

# FAANYAGOK ROSTIRÁNYÚ TÖMÖRÍTÉSÉNEK KÍSÉRLETI KÖRÜLMÉNYEI – 2. RÉSZ

## RESEARCH CONDITIONS OF THE WOOD'S LONGITUDINAL COMPRESSION – PART 2

Báder Mátyás <sup>1\*</sup>, Prof. Dr. Németh Róbert <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Faanyagtudományi Intézet, Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és Művészeti Kar, Soproni Egyetem, Magyarország

---

### **Kulcsszavak:**

rostirányú tömörítés  
famodifikáció  
álgeszt  
nedvességtartalom  
fahajlítás

### **Keywords:**

longitudinal compression  
wood modification  
red heart  
moisture content  
wood bending

### **Cikktörténet:**

Beérkezett: 2017. szeptember 13  
Átdolgozva: 2017. október 5.  
Elfogadva: 2017. október 26.

---

### **Összefoglalás**

A cikksorozatban a különböző fafajok laboratóriumi körülmények közötti rostirányú tömörítését mutatjuk be. Ebben a részben ismertetésre kerülnek az álgesztességgel kapcsolatos problémák éppúgy, mint a tömörítéshez szükséges fanedvességnek és az ideális tömörítési sebességnek a meghatározása.

### **Abstract**

In this article series we describe the longitudinal compression of various wood species under laboratory conditions. This section describes the problems of the beech wood with redheart as well as the appropriate moisture content for the longitudinal compression and the ideal speed of the compression.

---

## 1. Bevezetés

A faanyagok rostirányú tömörítésének célja azok hajlékonyabbá tétele. A fát inhomogén szálerősítésű kompozitként kezelve, a rostok hossztengegyével párhuzamosan összenyomva a fát tömörítést hajtunk végre. A művelet hatására kisebb erővel, egyúttal nagyobb mértékben válik hajlíthatóvá a minta. A thonet-féle eljárásnál a gőzből kivéve azonnal kész formára kell hajlítani a faanyagot mielőtt az lehülne. Ezzel ellentétben a tömörítéssel technológia óriási előnye, hogy az így kezelt faanyag készletezhetővé válik és szobahőmérsékleten is hajlítható állapotban marad.

A keménylombos fafajok (pl. tölgy, bükk, kőris, juhar, afzélia) bizonyultak hosszirányban tömöríthetőnek [1]. Ezek közül a gyakorlatban is gyakran alkalmazott, valamint könnyen hozzáférhető kocsánytalan tölgyet (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl.), és bükköt (*Fagus sylvatica* L.) vizsgáltunk. Magas minőségű alapanyag szükséges, sokszor a jelentéktelennek tűnő fahibák is komoly problémákat okoznak. A rostirányú tömörítés akkor valósítható meg, ha a munkadarab egyenes állapotban marad a préselési folyamat alatt és előzetesen rostlágúytáson esik át. Ezt az állapotot a kísérletek során légköri nyomáson történő gőzöléssel értük el. A tömörítő berendezésben a 90 - 100 °C belső hőmérséklet megfelelő a behelyezett próbatest plasztifikált állapotban tartásához. A teljes hosszhoz mért 20% arányú tömörítést követően a fa visszanyeri eredeti hosszának jelentős részét, azaz visszazugózik.

---

\* Kapcsolattartó szerző. Tel.: +36 99 518 187; fax: +36 99 518 647  
E-mail cím: bader.matyas@phd.uni-sopron.hu

## 2. Vizsgálati módszer

### 2.1. Álgesztesség hatása a bükk faanyag tömöríthetőségére

Az álgeszt néhány fafajra – pl. a bükk, csertölgy, juhar – jellemző jelenség, általában szabálytalan alakú elszíneződésként figyelhető meg. Különböző anyagok, ún. extraktanyagok rakódnak le a fatestben, ezek okozzák az elváltozásokat. A bükk álgesztessége nem csak színbeli eltérést okoz, hanem a nedvességfelvételben és minimálisan a mechanikai tulajdonságokban is változásokat eredményez [5]. Ezeken keresztül hatással volt a kísérleteink során a tömöríthetőségre. A cikksorozat első részében [3] az álgeszttel kapcsolatban tanulmányozott problémák összefüggésben lehetnek a nedvességfelvételi képesség változásával.

### 2.2. A nedvességtartalom hatása a tömörítés sikerességére

Rosttelítettségi állapotnak nevezzük a faanyagot azt a nedvességtartalmi állapotát, amikor sejtfalakban található mikroszkopikus üregek telítődnek vízzel, de a sejtfal által határolt sejtüregben még nem található szabad víz. A fatest száraz tömegéhez mérten százalékosan fejezzük ki a rosttelítettségi állapothoz szükséges víz mennyiségét, mely fafajonként eltérő. Az abszolút száraz állapottól eddig a pontig változnak a faanyagok méretbeli- és mechanikai tulajdonságai [6]. A minták nedvességtartalma szárítószekrényes eljárással lett meghatározva a vonatkozó magyar szabvány [7] szerint. A kísérletek alapján lényeges befolyással bír a minta nedvességtartalma a faanyag tömöríthetőségére.

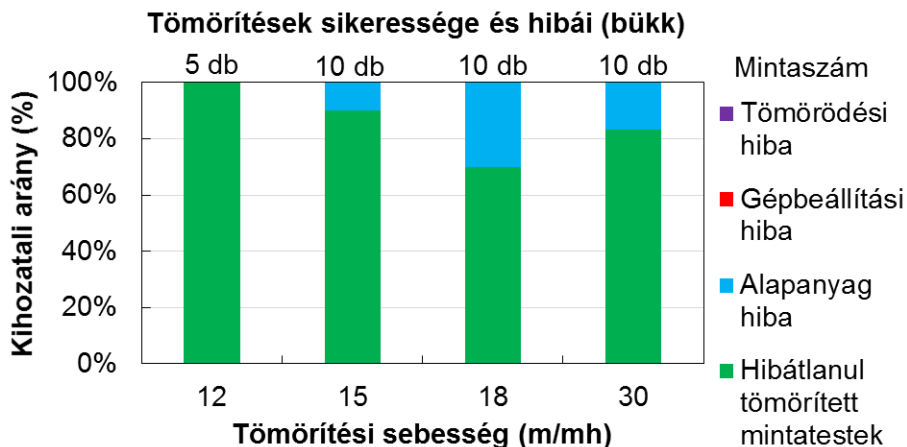
### 2.3. Optimális tömörítési sebesség

A rostirányú összenyomás sebessége a termelékenység és a minőségi kihozatal szempontjából egyaránt rendkívül fontos. A tömörítések Instron 4208 (Instron Corporation, USA) típusú univerzális anyagvizsgáló gépen készültek. Ennél a berendezésnél pontosan és egyértelműen megadható mm/min mértékegységben a műveleti sebesség a 200 mm hosszúságú próbatestek tömörítéséhez. Azonban a laboratóriumban és az iparilag tömörítésre kerülő különböző alapanyag hosszok és alkalmazott műveleti idők objektív összehasonlításához a  $\left[\frac{m}{m \cdot h}\right]$  mértékegység bevezetése vált szükségessé, amely egységesen tudja kezelni a lényegesen eltérő alapadatokat. A tömörítés relatív sebessége kifejezi alapvető mértékegységek alkalmazásával, hogy a próbatest egy méterére vetítve mennyit tömörödik óránként, vagyis egységnyi idő alatt egységnyi hosszban mekkora rövidülést szenved el a faanyag. Az előzőekben ismertetett relatív sebesség a tömörítési aránytól független adat, de mivel utóbbi is lényeges tényező, célszerű külön megadni az eredeti hosszhoz viszonyított rövidülés százalékában [%].

## 3. Eredmények, tárgyalás

### 3.1. Álgesztesség hatása a bükk faanyag tömöríthetőségére

A cikksorozatban bemutatásra kerülő rostirányú tömörítési kísérletek tartalmaztak álgesztet bükk faanyagot is. Az 1. kísérletsorozatban a bükk minták teljes mennyisége 120 db volt, ebből álgesztet 26 db és tönkrement közülük 20 db (76,9%), míg a 2. kísérletsorozat 35 bükk mintatestet tartalmazott melyből 11 db volt álgesztet, ezek közül 7 db ment tönkre (63,6%). Utóbbi kísérletsorozat próbatestjeinek nedvességtartalmi és minőségi állapota kifogástalan volt, az előforduló rostelválások és megrogyások kizárólag az álgesztnek tudhatók be (1. ábra). A Biró [4] által javasolt minősítés szerint, a felhasznált famintákban kizárólag egészséges álgeszt volt jelen.



1. ábra. Tömörítések kihozatala és hibatípusok előfordulása bükk fafaj esetén – 2. kísérletsorozat

A legtöbb esetben rostelválásos jelenség figyelhető meg. Mindig az álgesztésedett rész károsodik előbb (2. és 3. ábra), és esetenként az anyaggyengülés miatt továbbterjed a repedés az egészséges területre. Sokszor kiindulópontja az álgesztés rostelválás az egész keresztmetszetre kiterjedő nagymértékű károsodásnak, rostelcsúszásoknak, megrogyásnak. A faanyagok hosszirányú tömöríthetőségét jelentősen befolyásolja, gátolja a jelenség.



2. ábra. Megrogyások az álgesztben, míg a fölötte látható álgesztmentes rész sértetlen



3. ábra. Repedések az álgeszt erősen elszíneződött részében

Az eddigi vizsgálatok alapján a rostlágyítás módja nem volt hatással az álgesztés rész tönkremenetelére. A normál mintáknak megfelelő légköri- és túlnyomásos plasztifikálás nem hozott kielégítő eredményt, míg az álgesztés faanyaggal végzett kétszeres időtartamú, túlnyomáson történő gőzölésének szintén nem lett jobb kimenetele.

### 3.2. A nedvességtartalom hatása a tömörítés sikerességére

Az alapanyag kiindulási nedvességtartalma rendkívüli jelentőséggel bír. A kisebb vízmennyiséget tartalmazó próbatesteknél sok esetben rostelválások jelentek meg a tömörítés során. Továbbá a túl alacsony nedvességtartalom a gőzölés folyamán emelkedik, növelve a

faanyag méreteit, a vetemedési lehetőséggel együtt újabb hibalehetőségeket generálva. A minták oldalirányú méretei a laboratóriumi berendezés esetében kiemelt fontosságúak. A tömörítés közbeni alacsony méret esetén az oldaltartás hiánya miatt károsodhat a próbatest, míg túlméret következtében a minta végei lelógnak a nyomófelületekről, sok esetben a 4.c ábrán is látható hosszirányú repedést elindítva. A tömörítési folyamat alatt bekövetkező kihajlások és a gép keresztmetszeti tőrészetára folytán a sík- és térgörbe minták nem tömöríthetők hosszirányban.



4. ábra. Példák a tömörítési hibákra (a: alacsony tömörítési sebesség miatti elakadás okozta megrogyás; b: rostkifutás miatti repedés; c: nyomólapok alóli kilógás okozta hasadás) [3]

A kísérletekhez használt bükk minták nedvességtartalmának átlaga 30,3% volt [3], mely a szakirodalom szerinti rosttelítettségi határ alatti (35,6%) [6]. 22,0 – 42,6% közötti kiindulási nedvességtartalmak egyaránt előfordultak a jól sikerült és a hibás tömörítések között is. Tölgy esetében 29,3 – 66,7% közötti kezdeti nedvességtartalmak találhatóak meg 52,0%-os átlaggal [3], amely a szakirodalmi rosttelítettségi határ duplája [6].

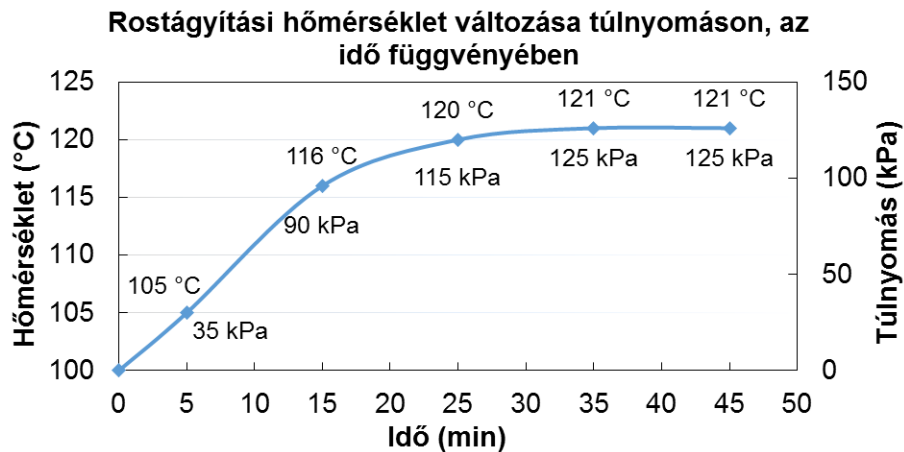
A rosttelítettséghez közeli nedvességtartalom közvetlenül nem befolyásolta a tömörítések sikerességét. Ez igazolja a szakirodalmi megállapítást, mely szerint a rosttelítettségi állapotnál alacsonyabb nedvességtartalmú faanyag is felhasználható tömörítési célra [1]. Azonban a plasztifikálásnál elszenvedett vetemedés és keresztmetszeti méretváltozás sok esetben okozott problémát, ami az alacsony kiindulási nedvességtartalomra vezethető vissza. Öt esetben nem fért bele a tömörítő gépbe a minta, holott az összes egy időben, azonos gépbeállítással készült, a kiindulási keresztmetszeti méreteik 1 mm-en belüli ingadozással azonosak voltak. Ekkora változékonyságot a tömörítő berendezés képes tolerálni, azonban a nedvességfelvétel okozta jelentős alak- és méretváltozásokat már nem minden esetben. A nedvességtartalmi problémákat bizonyítja a tölgy minták lényegesen jobb kihozatala is, hiszen az 1. táblázatból leolvasható értékek szerint a bükk próbatestekhez viszonyítva lényegesen magasabb volt a nedvességtartalmuk, miközben alacsonyabb a fafaj rosttelítettségi határértéke (24,5%) [6]. Továbbá a bükknél sokszor előforduló bütürepedésből arra lehet következtetni, hogy a

próbatesteken belül a nedvességeloszlás nem volt egyenletes. A tömörítés előtt megjelenő végrepedések, vagy akár csak hajszálrepedések a tömörítés hatására minden esetben nagyméretű, hosszanti repedésekké növekedtek (5. ábra).



5. ábra. Száradási bütürepedésből a tömörítés következtében létrejött hosszanti hasadás

A tömörítési nedvességtartalmat a rostlágyítás határozta meg, melynek során a fanedvesség a kiindulási nedvességtartalom függvényében módosult, csökkent vagy emelkedett. A minták lágyítása gőzölő edényben történt. Az edénybe helyezés után - folyamatos emelkedéssel - legkésőbb 30 perccel állandósultak a hőmérsékleti- és nyomásértékek (6. ábra). Légköri nyomáson 101 °C hőmérsékleten, valamint 125 kPa nyomáson 121 °C hőmérsékleten folyt a plasztifikálás. A különböző lágyítási módok eredményei között nem mutatkozott szignifikáns különbség.



6. ábra. A gőzölés hőmérséklete és nyomása az idő függvényében

### 3.3. Optimális tömörítési sebesség

Az első, 3 mm/min sebességű rostirányú tömörítések közben a próbatestek jelentős részénél rostelválás, majd ebből kiindulva az anyag megrogyása következett be (4.a ábra). A plasztifikált faanyag teljes hosszúsághoz viszonyított 20% mértékű összepréselésekor a minta rostjai oldalirányban kihajoltak és a próbatest akár több helyen is nagy erővel az oldalfalhoz nyomódott. Emiatt nem tudta teljes hosszban a tömörítő erőt továbbadni, és már csak a nyomófej felőli résznek volt lehetősége tömörödni, valamint tovább degradálódott a károsodott keresztmetszeti rész. Rövidebb szakasz viselte a teljes mintahosszra szánt rövidülést, amely emiatt akár további helyeken is tönkrement. A következő lassú tömörítéssel foglalkozó kísérlet kihatatala szintén nagyon alacsony, csupán 50% lett annak ellenére, hogy az első kísérletsorozatban meghatározott ideális anyagminőséggel és gépbeállításokkal történtek a műveletek. Nem célszerű tehát alacsony tömörítési sebességét választani, mert a rendelkezésre álló időben még jó minőségű alapanyag esetében is gyakran fordul elő hiba – például a nagymértékű rostelválás – és oldalirányban torzul a minta. Utóbbi tönkremenetetelt jelent, és a hossz mentén egyenletes tömörödést is nagy eséllyel megakadályozza.

Ezzel szemben a túl nagy sebességgel végzett rostirányú tömörítés ritkán okoz szemmel látható sérüléseket. Éppen emiatt nagy veszélyt hordoz magában, ugyanis hiba esetén – pl. a rostkifutás miatti elhasadás – a sebesség növekedésével arányosan rövidebb ideje van a

gépkezelőnek beavatkozni. Ekkor a tönkrement anyag például ékként feszítve károsíthatja a berendezést (4.b ábra).

A tömörítési sebesség univerzális mértékegységét (1) alkalmazva és szakirodalmi adatokat felhasználva kiszámítható, hogy a nagy alapanyag keresztmetszettel és hosszal dolgozó ipari berendezések  $0,5 - 5,0 \frac{m}{m \cdot h}$  sebességgel tömörítenek [2]. Ezzel szemben a laboratóriumi berendezés a mintaként használt kicsi,  $20 \times 20 \times 200$  mm méretű faanyagot  $5,4 - 30 \frac{m}{m \cdot h}$  sebességgel préselte sikeresen a bemutatott kísérletsorozat folyamán. A különbség az eltérő tömörítési technológiának és alapanyag keresztmetszeteknek tudható be. Utóbbi jelentősége abban rejlik, hogy a nagyobb keresztmetszet és a nagyobb sebesség egyaránt magasabb nyomást igényelnek a tömörítés kivitelezéséhez. A préselési nyomás redukálható több paraméter, praktikusán a sebesség csökkentésével, amely jelentős költségmértékű tényező lehet. Másrészt a faanyag a rostirányú préseléskor fellépő súrlódások következtében összetett igénybevételnek van kitéve, amit a mérethatás miatt nagyobb keresztmetszetek esetén jobban tud tolerálni. Nagyobb méretekben a lassú tömörítés kevésbé torzítja a próbatestet oldalirányban, kevésbé jelenik meg rostelválás, ami részben az adott sebességre fejlesztett ipari technológia hatása is.

#### 4. Következtetések

Álgesztes bükk faanyagnál számszerűsített tapasztalatok szerint a legjobb esetben, amennyiben az álgeszt csak nyomokban – felületen vagy élen – található meg, egyúttal világos színű, ebből következően alacsonyabb extraktanyag tartalmú, akkor nem minden esetben károsodik a tömörítés következtében. Átlagosan 73,0% arányban mentek tönkre a tömörítés során az álgesztes bükk minták, amely alapján kijelenthető, hogy a bükk faanyag tömörítésekor nagy eséllyel megjelenő hibák miatt az álgeszt minden formája kerülendő.

A rostirányú tömörítés előkészületeként mindenképpen szükséges a plasztifikálás. Amennyiben ekkor nagymértékű nedvességtartalom változás következik be, az rontja a kihozatali eredményeket. Természetesen nem vezethető vissza minden hiba a nedvességtartalomra, de utóbbi nagymértékben hozzájárult a bemutatott kísérletek magas selejtszámához. Az alacsony kiindulási nedvességtartalom bizonytalanabbá teszi a sikeres kimenetelt, míg a végek túlszáradása a minta tönkremeneteléhez vezet.

Megállapítható, hogy az alacsony és a magas tömörítési sebesség is hibákat okozhat és a megoldás a helyes középút megtalálása, azaz a termelékenység érdekében a legmagasabb sebességé, ami megfelelő kihozatalt és minőséget garantál a biztonságos géphasználat mellett. Ez a laboratóriumi tömörítő berendezés esetében  $9-18 \frac{m}{m \cdot h}$  sebességet jelent.

#### Köszönetnyilvánítás

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.2-16-2017-00018 („Termeljünk együtt a természettel - az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség”) projekt támogatta. Köszönet illeti Varga Dániel faipari mérnök hallgatót a 2. kísérletsorozatban végzett munkájáért.

#### Irodalomjegyzék

- [1] Báder M. (2015) Faanyag rostirányú tömörítésével kapcsolatos elméleti és gyakorlati kérdések áttekintése. I. rész: Az alapanyagok és előkészítésük, a tömörítés elmélete. FAIPAR 63(1): 1-9. (ISSN:0014-6897, DOI: 10.14602/WOODSCI.2015.1.8)
- [2] Báder M., Németh R., Ábrahám J. (2015) Faanyag rostirányú tömörítésével kapcsolatos elméleti és gyakorlati kérdések áttekintése. II. rész: Történelem és szabadalmak. A tömörítési folyamat tulajdonságai és a tömörítést követő eljárások. FAIPAR 63(1): 10-20. (ISSN:0014-6897, DOI: 10.14602/WOODSCI.2015.1.13)
- [3] Báder M., Németh R. (2017) Faanyag rostirányú tömörítésének kutatási körülményei – 1. rész. Gradus (megjelenés alatt)
- [4] Biró B. (2004) A bükk álgesztesedés vizsgálata a Somogyi Erdészeti és Faipari Részvénytársaság erdőállományaiban. Doktori értekezés, Nyugat-magyarországi Egyetem Roth Gyula Erdészeti és Vadgazdálkodási Tudományok Doktori Iskola, Sopron, 121 o.
- [5] Divós F., Göncz B. (2015) Bükk (*Fagus sylvatica*) álgeszt kimutatása elektromos feszültség- és ellenállásméréssel. FAIPAR 63(2): 29-35. (ISSN:2064-9231, DOI: 10.14602/WOODSCI.2015.2.40)

- [6] Molnár S. (1999) Faanyagismeret. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest, 192. o.
- [7] MSZ 6786/2-1988 (1988) Faanyagvizsgálatok. Nedvességtartalom meghatározása.