

## A műanyagok komplex megítélése a fenntartható fejlődés szempontjából

*Tárgyszavak: fenntartható fejlődés; ökomérleg, ökonómiai hatás; ökohatékonysági analízis; termékek; technológiák; ABC analízis.*

Évszázadunk jövőképehez tartozik, hogy a gazdasági és társadalmi folyamatokat, tevékenységeket folyamatosan vizsgálják a fenntartható fejlődés szempontjából. Ez azt jelenti, hogy a termékeket, tevékenységeket az ökonómiai (gazdasági), ökológiai (környezeti) és a társadalmi célkitűzések egyenrangú mérlegelése mellett kell megítélni. Az értékelés előfeltétele továbbá, hogy a fenti célkitűzések teljesítését az idő függvényében, komplex szemlélettel tanulmányozzák.

*A termékek ökológiai értékelése során ökomérleget állítanak fel, amely a termék teljes életútja során – a bölcsőtől a koporsóig – figyelembe veszi a környezetre gyakorolt hatásokat. A csomagolóeszközök esetében például nem csak a hulladék megsemmisítését vagy a hasznosítását kell tárgyalni, hanem vizsgálni kell a termék előállítását, szállítását során a környezeti hatásokat, és mindenekelőtt a csomagolás alkalmazását, hasznosságát kell értékelni.*

*Ezzel szemben az ökonómiai és szociális hatások vizsgálata általában még mindig a gyártási fázisra összpontosul. Néhány szociális problémát általában behatóan vizsgálnak, például a munkahelyteremtést és annak megtartását, a munkatársak szociális biztonságát, a munkavédelem kérdéseit.*

E rövid bevezetésből is kitűnik azonban, hogy a fenntartható fejlődés szempontjából a termékek, technológiák megítélése, különösen mennyiségi adatokra támaszkodó analízisek alapján, nem egyszerű feladat. *Az alábbiakban a **BASF**, a vegyipar egyik vezető vállalata által kidolgozott eljárást ismertetjük.*

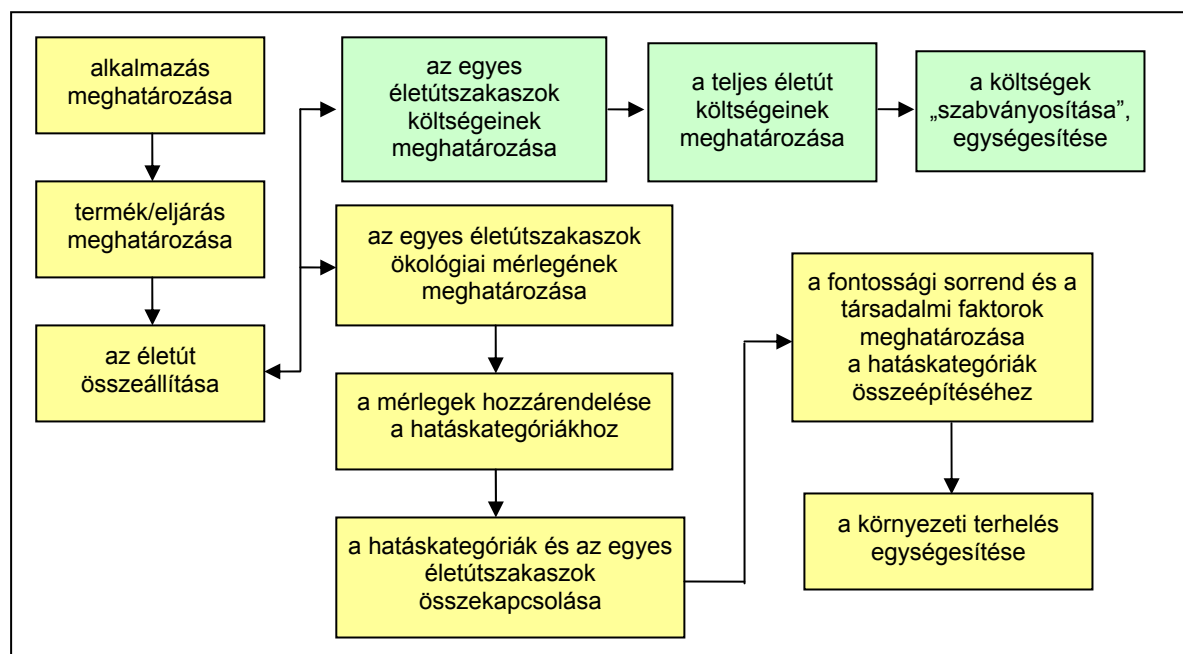
### Ökohatékonysági analízis a BASF módszere szerint

A **BASF** – hasonlóan több vezető vegyipari vállalathoz – azt vallja, hogy *tevékenysége során az ökológiai (gazdasági) szempontokat nem részesíti előnyben a biztonsággal, az egészséggel és a környezetvédelemmel szem-*

ben. Ez a magasztos célkitűzés szükséges, de nem elégséges előfeltétel a tartósan fejlődő gazdaság megteremtéséhez. Sokkal inkább döntő az a kérdés, hogy a kitűzött cél és annak elérése egyáltalán mérhető-e. Mely termékek és eljárások előnyösebbek a fenntartható fejlődés szempontjából? Hogyan lehet egymással ellentétes célokat mérlegelni például, amikor a kisebb károsanyag-kibocsátást csak nagyobb energiafelhasználással lehet elérni? A gyártás után nyereséget hozó termék vajon teljes életútja során még milyen költségeket emészt fel?

Ezekre a kérdésekre lehet válaszolni, és ily módon termékeket és technológiákat a fenntartható fejlődés szempontjából összehasonlítani a **BASF** által az 1990-es években kidolgozott ökohatékonysági analízis alapján. A **BASF** azóta több mint 220 analízist végzett el, és ma már rutinszerűen használja a módszert. A kedvező tapasztalatok alapján az analízist időközben más intézmények és vállalatok is bevezették saját termékeikre, eljárásaikra.

A **BASF** a teljes körű ökohatékonysági analízisnél a termékeket és eljárásokat két dimenzióban, az ökológia és az ökonómia területén értékeli. A harmadik dimenzió, a szociális hatások értékelését jelenleg fejlesztik. Ezzel válik majd teljessé a fenntartható fejlődés szempontjainak való megfelelés átfogó értékelése. Fontos kiemelni, hogy az ökohatékonysági elemzés központjában mindig egy konkrét vevői igény áll, amelyet mindegyik vizsgált változatban azonos szinten kell teljesíteni. Az 1. ábra az eljárás elvi menetét mutatja be.



1. ábra Az ökohatékonysági analízis lépései

## Újat venni vagy tovább használni? Vizsgálat a hűtőszelepek példáján

Az ökohatékonyági elemzést különböző típusú, illetve életkorú hűtőszelepek példáján mutatjuk be. A példában a vevői igény egy 143 liter űrtartalmú hűtőkapacitás biztosítása, amely nagy áramfogyasztású régi modellel vagy egy kis áramszükségletű új készülékkel – azonos használati érték mellett – valósítható meg. Az utóbbi készülékbe költséges szigetelőanyagokat, műanyaghabokat és modern aggregátokat építenek be, hogy az áramfogyasztást csökkentsék. *Konkrétan az a kérdés, hogy egy tízéves készülék további használata vagy egy újnak a beszerzése az előnyösebb a vevő számára a fenntartható fejlődés szempontjából.* Az új készülék tartozhat az A vagy B energiahatékonyági osztályba. A példában a két változat áramfogyasztása az évi 260 kWh-t (1. változat) vagy az évi 330 kWh-t (2. változat) nem haladhatja meg.

## Ökológiai értékelés

Az ökohatékonyági elemzés *rendszerhatárait a vevői igények teljesítéséhez vezető egyes lépésekből modulárisan építik fel.* Az adatokat minden egyes életútszakaszban összegyűjtik és ökoprofilok formájában rögzítik. Így az acél, a szigetelőanyagok és a hűtőközeg, valamint a szállítás, a hulladékkezelés stb. adatait mind számításba veszik. A moduláris elv követése igen nagy mennyiségű adat kezelését teszi lehetővé, és egyidejűleg biztosítja az adatok megfelelő átláthatóságát is.

A vizsgált alternatívák környezeti hatásait hat kategóriába sorolják:

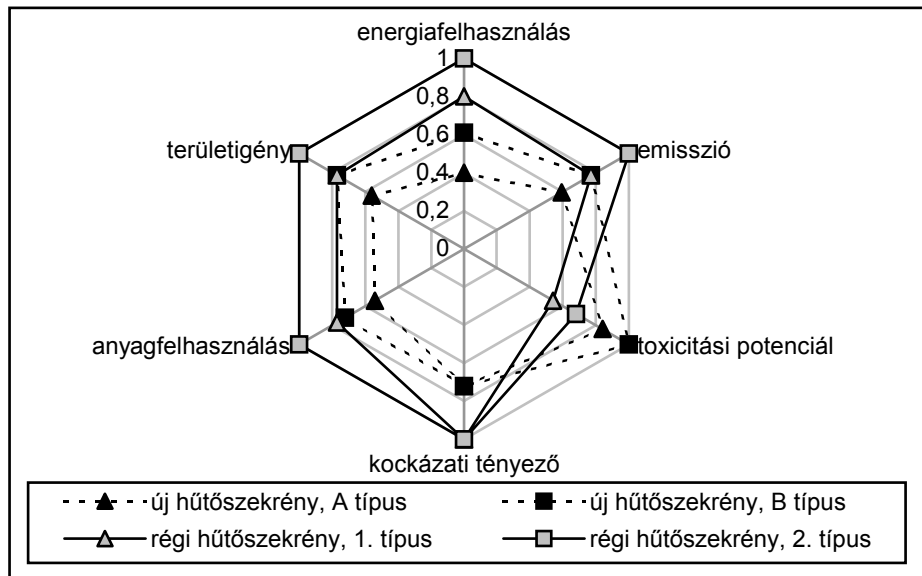
- energiaszükséglet,
- nyersanyag-felhasználás,
- emisszió a levegőbe, vízbe és a talajba,
- toxicitási faktor,
- kockázati tényező (rizikófaktor),
- területigény.

Ezeket a fő kategóriákat még további alkategóriákra lehet osztani. A különböző emisszióknál többek között a vízkibocsátást, a hulladékot, az üveg-házhatást, az ózonlyukat előidéző erőteret, a fotokémiai ózonnépződés lehetőségét („nyári szmog”), a savas hatásokat kell számításba venni.

A toxicitási faktort az R-törvények szerinti anyagbesorolás alapján állapítják meg. Ehhez a **BASF** saját értékelési modelljét fejlesztett ki, amellyel az életúton felmerülő toxikológiai adatokat rögzíteni és értékelni lehet. A kockázat lehetősége fizikai jellegű rizikóra vonatkozik, mint például a robbanásveszély és a szállítási kockázatok vagy az esetleges munkahelyi balesetek. Ezeket a tényezőket ABC analízissel és szakértői véleményezés alapján lehet kiértékelni. Megjegyzendő, hogy ezt az utóbbi két kategóriát az ökomérlegben rend-

szerint nem veszik figyelembe, habár a fenntartható fejlődésre vonatkozó átfogó kiértékelésnél nagy jelentőségük van.

Az „ökológiai ujjlenyomat” (2. ábra) mind a hat kategóriában láthatók a vizsgált hűtőszekrényekre vonatkozóan az ökológiai előnyök és hátrányok. A külső vonallal jelzett, 1,0 értékű változat az adott kategóriában a legelőnytelegebb. Minél jobban megközelíti az értékelő vonal a 0 értéket, az adott változat annál kedvezőbb.



2. ábra Ökológiai ujjlenyomat

A fenti környezeti hatáskategóriákban az egyes alternatívákat az ISO 14040 ff szerinti átfogó ökomérleg alapján értékelik. A **BASF** ezt a szabványt fejlesztette tovább, amely az eljárásban lehetővé teszi súlypontok megállapítását. Ezzel a módszerrel a fenntartható fejlődés ökológiai dimenzióját egy környezetterhelési mutatóvá alakítják át.

## Ökonómiai (gazdasági) értékelés

A termékek és az eljárások megítélésében gyakran fontos szempont a keletkező gazdasági eredmény, azaz a kigazdálkodott nyereség. Ha a példa szerinti gyártó a szigetelőanyagot a költségek szempontjából hatékonyan állítja elő, akkor ez számára nagyobb nyereséget hoz, és ebből a nézőpontból tekintve egyben szolgálja a fenntartható fejlődést. *Az ökonómiailag legjobb megoldás azonban a végfelhasználó szempontjából számított legalacsonyabb összköltségű változat lenne.* Ebből világosan látszik, és általánosítható is, hogy történetesen a műanyagok esetében a nyereségben mutatkozó különb-

ség nem jelentkezik a végfelhasználónál, tehát egyedül a termék beszerzési ára nem lehet döntési kritérium. *A fenntartható fejlődés szempontjából a termék megszerzése után felmerülő költségek ugyanolyan fontosak, sőt, egyes esetekben még fontosabbak, mint az előállításuk során felmerült költségek.*

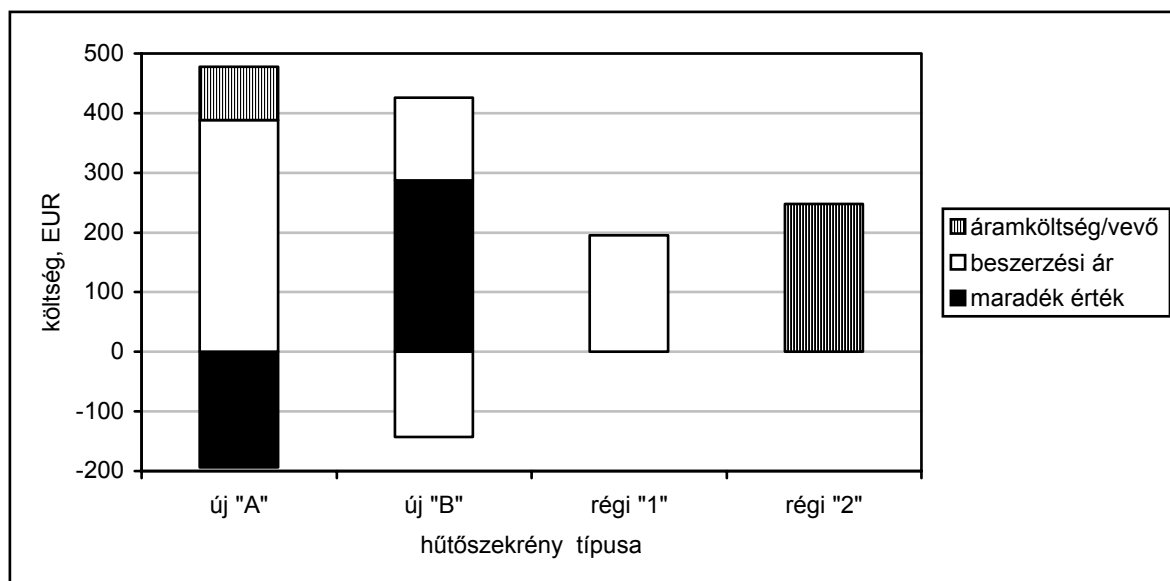
*Az ökohatékonysági elemzésben az ökonómiai összehasonlítás a teljes életciklus során jelentkező költségek (life cycle costing) alapján végezhető el.* Ennek során az ökomérleghez hasonlóan a termék valamennyi életfázisában, tehát az előállítás, az alkalmazás és a hulladékkezelés során jelentkező költségeket számításba veszik. A példában szereplő hűtőszekrényekre vonatkozó gazdasági számítások eredményeit az 1. táblázat foglalja össze. A táblázatban jól láthatók a költségcsökkentés szempontjából fontos értékek és lehetőségek. A táblázat értékeinek felhasználásával készített 3. ábra a négyféle hűtőszekrény költségeinek összehasonlítását mutatja oszlopdigrammok formájában. Ezek szerint a költségeket alapvetően befolyásoló tényezők: az új hűtőszekrény beszerzési ára, a használat során az áramköltség és a maradék érték. Ez utóbbi értelemszerűen csak az új hűtőszekrényeknél jelentkezik költségcsökkentő tényezőként. *A régi „1” típusú hűtőszekrény 260 kWh/év áramfogyasztása jóval nagyobb, mint az új készülékeké, mégis az összes költségek összehasonlítása alapján a legkedvezőbb variáció. A „2” típusú régi hűtőszekrény a legnagyobb, 333 kWh/év áramfogyasztása ellenére a második helyen áll, ha az összköltségeket veszik számításba. Az új hűtőszekrények magas beszerzési árak miatt a legdrágább változatok. Végső következtetés, hogy a legkisebb áramköltség („A” típusú új hűtőszekrény) sem tudja a magas beszerzési árat kompenzálni.*

1. táblázat

A vizsgált hűtőszekrények költségei ötéves használat alatt

Költségek (EUR-ban)	A típusú új hűtőszekrény	B típusú új hűtőszekrény	1. típusú régi hűtőszekrény	2. típusú régi hűtőszekrény
Beszerzési ár	388	287	-	-
Áramköltség/kWh	0,15	0,15	0,15	0,15
Áramköltség/év	18	28	39	50
Áramköltség 5 év alatt	90	139	195	248
Maradék érték	-194	-143	0	0
Összes költség 5 év alatt*	296	294	205	260
Járulékos költségek	4	4		
Közvetlen költségek 5 év alatt	300	298	205	260

\* 2% infláció és 2,5% kamat figyelembevételével.



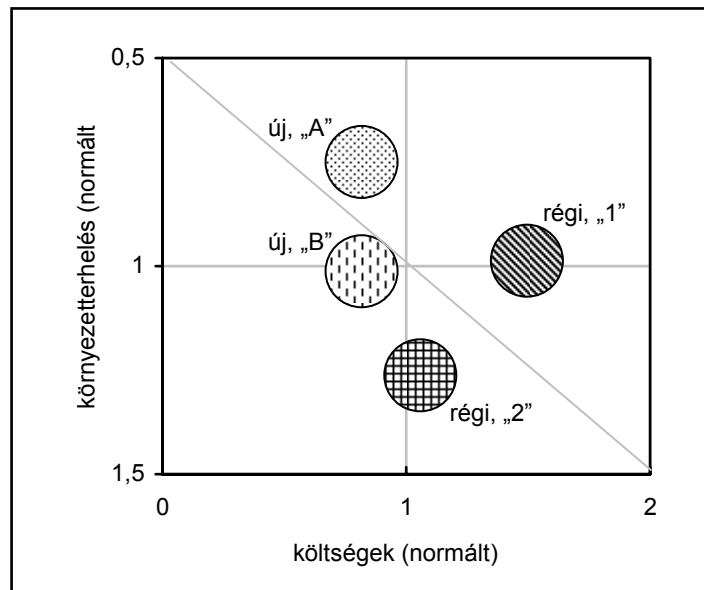
3. ábra A vizsgált hűtőszekrények közvetlen költségei 5 év használati idő alatt

Sok más kiértékelési eljárástól eltérően az ökohatékonysági elemzésben csak a reális, azaz a vevőknél vagy az előállítóknál ténylegesen felmerülő költségeket vették figyelembe. Ehhez hozzátartoznak az üzemeltetéssel járó környezetvédelmi költségek, a fizetendő adók és a környezetbarát hulladék kezelési költségei, de nem számították ide az úgynevezett környezeti károkat megelőző költségeket, amelyek más eljárásokban (rendszerint hipotetikusán) a megsemmisítést vagy a környezeti hatások elhárítását célozzák.

## Az ökohatékonysági portfólió

Az ökológiai és az ökonómiai hatások értékelése, egységesítése után egy portfólióban ábrázolták az eredményeket (4. ábra). A portfólió abszcisszáján a relatív költségeket, az ordinátán a relatív környezetterhelés értékét tüntették fel. *Minél nagyobb az átlótól való távolság jobbra, annál jobb a termék az ökohatékonyság szempontjából.* A portfólió azt mutatja, hogy az „A” energiahatékonysági osztályba sorolt új hűtőszekrény és a tovább használt, 260 kWh/év áramfogyasztású 1. típusú hűtőszekrény az ökohatékonyság szempontjából egymással összevethető. *A környezetterhelésben mutatkozó hátrányt az alacsony költségek előnye kompenzálja.* Ugyanakkor az ökohatékonyság szempontjából ajánlható, hogy a nagyobb áramfogyasztású (330 kWh/év) 2. típusú régi hűtőszekrényt cseréljék le az „A” energiahatékonysági osztályba tartozó újra. Ez utóbbi különösen akkor lenne előnyös, ha az új ké-

szülék költségeit tovább sikerülne csökkenteni, és ezzel a portfólió legelőnyösebb jobb felső négyzetébe jutni.



4. ábra Az ökohatékonsági portfólió:  
a költségek és a környezetterhelés grafikus ábrázolása

## Eljárás és termék összehasonlítása

Az eljárások és a termékek ökonómiai értékelése alapvetően különbözik egymástól. Az eljárások összehasonlításához szükséges átfogó adathalmaz lényegében a fogyasztói árban jelenik meg, amely tartalmazza a nyersanyag-költséget, az üzemi és a beruházási költséget. Egy eljárás ökohatékonsági elemzésének és más eljárásokkal való összehasonlításának előfeltétele, hogy mindegyik eljárás egy adott termék előállítását célozza, például egy bizonyos műanyagét, amely függetlenül az előállítási technológiájától, azonos felhasználásra kerül.

Ha különböző műanyagok előállításáról vagy különböző tulajdonságokkal rendelkező, és emiatt eltérő alkalmazásra alkalmas műanyagokról van szó, akkor termékeket hasonlítanak össze.

*Az eljárásokat az összköltségek számítása alapján lehet összehasonlítani, amelyek értelemszerűen a beruházási költségeket is tartalmazzák. Számításba veszik az amortizációs leírásokat, a javítási költségeket, valamint a berendezés tervszerű és terven kívüli leállásait. A beruházási döntéseknél ezen kívül a befektetett tőke után várt nyereséget („return on invest” – ROI) is figyelembe kell venni. A befektetendő tőkétől függően az előállítandó termékre*

vonatkozóan különböző haszonelvárások adódnak, amelyeket az ökonómiai értékelésnél megint csak figyelembe kell venni (összköltség a vállalkozó szemszögéből). A költségszámítás kiterjed a nyersanyagköltségekre, az üzemi költségekre, azonkívül tartalmazza az energia, a személyzeti, a raktározási és tartalékképzési költségeket. Mindezek mellett az üzem működtetéséhez szükséges környezetvédelmi költségek, például egy derítőberendezés vagy az üzembiztonságot szavatoló biztonsági berendezések költségei is ide tartoznak. Ha különböző országokban lévő telephelyeket hasonlítanak össze, akkor különösen fontos az adott ország adó- és járulékpolitikája, továbbá a vám- és kereskedelmi előírások figyelembevétele.

Érdekes kérdés a költségek szétosztása (allokációja), amikor például ugyanabban a reaktorban különböző termékeket állítanak elő. Általában értékarányosan végzik az allokációt, azaz a termelési költségeket az egyes termékekre a mindenkori eladási árak arányában osztják szét, a környezetterhelés költségeinek szétosztásához hasonlóan.

*Termékek összehasonlításánál a költségelemzés tekintetbe veszi az előállítás, a használat és a hulladékkezelés költségeit, mégpedig a felhasználó szempontjából.* Az előállítás költségeit ebben az esetben a piaci viszonyoknak megfelelő eladási ár tartalmazza. Amennyiben a termék a piacon még nem kapható, akkor becsléseket kell végezni a termelési és az elosztási költségekre vonatkozóan a szokásos üzemgazdasági számítások segítségével.

## **Termékcsoportok közötti különbség**

Az elemzés szempontjából az alábbi négy termékcsoportot különböztetik meg:

- tartós fogyasztási cikkek (pl. hűtőszekrény, TV-síkképernyő),
- rövid élettartamú fogyasztási cikkek (pl. ásványvíz, tejtermékek csomagolóanyagai),
- szolgáltatásigényes termékek (pl. különböző anyagokból felépített hőszigetelő rendszerek, nyomás alatt álló termékek),
- beruházási javak (pl. fűtési rendszerek).

Az egyes költségtényezők hatása jelentősen eltér egymástól a különböző termékcsoportokban.

*A tartós fogyasztási cikkek értékelésénél az élettartam az egyik legfontosabb tényező.* A hosszú használat során a tulajdonságok ökológiai és ökonómiai hatásait is értékelni kell. Például a gépkocsikban használt műanyagok nemcsak tömegcsökkenést okoznak, hanem jelentősen csökkentik a gépkocsi üzemanyag-fogyasztását is, s ezáltal növelik a beépített alkatrészek ökohatékonyosságát

*Ezzel szemben a rövid élettartamú termékeknél az előállítás és a hulladékkezelés költségei válnak az elemzés legfontosabb tényezőivé.* Egyutas és

többutas műanyag és üvegcsomagolások ökohatékonyasági elemzése is még is igazolták, hogy a csomagolás áruvédő funkciójával és a csomagolás tulajdonságaival (törésbiztonság, maradék töltet kiürítése, tömeg) is számolni kell. A hulladékkezelés költségeit manapság vagy a termék árába építik be (német Duales System), vagy a termék elhasználása után fizeti meg a fogyasztó (a kommunális szemét elszállítási költségeiben). Az ökonómiai értékeléshez ezért a gyártó adatain kívül piacelemzéseket és külső (szövetségek, Statisztikai Hivatal) statisztikai adatokat kell segítségül hívni.

*A szolgáltatásigényes termékeknél figyelembe kell venni a beépítés és a használati idő alatt felmerülő ellenőrzés, javítás költségeit, beleértve az élőmunka költségeit.*

*A beruházási javaknál mindezekhez még a tőkeköltség (kamatszámítási módszerrel), a kifizetések gyakorisága és a maradékérték hatásaival kell számolni.* Az utóbbi két termékcsoporthoz számításait csak a termékkel kapcsolatban lévő valamennyi közreműködő adatainak felhasználásával lehet elkészíteni.

Az ökohatékonyasági számításoknál a célcsoport kiválasztása fontos, mert ennek függvényében a „vevő haszna” másképpen alakul. Például a biodízel üzemanyag ökohatékonyasága más, ha a gépkocsi tulajdonosa, és más, ha a makrogazdaság szemszögéből vizsgálják. A biodízel adómentessége esetén a gépkocsi-tulajdonos üzemanyagköltsége jelentősen csökken, ezzel egyidejűleg az állam adóbevételétől esik el.

*Az ökohatékonyaság elemzése tehát alkalmas a termékek és eljárások értékelésére a fenntartható fejlődés szempontjából.* A vizsgálat során azonban körültekintően meg kell határozni a keretfeltételeket, a célcsoportot (kinek a hasznát vizsgálják?), és megbízható adatokra kell támaszkodni.

Az új készülék/régi készülék dilemmához hasonlóan az egyes tényezők (beszerzési ár, áramfogyasztás) ökonómiai hatását is ki lehet mutatni. *A hűtőszelektények bemutatott példájában a régi hűtőszelektény áramfogyasztása bizonyult döntési kritériumnak.* Ha a fogyasztás meghaladja a 300 kWh-t, akkor a régi hűtőszelektényt érdemes újra cserélni.

## Kilátások

A TÜV Rheinland Berlin, mint független szervezet, húsz eljárás közül egyedül a BASF ökohatékonyasági elemzését találta alkalmasnak minőségi bizonyítvány kiadására. Ez a módszer ugyanis az egyetlen, amely a termékek és eljárások ökológiai értékelését kombinálja a teljes életút során felmerülő összköltségeket számításba vevő stratégiával az adott ökomérleg segítségével. Ezzel az eszközzel a fenntartható fejlődésre gyakorolt hatást két dimenzióban lehet értelmezni és kézenfekvően bemutatni.

*A fenntartható fejlődésről szóló viták csak akkor vezetnek eredményre, ha a környezeti és a gazdasági hatásokra vonatkozó adatokat nemcsak összegegyítik, hanem komplex szemlélettel tudományosan értékelik, valamint azokat*

*alkalmassá teszik a szükséges döntések meghozatalára. Ehhez minél több konkrét alternatívát kell feldolgozni, és a döntéshozók, akár az egyszerű vásárlók tudomására hozni, hogy lehetőség legyen az ökonómiailag és ökológiailag is legkedvezőbb változat kiválasztására.*

**Dr. Orbán Sylvia**

Piepenbrink, M.; Kicherer, A.: Nachhaltigkeit von Kunststoffen messbar machen. = Kunststoffe, 94. k. 9. sz. p. 32–41.

BASF-Gruppe: Ökoeffizienz-Analyse. Sustainability. = [http:// corporate.basf.com/de/sustainability/oekoeffizienz/?id=V-1107M6noubcp.GP](http://corporate.basf.com/de/sustainability/oekoeffizienz/?id=V-1107M6noubcp.GP), 2005. 05. 13.

BASF-Gruppe: Meinungen zur Ökoeffizienz-Analyse. Sustainability. =  
BASF-Gruppe: Ökoeffizienz-Analyse. Sustainability. = [http:// corporate.basf.com/de/sustainability/oekoeffizienz/meinungen.htm](http://corporate.basf.com/de/sustainability/oekoeffizienz/meinungen.htm), 2005. 05. 13.

## **Röviden...**

### **„Vékony bőrű” nyomásérzékelő**

A *Tactilus* a **Sensor Products** cég elektronikus érzékelőrendszere, amely – elfogadható („valós”) időn belül – pontosan feltérképezi és méri az erőeloszlást bármely két érintkező vagy illeszkedő felület között. A *Tactilus* mérési tartománya 0,0007...14 kg/cm<sup>2</sup>.

A mérőrendszer vékony, tartós, hajlékony, és messzemenően alkalmazkodhat a megrendelő igényeihez. Különösen hasznos lehet lamináláskor a nyomás meghatározására és egyenletességének elemzésére. Bármilyen sajtoló vagy formázó berendezés kalibrálható vele, de fröccsöntő szerszámok gyártásakor, műanyagok sajtolásakor, hengerlésekor, tekercselésekor is jó hasznát lehet venni. A *Tactilus* pontosan jelzi, hogyan alakul a felület a feszültség hatására, és alkalmazható a végeelemes analízis adatainak megerősítéséhez. A rendszer elég finom a térbeli apró felületi hibák és fáradási jelek érzékelésére.

A berendezés legfontosabb része egy vékony, hajlékony érzékelő „bőr”, amely több ezer, egymástól 1 mm távolságban levő érzékeny pontból áll, és 65 000 pont/s sebességgel gyűjti az adatokat. A „bőr” vastagsága mindössze 0,8 mm, ezért erősen görbült vagy nehezen megközelíthető felületen is alkalmazható. A rendszer a Windows 95 (vagy újabb) számítógépes programmal működik, 16 MB szabad lemezhelyet és 64 MB RAM-ot igényel.

(További információ: [www. sensoprod.com](http://www.sensoprod.com))

(*Plastics Engineering*, 60. k. 6. sz. 2004. p. 41.)