

UJHELYI GERGELY

## Szennyezéscsökkentő innováció elterjedésének jóléti hatásai

---

A szerző a hagyományos és a szennyezéscsökkentő innovációk elterjedésének jóléti hatásait hasonlítja össze. Ehhez egy szennyező és egy nem szennyező iparágat vizsgál Cournot-versenyt játszó duopóliumokkal. A szennyezést adó szabályozza. A szerző megmutatja, milyen feltételek mellett teljesül, hogy az innováció elterjedése a társadalom számára kedvezőbb legyen a szennyező, mint a hagyományos esetben. Ez az eset nyilván következményekkel jár a társadalmi szabályozó magatartására nézve is.\*

---

A szennyezéscsökkentő innovációval kapcsolatos megfontolások szerepe két területen is jelentős a közgazdaságtanban. Egyrészt speciális, külön vizsgálandó része az innováció és a kutatás-fejlesztés közgazdaságtanának, hiszen a szennyezéscsökkentő innovációk sok szempontból a hagyományos termék- és folyamatinnovációtól eltérően viselkednek. Másrészt a szennyezéscsökkentő innovációkkal kapcsolatos ösztönzési mechanizmusok fontos tényezői a szennyezésszabályozási rendszerek kialakításának. Sokak szerint egy szennyezésszabályozási rendszer hatékonyságát legfőképpen az méri, mennyire ösztönzi a vállalatokat környezetkímélő megoldások keresésére (lásd például *Milliman– Prince* [1989], *Jung–Krutilla–Boyd* [1996])

Az innováció általában versenyelőnyt jelent az őt megvalósító vállalat számára: olcsóbb technológiával termel, javul termékeinek minősége, a kevesebb szennyezés után kisebb adót kell fizetnie stb. Egyes területeken az innovációból származó járadékok teljes lefölözhetősége nem biztosított, például az új technológiát lemásolhatják, mielőtt megtérültek volna a kifejlesztésére fordított erőforrások. Ilyen esetekben, amikor az innováció közjóságjellegét ölt, az állam sokszor szabadalmakkal, védjegyekkel biztosítja, hogy a vállalatoknak továbbra is érdekében álljon az innováció. Vagyis úgy tűnik, *ex ante* a társadalom számára általában érdemes ideiglenesen lemondani a fogyasztói többlet egy részéről annak érdekében, hogy sor kerüljön az innovációra. Ugyanakkor *ex post*, az innováció létrejötte után az esetek többségében a szabadalmi védetség a társadalom számára nem optimális. A társadalom érdekét nyilvánvalóan az szolgálná, ha miután kifejlesztették az olcsóbb, kevésbé szennyező stb. technológiát, az minél hamarabb elterjedhetne. Különösen így lehet ez a szennyezéscsökkentő innovációk esetében, hiszen ilyenkor az innováció elterjedése externális hatásokat volna képes csökkenteni.

Jelen dolgozat ezt az innováció utáni állapotot vizsgálja. Összehasonlítom az innováció elterjedéséből fakadó nyereséget (vagyis az el nem terjedésből adódó veszteséget) szennyezéscsökkentő és egyéb (a továbbiakban *hagyományos*) innovációtípusok eseté-

---

\* Köszönetet szeretnék mondani *Virág Gábornak* a dolgozat elkészítésében nyújtott értékes segítségéért.

ben. Bemutatom, milyen feltételek mellett teljesül, hogy a társadalom nyeresége az innováció elterjedéséből nagyobb a szennyezéscsökkentő, mint a hagyományos innováció esetén. Ehhez az innováció elterjedésének jóléti hatását vetem össze egy hagyományos és egy szennyező innovációt leíró modellben. A megfelelő összehasonlítási alap megválasztása azonban nem egyértelmű. Az általam követett elv lényege, hogy *a vállalatok innovációval kapcsolatos ösztönzőit tekintem azonosnak a két iparágban*. Ezt legkönnyebben a keresleti viszonyok és a költségek azonosságát feltételezve tehetjük meg. A modellben Cournot-környezetben működő oligopóliumokat vizsgálok, ahol egy szabályozó homogen lineáris adóval képes hatni a szennyezésre. Kezdetben feltesszük, hogy a szabályozó nem képes változtatni az innovációt követően beállított *második legjobb (second best)* adón. A későbbiekben feloldjuk ezt a feltevést, sőt megvizsgáljuk azt az esetet is, amikor a szabályozó nem csupán a szennyezést képes befolyásolni, hanem a termékpiacon torzulásokat is képes kezelni, vagyis folyamatosan biztosítani tudja az első legjobb (*first best*) megoldást. Végül összefoglalom a dolgozat eredményeit, és vázolok néhány gondolatot az optimális szabályozói magatartásra vonatkozóan. Ahol lehetett, a formális levezetéseket *Függelékben* szerepeltettem.

A szennyezéscsökkentő innováció vizsgálata viszonylag rövid múltra tekint vissza. Ez idáig nem született a terület valamennyi oldalát tárgyaló összefoglalás, és egyes témakörök többé-kevésbé elkerülték a kutatók figyelmét. Egyre kiterjedtebb az innovációs folyamat kezdeti szakaszának irodalma – sok tanulmány vizsgálja például a szennyezéscsökkentő innovációra való ösztönzést. Ezek célja általában különböző szabályozási eszközök összehasonlítása (*Laffont–Tirole* [1994] nyújt egy áttekintést). Tudomásom szerint csak kevesen foglalkoztak az innováció elterjedésének (vagy el nem terjedésének) – e cikkben tárgyalt – jóléti hatásaival. Ehhez a témához kapcsolódó eredmények a szabadalmaztatás kérdését tárgyaló munkák, amelyek közül azonban nagyon kevés kezeli külön a szennyezéscsökkentő innováció esetét. Egy kivétel *Parry* [1995], aki viszont elsősorban a termék- és a kutatás-fejlesztési piac közötti összefüggésekre koncentrál, és csak az optimális adó vizsgálatán keresztül, közvetve foglalkozik jóléti szempontokkal. Mások nem tökéletesen versenyző piacszerkezetben végrehajtott innovációkat vizsgálva, használnak jóléti megfontolásokat, de nem tárgyalják explicit módon az elterjedés határait (például *Ebert* [1992], *Requate* [1998]).

Magyarországon ez idáig rendkívül kevés kutató igyekezett a szennyezésszabályozás és a szennyezéscsökkentő innovációk jelentőségét egzakt módon bemutatni. Várható azonban, hogy a távolabbi jövőben ez a terület jelentőségre fog szert tenni. Egyrésztől piacorientált, az intézkedések közgazdasági következményeit szem előtt tartó megközelítések irányába fog elmozdulni a szabályozási gyakorlat (lásd *Előterjesztés...* [1999]), másrészt az elmélet hazai fejlődésére is számítani lehet.

### A modell

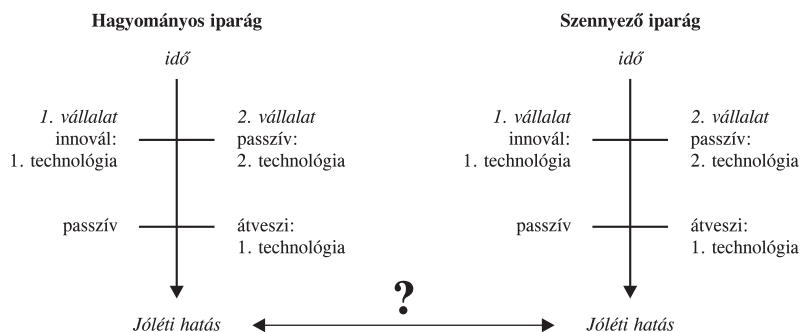
A különböző innovációtípusok elterjedésének jóléti hatásait egy speciális piaci szerkezeten, a Cournot-duopóliumon keresztül mutatom be. Ennek oka az, hogy mint látni fogjuk, a jólétváltozás vizsgálata akkor érdekes, ha az innováció hatására költségcsökkentést realizáló vállalat mellett legalább egy másik vállalat is piacon marad. Ez pedig a piacszerkezet klasszikus modelljei (tökéletes verseny, monopólium, Bertrand- és Cournot-oligopóliumok) közül csak a Cournot-modellre teljesül a modell eredeti formájában.

Gondolatmenetünk a következő lesz. Veszünk két iparágat, amelyek mindegyike egy Cournot-duopólium. A két iparág különböző termékeket termel, ám a termékek

íránti keresleti függvények megegyeznek.<sup>1</sup> Mindkét iparág egységnyi inputból állítja elő termékét, de az egyik iparágban a vállalatoknak a szokásos input mellett bizonyos mértékű szennyezést is fel kell használniuk a termeléshez. A szennyezés externális hatásokkal jár, amelyet egy társadalmi szabályozó lineáris Pigou-adóval kíván optimális szinten tartani. A szennyező iparágban ezért a vállalatok határkölségének két összetevője van: a szokásos inputkölsége és a szennyezés után fizetett adó. A másik iparágban (a továbbiakban: hagyományos iparág) nincs ilyen szennyezés. Feltesszük, hogy *mindkét* iparágban *az egyik* vállalat innovációt hajtott végre, aminek következtében határkölsége kisebb lett. A másik vállalat – információs aszimmetriák vagy más korlátozó tényezők miatt – kezdetben egyik iparágban sem képes az új technológiát alkalmazni, így továbbra is a régi alapján termel. Feltesszük, hogy az innovációk után a két iparág helyzete a vállalatok szempontjából azonos: ugyanakkora az innováló, illetve a passzív vállalatok költsége és a keresletek azonossága miatt ugyanakkora lesz az innováló, illetve a régi technológiát alkalmazó vállalatok kibocsátása.<sup>2</sup> Mindkét iparágban megvizsgáljuk, mi történne, ha elterjedne az innováció, vagyis a másik vállalat is képes lenne alkalmazni azt. Gondolatmenetünket az *1. ábra* szemlélteti.

1. ábra

Az összehasonlítás gondolatmenete



Először a hagyományos iparág modelljét mutatjuk be. Ez egy általános Cournot-duopólium, amely egyúttal lehetővé teszi néhány, a későbbiek szempontjából fontos következtetés megfogalmazását a Cournot-versenyben végrehajtott innovációkra vonatkozóan. Ezután következik a szennyező iparág modellje.

### A hagyományos iparág

Modellünk tehát a klasszikus Cournot-duopólium (lásd például *Tirole [1988]*). A két vállalatot az  $i = 1, 2$  indexek jelzik. A vállalatok alaphelyzetben egységnyi inputból állítanak elő egységnyi  $y$  terméket, konstans határkölségeik  $c_1$  és  $c_2$ . Az innováció utáni

<sup>1</sup> Meglehetősen valóságidegen feltételezés, hogy a két iparág helyzete ilyen mértékben hasonlítson. A modellnek azonban nem is célja egy valóságos helyzet ábrázolása. Szándékom csupán az, hogy valamiféle viszonyítási alapot teremtsék a kétfajta innováció összehasonlítására. Mindegy, hogy két különböző iparágat tekintünk, vagy egy iparágat két különböző helyzetben – az előbbi esetet a tárgyalás megkönnyítése érdekében választottam.

<sup>2</sup> A kibocsátást a továbbiakban a termelés, és *nem* a szennyezés színvonaljaként használom.

helyzetből indulunk: feltesszük, hogy az innováció következtében  $c_1 < c_2$ . A vállalatok terméke iránti kereslet  $P = P(Y)$  formában adott, ahol  $Y = y_1 + y_2$  és  $P'(Y) \leq 0$ .

A vállalatok feladata tehát

$$\max P(y_i + y_j)y_i - c_i y_i \quad i, j = 1, 2; i \neq j.$$

A feladatot megoldó optimális  $y_1$  és  $y_2$  párokra<sup>3</sup> pedig teljesülnek a következő azonosságok:

$$P(y_i + y_j) + P'(y_i + y_j)y_i - c_i \equiv 0 \quad i, j = 1, 2; i \neq j. \quad (1)$$

Ismeretes, hogy  $c_1 < c_2$  határköltségek mellett a játék Nash-egyensúlyában a vállalatok optimális  $y_i$  kibocsátására  $y_1 > y_2$  áll fenn (az átfogó komparatív statikai vizsgálatokat lásd Dixit [1986]).

Előfordulhatna, hogy az innováció következtében valamelyik vállalat kibocsátásnövekedése olyan mértékben leviszi az árat, hogy a másik vállalat kiesik a piacról. Ezt az esetet itt kizárjuk, és feltesszük, hogy mindkét vállalat piacon marad az innovációt követően. Ennek szükséges és elégséges feltétele, hogy  $P(Y) > c_i$  teljesüljön.

Az egyensúlyi pont létezéséhez és stabilitásához szükség van egy, a későbbiek szempontjából is fontos feltevésre (lásd Varian [1992]).<sup>4</sup>

**1. feltevés.** *Valamely vállalat határbevétele minden rögzített kibocsátási szinten csökkenő függvénye a teljes iparági kibocsátásnak.*<sup>5</sup>

Formálisan, mivel az  $i$ -edik vállalat teljes bevételét  $P(Y)y_i$  adja, a feltétel azzal ekvivalens, hogy

$$P'(Y) + P''(Y)y_i < 0 \quad i = 1, 2. \quad (a)$$

Számunkra elsősorban a feltétel egyik következménye lesz fontos, nevezetesen az iménti egyenleteket összegezve kapjuk, hogy

$$2P'(Y) + P''(Y)(y_1 + y_2) = 2P'(Y) + P''(Y)Y < 0. \quad (b)$$

Az 1. feltétel segítségével megfogalmazhatjuk az 1. lemmát, amely ugyancsak fontos lesz a későbbiekben.

**1. lemma.** *Cournot-duopóliumban változatlan  $c_j$  mellett  $\partial Y / \partial c_i < 0$ , tetszőleges egyensúlyi  $(y_i, y_j)$  pár esetén.*

A bizonyítást, amely egyszerű komparatív statikai vizsgálattal történik, a Függelék A) pontja tartalmazza.

Cournot-duopóliumban az egyik vállalat költségeinek csökkenése *ceteris paribus* szükségképp e vállalat kibocsátásának növekedésével jár. Ezzel egyidejűleg a másik vállalat kibocsátása csökkenni fog. Az 1. lemma azt mondja ki, hogy a két hatás közül az előbbi lesz a domináns, vagyis a kibocsátás összességében növekedni fog. Fontos, hogy ez tetszőleges  $y_1, y_2$  egyensúlyi kibocsátás esetén teljesül.

A jóléti függvény a szokásos módon áll össze a fogyasztói többletből és a profitból. Élünk még a szokásos feltevessel, miszerint a függvény additív módon szeparálható ezekre a tagokra:

$$W = \int_0^{y_1+y_2} P(Y) dY - c_1 y_1 - c_2 y_2. \quad (2)$$

<sup>3</sup> A jelölések egyszerűsítése érdekében az egyensúlyi kibocsátásokat nem fogom csillaggal vagy máshogyan megkülönböztetni a változók többi értékeitől, azonban ez nem lesz értelemszavaró.

<sup>4</sup> Kizárjuk több egyensúlyi pont létezését (vö. Tirole [1988]).

<sup>5</sup> A feltétel egyúttal a profitmaximalizálás másodrendű feltételeinek teljesülését is biztosítja.

## A szennyező iparág

A jelölések nagyrészt megegyeznek az előző iparág jellemzéséhez használtakkal, hiszen feltesszük, hogy a két iparág keresleti függvénye és innováció utáni kibocsátása megegyezik. Az egyik különbség az, hogy a vállalatok egységnyi termeléshez az egységnyi  $x$  inputon kívül  $d_i$  egységnyi  $e$  szennyezést is használnak. Technológiájuk tehát

$$y_i = \min\{x, e/d_i\}$$

alakú. Egy társadalmi szabályozó, később kifejtett módon, adóval igyekszik optimális mértékűre beállítani a szennyezést. A vállalatok határköltségének ezért két összetevője van:

$$K_i = k_i + d_i t,$$

ahol  $k_i$  az  $x$  inputhoz kapcsolódó határköltség és  $t$  a fizetendő adó. A két iparág hasonlóságára vonatkozó feltevés értelmében  $K_i \equiv c_i$ . Föltesszük, hogy az innováció  $k_i$  növekedésével és  $d_i$  csökkenésével járt, ezért a továbbiakban a határköltséget

$$K_i(d_i) = k_i(d_i) + d_i t$$

alakban írjuk, ahol

$$\frac{dk_i}{dd_i} < 0, \text{ de } \frac{dK_i}{dd_i} > 0.$$

E feltételt értelmezhetjük úgy, hogy a szennyezés csökkentése csak innováció révén lehetséges, az innováció pedig minden esetben csökkenti az innováló vállalat teljes határköltségét (máskülönben nem kerülne sor az innovációra).<sup>6</sup> Mindebből következik, hogy az innováció utáni állapotban  $K_1 < K_2$ ,  $k_1 > k_2$  és  $d_1 < d_2$  teljesülnek.

A  $K_i$  határköltségek ilyen megadása lehetővé teszi, hogy értelmes összehasonlításokat fogalmazzunk meg a két iparág között. A szennyezéscsökkentő innováció hatására bekövetkező csökkenés  $K_2$ -ben megfeleltethető a hagyományos innováció hatására  $c_2$ -ben bekövetkező csökkenésnek. Az eddig elmondottak szempontjából ez azt eredményezi, hogy a hagyományos iparágra bemutatott *1. lemma* az össztermelés növekedéséről a szennyező iparágban is érvényes.

A vállalatok terméke iránti kereslet itt is  $P = P(Y)$  formában adott, és  $Y = y_1 + y_2$ . A vállalatok feladata tehát

$$\max P(y_i + y_j)y_i - K_i y_i \quad i, j = 1, 2; i \neq j.$$

Az egyensúlyi  $(y_1, y_2)$  párokra pedig teljesülnek az elsőrendű feltételek:

$$P(y_i + y_j) + P'(y_i + y_j)y_i - K_i \equiv 0 \quad i, j = 1, 2; i \neq j. \quad (3)$$

Világos, hogy mivel  $K_i = c_i$  teljesül, Nash-egyensúlyban ugyanazokat az  $y_1$  és  $y_2$  kibocsátásokat kapjuk, mint a hagyományos iparág esetében ( $y_1 > y_2$ ). Az innovációt követően természetesen itt is mindkét vállalat piacon marad, hiszen  $P(Y) > c_i = K_i$ .

Jelölje  $E = d_1 y_1 + d_2 y_2$  a teljes szennyezést,  $S(E)$  pedig a szennyezésből adódó társadalmi kárt ( $dS/dE \geq 0$ ). Élünk a környezetgazdászok által használt szokásos feltevéssel, miszerint  $d^2S/dE^2 > 0$ . Erre magyarázat lehet például, hogy a természetben akkumulálódó szennyezés egy idő után visszafordíthatatlan folyamatokat indít el.

<sup>6</sup> Vegyük észre, hogy az innovációra egyértelműen a szennyezésszabályozásnak köszönhetően került sor. Ha nem lenne adó, a szennyezés nem befolyásolná a vállalat költségeit, és a vállalat nem hajtana végre olyan innovációt, amely egyszerűen  $k_i$  költségét növelné. A szabályozás innovációra ösztönző hatását sokan hangsúlyozzák (például *Millimann-Prince* [1989]).

A jóléti függvény itt (sz felső indexszel jelölve, hogy a szennyező esetről van szó):

$$W^{\text{sz}} = \int_0^{y_1+y_2} P(Y) dY - S(E) - k_1 y_1 - k_2 y_2. \quad (4)$$

Ez a jóléti függvényeknek egy meglehetősen széles körben alkalmazott alakja, mégis érdemes hozzá egy megjegyzést fűzni. Azon a feltételezésen nyugszik, hogy a vállalatok által kifizetett adó nem kerül ki a rendszerből (például egy összegben megkapják a fogyasztók), és a társadalom indifferens a jövedelmek elosztását illetően. Ez magyarázza, hogy az adók közvetlenül nem jelennek meg a jóléti függvényben.

A szabályozással kapcsolatban a következő feltevéseket tesszük.

a) A szabályozó képes mérni a vállalatok szennyezését.<sup>7</sup>

b) A szabályozó nem tud adóval hatni a duopóliacszerkezet következtében kialakuló termékpiacon torzulásra (e feltétel feloldásának következményeit később vizsgálom).

c) A szabályozó nem vethet ki különböző  $t$  adót az egyes vállalatok szennyezésére. Megengedjük viszont a termelésre kiszabott adó differenciálását, hiszen feltettük, hogy a vállalatok  $d_t$  adót fizetnek termelésük után. Aszimmetrikus piacszerkezetek adóztatását vizsgálva, sokan használnak ilyen típusú szabályozást (lásd például Barnett [1980], Levin [1985] és Requate [1998]).

Az adó ennek megfelelően csak *második legjobb* (*second best*) lehet, ami a Cournot-duopólium adóztatásával foglalkozó irodalom alapján Pigou-adó, vagyis

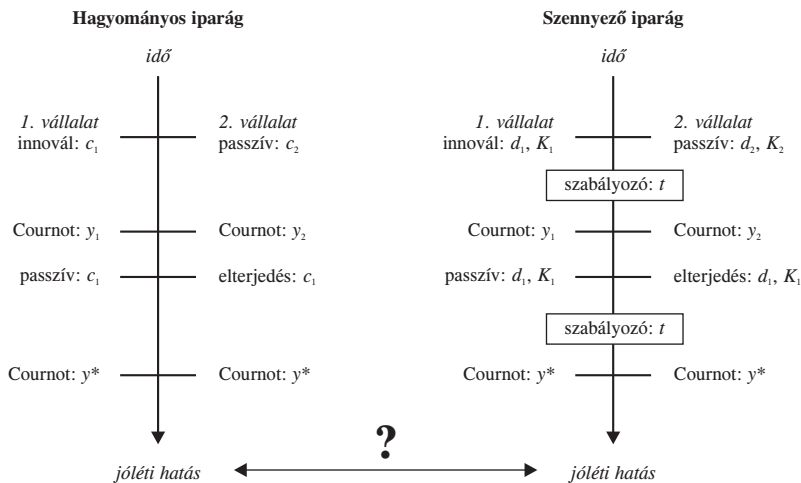
$$t(E^{\text{opt}}) = \frac{dS(E^{\text{opt}})}{dE},$$

ahol  $E^{\text{opt}}$  az a)– c) feltételek mellett társadalmilag optimális szennyezés.

Az innováció elterjedése mindkét iparágban a költségek kiegyenlítődéssel jár. Az elterjedést követően tehát mindkét vállalat határköltsége  $c_1$ , illetve  $K_1$ , amiből Cournot-egyensúlyban egyenlő termelési szintek következnek. A továbbiakban  $y^*$  jelzi az új egyensúlyi termeléseket,  $Y^* = 2y^*$  pedig az össztermelést. A modell időzítését mutatja a 2. ábra.

2. ábra

A modell időzítése



<sup>7</sup> Amennyiben a szabályozó ismeri a technológiát, elég a vállalatok kibocsátását érzékelnie, hiszen ekkor ki tudja számítani a termeléssel keletkező szennyezést.

Hasonlítsuk most össze, hogyan hat a szennyezéscsökkentő, illetve a hagyományos innováció elterjedése a jólétre!

### A jóléti hatások összehasonlítása második legjobb (second best) megoldások mellett

Először felteszem, hogy a szabályozó az innováció után optimálisra beállított adón az innováció elterjedésének hatására nem változtat. Erre magyarázat lehet, hogy a szabályozó nem tökéletesen vagy csak késleltetve érzékeli, hogy mi történik az iparágban, és az új helyzetben a vállalatok döntése szempontjából releváns időn belül nem képes új adókulcsot meghatározni.

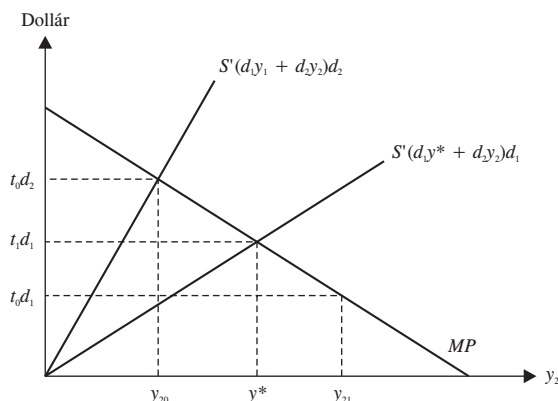
**1. állítás.** Változatlan adókulcs mellett az innováció elterjedése mindig nagyobb jólétnövekményt eredményez hagyományos, mint szennyező esetben.

A bizonyítást a *Függelék B*) pontja tartalmazza.

Az 1. állítás megfogalmazható úgy is, hogy a társadalom szennyezésből adódó közvetlen vesztesége nőtt az innováció elterjedése hatására. Ez az eredmény természetesen annak tudható be, hogy változatlan adó esetén a teljes szennyezés nem lesz társadalmilag optimális. Előfordulhat például, hogy az innováció elterjedése hatására lecsökkenő költséggel termelő 2. vállalat túlzott mértékben fogja növelni termelését, amint ez a 3. ábrán látható.

3. ábra

Változatlan adókulcs esetén a 2. vállalat termelése esetleg túl nagy lesz



A 3. ábra a 2. vállalat egyéni határprofitját ( $MP$ ) és az általa okozott határkárt mutatja  $y_2$  függvényében. A rögzített változókat aláhúzott karakterek jelzik. Az innováció utáni optimumban a vállalat termelése  $y_{20}$ , a Pigou-adó  $t_0$  a szennyezésre, így  $t_0 d_2$  a vállalat termelésére. Az innováció átvételének hatására az egységnyi termelés okozta szennyezés  $d_1$ -re csökken, így a kárfüggvény az első vállalat  $y^*$  kibocsátása mellett jobbra tolódik. Valójában az egyéni határprofit is módosul, ám ezt az ábra egyszerűsítése érdekében nem tüntettem fel. Amennyiben a szabályozó nem módosítja az adókulcsot, a  $t_0$  adó mellett a vállalat termelésére kivetett adó  $t_0 d_1$  lesz. Mind látható, az emellett kialakuló  $y_{21}$  kibocsátás nem optimális. Az optimális  $y^*$  csak  $t_1$ -re módosított adó esetén fog beállni.

Mint a 3. ábráról is látható, valószínűleg magasabb jólétnövekményre számíthatunk,

ha a szabályozó képes módosítani az adón. Pontosabban: bizonyos feltételek mellett a jólét növekedése magasabb lesz szennyezéscsökkentő, mint hagyományos innováció elterjedése esetén. Ezt fogalmazza meg a 2. állítás, amely előtt azonban szükséges egy technikai jellegű megjegyzés.

Az adó változtatása gyökeresen új helyzetet teremt. A vállalatok itt már nemcsak kibocsátásuk változtatásával képesek hatni a másik vállalat profitjára, hanem egymás határköltségét is befolyásolják. A 2. vállalat azáltal, hogy átveszi az innovációt, befolyásolja az 1. vállalat által fizetett adót is. Ahhoz, hogy a szennyező és a hagyományos iparág összehasonlításának továbbra is értelme legyen, pontosítani kell a modellt. A tanulmány elején említett elvnek megfelelően továbbra is a vállalatok ösztönzőit szeretnénk azonosnak tekinteni. Ezért feltesszük, hogy

$$c_1 \equiv K_1 = k_1 + d_1 t(E^{\text{opt}}) \text{ és } c_2 \equiv K_2 = k_2 + d_2 t(E^{\text{opt}})$$

teljesülnek.<sup>8</sup>

Nézzük most már a 2. állítást, amely változó adókulcsok esetén jellemzi az elterjedés relatív jóléti hatásait!

**2. állítás.** *Változó adókulcsok esetén a jólét növekedése pontosan akkor lesz magasabb szennyezéscsökkentő, mint hagyományos innováció esetén, ha az optimális szennyezés növekszik az elterjedés hatására.*

A bizonyítást a Függelék C) pontja tartalmazza.

A 2. állítás meglehetősen intuitív. Mikor növekszik az optimális szennyezés? Nyilván akkor, ha a társadalomnak olyan nagy nyeresége származik az előállított termékekből, hogy még szennyezés árán is érdemes növelni a termelést, vagy ami ezzel ekvivalens: a szennyezés olyan alacsony károkat okoz, hogy azt bőven ellensúlyozza a termelésből származó többlet. Kézenfekvő, hogy a szennyezéscsökkentő innováció elterjedésének jóléti hatása ilyen esetekben relatíve magas.

Összefoglalva az eddigieket, beláttuk, hogy változatlan adó esetén az innováció elterjedéséből fakadó jólétváltozás hagyományos esetben mindig nagyobb, mint szennyezés mellett. Ezenkívül feltételeket kerestünk arra, mikor teljesül, hogy a szennyező eset jólétváltozása magasabb, amennyiben megengedjük, hogy a szabályozó módosítson az adókulcsokon. Az adóról mindkét esetben feltettük, hogy nem kezeli a termékpiacon torzulásokat, így legfeljebb *második legjobb (second best)* megoldást hozhat. Csakhogy, mint azt látni fogjuk, óvatosan kell kezelnünk az ilyen típusú adó mellett nyert eredményeket.

Ez idáig nem szóltunk a jólétváltozások abszolút nagyságáról. Hagyományos esetben viszonylag egyszerűen megmutatható, hogy a jólét minden esetben növekszik az innováció elterjedésének hatására.

Tekintsük ugyanis a jólétváltozást:<sup>9</sup>

$$\Delta W = \int_{y_1+y_2}^{2y^*} P(Y) dY - 2c_1 y^* + c_2 y_2 + c_1 y_1.$$

<sup>8</sup> Ezzel tulajdonképpen azt tesszük fel, hogy az innováció elterjedése hagyományos esetben is módosítja az 1. vállalat határköltségét. Ez furcsának tűnhet. A cél mindazonáltal itt is megfelelő viszonyítási alap teremtése. Az innovációval kapcsolatban azonos ösztönzéseket érzékelő iparágakat hasonlítunk össze. A valósághoz közelebb állna, ha hagyományos esetben a határköltségek helyett mondjuk a keresleti függvényt módosítanánk úgy, hogy azonos ösztönzőket biztosítsunk. Ettől azonban szükségtelenül bonyolódna a tárgyalás.

<sup>9</sup> A bizonyítást az első esetre végzem el, amikor a szabályozó nem módosított az innováció után beállított adón. Az igazodó adót leíró második esetre hasonló módon látható be az állítás.



Kihhasználva, hogy  $c_1 < c_2$ , írhatjuk, hogy

$$\Delta W > \int_{y_1+y_2}^{2y^*} P(Y) dY - c_1[2y^* - (y_2 + y_1)] = \int_{y_1+y_2}^{2y^*} P(Y) dY - c_1 \int_{y_1+y_2}^{2y^*} dY = \int_{y_1+y_2}^{2y^*} [P(Y) - c_1] dY.$$

Feltevésünk értelmében  $P(Y) > c_1$ , és mivel az 1. lemma alapján  $2y^* > y_1 + y_2$ , az utolsó kifejezés pozitív lesz.

Szennyező esetben a jólétváltozás előjele azonban már nem ennyire egyértelmű. Ha növekszik is a jólét, biztosak lehetünk-e benne, hogy a lehető legnagyobb jólétnövekményt értük el a választott adó segítségével? Vagy előfordulhat-e például, hogy a társadalom jobban járt volna, ha egyáltalán nincs adó? Nos előfordulhat, mégpedig a következők miatt. Szennyező duopólium vagy bármely más nem tökéletesen versenyző iparszerkezet esetén kétfajta torzító hatást tapasztalunk. Egyfelől externális hatásokat kelt a szennyezés, másfelől viszont maga a duopólium is torzítást okoz, hiszen nem biztosítja a társadalmi szintű határköltségek és határhazsnok kiegyenlítését. Ahogyan azt Barnett [1980] és mások felismerték, bizonyos helyzetekben átváltások létezhetnek a kétfajta torzítás között. Míg a szennyezés internalizálása a kibocsátás csökkentését kívánná, addig a tökéletlen verseny hatásainak orvoslásához a kibocsátás növekedésére volna szükség. Egy olyan típusú adó, amivel ebben a szakaszban dolgoztunk, csak az előbbi hatást kezeli. Így elképzelhető, hogy egy adott technológia mellett a társadalom szívesen fogyasztana többet akár a szennyezés növelése árán is, ám egy olyan szabályozás, amely csak a szennyezést kezeli, ezt nem teszi lehetővé.

Mindezek alapján indokoltnak tűnik feltételezni, hogy a szabályozó *első legjobb (first best)* megoldásra törekszik, és megkísérli kiegyensúlyozni a szennyezésből és a duopól piacszerkezetből adódó torzításokat.

### Jóléti hatások első legjobb (*first best*) megoldásra törekvő szabályozás esetén

Ebben a szakaszban feltesszük, hogy a szabályozó a szennyezést befolyásolva, a terméki piaci torzulásokra is képes hatni, vagyis *első legjobb (first best)* megoldásra törekszik. Mint rövidesen látni fogjuk, korántsem biztos, hogy e törekvés sikeres lesz. A szennyezés szabályozása itt a következő módon történik. A szabályozó a teljes társadalmi hasznot maximalizálja, korlátként kezelve a vállalatok profitmaximalizáló döntéseit. A szabályozó feladata így

$$\max (t) \int_0^{y_1+y_2} P[Y(t)] dY - S[d_1 y_1(t) + d_2 y_2(t)] - k_1 y_1(t) - k_2 y_2(t)$$

$$P(Y) + P'(Y)y_1 - k_1 - d_1 t \equiv 0$$

$$P(Y) + P'(Y)y_2 - k_2 - d_2 t \equiv 0. \quad (5)$$

A szennyezésszabályozást nem tökéletesen versenyző piaci helyzetekben vizsgáló tanulmányok rámutattak, hogy a (5) feladat optimális megoldása számos esetben nem vezet *első legjobb* eredményre. Requate [1993] levezeti, hogy minden olyan esetben, amikor a Cournot-vállalatok határköltségei, valamint az általuk termelt szennyezés különböznek (ez esetünkben az innováció utáni állapot), az optimális adó csak nagyon meredek vagy nagyon lapos kárfüggvény esetén eredményez *első legjobb* megoldást. Ennek oka röviden a következő. Módosítva modellünket, engedjük meg egy pillanatra, hogy  $P(Y) \leq K_i$  legyen valamely  $i$ -re, vagyis tegyük lehetővé, hogy a magasabb határköltségű vállalat kiessen a piacról. Nagyon meredek kárfüggvény esetén társadalmi optimumban pontosan az adó lesz az, ami kiszorítja a szennyezőbb vállalatot. Ennek oka, hogy nagy károk

esetén a társadalom érdeke a *magasabb  $k_i$ -alacsonyabb  $d_i$*  pár melletti termelés, szemben az *alacsonyabb  $k_i$ -magasabb  $d_i$*  párosítással. Lapos kárfüggvény esetén ennek ellenkezője teljesül, vagyis az optimális adó a magasabb  $k_i$ -vel rendelkező, noha kevesebbet szennyező vállalatot fogja kiszorítani a piacról. Nagyon meredek vagy nagyon lapos kárfüggvény esetén így az optimális adó *first best* megoldást fog eredményezni. Nem így köztes meredekségek esetén. Ilyenkor a termelést a szabályozó legszívesebben a kárfüggvény meredekegétől függően osztaná meg a két vállalat között. Meredekebb kárfüggvényénél egy kicsivel többet termeltetne a kevésbé szennyező vállalattal, míg laposabb kárfüggvényénél inkább az alacsonyabb  $k_i$ -vel dolgozó vállalat termelését növelné. Csakhogy a két vállalat közti optimális termelésallokáció nem valósítható meg homogén adókulccsal, vagyis mindig lesz egy vállalat, amelyik túl keveset vagy túl sokat termel az *első legjobb* megoldáshoz képest.

Szerencsére más a helyzet szimmetrikus vállalatok esetén (Ebert [1992]). Az (5) feladatot szimmetrikus vállalatokra megoldva, könnyen levezethető, hogy a

$$d^*t = S'(E^{opt})d^* + P'(2y^*)y^* \quad (6)$$

adó *első legjobb* megoldáshoz vezet ( $d^*$  jelzi a vállalatok közös határszennyezését).

E megfontolások segítségével már tudunk valamit mondani a szennyező, illetve a hagyományos iparágban végrehajtott innovációk jóléti hatásairól. Szennyező iparág esetén a jólétet az (5) feladat célfüggvényértéke adja, míg a hagyományos iparág jóléti függvénye továbbra is

$$W = \int_0^{y_1+y_2} P(Y) dY - c_1y_1 - c_2y_2$$

A jólétváltozásokat a tárgyalás megkönnyítése érdekében ezúttal nem különbségekkel, hanem a jólétek  $K_2$ , illetve  $c_2$  szerinti deriváltjaival azonosítjuk. A jóléti hatások különbségéhez e deriváltak különbségét tekintjük. Kihhasználva, hogy a burkológörbe-tétel értelmében

$$\frac{dW^{SZ}}{dK_2} = \frac{\partial W^{SZ}}{\partial K_2},$$

a következőt írhatjuk:

$$\frac{\partial W^{SZ}}{\partial K_2} - \frac{\partial W}{\partial K_2} = \frac{\partial (W^{SZ} - W)}{\partial K_2} = \frac{\partial}{\partial K_2} [t(d_1y_1 + d_2y_2) - S(d_1y_1 + d_2y_2)].$$

Elvégezve a deriválást, kapjuk, hogy

$$\begin{aligned} \frac{\partial W^{SZ}}{\partial K_2} - \frac{\partial W}{\partial K_2} &= t \left( \frac{\partial y_1}{\partial K_2} d_1 + \frac{\partial y_2}{\partial K_2} d_2 + \frac{\partial d_2}{\partial K_2} y_2 \right) - \\ &- S'(d_1y_1 + d_2y_2) \left( \frac{\partial y_1}{\partial K_2} d_1 + \frac{\partial y_2}{\partial K_2} d_2 + \frac{\partial d_2}{\partial K_2} y_2 \right). \end{aligned} \quad (7)$$

A  $K_2$  szerinti parciális deriváltak meghatározása igen bonyolult lenne, ezért a következő apró trükkel élünk. A deriváltat nem az innováció utáni helyzetben, hanem az elterjedést követő,  $y_1 = y_2 = y^*$  és  $d_1 = d_2$  tulajdonságokkal jellemezhető pontban nézzük. Tulajdonképpen azt vizsgáljuk tehát, mi történne, ha valaki a már elterjedt innovációt elvonná a 2. vállalattól. Mivel az elterjedést követő szimmetrikus helyzetre ismerjük az optimális adót, (6)-ot alkalmazva, (7)-et átírhatjuk a következő alakba:

$$\frac{\partial W^{SZ}}{\partial K_2} - \frac{\partial W}{\partial K_2} = (1/d_1)P'(Y^*)y^* \left[ \left( \frac{\partial y_1}{\partial K_2} + \frac{\partial y_2}{\partial K_2} \right) d_1 + \frac{\partial d_2}{\partial K_2} y^* \right]. \quad (8)$$

Ebben a kifejezésben már csak a  $\partial y_1/\partial K_2 + \partial y_2/\partial K_2 = dY/dK_2$  tag endogén, ezt a deriváltat azonban könnyen megkaphatjuk a vállalatok elsőrendű feltételeinek segítségével. A komparatív statikai vizsgálatot elvégezve adódik, hogy

$$\frac{\frac{\partial t}{\partial K_2} d_1 + 1}{3P'(Y^*) + P''(Y^*)Y^*} = \frac{\partial Y}{\partial K_2}.$$

Behelyettesítve (8)-ba:

$$\frac{\partial W^{SZ}}{\partial K_2} - \frac{\partial W}{\partial K_2} = (1/d_1)P'(Y^*)y^* \left( d_1 \frac{\frac{\partial t}{\partial K_2} d_1 + 1}{3P'(Y^*) + P''(Y^*)Y^*} + \frac{\partial d_2}{\partial K_2} y^* \right). \quad (9)$$

Nézzük, milyen feltételek szükségesek ahhoz, hogy az innováció jóléti hatása nagyobb legyen szennyező, mint hagyományos esetben. Mivel az innováció elterjedésének kedvező jóléti hatása esetén a jólét deriváltja nagy abszolút értékű, *negatív* szám lesz, azt vizsgáljuk, mikor teljesül, hogy a (9) kifejezés nem pozitív. Mivel  $P'(Y^*) \leq 0$ , nyilván

$$\begin{aligned} \frac{\partial W^{SZ}}{\partial K_2} - \frac{\partial W}{\partial K_2} \leq 0 &\Leftrightarrow \frac{\partial d_2}{\partial K_2} y^* + d_1 \frac{\frac{\partial t}{\partial K_2} d_1 + 1}{3P'(Y^*) + P''(Y^*)Y^*} \geq 0 \\ &\Leftrightarrow -\frac{\partial d_2}{\partial K_2} y^* [3P'(Y^*) + P''(Y^*)Y^*] \geq \frac{\partial t}{\partial K_2} d_1^2 + d_1. \end{aligned} \quad (10)$$

[Az átszorzásnál kihasználtuk az 1. feltevés b) részét.] Alakítsuk most át a (10) feltételt! Felhasználjuk egyrészt, hogy  $\partial t/\partial K_2 = (\partial t/\partial d_2)(\partial d_2/\partial K_2)$ . Másrészt  $K_2$  definíciója szerint  $K_2(d_2) = k_2(d_2) + d_2 t(d_2)$ , ahonnan a  $d_2 = d_1$  pontban

$$\frac{\partial K_2}{\partial d_2} = \frac{\partial k_2}{\partial d_2} + t + d_1 \frac{\partial t}{\partial d_2}. \quad (11)$$

Könnyen belátható, hogy  $\partial d_2/\partial K_2 = 1/(\partial K_2/\partial d_2)$ , ezért ha (10)-et végigosztjuk  $\partial d_2/\partial K_2$ -vel és behelyettesítjük (11)-et, kapjuk, hogy

$$-y^* [3P'(Y^*) + P''(Y^*)Y^*] \geq \frac{\partial t}{\partial d_2} d_1^2 + d_1 \left[ \frac{\partial k_2}{\partial d_2} + t + d_1 \frac{\partial t}{\partial d_2} \right].$$

Ismét kihasználva, hogy ismerjük az optimális  $t$  adót, behelyettesíthetjük (6)-ot:

$$-y^* [3P'(Y^*) + P''(Y^*)Y^*] \geq \frac{\partial t}{\partial d_2} d_1^2 + d_1 \left[ \frac{\partial k_2}{\partial d_2} + S'(d_1 Y^*) + \frac{P'(Y^*)y^*}{d_1} + d_1 \frac{\partial t}{\partial d_2} \right].$$

Végül átrendezve, és kihasználva, hogy  $\partial t/\partial d_2 = (\partial t/\partial S')(\partial S'/\partial d_2)$ :

$$-y^* [4P'(Y^*) + P''(Y^*)Y^*] \geq 2 \frac{\partial t}{\partial S'} \frac{\partial S'}{\partial d_2} d_1^2 + S'(d_1 Y^*) d_1 + d_1 \frac{\partial k_2}{\partial d_2}. \quad (12)$$

Nézzük, mikor teljesülhet az egyenlőtlenség, vagyis mikor lesz nagyobb az elterjedés jóléti hatása szennyeződéscsökkentő innováció esetén, mint hagyományos innovációnál. A (12) egyenlőtlenség bal oldala alapján az iparági bevételgörbének minél jobban kell „gömbülnie” (hogy a zárójeles tag abszolút értéke minél nagyobb legyen), és – ami ezzel

összevág – az  $y^*$  egyensúlyi kibocsátásnak minél magasabbnak kell lennie. Vagyis a bal oldal alapján azt mondhatjuk: legyen minél magasabb az optimális kibocsátás. Azonban a jobb oldalt megvizsgálva, azt találjuk, hogy a kérdés nem ilyen egyszerű.

Először is  $S'(d_1 Y^*)$  definíció szerint pozitív. Másrészt levezethető (lásd *Requate* [1993]), és intuitíve is elfogadható, hogy  $\partial t / \partial S' \geq 0$ , vagyis az optimális adó a kárfüggvény meredekségének növekvő függvénye. Így úgy tűnik, akkor nagy a szennyezéscsökkentő innováció elterjedésének jóléti hatása, ha  $d_1$  minél alacsonyabb. Ez könnyen elfogadható: az új technológia minél kevesebb (határ)szennyezést gerjesszen. Kérdéses azonban a  $\partial S' / \partial d_2$  tényező előjele. Az egyenlőtlenség teljesülését az biztosítaná, ha ez a derivált minél kisebb, lehetőleg negatív lenne. Csakhogy mint rögtön látni fogjuk, ez megbolygatja eddigi eredményeinket.

Vegyünk ugyanis egy alacsony  $d_1$ -et biztosító technológiát, és tegyük fel először, hogy az  $S(\cdot)$  függvény lapos. Mivel ez azzal ekvivalens, hogy a szennyezés viszonylag kis károkat okoz a társadalomnak, optimumban viszonylag magas  $y^*$ -ra számíthatunk. Ez tehát összhangban van a bal oldal értelmezése során kapott feltétellel. Változtassunk most a 2. vállalat  $d_2$  határszennyezésén! Az  $S(\cdot)$  függvény lapossága miatt az optimális szennyezés  $d_2$ -vel megegyező irányba fog módosulni. Esetünkben, ha az innovációt elveszjük a 2. vállalatától, vagyis  $d_2$  megnövekszik, úgy ez az optimális szennyezést is megnöveli. Ez annak tudható be, hogy az alacsony károk miatt a megnövekedett szennyezés hatására sem érdemes túlzottan visszafogni a termelést. Hasonló eredményre jut *Requate* [1998], aki formális bizonyítást is nyújt. Mármost az optimális szennyezés növekedése az  $S(\cdot)$  függvény konvexitása miatt azt eredményezi, hogy az  $S'$  megnövekszik. Ezért  $\partial S' / \partial d_2 > 0$ , ami bizonytalanná teszi a jobb oldal előjelét.

Tegyük most fel, hogy az  $S$  meredek. Ekkor ugyan alacsony  $y^*$ -ra számítunk, ám a  $\partial S' / \partial d_2$  derivált negatív lesz, mégpedig a következők miatt. A szennyezés okozta nagy károk miatt optimumban alacsony  $y^*$  kibocsátást kapunk. Ekkor az optimális szennyezés  $d_2$ -vel ellentétes irányba fog mozogni. Csökkentve  $d_2$ -t, egységnyi szennyezéssel a korábbinál lényegesen többet tudunk termelni. Alacsony termelésnél a termelés növelésének határhaszna magas, ezért még a szennyezés növelése árán is érdemes növelni a kibocsátást. Ha viszont a 2. vállalatától elvéve az innovációt, növeljük  $d_2$ -t, a szennyezés okozta magas károk miatt érdemes lesz tovább csökkenteni a teljes szennyezést. Optimumban ezért  $\partial S' / \partial d_2 < 0$  fog teljesülni, megint csak az  $S$  konvexitása miatt. A formális levezetéshez itt is támpontot nyújthat *Requate* [1998].

Összefoglalva, tehát akkor lehetünk biztosak a szennyezéscsökkentő innováció elterjedésének magas jóléti hatásában, ha a kárfüggvény meredeksége, az új technológiával elérhető szennyezéscsökkenés és a végtermék iránti keresleti függvény hármasából adódó optimális termelés kiegyensúlyozott. A fentiek alapján ezt biztosíthatja, ha egy alacsony határszennyezést eredményező technológia nem túl meredek, de nem is túl lapos kárfüggvény mellett terjed el.

### Összefoglalás és a modell korlátai. Kiterjesztések

A dolgozat a szennyezéscsökkentő innovációk elterjedésének jóléti hatását vizsgálta, összehasonlítva azt a hagyományos innovációk elterjedésének hatásával. A társadalmi szabályozó által alkalmazott adótól függően a következő eredményeket kaptuk.

– Az innováció után *második legjobb* (*second best*) adókulcsot változatlan feltételre, az innováció elterjedésének jóléti hatása hagyományos esetben mindig meghaladja a szennyezéscsökkentő innováció elterjedésének jóléti hatását (*1. állítás*).

– Optimálisan kiigazított *második legjobb* adókulcs esetén a szennyezéscsökkentő in-

nováció elterjedésének jóléti hatása pontosan akkor haladja meg a hagyományos innováció elterjedésének jóléti hatását, ha az elterjedés hatására növekszik az optimális szennyezés (2. állítás).

– Optimálisan igazodó *első legjobb (first best)* adókulcs esetén a kárfüggvény és a keresleti függvény alakjának megválasztásával adott  $d_1$ -hez biztosítható, hogy a jólétnövekmény mindig magasabb legyen szennyező, mint hagyományos innováció esetén.

Az eredmények kiterjesztése előtt szükséges egy formai megjegyzés a modellel kapcsolatban. Tudtommal senki sem foglalkozott az elterjedés jóléti hatásainak összehasonlításával hagyományos és szennyezéscsökkentő innovációk esetén, és a viszonyítási alap megválasztása nem egyértelmű. Én itt azonos keresleti feltételeket és a költségek hasonlóságát, illetve azonos változását tekintetem az összehasonlítás alapjának. E megközelítés mellett szólhat, hogy a vállalatok cselekvésének mozgatórugói elsődlegesen a költség- és keresleti viszonyok. Ilyen értelmezésben azt vizsgáltam, milyen az elterjedés jóléti hatása, ha közben a vállalatok hasonló ösztönzőkkel szembesülnek az innováció tekintetében. Mivel a jóléti hatások végső soron a társadalmi szabályozó számára jelentenek ösztönzőket, értelmes megnézni, hogy mit célszerű cselekednie a szabályozónak egy olyan szennyező iparágban, ahol a vállalatok egy hagyományos iparághoz képest semmilyen különleges ösztönzést (vagy ellenösztönzést) sem érzékelnek az innováció elterjedésével kapcsolatban. Ilyen kérdéssel feltevés mellett tehát indokolhatóan tűnik az adott modell alkalmazása.

Másrészt, bár modellünkben egyenlők a költségek és a keresletek, ugyanez nem mondható el a jólétekről. Az itt bemutatott viszonyítási alap mellett a kiinduló helyzetben (az innovációt követően) érzékelt jólétek különböznek attól függően, hogy a szennyező vagy a hagyományos iparágat vizsgáljuk. A különbséget egyrészt maga a szennyezés okozza, másrészt pedig az, hogy végül is a vállalatoknak a jólétben is megjelenő, nem adóban jelentkező költsége különbözik ( $k_i \neq c_i$ ). Érdekes lehet elvégezni egy, az általam bemutatotthoz hasonló összehasonlítást úgy is, hogy a jólétek azonosságát tekintjük viszonyítási alapnak. Az eredmények itt közölt értelmezéséhez azonban megfelelőnek tűnik az itt alkalmazott eljárás.

A modell további kiterjesztési lehetőségei közé tartoznak a következők. A modell megfelelő átfogalmazásával megengedhetjük, hogy az új technológiát birtokló vállalat eladja azt a másik vállalatnak. Az ilyen típusú licencszerződések igen gyakoriak a valós életben. Érdekes következtetésekre juthatunk úgy is, ha Pigou-adó helyett a szennyezésszabályozás más formái mellett hasonlítjuk össze az innovációk jóléti hatását. Ide tartozhat a szennyezési jogok piaca, amellyel kapcsolatban egyre több elemzés lát napvilágot. Végül a modellt dinamizálva, érdemes lehet azt vizsgálni, hogy pontosan milyen esetekben éri meg szabadalmakkal monopolpozícióba juttatni az innováló vállalatot, és mely feltételek esetén jobb a társadalomnak az innováció minél gyorsabb elterjedése.

A tanulmány nyitó részében említettem, hogy az innováció el nem terjedése veszteséget jelent a társadalomnak. Egyfajta alternatív költség ez, amit az okoz, hogy nem mindenki használhatja a legolcsóbb, legtisztább stb. technológiát. A dolgozatban megmutattam, hogy bizonyos feltételek esetén ez a veszteség fokozottabban jelentkezhet a szennyezéscsökkentő, mint a hagyományos innovációknál. Mi következik ebből a szabályozó szempontjából?

Számos esetben az innovációhoz kapcsolódó monopolpozíció elengedhetetlen feltétele annak, hogy az innováció egyáltalán létrejöjjön. Egy szabadalmak nélküli világban feltehetőleg kevesebb új technológia látna napvilágot. Hasonló lenne a helyzet egy olyan szabályozó esetén is, aki az előre beígért szabadalmat a társadalom pillanatnyi érdekének megfelelően utólag mindig visszavonná. Különösen finom, körültekintő szabályozást igényelnek a szennyezéscsökkentő innovációk. Ezek létrejötté sokszor kiemelkedő fontossá-

gú a társadalom számára, ugyanakkor kifejlesztésüket általában egyedül a szabályozás motiválja. Mindebből azonban nem következik, hogy a szabályozó ne tehetne bizonyos – valamennyi vállalatot egyformán érintő – lépéseket az innovációk elterjedésének megkönnyítésére.

Nagy port vert fel a kilencvenes évek elején M. E. Porter és C. Linde, akik a szabályozás szerepét hangsúlyozták a szennyezéscsökkentő innovációk kifejlesztésével kapcsolatban, és amellet érveltek, hogy a szigorú szennyezésszabályozás a vállalatok számára is előnyös lehet (lásd például *Porter–Linde* [1995]). Téziseiket sokan vitatták vagy árnyalták (lásd *Palmer–Oates–Portney* [1995] és az ottani hivatkozásokat), és e dolgozatnak nem célja azok elemzése, ám a *Porter–Linde* által kínált „szabályozási recept” tartalmaz néhány elismerten fontos elemet. Ezek közé tartozik a vállalatok közötti információáramlás megkönnyítése: „Az EPA-nak (*Environmental Protection Agency*) jelentős szerepet kellene játszania az innovációs folyamatokhoz és következményeikhez kapcsolódó információk terjesztésében.” (*Porter–Linde* [1995] 112. o.) Számos területen épültek már ki központok, ahol információ szerezhető be az iparág vezető technológiáiról és a „bevált gyakorlatokról” (klíringintézetek, *benchmarking*-központok). Igen fontos lenne ilyenek létrehozása a szennyezéscsökkentő technológiákra vonatkozóan is, hiszen ezek elterjedése, mint láttuk, olykor még jobban szolgálja a társadalom érdekét.

Egy másik lehetséges szabályozói válasz az innovációk kifejlesztését, átvételét segítő közvetlen anyagi, technikai támogatás. Ezt a lehetőséget óvatosan kell kezelni, mivel közvetlen támogatás esetén a vállalatok csökkenthetik saját kutatás-fejlesztési erőfeszítéseiket. *Stranlund* [1997] keres feltételeket, amelyek esetén megfelelő szabályozási eszköz az ilyen típusú közvetlen támogatás.

Magyarországon még jó időbe telhet, amíg a környezetszabályozás fontosságának megfelelő helyet kap a politikai-gazdasági prioritások között. A szennyezéscsökkentő technológiák terjedésének ösztönzése várhatóan ezzel párhuzamosan fog jelentőségre szert tenni. Az információáramlás megkönnyítésének alapját képezheti a tervezett környezetterhelési díj-rendszer által támasztott követelmény, miszerint a vállalatoknak saját adatbegyűjtési és adat-nyilvántartási rendszert kell kiépíteniük (*Előterjesztés...* [1999]).

### Hivatkozások

- BARNETT, A. H. [1980]: The Pigouvian Tax Rule under Monopoly. *The American Economic Review*, 70(5), 1037–1041. o.
- DIXIT, A. [1986]: Comparative Statics for Oligopoly, *International Economic Review* 27, 213–216. o.
- EBERT, U. [1992]: Pigouvian Tax and Market Structure: The Case of Oligopoly and Different Abatement Technologies, *Finanzarchiv*, 49(2), 154–165. o.
- ELŐTERJESZTÉS... [1999]: Előterjesztés a környezetterhelési díjakról szóló törvény koncepciójáról. Környezetvédelmi Minisztérium, Budapest.
- JUNG, C.–KRUTILLA, K.–BOYD, R. [1996]: Incentives for Advanced Pollution Abatement Technology at the Industry Level: An Evaluation of Policy Alternatives. *Journal of Environmental Economics and Management*, 30, 95–111. o.
- LAFFONT, J.–TIROLE, J. [1994]: Environmental Policy, Compliance and Innovation. *European Economic Review*, 38, 555–562. o.
- LEVIN, D. [1985]: Taxation within Cournot Oligopoly. *Journal of Public Economics*, 27., 281–290. o.
- MILLIMAN, S. R.–PRINCE, R. [1989]: Firm Incentives to Promote Technological Change in Pollution Control. *Journal of Environmental Economics and Management*, 17., 247–265. o.
- PALMER, K.–OATES, W. E.–PORTNEY, P. R. [1995]: Tightening Environmental Standards: The Benefit-Cost of the No-Cost Paradigm? *Journal of Economic Perspectives*, 9(4), 119–132. o.

- PARRY, I. W. H. [1995]: Optimal Pollution Taxes and Endogenous Technological Progress. *Resource and Energy Economics*, 17. 69–85. o.
- PORTER, M. E.–LINDE, C. [1995]: Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship. *Journal of Economic Perspectives* 9(4), 97–118. o.
- REQUATE, T. [1993]: Pollution Control in a Cournot Duopoly via Taxes or Permits. *Journal of Economics* 58(3), 255–291. o.
- REQUATE, T. [1998]: Incentives to Innovate Under Emission Taxes and Tradeable Permits. *European Journal of Political Economy*, 14., 139–165. o.
- STRANLUND, J. K. [1997]: Public Technological Aid to Support Compliance to Environmental Standards. *Journal of Environmental Economics and Management*, 34., 228–239. o.
- TIOLE, J. [1988]: *The Theory of Industrial Organisation*. MIT Press város
- VARIAN, H. [1992]: *Microeconomic Analysis*. W.W. Norton & Company, város

### Függelék

#### A) Az 1. lemma bizonyítása

Az (1) elsőrendű feltételeket  $c_i$  szerint deriválva

$$P'(Y) \frac{\partial Y}{\partial c_i} + P'(Y) \frac{\partial y_i}{\partial c_i} + P''(Y) \frac{\partial Y}{\partial c_i} y_i - 1 = 0$$

és

$$P'(Y) \frac{\partial Y}{\partial c_i} + P'(Y) \frac{\partial y_j}{\partial c_i} + P''(Y) \frac{\partial Y}{\partial c_i} y_j = 0.$$

Innen

$$\frac{dy_i}{dc_i} = \frac{-P'(Y)Y'(c_i) - P''(Y)y_iY'(c_i) + 1}{P'(Y)}$$

és

$$\frac{dy_j}{dc_i} = \frac{-P'(Y)Y'(c_i) - P''(Y)y_jY'(c_i)}{P'(Y)}.$$

E két egyenletet összeadva (kihasználva, hogy  $dy_i/dc_i + dy_j/dc_i = dY/dc_i$ ) és  $dY/dc_i$ -re rendezve kapjuk, hogy

$$\frac{dY}{dc_i} = \frac{1}{3P'(Y) + P''(Y)Y}.$$

Mivel pedig  $P'(Y) \leq 0$ , a nevezőre az 1. b) feltevés alapján

$$0 > 2P'(Y) + P''(Y)Y \geq 3P'(Y) + P''(Y)Y$$

teljesül, ezért  $dY/dc_i < 0$ .

#### B) Az 1. állítás bizonyítása

Tekintsük először a jólét változását a hagyományos innováció elterjedésekor! A jólét az innovációt követő egyensúlyban (2) alapján:

$$W_0 = \int_0^{y_1+y_2} P(Y)dY - c_1y_1 - c_2y_2,$$

míg az elterjedés után

$$W_1 = \int_0^{2y^*} P(Y) dY - 2c_1 y^*.$$

A jólétváltozás így

$$\Delta W = W_1 - W_0 = \int_{y_1+y_2}^{2y^*} P(Y) dY - 2c_1 y^* + c_2 y_2 + c_1 y_1.$$

Hasonlóan a szennyező iparág esetében (4) szerint

$$\begin{aligned} \Delta W^{sz} &= \int_0^{2y^*} P(Y) dY - S(2d_1 y^*) - 2k_1 y^* - \int_0^{y_1+y_2} P(Y) dY + S(d_1 y_1 + d_2 y_2) + k_1 y_1 + k_2 y_2 = \\ &= \int_{y_1+y_2}^{2y^*} P(Y) dY - 2k_1 y^* + k_2 y_2 + k_1 y_1 + S(d_1 y_1 + d_2 y_2) - S(2d_1 y^*). \end{aligned}$$

Vonjuk ki egymásból a két változást:

$$\Delta W^{sz} - \Delta W = 2y^*(c_1 - k_1) - (c_2 - k_2)y_2 - (c_1 - k_1)y_1 + S(d_1 y_1 + d_2 y_2) - S(2d_1 y^*),$$

ahonnan kihasználva, hogy  $c_i = k_i + d_i t$ :

$$\Delta W^{sz} - \Delta W = t d_1 2y^* - t(d_1 y_1 + d_2 y_2) + S(d_1 y_1 + d_2 y_2) - S(2d_1 y^*). \quad (F1)$$

E kifejezés előjelének meghatározásához alkalmazzuk  $S(\cdot)$ -re a (szigorúan) konvex függvények következő tulajdonságát:

$$f(x) - f(y) > f'(y)(x - y). \quad (F2)$$

Ennek megfelelően (F1)-et átalakítva írhatjuk, hogy

$$\begin{aligned} \Delta W^{sz} - \Delta W &= t[2d_1 y^* - (d_1 y_1 + d_2 y_2)] - [S(2d_1 y^*) - S(d_1 y_1 + d_2 y_2)] < \\ &< t[2d_1 y^* - (d_1 y_1 + d_2 y_2)] - S'(d_1 y_1 + d_2 y_2) \times [2d_1 y^* - (d_1 y_1 + d_2 y_2)] = \\ &= [t - S'(d_1 y_1 + d_2 y_2)][2d_1 y^* - (d_1 y_1 + d_2 y_2)]. \end{aligned}$$

Kihasználva, hogy  $t = S'(d_1 y_1 + d_2 y_2)$ , az utolsó kifejezés 0, vagyis  $\Delta W^{sz} < \Delta W$  teljesül.

### C) A 2. állítás bizonyítása

Mivel  $t = S'(E)|E^{opt}$ , így  $t'(E^{opt}) = S''(E^{opt}) \geq 0$ . Vagyis  $t_0$ -lal jelölve az innováció utáni,  $t_1$ -gyel pedig az elterjedés utáni optimális adókulcsot, elegendő belátni, hogy

$$\Delta W^{sz} > \Delta W \Leftrightarrow t_1 > t_0.$$

A bizonyítás során mindkét irányban hasonló módon járunk el, mint az előző állításnál.

1. Ha  $t_1 > t_0 \Rightarrow \Delta W^{sz} > \Delta W$ .

Ennek belátásához tekintsük a két jóléti hatás különbségét [ez megegyezik (F1)-gyel, csupán az adókulcsokat kell korrigálni]:

$$\Delta W^{sz} - \Delta W = t_1 2d_1 y^* - t_0(d_1 y_1 + d_2 y_2) + S(d_1 y_1 + d_2 y_2) - S(2d_1 y^*),$$

ahol  $t_0$  az innovációt, míg  $t_1$  az elterjedést követő optimális adókulcs.



Ezt átalakítva, és alkalmazva az előző bizonyításnál felhasznált (F2) tulajdonságot:

$$\begin{aligned} & \Delta W^{sz} - \Delta W > \\ > t_1[2d_1y^* - (d_1y_1 + d_2y_2)] + (t_1 - t_0)(d_1y_1 + d_2y_2) + S'(2d_1y^*)(d_1y_1 + d_2y_2 - 2d_1y^*) = \\ & = [S'(2d_1y^*) - t_1](d_1y_1 + d_2y_2 - 2d_1y^*) + (t_1 - t_0)(d_1y_1 + d_2y_2). \end{aligned}$$

Mivel  $S'(2d_1y^*) = t_1$ , továbbá  $d_1y_1 + d_2y_2$  nyilván pozitív, az utolsó kifejezés pontosan akkor lesz pozitív, ha  $t_1 > t_0$  teljesül, amivel az első lépést beláttuk.

2. Ha  $t_1 < t_0 \Rightarrow \Delta W^{sz} < \Delta W$ .

A jólétváltozások különbségét most a következő alakba írjuk:

$$\Delta W^{sz} - \Delta W = t_0[2d_1y^* - (d_1y_1 + d_2y_2)] + (t_1 - t_0)2d_1y^* - [S(2d_1y^*) - S(d_1y_1 + d_2y_2)].$$

Ahonnán a már ismert módon

$$\begin{aligned} & \Delta W^{sz} - \Delta W < \\ < t_0[2d_1y^* - (d_1y_1 + d_2y_2)] + (t_1 - t_0)2d_1y^* - S'(d_1y_1 + d_2y_2)[2d_1y^* - (d_1y_1 + d_2y_2)] = \\ & = (t_0 - S'(d_1y_1 + d_2y_2))[2d_1y^* - (d_1y_1 + d_2y_2)] + (t_1 - t_0)2d_1y^*. \end{aligned}$$

Felhasználva, hogy  $S'(d_1y_1 + d_2y_2) = t_0$ , adódik a szükségesesség.