A faválasztékok nedvességtartalom-meghatározásánál jelentkező lehetséges hibaforrások

Dr. Pásztory Zoltán[1], Mohácsi Kristóf[1], Mohácsiné Ronyecz Ildikó[1], dr. Börcsök Zoltán[1]

A fakereskedelemben az egyik legelterjedtebb faanyagátvételi módszer a rakomány száraz súlyához köthető. A gyakorlatban a rakományból mintákat vesznek, mely alapján meghatározzák a rakomány nedvességtartalmát. Kutatásunk célja az volt, hogy felderítsük a mintavételezésből, illetve mérésből származó hibákat.

A mintavételek száma és elhelyezkedése bizonyult a pontosságot leginkább befolyásoló tényezőnek, a valódi nedvességtartalomhoz képest akár 5%-os eltérést is mérhetünk. A mintavételi bevágás mélysége szintén okozhat hibát, mivel a törzs különböző részeinek eltérő a nedvességtartalma. Ezért ajánlott a törzs keresztmetszetének feléig bevágni. Mind a fúróval, mind a láncfűrésszel történő mintavétel esetén a súrlódás hatására az eszközök felmelegszenek és a mintaforgács száradását okozzák. A láncfűrész esetében nagyobb mértékű száradást tapasztaltunk, de a minták közötti szóródás ugyanakkor kisebb volt. A lánckenő olaj szintén okozhat hibát, mely hiba a magasabb nedvességtartalom esetén nagyobb, és 100%-os nettó nedvességtartalom mellett 1,7%-ot ér el.

Bevezetés

Általánosan a lombos fatermelés esetén a kisebb átmérőjű hengeres faválaszték jelentős részarányt képvisel az összes kitermelt fatömeghez képest. Magyarországon számottevő a lombos fakitermelés és a kisebb átmérőjű választék, több mint 50%-ot tesz ki (*Energia Klub 2005*).

A kisebb átmérőjű választék tekintélyes részét tűzifaként értékesítik, mert könnyen kezelhető és tárolható energiahordozó, energiasűrűsége elfogadható, fűtőértéke a lignocellulózok között a legnagyobb (*Varga et al. 2011; Forest Products Laboratory 2004; Osztolykán 2011*).

A nem tűzifaként értékesített rész ipari felhasználásra kerül, mint papír, OSB vagy más lemezipari alapanyag. Mindkét felhasználási forma esetén fontos az értékesítés során eladott mennyiség meghatározása.

A kisebb átmérőjű hengeres faválasztékok európai kereskedelmében kétféle faanyagátvételi módszer terjedt el: a térfogat alapú és az abszolút száraz állapothoz (*atro súly – „absolut trockenes Holz”*) viszonyított átvétel.

A *térfogat alapú* átvételi módszer legnagyobb problémáját a faanyagból eredő inhomogenitás és alaki sokféleség okozza. A kisebb érték és a kis átmérőtartományból következő nagy darabszám miatt a rönköknél alkalmazott egyedi köbözés gazdasági okokból nem kivitelezhető. Fotóoptikai módszerrel működő technológiák terjednek el az ilyen választékok térfogati mérésére, egyre nagyobb pontosságot és megbízhatóságot biztosítva (*Fink 2004; Dralle 2014; Pásztory and Polgár 2016*).

Az *atro súly* alapú átvétel esetén a rakományból vett mintából határozzák meg a teljes rakomány nedvességtartalmát. Az iparban leggyakrabban alkalmazott módszer, hogy a szállítmány egyes helyein motorfűrésszel mintaforgácsot vesznek a faanyagból, majd azt kiszárítva számítják a rakomány abszolút száraz tömegét. A nettó nedvességtartalom meghatározása ISO szabvány szerint történik (*ISO 3130/1975*):

$$u = \frac{m_n - m_0}{m_0} \times 100, \ [\%]$$

ahol m_n a nedves faanyag tömege, m_0 a vízmentes, száraz faanyag tömege.

A szárazanyag-tartalom meghatározásához a szárítás előtt a faanyag tömegét meg kell mérni, szárítószekrényben 103±2 °C-on súlyállandóságig szárítani, majd ismét lemérni a minta tömegét és így a nedves és száraz tömeg alapján a nedvességtartalom meghatározható. Máig ez az eljárás mondható a legpontosabb és legbiztonságosabb módszernek (*MSZ 6786/2-1988; Bergman, 2010; Govet et al. 2010*). Természetesen számos más nedvességmeghatározási módszer létezik, melyeket jelen cikkben nem kívánunk részletezni.

A motorfűrészes mintavételezést és a szárításos nedvességmeghatározási eljárást széles körben alkalmazzák Európa-szer-

[1] SOE SKK Innovációs Központ

te a famennyiség meghatározásához. A mérési módszernek, mint minden más technológiai folyamatnak vannak hibalehetőségei, amelyek a mérési eredmény pontosságát rontják (*Hartley and Marchant 1995; Boone and Wengert 1998*). Vannak időszakhoz kötődő hibalehetőségek, amelyek elsősorban a klimatikus viszonyokra vezethetőek vissza, és vannak, amelyek magából a mintavételezésből és a mérésből fakadnak.

Jelen kutatás célja a mintavételezési és mérési technológiából származó hibák feltárása és elemzése, a mérés pontosságát befolyásoló hatásának meghatározása.

Vizsgálatok

A faanyagszállítmány atro súly alapú átvételénél néhány grammos anyagmennyiségből határozzák meg több tonna faanyag mennyiségét, következésképpen a pénzben kifejezett értékét, ezért a mérés során fellépő kis mértékű eltérés a nagy mennyiség esetén már számottevő anyagkülönbözetet eredményezhet.

Az egyik legfontosabb tényező, pontos mérés mellett, a mintavételezés reprezentativitása, tekintve a szállítmány nedvességtartalmában rejlő nagy inhomogenitás lehetőségét. A nedvességeltérés egy rakományon belül számos tényezőből adódhat, mint a különböző helyről, különböző időben kitermelt és a különböző átmérőből, illetve a tárolás során különböző hatásnak kitett anyagok eltérő nedvességtartalmából. Azonban a kérdés már az egy rönkön belüli nedvesség homogenitásnál is felmerül.

Mintavétel számának és helyének hatása egy rönkön belül

A faanyagban a nedvességeloszlás nem egyenletes sem térben, sem időben. A téli időszakban alacsonyabb az élőfa nedvességtartalma, mint a vegetációs időszakban. A fában a nedvesség a keresztmetszet szerint is és a hossz szerint is inhomogenitást mutat, ami biológiai okokból következik (*Pallardy 2007*).

A kitermelés során a fa szerkezetét vágásfelületekkel megbontják, így a bütü felületek a szabad levegővel érintkeznek, ahol ennek következtében száradás lép fel.

A száradás intenzitása függ a faanyag nedvességtartalmától, ami közvetlenül a kivágást követően rosttelítettség fölötti, függ a levegő páratartalmától, a hőmérséklettől, és egyéb körülményektől pl. a bütüre rásüt-e a nap vagy mekkora a légsebesség a bütü felületén.

A bütü felület száradása az anatómiai szerkezetből adódóan intenzív és a felület közelében a nedvességtartalom gyorsan csökken. A csökkenés következtében a felület és az az alatti rétegek nedvességtartalma közötti eltérés miatt nedvességáramlás indul meg a vágási felület irányába. Ez az áramlás általában lényegesen lassabb, mint a bütü felület száradása, így mivel a felület száradása tovább folytatódik, a faanyagon belüli különbség tovább növekszik. Idővel a kitermelt anyagban az inhomogenitás jelentőssé válik, mert a kéregpaláston keresztüli nedvességvesztés sokszorta kisebb.

A kísérletben a 20 cm átmérőjű 2 méteres rönkből 10 helyről vettünk mintát, 10 cm-es mélységben, azaz a rönk feléig vágtunk bele motorfűrésszel. A mintavételi helyeket egyenletesen osztottuk el a rönk hosszán. A mintáknak egyesével meghatároztuk a nettó nedvességtartalmát.

A 10 minta átlagát tekintettük viszonyítási alapnak. A vizsgálataink során a nedvességtartalmat a hengeresfa egyik vége felől a másik felé vettük figyelembe. Számítottuk az 1. és 2. minta nedvességtartalmának átlagát és hasonlítottuk a viszonyítási alaphoz. Majd az 1.-2.-3. minta nedvességtartalmának átlagát és viszonyítottuk az alaphoz és így tovább egészen a 10 minta átlagához (*1. táblázat*), minden lépésben egy következő mintát adva az átlaghoz. A vizsgálat célja volt meghatározni, honnan és hány mintával határozható meg a rönk nedvességtartalma biztonságosan.

A rönk egyik végéből elindulva, két minta átlagát a 10 minta átlagához viszonyítva 4,47 százalékos eltérés volt tapasztalható. További mintát hozzáadva az eltérés már csak 3,15 százalék. Minél több helyről veszünk mintát, annál jobban megközelítjük a hengeresfa mért átlagos nedvességtartalmát. Minél több mintát veszünk bele az átlagba, annál jobban közelítünk a 10 minta átlagához.

Bevágás mélységének hatása

A bevágás ideális mélységének megválasztása nagyban hozzájárul a pontos és valóságos eredmény kialakításához. A vizsgált faanyag bélből, gesztből, szíjácsból, háncsból és héjkéregből áll, mely anatómiai részek élőnedvesen is különböző nedvességtartalommal rendelkeznek, és ez a különbözőség száradás során folyamatosan változik (*Pallady 2007*).

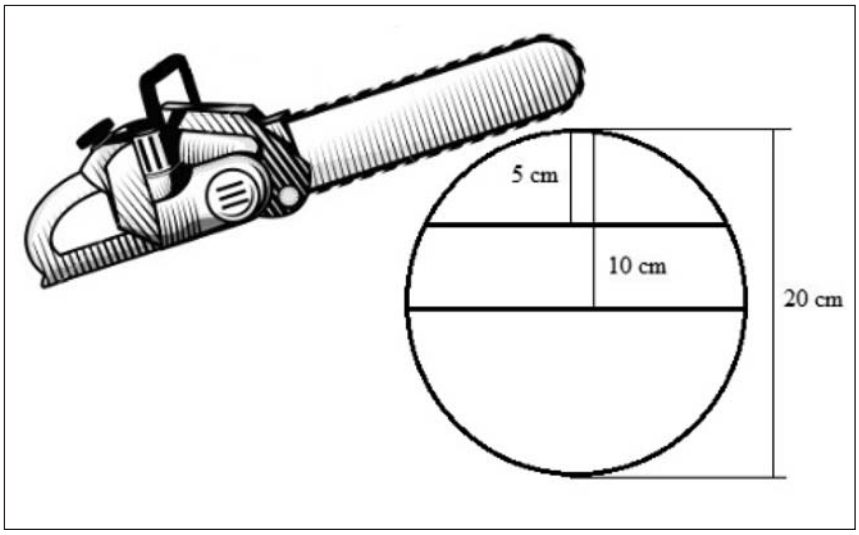
A különböző fafajok eltérő kéregaránnyal eltérő gesztszíjács aránnyal rendelkeznek, a különösen nagy kéregaránynál (pl. tölgy 15–25%) figyelembe kell venni ennek a hatását is.

Egy 20 cm átmérőjű rönk esetében az 5 cm mély bevágásban lényegesen nagyobb a kéreghányad illetve palástközeli faanyag aránya, míg középső bél körüli rész nincs is a mintában. 10 cm mély bevágás egy fél keresztmetszetet érint, amely felület- és térfogatarányosan tartalmazza az egyes anatómiai részeket. A hengeresfát feléig kell bevágni, így kaphatunk a tényleges nedvességtartalomhoz legközelebbi értékeket (*1. ábra*).

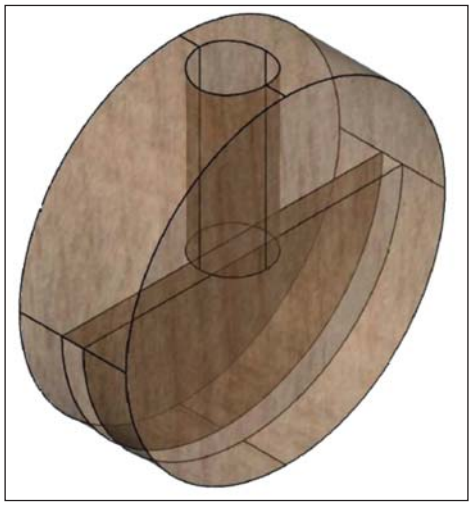
A kísérlet során 15 rönkből összesen 150 mintát vettünk, 5, illetve 10 cm mélységből, a bevágásokat egyenletesen

1. táblázat. *Tíz minta átlagához viszonyított eltérések különbségei különböző mintaszámok esetén*

	2 minta átlaga	3 minta átlaga	4 minta átlaga	5 minta átlaga	6 minta átlaga	7 minta átlaga	8 minta átlaga	9 minta átlaga	10 minta átlaga
eltérés százalékpontban	4,47	3,15	1,97	1,34	1,31	1,35	1,07	0,67	0



1. ábra. *A hengeresfán a motorfűrésszel történt bevágások mélysége a kísérlet során*



2. ábra. *Egy fakorongon elhelyezkedő láncfűrészes és fúrós mintavétel*

elosztva a rönk hosszában. Minden egyes mintavétel esetén külön megmértük a minta nedvességtartalmát. A használt gyertyán, cser és kocsánytalan tölgy rönkök nedvességtartalma 25% és 70% között változott, a két mélységből vett minták nedvességtartalmát hasonlítottuk össze úgy, hogy az adott helyen lévő 5 cm-est az ugyanott lévő 10 centiméteres mintával vetettük össze.

A 75 mintapár esetén az átlagos eltérés 3,69% volt, 0,08%-os minimum és 15,33%-os maximum értékekkel.

A mintavevő láncfűrész és fúró hőátadásából származó hibák

A láncfűrésszel és fúróval való mintavételezésnél hő fejlődik a forgácsleválasztás során közvetlenül a forgács felületén. Megvizsgáltuk, hogy ez a hőfejlődés milyen mértékben befolyásolja a nedvességtartalom-mérés pontosságát.

A vizsgálathoz három fatörzset használtunk fel, melyek nedvességeloszlását igyekeztünk homogenizálni, hogy a rönk hossza mentén a nedvességeltérés a lehető legalacsonyabb legyen. A rönköket 4 cm-es korongokra vágtuk fel.

A fűrésszel és a fúróval az átmérő feléig vágtunk, illetve fúrtunk be, majd megmértük a minta nedvességtartalmát kiszárításos módszerrel (*2. ábra*). A mintavétel során a fúrót és láncfűrészt mindig ugyanazon a fordulatszámon és előtolással üzemeltettük, illetve minden mintavétel után megvártuk, hogy a szerszámok környezeti hőmérsékletre hűljenek.

A mintavétel előtt a korongokat klimatizált térben tartottuk és a mintaforgács nedvességmeghatározását azonnal megkezdtük. A mérés pontosságának ellenőrzéséhez a megmaradt korong nedvességtartalmát is szárításos módszerrel határoztuk meg. Az eredményeket a *2. táblázatban* mutatjuk be.

A tapasztalatok szerint az átlagos nedvességtartalmi érték *a fúrós mintavétel* esetében mindig közelebb van a *fakorong-szárításos módszerhez*, mint a *láncfűrészes mintavétel*, ellenben a szórása is magasabb.

Az eredmények azt mutatják, hogy a láncfűrészes mintavételezés során a súrlódás következtében keletkezett hő szárító hatása komolyan befolyásolja a végeredményt. A fakorong és a láncfűrészes mintavétel eredményei között több mint 6 százalékos különbség adódott a magasabb nedvességtartalmú anyagnál (*2. táblázat*).

A fúróval történő mintavételezés átlagosan kisebb nedvességvesztést okozott, amely magyarázható a kisebb fordulatszámmal, illetve a fúrószár lényegesen nagyobb térfogatú, azaz fajlagosan kisebb felületű forgácsleválasztásával.

A láncfűrésszel képzett forgácsok felület-térfogat aránya lényegesen nagyobb, mint a fúróforgács esetében, főként ezzel magyarázható a két mintavételezés között mutatkozó eltérés. Észrevehető, hogy a magasabb nedvességtartalmú anyagoknál a nedvességeltérés is nagyobb, ez természetesen érthető, hiszen minél nedvesebb a faanyag annál nagyobb mértékben érvényesül a keletkezett hő szárító hatása.

2. táblázat. *A mérési eredmények összesítése*

	1. sorozat			2. sorozat			3. sorozat		
	Korong	**Fúró**	**Fűrész**	**Korong**	**Fúró**	**Fűrész**	**Korong**	**Fúró**	**Fűrész**
1	91,34	104,14	84,29	64,74	66,92	60,39	16,55	15,85	15,34
2	99,58	105,73	88,49	70,10	64,58	65,47	17,08	16,10	16,53
3	104,51	108,42	94,69	81,13	81,45	69,54	17,27	17,16	15,12
4	106,96	110,68	99,59	90,60	73,71	77,15	17,44	16,37	16,64
5	111,26	108,51	99,58	97,33	85,12	79,60	17,56	16,71	16,54
6	113,31	103,85	111,19	102,48	79,96	90,70	17,72	16,58	17,30
7	111,38	99,30	111,19	100,81	89,56	85,20	18,15	17,81	17,64
8	117,51	109,15	103,49	97,83	102,35	83,99	17,78	18,27	16,61
9	118,02	110,06	107,51	103,45	88,38	83,04	17,56	17,91	16,61
10	118,27	98,57	119,25	110,34	104,31	92,00	17,21	17,74	16,21
11	115,20	122,89	102,09	110,59	100,99	92,60	17,13	16,72	15,66
12	115,95	128,10	108,36	110,87	102,48	93,56	16,92	16,13	15,56
13	112,20	114,89	110,32	108,45	77,76	93,87	16,61	16,49	15,32
14	106,68	113,53	95,11	113,44	91,83	99,17	17,13	16,65	15,62
15	103,02	106,56	105,13	113,35	93,86	100,36	16,64	16,15	15,27
16	107,01	114,77	106,95	106,44	87,67	99,82	16,48	15,78	14,71
17	108,84	99,45	108,06	106,06	105,95	93,63	16,37	15,62	15,21
18	–	–	–	103,23	103,18	84,64	16,57	16,16	15,12
19	–	–	–	99,13	91,79	72,25	16,60	15,33	15,68
20	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Min.	91,34	98,57	84,29	64,74	64,58	60,39	16,37	15,33	14,71
Max.	118,27	128,10	119,25	113,44	105,95	100,36	18,15	18,27	17,64
Átlag	**109,47**	**109,33**	**103,25**	**99,49**	**89,04**	**85,10**	**17,09**	**16,61**	**15,93**

3. táblázat. *Olaj szárítása nedvességmérő készülékben és szárítószekrényben, tömegvesztés a kiindulási tömeg százalékában*

	15 perc	6 óra	12óra	24 óra	48 óra
Motorolaj	0,526	0,901	1,158	1,603	2,359
Lánckenő olaj	0,385	0,77	1,477	2,926	5,598

A rosttelítettség fölötti víz elpárologtatásához lényegesen kevesebb energia szükséges, mint a rosttelítettség alattinak. Ezért lehetséges, hogy a harmadik 17% nedvességtartalmú rönk esetén alig több mint 1%-os eltérés keletkezett.

A hőfejlődést több tényező is erősen befolyásolja, mint a mintavevő szerszám élessége, a szerszám induló hőmérséklete, a környezeti hőmérséklet stb. A magasabb szerszámhőmérséklet intenzívebb forgácsszáradást eredményez. Nagyszámú mérés segítségével kialakítható lenne egy korrekciós tényező, a faanyag valós nedvességtartalmának meghatározására, amelyhez néhány mintavételezési paraméter állandósítása lenne szükséges (pl. láncélesség, lánchőmérséklet stb.).

Lánckenő olaj alkalmazásából adódó hibalehetőségek

A lánckenő olaj a motorfűrész működésének következtében a forgácsba kerül, majd amikor a forgácsot szárítani kezdjük a kenőolaj beszáradásából származó súlycsökkenés befolyásolhatja a számított nedvességtartalmat.

A befolyás mértéke két dologtól függ: az olaj beszáradásának mértékétől, valamint a forgács olajtartalmától. Nedvességmérés során a mintát 103±2 °C-on szárítjuk, így ezen a hőmérsékleten vizsgáltuk különböző olajok beszáradását is.

A gyakorlat azt mutatja, hogy a lánckenő olaj anyagául nemcsak gyári lánckenő olajat használnak, hanem költségtakarékosabb normál motorolajat is.

A szárítási időket a gyakorlatban tapasztalt nedvességmérési időket figyelembe véve állapítottuk meg. A gyors nedvességmérő készülék tapasztalataink szerint kb. 15 perc alatt szárít ki egy átlagos nedvességtartalmú mintát, ezért az első szárítási időintervallum 15 perc volt. Később a szárítószekrényes mérés során 6, 12, 24 és 48 óra múlva mértük vissza a mintákat, ugyanis a szárítószekrények ennyi idő elteltével szárítják ki a mintákat nedvességtartalomtól függően.

A motorfűrész olajszintjét pontosan meghatározott szintig töltöttük, majd ismert súlyú hengeresfából motorfűrésszel mintákat vettünk. A mintavételt követően a fűrészt újra olajjal feltöltöttük a megadott szintig és az ehhez szükséges olaj mennyiségét mértük.

Az összes keletkezett forgácsot, összegyűjtöttük, mennyiségét a hengeresfa súlyának visszamérésével ellenőriztük. A két adat ismeretében határozható meg a forgács lehetséges maximális olajtartalma.

Az nem állítható, hogy az összes elhasznált olaj a forgácsban van, az viszont igen, hogy több biztosan nem, hiszen a lánckenő olaj egy része az orrkeréknél a centrifugális erő következtében lecsapódhat a láncról, egy másik része a kenés során párolog el. Ezzel a módszerrel tehát a maximális hibalehetőséget tudtuk meghatározni.

Természetesen minden egyes láncfűrész más mennyiségben fogyaszthat olajat, mi a gyári beállítást alkalmaztuk. Az olajfogyás függ a lánc fordulatszámától is, ezért minden esetben állandó, közepes vágási fordulaton üzemeltettük a fűrészt, ahol az orrkerékről lecsapódó olaj mennyisége minimális (*fehér lapot oda tartva nem hagy nyomot*).

A különböző olajok nem egyforma mértékben veszítenek a tömegükből, a 15 perces időintervallumig a gyári lánckenő olaj mutatta a kisebb tömegvesztést (*3. táblázat*).

A kísérlet 6. órájáig ugyanúgy viselkedtek, mint amit 15 perc után tapasztaltunk: a lánckenő olaj veszített a legkevesebbet a tömegéből. A 12 óra után a motorolaj tömegvesztése volt a legkisebb – mivel egészen más körülményekre és felhasználásra tervezték, más adalékanyagokat tartalmaz, mint a lánckenő olaj, a hosszú időtartamú magas hőt jól tűrte (*Czeglédi 2010*). A további számításokban a gyári lánckenő olaj 15 perces és a 12 órai eredményeit vesszük figyelembe.

A forgács olajtartalmát 10 ismétlésben vizsgáltuk. A lánckenő olaj sűrűsége a fellelt adatok alapján 0,89 g/cm^3 (*www.mol.hu*), ezt használtuk a számításokhoz.

A forgács lehetséges maximális átlagos olajtartalma 0,906% (*4. táblázat*).

A lehetséges hiba meghatározásához 100 g olajjal szennyezett nedves forgácsot vizsgáltunk, amely összesen 0,906 g olajat tartalmazott. Kiszámítottuk 10 és 100%-os faanyag-nedvességtartalom között 10%-os ugrásokkal, hogy a forgácsba kerülő olaj hogyan befolyásolhatja a mért nedvességtartalom értékét (*5. táblázat*). Az olaj a szárítás hatá-

4. táblázat. *A mintaforgács olajtartalmának mérése, számítása*

Fűrészforgács olajtartalma										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Fűrészforgács [kg]	2,320	1,320	1,450	1,510	1,330	1,400	1,570	1,480	1,470	1,410
Olajfogyás [kg]	0,020	0,011	0,013	0,015	0,012	0,013	0,014	0,014	0,013	0,013
Olajsúly százalékos aránya a forgácsban [%]	0,862	0,833	0,897	0,993	0,902	0,929	0,892	0,946	0,884	0,922
Százalékos arány átlag	**0,906**									

5. táblázat. *A lánckenő olaj okozta hiba*

	Faanyag nedvességvesztése									
Faanyag nettó nedv.tart [%]	**10**	**20**	**30**	**40**	**50**	**60**	**70**	**80**	**90**	**100**
Induló forgács tömege [g]	99,094	99,094	99,094	99,094	99,094	99,094	99,094	99,094	99,094	99,094
Induló olaj tömege [g]	0,906	0,906	0,906	0,906	0,906	0,906	0,906	0,906	0,906	0,906
Forgács száraz tömege m_0 [g]	90,085	82,578	76,226	70,781	66,063	61,934	58,291	55,052	52,155	49,547
	15 perces ciklusban 0,385%-os olajvesztés									
Olaj beszáradt tömege [g] 0,385%-os tömegvesztés	0,903	0,903	0,903	0,903	0,903	0,903	0,903	0,903	0,903	0,903
Száraz forgács és olaj tömege [g]	90,988	83,481	77,129	71,684	66,965	62,836	59,193	55,955	53,057	50,450
Látszólagos nedvességtartalom [%]	9,905	19,788	29,653	39,501	49,331	59,144	68,939	78,716	88,476	98,218
Nedvességtartalom-hiba [%]	**0,095**	**0,212**	**0,347**	**0,499**	**0,669**	**0,856**	**1,061**	**1,284**	**1,524**	**1,782**
	12 órás szárítási ciklusban 1,477%-os olaj vesztés									
Olaj beszáradt tömege [g] 1,477%-os tömegvesztés	0,893	0,893	0,893	0,893	0,893	0,893	0,893	0,893	0,893	0,893
Száraz forgács és olaj tömege [g]	90,978	83,471	77,119	71,674	66,955	62,826	59,183	55,945	53,047	50,440
Látszólagos nedvességtartalom [%]	9,917	19,802	29,670	39,521	49,353	59,169	68,967	78,747	88,511	98,257
Nedvességtartalom-hiba [%]	**0,083**	**0,198**	**0,330**	**0,479**	**0,647**	**0,831**	**1,033**	**1,253**	**1,489**	**1,743**

sára nem ugyanolyan mértékben veszít a tömegéből, mint a nedves forgács. Ez a jelenség okozza az olajjal szennyezett forgács nedvességmérési hibáját.

Az olaj sokkal kisebb mértékben veszít a súlyából, mint akár a 10%-os forgács. A 15 perces és a 12 órás szárításnál fellépő 0,385%-os és 1,477%-os tömegvesztések messze elmaradnak a fa 10%-os vagy nagyobb nedvesség esetén ennek többszörös értékű tömegvesztésétől. Az olaj részaránya a forgácsban ugyan egy százalék alatti, mégis a beszáradás jelentős elmaradásából fakadóan kimutatható hatást gyakorol a mért nedvességtartalom értékére.

A 15 perces gyors nedvességmeghatározásnál 10%-os fanedvesség esetén 0,095% eltérést okoz vagyis a 10%-os nedvességtartalom helyett csak 9,905%-ot mérünk. A forgács nedvességtartalom-növekedésével a feltételezett állandó mennyiségű olaj aránya is növekszik a száraz fához képest, ezért a hiba mértéke is nő. 100%-os nedvességtartalomnál már 1,8%-ot meghaladó hibát is okozhat a forgácsban lévő olaj.

A 15 perces és a 12 órás szárítás között nem mutatható ki jelentős különbség. 10% és 100%-os forgácsnedvesség esetén 0,083%-os és 1,743%-os nedvességeltérések adódnak, úgy hogy minden esetben alacsonyabb nedvességtartalmat mutatunk ki, mint a forgács valódi nedvességtartalma.

Konklúzió

Összefoglalva a legnagyobb bizonytalanságot maga a faanyag inhomogenitása hordozza, a technológiai fegyelem megsértése, illetve a nem megfelelő mintavételezés mellett.

A fő hibaforrás a mintavétel reprezentativitása, mivel nagyon kis mennyiségű anyag tulajdonságaiból következtetünk egy szállítmány vagy rakat tulajdonságára. Ennek a hibának a csökkentési lehetősége a nagyszámú és egyenletesen elosztott mintavétel.

A minta vétele az adott rönk esetén is fontos pontossági kritérium, tekintve az anyag keresztmetszetén belül is fennálló egyenlőtlen nedvességeloszlást. Ezért a bevágás mélységének kimutatható hatása van. A legelőnyösebb megoldás a motorfűrészes mintavétel esetén, ha a rönk feléig vágunk be.

A mintavétel forgácsolással történik mind a motorfűrészes, mind a fúróval vett minta esetén, ami hőfejlődéssel jár a forgács és a szerszám közötti súrlódás miatt. A hőfejlődés hatására a forgács azonnal szárad, minek mértékét meghatároztuk a két mintavételezési eljárás esetén.

A motorfűrész kisebb méretű forgácsokat választ le ezért a szárító hatás jelentősebb, ugyanakkor a mintavételezés során súrolt anyagfelület nagyobb, így a mérés során kisebb szórás adódik. A fúróval történő mintavételezés esetén nagyobb forgácsdarabok keletkeznek és az átlagértékek esetén a valós nedvességtartalomhoz közelebbi eredményt kapunk, viszont a szórás lényegesen magasabb, mint a motorfűrészes minták esetén.

A motorfűrészes mintavétel esetén a forgácsba kerülő lánckenő olaj hatása az alacsony nedvességtartalmú anyagok esetén (10%-os nettó nedvességű faanyag) 0,08–0,09%, míg egy 100%-os nedvességtartalmú anyagnál ez az érték 1,7%-ot meghaladó lehet.

A tényezők figyelembevételével a nedvességmérés hibája minimalizálható, illetve további mérések és tapasztalatok alapján korrigálható.

A tanulmány a Fenntartható Nyersanyag-gazdálkodási Tematikus Hálózat – RING 2017 című, EFOP-3.6.2-16-2017-00010 jelű projekt részeként a Széchenyi2020 program keretében az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

Felhasznált irodalom

Bergman, R. (2010): Drying and Control of Moisture Content and Dimensional Changes, Wood handbook–wood as an engineering material. General Technical Report FPL–GTR–113. Madison, WI: US Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, p. 13-17

Boone R. S., Wengert E. M. (1998): Guide for using the oven-dry method for determining the moisture content of wood. Forestry Facts No. 89. Department of Forest Ecology and Management, Univ. of Wisconsin

Czeglédi, D. (2010): Olajok, Széchenyi István Egyetem, MTK-KVJT, PowerPoint előadás, Győr, Elérhető: http://rs1.sze.hu/~lakatos/Olajok.pdf, Elérhető: 2013. november 19-én

Divós, F., Divós, P. és Alpár, T. (2012): Density and moisture content measurement of wood and wood based materials bymicrowave radar, NymE, International Scientific Conference on Sustainable Development & Ecological Footprint, Sopron, 2012. Március 26–27.

DRALLE (2014): Scale - Measure, track and trade. Hoersholm/DK: Produktbroschüre.

Energia Klub 2005: Új utak a mezőgazdaságban – Az energetikai célú növénytermesztés lehetősége az alföldön – Energia Klub Környezetvédelmi Egyesület, Budapest, p. 14

Fink F. (2004): Foto-optische Erfassung der Dimension von Nadelrundholzabschnitten unter Einsatz digitaler, bildverarbeitender Methoden. Dissertation. Freiburg

Forest Products Laboratory (2004): Wood Biomass for Energy, Techlines, Madison

Hartley J., Marchant J. (1995): Methods of determining the moisture content of wood. Research Division, State Forests of New South Wales, Sydney. Technical Paper No. 41. ISBN 0 7310 6721 5

Jung, L. (2008): Fabázisú centralizált áramtermelés logisztikája és annak hatása az Egererdő Erdészeti Zrt. fahasználati tevékenységére, Doktori értekezés, NymE, Sopron

Mohácsi Kristóf (2013): Motorfűrészes mintavétel hibái és alternatívái (*Errors of chainsaw sampling and its alternatives*), Nyugatmagyarországi Egyetem, Diploma dolgozat, Sopron Hungary

MSZ 6786/2-1988 Faanyagvizsgálatok – Nedvességtartalom meghatározása

Pásztory Z., Polgár R. (2016): Photo Analytical Method for Solid Wood Content Determination of Wood Stacks, Journal of Advanced Agricultural Technologies, Vol. 3, No.1. June 2016 pp. 54–57.

Osztolykán, T. (2011): A biomassza-hasznosítás hazai lehetőségei Hangony község példáján, Szakdolgozat, ELTE, Budapest

Pallardy S. G. (2007): Physiology of woody plants. Elsevier, ISBN: 978-0-12-088765-1

Varga, M., Németh, G., Csitári, Cs. (2011): A fa mint megújuló energiaforrás, 2011 az erdők éve – Örök társunk a fa (szerk.: Molnár, S.), Sopron, pp. 38–39.