

Tanulmány

A hengeresfa nedvességtartalmának meghatározásához kapcsolódó láncfűrész mintavételezés hibáinak feltárása, egyéb módszerekkel való összehasonlítása

Az alábbi tanulmány tartalmazza az Innovációs Központ honlapján már ismertett kutatási terv megvalósításának leírását, illetve a vizsgálatok eredményeit. A kutatási eredmények az ipar számára hasznos információval, tájékoztató jellegű eredményekkel szolgálnak. Ezen információk figyelembevételével a nedvességtartalom alapú faanyag átvétel hibaforrásainak egy szegmense minimálisra csökkenthető.

1. A lánckenőolaj lehetséges tömegvesztésének vizsgálata

Háromféle alternatív lánckenőolajból 15-15 mintát helyeztünk el gyors nedvességmérő készülékben és szárítószekrényben egyaránt $103 \pm 2^\circ\text{C}$ -os hőmérsékleten. A tömegek visszamérését 15 perc, majd 6, 12, 24, 48 óra elteltével végeztük. Az 1. táblázat tartalmazza a tömegvesztési értékeket. Amint a 1. táblázatban is látható, a különböző olajok nem egyforma mértékben veszítenek a tömegükből ugyanannyi idő alatt. A táblázatban található mennyiségek bruttó értékek, mivel a kenőolajokat nem szárítottuk tömegállandóságig, tehát csak a kezdeti tömeghez viszonyíthatunk.

A 15 perces idő intervallumig a gyári lánckenőolaj bizonyult - adott hőmérsékleten - a legkevésbé hőérzékenynek. Ezt követte a friss motorolaj és több mint háromszoros tömegvesztést szenvedett a már használt motorolaj, közismert nevén, a fáradtolaj. A táblázat mutatja, hogy a gyors nedvességmérőben végzett negyed órás kísérlet eredményei közül a legnagyobb érték is alig haladja meg a 1,5%-ot.

1. **táblázat** Olaj szárítása nedvességmérő készülékben és szárítószekrényben (15 perc, 6, 12, 24, 48 óra)

	Motorolaj				
	15 perc	6 óra	12óra	24 óra	48 óra
Tömegvesztés (bruttó %)	0,526	0,901	1,158	1,603	2,359
	Fáradtolaj				
	15 perc	6 óra	12óra	24 óra	48 óra
Tömegvesztés (bruttó %)	1,667	1,647	1,873	2,268	2,971
	Lánckenőolaj				
	15 perc	6 óra	12óra	24 óra	48 óra
Tömegvesztés (bruttó %)	0,385	0,77	1,477	2,926	5,598

Az olajok a kísérlet 6. órájáig ugyanúgy viselkedtek, mint amit a 15 perc utáni állapot mutatott. Eszerint a lánckenőolaj veszített a legkevesebbet a tömegéből. A 12. óra után fordult meg a sorrend. A motorolaj - mivel egészen más körülményekre és felhasználásra tervezték - más adalékanyagokat tartalmaz, mint a lánckenő olaj - a hosszú időtartamú magas hőt jól tűrte. A kísérlet 12. órai állapotát vesszük figyelembe, mivel általánosan az iparban elterjedten egy éjszaka áll rendelkezésre a minták kiszárítására, tehát ez a releváns összehasonlítási alap. Ebben az esetben a fáradtolaj veszít a legtöbbet a tömegéből. Ennek magyarázata az lehet, hogy az eredetileg jó hőtűrő tulajdonságokkal bíró motorolaj a csereperiódus alatt elveszítette ezt a tulajdonságát. A vizsgálat során 12 óra elteltével a tömegvesztési értékek 1,158% és 1,873% közöttiek, amelyek a nedvességmérés gyakorlatát ismerve nagyon alacsonynak mondhatók.

2. A mintaforgács lánckenőanyag tartalmának mennyiségi meghatározása

Ez a kísérlet azt a célt szolgálta, hogy meghatározzuk a nagyságrendileg mennyi olajat tartalmaz a lánccfűrészszel vett mintaforgács. Tapasztalatink szerint sok esetben merül fel ez kérdésként.

2. táblázat A mintaforgács olajtartalma

Fűrészforgács olajtartalom										
	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
Olajfogyás [cm ³]	23	12	15	17	13	15	16	16	15	15
Koncentráció [cm ³ /kg]	9,914	9,091	10,345	11,258	9,774	10,714	10,191	10,811	10,204	10,638
Százalékos arány [%]	0,882	0,809	0,921	1,002	0,870	0,954	0,907	0,962	0,908	0,947
Százalékos arány átlag [%]	0,916									

A 2. táblázatban a gyakorlat számára a legfontosabb információval a fűrészforgács és a lánckenőolaj százalékos aránya szolgál. Ez a mérőszám mutatja, hogy a tömegben kifejezett forgácsban hány százalék tömegben kifejezett olaj található. A koncentráció azt mutatja, hogy egy kilogramm forgácsban hány cm³ olaj van. A tíz ismétlés során csupán egy alkalommal haladta meg csekély mértékben az 1%-ot a forgács olajtartalma. Az átlagos eredményt tekintve pedig még az 1%-ot sem éri el ez a mérőszám. Ebben a táblázatban azt feltételeztük, hogy az elfogyott olaj teljes egészében a forgácsban található, ami egészen bizonyosan nincs így. Az olaj egy része a lánccfűrész orrkerekén a centrifugális erő következtében lecsapódik, egy másik része a fűrészszelés közben párolog el.

Ezeket az értékeket és tapasztalatokat felhasználva készítettünk egy olyan kiértékelő táblázatot, amelyben, az első esetben azzal számolunk, hogy az teljes elfogyott olajmennyiség a forgácsban van, a másik esetben azzal, hogy csupán a fele. 100 g mintaforgácsot alapul véve, melyben a kísérletek szerint 0,916%, azaz 0,916 g olaj van, a $103 \pm 2^\circ\text{C}$ hőmérséklet hatására a 3. táblázat szerinti százalékos hibákat okoz a rendszerben. A táblázatban a két leggyakrabban előforduló időintervallumot alkalmaztuk, amely a 15 perc és a 12 óra. Így számítottuk ki különböző nedvességtartalom mellett, hogy a forgácsba kerülő olaj hogyan befolyásolja a mért nedvességtartalmi értékét. Az olaj egy pufferként viselkedik, mely a szárítás hatására nem ugyanolyan mértékben veszít a tömegéből, mint a nedves fa. Ez a jelenség okozza azt, hogy a nettó és a valós nedvességtartalom között eltéréseket tapasztalunk. A nettó és az olaj okozta hibával terhelt valós nedvességtartalom különbsége a 15 perces időintervallumig, nedvességtartalomtól függően 0,096 és 1,182% közé tehető. A 12 órás intervallumig pedig 0,085 és 1,763%. A víztartalom növekedésével az olaj okozta hiba százalékos aránya is nő (3. táblázat).

A 4. táblázat mutatja azt az esetet, amikor az olajmennyiség felét feltételezzük a forgácsban. Azt, hogy ténylegesen mennyi olajat tartalmaz a mintaforgács, kémiai úton, extrakciós eljárásokkal lehet kimutatni. Erre a kutatás során még nem került sor, így a 3. és 4. táblázat a tapasztalatok és a kísérletből levont következtetések eredményeit tartalmazza. Abban az esetben, amikor az olajnak csak a fele található a forgácsban a nettó és a valós nedvességtartalom különbsége a 15 perces időintervallumig 0,048 és 0,905% közötti, a 12 órás intervallumig pedig 0,042 és 0,885% közötti értékre adódik.

A 3. és 4. táblázat eredményeiből is azt a következtetést vonhatjuk le, hogy a lánckenő olaj okozta hiba komplexen vizsgálva, a nedvességtartalomhoz viszonyítva is a vártnál alacsonyabb mértékű. A valósággal egészen biztosan nem egyező esetet feltételezve, amikor a lánckenőolaj egésze a forgácsban van, ez a különbség 1,8%-ot sem éri el, amely 100%-os nedvességtartalomnál adódott.

3. táblázat A lánckenőolaj okozta hiba (a teljes mennyiségű lánckenőolaj a forgácsban van)

	Faanyag nedvesség vesztese												
Faanyag nettó nedv. tart [%]	10	20	30	40	50	65	70	75	80	85	90	95	100
Induló forgács tömeg [g]	99,084	99,084	99,084	99,084	99,084	99,084	99,084	99,084	99,084	99,084	99,084	99,084	99,084
Száraz tömeg m_0 [g]	90,08	82,57	76,22	70,77	66,06	60,05	58,28	56,62	55,05	53,56	52,15	50,81	49,54
Víz tömege m_v [g]	9,01	16,51	22,87	28,31	33,03	39,03	40,80	42,46	44,04	45,53	46,93	48,27	49,54
	0,38%-os olaj vesztes a 15 perces ciklusban												
Olaj induló érték [g]	0,916	0,916	0,916	0,916	0,916	0,916	0,916	0,916	0,916	0,916	0,916	0,916	0,916
Olaj m_0 , 0,38%-os tömeg vesztes	0,913	0,913	0,913	0,913	0,913	0,913	0,913	0,913	0,913	0,913	0,913	0,913	0,913
Olajos forgács tömege m_n [g]	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Összes száraz tömeg m_0 [g]	90,989	83,483	77,131	71,687	66,969	60,963	59,197	57,532	55,959	54,471	53,062	51,725	50,455
Olajjal együtt nettó nedvességtartalom [%]	9,904	19,786	29,650	39,496	49,324	64,033	68,927	73,816	78,702	83,582	88,459	93,331	98,198
Különbség [%]	0,096	0,214	0,350	0,504	0,676	0,967	1,073	1,184	1,298	1,418	1,541	1,669	1,802
	1,477 %-os olaj vesztes a 12 órás szárítási ciklusban												
Olaj induló érték [g]	0,916	0,916	0,916	0,916	0,916	0,916	0,916	0,916	0,916	0,916	0,916	0,916	0,916
Olaj m_0 , 1,477%-os vesztes	0,903	0,903	0,903	0,903	0,903	0,903	0,903	0,903	0,903	0,903	0,903	0,903	0,903
Olajos forgács tömege m_n [g]	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Összes száraz tömeg m_0 [g]	90,98	83,47	77,12	71,68	66,96	60,95	59,19	57,52	55,95	54,46	53,05	51,71	50,44
Olajjal együtt nettó nedvességtartalom [%]	9,915	19,800	29,666	39,515	49,346	64,059	68,955	73,846	78,733	83,616	88,494	93,368	98,237
Különbség [%]	0,085	0,200	0,334	0,485	0,654	0,941	1,045	1,154	1,267	1,384	1,506	1,632	1,763

4. táblázat A lánckenőolaj okozta hiba (a teljes mennyiségű lánckenőolaj fele van a forgácsban)

	Faanyag nedvesség vesztese												
Faanyag nettó nedv. tart [%]	10	20	30	40	50	65	70	75	80	85	90	95	100
Induló forgács tömeg [g]	99,542	99,542	99,542	99,542	99,542	99,542	99,542	99,542	99,542	99,542	99,542	99,542	99,542
Száraz tömeg m_0 [g]	90,493	82,952	76,571	71,101	66,361	60,328	58,554	56,881	55,301	53,806	52,391	51,047	49,771
Víz tömege m_v [g]	9,049	16,590	22,971	28,441	33,181	39,214	40,988	42,661	44,241	45,736	47,151	48,495	49,771
	0,38%-os olaj vesztes a 15 perces ciklusban												
Olaj induló érték [g]	0,458	0,458	0,458	0,458	0,458	0,458	0,458	0,458	0,458	0,458	0,458	0,458	0,458
Olaj m_0 , 0,38%-os tömeg vesztes	0,456	0,456	0,456	0,456	0,456	0,456	0,456	0,456	0,456	0,456	0,456	0,456	0,456
Olajos forgács tömege m_n [g]	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Összes száraz tömeg m_0 [g]	90,949	83,408	77,027	71,558	66,818	60,785	59,010	57,337	55,757	54,263	52,847	51,503	50,227
Olajjal együtt nettó nedvességtartalom [%]	9,952	19,893	29,825	39,747	49,661	64,515	69,462	74,406	79,348	84,288	89,226	94,162	99,095
Különbség [%]	0,048	0,107	0,175	0,253	0,339	0,485	0,538	0,594	0,652	0,712	0,774	0,838	0,905
	1,477 %-os olaj vesztes a 12 órás szárítási ciklusban												
Olaj induló érték [g]	0,458	0,458	0,458	0,458	0,458	0,458	0,458	0,458	0,458	0,458	0,458	0,458	0,458
Olaj m_0 , 1,477%-os tömeg vesztes	0,451	0,451	0,451	0,451	0,451	0,451	0,451	0,451	0,451	0,451	0,451	0,451	0,451
Olajos forgács tömege m_n [g]	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Összes száraz tömeg m_0 [g]	90,944	83,403	77,022	71,553	66,813	60,780	59,005	57,332	55,752	54,258	52,842	51,499	50,222
Olajjal együtt nettó nedvességtartalom [%]	9,958	19,900	29,833	39,757	49,672	64,528	69,476	74,421	79,364	84,305	89,244	94,180	99,115
Különbség [%]	0,042	0,100	0,167	0,243	0,328	0,472	0,524	0,579	0,636	0,695	0,756	0,820	0,885

3. A láncfűrész mintavétel összehasonlítása fúrásos mintavétellel és a fakorongok szárításos eljárásával

A fúrásos és láncfűrész mintavételezéseket páronként mindig ugyanazon a fakorongon végeztük, tehát a nedvességtartalom eredmények így összehasonlíthatóak. Elsősorban a láncfűrész eljárás hatásaira voltunk kíváncsiak, mivel ez az elterjedt eljárás az iparban. A módszer egyszerű, gyors és egy jó adapter segítségével könnyen összegyűjthető a mintaforgács. Ezzel szemben a gyakorlatban fúrós mintavétellel nem találkoztunk, irodalmi említést nem találtunk rá. Ettől függetlenül egy alternatív módszerként kívántuk kezelni

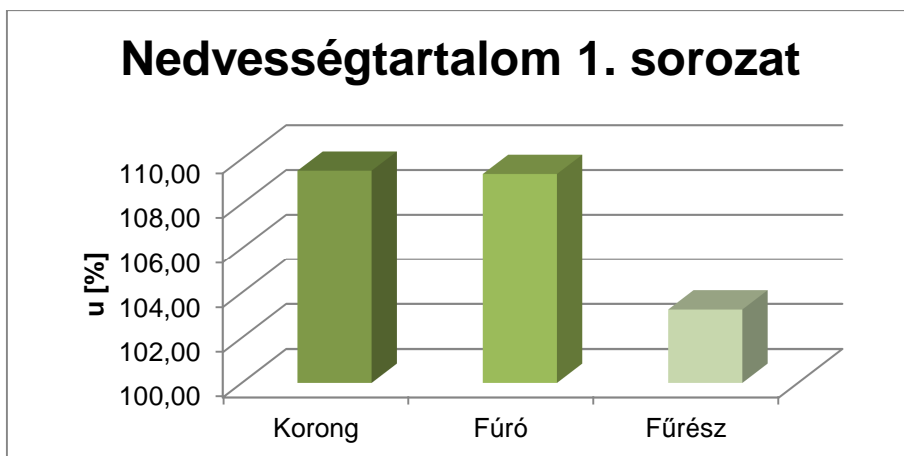


1. ábra A fúrós mintavételezés

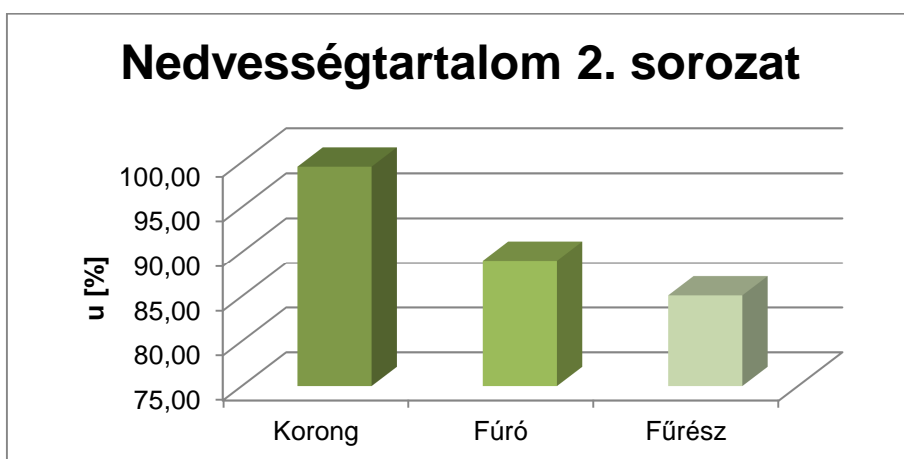


2. ábra A láncfűrész mintavételezés

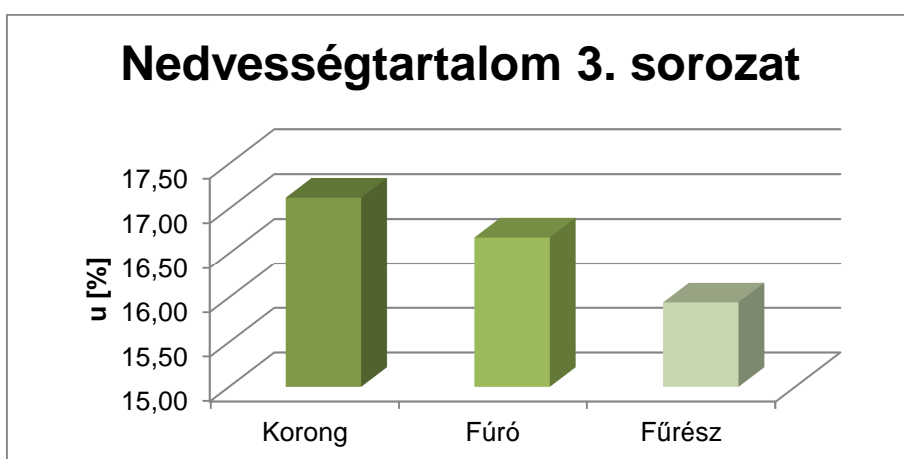
A fúróval történő mintavételezés átlagos értékét tekintve kisebb nedvesség veszteséget okozott, amely magyarázható a kisebb fordulatszámmal, illetve a fúrósár lényegesen nagyobb forgácsokat képezett, ezáltal kevésbé szárítva a mintát. A fúró kevesebb hő bevezetése mellett tud forgácsolni, mint a fűrész. A 1. és 2. ábra mutatja a mintavételezési eljárásokat. Az 5. összehasonlító táblázat illetve a 3., 4., 5. ábrák azt mutatják, hogy az átlagos nedvességtartalmi érték a fúrós mintavétel esetében mindig közelebb van, mint a láncfűrész esetében.



3. ábra Nedvességtartalmak összehasonlítása 1. sorozat



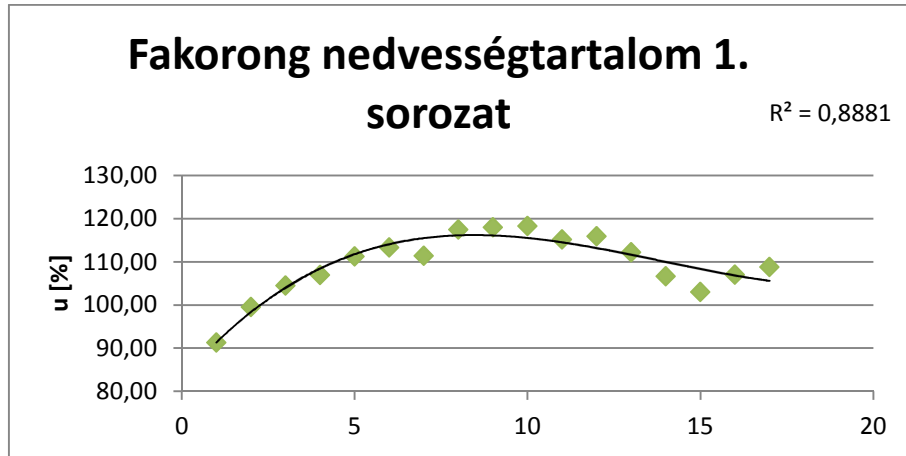
4. ábra Nedvességtartalmak összehasonlítása 2. sorozat



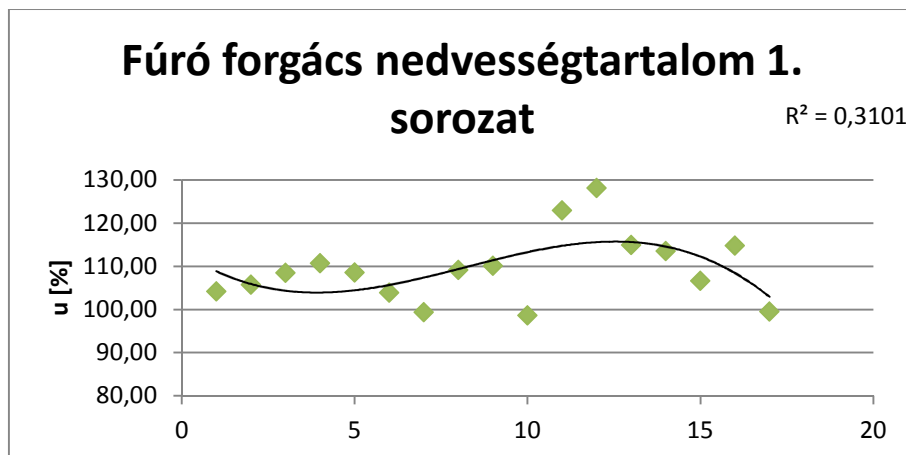
5. ábra Nedvességtartalmak összehasonlítása 3. sorozat

A nedvességtartalmak átlag értéke ebben az esetben nem fedi tökéletesen az egyes módszerek gyakorlati használhatóságát. Mélyebben vizsgálva az adatokat kiderül, annak

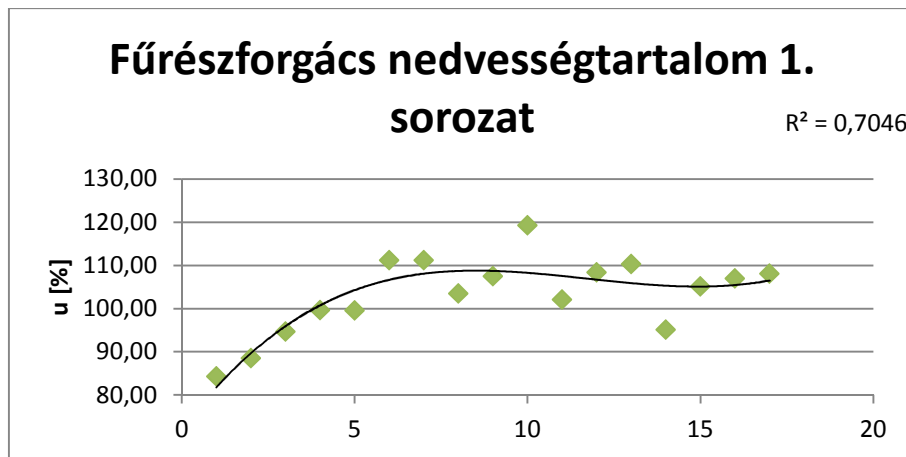
ellenére, hogy a fúrós mintavétel átlag eredményei jobban közelítenek a szárítási eljáráshoz, az egyes eredmények között igen nagy a szórás. Ezek szemléltetésére szolgálnak a 6., 7., 8. ábrák.



6. ábra Fakorongok nedvességtartalma 1. sorozat



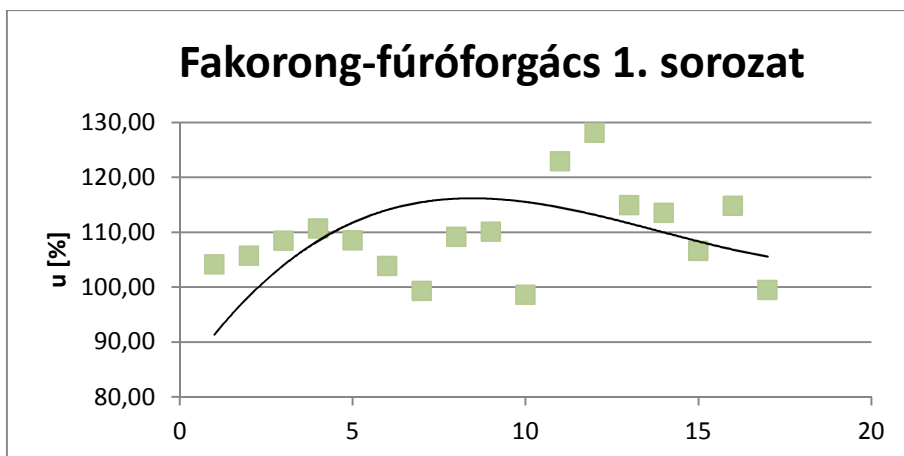
7. ábra Fúró forgács nedvességtartalma 1. sorozat



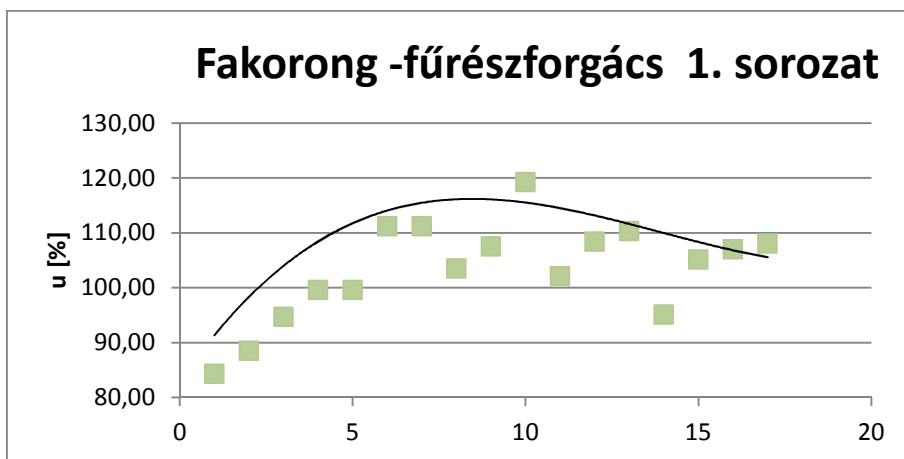
8. ábra Fűrészforgács nedvességtartalma 1. sorozat

A 8. ábrán a láncfűrész mintavétel eredményeit ábráztuk, amelyek láthatóan jobb eredményt hoztak, mint az előző eljárásé. Ez magyarázható azzal, hogy a fűrész mintavétel esetében két fő él forgácsol, amelyeknek a felmelegedése és hűlése ismeretlen mértékű, ez az egyes mérések között nagy szórást eredményezhet. A láncfűrész forgácsolása során számos él vesz részt folyamatosan a forgácsolásban a hűlésük is egyenletesebb, mint a fűrész esetében. A fűrész döntő többségében nagyméretű forgácsokat képez, illetve egy egészen kis frakciójú faport. A láncfűrész ezzel szemben egy egyenletesen kisméretű forgácsot képez, ezáltal jobb a mintában a nedvességtartalom eloszlása is. A fűrész során a teljes keresztmetszethez viszonyítva egy sugárirányú henger mentén vesszük ki a mintát. Ez okozhat eltéréseket a szárítási eljárásához képest, mivel e pont kiválasztása véletlenszerű így ez esetben esetleges a nedvesség eloszlása is. A láncfűrészrel, mivel a teljes keresztmetszet feléig vágjuk be a fakorongot, így egy fél keresztmetszetet súrolva nagyobb biztonsággal kapunk megbízhatóbb nedvességtartalmi értékeket. Annak ellenére, hogy az átlagos nedvességtartalmi adatok a fűrész minden esetben közelebbiek a fakorongéhoz, nem tekinthetjük az eredményeket a fűrész javára. Az átlag számítása elfedi azt a tényt, hogy a tényleges eredmények plusz és mínusz irányba is nagyban eltérnek egymástól. Ezáltal az eredmények akár véletlenszerűen kiegyenlítik egymást. E tény ismeretében ilyen formában nem tekinthetjük a fűrész mintavétel módszerét alternatívának a láncfűrészrel szemben.

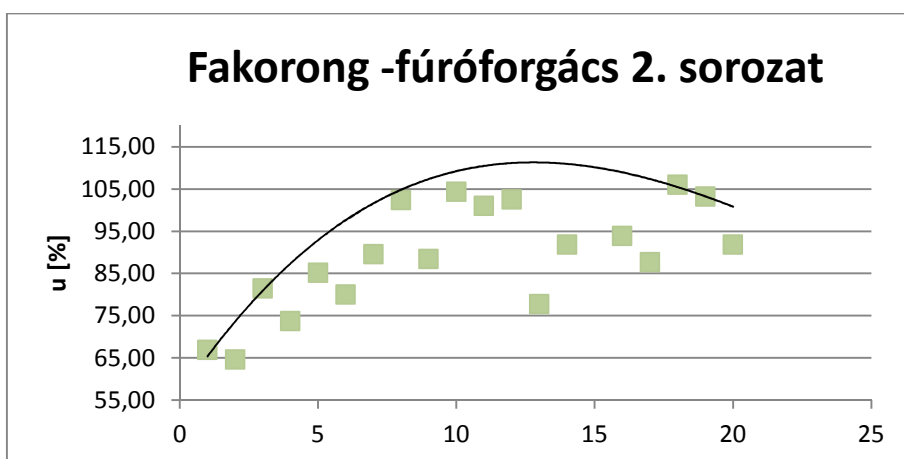
A 9.-14. ábrákon került feltüntetésre, hogy a fakorong nedvességtartalmi értékeire illesztett görbéhez képest a két alternatív mintavételi módszer nedvességtartalmi értékei hol helyezkednek el. A várakozásunk szerint a pontoknak a görbe alatt kell elhelyezkednie, mivel mindkét mintavételi eljárás során hőt közlünk, illetve más befolyásoló tényezők miatt is csak alacsonyabb nedvességtartalom jöhet szóba.



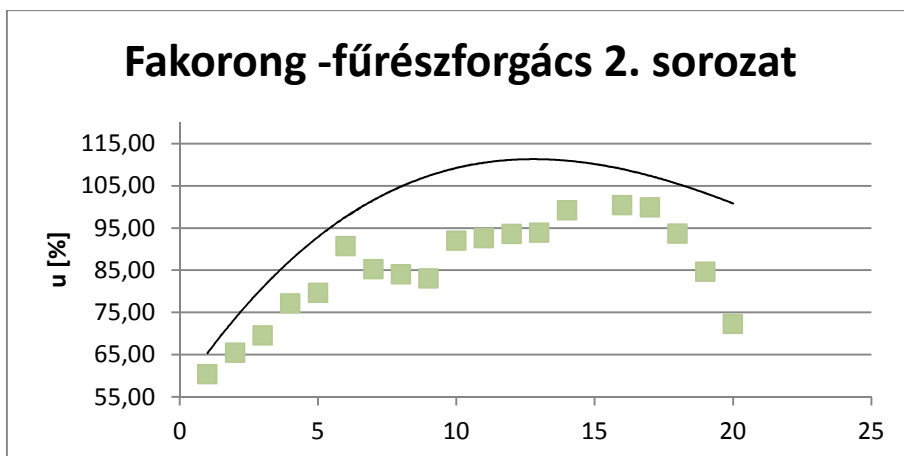
9. ábra Fakorong-fúrógács viszonya 1.sorozat



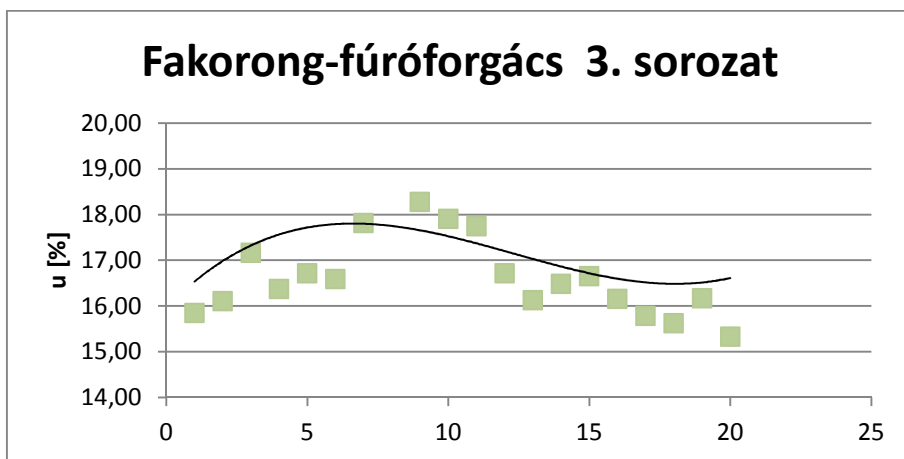
10. ábra Fakorong-fűrészforgács viszonya 1. sorozat



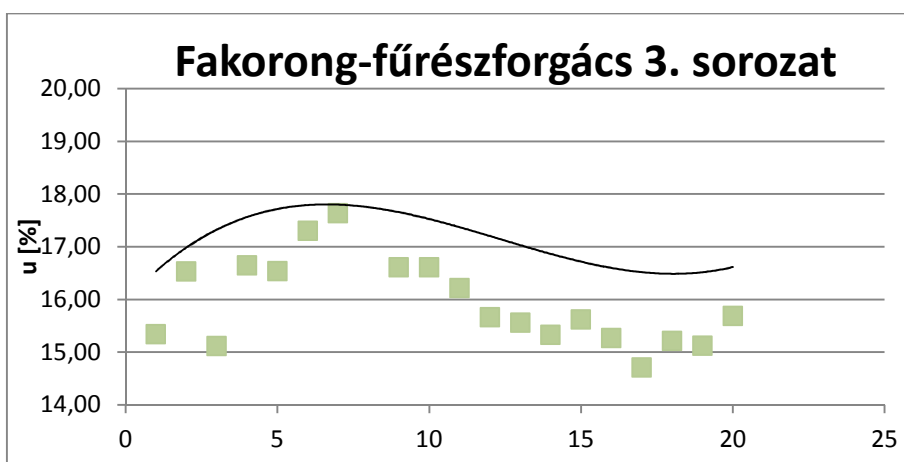
11. ábra Fakorong-fúrógács viszonya 2. sorozat



12. ábra Fakorong-fűrészforgács viszonya 2. sorozat



13. ábra Fakorong-fúróforgács viszonya 3. sorozat



14. ábra Fakorong-fűrészforgács viszonya 3. sorozat

Az első sorozat fakorong-fúróforgács viszonyát mutató 9. ábra kivételével minden esetben elmondható, hogy az ábrázolt pontok döntő többségében a fakorong átlagos nedvességtartalma alatt található. A mérési hibáktól eltekintve mindenképpen bizonyosságot nyert, hogy a mintavételi eljárások - főként a láncfűrész - komoly nedvességtartalom vesztést okoz a mintában. Emiatt a gyakorlati nedvességmérés során, ilyen módszer alkalmazása esetén egy korrekciós tényezővel kell számolni, amely a tényleges nedvességtartalom függvénye. Magas nedvességtartalom mellett ez 10% feletti érték is lehet. Az erdészetek sok esetben értékesítik magas nedvességtartalommal a sarangolt választékokat, tehát az elszámolásnál ezt a problémát is figyelembe kell venni. A korrekciós tényező pontos megadásához szükség van egy nagy mintaszám melletti kis nedvességtartalmi ugrásokkal elvégzett kísérletre.

A mérések azt igazolták, hogy a láncfűrész eljárás fenntartásokkal való kezelése helyénvaló és megalapozott.

Az 5. összesítő táblázat tartalmazza a mintavételi eljárások vizsgálata során kapott eredményeket és az azokat jellemző értékeket.

5. táblázat Összesítő táblázat

Eredmények összesítése								
	Átlag u [%]			Átlagtól való eltérés abszolút értéke		Regresszió		
	Korong	Fúró	Fűrész	Fúró	Fűrész	Korong	Fúró	Fűrész
1. sorozat	109,47	109,33	103,25	8,06	6,58	0,89	0,31	0,70
2. sorozat	100,25	89,21	86,58	11,75	13,68	0,95	0,63	0,82
3. sorozat	17,12	16,68	15,94	0,63	1,17	0,90	0,67	0,73

„A kutatás az Európai Unió és Magyarország támogatásával a TÁMOP 4.2.4.A/2-11-1-2012-0001 azonosító számú „Nemzeti Kiválóság Program – Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése konvergencia program” című kiemelt projekt keretei között valósult meg.”

Sopron, 2013. nov. 29

Mohácsi Kristóf
Nyugat- magyarországi Egyetem
Innovációs Központ