Erdészettudományi Közlemények 13. évfolyam 1. szám 2023

DOI: https://doi.org/10.17164/EK.2023.03

35–53. oldal

A KÖZÖNSÉGES GYERTYÁN (*CARPINUS BETULUS* L.) JELENLEGI HELYZETE ÉS POTENCIÁLJA AZ ERDÉSZETBEN ÉS FAIPARBAN

Fodor Fanni[1] és Mertl Tamás[2]

[1]*Soproni Egyetem, Faipari Mérnöki és Kreatívipari Kar, Faipari és Műszaki Intézet*
[2]*Soproni Egyetem, Erdészeti Tudományos Intézet*

Kivonat

Jelen kutatásban irodalmi feldolgozást nyújtottunk a közönséges gyertyánról, mely egy őshonos, számos kedvező tulajdonsággal is rendelkező, nem elhanyagolható fakitermelési lehetőséget nyújtó, de iparban kevésbé hasznosított fafaj. Megállapítottuk, hogy habár a faanyaga természetes formájában nem tartós, ugyanakkor az egyik legsűrűbb, legkeményebb, és legkopásállóbb fafaj Európában. Kedvezőtlen tulajdonságai miatt többnyire tűzifaként hasznosul. Beltéri felhasználási területeit új használati eszközökkel, burkolati elemekkel, és dekorációs elemekkel lehetne bővíteni, emellett különböző, környezetbarát famodifikációs eljárásokkal egy sokkal tartósabb és ellenállóbb faanyag kapható, melynek színét a kezelési beállítások variálásával alakíthatjuk a felhasználó igényeire. Ez az anyag felhasználható kültéri fatermékekhez, de akár építészeti célú alkalmazásra is. A gyertyán hazánkban középtávon stabilan rendelkezésre áll, és lehetőséget nyújthat tartós fatermékek előállítására, amennyiben meglenne rá a feldolgozó és a fizetőképes kereslet a hatékony szállítási távolságon belül. A kutatás végén a megállapításokat egy Gyengeségek-Erősségek-Lehetőségek-Veszélyek elemzéssel összegeztük.

Kulcsszavak: gyertyán, *Carpinus betulus*, hozam prognózis, faanyagvizsgálatok, famódosítás

THE CURRENT STATE AND POTENTIAL OF THE COMMON HORNBEAM (*CARPINUS BETULUS* L.) IN FORESTRY AND IN WOOD INDUSTRY

Abstract

In present paper, an overview of common hornbeam was provided, which is a native wood species with many favorable characteristics and significant logging opportunities, however it is less utilized in the wood industry. Although its wood is not durable in natural form, it is one of the densest, hardest and most wear-resistant wood species in Europe. Due to its unfavorable properties, it is mostly used as firewood. Its areas of use indoors can be expanded with new utensils, interior panelling, and decorative elements. In addition, with various environmentally-friendly wood modification processes, a more durable and resistant wood material can be obtained, the color of which can be adjusted to the user's needs by varying the process parameters. This material can be used for outdoor wood products, but also for architectural applications. Hornbeam is stably available in Hungary in medium-term and can provide op-

Levelező szerző/Correspondence:
Fodor Fanni, 9400 Sopron, Bajcsy-Zsilinszky u. 4., fodor.fanni@uni-sopron.hu

portunity for the production of durable wood products, if there is a manufacturer and effective demand for it within the effective transportation distance. At the end of this article, the findings were summarized with a Strength-Weakness-Opportunity-Threat Analysis.

Keywords: hornbeam, *Carpinus betulus*, yield forecast, wood science, wood modification

BEVEZETÉS

Az elmúlt évtizedekben egyre fontosabb célkitűzés a környezetünk védelme, a fenntarthatóbb gazdálkodás és életmód folytatása, valamint az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentése. Ezek minél hatékonyabb eléréséhez minden szektorban javítani vagy változtatni kell az alkalmazott módszereken, de a lehetőségek az egyes területeken egészen eltérők lehetnek.

Az erdőgazdálkodásban és faiparban a fenti célok elérését a természetközelibb, tartamos gazdálkodással, a helyi fafajok minél magasabb szintű feldolgozásával és a megtermelt faanyag életciklusának a növelésével lehet elősegíteni. Több mint 8000 fafaj vált sebezhetővé vagy veszélyeztetetté az élőhelyek pusztulása vagy degradációja, az erdőirtások, valamint az illegális fakitermelés miatt. Ennek a mérséklésében, valamint az alapanyag ökológiai lábnyomának csökkentésében is segít a helyi, megbízható forrásból származó faanyag használata, a messziről, bizonytalan forrásból származó alapanyag helyett. A fa és faalapú termékek építőiparban történő felhasználása elősegíti az Egyesült Nemzetek Szervezete (ENSZ) és az Európai Unió (EU) fenntartható fejlődési irányelveinek megvalósítását. Manapság a rétegelt ragasztott fatermékek (RR) és a keresztirányban ragasztott fatermékek (CLT) már bevált mérnöki/szerkezeti faipari termékek (Engineered Wood Product, EWP), melyek elengedhetetlenek a modern faépítészetben. Habár főként fenyőkből gyártják, zöld innovációként lombosokból is készülhetnek. A lombosfa hatékony, fenntartható nyersanyaga lehet a rétegelt lemez, furnér, és forgács alapú LVL (rétegelt furnérlap tartó), LSL (rétegelt szálforgács tartó) és I-tartók számára is (van Acker 2021).

Mivel a faanyagra szükség van energetikai szempontból is, elkerülhetetlenül versenyhelyzet fog kialakulni a faanyagért, és kritikus nyersanyaghiányhoz vezethet. A fatermesztés és minőségi fatermékek gyártása strukturáltabb megközelítést igényel, ahol az életciklus végén zöld energia alapú fa biomassza jön létre. A fatermékek építőipari felhasználásának növelése érdekében szükség van a lombosfa alapú ipari fatermékek használatára is, melyek építőiparban használt fafajokhoz hasonló tulajdonságokkal rendelkeznek (pl. nyárfa). Ily módon fenntartható stratégiákat lehet kidolgozni a zöld építkezéshez az elkövetkező évtizedekben. A nyersanyag könnyen származhat gyorsan növő lombosfa ültetvényekből is (van Acker 2021).

Az EU fakitermelését a fenyők uralják. Az erdőgazdálkodás során figyelembe kell venni a jövőben a klímaváltozás kapcsán várható hőmérséklet növekedést, az aszályt és az egyre gyakoribb szélsőséges időjárást. Az ökoszisztéma fenntartása érdekében célszerű növelni az elegyes lombos állományok arányát a jelenleg fenyők által dominált régiókban, ennek következtében érdemes felkészülni hosszútávon a fenyő faanyag lombos faanyaggal történő helyettesítésére minél szélesebb körben (van Acker 2021). A lombos erdők Európa egyik legnagyobb figyelmen kívül hagyott megújuló erőforrásai. Ma főként energiatermelésre használják őket, sokszor alacsony hatékonysággal.

Elengedhetetlen az erdészeti vonal összekapcsolása a feldolgozóiparral és a végső fogyasztókkal, mindig az aktuális igényeknek megfelelően. A lombos fafajok komoly lehetőséget jelentenek egy feltörekvő, körforgásos erdő- és fagazdálkodás hosszútávú fejlődési stratégiájának megalapozásához, és segítenek választ adni fontos, globális társadalmi és környezeti kihívásokra (von Lengefeld and Kies 2018). A faipar számára számos innovatív elképzelés létezik a fenti kihívásokra lehetséges válaszként:

- fenyő helyettesítése bükkel, nyírrel, gyorsan növő nemesnyárral, fűzfával (van Acker 2021);
- lombos faanyagból CLT-t előállítani, pl. bükkből, nyárfából, nyírfából (Wang et al. 2018; Brunetti et al. 2020; Dubois et al. 2020);
- kőrisből, nyírfából, tölgyből, bükkből, nyárból rétegelt ragasztott tartót készíteni (Luedtke et al. 2015);
- LVL bükkből, nyárfából (Knorz and van de Kuilen 2012; Wei et al. 2019);
- kombinált rétegelt ragasztott tartó gyártása – külső réteg lombosfából, belső réteg fenyőből (Balász et al. 2020);
- módosított faanyag használata rétegelt ragasztott tartók, rétegelt lemez, OSB (irányított szálforgács lap), LSL, LVL gyártásához a tartósság és a méretstabilitás növelése érdekében (Mirzaei et al. 2017; Barnes et al. 2018);
- ragasztómentes technológiák használata (van Acker 2021).

A mérnöki fatermékek hozzájárulnak a fával történő építés fő előnyeihez: gyors (rövid építési idő), könnyű (nagyon jó szilárdság/merevség arány), zöld (fenntartható, bioenergia). A lombosfa fokozottabb felhasználása az építőiparban segíti az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentését, és a faanyag életciklusának növelésével hozzájárul a körforgásos gazdaság megvalósításához (van Acker 2021).

Hazánkban a fent leírtak csak részben igazak, hiszen hazánkban a fenyők aránya most is csak 10% körüli, a fakitermelésben is körülbelül 15%-os arányt tesz ki (NFK 2022) és az állományok minősége miatt a szerkezeti faanyag termelés nem jelentős ma sem amellett, hogy a jelentősége tovább fog csökkenni. A fenyők mellett más klímára igényes és komoly jelentőségű fafajaink területe is várhatóan csökkenni fog, mint a bükké, vagy a kocsánytalan tölgyé. Részben természetvédelmi, részben termőhelyi okok miatt csökken a nemesnyárasok területe is. Ezzel szemben jelentősen növekszik néhány iparban kevéssé hasznosított fafaj (pl. csertölgy vagy hazai nyárak) területe (Gálos & Führer 2018). A fent vázolt jelenség közép és hosszútávon már megoldandó feladat lesz a hazai faipar számára. Emellett vannak olyan fafajcsoportjaink, melyek hozamlehetőségei a közeljövőben bővülni fognak, faanyaguk műszaki tulajdonságai kedvezőek, de a hozamok kihasználtsága vagy iparifa kihozataluk jelenleg alacsony.

Ez utóbbi csoportba sorolható többek között a gyertyán is, mely a legalacsonyabb rönk kihozatallal (1%) és a cser után a második legalacsonyabb iparifa kihozatallal (12%) rendelkezik (OSAP 2021a). Műszaki tulajdonságai kedvezőek, és bár hosszú távon hazánkban visszaszorulása várható, középtávon még a jelenlegi kitermeléshez képest növekvő hozamaival számolhatunk. Európa más részein a klímaváltozás hatására elterjedési területe és jelentősége várhatóan növekedni fog.

Jelen munka célja, hogy áttekintést nyújtson erről az őshonos, számos kedvező tulajdonsággal is rendelkező, nem elhanyagolható fakitermelési lehetőséget nyújtó, de iparban kevésbé hasznosított fafajról, bemutassa állományainak jelenlegi helyzetét, középtávon várható hozamait, és megfogalmazzon potenciális felhasználási lehetőségeket. A kutatás végén a megállapításokat egy Gyengeségek-Erősségek-Lehetőségek-Veszélyek (GYELV) elemzéssel összegezzük.

A KÖZÖNSÉGES GYERTYÁN HELYZETE A MAGYAR ERDŐKBEN, AZ ORSZÁGOS ERDŐÁLLOMÁNY ADATTÁR ALAPJÁN

A gyertyán az erdőgazdálkodás kettős megítélés alá eső fafaja. Ha van a közelben magszóró fa az erdősítésekben általában spontán megjelenik, telepíteni ritkán szokták fontos ökológiai szerepe ellenére. Gazdasági szempontból soha nem volt jelentős szerepe, felújításokban sokszor szükséges korlátozni növekedését a főfafaj érdekében (Solymos 1993, Szalacsi et al. 2015). Hibás erdőművelés miatt helyenként kialakultak elegyetlen állományai, melyek növekedése és értéke elmarad a gyertyános-tölgyes és bükkös állományokétól, így ezek visszaalakítása kívánatos (Béky 1970). Őshonos fafajaink között egyik legjobb árnyéktűrő-képességgel rendelkezik, a talajt jól árnyalja és a talajerőt magas tápanyag tartalmú lombjával növeli (Sikkema et al 2016). Ideális esetben az alsó szintben foglal helyet, fő szerepe a főfafaj törzsének árnyalása segítve ezzel az értékesebb választékok termelését, komoly többletértéket teremtve, de a termőhelyi potenciál jobb kihasználását is segíti (Béky 1970, Solymos 1993).

Tápanyagban szegényebb, vagy erősen savanyú talajokon növekedése gyenge (Béky 1970), de fizikai féleségben és genetikai talajtípusban kevéssé válogat. A forró száraz időszakokat és a csapadékhiányt rosszul viseli, a kemény téli fagyokat és kései fagyokat jól tolerálja (Sikkema et al 2016).

A gyertyán kimondottan klímaigényes fafaj, a gyertyános tölgyes erdészeti klíma jelölőfaja. Korábban azt a területet tekintették potenciális elterjedési területének, ahol a levegő páratartalma júliusban 14 órakor meghaladja az 53%-ot, Führer et al. (2011) szerint a gyertyános-tölgyes klíma azokat a területeket fedi le, ahol az erdészeti ariditási index (FAI) értéke 4,75 és 6 között változik. Ezek alapján a gyertyán hazánkban jellemzően a középhegységek és dombvidékek fafaja, de kedvező csapadékviszonyok mellett megtalálható síkvidéki erdőkben is. A számára megfelelő klimatikus adottságokkal bíró terület hazánkban még kedvező klímaszcenáriók esetén is csökkenni fog. Az 1960–1990 közötti és 1980–2010 közötti meteorológiai adatok alapján 28,9%-ról 21,0%-ra csökkent ez a terület (Führer 2018). Gálos & Führer (2018) munkája alapján 2020–2050 időszakban várhatóan 16%-ra, 2040–2070 között 4%-ra csökkenhet a területi aránya.

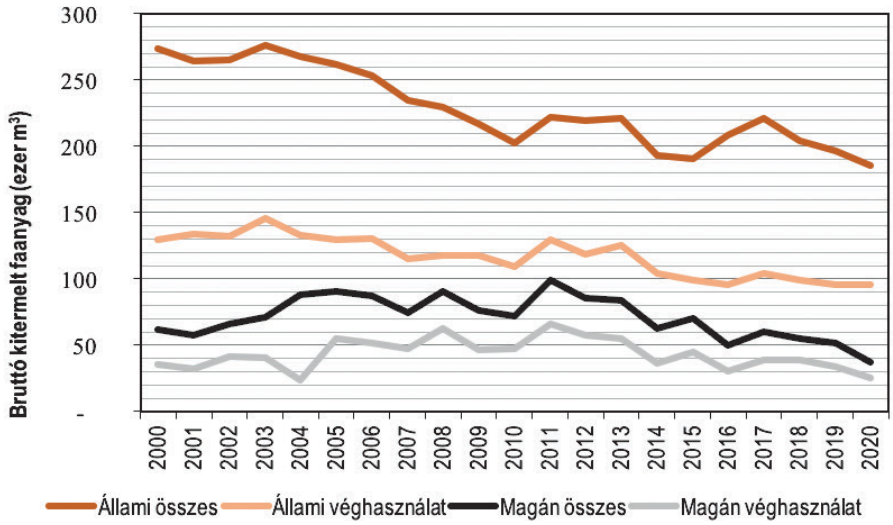
A síkvidékről teljesen eltűnhet, hosszú távon a középhegységeink magasabb régióiban, északi oldalakon és az ország nyugati peremén maradhat fenn. Élőfakészlete és hozamai hosszú távon csökkenni fognak.

Hazánkon kívül megtalálható egész Európában a mediterrán területeken kívül, és a Közel-Keleten is. Legnagyobb állományai Iránban, Franciaországban, és Romániában találhatók. Nagyobb állományai vannak még Szlovákiában, Ukrajnában, Németországban, Lengyelországban, Horvátországban, Bulgáriában, Szerbiában, Szlovéniában és Ausztriában (FAO 2020). Jelenlegi elterjedési területe várhatóan északabbra, illetve magasabbra fog tolódni, ahol azt a termőhelyi viszonyok lehetővé teszik, és a gazdálkodók hagyják (Varol et al 2022).

A továbbiakban bemutatott adatok és elemzések alapadatai az Országos Erdőállomány Adattárból (továbbiakban Adattár) illetve az erdészeti hatóság által, az Országos Statisztikai Adatfelvételi program (OSAP) keretében készített Mérlegbeszámolókból (2001–2021) származnak, amelyek bizonyos szintű bizonytalansággal terheltek, a bemutatott információk értékelésekor ezt figyelembe kell venni.

A gyertyán által elfoglalt terület hazánkban nem mutatott jelentősebb változást az elmúlt 20 év során, területe a hazai erdőkben az Adattár alapján 96,5 ezer hektár körül alakult. A fakitermelés a vizsgált időszakban csökkenő trendet mutatott (1. ábra), amellyel párhuzamosan a gyertyánállomá-

nyok élőfakészlete a 2000-es években enyhén csökkent, majd növekedést mutatott. A folyónövedék enyhén csökkent, míg az átlagos éves erdőtervi fahasználati lehetőség enyhe növekedést mutatott (1. táblázat).



1. ábra: *A kitermelt gyertyán bruttó fatérfogatának (br m³) megoszlása az állami és magánszektor között (adatok forrása: Mérlegbeszámolók 2000–2020)*
Figure 1: *The change of the harvested volume of hornbeam (cubic meter) in the public and private sector (source of data: Reports on harvesting and afforestation 2000–2020)*

1. táblázat: *A gyertyán fafajsorok területének, élőfakészletének és folyónövedékének változása (adatok forrása: Adattár)*
Table 1: *The change of the area, growing stock, and annual increment of hornbeam stands in Hungary (source of data: National Forest Database)*

Év	Terület (ha)	Élőfakészlet (m^3)	Folyónövedék (m^3/év)	Átlagos üzemtervi fahasználati lehetőség (br m^3/év)
2000	97 464	17 879 540	356 475	719 116
2011	95 608	17 273 122	334 288	703 352
2021	96 730	18 080 343	339 356	831 570

20 év alatt a felújítások nyomán a mag eredetű állományok aránya 51%-ról 62%-ra nőtt, ami pozitívan hathat a törzsminőségre is a jövőben. Az elegyedés módját tekintve az állományok legnagyobb része szórt elegyként fordul elő (54%), a második leggyakoribb forma a főfafajként való előfordulás, melynek aránya az utóbbi 20 évben 5%-kal nőtt, ami egyébként nem lenne szakmai cél. Az állományok körülbelül kétharmada található állami tulajdonú erdőkben, míg egyharmada magánerdőkben.

A gyertyán 76–77%-ban olyan területeken fordul elő, amelyek az Adattár szerint gyertyános tölgyes klímában vannak, 18–19%-ban bükkös klímában, míg a többi klímaosztályban elvétve jelenik meg. Ugyanakkor a klímameghatározás az Adattárban naprakész, feltételezhető, hogy már több mint 5%-a található gyertyános tölgyesénél kedvezőtlenebb klímában.

A kitermelt faanyag mennyiségének megoszlása a magán és állami szektor között nagyjából megegyezik a két szektorban elfoglalt területének arányával, de az egyes években jelentős eltérés lehet. Az utóbbi 20 évben 25–30%-kal csökkent az évente kitermelt gyertyán faanyag mennyisége, 330–350 ezerről 250 ezer bruttó köbméterre. A csökkenést főként az állami erdőkben történő gyertyánkitermelés csökkenése okozta (1. ábra). A faanyag körülbelül 53%-a véghasználat során került kitermelésre, a magánszektorban ez az érték 61%. Ez alacsonyabb, mint az összes kitermelt faanyag esetében tapasztalható 68%-os véghasználati arány, hiszen a gyertyán elegyfafajként gyakran az előhasználatok során kerül kitermelésre.

A kitermelt faanyag megoszlásra az egyes választékok között az Agrárminisztérium honlapján közzétett táblázatokból lehet következtetni (OSAP 2021a). A kimutatások alapján a gyertyánként nyilvántartott választékok 87%-a volt tűzifa 2017 óta. A választékok becsült nettó térfogata az egyes években a kitermelt bruttóhoz képest gyertyán esetében jellemzően legalább 30%-kal kevesebb. Ezt a különbséget nem indokolja az apadék mértéke. Mivel az adatgyűjtés önkéntes bevallásra épül, feltételezhető, hogy több megkérdezett gazdálkodó többek között a gyertyán tűzifa egy részét egyéb keménylombos tűzifaként tartja nyilván.

Erre utal, hogy az egyéb keménylombos esetében több a kimutatott tűzifa, mint a bruttó kitermelt fatérfogat adott évben. Ez a gyertyánnak a kimutatottnál valamivel magasabb tűzifa arányára enged következtetni. Fűrészipari alapanyag körülbelül évi 2000 köbméter keletkezik gyertyánból, ami a kimutatott választékok térfogatának 1;1,5 %-a. Az összes ipari fa kihozatal is mindössze 10% volt 2017–2020 között, ami a fent említett okok miatt ennél a valóságban még kevesebb lehet. Ezzel a gyertyán iparifa és fűrészáru kihozatal tekintetében az egyik leggyengébb statisztikával bíró fafajunk az utóbbi évek során. Ezek az értékek korábbi adatfelvételek során magasabbak voltak, de ez lehetett a mintavétel módjának változtatása miatt is (OSAP 2021b). Ez a faanyag műszaki tulajdonságait tekintve alulhasznosításra enged következtetni, de a gyertyánnak jellemzően rossz a törzsalakja, tehát tölgyekhez hasonló arányú fűrészáru kihozatal elképzelhetetlen. Arról nem áll rendelkezésre adat, hogy mi lenne a kitermelt gyertyán potenciális, maximális életciklust és hozzáadott értéket adó választék összetétele, de a mainál feltehetően több iparifa nyerhető belőle. Béky (1970) 50% körüli iparifa arányról írt, és ennek növekedését prognosztizálta, bár ennek jelentős része, mint papírfa került felhasználásra. Kéregapadéka relatíve alacsony a többi fafajhoz képest, de összes apadék tekintetében is a nagyobb átmérő csoportokban már átlag alatti a teljes apadék a gyertyán esetében. 2000-ben még a kitermelt faanyag majd 40%-a iparifa volt, amiből 8% körüli volt a fűrészrönk kihozatala, további 6% a fagyártmányfa. 2011-ben az erdőgazdaságok által kitermelt gyertyán faanyagnak már csak 20%-a volt iparifa (Horváth 2019).

A gyertyán állományok 83%-a vágásos üzemmódban van, de 25%-ot érint részleges, 3,5%-ot teljes korlátozás. 5% fokozottan védett, 30% védett, a nem védett területek 42%, a Natura 2000 hálózat része, ami a faanyag mobilizálást nehezítheti, különösen, hogy fülledékeny fafajról van szó, így a termelés időpontja is fontos. Az állományok 10%-a van faanyagtermelést nem szolgáló vagy örökerdő üzemmódban.

Állományainak kevesebb, mint fele elsődlegesen fatermesztési rendeltetésű. Nagyjából ugyanennyi az elsődlegesen természetvédelmi vagy Natura 2000 rendeltetésű állományok aránya az adattári adatok alapján. A 10 évnél fiatalabb korcsoportot leszámítva a gyertyán területe többé-kevésbé egyenletesen oszlik meg a korcsoportok között (2. táblázat). A hektáronkénti fatérfogata 60–70 éves korig mutat jelentősebb növekedést az Adattári adatok alapján.

2. táblázat: *A gyertyán területe, élőfakészlete és hektáronkénti fatérfogata korcsoportonként (adatok forrása: Adattár)*
Table 2: *The distribution of the area, growing stock and average growing stock volume per hectare of hornbeam stand based on age groups (source of data: National Forest Database)*

Fafajsor kora (év)	Terület (ha)	Élőfakészlet (m^3)	Hektáronkénti fatérfogat (m^3/ha)
0–10	2 015	46 983	23
10–20	8 070	341 566	42
20–30	7 823	807 360	103
30–40	11 148	1 664 735	149
40–50	10 451	1 853 305	177
50–60	7 766	1 518 312	196
60–70	8 330	1 873 840	225
70–80	13 457	3 027 794	225
80–90	11 521	2 746 842	238
90–100	7 815	1 880 648	241
100 év felett	8 682	2 064 061	238

Vágáskor tekintetében a legjellemzőbb a 80–100 év, ide tartozik a gyertyán területének 38%-a. Az állományok 77%-ának 70 és 120 év közötti a vágáskora, 9%-hoz nem tartozik vágáskor. A gyertyán általában elegyfafaj, a vágáskorát a főfafaj vágáskorához (általában tölgy) igazítják, jellemzően a főfafajénál alacsonyabb.

Az Adattári adatok alapján jelenleg 13 800 hektáron 2,9 millió bruttó köbméter gyertyán faanyagot lehetne kitermelni, mint vágásérett állományrészeket. Ezt az utóbbi évtizedekben nem használták ki. A következő 10 évben várhatóan évi körülbelül 1000 hektáron, utána valamivel nagyobb területen lehetne gyertyán faállományokat kitermelni a vágásérettségi korok alapján.

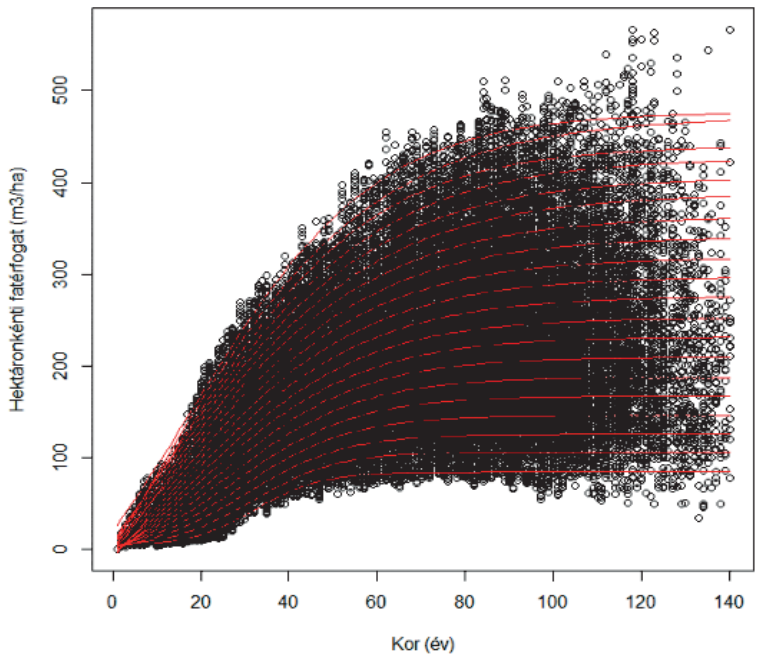
Az adattári adatok lehetőséget adnak a jövőbeli hozamok becslésére is. Amennyiben a korábbihoz hasonló növekedést feltételezünk a következő 30 évre, az addig vágásérett állományokból kitermelhető véghasználati fatömeget két módszerrel is becsülhetjük.

Egyik módszer a folyónövedék és redukált növekedési idő szorzatának alkalmazása. A Király László féle nomogramban található egyes fafajokhoz, korcsoportokhoz és vágásérettségi csoportokhoz tartozó redukált növekedési időszak az a szám, amivel a pillanatnyi folyónövedéket megszorozva becsülhetjük a vágáskori élőfakészletet. Ez 30 éves prognózisra ad lehetőséget, feltételezve, hogy az állomány növekedési viszonyai nem változnak.

A másik hozambecslés úgy készült, hogy az alsó és felső 2% (kiugró értékek) eltávolítása után a fél hektárnál nagyobb területű és legalább 30% elegyarányú gyertyán fafajsorok kor és hektáronkénti fatérfogat értékei alapján az állományokat 20 növekedési csoportra osztottuk fel. Mindegyik csoporthoz R szoftverben (verzió 4.2.0.) regresszió (nls() függvény) segítségével elkészítettünk egy szigmoid jellegű kor-fatérfogat görbét, amelyek segítségével egy 140 évig futó 20 soros kor-fatérfogat táblát alakítottunk ki (2. ábra). Ennek segítségével a jelenlegi állományok besorolásra kerültek a 20 fatermési csoport valamelyikébe és így a vágásérettségi mutató segítségével a táblából becsültük az állományok vágáskori élőfakészletét. Értelemszerűen a hosszabb időtávra való becslés esetén a bizonytalanság nő.

A két módszer eredményeinek összehasonlítása során az volt a tapasztalat, hogy a szigmoid görbékkel való becslés jellemzően 1–10%-kal kisebb véghasználati élőfakészletet becsült, mint a redukált növekedési időszak alkalmazása. Emellett a kiugróan magas folyónövedékkel rendelkező fafajsorok esetében konszolidáltabb eredményeket szolgáltatott. A használt módszerek eredményei tájékoztató jellegűek. Részben, mert pontosabb eredményhez célszerű lehetne külön kezelni a felső és az alsó szintben található gyertyán állományokat, azok potenciálisan eltérő növekedése miatt (Kollár 2022).

Azt is nehéz megítélni, hogy az előhasználatok hogyan alakulnak a jövőben, a fiatalabb erdőkben hogyan alakítják a gyertyán elegyarányát, illetve hogy az Adattári vágáskorban valóban kitermelik–e az állományokat.



2. ábra: *A kor-élőfakészlet ponthalmaz és a 20 növekedési csoportot leíró görbék*
Figure 2: *Age and growing stock volume, and the sigmoid curves of 20 groups based on growth rate*

A prognosztizált értékek a 3. táblázatban kerülnek bemutatásra. A már fent bemutatott hozami területekből is látni lehet, hogy a hozami lehetőségek nagyjából kiegyenlítetten jelentkeznek majd. Ezt jelzi előre a növedékesített kitermelhető fakészlet becslés is. Középtávon a kitermelhető éves gyertyán mennyiség véghasználatból bruttó 300 ezer m^3 körül fog alakulni. Ha elfogadjuk, hogy az előhasználatok aránya körülbelül állandó marad, akkor ehhez még körülbelül 250 ezer m^3 előhasználati, főként növedékfokozó gyérítésből kikerülő, illetve törzskiválasztó gyérítésből kikerülő faanyag adódhat, melyben szintén lehet iparifának alkalmas törzs. A nem vágásos, de faanyagtermelést szolgáló kb. 9000 hektár állomány kitermelhető éves fatérfogata nem lehet több 10–20 ezer köbméternél még magas elegyarány esetén sem, így ennek a jelentősége a becslés szempontjából nem nagy, 2020-ban mindössze 10 ezer köbméter gyertyán került ki ilyen fahasználatok során (NFK 2021).

3. táblázat: *A gyertyánosok várható hozamai a következő 30 évben.*
Table 3: *The estimated potential volume of hornbeam from final harvests for the next 30 years*

Vágásérettségi csoport	Módszer	
	Redukált növekedési idő	Növekedési csoportos becslés
2021-ben túltartott	1 293 016	1 293 016
2023-ig vágásérett	353 385	344 390
2033-ig vágásérett	2 817 430	2 696 014
2043-ig vágásérett	3 721 673	3 483 956
2053-ig vágásérett	2 964 135	2 734 234
Összesen	11 149 639	10 551 610

Az, hogy a jövőben a gyertyán tartós termékekben való felhasználása bővülhet-e, jelentős mértékben függ a kitermelés előtt álló állományok törzsminőségétől. A gyertyán törzsalakja igen változatos lehet. Törzse gyakran bordás, terpeszes, görbe, csavaros, de vannak egyenes, hengeres populációk is (3. ábra, 4 ábra). Hogy ebben mekkora az erdőművelési beavatkozások, a termőhely, a fafajösszetétel vagy genetikai adottságok hatása az nem tisztázott, de akárhogy is van, a középtávon vágásérett állományok törzsminőségét már jelentősen befolyásolni nem lehet, hosszabb távra pedig a klímaváltozás miatt nehéz tervezni e fafajjal hazánkban.

3. ábra: *Bordás növésű (bal) és hengeres gyertyán (jobb) korongok*
Figure 3: *Disks made from fluted (left) and cylindrical (right) hornbeam logs*

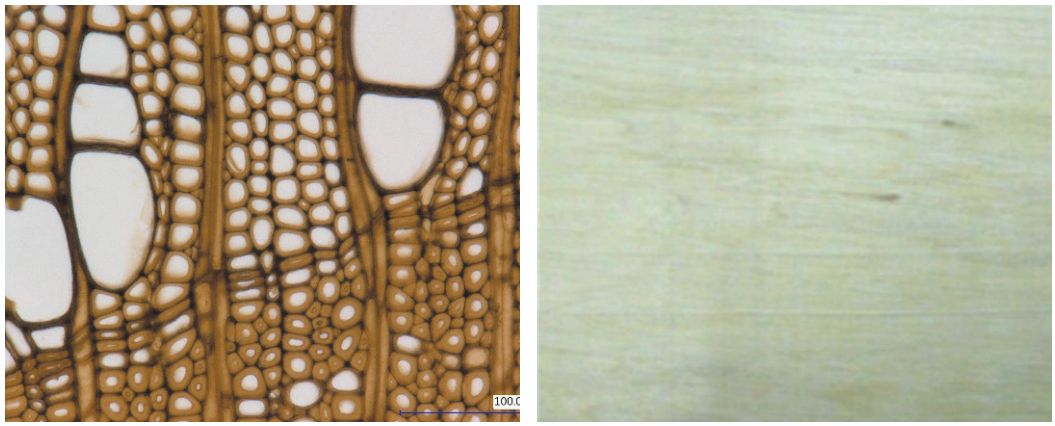
A jelenlegi adottságok mellett termelői oldalról közelítve a kérdést az a fontos, hogy mi kellene ahhoz, hogy az erdőgazdálkodónak megérje az egyébként egyszerre általában nem túl nagy volumenben jelentkező, fűrészárunak felhasználható gyertyánnal külön foglalkozni. Mivel a gyertyán kiváló tűzifa, így ez elsősorban a tűzifa árától is függ. Emellett az is fontos szempont, hogy mennyibe kerülnek a piacon azok a termékek, amelyeket a gyertyánból készült termékek helyettesíthetnek, és hogy ezzel a két értékkel behatárolható árrés ad e lehetőséget az ipar számára a gazdaságos feldolgozásra. Amennyiben a vevőnek nem éri meg jelentősen magasabb árat fizetni a gyertyán fűrészipari választékért, mint a tűzifa ára, akkor a gazdálkodó nem lesz érdekelt az iparifa választékolásban.

4 ábra: Gyertyán fűrészrönkök a Mátrában (fent) és a Pilisben (lent)
Figure 4: Hornbeam sawlogs in Mátra (up) and Pilis Mountains (bottom)

A KÖZÖNSÉGES GYERTYÁN FAANYAGÁRÓL

A közönséges gyertyán faanyagán az évgyűrűhatárok könnyen elkülöníthetőek és rendkívül hullámosak. A hullámosság a bordás növésnek köszönhető (Wagenführ 2007). A gesztje fehér vagy szürke, szíjácsának színe megegyezik a geszt színével, úgynevezett szíjácsfa (5. ábra). Ha színét CIELAB színkoordináta rendszerben határozzuk meg, általgosan a következő színkoordináták jellemzik: L*=82.20 (világosság), a*=3.99 (vörös színezet), and b*=18.20 (sárga színezet) (Tolvaj et al. 2013). Levegőn a faanyag színe koszos sárga árnyalatú lesz, míg a bél bebarnul a nagyobb korú példányokban (Molnár & Bariska 2002, Richter & Dallwitz 2019).

A közönséges gyertyán mikroszkópos metszetét az 5. ábra mutatja. Keskeny, 1–2 sejtsor széles bélsugarai vannak, amik nem láthatók szabad szemmel. Vannak 3–4 sejtsor széles, halmozott bélsugarai is, amik a sugármetszeten sötétszürke csíkokként, húrmetszeten pedig sötétszürke bélsugár tükrökként jelennek meg. Bélfoltok is gyakran előfordulnak, melyek a húrmetszeten jelennek meg feltűnő, sötét foltokként (Molnár & Bariska 2002, Richter & Dallwitz 2019).



5. ábra: Közönséges gyertyán mikroszkópos keresztmetszete (bal) és színe, sugárirányú metszete (jobb)
Figure 5: *Microscopical cross section (left) and surface color, radial section (right) of common hornbeam wood*

Edényei aprók (átlagosan 52–68–88 µm átmérőjűek), szórt elrendezésűek, és alig láthatók. Radiális sorokat alkotnak, és átmérőjük folyamatosan csökken a korai pásztától a késői pásztáig (5. ábra). Átlagosan 20–50 edény található négyzetmilliméterenként, mennyiségük 10%. Szerkezete erősen tömött, sima, egyenletes textúrájú. A tracheákat teljes edényáttörés jellemzi. Az udvaros gödörkék váltakoznak, átlagos átmérőjük 9–11 µm. Spirális sejtfalvastagodás figyelhető meg, de csak a keskeny edények esetében (a késői pásztában). Vékonyfalú tilliszek előfordulhatnak (Molnár & Bariska 2002; Wagenführ 2007; Richter & Dallwitz 2019).

Farostjai (libriform rostjai) közepes falvastagságúak, átlagos hosszuk 880–1800 µm. A fatestben nagy mennyiségben fordulnak elő (66%), ennek köszönheti a gyertyán kiváló keménységét és szilárdságát. Hosszparenchimái elszórtan (apotracheálisan) helyezkednek el, mennyiségük csak 2%. Az axiális parenchimák szálakként jelennek meg, melyek átlagosan 4–8 sejtet tartalmaznak. Húrirányú metszeten átlagosan 14–18 bélsugarat tartalmaz milliméterenként. Ezek keskeny, 1–2 sejtsor szélesek vagy 3–4 sejtsor széles, halmozott bélsugarak (5. ábra). A nagyobb bélsugarak nagysága 500 µm, vagy halmozottaknál akár 1000 µm is lehet. A bélsugarak mintegy 22%-át teszik ki a keresztmetszetnek (Molnár & Bariska 2002; Wagenführ 2007; Richter & Dallwitz 2019).

A gyertyán faanyag cellulóztartalma 43%, hemicellulóztartalma 32,0–34,5%, illetve lignintartalma 19,3–22,5%. A gyertyán gesztje, vizes kivonata és etanolos kivonata nem fluoreszkáló. Vizes kivonatának színe sárga, etanolos kivonatának színe színtelentől barnáig terjed. A gyertyán forgácsa teljes hamuvá ég, amely színe fehértől szürkésig terjed, körülbelül 0,5%-ot tesz ki. A gyertyán kis mennyiségben (2,4%) tartalmaz járulékos (extrakt) anyagokat, mint például gyanták, lipidek, viaszok stb. Kémhatása, pH-értéke átlagosan 5,2 (Molnár & Bariska 2002; Wagenführ 2007; Richter & Dallwitz 2019). Hasonló eredményeket kaptak Pettersen (1984), Fengel & Wegener (2003), és Sierant & Szadkowska (2022).

Magyarországon a legnagyobb sűrűségű az ipari fafajok között. A húrirányú és sugárirányú zsugorodás aránya 1,69, ami mérsékelt vetemedésre való hajlamot jelez. Nedvességfelvétele közepesen gyors. Dimenzióstabilitása közepes. Rosttelítettségi határa nagyon magas. Fizikai-mechanikai tulajdonságai alapján a gyertyán nagyon sűrű, kemény, és kopásálló faanyag (4. táblázat) (Molnár & Bariska 2002; Wagenführ 2007; Richter & Dallwitz 2019).

4. táblázat: *Közönséges gyertyán faanyag fizikai és mechanikai tulajdonságai légszáraz állapotban (Molnár & Bariska 2002)*
Table 4: *Physical and mechanical (air-dry) properties of hornbeam wood (Molnár & Bariska 2002)*

Sűrűség	– abszolút száraz (0%-os nedvességtartalom): 500–790–820 kg/m^3 – légszáraz (12%-os nedvességtartalom): 540–830–860 kg/m^3 – élőnedves: 660–970–1.200 kg/m^3
Pórustérfogat	48%
Zsugorodás	– húrirányú: 11,5% – sugárirányú: 5,2–6,8% – rostirányú: 0,5% – térfogati: 18,8%
Rosttelítettségi határ	32–35%
Fűtőérték	14.467 kJ/kg; 12.008 MJ/m^3 (15%-os nedvességtartalomnál)
Nyomószilárdság	54–82–99 MPa (rosttal párhuzamos)
Húzószilárdság	47–135–200 MPa (rosttal párhuzamos)
Nyírószilárdság	8,5–16,0 MPa
Hajlítószilárdság	58–160–200 MPa
Ütő-hajlító szilárdság	8,0–12,0 J/cm^2
Hasítószilárdság	– sugárirányban: 0,62 MPa – húrirányban: 1,50 MPa
Brinell keménység	– bütükeménység: 71 MPa – oldalkeménység: 29–32–36 MPa
Hajlító rugalmassági modulusz	7.000–16.200–17.700 MPa

A gyertyántörzseken gyakran előfordulnak rákos sebek (*Neonectria ditissima* élősködő tömlős gomba). Fájának megfelelő tárolása és időben való feldolgozása javasolt, mivel a frissen kivágott fák a tavaszi és kora nyári időszakban fülledésre hajlamosak. A gyertyán az 5-ös tartóssági osztályba tartozik (nem tartós) az EN 350: 2016 alapján. Kültérben talajban 2–3 évig, talajjal érintkezés nélkül 35 évig, víz alatt kb. 500 évig, beltérben, száraz helyiségben pedig kb. 800 évig kitart. Napfény hatására beszürkül. Nagyon ellenálló a savakkal és lúgokkal szemben. A beépített fát számos gomba (*Serpula, Coniophora, Trametes*) és rovarfajok (*Anobium, Cerambyx, Callidium, Plagionotus, Anisandrus, Xyloterus,* stb.) megtámadhatják (Molnár & Bariska 2002; Wagenführ 2007; Richter & Dallwitz 2019).

Könnyen ragasztható. Bár meglehetősen kemény, a fűrészelés, gyalulás, marás és esztergálás nem jelent problémát. Könnyen csiszolható, habár szálkiszakadás és szálfelhúzódás előfordulhat az egyenetlen növése, rostiránya miatt. A szögek és csavarok rögzítése előtt előfúrás szükséges. Általában jól és könnyen szárad, azonban hajlamos arra, hogy vetemedjen, deformálódjon és hasadjon. Enyhe szárítási menetrendet igényel, pl. az E menetrendet Boone et al (1988) nyomán. A természetes szárítás 5–6 hónapig, konvekciós szárítás mérettől és cél nedvességtartalomtól függően 3–6 hetet vesz igénybe. A felületkezelés problémamentes, általában átlátszó lakkokkal vagy viaszokkal végzik, mivel csak beltérben alkalmazzák. Fája jól átereszti a vizet. Vassal való érintkezéskor nem korrodálódik. Hidrotermikus kezelés után hajlítható. Finom fűrészpora bőrirritációt okozhat (Molnár & Bariska 2002; Wagenführ 2007; Richter & Dallwitz 2019).

Mint korábban írtuk, a kitermelt faanyag nagy része tűzifaként hasznosul az országban, melyből exportra is termelnek. Fatérfogatra vetítve magas fűtőértékkel bír. Mivel kémiailag inaktív, és hosszú rostjai vannak, értékes papírfa és rostfa. A rönkök kedvezőtlen alakja, fahibái miatt a kihozatal nem haladja meg a 61%-ot. A fűrészárut szakszerűen hézaglécezni kell és a máglyákat letakarni a minőség megtartása érdekében. Furfurol gyártásban is használják. Pácolással más kívánt fafajok színét is el lehet érni (Molnár & Bariska 2002).

A gyertyán faanyaga alkalmas beltéri használatra, viszont nem használható szerkezeti célokra a kis keresztmetszet és alacsony tartósság miatt. Különösen alkalmas nagy kopásállóságot igénylő parketta, padlóburkolat, lépcső, illetve zongorabillentyűk és dobverő gyártásához. Egyéb felhasználási területei közé tartoznak a képkeretek, dekoratív, faragott elemek és dísztárgyak, asztallapok, sakkfigurák és egyéb fajátékok, tányérok, tálak, hentes vágódeszkák, kaptafák, gombok, valamint kisebb műszaki alkatrészek, például csigák, kalapácsok, tokmányok, orsók, kefe- és szerszámnyelek, öntőformák, gyaluk, csipeszek, munkapad alkatrészek, gépalkatrészek stb (Wagenführ 2007; Molnár & Bariska 2002).

Manapság nehéz forgalmazót találni Magyarországon fűrészipari minőségű gyertyán pallók beszerzéséhez. Kutatási célokra érdemes inkább erdészetekkel és fűrészüzemekkel felvenni a kapcsolatot.

GYERTYÁN FAANYAG KUTATÁSOK

A gyertyán bordás növése, és ezáltal szabálytalan évgyűrűi inhomogén szerkezetet, alacsony kihozatalt, és fizikai-mechanikai tulajdonságainak nagy szórását eredményezik. Kiaei (2012)45 normal hornbeam trees from three different sites (Mazandaran, Guilan and Golestan azt állapította meg, hogy a gyertyán sűrűségére és térfogati zsugorodására szignifikáns hatással van az erdőterület és a tengerszint fölötti magasság (Iránban). A magasság növekedésével a sűrűség és a térfogati zsugorodás is növekedett. Ugyanakkor a felületi érdesség alacsonyabb volt nagyobb magasságoknál (800–1200m), mint kisebb magasságnál (400m) (Kiaei and Paloj 2018). Ashrafi et al (2022) hasonló eredményekről számolt be három különböző, észak-iráni származású gyertyán faanyag esetében. Az Iránból származó gyertyánnak alacsonyabbak voltak a sűrűség és zsugorodás értékei, mint a Törökországból, illetve Magyarországról származónak.

Kiaei & Abadian (2018) megállapította, hogy nem volt szignifikáns különbség a felső (domináns faj) és alsó lombkoronaszintből (kísérő faj) származó gyertyán fizikai tulajdonságai között, ugyanakkor a hajlítószilárdsága és rugalmassági modulusza magasabb volt kísérőfajként (Iránban). Domináns fajként a rosttal párhuzamos, illetve a rosttal merőleges nyomószilárdsága, és a keménysége volt magasabb.

MÓDOSÍTOTT GYERTYÁN FAANYAG KUTATÁSOK

A közönséges gyertyán faanyag termikus módosítása számos kutatási beszámoló tárgyát képezte Törökországban (Gunduz et al. 2009, Gunduz & Aydemir 2009), Iránban (Ghalehno & Nazerian 2011), Ukrajnában (Pinchevska et al. 2019), és Horvátországban (Župčić et al. 2009; Sinković et al. 2011; Sedlar et al. 2019). A különböző kezelési hőmérsékletek (130–220 °C) és kezelési időtartamok (1–20 óra) alapján értékelték a fizikai és mechanikai tulajdonságok változását. Egyhangúan megál-

lapították, hogy a termikus modifikáció hatására csökkentek a fizikai és mechanikai tulajdonságok, a tömeg, és sötétedett a szín. A változás mértéke nagyobb volt a magasabb kezelési hőmérséklet és a hosszabb kezelési idő esetében. A tulajdonságok változását kémiai vizsgálatokkal is alátámasztották (Tumen et al. 2010).

Magyar kutatók is vizsgálták a termikus módosítás hatását gyertyánon. Megállapították, hogy az egyensúlyi fanedvesség 11,40%-ról 4,5–8,5%-ra csökkent, a zsugorodás mértéke 18,54%-ról 7,5–17,77%-ra csökkent, és a maximális zsugorodás 114%-ról 87%-ra csökkent. Ebből arra következtettek, hogy nagyobb dimenzióstabilitással rendelkezik a termikusan módosított gyertyán. A szín sötétebb lett, kiemelve a faanyag textúráját (L*<60, a>8, b*>25). Ugyanakkor az ultraibolya sugárzásnak nem áll ellen, hat hónap kültéri kitettség után ugyanúgy beszürkült, mint a kezeletlen gyertyán, ezért felületkezelni szükséges.

A faanyag keményebb, ugyanakkor ridegebb lett, hajlamosabb a hasadásra. Sűrűsége 7,66%-kal csökkent, és hajlítórugalmassági modulusza is alacsonyabb lett. Nyomószilárdsága és hajlítószilárdsága megnövekedett a termikus kezelés hatására. Krippel-Pallay keménysége 37–49%-kal magasabb lett, és a kopásállósági vizsgálatok is nagyobb értékeket mutattak a kezeletlenhez képest. Laboratóriumi gombaállósági vizsgálatok kimutatták, hogy 86%-kal kisebb tömegcsökkenés jellemezte a natúrhoz képest, illetve 0–1-es tartóssági osztályba sorolták talajjal való érintkezés esetén az EN 252 szerint. Ennek megfelelően a termikus módosítás szignifikánsan növelte az egyébként 5. tartóssági osztályú gyertyán gombákkal és rovarokkal szembeni ellenállóképességét. Ezek a jónak ígérkező eredmények azonban jelentősen függnek a kezelési hőmérséklettől (140–180 °C) és a kezelés időtartamától (2–6 óra) (Puskás 2006, Molnár et al. 2010, Bak et al. 2012, Aranyos 2014, Németh et al. 2014, Csizmadia 2015).

Mania et al. (2022) a gyertyán ammónia kezelésével és tömörítésével 40%-kal magasabb sűrűséget, 49–80%-kal nagyobb Brinell keménységet, és 71%-kal jobb nyomószilárdságot ért el. Ugyanakkor a dagadása 80%-ról 153%-ra növekedett vízben való áztatás esetében, ezért a dimenzióstabilitását nem növelte ez a kezelés.

Acetilezéssel, vagyis ecetsavanhidrides kezeléssel szintén kedvező tulajdonságokat értek el. Ipari eljárással módosított (Accoya®) gyertyánnak 13,6–16,5%-kal növekedett a tömege a reagensfelvétel miatt. Ennek köszönhetően a dimenzióstabilitása 81–88%-kal növekedett, egyensúlyi nedvességtartalma 70%-kal csökkent, sűrűsége 8%-kal növekedett. Mechanikai tulajdonságai is rendkívüli módon javultak, a nyomószilárdság 43%-kal, a hajlítószilárdság 20%-kal, ütő-hajlítószilárdság 88%-kal, és a keménység 49–68%-kal. A kisebb nedvességfelvétel azt is eredményezte, hogy amikor nedves állapotban vizsgálták a próbatestek mechanikai tulajdonságait, azok kisebb mértékben romlottak, mint a kezeletlen esetében. Színe sötétebb lett (L*=58.31, a*=5.38, b*=15.94). Ugyanakkor nem áll ellen az ultraibolya sugárzásnak, a kezeletlen gyertyán 3 hónap, az acetilezett gyertyán 5 hónap után beszürkült. Sötét vastaglazúrokkal jó eredményeket értek el, legalább 2 évig ellenálltak az időjárásnak szemmel látható minőségváltozás nélkül. Laboratóriumi gombaállósági vizsgálatok kimutatták, hogy kevesebb, mint 1%-ot csökkent a tömege, tehát az 1-es tartóssági osztályba sorolható. Kültéri kitettségi vizsgálatok során legalább 6 évet ellenállt a talajban található mikroorganizmusoknak, fakárosítóknak. Ragasztási tulajdonságai nem romlottak az acetilezés következtében, jó ragasztási szilárdságokat mértek PVAc és PUR ragasztókkal (Fodor et al. 2017, 2018, 2022a, b).

Bari et al. (2019) is megnövekedett tartósságról és dimenzióstabilitásról számolt be ecetsavval és formalinnal acetilezett gyertyán esetében, laboratóriumi körülmények között.

GYELV ELEMZÉS

A gyertyán faanyag hasznosításával kapcsolatos megállapításokat egy Gyengeségek-Erősségek-Lehetőségek-Veszélyek (GYELV) elemzésben összegeztük, melyet a 5. táblázat tartalmaz.

Összefoglalva a famodifikációs technológiák utat nyithatnak bizonyos alulhasznosított fafajok újszerű környezetbarát felhasználásának, ezzel elősegítve a faanyag tartós beépítését. Ez kis mértékben növelheti az erdőgazdálkodás és ráépülő gazdaság szerepét a környezetvédelemben. Nehézséget jelent, hogy szemléletváltásra van szükség ahhoz, hogy az ilyen változások végbe mehessenek. A termelési lánc szereplőinek nagyobb logisztikai feladat az ilyen szétszórt erőforrások hatékony hasznosítása, amely önmagában árnövelő hatású lehet, de a felhasználóknak is el kell fogadni, hogy a jobb minőségű, tartósabb termékért magasabb árat kell fizetni. Ez a folyamat már több szektorban tetten érhető Európában.

5. táblázat: *Közönséges gyertyán hasznosításának GYELV elemzése*
Table 5: *SWOT analysis of utilizing common hornbeam wood*

Erősségek	Gyengeségek
– jó újulási, árnyéktűrési képesség – tölgyeknél gyorsabb fiatalkori növekedés – alacsonyabb árkategória más keménylombos fafajokhoz képest – nagy sűrűség, nyomó-, és hajlítószilárdság, keménység, kopásállóság – őshonos, lombos fafaj alkalmazása, kisebb ökológiai lábnyom – szén-dioxidot tárol sok éven át (nem tűzifa)	– mivel sosem volt elsődleges cél a jó gyertyántörzsek nevelése ezért jellemzően nem áll rendelkezésre koncentráltan nagy mennyiségben ipari célokra megfelelő anyag – körültekintést igényel a tárolása, szárítása, hajlamos vetemedésre, nagyobb selejtarány fűrészelésnél – nem tartós, nem használható kültéren, vagy vizes helyeken – kedvezőtlen megítélés, többnyire tűzifaként tekintenek rá
Lehetőségek	**Veszélyek**
– Állományok elegyességének és ellenállóképességének növelése – vásárlók preferenciája, import faanyagok, illetve nem környezetbarát anyagok helyettesítésére nagy kopásállóságot igénylő termékekben – növelni a gyertyán felhasználási területeit – jó ár-érték arányú termékek gyártása – modifikációval igen jó tulajdonságú anyag állítható elő – magasabb hozzáadott érték feldolgozás esetén	– gyertyán faanyag kedvezőtlen elérhetősége és ára – kedvezőtlen hozzáállás fakitermelői, feldolgozói, döntéshozói, vásárlói oldalról – olcsóbb és/vagy jobb tulajdonságú, konkurens faanyagok a piacon – kedvezőtlen klímaszcenáriók – gazdasági válság

ÖSSZEFOGLALÁS ÉS KITEKINTÉS

A közönséges gyertyán faanyaga természetes formájában nem tartós, ugyanakkor rendkívül sűrű, kemény és kopásálló. A nedvességgel, gombákkal és rovarokkal szembeni ellenállóképessége beszűkíti a felhasználási területeit, és jellemzően a törzsalakja is kedvezőtlen, ezért többnyire tűzifaként hasznosul. Felhasználási területeit beltérben új használati eszközökkel, burkolati elemekkel, és dekorációs elemekkel lehetne bővíteni, ahol a kisebb és/vagy hibás farészek nem hátrányt, hanem előnyt élveznek. Emellett különböző, környezetbarát famodifikációs eljárásokkal egy sokkal tartó-

sabb és ellenállóbb faanyag kapható, melynek színét a kezelési beállítások variálásával alakíthatjuk a felhasználó igényére. Ez az anyag a továbbiakban felhasználható teraszburkolatokhoz, kerti bútorokhoz, kerítéshez, vasúti talpfához, játszótéri elemekhez, de akár faalapú lemezek, termékek is gyárthatók belőle építészeti felhasználáshoz, kompozitokhoz. A faanyag hazánkban középtávon stabilan rendelkezésre áll, és lehetőséget nyújthat tartós fatermékek előállítására amennyiben meglenne rá a feldolgozó kapacitás és a fizetőképes kereslet a hatékony szállítási távolságon belül. Jelen publikáció további kutatást és akciót igényelne, melyek elősegíthetik a gyertyán életciklusának hosszabbítását, ezáltal támogathatjuk a fenntartható gazdaságot:

- erdőgazdaságok felkeresése, felmérés arról, hogy hogyan használják a gyertyánt és miért, mi a gyakorlat, mi lehet a potenciális választékszerkezet;
- kérdőív készítése erdész és faipari szakembereknek, kutatóknak, felhasználóknak a gyertyán termesztésével és felhasználásával kapcsolatban, problémák összegzése, kategorizálása, megoldási lehetőségek összegyűjtése;
- felmérés a gyertyán erdőfoglalásáról és kitermeléséről nemzetközi viszonylatban, nemzetközi hozzáállás, tapasztalatok vizsgálata, összevetés a magyarral;
- felhasználói igények felmérése, mik azok a tulajdonságok, amiknek részben vagy egészben megfelel a gyertyán;
- projektek indítványozása és megvalósítása, együttműködés gyárakkal és tervezőkkel, ahol gyertyánból gyártanak termékeket, szobrokat stb.;
- és terméktípusok definiálása magas (pl. burkolat) és alacsony minőségű (pl. design bútorok) választékokhoz.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Jelen publikáció a TKP2021-NKTA-43 azonosítószámú projekt keretében az Innovációs és Technológiai Minisztérium (jogutód: Kulturális és Innovációs Minisztérium) Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a TKP2021-NKTA pályázati program finanszírozásában valósult meg.

FELHASZNÁLT IRODALOM

van Acker J. 2021: Opportunities and challenges for hardwood based engineered wood products. In: Németh R., Rademacher P., Hansmann C., Bak M. & Báder M. (eds.): Proceedings of the 9th Hardwood Conference Pt. II. Soproni Egyetem Kiadó, Sopron, 5–14.

Aranyos B. 2014: Magasnyomású vízsugár fafelszínt degradáló hatásának vizsgálata hőkezelt gyertyán faanyagokon. Szakdolgozat. Nyugat-magyarországi Egyetem, Sopron.

Ashrafi M.N., Far M.G., Kiani A.M., Dehghan M., Gholizadeh H. & Jelodari A. 2022: Investigating the physical properties of *Carpinus* species in three different regions of Iran. European Journal of Wood and Wood Products 80(1): 259–261. https://doi.org/10.1007/s00107-021-01759-2

Bak M., Németh R. & Horváth N. 2012: Wood modification at the University of West Hungary. In: Németh R. & Teischinger A. (eds.): The 5th Conference on Hardwood Research and Utilisation in Europe. Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, Sopron, 135–143.

Balász I., Pešek O. & Bukovská P. 2020: Hardwood – Softwood Combination in Glued Laminated Timber Cross-Section. Transactions of VSB – Technical University of Ostrava Civil Engineering Series Section Building Structures & Structural Mechanics 20(1): 5–12. https://doi.org/10.35181/tces-2020-0002

Bari E., Jamali A., Nazarnezhad N., Nicholas D.D., Humar M. & Najafian M. 2019: An innovative method for the chemical modification of *Carpinus betulus* wood: a methodology and approach study. Holzforschung. 73(9): 839–846. https://doi.org/10.1515/hf-2018-0242

Barnes H.M., Aro M.D. & Rowlen A. 2018: Decay of Thermally Modified Engineered Wood Products. Forest Products Journal 68(2):99–104. https://doi.org/10.13073/FPJ-D-17-00060

Béky A. 1970: A gyertyán helye erdőművelésünkben. Az erdő 19(2): 82–88

Boone R.S., Kozlik C.J., Bois P.J. & Wengert E.M. 1988: Dry kiln schedules for commercial woods: temperate and tropical. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, Madison, Report No.: FPL-GTR-57. http://www.fs.usda.gov/treesearch/pubs/9635 (letöltés időpontja: 2023.01.23.)

Brunetti M., Nocetti M., Pizzo B., Aminti G., Cremonini C., Negro F., Zanuttini R., Romagnoli M. & Scarascia Mugnozza G. 2020: Structural products made of beech wood: quality assessment of the raw material. European Journal of Wood and Wood Products 78(5):961–970. https://doi.org/10.1007/s00107-020-01542-9

Csizmadia P. 2015: Hőkezelt és kezeletlen faanyagok kültéri kitettségi vizsgálatai. Szakdolgozat. Nyugat-magyarországi Egyetem, Sopron.

Dubois H., Verkasalo E. & Claessens H. 2020: Potential of Birch (*Betula pendula* Roth and *B. pubescens* Ehrh.) for Forestry and Forest-Based Industry Sector within the Changing Climatic and Socio-Economic Context of Western Europe. Forests 11(3):336. https://doi.org/10.3390/f11030336

FAO. 2020: Food and Agriculture Organization of the United Nations – Country Reports 2020. https://www.fao.org/forest-resources-assessment/fra-2020/country-reports/en/.

Fodor F., Ábrahám J. & Németh R. 2018: Bonding acetylated hornbeam wood (*Carpinus betulus* L.). Pro Ligno. 14(4): 31–38.

Fodor F., Bak M., Bidló A., Bolodár-Varga B. & Németh R. 2022a: Biological Durability of Acetylated Hornbeam Wood with Soil Contact in Hungary. Forests 13(7): 1003. https://doi.org/10.3390/f13071003

Fodor F., Bak M. & Németh R. 2022b: Photostability of Oil-Coated and Stain-Coated Acetylated Hornbeam Wood against Natural Weather and Artificial Aging. Coatings 12(6): 817. https://doi.org/10.3390/coatings12060817

Fodor F., Lankveld C. & Németh R. 2017: Testing common hornbeam (*Carpinus betulus* L.) acetylated with the Accoya method under industrial conditions. iForest – Biogeosciences and Forestry 10(6): 948. https://doi.org/10.3832/ifor2359-010

Führer E. 2018: A klímaértékelés erdészeti vonatkozásai. Erdészettudományi Közlemények 8(1): 27–42. https://doi.org/10.17164/EK.2018.002

Führer E., Horváth L., Jagodics A., Machon A. & Szabados I. 2011: Application of a new aridity index in Hungarian forestry practice. Időjárás 115(3): 205–116.

Gálos B. & Führer E. 2018: A klíma erdészeti célú előrevetítése. Erdészettudományi Közlemények 8(1): 43–55. https://doi.org/10.17164/EK.2018.003

Ghalehno M.D. & Nazerian M. 2011: Changes in the physical and mechanical properties of Iranian hornbeam wood (*Carpinus betulus*) with heat treatment. European Journal of Scientific Research 51(4): 490–498.

Gunduz G. & Aydemir D. 2009: Some Physical Properties of Heat-Treated Hornbeam (*Carpinus betulus* L.) Wood. Drying Technology 27(5): 714–720. https://doi.org/10.1080/07373930902827700

Gunduz G., Korkut S., Aydemir D. & Bekar I. 2009: The density, compression strength and surface hardness of heat treated hornbeam (Carpinus betulus L.) wood. Maderas Ciencia y tecnología 11(1): 61–70. https://doi.org/10.4067/S0718-221X2009000100005

Horváth A.L. 2019: Erdei választékok, faárak. Egyetemi előadás. Soproni Egyetem, Sopron. http://emki.nyme.plugin.hu/images/TK%20jegyz%20Okt%20seg%20Vizsk%C3%A9rd/Haszn%20I.%20Erdei%20v%C3%A1laszt%C3%A9kok%20fa%C3%A1rak%20SoE.pdf?fbclid=IwAR0Jz-bHx1q2Zty11J564cBNsLo_cndc9yI0-MQdTi4pAL9bHoAcNGGCILY (Letöltés időpontja: 2023.01.23.)

Kiaei M. 2012: Effect of site and elevation on wood density and shrinkage and their relationships in *Carpinus betulus*. Forestry Studies in China 14(3): 229–234. https://doi.org/10.1007/s11632-012-0310-3

Kiaei M. & Abadian Z. 2018: Physical and Mechanical Properties of Hornbeam Wood from Dominant and Suppressed Trees. Drvna industrija 69(1): 63–69. https://doi.org/10.5552/drind.2018.1705

Kiaei M. & Paloj R.M. 2018: Surface roughness in relation to altitude of hornbeam wood. Madera y Bosques 24(1): e241964. https://doi.org/10.21829/myb.2018.241964

Knorz M. & van de Kuilen J.W.G. 2012: Development of a high-capacity engineered wood productLVL made of European Beech (*Fagus sylvatica* L.). In: WCTE 2012: World Conference on Timber Engineering. Auckland, New Zealand.

Kollár T. 2022: Új adatok a magyarországi gyertyánosok *(Carpinus betulus)* fatermésérő̈l. In: Czimber K. (ed.): Erdészeti Tudományos Konferencia kivonatok kötete. Soproni Egyetem, Sopron, 20.

von Lengefeld A.K. & Kies U. 2018: Teaming-up for the European Hardwoods Innovation Alliance (EHIA): Take your action! In: 8th Hardwood conference proceedings. Sopron: University of Sopron Press. p. 15–16.

Luedtke J., Amen C., van Ofen A. & Lehringer C. 2015: 1C-PUR-bonded hardwoods for engineered wood products: influence of selected processing parameters. European Journal of Wood and Wood Products. 73(2):167–178. https://doi.org/10.1007/s00107-014-0875-8

Mirzaei G., Mohebby B. & Ebrahimi G. 2017: Glulam beam made from hydrothermally treated poplar wood with reduced moisture induced stresses. Construction and Building Materials. 135:386–393. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.12.178

Mérlegbeszámolók (2001-2021): Beszámoló az erdősítésekről és a fakitermelésekről, OSAP adatgyűjtés. Állami Erdészeti Szolgálat 2001–2006, MGSZH Központ Erdészeti Igazgatóság 2007–2011, NÉBIH Erdészeti Igazgatóság 2012–2018, NFK Erdészeti Osztály 2019-2021, Budapest.

Molnár S., Ábrahám J., Csupor K., Horváth N., Komán S., Németh R. & Tolvaj L. 2010: Thermal modification of Hungarian hardwood material to improve the durability and the dimensional stability. Kutatási jelentés. OTKA 49314.

Molnár S. & Bariska M. 2002: Magyarország ipari fái. Szaktudás Kiadó Ház Zrt., Budapest.

Németh R., Ábrahám J. & Báder M. 2014: Effect of high temperature treatment on selected properties of beech, hornbeam and turkey oak wood. In: Sandberg D. & Vasiri M. (eds.): Book of Abstracts of Final Cost Action FP0904 Conference: “Recent Advances in the Field of TH and THM Wood Treatment”. Luleå University of Technology, Skellefteå, 52–53.

NFK. 2021: Erdeink egészségi állapota 2021-ben. Jelentés a 16x16 km-es EVH hálózat alapján. https://nfk.gov.hu/download.php?id_file=43393 (Letöltés időpontja: 2023.01.23.)

NFK. 2022: Fafaj(csoport) statisztikák (éves és idősoros adatok 2005-től) https://nfk.gov.hu/Magyarorszag_erdeivel_kapcsolatos_adatok_news_513 (Letöltés időpontja: 2023.01.23.)

OSAP 2021a: Nettó fakitermelés (OSAP 1257) mintavételezésből országos szintre becsült adatok. https://agrarstatisztika.kormany.hu/download/a/6b/f2000/Nett%C3%B3_fakitermel%C3%A9s_orsz%C3%A1gos_2021.xlsx (Letöltés időpontja: 2023.01.23.)

OSAP.2021b: Nettó fakitermelés (OSAP 1257) minőségjelentés 2021. https://agrarstatisztika.kormany.hu/akadalymentes/download/c/84/f2000/OSAP_1257_min%C5%91s%C3%A9gjelent%C3%A9s_2021.docx (Letöltés időpontja: 2023.01.23.)

Pinchevska O., Horbachova O., Spirochkin A., Sedliačik J. & Rohovskyi I. 2019: Properties of Hornbeam (*Carpinus betulus*) wood thermally treated under different conditions. Acta Facultatis Xylologiae Zvolen 61(2): 25–39. https://doi.org/10.17423/afx.2019.61.2.03

Puskás T. 2006: A hőkezelés (száraz termikus kezelés) hatása a bükk, a cser és a gyertyán faanyagának fizikai jellemzőire. Szakdolgozat. Nyugat-magyarországi Egyetem, Sopron.

Richter H.G. & Dallwitz M.J. 2019: Commercial timbers: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval. https://www.delta-intkey.com/wood/en/www/betcabet.htm (Letöltés időpontja: 2023.01.23.)

Sedlar T., Sinković T., Perić I., Jarc A., Stojnić S. & Šefc B. 2019: Hardness of thermally modified beech wood and hornbeam wood. Šumarski list 143(9–10): 425–433. https://doi.org/10.31298/sl.143.9-10.4

Sikkema R., Caudullo G. & de Rigo D. 2016: *Carpinus betulus* in Europe: distribution, habitat, usage and threats. In: San-Miguel-Ayanz J., de Rigo D., Caudullo G., Houston Durrant T. & Mauri A. (eds.): European Atlas of Forest Tree Species. Publications Office of the European Union, Luxemburg, 74–75. https://ies-ows.jrc.ec.europa.eu/efdac/download/Atlas/pdf/Carpinus_betulus.pdf (Letöltés időpontja: 2023.01.23.)

Sinković T., Govorčin S. & Sedlar T. 2011: Comparison of Physical Properties of Untreated and Heat Treated Beech and Hornbeam. Drvna industrija 62(4): 283–290. https://doi.org/10.5552/drind.2011.1118.

Solymos R. 1993: Improvement and silviculture of oaks in Hungary. Annales des sciences forestières. 50(6): 607–614. https://doi.org/ffhal-00882871

Szalacsi Á., Veres S. & Király G. 2015: Adatok a síkvidéki gyertyános-tölgyesek erdőműveléséhez: lékes felújítóvágás alkalmazásának gyakorlati tapasztalatai és növényzeti hatásai a Szatmár-beregi síkon. Erdészettudományi Közlemények 5(1): 85–99. https://doi.org/10.17164/EK.2015.006

Tolvaj L., Persze L. & Láng E. 2013: Correlation between hue angle and lightness of wood species grown in Hungary. Wood research 58(1): 141–146.

Tumen I., Aydemir D., Gunduz G., Uner B. & Cetin H. 2010: Changes in the chemical structure of thermally treated wood. BioResources 5(3): 1936–1944. https://doi.org/10.15376/BIORES.5.3.1936–1944

Varol T., Cetin M., Ozel H.B., Sevik H. & Zeren Cetin I. 2022: The Effects of Climate Change Scenarios on Carpinus betulus and Carpinus orientalis in Europe. Water, Air, & Soil Pollution 233(2): 45. https://doi.org/10.1007/s11270-022-05516-w

Wagenführ R. 2007: Holzatlas. Fachbuchverlag, Leipzig.

Wang Z., Dong W., Zhou J. & Gong M. 2018: Effect of macro characteristics on rolling shear properties of fast-growing poplar wood laminations. Wood Research 63(2):227–238.

Wei Y., Rao F., Yu Y., Huang Y. & Yu W. 2019: Fabrication and performance evaluation of a novel laminated veneer lumber (LVL) made from hybrid poplar. European Journal of Wood and Wood Products 77(3):381–391. https://doi.org/10.1007/s00107-019-01394-y

Župčić I., Mihulja G., Govorčin S., Bogner A. & Grbac I. 2009: Welding of thermally modified hornbeam. Drvna industrija 60(3): 161–166.

Érkezett: 2023. január 24.
Közlésre elfogadva: 2023. április 21.