Primjenjivost "MOTI" aplikacije za mobilne telefone u izmjeri šuma

Sokolar, Sven

Undergraduate thesis / Završni rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Forestry / Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:108:446609

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

Repository / Repozitorij:

University of Zagreb Faculty of Forestry and Wood Technology

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

ŠUMARSKI FAKULTET

ŠUMARSKI ODSJEK

PREDDIPLOMSKI STUDIJ

PREDDIPLOMSKI STUDIJ ŠUMARSTVO

SVEN SOKOLAR

PRIMJENJIVOST „MOTI“ APLIKACIJE ZA MOBILNE TELEFONE U IZMJERI ŠUMA

ZAVRŠNI RAD

ZAGREB, (RUJAN, 2016.)

PODACI O ZAVRŠNOM RADU

Zavod:	Zavod za izmjeru i uređivanje šuma
Predmet:	Dendrometrija
Mentor:	izv. prof. dr. sc. Mario Božić
Asistent – znanstveni novak:	doc. dr. sc. Mislav Vedriš, dr. sc. Ernest Goršić
Student:	Sven Sokolar
JMBAG:	0068220283
Akad. godina:	2015./2016.
Mjesto, datum obrane:	Zagreb, 23. rujna 2016.
Sadržaj rada:	Slika: 13 Tablica: 4 Navoda literature: 7
Sažetak:	U radu je testirana primjenjivost „moti“ aplikacije za pametne telefone pri izmjeri šuma. Referentni i kontrolni uređaj u odnosu na koji je testiran bio je Vertex. Rezultati ukazuju da visine pojedinačnih stabala izmjerene sa mobilnim uređajem Sony Xperia Z3 dosta odstupaju od visina izmjerenih Vertexom, posebno ako se stablu visina mjeri samo jednom. S druge strane visinske krivulje su dosta slične što je posljedica činjenice da su ranije spomenuta odstupanja podjednako pozitivna i negativna. Repeticijsko mjerenje smanjuje pogrešku, treba i izbjegavati mjerenje s velikih udaljenosti. Pri izmjeru udaljenosti do stabla i temeljnice aplikacija u kombinaciji s navedenim uređajem se pokazala neprimjenjivom. Mogućnost zamjene specijaliziranih uređaja kombinacijom uređaja Sony Xperia Z3 i Sony Xperia L i ove aplikacije za sada generalno nije moguća, ali za pretpostaviti je da će daljnjim razvojem aplikacije ista u kombinaciji s bilo kojim uređajem davati kvalitetnije pojedinačne izmjere.

SADRŽAJ

Stručni rad

1. UVOD ……..... 1

2. CILJ RADA ……..... 2

3.MATERIJAL
I METODE ……... 3

4. REZULTATI S
RASPRAVOM ……..... 13

5. ZAKLJUČAK ……... 24

6. LITERATURA ……... 26

PREDGOVOR

Posebne zahvale na usmjeravanju provođenja istraživanja, na opremi koju nam je Šumarski fakultet ustupio, transportu te pomoći pri obradi podataka izv. prof. dr. sc. Mariu Božiću, doc. dr. sc. Mislavu Vedrišu, dr. sc. Ernest Goršiću, te studentima koji su pomogli pri prikupljanju podataka i istraživanju, osobito Domagoju Vinkoviću, te Josipu Frljiću koji mi je (nakon njegovog razgovora sa profesorom) otkrio da postoji aplikacija za izmjeru šuma za pametne telefone.

1. UVOD

Baš svakom stručnjaku u šumarstvu, podaci o izmjeri šuma govore mnogo i temelj su za daljni rad, bez mjerenja se ne može u šumarskoj struci, zato je jedna od najstarijih šumarskih znanosti. Mnogobrojni podaci o izmjeri šuma sadržani su u gospodarskim osnovama sastojina u brojnim obrazcima (O-2,O-3,O-4 itd.). Služe nam za izradu kratkoročnih, srednjeročnih i dugoročnih planova (Pravilnik o uređivanju šuma). Kod izrade kratkoročnih planova podrazumjeva se precizna izmjera stabala, kako bi se radovi sječe, izvoza, zaštite i njege šuma izveli što efikasnije, uz što manje financijske i ekološke gubitke. Invertura šuma ili pisanje nove gospodarske osnove pripada srednjeročnim planovima, dok u dugoročne planove pripada plan osnivanja sastojina. Također pomaže i kod nacionalnih inventura šuma, koji su na razini cijele države. Dendrometrijski podaci su nam korisni i u šumama koje imaju pretežito funkcionalnu ulogu (turizam i zaštita). U posebne inventure pripadaju izmjere nastalih šteta ili mjerenja u urbanim sredinama, te procjena estetskih vrijednosti šume. Visina stabala i prsni promjer su jedni od najbitnijih parametara koji se mjere i od njih sve dalje polazi, kako bi dobili u konačnici dobili volumen sastojine tj. drvnu zalihu. Za kvantitativan opis stabla i sastojine visina je od fundamentalne važnosti, pa su zbog toga šumari izumili velik broj različitih mjernih instrumenata i metoda mjerenja (Pranjić, Lukić 1997.). Neki od njih rade na geometrijskom, neki na trigonometrijskom, a najmoderniji na trigonometrijskom principu te se pomoću ultrazvuka vrlo precizno i brzo određuje udaljenost. Na osnovi izmjerenog prsnog promjera koji se mjeri na visini 1,3 m zbog praktičnosti i standardiziranja izračunava se površina presjeka ili temeljnica. Aproksimira se najčešće sa krugom radi pojednostavljivanja izračuna. Može se dobiti i bez računanja pomoću relaskopa, štapića itd.

U ovom radu biti će najviše riječi o izmjeri visina i temeljnice, te provjeri pripadnosti rubnih stabala uzorku kako na klasični način tako usporedno i s aplikacijom za pametne telefone „moti“.

2. CILJ RADA

U današnje vrijeme razvoj i napredak tehnologije je enormno brz, primjenjiv je u svim aspektima ljudskoga života pa tako i u šumarskoj struci. Uređaji kojima mjerimo visinu stabala danas su precizni, ujedino su i daljinomjeri, jednostavni za korištenje, rade brzo, te imaju mogućnost pohrane podataka. Jedan od novijih uređaja koji su zbog jednostavnost korištenja, brzine i preciznosti našli primjenu u šumarstvu Hrvatske je svakako ultrazvučni daljinomjer/visinomjer Vertex, švedske firme Haglöf koji je bio testiran od strane Lukića i suradnika 2005, a koji su ga preporučili za izmjere. Taj uređaj je odabran i korišten u ovom mjerenju i testiranju. Jedan od nedostataka Vertexa, kao uostalom i drugih specijaliziranih šumarskih instrumenata je visoka cijena (male serije). Visoka cijena posebno dolazi do izražaja ako se instrumenti nabavljaju za neintenzivne izmjere, pa bi veći dio vremena bili van upotrebe. Stoga smo s izuzetnim zanimanjem dočekali pojavu aplikacija za izmjeru u šumarstvu, a koje se razvijaju na operativnim platformama mobilnih telefona. Pojavljuje se velik broj aplikacija za izmjeru visina, no trenutno samo je jedna aplikacija isključivo namijenjena šumarima. Njeno ime je „moti“, aplikacija je razvijena u suradnji „Swiss Forest and Wood Research Fund, the Cantons of Fribourg, Grisons, Lucerne, Ticino, Vaud, Valais and Zurich“ i „the School of Agricultural, Forest and Food Sciences HAFL“. Aplikacija služi za izmjeru visine stabla, izmjeru broja stabala po hektaru, temeljnice po hektaru, volumen po hektaru, udaljenosti. U opciji mjerenja volumena stabala po hektaru, potrebno je posebno mjeriti temeljnicu te posebno visinu, s time da prethodno izmjerene podatke ne možemo ubaciti u opciju mjerenja volumena po hektaru, što je dosta nepraktično i samo bi nam udvostručilo posao. U toj opciji se izračunava udio vrste stabala jer se prilikom temeljnice treba naznačiti vrsta, te se ti podaci prikazuju na tortnom dijagramu i izračunava drvna zaliha po hektaru. Aplikacija je za sada besplatna i može se preuzeti u „Trgovini Play“ ili „AppStoreu“ te je na taj način vrlo pristupačna, također svojom veličinom od samo 5,70 Mb ne predstavlja nikakav problem za preuzimanje i preko mobilne mreže, a ne samo preko WiFi-ja. Od saznanja da takva mobilna aplikacija uopće postoji započinje znatiželja i zanimanje za nju.

Pretpostavka da takva aplikacija nikako neće moći u potpunosti zamijeniti profesionalne uređaje za izmjeru šuma, ni biti brza i precizna kao oni, ali da će ipak moći poslužiti u situacijama kada trebamo na brzinu izmjeriti nešto u šumi, a nemamo profesionalni uređaj kod sebe, i dobiti nekakav okvirni podatak.

Daljnja prednost ovakvih aplikacija je što tzv. pametni mobilni telefoni više nisu luksuz te ga skoro svaki čovjek posjeduje, pa je stoga to dosta praktično, jer ne moramo nositi dodatne stvari i kad god nas zanima nekakav podatak, možemo ga izmjeriti.

Cilj ovog rada je ispitati primjenjivost „moti“ aplikacije pri izmjeri šuma, kako za izmjeru visina tako i za izmjeru temeljnice, provjere rubnih stabala, tj. određivanja udaljenosti.

Da bi se istražio utjecaj uređaja na rezultate izmjere, izmjere će se provesti sa dva mobilna uređaja različitog cjenovnog i kakvoćnog ranga.

3. MATERIJALI I METODE

Plan i postupak izmjere bio je dugo stvaran i razrađivan, no nikada ne može biti savršen. U konzultaciji s prof. Božićem odlučeno je da će se terenska izmjera visina stabala obaviti na Sljemenu, u fakultetskoj šumi, odsjeku 4a, GJ „Sljeme“, a koja je sastavni dio NPŠO Zagreb. To je raznodobna bukovo-jelova sastojina kojom se preborno gospodari. Odabran je baš takav tip sastojine jer u njoj ima crnogorice koja je monopodijalnog rasta i ima vrlo izražen vrh, i bjelogorice koja je sinpodijalnog rasta, te je vrh nešto teže procijeniti. Izmjera visina Vertexom, koja će poslužiti za usporedbu sa podacima dobivenim izmjerom za potrebe ovoga rada preuzeti su iz izmjere koju su djelatnici Zavoda za izmjeru i uređivanje šuma proveli za svoje potrebe. Navedene us izmjere na terenu tekle paralelno s izmjerom „moti-jem“. Tako se značajno uštedilo na vremenu i ubrzao postupak testiranja. Za testiranje rubnih stabala i temeljnice odabrana je šuma Dotršćina u gradu Zagrebu, zbog svog bliskog položaja u odnosu na fakultet.

3.1 Odabir mobilnih telefona i njihove karakteristike

Izmjere su provedene mobilnim telefonom Sony Xperia Z3, koji je u mom vlasništvu, te mobilnim telefonom Sony Xperia L koji je u vlasništvu kolege koji mi je pomagao pri prikupljanju podataka. U Tablici 1. su prikazane neke bitnije karakteristike mobilnih telefona i njihova okvirna cijena (izvor: GSM Arena). Preciznost i kvaliteta senzora nije navedena, nego je samo navedeno da su prisutni, što nam puno ne pomaže, jer oba uređaja

mogu imati iste senzore, unatoč tome što je Z3 skuplji. Takve stvari bi trebalo provjeriti direktno sa proizvođačem, ali to nismo u mogućnosti. U radu sam pretpostavio da je skuplji uređaj bolje kakvoće senzora.

Tablica 1. Karakteristike mobilnih uređaja kojima je vršeno mjerenje.

	Sony Xperia Z3	Sony Xperia L
Godina proizvodnje	09/2014	03/2013
Ekran	5.2 inch	4.3 inch
Operacijski sustav	Android v4.4.4, nadogradnja do v6.0	Android v4.1, nadogradnja do v4.2.2
Procesor	Quad-core 2.5 GHz Krait 400	Dual-core 1.0 GHz Krait
Radna memorija	3 GB RAM	1 GB RAM
Kamera	20,7 MP	8,0 MP
Senzori	Akcelerometar, žiroskop, senzor blizine, kompas, barometar	Akcelerometar, senzor blizine, kompas
Baterija	3100 mAh	1750 mAh
Trenutna cijena	≈ 1800 kn	≈ 900 kn

3.2 Upoznavanje s aplikacijom

S „moti-jem“ se počelo upoznavati čim je nastala ideja da bi to mogao biti završni rad na preddiplomskom studiju Šumarstva. Aplikacija je preuzeta i instalirana, te se nakon ulaska u aplikaciju, ista odmah nudi kalibraciju, kako bi se moglo što preciznije mjeriti i popraviti odstupanja leće, kamere, senzora. Postupak kalibracije proveden je sukladno uputama aplikacije (vidi poglavlje 3.4). Korisničko sučelje je dosta jednostavno i praktično kao i kod većine današnjih mobilnih aplikacija. Ustanovljeno je da je s aplikacjiom moguće izmjeriti visinu, temeljnicu i udaljenost, moguća je i provjera rubnih stabala te drvna zaliha kao kombinacija visine i temeljnice, kao što to u opisu na „Trgovini Play“ piše. Prilikom mjerenja trup treba biti ravan, a pomicati se smiju samo ruke (i oči), kako se ne bi griješilo u mjerenju. Aplikacije ima oko +5000 preuzimanja do sada.

3.3 Kalibracija

Bila je potrebna kalibracija same aplikacije, za što su bili potrebni jedan papir formata A3, jedan A4, ljepljiva traka, kreditna kartica, vertikalno postavljeno zrcalo, olovka i ravnalo za povlačenje linija. Kalibracija je bila potrebna kako bi se prilikom zumiranja podesilo povećanje na ekranu mobilnog uređaja i razmjerno s tim smanjenje izračunate udaljenosti. Taj dio kalibracije vršio se na papiru s linijama točno određene udaljenosti, te je trebalo vizirati točno na rubove tih linija. Bilo je potrebno kalibrirati i samu leću mobilnog uređaja usmjeravanjem križića na ekranu prema ogledalu u objektiv telefona. Temeljnica se kalibrirala pomoću kreditne kartice koja je uspravno pričvršćena na zid i sa mobitelom se viziralo na nju da točno upadne među trokutiće na ekranu, što će detaljnije biti prikazano kasnije. Kalibracija se vršila zbog toga da se smanji greška mjerenja.

3.4 Probne izmjere radi dobivanja rutine

Kako bi se provjerio rad aplikacije „moti“ mjereni su razni objekti na fakultetu i u njegovoj okolini, kako bi dobili dojam o tome na koji način se mjeri, te na što treba obratiti pozornost prilikom mjerenja i kako bi mjerenje prešlo u neku vrstu automatizma, tj. mjerilo bi se brže, bez stanki za razmišljanje kako napraviti ovo ili ono. I s time su završene pripremne radnje, te smo moglo krenuti u izmjeru.

3.5 Testiranje aplikacije za izmjere visina

3.5.1 Izmjera fiksinih visina na zgradi

Nakon upoznavanja s aplikacijom, sljedeći korak bio je pristup izmjeri na zgradi. Trebalo se prvo pristupiti izmjeri na zgradi, tj. testiranju, pa tek onda ići u sastojinu, ali je zbog manjka vremena drugačije odlučeno, te ove metode ne idu kronološki kako bi logično trebale ići. Dogovori za završni rad počeli su tek koncem mjeseca ožujka, a pošto je vegetacija u područjima s nižom nadmorskom visinom (odsjeka 4a) počela kretati, morali smo obaviti prvo izmjeru na Sljemenu, kako bi viziranje bilo lakše, a tek onda na već poznatim visinama. Testiranje je obavljeno u Zagrebu, na jednom od nebodera na Jordanovcu, nedaleko od Maksimirske ceste. Kako bi svaki puta mjerili baš istu visinu, na neboderu su određene tri lako prepoznatljive pozicije izmjere (prva bočna prečka odozdo na ogradi balkona na petom katu , gornji rub prozora na osmom katu, gornji rub zgrade.

okvirne visine oko 15, 25 i 35 m (vidi sliku 1), koje su izmjerene visinomjerom Vertex te aplikacijom „moti“ s tri različite horizontalne udaljenosti (15, 25 i 35 m), koje smo odmjerili mjernom vrpcom te označili na tlu.

Stvarne srednje visine izmjerene Vertexom, iz devet ponovljenih mjerenja (tri repeticije sa tri horizontalne udaljenosti) iznose 14,9m, 25,1m, 34,1m. Osim s različitih udaljenosti, različitim telefonima, izmjera je provedena uz različite visine letve.. Pri izmjeri mobitelom SX Z3 koristili smo letve od 2,1m, 3,1m i 4,1m, a pri izmjeri s mobitelom SX L letve od 2,1m i 4,1m.



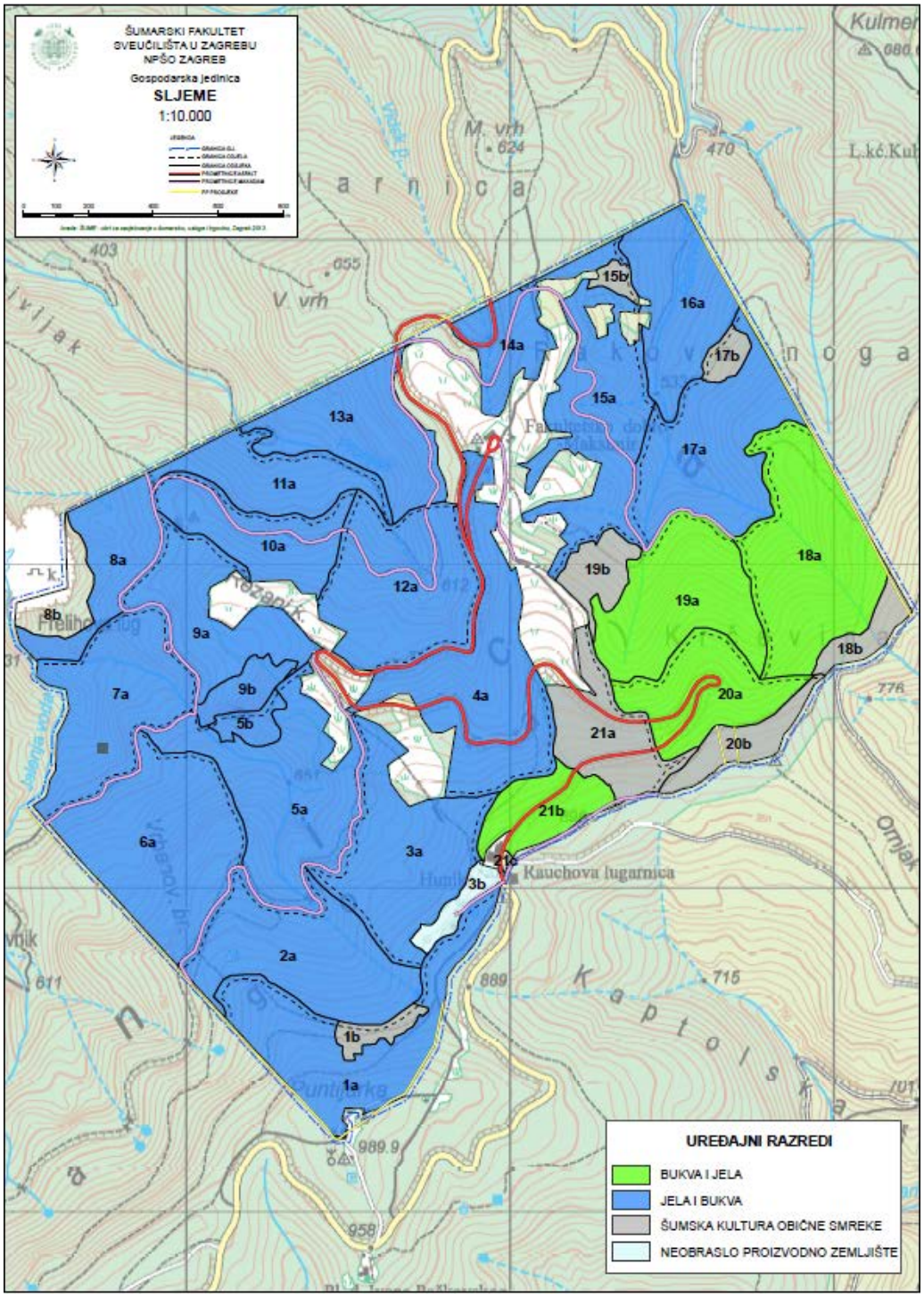
Slika 1. Fotografija nebodera na kojem je izvršeno testiranje s označenim egzaktnim visinama.

Ovdje nije bio skoro nikakvih problema s vizurom, jer je sve bilo vidljivo, jedini problem je bio pregrijavanje uređaja Z3, jer cijelo vrijeme je bilo jako sunce za trajanja mjerenja, pa se kamera gasila zbog povišene temperature kućišta. Dobiveni podaci upisivali su se u ranije napravljen i osmišljen formular Za svaku visinu koju smo mjerili odredili smo

prepoznatljivi dio na zgradi,. U pravilu izmjera je išla dosta brzo u usporedbi sa izmjerom u sastojinskim uvjetima, jer je prijelaz između stajališta bio vrlo kratak, a obavljano je i više mjerenja s jednog stajališta. Svaka visina i sa Vertexom (kako je ranije navedeno) i sa aplikacijom „moti“ mjerene su u tri repeticije kako bi se dobile pouzdanije vrijednosti i manja mogućnost pogreške. Referentne visine su one koje su izmjerene Vertexom, i one služe za usporedbu s vrijednostima dobivenih „moti“ aplikacijom.

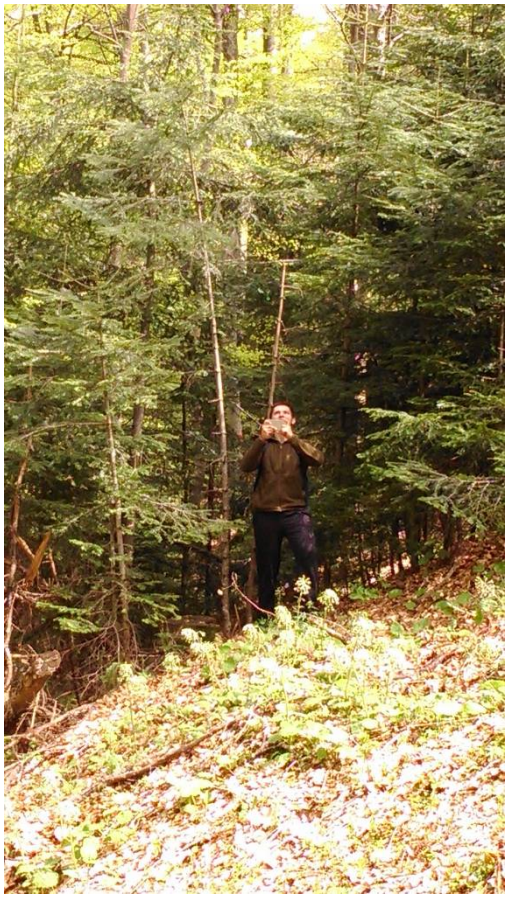
3.5.2 Izmjera visine u sastojinskim uvjetima

Izmjera u sastojinskim uvijetima aplikacijom „moti“ provedena je sredinom mjeseca travnja u pratnji profesora Božića i docenta Vedriša s ciljem mjerenja visine stabala u sastojinskim uvjetima. Sven Sokolar je mjerio visine aplikacijom „moti“, a visine izmjerene Vertexom su preuzete iz mjerenja dr.sc. Gorišića i doc. dr. sc.Vedriša. Dan prije pripremljen je potreban alat za izmjeru i sprej za označavanje stabala koja se mjere (šumarski kričavo narančasti sprej). Za izmjeru su korišteni unaprijed sastavljeni formulari za upis podataka, podlošci, pametni telefon Sony Xperia Z3, letva (u našem slučaju trasirka od 2m koja je dodatno markirana u narančasto obojanim te priljepljenim kartonima radi povećanja uočiljivosti i u konačnici preciznosti mjerenja. Visine su ukupno mjerene na 76 stabala obične jele (*Abies alba*) i 76 stabala obične bukve (*Fagus sylvatica*) u rasponu pojavnosti prsnih promjera, a koje su za potrebe svoga istraživanja odabrali, označili i numerirali prof. Božić sa suradnicima doc. Vedrišem i asistentom Goršićem. U odjelu 4a dominantnija je bila jela, kao što se vidi i na karti uređajnih razreda (Slika 2.). Pristupljeno je mjerenju, student Sven Sokolar je bio mjeritelj, a figurant je je nosio letvu od markiranog do markiranog stabla. Mjerilo se u 5 pruga, prve tri mjerene su s južne strane Sljemenske ceste, a druge dvije sa sjeverne strane Sljemenske ceste gledajući na karti (Slika 2.).



Slika 2. Tematska karta uređajnih razreda (Bogović, Bertić 2013.)

Teren je bio vrlo surov, neravan, s čestim izmjenama uzbrdica i nizbrdica, što je dosta utjecalo na brzinu izmjere. Izmjera se provodila tako da je mjeritelj „stajau u slojnici“. Isto tako na nekim mjestima bilo je vrlo gust sloj prizemnog rašća koji je većinom činio podmladak jele, pa je vizirati bilo vrlo teško, te se na nekim stablima moralo izvršiti izmicanje letve kako bi ona bila vidljiva.



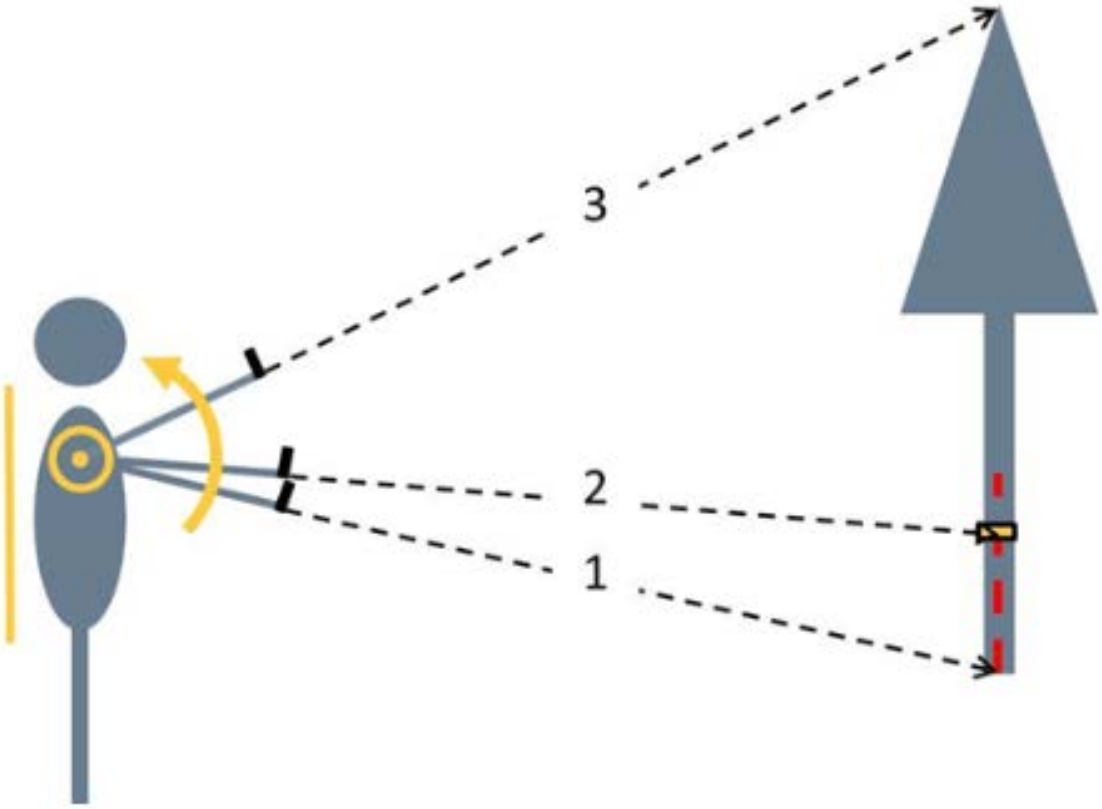
Slika 3. Prikaz terenskih uvjeta prilikom mjerenja

Princip rada prikazan je na slici 5. Prva vizura išla je na podnožje stabla odnosno na donju markicu letve, zatim druga vizura na gornju markicu na letvi odnosno na 2,0 m, a treća vizura na vrh stabla, viziranje se vršilo pomoću kričave zelene ravne linije prikazane na zaslonu mobilnog uređaja kao pomoć prilikom određivanja vrha stabla. (Slika 4.)



Slika 4. Prikaz korisničkog sučelja aplikacije prilikom mjerenja visine stabala

Zatim bi aplikacija izračunala kolika je udaljenost do stabla i kolika je visina mjerenog stabla, pri kojoj su joj potrebne dvije stvari: razlika između kutova kod vizura i visina letve. Samo mjerenje i upisivanje podataka nije oduzimalo previše vremena koliko prijelaz od stabla do stabla po takvom terenu. Izmjera visina Vertexom obavljena je par dana kasnije, od strane asistenata. Visine koje su izmjerene Vertexom uzimaju se kao referentne, te će se kasnije usporediti s vrijednostima koje su se izmjerile pomoću aplikacije.



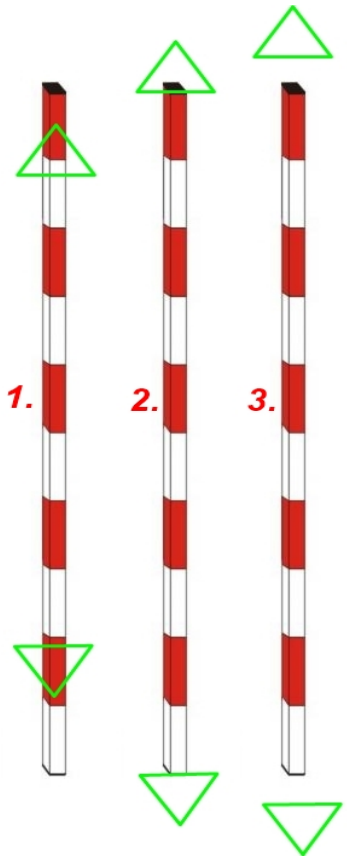
Slika 5. Shematski prikaz principa mjerenja visine aplikacijom „moti“

3.6 Testiranje aplikacije kao daljinomjera

Uz mjerenje visina, mjerene su i udaljenosti s kojih je mjereno putem „moti“ aplikacije i pomoću laserskog daljinomjera, ali ne za svako stablo, nego tamo gdje je to bilo moguće. Sklop je bio vrlo gust, a baterija na daljinomjeru slaba, pa se jako teško uočavala crvena točkica lasera. Mjerilo se s laserskim daljinomjerom kako bi se testiralo koliko dobro „moti“ određuje udaljenosti, i da li zbog moguće krivo određene udaljenosti mjeri i krivu visinu.

3.7 Testiranje provjere rubnih stabala

Za ovaj dio istraživanja zbog praktičnosti i pristupačnosti odabrana je šuma Dotršćina, kojom gospodari Šumarski fakultet. Na karti su odabrane 3 plohe. Jedna je bila na ravnom terenu, druga na srednjem nagibu, treća na većem nagibu. U postavkama aplikacije se može postaviti površina primjerne plohe, u našem slučaju kruga 500m^2 s radijusom od 12,62m. Aplikacija je to određivala opet preko poznate visine letve, i po tome određivala koliki je razmak dvaju trokutića na kameri. Dobijeni podaci upisivali su se u formular. Iz sredine svake plohe obavili smo 4 mjerenja: 1. Uz nagib ili sjever na ravnom (točka 1), 2. 90° + točka 1, 3. 180° + točka 1, 4. 270° + točka 1. Određivali smo samo graničnu udaljenost, kako je objašnjeno na slici 6. Student Sven Sokolar je bio mjeritelj te mu je figurant nosio i pomicao letvu. Figurant je bio navođen koliko treba pomaknuti letvu naprijed-nazad da bi dobili poklapanje i tada bi očitali kolika je to vrijednost, koju je se s „moti-jem“ izmjerilo. Također smo izmjerili udaljenost Vertexom na kojoj bi se s „moti-ijem“ odredilo da je to granična udaljenost kako bi se usporedila razlika.



Slika 6. Provjera rubnih stabala.

1. Stablo do kojega je letva stavljena je na ekranu uređaja manja nego raspon zelenih trokutića - to ukazuje da je stablo unutar zadanog radijusa i da „upada“.

2. Letva i raspon zelenih trokutića su jednaki što znači da je letva točno na rubu zadanog radijusa.

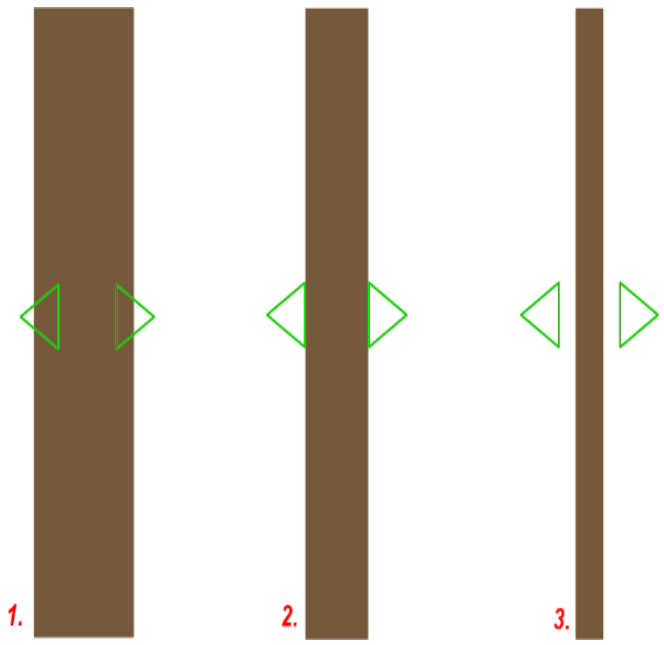
3. Raspon trokutića je veći nego letva, što govori da odabrano stablo nije unutar zadanog radijus i da je „vani“.

Student Vinković koji je cijelo vrijeme pomagao pri mjerenjima i koji je vlasnik drugog mobilnog uređaja s kojim se mjerilo bio je spriječen ići s nama, te se nije mogla provesti

izmjera njegovim telefonom. Stoga se kasnije napravio kratki test sa uređajem Sony Xperia L, ali na parkiralištu tj. ne u sastojniskim uvjetima.

3.8 Testiranje izmjere temeljnice

Ostala je još izmjera temeljnice, ona je obavljena u Dotršćini na 4 plohe različitih nagiba. Prvo smo obilježavali stabla plastificiranim karticama s oznakama, određivali vrstu, mjerili prsni promjer, Vertexom horizontalnu udaljenost do stabla i mjerili nagib te na taj način dobili podatke za izračun stvarne temeljnice. To nam je oduzelo dosta vremena, stoga nije bilo potrebno mjeriti temeljnicu nekim drugim instrumentima od složenog Bitterlichovog zrcalnog relaskopa do najjednostavnijeg štapića jer se iz prsnih promjera može izračunati da li stablo uz određeni faktor temeljnice brojimo ili ne. Aplikacijom smo mjerili sa dva faktora temeljnice 2 i 4, te smo slijedom toga imali dva mjerenja aplikacijom na svakoj plohi, što je išlo dosta brzo. Sva stabla koja su prema aplikaciji bila dovoljno debela da bi ga brojali, a bilo je izvan radijusa od 12,62m, dodatno im je mjeren prsni promjer i udaljenost od središta plohe (Vertexom) te su označena kao „add stabla“. Kako „moti“ funkcionira objašnjeno je na Slici 7.



Slika 7. Izmjera temeljnice aplikacijom „moti“:
1. razmak trokutića manji je nego debljina stabla, takvo stablo označavalo se kao +, a u brojčanoj vrijednosti kao 1.
2. stablo i razmak trokutića su jednaki, oznaka =, vrijednost 0,5.
3. razmak trokutića je veći nego debljina stabla, označava se sa - te je vrijednost 0.

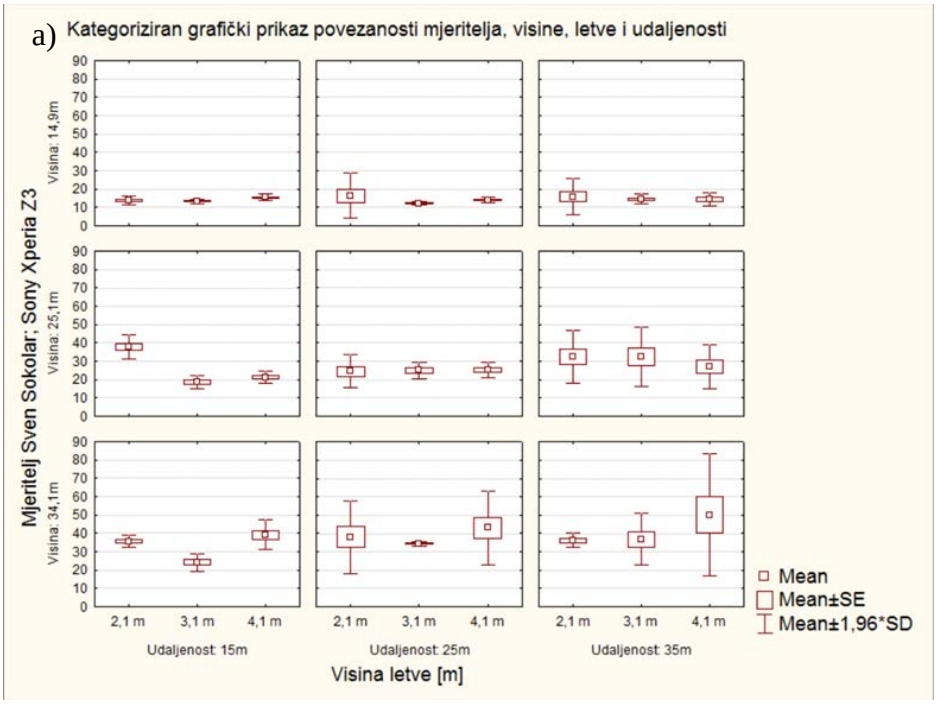
3.9 Obrada podataka

Nakon što su svi podaci bili prikupljeni i moglo se krenuti u analizu podataka u računalnim programima „Microsoft Excel 2013“ i StatSoft Statistica 8 i 10. Podaci su prvo razvrstani u Excelu, te su prenošeni u bazu Statistice, kako bi se provele opširnije analize, prvenstveno izjednačenje visinske krivulje. Za visinske krivulje upotrijebljen je modul programa sa nelinearnom procjenom (Non linear estimation). Za stvaranje krivulje potrebne su nam dvije varijable, a to su prsni promjer ($d_{1,30}$) i visine (h). Izjednačenje je napravljeno po Mihajlovljevoj funkciji $h = b_0 \times e^{-b_1/d} + 1{,}3$ (Pranjić, Lukić, 1997.) Posebno smo konstruirali krivulju za bukvu, posebno za jelu. Prvo je konstruirana za izmjere Vertexom, kao aritmetička sredina mjerenja docenta Vedriša i doktora Goršića. Zatim je konstruirana za „moti“ kako bi se usporedila odstupanja. Nakon toga provođena su testiranja izmjera na zgradi, s raznim vrstama proračuna i grafičkih prikaza kao što su t-test, box-whisker plot, histogrami, scatterplot te njihove kategorizirane varijante. U cijeloj hrpi podataka i prikaza treba odabrati one koji najpotpunije prikazuju dobijene rezultate. Provjera rubnih stabala, temeljnica i udaljenost analizirani su samo u Microsoft Excelu, jer nismo trebali složene statističke proračune te zbog lakšeg i bržeg načina rada.

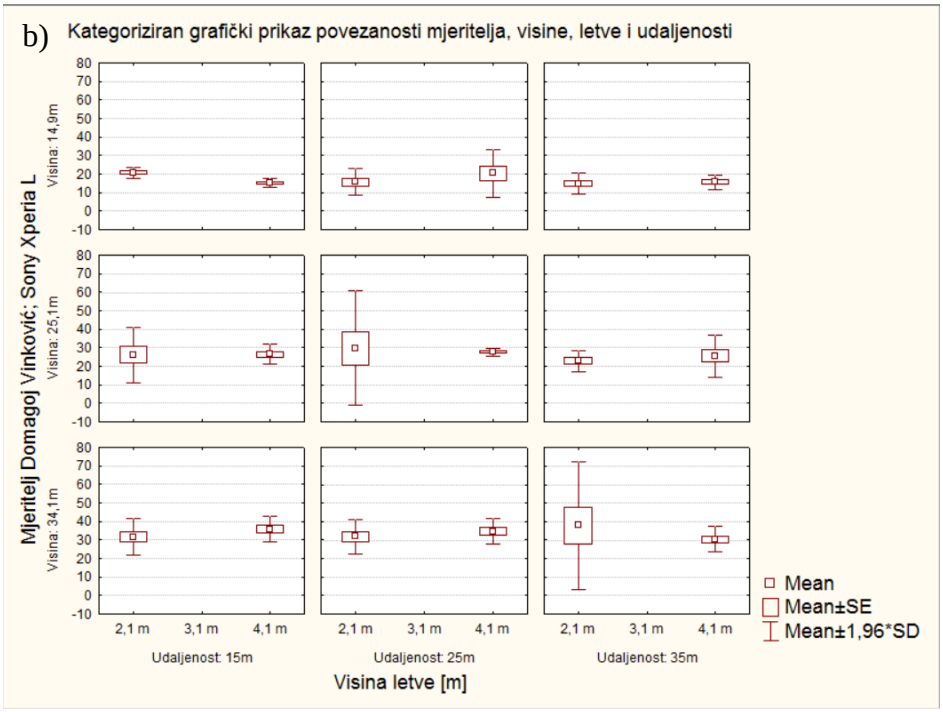
4. Rezultati s raspravom

4.1. Testiranje aplikacije pri izmjeri fiksnih visina na zgradi

Rezultati testa mjerenja na neboderu su bili dosta komplicirani za obradu, te je bilo teško odabrati grafički prikaz koji bi to sve dobro i precizno dočarao, a da ne bude preopširan. Napravljen je kategorizirani grafički prikaz prikazan na Slici 8., u kojem su uvrštene varijable koje utječu na mjerenje. To su: mjeritelj, mobilni uređaj, visina koja se mjeri, udaljenost s koje se mjeri, i visina letve s kojom je vršeno mjerenje.

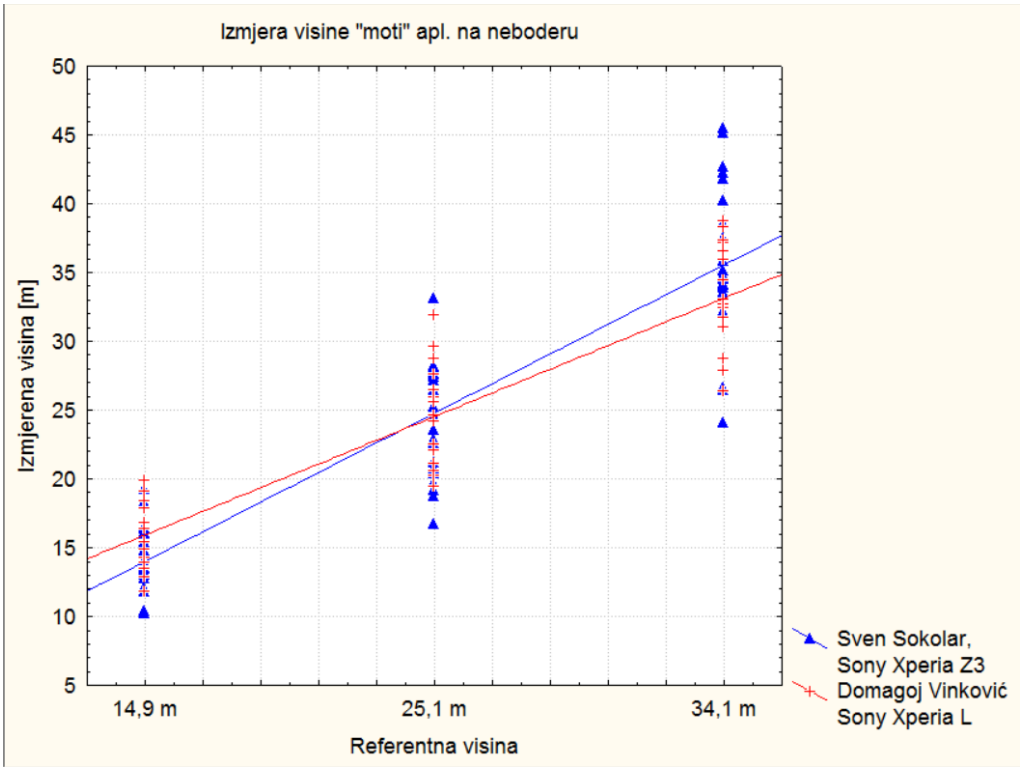


Došlo je do malog propusta, jedan mjeritelj je trebao mjeriti s dva uređaja, a mjereno je s dva mjeritelja i dva uređaja, tj. svaki je mjeritelj koristio svoj uređaj prilikom mjerenja.



Slika 8. a),b) Grafički prikaz ovisnosti mjeritelja, mobilnog uređaja, letve, udaljenosti o visini.

Na grafu odmah uočavamo gdje je mjerenje bilo najbolje (Box-Whisker plot je zgusnut, izgleda gotovo kao ravna linija), a gdje najlošije (Box-Whisker plot je jako raširen). Ovo nam govori o varijabilnosti izmjera. Srednja vrijednost je veličina koja definira kvalitetu srednjih vrijednosti izmjere. Najkvalitetnija je ona izmjera gdje nam je srednja vrijednost najbliža izmjerama dobivenima sa Vertexom, a ujedno rasipanje podataka (Box-Whisker) najmanje. To nam u startu govori s kojom bi letvom i s koje udaljenosti trebali mjeriti pojedinu visinu. Iz dobijenih podataka primjećuje se da su pogreške bile najmanje sa udaljenosti od 15m. Isto tako manja je pogreška na manjim visinama što je logično, manja pogreška u kutu dovodi do manje pogreške u visini. Najlošiji podaci dobijeni su sa udaljenosti 35m, gdje je znatno bilo otežano vizirati i pri tome ako je još uz to visina velika. Kod mjeritelja Domagoja Vinkovića, nema podataka za letvu od 3m, jer je mjerenje reducirano, zbog utrke s vremenom. Prema istraživanju na aplikaciji provedenom u Francuskoj (MOTI, Rapport final, Mars, 2014.) prosječna odstupanja od referentne visine iznose od 6-23%, s time da je u njihovom slučaju provedeno čak do 10 repeticija za jednu visinu. Odstupanje od referentne visine pokazati će Slika 9.



Slika 9. Grafički prikaz visina izmjerenih „moti“ apl. u odnosu na referentnu vrijednost.

Pri izradi grafa izbačeni su ekstremi, koje bi i manje iskusni mjeritelji prepoznali kao pogrešku. Uzeli smo kriterij 1/3 pogreške od ukupne visine, npr. za visinu od 30m tolerirala se pogreška do 10m, a za više se eliminirala. Pravci prikazuju prosječne vrijednosti visina, a punktacije određenu izmjerenu vrijednost. Mjeritelj Sven Sokolar i njegov uređaj su u početku bili u blagoj podcijeni visine, a kasnije je to prešlo u blagu precjenu visina, dok je kod D. Vinkovića i njegovog uređaja slučaj obrnut.

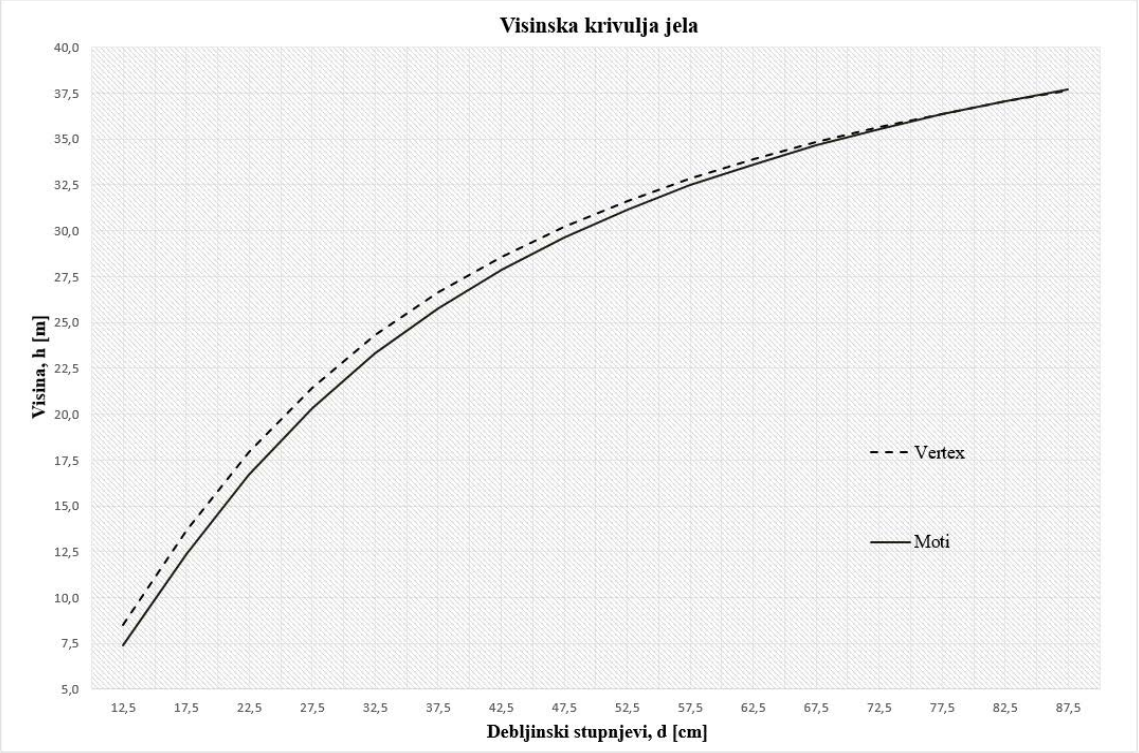
4.2. Testiranje aplikacije pri izmjeri u sastojini

Pri izmjeri u sastojinskim uvjetima mogli smo konstruirati visinsku krivulju. Očekivano su dobijene približno slične krivulje, sekundarni uzrok tomu je velik broj mjerenja, a primarni uzrok tome je što se na nekim stablima visina podcijenila, a na nekim precijenila, pa se u totalu greška ne čini velikom. Kod obje vrste jasno se vidi da je riječ o blagoj podcijeni visina, nešto manje kod jele (Slika 9.), jer je vizura na vrh bila preciznija. Nama bitniji parametri dobijeni u Statistici su prikazani u Tablici 2. U tablici 2. iz vrijednosti standardne pogreške za Vertex i „moti“ vidi se da Vertex ima puno manju pogrešku. Greška aplikacije ima skoro dvostruko veću vrijednost nego greška Vertexa.

Tablica 2. Vrijednosti b1, b0 i R^2 sa standardnim pogreškama (SE), za jelu i bukvu, zasebno za Vertex i zasebno za „moti“.

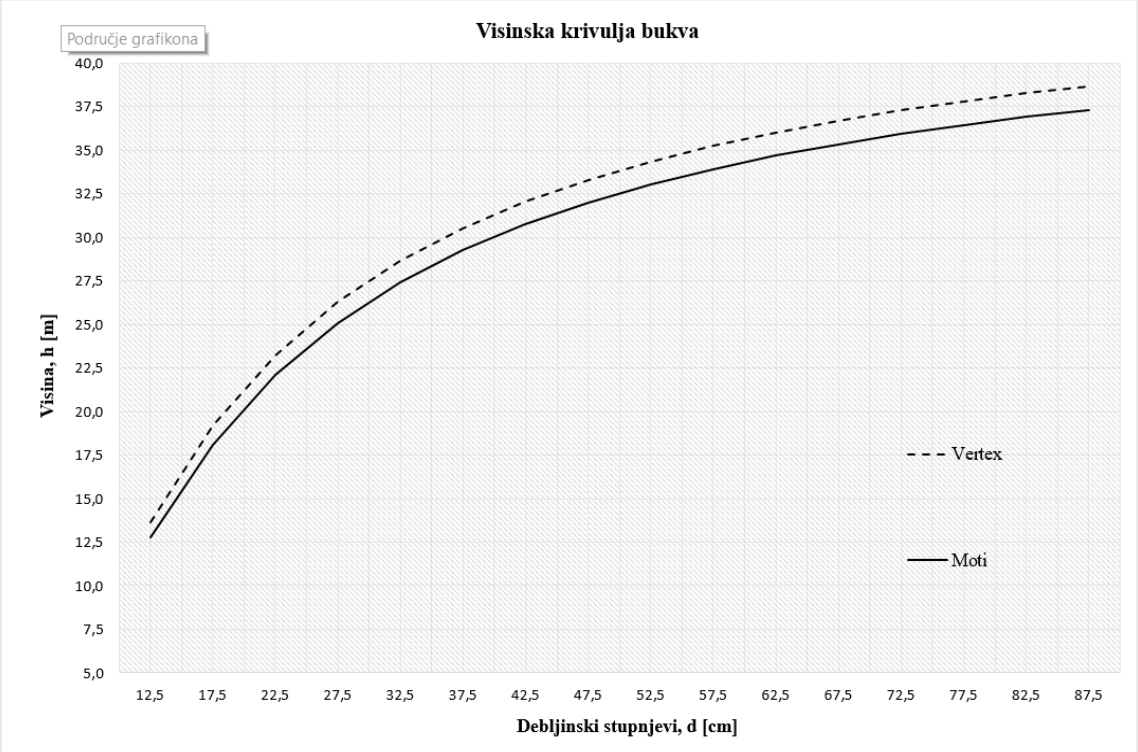
Jela	Vertex	SE	moti	SE
b_1	23,62516	1,111184	26,04522	2,063086
b_0	47,57982	1,203022	49,04409	1,907816
R^2	0,92372657		0,84173652	
Bukva	Vertex	SE	moti	SE
b_1	16,12798	1,378626	16,65805	1,380954
b_0	44,94155	1,075662	43,57146	1,702762
R^2	0,82300458		0,74825095	

Visinske su krivulje za međusobnu usporedbu nacrtane u Microsoft Excelu iz podataka izračunatih u Statistici.



Slika 10. Visinska krivulja za običnu jelu.

Kod obične jele razlika između visinskih krivulja se smanjuje s porastom debljinskog stupnja i u nekoliko zadnjih može se reći da se čak preklapaju. U usporedbi sa visinama za bukvu (Slika 11.) odstupanje je manje, zbog zasigurno lakšeg viziranja na vrh monopodijalne vrste.

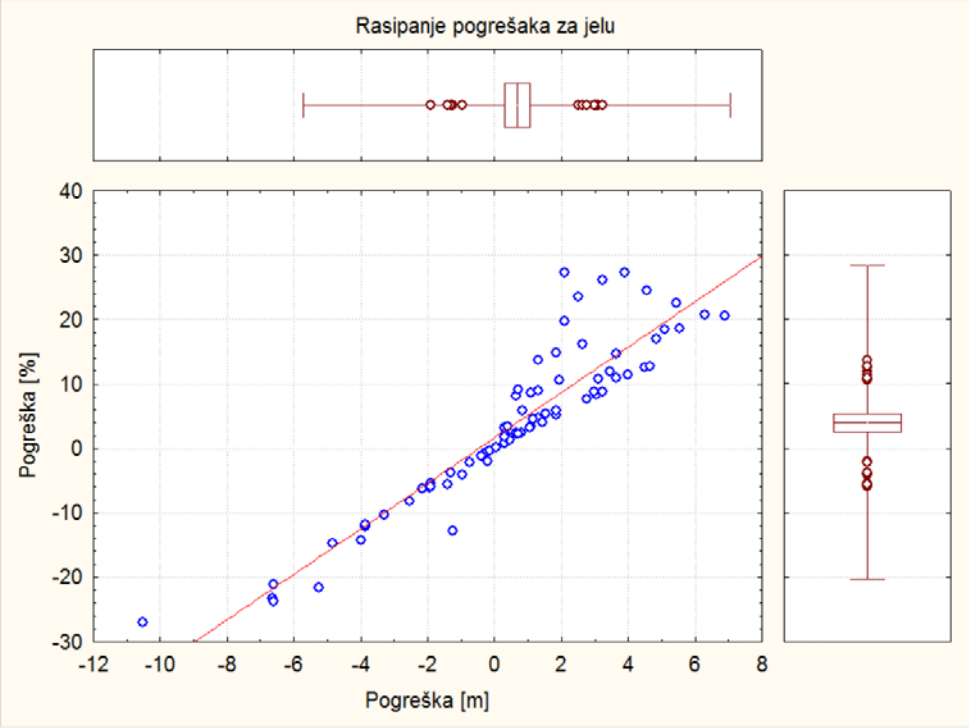


Slika 11. Visinska krivulja za običnu bukvu

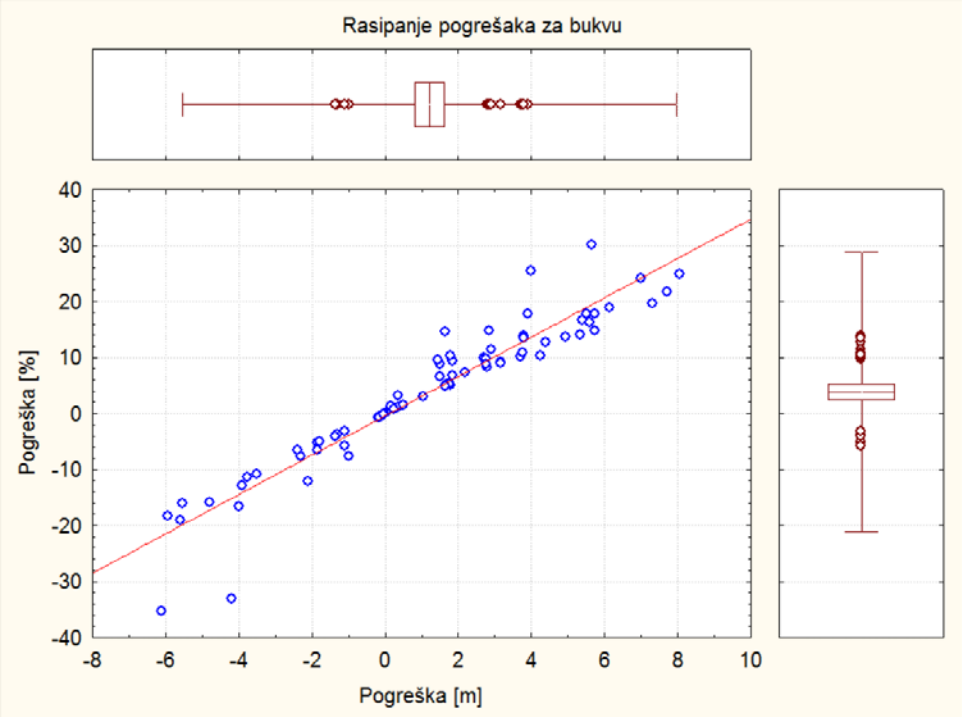
Iz slike 10. vidljivo je da se odstupanje visinske krivulje kod bukve blago povećava s porastom debljinskog stupnja, uzrok tomu može biti velika udaljenost s koje se viziralo na viša stabla, ovdje se radi o kakvoći procjene vrha između različitih mjeritelja te činjenici da se kod Vertexa izmjera provodila tako da je mjeritelj stajao „uz nagib“, te je imao pregledniju vizuru na vrh stabla od mjeritelja koji je mjerio pametnim telefonom aplikacijom „moti“ koji se pri izmjeri nalazio „u slojnici“, te kod dijela stabala zasigurno slabije mogao procijeniti vrh stabla kod sinpodijalne vrste (bukve).

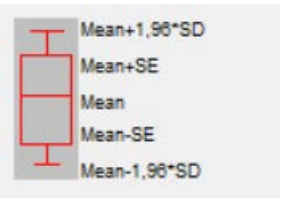
Odstupanje visina izmjerenih aplikaciom „moti“ u odnosu na izmjeru Vertexom u sastojinskim uvjetima vidi se na Slici 12. a),b)

a)



b)





Slika 12. Grafički prikaz raspona odstupanja visina izmjerenih aplikacijom „moti“ u odnosu na visine izmjerene Vertexom a) za jelu, b) za bukvu

Na grafu se vidi raspršenost pogrešaka, na y-osi prikazana je u postotku od stvarne visine, a na x-osi kao stvarna vrijednost odstupanja u metrima [m] za svako pojedino mjerenje. Kod jele je većina podataka zgusnutija nego kod bukve, i ima znatno više + pogrešaka. Kod bukve se to uočava nego je ujednačenost + i – grešaka ujednačen, te su podaci više rasuti što ukazuje na to da je ipak mjerenje preciznije bilo kod jele.

Stalno korištenje kamere od 20.7 MP i upaljeni zaslon značajno troši bateriju. Sony Xperia Z3 ima bateriju kapaciteta 3100 mA/h te se za otprilike 6 sati mjerenja istrošilo 2/3 baterije. Na kvalitetu vizure utjecala je i sama rezolucija ekrana mobilnog uređaja, kao i sama veličina ekrana, npr. markice su se okom vidjele dobro, a na ekranu dosta slabo. Prilikom zumiranja rezolucija se jasno smanjila, a i povećala se osjetljivost na pomake ruke. Trebalo je i obratiti pažnju da trup bude fiksan, a da se pomiču samo ruke. Dosta bi pomoglo kada bi pametni telefon bio na nekoj vrsti stativa, koji bi uklonio njihanje ruke i na taj način dao precizniji rezultat mjerenja. Isto tako, kada se prilikom viziranja prema vrhu stabla sunce nalazi upravo oko vrha, teže je vizirati. Problem nastaje kada se vizira na letvu kada je sklop jako gust i prisutni su dosta tamni uvjeti rada.

Analizom odstupanja mjerenja visina „moti“ aplikacijom dobivamo dvojake rezultate. Prvi su rezultati oni koji su stvarno izmjereni, a drugi njihove apsolutne vrijednosti koje su prikazane u Tablici 3.

Tablica 3. Prikaz pogreške mjerenja visine u apsolutnoj i postotnoj vrijednosti.

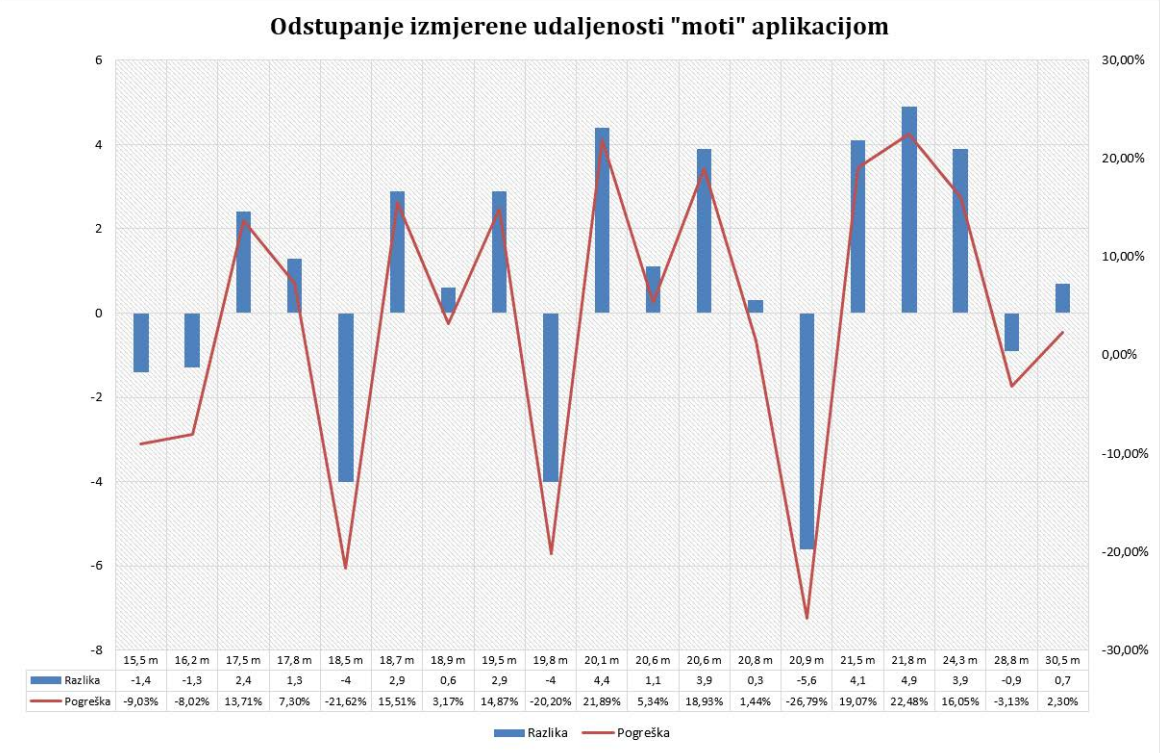
	Greška pojedinačnih izmjera [m]	Aps. greška pojedinačnih izmjera [m]	Greška pojedinačnih izmjera [%]	Aps. greška pojedinačnih izmjera [%]	Greška prosjeka tri izmjere [m]	Aps. greška prosjeka tri izmjere [m]	Greška prosjeka tri izmjere [%]	Aps. greška prosjeka tri izmjere [%]
Aritmetička sredina	0,111	3,116	0,64%	13,02%	0,897	2,575	4,18%	11,38%
Medijan	-0,050	2,550	-0,45%	10,15%	0,650	1,850	3,48%	7,13%
Standardna devijacija (95%)	3,984	2,518	20,37%	14,53%	3,698	2,734	23,72%	20,48%

Iz toga se da zaključiti da je pojedinačna greška, odnosno greška bez apsolutne vrijednosti ima manju vrijednosti zbog poništavanja negativnih i pozitivnih pogrešaka.

4.3. Testiranje udaljenosti

Test udaljenosti je napravljen na malom uzorku od 19 mjerenja, referentan uređaj je bio laser. Prosječna pogreška iznosila je +/- 13,20%, a dok je medijan bio iznosa +/- 14,87%. Više je prikazano na Slici 13. gdje se vidi svako pojedino mjerenje. Pogreška se ne

povećava s povećanjem udaljenosti, nego varira od mjerenja do mjerenje i ne postoji nekakva zakonitost.



Slika 13. Grafički prikaz odstupanja (pogreške) u određivanju udaljenosti „moti“ aplikacije poredanih od najmanje do najveće udaljenosti.

4.4. Test provjere rubnih stabala

Provjera rubnih stabala testirana je u sastojinskim uvjetima samo sa uređajem Sony Xperia Z3, te se pokazala jako loša. Nagib terena i visina letve nisu utjecali na preciznost, pa se vjerojatno radi o nekom drugom razlogu, možda je problem bio u žarišnoj duljini leće kamere koja nije bila dobro prepoznata od strane software-a, te je pretpostavka da je problem bio takve prirode. Uz nepreciznost, prizemno rašće je bilo još jedan od problema. Za vrijednost od 12,62m što je radijus primjerne kružne plohe od 500m^2 „moti“ je izbacivao vrijednosti od 17,06m do čak 19,80m. Testirali smo ga tako da figurant nosi letvu sve do onog mjesta dok se trokutići na ekranu uređaja ne poklope s dnom i vrhom

letve. Kada se to napravilo, stalo se i izmjerila stvarna udaljenost Vertexom. Prosjek mjerenja bio je 18,15m, a trebalo je biti oko 12,62m, što je vrlo veliko odstupanje. Iz toga smo izračunali faktor korekcije iznosa 1,438, te dobili umanjeni radijus od 8,78m koji bi trebalo zadati aplikaciji kako bi se dobile približno točne vrijednosti stvarne udaljenosti od 12,62 m. Nakon izvršene korekcije rezultati su bili dosta bolji u rasponu od 12,29-13.05m. Na sve tri plohe rezultati mjerenja jako su odstupali, te se to odmah zamjetilo prilikom mjerenja uređajem Sony Xperia Z3. Probano je mjeriti s letvama od 2m i 3m, ali to nije značajnije utjecalo u ovom slučaju. Test je naknadno napravljen i sa drugim uređajem Sony Xperia L, te su podaci bili precizniji, ali nisu bili prisutni sastojinski uvjeti, nego se mjerilo na ravnom terenu, bez prepreka koje bi smetale vizuri, vidljivost je bila jako dobra. Vrijednosti su se kretale od 12,43m do 13,78m te nije bilo potrebe za ikakvom korekcijom.

4.5 Testiranje izmjere temeljnice

Posljednja je testirana izmjera temeljnice. Mjerile su se 3 vrste temeljnice: konvencionalna temeljnica, temeljnica kakvu bi vidjeli Bitterlichovim relaskopom, i temljenica mjerena „moti-jem“. Usporedba podataka dobijenih aplikacijom i konvencionalne temeljnice nisu bile ni blizu preklapanja, pa se odlučilo i na usporedbu s Bitterlichovom temeljnicom. Nismo mjerili Bitterlichovim zrcalnim relaskopom, jer smo imali stvarnu udaljenost stabla i prsni promjer s milimetarskom preciznošću, pa nije potrebe za nošenjem još jednog uređaja na teren što bi na oduzelo dosta vremena. Rezultati su prikazani u Tablici 4. Udaljenost na kojoj je stablo granično za određeni prsni promjer izračunate su po matematičkim izrazima:

$\frac{d_{1,30\ milmetarska\ preciznost}}{2\sqrt{2}}$; za faktor temeljnice 2,

$\frac{d_{1,30\ milmetarska\ preciznost}}{4}$; za faktor temeljnice 4.

Dobijeni su iznosi graničnih udaljenosti za sva mjerena stabla, te su su oni uspoređeni sa stvarnom horizontalnom udaljenosti dobijenom Vertexom. Na osnovi razlike ta dva podatka, vidjelo se da li je u razmaku trokutića u aplikacije bilo moguće vidjeti stablo kao 1, 0,5 ili 0. Kada je horizontalna udaljenost do stabla bila veća nego granična vrijednost stabla u teoriji je bilo nemoguće da je takvo stablo moglo biti uopće brojano. Na osnovi veličine pogreške odlučeno da li će biti izbačena (velika greška), ostati (mala greška) ili će

biti računata kao pola (srednja greška). Odstupanja su bila znatno manja u slučaju usporedbe mjerenja „moti“ aplikacije i Bitterlichove temeljnice, nego kod usporedbe konvencionalne i „moti“ temeljnice.

Tablica 4. Pregled vrijednosti konvencionalne temeljnice ($d_{1,30}$), vrijednosti Bitterlichove temeljnice za faktore 2 i 4, vrijednosti dobijenih „moti“ aplikacijom za faktore temeljnice 2 i 4, pogreške u postotku i nagib terena.

Temeljnica	Konvencionalna temeljnica $d_{1,30}$	Bitterlichova temeljnica	Bitterlichova temljenica pogreška	Bitterlichova temljenica	Bitterlichova temeljnica pogreška	"moti"	"moti" pogreška	"moti"	"moti" pogreška	Nagib
Mjerna jedinica	m^2	m^2	%	m^2	%	m^2	%	m^2	%	°
Faktor temeljnice		2	2	4	4	2	2	4	4	
Ploha 1	27,77	40	44,02%	36	29,62%	49	76,42%	58	108,83%	6
Ploha 2	28,15	36	27,89%	36	27,89%	40	42,10%	48	70,52%	11,1
Ploha 3	43,22	40	-7,45%	54	24,94%	44	1,81%	66	52,71%	12,5
Ploha 4	44,26	45	1,68%	48	8,45%	52	17,49%	60	35,57%	28,8

Iz prikazanih podataka ne uočava se nekakva zakonitost koja bi bila logična. Na plohama se generalno događa dosta veliko odstupanje srednjeg iznosa 19,63% za Bitterlicha i 50,68% za „moti“. Slučaj malog odstupanja prisutan je kod Bitterlicha na 4. plohi, a kod „moti-ja“ na trećoj plohi, kojemu je najvjerojatnije uzrok slučajnost. Test sa drugim uređajima nije proveden, nego samo na Sony Xperia Z3, gdje se opet javlja pitanje uzroka problema, unatoč po uputama provedenoj kalibraciji „moti“ aplikacije. Problem je vjerojatno hardverski, i trebalo bi se svakako razraditi taj dio u aplikaciji, da se omogući bolja i preciznija kalibracija, s time bi se vjerodostojnost i pouzdanost samih izmjera znatno povećala.

5. Zaključak

Visine mjerene na zgradi dosta variraju i odstupaju od referentnih vrijednosti. Uzrok tomu je pojedinačno mjerenje te mali uzorak koji se mjerio i uspoređivao, te se čini da su greške vrlo velike te da se s aplikacijom ne mjeri kako treba. Tu grešku je moguće smanjiti ako imamo više repeticija mjerenja jedne visine. Ovo istraživanje je pokazalo da je vrijednost pogreške previsoka da bi se takva aplikacija koristiti u šumarskoj praksi za razinu jednog stabla, posebno ako se stablu mjeri jedna visina (bez repeticija), no može nam poslužiti ako je zanimanje neka okvirna i manje precizna vrijednost visine koja nam treba na brzinu. Svakako tako izmjerenu vrijednost moramo uzeti sa zadrškom i izbjegavati mjerenje visina s prevelike udaljenosti.

Rezultati odstupanja visinskih krivulja čine se dosta dobri, ne radi se o velikim odstupanjima jer imamo veliki broj mjerenja. Razlog tome je što se pozitivne i negativne vrijednosti međusobno ponište i prema njima se čini da je greška vrlo mala. Ovaj segment bi mogao naći primjenu u praksi.

Kao daljinomjer, „moti“ daje prosječnu pogrešku od 13,20% što se također ne bi moglo previše uporabiti u praksi, zato što je jednostavno odstupanje preveliko, sama greška počiva u krivo određenoj udaljenosti. To znači da ako je udaljenost krivo određena, automatski će i visina biti kriva.

Provjera rubnih stabala pokazala se kao apsolutni promašaj u našem slučaju, gdje su se pogreške u izmjeri prosječno kretale 68,95%.

Ni kod temeljnice situacija nije bilo pretjerano bolja, jedino uz korekcije moguće je koristiti segmente aplikacije, što nije ni malo praktično.

Ova aplikacija je dizajnirana na način jednostavan za korištenje i preuzimanje. Najveći problem je vizura, pogotovo ako se radi pod jakim zoom-om, tada se micanje ruku pa čak i disanje smatra ometajućim, jer su na velikom uvećanju pomaci dosta veći i vrlo je teško vizirati na željeni objekt uz smanjenu rezoluciju ekrana. Ovakva vrsta aplikacije zasigurno će započeti promjene u izmjeri šuma, drastično smanjujući cijenu mjerenja, no možda uz žrtvovanje preciznosti izmjerenih podataka. U ovu aplikaciju je uloženo dosta sredstava, i velik broj ljudi je radio na njoj, ali bi se trebalo koristiti što više korisničkih povratnih informacija u cilju boljeg usavršavanja aplikacije. U njima bi se trebalo iznijeti stvari do

kojih se dospjelo praktičnim putem i velikim brojem mjerenja. Aplikacije bi trebala biti prilagodljiva na bilo koji smartphone nakon kalibriranja, ali trebat će čini se još puno rada kako bi se to usavršilo. Ona će moći promijeniti stav i rad praktičara u ovom području šumarstva. Ovo su samo počeci toga, daljnim razvojem tehnologija možda će se moći zamijeniti uređaji poput Vertexa, koji je jedan od najkvalitetnijih i najpreciznijih na tržištu.

6. LITERATURA

- Pranjić, A., 1986: Šumarska biometrika. Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, Zagreb

- Pranjić, A. i N. Lukić, 1997: Izmjera šuma. Sveučilište u Zagrebu, Šumarski fakultet, Zagreb

- Lukić, N., Božić, M., Čavlović, J., Teslak, K., Novosel, D., 2005: Istraživanje primjenjivosti ultrazvučnog visinomjera/daljinomjera „vertex III“ u odnosu na najčešće korištene visinomjere u šumarstvu Hrvatske. Šumarski list broj 9-10 CXXIX (2005), str. 481-488

-Božić, M., Čavlović, J., Lukić, N., Teslak, K., Kos, D., 2005: Efficiency od ultrasonic Vertex III hypsometer compared to the most commonly used hypsometers in Croatian forestry. Croatian Journal of Forest Engineering 26, str. 91-99

- Bogović Z., Bertić T. 2013: Program gospodarenja šumama posebne namjene Nastavnopokusni šumski objekt Zagreb, gospodarska jedinica „Sljeme“, Tematske karte uređajnih razreda

- Haute école des sciences agronomiques, forestières et alimentaires HAFL, Divison Foresterie 2014: MOTI, L'inventaire forestier simplifé par le smartphone, str. 65-69

- Narodne novine, 2015: Pravilnik o uređivanju šuma

- http://www.haglof.se/index.php/en/products/instruments/height/341-vertex-iv

- https://play.google.com/store/apps/details?id=ch.bfh.moti

- http://www.moti.ch/drupal/?q=en/node/31

- GSM Arena, Phone specifications: http://www.gsmarena.com/