



Parabolikus napkollektor alkalmazhatóságának lehetőségei technológiai hő előállítására a faiparban*

CsITÁRI Csaba¹, NÉMETH Gábor¹

¹ NymE FMK Gépészeti és Mechatronikai Intézet

Kivonat

A faiparban a hőenergia-igényes technológiáknál fontos szempont az energiatakarékosság. Az üzemek előszeretettel fedezik technológiai hő szükségletüket a termelés során keletkező hulladékokból. A faanyag árának emelkedése miatt a gyártástechnológiák során egyre kevesebb hulladék keletkezik, így ma már sok helyen nem elég a fahulladékból termelt energia. Ezeket többnyire fosszilis energia-hordozókból pótolják. Külföldön terjed az ipari létesítmények energiaellátása megújuló energiákból. A kutatásban az egyik fő szempont volt a fókuszáló napkollektorok alkalmazhatóságának vizsgálata a faiparban előforduló, hőenergia-igényes technológiai folyamatokban, kiemelten a faanyag szárítási eljárásában.

Kulcsszavak: hő, parabolikus napkollektor, faipar, megújuló energia

Utilization of parabolic solar collector for technology heat production in wood industry

Abstract

In wood industry, energy saving is of high importance in technologies with massive heat energy demand. Factories prefer to cover their thermal energy needs from waste produced during the production process. Because of the increasing wood raw material costs, processing technologies generates less and less wastes. Thus, in many places the energy produced from wood chips or waste are not enough. In most cases, the arising energy deficit is replaced by fossil fuels. In other countries, the number of industrial facilities powered by renewable energy is increasing. One of the main aspects of the research was to evaluate the utilization possibilities of solar panels in wood industry, in technological processes with high heat energy demand, particularly in the wood drying process.

Key words: heat, parabolic solar collector, wood industry, renewable energy

Bevezetés

Minden iparágban egyik fontos, ha nem a legfontosabb kérdése az energiaellátás. Az energiaárak folyamatos növekedése miatt az ipar szereplői lassan, de biztosan rákényszerülnek a megújuló energiák használatára. A faipart a többi iparágéhoz képest kisebb volumenű termelés jellemzi, ezért az iparág nem tudja olyan hatékonysággal beépíteni az energiaár-növeke-

dést a termékek árába, mint a többi iparág esetében. Ezért fontos a megújuló energiák bevezetése a faipari technológiákban. Számítalan lehetőség van a megújuló energiák felhasználására. Az egyik ilyen energiaforrás már el is terjedt, sőt régóta jelen van a biomassza képeben. A faipari üzemek régóta használják a faalapú hulladékokat energiatermelésre. Sajnos egy üzem teljes hőenergia-ellátását nehezen lehet csak fahulladék-

*A kutatás a Talentum – Hallgatói tehetséggondozás feltételrendszerének fejlesztése a Nyugat-magyarországi Egyetemen c. TÁMOP 4.2.2.B-10/1-2010-0018 számú projekt keretében, az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

This research - as a part of the Development of Student Talent Fostering at WHU, TAMOP 4.2.2. B-10/1-2010-0018 project - was sponsored by the EU/European Social Foundation. The financial support is gratefully acknowledged.

ból fedezni, szükség van további energiaforrásra. Ezt többnyire földgázból, illetve speciális technológiáknál villamos energiából lehet fedezni. Ez a tanulmány azt vizsgálja, hogy milyen módon lehetne integrálni egy technológiai folyamatba a napenergiát.

A napenergia

A naptól érkező energia a mozgatórugója majdnem minden földi fizikai és biológiai ciklusnak, beleértve az időjárás folyamatokat, a növényi, emberi és állati életet. A legtöbb megújuló energiaforrás is átalakított napenergia. A nap energiája ultraibolya, látható és infravörös fény formájában érkezik a földre. A földre érkező sugárzás nagy része a természeti körforgásokra fordítódik, de egy részét felfoghatjuk és felhasználhatjuk energiatermelési célokra. A napban végbemenő termonukleáris reakció hatására energia szabadul fel, amely a nap felületéről sugárzás formájában távozik a világűrbe. Az évente lesugárzott energia értéke $1,2 \times 10^{34}$ J, amely kb. $\pm 1\%$ -on belül állandó. Földünkre ebből a hatalmas energiából 2×10^{24} J jut évente. A föld pályájának excentricitása miatt ez az energia éves viszonylatban kb. $\pm 3\%$ -kal változik (Ujfaludy 2003).

Fókuszáló napkollektorok bemutatása

Augustin Mouchot matematikus professzor húsz év fejlesztő- és kutatómunka után vonal fókuszáló napkollektoros berendezést fejlesztett. Célja az volt, hogy olyan berendezést alkosson meg, ami egy gőzgépet is meg tud hajtani. 1874-ben mutatta be a napkövető óraművel ellátott csonka kúp alakú napkollektorát. A kazánt kívülről üvegorrítással látta el az üvegházhatás biztosítása céljából. A 2,5 m átmérőjű reflektortükör szegmensekből készült. Ez a berendezés működtetett egy 386 W-os gőzgépet. Algériában építette fel minden korábbinál nagyobb napkazánját, amelynek csonka kúp alakú reflektora 5 m átmérőjű volt. A kazánt az 1878. évi párizsi világkiállításon is bemutatták (1. ábra). A berendezés gőzgépet működtetett, amely óránként több mint 2000 liter vizet szivattyúzott. Ugyanezzel a berendezéssel alkoholt desztilláltak, ételeket főztek, sőt egy hozzákapcsolt hűtőberendezés segítségével jégkockákat is előállítottak (Rédey 2009).

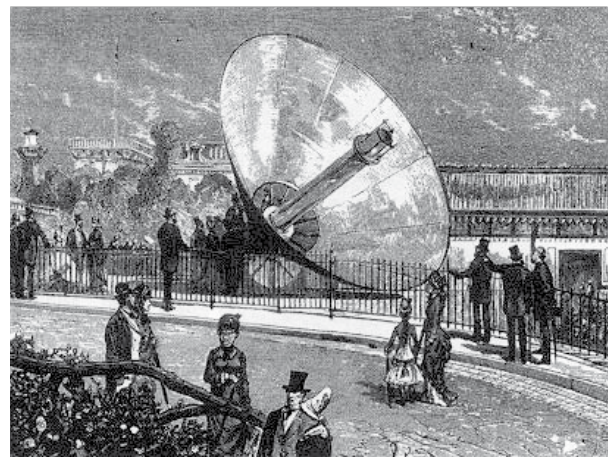
Alapvetően két fajta fókuszáló napkollektort különböztetünk meg:

- parabola-vályús napkollektorok (röviden: PVN)
- parabola-tányéros napkollektorok (röviden: PTN)

A legegyszerűbb, legelterjedtebb rendszerek a parabola-vályús napkollektorok. A sugárzást a parabola-

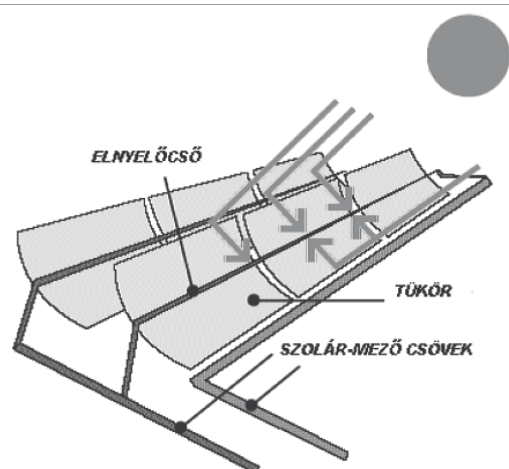
vályúk gyűjtik össze (2. ábra), majd a kollektorcsőbe vezetik, ahol olaj, illetve egyéb hőkölző folyadék áramlik. Ezen a szakaszon kb. 400°C van. Energiaátalakítási hatékonysága 20–30% körül mozog. Alkalmazható hőenergetikai és kogenerációs rendszerek primer energia forrásaként. A világon az egyik legelterjedtebb rendszer. Ennek okai a bővíthetőség és a többi energetikai rendszerhez képest kisebb beruházási költségek. További előnyként említhető, hogy olyan intenzív napsütésnek kitett területekre (pl.: sivatag) is telepíthető, ami mezőgazdasági célokra nem használható.

A parabolikus-tányéros napkollektor működési elve nagyon hasonló a vályús rendszeréhez, csak itt nem vonal mentén történik a napsugarak elnyelődése, hanem a parabolatányér valódi fókuszpontjába helyezett



1. ábra Mouchot napenergiával fűtött kazánja az 1878. évi párizsi világkiállításon

Figure 1 Mouchot's solar generator displayed at the Universal Exhibition, Paris in 1878



2. ábra Vályús-parabolikus napkollektor (Forrás: Greenpeace, 2004)

Figure 2 Solar trough (Source: Greenpeace, 2004)

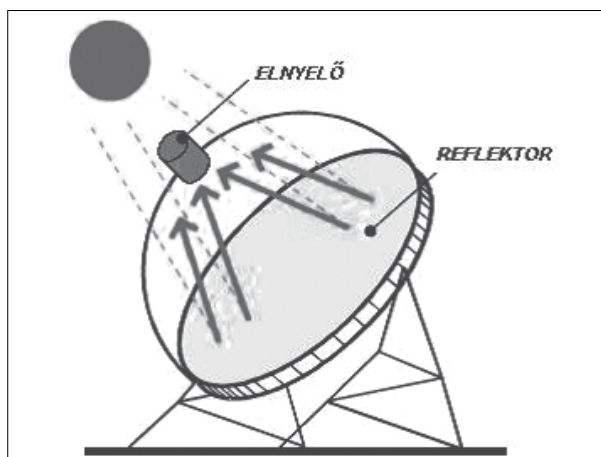
kollektoron. A rendszer konverziós hatásfoka 40% körül van, ami a szolártechnológiánál már kielégítőnek mondható. A fókuszpontban akár 20 000°C is lehet. A kollektor (elnyelő) felület viszonylag kicsi, és a hőtadó közeg többnyire termoolaj. Az ilyen rendszereket elsősorban meleg víz előállítására lehet használni. A legfejlettebb eszközöknél a fókuszpontban Stirling-motor van elhelyezve, így a hőenergia–villamos energia konverzió direkt kapcsolatban történik. Itt az összhatéfok akár elérheti a 40–50%-ot is. Ilyen típusú kollektort mutat be a 3. ábra.

Hőigényes faipari technológiák bemutatása

A faipari gyártásfolyamatokban számos olyan technológia van, amihez nélkülözhetetlen a hőenergia használata. A faipari hőigényes technológiák közül olyan folyamatokat kellett kiválasztani, ahol termo-hidraulikus rendszerrel is lehet biztosítani a szükséges hőmennyiséget és nincs szükség villamos melegítő berendezésekre. Ezek a technológiák az alábbiak: hőpréselés; a fa hajlítása; a fa szárítása. A három technológia közül a legrészletesebben a szárítás került bemutatásra (Takáts 2004, Szabó 2003, Szabó 2001). Mivel a faiparban a konvekciós szárítás a legelterjedtebb, ezért a kutatás az ilyen típusú rendszerek hőenergia-szükségletét vizsgálta. Fontos szempont volt az is, hogy a Gépészeti és Mechatronikai Intézet kutatásában is egy ilyen típusú szárító berendezés lett felszerelve hőmennyiség mérővel. Ez a tesztkörnyezet biztosította a kutatáshoz szükséges energetikai alapadatokat.

A szárításhoz szükséges hőenergia igény meghatározása

Első lépésben a szárítandó fafaj került kiválasztásra. A választás a tölgyre esett, hiszen a tesztkörnyezetben is ilyen faanyagot szárítanak. Második lépésben



3. ábra Fókuszáló napkollektor (Forrás: Greenpeace, 2004)
Figure 3 Solar parabolic dish (Source: Greenpeace, 2004)

az elméleti hőmennyiség került meghatározásra (2258 MJ), ami 1 m³ tölgy faanyag szárításához szükséges (Takáts 2004). Ezek után kiválasztásra került a szárítási technológia szempontjából egy kedvezőtlen időszak (2010.10.14.–2010.11.12.) (Varga et al 2011). A tesztkörnyezetben mért adatok feldolgozásával nyert szárításhoz szükséges hőmennyiség értékei (2124 MJ) nagy pontossággal követik az elméleti számítások eredményeit.

Egyedi tervezésű, kísérleti fókuszáló napkollektor termo-hidraulikus rendszerének bemutatása

A kutatás kezdetén az a döntés született, hogy meg kell építeni egy fókuszáló napkollektor prototípusát (4. ábra). Fontos szempont volt, hogy saját mérésekkel is alátámasszuk a szakirodalmakban fellelhető műszaki adatokat. A tányér egy 1460 mm átmérőjű, hagyományos parabolaantenna, 2 mm alumínium lemezből. Az antenna homorú oldala ORACAL 352 típusú tükörfóliával lett beborítva. A fólia kültéri dekorációs célokra lett kifejlesztve, így jó méretstabilitással rendelkezik és az időjárás állósága is kiváló. A hőcserélőt egyedi állványszerkezetből készült konzolos váz pozicionálja a fókuszpontba. Továbbá biztosítja a tartóoszlophoz való stabil kapcsolódást és hordozza az antennát. A napból visszavert sugárzást a kollektor nyeli el, amely a parabola fókuszpontjában van elhelyezve. A kollektor adja át a munkaközegnek (termoolaj) a hőenergiát. Ezt a felmelegített közeget egy szivattyú továbbítja hőálló PTFE (poli-tetrafluor-etilén) tömlőkön keresztül a hőcserélő berendezéshez. Ez a tömlőanyag képes nagy hőmérsékletű (~350 °C) olajok szállítására jelentős károsodás nélkül. Az acélszövettel bevont és



4. ábra A parabolatányér és a kollektor kialakítása (Forrás: saját kép)
Figure 4 The developed solar thermal collector dish

szabványos csatlakozóval szerelt tömlők alkalmazása mind hőtechnikai, mind biztonságtechnikai szempontból indokolt volt kísérleti napkollektornál.

Fókuszáló napkollektor által hasznosítható hőenergia meghatározása napsugárzás-szimulációs méréssel

Mérés célja: napfény hiányában napkollektor hőátadásának mérése reflektoros megvilágítás mellett. Adott térfogatú termoolajat keringetünk át a rendszeren. A rendszerben az elemek szigetetlenek. A napsugárzás modellezésére egy 2000 W-os, Philips Tempo4-RVP451 típusú reflektor szolgáltatja a sugárzási energiát. A termoolaj hőmérséklet-különbségét egy VOLTCRAFT®IR-SCAN-350RH típusú infra hőmérővel mértük a kollektor ki- és belépő csőszakaszának az erre a célra kialakított felületén. A termoolaj kezdeti hőmérséklete megegyezett a labor hőmérsékletével $T_{kiindulási} = 28^\circ\text{C}$. A mérés során elért legmagasabb hőmérséklete az olajnak $T_{maximum} = 327,5^\circ\text{C}$. A mérési folyamat közben a termoolaj-hőmérséklet veszélyesen megközelítette a megengedhető legnagyobb technológiai hőmérsékletet (350°C) (5. ábra).

Az olajhőmérséklet emelkedésére fordított energia (Milus 2009):

$$Q_1 = c \cdot q \cdot V \cdot (T_{maximum} - T_{kiindulási}) = 1169,21 \text{ KJ} = 324,7 \text{ Wh} \quad [1]$$

ahol:

$$c - \text{a termoolaj fajhője} \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \right]$$

$$q - \text{a rendszerben keringő olaj tömegárama} \left[\text{kg}/\text{cm}^3 \right],$$

$$V - \text{az olaj térfogata} \left[\text{cm}^3 \right]$$

A kollektor hatásfokának meghatározása:

A besugárzásra használt energia:

$$E_{\delta} = 2000 \text{ Wh}$$

Az olajhőmérséklet emelkedésére fordított energia:

$$Q_1 = 324,7 \text{ Wh}$$

$$E_{\delta} - Q = E_{vesztés} \quad [2]$$

ahol:

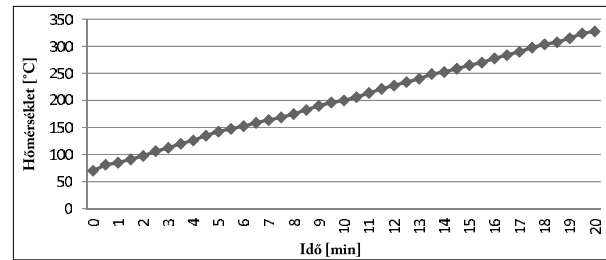
$E_{vesztés}$ – az az energiamennyiség, ami nem az olaj melegítésére fordítódik. Ez az energia melegíti a szivattyút, olajvezetéseket, a vázat és a hőcserélőt.

Az energiavesztés az alábbi összetevőkre bonthatók:

$$E_{\delta} - E_{kisugárzott} - E_{konvekciós} - E_{elsugárzott} = Q \quad [3]$$

ahol:

$E_{kisugárzott}$ – az az energia, amelyet a reflektor nem a kollektor irányába ad le.



5. ábra A hőmérséklet-alakulás a termo-hidraulikus rendszerben

Figure 5 Temperature in the thermo hydraulic system

$E_{konvekciós}$ – az az energia, amelyet a reflektor, kollektorburkolat és a csővezetékek körül beinduló légáramlások elvonnak a rendszertől, azaz hűtik.

$E_{elsugárzott}$ – az az energia, amelyet a reflektor elsugároz a kollektor mellett, ezzel analóg jelenség a parabolatükör tökéletlen fókuszálásából fakadó nem pontszerű fókuszálás.

A reflektor esetén a kollektor irányába sugárzó felület:

$$A_{reflektor} = 18 \text{ cm} \cdot 20 \text{ cm} = 360 \text{ cm}^2 \quad [4]$$

A kollektor besugárzott felülete:

$$A_{kollektor} = 113,1 \text{ cm}^2$$

Geometriai megfontolások alapján belátható, hogy a besugárzási részhatásfok:

$$\eta_1 = \frac{A_{kollektor}}{A_{reflektor}} = 0,3141 \quad [5]$$

Az olaj melegítésének a hatásfoka az alábbi módon fejezhető ki:

$$Q_2 = E_{\delta} \cdot \eta \quad [6]$$

ahol:

η – a rendszer hatásfoka.

A hatásfok az alábbi módon számítható:

$$\eta = 1 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \dots \cdot \eta_n \quad [7]$$

ahol:

η_1 – a besugárzási részhatásfok,

η_n – a rendszer részhatásfokai.

A legszembevetőbb veszteség a reflektor elsugárzásából, az ún. besugárzási veszteségből fakad. Így:

$$Q_2 = E_{\delta} \cdot \eta = 628 \text{ Wh} \quad [8]$$

Tehát 628 Wh energia tud az olaj melegítésére fordítani (eltekintve a többi veszteségtől).

A kollektor technikai hatásfoka:

$$\eta_{kollektor} = \frac{Q_1}{Q_2} \cdot 100 = 51,7\% \quad [9]$$

Fontos megjegyezni, hogy számos paramétert idealizáltunk. A rendszer teljes termikus hatásfokának

meghatározása még hátra van. Az irodalmak áttekintése után és a saját tapasztalataink alapján a rendszer összhatásfoka $\eta_{\text{össz}}=40\text{-}60\%$ körül fog alakulni. Így a továbbiakban 50%-os hatásfokkal lett figyelembe véve a rendszer teljesítménye.

Anapkollektoradottidőszakban (2010.10.14.–2010.11.12.) termelt hőmennyiségének felhasználhatósága a szárítási folyamatban

A koncentrált energiatermelés szempontjából nem a legmegfelelőbb a fenti időintervallum, hiszen ez már a téli időszakba esett. Az októberi értékek azért ilyen magasak, mert 2010-ben kiemelkedően napsütéses volt a hónap. A novemberi értékek már jelentősen kisebbek. A napsugárzási adatoknak a középértékét vettük a számításokhoz (1. táblázat).

Közepes beeső energiával számolva:

$$E_{\text{beeső}} = 153 \text{ kWh} = 550,8 \text{ MJ}$$

Ez az elméleti energiameennyiség, amit az adott időszakban el tudna nyelni a kollektor. Ha a kollektor valódi hatásfokát vesszük $\eta_{\text{kollektor}}=51,7\%$, akkor a felhasználható hőenergia az alábbiak szerint alakul:

$$Q_{\text{hasznos}} = \eta_{\text{kollektor}} \cdot E_{\text{beeső}} = 69,1 \text{ kWh} = 284,76 \text{ MJ} \quad [10]$$

Elmondható hogy 1 m³ faanyag szárításához szükséges energiának a 13,41%-át tudná fedezni a prototípus fókuszáló napkollektor. Ezek az értékek nem

1. táblázat A napkollektorunk felületére besugárzott hőenergia

Table 1 Thermal energy irradiated at the surface of the solar collector

Hónap	Átlagos besugárzás [kWh/m ²]	Tényleges [óra/hónap]	Átlagos besugárzás [kWh/A _p] A _{parabola} = 1,67415 m ²	Összes besugárzás [kWh/hónap]
Január	0,7756	58	1,2983544	75,3
Február	1,468	85	2,457432	208,9
Március	2,733	140	4,575042	640,5
Április	4,13	196	6,91362	1355,1
Május	5,171	250	8,656254	2164,1
Június	5,75	275	9,6255	2647,0
Július	5,807	309	9,720918	3003,8
Augusztus	4,988	283	8,349912	2363,0
Szeptember	3,82	213	6,39468	1362,1
Október	2,184	145	3,656016	530,1
November	0,826	60	1,382724	83,0
December	0,533	43	0,892242	38,4

támasztanak alá a rendszer hatékonyságát, de ha figyelmesen tanulmányozzuk a 1. táblázatot, láthatjuk, hogy a nyári hónapokban akár a hőszükséglet 50–60%-át is tudná a napkollektor biztosítani. Egy 80 m³-es szárítónál a kb. 140 m² parabolikus felületre lenne szükség, ha 50%-os hőrészegítést akarunk elérni. A hatásfok növelésének lehetőségei, hogy szigeteljük a napkollektor berendezéseit és a termo-hidraulikus rendszer áramlási viszonyait optimalizáljuk. További hatásfoknövekedés érhető el hőtároló puffer tartályok telepítésével, krómozott parabolikus felületek alkalmazásával, továbbá egy automatizált, precíziós napkövető rendszer alkalmazásával.

Következtetések

A kutatás célja az volt, hogy megvizsgáljuk azokat a hőigényes technológiákat a faiparban, amelyhez egy fókuszáló napkollektor-rendszert lehetne illeszteni energiársegítés céljából. A legnagyobb hőigényű technológia a szárítás, így kézenfekvőnek tűnt ennek vizsgálata. Mivel a konvekciós szárításnál is elsősorban termo-hidraulikus rendszer segítségével történik a hőátadás, ezért könnyebb lehet a napkollektorok hőenergiájának a betáplálása. Először elméleti úton meghatároztuk 1 m³ faanyag szárításához szükséges hőenergia mennyiségét. Majd a kísérleti környezet adatai kerültek kiértékelésre. Ezzel párhuzamosan történtek a parabolikus napkollektor teljesítmény- és hatásfok mérései. Az adatok birtokában arra a következtetésre jutottunk, hogy a legrosszabb körülmények között is képes lehet a fókuszáló napkollektor 13,41%-ban fedezni a szárítási hőszükségletet az adott konvekciós szárítónál. Gyakorlati megállapításokat tettünk arra nézve, hogy egy 80 m³ nettó szárítási kapacitású konvekciós szárítóhoz mennyi parabolikus felületet kell telepíteni ahhoz, hogy a szükséges hőenergia 50%-át a napenergiából lehessen fedezni.

Közlemény

A kutatás a „Környezettudatos energiahatékony épület” című TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0068 számú projekt, valamint a Talentum – Hallgatói tehetséggondozás feltételrendszerének fejlesztése a Nyugat-magyarországi Egyetemen című TÁMOP 4.2.2.B-10/1-2010-0018 számú projekt keretében az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális alap társfinanszírozásával valósult meg.

Irodalomjegyzék

Milus B. (2009) Fókuszált napenergia és annak hasznosítási lehetőségei. Szakdolgozat pp. 36-42 Budapest

- Rédey S. (2009) Telkes Mária – az ismeretlen napkirálynő. *Természet Világa* 2009/3
- Szabó I. (2001) Mechanikai Megmunkálás és Kárpitozás A. kötet: Mechanikai Megmunkálás a Bútor - és Épületasztalos Iparban; pp.125-126.; Sopron
- Szabó I. (2003) Ragasztás és Felületkezelés A. kötet: Ragasztási Műveletek és Eljárások; pp. 62-64. Sopron
- Takáts P. (2004) Szárítás és Gőzölés. Sopron
- Ujfaludy L. (2003) A napenergia-hasznosítás rövid története. *Fizikai Szemle* 2003/3; 99.o.
- Varga M., Németh G., Kocsis Z., Bakki-Nagy I. (2011) Fafeldolgozó üzem energiafelhasználásának feltárása, hő- és villamos energia mérlegek készítése. Komplex energiagazdálkodási új eljárás és modell kidolgozása. Tanulmány, Sopron

Fotoanalitikus módszerek használata a fafeldolgozás területén*

BOROS János¹, EDELÉNYI Márton¹, PÁSZTORY Zoltán²

¹ NymE FMK Informatikai és Gazdasági Intézet

² NymE FMK Innovációs Központ

Kivonat

Az erdőgazdálkodás és fahasznosítás során a növedékfokozó és törzskiválasztó gyérítéseknel, valamint a végfelhasználáskor is keletkezik kisebb átmérőjű hengeres faválaszték, azaz sarang. A teljes kitermelt famennyiség 40-75%-a is lehet sarang, ami függ fafajtól, termőhelytől és felhasználástól. Magyarországon ez évente mintegy három és fél millió köbméter nyersanyagot jelent (Pásztor et al. 2010). Az ilyen anyag feldolgozása eltér az értékesebb rönkfától: gyakran papíripari, lemezipari célokra, de egyre nagyobb arányban tűzifaként is hasznosítják. A mennyiségi arányok miatt nagy piaci részesedést és ezzel járó pénzügyi forgalmat jelent a sarang faanyaggal kapcsolatos tevékenység. A modern technológiák világában elengedhetetlen, hogy minél pontosabban és egzaktabb módon tudjuk meghatározni a fa mennyiségét. A Nyugat-magyarországi Egyetem Faipari Mérnöki Karán folyó kutatás eredményeként egy informatikai eszközökkel támogatott rendszert fejlesztettünk ki. Az új fotoanalitikus felmérő rendszer segítségével a hagyományos módszereknél pontosabban és gyorsabban határozható meg a faanyag tömör mennyisége a rakatban.

Kulcsszavak: fafeldolgozás, fotoanalitika, sarang, hengeres faválaszték

Photoanalytical methods used in wood processing

Abstract

Wood logs with smaller diameter, so called stacked wood, are produced in forest management and wood utilization during trunk selection, increment thinning as well as end utilization. The stacked wood volume could reach even 40-75% percent of the total yield depending on the wood species, forest site and utilization. Stacked wood volume is between three and three and a half million cubic meters per year in Hungary (Pásztor et al. 2010). Processing of this wood material varies from that

*A kutatás a Talentum – Hallgatói tehetséggondozás feltételrendszerének fejlesztése a Nyugat-magyarországi Egyetemen c. TÁMOP 4.2.2.B-10/1-2010-0018 számú projekt keretében, az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

This research - as a part of the Development of Student Talent Fostering at WHU, TAMOP 4.2.2. B-10/1-2010-0018 project - was sponsored by the EU/European Social Foundation. The financial support is gratefully acknowledged.