



Study of Shrinkage, Swelling and Preservative Uptake of Beech and Turkey Oak Woods by Pre-Vacuum Wood Preservative Impregnation Processes

Luca Buga-Kovács and Norbert Horváth

EasyChair preprints are intended for rapid dissemination of research results and are integrated with the rest of EasyChair.

December 19, 2023

BÜKK ÉS CSERTÖLGY FAANYAGOK ZSUGORODÁS- DAGADÁSÁNAK ÉS ELŐVÁKUUMOS FAANYAGVÉDŐSZERES TELÍTÉSI ELJÁRÁSOK ÁLTAL ELÉRT VÉDŐSZERFELVÉTELÉNEK VIZSGÁLATA

STUDY OF SHRINKAGE, SWELLING AND PRESERVATIVE UPTAKE OF BEECH AND TURKEY OAK WOODS BY PRE-VACUUM WOOD PRESERVATIVE IMPREGNATION PROCESSES

Buga-Kovács Luca ^{1*}, Horváth Norbert ²

¹ Faipari és Műszaki Intézet, Faipari Mérnöki és Kreatívipari Kar, Soproni Egyetem, Magyarország, 0009-0001-4491-0773

² Faipari és Műszaki Intézet, Faipari Mérnöki és Kreatívipari Kar, Soproni Egyetem, Magyarország, 0009-0006-4332-0612

Kulcsszavak:

dupla-vákuum eljárás,
Bethell-eljárás,
védőszerfelvétel,
zsugorodás, dagadás
bükk (*Fagus sylvatica*),
csertölgy (*Quercus cerris*)

Keywords:

double-vacuum process,
Bethell-process,
preservative uptake,
shrinkage, swelling,
beech (*Fagus sylvatica*),
turkey oak (*Quercus cerris*)

Cikktörténet:

Beérkezett 2023. augusztus 30.
Átdolgozva 2023. november 10.
Elfogadva 2023. október 27.

Összefoglalás

Kutatómunkánk célja az volt, hogy összehasonlítsuk a közönséges bükk (*Fagus sylvatica*) és a csertölgy (*Quercus cerris*) fatestének VAV és Bethell-eljárásokkal történő kezelését, valamint egyes fizikai tulajdonságaikat (zsugorodás, dagadás). A bükkök és tölgyek gyakran alkalmazott vasúti talpfa anyagok. A rajtuk alkalmazott menetrendeket Reinprecht [14] nyomán határoztuk meg. A csertölgyek kevésbé gyakran alkalmazott faj az iparban, ezért célunk volt az is, hogy bővítsük a kezelhetőségére vonatkozó tudományos adatokat. A vákuumos és vákuum-túlnyomásos telítési eljárások elvégzéséhez a CEN EN 14734 [12] szabványban meghatározott 5%-os réz-szulfát desztillált vizes oldatot alkalmaztuk. A vizsgált pallók gesztes részéből alakítottuk ki a telítési próbatesteket.

Abstract

The aim of our research was to compare the treatment of beech (*Fagus sylvatica*) and turkey oak (*Quercus cerris*) xylem by double-vacuum (a. k. a. VAV) and Bethell processes and some of their physical properties (shrinkage, swelling). Beech and oak are commonly used as railway sleepers. The schedules used on them were determined following Reinprecht [14]. Turkey oaks are a less used wood species in industry, so we also aimed to increase the scientific data on their impregnability. To perform the vacuum and vacuum-pressure saturation procedures, we used a 5% copper sulphate distilled aqueous solution as defined in CEN EN 14734 [12]. The impregnation test specimens were formed from the heartwood part of the tested planks.

* Kapcsolattartó szerző. E-mail cím: kovacs.luca@phd.uni-sopron.hu

Bevezetés

Az emberiség ősidők óta használja a különböző fákat a rájuk jellemző tulajdonságok figyelembevételével, melyek szerint egy adott fafajt vagy farészt úgy választanak bizonyos célra, hogy azzal a legjobb teljesítményt érhessék el. Mivel a fa természetes termék, melynek minőségét sok tényező befolyásolja, ezért a kívánt funkcionalitás elnyeréséhez alakítani kell [13]. A faanyagok kémiai módosítása céltól függően a 20. század közepétől kapott nagy hangsúlyt [4]. A modifikációk célja a faanyag gyengeségeinek kiküszöbölése, amelyek többek között főként a nedvességérzékenységgel, az alacsony méretstabilitással, a keménységgel és a kopásállósággal, a farontó organizmusok (gombák, rovarok, termeszek, tengeri fűrőkaagylók) okozta biológiai károsodással szembeni alacsony ellenállással függenek össze [13]. A faanyag teljesítményét ugyanis korlátozzák ezek a rontó tényezők [1].

A faanyagok tartósságának javítását célzó faanyagvédőszeres eljárások közül a nyomás alatti impregnálási metódusok a legfontosabb, legsikeresebb ipari módszerek [15]. Ezek a megelőző vegyi védelmet nyújtó autokláv eljárások lehetőséget nyújtanak nagyobb keresztmetszetű faanyagok, többek között vasúti talpfák, távközlési- és elektromos elosztó oszlopok, kerítésoszlopok, palánkok, szőlőkarók, kerti bútorok, hídgerendák, bányatámfák megőrző kezelésére [2][14]. A légszáraz faanyag vákuumnyomásos impregnálása során a vegyi védelmére szolgáló vákuumnyomásos technológiák a vákuum (V), a légköri nyomás (A) és a pozitív nyomás (P) fokozatok szabályozásában különböznek egymástól. A fokozatok megfelelő szabályozásával biztosítják az oldószer és a hatóanyag(ok) szükséges behatolását és visszatartását a fában. A szakirodalom több jól ismert vákuumnyomásos technológiát említ, melyek közül a gyakorlatban különösen a PPV és a VPV menetrendek használatosak. A PPV menetrendek közül említendők a Lowry, másként PV (pozitív nyomás a folyadékra-vákuum), valamint a Rüping, másként PPV (pozitív nyomás a fára- pozitív nyomásra folyadékra-vákuum) eljárások. A vizsgálatok tárgyát képező elővákuumos eljárások közé tartozik a VAV (vákuum-atmoszférikus nyomás a folyadékra-vákuum) és a Bethell, vagy VPV (vákuum- pozitív nyomás a folyadékra-vákuum) eljárások. Az említett főbb eljárások variálásával léteznek kombinált technológiák is, például a kettős-Rüping eljárás [14].

A két vizsgált fafaj tartóssági besorolása az MSZ EN 113 szabvány [8] nyomán a tölgyek esetén ellenálló, a bükk esetében nem ellenálló. Ugyanakkor a csertölgy tartóssága a nemestölgyekétől elmarad [7]. A természetes tartósság növelése kivitelezhető faanyagvédőszeres alkalmazásával, amelyre befolyással bír a különböző faanyagok kezelhetősége. A faanyagok kezelhetőségi besorolását az MSZ EN 350 szabvány [9] tartalmazza, amely szerint a bükk az 1-es (könnyen telíthető) impregnálhatósági osztályba tartozik, a tölgyek pedig a nehezen impregnálható, 4-es osztályba sorolandók. A besorolás a faanyagok gesztjére vonatkozik. A legtöbb fa szijácsa fafajtól függetlenül az 1-es osztályba sorolandó. Az említett szabvány [9] szerint feltételeztük, hogy a két fafaj közül a tölgy esetében, valamint a két menetrend közül a VAV-eljárás esetén tapasztalunk kisebb mértékű tömeg-, illetve réz-szulfát-felvételt.

Anyagok és eljárások

A vizsgálatokhoz használt faanyagok egy-egy szélezetlen bükk- és csertölgy-palló voltak. A pallók minimális szélessége 28-31 cm körüli, vastagsága 51-53 mm közötti volt. A csertölgy palló kiindulási hossza meghaladta 3 métert, a bükk pallóé a 2,5 métert. A könnyebb feldolgozhatóság érdekében a pallókat 3 (tölgy), illetve 2 darabba (bükk) vágtuk szalagfűrészgépen, majd betároltuk a próbatestek gyártásáig. A pallókból 20×20×30 mm anyagvizsgálati (zsugorodás-dagadási), illetve a CEN EN 14734 szabványban [12] meghatározott keresztmetszeti méretű, 40×40×240 mm nagyságú telítési próbatesteket alakítottunk ki szalagfűrészgép, egyengető gyalu illetve körfűrészgép használatával.



1. ábra. Anyagvizsgálati próbatetek végleges méretének kialakítása (bal) és elkészült telítési próbatetek (jobb)

A CEN EN 14734 szabványban [12] meghatározott réz-szulfát 5%-os desztillált vizes oldatát alkalmaztuk a telítési vizsgálatok végrehajtáshoz. Ugyan a legtöbb napjainkban használatos faanyagvédőszer-hatóanyag, többek között a réz-, króm-, arzenát- és cink vegyületek is mérgező hatásúak emberre, állatra és környezetre [3], jelen kísérletek során a faanyagok kezelése – és ártalmatlanítása – védőfelszerelésben és körültekintően történt. Az említett szabvány [12] a benne meghatározott indikátor oldat, króm-azurool S és nátrium-acetát desztillált vizes oldatának alkalmazásával lehetőséget nyújt a penetráció vizuális értékelésére is, viszont ezeket az eredményeket jelen cikkben nem, csak a tömegfelvételi eredményeinket publikáljuk.

A faanyagok telítése a Soproni Egyetem Faipari Mérnöki és Kreatívipari Karához tartozó vákuum-túlnyomásos telítőhengerben zajlott. A vizsgálatok tárgyát képező elővákuumos telítési eljárásokhoz használt berendezés egy vízszintes elrendezésű, rozsdamentes kazánlemezből készült arányos tartály, amelynek az egyik edényfeneke karimás kötéssel, a másik hegesztéssel kapcsolódik a nyomástartó edény köpenyéhez. A karimás kötés 12 hatlapfejű csavarral történik. Az ergonomikus munkavégzés segítésére a készüléknyereg szokatlanul magas. A tartály aljában található egy sínpár, amelyen a telítőkádat be lehet tolni a hengerbe. Az henger üvegyapot hőszigetelését kívülről alumínium lemezzel burkolták. A telítőhenger köpenyén több kialakított csőcsomok található különböző átmérőkkel, melyek segítségével megoldható a túlnyomást biztosító kompresszor, a vákuumszivattyú és a nyomásmérő műszerek csatlakoztatása. A berendezés használatakor a tartályban zajló folyamatok vezérlése egy nagyméretű kapcsolótáblával történik, amely egy PLC közbeiktatásával mágneskapcsolókkal kapcsolja ki/be a vákuumszivattyút [5]. A hengerben uralkodó nyomás, illetve vákuum méréséhez a henger tetején található a mérőórák, valamint a szabályozásukhoz használatos csapok.



2. ábra. A vákuum-nyomásos kezelőhenger (bal) és szabályozó csapjai, mérőórái (jobb)

A VAV- és Bethell-telítési kísérletek elvégzéséhez fafajonként és kezelésként 10-10 darab, 40×40×240 mm nagyságú geszt próbatestet használtunk. A henger kinyitása után a telítőkádba helyezett edényekbe tettük a próbatesteket hézagolással, majd lesúlyoztuk őket. Ezután a kezelőedényeket felöntöttük a réz-szulfát oldattal, hogy az bőven ellepje a próbatesteket. A berendezés bezárását követően a vákuumszivattyú bemelegedése után indítottuk el az aktuális kezelést. A két telítési menetrend paramétereit a következő táblázat foglalja össze.

1. Táblázat. A telítési eljárások paramétereit

Eljárás	VAV-eljárás	Bethell- eljárás
elővákuum	200 mbar / 30 perc	200 mbar / 60 perc
nyomás	atmoszférikus / 60 perc	8 bar / 60 perc
utóvákuum	100 mbar / 30 perc	600 mbar / 30 perc

Módszerek

Az anyagvizsgálati próbatestek közül az anatómiai irányok szerint megfelelően végeztük el a zsugorodás és a dagadás vizsgálatát az MSZ 6786-9: 1989 [10] és MSZ 6786-18: 1989 [11] szabványokra támaszkodva. A zsugorodás-dagadás meghatározásához alkalmazott összefüggések a következők [7]:

Dagadási jellemzők (%):

Vonalas értékek:

$$d_{h,s,r} = \frac{l_u - l_0}{l_u} \cdot 100 \quad (1)$$

Térfogati dagadás:

$$d_V = \frac{(100+d_h) \cdot (100+d_s) \cdot (100+d_r)}{10^4} - 100 \quad (2)$$

Zsugorodási jellemzők (%):

Vonalas értékek:

$$z_{h,s,r} = \frac{l_u - l_0}{l_0} \cdot 100 \quad (3)$$

Térfogati zsugorodás:

$$z_V = 100 - \frac{(100-z_h) \cdot (100-z_s) \cdot (100-z_r)}{10^4} \quad (4)$$

ahol: l = vonalas méretek, húr-, sugár-, és rostirányokban,
 l_u = rosttelítettségi határ feletti nedvességtartalomnál,
 l_0 = abszolút száraz állapotban.

A normál klímához tartozó védőszerfelvétel meghatározásához a minták kiindulási tömegét klimatizálást követően, közvetlenül a réz-szulfát oldattal való telítést megelőzően digitális mérlegen mértük, két tizedes pontossággal. A VAV és Bethell eljárásokat követően ugyanazon a mérlegen mértük a lecsepegtetett próbatestek tömegeit. A telítés előtt és után mért tömegek különbségéből számítva a felvett réz-szulfát oldat tömege [6]:

$$\Delta m = m_u - m_e \quad (5)$$

ahol: Δm = a klimatizált próbatest által felvett védőszer tömege grammban

m_u = a klimatizált próbatest telítés utáni tömege grammban

m_e = a klimatizált próbatest telítés előtti tömege grammban.

A felvett réz-szulfát oldat töménységének ismeretében – amely a CEN EN 14734 [12] szerinti oldat esetén 5% –, számítható a felvett réz-szulfát tömege:

$$m_{CuSO_4} = \Delta m \cdot 0,05. \quad (6)$$

ahol: Δm = a klimatizált próbatest által felvett védőszer tömege grammban

m_{CuSO_4} = a felvett réz-szulfát tömege grammban.

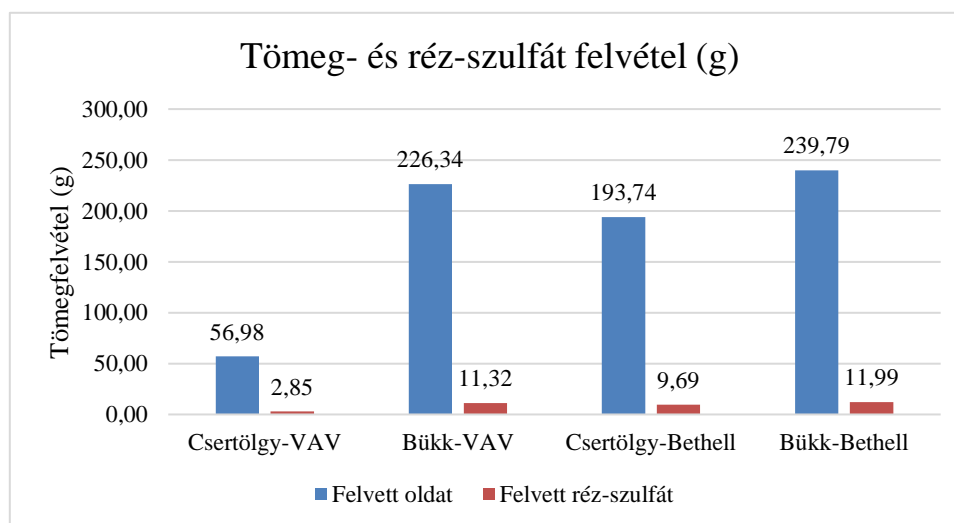
Eredmények és értékelés

A rendelkezésre álló szakirodalmi zsugorodási értékek alapján feltételeztük, hogy a csertölgly próbatestek értékei lesznek kisebbek a bükk mintákhoz képest. A következő táblázat a két vizsgálati fafaj maximális zsugorodási és dagadási eredményeit foglalja össze. Míg a sugárirányú zsugorodás értéke a csertölglynél 4,78%, addig a bükknél 6,09% volt, amely mindkét fafajnál meghaladja a vonatkozó szakirodalmi értéket (csertölgly: 4,4%, bükk: 5,8%) **Hiba! A hivatkozási forrás nem található..** A húrirányú zsugorodás esetében a csertölglyre 6,85%, a bükkre 10,96% adódott, vagyis egyik fafaj sem érte el a szakirodalmi maximumot, amely a csertölglynél 8,5%, a bükknél pedig 11,8% **Hiba! A hivatkozási forrás nem található..** A rostirányú zsugorodásra csertölgly esetében 0,85%, bükk esetén 1,17% átlagérték adódott. A térfogati zsugorodás tekintetében a csertölglyre 5,31 százalékponttal kisebb érték (12,06%) adódott, mint a bükkre (17,37%). A sugárirányú dagadás esetében a csertölglyre 4,56%, a bükkre 5,74% adódott. Míg a húrirányú dagadás értéke a csertölglynél 6,39%, addig a bükknél ennél nagyobb 9,88% volt. A rostirányú dagadásra csertölgly esetében 0,84%, bükk esetén 1,16% átlagértéket kaptunk. A térfogati dagadás vonatkozásában a csertölglyre 5,35 százalékponttal kisebb érték (12,18%) adódott, mint a bükkre (17,53%). Összességében minden anatómiai irányban, valamint térfogat tekintetében is a bükk próbatestek produkáltak nagyobb értékeket, amelyből kisebb dimenzióstabilitásra következtethetünk.

2. Táblázat. Zsugorodás és dagadás vizsgálat eredményei (%)

Fafaj	Z _s	Z _h	Z _r	Z _v	D _s	D _h	D _r	D _v
Csertölgly	4,78	6,85	0,85	12,06	4,56	6,39	0,84	12,18
Bükk	6,09	10,96	1,17	17,37	5,74	9,88	1,16	17,53

A következő ábra szemlélteti a réz-szulfát oldat, valamint a réz-szulfát tömegfelvételt a két fafaj és a két kezelési menetrend, a VAV- és Bethell-eljárások esetében. A kezelések intenzitásából adódóan, feltételezésünknek megfelelően a két telítési eljárás közül mindegyik fafajnál a vákuum-atmoszférikus-eljárás eredményezett kisebb tömegfelvételt. Míg a csertölgly esetén a felvett oldat tömegére adódó átlagérték 56,98 g és a réz-szulfát számított átlagtömege 2,85 g volt, addig a bükk minták átlagosan 226,34 g oldatot, ebből 11,32 g réz-szulfátot vettek fel. A Bethell-eljárás szintén a nehezebben kezelhető csertölgly [9] próbatesteknél bizonyult kevésbé eredményesnek a vártaknak megfelelően. Míg a csertölgly minták 193,74 g oldatot, ebből 9,69 g réz-szulfátot vettek fel átlagosan, addig a bükk próbatestek 239,79 g réz-szulfát oldatot, és ebből 11,99 g réz-szulfátot vettek fel. Az ábrán megmutatkozó különbség, hogy míg a két eljárás a csertölgly faanyag esetében markáns különbséget mutat, vagyis a Bethell-eljárás során 3,40-szer több a tömegfelvétel, addig a bükk próbatestek tömegfelvétele közötti 1,06-szoros különbség aligha tekinthető szignifikánsnak.



3. ábra. Tömeg- és réz-szulfát-felvételi eredmények (g)

Összefoglalás

A szakirodalmi háttérrel is figyelembe véve feltételeztük, hogy a zsugorodás-dagadás esetén és az elővákuumos kezelések hatására mind a bükk minták fognak nagyobb értékeket mutatni a csertölggyel szemben. A mérési eredmények igazolták előzetes feltételezéseinket. Ennek megfelelően a zsugorodás-dagadás tekintetében a két fafaj közül a bükk eredményei feltételezik a kisebb dimenzió-stabilitását. A védőszeres kezelések vonatkozásában a bükk faanyag esetén a paraméterek módosításával a VAV eljárással elérhető lehet olyan mértékű tömegfelvétel, mint az intenzívebb Bethell-eljárásnál, mivel a két kezelés között nem adódott szignifikáns különbség. A nehezebben impregnálható csertölgynél módosított Bethell-menetrenddel szintén javítható lehet a tömegfelvétel, melyek feltárására további vizsgálatok szükségesek.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetet mondanak a próbatestek precíz legyártásáért Horváth Imre intézeti munkatársnak, valamint publikáció elkészítéséhez nyújtott támogatásért az Új Nemzeti Kiválóság Programnak.

A KULTURÁLIS ÉS INNOVÁCIÓS MINISZTERIUM ÚNKP-22-3-I KÓDSZÁMÚ ÚJ NEMZETI KIVÁLÓSÁG PROGRAMJÁNAK A NEMZETI KUTATÁSI, FEJLESZTÉSI ÉS INNOVÁCIÓS ALAPBÓL FINANSZÍROZOTT SZAKMAI TÁMOGATÁSÁVAL KÉSZÜLT.



Irodalomjegyzék

- [1] Aguayo, M. G., Erazo, O., Montero, C., Reyes, L., Gacitúa, W., Gómez, L., Torres, H.: Analyses of Impregnation Quality and Mechanical Properties of Radiata Pine Wood Treated with Copper Nanoparticle- and Micronized-Copper-Based Wood Preservatives, *Forests*, 13(10), 1636, 2022, <https://doi.org/10.3390/f13101636>
- [2] Bálint, Gy.: Épületek védelme, 1967, p. 184
- [3] Chuan Li Lee, Kit Ling Chin, Pui San Khoo, Mohd Sahfani Hafizuddin, Paik San H'ng: Production and Potential Application of Pyrolytic Acids from Rubberwood and Oil Palm Trunk as Wood Preservatives through Vacuum-Pressure Impregnation Treatment, *Polymers*, 2022, 14 (18), <https://doi.org/10.3390/polym14183863>
- [4] Gérardin, P.: New alternatives for wood preservation based on thermal and chemical modification of wood— a review *Annals of Forest Science* volume 73, pages 559–570 (2016) <https://doi.org/10.1007/s13595-015-0531-4>
- [5] Kovács, A.: Speciális faanyag-kezelő berendezés műszerezésének és vezérlésének fejlesztése, TDK dolgozat, 2018, p. 7
- [6] Kovács, L.: Pannónia nyár alapanyagú, kísérleti rétegelt-ragasztott faanyagok védőszerfelvételi vizsgálatai, diplomamunka, Soproni Egyetem, 2022, p. 29
- [7] Molnár, S.: Faanyagismeret, 2004, pp. 216, 345, 364
- [8] MSZ EN 113-1:2021 (Angol nyelvű!): A fa és a fa alapanyagú termékek tartóssága. A farontó bazídiomos gombák elleni védekezés meghatározásának vizsgálati módszere. 1. rész: A faanyagvédő szerek csíraölő hatásosságának értékelése laboratóriumi vizsgálat
- [9] MSZ EN 350:2016: Durability of wood and wood-based products. Testing and classification of the durability to biological agents of wood and wood-based materials. (A fa és a fa alapanyagú termékek tartóssága. A fa és a fa alapanyagú termékek biológiai anyagainak tartóssági vizsgálata és osztályozása.)
- [10] MSZ 6786-9: 1989 Faanyagvizsgálatok. A dagadás meghatározása
- [11] MSZ 6786-18: 1989 Faanyagvizsgálatok. A zsugorodás meghatározása
- [12] CEN EN 14734:2022(MAIN) Durability of wood and wood-based products - Determination of treatability of timber species to be impregnated with wood preservatives - Laboratory method
- [13] Sandberg, D., Kutnar, A., Mantanis, G.: Wood modification technologies - a review, *iForest - Biogeosciences and Forestry*, Volume 10, Issue 6, 2017, pp. 895-908 doi: <https://doi.org/10.3832/ifer2380-010>
- [14] Reinprecht, L.: Wood protection, 2013, pp. 128-129
- [15] Wilkinson, J. G.: Industrial timber preservation, 1979 p. 212