása, hogy bármilyen energiahatékonyságjavulás (eltekintve annak forrásától) milyen hatással van a háztartások energiafelhasználására.

A háztartások energiafelhasználását (illetve ezen keresztül az ár- és jövedelemrugalmasságot) vizsgáló elemzések (Freire–González 2010, Haas et al. 1998, 2000) a következő alapegyenletről indulnak ki:

$$\ln E_t = C + \alpha \ln P_t + \beta \ln Y_t + \gamma \ln HDD_t + \delta \ln A_{N,t} + \varepsilon \ln DB_t + \theta \ln E_{t-1},$$

ahol \ln jelöli a tényezők természetes alapú logaritmusát, C a konstans tag. Az α , β , γ , δ , ε , θ a regressziós együtthatók, E a felhasznált energia mennyisége, P az energia ára, Y a jövedelem, a HDD jelöli a fűtési-hűtési napok számát egy év alatt (ezt a tényezőt a háztartások fűtési energiafelhasználását vizsgálatok tartalmazzák). Haas et al. (1998) a háztartásokban használt elektronikai készülékek villamosenergia-használatának vizsgálatánál további tényezőként bevonja az $A_{N,t}$, amely a lakások alapterületét jelöli, illetve DB a lakások számát. Néhány esetben további tényezőként jelenik meg az E_{t-1} , vagyis az energiafelhasználás elsőrendű késleltetettje, amely dinamikussá, illetve a hosszú távú hatások kimutatására alkalmassá teszi a modellt. Mivel minden tényezőt logaritmizálok, a becült paraméterek rugalmasságok lesznek, amelyek a függő változó százalékos változását mérik az adott magyarázóváltozó egy százalékos változásának hatására (az egyéb tényezők változatlansága mellett).

A vizsgált időtartam 1990–2009, a szükséges adatok a Világbank, az Eurostat és az Odyssee adatbázisából származnak. Ez utóbbi az Európai Bizottság által finanszírozott Odyssee–MURE-projekt keretében épült fel, és arra hivatott, hogy segítse a tagállamokat az energiahatékonysági döntések meghozatalában, az ezzel kapcsolatos szakpolitikák kialakításában. Mind az Európai Környezetvédelmi Ügynökség (EEA), mind a Nemzetközi Energia Ügynökség (IEA) felhasználja azt a jelentések készítésénél. Az adatbázis jelenleg az Enerdata gondozásában érhető el.

A 3. táblázat az OLS-modellbe bevont változókat mutatja, az alkalmazott rövidítéseket, továbbá, hogy az adott változó magyarázó- vagy eredményváltozóként vesz részt a modellben. Dőlt betűvel jelöltem azon változókat, amelyek kapcsolata képezi az elemzés fő tárgyát, illetve amelyek esetében a kapott együtthatókból következtetni lehet a visszapattanó hatás nagyságára.

Két fő oka van, hogy a kőolaj inflációval korrigált árát is bevonom a magyarázóváltozók közé. Egyrészt az ár minden esetben meghatározó a kereslet vizsgálatában, de 1990-ig visszamenően nem állnak rendelkezésre adatok a háztartások által vásárolt földgázra, illetve a villamos energiára vonatkozóan (a 2000-től kezdődően érhető el ilyen adat). Az Eurostat adatbázisa alapján megvizsgáltam a 2000-es évet követően a földgáz és a villamos energia háztartási ára, illetve a kőolaj inflációval korrigált ára közötti korrelációt. Közepesen erős (átlagosan 0,65) kapcsolat mutatható ki, így a kőolaj árát jó helyettesítőnek feltételezem a számítások során. A másik fő ok, hogy a szakirodalmi ajánlások (például Hertwich 2005) szerint fontos a kőolaj árának figyelembevétele, hiszen az is befolyásolhatja az eredmények alakulását, hogy növekvő vagy csökkenő energiaárak idejére vonatkoznak-e a számítások (Haas et al. 1998).

A háztartások jövedelme szintén szignifikáns változó az energiefelhasználást leíró modellekben. Jövedelmi adatok csak 2005-től érhetők el az Eurostat adatbázisában (más adatbázisokban legfeljebb 1995-től), így az elemzés elvégzése érdekében – a Világbank adatbázisa alapján – a háztartások egy főre eső végső kiadásait (konstans, 2000-es áron) használom fel (proxy, vagyis helyettesítő változóként), amiről 1990-ig visszamenően állnak rendelkezésre adatok. Ez az indikátor nem a háztartások által vásárolt javak és szolgáltatások piaci értéke egy főre vetítve, mivel az a tartós fogyasztási cikkeket is magába foglalja. Szintén a háztartások egy főre jutó végső kiadásait használja számításaihoz Haas et al. (1998) és Schipper (2000), ugyancsak az adatok elérhetőségével indokolva azt.

A háztartások klímával korrigált végső energiefelhasználása nem más, mint a lakóépületek végső energiefelhasználásának a fűtési-hűtési napok számának négyzetgyökével, a Werner-módszer alapján korrigált értéke. A háztartások fűtési, klímával korrigált végső energiefelhasználása esetében a korrekciós tényezőt a fűtési napok száma adja. A végső energiefelhasználás definíciója megegyezik a KSH által használt fogalommal, tekintettel arra, hogy már érvényben van az ENSZ által kidolgozott, *Nemzetközi ajánlások az energiastatisztika számára* (IRES) című dokumentum, amely egységes keretet ad az energetikai adatgyűjtésnek és közlésnek. Ez alapján a végső energiefelhasználás a végső energetikai, valamint a nem energetikai vagy anyag jellegű felhasználás összege, a más energiahordozóra való átalakítás céljából történt felhasználás nélkül. A végső energiefelhasználást további csoportokra oszthatjuk a végfelhasználói mód alapján: így meg-

különböztetünk fűtési, vízmelegítési, főzési, világítási célú, illetve az egyéb háztartási eszközök (készülékek) működtetéséhez szükséges energiafelhasználást.

3. táblázat

A háztartások fűtési célú energiafelhasználását leíró OLS-modellbe bevont változók

Alkalmazott rövidítések	Felhasznált adatok	A változó szerepe a modellben	Stacionaritás
<i>Hfutes</i>	<i>A háztartások fűtési, klímával korrigált végső energiafelhasználása (Mtoe)^{a)}</i>	<i>Eredményváltozó</i>	<i>I(1)</i>
<i>HfutesPH</i>	<i>Az egy háztartásra eső fűtés céljából felhasznált, klímával korrigált energiamennyisége (toe/háztartás)^{a)}</i>	<i>Magyarázóváltozó</i>	<i>I(1)</i>
<i>Hviz</i>	<i>A háztartások vízmelegítés céljából felhasznált energiamennyisége (Mtoe)^{a)}</i>	<i>Eredményváltozó</i>	<i>I(1)</i>
<i>HvizPH</i>	<i>Az egy háztartásra eső vízmelegítés céljából felhasznált energiamennyisége (toe/háztartás)^{a)}</i>	<i>Magyarázóváltozó</i>	<i>I(1)</i>
<i>Hef</i>	<i>A háztartások klímával korrigált végső energiafelhasználása (Mtoe)^{a)}</i>	<i>Eredményváltozó</i>	<i>I(0)</i>
<i>HefPH</i>	<i>Egy háztartásra eső, klímával korrigált energiafelhasználás (toe/háztartás)^{a)}</i>	<i>Magyarázóváltozó</i>	<i>I(0)</i>
Hterulet	A lakások átlagos alapterülete (m ²) ^{a)}	Magyarázóváltozó	I(0)
HDD	Fűtési/hűtési napok száma (db) ^{a)}	Magyarázóváltozó	I(0)
Hszam	Háztartások száma összesen (db) ^{a)}	Magyarázóváltozó	I(0)
HjovPfo	A háztartások egy főre eső végső kiadásai (konstans 2000-es árazon, US\$) ^{b)}	Magyarázóváltozó	I(0)
Polaj	A kőolaj inflációval korrigált átlagos világgpiaci ára (US\$/hordó) ^{c)}	Magyarázóváltozó	I(1)

Megjegyzések: I(0) az idősor nulladrendű integrált; I(1) az idősor elsőrendű integrált.

a) Odyssee-adatbázis adata.

b) Világbank adata.

c) http://inflationdata.com/inflation/inflation_rate/historical_oil_prices_table.asp

Forrás: saját szerkesztés.

A modellek az OLS-sel szemben támasztott kritériumokat teljesítik. A konstans tag, illetve az együtthatók minden esetben szignifikánsak. A modellek magyarázóereje nagyon jónak mondható (a korrigált R² minden esetben meghaladja a 0,95-os értéket). Multikollinearitás nem áll fenn, továbbá a hibatagok minden esetben homoszkedasztikusak, illetve autokorrelálatlanok. A Ramsey-féle RESET-teszt alapján kijelenthető, hogy mindhárom OLS-modell jól specifikált.

A modellbe a számítás kezdetén bevontam az összes, 3. táblázatban szerepeltetett változót, amelyek közül fokozatosan, a Stepwise-féle modellredukciós eljárást alkalmazva hagytam el az inszignifikánsnak bizonyult tényezőket (törekedve az 5%-os szignifikanciaszint elérésére).

4. táblázat

A háztartási szektor energiafelhasználását leíró OLS-modellek

A háztartások fűtési célú energiafelhasználását leíró OLS-modell:	
$\ln\Delta H_{futes} = -0,231 + 0,96\ln\Delta H_{futes}PH + 0,029\ln H_{jov}Pfo$	
(-3,418)	(43,31) (3,489)
[0,004]	[0,000] [0,003]
korrigált R ² : 0,991	F-próba: 1040,63 [0,000]
RESET-teszt (H ₀ : a modellspecifikáció megfelelő): [0,909]	Breusch-Godfrey-teszt (H ₀ : nincs jelen zavaró autokorreláció): [0,248]
White-teszt (H ₀ : heteroszkedaszticitás nincs jelen): [0,241]	VIF: 1,061 Hibatagok eloszlása (H ₀ : normális eloszlásúak): [0,142]
A háztartások vízmelegítéshez szükséges energiafelhasználását leíró OLS-modell:	
$\ln\Delta H_{viz} = -0,193 + 0,978\ln\Delta H_{viz}PH + 0,025\ln H_{jov}Pfo$	
(-2,587)	(23,17) (2,655)
[0,02]	[0,000] [0,017]
korrigált R ² : 0,991	F-próba: 1011,12 [0,000]
RESET-teszt (H ₀ : a modellspecifikáció megfelelő): [0,105]	Breusch-Godfrey-teszt (H ₀ : nincs jelen zavaró autokorreláció): [0,159]
White-teszt (H ₀ : heteroszkedaszticitás nincs jelen): [0,232]	VIF: 1,055 Hibatagok eloszlása (H ₀ : normális eloszlásúak): [0,342]
A háztartások energiafelhasználását leíró OLS-modell:	
$\ln H_{ef} = -10,55 + 0,889\ln H_{ef}PH + 1,442\ln H_{szam} + 0,01\ln\Delta Polaj$	
(-19,51)	(38,22) (22,08) (1,945)
[0,000]	[0,000] [0,000] [0,071]
korrigált R ² : 0,991	F-próba: 7,14,66 [0,000]
RESET-teszt (H ₀ : a modellspecifikáció megfelelő): [0,954]	Breusch-Godfrey-teszt (H ₀ : nincs jelen zavaró autokorreláció): [0,159]
White-teszt (H ₀ : heteroszkedaszticitás nincs jelen): [0,069]	VIF: 1,079 Hibatagok eloszlása (H ₀ : normális eloszlásúak): [0,269]

Megjegyzés: () zárójelben t-statisztika; [] zárójelben p-érték.

Forrás: saját számítás.

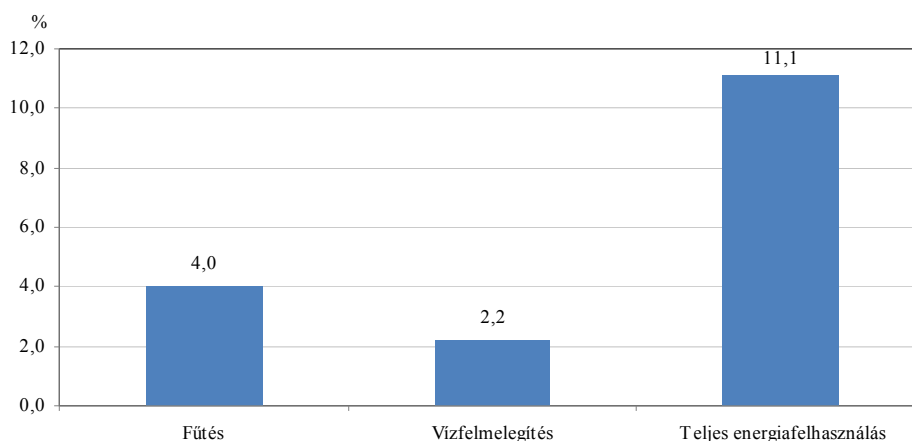
A 4. táblázat eredményei alapján Magyarország esetében a visszapattanó hatás kiszámítása az alábbiak szerint történik: ha az egy háztartásra eső, klímával korrigált energiafelhasználás együtthatója 0,889, akkor az azt jelenti, hogy ha 1%-kal nő az egy háztartásra eső, klímával korrigált energiafelhasználás, akkor 0,889%-kal nő a háztartások fűtési célú, klímával korrigált végső energiafelhasználása. Jelen esetben mi az energiahatékonyság javulását feltételezzük, vagyis ha 1%-kal csökken az említett egy háztartásra eső energiafelhasználás, akkor 0,889%-kal csökken a háztartások fűtési célú, klímával korrigált végső energiafelhasználása. Ez azt jelenti, hogy Magyarország esetében a fűtési célú energiafelhasználást tekintve a visszapattanó hatás mértéke $1 - 0,889 = 0,111$, vagyis 11,1%. Ha valamilyen energiahatékonyság-javulást követően az egy háztartásra eső, klímával korrigált hasznos energiafelhasználás 10%-kal csökken, az aggregált fűtési célú energiafelhasználás „csak” 8,89%-kal fog csökkenni, a különbözet elvész.

Összefoglalás

A 4. ábra a regressziós együtthatókból – a korábban leírtaknak megfelelően – számított visszapattanó hatás nagyságát mutatja.

4. ábra

A közvetlen visszapattanó hatás mértéke Magyarország háztartási szektorában, 1990–2009



Forrás: saját számítás.

Eredményeim megegyeznek az eddigi kutatásokkal, bár a vízmelegítés terén a visszapattanó hatás mértéke elmarad a korábbi tapasztalatokhoz képest (2,2%). A fűtési célú energiafelhasználást tekintve mértéke igen jelentős (4%), a háztartások teljes energiafelhasználását vizsgálva meghaladja a 10%-t. Tehát a jelenség nagysága egyik esetben sem éri el a 100%-ot, vagyis az energiahatékonyság javítására tett erőfeszítések nem hiábavalók, hozzájárulnak az energiafelhasználás csökkentéséhez. Ugyanakkor mértéke elég jelentős ahhoz, hogy az energiapolitikai dokumentumok, stratégiák, számítások során ne hagyják figyelmen kívül.

Magyarország energiahatékonyságának (különös tekintettel a háztartási szektorra) javítása számos energiastratégiai dokumentum pillérét képezi. 2011-ben készült el a *Magyarország II. Nemzeti Energiahatékonysági Cselekvési Terve 2016-ig, kitekintéssel 2020-ra* c. dokumentum, amelyben konkrét célszám is szerepel az energiahatékonyságot illetően, miszerint hazánknak 2020-ra 10%-os energiamegtakarítást kell elérnie nemzetgazdasági szinten, amely a háztartási szektorban 2016-ig évi 21 PJ-t jelent. Ha ez meg is valósulna, akkor valószínűleg (a jelenlegi fogyasztási szokások mellett) 11,1%-a, vagyis évenként 2,331 PJ elveszne a visszapattanó hatás következtében.

Számításaimmal bizonyítást nyert, hogy a visszapattanó hatás Magyarországon is megfigyelhető, létező jelenség. Tehát a rendelkezésre álló energiaforrások megőrzéséhez az energiahatékonysági intézkedések az elvártnál kisebb mértékben járulnak hozzá, az energiahatékonysággal párhuzamosan az energiatakarékosságra, az energia használatának korlátozására kell törekedni.

IRODALOM

- Adkins, L. C. (2011): Using Gretl for Principles of Econometrics, 4th Edition Version.
- Barker, T. – Ekins, P. – Foxon, T. (2007): The macro-economic rebound effect and the UK. economy. *Energy Policy* 35 (10): 4935–4946.
- Barker, T. – Ekins, P. – Foxon, T. (2007): Macroeconomic effects of efficiency policies for energy-intensive industries: The case of the UK Climate Change Agreements, 2000-2010. *Energy Economics* 29 (4): 760–778.
- Biol, F. – Keppler, J. H. (2000): Prices, technology development and the rebound effect. *Energy Policy* 28 (6-7): 457–469.
- Brookes, L. (2000): Energy efficiency fallacies revisited. *Energy Policy* 28 (6-7): 355–366.
- Cleveland, C. J. – Kaufmann, R. K. – Stern, D. I. (2000): Aggregation and the role of energy in the economy. *Ecological Economics* 32 (2): 301–317.
- Druckman, A. – Chitnis, M. – Sorrell, S. – Jackson, T. (2011): Missing carbon reductions? Exploring rebound and backfire effects in UK households. *Energy Policy* 39 (6): 3572–3581.
- Enerdata – Odyssee adatbázis http://odyssee.enerdata.net/nrd_web/site/ (letöltve: 2012. április)
- Európai Bizottság (2011): Az Európai Unió 2011. évi Energiahatékonysági Terve 2011. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0109:F IN:HU:HTML> letöltve: 2012. január
- Földvári Péter (2007): Útmutató a GRETl ökonometriai szoftver használatához, ökonometriai példákkal – Oktatási segédlet http://www.inf.unideb.hu/oktatas/mobidialk/Foldvari_Peter/GRETl_utmutato/GRETlUtmutato.pdf (letöltve: 2011. május)
- Freire-González, J. (2010): Empirical evidence of direct rebound effect in Catalonia. *Energy Policy* 38 (5): 2309–2314.
- Haas, R. – Schipper, L. (1998): Residential energy demand in OECD-countries and the role of irreversible efficiency improvements. *Energy Economics* 20 (4): 421–442.
- Haas, R. – Auer, H. – Biermayr, P. (1998): The impact of consumer behavior on residential energy demand for space heating. *Energy and Buildings* 27 (2): 195–205.
- Haas, R. – Biermayr, P. – Zochling, J. – Auer, H. (1998): Impacts on electricity consumption of household appliances in Austria: a comparison of time series and cross-section analyses. *Energy Policy* 26 (13): 1031–1040.
- Haas, R. – Biermayr, P. (2000): The rebound effect for space heating. Empirical evidence from Austria. *Energy Policy* 28 (6-7): 403–410.
- Hanley, N. – McGregor, P. – Swales, J. K. – Turner, K. (2009): Do increases in energy efficiency improve environmental quality and sustainability? *Ecological Economics* 68 (3): 692–709.
- Harangozó Gábor (2009): *A javuló energiahatékonyság szerepe az energiafelhasználás csökkentésében: lehetőségek és buktatók*. Budapesti Corvinus Egyetem, Fenntartható fogyasztás, termelés és kommunikáció projekt (Norway Grants), www.uni-corvinus.hu/index.php?id=41618&type=p&file_id (letöltve: 2012. május).
- Herring, H. – Roy, R. (2007): Technological innovation, energy efficient design and the rebound effect. *Technovation* 27 (4): 194–203.
- Herring, H. (2008): *Definition and Implications of the Rebound Effect*. http://www.eoearth.org/article/Rebound_effect (letöltve: 2012. december)
- Hertwich, E. G. (2005): Consumption and the rebound effect. *Journal of Industrial Ecology* 9 (1-2): 85–98.
- Howells, M. – Jeong, K. – Langlois, L. – Lee, M. K. – Nam, K. – Rogner, H. H. (2010): Incorporating macroeconomic feedback into an energy systems model using an IO approach: Evaluating the rebound effect in the Korean electricity system. *Energy Policy* 38 (6): 2700–2728.
- InflationData.com: *Historical crude oil prices* http://inflationdata.com/inflation/inflation_rate/historical_oil_prices_table.asp letöltve: 2012. április
- Jaccard, M. – Bataille, C. (2000): Estimating future elasticities of substitution for the rebound debate. *Energy Policy* 28 (6-7): 451–455.
- Jevons, W. S. (1866): *The Coal Question; An Inquiry concerning the Progress of the Nation, and the Probable Exhaustion of our Coal-mines* London, Macmillan and Co., 2. kiadás http://oll.libertyfund.org/?option=com_staticxt&staticfile=show.php%3Ftitle=317&Itemid=27 (letöltve: 2012. június)
- Jin, S. (2007): The effectiveness of energy efficiency improvement in a developing country: Rebound effect of residential electricity use in South Korea. *Energy Policy* 35 (11): 5622–5629.
- Kádár József – Martinás Katalin (2008): A távfűtés problematikája Energetikai probléma az Európai Unióban és Magyarországon. Budapest. http://www.ipariokologia.hu/ie_pres/KadarMartinás2008.pdf (letöltve: 2011. január)
- Kümmel, R. – Ayres, R. U. – Lindenberger, D. (2010): Thermodynamic laws, economic methods and the productive power of energy. *Journal of Non-Equilibrium Thermodynamics*. 35 (2): 145–179.
- Maddala, G. S. (2004): *Bevezetés az ökonometriába 2004*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest.
- Madlener, R. – Alcott, B. (2009): Energy rebound and economic growth; A review of the main issues and research needs. *Energy* 34 (3): 370–376.
- Málóvics György – Bajmóczy Zoltán (2009): A fenntarthatóság közgazdaságtani értelmezései. *Közgazdasági Szemle* 56 (5): 464–483.

- Málovics György (2009): *A vállalati fenntarthatóság érintett központú vizsgálata*. Doktori értekezés Szeged http://www.rphd.ktk.pte.hu/files/tiny_mce/File/Vedes/Malovics_Gyorgy_disszertacio.pdf (letöltve: 2012. december).
- Martinás Katalin (2012): *A változás és fejlődés formalizált és kvantitatív megragadása*. <http://martinas.web.elte.hu/valtozasesjovo.html> (letöltve: 2012. június).
- Matos, F. J. F. – Silva F. J. F. (2011): The rebound effect on road freight transport: empirical evidence from Portugal. *Energy Policy* 39 (5): 2833-2841.
- Mizobuchi, K. (2008): An empirical study on the rebound effect considering capital costs. *Energy Economics* 30 (5): 2486–2516.
- Nemzeti Fejlesztési Minisztérium (2011): *Magyarország II. Nemzeti Energiahatékonysági Cselekvési Terve 2016-ig, kitekintéssel 2020-ra*, Budapest.
- Odyssee (2011): *Energiahatékonysági profil: Magyarország* http://www.odyssee-indicators.org/publications/country_profiles_PDF/hun_nl.pdf.
- Ouyang, J. – Long, E. – Hokao, K. (2010): Rebound effect in China household energy efficiency and solution for mitigating it. *Energy* 35 (12): 5269–5276.
- Panyi Miklós (2009): *A jószándék klímapolba vihet*. http://kitekinto.hu/hatter/2009/07/26/a_joszandek_klimapolba_vihet/ (letöltve: 2012. december).
- Ramanathan, R. (2003): *Bevezetés az ökonometriába alkalmazásokkal*. Budapest, Panem Kiadó.
- Sajtos László – Mitev Ariel (2007): *SPSS kutatási és adatelemzési kézikönyv*. Budapest, Alinea Kiadó.
- Schipper L. – Grubb M. (2000): *On the rebound? Feedback between energy intensities and energy uses in IEA countries* *Energy Policy* 28 (6-7): 367–388.
- Sorrell, S. (2007): Improving the evidence base for energy policy: The role of systematic reviews. *Energy Policy* 35 (3): 1858–1871.
- Sorrell, S. – Dimitropoulos J. (2008): The rebound effect: Microeconomic definitions, limitations and extensions. *Ecological Economics* 65 (3): 636–649.
- Sorrell, S. – Dimitropoulos, J. – Sommerville, M. (2009): Empirical estimates of the direct rebound effect: A review. *Energy Policy* 37 (4): 1356–1371.
- Sorrell, S. (2009): Jevons' Paradox revisited: The evidence for backfire from improved energy efficiency. *Energy Policy* 37 (4): 1456–1469.
- UKERC – Sorrell, S. – Dimitropoulos, J. (2007): *UKERC Review of Evidence for the Rebound Effect, Technical Report 2: Econometric studies* UK Energy Research Centre <http://www.ukerc.ac.uk/support/tiki-index.php?page=ReboundEffect> (letöltve: 2009. október).
- United Nations (2011): *International Recommendations for Energy Statistics (IRES)* New York <http://unstats.un.org/unsd/energy/ires/default.htm> (letöltve: 2012. október).
- Világbank adatbázis: www.wto.org (letöltve: 2012. április).
- Wadud, Z. – Graham, D. J. – Noland, R. B. (2009): A cointegration analysis of gasoline demand in the United States. *Applied Economics* 41 (26): 3327–3336.
- Wei, T. (2010): A general equilibrium view of global rebound effects. *Energy Economics* 32 (3): 661–672.
- Werger Adrienn – Renczes Nóra – Pereszta Júlia – Vörösházi Ágota – Özse Adrienn (2011): *Ökonometriai modellek paramétereit: számítás és értelmezés*. <http://www.medstat.hu/ertelmezések.pdf> (letöltve: 2012. február).
- York, R. (2008): Ökológiai paradoxonok - William Stanley Jevons és a papírműves iroda. *KOVÁSZ* 11 (1): 5–15. (Virág P., Takács-Sánta A. fordításában) <http://unipub.lib.uni-corvinus.hu/108/1/2008york.pdf> (letöltve: 2012. február).

Kulcsszavak: energiahatékonyság, visszapattanó hatás, háztartási szektor, fűtés, vízmelegítés, Magyarország.

Resume

The energy efficiency has become the slogan of campaign against global climate change: there are no energy or environmental strategic documents or climatic conference without energy efficiency targets. Their necessity is confirmed by economical and financial calculations and furthermore, by the restrained resources. However, the topic becomes even more actual, why the energy efficiency improvements are ineffective and do not result the planned energy savings. In my paper my aim is to identify all the processes that decrease the success of these improvements.