

Ökológiai mérleg készítése faipari termékekre

Boronkai László *

Eco-balance for forest products

The research described in this paper was aimed at finding an appropriate regression model to characterise the relationship between density, earlywood/latewood proportion and compression strength of Scots pine grown on different sites. The multivariate regression has been preceded by the one variate regression. This has been at the same time a verification of the suitability of the applied hyperbolic tangent function. By means of that function the differences of the main anatomical parts can be revealed with respect to the relationship between density and compressive strength. The multivariate regression that follows analyses the compressive strength as a function of the density and the latewood-earlywood proportion. In the case of the Scotch pine on lowlands and highlands the received regression coefficients characterize the differences between the materials. They describe at an adequate tightness the relationship of the examined physical coefficients.

Key words: mechanical properties, compression strength, multivariate regression

Bevezetés

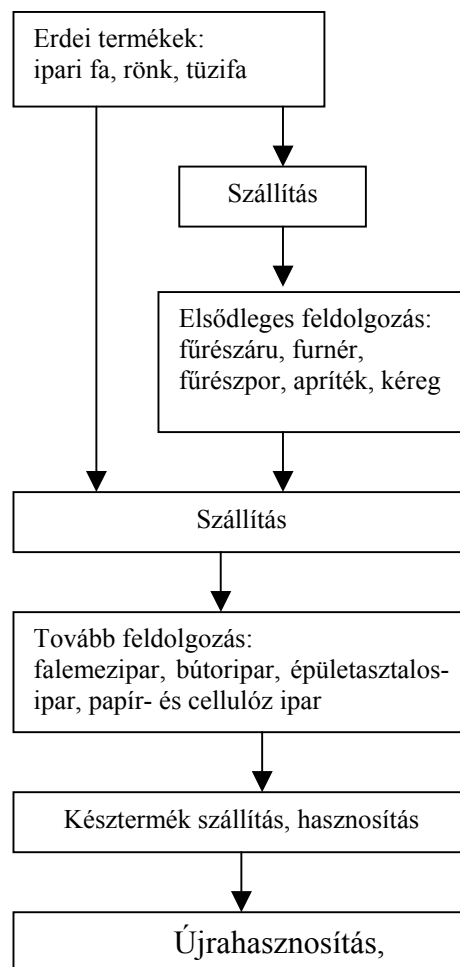
Az egyre növekvő környezetszennyezés az emberiség egyik legnagyobb problémájává válik. A környezetszennyezés megváltoztatja Földünk éghajlatát, így az emberiség életfeltételeit is. A környezetszennyezés csökkentéséhez azonban ismernünk kell azokat a termékeket, technológiákat, amelyek előállításukkal illetve alkalmazásukkal leginkább károsítja környezetünket. A környezetterhelések számbavételének legjobb módja az ökológiai mérleg készítése. Ezek alapján eldönthető, hogy milyen termékek előállítását kell korlátozni vagy megszüntetni, illetve milyen technológiai változtatásokra van szükség előállításuknál.

A faipart a közepesen szennyező iparágak közé sorolják. Ennek ellenére szükséges az egyes faipari termékek előállításánál jelentkező környezetszennyezés csökkentése. Az NKFP 7.6 alprogram célja a faipari termékekre vonatkozó ökológiai mérleg készítésének módját meghatározni és a faiparban keletkező környezetszennyező anyagokat számba venni. Az elmúlt időszakban a fűrészüzemek ökomérlegének összeállításával foglalkoztunk.

Faipari termékek ökológiai mérlegeinek felépítése

A termék ökológiai mérlege arra szolgál, hogy valamely terméknek az életútja alatt a környezetre gyakorolt hatását számba vegye. Az alapanyag előállításánál, a termék kialakításánál és annak megsemmisítésénél vagy újrahaszno-

sításánál felmerülő környezetterheléseket kell felsorakoztatni. Az ökológiai mérleg sohasem öncélú, ezért meg kell határozni a vizsgálat kereteit és felhasználási célját.



1. ábra – A fatermékek ciklusa

* Dr. habil. Boronkai László CSc., egy. tanár, NYME Faipari Gépészeti Intézet

Egy termék teljes életútjáról összeállítani az ökológiai mérleget nem egyszerű munka. Minden beérkező és felhasználásra kerülő anyag „magával hozott” környezeti terhelését nagyon nehéz felderíteni. Elég belegondolni abba, hogy pl. egy korpusz bútornál hányféle anyag kerül felhasználásra: fűrészáru, furnér, forgácslap, farostlemez, vasalatok, kötőelemek, műanyag elemek, ragasztóanyag, felületkezelő anyagok stb. Először ezeknek a környezetterhelését kell meghatározni.

Megoldásnak látszik, ha a teljes folyamatot szakaszokra (modulokra) bontjuk és ezeket a modulokat külön-külön igyekszünk tisztázni. A fatermékek életciklusa is szakaszokra (modulokra) bontható és minden szakasz külön-külön is vizsgálható (**1. ábra**). Az egyes szakaszok ökológiai mérlegeiben szereplő adatoknak azonban illeszkedniük kell egymáshoz, csak így állítható össze egy teljes életciklusra vonatkozó ökológiai mérleg.

A faanyagok sajátossága, hogy feldolgozása során gyakorlatilag nem keletkezik hulladék, minden része felhasználható termék előállítására vagy energiatermelésre. Például a fűrészáru termelésénél a főtermék fűrészáru mellett fűrészpor, apríték és kéreg keletkezik. A kérget hőtermelésre hasznosítják vagy komposztálják. A fűrészport és aprítékot a faforgács, farostlemez gyártásánál hasznosítják, illetve vagy közvetlenül vagy brikettálás után tüzelőanyagnak használják. Az aprítékot a cellulóz-papírripar, a fűrészport pedig különböző hőszigetelő építőanyagoknál, épületszerkezeteknél töltelékanyagnak is fel tudják használni. A felhasználás módját gazdaságossági kérdések döntenek el.

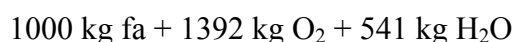
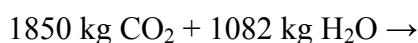
Ha a fatermékek használati ideje letelt, akkor sem minősülnek hulladéknak, mert nagyrészt újrahasznosítható. A faforgács, farostlemez üzemek egyre nagyobb mennyiségben gyűjtik be az elhasznált szállító- és csomagolóanyagokat, építőipari anyagot és szerkezeteket és aprítéknak dolgozzák fel, ami így ott ismét alapanyagnak minősül. A többi elhasznált faterméket viszont energianyerés céljára lehet hasznosítani. A fatermékek biológiai lebomlását a gazdasági környezet és a hulladéktörvény nem engedi, ugyanis biológiai lebomlásnál elvesztenék a faanyagba beépült napenergiát. Eddig az

erdei termék, a szállítás és a fűrészáru előállítás környezeti hatásaival foglalkoztunk.

Az erdei termék környezeti hatása

Az „erdei termék” anyag- és energia-mérlege a fa felépítésével van összefüggésben. A faanyagok több pozitív környezeti hatása van. Ezek a pozitív környezeti hatások a faanyag újratermelődése, növekedése közben jönnek létre. A fa a napenergiát kémiai kötések formájában elraktározza, környezetéből CO₂-t vesz fel, és a szén beépíti anyagába, miközben oxigén kibocsátásával tisztítja a környezet levegőjét. A fa hatással van az egész erdő ökoszisztémájának anyag- és energiaforgalmára, ez azonban nagyon bonyolult folyamat. Ezért a faterméknél csupán a faanyag felépítésének anyag- és energiaforgalmát célszerű vizsgálni. Minden elem, ami a faanyagban előfordul az a környezetéből épül be. A faanyagban nagyon sokféle kémiai elem van, mint pl. szén, oxigén, víz, nitrogén, kalcium, magnézium és még mások. Mennyiség szempontjából azonban a szén, az oxigén és a víz dominál, melyek a faanyag össztömegének kb. 99%-át teszik ki. A többi szerves alkotóelem a faanyag elégetésekor vagy lebomlásakor emisszió formájában visszakerül a környezetébe. A fő alkotóelemek mennyisége szempontjából nagyon kicsi eltérések vannak az egyes fafajtáknál, ezért a faanyagoknál általánosan 50% szén, 43% oxigén és 6% víztartalmat adnak meg az irodalmak.

A környezetből felvett széndioxidból és vízből tehát a nap energiájának hatására faanyag egyszerűen keletkezik, és emisszió formájában oxigén és víz távozik a környezetbe. Ha a folyamatot tömegmennyiségben akarjuk megjeleníteni, akkor 1000 kg faanyag keletkezése a következőképpen írható le:



1000 kg fa fotoszintéziséhez 19271 MJ napenergiát kell felhasználni; ezt az energiamentyiséget a faanyag tárolja (**1. táblázat**).

Az erdő, hogy a benne lévő fák „erdei termékek” legyenek, különböző ráfordításokat igényel. Ezek a ráfordítások, műveletek azonban különböző környezeti hatásokkal, energiafelhasználással járnak. Ha egy fatermék teljes

1. táblázat – A faanyag keletkezésének energia és tömegmérlege

	Bemenet	Kimenet
Energia (MJ)	19271	19271
CO₂ (kg)	1851	-
H₂O (kg)	1082	541
O₂ (kg)	-	1392
faanyag (kg)	-	1000

2. táblázat – A négyütemű benzinmotor által kibocsátott szennyezőanyag mennyisége kilométerenként

Szennyezőanyag	Kibocsátás (g/km)
Szénmonoxid (CO)	2,1
Szénhidrogén (CH)	0,25
Nitrogénoxid (NO_x)	0,62
Szilárd részecskék	0,373

3. táblázat – A Diesel-motor által kibocsátott szennyezőanyag mennyisége

Szennyezőanyag	Kibocsátása (g/kWh)
Szénmonoxid (CO)	14,0
Szénhidrogén (CH)	3,5
Nitrogénoxid (NO_x)	18,0

életútjának ökológiai mérlegét kívánjuk összeállítani, akkor ezeket a ráfordításokat figyelembe kell venni és az „erdei termékre” rá kell terhelni. Figyelembe kell venni az erdészeti tevékenységgel járó környezeti hatásokat, a telepítéssel, a neveléssel kapcsolatos műveleteket, a berendezések és gépek energiaszükségletét. A fakitermeléssel járó hatások ugyancsak jelentősek. Vagyis az „erdei termékekben” megjelenő ráfordított energiatartalom nagyobb, mint a faanyag fűtőértéke.

A szállítás környezetszennyezése

Az erdőben kitermelt fát be kell szállítani a fűrészüzemekbe, illetve a fűrészárut el kell juttatni a továbbfeldolgozó üzemekbe. Ez a tevékenység is különböző környezeti hatásokat vált ki. A kitermelt fát erdei alsó rakodóban tárolják, innen teherszállító járművekkel juttatják tovább. A szállítás lebonyolódhat tisztán közúti forgalomban, vagy nagyobb távolságok esetén vasúti szállítás közbeiktatásával.

A művelet elvégzéséhez hidraulikus működtetésű rakodógépeket és belsőégésű motoros szállítójárműveket alkalmaznak. Ennek megfelelően a legnagyobb környezeti ártalom ami ezeknél a műveleteknél jelentkezhet, a talaj olaj- és a levegő kipufogógáz szennyezése. A szállítással keletkező környezetszennyezés mértéke egyenes arányban van a szállítási távolsággal. A szállítási körzetek nagyságát a gazdaságosság, vagyis a szállítás fajlagos költsége határolja le.

A kipufogógázzal a környezetbe jutó szennyezőanyag mennyiség a belsőégésű motor fajtájától és teljesítményétől függ. A négyütemű benzinmotoroknál a **2. táblázat** alapján megadott kibocsátási értékekkel lehet számolni megtett kilométerenként. Diesel-motorok esetében a kibocsátás nagymértékben függ a motor teljesítményétől, ezért a kibocsátási értékeket g/kWh-ban adják meg (**3. táblázat**). A szállítás további környezetszennyezést is okoz a gépek, berendezések karbantartása, javítása során felhasznált anyagokkal (pl. hidraulika-olaj, zsír stb.).

A fűrészáru-előállítás környezeti hatása

A fatermékek életciklusában első fontos lépés az „erdei termékből” a fűrészáru előállítás. A fűrészáru előállítás környezeti hatása, a látványosan egyszerű technológia ellenére igen összetett. Az egyes üzemek az azonos termék előállítás mellett is nagyon különbözőek. Különböző üzemméret, feldolgozott fafaj, feldolgozási technológia (keretfűrész, szalagfűrész, profilmárós), feldolgozottsági fok (szélezett-, szélezetlen-, szárított-, gőzölt-stb. fűrészáru) tekintetében. Ezért minden fűrészüzemre külön-külön kell ökológiai mérleget felállítani, átlagos fűrészüzemről nem érdemes beszélni. Az ökológiai mérleg készítésénél célszerű a fűrészüzemet zárt egységként kezelni, vagyis a termék környezeti hatását csak az üzem kapuin belül vizsgálni.

A fűrészáru előállítás ökológiai mérlege több kisebb egységből tevődik össze, amelyeket, ha lehetőség van rá, célszerű külön-külön vizsgálni (pl. kérgezés, szárítás stb.). A fűrészüzemen belül a fő terméken, a fűrészárun kívül

más termékek is keletkeznek (pl. kéreg, apríték, továbbfeldolgozott anyag). A fűrészüzemek ökomérlegének általános sémáját a **2. ábra** mutatja.

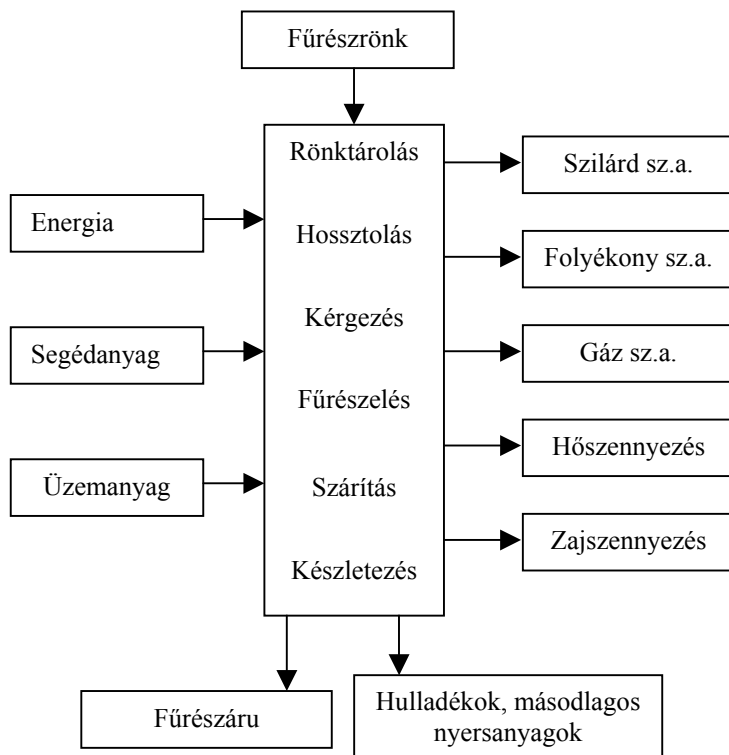
Sok esetben azonban az egyes műveletcsoportokat valamilyen környezetterhelés szem-

pontjából nehéz külön-külön vizsgálni. Pl. az energiafelhasználást, ha az üzemben csak egy energiamérő hely van vagy a szilárd szennyezőanyag kibocsátást (porterhelést), ha az üzemben egy központi elszívőrendszer van. Az elmondottakból látható, hogy a termelési folyamatot,

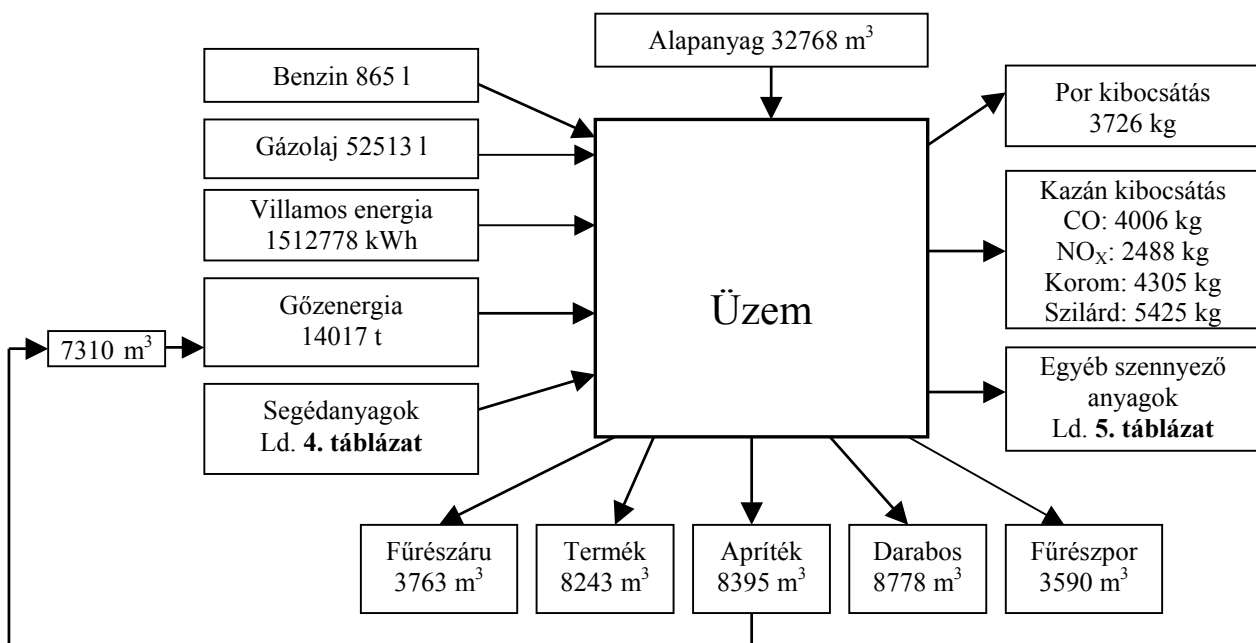
illetve a modulok felbontását rész-folyamatokra, minden esetben egyenként kell megvizsgálni. Figyelembe kell venni, hogy az adott üzemben milyen lehetőségek vannak a különböző környezetszennyező anyagok kibocsátásának meghatározására.

A kutatási program keretében több fűrészüzemben végeztünk vizsgálatokat és összeállítottuk a hozzáférhető vagy mérhető adatok alapján anyag-energia mérlegüket, valamint környezetszennyező hatásukat. Erre mutat példát a **3. ábra**. Az ábrán feltüntetett segédanyagok és egyéb szennyező anyagokat a **4.** illetve az **5. táblázatban** részletezzük.

Az elkészített ökomérlegek összehasonlítására, illetve az egyes üzemek termelésének összevetésére különböző arányszámokat dolgoztunk ki. Ezek alapján a környezeti hatás szempontjából értékelhetők az egyes üzemek, illetve termék előállításuk.



2. ábra – A fűrészüzemek ökomérlegének általános sémája



3. ábra – Az anyag energiamérleg valamint környezeti szennyező hatásuk

4. táblázat – Segédanyagok

Hidraulika olaj	5538 l
Kenőolaj	18380 l
Kenőzsír	492 l
Faanyagvédő szer (Mobilcer)	221 kg
Hűtő-kenő emulzió	630 kg

5. táblázat – Egyéb szennyezőanyagok

Fáradt olaj	1162 kg
Akkumulátor	196 kg
Olajos rongy	380 kg
Hűtő-kenő emulzió	585 kg
Egyéb	62 kg

Az egyes üzemek összehasonlítására az ökomérlegek alapján az alábbi arányszámok alkalmasak:

Termékkihozatal:

$$\frac{\text{Termékek (fűrészáru + termék + apríték)}}{\text{Felhasznált anyag}} \cdot 100 \quad [1]$$

A Továbbfeldolgozás aránya:

$$\frac{\text{Termék}}{\text{Termék} + \text{áru}} \cdot 100 \quad [2]$$

A másodlagos nyersanyag aránya:

$$\frac{\text{Másodlagos nyersanyag}}{\text{Felhasznált faanyag}} \cdot 100 \quad [3]$$

Fajlagos villamos energia felhasználás:

$$\frac{\text{Villamosenergia}}{\text{Termékek}} \cdot 100 \quad [4]$$

Fajlagos gőzenergia felhasználás:

$$\frac{G \delta \text{ zenergia}}{\text{Termékek}} \cdot 100 \quad [5]$$

Fajlagos üzemanyag felhasználás:

$$\frac{\text{Üzemanyag (gázolaj + benzin)}}{\text{Termékek}} \cdot 100 \quad [6]$$

Fajlagos faanyagvédőszer felhasználás:

$$\frac{\text{Védőszer}}{\text{Termékek}} \cdot 100, \quad [7]$$

Fajlagos olaj felhasználás:

$$\frac{\text{Hidraulikaolaj} + \text{kenőzsír}}{\text{Termékek}} \cdot 100 \quad [8]$$

Fajlagos megsemmisítendő olajszármazék:

$$\frac{\text{Fáradt olaj}}{\text{Termékek}} \cdot 100 \quad [9]$$

Fajlagos megsemmisítendő szilárd veszélyes hulladék:

$$\frac{\text{Szilárd veszélyes hulladékok}}{\text{Termékek}} \cdot 100 \quad [10]$$

Több különböző fűrészüzem esetében kiszámítottuk a fenti indikátorokat és elkészítettük az ökológiai mérleget. Ezek eredményeit itt hely hiányában nem tudjuk közzétenni, de megtalálhatók az NKFP 4. részprojekt keretében elkészített jelentésekben. Az ismertett kutatási munka tovább folytatódik a továbbfeldolgozás, a késztermék hasznosítás és újrafeldolgozás elemzésével.

Az Erdő-Fa kutatási program konzorciumának tagjai

- Nyugat-Magyarországi Egyetem (a Konzorcium vezetője)
- Erdészeti Tudományos Intézet
- Energetikai, Környezetvédelmi és Faipari Mérnöki Szolgáltató Osztrák-Magyar Kft
- Észak-Magyarországi Erdőgazdasági Rt.
- Zalai Erdészeti és Faipari Rt.
- Somogyi Erdészeti és Faipari Rt.
- Nyírségi Erdészeti Rt.
- Tanulmányi Erdőgazdaság Rt.
- Nagykunsági Erdészeti és Faipari Rt.
- Bakonyi Erdő- és Fafeldolgozó Rt.
- ERDÉRT Erdészeti és Faipari Termékeket Értékesítő és Feldolgozó Rt.
- FALCO Faforgácslapgyártó Rt.
- Blondel Képeretgyártó és Bútorkészítő Kft.
- Zala Bútorgyár Rt.
- Kiskunsági Erdészeti és Faipari Rt.
- Bagodi Mezőgép Kft.
- Graboparkett Kecskeméti Parkettagyártó Kft.
- Újkígyósi Falemezüzem Bt.
- Kinematic Kft.
- Mohácsi Farostlemezgyár Rt.