



**ACTA
FACULTATIS
FORESTALIS
ZVOLEN**

**62/2
2020**

TECHNICKÁ UNIVERZITA VO ZVOLENE

Vedecký redaktor / Executive editor:
doc. Dr. Mgr. Jaroslav Ďurkovič

Výkonný redaktor / Managing editor:
doc. Ing. Martin Lieskovský, PhD.

Predseda redakčnej rady / Editor in Chief:
prof. h. c. prof. Dr. Ing. Viliam Pichler

Redakčná rada / Editorial board:
prof. Ing. Marek Fabrika, PhD.
prof. Ing. Peter Garaj, CSc.
prof. Ing. Iveta Hajdúchová, PhD.
prof. Ing. Matúš Jakubis, PhD.
prof. Ing. Valéria Messingerová, CSc.
doc. Ing. Karol Ujházy, PhD.
prof. Ing. Milan Saniga, DrSc.
prof. Ing. Jaroslav Škvarenina, CSc.

ACTA FACULTATIS FORESTALIS ZVOLEN 62 2/2020

Vydala Technická univerzita, T. G. Masaryka 2117/24, 960 01 Zvolen, IČO 00397440
Vydanie I. – november 2020

Rozsah 44 strán

Náklad 100 výtlačkov

Tlač a grafická úprava: Vydavateľstvo TU vo Zvolene

Vydanie publikácie schválené Edičnou radou TU vo Zvolene dňa 5. 2. 2020, číslo EP
25/2020

Rukopis neprešiel jazykovou úpravou

Za vedeckú úroveň tejto publikácie zodpovedajú autori.

Periodikum s periodicitou dvakrát ročne.

Evidenčné číslo 3861/09

© Technická univerzita vo Zvolene

ISSN 0231-5785

Všetky práva vyhradené. Nijaká časť textu ani ilustrácie nemôžu byť použité na ďalšie šírenie akoukoľvek formou bez predchádzajúceho súhlasu autorov alebo vydavateľa.

OBSAH – CONTENTS – INHALT

Lukáš Orlovský, Valéria Messingerová: Štúdia spotreby času lesného kolesového traktora EQUUS 175N vykonávajúceho sústred'ovanie na území VŠLP TU Zvolen	7
Matúš Pivovar, Julián Tomašík: Possibilities of using QGIS software to classify and use the remote sensing data for precision forestry.	19
Marek Štefanec, Alena Konôpková, Daniel Kurjak: Porovnanie rôznych spôsobov hodnotenia prieduchových charakteristík ihlíc	35

ŠTÚDIA SPOTREBY ČASU LESNÉHO KOLESOVÉHO TRAKTORA EQUUS 175N VYKONÁVAJÚCEHO SÚSTREĎOVANIE NA ÚZEMI VŠLP TU ZVOLEN

Lukáš ORLOVSKÝ, Valéria MESSINGEROVÁ

Orlovský, L., Messengerová, V.: Štúdia spotreby času lesného kolesového traktora EQUUS 175N vykonávajúceho sústreďovanie na území VŠLP TU Zvolen. Acta Facultatis Forestalis, Zvolen.

Abstrakt

Tento príspevok hodnotí spotrebu času a produktivitu bezúväzkového lesného kolesového traktora EQUUS 175N vykonávajúceho sústreďovanie na území VŠLP (Vysokoškolského lesníckeho podniku) vo Zvolene. Cieľom tejto štúdie bolo I) posúdiť vplyv výrobných faktorov na spotrebu času jednotlivých čiastkových pracovných operácií lesného kolesového traktora II) zistiť a porovnať produktivitu a zmenovú výkonnosť sledovaného lesného kolesového traktora. Merania spotreby času sa uskutočnili prostredníctvom snímky priebehu práce tzv. spojením snímky pracovného dňa a plynulej chronometráže. V rámci časovej štúdie bolo uskutočnených 9 snímkov pracovného dňa operátora traktora a bolo zmeraných 34 pracovných cyklov lesného kolesového traktora. Výsledky časovej štúdie ukazujú, že celková spotreba času pracovného cyklu bezúväzkového lesného kolesového traktora EQUUS 175N je štatisticky významne ovplyvnená približovacou vzdialenosťou a počtom kmeňov v náklade. Čistý čas práce operátora lesného kolesového traktora predstavuje podiel 73 % a zvyšný podiel 27 % pripadá na neoperatívne časy pracovnej zmeny (technická obsluha pracoviska, príprava a ukončenie práce atď.) s najvyšším percentuálnym zastúpením času opráv porúch stroja 5,5 %. Pri priemernej vzdialenosti vyťahovania 18,56 m a pri priemernej približovacej vzdialenosti 530 m bola zaznamenaná priemerná zmenová výkonnosť sledovaného lesného kolesového traktora 5,83 m³.h⁻¹. Priemerná rýchlosť jazdy traktora z OM do porastu predstavovala 4,20 km.h⁻¹, naproti tomu priemerná rýchlosť približovania nákladu bola o 25 % nižšia 3,23 km.h⁻¹.

Kľúčové slová: časová štúdia, spotreba času, bezúväzkový lesný kolesový traktor, približovanie, výrobné faktory

ÚVOD

Ťažbové systémy spojené s prenosnou reťazovou pílou a lesnými kolesovými traktormi sú v Európe dosť bežné (Borz et al. 2015) a Slovenská republika nie je výnimkou. Podľa údajov Zelenej správy z roku 2007 (posledný oficiálny údaj) predstavuje podiel traktorových technológií na sústreďovaní dreva až 78 %. Úväzkové lesné kolesové traktory patria už niekoľko desiatok rokov medzi najpoužívanjšiu technológiu vykonávajúcu

sústred'ovanie dreva na území Slovenskej republiky (SR). Avšak moderné bezúvážkové lesné kolesové traktory boli a sú využívané v minimálnej miere. Dôvod nízkej početnosti tejto modernej technológie, ako aj nízkej miery obnovy strojového parku kolesových traktorov je pravdepodobne spojený s vysokou obstarávacou cenou lesného kolesového traktora, neistou prácou v lesníckom sektore viazanou na kontrakty s objedávateľmi služieb či nedostatočným ohodnotením pracovníkov pracujúcich v ťažbovo-dopravnom procese.

Lesný kolesový traktor EQUUS 175N je relatívne nové lesnícke zariadenie, pre ktoré ešte nebola vykonaná žiadna časová štúdia skúmajúca spotrebu času a produktivitu tohto traktora. Posledné dostupné údaje o výkonnosti a spotrebe času lesných kolesových traktorov na území SR sú obsiahnuté v normatívnej podobe v Zborníku výkonových noriem č. 24 Ministerstva pôdohospodárstva SR z roku 1992. Tieto výkonové normy boli vypracované na základe časových pozorovaní a rozborov práce úvážkových lesných kolesových traktorov typu LKT 81 a LKT 81T.

Meranie spotreby času práce sa používa v lesných operáciách na vyvíjanie empirických modelov, ktoré sa môžu použiť na rôzne účely vrátane plánovania a výpočtov nákladov (SPINELLI et al. 2002). Takýto druh štúdií môže tiež pomôcť lepšie pochopiť správanie sa ťažbovo-dopravných zariadení v rôznych terénnych a porastových podmienkach (VISER, SPINELLI 2012).

Momentálne sa na území Slovenskej republiky nevenuje adekvátna pozornosť časovým štúdiám lesných kolesových traktorov ani výkonovým normám spotreby času, určujúcich predpokladanú objektívnu mieru spotreby času nevyhnutnú na uskutočnenie danej pracovnej úlohy. V zahraničí sa problematikou časových štúdií lesných kolesových traktorov zaoberali nasledujúci autori (KLUENDER et al. 1997; BEHJOU et al. 2008; BEMBENEK et al. 2011; MOUSAVI et al. 2012; BORZ et al. 2013; NIKOORY et al. 2013; PROTO et al. 2018; KULAK 2019). BORZ et al. (2013) vo svojej štúdii skúmali produktivitu sústred'ovania úvážkových lesných kolesových traktorov typu TAF v náročných podmienkach vetrovej kalamity. Zistili, že zmenová výkonnosť sledovaných lesných kolesových traktorov bola relatívne nízka v porovnaní s výkonnosťou lesných kolesových traktorov vykonávajúcich sústred'ovanie v podmienkach obnovnej ťažby. BEMBENEK et al. (2011) vo svojej práci analyzovali produktivitu bezúvážkového lesného kolesového traktora HSM 904Z 6WD v bukovom poraste v severnom Poľsku. V tejto štúdii zaznamenali vysokú priemernú zmenovú výkonnosť tohto lesného kolesového traktora $21,0 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. WANG et al. (2004) vo svojej štúdii uviedli, že spotreba času pracovného cyklu približovania je ovplyvnená približovacou vzdialenosťou a objemom nákladu. BEHJOU et al. (2008) vykonali časovú štúdiu o približovaní lesným kolesovým traktorom Timberjack 450C v horských lesoch v severnom Iráne. Zistili, že celkový čas pracovného cyklu bol ovplyvnený hlavne približovacou vzdialenosťou, vzdialenosťou vyťahovania a interakciou medzi nimi. Časové štúdie (KLUENDER et al. 1997; WANG et al. 2004; NAJAFI et al. 2007; MOUSAVI et al. 2012)

potvrdili, že nezávislé premenné ako približovacia vzdialenosť, počet kmeňov v náklade a objem nákladu, sú najdôležitejšími faktormi ovplyvňujúcimi produktivitu a náklady na ťažbovo-dopravný proces. Cieľom tejto štúdie bolo: I) posúdiť vplyv výrobných faktorov na spotrebu času jednotlivých čiastkových pracovných operácií lesného kolesového traktora EQUUS 175N II) zistiť a porovnať produktivitu a zmenovú výkonnosť sledovaného lesného kolesového traktora.

2. MATERIÁL A METODIKA

2.1 Lokalizácia štúdie

Štúdia spotreby času bezúväzkového lesného kolesového traktora EQUUS 175N bola uskutočnená na území Vysokoškolského lesníckeho podniku Technickej univerzity (VŠLP TU) vo Zvolene od 15. septembra do 25. októbra 2019 v dieľci č. 727a. Na uvedenej lokalite v bukovo-jedľovom poraste bolo v rámci štúdie sústredených 199 kmeňov s celkovým objemom 359,50 m³. Počas časovej štúdie bolo vyhotovených 9 snímok pracovného dňa operátora traktora a bolo zmeraných 34 pracovných cyklov lesného kolesového traktora. Pracovná skupina vykonávajúca sústredovanie bola zložená z dvoch pracovníkov: operátora lesného kolesového traktora a piliara. Tabuľka 1 zobrazuje hlavné charakteristiky porastu, v ktorom bolo uskutočnené sústredovanie dreva, zatiaľ čo tabuľka 2 ukazuje technické parametre sledovaného lesného kolesového traktora vykonávajúcего sústredovanie v tejto štúdii.

Tab. 1. Charakteristika lesného porastu
Characteristics of forest stands

Dielec	727a
Vek porastu v rokoch	110
Výmera porastu (ha)	15,84
Zakmenenie	0,81
Sklon (%)	55
Zastúpenie (%)	BK 78; JD 13; JH 5; JS 3; LM 1
Približovacia vzdialenosť (m)	110

BK – buk, JD – jedľa, JH – javor horský, JS – jaseň, LM – lipa

Tab. 2. Technické parametre sledovaného lesného kolesového traktora
Specifications of the EQUUS 175N cable-grapple skidder

Parameter	Hodnota
Výkon motora (kW)	125
Vek traktora v rokoch	1
Dĺžka (mm)	6 678
Šírka (mm)	2 450
Výška (mm)	2 870
Hmotnosť (kg)	12 400
Celkový sústredený objem (m ³)	360
Počet sústredených kmeňov (ks)	199
Vybavenie lesného kolesového traktora	HM, RO,D, ZO

HM – hydraulický manipulátor, RO – rádiové ovládanie, ZO – zverný oplens, D – dvojhubnový navijak

2.2 Zber údajov

Meranie spotreby času skúmaného bezúväzkového lesného kolesového traktora bolo uskutočnené pomocou snímky priebehu práce čiže spojením snímky pracovného dňa a plynulej chronometráže. Pomocou snímky pracovného dňa sa zaznamenával čistý čas práce operátora lesného kolesového traktora, dávkové a zmenové časy (technická obsluha pracoviska, biologické a oddychové prestávky atď.) pracovnej zmeny. Zaznamenávali sa aj dve kategórie stratových časov a to technicko-organizačné a osobné straty času. Pomocou plynulej chronometráže sa zaznamenávala spotreba času čiastkových pracovných operácií lesného kolesového traktora s presnosťou na sekundy. Celkový čas pracovného cyklu sledovaného lesného kolesového traktora bol rozdelený na nasledujúce čiastkové pracovné operácie: jazda traktora z OM (Odvozného miesta) do porastu, vyťahovanie lana, vyťahovanie nákladu, zostavenie nákladu, jazda traktora k ďalším kmeňom, približovanie nákladu, odopínanie nákladu, manipulácia operátorom lesného kolesového traktora a navaľovanie kmeňov. Všetky čiastkové pracovné operácie boli zaznamenané rovnako ako v prípade normálneho pracovného stavu operátora lesného kolesového traktora, bez akýchkoľvek špeciálnych opatrení počas trvania pracovnej zmeny. Meralo sa množstvo výrobných faktorov ako napríklad: približovacia vzdialenosť, vzdialenosť vyťahovania, objem nákladu pracovného cyklu, počet kmeňov v náklade a druh dreveni. Približovacia vzdialenosť a vzdialenosť vyťahovania boli merané použitým digitálnym diaľkomerom TruPulse 360B. Okulárne sa zaznamenával počet kmeňov v náklade a druh ťaženej dreveni. Objem nákladu pracovného cyklu bol vypočítaný na základe údajov o dĺžke a strednej

hrúbke kmeňa pomocou tabuliek objemu guľatiny. Na vytvorenie predikčných modelov čiastkových pracovných operácií bezúvážkového lesného kolesového traktora EQUUS 175N bola použitá viacnásobná regresná analýza. Pred uskutočnením regresnej analýzy bol vykonaný test normality pre všetky skúmané závislé a nezávislé premenné vstupujúce do regresnej analýzy pomocou Shapiro-Wilkovho W testu. Následne premenné, ktoré boli vyhovujúce z hľadiska normality, boli použité v regresnej analýze. Za účelom preskúmania vhodnosti regresných modelov bol vykonaný F-test a každý koeficient predikčných modelov čiastkových pracovných operácií bol testovaný samostatne t-testom. Štatistická analýza bola uskutočnená použitím štatistického programu STATISTICA 12.0.

3. VÝSLEDKY

Tabuľka 3 zobrazuje priemernú spotrebu času prvkov pracovnej zmeny sledovaného operátora lesného kolesového traktora EQUUS 175N, ako aj celkovú priemernú dobu trvania pracovnej zmeny. Údaje naznačujú, že čistý čas práce operátora lesného kolesového traktora predstavuje percentuálny podiel 73 % a zvyšný podiel 27 % pripadá na dávkové a zmenové časy (oprava porúch stroja, príprava a ukončenie práce atď.) pracovnej zmeny sledovaného operátora traktora. Najvyšší podiel z neoperatívnych časov pracovnej zmeny zaberá čas opráv porúch stroja (5,5 %), nasledovali technicko-organizačné straty času (5,4 %) a najnižší podiel bol zaznamenaný pri osobných stratách času (0,1 %). Priemerná dĺžka pracovnej zmeny sledovaného operátora traktora v tejto štúdii predstavovala 461 minút (7,68 h), čo je o 19 minút menej ako dĺžka štandardnej pracovnej zmeny (8h).

Priemernú spotrebu času čiastkových pracovných operácií, ako aj zodpovedajúce priemerné hodnoty výrobných faktorov sledovaného lesného kolesového traktora zobrazuje tabuľka 4.

Percentuálne zastúpenie čiastkových pracovných operácií v pracovnom cykle bezúvážkového lesného kolesového traktora EQUUS 175N zobrazuje obrázok 1. Navaľovanie kmeňov je časovo najnáročnejším pracovným prvkom sledovaného lesného kolesového traktora (26 %), po ktorom nasleduje približovanie nákladu s podielom 15 % a zostavenie nákladu s percentuálnym zastúpením 13 %.

Štatistické charakteristiky predikčných modelov čiastkových pracovných operácií vypočítaných pomocou viacnásobnej regresnej analýzy zobrazuje tabuľka 5. Hodnoty F a P ukazujú, že všetky prezentované modely sú štatisticky významné.

Tab. 3. Bilancia priemernej spotreby času prvkov pracovnej zmeny operátora lesného kolesového traktora

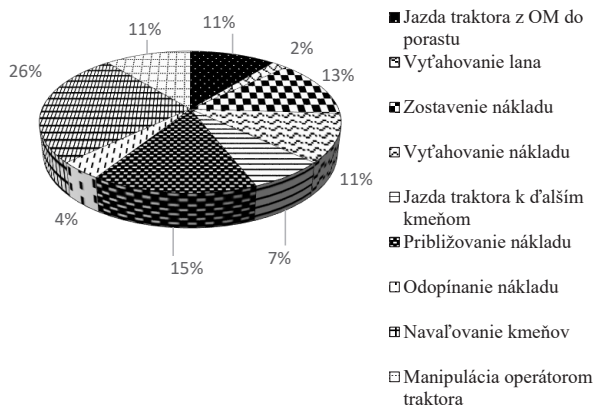
The balance of average time consumption of elements shift time of skidder operator

Prvky pracovnej zmeny	EQUUS 175N	
	min.	%
Čistý čas práce operátora traktora	337	73
Príprava a ukončenie práce	18	4
Pracovné príkazy	7	1,5
Technická obsluha pracoviska	15	3,3
Údržba stroja	10	2,2
Oprava porúch stroja	25,5	5,5
Biologické a oddychové prestávky	23	5
Technicko-organizačné straty času	25	5,4
Osobné straty času	0,5	0,1
Priemerný pracovný čas	461	100

Tab. 4. Deskriptívna štatistika priemernej spotreby času čiastkových pracovných operácií sledovaného lesného kolesového traktora

Descriptive statistics of mean time consumption of elements work operation of monitored skidder

Čiastková pracovná operácia	Priemer	Minimum	Maximum	Smerodajná odchýlka
		(min.)		
Jazda traktora z OM do porastu	7,56	1,47	12,78	2,60
Vytáhovanie lana	1,98	0,47	6,40	1,37
Zostavenie nákladu	8,77	0,07	23,28	4,64
Vytáhovanie nákladu	8,06	0,40	14,13	3,12
Jazda traktora k ďalším kmeňom	4,96	0,22	18,58	3,87
Približovanie nákladu	9,83	1,58	15,80	3,66
Odobínanie nákladu	2,97	0,23	6,10	1,25
Naväzovanie kmeňov	17,18	1,35	36,95	9,32
Manipulácia operátorom traktora	8,05	1,02	23,70	5,50
Celkový čas pracovného cyklu	70,16	4,74	122,95	25,89
Výrobné faktory				
Počet kmeňov v náklade (ks)	6,00	1,00	12,00	2,28
Objem nákladu (m ³)	10,96	0,79	15,68	3,20
Priemerná objemovosť (m ³)	1,96	0,79	3,09	0,52
Približovacia vzdialenosť (m)	530,00	200,00	801,00	143,70
Vytáhovacia vzdialenosť (m)	18,56	3,00	33,00	6,68



Obr. 1 Percentuálne zastúpenie číastkových pracovných operácií v pracovnom cykle bezúvážkového lesného kolesového traktora EQUUS 175N

Fig. 1 The time distribution of elements work operations of cable-grapple skidder EQUUS 175N

Tab. 5. Štatistická charakteristika predikčných modelov bezúvážkového lesného kolesového traktora EQUUS 175N založená na viacnásobnej regresnej analýze
Statistical characteristic of prediction models EQUUS 175N cable-grapple skidder based on regression analysis

Číastková pracovná operácia	R	Adj. R ²	F-test		N	Term	b*	Error b*	Constant coefficient	Std. error	t-test	
			F-hodnota	p							t-hodnota	p
Jazda traktora z OM do porastu	0,85	0,71	83,48	p<0,000	34	constant			-0,592	0,924	-0,641	0,526
						xsd	0,85	0,093	0,015	0,002	9,136	0,000
Zostavenie nákladu	0,76	0,57	40,18	p<0,000	34	constant			-0,285	1,461	-0,195	0,850
						xn	0,76	0,114	1,548	0,233	6,646	0,000
Vytáhovanie nákladu	0,72	0,48	15,83	p<0,000	33	constant			0,477	1,441	0,331	0,743
						xwd	0,57	0,132	0,268	0,062	4,352	0,000
						xn	0,30	0,132	0,433	0,192	2,258	0,031
Približovanie nákladu	0,76	0,55	21,29	p<0,000	34	constant			-0,319	1,762	-0,749	0,460
						xsd	0,52	0,143	0,013	0,003	3,614	0,001
						xvl	0,33	0,143	0,379	0,164	2,301	0,028
Odopínanie nákladu	0,53	0,26	12,45	p<0,000	34	constant			1,281	0,513	2,497	0,018
						xn	0,53	0,150	0,289	0,082	3,532	0,001
Navalovanie kmeňov	0,45	0,17	7,98	p<0,000	34	constant			6,517	4,044	1,611	0,117
						xn	0,45	0,160	1,821	0,645	2,825	0,008
Celkový čas pracovného cyklu	0,78	0,58	23,91	p<0,000	34	constant			-7,836	11,838	-0,662	0,520
						xn	0,45	0,119	5,692	1,358	4,192	0,000
						xsd	0,50	0,119	0,081	0,022	3,739	0,000

xsd – približovacia vzdialenosť, xwd – vytáhovacia vzdialenosť, xvl – objem nákladu, xn – počet kmeňov v náklade

4. DISKUSIA

Podiel neoperatívnych časov pracovnej zmeny sledovaného operátora traktora v tejto štúdii predstavuje 27 %. Podobný podiel týchto časov zaznamenali vo svojej štúdii aj BORZ et al. (2013); BORZ et al. (2014). Pre porovnanie štúdie autorov (MOUSAVI et al. 2012; NIKOBY et al. 2013; KULAK et al. 2019) uvádzajú nižší podiel neoperatívnych časov pracovnej zmeny operátorov lesných kolesových traktorov. Technicko-organizačné straty času spôsobené čakaním operátora lesného kolesového traktora na skončenie práce piliara predstavovali 98 % podiel zo všetkých zaznamenaných stratových časov v tejto štúdii. Percento osobných strát (0,1 %) z celkového času pracovnej zmeny bolo v porovnaní s vykonanými časovými štúdiami (LOTFALIAN et al. 2011; MOUSAVI et al. 2013; NIKOBY et al. 2013; BORZ et al. 2015) pomerne nízke. Veľkosť podielu neoperatívnych časov pracovnej zmeny bola ovplyvnená hlavne výskytom opráv a porúch stroja v priebehu pracovnej zmeny (oprava prasknutej hydraulickéj hadice atď.) a podielom technicko-organizačných strát času (5,4 %). Týmto časovým stratám bolo možné predchádzať zlepšením organizácie a plánovania práce na pracovisku.

V tejto štúdii bola zaznamenaná priemerná rýchlosť lesného kolesového traktora pri jazde z odvozného miesta do porastu $4,20 \text{ km.h}^{-1}$, naproti tomu priemerná rýchlosť približovania nákladu bola o 25 % nižšia $3,23 \text{ km.h}^{-1}$. V priebehu štúdie bola zaznamenaná priemerná zmenová výkonnosť sledovaného lesného kolesového traktora $5,85 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$ pri priemernej približovacej vzdialenosti 540 m a pri priemernom objeme nákladu $11,27 \text{ m}^3$. Pre porovnanie, väčšina zahraničných štúdií uvádza vyššiu zmenovú výkonnosť bezúväzkových lesných kolesových traktorov v rozmedzí od $6,2 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$ (MOUSAVI et al. 2013) do $21,0 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$ (MEDERSKI et al. 2010). Niektoré štúdie preukázali (ABELI 1992; JOURGHOLAMI, MAJNOUNIAN 2008; PIR BAVAGHAR et al. 2010; MOUSAVI et al. 2012), že produktivita približovania je ovplyvnená počtom kmeňov v náklade pracovného cyklu. Na druhej strane väčšina uskutočnených štúdií (KLUENDER et al. 1997; WANG et al. 2004; MOUSAVI 2009; NAGHDI 2010; MOUSAVI et al. 2013) uvádza približovaciu vzdialenosť ako najdôležitejšiu premennú ovplyvňujúcu produktivitu lesných kolesových traktorov.

V štúdii boli vytvorené dva druhy predikčných modelov: modely čiastkových pracovných operácií bezúväzkového lesného kolesového traktora a model celkovej spotreby času pracovného cyklu. Výhodou modelov založených na čiastkových pracovných operáciách bola predovšetkým možnosť podrobne sledovať priebeh ťažbovo-dopravného procesu a znížiť počet faktorov ovplyvňujúcich spotrebu času pracovnej operácie (MOUSAVI et al. 2012). Predikčné modely odhalili, že spotrebu času jazdy traktora z OM (Odvozného miesta) do porastu štatisticky významne ovplyvňuje približovacia vzdialenosť (Tab. 5). Tieto výsledky sú v súlade so zisteniami iných autorov (WANG et al. 2004; NURMINEN et al. 2006; MOUSAVI et al. 2012; MOUSAVI et al. 2013). Čiastková pracovná operácia zo-

stavovanie nákladu predstavuje priemerný percentuálny podiel z celkového času pracovného cyklu 13 % (Obr. 1) a spotrebu času tejto pracovnej operácie štatisticky významne ovplyvňuje len počet kmeňov v náklade. Rovnaké zistenie prezentujú vo svojich štúdiách aj MOUSAVI (2012); MOUSAVI et al. (2013). Spotreba času čiastkovej pracovnej operácie vyťahovanie nákladu je štatisticky významne ovplyvnená vzdialenosťou vyťahovania a počtom kmeňov v náklade. Na spotrebu času čiastkovej pracovnej operácie približovanie nákladu ma štatistický významný vplyv približovacia vzdialenosť a objem nákladu. Tieto výsledky sú v súlade so zisteniami prezentovanými v štúdiu MARČETA et al. (2014). Z porovnania veľkosti štandardizovaných regresných koeficientov nezávislých premených (Tab. 5) vyplýva, že približovacia vzdialenosť má väčší vplyv na spotrebu času tejto čiastkovej pracovnej operácie ako objem nákladu. Čiastková pracovná operácia odopínanie nákladu predstavuje priemerný percentuálny podiel 4 % z celkového času pracovného cyklu a je štatisticky významne ovplyvnená počtom kmeňov v náklade. Pracovná operácia navaľovanie kmeňov je posledným prvkom pracovného cyklu, ktorý zaberá najväčší podiel (26 %) z celkového času pracovného cyklu a je štatisticky významne ovplyvnená počtom kmeňov v náklade. Pre porovnanie MOUSAVI et al. (2013) uvádzajú nižšie percentuálne zastúpenie tejto pracovnej operácie len 8 %. Čo sa týka spotreby času celkového pracovného cyklu bezúväzkového lesného kolesového traktora EQUUS 175N, štatisticky významne sa tu preukázala závislosť od približovacej vzdialenosti a počtu kmeňov v náklade. Rovnaké zistenie prezentuje vo svojej štúdiu aj NAJAFI (2007), ktorý sa zoberal skúmaním spotreby času bezúväzkového lesného kolesového traktora HSM-904. MOUSAVI et al. (2013) vo svojej štúdiu preukázali závislosť celkového času pracovného cyklu bezúväzkového lesného kolesového traktora HSM-904 od objemu nákladu a počtu kmeňov v náklade. Iné zistenie prezentujú vo svojej štúdiu PROTO et al. (2018), ktorí preukázali závislosť celkovej spotreby času pracovného cyklu bezúväzkového traktora John Deere 548H od približovacej vzdialenosti a objemu nákladu. Rozdiely medzi výsledkami tejto štúdie v porovnaní s výsledkami uvedenými v iných štúdiách môžu byť dôsledkom miestnych prírodných a pracovných podmienok.

5. ZÁVER

Vykonalí sme časovú štúdiu spotreby času a produktivity bezúväzkového lesného kolesového traktora EQUUS 175N na území VŠLP TU vo Zvolene. Touto štúdiou by sme chceli poukázať na neaktuálnosť zborníkových výkonových noriem Ministerstva pôdohospodárstva SR a na potrebu ich aktualizácie. Jednou z úloh tejto štúdie bolo poskytnúť údaje o spotrebe času pracovnej zmeny operátora lesného kolesového traktora a údajov o zmenovej výkonnosti a produktivity sledovaného lesného kolesového traktora. Celkový čas pracovného cyklu bezúväzkového lesného kolesového traktora EQU-

US 175N je ovplyvnený približovacou vzdialenosťou a počtom kmeňov v náklade. Stratové časy zaznamenané v tejto štúdii predstavujú priemerný percentuálny podiel 5,5% z času pracovnej zmeny s najvyšším zastúpením technicko-organizačných strát času (5,4%), ktoré boli spôsobené predovšetkým čakaním operátora lesného kolesového traktora na skončenie práce piliara. Týmto stratám času je možné predchádzať zlepšením organizácie práce na pracovisku. Výsledky tejto štúdie je možné použiť pre odhad spotreby času bezúväzkových lesných kolesových traktorov ako aj pre zlepšenie racionalizácie a organizácie práce v ťažbovo-dopravnom procese.

„Táto publikácia vznikla vďaka podpore v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekt: Komplexný výskum mitigačných a adaptačných opatrení na zmiernenie negatívnych dopadov klimatických zmien na lesné ekosystémy Slovenska (FORRES), kód ITMS: 313011T678, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.“

Literatúra

- ABELI, W.S. 1992: Optimal road spacing for manual skidding skulkies. *Journal of Tropical Forest Science*, 6: 8-15.
- BEHJOU, F.K., MAJNOUNIAN, B., NAMIRANIAN, M., DVOŘÁK, J. 2008: Time study and skidding capacity of wheeled skidder Timberjack 450C in Caspian forests. *Journal of Forest Science*, 54(4): 183-188.
- BEMBENEK, M., MEDERSKI, P.S., ERLER, J., GIEFING, D.F. 2011: Results of large-size timber extracting with a grapple skidder. *Acta Scientiarum Polonorum*, 10(3): 5-14.
- BORZ, S.A., DLNULCA, F., BIRDA, M., IGNEA, CH., CLOBANU, V. D., POPA, B. 2013: Time consumption and productivity of skidding Silver fir (*Abies alba* Mill.) round wood in reduced accessibility conditions: A case study in winthrow salvage logging from Romanian Carpathians. *Annals of Forest Research*, 56(2): 363-375.
- BORZ, S.A., IGNEA, G., POPA, B. 2014: Assessing timber skidding efficiency in group shelterwood system applied to a fir-beech stand. *African Journal of Agricultural Research*, 9(1): 160-167.
- BORZ, S.A., IGNEA, G., POPA, B., SPÂRCHEZ, G., IORDACHE, E. 2015: Estimating time consumption and productivity of roundwood skidding in group shelterwood system- a Case study in a broadleaved mixed stand located in reduced accessibility conditions. *Croatian Journal of Forest Engineering* 36(1): 137-146.
- JOUGHOLAMI, M., MAJNOUNIAN, B. 2008: Productivity and cost of wheeled skidder in Hyrcanian forest. *International Journal of Natural and Engineering Sciences*, 2: 99-103.
- KLUENDER, R., LORETZ, D., MSCOY, W., STOKES, B.J., KLEPAC, J. 1997: Productivity of rubber-tored skidders in southern pine stands. *Journal of Forest Products*, 47(11-12): 53-58.
- KULAK, D., STAŃCZYKIEWICZ, A., SZEWCZYK, G., WALA, Ł. 2019: Wydajność zrywki drewna skiderem na terenach pochyłych. *Sylvan*, 163(7): 601-609.
- LOTFALIAN, M., MOAFI, M., FOUMANI, B.S., AKBARI, R.A. 2011: Time study and skidding capacity of the wheeled skidder Timberjack 450C. *Journal of Soil Science and Environmental Management*, 2(7): 120-124.
- MARČETA, D., PETKOVIČ, V., KOŠIR, B. 2014: Comparison of two skidding methods in beech Forests in Mountainous conditions. *Nova mehanizacija šumarstva: Časopis za teoriji i praksu šumarskoga inženjerstva*, 35(1): 51-62.
- MEDERSKI, P.S., BEMBENEK, M., ERLER, J., GIEFING, D.F., KARASZEWSKI, Z. 2010: The enhancement of skidding productivity resultting from changes in construction: grapple skidder vs rope skidder. In

- Proceedings of FORMEC 2010, Forest Engineering: Meeting the Needs of the Society and the Environment, Padova, 11-14. July 2010. Padova, Formec: 1-7.
- MOUSAVI, R. 2009: Comparison of productivity, cost and environmental impacts of two harvesting methods in Northern Iran: short-log vs. long-log. Ph.D. thesis. University of Joensuu. Joensuu, Finland, 93 p.
- MOUSAVI, R. 2012: Effect of log length on productivity and cost of Timberjack 450C skidder in the Hyrcanian forest in Iran. *Journal of Forest Science*, 58(11): 473-482.
- MOUSAVI, R., NIKOOY, M., NEZHAD, A.E., ERSHADFAR, M. 2012: Evaluation of full tree skidding by HSM-904 skidder in patch cutting of aspen plantation in Northern Iran. *Journal of Forest Science*, 58(2): 79-87.
- MOUSAVI, R., NIKOOY, M., NAGHDI, R. 2013: Comparison of timber using two ground-based skidding systems: grapple skidding vs. cable skidding. *International Journal of Forest, Soil and Erosion*, 3(3): 79-86.
- NAGHDI, R. 2010: Production rate and cost of HSM-904 and Timberjack C-450 skidder in Mazandaran Forest and wood industry. *Journal of Forest and Wood Products* Number.
- NAJAFI, A., SOBHANI, H., SEED, A., MAKHDON, M., MARVI MOHAJER, M.R. 2007: Time study of skidder HSM 904. *Journal Iran. National Research*, 60: 921-930.
- NIKOOY, M., ESMAILNEZHAD, A., NAGHDI, R. 2013: Productivity and cost analysis of skidding with Timberjack 450C in forest plantations in Shafaroud watershed, Iran. *Journal of Forestry Science*, 59(7): 261-266.
- NURMINEN, T., KORPUNEN, H., UUSITALO, J. 2006: Time consumption analyses of the mechanized cut-to-length harvesting system. *Silva Fennica*, 40: 335-363.
- PIR BAVAGHAR, M.P., SOBHANI, H., FEGHHI, J., DARVISHSEFAT, A.A., MARVIMOHAJER, M.R. 2010: Comprehensive productivity models for tracked and wheeled skidders in the Hyrcanian forests of Iran. *Research Journal of Forestry*, 4: 65-71.
- PROTO, A.R., MACRÍ, G., VISSER, R., RUSSO, D., ZIMBALATTI, G. 2018: Comparison of timber extraction productivity between winch and grapple skidding: A case study in Southern Italian Forests. *Forests*, 9(2): 1-12.
- SPINELLI, R., OWENDE, P., WARD, S. 2002: Productivity and cost of CTL harvesting of Eucalyptus globules stands using excavator-based harvesters. *Forest Production Journal*, 52: 67-77.
- STATSOFT (2012). STATISTICA 12.0 for Windows
- VISSER, R., SPINELLI, R. 2012: Determining the shape of the productivity function for mechanized felling nad felling-processing. *Journal Forest Research*, 17: 397-402.
- WANG, J., LONG, C., MCNEEL, J., BAUMGRAS, J. 2004: Productivity and cost of manual felling and cable skidding in central Appalachian hardwood forests. *Forest Production Journal*, 54: 45-51.
- ZBORNÍK VÝKONOVÝCH NORIEM č.24 Výkonové normy pre sústredovanie dreva univerzálnymi, pásovými a špeciálnymi lesnými kolesovými traktormi. Ministerstvo lesného, vodného hospodárstva Slovenskej republiky. Vydanie 1992, 32 p.
- ZELENÁ SPRÁVA 2007. Ministerstvo pôdohospodárstva Slovenskej republiky: Bratislava 2007. ISBN 978-80-8093-018-9 164p.

Adresa autorov:

Ing. Lukáš Orlovský
 prof. Ing. Valéria Messingerová, CSc.
 Katedra lesnej ťažby, logistiky a meliorácií
 Lesnícka fakulta
 Technická univerzita vo Zvolene
 T.G. Masaryka 24, 960 01 Zvolen
 Slovenská republika
 e-mail: lukasorlovsky67@gmail.com

Study of the time consumption of wheeled skidder EQUUS 175N performing skidding in the territory Univerzity Forestry Enterprise of the Technical University in Zvolen

Summary

This time study assesses time consumption and productivity of EQUUS 175N cable-grapple skidder. Within the time study 34 work cycles were measured, and 9 snapshots of work day were taken. In the study was used methods of continuous time study. The aim of the present study was to: (i) assess the impact of production factors on the time consumption of individual partial work operations of EQUUS 175N cable-grapple skidder; (ii) find out and compare the productivity of monitored skidder. The result show that the overall time consumption of the work cycle of the monitored cable-grapple skidder is influenced by skidding distance and number of logs in a load. Non-operation times of the skidder operator shift represent 27% with the highest part taken by the machine defaults repair. Time losses of the skidder operators represent mean percentage of 5.5% from the overall shift time. The mean gross production rate of the monitored skidder was $5.85 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. The mean speed of the tractor travel from the forest landing into the stand was $4.20 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. On the other hand, the mean load skidding speed was lower by 25% $3.23 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. The results of this study can be used to determine the objective cost, work rationalisation, work planning and estimate of the time consumption of cable-grapple skidders.

POSSIBILITIES OF USING QGIS SOFTWARE TO CLASSIFY AND USE THE REMOTE SENSING DATA FOR PRECISION FORESTRY.

Matúš PIVOVAR – Julián TOMAŠTÍK

Pivovar M.. – Tomašík, J. : Possibilities of using qgis software to classify and use the remote sensing data for precision forestry.

Práca je primárne zameraná na odbornú využiteľnosť a následnú aplikáciu satelitných systémov v lesníctve. Analyzuje a demonštruje ich využiteľnosť v rôznych oblastiach ekologických a produkčných vlastností lesného ekosystému. Časť tejto práce sa venuje definícii DPZ. Detailnejšie sa zameriava na špecifiká satelitného systému Sentinel-2 MSI. Satelitné snímky misie Sentinel-2 ponúkajú služby, ktoré prispievajú k lepšiemu a efektívnejšiemu lesníctvu. Najaktraktívnejšou možnosťou, ako analyzovať a posudzovať výsledky zistené pri klasifikácii multispektrálnych snímok nám ponúka aj softwarové prostredie QGIS. QGIS používa vlastné ale aj implementované nástroje, ktoré sú voľne dostupné pre každého. Pre samotnú klasifikáciu budeme pracovať hlavne so Semi-automatic classification plugin, ktorý je zásuvným modulom softwaru QGIS. Tento plugin umožňuje spektrálnu klasifikáciu satelitných snímok, na základe úrovne odraznosti jednotlivých záujmových objektov podľa bandov jednotlivých multispektrálnych snímok. Lesníci tak môžu kontrolovať stav a sezónny vývoj akýchkoľvek porastov v priebehu celého roka a lokalizovať problematické miesta. Monitorujú zdravotný stav a môžu monitorovať aj redukovanú plochu porastu, kde sa dá následne jednoduchšie aplikovať pestovná, resp. obnovná činnosť porastu.

Kľúčové slová: QGIS, SENTINEL 2, satelitné dáta, monitorovanie lesa, klasifikácia

1 INTRODUCTION

Today's world brings many innovations and new technological processes. We live in a world that is increasingly dependent and influenced by anthropogenic activities. It is through these innovative means that our task is to protect the Earth from adverse effects. We have to deal with the impacts of global warming, overpopulation, depletion of natural resources and many other negative impacts on the environment. We are also constantly fighting abiotic harmful phenomena such as earthquakes, landslides, floods, forest calamities, and others that we encounter every day. Remote Sensing, to some extent, can predict impacts and analyse the amount of damage, or help us prepare for possible consequences. Remote Sensing data help to monitor the state of the environment and answer unanswered questions.

In our work, we focused on one of these issues, where we tried to comprehensively describe the urgency of measures in the negative impacts of harmful agents in forestry. Since Slovakia is in the heart of Europe, we have focused on European Remote Sensing. The European Space Agency (ESA), which was created for research using space technology, also serves foresters. This international organization can provide valuable information on forest development. Copernicus, as the flagship of the European Union, helps us in this. Copernicus, in its essence as a multidisciplinary project, brings together communities from the geoinformation and environmental scientific spectrum and its result are operational services.

We know many space technologies. The best known are Landsat or SPOT. We have chosen one of the latest popular satellite systems whose data is also free of charge, Sentinel. As the technologies of this world are moving at a remarkable speed, we believe it is very important to use these innovative technologies in all aspects of forestry. It may be thanks to this satellite system that we will be able to quickly and correctly locate outbreaks of harmful agents of any nature and thus predict and analyse any negative impact on the forest ecosystem.

2 REMOTE SENSING

Remote sensing is a science discipline that is very timely in various sectors of the national economy. The definition that is very suitable for explaining the concept of remote sensing is the opinion of prof. Hildebrandt (1970), according to which: "Remote sensing of the Earth must be understood as the recording and evaluation of information obtained by the waves of different regions of the electromagnetic spectrum from objects of all kinds and from different distances". Thus, in remote sensing, there is a transmission of information from the surveyed objects of the Earth's surface or atmosphere to sensors that use electromagnetic radiation. The source of electromagnetic radiation is a material object. This is a carrier of energy that spreads into space through radiation.

A photographic camera captures electromagnetic radiation using sensitive photographic materials. Remote sensing uses hyperspectral, multispectral, orthochromatic, panchromatic and infrared materials (images).

We know various multispectral cameras, such as MSK - 4, MKF - 6 or MSI, which use cameras with 6 resp. 4 lenses. These are applied as technical equipment of Landsat, SPOT or Sentinel satellites (ŽIHĽAVNÍK, SCHEER 2000).

3 SENTINEL 2

The Sentinel 2 satellite system belongs to the European Space Agency - ESA. ESA is an intergovernmental organization established in 1975 for the purpose of space exploration and the development of space technologies for peaceful purposes. Information from the specialized satellite system “Sentinels” is based on Copernicus services. Copernicus supports forest managers and environmental specialists by providing high-resolution forest maps, both in terms of type and density of tree cover.

Sentinel-2 is a wide-area, multimedia high-resolution imaging mission supporting landscape monitoring, including vegetation, soil and water cover monitoring. The Sentinel-2 multispectral instrument (MSI) selects from 13 spectral bands, where four bands have a spatial resolution of 10 meters each (see Figure 1), six bands of 20 meters each, and three bands with a spatial resolution of 60 meters. This mission provides 3 different measurements with different resolutions, namely:

- Satellite resolution in orbit
- Radiometric resolution of the tool
- Spatial resolution of the device

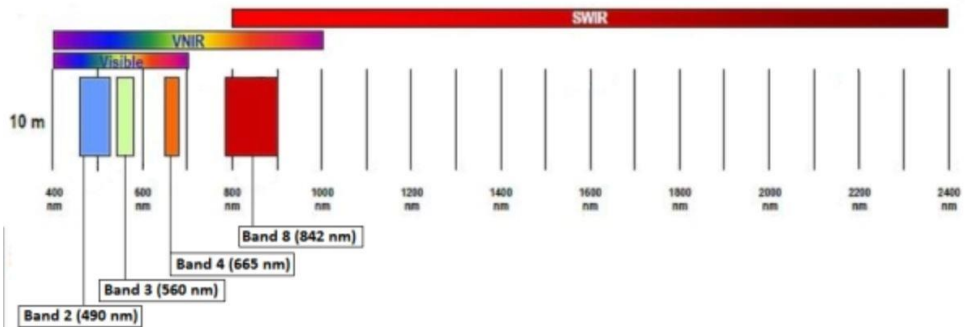


Figure 1. Sentinel-2 spatial resolution 10 m, (ESA)

Table 1. Central Wavelength Sentinel-2

Sentinel-2 Bands	Central Wavelength (µm)	Resolution (m)
Band 1 - Coastal aerosol	0.443	60
Band 2 - Blue	0.490	10
Band 3 - Green	0.560	10
Band 4 - Red	0.665	10
Band 5 - Vegetation Red Edge	0.705	20
Band 6 - Vegetation Red Edge	0.740	20
Band 7 - Vegetation Red Edge	0.783	20
Band 8 - NIR	0.842	10
Band 8A - Vegetation Red Edge	0.865	20
Band 9 - Water vapour	0.945	60
Band 10 - SWIR - Cirrus	1.375	60
Band 11 - SWIR	1.610	20
Band 12 - SWIR	2.190	20

Sentinel-2 is designed to monitor the Earth's cover. It helps to estimate the health of plants, the amount of chlorophyll in the leaves, the amount of biomass, and even classifies the type and age of forest. Images are often used to create vegetation indexes and determine vegetation stress (DRUSCH ET AL., 2012).

Sentinel-2 offers services that contribute to better and more efficient agriculture but also forestry. The big advantage of this satellite service is that the images created by Sentinel are available to everyone, of course for free and at any time. Thus, foresters can check the condition and seasonal development of any stands throughout the decade and locate problematic places.

The aim of this process would therefore be to assess, in an environmentally and economically effective way, protective means for silviculture. And with the leaf area index (LAI) and the vegetation index REP, which relates to a narrow band of wavelengths in the red edge position, it is possible to predict damage mainly by biotic agents. Thanks to the vegetation index we can distinguish stands from grassland surface in the red edge areas, but it is possible to characterize individual stands according to tree species (RADOUX ET AL., 2016).

In the visible portion of the spectrum, the curve shape is governed by absorption effects from chlorophyll and other leaf pigments. Chlorophyll absorbs blue and red wavelengths more strongly than green, producing a characteristic small reflectance peak within the green wavelength range. As a consequence, healthy plants appear to us as green in color. This phenomenon can be interpreted also Spectral curve of reflectance of

healthy vegetation (see Figure 2.) (SMITH, 2012). This can be divided into three specific areas according to wavelength:

1. Pigment absorption zone 400–700 nm
2. Cell structure zone 700 – 1300 nm
3. Water absorption zone 1300–3000 nm

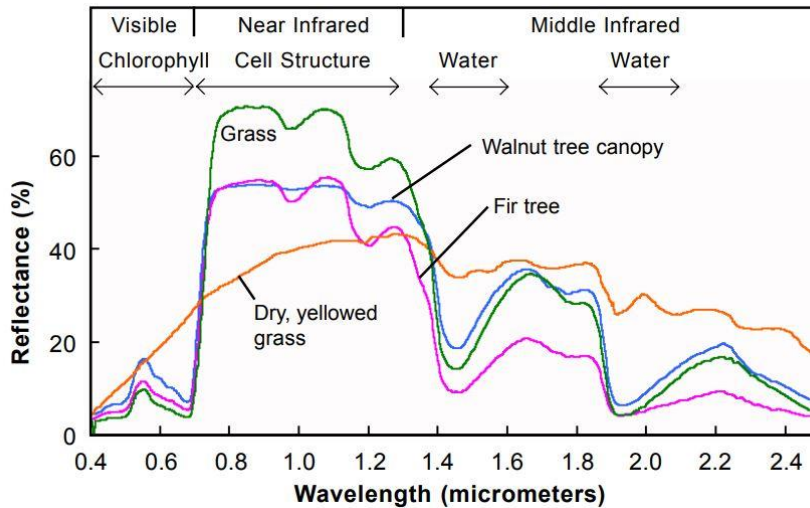


Figure 2. Spectral curve of reflectance of healthy vegetation (SMITH, 2012)

4 QUANTUM GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM

In order to process and obtain the necessary information to detect health and identification information of the interest environment, it is necessary to choose the right tool that can produce this information. The tool we will use to detect and process this data will be Quantum geographic information system (QGIS) software. The latest version of QGIS can be downloaded at <https://www.qgis.org/en/site/forusers/download.html>.

This software is freely available and fully functional to determine the necessary parameters to make the classification of various image materials. After downloading QGIS, it is necessary to install a suitable plugin for running the program and using satellite imaging by the satellite system Sentinel-2.

4.1 Download and Pre-processing tools

4.1.1 Software setup, SCP registration and Download the Data

After installing QGIS, it is important to set the parameters in the upper bar of the Properties project settings by way Project/Properties, when General/Measurements will be Elipsoid Bessel 1841 and in CRS/Filter will be S-JTSK (Greenwich)/Krovak East North (EPSG:5514). Then click “OK” to confirm these changes.

After setting these basic parameters, which are used in Slovakia, it is necessary to start and install the Semi-Automatic Classification Plugin (according to Plugins/Manage and install plugins/Search ...), designed by Luca Congedo. In it we will carry out the whole process of image classification. The next step is to register on the official „Scientific Data Hub“ website. We will transfer your username and password to the Semi-Automatic Classification Plugin (SCP). Click on the icon “Download products”. Then we will fill in  the login name, password and Service will be <https://scihub.copernicus.eu/dhus/>. We’ll move to the second tab „Search,“ where we’ll find our site of interest using Open Street Map. In general it is possible to define the area coordinates clicking the button, then left click in the map  for the UL point and right click in the map for the LR point. In our case, the site of interest will be Belianske Tatry. We are searching a specific image acquired on 27 August 2015 because it is cloud free (for site of interest). Now click the button Find and after a few seconds  the image will be listed in the Product list (see Fig. 3). Click the item in the table to display a preview that is useful for assessing the quality of the image and the cloud cover. Now click the button to load the preview in the  map. We can also select the bands to be downloaded according to our purpose. In particular, select the tab Download options and check only the Sentinel-2 bands (that will be used): 2 (Blue), 3 (Green), 4 (Red), 8 (NIR), 8A (Vegetation REP) and the ancillary data. For the purpose of this project, uncheck the option Preprocess images.

To start the image download, click the button RUN and select a directory where bands are saved. The download could  last a few minutes according to your internet connection speed. The download progress is displayed in a bar. (CONGEDO, 2016)

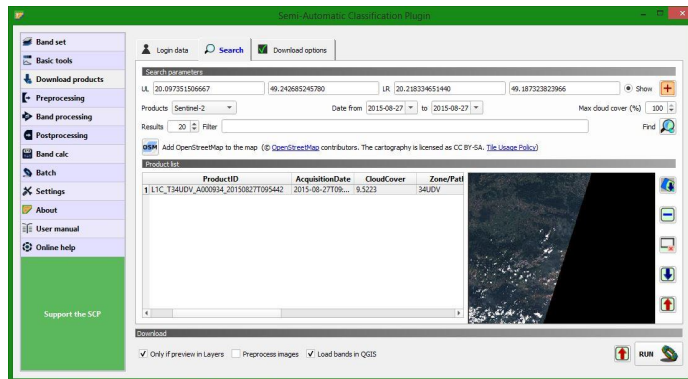


Figure 3. Search data

4.1.2 Clip the Data

For defining the study area (and reducing the processing time) we can clip the image. First, we need to define a Band set containing the bands to be clipped. Open the tab Band set clicking  the button in the SCP menu or the SCP dock. Now we need click to refresh the layer list, and select the bands: 2, 3, 4, 8, 8A, then click to add  selected rasters to the Band set 1. Click Create virtual raster of band set and click button .

 In Preprocessing open the tab “Clip multiple rasters” (see Fig. 4). We are going to clip the Band set 1 which contains Sentinel-2 bands. Now we click use vector for clipping and choose vector file (ei. Shape file). Click the button RUN and select a directory where clipped bands are saved. (CONGEDO, 2016)

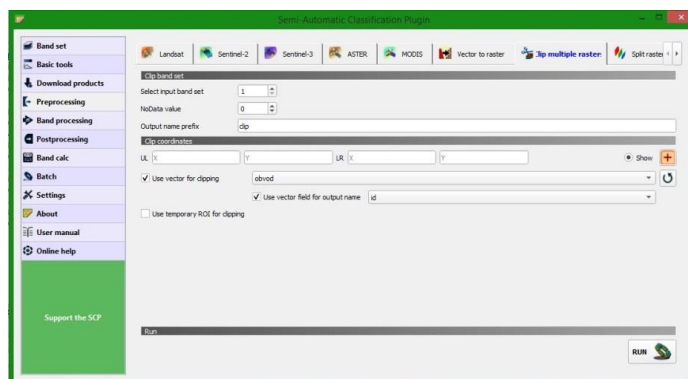


Figure 4. Clip multiple rasters

3.1.3 Convert Data to Surface Reflectance

If you want to convert bands to reflectance, open the preprocessing menu by clicking  the button in the SCP menu or to the SCP dock and select the tab Sentinel-2 (see Fig. 5). Click  the button Directory containing Sentinel-2 bands and select the directory of clipped Sentinel-2 bands. The list of bands is automatically loaded in the table Metadata. Click  the button Select MTL file and select the metadata file from the directory of downloaded Sentinel-2 images. Metadata information is added to the table Metadata. In order to calculate Surface Reflectance we are going to apply the DOS1 Correction. Therefore, ☒ enable the option Apply DOS1 atmospheric correction. For the purpose of this ☒ tutorial, uncheck the option Create Band set and use Band set tools because we are going to define this in the following step Define the Band set and create the Training Input File. In order to start the conversion  process, click the button RUN and select the directory where converted bands are saved. We can remove all the bands loaded in QGIS layers except the ones whose name begin with RT_ . (CONGEDO, 2016)

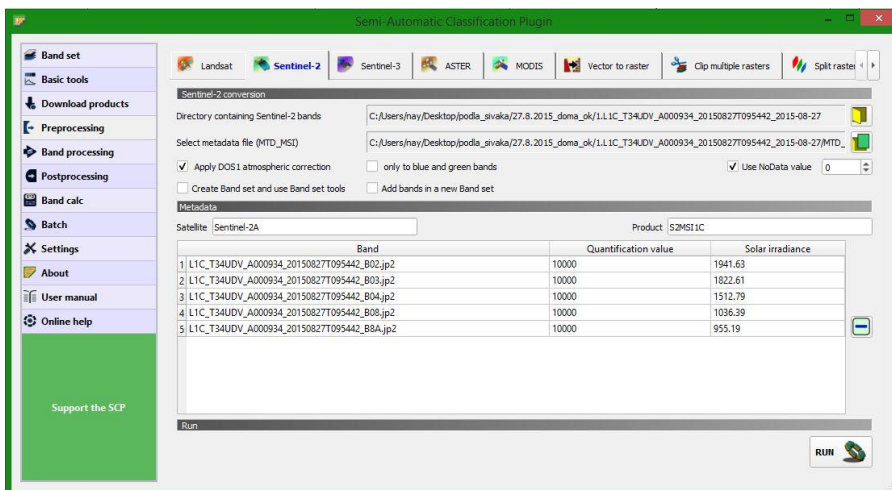


Figure 5. Sentinel-2 conversion to reflectance

4.2 Georeferencing tools

4.2.1 TIN

This component is very necessary for topographic correction. The first step is to load the vector file contour lines to the QGIS. Contour lines have to be clipped to the same extent as the raster. We can use the “Clip” function, which can be found in the menuVec-

tor/Geoprocessing tools/Clip (see Fig. 6.). As Input layer we have chosen the contour lines and the clipping polygon (obvod.shp.) as Overlay layer. Clipped name is vrst_tin.gpkg. In the Processing Toolbox panel search the TIN interpolation and open this window. After opening the window TIN interpolation into line vector layer selected vector file clipped contour lines. The Interpolation attribute row selects the column name that contains the height values in the attribute table. Click the green plus icon to add it to the interpolation list and past the interpolation type selects Points. The interpolation method is set to Linear by default. Then enter the number of rows, columns (10mx10m) and coordinates for the range of the resulting TIN and then click the Run.

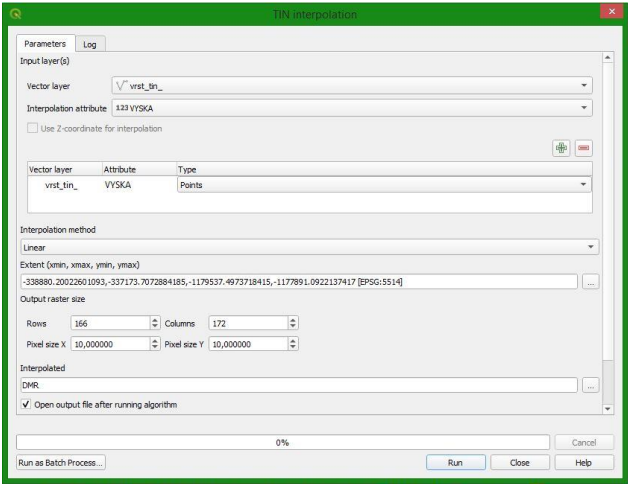


Figure 6. TIN interpolation window

3.2.2 Topographic correction

Now we have to define the Band set using clipped images. In the band, clear all the bands from active band set created during the previous steps. Click to refresh the layer list, and select all the converted bands, then add selected rasters to the band set. It is very important to choose in list Quick wavelength settings Sentinel-2 bands, and if the wavelengths are not correct manual editing is needed.

Look for the Saga menu in the toolbox and find a tool called Topographic correction. You must select TIN.tif in the Elevation field. When the window opens, select Run in Batch Process. In the Original image field, select individual bands for topographic correction. To enter correct azimuth and sun elevation values, it is necessary to open the MTD_TL file downloaded with the images in the directory where the original image was

downloaded. Open the file using Internet Explorer or Microsoft Edge. After opening it is necessary to find the line Mean_Sun_Angle and from the submenu write Azimuth_Angle to the Azimuth field in the topographic correction window. The height angle is subtracted from 90°. The correction method will be Minnaert correction with Slope (Law & Nichol 2004). Value range is 1 byte. We call the output according to individual bands.

4.3 Classification tools

3.3.1 Define the Band set and create the Training Input File in SCP

Now we need to create the Training input in order to collect Training Areas (ROIs) and calculate the Spectral Signature thereof (which are used in classification). In the SCP dock, select the tab Training input and click the button to create the Training input (define name as tren2015.scp). The path of the file is displayed and a vector is added to QGIS layers with the same name as the Training input.

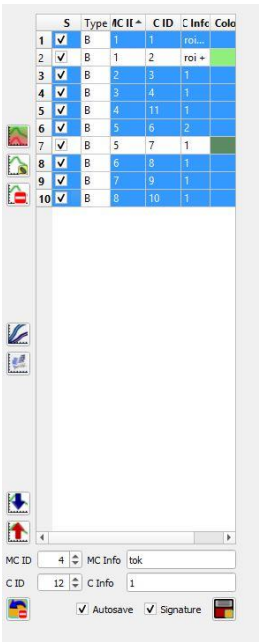


Figure 7. The ROI saved in the Training input

3.3.2 Create the ROIs

We are going to create ROIs defining the Classes and Macroclasses, which are the identification codes of land cover classes. Each ROI is identified by a Class ID (i.e. C ID), and each ROI is assigned to a land cover class through a Macroclass ID (i.e. MC ID). Macroclasses are composed of several materials having different spectral signatures. In order to achieve good classification results we should separate spectral signatures of different materials, even if belonging to the same macroclass.

Table 2. Wavelengths by MC ID

Macroclass name	Macroclass ID	Approximate Wavelengths
Skala, tok, sneh	1	0.15
Kalamita	2	0.65
Lesy, pasienky, lúky	3	0.55
Ťažba	4	0.4
Sucháre	5	0.3

ROIs can be created by manually drawing a polygon (see Fig. 8.) or with an automatic region growing algorithm (see Fig.9.). In order to manually create a ROI, click the button  in the Working toolbar. Left click on the map to define the ROI vertices and right click to define the last vertex closing the polygon. An orange semi-transparent polygon is displayed over the image, which is a temporary polygon (i.e. it is not saved in the Training input). If the shape of the temporary polygon is good, we can save it to the Training input. Open the Training input to define the Classes and Macroclasses. Now click  button to save the ROI in the Training input. (CONGEDO, 2016)

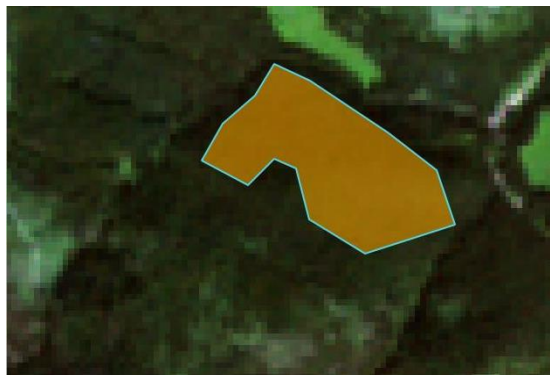


Figure 8. Create manually a ROI; Forest. Color composite RGB = 3-2-1

Or we are going to create another ROI for the Forest class using the automatic region growing algorithm. Click  the button in the Working toolbar and click over the area of the map (for example a snow). After a while the orange semi-transparent polygon is displayed over the image. Distantion value should be set according to the range of pixel values.

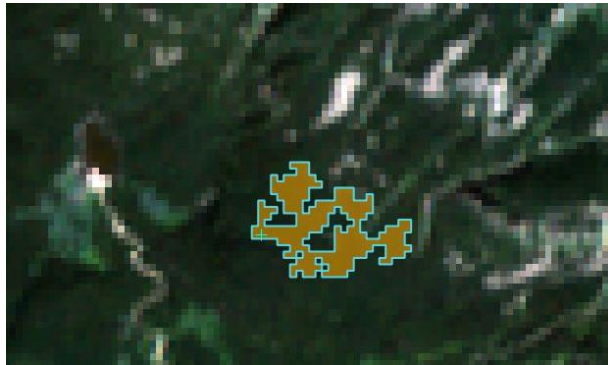


Figure 9. Create automatic ROI; Forest. Color composite RGB 3-2-1

We need to create several ROIs (i.e. spectral signatures) for each macroclass (repeating the steps in Create the ROIs), assigning a unique C ID to each spectral signature, and assess the spectral distance thereof in order to avoid the overlap of spectral signatures belonging to different macroclasses.

3.3.3 Create a Classification Preview and the Classification Output

The classification process is based on collected ROIs (and spectral signatures thereof). It is useful to create a Classification preview in order to assess the results (influenced by spectral signatures) before the final classification. In case the results are not good, we can collect more ROIs to better classify land cover. Before running a classification (or a preview), set the color of land cover classes that will be displayed in the classification raster. Also, we need to set the color for macroclasses in the table “Macroclasses”. Now we need to select the classification algorithm. In this tutorial we are going to use the Maximum Likelihood. Open the Classification to set the use of classes or macroclasses and in Algorithm select the Maximum Likelihood.

In Classification preview, click  the button and then left click a point of the image in the map (see Fig. 10.). The classification process should be rapid, and the result is a classified square centered in clicked point. (CONGEDO, 2016)

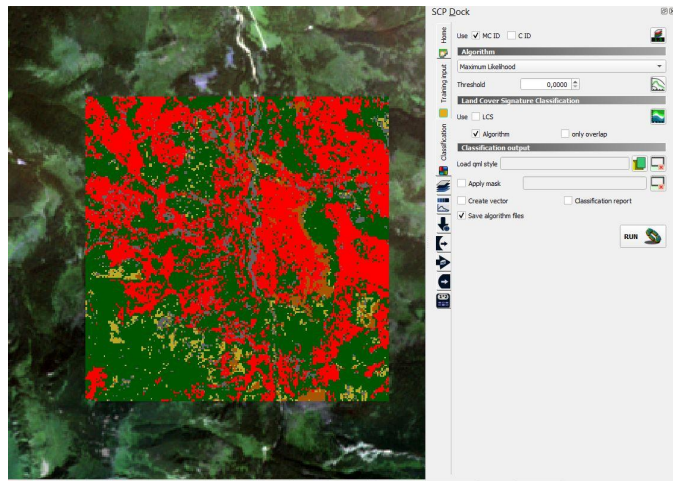


Figure 10. Classification preview displayed over the image using MC ID

Assuming that the results of classification previews were good (i.e. pixels are assigned to the correct class defined in the ROI Signature list), we can perform the actual land cover classification of the whole image. However, you can see that there are several classification errors, because the number of ROIs (spectral signatures) is insufficient. In Classification ☒ check Use MC ID. In the Classification output click the  button RUN and define the path of the classification output (see Fig. 11.), which is a raster file (.tif).

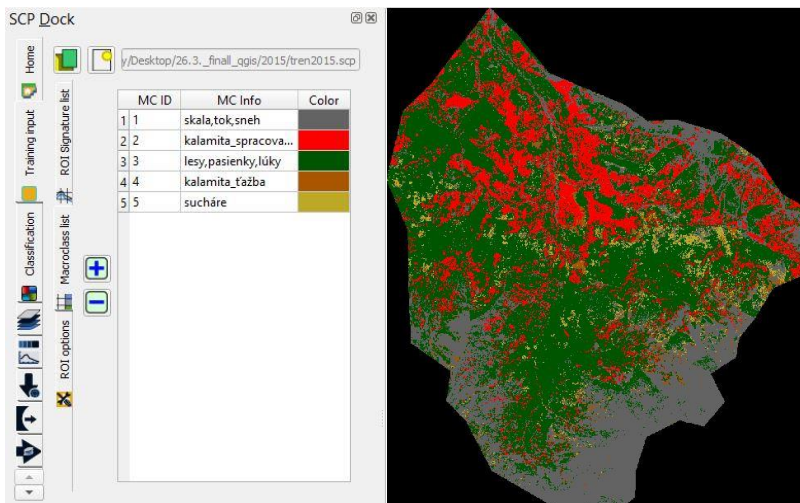


Figure 11. Raster of the land cover classification

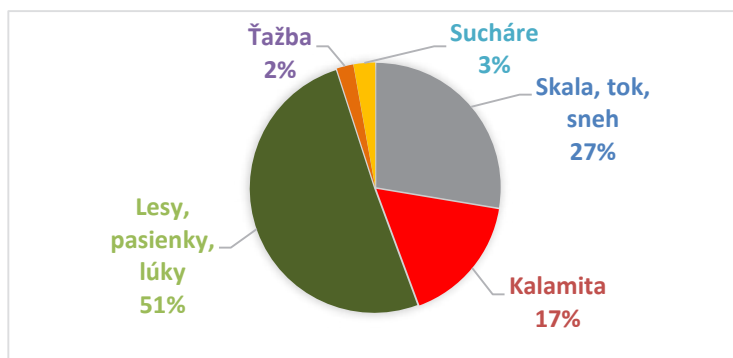
4.4 Accuracy of classification

For better orientation in the results of classification we use Accuracy window in Postprocessing tab. Classification is compared to a reference raster or reference vector (which is automatically converted to raster). The accuracy of the classification is the proportion of the reference file to be compared, in our case it is the user-interpreted training file (vector file) and the classification according to Maximum Likelihood. As Vector field we input Macroclass ID (MC ID). Usually, accuracy assessment is performed with the calculation of an error matrix, which is a table that compares map information with reference data (i.e. ground truth data) for a number of sample areas.

The result of the Accuracy module is a text file that includes data about matrix errors. We will interpret Pixel Sum (10x10m), Area and User's Accuracy.

Table 3. Accuracy of classification

MC Info	Pixel Sum	Area	UA [%]
Skala, tok, sneh	108942	1090,12	94,95
Kalamita	65954	659,96	89,33
Lesy, pasienky, lúky	199787	1999,16	95,10
Ťažba	8556	85,61	68,75
Sucháre	11068	110,75	48,62



Graph 1. Representation of MC in the place of interest (Belianske Tatry)

For inanimate objects, disturbance and living objects, the accuracy is approximately 90% or more. Well at Macroclass Ťažba and Sucháre, it is lower. This is due to the low density of training input and less wavelength scattering in the spectral expression of vegetation.

CONCLUSION

The primary aim of the work was to demonstrate the usability of satellite imaging of site of interest using the Sentinel-2 satellite. Forest monitoring using the Sentinel-2 satellite system is suitable for its availability and topicality. Thus, foresters could use these technologies to control the condition and seasonal development of any stands throughout the decade and thus locate problematic places. The aim of this work was also to inform forest managers about the possible use of this satellite system to predict the development of disturbance processes in forest ecosystems. Using this data obtained in QGIS and, of course, the basic skill of the user to operate this program, we are able to diagnose the state of health in the stand, and consequently provide the necessary measures to limit the spread of harmful agents in the forest environment.

In this work we chronologically, in detail captured and described the methodology of image processing in the modules that are described in this work. Among the most important points of data processing could be the downloading of images, their georeferencing and classification, which also serve as an output. The tools we used are sensitive to any change in the data we put in them, so it is necessary to keep the procedure of using the modules in the same order as we present in this work, otherwise the calculation of results will fail in one step. We must also be careful about the output files, in which directory they will be stored and what extension we will give them. The system automatically generates the appropriate suffixes but may not assign any. Failure to do so will be evaluated by the system as an error.

The results obtained from the data can be further used, for example when comparing seasonal forest state surveys. Land Cover Change in the SCP plugin provides a suitable environment for obtaining data on the expansion or retreat of disturbance processes.

„This publication is the result of the project implementation: Comprehensive research of mitigation and adaptation measures to diminish the negative impacts of climate changes on forest ecosystems in Slovakia (FORRES), ITMS: 313011T678 supported by the Operational Programme Integrated Infrastructure (OPII) funded by the ERDF.“

RESUME

Práca poskytuje základné informácie o získavaní a využívaní výsledkov zo satelitného snímkovania pomocou kozmického zariadenia Sentinel-2 pre environmentálne účely, najmä pre lesníctvo. Čiastočným cieľom bolo na základe štúdia odbornej literatúry rozbor problematiky Ďal'kového prieskumu Zeme, resp. rozbor satelitného systému Sentinel-2 v lesnom prostredí so zreteľom na využitie pri analýze zdravotného stavu lesa pomocou softwarového media, QGIS.

Primárnym cieľom tejto práce bolo spracovať a implementovať možnosti využitia satelitných snímok na účely v lesnej prevádzke. Základnými piliermi tejto práce bolo najmä:

- Oboznámenie sa s potrebnými softwarimi a modulmi, pre aktívny priebeh všetkých nevyhnutných výpočtov a analýz programu
- Získanie a spracovanie multispektrálnych snímok a voľne dostupných nástrojov
- Detailné popísanie metodiky, ktorou sa dosiahne požadovaný výsledok
- Základne rámce spektrálnej klasifikácie získaných snímok

Výsledkom práce má byť poukázanie spracovania dát pomocou QGIS-u, ako na jednu z možností využívania geoinformačných technológií na zisťovanie zdravotného stavu lesa. Dáta, ktoré sme spracovali majú upozorniť na naliehavosť opatrení, ktoré by dnešné precízne lesníctvo mohlo pre svoj progresívny rast a vývoj využívať.

List of literature

1. CONGEDO, Luca (2016). Semi-Automatic Classification Plugin Documentation. DOI: <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.29474.02242/1>
2. RADOUX, J., CHOMÉ, G., JACQUES, D. C., WALDNER, F., BELLEMANS, N., MATTON, N., DE-FOURNY, P. (2016). Sentinel-2's potential for sub-pixel landscape feature detection. Remote Sensing, 8(6). <https://doi.org/10.3390/rs8060488>
3. SIVÁK, M. 2019 Archívne a satelitné materiály DPZ ako podklad pre sledovanie zmien v lokalite demänovská dolina
4. ŽÍHLAVNÍK, Š. 2004 Geodézia, fotogrametria a mapovanie v lesníctve. 387 strán. ISBN 80-228-1287-0.
5. ŽÍHLAVNÍK, Š., SCHEER, L. 2000. Diaľkový prieskum Zeme v lesníctve. 289 strán. ISBN 80-228-0991-8

INTERNET SOURCES

1. COPERNICUS, EUROPE EYES ON EARTH. Obtained on 30.03.2020. http://copernicus.eu/sites/default/files/documents/Brochure/Copernicus_brochure_SK_web_Oct2017.pdf
2. ESA Missions SENTINEL-2. Obtained on 24.03.2020. <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2> and user guides, <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/user-guides/sentinel-2-msi>
3. SMITH, R. (2012). Tutorial: Introduction to Hyperspectral Imaging. Obtained on 4.4.2020 <http://www.microimages.com/documentation/Tutorials/hyprspec.pdf>

Adresa autora:

Bc. Matúš Pivovar
Kremná 23
065 22 Mníšek nad Popradom
Slovenská republika
e-mail: matus.pivovar@gmail.com

POROVNANIE RÔZNYCH SPÔSOBOV HODNOTENIA PRIEDUCHOVÝCH CHARAKTERISTÍK IHLÍC

Marek ŠTEFANEC, Alena KONÔPKOVÁ, Daniel KURJAK

Abstrakt

Prieduchy sú základnými a mimoriadne významnými štruktúrami listov rastlín, keďže zabezpečujú reguláciu toku vodných pár a CO_2 medzi ovzduším a rastlinou. To je dôležité najmä počas vegetačnej sezóny, kedy rastliny intenzívne fotosyntetizujú, ale tiež je nevyhnutná regulácia strát vody počas suchých období. Pre meranie a následné zhodnotenie prieduchových charakteristík môžeme využiť rôzne metódy odoberania vzoriek. V tejto práci sme sa zamerali na rôzne spôsoby prípravy obrazového materiálu na ihliciach. Porovnávali sme odoberanie vzoriek pomocou otláčkov v transparentnom laku, pomocou fotografií vyhotovených bifokálnou lupou a metódou reverzných otláčkov pomocou zubárskej hmoty. Cieľom výskumu je porovnať metódy z hľadiska ich časovej náročnosti a kvality získaného výstupu, čo určí možnosť použitia automatického počítania prieduchov pomocou programu. Taktiež chceme overiť, ktoré výstupy sú použiteľné pre hodnotenie veľkosti prieduchových buniek.

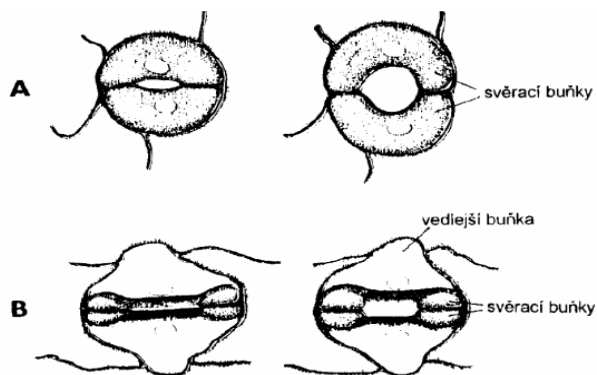
Kľúčové slová: stomata, metódy zobrazenia prieduchov, dĺžka prieduchov, hustota prieduchov

ÚVOD

Pri lesných drevinách je ich fyziologická aktivita a tvorba biomasy silne limitovaná dostatkom alebo deficitom vody. Rastliny nachádzajúce sa v našich klimatických podmienkach zle znášajú silné suchá, ktoré negatívne vplyvajú na ich fyziologické procesy, produkciu a rast. Zlá odozva rastlín na silné sucha v našich podmienkach je dôsledok toho, že rastliny nemajú dostatočne vyvinuté obranné mechanizmy na znášanie takýchto klimatických výkyvov. Transpirácia je procesom, ktorý významne a veľmi citlivo reaguje na sucha (KOVALČIKOVÁ, STŘELCOVÁ 2011a). Intenzita transpirácie vyjadruje, aké množstvo vody sa vyparí za určitý čas z určitej plochy. Napr. 1 hektár bukového lesa vyparí denne 25 000 až 30 000 kg vody (DOLINSKÁ 2010). Priame prepojenie sucha a transpirácie pritom popisujú viacerí autori (MATEJKA et al. 2002 ex KOVALČIKOVÁ, STŘELCOVÁ 2011b).

Pokožka listu má na povrchu kutikulu, ktorá tvorí bariéru a vyparí sa ňou len malá časť vody (kutikulárna transpirácia). Väčšia časť výparu prebieha cez prieduchy (prieduchová transpirácia), preto je ich výskum mimoriadne dôležitý. Prieduchy sú štrbiny medzi dvoma bunkami, ktoré sa zvierajú a tým umožňujú reguláciu prestupu vodných pár a zároveň dochádza aj k regulácii difúzie oxidu uhličitého do rastliny.

Už v roku 1900 sa Brown a Escombe zaujímal o fyzikálnu podstatu difúzie plynov prieduchmi. Zistili, že podstatou fungovania prieduchov je, že sa prieduchy môžu podľa potreby ľubovoľne zatvárať alebo otvárať, čím rastliny regulujú výmenu plynov s prostredím. Zmena otvorenosti prieduchov je zabezpečená zmenou turgorového tlaku v zatváracích bunkách. Zatvorenie prieduchov je veľmi účinné pri zabraňovaní difúzii. Tie nie sú síce schopné zadržať 100% toku plynov, ale v porovnaní s otvorenými prieduchmi nimi dokáže prejsť iba 1 až 5 % (ŠETLÍK ET AL. 2004).



Obr. 1 Ukážka zatvoreného a otvoreného prieduchu [1].

Fig. 1 Display of closed and open stomata [1].

Na obrázku 1 sú znázornené dva najčastejšie sa vyskytujúce typy prieduchov – ukážka A znázorňuje otvorený a zatvorený prieduch typu Amaryllis, v ukážke B je otvorený a zatvorený prieduch typu Graminea. Podľa obrázku je viditeľný jasný rozdiel vo veľkosti prieduchovej štrbiny ako pri otvorených prieduchoch, tak aj rozdiel medzi štrbinami po zatvorení prieduchov.

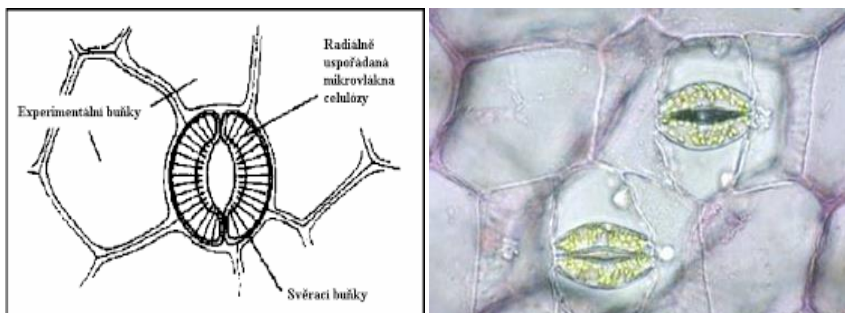


Obr. 2 Mikroskopická snímka prieduchu smreka [2].

Fig. 2 Microscopical picture of spruce stomata [2].

Pri rastlinách poznáme dva základné typy prieduchov:

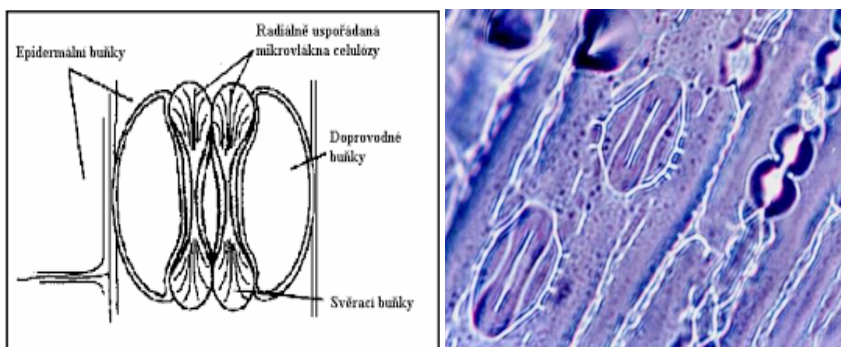
Amaryllis – je najčastejším typom prieduchov. Tvar tohto prieduchu je ohraničený zatváracími bunkami obličkového tvaru. Do prieduchovej štrbiny je privrátená stena zhrubnutá, na rozdiel od tejto časti sú všetky ostatné oblasti bunkovej steny tenšie a pružné. Prieduchovú štrbinu obklopujú celulóзовé mikrofibrily, ktoré sú v stene radiálne usporiadané (ŠETLÍK ET AL. 2004).



Obr. 3 a 4 Radiálne usporiadanie celulóзовých mikrofibríl a zatváracie bunky prieduchov obličkovitého tvaru, typ amaryllis [1, 2].

Fig. 3 and 4 Radial organisation of cellulose microfibrils and kidney-shaped stomatal guard cells, type amaryllis [1, 2].

Graminea – je druhý typ prieduchu, ktorý má taktiež dve bunky, ktoré sa zvierajú. Zatváracie bunky sú člnkovitého tvaru a na vnútorných stranách sú zhrubnuté. Ostatné časti buniek sú tenkostenné, guľovitého tvaru. Okrem zatváracích buniek je prieduchový komplex tvorený aj bunkami vedľajšími, podpornými bunkami. K otvoreniu tohto typu prieduchu dôjde tak, že sa zvýši turgor v guľových koncových častiach zatváracích buniek a tým sa hrubostenné časti od seba oddialia. Prieduchy typu graminea sú zväčša na listoch usporiadané v rade a nájdeme ich pri šáchorovitých a trávovitých typoch rastlín (VOTRUBOVÁ 2001).



Obr. 5 a 6 Radiálne usporiadanie celulóзовých mikrofibríl zatváracích buniek prieduchov, typ graminea [1, 3].

Fig. 5 and 6 Radial organisation of cellulose microfibrils of stomatal guard cells, type graminea [1, 3].

Vo všetkých typoch prieduchov sú zatváracie bunky vystužené prstencom z celulóзовých mikrofibríl, ktoré obmedzujú zväčšenie priemerov zatváracích buniek, ale natiahnutiu v smere osi fibríl nebránia (ŠETLÍK ET AL. 2004).

Počet a veľkosť prieduchov sú variabilné, odlišujú sa medzi druhmi, ale aj pri rôznych jedincoch toho istého druhu. Tento rozdiel je ovplyvnený rôznymi faktormi prostredia, ktoré na jedinca vplývajú. Dĺžka prieduchov sa väčšinou pohybuje v intervale od 5 do 40 μm , šírka pri otvorenom prieduchu je 1 až 12 μm . Počet prieduchov na 1 mm^2 sa uvádza v rozmedzí 15 až 1300, najčastejšie však v rozmedzí od 100 do 300 prieduchov na 1 mm^2 . Vo všeobecnosti však platí, že druhy, ktoré majú väčšie prieduchy, majú menšiu hustotu prieduchov a naopak. LARCHER (1995) udáva, že pri ihličnanoch prieduchy tvoria iba 0,3 až 0,1% povrchu ihlice.

Cieľ práce: V minulosti sme sa venovali hodnoteniu početnosti prieduchov smreka obyčajného pomocou jednoduchého skenovania ihlíc, dostupné sú však viaceré metódy. Cieľom predkladanej práce je otestovať a zhodnotiť rôzne spôsoby odoberania vzoriek prieduchov vzhľadom na využiteľnosť pre pokus na jedli bielej, plánovaný na najbližšiu vegetačnú sezónu. V predkladanej práci sú preto posúdené výhody a nevýhody viacerých metód. V súčasnosti nebolo, z dôvodu obmedzeného prístupu do laboratórií, možné dokončiť všetky práce na ihliciach jedle, preto sme využili tiež snímky zo smreka resp. borovice, ktoré sme vyhotovili v nedávnej minulosti. V práci je tiež uvedený návod na analýzu snímok s využitím programu ImageJ.

MATERIÁL A METODIKA

Metóda s bifokálnou lupou: ako prvý spôsob pre možnosť ďalšieho spracovania obrazu prieduchov sme použili bifokálnu lupu. Pri tomto spôsobe sme ihlice jedle skúšali fotiť pomocou jednoduchého snímkovania s využitím kamery a s obrazovým prenosom na monitor počítača. Pre testovanie tejto metódy sme použili ihlice jedle bielej.

Metóda odoberania otláčkov koloidovou metódou: pri tejto metóde je potrebné ihlicu natrieť lakom, ktorý necháme zaschnúť. Po zaschnutí nalepíme na natretú ihlicu priesvitnú pásku. Po odstránení pásky zostáva na povrchu lak, v ktorom je možné pozorovať otláčky prieduchov. Tieto otláčky použijeme po prenose na podložné sklíčko na ďalšie merania pomocou mikroskopu. Požijú sa rôzne zväčšenia: pre rátanie počtu je to väčšinou 10-násobné zväčšenie (pri rastlinách s väčšími prieduchmi sa môže použiť aj 4-násobné) a ak chceme merať rozmery prieduchov, je vhodné použiť aspoň 40-násobné zväčšenie. Pre testovanie tejto metódy sme použili ihlice jedle bielej.

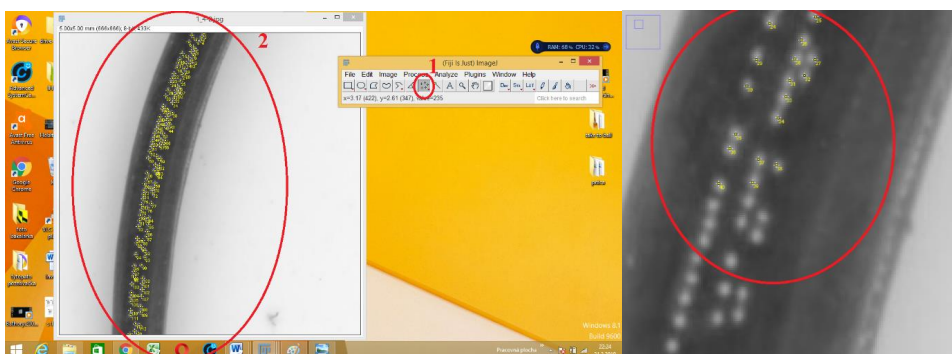
Metóda otláčkov v zubnej hmote: metódu otláčkov v zubárskej hmote sme doposiaľ na ihliciach jedle nestihli overiť. Pre porovnanie sme použili snímky vyhotovené na ihliciach borovice a smreka. Pripraví sa zubárska hmota, do ktorej sa otláči ihlica. Po vytvrdnutí hmoty (cca 5 minút) sa postupuje rovnako, ako v prípade koloidovej metódy: nanesie sa tenká vrstva priesvitného laku na nechty na zatvrdnutú hmotu a keď uschne, lak sa

stiahne pomocou priesvitnej lepiacej pásky a preniesie na podložné sklíčko. Následne je možné odtlačky pozorovať pod mikroskopom.

Metóda pomocou snímok zo skeneru: pri tejto metóde ihlice skenujeme výkonným skenerom, ktorý nám zaručí čo najväčšiu kvalitu snímky pre ďalšie spracovanie. Pre testovanie tejto metódy sme použili ihlice smreka obyčajného.

Metóda rátania prieduchov: po odobraní vzoriek budeme používať na stanovenie počtu prieduchov program Image J, ktorý sme v rámci bakalárskej práce využívali pri hodnotení početnosti prieduchov na ihliciach smreka. Uvádzame preto stručný postup stanovenia počtu prieduchov na ihliciach pomocou Image J. Pri tejto metóde môžeme rátať prieduchy dvoma spôsobmi, automatickým rátaním prieduchov alebo manuálnym (podrobný návod je uvedený v bakalárskej práci ŠTEFANEK 2019).

Pri automatickom rátaní si z danej časti snímky vyrežeme štvorček o známej veľkosti, z ktorého robíme duplikát, na ňom nastavíme silu kontrastu a program sám stanoví počet prieduchov. Problém môže nastať, ak je snímka nekvalitná alebo sa na nej nachádzajú rôzne defekty a chyby, ktoré potom program zarátá ako prieduch. Preto je dôležité vybrať v tomto prípade čo najkvalitnejšie snímky a výstup skontrolovať.



Obr. 7 Znáozornenie manuálneho rátania prieduchov na vzorke o dĺžke 5 mm a na priblíženej časti pre lepšie zachytenie každého prieduchu. Vďaka priblíženiu výrazne vidieť jednotlivé prieduchy aj keď sú blízko seba.

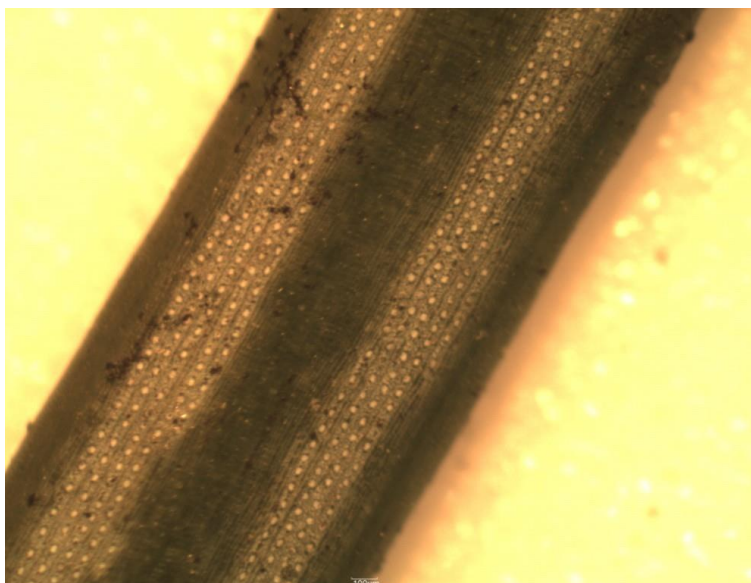
Fig. 7 Sample of manual counting of the stomata on 5 mm long sample and zoomed part for better resolution of each particular stomata. It is possible to recognise individual stomata by zooming even when they are close to each other.

Manuálne rátanie prebieha na prvotnej snímke, kde každému prieduchu kliknutím priradíme poradové číslo. Na konci teda vieme presný počet prieduchov. Metóda môže byť niekedy zdĺhavá, ale vylučujeme chybu programu pri nekvalitnej snímke. V tomto prípade môžeme použiť všetky metódy odoberania odtlačkov.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Na obr. 7 môžeme vidieť ihlicu, na ktorej môžeme bez väčších problémov rozpoznať prieduchy od možných defektov, ktoré by v prípade rátania mohli ovplyvniť konečné číslo. S týmto problémom sme sa stretli pri meraniach snímok poškodených ihlíc smreka, ktoré boli odoberané skenovaním.

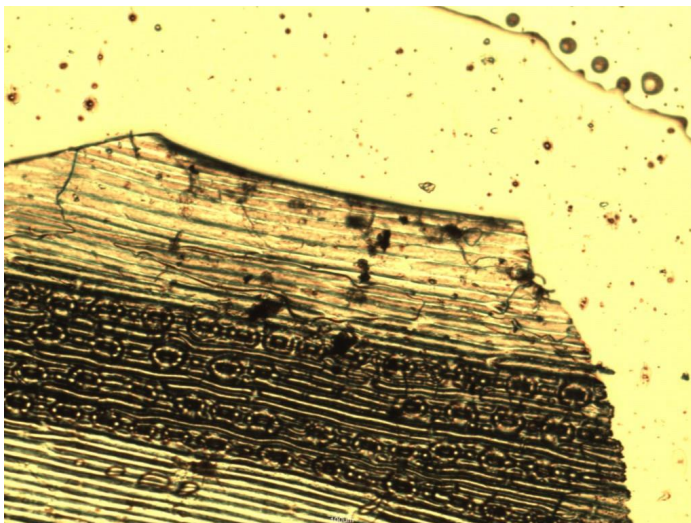
Snímky pod bifokálnou lupou môžeme odoberať relatívne rýchlo a umožňujú bezproblémovú prácu v prípade rátania počtu, avšak nie sú vhodné, ak chceme merať rozmery zatváracích buniek prieduchov. Limitujúcim faktorom pri tomto spôsobe je zväčšenie, kedy pri určitom bode začne byť obraz málo čitateľný. Tento spôsob snímkovania je veľmi výhodný pre automatické rátanie prieduchov pomocou programu Image J.



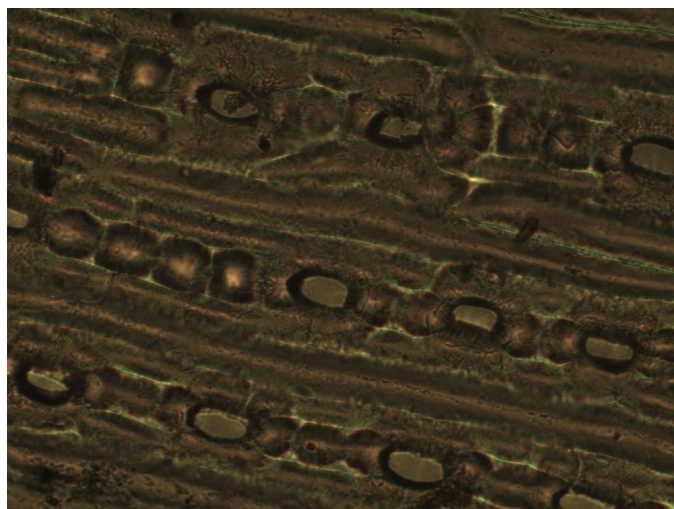
Obr. 7 Snímka ihlice a prieduchov jedle pod bifokálnou lupou, 4-násobné zväčšenie.

Fig. 7 Picture of the stomata of fir needle taken by microscopic bifocal; magnification of 4x.

Pri správnom odoberaní nám koloidová metóda umožňuje získať kvalitné vzorky pre rátanie prieduchov (obr. 8 a 9). Každý prieduch je dobre viditeľný a dá sa dobre zhodnotiť. Metóda je viac vhodná pre manuálne rátanie prieduchov v programe Image J, nakoľko popri detailoch vystupuje do popredia aj obrazový šum. Menšou nevýhodou je časové hľadisko odoberania vzoriek. Ďalšou nevýhodou je možnosť poškodenia vzorky, keďže v niektorých prípadoch môže dôjsť ku roztrhnutiu a znehodnoteniu otlačku. To robí metódu pomerne časovo náročnou.



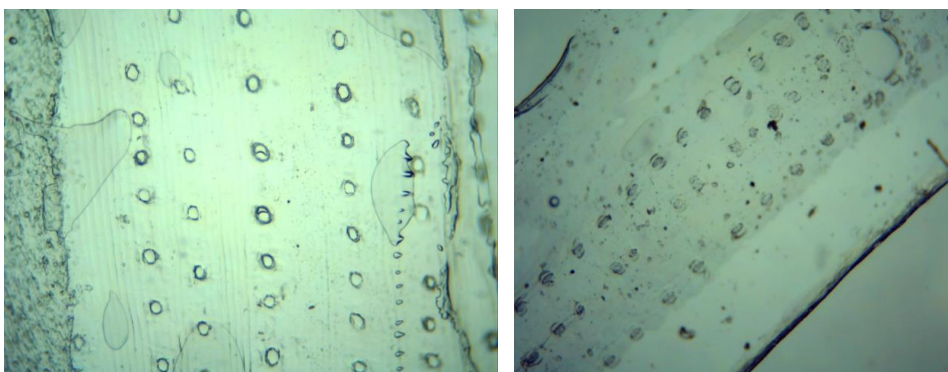
Obr. 8 Snímka otlačku prieduchov jedle v laku – koloidová metóda, 10-násobné zväčšenie.
Fig. 8 Imprint of the stomata of fir needle – colloid method, magnification of 10x.



Obr. 9 Snímka otlačku prieduchov jedle v laku – koloidová metóda, 40-násobné zväčšenie.
Fig. 9 Imprint of the stomata of fir needle – colloid method, magnification of 40x.

Ako výhodu pri tomto spôsobe môžeme uviesť kvalitu obrazu a otlačku, pri ktorom si môžeme všimnúť aj ľahko zistiteľné okraje prieduchu, čo nám poskytuje možnosť merania

veľkosti jednotlivých prieduchov pre ich ďalšie porovnanie. Na obrázku 9 môžeme vidieť, že pri 40-násobnom zväčšení môžeme merať aj veľkosti prieduchov resp. prieduchových štrbín. Obrázok je čistý a okraje prieduchov sú čitateľné a ľahko rozpoznateľné. Zaujímavou možnosťou je tiež vyhotovenie odtlačkov priamo v teréne bez nutnosti odstrihnúť vetvu. To by však ďalej zvýšilo časovú náročnosť.



Obr. 10 a 11 Naľavo odtlačok prieduchov borovice vľavo a prieduchov smreka vpravo.

Fig. 10 and 11 Reverse imprint of the stomata of pine (left) and spruce (right).

Otlačky v zubárskej hmote (obr. 10 a 11) nám umožňujú bezproblémové rátanie počtu prieduchov aj meranie veľkostí prieduchových štrbín, nakoľko zreteľne vidíme jednotlivé okraje. Táto metóda je však časovo najnáročnejšia.



Obr. 12 Snímka ihlice smreka zhotovená pomocou skenera.

Fig. 12 Picture of the needle of spruce taken by the scanner.

Metóda snímkovania s využitím skenera je rýchla a nenáročná. Poskytuje nám obraz celej ihlice, čo môže byť výhodou. Pri testovaní smreka (obr. 12) bolo častou komplikáciou tvarovanie ihlice. Ak sa ihlica točila, nemohli sme dôkladne spočítať všetky prieduchy, otáza je tiež identifikovanie hornej časti ihlice, ktoré môže vnieť do dát šum pri

porovnávaní skupín stromov. Pri ihliciach jedle sa týmto problémom vyhneme, keďže prieduchy sú lokalizované zo spodnej strany ihlice a ihlice majú sploštený tvar bez rotácie.

Nedostatok tejto metódy vidím počas automatického sčítavania prieduchov s využitím Image J, pretože program na takýchto snímkach nedokázal vždy presne rozpoznať rozdiel medzi prieduchom a poškodenou časťou ihlice, čím môžu vniknúť odchýlky a zlé vyhodnotenia početností. Ak sa rozhodneme pri tejto metóde použiť automatické sčítavanie, odporúčame každú snímku na konci prekontrolovať, aby sme si boli istí, že program nezarátal aj tieto chyby. Následne je potrebné výsledok korigovať.

Ďalšia nevýhoda pri tejto metóde je slabé rozlíšenie pri väčších priblíženiach, kedy kvalita obrazu nedovoľuje merať veľkosti prieduchov. S touto metódou sa však dobre pracovalo pri manuálnom sčítavaní.

ZÁVER

V predkladanej práci sme zhodnotili metódy získania obrazového výstupu pre hodnotenie prieduchov a postup vyhotovenia a vyhodnotenia snímok. Ako najzďľhavejšiu a najzložitejšiu metódu hodnotím metódu reverzných odtlačkov v zubárskej hmote. Avšak kvalitou sú snímky na veľmi dobrej úrovni a následne umožňujú dobrú prácu s obrazom, ako aj hodnotenie veľkosti prieduchovej štrbiny.

Najrýchlejšou metódou je skenovanie ihlíc. Metóda je rýchla, dobre použiteľná pri rátaní prieduchov, ale nevhodná z hľadiska merania rozmerov prieduchov.

Ako kvalitné hodnotím metódy snímkovania pomocou bifokálnej lupy a koloidovú metódu. Pri koloidovej metóde môžeme pozorovať takmer každý detail aj na prieduchu a jeho bunkách, avšak často dochádza k poškodeniam vzoriek pri strhávaní pásky z ihlíc. Pri metóde s použitím bifokálnej lupy máme kvalitné snímky a je možnosť sčítavania počtu prieduchov, aj následného merania ich veľkostí.

Realizované testy metód nám umožnia lepšie plánovanie pokusov pre budúcnosť. Vyhotovená snímka je väčšinou kompromisom medzi časovou náročnosťou a kvalitou. Pre hodnotenie znakov s najväčšou variabilitou a nižšími požiadavkami na presnosť (napr. početnosť prieduchov) je vhodnejšie používať rýchlejšie metódy s väčším množstvom opakovaní. Pre ťažšie hodnotiteľné znaky využijeme presnejšie a zďľhavejšie metódy s menšou výberovou vzorkou.

PodĎakovanie

Uvedená práca vznikla s finančnou podporou projektov *VEGA* č. 1/0535/20 a APVV-16-0306. „Táto práca vznikla vďaka podpore v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekt: Komplexný výskum mitigačných a adaptačných opatrení na zmiernenie negatívnych dopadov klimatických zmien na lesné ekosystémy Slovenska (FORRES), kód ITMS: 313011T678, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.“

Použitá literatúra

- ČATSKÝ J., TICHÁ I., 1980, Transport a cesty oxidu uhličitého ve fotosyntetizujícím listu.
- DOLINSKÁ, J., 2010, Veda a život rastliny. Dostupné na: http://www.oskole.sk/?id_cat=55&clanok=6018
- KOVALČÍKOVÁ, D., STŘELCOVÁ, K., 2011a, Transpirácia smreka (*Picea abies* L. Karst) v podmienkach sucha. *Acta Facultatis Forestalis*, 53(1): 19–34.
- KOVALČÍKOVÁ, D., STŘELCOVÁ, K., FABRIKA, M., 2011b, Modelovanie transpirácie smreka obýčajného (*Picea abies* L. Karst) v optimálnych vlhkostných podmienkach a v podmienkach stresu suchom. In *Bioclimate: Source and Limit of Social Development International Scientific Conference, 6th – 9th September 2011* (eds.: Šiška, B., Hauptvogel, M., Eliašová, M.). Topoľčianky, Slovakia, p. 3–5.
- LARCHER (1995) LARCHER, W., 1995, Physiological Plant Ecology. Springer-Verlag, Berlin, 506pp.
- ŠETLÍK, I., SEIDLOVÁ, S., ŠANTRŮČEK, Š., 2004, Fyziologie rostlin. Jihočeská Univerzita, České Budějovice. Dostupné na: <https://web.natur.cuni.cz/biochem/kucera/rostliny/is/fyzros.html>
- ŠTEFANEC, M., 2019, Hustota prieduchov smreka (*Picea abies* L.): medziročné rozdiely a závislosť od nadmorskej výšky, Bakalárska práca, TU vo Zvolene.
- VOTRUBOVÁ, O., 2001, Anatomie rostlin. Nakladatelství Karolinum, Praha, 194 pp.

Snímky:

[1] <http://crzp.uniag.sk/Prace/2011/D/59AF742C3E8A4C1487A934C386074709.pdf>

[2]

http://ostrava.educanet.cz/www/biologie/indexc3cec3ce.html?option=com_content&view=article&id=114&Itemid=114

[3]

<http://vedajezabava.upol.cz/docs/manual-mikroskopovani.pdf>

Kontaktné údaje

Marek Štefanec, Alena Konôpková, Daniel Kurjak
Katedra integrovanej ochrany lesa a krajiny
Lesnícká fakulta
Technická univerzita vo Zvolene
T. G. Masaryka 24
960 01 Zvolen
e-mail: marek.agbar@gmail.com

Comparison of different methods for assessing stomatal Traits of needles

Summary

The regulation of both, CO₂ flow and water vapour flow between plant and air are controlled by stomata. Thus, stomatal characteristics are extremely important not only for growth but also during drought periods. It is possible to use several methods for measuring and evaluating of stomatal traits. We focused on different ways of taking pictures from needles. We compare the quality and time-demands of taking those pictures, which is essential for automatic counting of stomata. We also evaluate the suitability of the particular method for assessing of stomatal size.