

FAKITERMELÉS LOMBOS ÁLLOMÁNYOKBAN TÖBBMŰVELETES FAKITERMELŐ GÉPEK ALKALMAZÁSÁVAL

Horváth Attila László, Szakálosné Mátyás Katalin és Horváth Béla

Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar

Kivonat

A gépfejlesztéseknek köszönhetően a harvesztetek ma már nem csak kizárólag a fenyvesekben alkalmazhatóak hatékonyan. Számos terepi méréssel sikerült Magyarországon (akác, cser, bükk állományokban) is igazolni a „gépcsodák” létjogosultságát. Az idő- és költségelemzések során kapott eredmények tudatában biztonsággal megállapítható, hogy a lombos állományokban is alkalmazhatóak harvesztetek, sok esetben hatékonyabb munkavégzés valósítható meg velük, mint a hagyományos motorfűrészes fakitermelés során.

Kulcsszavak: harveszter, fakitermelés, lombos állomány, teljesítmény, üzemóráköltség, munkaidő-szerkezet

HARVESTING IN HARDWOOD STANDS WITH APPLICATION OF MULTI-OPERATIONAL LOGGING MACHINES

Abstract

As a result of new developments in technology, harvesters may no longer be confined to conifer forests only. Several studies carried out in black locust, Turkey oak and beech stands have justified the use of these machines in hardwood stands. Evaluating the results of the cost and time analyses we concluded that harvesters are more efficient in several cases compared to traditional wood cutting with chainsaws.

Keywords: harvester, logging, performance, operating cost, working day structure

BEVEZETÉS

Az elmúlt évszázadok során jelentős technikai fejlődésen ment keresztül az erdőgazdálkodás, így az erdőhasználat munkafolyamatai is. Új technológiák, módszerek, eszközök és gépek alakultak ki és terjedtek el. A fakitermelések döntési műveleteinél általánosan használt kéziszerszámokat – fejsze, keresztvágó fűrész – felváltották a motorfűrészek, amelyek hosszú évtizedekig egyeduralkodóvá váltak a döntési és felkészítési munkaműveletekben. Magyarországon jellemzően még mindig a motormanuális gépesítettség szinten folynak a döntési, a gallyazási és a darabolási munkák, a közelítés, kiszállítás pedig kihordóval vagy csörölővonszolóval történik.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A többműveletes fakitermelő gépek fejlődése

A XX. század második felétől az egyre erősödő gépfejlesztéseknek köszönhetően jelentek meg a nagyteljesítményű döntő, gallyazó, daraboló és aprítéktermelő gépek, a közelítő és szállító gépek, a korszerű kérgező és rakodó gépek. A fejlett skandináv országokban az 1960-as években kezdték alkalmazni a többcélú vagy többműveletes fakitermelő gépeket, amelyek a következő évtizedben létjogosultságot szereztek és elterjedtek (Hiller 1984). A speciális erdészeti gépek egyszerre két vagy több művelet elvégzésére is alkalmasak, aminek köszönhetően akár az átlagosnál nagyobb teljesítményre is képesek (Horváth 2003). Jelenleg a legkorszerűbb technológiát képviselik azon gyártók – pl. a Komatsu, a John Deere, a Ponsse, az Eco Log –, amelyek különböző műszaki és számítógépes megoldások révén tökéletes összhangot igyekeznek kialakítani a termelékenység (pl. választékoló szoftverekkel), az állományviszonyok (pl. tőátmérő és fafajspecifikus harvesterfejek segítségével) és a terepviszonyok (pl. Eco Log lengőkaros járószerkezet, John Deere lépegető harvester) között.

A jelenleg alkalmazott többműveletes fakitermelő gépek ősének tekinthető az 1957-ben készült, Rudy Vit által tervezett Bombardier harvester (1. ábra). A gép képes volt a fa kivágására, megemelésére, lerakta a közelítőnyom szélére, illetve a szerkezet hátsó részén található szorítószámolyok közé behelyezte. Az első ténylegesen harvesternek nevezhető gép a Sakari Pinomäki által tervezett és 1973-ban bemutatott PIKA 75 volt (1. ábra).



1. ábra: Bombardier és PIKA 75 harvester (commons.wikimedia.org, www.unusuallocomotion.com)

Figure 1: Bombardier and PIKA 75 harvester (commons.wikimedia.org, www.unusuallocomotion.com)

A többműveletes fakitermelő gépeknek kezdetben öt csoportja volt (Szepesi 1978):

1. döntő gépek (a fák tőtől való elválasztására és előközelítésére voltak képesek);
2. gallyazó gépek (a ledöntött fák gallyazását végezték el);
3. daraboló gépek (a faanyag választékolását végezték);
4. gallyazó-daraboló gépek (processzorok);
5. teljes fakitermelő gépek (harvesterek).

A gépfejlesztések során elsődleges célként fogalmazódott meg, hogy az alapgépre minél több adaptert szereljenek fel, így az egymást követő műveletek folyamatláncná fűzhetők idővesztés nélkül. Az elképzelés-

sek megvalósulásának köszönhetően az évek során a gallyazó és daraboló gépek visszaszorultak, és lassan el is tűntek az erdőkből. Az új gépek kialakulásával a csoportosítás is megváltozott (Horváth 2003):

1. harveszterek: a fa tőtől való elválasztását és hozzá kapcsolódóan még egyéb műveleteket (rakásolás, gallyazás, darabolás, előközelítés, közelítés) is elvégező gépek;
2. processzorok: a fa tőtől való elválasztását nem, de a többi műveletet (gallyazás, kérgezés, darabolás, előközelítés, közelítés) kapcsoltan végző gépek.

A többműveletes fakitermelő gépek kialakulásának köszönhető, hogy a fakitermelési munkák – a King-féle gépesítettségi szinteket tekintve – a műveletgépesítési szintről a magasabb, folyamatgépesítési szintre fejlődhetnek. A rövidfás munkarendszerek közül ilyen tipikus példa a harveszter és forvarder gépegyüttessel végrehajtható ún. CTL (Cut to Length).

Harveszteres fakitermelés lombos állományokban

A fejlett nyugat-európai (elsőként a skandináviai) és észak-amerikai országokban, ahol óriási területű fenyves erdők kitermelése a feladat, nagyon gyorsan terjedt el és szinte egyeduralkodóvá vált a magasan gépesített, „harveszter – forvarder együttest” alkalmazó fahasználat. A kezdetben a fenyő állományokra kifejlesztett harveszterek kiváló alkalmazhatóságának és térhódításának következtében a kutatások, vizsgálatok és fejlesztések a lombos állományokban való alkalmazhatóságra irányultak.

A munkafolyamatban nem állapítható meg lényeges különbség, a munkaműveletek néhány eltéréstől eltekintve megegyeznek mindkét állományban annak ellenére, hogy a faegyedek habitusa és az erdő szerkezete is markánsan más.

A fakitermelés során a harveszter az előre kijelölt, egymástól 20–30 m távolságra található közelítőnyomvonalon mozog, amelyet a közelítő gép is használt már, így a taposási kár csökkenthető.

A termelés technológiájának köszönhetően a baleset veszélye minimális, tökéletesen irányítható a döntés, alacsonyra vehető a tuskómagasság, és döntési apadékkal alig kell számolni (nincs szükség hajkra, törési lépcsőre, lécre). A döntés során a gép kezelője az ún. manipulátorkar végén található harveszterfejjel közelíti meg a fa tövét (2. ábra), majd a fejen található fogókarok segítségével biztosítja a szoros rögzítést. A hidraulikus vezérlésű láncfűrész egy művelettel vágja át a törészt, mialatt a gépkezelő a manipulátorkarral segíti és irányítja a döntést (2. ábra). Abban az esetben, ha nagy töátmérőjű vagy terpeessel rendelkező faegyed kivágása a feladat, esetleg a húzásiránytól lényegesen eltérő döntési irány megválasztása szükséges, a harveszterfejjel végrehajtott hajkvágás segítheti a biztonságos munkát.

A fa földre érkezését követően a harveszterfej segítségével folyamatos munkával történik meg az előközelítés a közelítőnyomhoz, majd a gallyazás, a választékolás, a darabolás és a választékonkénti rakásolás (2. ábra).

A lombos és fenyő állományok termelése során a leglényegesebb különbség abban fedezhető fel, hogy a koronarész vastagabb oldalágainak leválasztása már nem az ívkésként is funkcionáló fogókarokkal valósul meg, hanem a gépkezelő a manipulátorkar segítségével a törzs kérdéses részénél a fejegységet áthelyezi a levágandó ágra, rögzíti a fejet, majd a hidraulikus vezérlésű fűrészlancos vágószerkezettel eltávolítja azt (2. ábra). A következő műveletekben elvégezhető az ágrész gallyazása, választékolása, darabolása, és folytatódhat a munka a törzsrész további részén.

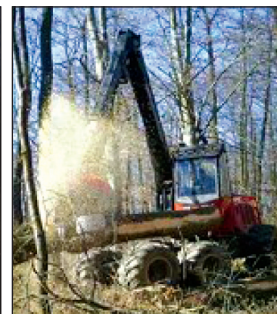
Az anyagrendezés során a faanyag máglyázása a gép mellé történik, illetve a vékonyfa, valamint a korona 5 cm-nél vékonyabb részei a közelítőnyom (2. ábra) jobb és bal oldalán halmozódnak fel. A koncentráltan elhelyezkedő vékony faanyag aprítása így gazdaságosan végezhető el. A hengeresfa választék közelítését forvarder vagy kihordó szerelvény végzi.



Fa-felkeresés



Fadöntés



Választékolás, darabolás



Vastag oldalág levágás



Gallyanyag-rendezés



Közelítőnyom

2. ábra: Csertőlggy állomány kitermelése harveszterrel
Figure 2: Harvester logging of a Turkey oak stand

Többműveletes fakitermelő gépek Magyarországon

Az 1970-es években a magyarországi fakitermelésekben az akkori szakemberek a termelékenység fokozásának egyik lehetőségét látták a többcélú, többműveletes fakitermelő gépek alkalmazásában. A termelékenység növelésének szükségessége mellett a folyamatosan növekvő munkaerőhiány is ösztönözte a minél előbbi gépbeszerzéseket (Szepesi 1967, Csontos 1977). A Devecseri valamint a Kiskunhalasi Állami Gazdaságban 1977-től egy-egy Timberjack RW-30 típusú döntő-gallyazó és egy Timberline típusú kanadai harvester is dolgozott, viszont a többcélú gépek hazai elterjedése mégsem volt olyan mértékű és ütemű, mint ahogy azt a hazai szakemberek remélték. A rendszerváltást követően a többcélú gépek közül egyedül a forwardereket alkalmazták továbbra is, amelyekkel a kíméletes munka gazdaságosan volt végezhető.

Napjainkra a fakitermelő vállalkozói szférában megjelent egy innovatív, új szemléletű, korszerű technológiát, gépeket alkalmazni akaró és tudó réteg, amelynek köszönhetően az elmúlt 5–6 évben ismételten megjelentek a magyar erdőgazdálkodásban a forwarderek mellett a többműveletes fakitermelő gépek (harveszterek, harwarderek) (3. ábra).

A harveszterek munkájának vizsgálata és értékelése

A harveszterek munkájának értékeléséhez (munkaidő-szerkezet, teljesítmény) állományban történő mérésekre volt szükség. A terepi adatfelvétel haladó (folyamatos) időméréses módszerrel történt. A műveletelemek



3. ábra: Harveszterek Magyarországon

Figure 3: Harvesters in Hungary

időtartama mellett rögzítették/tűk az egyes ciklusonként feldolgozott faanyag mennyiségét, ill. az átállások távolságát is. A felvételezés során a következő műveletelemeket különítettük/ték el:

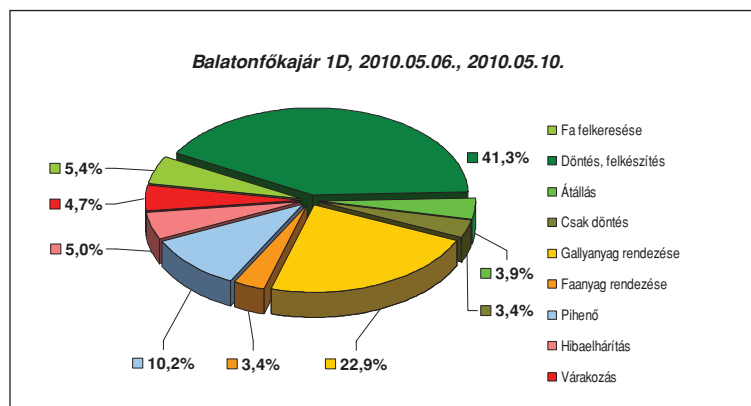
- *a fa felkeresése* (F): az az időtartam, amely alatt a gépkezelő a manipulátorkar segítségével ráhelyezi a harveszterfejet a fa törésére;
- *döntés, felkészítés* (D): a fa döntését, előközelítését, gallyazását, választékolását, darabolását és választékonkénti rakásolását magában foglaló időtartam;
- **átállítás** (Á): helyváltoztató mozgás időtartama;
- *csak döntés* (CD): nagyon vékony, ill. rossz minőségű (pl. teljesen korhadt) faegyed kitermelésére fordított idő, amely alatt nem keletkezik választék;
- *a gallyanyag rendezése* (G): a valamely oknál fogva zavaró tényezőként jelentkező gallyanyag átrakása;
- *a faanyag rendezése* (R): a valamely oknál fogva zavaró tényezőként jelentkező faanyag (választék) áthelyezése;
- *pihenő* (P): a személyi szükségletek kielégítésének időtartama;
- *hibaelhárítás* (H): a munkavégzés során bekövetkező műszaki meghibásodások elhárításának időtartama;
- *várakozás* (V): egyéb veszteségidő (pl. telefonálás).

EREDMÉNYEK ÉS MEGVITATÁSUK

Magyarországon a többműveletes fakitermelő gépek egyaránt dolgoznak fenyves és lombos állományokban is. Területi adottságoktól függően egyes gépekkel elsősorban lombos, míg más gépekkel szinte kizárólagosan fenyves állományokban végeznek termelő munkát. A harvesztetek által biztosított nagy hatékonyság és termelékenység, valamint gazdaságosság – külföldi eredményekre alapozottan – hazai fenyvesekben sem vonható kétségbe. Lombos állományokban való alkalmazhatóságuk ellenben igencsak sok kérdést vet föl. A magyar erdőkben az elmúlt években hajtottak végre fakitermelést többműveletes fakitermelő géppel akácokban, égeresben, nemesnyárasban, cseresben, gyertyános tölgyesben, bükkösben, gyertyános-erdeifenyvesben és természetesen luc-, erdei- és feketefenyvesekben. A beavatkozási módok közül tarvágásban, gyérítésben, bontóvágásban és egészségügyi termelésben alkalmazták őket.

Tarvágás akác állományban Valmet 911.3 és Silvatec 896 TH-H típusú harveszterekkel

A terepi adattfelvétel egy 23,6 ha összterületű feketefenyővel csoportosan (25%) elegyített akác állományban valósult meg. A tarvágásos véghasználat 4,3 ha elegyetlen akác állományrészt érintett. A fák átlagos kora 42 év, az átlag famagasság 17 m, az átlag mellmagassági átmérő pedig 20 cm volt. 96%-os záródás mellett a törzsszám 640 db/ha, a fakészlet pedig 148 m³/ha. Az említett adatok alapján ez a párhuzamos hálózatú, mageredetű akác a IV. fatermési osztályba tartozik. Cserjeborítása egyöntetűen, közepesen fedett 30–70% közötti cserjeszint. A fák kitermelését és felkészítését Valmet 911.3 és Silvatec 896 TH-H típusú harveszter végezte. A tarvágás során a gépek egységesen 15 m széles pásztákban dolgoztak. A munkavégzés során a gépek szakaszosan (fakitermelés – átállítás) haladtak előre a pásztában. Az átállások távolsága 2-től 10 m-ig terjedt a kivágandó fák pásztában való elhelyezkedésétől függően. A gallyanyagon kívül a gépkezelő az előzetesen már motorfűrészsel kivágott cserjeszint egyedeit a munkavégzés során folyamatosan a pászta jobb oldalára helyezte át. Ilyen módon a közelítőnyom – amely a pászta közepén volt – jobb oldalán az aprítandó vékonyfa, míg a bal oldalán a csoportosított hengeres választékok helyezkedtek el. Az állomány adottságai-ból adódóan kétfajta választék: oszlopfá és a tűzifa került ki. Az oszlopfát 15–25 cm közötti csúcsátmérővel és 3 m-es hosszban választékolták, a többi vastagfából tűzifát állítottak elő szintén 3 m-es hosszúságban. A faanyag közelítését Valmet 860.3 kihordó végezte.



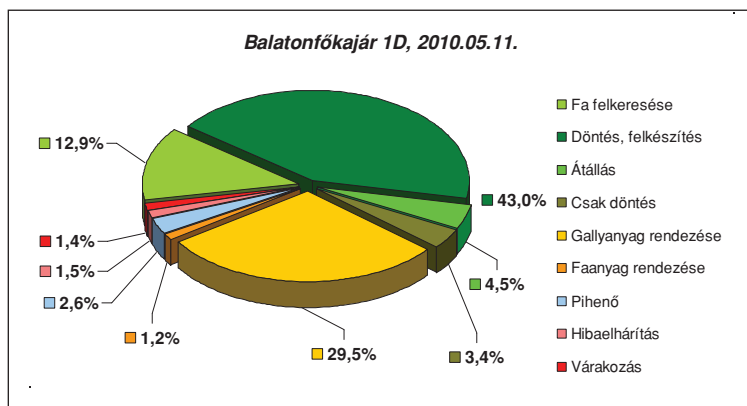
4. ábra: A Valmet 911.3-as harveszter munkaidőszervezete
Figure 4: The operating time structure of the Valmet 911.3 harvester

A Valmet harvester esetében a terepi adatrögzítés két napon, összesen 698,47 percen keresztül zajlott. A mérés időtartama (4. ábra) alatt a gép a munkaidejének 41,3%-át a fa döntésére, felkészítésére, 3,9%-át átállásra és többek között 22,9%-át gallyanyag rendezésére fordította, és mindössze 37 m³ faanyagot termelt. A munkaidő-szerkezet és a kitermelt faanyagmennyiség alapján meghatározható a gép óránkénti és műszakteljesítménye, valamint a Magyarországra jellemző gépkihasznátsági tényező (P=60%) alapján a várható teljesítmény (1. táblázat). A mérés ideje alatt a gép kihasználása 80,1% volt.

1. táblázat: A Valmet 911.3 típusú harvester teljesítménye
Table 1: Performance of the Valmet 911.3 harvester

Műveletelem		Teljesítmény	
		m ³ /h	m ³ /műszak
Fakitermelés (produktív időben)	(F+D+Á)	6,3	50,3
Fakitermelés + vágástakarítás (prod. idő)	(F+D+CD+Á+G+R)	4,0	31,7
Mérés teljes idejében	(Ö)	3,2	25,4
Műveletelem		Várható teljesítmény (P=60%)	
		m ³ /h	m ³ /műszak
Fakitermelés	(F+D+Á)	3,8	30,2
Fakitermelés + vágástakarítás	(F+D+CD+Á+G+R)	2,4	19,0

A Silvatec harvester vizsgálata 263,87 percen keresztül zajlott, amely idő alatt 12,4 m³ faanyag kitermelését végezte el. A gép a munkaidejének 43,0%-át a fa döntésére, felkészítésére, és többek között 29,5%-át gallyanyag rendezésére fordította (5. ábra). A vizsgálat időtartama alatt elért és a várható teljesítmény értékeit a 2. táblázat foglalja össze.



5. ábra: A Silvatec 896 TH-H harvester munkaidő-szerkezete
Figure 5: The working time structure of the Silvatec 896 TH-H harvester

A gépek alacsony teljesítménye (3,2 m³/h, ill. 2,8 m³/h) elsősorban az állomány gyenge fatermési osztályának tulajdonítható, továbbá annak, hogy – mellmagassági átmérő tekintetében – a gépeken található harvesterfejek az optimális és a gazdaságos alkalmazhatósági küszöb alsó határán helyezkedtek el. A munkavégzés során hátráltató tényezőként jelent meg az is, hogy a gépkezelők nem rendelkeztek kellő tapasztalattal és gyakorlattal.



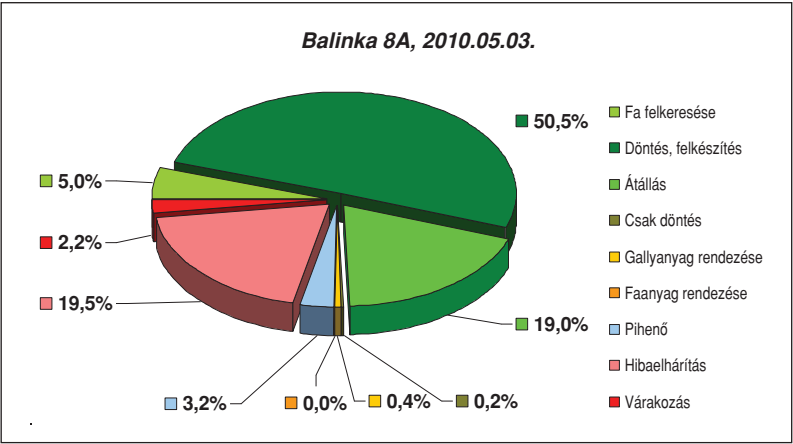
2. táblázat: A Silvatec 896 TH-H harvester teljesítménye
Table 2: Performance of the Silvatec 896 TH-H harvester

Műveletelem		Teljesítmény	
		m³/h	m³/műszak
Fakitermelés (produktív időben)	(F+D+Á)	4,7	37,3
Fakitermelés + vágástakarítás (prod. idő)	(F+D+CD+Á+G+R)	3,0	23,9
Mérés teljes idejében	(Ö)	2,8	22,6
Műveletelem		Várható teljesítmény (P=60%)	
		m³/h	m³/műszak
Fakitermelés	(F+D+Á)	2,8	22,4
Fakitermelés + vágástakarítás	(F+D+CD+Á+G+R)	1,8	14,3

Növedéfköszítő gyérítés gyertyános-cseres-bükkösben Ponsse HS16 Ergo harvesterrel

A 14,7 ha összterületű 72 éves gyertyános-cseres-bükkös állományban növedéfköszítő gyérítés történt egy Ponsse HS16 Ergo típusú többműveletes fakitermelő géppel. Az üzemtervi adatok alapján az állomány átlagmagassága 21 m, míg az átlagos mellmagassági átmérője 26 cm volt. Az erdészeti szakszemélyzet előzetesen színes jelölőfestékekkel megjelölte a kitermelendő faegyedeket. A gépkezelő 25 cm-es csúcsátmérőtől 3 m-es hosszban rönköt, 15 cm-es csúcsátmérőtől 2,5 m-es hosszban ipari tűzifát és 4 m-ben lakossági tűzifát választékolt. A faanyag közelítését Timberjack 1110 típusú forwader végezte. A 4 m-es tűzifa méteres választékra darabolása már a rakodón zajlott motorfűrészszel.

A közel 4 órányi adatgyűjtés során 48,8 m³ faanyagot sikerült kitermelni. A munkaidő közel 60%-át tette ki a kivágandó faegyedek felkeresése, döntése és felkészítése (gallyazás, választékolás, darabolás, rakásolás) (6. ábra). A munka jellegéből adódóan az átállások nagy részaránya elkerülhetetlen volt. A vizsgálat időtartama alatt 91-szer kellett átállni, átlagosan 13 m-es távolságra. A közel 20%-nyi (46,3 perc) veszteség-időt a harvesterfejben található, a vágóegység vezetőlemezőnek mozgását érzékelő szenzor hibás működése okozta.



6. ábra: A műveletelemek megoszlása a vizsgálat időtartama alatt
Figure 6: Working time structure of thinning operation

A nagyarányú veszteségidő ellenére is a teljes munkaidő 75,2%-a tekinthető produktív időnek. A mérés teljes idejére számított óránkénti teljesítmény $12,3 \text{ m}^3$ (3. táblázat). Produktív időre vetítve a műszakteljesítmény meghaladja a 130 m^3 -t. Hasonló körülmények között a gép várható műszakóra teljesítménye $9,8 \text{ m}^3/\text{h}$.

3. táblázat: Mért és várható teljesítmények
Table 3: Measured and expected performance values

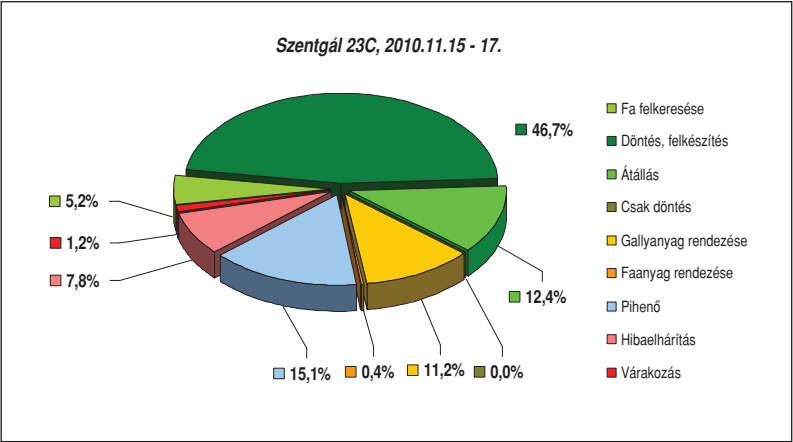
Műveletelem		Teljesítmény	
		m^3/h	$\text{m}^3/\text{műszak}$
Fakitermelés (produktív időben)	(F+D+Á)	16,5	132,0
Fakitermelés + vágástakarítás (prod. idő)	(F+D+CD+Á+G+R)	16,4	130,9
Mérés teljes idejében	(Ö)	12,3	98,4
Műveletelem		Várható teljesítmény (P=60%)	
		m^3/h	$\text{m}^3/\text{műszak}$
Fakitermelés	(F+D+Á)	9,9	79,2
Fakitermelés + vágástakarítás	(F+D+CD+Á+G+R)	9,8	78,5

Felújító bontó vágás cseres és bükkös állományban Valmet 911.3 típusú harveszterrel

A felújító bontó vágás a 8,5 ha összterületű állomány egészét érintette. A fák átlagos kora 77 év, az átlag fmagasság 19 m, az átlag mellmagassági átmérő pedig 27 cm, valamint a 70%-os záródás mellett a törzsszám 410 db/ha, a fakészlet pedig $231 \text{ m}^3/\text{ha}$ volt. A fakitermelés során 70% feletti cserjeborítással és nagyszámú cser újulattal kellett számolnia a vágásterületen mozgó gumikerekű Valmet 911.3 típusú harveszternek. A gép a felújító bontó vágás során a 15–20 m széles pásztákban szakaszos előrehaladással dolgozott, miközben folyamatosan alakította ki maga előtt a pászta közepén kanyargó (visszamaradó fákat kerülgető) 4 m széles közelítőnyomot. A 3 m-es faanyag rakásolása a gép mellett valósult meg, a gallyazás során képződött vékonyfa, valamint a korona 5 cm-nél vékonyabb részei pedig a gép mellett, a közelítőnyom jobb és bal oldalán halmozódtak fel. A fakitermelés folyamatát akadályozó – előzetesen motorfűrészsel kivágott – cserjeszint egyedeit a gépkezelő a manipulátor kar segítségével áthelyezte a közelítőnyom közelebbi oldalára. A hengeresfa választék közelítését Valmet 860.3 típusú kihordó végezte. A meglévő újulat védelme érdekében a harveszter és a kihordó csak a kialakított közelítőnyomokon közlekedett, továbbá az újulat zavartalan fejlődését biztosította, hogy a gallyanyag közvetlenül a közelítőnyom mellett halmozódott fel, és a kivágott cserjék is ugyanide kerültek az áthelyezéssel.

A terepi adatokat három nap (1130 perc) alatt vettük fel. A műveletelemek %-os megoszlása a 7. ábrán látható. Produktív munkavégzésre a munkaidő 75,9%-a fordítódott. A hibaelhárítás, a várakozás és a pihenőidő aránya alacsony volt.

A teljesítmények meghatározásához rendelkezésre állt a kitermelt és felkészített faanyag mennyisége ($196,1 \text{ m}^3$) és a műveletelemek időtartama. A Valmet 911.3 típusú többműveletes fakitermelő gép óránkénti teljesítménye (teljes időben) $10,4 \text{ m}^3$ volt. A gép várható műszakteljesítménye – hasonló körülmények és állományviszonyok esetén – $65,6 \text{ m}^3$ (4. táblázat). Az átállások átlagos távolsága 10 m, az átlagos átállási idő pedig 0,35 min volt.



7. ábra: Aműveletelemek megoszlása bontó vágásban
Figure 7: Work time structure of regeneration cutting

A teljesítményadatok alapján megállapítható, hogy cseres állományok fakitermelése során – a faegyedek sík, ill. térgörbesége, valamint az erős ágrendszer ellenére – eredményesen alkalmazhatóak a harveszterek. A munkavégzés folyamatának, valamint a harveszter szerkezeti kialakításának köszönhetően a gépi fakitermelés minimális károkat okozott a visszamaradó állományban, az újulatban és a talajban.

4. táblázat: A mért és várható teljesítmények bontóvágás esetén
Table 4: Measured and expected performance values in the preparatory cutting

Művelet		Teljesítmény	
		m³/h	m³/műszak
Fakitermelés (produktív időben)	(F+D+Á)	16,2	129,2
Fakitermelés + vágástakarítás (prod. idő)	(F+D+CD+Á+G+R)	13,7	109,4
Mérés teljes idejében	(Ö)	10,4	83,0
Művelet		Várható teljesítmény (P=60%)	
		m³/h	m³/műszak
Fakitermelés	(F+D+Á)	9,7	77,5
Fakitermelés + vágástakarítás	(F+D+CD+Á+G+R)	8,2	65,6

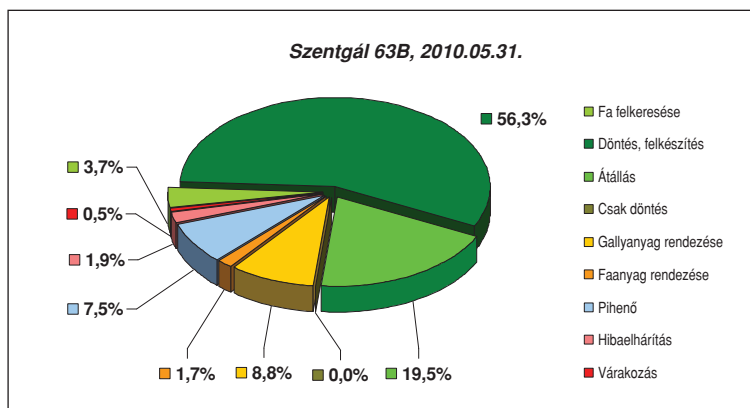
Széldöntéssel sújtott bükkös egészségügyi termelése Valmet 911.3 típusú harveszterrel

A vizsgálatok elvégzésére és a terepi adatrögzítésre egy 60 éves viharkárosult állományban került sor. Az állományalkotó fajok magaskóris, bükk, gyertyán és csertölgy fajok voltak, 12-14 m-es átlag famagassággal és 13-17 cm-es mellmagassági átmérővel. A vihar elsősorban az állomány nagyobb mellmagassági átmérővel ($d_{1,3}$: 25-40 cm) és koronával rendelkező egyedeit károsította. A széldöntés csoportosan jelentkezett az állományokban, ahol a fák – a tavaszi heves és nagymennyiségű esőzések miatt – gyökerestül dőltek ki. Az esetek túlnyomó többségében a törzsek egymásra dőltek, vagy fennakadtak a lábán maradt állomány egyedein. A viharkárosult állományok kitermelési szabályainak megfelelően az egymásra dőlt faegyedek ki-

termelése kívülről befelé, valamint fentről lefelé haladva zajlott. Néhány esetben a különleges termelési helyzet és mód a fa feldolgozásának irányát is megváltoztatta, azaz a koronarésztől haladt a törész felé. A 3 m-re választékolt faanyag közelítését Valmet 860.3 típusú kihordó végezte.

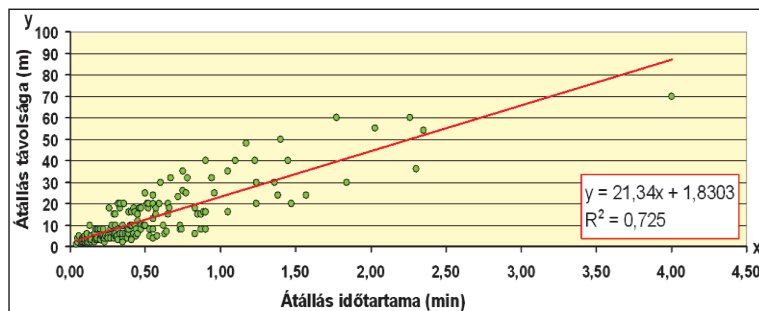
A terepi adatfelvétel Szentgál 63B erdőrészlet esetében 312 percen keresztül zajlott, a munkaidő legnagyobb részét a fák döntése-felkészítése, az átállás és a gallyanyag rendezése tette ki (8. ábra).

Az átállásnak kétféle formája volt a munkavégzés során, egyrészt a viharkár jellegéből adódóan a károsított foltok közötti hosszabb távú mozgásból, másrészt a felkészítéshez szükséges rövid távolságú mozgásból adódott (9. ábra).



8. ábra: A műveletelemek megoszlása a viharkár elhárítás során
Figure 8: Working time structure of sanitary cutting in a storm-damaged stand

A viharkárosodott állományok kitermelése minden esetben az értékmentésről szól, amely során a fakitermelés a megszokottnál is több veszélyhelyzetet teremthet. A veszélyes fakitermelés alapelveinek betartása nemcsak manuális fakitermelés esetén szükséges, hanem gépesített fakitermelés során is. A gépkezelőknek ugyan nagyobb a személyi biztonságuk, mint a motorfűrészkezelőknek, de a megfontolatlanul és felelőtlenül végzett munka súlyos anyagi következményekkel járó műszaki meghibásodásokat és baleseteket eredményezhet. A különleges körülmények okozta többletkoncentrációs feladat hatása csak kis mértékben érzékelhető a számított teljesítményadatokat tekintve (5. táblázat), mert a gépkezelő – a daru révén – biztonságos távolságból irányíthatja a feszülő fák darabolását, mozgását. A kismértékű teljesítménycsökkenés a többszöri nagy távolságú átállásokra vezethető vissza.



9. ábra: Az átállás időtartamának alakulása az idő függvényében
Figure 9: Relation between the distance and the duration of changeovers

5. táblázat: A mért és várható teljesítmények
Table 5: Measured and expected performances

Műveletelem		Teljesítmény	
		m ³ /h	m ³ /műszak
Fakitermelés (produktív időben)	(F+D+Á)	10,0	79,8
Fakitermelés + vágástakarítás (prod. idő)	(F+D+CD+Á+G+R)	8,8	70,4
Mérés teljes idejében	(Ö)	7,9	63,4
Műveletelem		Várható teljesítmény (P=60%)	
		m ³ /h	m ³ /műszak
Fakitermelés	(F+D+Á)	6,0	42,3
Fakitermelés + vágástakarítás	(F+D+CD+Á+G+R)	5,3	63,4

A harveszterek alkalmazhatóságának gazdaságossági kérdései

A magas beruházási költséggel járó gépek alkalmazása esetén mindig kulcsfontosságú kérdés az üzemóráköltség, valamint a fakitermelés fajlagos költsége. Az üzemóráköltségeket a következő képlettel határoztuk meg (a karakterek jelentése a 6. táblázatban található):

$$k_B = \frac{A \times a}{J \times 100} \times (1+r) + \frac{A \times p}{2 \times J \times 100} + B_f \times b_j + K_E + \frac{u \times A_u \times (1 + \frac{0}{100}) \times P}{100}$$

A fenti képlet alapján az akác állományban dolgozó Valmet 911.3-as harveszter üzemóráköltsége a 6. táblázatban látható.

A vizsgált fakitermelések fajlagos költségei összefoglalva a 7. táblázatban láthatóak, míg a magyarországi erdőgazdaságoktól kapott adatok alapján a vizsgált helyszínek hagyományos fakitermelésének (motorfűrészkes dőntés, csörlős vonszolóval végzett közelítés) költségviszonyait a 8. táblázat foglalja össze. Az előzőekben részletezett számítások szerint a harveszterrel végzett munka 2000–3000 Ft/m³ körüli, a forvarderrel végrehajtott faanyagközelítés 2500–3500 Ft/m³, így a folyamatgépesített fakitermelés költsége lombos állományokban, hazai viszonylatban 4500–6500 Ft/m³-re tehető.

A hagyományos módon végrehajtott fakitermelés első ránézésre gazdaságosabbnak tűnhet, de ha figyelembe vesszük, hogy a harveszterrel végrehajtott munka lényegesen termelékenyebb, egyidejűleg megtörténik a vágástakarítás, sőt a vágástéri melléktermék (apadék) könnyedén hasznosítható (pl. aprítással), akkor már a költségek között nem mutatkozik túlzottan nagy eltérés. További szempont, amelyet figyelembe kell vennünk a mérlegelés során, az a tény, hogy sok esetben egy harveszter-forvarder gépegyüttessel végzett fakitermelés kíméletesebb is lehet a motormanuális munkánál, amelynek – mint tudjuk – „megvan a maga ára”!

6. táblázat: Valmet 911.3 típusú harvester üzemóraköltsége (2010)

Table 6: Operating costs of a Valmet 911.3 harvester (2010)

Jel	Megnevezés	Valmet 911.3	Mértékegység
A	Beszerezési ár ÁFA nélkül	60 000 000	Ft
n	Élettartam (leírás idő)	7	év
J	Éves üzemórák száma	2 000	ó/év
a	Amortizációs kulcs (100/n)	14,29	%
r	Javítási hányad	1,20	
p	Kamatláb	5,25	%
u	Üzemanyag-fogyasztás	10,0	l/prh
A _u	Az üzemanyag ára	320	Ft/l
o	Kenőanyagköltség-arány	45	%
P	Kihasznátság (produktív óra/üzemóra)	60	%
e	Egyéb költség/Üzemóraköltség bérrel aránya	0,40	%
B _i	Kifizetett munkabér	800	Ft/üzh
b _j	Bérfárulékszorzó	1,29	
K _a	Az amortizáció költsége	$A/(n \cdot J) = A \cdot a / (J \cdot 100)$	4 286
K _r	A karbantartás, javítás költsége	$r \cdot K_a$	5 143
K _p	Kamatköltség	$(A \cdot p) / (2 \cdot J \cdot 100)$	788
F	Üzemköltség produktív óránként	$\ddot{u} \cdot A_u \cdot (1 + o / 100)$	4 640
K _F	Üzemköltség (üzemeltetési költség)	$F \cdot P / 100$	2 784
K _B	Béreköltség	$B_i \cdot b_j$	1 032
Ö ₁	Eddig összesen	$K_a + K_r + K_p + K_F + K_B$	14 033
K _E	Egyéb (adó, tárolás, biztosítás) költség	$\ddot{O}_1 \cdot e / 100$	56
K _B	Üzemóraköltség bérrel	$K_a + K_r + K_p + K_F + K_B$	14 089

7. táblázat: Harvesteres fakitermelés

Table 7: Logging with harvesters

Harvester	Teljesítmény	Üzemóra-költség	Fajlagos költség
	m ³ /h	Ft/h	Ft/m ³
TV	3,2	14089	4403
NFGY	12,3	13031	1059
FVB	10,4	14395	1384
Széldöntés	7,9	14351	1817
A harvesteres fakitermelés átlaga			2166
Közéltítés forvarderrel			3000
Átlag			5166

Table 8: Traditional logging

8. táblázat: Hagyományos fakitermelés

Motorfűrész, csűrölős vonszoló	Teljesítmény	Fajlagos költség
	m ³ /h	Ft/m ³
TV	2,1	4000 – 4500
NFGY	3,1	3200 – 3700
FVB	3,3	2800 – 3200
Széldöntés	2,9	3500 – 3700
Átlag		3575

KÖVETKEZTETÉSEK

A technikai fejlődéseknek köszönhetően az eddig többnyire fenyvesekben zajló harvesteres fakitermelési technológia napjainkban már lombos állományokra is adaptálható, természetesen nagy odafigyelés, szakmai tudás és folyamatos ellenőrzés mellett.

A 2006-ban három évig tartó „forstINNO” nemzetközi projekt – melyben intézetünk is részt vett – egyik fő céljaként fogalmazódott meg, hogy a lombos állományok fakitermelésére kifejlesztett harvester munkavégzését értékeljék műszaki, gazdasági és ökológiai szempontból 9 (szélesebb értelemben vett közép-) európai országban (Angliától Litvániáig). Az öt országban mért és általunk feldolgozott adatok alapján azt tapasztaltuk, hogy 0,07–0,41 m³/fa átlagtérfogat esetén a produktív órára jutó teljesítmény 4,9–16,4 m³/h között változik a munka eltérő nehézségi fokát és a választék darabszámát is figyelembe véve. A vizsgált harvester üzemóraköltsége és teljesítménye ismeretében kalkulálható volt az önköltségi ár, amely nem mutatott lényeges eltérést a motormanuális szinten dolgozó fakitermelési kisvállalkozói díjtól.

A nemzetközi kutatási projekt eredményei összhangot mutatnak a jelen publikációban részletezett vizsgálatok eredményeivel. Mindezt alátámasztják a Magyarország lombos erdeiben dolgozó harvesterrek teljesítményadatai, igazolják a gépek tulajdonosai és kezelői, még ha a szakma egy kicsit tart is a többműveletes fakitermelő gépek alkalmazásától lombos állományokban.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatás a 15346/100/42 témaszámú „Agrárklíma: az előrejelített klímaváltozás hatáselemzése és az alkalmazkodás lehetőségei az erdészeti és agrár szektorban” című kutatási projektben (TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0013), a D jelű „Erdészeti és szántóföldi biomassza-termesztés hozamai, kockázata és gazdasági hatása” című alprojektben belül, „A faanyag hasznosítási lehetőségeinek változásai” című résztema keretében az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- Csontos Gy. 1977: A műszaki fejlesztés és a kutatás kapcsolata. *Az Erdő*, 26(4): 67–170.
- forstINNO 2007: Entwicklung von ökologisch verträglichen, hoch produktiven Holzerntemethoden für die mitteleuropäische Forstwirtschaft.
- Erlor, J. 2007: Development of Ecologically Compatible, Highly Productive Methods of Timber Harvesting of Central European Forestry. Scientific Part forstINNO, Dresden. 23. p.
- Hiller I.; Mastalir E.; Gyurácz S. és Igmándy P. 1984: A fakitermelés és anyagmozgatás műszaki fejlesztésének aktuális kérdései. Sopron, 11–12. p.
- Horváth A. 2010: Aprítéktermeléssel kombinált harvesteres fakitermelés akác állományban. AEE Kutatói Nap 2010 Tudományos eredmények a gyakorlatban. Alföldi Erdőkért Egyesület, Szolnok, pp. 68–73
- Horváth A. 2011: Cseres állományok felújító bontó vágása többműveletes fakitermelő géppel. Tudományos Tanácskozás Konferencia kiadvány. NYME FMK-EMK, MTA, Sopron, pp. 73–77
- Horváth A. 2011: Többműveletes fakitermelő gépek alkalmazási lehetőségei viharkárosított állományok egészségügyi termelésében. Környezeti problémák a Kárpát-medencében I., Sopron, <http://www.kmtisz.hu/index.php/eloadas-kivonatok>
- Horváth B. 2003: Erdészeti gépek. Budapest, Szaktudás Kiadó Ház, 296. p.
- Szepesi L. 1976: Az ipari erdőben alkalmazható géprendszerek kialakítása. *Az Erdő*, 25(8): 352–354.
- Szepesi L. 1978: Fakitermelés gépesítésének optimalizálása. Budapest, MÉM Mérnök- és Továbbképző Intézet, 22 p.
- Kryzanowski, T. 2004: Quebec equipment innovators. *The Logging and Sawmilling Journal*. http://www.forestnet.com/archives/Sept_04/in_the_woods_innovations.htm
- www.ritchiewiki.com
- www.metsatrans.com

*Érkezett: 2013. március 1.
Közlésre elfogadva: 2013. június 28.*