

Soproni Egyetem

Doktori (PhD) értekezés tézisei

**KORSZERŐ MŰSZEREK ÉS MÉRÉSI MÓDSZEREK VIZSGÁLATA AZ
ERDŐTÉRKÉPEZÉSBEN**

Bazsó Tamás

Sopron

2017

Roth Gyula Erdészeti és Vadgazdálkodási Tudományok Doktori Iskola

Erdővagyon-gazdálkodás program

Témavezető: Dr. Czimber Kornél egyetemi docens

Az értekezés tárgya

A múlt században az erdők felmérése, térképezése hagyományos geodéziai műszerekkel történt, amelyek közül kiemelkedő fontosságú volt a Wild T0 busszola-teodolit. A század végére egyre nagyobb szerephez jutott a légifelvételek használata, a geodézia analóg műszereit pedig felváltották az elektronikus mérőállomások, amelyek nem terjedtek el az erdészet területén. Napjainkra a műholdas (GNSS) mérések és az ortofotó alapú térképezés jellemzi az erdészeti gyakorlatot. A térképezési pontosság növeléséhez jelentős mértékben hozzájárulna egy könnyen kezelhető, hagyományos geodéziai elven működő elektronikus műszer alkalmazása.

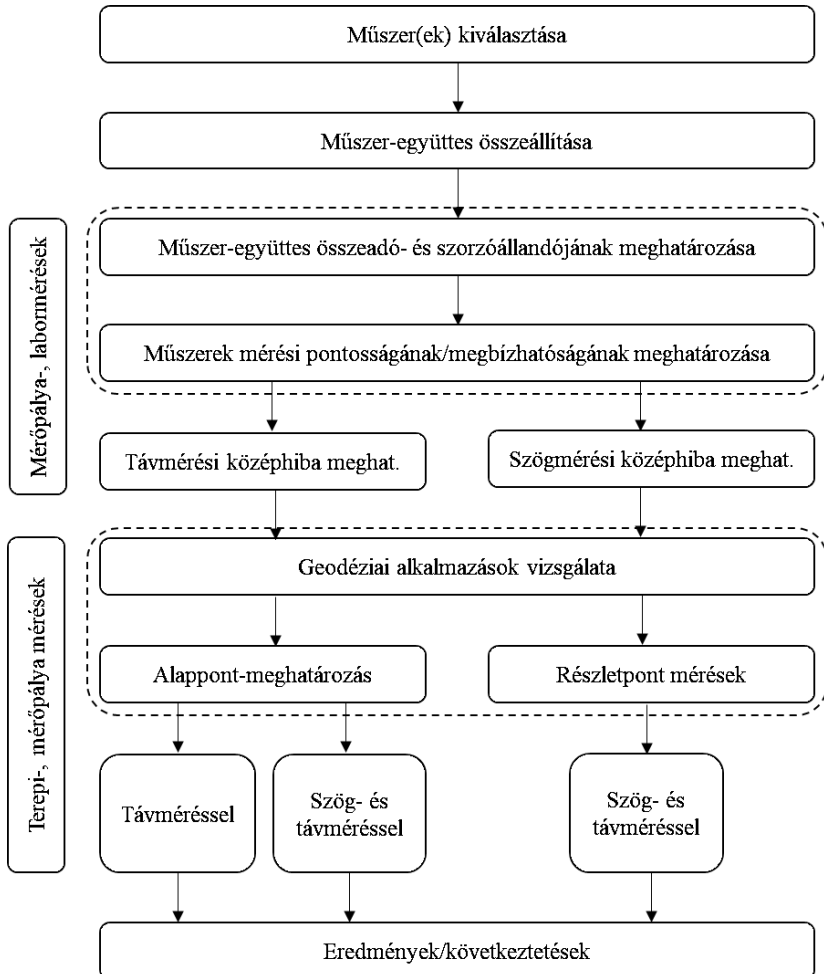
Az utóbbi néhány évtizedben számos megoldás született a geodéziai mérések egyszerűbbé, költséghatékonyabbá tételére. Ezek a műszerek olyan kézi lézeres távmérők, amelyek képesek szögek (vízszintes és magassági) meghatározására is. Bár a fejlesztések sok esetben kimondottan az erdészeti alkalmazást célozták, hazánkban ez az új műszerkategória még nem terjedt el.

Az értekezés célja ezen kézi lézeres távmérők mérési pontosságának és erdészeti gyakorlatban való alkalmazhatóságának meghatározása. A vizsgálat elsődleges műszere a hazai viszonylatban legismertebb TruPulse 360B (Lasertechnology), amellyel mérhetünk távolságot, magassági szöget és mágneses azimutot (vízszintes szöget). Mivel a mérési mennyiségek, illetve a műszer pontossága hasonló a Wild T0 busszola-teodolitéhoz, így a műszer műszaki jellemzői alapján tökéletes megoldást nyújthat a térképezési eljárásokhoz. A műszer megfelelő referenciákkal egyelőre nem rendelkezik, ezért az értekezés kitér a mérési mennyiségek pontossági vizsgálatán túl a terepen előforduló környezeti tényezők mérésben okozott hatásának vizsgálatára is. A műszer alkalmazhatóságának vizsgálata mind a méréstechnika vizsgálatát, mind az egyéb mérési eljárásokkal való összevetését jelenti. Az összehasonlítás alapját a Wild T0 busszola-teodolit, valamint az ortofotók által nyújtott térképezési pontosság, illetve a térinformatikai pontosságú (~1m) GNSS műszerek mérési képezik.

Az értekezés, a műszer értékelése céljából végzett közel 2000 db mérés eredményeire támaszkodik, amely mérések fele terepi körülmények hatásait is tartalmazza. A szerző egy eltérő szögmérési elvű (enkóder – irányérték) műszer, a Disto S910 (Leica) mérési tulajdonságait is vizsgálja a különböző mérési elvek összehasonlítása érdekében.

A kutatás módszertana

A kutatás módszertana egy geodéziai műszer vizsgálatához igazodik, viszont a műszerek pontossági értékeinek meghatározásán túl, a terepi körülmények mérésre gyakorolt hatásaival is foglalkozik.



1. ábra: A vizsgálat módszertana.

Az értekezés módszertani lépései az 1. ábrán követhetők, amelyek mentén elvégzett vizsgálatok részletezése és azok eredményei képezik az alábbi három fő fejezetet: a pontossági vizsgálatokat a *Kalibráló mérések*, a terepi alkalmazásokat az *Alappont-meghatározási módszerek vizsgálata* és a *Mérések vizsgálata terepi körülmények között* című fejezetek tárgyalják.

1. Kalibráló mérések

A kalibrálás mérési sorozatok alapján történt, amely mérési eredményekből megállapítható a mérőműszer által mért érték és egy referenciaérték közötti összefüggés. A mérések laboratóriumi körülmények között, illetve mérőpályán történtek. Elsődleges feladat volt a műszerdokumentációban szereplő mérési mennyiségek – távolság és vízszintes szög – mérési pontosságának megállapítása, emellett az erdei környezetben tapasztalható hatások vizsgálata is a kalibráló mérések részét képezte.

2. Alappont-meghatározási módszerek vizsgálata

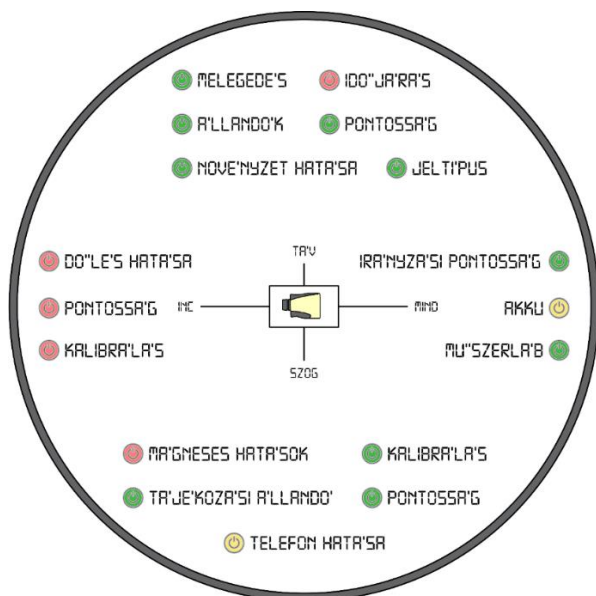
A térképezés terepi méréseihez az alapponthálózat sűrítésére van szükség. Az alappont-meghatározás nagyobb pontossági igényű, mint a részletpontok mérése, a vizsgálatokat ennek megfelelően kellett elvégezni. Alappontmeghatározási módszerek közül az erdészeti térképezéshez leggyakrabban alkalmazott sokszögelés jelentette a vizsgálat alapját, viszont az értekezés kitér az ívmetszésre, amely a műszerek távmérési pontosságához jobban igazodik.

3. Mérések vizsgálata terepi körülmények között

A vizsgálatok gyakorlati eredményét a valós, terepi körülmények között végzett mérések biztosítják. A terepi körülmények hatásainak vizsgálata három jellemző térképezési feladat mérési eredményei alapján történt. Az erdőhatáron belüli állományfelmérések jellemzésére egy mintakörös felvételezés, valamint egy faegyed szintű teljes felmérés történt. A harmadik terület egy városi zöldfelület térképezése volt, amely mérési körülményei hasonlóan az erdőben végzett mérésekhez.

Eredmények

A TruPulse 360B műszerrel való mérések elemzéseinek egyéb tényezők mérési pontosságára gyakorolt hatását mutatták ki, amely további vizsgálatok elvégzését tették szükségessé. Ezen tényezők a 2. ábrán láthatók a mérési mennyiségre (táv, inc – inklináció, szög – vízszintes szög, mind – mindhárom mennyiség) gyakorolt hatása szerint csoportosítva. Az értekezés nem minden tényező hatásával foglalkozik, ezt a megfelelő szín jelzi (zöld – igen, piros – nem), valamint, hogy további vizsgálatokat igényelne (sárga) a pontos kimutatás.



2. ábra: A TruPulse mérési pontosságát befolyásoló hatások.

1. A távmérés eredményei

A műszerek kalibráló méréseiből az összeadóállandó és szorzóállandó értékek számítása, valamint középhiba, illetve közép véletlen hiba számításával a műszer pontosságára és a megbízhatóságára utaló értékek meghatározása történt meg.

Mindkét vizsgált műszer mérési pontossága megfelelt a műszeradatlapon feltüntetett értékeknek. A TruPulse műszer mérési pontossága jellemzően jobb volt a gyári adatnál, prizmával és zajsűrű használatával $\pm 0,06$ m középhiba és $\pm 0,06$ m közép véletlen hiba jellemezte.

2. A szögmérés eredményei

A szögmérésre vonatkozó vizsgálatok nem kizárólag a műszerek szenzorainak pontossági vizsgálatára irányultak, hanem a műszerek használatából adódó eltérések is szerepelnek az eredményekben. A műszerek pontossága ezáltal nem felelt meg az adatlapon szereplő értékeknek.

A mutatószámokat szintén a középhiba és a közép véletlen hiba jellemezi. A TruPulse műszer mágneses szögmérési elve miatt több hibahatás is mutatkozik a mérésekben. A TruPulse műszer középhibája $\pm 2,38^\circ$, a Disto műszeré $\pm 2,06^\circ$ volt.

3. Az alappont-meghatározás eredményei

A sokszögelést vizsgálva hasonló pontosságot eredményezett a TruPulse műszer, mint a Wild T0 busszola-teodolit. Az ugrópontos sokszögelés használata adta a legpontosabb eredményeket, amely 1,5 m legnagyobb eltérést eredményezett egy 400 m hosszú sokszögvonalon esetében. Mivel a Disto műszer nem jelzi ki a vízszintes szögmérés eredményét, ezért a sokszögvonalon számítását nem lehetett elvégezni.

Pontosabb megoldást eredményezett az ívmetszéssel történő alappont-meghatározás, amely a műszerek távmérési pontosságának felelt meg.

4. A terepi mérések eredményei

Az erdei környezet és a mérés tárgya (fák) által okozott hatások miatt a műszerek pontmeghatározási pontossága romlott, de az egyéb térképezési eljárásoknál jobb eredményeket mutatott. A fák beazonosítása a pontossági értékek mellett sikeres volt.

Következtetések

A műszerek és mérési módszerek vizsgálata alapján, a TruPulse 360B és Disto S910 megfelelnek az erdészeti térképezés pontossági kívánalmainak. A különböző mérési elven működő műszerek más-más tulajdonságukban mutatnak jobb eredményeket.

Napjaink egyszerű elektronikus térképezési műszereinek két fő vonalát képviselő TruPulse 360B és Disto S910 műszerösszeállítás gyengeségei és erősségei alapján, a szerző felvázolta egy ideális műszer elvi felépítését és egy mérési módszertan alapjait, erdő- és zöldterületek térképezésének céljára.

Műszerspecifikáció:

Táv mérés:

- lézeres távmérő
- hatótávolság minimálisan 50 m (70 m)
- pontossága: ± 1 cm
- képes legyen prizma nélküli és prizmára (szúrt jelekkel) való távmérésre is

Szög mérés:

- mágneses szögmérő szenzor, amely funkció kikapcsolható
- enkóder a tájékozott műszerrel való szögmérésre
- pontossága: $\pm 0,1^\circ$
- dőlésérzékelő pontossága: $\pm 0,1^\circ$

Fizikai tulajdonságok:

- állítható élességű távcső, mechanikus szátkereszttel
- a műszer rögzítése és a mérés megoldható legyen műszerállványról és polárrúdról egyaránt
- minimálisan egy napos munkavégzéshez elegendő áramellátás
- Bluetooth

Mérési módszertan:

- mérési adatok kiolvasásának biztosítása az esetleges utófeldolgozáshoz
- vízszintes szög mérés egy állásponton való mágneses tájékozás után szög számlálással (enkóder)
- távmérés elsősorban prizmával és zajsűrővel, a hibák kizárása érdekében
- mérések kitérítendő polárrúdról (kvázi bi-, vagy tripód)
- adatkapcsolat egy térinformatikai alkalmazás futtatására alkalmas eszközzel, ahol minimálisan a részletmérések pozíciói közvetlenül megjelennek
- alappont-meghatározás GNSS eljárással, ívmetszéses előmetszéssel, sokszögeléssel

Az értekezés tézisei

- I. Igazoltam, hogy a Laser Technology Inc. TruPulse 360B típusú műszere a gyártó által megadott távmérési pontossági értékeket, ideális (mérőpálya) körülmények között, biztosítja. Kimutattam, hogy erdei körülmények között a távmérést prizma használatával és előtét zajsűrítővel szükséges végezni, egyéb körülmények között a távmérésben durva hibák (a mérés pontosságát meghaladó hiba) fordulnak elő. A prizma nélkül való távmérést legalább két méréssel javaslom meghatározni. Ha nem tapasztalunk a két mérés között a műszer pontosságánál nagyobb eltérést ($L_1 - L_2 \leq 0,3$ m), akkor elfogadhatjuk azt, ezáltal a lombzat és a vékony ágak torzító hatása elkerülhetővé válik.

- II. Megállapítottam, hogy a Laser Technology Inc. TruPulse 360B típusú műszerének mágneses azimutmérési középhibája $\pm 2,38^\circ$. Elfogadva a szenzor műszerspecifikáció szerinti $\pm 1^\circ$ pontosságát, akkor a vízszintes szögmérést további hibák terhelik valós mérési körülmények között. Ezeket a hibákat a műszer irányzóberendezésének pontatlansága ($< 0,5^\circ$), valamint a jelentős mértékű eltérést a digitális iránytű kalibrálási hibája okozza. A mérések megbízhatósága a valós időben működő mágneses azimutmérési megoldás miatt nem megfelelő, célszerűbb megoldást nyújtana – hasonlóan a Wild T0 műszerhez – a mágneses északi irány rögzítése (arretálása) után irányértékek mérésének lehetősége.
Tesztmérések alapján megállapítottam, hogy kellő odafigyelés mellett, egy geodéziai pontosságú alapontról való részletméréshez, ezen szögeltérések mellett is, az erdészeti térképezésben (erdőrészlet felmérés, mérnöki létesítmények tervezési térképei, faállomány felvételezés) megfelelő pontosságot (20 m távolságig jellemzően 0,3 m-nél kisebb hibák) biztosít.

- III. Valós körülmények között végzett alappontmeghatározás esetén igazoltam, hogy erdészeti és városi zöldfelületi felmérésekhez, a Laser Technology TruPulse 360B gyengébb szögmérési megbízhatósága miatt elsősorban ívmetszéssel történő alappontmeghatározásra javasolható, ahol a meghatározás pontossága megfelel a műszer távmérési pontosságának ($< 0,3$ m). Ugróponos sokszögelés alkalmazása szubméteres pontossági igényű felmérésekhez javasolt.

- IV. Terepi mérések alapján megállapítottam, hogy az enkóder által biztosított szög meghatározás (Leica Disto S910) pontosabb eredményeket nyújt a részletméréshez, mint a mágneses elven alapuló (TruPulse 360B). Miután a digitális iránytű meghatározta a mágneses északi irányt, a további részletpontok meghatározását, a nagyobb pontosság és megbízhatóság érdekében, egy rögzíthető mágneses északi iránytól történő irányértékek mérésével szükséges végezni.
- V. Különböző távmérési- és szögmérési módszerek pontosságvizsgálata, valamint valós körülmények között végzett nagyszámú (közel 2000) mérések alapján javaslatot teszek egy jól alkalmazható, költséghatékony műszerfelépítésre, amely teljeskörűen alkalmas erdészeti célú térképezésre és műszaki létesítmények felmérésére.
- A műszer $\pm 1\text{cm}$ pontosságú és minimálisan 50 m hatótávolságú lézertáv mérővel épített, amely képes prizma és prizma nélküli üzemmódú mérésre. A vízszintes szögmérés szempontjából fontos, hogy szög számláló (enkóder) és mágneses szenzort is tartalmazzon, amelyek pontossága minimálisan $0,1^\circ$. Magassági szögméréshez minimálisan $0,1^\circ$ pontosságú érzékelője legyen. Felépítésében kis súly, könnyű kezelhetőség, fókuszálható optika és precíz szálkereszt jellemezze. Nélkülözhetetlen egy könnyű állványra (mono-, bipod) való rögzítés és az egy munkanapot teljesítő energiaellátás. Az adatok valós időben egy külső eszközön (pl. mobiltelefon) történő kezelhetősége érdekében, szabványos jelstruktúra alkalmazása és beépített Bluetooth modulra van szükség.

Az értekezéshez kapcsolódó publikációk listája

Diplomatervek

BAZSÓ T. (2007): A Hidegvíz-völgy Erdőrezervátum kutatási eredményeinek térinformatikai feldolgozása. BMGE, Építőmérnöki Kar, 56 p.

Jegyzetek, segédletek

BAZSÓ T. (2009): Térképismeret oktatási segédlet. Kézirat, Sopron, 58 p.

Könyv, könyvrészlet

BAZSÓ T. – PRIMUSZ P. (2014): Simple Geospatial Data Collecting Methods for Environment Change. In: Santamarta JC, Hernández-Gutiérrez LE, Arraiza MP (szerk.) Natural Hazards & Climate Change: Riesgos Naturales y Cambio Climático. Madrid: Colegio de Ingenieros de Montes/Forestry Engineers Association, pp. 189-198.

POLGÁR A. – PÉCSINGER J. – PINTÉRNÉ N. E. – ELEKNÉ F. V. – RUMPF J. – SZAKÁLOS NÉ M. K. – HORVÁTH A.L – BAZSÓ T. (2014): Forestry and Field Plant Production Technologies in Environmental Life-Cycle Thinking. In: Santamarta JC, Hernández-Gutiérrez LE, Arraiza MP (szerk.) Natural Hazards & Climate Change: Riesgos Naturales y Cambio Climático. Madrid: Colegio de Ingenieros de Montes/Forestry Engineers Association, pp. 155-174.

Lektorált folyóiratcikkek

BAZSÓ T. – SAJTOS M. (elfogadva): Map preparation with Leica Disto S910 instrument at Paprét, Sopron. Leica Geosystems folyóirat

MOLNÁR D – BARTON I. – CZIMBER K. – BAZSÓ T. – FRANK N. (2016): Faállomány-szerkezeti kutatások a Roth emlékerdőben. Erdészettudományi Közlemények. 6/2. pp.127-136.

BAZSÓ T. – PRIMUSZ P. – NÉMETH M. (2014): A TruPulse lézeres távolságmérő alkalmazhatósága erdészeti térképezési feladatokra. Erdészettudományi Közlemények. 4/1. pp.147-158.

BAZSÓ T. (2014): Távérzékelés alkalmazása a mezőgazdaságban. Geomatikai Közlemények. 17. pp. 79-92.

BAZSÓ T. (2007): Integrált geodéziai műszer-együttes alkalmazásának vizsgálata erdőrezervátumok területén. Geomatikai Közlemények. 10. pp. 281-286.

Konferenciakiadvány

BAZSÓ T. (elküldve): A TruPulse 360B tesztelése. In: Bidló A, Facskó F (szerk.) V. Kari Tudományos Konferencia - Nyugat-magyarországi Egyetem Erdőmérnöki Kar: a konferencia előadásainak és poszttereinek kivonatai. 42 p. 2015.10.21 Sopron, Nyugat-magyarországi Egyetem Kiadó, 2015. pp. 21-22.

BAZSÓ T. – PRIMUSZ P. (2017): Application of laser rangefinders in forestry surveys. In: Stelian Alexandru Borz, Marina Viorela Marcu (szerk.) Proceedings of FORMEC 2017: 50th anniversary of the International Symposium on Forestry Mechanization. 294 p. 2017.09.25-2017.09.29. Brassó, Románia Transilvania University of Brasov, 2017. p. 32. 1 p.

BERTALAN L. – BAZSÓ T. (2016): Domestic gardens of the City: Problems of Peri-Urban Land Use in Sopron, Hungary. In: Ladislav Mura, Monika Bumbalová, Monika Gubánová (szerk.) SUSTAINABILITY OF RURAL AREAS IN PRACTICE: Conference Proceedings from International Scientific Conference. 566 p. Nitra, Szlovákia, 2015.12.03-2015.12.04., pp. 470-479.

BAZSÓ T. – PRIMUSZ P. (2015): A TruPulse 360 B pontossági vizsgálata térképezési feladatokhoz. In: Bidló A, Facskó F (szerk.) V. Kari Tudományos Konferencia - Nyugat-magyarországi Egyetem Erdőmérnöki Kar: a konferencia előadásainak és poszttereinek kivonatai. 42 p. Sopron, 2015.10.21., pp. 21-22.

MOLNÁR D. – BAZSÓ T. – CZIMBER K. – FRANK N. – HORVÁTH T. – FÁBIÁN F. (2014): Vegyeskorú erdőben végzett teljes faállomány-felvétel Field-Map rendszer alkalmazásával. In: Bidló A., Horváth A., Szűcs P. (szerk.) IV. Kari Tudományos Konferencia: Konferencia kiadvány. 407 p. Sopron, 2013.12.10., pp. 387-388.

BAZSÓ T. – KIRÁLY G. – MÁRKUS I. (2013): Changes of the environmental conditions at Lake Fertő. In: Santamarta-Cerezal J C, Hernández Gutiérrez L E (szerk.) Environmental Security, Geological Hazards and Management: Proceedings. Universidad de La Laguna. 230 p. Tenerife, Spanyolország, 2013.04.10-2013.04.12., pp. 137-145.

BAZSÓ T. – KIRÁLY G. – MÁRKUS I. (2013): New surveying methods of Lake Fertő, Hungary. In: Péter Kalicz, Zoltán Gribovszki, Kamila Hlavcová, Silvia Kohnová (szerk.) HydroCarpath International Conference Catchment Processes in Regional Hydrology: Experiments, Modeling and Predictions in Carpathian Drainage Basins. Sopron, 2013.10.27-2013.10.28., Paper 1.

PUSKÁS L. – SZÉP K. – BAZSÓ T. (2011): Magyarországi fakataszterek. In: Puskás L. (szerk.) Magyar Faápolók Egyesületének konferenciája: Konferencia kiadvány. Budapest, 2011.04.29., pp. 23-29.

BAZSÓ T. – EREDICS A. – KIRÁLY G. (2007): Digitális amatőr kamerák kalibrációja és a kalibrált kamerák felhasználási lehetőségei. In: Lakatos F, Varga D (szerk.) Erdészeti, Környezettudományi, Természetvédelmi és Vadgazdálkodási Tudományos Konferencia (EKTV-TK). 189 p. Sopron, 2007.12.11., p. 26.