

Különböző rönktárolási módszerek összehasonlító gazdaságossági vizsgálata

GERENCSÉR Kinga¹, MOLNÁR András², BEJÓ László¹, HANTOS Zoltán³

¹ NymE, Fa- és Papíriparti Technológiák Intézet

² Techno-World System Csiszolóanyag gyártó Kft.

³ NymE, Építéstan Intézet

Kivonat

A hagyományos nedves rönktárolási módszerek (rönktavas és permetezéssel való tárolás) mellett az utóbbi időben egyre több kutatás foglalkozik alternatív tárolási módszerek kidolgozásával, mint pl. a fólia alatti rönktárolás. A módszer gyakorlati bevezetésének lehetőségét megfelelő gazdaságossági számításokkal lehet megalapozni. Cikkünk a fólia alatti és a hagyományos rönktárolási módszerek összehasonlító gazdaságossági vizsgálatának eredményeit ismerteti. A számítások az egyes módszerek hozzávetőleges beruházási költségeinek és az inflációnak megfelelően diszkontált üzemeltetési költségeinek összehasonlításán alapulnak, 500 m³ tárolókapacitást figyelembe véve. Az eredmények azt mutatják, hogy a fólia alatti rönktárolás beruházási költségei lényegesen (55-60 %-kal) kisebbek, mint a hagyományos nedves tároláséi. Az új módszer üzemeltetési költségei szintén kedvezőbbek, de az eltérés már nem ilyen jelentős. Az eredmények alapján a fólia alatti rönktárolás elsősorban új üzemek létesítése esetén javasolható, a kedvező beruházási költségeknek köszönhetően.

Kulcsszavak: rönktárolás, beruházás, üzemeltetési költség, gazdasági elemzés

Comparative economic analysis of various log storage methods

Abstract

In addition to the traditional wet log storage systems (like spraying and underwater storage), more and more research focuses on alternative storage methods like plastic wrapping. Sound economic analysis is needed to prepare the practical application of the new method. The article introduces the results of a comparative economic analysis of traditional and plastic-wrapped log storage. The calculations are based on the approximate investment and operation costs over ten years, discounted according to inflation, for a 500 m³ storage capacity log yard. Results show that the investment costs are significantly lower in the case of plastic wrap storage than those of the traditional wet log storage. The operating costs of the new method are lower as well, but the difference is less significant. Based on the results, storage under plastic wrap may be recommended mostly when creating new log yards, due to the lower investment costs.

Key words: log storage, investment costs, operating costs, economic analysis

Bevezetés

A fűrész- és lemezipari alapanyagokkal kapcsolatos egyik legnagyobb kihívás a rönkök állagmegóvása a téli kitermelés után szükséges, több hónapos tárolás folyamán. Ezt hagyományosan tipikusan valamilyen nedves tárolási módszerrel – víz alatti

vagy permetezéssel való tárolással – oldják meg. Ezek a tárolási módszerek egyrészt meglehetősen költségesek, másrészt pedig a nagy víz- és energiafelhasználás, valamint a fákból kioldódó anyagok talajba szivárgása miatt nagy környezetterheléssel járnak.

A '90-es évektől több, elsősorban német kutatás foglalkozott a fólia alatti röntktárolás lehetőségével (Bues és Weber 1998, Maier 1998, Maier és tsai. 1999, Schüller 2001.) A közelmúltban a NymE Fa- és Papíripari Technológiák Intézetében végeztek kutatásokat hazai fafajok tárolásával kapcsolatban. Ezzel kapcsolatos korábbi cikkünkben (Gerencsér és tsai. 2007) részletesen ismertettük a módszer lényegét, és tárgyaltuk annak előnyeit és hátrányait. Vizsgálataink megmutatták, hogy a fólia alatti röntktárolás a hazai fafajok esetében is megfelelő állagmegővést biztosít, ha a rakatok fóliatakarása nem sérül.

A fólia alatti röntktárolás a hagyományos nedves tárolási eljárásokkal szemben a rakatok kialakítása után nem jár további víz- és energiafelhasználással. Tekintettel arra, hogy a környezetvédelmi szempontok az utóbbi időben egyre nagyobb hangsúlyt kapnak, ez önmagában is nagyon fontos előny. Ennek ellenére jelenleg az új módszer elterjedésére csak akkor van esély, ha demonstrálható, hogy pusztán pénzügyi szempontból is megéri az alkalmazása. Ennek érdekében összehasonlítottuk a víz alatti, a permetezéssel, illetve a fólia alatti tárolás beruházási és üzemeltetési költségeit.

Az egyes tárolási módszerek jellemzése

A beruházási és üzemeltetési költségek mellett az egyes röntktárolási módszerek összehasonlításakor tekintettel kell lenni a tárolási módszerek sajátosságaira; milyen fokú és időtartamú védettséget biztosítanak, milyen esetben, milyen fafajokhoz használhatók, stb.

A víz alatti tárolásnál az anyagot – természetes röntktóban vagy mesterségesen kialakított röntktároló medencében, esetleg folyóvízben – teljes egészében víz alá merítve tároljuk. Ezáltal az anyagot gyakorlatilag tökéletesen és korlátlan ideig meg lehet óvni a károsodástól. A rönköket valamilyen módon a vízfelszín alatt kell tartani, vagy gondoskodni kell a felszín feletti részek védelméről (pl. permetezéssel). A szükséges medencetérfogát kb. a tárolandó mennyiség másfélszerese. A medence vizét időszakosan – télen 30 naponként, nyáron 15 naponként – cserélni kell. Télen a vizet le kell engedni vagy melegíteni kell, a befagyás elkerülése végett. A módszer egyaránt alkalmas kérgezett és kérgezetlen rönkök tárolására. Kiválóan alkalmas füledékeny fafajok tárolására is, és akár a részlegesen kiszáradt anyag újranedvesítése is megoldható ezen a módon. A kialakuló oxigénszegény környezetnek köszönhetően nem csak a gombák, de a

farontó rovarok károsítása ellen is védi a faanyagot. A minőség szempontjából az egyetlen negatívum, hogy egyes fafajoknál hosszú idejű tárolás folyamán elszíneződés léphet fel.

A permetezéssel röntktárolás folyamán a rönk száradási folyamatait vízpermet segítségével gátoljuk, illetve lassítjuk. Ezzel a módszerrel csak élőnedves, vagy kissé csökkent nedvességtartalmú, kérgezetlen rönkök tárolhatók. A rönköket – ideális esetben – beton térburkolatú röntkéren, ennek hiányában alacsony alátéteken, tömören kialakított máglyákban tároljuk. A permetezőrendszert úgy kell kialakítani, hogy a permetvíz a rönk teljes felületét filmszerűen borítsa be, különös tekintettel a legnagyobb kipárolgást biztosító бүтүfelületekre. A permetezést a máglyák kialakításától kezdve folyamatosan kell végezni. 7 °C hőmérséklet alatt, illetve megfelelő intenzitású esőben a permetezés szüneteltethető. A permetezéssel röntktárolás szintén minden fafaj tárolására alkalmas (füledékeny fafajok esetén különös körülményt igényel), és kitűnő, hosszú távú védelmet biztosít a gombásodás ellen.

A fólia alatti röntktárolás sajátossága, hogy a hermetikusan lezárt rönkök felületén gombatevékenység indul meg, amely azonban csak felületi jellegű, nem károsítja a faanyag belső részét. A gombák anyagcseréje során a rendelkezésre álló oxigén egy része elhasználódik, ami meggátolja a további károsítást. Az oxigénszegény környezetnek köszönhetően a farontó rovarok ellen is hatékony védelmet nyújt. A rakatok megbontása után a rönköket gyors ütemben fel kell dolgozni az esetleges további károsítás elkerülése végett. Az oxigén elhasználását siettetni lehet a fólia alatti levegő nagy részének kiszivattyúzásával (Gerencsér 2007).

A fóliás röntktárolás egyik hátránya, hogy kivitelezése nagy körülményt igényel a megfelelő légzárás biztosítása érdekében. A rakatokon lévő fóliát a tárolás ideje alatt rendszeresen ellenőrizni kell, hogy nem sérült-e. Megfelelő aljzat kialakítással, kellően erős fóliát alkalmazva biztosítható a hosszú távú, sérülésmentes tárolás.

A beruházási és üzemeltetési költségek meghatározása

A beruházási és üzemeltetési költségek meghatározását viszonylag alacsony, 500 m³-es tárolókapacitás figyelembe vételével végeztük. Fontos megemlíteni, hogy röntktároló medence vagy permetező rendszer kialakítása esetén a tárolókapacitás növekedésével a fajlagos beruházási költségek csökkennek. Ez a csökkenés feltehetőleg viszonylag kis mértékű,

mivel nagyobb tárolókapacitás általában arányosan több tárolómedencét, nagyobb tároló területet jelent, így a költségek jelentős részét kitevő kivitelezési költségek nem csökkennek. Fólia alatti röntktárolás esetén a beruházási költségek a röntkter kapacitásával arányosan növekednek, a fajlagos költségek nem csökkennek.

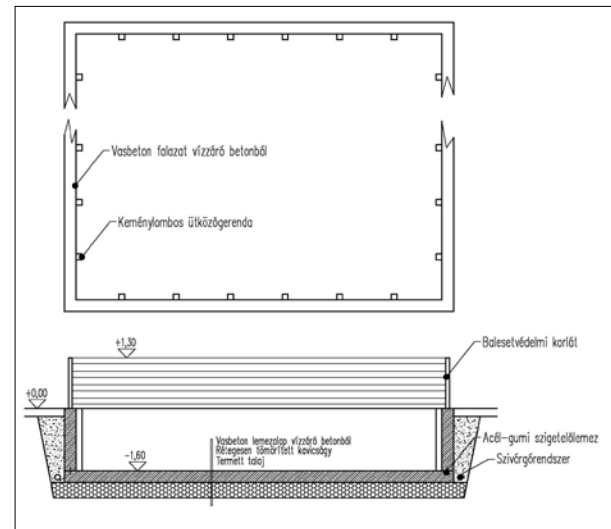
A beruházási költségek meghatározása építész tervezők közreműködésével történt. A megadott értékek 2008-as árszínvonalon meghatározott, hozzávetőleges költségek, amelyek a gyakorlatban nagyban függenek a helyi adottságoktól és kívánalmaktól. Ezért a megadott értékek csupán tájékoztató jellegűek, pontosabb meghatározásuk nem volt lehetséges. Feltételezve, hogy a beruházás egy éven belül megvalósul, az inflációs hatások a költségeket nem befolyásolják, diszkontálásra nincs szükség.

A röntktároló medence, a permetezett röntkter illetve a fóliás tároláshoz kialakított röntkter építészeti terveit az 1. ábra mutatja. Az összehasonlító elemzéshez $42 \times 10 \times 1,8$ m méretű röntktároló medence, 30×49 m-es permetezett betonozott röntkter, illetve – a fólia alatti tároláshoz – 21×35 m méretű betonozott röntkter kialakítását vettük figyelembe.

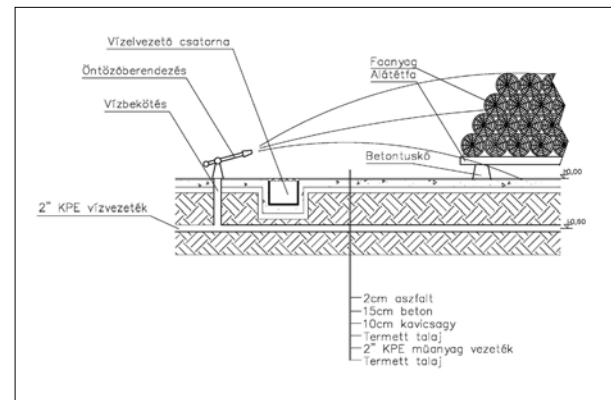
A beruházási költségek négy nagyobb csoportra bonthatók. Az első csoport az előkészítés, adatfelvétel költségei, a második a tervezéssel, engedélyeztetéssel kapcsolatos kiadások, a harmadik a kivitelezés költsége, a negyedik pedig – a fólia alatti röntktárolás esetében – a szükséges berendezések beszerzése.

Az előkészítés és adatfelvétel elsősorban a létesítmény helyszínének felmérését jelenti, beleértve a terepviszonyok, szintmagasságok felmérését, a környező épületek és közművek elhelyezkedését is. Ennek költsége az alapterülettel arányos. Nedves tárolásnál emellett fel kell mérni a vízszükségletet és a szennyvíz-feldolgozás lehetőségeit, továbbá be kell szerezni a szükséges közműnyilatkozatokat. Tekintettel a nagy mértékű talajterhelésre, a röntktároló medence kialakításához talajmechanikai szakvélemény is szükséges.

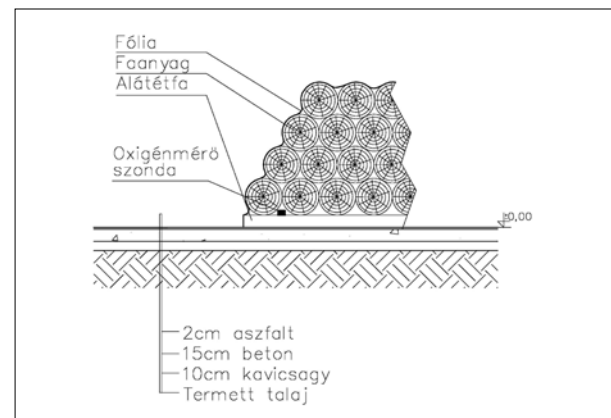
Mivel mindhárom esetben vasbeton alapszerkezet készül, el kell készíteni a szükséges engedélyezési és kiviteli terveket. A röntktároló medence és a permetező rendszer vízforgató rendszerének kialakításához gépészeti tervek is szükség van. A medence tervezésekor ezen felül statikai és alapozási tervek is készülnek, valamint meg kell tervezni a szivárgó rendszert és a szükséges kiegészítő szerkezeteket (fa ütközőelemek, korlátok, járdák, utak).



a.



b.



c.

1. ábra A három különböző röntktárolási módszerhez kialakítandó röntkterek építészeti terveit (a. röntktároló medence, b. permetezéssel tárolás, c. fólia alatti röntktárolás)

Figure 1 Architectural plans for various log storage methods (a. log storage in vat, b. spraying, c. plastic wrapping)

A permetezéssel és fólia alatti röntktároláshoz mindkét esetben betonozott röntkter készül. Ennek kivitelezési költségei arányosak a kialakítandó röntkter méretével, ami permetezéssel tárolásnál a kisebb

magasságú rakatok, és a permetező és vízelvezető rendszerek helyigénye miatt szükségszerűen nagyobb. A permetezési röntároláshoz természetesen a permetezőrendszer gépészeti előkészítését és installációját is el kell végezni, ami tovább növeli a költségeket.

A röntároló medence kivitelezésének költségei jelentősen meghaladják a permetezési és fóliás röntároláshoz szükséges röntterek építési költségeit, mivel ebben az esetben komoly statikai terhelésnek kitett, süllyesztett medencét kell építeni. Az oldalfalak megépítésén kívül a kiadásokat itt növeli a szükséges talajvíz-mentesítés, a vízszigetelés, a szivárgó rendszer és a kiegészítő szerkezetek kivitelezésének költségei is.

A másik két módszerrel ellentétben a fóliás röntárolás kivitelezéséhez szükség van bizonyos, nem közvetlenül a rönttérhez kapcsolódó berendezések beszerzésére is. A rakatokra helyezett fólia lezárásához nagy teljesítményű hegesztő berendezést és a levegő kiszivattyúzásához ipari porszívót kell beszerezni. A rakatok esetleges károsodásának a detektálásához oxigénmérő műszerre, és minden rakathoz egy-egy szondára van szükség.

Az üzemeltetés költségeinek meghatározásához egy-egy röntároló medencével illetve permetezőrendszerrel rendelkező üzem segítségét kértük. Az üzemektől kapott tájékoztatás alapján határoztuk meg a szükséges víz és energia mennyiségét és árát, valamint az egyéb költségeket a 2008-as árszínvonalnak megfelelően.

A vízszükségletet röntároló medence esetén évi 12 db. vízcserének megfelelően határoztuk meg, a röntároló medence térfogata alapján. A teljes vízszükséglet ez alapján $12 \times 250 \text{ m}^3$. Permetezés esetén $15 \text{ l/m}^3/\text{h}$ vízszükséglettel számoltunk. A permetezési órák számát az 1. táblázat tartalmazza. Az egyéb költségeket (energia, karbantartás, meghibásodás, stb.) a megkérdezett üzemektől kapott tájékoztatás alapján állapítottuk meg.

A fólia alatti röntároláshoz elsősorban a fólia anyagszükségletét kell figyelembe venni. A röntlőket 5 db $20 \times 6 \times 3 \text{ m}$ -es, egyenként 100 m^3 befogadására alkalmas rakatba csomagolják, a fóliás tárolásnál szükséges gyors feldolgozás érdekében. (Ezt a mennyiséget egy nagyobb üzem kb. 3 nap alatt képes feldolgozni.) A csomagolás kivitelezése és az egyéb, előre nem látható költségek becsült adatok. Az üzemeltetési költségek a későbbi években várhatóan az infláció ütemében növekedni fognak.

1. táblázat A permetezési órák száma az év folyamán (Gyarmati és tsai. 1975).

Table 1 Spraying periods throughout the year (Gyarmati et al. 1975)

Hónap	Permetezési időszak	Permetezett órák száma
Január-Március	—	—
Április	9 – 16 h	30×7
Május	7 – 17 h	31×10
Június-Augusztus	Napközben	92×16
Szeptember	7 – 17 h	30×10
Október	10 – 15 h	31×5
November-December	—	—
Összesen		2447

A gazdaságossági számítások során az egymás követő években jelentkező költségeket az inflációból következő kamatos kamatok figyelembevételével diszkontálják, az alábbi képlet szerint (Dorogi és Rott 1981, Samuelson 1988):

$$K = K_0 + \sum_{i=1}^n \frac{K_i}{(1 + r_i)^i} \quad [1]$$

ahol:

- K - a teljes (beruházási és üzemeltetési) költség a vizsgált időszakban
- K_0 - a beruházási költség a 0. évben
- r_i - a kamatláb az i-dik évben
- n - a vizsgált évek száma.

Esetünkben a költségek várhatóan évente az inflációnak megfelelően növekednek, azaz $K_i = K_1 (1 + r_i)^{i-1}$. Ennek megfelelően a diszkontált üzemeltetési költség minden évben állandó (a 0. évre számított üzemeltetési költséggel megegyező) és a számítás során csupán ezt a költséget kell megszorozni a vizsgált évek számával (esetünkben $n = 10$).

Eredmények és értékelés

A 2. táblázatban összefoglaltuk az vizsgált röntárolási módszerek szükséges beruházási költségeit. Mint várható volt, a rönttárolási rendszer kiépítése kerül a legtöbbre, elsősorban a medencék kialakításának költsége miatt. A permetezett rönttér kialakítása valamennyivel kevesebbe kerül, de a különbség nem jelentős. Ez elsősorban a permetezett rönttér nagyobb helyigényének köszönhető.

A fólia alatti tároláshoz kialakított betonozott rönttér megépítésének költsége mintegy 60%-kal alacsonyabb mint a röntároló medence, és mint-

2. táblázat Az egyes röntárolási eljárások beruházási költségei (1 000 Ft).**Table 2** Investment costs of different log storage methods (1 000 HUF)

	Költség	Víz alatti tárolás	Permetezéses tárolás	Fólia alatti tárolás
Adatfelvétel	Terepfelmérés, geodézia	300	500	300
	Talajfeltárási vizsgálatok	360	—	—
	Közműnyilatkozatok, hatástanulmányok	100	100	—
	Tervek, engedélyek	1 700	800	300
Kivitelezés	Talajelőkészítés	150	300	150
	Kitűzés	100	200	100
	Talajvíz-mentesítés	1 500	—	—
	Alapgödör kiemelése	2 000	400	250
	Döngölt szűrőkavics terítés	1 000	3 000	1 500
	Szerelőbeton készítése	1 000	4 000	2 000
	Fenéklemmez vasszerelése, zsaluzása	3 500	10 000	5 000
	Gépészeti előkészítés	1 500	2 000	—
	Toldó-vízszigetelő szalag elhelyezése	400	—	—
	Betonozás, vibrálva készített vízzáró betonnal	5 000	15 000	7 500
	Szilárdulás/hűtés	50	300	150
	Zsaluzat bontása, előkészítés	50	—	—
	Oldalfalak vasszerelése és zsaluzása	9 500	—	—
	Oldalfal betonozás, vibrálva készített vízzáró betonnal	6 000	—	—
	Zsaluzat bontása	300	—	—
	Szivárgó rendszer elkészítése	1 000	—	—
	Gépészeti szerelés	5 000	3 000	—
	Feltöltés, járdák, tereprendezés	2 500	—	—
	Fa ütközők szerelése	2 000	—	—
	Korlátok szerelése	800	—	—
Berendezések	Fóliahegesztő gép	—	—	200
	Oxigénmérő műszer és szondák	—	—	55
	Ipari porszívó	—	—	50
	Egyéb	—	—	5
Összesen		45 810	39 600	17 560

egy 55%-kal alacsonyabb, mint a permetezett röntér építési költsége. Ebben az esetben lényegesen kisebb rönteret kell kialakítani, és nincs szükség telepített gépészeti megoldásokra, kiegészítő szerkezetekre. Ezzel szemben a fóliák lezárásához és az oxigén mennyiségének a folyamatos ellenőrzéséhez megfelelő berendezésekre van szükség. Ezek ára azonban elenyésző a permetetési és a víz alatti röntároló rendszer telepítési költségeihez viszonyítva.

A 3. táblázat az egyes röntárolási módszerek éves üzemeltetési költségeit tartalmazza. Víz alatti és permetezési tárolásnál ennek nagy részét a felhasz-

nált vízmennyiség adja, míg a fólia alatti röntárolás esetén a szükséges fólia ára a legjelentősebb tétel. Amint látható, az üzemeltetési költségek tekintetében is a fólia alatti röntárolás bizonyul a leggazdaságosabbnak, bár az eltérés már nem olyan jelentős, mint a beruházási költségek esetében, különösen a permetezési tárolással összehasonlítva.

A három röntárolási módszer összes költségét 10 éves időszakot tekintetbe véve a 4. táblázatban hasonlítottuk össze. Az éves tárolási költséget a beruházás évére diszkontáltuk, 8 %-os inflációt feltételezve. Amint az a 4. táblázatból kiderül, 10 éves időtartamra vetítve a víz alatti és permetezési

röntktárolás fajlagos költsége közel megegyező, a fólia alatti röntktárolás fajlagos költsége viszont csupán a hagyományos röntktárolási módszerekének a fele.

A fenti következtetés közelítő számítások eredménye, amelyek egy 500 m³ kapacitású röntktérre kerültek kiszámításra, 10 éves időtartamot figyelembe véve.

3. táblázat A különböző röntktárolási módszerek éves üzemeltetési költségei (Ft)

Table 3 Operating costs of different log storage methods (HUF)

Megnevezés	Mennyiség	Egységár ¹	Költség (1000 Ft)
VÍZ ALATTI TÁROLÁS			
Vízigény	12×250 m ³	300 Ft/m ³	900
Egyéb			500
Összesen			1 400
PERMETEZÉSES TÁROLÁS			
Vízigény	15 l/m ³ /h ×500 m ³ ×2447 h	70 Ft/m ³	1 280
Villamos energia			400
Egyéb			100
Összesen			1 780
FÓLIA ALATTI TÁROLÁS			
Fólia	5×550 m ²	350 Ft/m ²	963
Csomagolás kivitelezése			120
Egyéb			12
Összesen			1 095

¹ A víz egységára eltérő a víz alatti tárolásnál, ahol friss ipari vizet használnak fel, és a permetezéssel tárolásnál, ahol a víz részét tisztítás után recirkulálják.

4. táblázat A különböző tárolási módszerek összes költsége, és a fajlagos tárolási költség egy 10 éves időszak alatt (1 000 Ft)

Table 4 Total cost of different log storage methods and the specific storage cost for a 10 years period (1 000 HUF)

	Víz alatti tárolás	Permetezéssel tárolás	Fólia alatti tárolás
Beruházási költség	45 810	39 600	17 560
Éves üzemeltetési költség	1 400	1 780	1 095
Üzemeltetési költség 10 év alatt	14 000	17 800	10 950
Összes költség 10 év alatt	59 810	57 400	28 510
1 m ³ faanyag éves tárolási költsége	11,8	11,4	5,7

A valóságos költségeket több tényező is befolyásolhatja:

- A beruházási költségek jelentős mértékben függenek a helyi adottságoktól, tényezőktől. A pontos költségeket csak ezek ismeretében lehet meghatározni.
- A röntktér méretének a növelése a permetezéssel és víz alatti tárolás fajlagos beruházási költségeit kis mértékben csökkenti, míg a fólia alatti röntktárolás költségei változatlanok maradnak.
- Hosszabb időszakot vizsgálva a beruházási költségek jobban megoszlanak, jelentőségük csökken, feltételezve, hogy a tárolórendszeren nem kell jelentősebb felújítást végezni. Ez a nagy beruházásigényű, hagyományos eljárásoknál a fajlagos tárolási költségeket csökkenti, azonban ezek még így is bizonyosan meghaladják a fólia alatti röntktárolás költségeit.
- Kisebb üzemek nem feltétlenül képesek 100 m³ anyagot 2-3 nap alatt feldolgozni. Ez azt jelenti, hogy fóliás röntktárolás esetében kisebb rakatokat kell kialakítani, ami növeli a fajlagos röntktárolási költségeket.
- A jelenlegi tendenciák szerint az energia- és vízárak az inflációnál nagyobb mértékben növekszenek. Amennyiben ez tartósan így marad, az a hagyományos nedves tárolási módszerek fajlagos költségeit növeli. Ebben az esetben a fólia alatti röntktárolás gazdaságossága még nagyobb hangsúlyt kaphat.

Összefoglalás és következtetések

Cikkünkben a hagyományos, röntktavas és permetezéssel röntktárolás költségeit hasonlítottuk össze egy kísérleti módszerrel, a fólia alatti röntktárolással. A három röntktárolási módszer hozzávetőleges beruházási és működtetési költségeinek összehasonlítása után az alábbi következtetéseket vonhatjuk le:

- A hagyományos tárolási eljárások beruházási költségei mintegy kétszer olyan magasak, mint a fólia alatti röntktároláséi.
- Az üzemeltetési költségek tekintetében szintén a fólia alatti röntktárolás bizonyult a legköltségesebbnek, de a különbség nem olyan jelentős, mint a beruházási költségek esetében.
- A fólia alatti röntktárolás különösen javasolható új beruházás esetében, ahol még nincs kiépítve röntktér, vagy permetező rendszer.
- A számítások közelítő jellegűek; a helyi adottságok, a röntktér kapacitása és a víz- és energia-költségek változásai az ismertetett eredményeket jelentősen befolyásolhatják.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetet mondanak a Bakonyerdő Erdészeti és Faipari Zrt. és az OWI Zala Fa- és Műanyagipari Termékeket Gyártó és Forgalmazó Bt. vezetőinek és munkatársainak, akik a rönktavas illetve permetezési rönktárolással kapcsolatos információkat rendelkezésre bocsátották. A projekt az „Új minőségmegőrző tárolási módszer kidolgozása fülledékeny faanyagokhoz” c. Baross Gábor pályázat (ND_INRG-05-FA-TAROL) keretében és támogatásával zajlott.

Irodalomjegyzék

Bues CT, Weber A (1998) Eine neue Methode der Rundholzlagerung. Forstwissenschaftliches Zentralblatt 117(4):231-236

Dorogi I, Rott N (1981) Korszerű beruházás-előkészítési módszerek az élelmiszergazdaságban. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.

Gerencsér K, Molnár A, Bejő L (2007) A fólia alatti rönktárolás lehetőségei. I. rész: optimális rönktárolási módszer kialakítása. Faipar 55(1-2):3-8

Gyarmati B, Igmándy Z, Pagony H (1975) Faanyagvédelem. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest

Maier T (1998) Ein neues Lagerverfahren für Rundholz. AFZ/Der Wald 53(26):1597-1598

Maier T, Schüller G, Mahler G (1999) Ganzjährig frisches Rundholz aus dem Lager. Holz Zentralblatt 124(73):1092-1094

Samuelson PA (1988) Közgazdaságtan. Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest

Schüller G, Schleier D, Mahler G, Maier T (2001) Rundholzkonservierung in Folie nach „Lothar” Holz Zentralblatt 127(21):295

Wood-steel hybrid bridge: comparison of measured and calculated results

KISS Lajos¹, SASAKI Takanobu², IIJIMA Yasuo³, USUKI Seizo⁴

¹ International Operations Headquarters, Taisei Corporation, Tokyo, Japan

² Institute of Wood Technology, Akita Prefectural University, Noshiro, Japan

³ Institute of Wood Technology, Akita Prefectural University, Noshiro, Japan

⁴ Department of Civil and Environmental Engineering, Akita University, Akita, Japan

Abstract

In Japan, an increasing number of research programs concentrate on engineering applications using Japanese cedar. The authors, as a part of these initiatives, focus on developing a highly durable timber bridge for short and medium span bridges, using Japanese cedar glulam and steel. This plan is achieved by continuing their research on the behavior of a glulam beam-orthotropic steel deck hybrid structure, discussed in previous works. In this paper, measured data from a reduced scale test are compared to calculated results from a finite element analysis, as well as from plastic composite beam theory. Test results are obtained from a failure test performed on a one-third-scale hybrid bridge model, with a span of 5.0 m and a width of 2.1 m. The glulam-steel system comprises an orthotropic steel deck, two double glulam beams with one upper and two lower, vertically inserted, epoxy resin glued-in steel ribs. The finite element model consists only of a quarter of the tested hybrid structure, with simplified modeling of joints. All structural members are modeled by solid elements.

Key words: Japanese cedar, glulam, hybrid bridge, finite element model