

## Uporaba mobilne aplikacije MOTI za ocenjevanje sestojnih parametrov na zasebni gozdni posesti

*The Use of MOTI Mobile Application for Evaluating Stand Parameters on the Private Forest Property*

Blaž FRICELJ<sup>1</sup>, Matija KLOPČIČ<sup>2</sup>

### Izvleček:

Fricelj, B., Klopčič M.: Uporaba mobilne aplikacije MOTI za ocenjevanje sestojnih parametrov na zasebni gozdni posesti; Gozdarski vestnik, 77/2019, št. 3. V slovenščini z izvlečkom in povzetkom v angleščini, cit. lit. 19. Prevod Breda Misja, jezikovni pregled slovenskega besedila Marjetka Šivic

V raziskavi smo preverjali uporabnost telefonske/tablične aplikacije MOTI pri ocenjevanju naslednjih sestojnih parametrov: sestojna temeljnica, lesna zaloga, zgornja sestojna višina in delež drevesnih vrst. Rezultate smo primerjali s klasičnimi inventurnimi metodami (merjenje sestojne temeljnice z Bitterlichovo metodo, merjenje višine dreves z višinomerom Suunto). Primerjali smo porabo časa med obema metodama in ocenili velikost vzorca za zanesljivo oceno sestojnih parametrov. Primerjava ocen sestojnih parametrov med metodo MOTI in klasičnimi metodami je pokazala, da se povprečne vrednosti značilno ne razlikujejo. Relativni vzorčni napaki za oceni sestojne temeljnice in lesne zaloge z metodo MOTI sta znašali 4,9 % in 5,5 %. Poraba časa za meritve z aplikacijo MOTI je bila večja kot za meritve s klasičnimi metodami, in sicer za 26 sekund na stojišče. Ocenjujemo, da je aplikacija MOTI kljub nekaterim pomanjkljivostim, v primerjavi s klasičnimi inventurnimi metodami, uporabna za lastnike gozdov in operativne gozdarje. Aplikacija omogoča hitro in zanesljivo oceno stanja gozdov ter neposreden izračun vrednosti sestojnih znakov.

**Ključne besede:** MOTI, sestojni parametri, zasebna gozdna posest, pametni telefon, gozdna inventura

### Abstract:

Fricelj B., Klopčič M.: The Use of MOTI Mobile Application for Evaluating Stand Parameters on the Private Forest Property; Gozdarski vestnik (Professional Journal of Forestry), 77/2019, vol 3. In Slovenian, abstract and summary in English, lit. quot. 19. Translated by Breda Misja, proofreading of the Slovenian text Marjetka Šivic.

The study examined the usefulness of MOTI mobile application for estimating stand parameters: stand basal area, stand volume, dominant tree height, and proportions of tree species in stand basal area. We compared results of two measurement methods: MOTI mobile application and classical forest inventory methods (i.e. the Bitterlich method for measuring stand basal area and tree height measurement with the Suunto height meter). We compared time consumption in both methods and estimated the number of measurements required for a reliable estimation of stand parameters. The comparison of stand parameters obtained by MOTI and the classical Bitterlich method has shown that differences between mean values of most parameters were statistically insignificant. The sampling errors for stand basal area and stand volume amounted to 4.9% and 5.5%. It was ascertained that the measurements using MOTI application were more time consuming than the measurements using the classical method – the difference was 26 seconds per plot. MOTI application is, even with some imperfections, a useful tool for private forest owners and forestry practitioners since it enables a relatively fast and reliable assessment of stand characteristics on forest property or in stands in general, and because it immediately shows the evaluated values of stand parameters.

**Key words:** MOTI, stand parameters, private forest property, smart phones, forest inventory

## 1 UVOD

### 1 INTRODUCTION

Za uspešno upravljanje z gozdom je nujno poznavanje sestojnih parametrov. Podatke za izračun teh parametrov pridobivamo v procesu gozdne inventure, ki je najobsežnejša in najdražja faza

načrtovalnega postopka (Bončina, 2009). Zasnova gozdne inventure je odvisna od njenega namena. Zato se gozdna inventura na ravni gozdnogospodarske enote (Kovač in sod., 2009) občutno razlikuje od npr. inventure objedenosti podmladka gozdnih drevesnih vrst (Hafner in sod., 2016) ali

<sup>1</sup> B. F., Varpolje 12 a, 3332 Rečica ob Savinji, Slovenija, blaz.fricelj@gmail.com

<sup>2</sup> doc. dr. M. K., Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire; Večna pot 83, SI-1000 Ljubljana; matija.klopacic@bf.uni-lj.si

inventure zasebne gozdne posesti (npr. Munda, 2013; Šantl, 2013).

V Sloveniji zasebni gozdovi obsegajo 76 % vseh gozdov (Zavod za gozdove Slovenije, 2017b), od tega je le 13,1 % gozdnih posesti, večjih od 5 ha (Medved in sod, 2010), za katere je zanimiv načrt za zasebno gozdno posest, ki lahko vključuje tudi prilagojeno gozdno inventuro. Za uspešno gospodarjenje z gozdom na gozdni posesti je ključno poznavanje sestojnih parametrov, kot so sestojna temeljnica, lesna zaloga in drevesna sestava, poleg njih pa še vrsta drugih rastiščnih, gozdnogojitvenih in gozdnogospodarskih podatkov. Večina podatkov o sestojnih parametrih je na voljo v javnih gozdarskih podatkovnih zbirkah, ki jih vzdržuje Zavod za gozdove Slovenije in jih lahko najdemo v Pregledovalniku gozdnogospodarskih in gozdnogojitvenih načrtov Zavoda za gozdove Slovenije (Zavod za gozdove Slovenije, 2017a). Pregledovalnik prikazuje grafične in atributivne podatke o značilnostih gozdnih sestojev. Podatki so prvenstveno namenjeni gospodarjenju z gozdovi na večjih prostorskih ravneh, zato so lahko za zasebne lastnike manj uporabni. Munda (2013) je na ravni gozdne parcele ugotovil precejšnje razlike v lesnih zalogah in drevesni sestavi med podatki o sestojnih parametrih Zavoda za gozdove Slovenije in izmerjenimi parametri s polno premerbo ali vzorčno Bitterlichovo metodo. Podobne zaključke je ugotovil tudi Šantl (2013). Posledično je smiselno, da za potrebe upravljanja gozdov na posesti lastnik sam pridobi podatke in informacije o gozdnih sestojih. Prilagojeno gozdno inventuro lahko zanj izpelje pravna oseba, ki se s tem ukvarja. Najcenejši način pa je, da podatke o gozdnih sestojih zbere sam, a za to potrebuje vsaj nekaj (strokovnega) znanja in ustrezne merilne instrumente ali druge pripomočke.

Z razvojem pametnih mobilnih aparatov so se pojavile številne aplikacije, ki omogočajo raznovrstne storitve. Med njimi so tudi takšne, ki so namenjene gozdarski praksi, tudi izvedbi gozdne inventure (npr. Haas, 2012). Ena izmed njih je tudi mobilna aplikacija MOTI (Rosset in sod., 2015), ki omogoča izmero sestojne temeljnice in lesne zaloge, drevesne sestave, višine dreves in sestoja, število dreves oziroma gostota sestoja.

Uporaba aplikacije MOTI odpira številna vprašanja, na nekatera smo poskušali odgovoriti s pričujočo raziskavo. Poglavitni cilji naše raziskave so bili:

- oceniti sestojne parametre za srednje veliko zasebno gozdno posest,
- oceniti potrebno število meritev za zanesljivo oceno teh parametrov,
- primerjati porabo časa za meritve s klasičnimi inventurnimi metodami in meritve z mobilno aplikacijo MOTI,
- oceniti uporabnost mobilne aplikacije MOTI za ocenjevanje sestojnih parametrov na zasebni gozdni posesti.

## 2 METODE

## 2 METHODS

### 2.1 Mobilna aplikacija MOTI

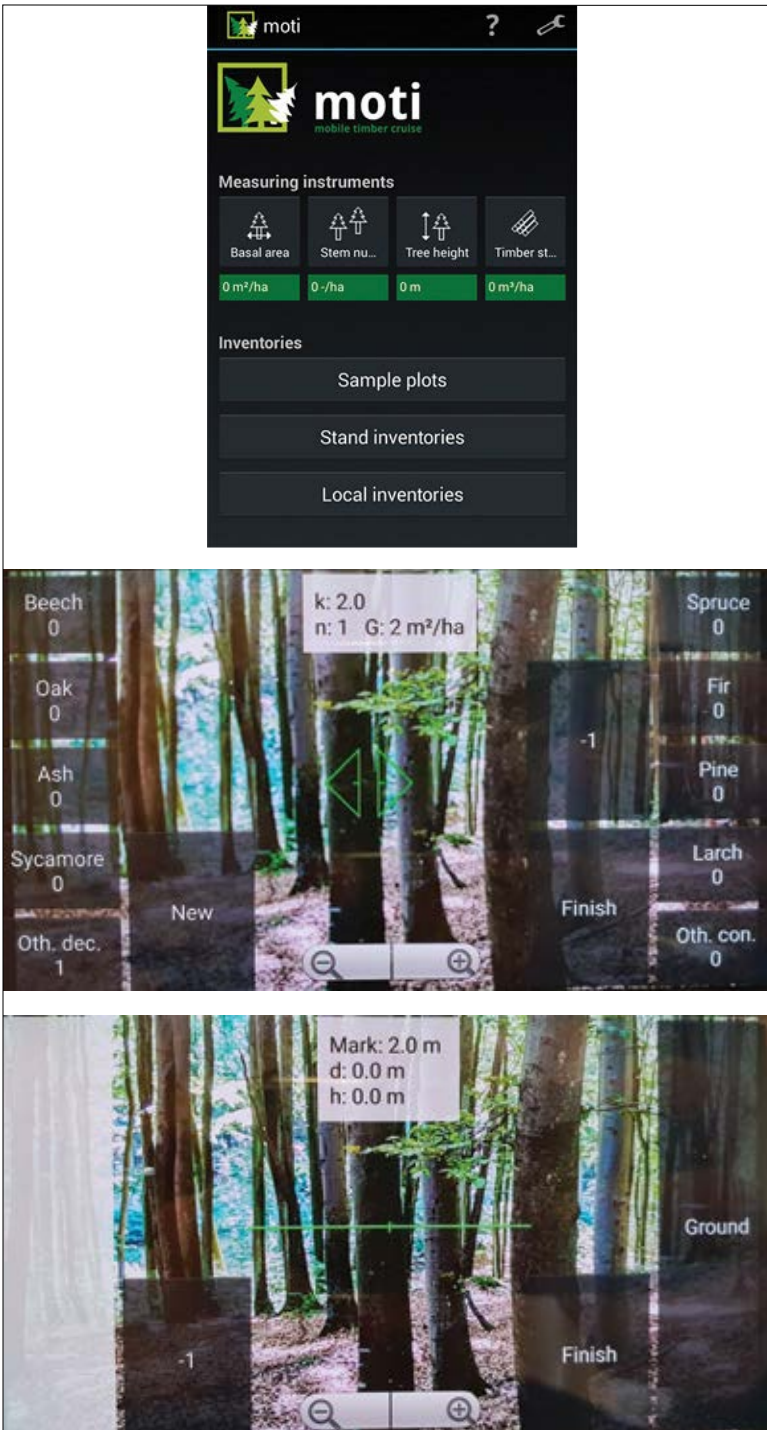
#### 2.1 MOTI Mobile Application

Mobilna aplikacija MOTI omogoča preprosto in hitro določitev osnovnih sestojnih znakov. Ustvarjena je bila predvsem za gozdarske strokovnjake, ki lahko hitro in ekonomično izmerijo ključne dendrometrijske znake. Aplikacija omogoča izmero temeljnice sestoja, gostote sestoja z evidentiranjem števila dreves na hektar, višine dreves in izračun lesne zaloge. V primeru več meritev sestojnih parametrov MOTI tudi avtomatsko izračuna standardno napako izmerjenih vrednosti in tako prikaže spremenljivost sestojnih znakov.

Aplikacija MOTI omogoča izvedbo meritev v različnih oblikah (slika 1):

1. enkratna meritev temeljnice sestoja, števila dreves na hektar, višine dreves in lesne zaloge brez shranjevanja rezultatov,
2. zbiranje in shranjevanje več meritev z možnostjo vpisa GPS-koordinat (angl. *Sample plots*),
3. sestojna inventura z večjim vzorcem meritev, kjer samodejno in kontinuirano računa standardno napako (angl. *Stand inventories*),
4. lokalna inventura na prej definirani vzorčni mreži, kjer samodejno in kontinuirano računa standardno napako (angl. *Local inventories*).

Merjenje sestojne temeljnice (in hkrati drevesne sestave) poteka tako, da preverimo vsa bližnja drevesa z obračanjem pametnega telefona za 360 °



Slika 1: Glavni meni mobilne aplikacije MOTI (zgoraj; vir slike: Waldwissen, 2017) in menija za merjenje sestojne temeljnice in drevnesne sestave (sredina) ter višine drevca (spodaj) (foto: M. Klopčič)

Figure 1: MOTI mobile application's main menu (above; photo source: Waldwissen, 2017) and menus for measuring stand basal area and tree structure (above in middle) and tree height (below) (photo: M. Klopčič)

okolli določene lokacije. Pozorni moramo biti, da je telefon ves čas nad točko, izbrano za središče meritev. Vsakršen naklon terena/telefona je že vnaprej avtomatsko upoštevan. Meritve sestojne temeljnice potekajo podobno kot meritve klasične Bitterlichove metode. Kotnoštevni faktor  $k$  določa širino razmika med trikotnikoma. Kadar smo v sestoji z drevesi manjših premerov in je gostota dreves večja, izberemo kotnoštevni faktor 1 ali 2, kadar merimo parametre v sestoji z drevesi večjih premerov, izberemo kotnoštevni faktor 2 ali 4. Pri evidentiranju izbranih dreves lahko razlikujemo drevesne vrste, kar aplikaciji omogoča neposreden izračun drevesne sestave (glede na sestojno temeljnico).

Meritve višine drevesa poteka v treh fazah. Preden začnemo meriti, referenčno palico z znano višino (najpogosteje 2 m) postavimo pokončno ob drevo. Nato na ekranu telefona, označenim s križcem, »pomerimo« v spodnji konec referenčne palice oziroma dno drevesa in kliknemo, nato enako ponovimo za vrh referenčne palice (aplikacija zazna višino 2 m) in nazadnje še za vrh drevesa (slika 2). Aplikacija nato na podlagi metode razmerij izračuna višino drevesa. Pri izvajanju meritev je nujno, da so roke ves čas merjenja iztegnjene in hrbet vzravnane. Če ne moremo pomeriti v vrh, ne da bi ukrivili hrbet, moramo povečati razdaljo do drevesa. Priporočljivo je, da opravimo vsaj tri meritve višine posameznega drevesa in kot rezultat

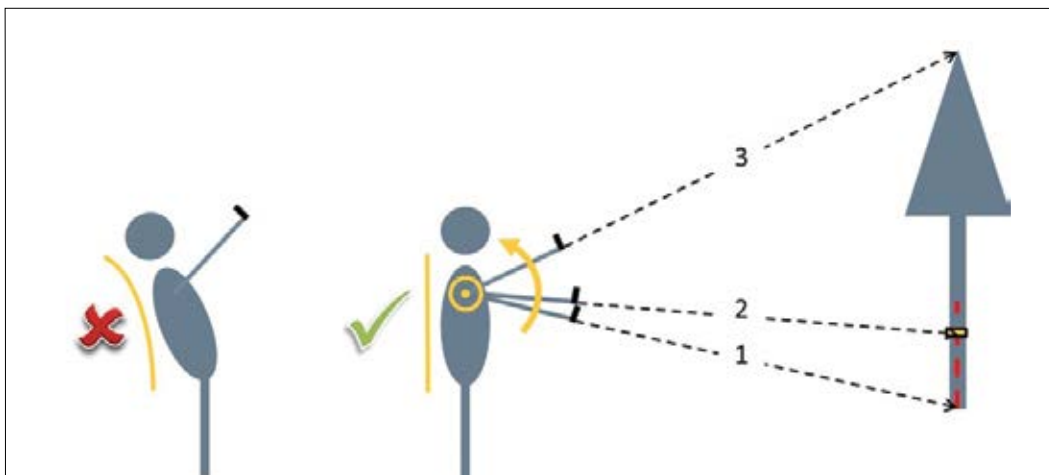
upoštevamo avtomatsko izračunano povprečje, ki se prikaže na zaslonu. Na pobočju ne smemo meriti navzdol. Če višino drevesa/sestoja poznamo, jo lahko vnesemo tudi ročno.

## 2.2 Območje raziskave

### 2.2 Study area

Meritve so bile opravljene na zasebni gozdni posesti Lešje (slika 3), ki je v lasti ge. Drage Vršnak in je v bližini Mozirja oziroma naselja Varpolje v spodnji Savinjski dolini (koordinate 46,300792 °N, 14,894251 °E). Raziskovani gozdovi spadajo v Gozdnogospodarsko območje Nazarje, Gozdnogospodarsko enoto Gornji Grad in katastrsko občino Homec. Velikost posesti je 26,14 ha. Posest leži na nadmorski višini okoli 400 m, naklon je do 5 %, površje je gladko. Tla so distrična rjava na sedimentni matični podlagi. Letna količina padavin znaša od 1400 do 1600 mm. Srednja letna temperatura je okrog 9 °C. Prevladujoča gozdna združba na posesti je Polysticho setiferi-Abietetum – jelovje z luskastodlakavo podlesnico (Gozdnogospodarski načrt..., 2013).

Gozdna posest je razdeljena na štiri sestoje, od katerih sta dva opredeljena kot debeljaka z različnima drevesnima sestavama (skupaj ≈ 15 ha), 10 ha porašča raznomerni mešani sestoj, sestoj v obnovi pa meri približno 1 ha (ZGS, 2019). Na posesti prevladuje jelka (*Abies alba*), sledi ji smreka (*Picea abies*), v manjših deležih



Slika 2: Način merjenja višine drevesa z mobilno aplikacijo MOTI (vir slike: MOTI, 2017)

Figure 2: How to measure tree height with MOTI mobile application (photo source: MOTI, 2017)

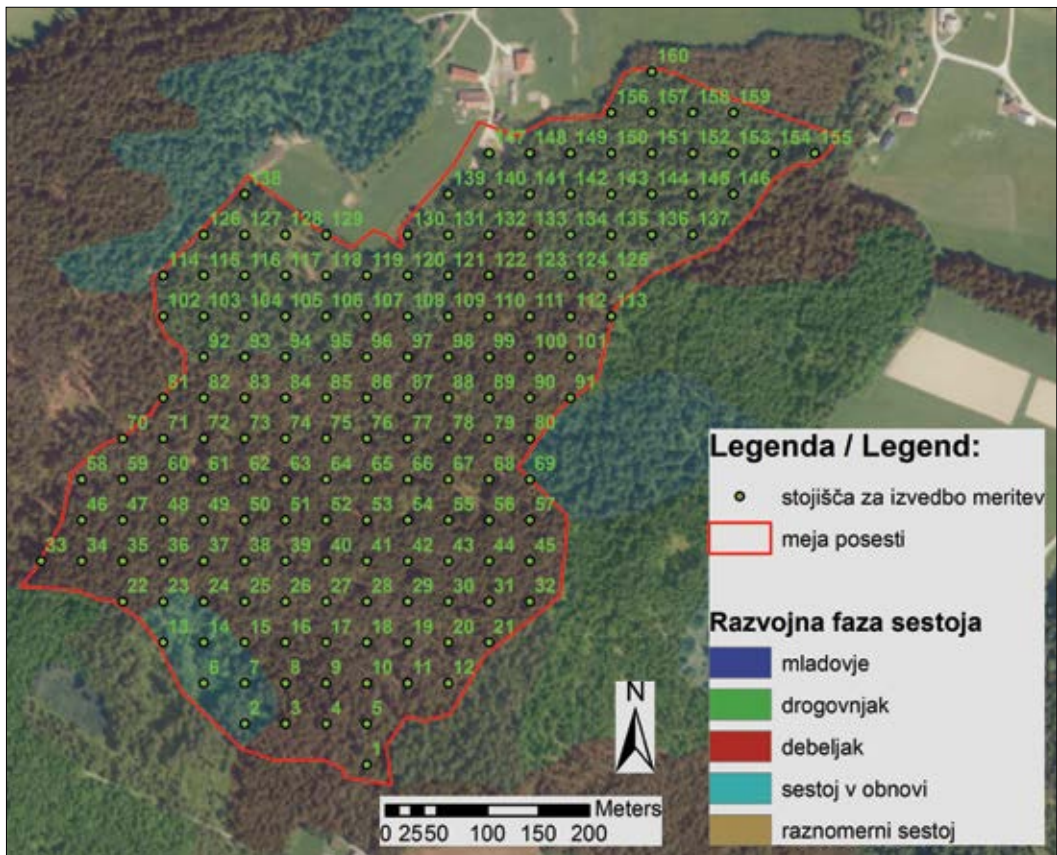
so primešani še kostanj (*Castanea sativa*), bukev (*Fagus sylvatica*), rdeči bor (*Pinus sylvestris*), hrast (*Quercus* sp.) in drugi listavci.

## 2.3 Vzorčne ploskve

### 2.3 Sampling plots

V raziskovalni objekt smo s programskim orodjem ArcMap 10.1 (ESRI, 2012) postavili mrežo stojišč, na katerih smo izvedli meritve. Mreža 40 × 40 m je prvotno obsegala 162 stojišč (slika 3), dve smo izpustili zaradi lege na cesti oziroma prepadne lege. Pri obdelavi podatkov smo stojišča razvrstili po razvojnih fazah. V razvojni fazi debeljak smo meritve izvedli na 136 stojiščih, v raznomernem sestoju na 18 in v sestoju v obnovi

na šestih stojiščih. Na vseh 160 stojiščih smo merili sestojne parametre z mobilno aplikacijo MOTI; na 50 naključno izbranih smo izvedli tudi meritve temeljnice s klasično Bitterlichovo kotnoštevno metodo z evidentiranjem po drevesnih vrstah in izmerili višino drugega najdebelejšega drevesa z višinomermom Suunto. Nato smo naključno izbrali še 50 stojišč (15 izmed njih je bilo izbranih istih kot za meritve po Bitterlichovi kotnoštevni metodi), kjer smo na ploskvi, velikosti 2 ara (radij ploskve 7,98 m) premerili vsa drevesa, da smo lahko ocenili debelinsko strukturo gozdnih sestojev na posesti. V obeh naključnih vzorcih je ena ploskev izpadla iz inventure in analiz zaradi prepadne lege.



Slika 3: Gozdna posest Lešje z mrežo stojišč za izvedbo gozdne inventure; z različnimi barvami so razmejeni tudi gozdni sestoji (vir podatkov: GURS in ZGS (2019), kartografija: B. Fricelj).

Figure 3: Lešje forest property with the grid of standings for performing forest inventory; different colors also delineate forest stands (data source: GURS and ZGS (2019), cartography: B. Fricelj).

## 2.4 Izvedba terenskih meritev

### 2.4 Field measurements

Meritve na gozdni posesti smo izvajali šest dni, in sicer od 6. 7. 2017 do 13. 7. 2017. Meritve z aplikacijo MOTI je izvajala ena oseba (glavni merilec), za izvajanje meritev s klasičnimi inventurnimi metodami in polno premerbo na ploskvah pa sta bili potrebni dve, in sicer glavni merilec in asistent, ki je asistiral pri meritvah, meril čas in zapisoval podatke.

Meritve so potekale po vnaprej določenem protokolu. Stojišče smo poiskali s pomočjo GPS-aparata, na katerem je bila naložena mreža stojišč s podatki, katere meritve naj bi izvedli na posameznem stojišču. Le-to smo najprej vidno označili, da bi ga ob morebitnem ponovnem prihodu lažje našli. Pri meritvah z aplikacijo MOTI smo po označbi stojišča mobilni aparat namestili na kovinski nosilec telefona (doma izdelan nosilec iz kupljenega nosilca telefona za prostoročno telefoniranje v vozilih, ki je bil nameščen na zašiljen kovinski drog) in ga postavili na točko stojišča. Nato smo se vrteli okoli osi nosilca telefona in »izbirali« drevesa, ki so bila širša od prostora med prikazanima trikotnikoma na zaslonu telefona (slika 1), ter jim obenem določali drevesno vrsto. Meritve s klasično Bitterlichovo kotnoštevno metodo smo opravljali po ustaljeni praksi. Pri obeh metodah smo meritve izvajali s kotnoštevni faktorjem 2. Pri meritvah z Bitterlichovo metodo smo preverjali razdaljo mejnih dreves, pri katerih nismo bili prepričani glede njihove »izbire«, medtem ko smo se pri metodi MOTI zanašali na povečevanje prikazane slike (»zoomiranje«), saj smo presodili, da lahko tako dovolj natančno »izbiramo« tudi mejna drevesa. Na stojiščih, kjer smo opravljali meritve z Bitterlichovo metodo in z aplikacijo MOTI ter izvajali primerjalno časovno študijo obeh metod, smo menjavali njuno zaporedje, da bi se izognili sistematični napaki zaradi vrstnega reda meritev.

Po končanem merjenju sestojne temeljnice (in drevesne sestave) smo nadaljevali z merjenjem višine drugega najdebelejšega drevesa, ki je bilo vključeno v izmero sestojne temeljnice; višino tega drevesa smo privzeli kot merilo za določitev zgornje sestojne višine (MOTI, 2017). Najprej smo z merjenjem debeline dreves poiskali drugo

najdebelejše drevo, ki je bilo vključeno v izmero sestojne temeljnice. Pri merjenju z aplikacijo MOTI smo nato poiskali lokacijo, s katere smo videli vrh in dno drevesa (težave s podrastjo) ter nato prislonili dvometrsko referenčno palico na vidno stran drevesa. Pri meritvi višine drevesa smo sledili postopku, opisanem v poglavju z opisom aplikacije MOTI. Višino posameznega drevesa smo merili trikrat, nato aplikacija sama izračuna povprečno vrednost. Pri klasični metodi merjenja višine drevesa z višinomerom Suunto smo se z merilnim trakom, katerega konec je ob drevesu držal asistent, odpravili v izbrano smer in se ustavili na ustrezni predpisani razdalji. Vse višine dreves smo merili na razdalji 20 m, včasih je bila potrebna korekcija smeri v levo ali desno smer, da smo bolje videli vrh in/ali dno drevesa. Meritve so potekale po ustaljeni praksi merjenja z izbranim instrumentom. Višino smo za razliko od meritev z aplikacijo MOTI izmerili in izračunali le enkrat.

Pri merjenju debelinske strukture smo na ploskvi za vsako drevo nad meritvenim pragom (prsni premer  $\geq 10$  cm) zabeležili drevesno vrsto in premer (na cm natančno). Premere smo merili s kovinsko gozdarsko premerko.

Pri merjenju porabe časa smo začeli in končali z merjenjem takrat, ko je dal glavni merilec jasen znak. Začetek merjenja pri metodi MOTI je bil, ko smo telefon namestili na nosilec in začeli s preverjanjem drevesa, ki je bilo najbližje stojišču. Pri Bitterlichovi metodi je bil začetek identičen kot pri metodi MOTI. Pri klasični metodi je moral asistent tudi evidentirati število zajetih dreves po drevesnih vrstah in izračunati temeljnico. Konec meritve je glavni merilec naznanil, ko je preveril vsa drevesa v krogu 360 °.

Pri izmeri višine drevesa po obeh metodah smo začeli meritve časa ob odhodu od središča stojišča, kjer smo vzeli dvometrsko palico, do izbranega drevesa. Pri metodi MOTI je glavni merilec enako kot pri klasični odšel v izbrano smer, vendar pri tem nismo potrebovali merilnega traku in je asistent le meril čas. Meritev višine drevesa smo ponovili trikrat in nato ustavili čas. Pri klasični metodi merjenja višine drevesa smo merjenje časa končali, ko je glavni merilec zaklical izračunano višino drevesa.

## 2.5 Obdelava podatkov

### 2.5 Data analyses

Ko smo končali s terenskim delom, smo podatke, pridobljene s klasičnimi metodami, prevedli v digitalno obliko, medtem ko smo podatke, izmerjene z aplikacijo MOTI, dobili preko strežnika [www.portal.moti.ch](http://www.portal.moti.ch), ki so že v datoteki Microsoft Excel in smo jih le uredili. Najnovejša različica aplikacije že omogoča neposreden prenos podatkov iz telefona na računalnik. Obdelave podatkov so potekale v programskih orodjih Microsoft Excel in IBM SPSS Statistics 22.0.

Aplikacija MOTI izračuna lesno zalogo sestojev (*merchantable timber volume*; v nadaljevanju LZ\_MOTI) z množenjem izmerjene sestojne temeljnice določene drevesne vrste ( $m^2/ha$ ) s faktorjem, ki izkazuje obliko drevesnega debla in je odvisen od izmerjene višine dreves oziroma sestoja (preglednica 1). Pri določanju volumna dreves MOTI izračuna volumen vseh listavcev z uporabo faktorjev za bukev, volumen dreves bora z uporabo faktorjev za macesen, volumen dreves vseh drugih iglavcev pa z uporabo faktorjev za smreko.

Lesno zalogo smo na podlagi meritev s klasično kotnoštevno metodo izračunali po enačbi 1:

$$LZ = G \times h \times 0,5 \quad , \quad \dots(1)$$

kjer je LZ lesna zaloga, G temeljnica, izmerjena po klasični kotnoštevni metodi, h višina drugega najdebelejšega drevesa, izmerjena z višinomerom, in 0,5 oblikovno število (v nadaljevanju LZ\_KŠM).

Zaradi primerjanja ocen lesne zaloge, pridobljenih po obeh metodah, smo na podlagi meritve sestojne temeljnice in višine z aplikacijo MOTI izračunali še korigirano lesno zalogo po formuli 1,

le da smo upoštevali temeljnico in sestojno višino, izmerjeno z aplikacijo MOTI, ter oblikovno število 0,5 (v nadaljevanju LZ\_MOTI\_KOR). Razlike v povprečnih vrednostih sestojnih parametrov med metodama izmere gozdnih sestojev smo preverjali s parametričnim t-testom, saj sta bili varianci znaka med metodama homogeni (preverjeno z Levenovim testom), podatki pa normalno porazdeljeni.

Za obravnavane sestojne parametre smo izračunali povprečja, standardne odklone in koeficiente variacije za celotno posest (upoštevana vsa stojišča,  $n=160$ ), nato pa še za posamezne razvojne faze. Razlike v povprečnih vrednostih sestojnih parametrov med razvojnimi fazami smo preverjali z neparametričnim Kruskal-Wallisovim testom in post hoc parnimi primerjavami.

Vzorčno napako pri določenem številu stojišč smo izračunali po enačbi 2:

$$e(\%) = t_{(n-1)} * s.e.(\%) \quad , \quad \dots(2)$$

kjer je e vzorčna napaka, s.e. standardna napaka, n število stojišč oziroma meritev in t vrednost Studentove porazdelitve, ki pri tveganju 5 % in stopinjah prostosti n-1 znaša 1,96.

Za izračun potrebnega števila stojišč za doseganje določene vzorčne napake smo uporabili enačbo 3:

$$n = t_{0,05}^2 * KV(\%)^2 / e^2 \quad , \quad \dots(3)$$

kjer je n število stojišč oziroma meritev, t vrednost Studentove porazdelitve pri 5 % tveganju, KV(%) relativni koeficient variacije in e vzorčna napaka. Pri izračunih smo upoštevali standardne odklone, ki smo jih za posamezne sestojne parametre izračunali za celotno gozdno posest ( $n=160$ ).

Pri časovni študiji smo razlike v porabi časa med metodama preverili s t-testom za odvisne vzorce.

**Preglednica 1:** Oblikovna števila, ki jih aplikacija MOTI uporablja za izračun lesne zaloge

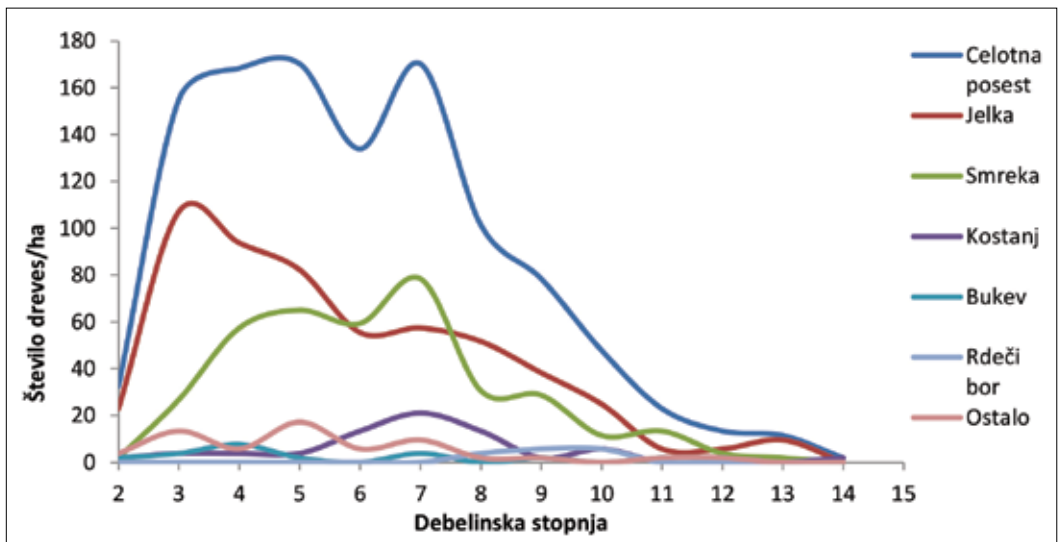
*Table 1: Formal numbers MOTI application uses for stand volume calculation*

Drevesna vrsta	Zgornja sestojna višina (m)						
	10	15	20	25	30	35	40
<b>Smreka</b>	2,1	5,3	8,2	10,8	13,2	15,1	16,7
<b>Jelka</b>	3,3	5,6	8	10,6	13,2	16,1	18,3
<b>Macesen</b>	3	5,5	7,8	10,1	12,2	14,2	16
<b>Bukev</b>	2,5	5,2	8	11	14,2	17,6	21,1

**Preglednica 3:** Ocena drevesne sestave gozdnih sestojev na gozdni posesti Lešje; p-vrednosti podajajo statistično značilnost razlik v srednjih vrednostih sestojnih parametrov, analiziranih s Kruskal-Wallisovim testom (odebeljena pisava označuje statistično značilne razlike); oznaki a in b nakazujeta skupini razvojnih faz s statistično značilno različnima srednjima vrednostma parametra, ki smo ju določili na podlagi post-hoc parnih primerjav;  $\bar{x}$  – povprečna vrednost, SD – standardni odklon, KV – koeficient variacije

**Table 3:** Evaluation of tree structure of forest stands on Lešje forest property; p-values deliver statistical significance of differences in mean values of stand parameters, analyzed with Kruskal-Wallis test (bold writing marks statistically significant differences); marks a and b indicate groups of development phases with the statistically significantly different parameter mean values, which we determined on the basis of post-hoc paired comparisons);  $\bar{x}$  – mean value, SD – standard deviation, KV – variation coefficient.

		Smreka	Jelka	R.bor	Ost. Igl.	Bukev	Jesen	Hrast	Kostanj	Preost. list.
<b>Skupaj (n=160)</b>	$\bar{x}$	36,6	44,4	3,3	0,1	4,4	0,1	1,5	5,8	4,0
	SD	26,2	27,4	7,0	0,6	7,5	0,7	3,7	8,3	9,6
	KV	71,7	61,7	215,3	1264,9	171,3	915,3	247,4	143,0	241,7
<b>Sestoji v obnovi (n=6)</b>	$\bar{x}$	47,7	34,0 <sup>a</sup>	0,0	0,0	1,2	0,0	2,2	10,8	4,2
	SD	32,8	34,6	0,0	0,0	2,9	0,0	3,5	16,8	8,0
	KV	68,9	101,7	-	-	244,9	-	159,1	154,9	192,2
<b>Debeljaki (n=136)</b>	$\bar{x}$	37,6	42,8 <sup>a</sup>	3,2	0,1	4,6	0,1	1,6	5,8	4,2
	SD	26,1	26,7	7,0	0,0	7,4	0,8	3,9	8,0	10,1
	KV	69,3	62,3	219,6	-	161,5	843,5	243,8	138,1	241,4
<b>Raznomeni sestoji (n=18)</b>	$\bar{x}$	24,9	59,9 <sup>b</sup>	4,9	0,0	3,7	0,0	0,3	4,0	2,2
	SD	22,9	26,6	8,0	0,0	8,9	0,0	0,0	5,9	5,0
	KV	91,6	44,4	164,5	-	239,2	-	0,0	148,5	225,0
<b>p-vrednost</b>		0,104	<b>0,029</b>	0,243	0,916	0,132	0,837	0,199	0,869	0,764



**Slika 4:** Debelinska struktura gozdnih sestojev na raziskovani gozdni posesti in debelinska struktura evidentiranih drevesnih vrst

**Figure 4:** Diameter structure of forest stands on the studied forest property and diameter structure of the recorded tree species



največ dreves v četrti, peti in sedmi debelinski stopnji. V skupnem številu dreves je bilo 50 % jelke in 34 % smreke, 6 % je bilo kostanja, po 2 % pa bukke, hrasta in črnega gabra. Rdečega bora, lipovca in jelše je bilo po 1 %, manj kot 1 % pa tise, gorskega javora, trepetlike, velikega jesena, češnje in gorskega bresta.

Statistična primerjava sestojnih parametrov med metodo MOTI in klasično kotnoštevno metodo je pokazala, da se povprečne izmerjene ali izračunane vrednosti vseh merjenih parametrov med uporabljenima metodama statistično niso razlikovale (preglednica 4).

### 3.2 Ocena vzorčne napake in potrebnega števila stojišč

#### 3.2 Evaluation of sampling error and number of sampling plots needed

Vzorčni napaki za sestojna parametra, ki sta nas najbolj zanimala, to sta temeljnica in lesna zaloga, sta znašali 4,9 % in 5,5 % ( $n = 160$ ). Ob upoštevanju dejanske variabilnosti obeh sestojnih parametrov smo izračunali potrebno število stojišč, ki bi jih morali izmeriti, da bi dosegli določeno velikost

vzorčne napake. Za 20 % vzorčno napako ocene sestojne lesne zaloge na posesti je potrebnih 11 stojišč, za 10 % napako 45 stojišč, za 5 % pa 182 stojišč, medtem ko je za 20 % vzorčno napako ocene temeljnice potrebnih 9 stojišč, za 10 % napako 12 stojišč in za 5 % napako 144 stojišč (slika 5). Variabilnost ocenjenih sestojnih parametrov se je med razvojnimi fazami precej spreminjala, kar se odraža tudi v potrebnem številu stojišč za dosego določene vzorčne napake (Preglednica 4); še posebej se to odrazi pri doseganju nizkih vzorčnih napak (t.j. večji zanesljivosti ocen sestojnih parametrov).

### 3.3 Analiza porabe časa

#### 3.3 Time Consumption Analysis

Za izmero sestoja na stojišču z metodo MOTI smo v povprečju porabili 5 minut in 50 sekund, medtem ko smo za izmero s klasično kotnoštevno metodo in klasičnim merjenjem višine dreves porabili povprečno 26 sekund manj, torej 5 minut in 24 sekund. Razlika je bila statistično značilna ( $t$ -test;  $p < 0,01$ ). Pri klasični metodi smo upoštevali tudi porabo časa za vnos podatkov v digitalno

**Preglednica 4:** Primerjava sestojnih parametrov med metodo MOTI in klasičnima inventurnima metodo (Bitterlichova metoda, merjenje višine drevesa z višinomerom) s podanimi vrednostmi  $p$ , ki nakazuje statistično značilnost parametričnega  $t$ -testa (kot statistično značilne razlike smo opredelili, če je bila vrednost  $p < 0,05$ )

*Table 4: Comparison of stand parameters between MOTI method and classic inventory methods (Bitterlich method, measuring tree height using an altimeter) with the given values of  $p$ , which indicates statistical significance of the parametric  $t$ -test (as statistically significant differences were determined the ones with the value  $p < 0,05$ )*

		Temelnica (m <sup>2</sup> /ha)	Višina (m)	Lesna zaloga (m <sup>3</sup> /ha)	Smreka	Jelka	R.bor	Ost.lgl.	Bukev	Hrast	Kostanj	Ost.Lst
MOTI (n = 49)	Povprečje Standardni odklon	38,3	30,4	584,5	29,4	50,4	3,7	0,2	5,2	2,6	4,1	4,5
		10,7	4,3	181,3	26,0	28,5	8,7	1,1	8,1	5,5	8,3	10,2
Klasične metode (n = 49)	Povprečje Standardni odklon	36,5	29,5	540,2	29,2	50,3	3,3	0,2	5,3	2,6	4,6	4,5
		10,4	4,2	166,5	26,8	29,2	8,0	1,2	8,2	5,3	9,1	9,7
Vrednost p		0,412	0,250	0,502	0,972	0,990	0,814	0,977	0,950	0,977	0,749	0,981

največ dreves v četrti, peti in sedmi debelinski stopnji. V skupnem številu dreves je bilo 50 % jelke in 34 % smreke, 6 % je bilo kostanja, po 2 % pa bukke, hrasta in črnega gabra. Rdečega bora, lipovca in jelše je bilo po 1 %, manj kot 1 % pa tise, gorskega javora, trepetlike, velikega jesena, češnje in gorskega bresta.

Statistična primerjava sestojnih parametrov med metodo MOTI in klasično kotnoštevno metodo je pokazala, da se povprečne izmerjene ali izračunane vrednosti vseh merjenih parametrov med uporabljenima metodama statistično niso razlikovale (preglednica 4).

### 3.2 Ocena vzorčne napake in potrebnega števila stojišč

#### 3.2 Evaluation of sampling error and number of sampling plots needed

Vzorčni napaki za sestojna parametra, ki sta nas najbolj zanimala, to sta temeljnica in lesna zaloga, sta znašali 4,9 % in 5,5 % ( $n = 160$ ). Ob upoštevanju dejanske variabilnosti obeh sestojnih parametrov smo izračunali potrebno število stojišč, ki bi jih morali izmeriti, da bi dosegli določeno velikost

vzorčne napake. Za 20 % vzorčno napako ocene sestojne lesne zaloge na posesti je potrebnih 11 stojišč, za 10 % napako 45 stojišč, za 5 % pa 182 stojišč, medtem ko je za 20 % vzorčno napako ocene temeljnice potrebnih 9 stojišč, za 10 % napako 12 stojišč in za 5 % napako 144 stojišč (slika 5). Variabilnost ocenjenih sestojnih parametrov se je med razvojnimi fazami precej spreminjala, kar se odraža tudi v potrebnem številu stojišč za dosego določene vzorčne napake (Preglednica 4); še posebej se to odrazi pri doseganju nizkih vzorčnih napak (t.j. večji zanesljivosti ocen sestojnih parametrov).

### 3.3 Analiza porabe časa

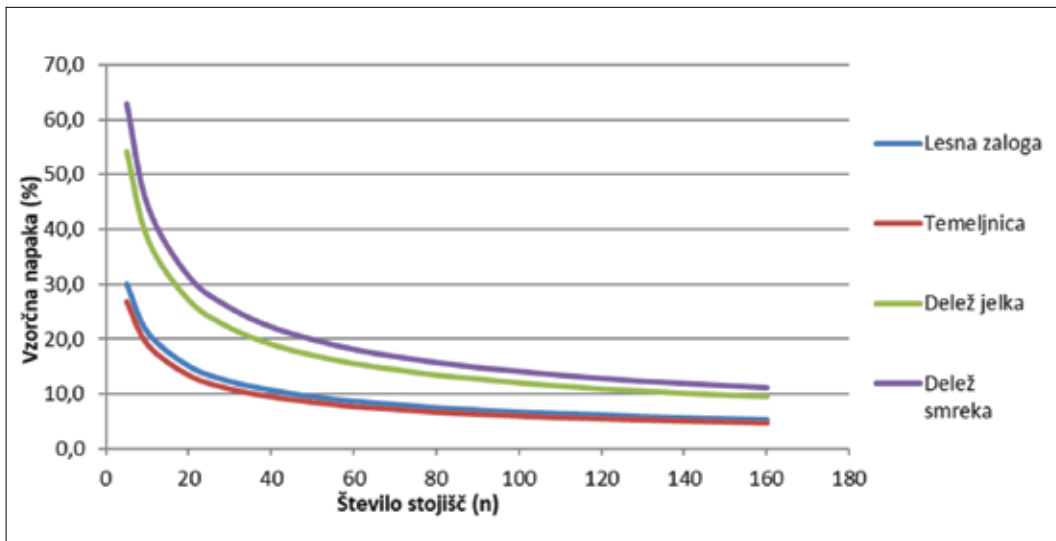
#### 3.3 Time Consumption Analysis

Za izmero sestoja na stojišču z metodo MOTI smo v povprečju porabili 5 minut in 50 sekund, medtem ko smo za izmero s klasično kotnoštevno metodo in klasičnim merjenjem višine dreves porabili povprečno 26 sekund manj, torej 5 minut in 24 sekund. Razlika je bila statistično značilna ( $t$ -test;  $p < 0,01$ ). Pri klasični metodi smo upoštevali tudi porabo časa za vnos podatkov v digitalno

**Preglednica 4:** Primerjava sestojnih parametrov med metodo MOTI in klasičnima inventurnima metodo (Bitterlichova metoda, merjenje višine drevesa z višinomerom) s podanimi vrednostmi  $p$ , ki nakazuje statistično značilnost parametričnega  $t$ -testa (kot statistično značilne razlike smo opredelili, če je bila vrednost  $p < 0,05$ )

*Table 4: Comparison of stand parameters between MOTI method and classic inventory methods (Bitterlich method, measuring tree height using an altimeter) with the given values of  $p$ , which indicates statistical significance of the parametric  $t$ -test (as statistically significant differences were determined the ones with the value  $p < 0,05$ )*

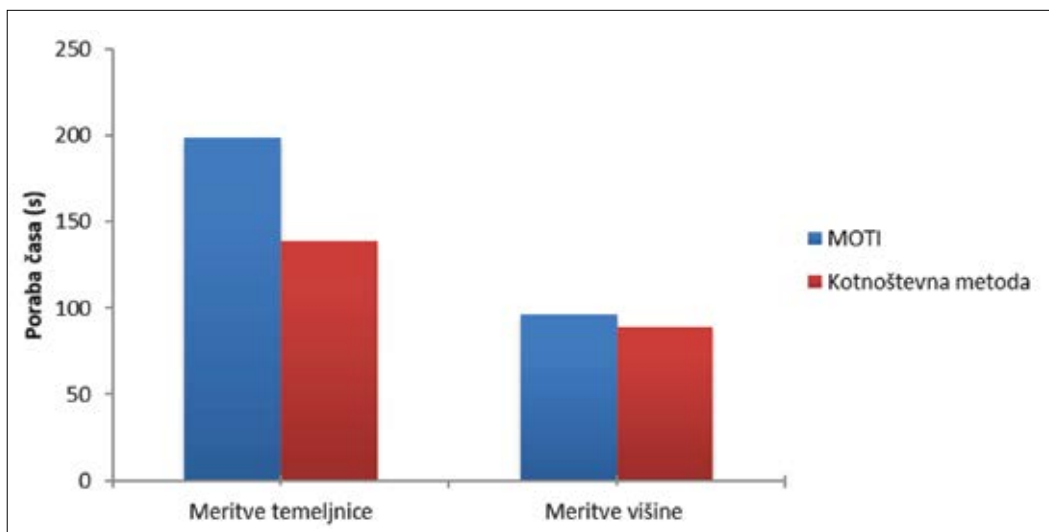
		Temelnica (m <sup>2</sup> /ha)	Višina (m)	Lesna zaloga (m <sup>3</sup> /ha)	Smreka	Jelka	R.bor	Ost.lgl.	Bukev	Hrast	Kostanj	Ost.Lst
MOTI (n = 49)	Povprečje Standardni odklon	38,3	30,4	584,5	29,4	50,4	3,7	0,2	5,2	2,6	4,1	4,5
		10,7	4,3	181,3	26,0	28,5	8,7	1,1	8,1	5,5	8,3	10,2
Klasične metode (n = 49)	Povprečje Standardni odklon	36,5	29,5	540,2	29,2	50,3	3,3	0,2	5,3	2,6	4,6	4,5
		10,4	4,2	166,5	26,8	29,2	8,0	1,2	8,2	5,3	9,1	9,7
Vrednost p		0,412	0,250	0,502	0,972	0,990	0,814	0,977	0,950	0,977	0,749	0,981



Slika 5: Vzorčna napaka pri različnem številu stojišč za različne sestojne parametre, ocenjevane na celotni gozdni posesti, ob upoštevanju variabilnosti ocene sestojnih parametrov na analizirani gozdni posesti (preglednici 2 in 3)  
 Figure 5: Sampling error in diverse number of standings for diverse stand parameters, evaluated on the entire forest property, variability of the evaluation of stand parameters on the analyzed forest property (tables 2 and 3) taken into account.

Preglednica 5: Število stojišč potrebnih za želeno natančnost ocen sestojnih parametrov po razvojnih fazah ob upoštevanju variabilnosti ocene sestojnih parametrov na analizirani gozdni posesti (preglednici 2 in 3)  
 Table 5: Number of standings, needed for the required accuracy of stand parameters evaluation according to development phases, variability of the evaluation of stand parameters on the analyzed forest property (tables 2 and 3) taken into account.

Sestojni parameter	Razvojna faza	Vzorčna napaka (%)						
		5	7,5	10	12,5	15	17,5	20
Lesna zaloga	Sestoj v obnovi (n = 6)	215	96	54	34	24	18	13
	Debeljak (n = 136)	182	81	46	29	20	15	11
	Raznomerni (n = 36)	96	43	24	15	11	8	6
Temeljnica	Sestoj v obnovi (n = 6)	248	110	62	40	28	20	15
	Debeljak (n = 136)	138	120	68	43	30	22	17
	Raznomerni (n = 36)	75	33	19	12	8	6	5
Delež jelke	Sestoj v obnovi (n = 6)	1591	707	398	255	177	130	99
	Debeljak (n = 136)	597	265	149	96	66	49	37
	Raznomerni (n = 36)	302	134	76	48	34	25	19
Delež smreke	Sestoj v obnovi (n = 6)	729	324	182	117	81	59	46
	Debeljak (n = 136)	738	214	120	77	54	39	30
	Raznomerni (n = 36)	1290	573	322	206	143	105	81



Slika 6: Primerjava povprečne porabe časa za izmero temeljnice in višine dreves med metodo z aplikacijo MOTI in klasičnima metodama

Figure 6: Comparison of the mean time consumption for stand basal area and tree height between the method with MOTI application and classic methods

obliko; skupno porabo časa za vnos podatkov smo proporcionalno razdelili med vse ploskve.

Povprečno smo na stojišču za izmero sestojne temeljnice z metodo MOTI porabili 61 sekund več kot za izmero s klasično kotnoštevno metodo (slika 6). Razlika v porabi časa je bila statistično značilna (t-test;  $p < 0,01$ ). Izkazalo se je, da smo izmero sestojne temeljnice po metodi MOTI opravili hitreje kot izmero po klasični kotnoštevni metodi le na osmih stojiščih od 49.

Za izmero višine drevesa smo pri izmeri po klasični metodi z višinomermom povprečno porabili 89 sekund, pri izmeri z aplikacijo MOTI pa sedem sekund več. Statistično značilnih razlik v porabi časa nismo ugotovili (t-test;  $p = 0,201$ ). Na 32 stojiščih smo več časa porabili za izmero z aplikacijo MOTI, na 17 pa za izmero s klasično metodo izmere višine.

#### 4 RAZPRAVA IN ZAKLJUČKI 4 DISCUSSION AND CONCLUSIONS

Povprečna lesna zaloga na gozdni posesti Lešje (584 m<sup>3</sup>/ha) je precej nad slovenskim povprečjem, ki znaša 296 m<sup>3</sup>/ha (ZGS, 2017b). Pomemben razlog za to je dejstvo, da je na posestvu večina gozda v razvojni fazi debeljak ali pa so sestoji

raznomerni, v obeh sestojnih tipih pa so praviloma večje lesne zaloge. Drugi razlog je v drevesni sestavi, saj na posestvu prevladujejo iglavci. V slovenskih gozdovih se že dlje časa ukvarjamo s problematiko zmanjševanja deleža jelke in njenim slabim pomlajevanjem (Bončina in sod, 2009). V analiziranih gozdovih je stanje popolnoma drugačno, saj jelka zavzema polovico celotne lesne zaloge in se v večjem delu gozdne posesti dobro pomlajuje, tudi poškodovanost mladja ni opazna. Bukve je v omenjenem gozdu dosti manj kot v gozdovih Slovenije, medtem ko je delež smreke približno enak.

Naše rezultate o sestojnih parametrih na posestvu smo primerjali s podatki iz pregledovalnika podatkov o gozdovih Zavoda za gozdove Slovenije (ZGS, 2019; v nadaljevanju pregledovalnik), ki temeljijo na gozdnogospodarskem načrtu Gozdnogospodarske enote Gornji Grad, ki je veljaven za obdobje 2014–2023 (GGN GGE Gornji Grad, 2014). LZ\_MOTI\_KOR je kar za 101 m<sup>3</sup>/ha višja od lesne zaloge, izračunane kot ponderirana sredina iz podatkov, navedenih po sestojih v pregledovalniku. V razvojni fazi debeljak smo izmerili za 40 m<sup>3</sup>/ha višjo vrednost lesne zaloge, medtem ko smo v sestoji z raznomernim gozdom in sestoji v obnovi izmerili kar 160 m<sup>3</sup>/ha večjo

lesno zalogo. Možni razlog za odstopanja je, da smo v naši raziskavi meritve izvajali štiri leta po izvedbi gozdne inventure ob obnovi gozdnogospodarskega načrta. Glede na načrt (GGN GGE Gornji Grad, 2014) je povprečni volumenski prirastek za rastiščnogojitveni razred gozdovi iglavcev na boljših jelovih rastiščih, v katerega spadajo tudi gozdovi gozdne posesti Lešje, znašal 12,02 m<sup>3</sup>/ha/leto. Na posesti v vmesnem obdobju ni bilo znatnega poseka, zato se je večina volumenskega prirastka akumulirala, kar je v štirih letih 48 m<sup>3</sup>/ha, kar pa je še vedno manj od ugotovljene razlike.

Razlike smo ugotovili tudi v drevesni sestavi gozdov. ZGS je v svoji inventuri v sestoji v obnovi zajel le drevesa jelke in smreke, zaradi česar se tudi razlikujeta deleža smreke za 17 %, kar je pri naši inventuri na račun kostonja (11 %), preostalih listavcev (4 %), hrasta (2 %) in bukve (1 %). V raznomernem gozdu smo zabeležili za 15 % manj smreke in za 13 % več jelke, medtem ko so deleži drugih drevesnih vrst približno enaki, le da načrtovalci ZGS v sestojih niso zabeležili kostonja. V sestojih v razvojni fazi debeljak smo zaznali največje razlike, saj sta v naši inventuri imela največji delež jelka (43 %) in smreka (38 %), medtem ko so načrtovalci ZGS zabeležili največji delež smreke (64 %) in jelke (27 %).

Za tako majhno gozdno posest, kot je posest Lešje, lahko podatki ZGS, ki so namenjeni načrtovanju na večji površini in pridobljeni ter izvednoteni na drugačen način, precej odstopajo od dejanskih vrednosti. Zato je njihova uporaba na majhni posesti omejena. Na podlagi naših rezultatov lahko ugotovimo, da je za načrtovanje na manjši prostorski ravni, npr. za gozdno posest, smiselno izvesti podrobno gozdni posesti (in ciljem lastnika pri gospodarjenju z gozdovi) prilagojeno gozdno inventuro. Glede na nizko variabilnost izračunane vzorčne napake lahko zaključimo, da meritve z aplikacijo MOTI omogočajo relativno natančne ocene glavnih sestojnih parametrov. Na oceno sestojnih parametrov ni vplivala niti uporabljena metoda inventure gozdnih sestojev, kar le še povečuje uporabnost metode MOTI.

Pri analizi porabe časa za izmero sestojne temeljnice in sestojne višine smo ugotovili, da pri opravljanju meritev porabimo več časa za izmero

z aplikacijo MOTI kot za meritve s klasičnimi metodami. Enako je v svoji diplomski nalogi ugotovil že Turk (2015). Večjo porabo časa za izmero temeljnice (s tem tudi drevesne sestave) z aplikacijo MOTI pripisujemo dejstvu, da je treba pogosto pogledati mimo zaslona mobilnega aparata, da določimo drevesno vrsto. Zaradi sončne svetlobe je na zaslonu telefona pogosto težko razločiti drevesno vrsto, včasih celo jasno videti obrise dreves, kar so ugotovili tudi v raziskavi v švicarskem kantonu Valais (Rosset in sod., 2015). Tam so opazili manjšo vidljivost na ekranu, ko nanj neposredno sije sonce in ko so velike razlike v vremenskih razmerah. Tudi oni so opazili težave z vidljivostjo ob povečanem deležu spodnje zeliščne in grmovne plasti ter v zelo gostih sestojih (npr. tanjši drogovnjak). Take težave so odpravljene pri novejših, naprednejših mobilnih aparatih z boljšo resolucijo vgrajenega fotoaparata. Pogosto je treba sliko tudi približati, da bolje vidimo, ali je drevo zajeto v meritev, kar dodatno poveča porabo časa. Precejšen del večje porabe časa za izmero sestojne temeljnice po metodi MOTI je tudi zaradi asistentove pomoči pri izvajanju izmere temeljnice po klasični kotnoštevni metodi. Če bi glavni merilec izvajal meritve po klasični metodi sam, torej tudi zapisoval vse podatke po drevesnih vrstah, domnevamo, da bi bila v takem primeru poraba časa najverjetneje večja kot pri izmeri z aplikacijo MOTI.

Razlika v porabi časa za izmero višine v prid klasični metodi izmere, čeprav statistično neznačilna, pripisujemo dejstvu, da pri merjenju s klasično metodo z višinomerom nismo ponavljali meritev višine posameznega drevesa (merili smo le enkrat), medtem ko smo pri merjenju z aplikacijo MOTI meritev višine drevesa ponovili trikrat in nato uporabili povprečno vrednost. Pri metodi MOTI višino dreves določimo na podlagi merjenja treh meritvenih točk (t.j. dno drevesa/referenčne palice, vrh referenčne palice in vrh drevesa), kar vpliva na večjo porabo časa v primerjavi s klasično metodo, kjer merimo na podlagi dveh točk (t.j. dno in vrh drevesa). V zelo gostih sestojih s krošnjami dreves, ki se prekrivajo horizontalno in/ali vertikalno, nastane tudi težava iskanja primerne stojišča za merjenje višine. Takrat se poveča čas meritve, kajti včasih iskanje

primerneža stojišča traja precej dolgo. Poraba časa je odvisna tudi od vrstnega reda uporabljenih metod merjenja, saj pri izvedbi druge metode na stojišču že vemo, kje bomo videli vse meritvene točke. Temu smo se poskušali izogniti s sistematičnim menjavanjem vrstnega reda merjenj. Pri obeh metodah se pojavi težava z visoko in gosto podrastjo, ki otežuje pogled na dno drevesa in na referenčno palico, prav tako smo imeli težave pri izvleku merilnega traku pri klasični metodi z višinomerom.

Čeprav je merjenje obeh sestojnih parametrov (sestojna temeljnica in sestojna višina) daljše z aplikacijo MOTI, se vse to kompenzira na račun tega, da izmerjenih podatkov ni treba vpisovati v popisne obrazce, jih nato v pisarni vnesti v digitalno obliko in izračunati zelenih sestojnih parametrov (npr. deleži drevesnih vrst v sestojni temeljnici ali lesni zalogi), saj so parametri prikazani na zaslonu telefona takoj po končanem merjenju. Takojšnje poznavanje sestojnih parametrov olajša ali v nekaterih primerih celo omogoča sprejemanje morebitnih odločitev o nadaljnjem načrtovanju gospodarjenja kar na samem mestu merjenja.

Ker smo inventuro opravljali na zasebni gozdni posesti, smo se že na začetku raziskave vprašali, ali lastnik potrebuje podatke o gozdnih sestojih na svoji posesti in ali aplikacija MOTI lastniku nudi dovolj kakovostne podatke za sprejemanje odločitev pri gospodarjenju z gozdom. Oboje je v precejšnji meri odvisno od lastnika gozdov, kajti če aktivno in redno gospodari z gozdom in je od njega vsaj delno ekonomsko odvisen, potem bi z uporabo aplikacije MOTI lahko imel precejšnje koristi, predvsem pa bi se lažje odločal pri upravljanju svojih gozdov. Podatke o svojih gozdovih bi lahko pridobil sam in se na njihovi podlagi skupaj z revirnim gozdarjem odločal o nadaljnjem gospodarjenju s svojimi gozdovi. Velikost vzorca meritev, potrebnih za želeno natančnost ocene sestojnih parametrov, je odvisen od heterogenosti gozdnih sestojev in posledično variabilnosti opazovanega sestojnega parametra na gozdni posesti. Ob predpostavki, da za dovolj zanesljivo oceno sestojnih parametrov šteje vzorčna napaka 15 % (Bončina, 2009), in ob podobni (nizki) variabilnosti podatkov, kot smo jo

izmerili na gozdni posesti Lešje, je za zadovoljivo oceno glavnih sestojnih parametrov na posesti (povprečne sestojne temeljnice in lesne zaloge) potrebnih 15–20 stojišč, na katerih opravimo meritve z aplikacijo MOTI. Ob enakih predpostavkah je za zadovoljivo oceno deležev drevesnih vrst potrebnih že dosti več stojišč – od 60 do 90, odvisno od variabilnosti opazovanega parametra, ki pa je praviloma višja kot pri lesni zalogi ali sestojni temeljnici. Ocenjujemo, da lahko lastnik opravi oceno sestojne temeljnice in lesne zaloge v približno 2–4 urah (ocena na podlagi izmerjene porabe časa za izmero in osebnih izkušenj glede prehodov med stojišči), kar mu omogoča dokaj hitro pridobivanje informacij in vpogled v stanje gozdov na njegovi gozdni posesti.

V našem primeru gre za relativno majhno zasebno gozdno posest, kjer v gozdovih gospodarijo precej ekstenzivno, vendar se zanimanje za aktivno gospodarjenje povečuje s prihodom mlajše generacije. Od sedanje lastnice gozdov verjetno ne gre pričakovati uporabe novih tehnologij pri upravljanju z gozdovi, predvsem ker gospodarjenje z njimi že sedaj ni redno in intenzivno. Prihodnja, mlajša generacija lastnikov bo novim tehnologijam najverjetneje bolj naklonjena in bi se tudi lažje priučila uporabe aplikacij, kot je MOTI, saj je bolj vešč uporabe novih tehnologij in se zaveda njihovih prednosti. Glede na razširjenost pametnih mobilnih aparatov imajo aplikacija MOTI in druge podobne mobilne aplikacije velike možnosti za širšo uporabo pri zasebnih lastnikih gozdov.

Lahko zaključimo, da je aplikacija MOTI uporabna za zasebne lastnike zaradi možnosti relativno hitre izmere osnovnih sestojnih parametrov in predvsem takojšnjega izračuna glavnih sestojnih parametrov, kot so sestojna temeljnica, lesna zaloga ali drevesna sestava. Aplikacija MOTI in podobne imajo veliko možnosti tudi v gozdarski operativi, saj je MOTI zelo uporaben za terenske gozdarje, saj se z njegovo pomočjo v sestoji lažje in bolje odločamo o ukrepih in ciljnih upravljanja z gozdovi.

## 5 POVZETEK

Z razvojem pametnih mobilnih aparatov so se pojavile številne aplikacije, ki omogočajo raznovrstne storitve. Med njimi so tudi takšne, ki so namenjene gozdarski praksi, tudi izvedbi gozdne inventure. Ena izmed takšnih je mobilna aplikacija MOTI, ki služi izvedbi gozdne inventure. V raziskavi smo preverjali uporabnost aplikacije MOTI pri ocenjevanju sestojnih parametrov, pri čemer smo si postavili naslednje cilje: i) primerjava ocen sestojnih parametrov, izmerjenih z aplikacijo MOTI in s klasičnimi inventurnimi metodami (merjenje sestojne temeljnice z Bitterlichovo metodo, merjenje višine dreves z višinomerom Suunto), ii) primerjava porabe časa med obema metodama in iii) ocena potrebne velikosti vzorca za zanesljivo oceno sestojnih parametrov. Raziskavo smo izvedli na zasebni gozdni posesti Lešje, ki obsega 26,14 ha gozda in leži v GGE Gornji Grad. Merili in ocenjevali smo naslednje sestojne parametre: sestojno temeljnico, lesno zalogo, zgornjo sestojno višino in drevesno sestavo (delež drevesnih vrst). Na 160 stojiščih (mreža 40 × 40 m) je bila v letu 2017 izvedena izmera sestojnih parametrov s pomočjo mobilne aplikacije MOTI. Na naključno izbranih 50 stojiščih so bile poleg meritev z aplikacijo MOTI še meritve s klasičnimi metodami. Na drugih naključno izbranih 50 stojiščih smo za oceno debelinske strukture gozdnih sestojev izmerili vsa drevesa nad merskim pragom 10 cm na ploskvi, velikosti 2 ara. Primerjava ocen sestojnih parametrov med metodo MOTI in klasičnimi metodami je pokazala, da se njihove povprečne vrednosti značilno ne razlikujejo. Relativni vzorčni napaki za oceni sestojne temeljnice in lesne zaloge z metodo MOTI sta znašali 4,9 % in 5,5 %. Poraba časa za meritve z aplikacijo MOTI je bila večja kot za meritve s klasičnimi metodami, in sicer za 26 sekund na stojšče. Glavni vzrok temu je bil, da smo meritve višine posameznega drevesa z aplikacijo MOTI izvajali trikrat (aplikacija izračuna povprečje), meritve po klasičnem načinu pa le enkrat. Rezultate o sestojnih parametrih na posestvu smo primerjali tudi s podatki iz pregledovalnika podatkov o gozdovih Zavoda za gozdove Slovenije. Lesna

zaloga, merjena z aplikacijo MOTI, je bila večja kot ponderirana lesna zaloga podatkov, navedenih po sestojih v pregledovalniku. Ocenjujemo, da je telefonska/tablična aplikacija MOTI kljub nekaterim pomanjkljivostim, v primerjavi s klasičnimi inventurnimi metodami, uporabna za lastnike gozdov in operativne gozdarje. Aplikacija lastnikom gozdov omogoča hitro in zanesljivo oceno stanja gozdov ter neposreden izračun vrednosti sestojnih znakov, gozdarskim operativcem pa lažje in boljše odločanje o ukrepih v posameznih gozdnih sestojih in ciljnih upravljanja z gozdovi.

## 5 SUMMARY

Numerous applications enabling diverse services appeared with the development of smart mobile devices. Some of them are intended for forestry practice, also for performing forest inventory. MOTI mobile application, used for performing forest inventory, is one of them. In our research, we tested usability of MOTI application in evaluation of stand parameters and thereby set the following goals: i) comparison of evaluation of stand parameters, measured by MOTI application and by classic inventory methods (measuring stand basal area with Bitterlich method, measuring tree height with Suunto altimeter); ii) comparison of time consumption while applying both methods; and iii) evaluation of the sample size, needed for a reliable estimation of stand parameters. The research was performed on the private forest property Lešje, covering 26.24 ha of forest and located in FMU Gornji Grad. We measured and estimating the following parameters: stand basal area, growing stock, upper stand height and tree structure (share of tree species). In 2017, a measurement of stand parameters with the use of MOTI Mobile Application was performed on 160 standing locations (40 x 40 m grid). On other 50 randomly selected standings, we measured all trees above the 10 cm metric threshold on a plot of 2 ares for the evaluation of diameter structure of forest stands. The comparison of evaluations according to MOTI method and to classic methods showed that their mean values do not differ significantly. Relative sample errors for the evaluations of stand basal area and stand volume with MOTI method amounted to 4.9 % and

5.5 %. The time consumption for measuring with MOTI application was larger than for measuring with classic methods, namely for 26 seconds per standing location. The main cause for that was the fact that we performed the measurements of a single tree height using MOTI application for three times (the application calculates the mean) and only one time using classic method. The results on stand parameters on the property were also compared with the data by the data checker of the Slovenia Forest Service. Stand volume, measured with MOTI application, was bigger than the pondered stand volume according to the data, listed per stands in the checker. We estimate the phone/tablet application MOTI, despite some downsides compared to the classic inventory methods, to be useful for forest owners and forestry practitioners. The application enables fast and reliable evaluation of forest condition and direct calculation of stand markers calculation to forest owners and easier and better decisions about actions in individual forest stands and forest management goals to forestry practitioners.

## 6 ZAHVALA

## 6 ACKNOWLEDGEMENT

Članek je nastal na podlagi diplomskega dela študija gozdarstva BSc UNI na Oddelku za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire, Biotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani. Za pomoč pri nastanku diplomskega dela se avtorja zahvaljujeva prof. dr. Andreju Bončini in dipl. univ. bibl. Luciji Peršin za pregled dela, Bernardu Friclju za pomoč pri izvedbi terenskih meritev, Evi Fricelj za slovnični pregled dela in staršem prvega avtorja za vso pomoč in podporo.

## 7 VIRI

## 7 REFERENCES

- Accetto M., 2001. Opis pomembnejših gozdnih združb v Sloveniji. študijsko gradivo za interno uporabo. Ljubljana, Univerza, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 64 str.
- Bončina A. 2009. Urejanje gozdov: upravljanje gozdnih ekosistemov: učbenik. Ljubljana, Univerza, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire: 359 str.
- Bončina A., Ficko A., Klopčič M., Matijašič D., Poljanec A. 2009. Gospodarjenje z jelko v Sloveniji. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 90: 43–56.
- GGN GGE Gornji Grad, 2014. Gozdnogospodarski načrt za gozdnogospodarsko enoto Gornji Grad 2014–2023. Nazarje, Zavod za gozdove Slovenije: 141 str.
- Haas S. 2012. Smartphones im Wald – Heinzelmännchen oder Zeitvergeudung? FVA-einblick 2/2012: 17–20.
- Hafner M., Černe B., Stergar M., Terglav P., Jonozovič M., Poljanec A. 2016. Analiza poškodovanosti gozdnega mladja od rastlinojede parkljaste divjadi v letih 2010 in 2014. Ljubljana, Zavod za gozdove Slovenije: 67 str.
- Jemec U. 2010. Gozdnogospodarski načrt za Jemčevo gozdno posest: diplomsko delo. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal.: 56 str.
- Kovač M., Kušar G., Hočevar M., Simončič P., Poljanec A., Skudnik M., Šturm T., Gartner A., Kozorog E. 2009. Kontrolna vzorčna metoda v Sloveniji: zgodovina, značilnosti in uporaba. Ljubljana, Silva Slovenica: 103 str.
- Križan S. 2007. Ocena zanesljivosti podatkov o gozdnih sestojih na podlagi kontrolne vzorčne metode v GGE Semič: diplomsko delo. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal.: 46 str.
- Medved M., Matijašič D., Pisek R. 2010. Private property conditions of Slovenian forests in 2010 (preliminary results). V: Medved M. (ur.) Small scale forestry in a changing world: opportunities and challenges and the role of extension and technology transfer. Proceedings of the conference. IUFRO conference: 3.08 Small Scale Forestry, 6.06.02 Technology Transfer. Bled, 06-12 June 2010. Ljubljana, Slovenian Forest Institute, Slovenian Forest Service, Ljubljana: 457–472.



- MOTI. 2017. Bern, University of Applied Sciences  
<http://www.moti.ch/drupal/?q=en/node/36>  
(9. 4. 2017)
- Munda D. 2013. Gozdna inventura za gozdno posest  
Munda: diplomsko delo. (Univerza v Ljubljani,  
Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in  
obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozaložba: 37 str.
- Rosset C., Brand R., Weber D., Wullemin E., Gollut  
C., Caillard I., Fiedler U. 2015. MOTI – ein Tool für  
die Waldinventur im Taschenformat. Wald Holz  
96, 8: 45–48.
- Spletni pregledovalnik podatkov o gozdovih.  
Ljubljana, Zavod za gozdove Slovenije,  
<http://www.prostor.zgs.gov.si/pregledovalnik.html>  
(9. 4. 2017)
- Šantl. B. 2013. Gozdna inventura na kmetiji Hiter:  
diplomsko delo. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška  
fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne  
vire). Ljubljana, samozal.: 37 str.
- Turk J. 2015. Analiza učinkovitosti aplikacij za pametne  
telefon pri merjenju sestojnih parametrov: diplomsko  
delo. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta,  
Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire).  
Ljubljana, samozal.: 26 str.
- Waldwissen. Information for forest management. 2017.  
[https://www.waldwissen.net/technik/inventur/wsl\\_](https://www.waldwissen.net/technik/inventur/wsl_app_moti/index_EN)  
[app\\_moti/index\\_EN](https://www.waldwissen.net/technik/inventur/wsl_app_moti/index_EN) (24. 8. 2017)
- ZGS, 2017a. Poročilo Zavoda za gozdove Slovenije  
za leto 2016. 2017. Ljubljana. Zavod za gozdove  
Slovenije. Str. 85.
- ZGS, 2017b. Zavod za gozdove Slovenije: delovna  
področja. Ljubljana, zavod za gozdove Slovenije  
[http://www.zgs.gov.si/slo/delovna-podrocja/](http://www.zgs.gov.si/slo/delovna-podrocja/gozdnogospodarskonacrtovanje/index.html)  
[gozdnogospodarskonacrtovanje/index.html](http://www.zgs.gov.si/slo/delovna-podrocja/gozdnogospodarskonacrtovanje/index.html)  
(26. 8. 2017)
- ZGS, 2019. Pregledovalnik podatkov o gozdovih. Url:  
<http://prostor.zgs.gov.si/pregledovalnik/> (6. 4. 2019)