

Doktori (PhD) értekezés tézisei

**ÉLŐ FÁK STABILITÁSA –
AZ ÁGAK ÉS A GYÖKÉRZET VIZSGÁLATA**

Buza Ágnes Kinga

Sopron

2016.

Bevezetés és célkitűzés

A doktori munka célja a jelenleg elérhető roncsolásmentes fa vizsgálatok körének bővítése volt, elsősorban optikai jellegű rendszerek kifejlesztése, kipróbálása, ezek összehasonlítása a már működő, jól bevált módszerekkel.

Kutatásaim az ágak és a gyökérzet biztonságosságának becslésére fókuszáltak.

A törzsre vonatkozó mérési lehetőségekhez képest az ágak biztonságosságának vizsgálata kevésbé kutatott terület. Az ágvizsgálatra is használható eszközöket alapvetően a törzs vizsgálatára fejlesztették ki. (Ilyen például az akusztikus tomográfia, mely a vastagabb ágakról képes képet adni.) Ezért az ágak vizsgálatával kiemelten foglalkozunk, hiszen egy-egy nagyobb ág leszakadása is komoly károkozásra képes.

A gyökér állapotának felmérésére használt dőlésmérési húzóvizsgálat jelenleg az egyetlen a gyökér stabilitását elég jól felmérő módszer. Itt az eszköztár bővítése volt a cél. Ezt egyrészt a statikus jellegű húzás helyett szélben is használható rendszer felépítése által valósítottuk meg. Másrészt pedig az akusztikus gyökértérképezés adatainak, a stabilitásbecsléshez való felhasználhatóságát mértem fel.

A biztonságossági becslések elvégzéséhez szükséges a szélben álló fák úgynevezett ellenállás tényezője is. A rendelkezésre álló ilyen jellegű adatok jó része olyan területeken végzett mérések eredménye, ahol a szél nagyjából állandó. A kifejlesztett rendszer segítségével az ellenállás tényező megállapítására is célunk volt olyan módszert adni, mely más helyzetekben (széllökések) is jól alkalmazható.

Eszközök és módszerek

A használt eszközök és módszerek is jól elkülöníthetőek a vizsgálat tárgya szerint.

Az ágak vizsgálata során azok mozgását kívántuk követni, majd a mozgás kiértékelésével az ág sajátfrekvenciáját kerestük.

A kivitelezéshez markereket, videofelvétel készítésére alkalmas fényképezőgépeket, valamint kiértékelést segítő programokat használtunk. Sérülés szimulálásakor pedig befűrészelésre kerültek az ágak.

A mérés, kiértékelés a következő protokoll szerint zajlott:

1. Ág kiválasztása, marker felhelyezése
2. Videofelvétel készítése a 2 fényképezőgéppel .mov formátumban, 30 képkocka/másodperc

Sérülés szimulálásakor a következő lépésekkel bővült a mérés:

2a. Vágás előtt az ág „meglökése”, felvételt készítése

2b. Az ág bevágása, lehetőség szerint néhány mm mélyen

2c. Újabb „lökés” az ágon, és felvétel készítése

2d. A vágás mélyítése, az újabb és újabb felvételek készítése folyt egészen addig, amíg az ág vagy letört vagy lefeküdt a talajra és már nem volt mozgásba hozható

3. A felvétel elemzése a MarkerTracker2 program segítségével, majd az adatok áttöltése és további elemzése (Fourier-transzformáció elvégzése) és ábrázolása Microsoft Excel programmal történt.

A gyökérzet vizsgálatai során, a dőlésméréses húzóvizsgálat kiváltásakor lézert, egy a lézert felfogó ernyőt és egy szélmérőt használtunk, a húzóvizsgálat kivitelezéséhez szükséges eszközön (sodronykötél, hevederek, erőmérő, dőlésmérő) kívül.

A lézert ugyanúgy a fa törzsén, a talajhoz a lehető legközelebb kell rögzíteni, mint ahogy a dőlésmérőt. A felfogó ernyőt a lehetőségek szerint (a nagyobb felbontás érdekében) minél távolabb kell elhelyezni.

A lézer mozgását egy web kamera követte, ami ugyanahhoz a számítógéphez csatlakozott, mint amelyik a szélmérő jeleit is fogadta.

Mind a saját, mind a dőlésméréses húzóvizsgálat elvégzésre került ugyanazokon a fákon, így összehasonlítható eredmények születhettek.

Az akusztikus gyökértérképezés egy jeladót, egy vevőt és egy időmérő eszközt igényel.

Eredmények és konklúziók

A doktori munka során elértük a célkitűzésekben megfogalmazott fő célokat.

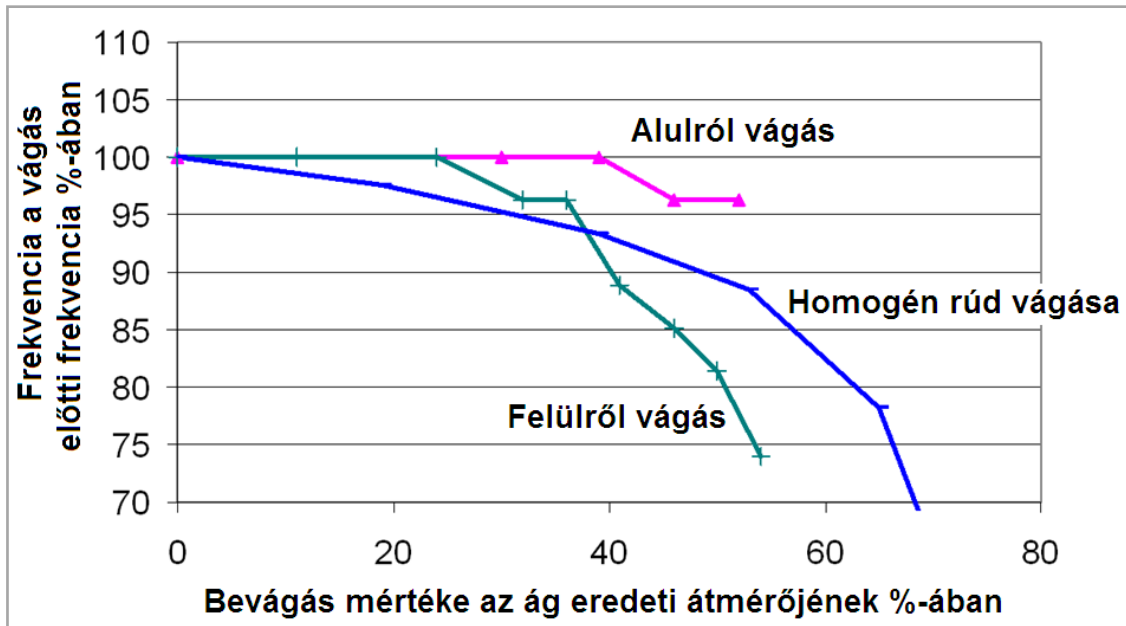
Egy, az ágak megfigyelésére alkalmas optikai mérési elrendezés került létrehozásra, majd sikeres tesztelésre. A tesztelés során bebizonyosodott, hogy az ágak mozgása jól követhető, a mozgás kiértékelhető.

Fűrészeléssel sérülés szimulálása történt az ágakon. A mért eredmények kimutatták, hogy az ág alsó és felső részének faanyaga különböző. (Homogénnek tekinthető rúdon is elvégzésre kerültek ellenőrző mérések, melyekből szintén erre lehet következtetni.) Ultrahangos tesztek is végeztem, s az eredmény egyező volt.

Egy ág sérülése annak elhelyezkedése szerint másfajta különbségeket hoz létre a nem sérült ágak mozgásához képest.

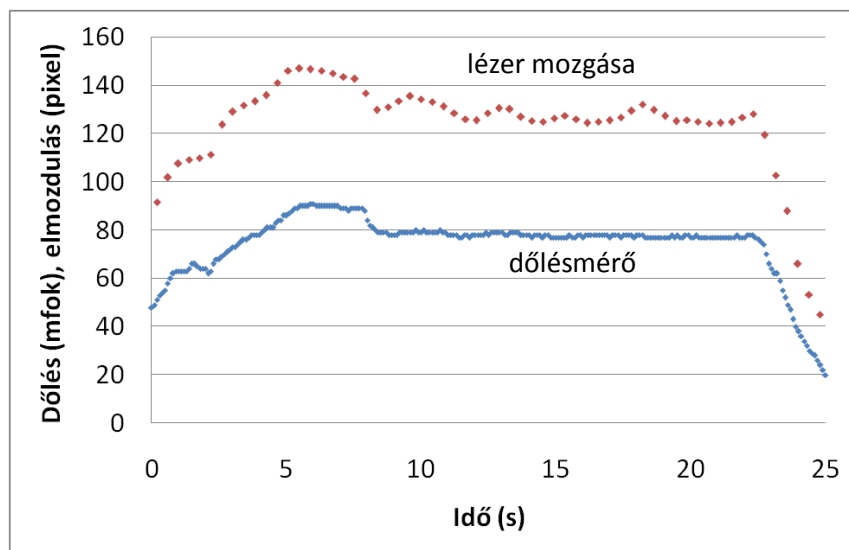
Az alulról vágott ágak esetében a sajátfrekvencia alig változik, míg a mozgás alapvonalának süllyedése figyelhető meg. A felülről vágott ágak esetében az alapvonal megváltozását nem figyeltük meg, ellenben a sajátfrekvencia csökkent. (1. ábra)

A vágás hatását az ágra akusztikus méréssel is követtük, amiből az derült ki, hogy az ágban nem történik olyan gyors reakció, ami kiválthatná az annak mozgásában mért változásokat.



1. ábra: Három tipikus sajátfrekvencia görbe

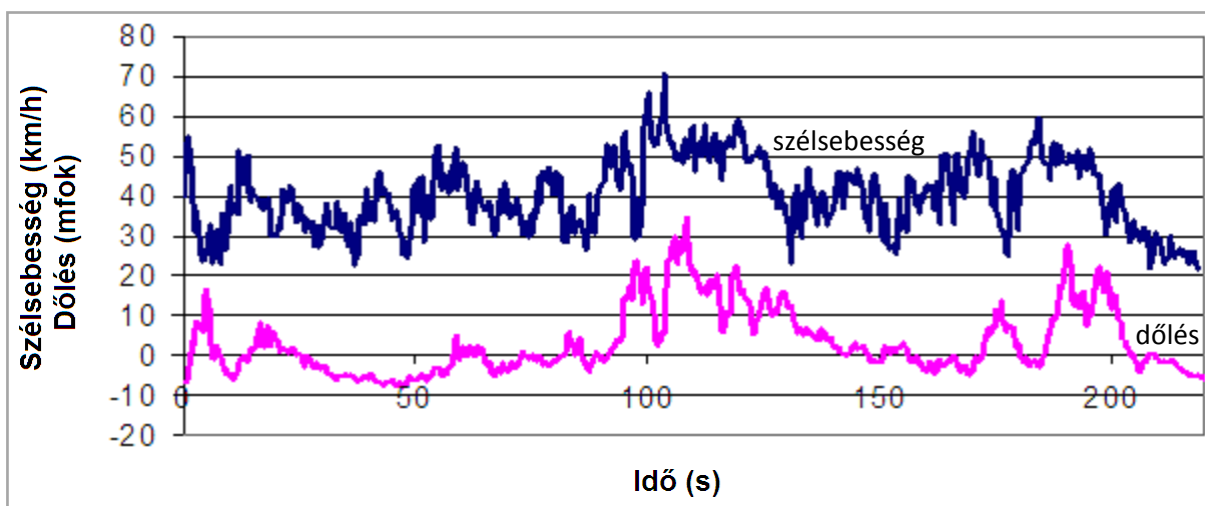
A dőlésméréses húzóvizsgálat kiváltására irányuló mérések során megállapításra került, hogy a dőlésmérő helyettesíthető egy lézer mozgásának megfigyelésével, sőt, a lézeres mérés során finomabb mozgások is észlelhetők. (2. ábra)



2. ábra: A dőlésmérő és a lézer mozgásának adatai kinagyítva

A szélterhelést szimuláló köteles húzás kiváltására alkalmas lehet egy olyan rendszer, mely magával a szelet és az általa kiváltott hatásokat méri. Itt fontos, hogy a szélmérés másodperc alatti időfelbontásban történjen, hogy az egyes szélökések megkülönböztethetők legyenek.

Állományban álló fák esetében nem találtunk összefüggést a szélesebesség és a fák tövének mozgása között, míg a szél főirányából nem takart, viszonylag egyedül álló esetében megállapíthattuk, hogy a fa tövének mozgása, némi időeltolással követi a szél változásait, a szélökéseket. (3. ábra)



3. ábra: Szélesebesség adatok és a fa tövének mozgása (a fa tövének mozgása néhány másodperc eltolással követi csak a szél változásait)

A különálló fára (mely egy vadgesztenyefa, *Aesculus hippocastanum*) a fa széllel szembeni ellenállás tényezője is megállapításra került, a szél, az általa a tőben kiváltott mozgások és

egy viszonyítási alapként elvégzett dőlésméréses húzóvizsgálat segítségével. A mért ellenállás tényező ($0,302 \pm 0,049$) az irodalmi adat (0,35) közelében van. Fontos megjegyeznünk, hogy míg a jelenleg elfogadott és használt értékek állandó szélsőbesség jelenlétében kerültek mérésre, addig nekünk a „szellőkésekkel szembeni” ellenállás tényezőt sikerült meghatározni, így teljes egyezésre nem is számítottunk. Az ellenállás tényező ilyen ismeretében elvileg a dőlésméréses húzóvizsgálat kiváltható egy, szélben történő méréssel.

A gyökértérképezéssel kapcsolatos eredmények szerényebbek, de bizakodást keltőek. Az így kapott biztonsági becslés jóval alacsonyabb értékeket adott, mint a húzóvizsgálat, azonban különböző fák biztonságosságainak arányait hasonlóra becsli a két módszer. Ami a számítási modell felhasználhatóvá tehetőségét mutatja, bár ebben az esetben mindenképpen további mérések szükségesek.

Az új tudományos eredmények összefoglalása

1. A fák ágainak mozgása megfigyelhető, mérhető a dolgozatban bemutatott optikai rendszer segítségével. Az adatok kiértékelése során megkapott mozgás-idő grafikon és a mozgás sajátfrekvenciája (melyet Fourier-analízissel kaptunk meg a mozgás időfüggvénye alapján) jól jellemzik az ágakat.

A tesztelés során megállapításra került, hogy az ágak lökés hatására kialakult és enyhe szélben való mozgásuk frekvenciája azonos.

2. Megállapításra került, hogy egy ág sérülésének hatása az ág mozgására eltérő annak függvényében, hogy az ág alsó vagy felső felét érinti a sérülés.

Fűrészeléssel ágak különböző mértékű sérüléseit szimuláltuk. Az ekkor megfigyelhető mozgásnak alulról vágás esetében alig változik meg a sajátfrekvenciája, míg a mozgás alapvonalának süllyedése figyelhető meg. Felülről vágás esetében az ág mozgásának sajátfrekvenciája változott.

A különbségek értelmezésére ellenőrző mérések kerültek elvégzésre, melyek során megerősítést nyert, hogy a fa anyaga más az ág felső, illetve alsó részében.

3. A dőlésméréses húzóvizsgálat során használt dőlésmérő kiváltható egy lézer mozgásának figyelésével.

Ha egy megfelelő teljesítményű lézert rögzítünk a fa tövére (ugyanúgy, ahogy azt a dőlésmérővel is tennénk), akkor a lézer útjába helyezett ernyőn felfogható „lézerpötty” mozgásából a dőlésmérő által gyűjtött adatoknak megfelelő adat számolható. Mivel a dőlésmérőben a mérés egy buborék helyzetváltozása miatt bekövetkező kapacitás változásának segítségével történik, ezért „tehetetlenebb”, mint a lézer

mozgása. Vagyis a lézer mozgásának követésével finomabb elmozdulás is megfigyelhető.

4. A 10 méteres magasságban mért szélesség és a fa tövének mozgása között akkor állapítható meg az összefüggés, ha a fa egyedül állónak tekinthető. Abban az esetben, mikor a fák állományban álltak, nem találtunk összefüggést a szélesség és a tő dőlése között. Egy-egy szellőkés hatása az állományban álló fák mozgásában nem jelent meg a méréseink során.

A szél irányából nem takart, szellősebben álló fa tövének mozgása követte a szél lökéseit.

5. Szellökéseket is detektálni képes szélmérő és viszonyítási alapként elvégzett húzóvizsgálat segítségével meghatározható egy fa fajra jellemző széllal szembeni ellenállás tényezője. Ezt a mérést, számolást egy vadgesztenyefán (*Aesculus hippocastanum*) végeztük.

6. A gyökértérképezés segítségével becsülhető, a fa kifordulására vonatkozó biztonsági faktorok alacsonyabbak, mint a húzóvizsgálat során számoltak. A két módszerrel különböző fákra számolt biztonsági faktorok arányai azonban közel állnak egymáshoz. A fa, vastagabb, akusztikus gyökértérképezés során megtalálható gyökérzete által lefedett terület és a biztonságosság között nagy valószínűséggel összefüggés állapítható meg.

Publikációs lista

2016.

Megjelenés alatt, befogadó nyilatkozattal:

Buza A. K., Divos F. Root stability evaluation with non-destructive techniques

Acta Silvatica et Lignaria Hungarica

2015.

Buza A. K., Göncz B. 2015. Comparison of trees and NDT methods
Wood Research. 60(1): 45-58.

Buza A. K., Divos F. 2015. Wood density measurement by microwave
19th International Nondestructive Testing and Evaluation of Wood
Symposium Proceedings. 192-196.

Rio de Janeiro, Brazília, szeptember 22-25.

Buza A. K. 2015. A gyökér stabilitásának vizsgálata statikus és
dinamikus dőlésméréssel, valamint a gyökérzet vizsgálatával

Faipar 63:3 15-23.

2013.

Divos F., Buza A. K. 2013. Micro-movements of trees
18th International Nondestructive Testing and Evaluation of Wood
Symposium Proceedings. 92-98.
Madison, WI, USA, szeptember 24-27.

2011.

Buza A. K., Divos F. 2011. Dynamic measurements on branches –
link with stability
17th International Nondestructive Testing and Evaluation of Wood
Symposium Proceedings. 207-211.
Sopron, Magyarország, szeptember 14-16.