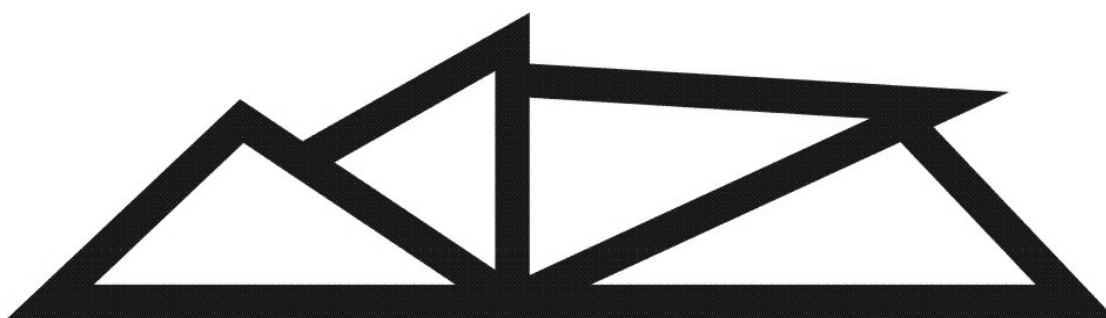


Technická univerzita vo Zvolene

Fakulta techniky

KATEDRA ENVIRONMENTÁLNEJ A LESNÍCKEJ TECHNIKY



Mobilné energetické prostriedky – Hydraulika
– Životné prostredie
– Ergonómia mobilných strojov

Vedecký recenzovaný zborník

Zvolen, 2021

MOBILNÉ ENERGETICKÉ PROSTRIEDKY - HYDRAULIKA
- ŽIVOTNÉ PROSTREDIE
- ERGONÓMIA MOBILNÝCH STROJOV

Vedecký recenzovaný zborník

MOBILE ENERGY SYSTEMS - HYDRAULICS - ENVIRONMENT
- ERGONOMICS OF MOBILE MACHINES

Peer – reviewed Proceedings

Editori: doc. Ing. Jozef Krilek, PhD., Ing. Tomáš Kuvik, PhD.
(TU vo Zvolene FT, KELT)

Recenzenti:

doc. Ing. Pavel Beňo, PhD., TU vo Zvolene FT, KMSD
doc. Ing. Miroslav Dado, PhD., TU vo Zvolene FT, KVTMK
doc. Ing. Richard Hnilica, PhD., TU vo Zvolene FT, KVTMK
Ing. Stanislav Kotšmíd, PhD., TU vo Zvolene FT, KMSD
Ing. Jaroslav Matej, PhD., TU vo Zvolene FT, KMSD
doc. Ing. Peter Koleda, PhD., TU vo Zvolene FT, KVAT

Vydanie: I – 2021

Vydavateľ: Technická univerzita vo Zvolene

Náklad: 50 výtlačkov

Rozsah: 276 strán

Grafická úprava: doc. Ing. Jozef Krilek, PhD., Ing. Tomáš Kuvik, PhD.

Preklad do anglického jazyka: autori

Tlač: Vydavateľstvo Technickej univerzity vo Zvolene

Technická redakcia: Vydavateľstvo Technickej univerzity vo Zvolene
www.tuzvo.sk

Za odbornú a jazykovú úroveň textu sú zodpovední recenzenti a autori jednotlivých príspevkov.
V zborníku sú publikované pôvodné vedecké práce.

© 2021, Technická univerzita vo Zvolene

ISBN 978-80-228-3279-3

Spoluorganizátor: Drevársky kongres, člen Zväzu slovenských vedecko-technických spoločností



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

Obsah

Oliver BARTÍK – Ján JOBBÁGY

SYSTEM MONITORINGU ZAVLAŽOVACÍCH ZARIADENÍ S KONTROLOU
ICH AKTUÁLNEHO STAVU A PREDIKCIOU MOŽNÝCH PORÚCH..... 6

Iveta ČABALOVÁ – Jozef KRILEK – Roman RÉH

SEKUNDÁRNE ZHODNOTENIE PLASTOVÝCH ODPADOV
Z AUTOMOBILOVÉHO PRIEMYSLU 13

Peter DANČANIN – Ján JOBBÁGY

EVALUATION OF WORK QUALITY
OF THE SELECTED WIDE IRRIGATION MACHINE..... 19

Martin DOČKALIK – Ján JOBBÁGY

EFEKTÍVNOSŤ PRÁCE NÁVESNÉHO ZBERAČA HROZNA 26

Jiří DVOŘÁK, Pavel NATOV, Martin JANKOVSKÝ, Ondřej NUHLÍČEK

VÝROBNE-EVIDENČNÉ SOFTWARE ŤAŽBOVÝCH STROJOV
A ICH VYUŽITIE..... 34

Ján GADUŠ – Tomáš GIERTL

POROVNANIE BIOPALÍV ZÍSKANÝCH PYROLÝZOU RÝCHLORASTÚCICH
DREVÍN A ENERGETICKÝCH BYLÍN 43

**Arkadiusz GENDEK – Monika ANISZEWSKA – Jan MALAŤÁK – Barbora
TAMELOVA – Jan VELEBIL – Štěpán HÝSEK**

PHYSICAL, MECHANICAL AND ENERGY PROPERTIES OF BRIQUETTES
PRODUCED FROM CONIFER CONES 51

Tomáš GIERTL – Ján GADUŠ – Michaela HALENÁROVÁ

ENERGETICKÉ ZHODNOTENIE ODPADU Z KAKAOVÝCH BÔBOV 59

Pavol HARVÁNEK – Ján MELICHERČÍK – Ján KOVÁČ – Tomáš KUVIK

NÁVRH METODIKY MERANIA
V OBLASTI BEZTRIESKOVÉHO STÍNANIA DREVA..... 67

Milan HELEXA

VALIVÝ ODPOR VYBRANEJ AGRO-LESNÍCKEJ PNEUMATIKY..... 73

Ján JOBBÁGY – Erik ČERNAY

APLIKÁCIA PIVOTOVÉHO ZAVLAŽOVAČA VALLEY CENTER PIVOT 82

Ján JOBBÁGY – Peter DANČANIN

ROVNOMERNOSŤ POSTREKU VYBRANÝCH PÁSOVÝCH ZAVLAŽOVAČOV ... 90

Ján JOBBÁGY – Zuzana MATEJÍČKOVÁ

MOŽNOSTI VYUŽITIA BIOENERGETICKÉHO POTENCIÁLU
ODVODŇOVACIEHO KANÁLA 97

Ján JOBBÁGY – Juraj ROŽEK VPLYV ZMENY TLAKU NA KVALITU PRÁCE ROZSTREKOVAČA	106
Ján JOBBÁGY – Adam SCHMIDT HODNOTENIE MECHANIZOVANÉHO ZBERU HROZNA VO VYBRANOM VINÁRSKOM PODNIKU	113
Pavol KOLEDA MERANIE ROZMEROV OBJEKTOV V OBRAZE POMOCOU PROGRAMU MATLAB.....	121
Ján KOVÁČ – Milan HELEXA TAKTILNÉ SNÍMAČE V OBLASTI VÝSKUMU KONTAKTNÝCH ÚLOH PNEUMATIKOVÝCH KOLIES S PEVNOU PODLOŽKOU	130
Jozef KRILEK DIMENZOVANIE PODREZÁVACIEHO NOŽA PRE VYZDVIHOVAČ SADENÍC V LESNÝCH ŠKÔLKACH	138
Koloman KRIŠTOF – Milan ŠINKOVIČ – Michal ANGELOVIČ BEZPEČNOSŤ OBSLUHY POĽNOHOSPODÁRSKEJ TECHNIKY VO VZŤAHU K HLUČNOSTI	146
Tomáš KUVIK – Pavol KOLEDA VÝPOČET SOLÁRNEHO PANELU PRE OHREV TÚV	154
Marek LIPNICKÝ – Zuzana BRODNIANSKÁ NÁVRH A ZHOTOVENIE NOVÉHO KONŠTRUKČNÉHO TYPU VÍROVÉHO ODLUČOVAČA PRE SEPARÁCIU TUHÝCH ZNEČISŤUJÚCICH LÁTOK	162
Oleg MACHUGA – Andriy SHCHUPAK – Natalia SHEVCHENKO – Mykhajlo BOJKO ENERGETICKÉ CHARAKTERISTIKY FORMOVANIA KOĽAJI PRI ŤAŽBE DREVA	173
Ján MELICHERČÍK POŠKODENIE A OPOTREBOVANIE ODVETVOVACIEHO NOŽA PRI PROCESE BEZTRIESKOVÉHO DELENIA DREVA	185
Danuta OWOC – Wojciech WĘGRODA EXAMINATION OF IMPACT STRENGTH OF DIFFERENT WOOD SPECIES	192
Oleg STYRANIVSKY – Mykola HERYS – Andriy SHCHUPAK TYPES AND MAIN TECHNICAL PARAMETERS OF PROMISING FOREST MACHINES FOR NATURAL AND OPERATIONAL CONDITIONS OF UKRAINE.....	202

Grzegorz SZEWCZYK – Cezary FRANKIEWICZ – Rafał CHOJNOWSKI – Karol GIELAROWIEC DESIGNING THE CONNECTING OPERATING TRAILS IN THINNING STANDS.....	214
Branislav TICHÝ – Jozef KRILEK ANALÝZA TECHNICKÝCH PARAMETROV SEKACÍCH STROJOV	227
Paweł TYLEK, Jacek WOJCIECHOWSKI, Florian ADAMCZYK, Marek SZYCHTA, Józef WALCZYK, Grzegorz SZEWCZYK, Paweł KIEŁBASA, Mariusz KORMANEK, Łukasz MATEUSIAK DRIVE AND HYDRAULIC CONTROL OF THE PLANTING MODULE OF THE AUTOMATIC FORESTRY PLANTER.....	242
Monika VARGOVÁ – Miroslava ŤAVODOVÁ MOŽNOSTI ZVYŠOVANIA ŽIVOTNOSTI SKECÍCH NOŽOV NAVÁRANÍM.....	251
Tomáš ZEMÁNEK – Jindřich NERUDA – Radomír ULRICH PROVOZNÍ HODNOCENÍ STOUPAVOSTI VYVÁŽECÍ TRAKTOROVÉ SOUPRAVY S PŘÍVĚSEM LV 10 HP S HYBRIDNÍM POHONEM.....	260



SYSTÉM MONITORINGU ZAVLAŽOVACÍCH ZARIADENÍ S KONTROLOU ICH AKTUÁLNEHO STAVU A PREDIKCIOU MOŽNÝCH PORÚCH

IRRIGATION MACHINES DATA MONITORING SYSTEM AND PREDICTION OF POSSIBLE MACHINES FAILURES

Oliver BARTÍK – Ján JOBBÁGY

ABSTRAKT: Monitoring strojov, či už výrobných alebo poľnohospodárskych je dnes nevyhnutnosťou. Sledovanie stavu strojov môže zabrániť ich závažným poruchám a predĺžiť tak ich životnosť strojov aj o niekoľko rokov. Monitoring tiež pomáha včas reagovať na vzniknuté poruchy a zabráňuje prestojom strojov. Predikciou a včasnou reakciou, tak môžeme znižovať prevádzkové náklady podnikov.

Kľúčové slová: závlahy, zavlažovacie stroje, zber dát, programovanie

ABSTRACT: Machines monitoring, whether production or agricultural, is an obligation of today. Monitoring the condition of machines can prevent their serious failures and extend machine life by several years. Monitoring also helps to react in time to failures and prevents machine downtime. Prediction and timely response, can reduce operating costs of companies.

Key words: Irrigating, Irrigation machines, data collecting, programming

ÚVOD

Pod závlahou v poľnohospodárstve rozumieme melioračné opatrenia, ktorými sa uskutočňuje zavlažovanie pôdy, porastu alebo prízemnej vrstvy vzduchu vodou. V súčasnosti v mnohých prípadoch dochádza pri zavlažovaní k nadmernej spotrebe vody, čo nie je ekonomicky vyhovujúce. Preto je nevyhnutné hľadať úspornejšie spôsoby zavlažovania s menším nárokom na spotrebu vody (Ján Jobbágy a kol. 2019).

Softvér je možno definovať ako programové vybavenie počítača alebo súhrn všetkých programov, ktoré sa používajú na výpočtovom zariadení. Rozlišujeme systémový softvér a aplikačný softvér. Systémový softvér tvoria operačné programy ako napr.: Windows, Linux, Android a iné. Nadstavbou operačného programu je aplikačný softvér umožňujúci vykonávanie požadovanej činnosti (napr.: zaznamenávanie, spracovávanie a vyhodnocovanie informácií) (Pálková a kol., 2008).

V súčasnosti nie je k dispozícii univerzálny systém zberu dát so závlahových zariadení, ktorý je schopný zbierať, spracovávať a vyhodnocovať dáta. Hlavným cieľom bolo vytvoriť takýto systém, ktorý je možné implementovať na akýkoľvek typ zavlažovacieho zariadenia.

1 MATERIÁLY A METÓDY

Na základe hlavného cieľa, dokumentácií, dostupnej literatúry a internetových zdrojov bol vytvorený systém pod názvom „komplexný systém zberu dát so závlahových zariadení“. Myšlienkou tohto projektu bolo vytvoriť univerzálne zariadenia, kompaktoch rozmerov, pre rôzne typy a značky poľnohospodárskych strojov. Takéto zariadenia spravidla fungujú za pomoci nabíjateľného zdroja a siete GSM. Za pomoci GSM siete sa dáta odosielaajú na server, ktorý ich následne spracuje a výstup týchto dát posiela do užívateľskej aplikácie napr. v mobilnom telefóne.

Metodický postup bol rozdelený do týchto hlavných bodov :

- Výber komponentov pre zariadenie zberu dát
- Skladba a vzájomné logické prepojenie komponentov zariadenia zberu dát
- Naprogramovanie samotného zariadenia
- Výber vhodného typu serveru
- Vytvorenie základných funkcií serveru potrebných pre komunikáciu so zariadením zberu dát.
- Testovanie zariadenia a komunikácie v simulovaných podmienkach
- Testovanie zariadenia a komunikácie v reálnych podmienkach

2 VÝSLEDKY A DISKUSIA

Komplexný systém zberu dát pozostáva z troch hlavných celkov Zariadenie zberu dát, server a užívateľská aplikácia. **Zariadenie zberu dát** implementované na zavlažovači sleduje jeho primárne činnosti (posun, tlak, prietok a pod.). **Server**, ktorý v určitých časových intervaloch odosiela údaje zo zariadenia osadenom na zavlažovači. Poslednou časťou systému zberu dát je **užívateľská aplikácia**, ktorá slúži ako vizualizačný prvok systému zberu dát.



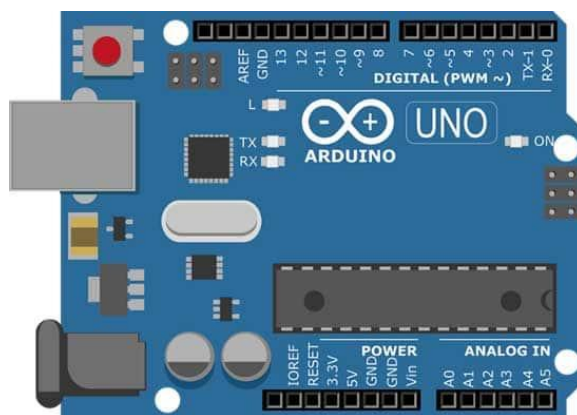
Obrázok 1 Zjednodušená schéma komunikácie systému zberu dát

Pri tvorbe systému zberu dát zo závlahových zariadení bolo potrebné dbať na viacero faktorov ovplyvňujúcich funkčnosť systému.

- Spôľahlivosť komunikácie klient-server
- Čas odozvy zariadenia
- Spôľahlivosť komunikácie z verejnou sieťou GSM
- Výdrž zariadenia v reálnych podmienkach
- Správnosť spracovania údajov
- Správnosť komunikačných protokolov zo strany zariadenia zberu dát.

2.1. HARDVÉR

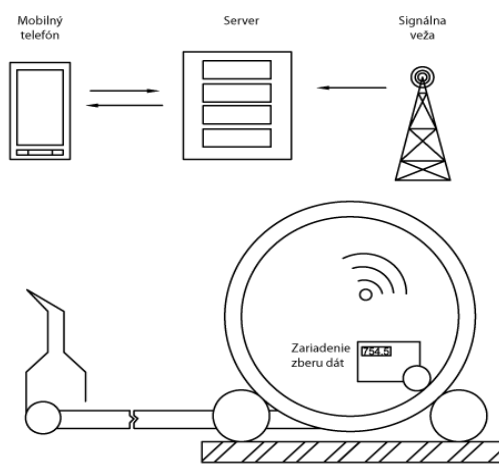
Zariadenie pozostáva z jedno čipovej dosky Arduino, na ktorú sú pripojené snímače pre tlak, pozíciu, vlhkosť a teplotu. Doska Arduino komunikuje so SIM modulom, ktorý informácie o stave zariadenia odosiela prostredníctvom mobilnej siete na server.



Obrázok 2 Náhľad základnej dosky Arduino UNO

2.2. KOMUNIKÁCIA

Sieť GSM je najrozšírenejším štandardom pre hlasovú a dátovú komunikáciu na svete. Zariadenie zberu dát pomocou siete GSM a internetu odosiela dáta do serveru, ktorý ich dekoduje overí ich správnosť a spracuje.



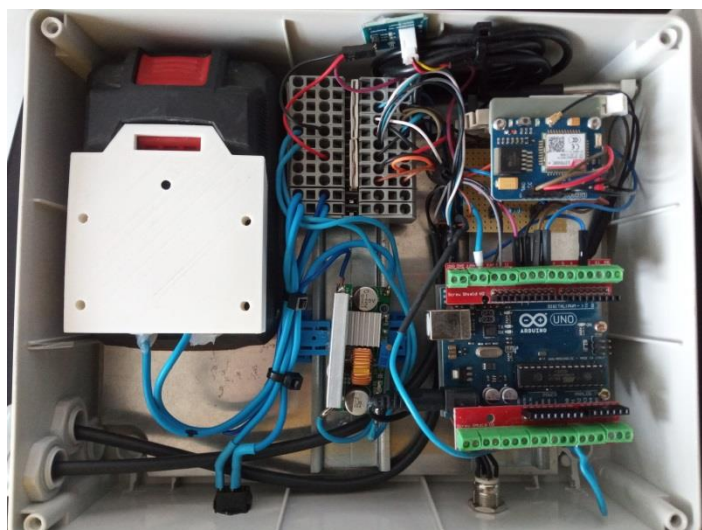
Obrázok 3 Grafické znázornenie komunikácie zariadenia so serverom

Zariadenie osadené na zavlažovači je napájané pomocou externého zdroja (batérie), ktorej výdrž sa odhaduje na približne 168 hodín

2.3. ZABEZPEČENIE

Šifrovanie akejkoľvek dátovej komunikácie je už dnes štandardom softvérových spoločností. Dáta prenášané sieťou GSM a internetom z pravidla musia byť zašifrované aby

nedošlo k napadnutiu a poškodeniu dátového balíku odoslaného na server. Pre zabezpečenie komunikácie sme v našom prípade použili unikátne číslo zariadenia zberu dát v kombinácii s TOKENOM (elektronickým kľúčom). V prípade, že server neobdrží tieto údaje komunikáciu automaticky odmietne (zablokuje).



Obrázok 4 Náhľad zapojenia zariadenia zberu dát

Najhlavnejšou súčasťou systému zberu dát bolo vytvorenie dátového serveru, ktorý sa stará o zaznamenávanie, spracovanie a vyhodnocovanie dát. Ako náhle server obdrží dáta so zariadenia zberu dát, dáta skontroluje (pomocou bezpečnostného kľúča) a spracuje, tak aby ich bolo možné interpretovať užívateľovi

✓ Zobrané riadky 0 - 8 (celkom 9, Dopyt zbral 0.0021 sekúnd.)

SELECT * FROM 'bugsdata'

☐ Zobraziť všetko | Počet riadkov: 25 | Filtrovať riadky: Hľadať v tabuľke | Zoradiť podľa kľúča: Žiadny

Nastavenia

	id	sourceid	datatype	data	deleted	timestamp	reserve2	reserve3
☐ Upraviť ☐ Kopírovať ☐ Zmazať	1	46fsg64sdf65sf64h	0	23,12:55 05-09-2019;22,13:00 05-09-2019;21,13:05 0...	0	0000-00-00 00:00:00		
☐ Upraviť ☐ Kopírovať ☐ Zmazať	2	978fsdf64gsf784hsf	0	23,12:55 05-09-2019;22,13:00 05-09-2019;21,13:05 0...	0	0000-00-00 00:00:00		
☐ Upraviť ☐ Kopírovať ☐ Zmazať	3	46fsg64sdf65sf64h	0	23.5	0	2019-10-13 00:00:00		
☐ Upraviť ☐ Kopírovať ☐ Zmazať	4	46fsg64sdf65sf64h	0	23.5	0	2019-10-13 22:00:15		
☐ Upraviť ☐ Kopírovať ☐ Zmazať	5	46fsg64sdf65sf64h	3	23.5	0	2019-10-13 22:00:43		
☐ Upraviť ☐ Kopírovať ☐ Zmazať	19	46fsg64sdf65sf64h	0	0.95	0	2020-01-26 14:44:41		
☐ Upraviť ☐ Kopírovať ☐ Zmazať	20	46fsg64sdf65sf64h	1	0.00	0	2020-01-26 14:44:54		
☐ Upraviť ☐ Kopírovať ☐ Zmazať	21	46fsg64sdf65sf64h	0	1.90	0	2020-01-26 14:46:29		
☐ Upraviť ☐ Kopírovať ☐ Zmazať	22	46fsg64sdf65sf64h	1	0.00	0	2020-01-26 14:46:43		

☐ Označiť všetko | Výber: ☐ Upraviť ☐ Kopírovať ☐ Zmazať ☐ Exportovať

☐ Zobraziť všetko | Počet riadkov: 25 | Filtrovať riadky: Hľadať v tabuľke | Zoradiť podľa kľúča: Žiadny

Obrázok 5 Databáza serveru zberu dát

Súčasťou systému je aj užívateľská aplikácia pre mobily a tablety, ktoré sú v súčasnosti najrozšírenejšou platformou spadajúcou pod výpočtové zariadenia. Užívateľ pomocou prihlasovacích údajov pristupuje k zberaným údajom zariadenia a vie tak sledovať činnosť pásových zavlažovačov. Aplikácia je postavená na vývojovej platforme (frameworku), ktorý uľahčuje komunikáciu so serverom a zároveň zjednodušuje vizualizáciu prvkov.

IRRIGATIONBUGS				
Prehľad Grafy zariadenia Tabuľky zariadenia Nastavenia zariadení Nastavenia notifikácií Odhlásiť sa				
Prehľad				
ID	Názov zariadenia	SourceID	Stav	Odstrániť
19	bug4	e3sgorveiaj9oa4gnev3	2021-03-25 22:06:48	
18	bug3	n2opfl9hsdm3bnzkgp29p3w	2020-12-26 00:17:08	
2	bug2	978fsdf64gsf784hsf	2021-07-05 12:22:05	
1	bug1	46fsg64sdf65sf64h	2021-07-05 12:31:17	

Obrázok 6 Uživatelské rozhranie systému zberu dát

V roku 2020 sme začali spolupracovať s dvomi poľnohospodárskymi podnikmi, na ktorých ešte aj v súčasnosti náš systém testujeme. Pri testovaní je možné odhaliť a doladiť chyby a nežiaduce efekty ako napríklad výpadky komunikácie či nepresnosť meraní.

O rok neskôr sme vykonali prvé testy na poľnohospodárskom podniku Agromart, a.s. v Trakoviciach. Zariadenia sme nechali v testovacej prevádzke približne dva týždne, kedy nám nepretržite zasielali dáta o stave konkrétnych pásových zavlažovačoch (tlak, teplota prostredia, vlhkosť a rýchlosť navíjania cievky).



Obrázok 7 Náhlady z testovania v reálnych podmienkach

2.4. DISKUSIA

Potreba a aj účinok závlah sa menia a sú rôzne v závislosti od klimatických, topografických, pôdných a ďalších podmienok (Baker, Simoník, 1989). Bolo by potrebné zvýšiť úspory vody o 15 až 20 % na prekonanie disproporcií medzi potrebou a spotrebou, najmä zvyšovaním účinnosti zavlažovania (Simoník, Jobbágy, 2006). Iné spôsoby sa začínajú rozširovať z dôvodu nedostatku kvalitnej vody na zavlažovanie. V tomto storočí sa ma na závlahu ušetriť 20 % spotrebovanej vody (Frančák a kol, 2012).

Hardvér v automatizácii možno definovať ako súhrn všetkých technických hmotných komponentov podieľajúcich sa na určitom technickom pohybe alebo cykle. Hardvérom sú predovšetkým mechanické prvky (statické aj dynamické), elektrické a elektronické prvky ale aj akustické či zobrazovacie prvky (Heraut, 2009).

Softvér je možné definovať ako programové vybavenie počítača, alebo súhrn všetkých programov, ktoré sa používajú na výpočtovom zariadení (Palková, 2008).

Programovacie jazyky sa dajú deliť podľa rôznych kritérií. Najčastejšie sa delia na vyššie a nižšie programovacie jazyky (Fabo, 2009). Štandardný C++ prináša o. i. možnosť reprezentácie európskych znakových množín v C++, uvoľnenie pravidiel pre typ vrátane hodnoty pri preddefinovaní virtuálnych funkcií v odvodenej triede atď. (Megatron, 2009).

3 ZÁVER

Cieľom príspevku bolo na základe získaných praktických a teoretických vedomostí vytvoriť univerzálny komplexný systém zberu dát zo závlahových zariadení. Overenie funkčnosti systému v simulovaných a reálnych podmienkach.

Výhodou tohto systému je najmä jeho univerzálnosť a možnosť nasadenia na akýkoľvek typ závlahového zariadenia a v neposlednej rade aj jeho cenová dostupnosť.

V súčasnosti systém zberu dát zdokonaľujeme a rozširujeme o schopnosť predikcie porúch a poruchových hlásení zo zavlažovacích strojov.

LITERATÚRA:

APLIKÁCIA INFORMATIKA. [online] [s.a.] [cit. 08.12.2019] Dostupné na internete: <http://www.pc-software.xf.cz/aplikacie.html>

BAKER, P. – SIMONÍK, J. 1989. Stroje pre zemné a melioračné práce. Nitra: Vysoká škola poľnohospodárska v Nitre, 1989. 205s.

BARTÍK, Oliver a Ján JOBBÁGY. Komplexný systém monitorovania činnosti závlahovej techniky: úžitkový vzor č. 8579: dátum zápisu 19.8.2019. Banská Bystrica: Úrad priemyselného vlastníctva, 2019.

FABO, 2009. Prednášky k predmetu, Konfigurovateľné a programovateľné elektronické obvody a systémy. Trenčianska univerzita A.Dubčeka, Fakulta Mechatroniky, 2009.

FRANČÁK, J. – MIHINA, Š. – ANGELOVIČ, M. – GÁLIK, R. – KORENKO, M. – SIMONÍK, J. – BOTTO, Ľ. – JOBBÁGY, J. – ŽITŇÁK, M. 2012. Technika v agrokomplexe.

Prvé prepracované vydanie. In: Vysokoškolské skriptá, SPU Nitra, 2012, 191 s., ISBN 978-80-552-0777-3

HERAUT P. Učebnica jazyka C / Česko : Vydavateľstvo Kopp , 2009. 271 s. ISBN 978-80-723-2383-8

JOBBÁGY, J. 2011. Hodnotenie závlahovej techniky z hľadiska rovnomernosti závlahy postrekom. In: vedecká monografia, SPU ES v Nitre, 2011. 123 s. ISBN 978-80-552-0617-2

JOBBÁGY, Ján, Koloman KRIŠTOF a Viliam BÁREK. Meliorácie v poľnohospodárstve: vlastnosti pôdy, odvodňovanie a zavlažovanie. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, 2017. ISBN 978-80-552-1676-8.

JOBBÁGY, Ján a Henrich BLEHO. Vplyv vstupných parametrov nastavenia mikropostrekovačov na výslednú kvalitu práce: vedecká monografia. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita, 2019. ISBN 978-80-552-2044-4.

MEGATRON Elektronik AG & Co. 2009. Winkel sensor MOL30. [online] Publikované 1.9.2009. [Citované 14.3.2011].

Dostupné z <www.emsyst.sk/Produkty/data_uhol_opticke/MOL30.pdf>

PALKOVÁ, Z. – HENNYEYOVÁ K. – OKENKA I. Informatika a informačné technológie / Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita , 2008 . 252 s . ISBN 978-80-552-0113-9

REHÁK, Štefan, Viliam BÁREK, Ľuboš JURÍK, et al. Zavlažovanie poľných plodín, zeleniny a ovocných sádov. Bratislava: Veda, 2015. ISBN 978-80-224-1429-6.

SIMONÍK, J. – JOBBÁGY, J. 2006. Zlepšovanie účinnosti zavlažovania zvyšuje úrodu i úspory vody. In: Moderná mechanizácia v poľnohospodárstve, roč. IX, 2006, č.3, s.5 – 7.

SIMONÍK, J. – RŮŽIČKA, M. – JOBBÁGY, J. 2009. Stroje pre zemné a melioračné práce. Vysokoškolská učebnica. In: SPU Nitra, ISBN 978-80-552-0251-8.

PodĎakovanie: Táto publikácia vznikla vďaka podpore v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekt: Udržateľné systémy inteligentného farmárstva zohľadňujúce výzvy budúcnosti SMARTFARM, ITMS 313011W112, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

Kontaktná adresa:

Ing. Oliver Bartík, Katedra strojov a výrobných biosystémov, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Technická fakulta, Katedra strojov a výrobných biosystémov, Tr. A. Hlinku 2, Nitra 949 76, Slovenská republika. Tel. +421 37 641 4796, xbartik@uniag.sk

prof. Ing. Ján Jobbágy, Ph.D. Slovak University of Agriculture in Nitra, Faculty of Engineering, Department of Machines and Production systems, Tr. A. Hlinku 2, Nitra 949 76, Slovak Republic, phone: : + 421 37 641 4796, e-mail: Jan.Jobbagy@uniag.sk



SEKUNDÁRNE ZHODNOTENIE PLASTOVÝCH ODPADOV Z AUTOMOBILOVÉHO PRIEMYSLU

SECONDARY RECOVERY OF PLASTIC WASTE FROM THE AUTOMOTIVE INDUSTRY

Iveta ČABALOVÁ – Jozef KRILEK – Roman RÉH

ABSTRACT: The constant development of the automotive industry leads to an increase in the amount of waste produced. Of these, the largest content is represented by plastics, i.e. synthetic polymers. Due to the growing environmental problems associated with plastics, considerable attention has been paid to recycling methods, especially in recent years. Recycling of plastics refers to its recycling into the new products or energy production. The aim of this work was to reuse rubber materials (tires, and a mixture of insulation, rubber carpets) as a waste from the automotive industry into the new wood-rubber composites and to evaluate their calorific value, as one of the fire-technical properties. Based on the results of calorimetry, it can be stated that the determined calorific value of composites was ranging from 18.358 to 21.497 MJ/kg depending on its composition. The higher value was obtained in sample containing 20 % of rubber fillers (mixture of insulation, rubber carpets). Composites containing waste tires had higher value of the ash content comparing to the other samples.

Key words: wood composites, rubber fillers, plastics waste, calorific value, ash content

ÚVOD

V súčasnosti sú výrobky z plastu nenahradiiteľnou súčasťou každodenného života ľudí a uplatňujú sa v rôznych odvetviach priemyslu, ako je stavebníctvo, poľnohospodárstvo, automobilový priemysel, atď. Od roku 2015 vzniklo približne 6300 Mt plastového odpadu, z toho asi 9% sa recyklovalo, 12% bolo spálených a 79% bolo akumulovaných na skládkach alebo v prírodnom prostredí. Predpokladá sa, že zhruba 12 000 Mt plastového odpadu bude do roku 2050 na skládkach alebo v prírodnom prostredí, ak budú pokračovať súčasné trendy v produkcii a odpadovom hospodárstve (Geyer et al. 2017). Plasty sa čoraz viac stávajú popredným materiálom voľby v automobilovom priemysle, čo vedie k zlepšeniu bezpečnosti, výkonu a palivovej účinnosti (Pradeep et al. 2017). Plasty ako polyetylén (PE), polypropylén (PP), polyvinylchlorid (PVC), akrylonitrilbutadiénstyrén (ABS), polyuretán (PUR) alebo termosetové kompozity, ako napríklad plast vystužený uhlíkovými vláknami (CFRP) alebo plast vystužený sklenenými vláknami (GFRP), sa najčastejšie používajú v automobiloch (Tranchard 2015). Rovnako ako v prípade plastového odpadu, odpadový kaučuk (izolácie, koberce atď.), aj opotrebované pneumatiky sú stále globálnym problémom a ich obsah je stále oveľa vyšší ako množstvo odpadu, ktoré je možné racionálne zhodnotiť. Pneumatiky sú zložené zo syntetických polymérov (46 - 48%), ako sú polyamid, butylový kaučuk, butadiénový kaučuk a styrén-butadiénový kaučuk (Bulei 2018). Neexistuje žiadny regeneračný proces na získanie pôvodnej gumeny alebo iných gumových surovín z gumového odpadu. Pneumatiky ako sekundárny materiál sa používajú iba dvoma spôsobmi: premenou materiálu (podlahy, protihlukové steny atď.) (Bulei 2018) a rekuperáciou energie (Bulei 2018, Demirbas et al. 2016]. Procesy termochemickej premeny, ako je pyrolýza, splyňovanie a skvapalňovanie, ponúkajú alternatívne riešenie na zmiernenie vysokej závislosti sveta od ropy. Tieto procesy môžu byť použité na získanie energie, paliva a výrobkov s vysokou pridanou hodnotou (Nkosi

et al. 2021). Demirbas et al. (2016) uskutočnili katalytickú pyrolýzu odpadovej pneumatiky. Kvapalný produkt sa vyrábal pri vysokej teplote (do 600 ° C) s použitím uhličitanu sodného (Na_2CO_3) ako katalyzátora. Termofyzikálne vlastnosti vyrobených kvapalných vzoriek ukázali, že až 85% vyrobeného oleja je možné použiť v spaľovacích motoroch. Wang et al. (2019) dosiahli priamu premenu odpadových pneumatík na 3D grafén pomocou jednostupňového procesu pyrolýzy s alkalickou asistenciou bez použitia akýchkoľvek drahých chemických reagentov a zložitých inštalácií. Experimentálna práca Bussa et al. (2019) naznačuje, že je možné praktické použitie gumového odpadu z pneumatík po dobe životnosti, pri ktorom sa vytvorí nový produkt, tvrdší, s podielom 60% častíc gumi, ako vyplýva z testov, s hladkým povrchom, ktorý nevyžaduje leštenie. Okrem výroby energie alebo grafénu je ďalším spôsobom opätovného použitia odpadovej gumi z pneumatík materiálová recyklácia. Hlavným smerom zhodnotenia použitého gumového odpadu sú: opätovné použitie v rovnakej kvalite ako pôvodné výrobky; pre ostatné gumové výrobky; materiálová recyklácia ako znovu zaradenie do regenerovaných elastomérnych zmesí; a ako je uvedené vyššie: zdroj rôznych chemikálií (sadze alebo pyrolýzne oleje), pre tepelnú energiu a ako forma rôznych materiálov; ako stavebný materiál (Fazli, Rodrigue 2020, Bulei 2018, Baričević et al. 2013); prášok z odpadových pneumatík/polypropylénový kompozit (Ong et al. 2021); drevo-gumové kompozity z odpadových pneumatík (Zhao et al. 2010, Ayrilmis et al. 2009). Xu et al. (2020) vo svojom výskume vyrobili drevovláknité kompozity s obsahom prášku z použitých pneumatík ako funkčnými plnivami. Táto štúdia ukázala, že je možné vyrobiť kompozity s pridanou hodnotou a uspokojivými vlastnosťami. Podľa výskumu Zhao et al. (2010), výsledky testov naznačili, že zvukovoizolačné vlastnosti kompozitov drevo/recyklované pneumatiky sú lepšie ako vlastnosti komerčných drevených podlahových dosiek a drevotrieskových dosiek. Akustickú izoláciu týchto kompozitov navyše výrazne ovplyvňuje množstvo gumovej drvičky a lepidla použitého v kompozite. Zvýšenie používania recyklovanej drte z pneumatík a dávkovanie lepidla významne zlepšujú zvukoizolačné vlastnosti kompozitu.

Existuje iba málo informácií o vlastnostiach takýchto kompozitov. Cieľom tejto práce bolo opätovné použitie gumových materiálov (pneumatiky a izolácie) ako odpadu z automobilového priemyslu do nových kompozitov drevo-guma a vyhodnotenie spalného tepla daných výrobkov. Hodnotením tejto požiarno-technickej vlastnosti získame informácie o možnosti ďalšieho použitia daných výrobkov.

1 MATERIÁL A METODIKA

1.1 MATERIÁL

Pre experiment boli použité odpady z automobilov, a to drte z gumi (izolácie, tesnenia, gumové koberce) a drte z odpadových pneumatík frakcie od 1 do 3 mm. Boli vyhotovené gumotrieskové dosky s určitým podielom týchto zmesí (Tabuľka 1). Ako referenčná vzorka sa použila drevotriesková doska.

Tabuľka 1 Označenie vzoriek kompozitov

Označenie	Charakteristika kompozitu
PB	Drevotriesková doska
RC10	Drevotriesková doska - s 10 % obsahom gumi
RC15	Drevotriesková doska - s 15 % obsahom gumi

RC20	Drevotriesková doska - s 20 % obsahom gumy
T10	Drevotriesková doska - s 10 % obsahom drte z odpadových pneumatík
T15	Drevotriesková doska - s 15 % obsahom drte z odpadových pneumatík
T20	Drevotriesková doska - s 20 % obsahom drte z odpadových pneumatík

1.2 METODIKA

1.2.1 Kalorimetrické stanovenie spalného tepla

Pripravené kompozity boli analyzované pomocou kalorimetra C 200 (IKA®-Werke GmbH & Co. KG, Staufen, Nemecko) a vyhodnotené softvérom Cal Win (IKA®-Werke GmbH & Co. KG, Staufen, Nemecko podľa štandardu STN ISO 1928 (44 1352) (2003). Percento obsahu popola bolo vypočítané ako rozdiel medzi hmotnosťou pôvodnej vzorky pred spaľovaním a zvyškom po spaľovaní v kalorimetri.

2 VÝSLEDKY A VYHODNOTENIE

Z výsledkov uvedených v tabuľke 2 vyplýva, že spalné teplo analyzovaných vzoriek bolo v rozmedzí od 18454 MJ/kg (PB) až po 21497 MJ/kg (RC20). Väčšie množstvo gumy či recyklovaných pneumatík znamenalo tiež nárast hodnôt spalného tepla. Najvyššia hodnota bola zaznamenaná u vzorky RC20. V inej našej práci (Čabalová et al. 2021) sme analyzovali samotnú drť z recyklovaných pneumatík, pričom hodnota spalného tepla sa pohybovala medzi 36500 – 37000 MJ/kg a množstvo popola cca 7,5 %. Kompozity s obsahom recyklovaných pneumatík obsahovali väčšie množstvo popola v porovnaní s kompozitmi s obsahom gumy alebo bez plnív. Podľa Geffertovej a Gefferta (2011) zvýšenie obsahu popola znamená zníženie spalného tepla materiálov, čo sa potvrdilo aj v našom prípade. Hodnoty spalné teplo sú rôzne pre jednotlivé materiály. Napríklad uhlie má túto hodnotu asi 28 MJ/kg (Wasilewski 2013); papier 14–17 MJ/kg (Lunguleasa et al. 2020; Wasilewski 2013; Geffertová, Geffert 2011) a papierenský kal 5,7–7,8 MJ/kg (Geffertová, Geffert 2011) kvôli veľmi vysokému obsahu anorganických látok (42–52%); tetrapaky 17,7–22,3 MJ/kg závisia od prítomnosti PE fólie (22,3 MJ/kg s fóliou) (Geffertová, Geffert 2011); guma 22,2 MJ/kg (Olisa et al. 2018); koža 19 MJ/kg (Ionescu, Bulmău 2019); textil 17,5 KJ/kg (Olisa et al. 2018) a drevo od 16,5 do 23 MJ/kg v závislosti od lignínu a obsahu extraktívnych látok (Lunguleasa et al. 2020; Olisa et al. 2018; Lieskovský et al. 2017).

Porovnaním spalného tepla drevotrieskovej dosky bez plnív a s plnivami možno skonštatovať, že u kompozitov s obsahom gumy sme zaznamenali vyššie hodnoty. Vo všeobecnosti má guma vyššie spalné teplo ako samotné drevo (Čabalová et al. 2021, Olisa et al. 2018).

Tabuľka 2 Spalné teplo a obsah popola analyzovaných kompozitov

Kompozit	Spalné teplo (MJ/kg)	Obsah popola (%)
PB	18454±215	0,58±0,10
RC10	19414±92	0,50±0,22

RC15	20169±285	1,20±0,42
RC20	21497±563	1,44±0,46
T10	19751±156	2.86±1.22
T15	19821±221	2,40±0,13
T20	20512±308	2,89±0,34

3 ZÁVER

Z pohľadu kalorimetrickej analýzy sa hodnoty spalného tepla vyhotovených kompozitných materiálov s obsahom gumy (tesnenia, izolácie, koberce) a recyklovaných pneumatík ako odpadov z automobilového priemyslu, pohybovali v rozmedzí od 19414 MJ/kg až po 21497 MJ/kg. Kompozity z recyklovaných pneumatík, obsahujúce väčšie množstvo popola, mali nižšiu výhrevnosť v porovnaní s ďalšími vzorkami kompozitov. Zvýšenie obsahu popola znamená zníženie výhrevnosť materiálov. Spalné teplo vyrobených kompozitov závisí od obsahu druhu a množstva gumovej drte a tiež od obsahu popola.

LITERATÚRA

GEYER, R., JAMBECK, J.R., LAVENDER, K. 2017. Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 3(7), e1700782. DOI: 10.1126/sciadv.1700782

PRADEEP, S.A., IYER, R.K., KAZAN, H. PILL, S. 2017. Automotive Applications of Plastics: Past, Present, and Future, Editor(s): Myer Kutz, In *Plastics Design Library, Applied Plastics Engineering Handbook (Second Edition)*, William Andrew Publishing, 2017, pp. 651-673. ISBN 9780323390408, DOI:10.1016/B978-0-323-39040-8.00031-6.

TRANCHARD, S. ISO 19095. 2015. Plastic-metal assemblies enjoy an enduring bond with ISO standards.

BULEI, C., TODOR, M.P., HEPUT, T, KISS, I. 2018. Direction for material recovery of used tires and their use in the production of new products intended for the industry of civil construction and pavements. *IOP Conference Series Materials Science and Engineer-ing* 2018, 294, 012064. DOI: 10.1088/1757-899X/294/1/012064

DEMIRBAS, A., AL-SASI, B.O., NIZAMI, A.S. 2016. Conversion of waste tires to liquid products via sodium carbonate catalytic pyrolysis, *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 2016, 38(16), pp. 2487-2493. DOI: 10.1080/15567036.2015.1052598

NKOSI, N., MUZENDA, E., GORIMBO, J., BELAIDA M. 2021. Developments in waste tyre thermochemical conversion processes: gasification, pyrolysis and liquefaction. DOI: 10.1039/D0RA08966D (Review Article) *RSC Adv.*, 2021, 11, pp. 11844-11871

WANG, CH., LI, D., ZHAI, T., WANG, H., SUN, Q., LI, H. 2019. Direct conversion of waste tires into three-dimensional graphene, *Energy Storage Materials*, 2019, 23, pp. 499-507, ISSN 2405-8297. DOI:10.1016/j.ensm.2019.04.014

BUSS, A.H., KOVALESKI, J.L., PAGANI, R.N., DA SILVA, V.L., SILVA, J.D.M. 2019. Proposal to Reuse Rubber Waste from End-Of-Life Tires Using Thermosetting Resin. *Sustainability* 2019, 11, 6997. DOI: 10.3390/su11246997

FAZLI, A., RODRIGUE, D. 2020. Recycling Waste Tires into Ground Tire Rubber (GTR)/Rubber Compounds: A Review. *J. Compos. Sci.* 2020, 4, 103. DOI: 10.3390/jcs4030103

BARIČEVIĆ, A., LAKUŠIĆ, S., BJEGOVIĆ, D., SERDAR, M. 2013. Special purpose concrete products from waste tyre recyclates, *Građevinar*, 2013, 65 (9), pp. 793-801. DOI: 10.14256/JCE.821.2013

ONG, H.R., ISKANDAR, W.M.E., MASIREN, E.E., KHAN, MD.M.R., RAMLI, R., HALIM, R.M., MOHAMED, M.K.A. 2021. The Influence of Waste Tire Powder on the Properties of Waste Tire Powder/Polypropylene Plastic Composite. *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.*, 2021, 1092, 012003.

ZHAO, J., WANG, X.M., CHANG, J.M., YAO, Y., CUI, Q. 2010. Sound insulation property of wood–waste tire rubber composite, *Composites Science and Technology*, 2010, 70(14), pp. 2033-2038, ISSN 0266-3538.

AYRILMIS, N., BUYUKSARI, U., AVCI, E. 2009. Utilization of Waste Tire Rubber in the Manufacturing of Particleboard, *Materials and Manufacturing Processes*, 24(6), pp. 688-692, DOI: 10.1080/10426910902769376

XU, X., TIAN, F., LI, X. 2020. Regenerated waste tire powders as fillers for wood fiber composites, *BioRes.* 15(2).

STN ISO 1928 (441352). 2003. Solid Mineral Fuels. Determination of Gross Calorific Value by the Bomb Calorimetric Method, and Calculation of Net Calorific Value, Geneva, Switzerland,

ČABALOVÁ, I., HÁZ, A., KRILEK, J., BUBENÍKOVÁ, T., MELICHERČÍK, J., KUVIK, T. 2021. Recycling of Wastes Plastics and Tires from Automotive Industry. *Polymers* 2021, 13, 2210. DOI: 10.3390/polym13132210

GEFFERTOVÁ, J., GEFFERT, A. 2011. Energy potential of the chosen wastes with biomass content. *Acta Fac. Xylologiae* 2011, 53, pp. 93–99.

WASILEWSKI, R. 2013. Energy recovery from waste plastics. *Chemic* 2013, 67, pp. 435–445.

LUNGULEASA, A., SPIRCHEZ, C., ZELENICU, O. 2020. Evaluation of the calorific values of wastes from some tropical wood species. *Maderas Cienc. Tecnol.* 2020, 22, pp. 269–280.

OLISA, Y.P., AJOKO, T.J. 2018. Gross Calorific Value of Combustible Solid Waste in a Mass Burn Incineration Plant, Benin City, Nigeria. *J. Air Waste Manag. Assoc.* 2018, 22, pp. 1377–1380.

IONESCU, G., BULMĂU, C. 2019. Estimation of energy potential for solid pyrolysis by-products using analytical methods. In Analytical Pyrolysis; Kusch, P., Ed.; Intech Open: London, UK, 2019.

LIESKOVSKÝ, M., JANKOVSKÝ, M., TRENČIANSKY, M., MERGANIČ, J., DVOŘÁK, J. 2017. Ash content vs. the economics of using wood chips for energy: Model based on data from central Europe. BioResources 2017, 12, pp. 1579–1592.

PodĎakovanie: Táto práca vznikla v rámci projektu združenia univerzít, UNIVNET č. zmluvy 0201/0082/19 a jeho finančnej podpory.

Kontaktná adresa:

Doc. Ing. Iveta Čabalová, PhD., Drevárska fakulta, Katedra chémie a chemických technológií, T.G. Masaryka 24, 96001 Zvolen, cabalova@tuzvo.sk

Doc. Ing. Jozef Krilek, PhD., Fakulta techniky, Katedra environmentálnej a lesníckej techniky, Študentská 26, 96053 Zvolen, jkrilek@gmail.com

Prof. Ing. Roman Réh, CSc., Drevárska fakulta, Katedra drevárskych technológií, T.G. Masaryka 24, 96001 Zvolen, reh@tuzvo.sk



HODNOTENIE KVALITY PRÁCE VYBRANÉHO ŠIROKO-ZÁBEROVÉHO ZAVLAŽOVAČA

EVALUATION OF WORK QUALITY OF THE SELECTED WIDE IRRIGATION MACHINE

Peter DANČANIN – Ján JOBBÁGY

ABSTRAKT: V danom príspevku sme sa zamerali na hodnotenie kvality práce vybraného širokozábberového zavlažovača Fregat DMU A308. Merania rovnomernosti postreku sa uskutočňovali na poľnohospodárskom podniku v Trakoviciach. Pre zhodnotenie kvality práce sme použili normu ASAE 436.1 (1998). Rýchlosť vetra a ďalšie vstupné podmienky boli v odporúčanej tolerancii. Pestovanou plodinou boli zemiaky, kde výška plodiny neprekážala meraniam, pretože sme použili stojany pre zrážkomerné nádoby. Celkový počet rozstrekovačov bol 87 ks a na konci krakorca bol umiestnený ďalekoprádový postrekovač. V celkovom meradle v oboch prípadoch sa dosiahla kvalita práce vyššia ako 80 %, čo je pre praktické podmienky postačujúce. Potvrdila sa nám aj hypotéza, že kvalita práce sa so správnou starostlivosťou o zariadenie zvýši, samozrejme za ideálnych poveternostných podmienok.

Kľúčové slová: zavlažovanie, kvalita práce, rovnomernosť

ABSTRACT: This paper, we focused on evaluating the quality of work of the selected Fregat DMU A308 wide-range irrigation machine. Spray uniformity measurements were performed on a farm in Trakovice. We used the ASAE 436.1 (1998) standard to evaluate the quality of work. Wind speed and other input conditions were within the recommended tolerance. The cultivated crop was potatoes, where the height of the crop did not interfere with the measurements, because we used stands for rain gauges. The total number of sprayers was 87 pieces and a gun was placed at the end of the span. Overall, in both cases, the quality of the work was higher than 80%, which is sufficient for practical conditions. The hypothesis that the quality of work will increase with proper care of the equipment, of course under ideal weather conditions, was also confirmed.

Key words: irrigation, quality of work, uniformity

ÚVOD

V Melioračné práce predstavujú práce, ktoré menia fyzikálne, ale čiastočne aj chemické vlastnosti pôdy prostredníctvom operácií, ktoré vyžadujú nemalý objem kapitálu. Operácie sú nasmerované k tomu, aby sa určitému pozemku, v určenom a ohraničenom mieste dali také vlastnosti, ktoré má iná pôda, na inom mieste, často veľmi blízko, pričom tieto vlastnosti sú dané prírodou (Jobbágy a kol., 2017). V rámci riešenia problematiky závlah a vzhľadom na celosvetové zmeny klimatických podmienok v posledných rokoch sa Medzinárodná komisia pre zavlažovanie a odvodnenie (ICID), založená v roku 1950, rozhodla zamerať svoje ciele prostredníctvom trvalo udržateľných vidieckych oblastí na bezpečný vodný svet a to bez chudoby a hladu (ICID, 2015; Jobbágy, 2021). Závlahy sa v celosvetových podmienkach nielen poľnohospodárstva, ale aj okrasných rastlín, postupne vyvíjali a na základe dosiahnuteľného cieľa (doplnenie vody, prihnojenie, ochrana proti mrazu, atď.) sa rozdeľujú do troch základných skupín (Frančák a kol., 2012; Simoník a kol., 2009).

Kvalita zavlažovania sa posudzuje správnou intenzitou a rovnomernosťou zavlažovania.

Intenzita vyjadruje množstvo vody v mm dodané zavlažovačom za časovú jednotku. Rovnomernosť zavlažovania závisí od správnej činnosti zavlažovačov a najmä od:

- vhodného výberu otvoru dýzy zavlažovača,
- tlaku vody v príručnici,
- vhodnej voľby sponu a vzdialenosti susedných stanovišť (Jobbágy, 2011; Jobbágy, 2017).

Cieľom príspevku bolo zhodnotiť kvalitu práce vybraného širokozáberového zavlažovača.

1 MATERIÁL A METÓDY

Pri riešení kvality práce vybraného zavlažovača sme sa zamerali na poľnohospodárske družstvo Trakovice, ktoré sa skladá z viacerých firiem Agromart a.s. Emart s.r.o, SLOV-MART s.r.o. a Agrobiop s.r.o.. Za vzájomnej spolupráce týchto firiem prebieha výroba zemiakovej múčky, bielenie zemiakov (následné nakrájanie a balenie), pestovanie zemiakov, osivovej kukurice, cukrovej repy a obilnín a v neposlednom rade výroba elektrickej energie a tepla spracovaného vo výrobe z obnoviteľných zdrojov energie cez BPS. V daných lokalitách prebieha pestovanie viacerých plodín pod závlahou a to rôznymi druhmi závlah (závlaha postrekom, úsporné technológie závlah). Obec Trakovice leží 8 km západne od Hlohovca v nadmorskej výške 150 m. n. m. Celková rozloha obce je 1 631 554 m². V rámci územno-správneho členenia patrí obec do Hlohoveckého okresu a Trnavského samosprávneho kraja (obr. 1).



Obrázok 1 Poľnohospodárske družstvo Trakovice

Celý závlahový systém (hlavné závlahové zariadenie) pozostáva z vysokotlakového a nízkotlakového okruhu. Podávacou čerpacou stanicou je čerpacia stanica Žlkovce 01-podávačka, ktorá dodáva vodu z Dudváhu (zdroj je zásobovaný z neďalekej priehrady). Voda je ďalej dopravovaná tromi potrubiami o priemere 1,8 m a čerpaná do zásobného bazéna čerpacej stanice Žlkovce 1 (umiestnená je na najvyššej polohe závlahovej sústavy). Čerpacia stanica mala výdatnosť pre rozlohu 1516 ha, z ktorej sa dnes využíva približne 1150 ha. Zo zásobného bazéna postupuje voda samospádom do ďalších čerpacích medzi-staníc a to Malženice 2 (s celkovou projektovanou plochou 953 ha, z ktorej sa využíva približne 100 ha), Malženice 3 (s celkovou projektovanou plochou 942 ha, z ktorej sa využíva 0 ha, bohužiaľ pred 2 rokmi bola vykradnutá), Bučany (s celkovou projektovanou plochou 896 ha, z ktorej sa využíva plocha 422 ha), Dolné Dubové (s celkovou projektovanou plochou 200 ha, z ktorej sa využíva plocha 20 ha) a následne voda pokračuje do posledného zásobného bazéna v obci

Oravné (s celkovou projektovanou plochou 200 2 ha, z ktorej sa využíva 1771 ha). Voda z prvého zásobného bazéna je samospádom púšťaná cez všetky čerpacie stanice až do bazéna, kde sa voda hromadí. Objektom skúmania boli praktické nasadenia širokozáberovej a pásovej závlahovej techniky, u ktorých sa zhodnotila kvalita práce rovnomernosťou postreku.



Obrázok 2 Aplikácia závlahovej techniky na konkrétnych parcelách, príklad kvapkovej závlahy

Z pomedzi rôznych závlahových zariadení jeden z najdlhšie používaných zavlažovačov v podmienkach slovenského závlahového hospodárstva je širokozáberový zavlažovač Fregat, my sme si vybrali konkrétne zavlažovač Fregat DMU A308 (obr. 2).

Z pomedzi rôznych závlahových zariadení jeden z najdlhšie používaných zavlažovačov v podmienkach slovenského závlahového hospodárstva je širokozáberový zavlažovač Fregat. Mnoho starších závlahárov na rozdiel od mladšej generácie veľmi dobre pozná tento typ závlahového zariadenia. Výška umiestnenia potrubia nad povrchom poľa je štandardne 2,2 m, pričom zavlažovač umožňuje technicky aplikovať závlahovú dávku od 150 až do maximálnej hodnoty 600 m³.ha⁻¹. Technické parametre zavlažovača sú uvedené v tabuľke 1.

Tabuľka 1 Technické a prevádzkové parametre zavlažovača Fregat A308

Parameter	Hodnota
Počet veží, ks	11 + pivot
Dĺžka zavlažovača, m	308
Priemer vodovodného potrubia, mm	177,8 (152,4)
Umiestnenie ramena vo výške, m	2,2
Požadovaný tlak, MPa	0,35 - 0,42
Šírka zavlažovača pracovná, m	5,3 (prepravná 4,5)
Výška zavlažovača, m	6,5

Rovnomernosť postreku pri závlahе pivotnými širokozáberovými zavlažovačmi sa hodnotí podľa D. F. HEERMANA a P. R. HEINA (obr. 3). Takúto metódu hodnotenie vyžaduje aj medzinárodná norma ISO11545:2009 (ISO/TC 23/SC 18 N 190, alebo aj ASAE 436.1).

$$CuH = 100 \cdot \left[1 - \frac{\sum_{i=m}^n Si \cdot |Vi - \bar{Vi}|}{\sum_{i=m}^n Vi \cdot Si} \right], \quad \% \quad (1)$$

$$\bar{V} = \frac{\sum_{i=m}^n V_i S_i}{\sum_{i=m}^n S_i}, \quad \text{mm} \quad (2)$$

kde:

CuH - koeficient rovnomernosti podľa Heermanna a Heina,

n - počet zrážkomerných nádob,

i - číslo určené pre identifikáciu určitej zrážkomernej nádoby so začiatkom $i = 1$ pre nádobu, ktorá je najbližšie pri pivote a končiace $i = n$ pre zrážkomernú nádobu, umiestnenú najďalej od pivota,

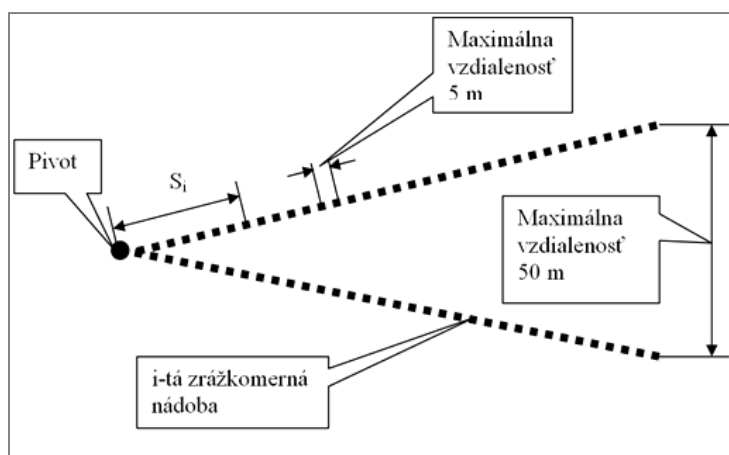
V_i - závlahová dávka v i -tej zrážkomernej nádobe, mm

S_i - vzdialenosť i -tej zrážkomernej nádoby od pivota, m

$\bar{V}$ - priemerná závlahová dávka, mm

$|V_i - \bar{V}|$ - absolútna hodnota odchýliek od priemernej dávky.

Ak sa vo výpočte použijú hodnoty od všetkých zrážkomerných nádob $m = 1$. Pri vylúčení údajov 20 % z dĺžky od pivota, sa $m = p$, kde p je najbližšie celé číslo pre $0,20.n$. Meranie rovnomernosti postreku pri závlaha si vyžaduje najmä z dôvodov medzinárodnej štandardizácie a normalizácie postupovať podľa medzinárodnej normy ISO.



Obrázok 3 Rozmiestnenie zrážkomerných nádob na meranie rovnomernosti postreku pivotových širokozáberových zavlažovačov (Látečka, 2000)

2 VÝSLEDKY A DISKUSIA

Praktické merania a overovanie zavlažovača sa vykonali podľa medzinárodnej normy ISO 11545 (2009), kde bolo treba dodržiavať na jednej strane technologické podmienky a to z hľadiska práce zavlažovača (tlak, prietok), tak na druhej strane to bolo z pohľadu poveternostných podmienok (rýchlosť vetra).

Merania kvality práce prebehli bez väčších komplikácií s následným uplatnením návrhov pre zvýšenie hodnoty rovnomernosti postreku zavlažovania. Pestovanou plodinou boli zemiaky, kde výška plodiny neprekážala meraniam, pretože sme použili stojany pre zrážkomerné nádoby. Teplota vzduchu sa pohybovala v intervale 24 až 28 °C. Rýchlosť vetra bola ustálená v rozsahu 1,0 – 1,5 m.s⁻¹. Konceptia zavlažovača Fregat bola tvorená jedenástimi kolesovými podvozkami a krakorcom. Celkový počet rozstrekačov bol 87 ks a na konci krakorca bol

umiestnený ďalekoprádový postrekovač. Jednotlivé sekcie, ako sme už uviedli, boli rozdelené na dlhé a krátke, kde na dlhých bolo osadených 9 rozstrekovačov a na krátkych 7 rozstrekovačov. Na prvej sekcii od pivota po podvozok 01 boli tri rozstrekovače a za posledným podvozkom 11 (krakorcová časť) boli osadené štyri rozstrekovače. Zariadenie popri spomínaných výhodách prešlo ešte úpravou hydraulického ochrany, kde v prípade vyskytnutia poruchy sa zavlažovač zastaví a zablokuje sa aj prívod vody do celého systému prostredníctvom hlavného uzáveru. Zrážkomerné nádoby sa rozmiestnili na vzájomnú vzdialenosť 4,5 m v celkovom počte 73 ks pri oboch meraniach.

Tabuľka 2 Koeficient rovnomernosti postreku CuH, podvozky, zavlažovač Fregat A308

Podvozok	CuH, %	
	<i>Ľavý lúč</i>	<i>Pravý lúč</i>
1	92,9	98,1
2	83,7	88,5
3	91,9	94,3
4	85,4	92,9
5	93,1	97,8
6	91,2	96,3
7	88,2	96,8
8	84,1	95,5
9	87,3	96,0
10	87,4	95,3
11	85,3	89,7
Krakorec	69,0	74,9
Celková hodnota CuH	82,4	89,6

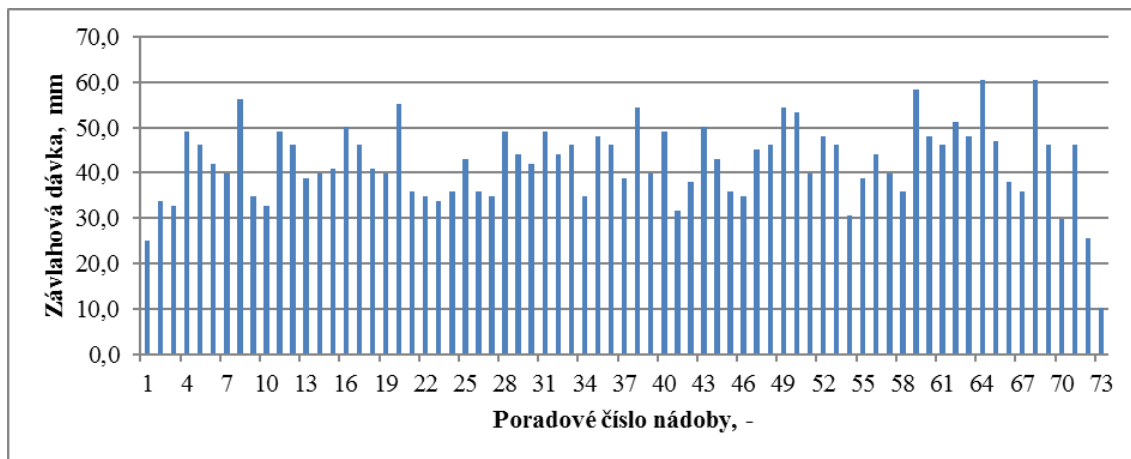
Tabuľka 3 Popisná štatistika, závlahová dávka –Fregat A308, ľavý a pravý lúč

Parameter	Hodnota	
	<i>Ľavý lúč</i>	<i>Pravý lúč</i>
<i>Stredná hodnota, mm</i>	42,30	40,93
<i>Chyba strednej hodnoty, mm</i>	1,02	0,67
<i>Smerodajná odchýlka, mm</i>	8,68	5,70
<i>Rozptyl výberu, mm</i>	75,30	32,53
<i>Rozdiel max – min, mm</i>	50,19	44,04
<i>Minimum, mm</i>	10,24	5,74
<i>Maximum, mm</i>	60,43	49,78
<i>Súčet, mm</i>	3087,54	2987,78
<i>Počet, ks</i>	73,00	73,00
<i>Variačný koeficient, %</i>	20,52	13,93

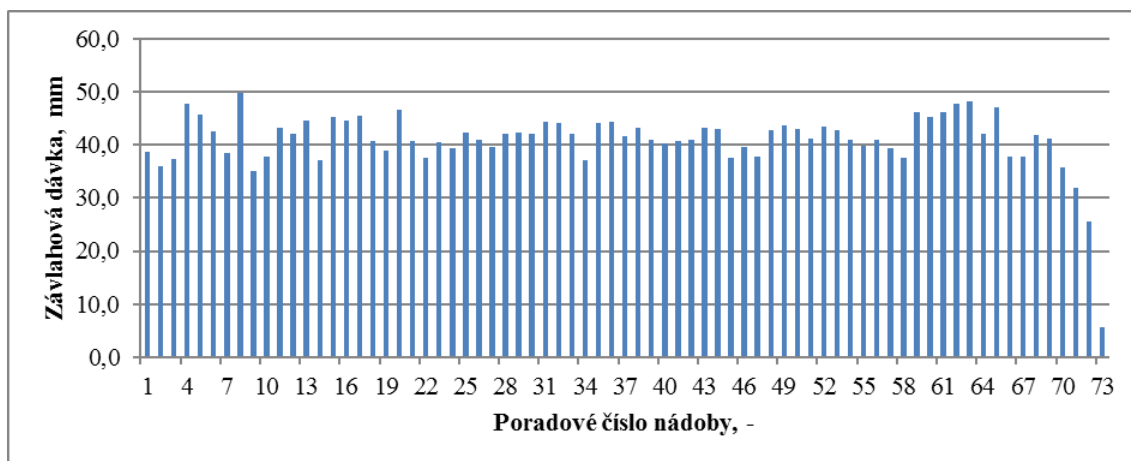
Keďže zavlažovač počas svojej pracovnej činnosti prepúšťal odpadovú vodu cez výpustný ventil, zrážkomerné nádoby, ktoré by boli pri podvozkoch sa o určitý úsek presunuli. Z výsledkov vyplývajú miestami vyššie dávky, ktoré mohli byť spôsobené typom rozstrekovača, resp. jeho znečistením a striekaním do jednej strany. Rovnomernosť postreku stanovená podľa Heermanna a Heina pri skúmanom ľavom lúči dosiahla hodnotu 82,4 %.

Následným skúmaním a prekontrolovaním rozstrekovačov v blízkosti vyšších hodnôt sa kvalita práce zvýšila a to až na hodnotu 89,6 %. Takáto hodnota nás u konkrétneho typu zariadenia pozitívne prekvapila. Podrobné výsledky kvality práce jednotlivých podvozkov a to pre pravý a ľavý lúč sa uviedli v tabuľke 2. Výsledky popisnej štatistiky k prvému meraniu

kvality práce sa uviedli v tabuľke 3, z ktorých vyplýva, že priemerné závlahové dávky boli dosť vysoké a to 42,30 mm (pre ľavý lúč) a 40,93 mm (pre pravý lúč). Hodnota variačného koeficienta dosiahla hodnotu 20,52 % (pre ľavý lúč) a 13,93 (pre pravý lúč). Zaujímavosťou boli minimálne hodnoty, ktoré sa vyskytli na konci záberu d'alekoprádového postrekovača.



Obrázok 4 Rozdelenie množstva vody v zrážkomerných nádobách, Fregat DMU A308, ľavý lúč



Obrázok 5 Rozdelenie množstva vody v zrážkomerných nádobách, Fregat DMU A308, pravý lúč

Mnoho autorov, však konštatuje, že normou stanovená kvalita práce pri zavlažovaní môže byť častokrát nedosiahnuteľná. Výskumná činnosť tu prebieha niekoľko hodín, a to hlavne pri pivotových zariadeniach, kde počas prác sa môže zmeniť rýchlosť aj smer vetra, vniknúť do systému nečistota a pod. (Jobbágy a kol., 2017; Jobbágy a kol., 2019; Látečka, 2000). Podľa niektorých autorov, ako uvádza aj Látečka (2000), je možné pri výpočtoch odstrániť prvých 20 % nádob. Avšak vzhľadom na dosiahnuté výsledky pri prvom meraní sme tak neučinili. Pre ostatné merania sa tieto metodiky, t.j. s odstránením prvých 20 % nádob od pivota, taktiež už nepoužili.

3 ZÁVER

V danom príspevku sme sa zamerali na zhodnotenie kvality práce vybraného širokozáberového zavlažovača Fregat DMU A308. Pozoruhodným boli výsledky, ktoré sa dosiahli pri kvalite práce, ktorá bola hodnotená koeficientom rovnomernosti postreku. V celkovom meradle v oboch prípadoch sa dosiahla kvalita práce vyššia ako 80 %, čo je pre praktické podmienky uspokojujúce. Potvrdila sa nám aj hypotéza, že kvalita práce sa so

správnou starostlivosťou o zariadenie zvýši, samozrejme za ideálnych poveternostných podmienok.

LITERATÚRA

ASAE STANDARDS. 1998. S436.1. Test procedure for determining the uniformity of water distribution of center pivot and lateral move irrigation machines equipped with spray or sprinkler nozzles. St. Joseph, Mich.: ASAE.

FRANČÁK, J. – MIHINA, Š. – ANGELOVIČ, M. – GÁLIK, R. – KORENKO, M. – SIMONÍK, J. – BOTTO, Ľ. – JOBBÁGY, J. – ŽITNÁK, M. 2012. Technika v agrokomplexe. Prvé prepracované vydanie. In: Vysokoškolské skriptá, SPU Nitra, 2012, 191 s., ISBN 978-80-552-0777-3

ICID. [cit. 2021-02-15] [online] [2015]. Dostupné na internete:
https://www.icid.org/vision_2030.html

ISO/TC 23/SC 18 N 190: Závlahová zařízení: Stanovení rovnoměrnosti rozdělení vody u závlahových zařízení s centrálnym čepem a s příčným pohybem, vybavených rozprašovacími nebo zadešťovacími traskami-skušební postup. 1989.

JOBBÁGY, J. 2011. Hodnotenie závlhovej techniky z hľadiska rovnomernosti závlahy postrekom. In: vedecká monografia, SPU ES v Nitre, 2011. 123 s. ISBN 978-80-552-0617-2

JOBBÁGY, JÁN. 2021. Nasadenie pásových zavlažovačov v systéme moderného zavlažovania. In: *Naše pole*, 2021, č.5, s.68-71.

JOBBÁGY, JÁN – KRIŠTOF, KOLOMAN – BÁREK, VILIAM. 2017. Meliorácie v poľnohospodárstve: vlastnosti pôdy, odvodňovanie a zavlažovanie. 1. vyd. Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, 2017. 253 s. ISBN 978-80-552-1676-8.

JOBBÁGY, Ján – MICHLIAN, Norbert – DAČANIN, Peter – RIGÓ, Ivan. Application and evaluation of performance quality of hose-reel irrigation machine. In *Acta technologica agriculturae*. ISSN 1335-2555, 2019, vol. 22, iss. 4, p. 109-114. Dostupné na internete: <<https://dx.doi.org/10.2478/ata-2019-0020>>.

LÁTEČKA, M., 2000. Rovnomernosť postreku pri závlahe otáčavými postrekovačmi. In: Monografia. Nitra, 2000. 58 s. ISBN 80-7137-678.

SIMONÍK, J. – RŮŽIČKA, M. – JOBBÁGY, J. 2009. Stroje pre zemné a melioračné práce. Vysokoškolská učebnica. In: SPU Nitra, ISBN 978-80-552-0251-8.

STN EN ISO 11545. 2010. Poľnohospodárske zavlažovacie zariadenia. Pivotové a čelné zavlažovače s rozstrekovačmi a postrekovačmi. Určenie rovnomernosti zavlažovania (ISO 11545: 2009).

PodĎakovanie: Táto publikácia vznikla vďaka podpore v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekt: Udržateľné systémy inteligentného farmárstva zohľadňujúce výzvy budúcnosti SMARTFARM, ITMS 313011W112, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

Kontaktná adresa:

prof. Ing. Ján Jobbágy, PhD. Slovak University of Agriculture in Nitra, Faculty of Engineering, Department of Machines and Production systems, Tr. A. Hlinku 2, Nitra 949 76, Slovak Republic, phone: : + 421 37 641 4796, e-mail: Jan.Jobbagy@uniag.sk



EFEKTÍVNOSŤ PRÁCE NÁVESNÉHO ZBERAČA HROZNA

EFFICIENCY OF THE WORK OF THE TRAILED GRAPE HARVESTER

Martin DOČKALIK – Ján JOBBÁGY

ABSTRAKT: Tento príspevok je zameraný na zhodnotenie efektívnosti nasadenia návesného zberača hrozna v podmienkach slovenského vinohradníctva. Boli sledované pozberové straty, ktoré vznikajú vplyvom mechanizovaného zberu, a tiež ekonomika nasadenia danej súpravy na zber. Merania prebiehali v roku 2020 vo vinohradoch podniku Pivnica Radošina s. r. o. na odrodách Rulandské modré, Tramín červený a Rulandské biele. Použitý bol návesný zberač hrozna značky PELLENC 8090 Selective Process agregovaný s traktorom SAME Frutteto3 100. Zistené výsledky poukazujú na výhodnú efektívnosť mechanizovaného zberu aj v porovnaní s ručným zberom. Všetky výskumné merania prebiehali počas plnej prevádzky zberu vo vybranom podniku.

Kľúčové slová: mechanizovaný zber hrozna; efektívnosť; straty;

ABSTRACT: This paper is focused on evaluating the effectiveness of the use of an outboard grape harvester in the conditions of Slovak viticulture. Post-harvest losses due to mechanized harvesting were monitored, as well as the economics of using the set for harvesting. Measurements took place in 2020 in the vineyards of the company Pivnica Radošina s. r. o. on the varieties Pinot Noir, Traminer and Pinot Blanc. A PELLENC 8090 Selective Process grape harvester aggregated with a SAME Frutteto3 100 tractor was used. The results show the advantageous efficiency of mechanized harvesting even in comparison with manual harvesting. All research measurements took place during the full operation of the harvesting in the selected company.

Key words: mechanized grape harvesting; efficiency; losses;

ÚVOD

Na Slovensku sa v tomto čase pestovanie muštového hrozna a sektor výroby vína stretá s problémami lacnej konkurencie. Tieto problémy môžu byť riešené vyššou podporou zo strany štátu, nakoľko vinohradníci a vinári poukazujú na nízku podporu, ale mali by byť tieto problémy tiež riešené optimalizáciou výrobných procesov a znižovaním výrobných nákladov, nakoľko aj prax ukazuje, že nie všetky procesy sú dobre zvládané. Preto je potrebné viac zavádzať mechanizáciu a nahrádzať tak stále drahšiu a najmä nedostatkovú ľudskú prácu.

U nás stále prevláda ručný zber hrozna a mechanizovaný zber sa len pomaly rozširuje. Je to zapríčinené vysokými obstarávacími nákladmi techniky, ako aj zlým stavom nastavenia podpory vinohradníctva v Slovenskej republike, kedy pestovatelia viniča riešia dilemu, či sa im ešte vôbec oplatí vinič pestovať a nieto investície do drahej techniky, nakoľko vzniká na trhu problém s odbytom hrozna. Na druhej strane, z hľadiska udržateľnosti budúcnosti vinohradníctva na Slovensku, a tým schopnosti produkcie vinogradov a zvyšovania efektívnosti pestovania viniča, je potrebné zavádzať maximálne množstvo mechanizácie prác vo vinohrade. Prvoradým faktorom pre zavádzanie mechanizácie je zníženie množstva ľudskej práce a zníženie ročných nákladov, aj keď počiatočné náklady sú vysoké (Jobbágy, Findura, 2013; Bates & Morris, 2009; Pezzi, Martelli, 2015).

Je potrebné preto zbaviť predsudkov najmä starších vinohradníkov z použitia strojov na zber hrozna. Dnešné zberače hrozna popredných svetových výrobcov, ktoré sú v súčasnosti na trhu, disponujú veľmi dobrou technickou úrovňou.

Ako uvádza aj Zemánek a Burg (2005), súčasné ekonomické podmienky nútia najmä väčšie vinohradnícke podniky nad 40 ha k hľadaniu možností zefektívnenia výroby. Užívateľov a najmä potenciálnych užívateľov zaujímajú okrem obstarávacej ceny a prevádzkovej spoľahlivosti aj pozberové straty.

Preto hlavným cieľom tohto príspevku bolo zhodnotiť efektívnosť mechanizovaného zberu v podobe pozberových strát a ekonomiky nasadenia zberača hrozna priamo v slovenských podmienkach.

1 MATERIÁL A METÓDY

Pokusné merania prebiehali vo vinohradoch podniku Pivnica Radošina s. r. o. pri zbere odrôd Rulandské modré, Tramín červený a Rulandské biele. Vinič je tu pestovaný na strednom vedení s tvarovaním na plochý ťažeň. Oporná konštrukcia je tvorená oceľovými pozinkovanými stĺpikmi, vhodnými pre mechanizovaný zber. Vinohrady sú južne orientované a dosahujú svahovitosť 3 – 7%. Merania prebiehali v mesiacoch september a október roku 2020.

Hodnotený zberač: Pre zber bola použitá súprava návesného zberača PELLENC 8090 SP v agregácii s vinohradníckym traktorom SAME Frutteto3 100. Zberač hrozna Pellenc 8090 SP je vhodný pre menšie a stredné podniky. Ide o návesný zberač hrozna, ktorý dosahuje v porovnaní so samohybnými strojmi nižšiu výkonnosť. Kombajn je spojený s traktorom pomocou spodného závesu cez špeciálne výkyvné oje, ktoré umožňuje dobrú manévrovateľnosť súpravy. Konštrukcia stroja je portálová. Stroj pracuje na vibračnom princípe striasania. Zberové ústrojenstvo je tvorené obojstranne uloženými párami striasacích prútov ukotvených v dvoch bodoch. Ide o prúty predĺženého tvaru. Záchytné ústrojenstvo je lamelové so sklonom na obe strany. Každá strana záchytnej rampy obsahuje 19 lamiel, ktoré sú uchytené na pružných klbových spojoch. Objem zásobníkov má 3000 l. Ovládanie stroja a nastavenie pracovných parametrov je prevádzané pomocou ovládacej jednotky tvorenej obrazovkou pre zobrazovanie informácií, združeného ovládača - joysticku a ovládača pre prechádzanie a nastavovanie parametrov. Pracovná rýchlosť súpravy sa pohybovala v rozmedzí 2,5 – 3,1 km.h⁻¹.

Výskum prebiehal v sérii troch meraní pre každú odrodu, teda spolu 9 meraní. Vo vybraných pokusných radoch boli rozložené PE fólie v oblasti príkmenného pásu na úseku 10m šírky 2,8 m, 1,4 m na každú stranu od radu viniča. Teda jedno meranie predstavovalo jeden 10 m meraný úsek. Po prejazde zberača meraným úsekom boli pozbierané prepadnuté bobule do nádob a následne boli zozbierané bobule z krov, ktoré zostali po prejazde zberača. Vážením a výpočtom boli stanovené celkové straty na 1 ha vinohradu a vyjadrené aj percentuálnym podielom z úrody.

Pre nasadenie návesného zberača hrozna sme sledovali aj ekonomickú stránku tohto spôsobu zberu, tiež aj v porovnaní s ručným zberom. Keďže sme sa zamerali na zhodnotenie kvality práce návesného zberača, musíme k nemu pripočítať aj náklady na traktor. Fixné náklady budú zahrňovať odpisy, úroky, poistenie a garážovanie (Prístavka et al., 2017; Ďuďák, 2016).

Pri riešení výpočtu nákladov súpravy sme postupovali podľa Rataja (2005). Pri výpočte nákladov súpravy je nutné nasadenie energetického prostriedku započítať len podľa príslušného podielu nasadenia. Pre hodnotenie efektívnosti využitia kombajnu na zber hrozna sa zohľadnili nami získané výsledky pri zbere rôznych odrôd a na druhej strane sú to náklady, ktoré by vznikli v rámci riešenia zberu službami. Ekonomické zhodnotenie bolo rozšírené aj o posúdenie potrebnej minimálnej výmere vinohradov. Celkové náklady na ručnú prácu (práca na dohodu) činili 3 Eur.h⁻¹. Ako uvádza aj Rataj (2005), hodnoty nákladov sa aj vo vzťahu k nasadeniu

poľnohospodárskej techniky uvádzajú v kategórii ročného vyjadrenia (Eur.rok⁻¹). Pre posúdenie efektívneho nasadenia techniky sú jedným z významných ukazovateľov práve analyzované náklady vyjadrené vo vzťahu k merným (výrobným) jednotkám (Eur.ha⁻¹, Eur.h⁻¹, Eur.t⁻¹). Obe kategórie je potrebné považovať za premenné vo funkcii nasadenia času $f(t)$.

2 VÝSLEDKY

Pestovateľský rok 2020 sa vyznačoval dobrými podmienkami, čo sa aj odzrkadlilo v mierne vyšších úrodách ako v predchádzajúcom roku, takmer pri všetkých odrodách. Zber však začal kvôli pomalšiemu dozrievaniu neskôr, ako v predchádzajúcich rokoch, na odrode Rulandské modré. Parametre zberača boli nastavené podľa predošlého roka a na základe vizuálneho zhodnotenia na prvom zberanom rade mierne upravené. A to: frekvencia kmitov striasacieho ústrojenstva 500 .min⁻¹, amplitúda kmitov 105%, medzera priechodnosti 50 mm, otáčky separačných ventilátorov 1600 .min⁻¹. Pojazdová rýchlosť súpravy sa pohybovala v rozmedzí 2,5 – 3,1 km.h⁻¹. Tieto parametre boli použité pri zbere všetkých troch odrôd. Meraniami zistené priemerné celkové straty hrozna odrody Rulandské modré predstavovali 153,86 kg.ha⁻¹. Pri zistenej úrodnosti 10,193 t.ha⁻¹ to predstavovalo podiel 1,51%.

Meraniami sme pokračovali 9. 10. 2020 na odrode Tramín červený. Priemerná hodnota celkových nameraných strát hrozna bola 180,6 kg.ha⁻¹, čo je 1,55 % podiel z úrody tejto odrody 11,638 t.ha⁻¹. Ďalšie experimentálne merania sme vykonali na odrode Rulandské biele 9. 10. 2020. Priemerné celkové straty dosiahli 122,92 kg.ha⁻¹, resp. 1,24 % pri úrodnosti 9,883 t.ha⁻¹. Všetky namerané hodnoty sú v Tabuľke 1.

Tabuľka 1 Výsledky meraní

Rulandské modré		
Pokusné meranie	Straty vzniknuté	
	prepadom na zem, [kg]	nepozberaním, [kg]
1.	0,307	0,103
2.	0,215	0,75
3.	0,221	0,178
Priemerná hodnota	0,248	0,119
Straty na hektár, [kg.ha ⁻¹]	104,02	49,84
Percento strát, [%]	1,02	0,49
Straty spolu na hektár [kg.ha ⁻¹]	153,86	
Straty spolu [%]	1,51	
Tramín červený		
Pokusné meranie	Straty vzniknuté	
	prepadom na zem, [kg]	nepozberaním, [kg]
1.	0,320	0,124
2.	0,237	0,134
3.	0,373	0,102
Priemerná hodnota	0,310	0,120
Straty na hektár, [kg.ha ⁻¹]	130,20	50,4
Percento strát, [%]	1,12	0,43
Straty spolu na hektár [kg.ha ⁻¹]	180,6	
Straty spolu v %	1,55	
Rulandské biele		
Pokusné meranie	Straty vzniknuté	
	prepadom na zem, [kg]	nepozberaním, [kg]
1.	0,327	0,063

2.	0,247	0,051
3.	0,174	0,016
Priemerná hodnota	0,249	0,043
Straty na hektár, [kg.ha ⁻¹]	104,72	18,20
Percento strát, [%]	1,06	0,18
Straty spolu na hektár [kg.ha ⁻¹]	122,92	
Straty spolu v %	1,24	

2.1 Ekonomika nasadenia zberača

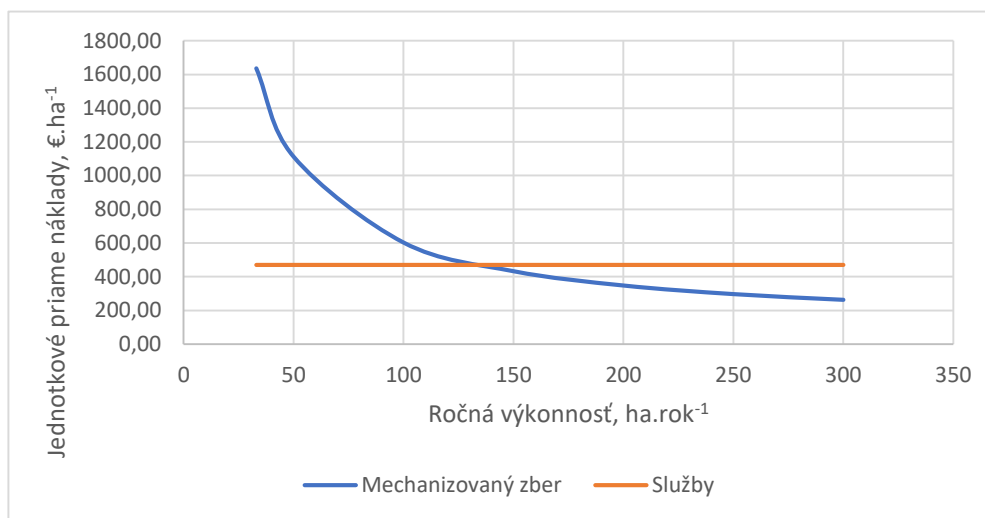
Ako uvádza ĎUĐÁK (2016), hlavnými ekonomickými ukazovateľmi, podľa ktorých sa hodnotí efektívnosť mechanizačných prostriedkov, sú priame náklady na sledovanú operáciu s uplatnením daného stroja, resp. strojovej súpravy, v našom prípade návesný zberač hrozna ťahaný traktorom, a ukazovatele kvality práce tohto stroja (súpravy) vzťahujúce sa na jednotku výkonnosti. Vyhodnotili sme náklady na strojovú súpravu pre mechanizovaný zber, ktorá bola použitá pri našich výskumných meraniach. Ako vstupné veličiny boli použité trhové ceny techniky a sadzby úročení v období našich meraní, a iné hodnoty údajov získané vo vybranom podniku, ako aj hodnoty prislúchajúce k použitej technike.

Na základe údajov potrebných pre výpočet, sme zistili náklady strojovej súpravy použitej na mechanizovaný zber hrozna pri výskumných meraniach. Prevádzkové náklady súpravy v jednotkovom vyjadrení predstavujú hodnotu $jN_{sup} = 1\,636,61 \text{ Eur.ha}^{-1}$. Zvyšovaním ročnej výkonnosti zberača možno dosiahnuť nižšie prevádzkové náklady premietnuté na zberanú plochu, ako uvádza Tabuľka 2.

Tabuľka 2 Závislosť ročnej výkonnosti a jednotkových priamich nákladov

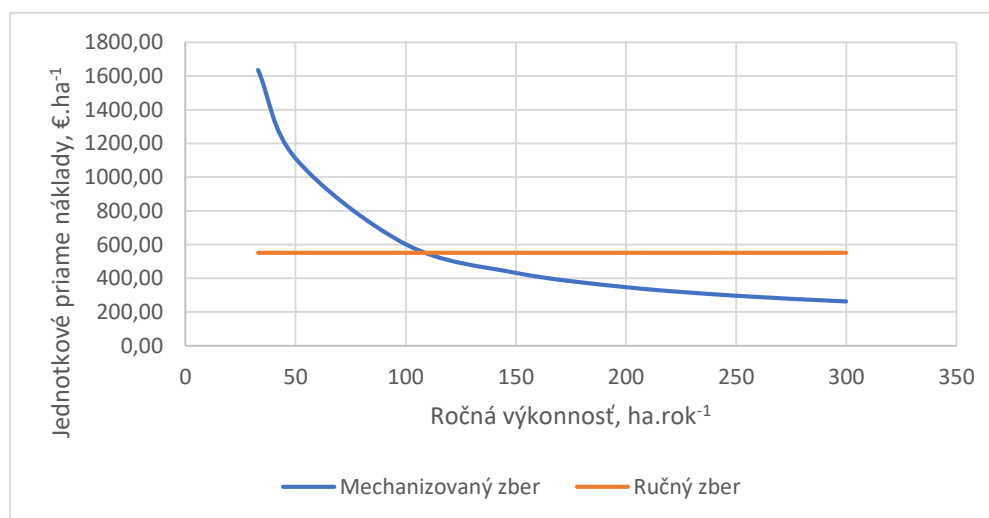
Ročná výkonnosť, ha	Jednotkové priame náklady, Eur.ha ⁻¹
33	1 636,61
50	1 111,84
100	602,51
150	432,74
200	347,85
250	296,92
300	262,96

Na základne analýzy hraničných podmienok sme vypočítali tzv. bod zvratu, teda minimálnu ročnú výkonnosť súpravy, pre ktorú sa vyrovnajú náklady cene práce na trhu. Z tejto analýzy sme zistili hodnotu minimálnej ročnej výkonnosti súpravy $rW_{min} = 135,35 \text{ ha}$. Zhodnotenie možnosti uplatnenia mechanizovaného zberu voči manuálnemu zberu zobrazuje graf Obrázok 1.



Obrázok 1 Vplyv ročnej výkonnosti na jednotkové priame náklady súpravy

Pri porovnaní s ručným zberom hrozna, na základe poznatkov výkonnosti pri ručnom zbere hrozna dosahujúcej hodnotu $9,8 \cdot 10^{-3}$ ha.hod⁻¹, ktorú uvádza Jobbágy et al. (2018) a priemernej hrubej mzdy brigádnickej práce 5,40 Eur.h⁻¹, sme zistili, že použitie danej súpravy pri mechanizovanom zbere hrozna v porovnaní nákladov na súpravu a nákladov na pracovníkov pri ručnom zbere, je ekonomicky efektívnejšie od hranice ročnej výkonnosti vyššie ako 111,3 ha vinohradu.



Obrázok 2 Porovnanie cien mechanizovaného a ručného zberu z hľadiska ročnej výkonnosti

3 DISKUSIA

Nami zistené straty sa pohybovali v rozmedzí 1,24 – 1,55 %, čo je v prijateľnej norme aj podľa výsledkov iných autorov, ako Jobbágy et al. (2018), Zemánek, Burg (2005), Novák, Burg (2013) a i. Podľa starších zdrojov aj Žufánek (1992) uvádza prípustnú mieru strát na úrovni až 3,0 – 12,0 %.

Straty oscilujúce až okolo hodnoty 3% sú podľa všeobecného názoru vinohradníkov, ale aj iných výskumníkov v norme a považované za prípustné. Na výšku strát vplýva viacero faktorov. A to aj rýchlosť jazdy a frekvencia kmitov, ktoré závisia od zahustenia porastu, stavu dozretia, t. j. času zberu hrozna. Ak je hrozno s menším množstvom vody (stupeň dozretia

a zrážky), bobule držia pevnejšie na strapcoch, a tak je potrebné frekvenciu kmitov posúvať k vyšším hodnotám. Znamená to, že operatívne nastavenie stroja sa každý rok mení pri každej odrode, a to aj v rámci jednej odrody tej istej sezóny v odlišnom čase zberu. So zhodnými výsledkami sa stretli aj iní autori, ktorí svoje výsledky dokumentujú vo vedeckých článkoch (Pezzi, Martinelli, 2015; Clingeffer, 2013; Caprara, Pezzi, 2011; Novák, Burg 2013; Jobbágy et al., 2018).

Niektorí autori či dokonca vinohradníci vyjadrujú názor, že pri ručnom zbere hrozna nevznikajú straty, a preto z porovnania strát vychádza podľa nich mechanizovaný zber horšie. Takéto tvrdenia však musíme vyvrátiť, pretože z vlastných pozorovaní môžeme tvrdiť, že pri ručnom zbere vznikajú straty opadaním bobúľ hrozna na zem pri kontakte so strapcami, ako aj straty neobratím spôsobené nepozornosťou zberačov a prekrytím strapcov listami. Podľa našich priebežných meraní môžeme tvrdiť, že straty pri ručnom zbere dosahujú porovnateľné, dokonca vyššie hodnoty. Dokazuje to priemerná hodnota strát zo štyroch meraní na úrovni 1,75%, čo však predstavuje iba straty popadaním na zem. Naše tvrdenie však potvrdzujú výsledky Cleary, et al. (1990), kde podľa výsledkov dosiahli straty prepacom bobúľ na zem pri ručnom zbere najvyššie hodnoty, až 338 kg.ha⁻¹, čo pri dosiahnutej úrode hrozna 12,8 t.ha⁻¹ predstavovalo 2,64 %.

4 ZÁVER

Príspevok sa zaoberá zhodnotením efektívnosti využívania návesného zberača hrozna v podmienkach slovenského vinohradníctva, ako z technického hľadiska, tak aj z ekonomického. Technické zhodnotenie predstavovalo odsledovanie pozberových strát, ktoré vznikajú nepozberaním alebo prepacom na pôdu. Straty pri zbere dosiahli v danom roku maximálnu hodnotu pri odrode Tramín červený. Nami zistené výsledky sa pohybujú v približne rovnakých hodnotách, ktoré získali sledovaním strát aj iní autori (Jobbágy, Burg, Novák, Zemánek, Pezzi, a i.).

Výška strát je ovplyvnená viacerými faktormi, od zrelosti hrozna až po vhodné nastavenie parametrov stroja, ale aj dodržiavanie agrotechnických požiadaviek pre mechanizovaný zber. Mechanizovaný zber hrozna môžeme považovať za efektívny spôsob zberu, ktorý dosahuje vyššiu výkonnosť, porovnateľné či nižšie straty s ručným zberom. Avšak mechanizovaný zber je aj napriek vyššej výkonnosti limitovaný kapacitou, resp. výkonnosťou lisovne, pretože je nevhodné zberať hrozno, ktoré nemôže byť spracované. Teda výkonnosť zberu je závislá od výkonnosti lisovania daného podniku.

Z výsledkov sledovania môžeme preto povedať, že nato, aby sme minimalizovali straty hrozna spôsobené vplyvom mechanizovaného zberu je potrebné, aby bola výsadba viniča v súlade s agrotechnickými požiadavkami pre mechanizovaný zber a nastavenie parametrov stroja bolo podľa aktuálnych podmienok a stavu porastu na základe skúseností a aktuálnych pozorovaní v čase zberu.

Pri ekonomickom hodnotení mechanizovaného zberu sme vychádzali z nákladov na prevádzku vybranej strojovej techniky. Tieto náklady sa odvíjajú najmä od obstarávacej ceny strojov, ktorá závisí od použitej techniky, výbavy daného stroja. V jednotkovom vyjadrení možno čo najnižšie náklady na plochu dosiahnuť väčšími výmerami zberaných plôch. Preto môžeme konštatovať, že v podmienkach slovenského vinohradníctva je momentálne najvhodnejšie riešenie zakúpiť zberovú techniku viacerými podnikmi alebo popri zbere vlastných vinohradov vykonávať služby. Pre nami vybranú strojovú techniku, na základe podmienok reálneho nasadenia techniky pri výskumných meraniach a trhovách cenách v aktuálnom roku vykonávania výskumu sme zistili, že pre danú strojovú súpravu pri výmere 33 ha tvoria jednotkové prevádzkové náklady hodnotu 1 636,61 Eur.ha⁻¹. Trhová cena práce –

mechanizovaného zberu hrozna pomocou ťahaného zberača hrozna, sa pohybuje na hranici cca 469,48 Eur.ha⁻¹ s DPH. Na základe nami získaných hodnôt sme zistili, že mechanizovaný zber nami vybranou súpravou sa stáva ekonomicky efektívnym od hranice ročnej výkonnosti 135,35 ha.rok⁻¹ pri štvorročnej dobe odpisovania. Avšak môžeme uvažovať, že takáto súprava bude pracovať viac rokov, a tým sa náklady na techniku rozpočítajú a výsledná výška jednotkových prevádzkových nákladov bude nižšia. Pri porovnaní s ručným zberom je hranica minimálnej ročnej výkonnosti, podľa našich výsledkov nižšia. A to nad ročnou výkonnosťou zberača 111,3 ha.rok⁻¹ je mechanizovaný zber ekonomicky efektívnejší ako zber ručný.

LITERATÚRA

- BATES, T – MORRIS, J. 2009. Mechanical Cane Pruning and Crop Adjustmen Decreases Labor Costs and Maintains Fruit Quality in New York “Concord” Grape Production. In *HortTechnology*. Vol. 19, no. 2, 247 – 253 p. ISSN 1943-7714.
- CAPRARA, C – PEZZI, F. 2011. Measuring the stresses transmitted during mechanical grape Harvesting. In *Biosystems Engineering*. vol. 110, no. 2, 97-105 p. ISSN: 1537-5110.
- CLARY, Carter D. et al. 1990. Evaluation of machine vs. hand-harvested Chardonnay, In *American journal of enology and viticulture*. vol. 41, pp. 176 – 181, [cit. 2020-03-20]. ISSN 0002-9254. Available on: <<https://ajevonline.org/content/ajev/41/2/176.full.pdf>>.
- CLINGELEFFER, P. R. 2013. Mechanization in Australian vineyards. In *Proc. 1st Intl. Workshop on Vineyard Mechanization and Grape and Wine Quality* (pp. 169-177). *Acta Horticulturae* 978. Leuven, Belgium: ISHS.
- ĎUĐÁK, Jozef. 2016. *Riadenie prevádzky strojov*. 1. ed. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, 2016, 216 p. ISBN 978-80-552-1616-4.
- JOBBÁGY, Ján. et al. 2018. Evaluation of the mechanized harvest of grapes with regards to harvest losses and economical aspects. In *Agronomy research* [online], vol. 16, no. 2, pp. 426 – 442, [cit. 2020-03-20]. Available on : <<https://doi.org/10.15159/AR.18.056>>.
- JOBBÁGY, Ján – FINDURA, Pavol. 2013. *Mechanizácia vinárstva*. 1. ed. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, 2013. 165 p. ISBN 978-80-552-0996-8.
- NOVÁK, Pavel – BURG, Patrik. 2013. Evaluation of Harvest Losses Within a Full Mechanised Grape Harvest. In *Acta Universitatis Agriculturae Et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. Vol. 61, no. 3, 751-756 p. ISSN 2464-8310
- PEZZI, F – MARTELLI, R. 2015. Technical and economic evaluation of mechanical grape harvesting in flat and hill vineyards. *Trans ASABE* 2015; 58 (2):297–303.
- PRÍSTAVKA, Miroslav – KRIŠTOF, Koloman – FINDURA, Pavol. 2017. Reliability monitoring of grain harvester. In *Agronomy Research*. 15, 3 (2017), p. 817- 829. ISSN 1406-894X.
- RATAJ, Vladimír. 2005. *Projektovanie výrobných systémov – Výpočty a analýzy*. 1. ed. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, 2005, 120 p. ISBN 80-8069-609-8.
- ZEMÁNEK, Pavel – BURG, Patrik. 2005. Hodnocení mechanizované sklízňe hroznu. In *Acta Universitatis Agriculturae Et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. Vol. 53, no. 4, 191 – 194 . ISSN 2464-8310.
- ŽUFÁNEK, J. 1992. *Mechanizace – Sklízňové stroje pro zeleninu, ovoce a hrozny*. 1. ed. Brno: VŠZ Brno, 1992, p. 100 – 109. ISBN 80-7157-012-5.

Pod'akovanie: *Práca vznikla v rámci prípravy a riešenia projektu KEGA č. 012SPU-4/2020 „Inovácia vzdelávacieho procesu a implementácia poznatkov z praxe so zameraním na vinárstvo a vinohradníctvo“ riešeného na Katedre strojov a výrobných biosystémov SPU v Nitre v r. 2020-2022.*

Kontaktná adresa:

Ing. Martin Dočkalik, Katedra strojov a výrobných biosystémov, SPU v Nitre, Trieda A. Hlinku 2, 949 76 Nitra; email: xdockalik@uniag.sk

prof. Ing. Ján Jobbágy, PhD. Katedra strojov a výrobných biosystémov, SPU v Nitre, Trieda A. Hlinku 2, 949 76 Nitra; email: jan.jobbagy@uniag.sk



VÝROBNE-EVIDENČNÉ SOFTWARE ŤAŽBOVÝCH STROJOV A ICH VYUŽITIE

FOREST MACHINE SYSTEMS OF LOGGING MACHINERY AND THEIR USE

Jiří DVOŘÁK – Pavel NATOV – Martin JANKOVSKÝ – Ondřej NUHLÍČEK

ABSTRAKT: Harvesterová technológia je v súčasnej dobe v ČR pomerne intenzívne využívaná. V r. 2019 dosiahol objem výroby sortimentnou ťažbovou metódou 44 %. S ohľadom na túto skutočnosť je vhodné si uvedomiť potenciál, ktorý nám harvestery poskytujú v podobe elektronického príjmu dreva pri jeho výrobe. Táto možnosť je daná vďaka medzinárodnému štandardu StanForD používanému v harvesteroch, pomocou ktorého sú ukladané všetky potrebné dáta pre evidenciu a prvotný príjem dreva. Pre zaistenie transparentného príjmu dreva je potreba dodržiavať celú radu zásad vrátane schopnosti využívať dáta zo stanovených súborov. Cieľom štúdie je osvetliť, ktoré výrobné softwary sú najčastejšie využívané; aké evidenčné súbory poskytujú informácie o výrobe dreva a za akých podmienok sa dajú považovať za prípustné napr. pre lesnú hospodársku evidenciu. Všeobecne môžeme konštatovať, že výstupy z harvesterov môžeme radit do skupiny elektronických príjmov dreva. Ich výhodou je úspora pracovnej doby v porovnaní s manuálnym meraním a komplexné podchytenie objemu výroby pri pni.

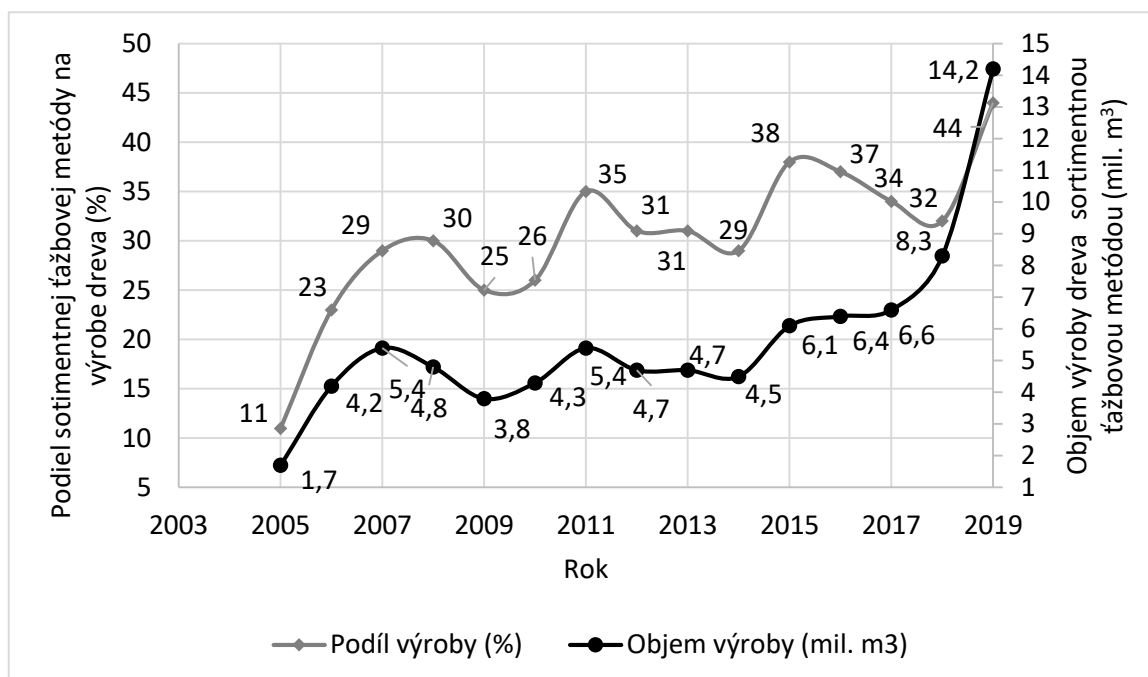
Kľúčové slová: harvesterová technológia, sortimentná ťažbová metóda, StanForD, kontrolné meranie, kalibrácia

ABSTRACT: Harvester technology is currently heavily used in Czechia. In the year 2019, the volume of timber harvested by the cut-to-length method reached 44 %. With regard to this information, it is suitable to understand the potential of harvesters laying in their ability to scale timber electronically during its production. This ability is enabled by the StanForD standard, used in harvesters, which allows to store all data necessary for primary scaling and record-keeping. To ensure a transparent timber scaling, one needs to keep a whole array of rules, including the ability to use data from particular file types. The aim of this study is to provide information on which systems are the most used, which file types provide information on timber production and at what conditions, the information are relevant for forest management record-keeping. Generally, we can state that harvester outputs are a subset of electronic timber scaling methods. Their advantage lays in the temporal efficiency in relation to manual timber scaling and a complex record of the timber production at the felling site.

Key words: harvester technology, CTL-method, StanForD, control measuring, calibration

ÚVOD

K rozmachu harvesterovej technológie došlo na prelome tisícročí. Faktorov, ktoré k rastu záujmu o harvesterovú technológiu prispeli je niekoľko - oslabenie pracovného trhu s kvalifikovanými píličmi, rast nákladov na pracovnú silu a rastúci podiel náhodných ťažieb s potrebou ich rýchlej likvidácie v posledných rokoch. Aj z týchto dôvodov podiel sortimentnej ťažbovej metódy v ČR rastie. Zatiaľ čo v r. 2005 činil podiel sortimentnej ťažbovej metódy 11 %, v r. 2018 sa pohyboval na hranici 32 % z ročného objemu výroby dreva (obr. 1) (Dvořák et al. 2021). Maximálny podiel sortimentnej ťažbovej metódy dosiahol v r. 2019 výšku 44 % s celkovým objemom výroby 14,2 mil. m³ (MZe 2020) v dôsledku enormného nárastu náhodných ťažieb spôsobených *Ips typographus*.



Obrázok 1 Podiel a objem výroby dreva sortimentní ťažbovou metódou v ČR v rokoch 2005–2019
(Zdroj: MZe ČR)

K rozvoju harvesterovej technológie nedochádza iba v Českej republike, ale rastúci trend je vidieť aj v ďalších stredoeurópskych a východoeurópskych štátoch. Vysoké zastúpenie sortimentnej metódy je i v Estónsku (95 % v obnovných ťažbách; 80 % v prebierkach), Lotyšsko (70 %) (Moskalik et al. 2017).

Výrobné podmienky ponúkajú širšie využitie sortimentnej ťažbovej metódy tiež v podmienkach ČR, než je realita súčasnosti. V jednotlivých regiónoch (krajoch) ČR je možné plošné využitie harvesterovej technológie na 45–79 % plochy pozemkov určených k plneniu funkcie lesov v závislosti na technickej úrovni mechanizácie (Dvořák et al. 2019).

S ohľadom na vyššie uvedené skutočnosti je vhodné si uvedomiť potenciál, ktorý nám harvestery ponúkajú v podobe možnosti elektronického príjmu dreva pri jeho výrobe. Elektronický príjem dreva je možné robiť harvesterovou technológiou pri pni, tzn. že nie je narušená validita dát prerušením materiálového toku, ktoré môže viesť k faktickým stratám. Druhým bonusom elektronického príjmu harvestermi je úspora pracovného času technicko-hospodárskych pracovníkov (THP), pretože by mohol odpadnúť manuálny príjem dreva v hromadách na odvozných miestach. Podmienkou pre využitie dát (napr. pre lesnú hospodársku evidenciu) je dodržovanie vybraných technických postupov a zásad.

Cieľom štúdie je osvetliť, ktoré výrobné softwary sú najčastejšie využívané; aké evidenčné softwary poskytujú informácie o výrobe dreva a za akých podmienok sa dajú považovať za prípustné pre evidenciu výroby.

1 MATERIÁL A METÓDY

Pri spracovaní štúdie vychádzame z:

- Verejne prístupných podkladových materiálov Výskumného lesníckeho ústavu Skogforsk (VLÚ Skogforsk), ktorý nesie zodpovednosť za vývoj medzinárodného štandardu StanForD (*Standard for Forest Machine Data and Communication*),
- z evidencie výrobných softwarov FLD v Prahe využívaných vo výrobných podmienkach lesného hospodárstva ČR podľa zastúpenia značiek harvesterov a ich softwarového vybavenia (Natov & Dvořák, 2018a).
- z dokumentácie VLÚ Skogforsk uvádzajúcej zdrojové súbory evidujúce výrobu dreva a ďalšie pridružené informácie o identifikácii a kalkulácii objemu výroby pod patričnými kódmi; zápisy z jednaní pracovnej komisie VLÚ Skogforsk, ktoré poskytujú informácie o ďalšom výskume a vývoji StanForD,
- Doporučených pravidiel pro měření a třídění dříví v ČR v r. 2008 (Wojnar 2007) poskytujúcich informácie o metodikách príjmu dreva.

2 VÝSLEDKY

2.1 StanForD

Možnosť elektronického príjmu dreva harvestermi je daná medzinárodným štandardom StanForD používaným v harvesteroch, pomocou ktorého sú ukladané všetky dáta potrebné pre evidenciu a prvotný príjem dreva. StanForD (*Standard for Forest Machine Data and Communication*) je digitálny štandard pre komunikáciu medzi počítačmi v ťažbovo-dopravných strojoch (harvestery a forwardéry). StanForD je využívaný pre všetky spôsoby prenosu dát medzi harvestermi. Zodpovednosť za jeho vývoj a údržbu nesie VLÚ Skogforsk vo Švédsku (www.skogforsk.se).

Využitie štandardu je napríklad možné pre nastavenie správneho druhovania, výslednú správu o výrobe, kontrolné meranie, kalibráciu a pod. Komunikovať je samozrejme možné prostredníctvom vhodného rozhrania aj s inými počítačmi, prípadne špeciálnym meracím zariadením ako je digitálna priemerka alebo dátové záznamové zariadenie. V súčasnej dobe existujú paralelne dve verzie štandardu, a to „StanForD Classic“ a „StanForD 2010“. Tento článok sa zameriava na verziu „StanForD Classic“, ktorá v súčasnosti v ČR prevažuje.

2.2 Softwarové vybavenie harvesterov

Výrobcovia viacoperačných strojov dodávajú harvestery, ale aj forwardéry, vybavené softwarovým balíkom, ktorý obsahuje niekoľko samostatných čiastkových softwarových produktov. U harvesterov niektoré z týchto produktov zaisťujú napríklad komunikáciu s meracími senzormi umiestnenými na ťažbovej hlavici stroja a získané údaje o zmeraných veličinách (impulzy a napätie) prevádzajú z analógovej do digitálnej podoby, kde sú prepočítané na metrické miery (dĺžka a hrúbka). Tento prevod do digitálnej formy sa uskutočňuje ukladaním získaných údajov v jednotnom dátovom formáte. Takto uložené digitálne dáta sú následne predávané operátorovi alebo THP prostredníctvom zobrazovacej jednotky stroja (monitora). Komunikačný štandard dovoľuje bezproblémovú prenositeľnosť pripravených alebo získaných dát medzi jednotlivými typmi viacoperačných strojov alebo kancelárskymi balíkmi rôznych výrobcov.

Tieto softwarové produkty sú rozdelené do dvoch skupín:

- 1) výrobné-plánovací software,
- 2) výrobné-evidenčný software.

Tabuľka 1. Vybrané softwarové produkty výrobcov s najväčším zastúpením.

Výrobca	Výrobne-plánovací software	Harvester výrobne-evidenčný software	Forwarder výrobne-evidenčný software
John Deere	TimberOffice 5 TimberNavi TimberCalc TimberLink	TimberMatic 300 TimberMatic H	TimberMatic 700 TimberMatic F
Komatsu	MaxiA MaxiB MaxiC MaxiD MaxiS MaxiN MaxiP MaxiL	MaxiHarvester MaxiXplorer	MaxiForwarder
Ponsse	OptiGIS Office OptiEditor OptiSimu OptiStem OptiPlanner OptiComm OptiReport OptiAnalysis OptiLogi Office	Opti3G Opti4G OptiPlan Viewer OptiMap Harvester	OptiControl OptiForwarder OptiMap Forwarder OptiTime Control LoadOptimizer
Rottne	<i>Využíva softwarové produkty výrobcu</i> Dasa	Rottne D4 Rottne D5 DasaForester	Rottne D4 Rottne D5
Dasa *)	OptimizationBuilder ProductionReport FileTransfer AssortmentBuilder ProjectShell PriorityBuilder InstructionCompiler OperationMonitor OperationReport ForwarderVolume GeoInfo	Dasa 4 Dasa 5 d5Bucking Dasa 380	Dasa 4 Dasa 5 DasaForwarder Volume
Motomit *)		Motomit IT/PC	Motomit IT/PC
Logset		TOC-MD 2 (OS Linux)	TOC-MD 2 (OS Linux)
Ďalšie softwarové produkty:		Aptor 20 DSP4000 LogMate 500 xLOGGER	
*) výrobca softwarových riešení			

Z tabuľky 1 je zrejmé, že počet softwarových produktov je pomerne rozsiahly a nielen preto je ich správne používanie a nastavenie v prevádzkovej praxi často problematické. Čo však majú všetky produkty spoločné je práve komunikačný štandard StanForD, ktorý dovoľuje bezproblémový prenos dát medzi jednotlivými typmi viacoperačných strojov alebo kancelárskymi balíkmi rôznych výrobcov.

2.3 Základné nastavenie výrobné-evidenčného softwaru

S ohľadom na súčasnú právnu úpravu v lesnom hospodárstve ČR je potrebné viesť riadnu lesnú hospodársku evidenciu. Jej súčasťou je, okrem iného, aj objem vyrobeného surového dreva evidovaný na najmenšiu jednotku priestorového rozdelenia lesa. Táto povinnosť je hlavným dôvodom, prečo je odporúčané jednotlivé pracoviská (bloky, parcely, úseky, plochy a pod.) evidovať vždy s ohľadom na danú etáž.

V prípade výrobné-evidenčných softwarov je vždy potrebné pred samotným započatím výroby dreva založiť tzv. pracovisko. Pre pracovisko je vhodné zvoliť názov s jedinečnou identifikáciou etáže. Spravidla je vhodné zadávať názov tak, aby obsahoval lesnícke označenie oddelenia, dielca, porastovej skupiny, a etáže, prípadne bol doplnený o ďalšiu textovú špecifikáciu pracoviska. Takto zadaný názov je kľúčový pre všetky ďalšie úkony spojené s výstupmi z výroby dreva. Objavuje sa jednak na všetkých priebežných a konečných výstupoch a ďalej je uchovávaný v adresárovej štruktúre počítača harvesteru, prípadne v databázovej štruktúre daného operačného systému počítača. Spravidla býva tento názov viazaný so súbormi štandardu StanForD ako sú *.PRD, *.PRI a pod.

Každý harvester musí mať pred začatím práce správne nastavený súbor s informáciami o plánovej výrobe sortimentov (sortimentácii, druhovaní). V prípade štandardu „StanForD Classic“ sú tieto údaje obsiahnuté v tzv. druhovacích inštrukciách (sortimentačný súbor). Jedná sa o textový súbor (ASCII), ktorý je rozlíšený príponou *.apt (ďalej len „*.APT súbory“). Pre vytváranie a editáciu súborov je možné použiť ako výrobné-plánovací, tak aj výrobné-evidenčný software rôznych výrobcov (Tabuľka 1).

Súbory *.APT môžu obsahovať väčšie množstvo informácií a nastavení, ktoré však nemajú priamy vplyv na výsledné uloženie a zobrazenie vyrobeného objemu dreva, ale môžu napríklad veľmi významne ovplyvniť kvalitu výsledného druhovania v zmysle rozloženia objemu dreva vo vyrobených sortimentoch. Preto by mala byť správne nastaveniu súborov *.APT venovaná maximálna pozornosť. Výrobné-plánovací software umožňuje nastavenie *.APT súborov tak, že je možné ich použitie vo viacerých harvesteroch rôznych značiek.

2.4 Kontrolné meranie

V prípade kontrolného merania overujeme vo zvolených alebo odporúčaných intervaloch nastavenie a presnosť zariadení pre meranie dĺžok a hrúbok. Tieto zariadenia sú umiestnené na harvesterovej hlavici a hodnoty ich elektrických impulzov sa prevádzajú na rozmerové údaje vo výrobné-evidenčnom softwari stroja. Preto tiež v rámci kontrolného merania overujeme aj správny výpočet (algoritmus) vyrobeného objemu.

Kontrolné meranie je možné teda rozdeliť na dve sledované skupiny:

- kontrola meracích zariadení harvesterovej hlavice,
- kontrola algoritmu pre stanovenie vyrobeného objemu (výpočet objemu) výrobné-evidenčným softwarom harvesteru.

Samotný pracovný postup kontrolného merania je možné vykonávať dvoma metódami:

- elektronicky (s využitím štandardu StanForD)
- manuálne (bez využitia štandardu StanForD)

V prípade prvej metódy sa využíva na kontrolné meranie digitálna priemierka s príslušným softwarovým vybavením (napr. Haglöf a softwarové vybavenie Skalman) a súbory štandardu StanForD *.STM a *.KTR. Táto metóda je veľmi presná a výrazne eliminuje vznik chyby spôsobenej ľudským faktorom. Jej nevýhodou sú vyššie nároky kladené na odbornosť pracovníka, ktorý kontrolné meranie vykonáva a navýšenie investície do digitálnej priemierky s potrebným softwarom, pokiaľ nebola dodaná s novým strojom.

Druhá metóda je menej náročná ako na vybavenie, tak na odbornosť pracovníka. Je možné použiť ľubovoľnú, analógovú alebo digitálnu priemierku s milimetrovým delením stupnice a rovnako tak klasické alebo digitálne pásmo. Z harvesteru sú v tomto prípade využívané iba tlačové zostavy, ktoré obsahujú hrúbku čapovú a stredovú s kôrou alebo bez kôry a celkové dĺžky vyrobených sortimentov. Je veľmi dôležité nastaviť výstupy z harvesteru tak, aby na zostave bola skutočne tá hrúbka, ktorú chceme porovnávať s manuálnym meraním (podľa DPP 2008 je to stredová hrúbka s kôrou). Veľmi častým pochybením býva, že na výstupoch je zachytená hrúbka bez kôry, ale pri následnej kontrole je s ňou počítané ako s hrúbkou, ktorá je s kôrou. Taktiež je potrebné sa uistiť, že v prípade porovnania objemu podľa Hubera (teda podľa Wojnar 2007) je používaná stredová hrúbka a nie čapová. Manuálna metóda kontrolného merania je, aj s ohľadom na vyššie uvedené, viac náchylná na chybu ľudského faktora.

V prípade použitia štandardu StanForD vykoná softwarové vybavenie Skalman automatizované vyhodnotenie meraní a stanoví ako jednotlivé odchýlky pre meracie zariadenia dĺžky a hrúbky, tak aj celkovú percentnú hodnotu rozdielu v objeme.

V prípade rozdielu objemu je objem kontrolných stromov vyjadrený v metroch kubických s kôrou a algoritmus stanovenia objemu je po sekciách. Percentuálny rozdiel v objeme nám v tomto prípade ukazuje iba presnosť merania meradiel na hlavici harvesteru. Neslúži na overenie nastavení algoritmu pre stanovenie objemu vo výstupoch z výrobné-evidenčného softwaru harvesteru.

Pri manuálnom vyhodnotení kontrolného merania sú hlavné kontrolované veličiny dĺžka a objem vyrobeného dreva. Dĺžka sa porovnáva pre každý vyrobený sortiment vrátane nadmerku a rezného okna. Objem sa kontroluje sprostredkované cez kontrolu hrúbky. Kontrolné porovnanie hrúbok sa však vykonáva iba v prípade, že hlavný kontrolovaný údaj, t.j. objem dreva je rozdielny aj pri zhodnom nastavení algoritmu jeho výpočtu. V tomto prípade je totiž predpoklad, že meradlá na harvesterovej hlavici merajú hrúbku nesprávne.

V prípade objemu sa meria iba hodnota stredovej hrúbky s kôrou a porovnáva sa s hodnotou stredovej hrúbky s kôrou zo stroja. Na tieto hrúbky sa použije zhodný algoritmus pre stanovenie objemu podľa DPP (Wojnar 2007). V tomto prípade je opäť potrebné zdôrazniť, že je veľmi dôležité používať z výstupov harvesteru správnu hrúbku.

2.5 Kalibrácia

Kalibrácia je nevýrobná pracovná operácia, ktorá slúži k riadnemu nastaveniu meracích zariadení pre meranie dĺžok a hrúbok na harvesterovej hlavici. Ku kalibrácii pristupujeme na základe výsledkov kontrolného merania. Kalibráciu môžeme vykonať dvomi metódami:

- elektronicky,
- manuálne.

O elektronickej kalibrácii hovoríme v prípade využitia digitálnych priemeriiek vybavených softwarom pre komunikáciu s výrobné-evidenčným softwarom harvestera podľa štandardu StanForD a ďalej možnosti využitia digitálneho alebo analógového pásma pre meranie dĺžok. Elektronických proces kalibrácie je poloautomatizovaný s využitím prednastavených algoritmov ako v priemerke, tak aj vo výrobné-evidenčnom softwari harvestera. Predstavuje výrazne nižšiu mieru subjektivity a nižšiu mieru chybovosti spôsobenej ľudským faktorom. V prípade elektronickej kalibrácie sa vychádza z pracovných postupov a výsledkov zistených pomocou elektronického kontrolného merania.

V prípade manuálnej kalibrácie vychádzame z postupov pre manuálne kontrolné meranie. Neopomenuteľnou pomôckou pre správne vykonanie manuálnej kalibrácie je použitie diagramov pre vyrovnanie dĺžok a hrúbok. V prípade dĺžok sa vynášajú do diagramu celkové dĺžky s presnosťou na centimetre. V prípade hrúbok je možné do diagramu vynášať ako stredové, tak čapové hrúbky a to s kôrou alebo bez. Podstatné je, aby boli vždy vynášané tie hrúbky, ktoré boli ručne zmerané na kontrolovaných sortimentoch. Je preto nutné dodržať pravidlá manuálneho kontrolného merania a uistiť sa, že sú porovnávané správne hrúbky.

Elektronická kalibrácia v súčasnej dobe predstavuje najpresnejší a najrýchlejší spôsob ako správne nastaviť meracie zariadenia na harvesterovej hlavici. V prípade manuálnej kalibrácie je výsledok subjektívny a závislý na vôli operátora a to v hlavne v prípade návrhu jednotlivých lineárnych funkcií. Manuálna kalibrácia tak dnes slúži skôr pre pochopenie princípu fungovania presnej a objektívnej elektronickej kalibrácie. Určitým vylepšením manuálnej kalibrácie a snahou o jej väčšiu objektivitu môže byť zavedenie poloautomatického vyhodnotenia nameraných hodnôt. Tento spôsob so sebou často nesie zadávanie nedostatočného počtu hodnôt (meraní) nutných pre správne výpočty.

S ohľadom na vyššie uvedené skutočnosti je jednoznačne odporúčaná elektronická kalibrácia ako základný postup pre správne nastavenie meradiel harvesterovej hlavice. Je však potrebné podotknúť, že bez kvalitnej digitálnej priemierky, zodpovedajúceho softwarového vybavenia a preškoleného personálu nie je možné elektronicou kalibráciu vykonávať.

Je tiež nutné zdôrazniť, že bez ohľadu na metódu kalibrácie je celý jej proces plne kontrolovaný operátorom, ktorý môže kedykoľvek navrhnuté hodnoty upravovať. Kalibrácia je nástrojom operátora harvestera a má zaistiť, že meradlá na hlavici pracujú správne a korektne. Predstavuje následnú operáciu po správne vykonanom a vyhodnotenom kontrolnom meraní a nie je nutné ju vykonávať, pokiaľ výsledky kontrolného merania nepresahujú hranice odporúčaných tolerancií.

2.6 Tlačové výkazy o výrobe

Všetka výroba sa v prípade štandardu StanForD Classic ukladá na pevný disk počítača v podobe súboru s príponou *.PRD. Tento súbor obsahuje všetky informácie o stroji, pracovisku, operátorovi, hlavici a o vyrobenom surovom dreve.

Podľa typu výrobné-evidenčného softwaru je možné si v jeho nastaveniach zvoliť ako bude daný výkaz o výrobe vyzeráť a čo bude obsahovať. V tejto časti sa zameriame iba na niektoré údaje podstatné pre zachytenie správnej evidencie vyrobeného dreva.

Všetky výrobné-evidenčné softwary dokážu na výkaze z pracoviska zobrazit' niekoľko typov objemov. V základnom nastavení sa spravidla stretneme s objemom stanoveným po 10c m sekciách dĺžky s kôrou alebo bez kôry. Jedná sa o objem, ktorý je označený ako typ ceny m3s. Tento objem je ukladáný vždy bez ohľadu na nastavenia výrobné-evidenčného softwaru.

Podľa typu výrobné-evidenčného softwaru môže mať rozdielne názvy (napr. *m3 bez kůry*, *m3 s kůrou*, *m3fbk*, *m3fsk*, *m3fub*, *m3fob*, *m3sub*, *m3sob* atď.).

Pre evidenciu objemu podľa DPP (Wojnar 2007) je však podstatné, aby výkaz obsahoval objem podľa typu ceny *m3toDE* alebo *m3miDE*. Vo výkazoch bývajú označené ako objem podľa cenníka, cenníkového typu, typu ceny a pod. Tento objem zachytáva skutočne vyrobený objem dreva podľa vyššie uvedených DPP.

Pri využití elektronického kontrolného merania a kalibrácií je možné si vytlačiť (prípadne uložiť) výsledky merania. Tieto výstupy zachycujú jednak počet meraných sortimentov, tak aj výsledné údaje o prípadných odchýlkach.

3 DISKUSIA

Elektronický príjem dreva pri pni alebo na odvoznom mieste predstavuje jeden z moderných a do budúcnosti potrebných postupov evidencie výroby. Dôvodom je úspora času v porovnaní s manuálnym príjmom dreva a vyššia miera transparentnosti dát pri dodržaní správnych pracovných postupov (Natov & Dvořák 2018b). Zabúdať sa nedá ani na výhody spojené s prenosom dát v rámci manažmentu vlastníka lesa, kde sa minimalizuje miera rizika náhodného vzniku chýb spojených s manuálnym prepisom dát. Elektronický príjem dát harvestermi navyše zaisťuje evidenciu výroby od okamihu stínky stromu, čo opäť minimalizuje mieru faktických strát dreva v porovnaní s manuálnym meraním dreva pri pni, keď už v toku materiálu došlo k ďalším operáciám spojeným s presunom dreva z lokality peň na odvozné miesto.

V súčasnosti už StanForD Classic nahradzuje štandard StanForD 2010, ktorý mení značenie a obsahovú štruktúru súborov, ale zachováva princíp elektronického príjmu dreva harvestermi. Príkladom môže byť súbor *.PRD, ktorý zahŕňa celkovú produkciu výroby dreva v staršej verzii, za súbor *.THP v novom štandarde. Nový štandard je rozšírený o evidenciu nových dát (napr. *.FOI – inštrukcie k vyváženej výrobe) a pod. (Natov & Dvořák 2018a).

„Slabou“ stránkou daného elektronického príjmu zostáva vplyv ľudského faktora, ktorý môže narušovať relevantnosť evidovaných dát. Buď sa jedná o nedostatočnú znalosť týchto výrobných softwarov zo strany operátorov harvesterov alebo technicko-hospodárskych pracovníkov alebo naopak úmyselné upravovanie vstupných dát za účelom zámerného nadhodnocovania alebo podhodnocovania údajov o výrobe dreva. Vzhľadom k tomu, že je technicky komplikované obmedzovať vstup do týchto systémov prevádzkovým pracovníkom (operátorom, majstrom a pod.), bolo by vhodné v prípade elektronického príjmu dreva harvestermi nastaviť ďalší kontrolný mechanizmus formou interných smerníc alebo v písomných zmluvných vzťahoch s dodávateľmi prác.

4 ZÁVER

Organizačne náročný prvotný príjem dreva a následné až trojstupňové preberanie vyrobeného dreva, ktoré sú vykonávané rôznymi metodikami, môžu viesť ku značnej diferencii objemu u vlastníka, dodávateľa prác a odberateľa.

Cieľom štúdie bolo uviesť možnosti, ktoré môžu zjednodušiť prvotný príjem a preberania dreva po jeho výrobe harvesterovou technológiou. Predovšetkým zaistenie jednotnosti kontroly výstupov z výrobné-evidenčných softwarov viacoperačných strojov za účelom zjednodušenia evidencie výroby a kontroly výroby dreva THP.

Čiastkovým cieľom je osvetlenie technologických postupov a vykonávania kontrolných meraní a kalibrácií zariadení strojov pre zaisťovanie adekvátnej kontroly zo strany THP a pre

účelné vykonávanie kalibrácií v pracovnom procese zo strany operátorov strojov. Vyššie uvedené ciele sa odrážajú predovšetkým na výslednej presnosti výpočtu objemu dreva z výroby a jeho následnej správnej evidencie.

Podrobnejšie inštrukcie k vyššie uvedeným bodom nájdete v publikácii „Doporučená pravidla pro elektronický příjem dříví harvestory v ČR 2018.“

LITERATÚRA

DVOŘÁK J., CHYTRÝ M., NATOV P., JANKOVSKÝ M., BELJAN K., 2019. Long-term Cost Analysis of Mid-performance Harvester in Czech Conditions. *Austrian Journal of Forest Science*, roč. 136, č. 3, s. 351-372.

DVOŘÁK, J., JANKOVSKÝ, M., CHYTRÝ, M., NUHLÍČEK, O., NATOV, P., KORMANEK, M., LÖWE, , 2021. R.Operational Costs of Mid-Performance Forwarders in Czech Forest Bioeconomy. *Forests*, roč. 12, s. 1 – 14.

MOSKALIK T., BORZ S. A., DVOŘÁK J., FERENČÍK M., GLUSHKOV S., MUISTE P., LAZDINŠ A., STYRANSKY O., 2017. Timber Harvesting Methods in Eastern European Countries: a Review. *Croatian Journal of Forest Engineering*, roč. 38, č. 2, s. 231-241.

MZe 2020. *Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2019*. Praha: Ministerstvo zemědělství ČR. ISBN 978-80-7434-571-5

NATOV, P., DVOŘÁK, J., SEDMÍKOVÁ, M., LÖWE, R., FERENČÍK, M., 2017. Srovnání vyrobeného objemu dříví harvesterem se zásobou porostu stanovenou objemovými tabulkami. *Zprávy lesnického výzkumu*, roč. 62, č. 1, s. 1-6.

NATOV, P., DVOŘÁK, J., 2018(a). *Doporučená pravidla pro elektronický příjem dříví harvestery v ČR 2018*. Praha: Produkce BPP s.r.o. ISBN 978-80-906874-7-9

NATOV, P., DVOŘÁK, J., 2018(b) *Kontrolní měření a kalibrace harvesterů při výrobě surového dříví v ČR (certifikovaná metodika)*, Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze. ISBN 978-80-213-2901-0

NATOV, P., NUHLÍČEK, O., DVOŘÁK, J., SZALA, L., SYROVÁTKOVÁ, H., 2019. Analýza objemových rozdílů při prvotním příjmu surového dříví dle výrobních lokalit. *Zprávy lesnického výzkumu*, roč. 64, č. 1, s. 45-50.

Wojnar T., 2007. *Doporučená pravidla pro měření a třídění dříví v České republice 2008*. 2nd edn. Kostelec nad Černými Lesy: Lesnická práce s.r.o. ISBN 978-80-87154-01-4

Pod'akovanie: Studie je vydána s podporou Ministerstva školství a tělovýchovy ČR a s podporou Polské národní agentury pro výměnu akademických pracovníků. Projekt s názvem „Analýza čistoty práce harvesterové technologie v lesních ekosystémech v závislosti na výkonnosti práce“ je veden pod evidenčními čísly 8J20PL062 (Česká republika) a BCZ/2019/1/00013 (Polsko).

Kontaktná adresa:

Doc. Ing. Jiří Dvořák, Ph.D., Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Katedra lesnických technologií a staveb, Kamýcká 129, 165 00 Praha 6 – Suchbátka
e-mail: dvorakj@fld.czu.cz



POROVNANIE BIOPALÍV ZÍSKANÝCH PYROLÝZOU RÝCHLORASTÚCICH DREVÍN A ENERGETICKÝCH BYLÍN

COMPARISON OF BIOFUELS OBTAINED BY PYROLYSIS OF FAST- GROWING TREES AND ENERGY CROPS

Ján GADUŠ – Tomáš GIERTL

ABSTRAKT: Príspevok prezentuje jednu z efektívnych možností znižovania uhlíkovej stopy aplikáciou rýchlorastúcich drevín a energetických bylín pestovaných na orných pôdach nevhodných pre potravinárske účely, ako sú napr. vŕba a ozdobnica čínska. Pre proces konverzie biomasy na energonosiče s vyššou energetickou hodnotou, sa javí ako vysoko efektívna technológia termochemickej depolymerizácie. Takáto vhodná synergia pestovania a následného energetického zhodnotenia je zdokumentovaná experimentami s termochemickou konverziou štiepky z vŕby a podrveneí suchej hmoty ozdobnice čínskej. Pri použití ako vstupnej suroviny štiepky z vŕby odrody Tordis, kde pri dávke $20 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$ bol získavaný energeticky veľmi hodnotný syntézny plyn s priemerným prietokom $10,8 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, tekutá zložka – bioolej v objeme 5,8 l a tuhá frakcia – biouhlie v množstve 4 kg a pri ozdobnici čínskej odrody Giganteus, kde pri rovnakej dávke a prevádzkových podmienkach bol produkovaný syntézny plyn s prietokom $5,5 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, bioolej v objeme 6,5 l a biouhlie v množstve 4,8 kg.

Kľúčové slová: Biomasa, biopalivo, pyrolýza, biouhlie, syntézny plyn, bioolej

ABSTRACT: The paper presents one of the effective options for reducing the carbon footprint by applying fast-growing trees and energy crops grown on arable land unsuitable for food purposes, such as willow and Chinese willow. For the process of conversion of biomass into energy carriers with a higher energy value, appears to be a highly efficient thermochemical depolymerisation technology. Such a suitable synergy of cultivation and subsequent energy recovery is documented by experiments with thermochemical conversion of willow chips and crushed dry matter of miscanthus. While using as an input raw material of willow chips of the Tordis variety, at a dose of $20 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$ there was obtained very valuable syngas with an average flow of $10.8 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, liquid component - bio-oil of the volume of 5.8 l and solid fraction - biochar of the amount of 4 kg. At the use of miscanthus, variety Giganteus, at the same dose and operating conditions there was produced syngas of the flow rate of $5.5 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, bio-oil in the volume of 6.5 l and biochar in the amount of 4.8 kg.

Key words: Biomass, biofuel, pyrolysis, biochar, syngas, bio-oil

ÚVOD

Energia z biomasy alebo bioenergia je jedným z obnoviteľných zdrojov energie, ktorý môže prispieť k riešeniu globálnych zmien klímy, energetickej bezpečnosti, rastu populácie a neustáleho rastu dopytu po všetkých formách energie. Bioenergia hrá dôležitú úlohu v mnohých scenároch vývoja nízko uhlíkového hospodárstva a môže byť obzvlášť významná pri náhrade kvapalných fosílnych palív v doprave, kde nie sú k dispozícii dostatočné objemy alternatívnych zdrojov energie.

Biomasa je jedným z kľúčových obnoviteľných zdrojov energie (OZE) a je významným faktorom pri dosahovaní európskych klimatických cieľov do roku 2030, keď 32 % spotreby energie v Európskej únii (EÚ) by malo pochádzať z obnoviteľných zdrojov. Členské štáty EÚ sledujú špecifické cesty k splneniu svojich povinností, ktoré sú definované v národných akčných plánoch podľa príslušných energetických trhov a dostupných zdrojov. V roku 2018 predstavoval podiel obnoviteľných energií v EÚ 18,9 % hrubej konečnej spotreby energie

(Eurostat, 2020). S podielom viac ako 58 % na spotrebe energie z obnoviteľných zdrojov predstavuje biomasa významný obnoviteľný zdroj energie v EÚ.

Využívanie bioenergie má potenciál znížiť našu uhlíkovú stopu a prispieť tak ku skvalitneniu životného prostredia. Aj v bioenergetike pri konverzii biomasy sa produkuje určité množstvo oxidu uhličitého ako pri tradičných fosílnych palivách, ich vplyv sa môže minimalizovať, ak sa nahradí lesná biomasa **rýchlorastúcimi drevinami a energetickými bylinami**. Rýchlorastúce stromy a energetické byliny sú preto východiskovou surovinou v bioenergetike.

Využívanie bioenergie je možné charakterizovať dvomi hlavnými kategóriami: „tradičné“ a „moderné“. Tradičné využitie sa týka spaľovania biomasy v takých formách, ako je drevo, živočíšny odpad a tradičné drevené uhlie. Medzi moderné technológie v oblasti bioenergetiky patria výroba kvapalných biopalív väčšinou zo zámerne pestovanej biomasy v bioraфинériách; bioplynové zariadenia, kde je bioplyn produkovaný anaeróbnou digesciou predovšetkým zvyškov a vedľajších produktov z poľnohospodárstva a potravinárstva, ako aj komunálnej sféry; systémy vykurovania na drevné štiepky a pelety; a ďalšie technológie, napr. pyrolýza.

Približne tri štvrtiny svetovej spotreby energie z obnoviteľných zdrojov predstavuje bioenergia, pričom viac ako polovica z toho je zabezpečené tradičnými technológiami využívania biomasy. Biomasa má teda významný potenciál a môže sa priamo spaľovať na účely vykurovania alebo výroby energie, alebo sa môže konvertovať na náhrady ropy alebo plynu. Kvapalné biopalivá, ktoré sú vhodnou obnoviteľnou náhradou za benzín a naftu, sa väčšinou používajú v odvetví dopravy.

Energetické využívanie biomasy na Slovensku má veľký potenciál, ktorý vychádza predovšetkým z geografických daností krajiny: celé územie republiky totiž pokrýva cca 47 % poľnohospodárskej a približne 41 % lesnej pôdy. Je to výzva pre slovenských pôdohospodárov - okrem produkcie a zabezpečenia potravín pre obyvateľstvo sa otvárajú možnosti aj v oblasti výroby energie a energetických nosičov, ktoré by v budúcnosti mohli priniesť 25 – 30 % z celkových príjmov.

V príspevku uvádzame porovnanie výsledkov experimentov s využívaním modernej technológie termochemickej konverzie (pyrolýzy) podrvenej suchej biomasy miscanthusu (Ozdobnica čínska) a štiepky z rýchlorastúcich drevín – víby Tordis na biogénne palivá realizované v poloprevádzkových podmienkach Laboratória splyňovania biomasy Výskumného centra AgroBioTech Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre.

1 MATERIÁL A METÓDY

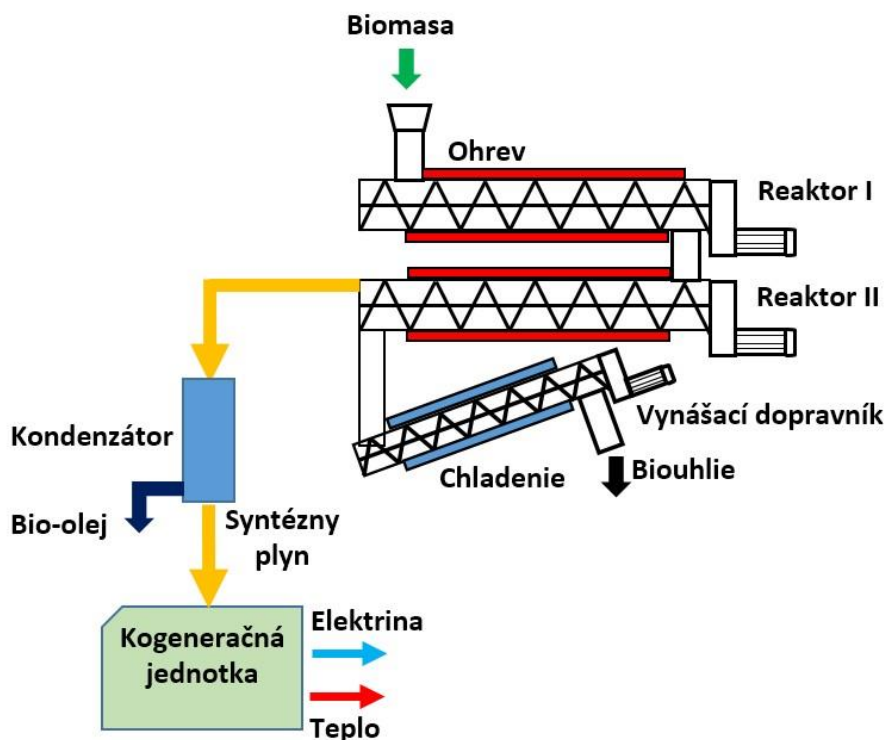
Efektívne a ekologické využitie biomasy v energetike má minimálne negatívne vplyvy na životné prostredie, vzhľadom na možnosť regionálnej produkcie je veľmi vhodná pre použitie v malých a stredných energetických zdrojoch.

Veľmi zaujímavou sa v ostatnom čase javia rôzne princípy termochemickej konverzie biomasy umožňujúce komplexné využitie vstupnej biomasy pri jej transformácii na biopalivá v plynnom, kvapalnom a tuhom skupenstve.

Základným princípom činnosti pyrolýznej jednotky typu UNIPYR je kontinuálny tepelný rozklad biomasy a dendromasy, prípadne iných hmôt organického pôvodu (ako papier, textil), zbavených inertných prímiesí (ako kov, sklo, zemina, piesok), s kapacitou spracovania surovín do 60 kg za hodinu. Tepelným spracovaním organickej hmoty v reaktorovej zostave bez prístupu vzdušného kyslíka dochádza k rozkladu vstupných surovín na tri hlavné výstupné zložky, a to: syntézny plyn (plynná fáza), reaktorový olej (tekutá fáza) a zuhoľnatená časť vstupných surovín - biouhlie (tuhá fáza).

Technologickú zostavu (Obr. 1) tvorí reaktor I, kde sa surovina predohrieva na teplotu 100 až 180 °C a následne prechádza do reaktora II, v ktorom pri teplote až do 600 °C dochádza k rozkladu (depolymerizácii) suroviny na plynnú fázu (syntézny plyn) a zvyšná časť suroviny zostane v tuhej fáze v podobe biouhlia, ktorý je z reaktora odoberaný vynášacím dopravníkom, kde zároveň prebieha aj ochladzovanie. Plynná fáza je odvádzaná do kondenzátora, v ktorom je ochladzovaná, pričom sa čiastočne vyzráža do kvapalnej fázy (tzv. biooleja).

Bioolej je potom možné odberať z kondenzátora k následnej úprave jeho kvalitatívnych parametrov. Syntézny plyn vznikajúci v technologickom procese nízko-teplotného rozkladu biomasy je odvádzaný plynovodným potrubím a distribučným dúchadlom je dopravovaný po úprave (odvodnenie a odsírenie) do plynojemu a ďalej do viacpalivového motora kogeneračnej jednotky s inštalovaným elektrickým výkonom 30 kWel. Celý proces je riadený a kontrolovaný riadiacou jednotkou. Vyprodukovaná elektrina je využívaná samotnou technológiou na elektrický ohrev bioreaktorov.



Obrázok 1 Hlavné podsystémy pyrolýznej jednotky typu UNIPYR

Objektom experimentov je hľadanie vhodných zmesí vstupnej biomasy a sledovanie ich vplyvu na množstvo a kvalitu vznikajúceho plynného, tekutého (biopalivá 2. generácie) a tuhého biogénneho paliva – biouhlia. Experimentálne sú overované aj parametre procesu (teplota reaktora, rýchlosť posuvu materiálu v bioreaktore) pre hľadanie optimálneho nastavenia pre tú ktorú zmes vstupných materiálov za účelom dosahovania čo najvyššej kvality produkovaných biogénnych palív.

Pri realizovaní porovnávacích meraní využívajúc technológiu splyňovania vstupných materiálov zložených z rôznych druhov biomasy sú využívané rovnaké metodiky pre určovanie nasledovných východiskových parametrov:

- Hmotnosť biomasy, vrátane hmotnostných podielov jednotlivých komponentov zmesových materiálov, precíznym vážením,
- Obsah suchej hmoty, využívajúc automatické sušínové váhy
- Obsah organickej suchej hmoty, prostredníctvom muflovej pece a štandardných postupov,
- Hodnota pH.

Predmetom skúmania sú aj parametre procesu:

- Procesná teplota, meraná elektronicky, on-line,
- Rýchlosť posuvu materiálu v reaktore, meraná elektronicky, on-line,
- Objem produkovaného syntézneho plynu, meraný on-line.

Merané sú:

- Množstvo tekutej a tuhej frakcie vychádzajúcej z reaktora.
- Zloženie syntézneho plynu - prenosným analyzátorom plynu a precíznejšie analýzy – chromatograficky
- Zloženie biouhlia – stanovenie percentuálneho obsahu uhlíka (C), vodíka (H), dusíka (N), síry (S) a kyslíka (O) elementárnym analyzátorom vario MACRO cube.

2 VÝSLEDKY

Pre zdokumentovanie efektívnosti technológie termochemickej konverzie biomasy uvádzame ako príklad výsledky experimentov, kde ako vstupná surovina bola použitá štiepka z rýchlorastúcich drevín - vrba Tordis (Švédsko) (Obrázok 2) a podrvená biomasa ozdobnice čínskej odrody Giganteus (Obrázok 3) dopestovaných na experimentálnej plantáži SPU v Nitre v Kolíňanoch. Pre pokus bola použitá teplota bireaktora 500 °C, doba zdržania 10 minút a ostatné parametre uvedené v Tabuľke 1. Z experimentov s uvedenými vstupnými materiálmi – štiepka vrby Tordis a podrvená biomasa ozdobnice čínskej, boli získané priemerné množstvá biogénnych palív uvedené v Tabuľke 2.

Elementárna analýza (Tabuľka 3) vyprodukovaného biouhlia bola realizovaná využitím elementárneho analyzátoru vario MACRO cube vo Výskumnom centre AgoBioTech.

Tabuľka 1 Vstupná biomasa

Parameter	Vrba Tordis	Ozdobnica čínska
Dávka vstupnej biomasy (kg h ⁻¹)	20	20
Obsah suchej hmoty (SH) (%)	91,99	91,38
Obsah organickej suchej hmoty (OSH ako % SH)	90,61	96,93



Obrázok 2 Štiepka z vrby Tordis



Obrázok 3 Podrvená biomasa ozdobnice čínskej Giganteus

Tabuľka 2 Vyprodukované biogénne palivá

Zložka biopaliva	Vrba Tordis	Ozdobnica čínska
Biouhlie (kg h^{-1})	4	4,8
Bioolej (kg h^{-1})	5,8	6,5
Syntézny plyn ($\text{m}^3 \text{h}^{-1}$)	10,8	5,5

Výhrevnosť (Tabuľka 3) bola stanovená výpočtom využitím Dulongovho vzťahu:

$$(kJ\ kg^{-1}) = 337\ C + 1419\ (H - 1/8\ O) + 93\ S + 23,26\ N \quad (1)$$

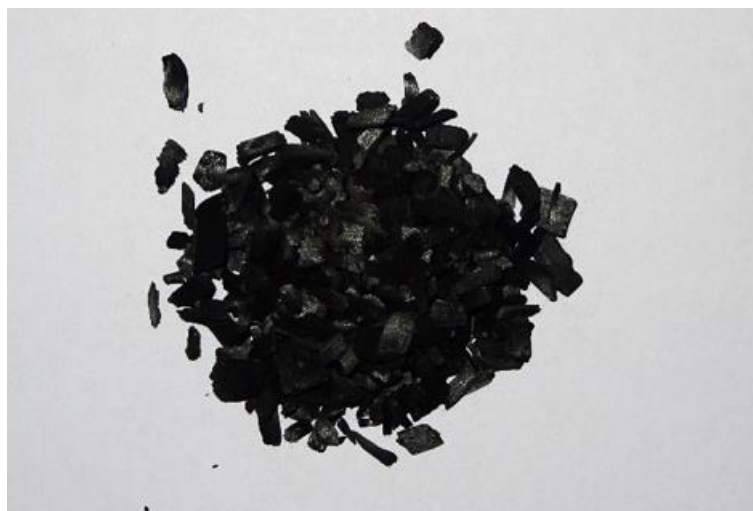
kde hodnoty C, H, N, S, O zodpovedajú zisteniam elementárnej analýzy vzoriek biouhlia

3 DISKUSIA

Pokusy so štiepkou vrby odrody Tordis, ale aj s podrvenou suchou biomasou ozdobnice čínskej Giganteus (*Miscanthus sinensis Giganteus*) boli zamerané aj na hľadanie optimálnych pomerov, najmä procesnej teploty a rýchlosti posuvu materiálu. Experimenty preukázali, že obe skúmané biomasy sú veľmi vhodnou surovinou pre termochemickú konverziu na biopalivá, pričom tuhá výstupná zložka – biouhlie môže nájsť aj celý rad ďalších uplatnení, napr. vďaka svojim špecifickým vlastnostiam ako pôdne aditívum.

Tabuľka 3 Elementárna analýza biouhlia

Parameter	Vrba Tordis	Ozdobnica čínska
Uhlík - C (% _{hmot.})	80,20	80,70
Vodík - H (% _{hmot.})	2,68	3,02
Dusík - N (% _{hmot.})	0,93	0,49
Síra - S (% _{hmot.})	0,16	0,18
Kyslík - O (% _{hmot.}) - výpočtom	16,03	16,05
Výhrevnosť (MJ.kg ⁻¹) - výpočtom	28,02	28,66



Obrázok 4 Ukážka biouhlia zo štiepky vrby Tordis

Veľmi vysoký obsah uhlíka dosahovaný pri oboch skúmaných vstupných materiáloch pri procesnej teplote 500 °C predurčuje aj energetické využitie biouhlia ako náhrady za vysokokvalitné kamenné fosílné čierne uhlie s predpokladanou výhrevnosťou od 20 do 28 MJ.kg⁻¹. Toto biouhlie je možné využívať v stávajúcej podobe, ale aj ako pelety, resp. brikety, t.j. ako tvarované biopalivo.

Výstup v podobe biouhlia z pyrolýzy štiepky z vrby ukazuje fotografia Obrázok 4 a z podrvenej biomasy ozdobnice čínskej Obrázok 5.

Aplikácia zuhoľnatenej biomasy pre agronomické účely nie je trendom posledných desaťročí. Už v roku 1929 John Morley zmieňuje v časopise *The National Greenkeeper* pozitíva aplikácie hnedého uhlia a popisuje následné zlepšenie pôdnej štruktúry. V šesťdesiatych rokoch boli potom popísané územia v Amazónii, kde spolupôsobenie spálenej biomasy a ďalších organických materiálov viedlo k vytvoreniu veľmi úrodných pôd označovaných dnes ako *terra preta*. V dôsledku neustáleho zvyšovania koncentrácie CO₂ v atmosfére sa novodobu začalo uvažovať, že aplikáciou materiálov s vysokým obsahom uhlíka akým je biouhlie sa časť uhlíka môže dlhodobo ukladať v pôde.



Obrázok 5 Biouhlie z podrvená biomasy ozdobnice čínskej *Giganteus*

Americkí vedci vo svojej štúdii vypočítali, že by bolo možné pyrolýzou biomasy, kde by sa získaval syntézny plyn a bioolej pre energetické účely a biouhlie by bolo použité pre pôdne aplikácie, dosiahnuť sekvestraciu až 10 % ročných emisií z fosilných palív.

Pestovanie ozdobnice čínskej má celý rad výhod, najmä jej vysoké ročné hektárové úrody fytohmoty v intervale od 20 – 40 t.ha⁻¹ absolútnej sušiny v závislosti od agroklimatických podmienok. Z pohľadu priemyselného využitia je táto energetická rastlina vhodná na výrobu biometánu, bioetanolu a ako zdroj celulózy lignínového charakteru, pričom jej uplatnenie je momentálne v štádiu výskumu.

V porovnaní s energetickými rastlinami rýchlorastúce dreviny, medzi ktoré patrí aj vrba majú nevýhodu, že zber sa uskutočňuje v cykloch 4 až 6 rokov, čo predlžuje cyklus kolobehu oxidu uhličitého. Pri vrbe odrody *Tordis*, v podmienkach experimentálnej plantáži SPU v Kolíňanoch bola dosiahnutá úroda v sušine, pri päťročnom cykle v prepočte na 1 rok 16,78 t.ha⁻¹.

4 ZÁVER

Pyrolytické technológie, ako ukazujú aj naše skúsenosti, sú veľmi efektívnou cestou na tepelnú premenu lignocelulózovej biomasy na biogénne palivá s vyššou pridanou hodnotou. Pri termochemickej konverzii štiepky z vrby Tordis, ale aj podrvenej biomasy ozdobnice čínskej, proces tepelného rozkladu bol stabilný a bol generovaný veľmi hodnotný syntézny plyn, ktorý bol spaľovaný v motore kogeneračnej jednotky a bola produkovaná elektrina a teplo. Tuhá zložka – biouhlie pri vrbe dosahovala veľmi vysoký priemerný obsah uhlíka 80,20 %_{hmot.} a podobne aj pri druhej skúmanej biomase – ozdobnici čínskej bol priemerný obsah uhlíka 80,70 %_{hmot.}, čo predstavuje vysokohodnotné palivo porovnateľné s kvalitným fosílnym čiernym uhlím. Bioolej získaný pyrolýzou z biomasy vrby aj ozdobnice čínskej by vyžadoval ešte ďalšie spracovanie destiláciou pre získanie alternatívnych tekutých palív ako náhrady za benzín, resp. naftu.

LITERATÚRA

CHENG, B.-H., et al., 2020. Bio-coal: A renewable and massively producible fuel from lignocellulosic biomass. In: SCIENCE ADVANCES 2020; 6 : eaay0748 3 January 2020.

DEMO, M., HÚSKA, D., JUREKOVÁ, Z., MIKLÓS, N. 2013. Ozdobnica čínska (*Miscanthus sinensis* A.) ako zdroj biomasy pre energetické účely, Nitra 2013, 42 s., ISBN 978-80-552-0978-4.

GIERTL, T., HAUPTVOGL, M. 2019. Verifikácia možností využívania rýchlorastúcich drevín na výrobu biopalív, Nitra 2019, 71 s., ISBN 978-80-552-2052-9,

JANÍČEK, F., DARULA, I., GADUŠ, J., et al., 2009. Renewable energy sources 1: technologies for a sustainable future, Pezinok - Renesans, 2009. 174 s., ISBN 978-80-89402-05-2, (2009).

OCHODEK, T., NAJSER, J., HORÁK, J. 2009. Splyňovanie biomasy, SlovGas 4/2009 (2009) 28 – 31.

BIOENERGY, Dostupné z <https://www.irena.org/bioenergy>.

RENEWABLE ENERGY STATISTICS 2019, Dostupné z: <https://www.irena.org/publications/2019/July/Renewable-energy-statistics-2019>.

Pod'akovanie: Táto publikácia vznikla vďaka podpore v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekt: Dopytovo-orientovaný výskum pre udržateľné a inovatívne potraviny, Drive4SIFood 313011V336, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

Kontaktná adresa:

Prof. Ing. Ján Gaduš, PhD., Katedra regionálnej bioenergetiky, Fakulta európskych štúdií a regionálneho rozvoja, SPU v Nitre, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Jan.Gadus@uniag.sk

Ing. Tomáš Gierl, PhD., Katedra strojov a výrobných biosystémov, Technická fakulta, SPU v Nitre, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, Tomas.Gierl@uniag.sk



PHYSICAL, MECHANICAL AND ENERGY PROPERTIES OF BRIQUETTES PRODUCED FROM CONIFER CONES

**Arkadiusz GENDEK – Monika ANISZEWSKA – Jan MALAŤÁK – Barbora
TAMELOVA – Jan VELEBIL – Štěpán HÝSEK**

ABSTRACT: Conifer cones may provide an alternative to popular types of plant biomass. Based on a series of three published scientific articles, in this study the authors present the primary results of physical, mechanical and energy performance tests of briquettes produced from cones of three forest tree species: Scots pine, Norway spruce and European larch. The briquette quality was evaluated in terms of volumetric density, mechanical durability, compressive strength and heating value. Furthermore, flue gas emissions were determined for briquettes combusted under stable conditions. Cones were torrefied to enhance their energy characteristics. The resulting briquettes had favourable physical and mechanical properties. Volumetric density was between 938 and 1078 kg·m⁻³, while mechanical durability ranged 87–97%. After torrefaction, the lower heating value increased from approximately 20 MJ·kg⁻¹ for the initial material to approximately 27 MJ·kg⁻¹ (depending on the species). Generally, briquettes from shredded cones were found to have favourable physical and energy characteristics. However, a general trend of increased emissions of nitrogen oxides and reduced carbon monoxide production was observed at higher flue gas temperatures.

Key words: pressure agglomeration, briquette, mechanical durability, physical properties, heating value, torrefaction

INTRODUCTION

Plant biomass, which can be shredded and agglomerated, is a sustainable alternative to fossil fuels (Voicu et al., 2011). One of the sources of renewable biomass is forest biomass, which includes conifer cones. These can provide a valuable material for briquette production and use for energy purposes, as after the seed extraction process, their moisture content is approximately 7–8% (Aniszewska & Bereza, 2014) and their lower heating value is 18.11–19.28 MJ·kg⁻¹ (Aniszewska & Gendek, 2014; Gendek, 2015).

Conifer cones are harvested for extraction of seeds to be used in the production of seedlings. As stated by Aniszewska and Bereza (2014), between several dozen and several hundred tonnes of cones are harvested in Poland alone. According to other reports, on average, about 27 Mg of empty cones were available for energy production per extraction plant annually between 2009 and 2012 (Aniszewska et al., 2018; Aniszewska & Kuszpit, 2015). In modern, electrically powered seed extraction plants, empty cones constitute a waste material of low bulk density of 106–206 kg·m⁻³ (Aniszewska & Gendek, 2016a), which requires considerable storage space and is uneconomical to transport (Aniszewska & Gendek, 2016b).

The volume of cones can be effectively reduced by densification (briquetting, pelleting), which increases the volumetric concentration of energy and contributes to homogenisation. Consequently, it enables automation of the combustion process and reduces the costs of transport and storage of the resulting fuel.

The primary physical characteristics indicating the quality of briquette and pellet fuels are their density, heating value and mechanical durability, whereas their crucial energy characteristics include heating value, ash content and emission concentrations. The literature provides a number of studies on the physical, mechanical and energy properties of briquettes and pellets produced from various plant materials (Akhmedov et al., 2019; Chandrasekaran

et al., 2012; Gürdil & Demirel, 2020; Ivanova et al., 2018; Nurek et al., 2020; Wróbel et al., 2020).

The energy characteristics of plant biomass may be enhanced by a process of torrefaction. This facilitates subsequent biomass applications in pyrolysis, such as destructive distillation, gasification, carbonisation and combustion (Basu, 2013). The reported studies involved the torrefaction of a variety of plant materials, but no attempts seem to have been made to torrefy conifer cones. The benefits of the torrefaction process, particularly increased heating value and carbon content as well as improved comminution characteristics and other physical and mechanical properties, have been discussed extensively (Bach et al., 2016; Chen et al., 2015; Ciolkosz & Wallace, 2011; Mei et al., 2015).

To address the insufficient data on the use of cones for energy purposes, the authors undertook research on the conversion of cones to briquettes, and determined the physical, mechanical and energy properties thereof. The quality of the produced briquettes was assessed by determining their volumetric density, mechanical durability, compressive strength, heating value, and emission concentrations. As torrefaction of various plant materials has gained widespread recognition, it was attempted to improve the energy characteristics of cones through this process, and the relevant parameters of the torrefied material were determined.

The results of the research were published in a series of three scientific articles: “Evaluation of selected physical and mechanical properties of briquettes produced from cones of three coniferous tree species” (Gendek et al., 2018), “Changes in the Composition and Surface Properties of Torrefied Conifer Cones” (Aniszewska et al., 2020), and “Emissions from combustion of renewable solid biofuels from coniferous tree cones” (MalaŹák et al., 2020). These publications discussed the use of conifer cones as a renewable energy source, and a summary of the results is presented in this paper.

1 MATERIALS AND METHODS

The study material and the measurement methods were described by the authors in the publications by Gendek et al. (2018), MalaŹák et al. (2020) and Aniszewska et al. (2020). Scots pine (*Pinus sylvestris* L.), Norway spruce (*Picea abies* L.) and European larch (*Larix decidua* Mill.) cones, obtained from a seed extraction plant as extraction waste, were shredded in a WAR hammer mill with a 6 mm sieve. The distribution of particle size fractions was determined using a LAB-11-200/UP laboratory sieve analyser (EKO-LAB, Jasień, Poland) with a set of 12 sieves and a plain collecting pan. Samples were weighed on RADWAG WSP 600/C laboratory scales (RADWAG, Radom, Poland) with an accuracy of ± 0.01 g. The measurement procedure was described in detail in two publications by Lisowski et al. (2018a; 2018b).

Briquettes were produced using an Alchemik APT 40 briquetting press (Alchemik, Inowrocław, Poland), operated at the maximum hydraulic pressure of 210 bar and with the briquetting head diameter of 50 mm.

The density of individual briquettes was determined 24 hours after the briquetting process. Length and diameter were measured using an electronic calliper with an accuracy of ± 0.01 mm, while weight was measured on RADWAG WSP 600/C laboratory scales.

The mechanical durability of briquettes was determined using the method described in the ISO 17831 Standard (ISO 17831-2:2016-02, 2016). Samples of 2 ± 0.1 kg were placed in a drum chamber rotating at 21 rpm, which made 105 rotations (Temmerman et al., 2006). The samples were subsequently passed through a sieve with a mesh size of 31.5 mm and weighed on WLC 6/12/F1/R (RADWAG, Radom, Poland) laboratory scales with an accuracy of ± 0.1 g.

Compressive strength was tested on a TIRAtest (Matest Service, Łódź, Poland) computer-controlled universal testing machine with the measurement range of up to 10 kN,

which recorded force with an accuracy of ± 1 N and linear displacement with an accuracy of ± 0.01 mm. The maximum compressive stress was calculated from the formulae provided by Lisowski et al. (2010) and Borowski (2012).

The energy characteristics of cones and briquettes were determined using LECO (LECO Corporation, St. Joseph, MI, USA) instruments. Ash content was analysed using a LECO TGA701 automated analyser. Samples of approximately 1 g were dried at 105°C and combusted in the presence of oxygen at 550°C . The elemental (CHNS) composition was assayed using a LECO CHN628+S analyser. To determine carbon, hydrogen and nitrogen content, samples were combusted in the presence of oxygen at 950°C , while to assay sulphur content they were combusted at $1,350^{\circ}\text{C}$. Oxygen content was calculated. The elemental analysis results were converted according to the ISO 16993 Standard (ISO 16993:2015, 2015). Higher heating values were determined in a LECO AC600 bomb calorimeter by burning pressed samples of approximately 1 g, while lower heating values were calculated according to the ISO 1928 Standard (ISO 1928:2009, 2009).

Briquettes were combusted in a boiler with a fixed grate and manual fuel supply. Flue gas emissions were assayed using a Madur GA-60 (Madur Polska Sp, Zgierz, Poland) analyser. During measurements, the analyser recorded ambient temperature, flue gas temperature and O_2 , CO, NO and NO_2 concentration in the flue gas. The measurement procedure was described in detail by Malaťák et al. (2017; 2020).

Cones were torrefied to improve their energy characteristics. The computer-controlled torrefaction process was conducted at 200, 235, 275 and 320°C in a LECO TGA701 muffle furnace. It was carried out under an inert atmosphere at a constant nitrogen flow rate of $8.5 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$.

Statistical analysis was performed using Statistica v.13. Basic statistics and the contribution of individual factors were calculated at a significance level of $\alpha=0.05$.

2 RESULTS AND DISCUSSION

The test results for briquette volumetric density, mechanical durability and compressive strength, summarised in Table 1, were presented in detail in the first publication: “Evaluation of selected physical and mechanical properties of briquettes produced from cones of three coniferous tree species” (Gendek et al., 2018).

Table1. Average density (ρ), mechanical durability (Ψ) and maximum compressive stress ($\sigma_{c \max}$) of briquettes from shredded cones of the investigated species (after Gendek et al., 2018)

	Pine	Spruce	Larch
$\rho [\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}]$	938.5	1,078.4	944.4
$\Psi [\%]$	93.9	97.9	87.6
$\sigma_{c \max} [\text{MPa}]$	2.8	9.7	4.2

Test results indicated the briquette volumetric density of $>900 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ for all three species, which seems a favourable result, especially that the density of briquettes produced from various plant materials was reported to range from 500 to $1200 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ (Antwi-Boasiako & Acheampong, 2016). Among the investigated species, the briquette density of spruce cones was by over $130 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ higher than that of pine and larch cones, which formed a homogeneous group.

The high-density briquettes obtained in the process were also relatively durable. In industrial production, the lowest acceptable durability of briquettes is assumed at 80%,

and this condition was met for all the three species (see Table 1). As shown in Table 1, briquettes from shredded spruce cones were superior in terms of density, durability and strength. Briquette mechanical durability and compressive strength were positively correlated with density (Gendek et al., 2018).

Ash content and heating value are crucial to energy production. The detailed results of the elemental analysis of the study material, influencing its heating value, were presented by the authors in the second publication: “Changes in the Composition and Surface Properties of Torrefied Conifer Cones” (Aniszewska et al., 2020). Average ash content (*A*), higher heating value (*HHV*) and lower heating value (*LHV*) of briquettes from shredded cones before (*RAW*) and after torrefaction are presented in Table 2. *LHV* for all the three studied species oscillated around $20 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-3}$, which seems a favourable result versus other types of plant biomass, for which *LHV* of approximately $17\text{--}18 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-3}$ was reported (Haykırı-Açma, 2003; Kistler et al., 2012).

Table 2. Average ash content (*A*), higher heating value (*HHV*) and lower heating value (*LHV*) of briquettes from non-torrefied cones (*RAW*) and cones torrefied at different temperatures (after Aniszewska et al., 2020)

Temperature	Pine cones			Spruce cones			Larch cones		
	<i>A</i>	<i>HHV</i>	<i>LHV</i>	<i>A</i>	<i>HHV</i>	<i>LHV</i>	<i>A</i>	<i>HHV</i>	<i>LHV</i>
	%	$\text{MJ}\cdot\text{m}^{-3}$		%	$\text{MJ}\cdot\text{m}^{-3}$		%	$\text{MJ}\cdot\text{m}^{-3}$	
RAW	0.6	21.6	20.3	1.9	21.1	19.9	1.7	21.9	20.6
200°C	0.7	20.8	19.6	2.2	20.8	19.6	2.0	22.1	20.9
235°C	0.7	20.9	19.7	2.3	22.1	20.9	1.9	22.4	21.1
275°C	0.9	22.8	21.7	2.8	24.1	23.0	2.4	24.2	23.1
320°C	1.5	27.7	26.8	3.5	28.6	27.6	4.8	28.5	27.6

Regarding briquette ash content (Table 2), the test results for all the three cone species (*RAW*) were relatively low. Pine briquettes had by far the lowest ash content (0.6%), while the values for spruce and larch briquettes were similar (1.9% and 1.7%, respectively). These figures are consistent with the data for a variety of plant biomass reported in the literature and lower than the 5% threshold for industrial applications.

The investigated cones were torrefied to improve the energy characteristics of briquettes. As demonstrated by the test results, torrefaction increased the lower heating value from approximately $21 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-3}$ to approximately $28 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-3}$, thus producing values comparable to *LHV* of lignite (Gucho et al., 2015). Consequently, pine, spruce and larch cones seem to be a valuable material for torrefaction, which effectively increases their energy performance.

Since briquettes obtained from shredded cones are intended as fuel for energy production in the process of combustion in boilers, the concentration of primary emissions in the flue gas remains a major issue. The detailed results of the emission analysis were presented by the authors in the third publication in the series on the use of cones as a renewable energy source: “Emissions from combustion of renewable solid biofuels from coniferous tree cones” (Malaťák et al., 2020).

Stoichiometric combustion analysis indicated that the theoretical amount of the dry flue gas was $4.21\text{--}4.30 \text{ m}^3\cdot\text{kg}^{-1}$, while the volumetric concentration of carbon dioxide in the dry flue gas was $20.50\text{--}20.71\%$. During briquette combustion, the flue gas temperature depended on the cone species, which also influenced the carbon monoxide (*CO*) emissions. The *CO*

concentration was the highest for larch cone briquettes ($3,890 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$), while oscillating around $2,000 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$ for briquettes from spruce and pine cones. The CO concentrations decreased as the flue gas temperature increased, and increased as the excess air coefficient increased.

As was the case with carbon monoxide emissions, the concentration of nitrogen oxides (NO_x) was the highest for larch cone briquettes ($188.2 \text{ mg}\cdot\text{m}^{-3}$). However, unlike CO emissions, NO_x concentrations increased as the flue gas temperature increased, and decreased as the excess air coefficient increased.

For all the investigated species, an increase in the excess air coefficient resulted in lower flue gas temperatures. However, the observed response time to changes in the flue gas temperature or excess air coefficient differed for the three species. Spruce and larch cone briquettes responded much more rapidly to such changes compared with pine cone briquettes.

3 CONCLUSIONS

The selection of biofuel depends on its durability, strength and energy efficiency. The research results presented in the aforementioned series of three publications (Aniszewska et al., 2020; Gendek et al., 2018; Malat'ák et al., 2020) imply a conclusion that briquettes produced from shredded pine, spruce and larch cones have relatively high volumetric density, which is well correlated with their mechanical durability and compressive strength. Owing to their favourable physical and mechanical properties, good quality briquettes can be obtained from them.

In terms of energy performance, the cones of the investigated species had high *LHV*, at approximately $20 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-3}$. The tests also confirmed that this type of biomass could be effectively torrefied to increase its lower heating value to approximately $27 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-3}$.

Regarding the flue gas emissions in the context of environmental protection, the research demonstrated that the primary characteristics of cone briquettes were comparable with wood material. Consequently, cone briquettes can be used similarly to wood fuel. However, in the same combustion conditions, cone briquettes produced higher carbon monoxide and nitrogen monoxide emissions compared to, for example, spruce sawdust briquettes.

The study results seem to imply that good quality briquettes can be produced from conifer cones. In case of future shortage or unavailability of renewable fuels, the latter can provide a valuable material for the production of enriched fuels. Both raw and torrefied cones could be used. However, a disadvantage of this type of fuel would be the unfavourable chemical composition of the flue gas.

REFERENCES

- AKHMEDOV, S., IVANOVA, T., ABDULLOEVA, S., MUNTEAN, A., KREPL, V., 2019. Contribution to the Energy Situation in Tajikistan by Using Residual Apricot Branches after Pruning as an Alternative Fuel. *Energies* 12, 3169. <https://doi.org/10.3390/en12163169>.
- ANISZEWSKA, M., BEREZA, B., 2014. Analysis of water absorption process in the cones of common pine (*Pinus sylvestris* L.). *Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW Agriculture* 63, 105–112.
- ANISZEWSKA, M., GENDEK, A., 2016a. Logistics of the supplies of selected forest tree species' cones. Part 1. Cone density and substitution coefficient. *Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW Agriculture* 67, 121–130.

ANISZEWSKA, M., GENDEK, A., 2016b. Logistics of delivery of cones of selected species of forest trees. Part 2: Cone transport. *Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW Agriculture* 68, 113–121.

ANISZEWSKA, M., GENDEK, A., 2014. Comparison of heat of combustion and calorific value of the cones and wood of selected forest trees species. *Forest Research Papers* 75, 231–236. <https://doi.org/10.2478/frp-2014-0022>.

ANISZEWSKA, M., GENDEK, A., HÝSEK, Š., MALAŤÁK, J., VELEBIL, J., TAMELOVÁ, B., 2020. Changes in the Composition and Surface Properties of Torrefied Conifer Cones. *Materials* 13, 5660. <https://doi.org/10.3390/ma13245660>.

ANISZEWSKA, M., GENDEK, A., ZYCHOWICZ, W., 2018. Analysis of Selected Physical Properties of Conifer Cones with Relevance to Energy Production Efficiency. *Forests* 9, 405. <https://doi.org/10.3390/f9070405>.

ANISZEWSKA, M., KUSZPIT, D., 2015. Analysis of acquisition and potential usage of conifer cones from Polish seed extraction houses between 2009–2012. *Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW Agriculture* 65, 93–101.

ANTWI-BOASIAKO, C., ACHEAMPONG, B.B., 2016. Strength properties and calorific values of sawdust-briquettes as wood-residue energy generation source from tropical hardwoods of different densities. *Biomass and Bioenergy* 85, 144–152. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2015.12.006>.

BACH, Q.-V., CHEN, W.-H., CHU, Y.-S., SKREIBERG, Ø., 2016. Predictions of biochar yield and elemental composition during torrefaction of forest residues. *Bioresource Technology* 215, 239–246. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.04.009>.

BASU, P., 2013. Chapter 4 – Torrefaction, in: Basu, P. (Ed.), *Biomass Gasification, Pyrolysis and Torrefaction* (Second Edition). Academic Press, Boston, pp. 87–145. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-396488-5.00004-6>. ISBN 978-0-12-396488-5.

BOROWSKI, G., 2012. Porównanie dwóch sposobów określenia wytrzymałości brykietów z materiałów drobnoziarnistych (Comparison of two methods of determining the strength of briquettes from fine grain materials). *Postępy Nauki i Techniki* 12, 115–121.

CHANDRASEKARAN, S.R., HOPKE, P.K., RECTOR, L., ALLEN, G., LIN, L., 2012. Chemical composition of wood chips and wood pellets. *Energy Fuels* 26, 4932–4937. <https://doi.org/10.1021/ef300884k>.

CHEN, W.-H., PENG, J., BI, X.T., 2015. A state-of-the-art review of biomass torrefaction, densification and applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 44, 847–866. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.12.039>.

CIOLKOSZ, D., WALLACE, R., 2011. A review of torrefaction for bioenergy feedstock production. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining* 5, 317–329. <https://doi.org/10.1002/bbb.275>.

GENDEK, A., 2015. Combustion heat and calorific value of the mix of sawdust and cones of common pine (*Pinus sylvestris* L.). *Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW Agriculture* 66, 137–144.

GENDEK, A., ANISZEWSKA, M., MALAŤÁK, J., VELEBIL, J., 2018. Evaluation of selected physical and mechanical properties of briquettes produced from cones of three coniferous tree species. *Biomass and Bioenergy* 117, 173–179. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2018.07.025>.

GUCHO, E.M., SHAHZAD, K., BRAMER, E.A., AKHTAR, N.A., BREM, G., 2015. Experimental Study on Dry Torrefaction of Beech Wood and Miscanthus. *Energies* 8, 3903–3923. <https://doi.org/10.3390/en8053903>.

GÜRDİL, G.A.K., DEMİREL, B., 2020. Effect of moisture content, particle size and pressure on some briquetting properties of hazelnut residues. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi* 35, 330–338. <https://doi.org/10.7161/omuanajas.736851>.

HAYKIRI-AÇMA, H., 2003. Combustion characteristics of different biomass materials. *Energy Conversion and Management* 44, 155–162. [https://doi.org/10.1016/S0196-8904\(01\)00200-X](https://doi.org/10.1016/S0196-8904(01)00200-X).

ISO 1928:2009 – *Solid mineral fuels – Determination of gross calorific value by the bomb calorimetric method and calculation of net calorific value*, 2009. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

ISO 16993:2015 – *Solid biofuels – Conversion of analytical results from one basis to another*, 2015. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

ISO 17831-2:2016-02 – *Solid biofuels – Determination of mechanical durability of pellets and briquettes -- Part 2: Briquettes*, 2016. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.

IVANOVA, T., MENDOZA HERNÁNDEZ, A.H., BRADNA, J., FERNÁNDEZ CUSIMAMANI, E., GARCÍA MONTTOYA, J.C., ARMAS ESPINEL, D.A., 2018. Assessment of Guava (*Psidium Guajava* L.) Wood Biomass for Briquettes' Production. *Forests* 9, 613. <https://doi.org/10.3390/f9100613>.

KISTLER, M., SCHMIDL, C., PADOUVAS, E., GIEBL, H., LOHNINGER, J., ELLINGER, R., BAUER, H., PUXBAUM, H., 2012. Odor, gaseous and PM10 emissions from small scale combustion of wood types indigenous to Central Europe. *Atmospheric Environment* 51, 86–93. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2012.01.044>.

LISOWSKI, A., CHLEBOWSKI, J., KLONOWSKI, J., NOWAKOWSKI, T., STRUŻYK, A., SYPUŁA, M., 2010. *Technologie zbioru roślin energetycznych*. Wydawnictwo SGGW, Warszawa. ISBN 978-83-7583-222-8.

LISOWSKI, A., KOSTRUBIEC, M., DĄBROWSKA-SALWIN, M., ŚWIĘTOCHOWSKI, A., 2018a. The characteristics of shredded straw and hay biomass – Part 1 – Whole mixture. *Waste and Biomass Valorization* 9, 853–859. <https://doi.org/10.1007/s12649-017-9835-y>.

LISOWSKI, A., KOSTRUBIEC, M., DĄBROWSKA-SALWIN, M., ŚWIĘTOCHOWSKI, A., 2018b. The characteristics of shredded straw and hay biomass – Part 2 – The finest particles. *Waste and Biomass Valorization* 9, 115–121. <https://doi.org/10.1007/s12649-016-9747-2>.

MALAT'AK, J., BRADNA, J., VELEBIL, J., 2017. The dependence of CO_x and NO_x emission concentrations on the excess air coefficient during combustion of selected agricultural briquetted by-products. *Agronomy Research* 15, 1084–1093.

MALAŹÁK, J., GENDEK, A., ANISZEWSKA, M., VELEBIL, J., 2020. Emissions from combustion of renewable solid biofuels from coniferous tree cones. *Fuel* 276, 118001. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.118001>.

MEI, Y., LIU, R., YANG, Q., YANG, H., SHAO, J., DRAPER, C., ZHANG, S., CHEN, H., 2015. Torrefaction of cedarwood in a pilot scale rotary kiln and the influence of industrial flue gas. *Bioresource Technology* 177, 355–360. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.10.113>.

NUREK, T., GENDEK, A., ROMAN, K., DĄBROWSKA, M., 2020. The Impact of Fractional Composition on the Mechanical Properties of Agglomerated Logging Residues. *Sustainability* 12, 6120. <https://doi.org/10.3390/su12156120>.

TEMMERMAN, M., RABIER, F., DAUGBJERG JENSEN, P., HARTMANN, H., BÖHM, T., 2006. Comparative study of durability test methods for pellets and briquettes. *Biomass Bioenergy* 30, 964–972. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2006.06.008>.

VOICU, G., MOICEANU, E., SANDU, M., POENARU, I.C., VOICU, P., 2011. *Experiments regarding mechanical behaviour of energetic plant miscanthus to crushing and shear stress*. Presented at the 10th International Scientific Conference on Engineering for Rural Development, Engineering for Rural Development, Jelgava 26-27 May 2011, Latvia, pp. 490–495.

WRÓBEL, M., JEWIARZ, M., MUDRYK, K., KNAPCZYK, A., 2020. Influence of Raw Material Drying Temperature on the Scots Pine (*Pinus sylvestris* L.) Biomass Agglomeration Process – A Preliminary Study. *Energies* 13, 1809. <https://doi.org/10.3390/en13071809>.

Acknowledgement: *The research that provided the data for a series of three publications on the use of conifer cones for the briquette and energy production was financed from the following sources: a) the Internal Grant Agency of the Faculty of Engineering, Czech University of Life Science Prague, Czech Republic, grant number: 2019: 31170/1312/3120; b) institutional funds for long-term conceptual development of the Research Institute of Agricultural Engineering, p.r.i., RO0618 and project "Advanced research supporting the forestry and wood-processing sector's adaptation to global change and the 4th industrial revolution", OP RDE (Grant No. CZ.02.1.01/0.0/0.0/16_019/0000803); c) the APC was covered by institutional funds for long-term conceptual development of the Research Institute of Agricultural Engineering, p.r.i., RO0618.*

Contact address:

Dr hab. inż. Arkadiusz Gendek, Warsaw University of Life Sciences, Institute of Mechanical Engineering, Nowoursynowska 164, 02-787 Warszawa, Poland, e-mail: arkadiusz_gendek@sggw.edu.pl



ENERGETICKÉ ZHODNOTENIE ODPADU Z KAKAOVÝCH BÔBOV

ENERGY RECOVERY OF WASTE FROM COCOA BEANS

Tomáš GIERTL¹ – Ján GADUŠ^{2*} – Michaela HALENÁROVÁ

ABSTRAKT: Príspevok sa zaoberá energetickým zhodnotením biologicky rozložiteľného materiálu, ktorý sa nevyužíva ako potrava a je vhodný na anaeróbnu fermentáciu. Ako vstupný materiál boli použité šupky kakaových bôbov, ktoré vznikajú v procese výroby čokolády. Obsah suchej hmoty skúmaných šúp kakaových bôbov je až 98 %, preto je tento materiál nutné zhodnocovať v kofermentácii s iným materiálom. Obsah metánu v bioplyne dosahuje hodnotu 69 %, čo priaznivo vplyva na prevádzku kogeneračnej jednotky. Obsah sírovodíka vykazuje vyššie hodnoty, avšak vhodnou úpravou bioplynu sa dá obsah sírovodíka znížiť pod úroveň 300 ppm, aby sa predĺžila životnosť kogeneračných jednotiek. Skúmaný materiál má potenciál vo využívaní v anaeróbnej fermentácii, ale vzhľadom na malé množstvá produkované v SR nie ako hlavný zdroj energie.

Kľúčové slová: bioplyn, šupy kakaových bôbov, energia

ABSTRACT: The paper deals with the energy recovery of biodegradable material, which is not used as food and is suitable for anaerobic fermentation. Cocoa rinds, which are produced in the chocolate production process, were used as input material. The dry matter content of the investigated cocoa bean rinds is up to 98%, therefore this material must be evaluated in co-fermentation with another material. The methane content in biogas reaches 69%, which has a positive effect on the operation of the cogeneration unit. The hydrogen sulphide content has higher values, but by suitable treatment of the biogas, the hydrogen sulphide content can be reduced below 300 ppm in order to prolong the life of the cogeneration units. The investigated material has the potential for use in anaerobic fermentation, but due to the small amounts produced in the Slovak Republic not as the main source of energy.

Key words: biogas, cocoa rinds, energy

ÚVOD

V dnešnej dobe, keď je už ľudstvo o dosť vyspelejšie a počet ľudí sa stále viac a viac zvyšuje, potrebuje na svoju existenciu a zabezpečenie svojich potrieb viac energie. V súčasnosti pochádza väčšina palív a energie z fosílnych surovín. Tieto zdroje nie sú nevyčerpatel'né a preto sa musíme pripraviť na to, že v určitom čase nastane ich vyčerpanie. Prostredníctvom neustáleho rozvoja priemyslu dochádza k zintenzívneniu využívaniu fosílnych palív a to má za následok aj zvyšovanie dopytu po týchto zdrojoch (Giertl & Hauptvogel 2019).

V takejto hraničnej situácii je potrebné začať hľadať alternatívy a spôsoby ako sa vynájsť. S tým súvisia aj rôzne výskumy pomocou ktorých sa ľudstvo snaží nájsť nové zdroje na výrobu energie. Pozitívnu stránkou rýchlo vyvíjajúcej sa spoločnosti je aj vývoj nových technológií a pokrok na trhu v oblasti energií, ktorí vedie k potrebe prehodnocovania podmienok využívania obnoviteľných zdrojov energie.

Štáty Európskej únie majú za jeden z cieľov zvýšiť podiel vo využívaní obnoviteľných zdrojov energie s čím súvisí aj legislatíva podporujúca výrobu elektriny a tepla z týchto zdrojov. Podľa zákona 309/2009 Z. z. o podpore obnoviteľných zdrojov energie a vysoko účinnej kombinovanej výroby a o zmene a doplnení neskorších zákonov sa pod pojmom obnoviteľný

zdroj energie rozumie nefosílny zdroj energie, ktorého energetický potenciál sa trvalo obnovuje prírodnými procesmi alebo činnosťou ľudí.

Získavanie energie z biomasy je jednou z najstarších energetických technológií, ktoré sú využívané človekom. Ľudia ju využívali na výrobu tepla a svetla už v dobe kamennej a na nasledujúcich 400 000 rokov sa stala najdôležitejším zdrojom energie (Janíček et al. 2007). Biomasa predstavuje materiál vhodný na využitie k energetickým účelom formou anaeróbnej fermentácie, t. j. proces tvorby metánu za pomoci metanogénnych baktérií hlavne *Methanobacteriaceae* alebo *Methanococcaceae* a i..

Majoritnými zložkami bioplynu sú metán (CH_4) s obsahom 48 – 75 % a oxid uhličitý (CO_2), ktorého obsah sa pohybuje v rozmedzí 30 – 50 %. Okrem toho môžeme v bioplyne identifikovať aj minoritné zložky ako vodnú paru (H_2O) v zastúpení 1 – 10 %, dusík (N_2) 0 – 5 %, kyslík (O_2) 0 – 2 %, vodík (H_2) 0 – 1 %, amoniak (NH_3) 0 – 1 % a sírovodík (H_2S) 0 – 1 % (0 – 10 000 ppm). Obsah týchto látok závisí od zloženia vstupného materiálu, priebehu procesu a parametrov (Gaduš, 2019).

Aktuálne je na Slovensku v prevádzke asi 110 poľnohospodárskych bioplynových staníc, z ktorých približne 80 % využíva ako hlavnú vstupnú surovinu na produkciu bioplynu kukuričnú siláž. Snaha mnohých podnikov je obmedziť fermentáciu kukuričnej siláže a predkladaná publikácia poukazuje na možnosť využitia alternatívnej suroviny na produkciu bioplynu.

1 MATERIÁL A METÓDY

Cieľom predkladaného príspevku je experimentálne overenie využitia alternatívneho zdroja biomasy na produkciu bioplynu. Výsledkom je hodnotenie bioplynu z pohľadu vyprodukovaného objemu, zloženia bioplynu a možnosti využitia na produkciu elektrickej energie a tepla. Experimentálne merania sa uskutočnili v laboratóriu bioplynovej stanice v Kolíňanoch.

1.1 Vstupná surovina

Použitou vstupnou surovinou na experimentálne overenie využitia odpadu na produkciu bioplynu boli odpadové šupky z kakaových bôbov.

Upražené bôby sa nasekajú na kúsky a odstraňujú sa z nich jalové šupky, ktoré obaľujú každé semeno a čisté bôby sa ďalej miešajú s vhodnými ingredienciami a vyrába sa z nich čokoláda (Lyrachocolate 2021). Na energetické zhodnotenie boli použité upražené jalové šupky, ktoré v ďalšom procese výroby čokolády nemajú využitie. Vzorka šupiek kakaových bôbov, z ktorej boli vykonávané experimenty mala obsah suchej hmoty vo vzorke (TS) 98 % a obsah organickej suchej hmoty v usušenej vzorke (VSS_{TS}) bol 94 %. Na obrázku 1 sú znázornené upražené jalové šupky kakaových bôbov.

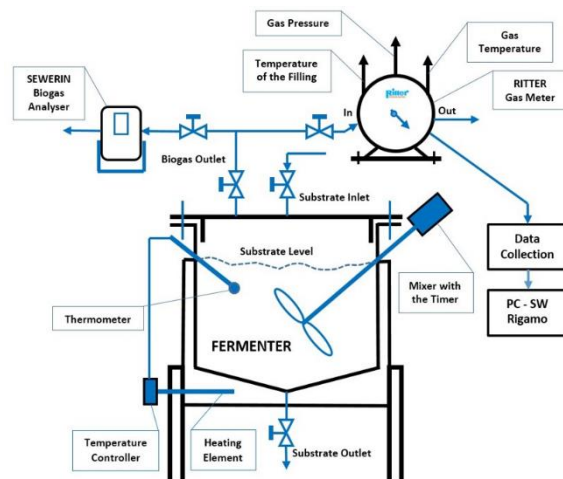


Obrázok 1 Šupky kakaových bôbov

1.2 Postup merania

Na uskutočnené experimenty sme použili fermentory, ktorých konštrukčné usporiadanie fermentorov umožňuje realizáciu tzv. dávkových (batch) testov pre stanovenie výdatnosti produkcie bioplynu z rôznych zmesných vstupných materiálov. Fermentory sú vybavené elektrickým ohrevom vykurovacej vody v dvojitom plášti, čo zabezpečí veľmi dobrú stabilitu nastavenej teploty vo vnútri fermentora, ktorá bola regulovaná elektronicky na $40^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$. Miešanie vnútri fermentora je zabezpečené vrtuľovým pomalobežným miešadlom, ktoré je ovládané digitálnym časovačom a časový interval bol nastavený na 20 minút každé dve hodiny. Vyprodukované množstvo bioplynu sa kontinuálne meria a zaznamenáva plynomerom. Na fermentore sú odberné miesta na odber substrátu, ako aj na analyzovanie zloženia produkovaného bioplynu.

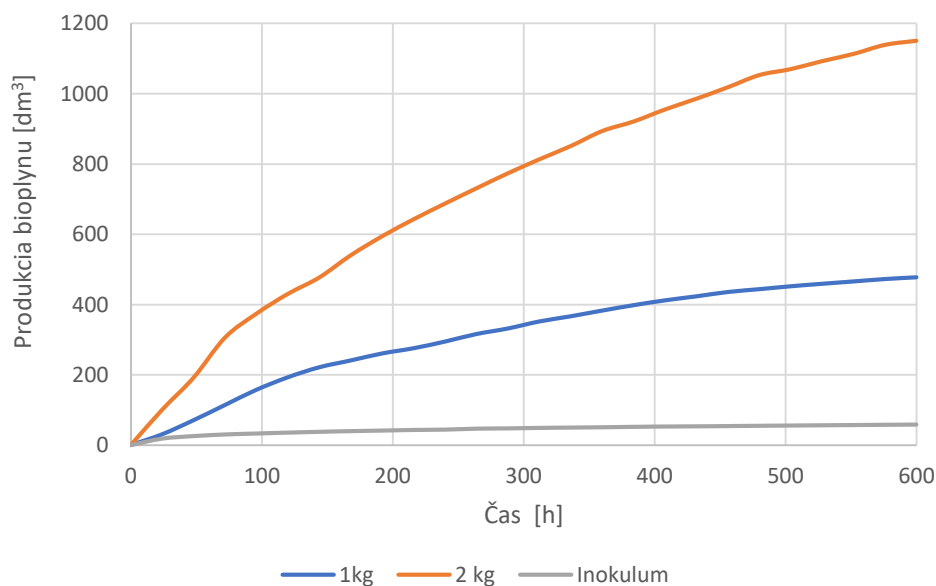
Každý experiment trval 600 hodín a získané namerané údaje boli zapisované každých 24 hodín. Celkovo bolo vykonaných 6 experimentov. V dvoch fermentoroch bola zmes 1 kg šupiek + 97 l inokula, v dvoch fermentoroch bola zmes 2 kg šupiek + 97 l inokula a v dvoch fermentoroch bolo len 97 l inokula. Inokulum bolo z vlastnej bioplynovej stanice, ktorá spracováva hnoj hovädzieho dobytku a hnojovicu ošípaných. Na obrázku 2 je znázornená schéma experimentálneho zariadenia, na ktorom boli uskutočňované experimenty.



Obrázok 2 Schéma experimentálneho zariadenia

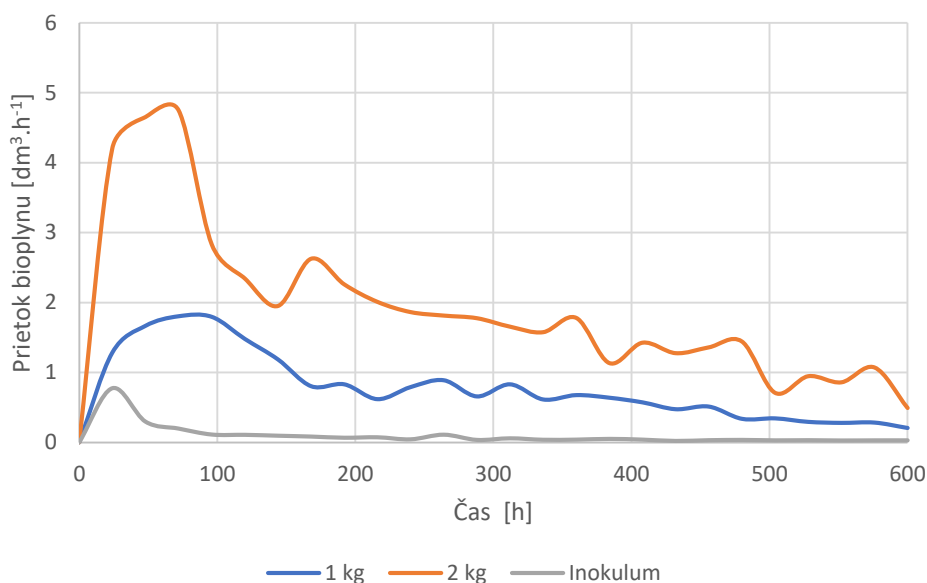
2 VÝSLEDKY

Výsledky predstavujú priemerné hodnoty nameraných údajov. Na obrázku 3 je znázornená kumulatívna produkcia bioplynu fermentovaného materiálu. 2 kg šúpiek kakaových bôbov vyprodukovali za 600 hodín 1150 dm^3 bioplynu. Inokulum, ktoré bolo zo zmesi hnoja a hnojovice vyprodukovalo za 600 hodín 59 dm^3 . 1 kg šúpiek kakaových bôbov vyprodukoval za 600 hodín 480 dm^3 bioplynu.



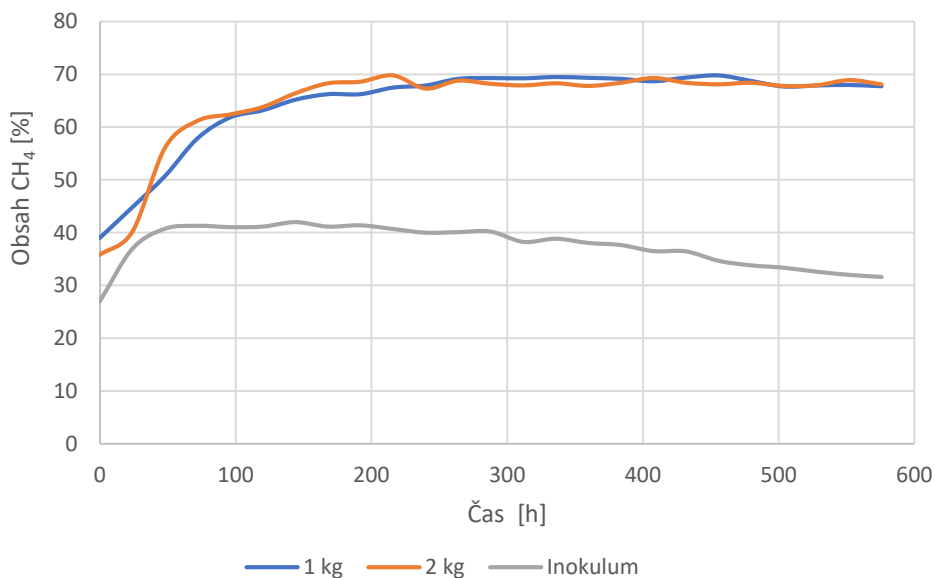
Obrázok 3 Kumulatívna produkcia bioplynu

Výsledky zaznamenaných hodnôt určujúce prietok vyprodukovaného bioplynu možno vidieť na obrázku 4. Vrchol produkcie bioplynu sa vo všetkých troch prípadoch nachádza v prvých 100 hodinách merania. 2kg šúpiek dosiahli najvyšší prietok bioplynu na tretí deň, kedy bol dosiahnutý prietok $4,7 \text{ dm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, prietok bioplynu produkovaného z 1 kg šúpiek bol $1,8 \text{ dm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ ale inokulum dosiahlo vrchol prietoku po 24 hodinách s hodnotou $0,8 \text{ dm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$.



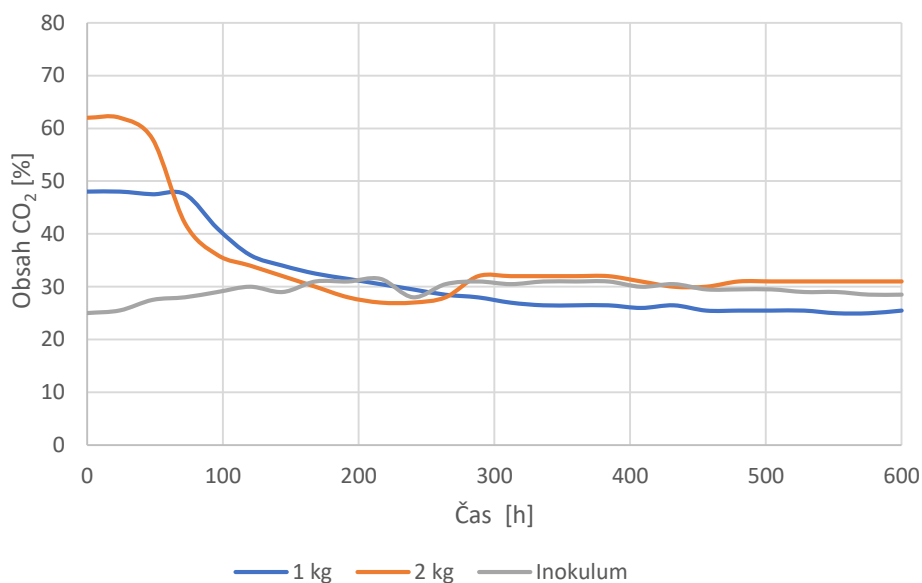
Obrázok 4 Prietok bioplynu

Nasledujúci obrázok (Obrázok 5) predstavuje zastúpenie metánu vo vyprodukovanom bioplyne. Obsah metánu v bioplyne, ktorý produkujú šupky kakaových bôbov (1 kg, 2 kg) dosahuje hodnotu až 69 %, čo je výborná hodnota a počas takmer celého experimentu bol obsah metánu nad 50 %. Inokulum malo najvyšší obsah metánu 41 % a postupom času táto hodnota klesala až na 32 %, čo naznačuje nízku kvalitu inokula.



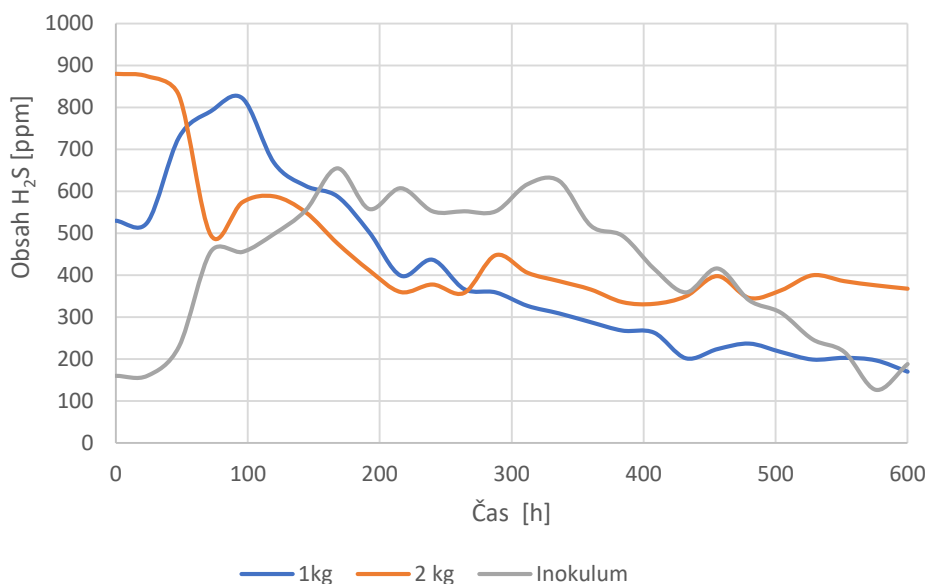
Obrázok 5 Obsah metánu v bioplyne

Obrázok 6 znázorňuje obsah oxidu uhličitého v bioplyne. Na začiatku fermentácie šupiek kakaových bôbov bol vyšší obsah CO₂ v bioplyne. 1 kg šupiek produkoval 48 % CO₂ a 2 kg až 62 % CO₂. Samotné inokulum produkovalo 25 % CO₂. Po 100 hodinách fermentácie sa obsah CO₂ produkovaný zo všetkých troch materiálov ustálil na úrovni približne 30 % a bol ustálený až do ukončenia experimentu.



Obrázok 6 Obsah oxidu uhličitého v bioplyne

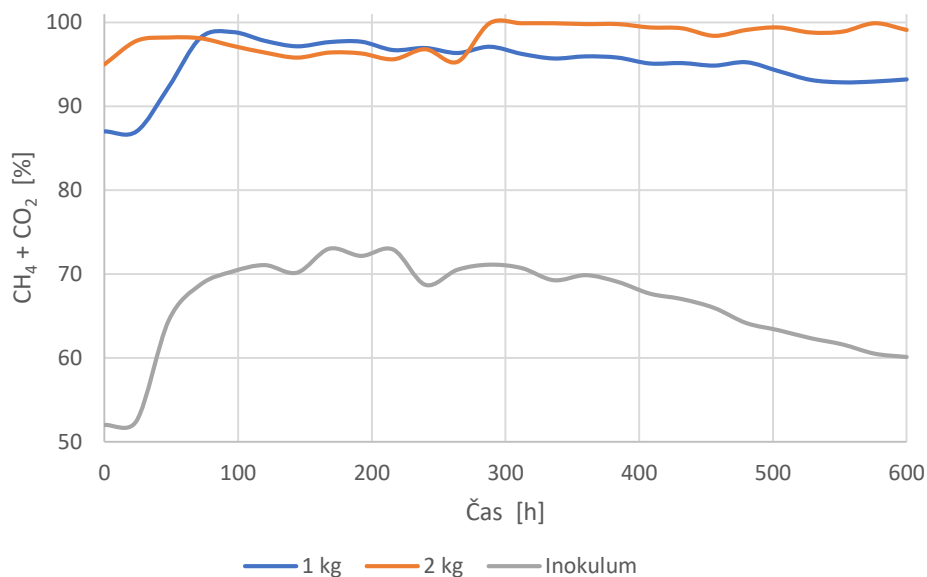
Sírovodík je nežiadúca zložka v bioplyne a jeho obsah je znázornený na obrázku 7. Na začiatku fermentácie je obsah H₂S v bioplyne z 1 kg šupiek 530 ppm a z 2 kg až 880 ppm v priebehu fermentácie klesal na 180 ppm (1 kg) a 380 ppm (2 kg). Inokulum produkovalo na začiatku fermentácie bioplyn s obsahom H₂S 170 ppm, ale následne sa táto hodnota zvýšila na približne 600 ppm, čo je nežiadúci trend. Na konci fermentácie bol obsah H₂S 190 ppm.



Obrázok 7 Obsah sírovodíka v bioplyne

Súčet majoritných zložiek bioplynu (CH₄ a CO₂) sú znázornené na obrázku 8. Ak je proces fermentácie stabilný, nedochádza k výraznému kolísaniu obsahu CH₄ a CO₂. Súčet majoritných zložiek bioplynu v prípade 1kg šupiek je priemerne 95 %. Súčet majoritných zložiek bioplynu v prípade 1kg šupiek je priemerne 98 %. Súčet majoritných zložiek bioplynu v prípade inokula je priemerne 67 %. Z toho vyplýva, že bioplyn z fermentácie šupiek kakaových bôbov obsahuje 5% (1 kg šupiek) minoritných zložiek plynov ako je amoniak, dusík,

vodík a iné plyny. V prípade 2 kg šupiek to boli len 2 %. Použité inokulum obsahovalo až 33 % iných plynov ako je CH_4 a CO_2 .



Obrázok 8 Súčet majoritných zložiek v bioplyne

3 DISKUSIA

Pokusy s fermentáciou šupiek z kakaových bôbov uskutočňovali aj odborníci z Indonézie. Redjeki a kol. (2013) študovali kofermentáciu kakaových šupiek s vodou a trávou. Pri pomere voda: kakaové šupy 1:1,5 s pridaním 150 g trávy dosiahli obsah metánu 74 %. V našich podmienkach sa voda na riedenie využíva len v prípade núdze. V prevádzke sa riedi fermentát najmä hnojovicou a dosahujeme obsah metánu 69 %. Ďalšie pokusy boli vykonané v Nigérii na univerzite v Benin. Enaboifo (2020) vo svojej štúdii skúma kofermentáciu vlákien kakaových bôbov a kakaových šupiek, pričom použil 2 g očkovacej látky a 4 g skúmaného materiálu. Substráty boli miešané so 100 ml destilovanej vody a doba fermentácie bola stanovená na 12 dní. V prípade vlákien z kakaových bôbov dosiahol produkciu 7,7 ml bioplynu a z kakaových šupiek sa vyprodukovalo 23,3 ml bioplynu. Z toho vyplýva, že 1 kg vlákien kakaových bôbov vyprodukuje 1,9 dm^3 bioplynu a 1 kg kakaových šupiek vyprodukuje 5,8 dm^3 bioplynu.

4 ZÁVER

Výroba bioplynu je nie len efektívnym spôsobom získavania elektrickej energie a tepla z rastlinnej alebo živočíšnej biomasy, ale zároveň aj veľmi prospešným ekologickým riešením na odstraňovanie biologického odpadu z agronomickej sféry. Na základe získaných výsledkov z experimentu možno povedať, že odpadové šupky z kakaových bôbov sa javia ako vhodný alternatívny materiál pre proces mokrej anaeróbnej fermentácie. Pozitívne je, že 1 t šupiek vyprodukuje približne 480 m^3 bioplynu, čo je 2,4 krát viac ako v prípade kukuričnej siláže. Ďalšou výhodou je, že obsah metánu je takmer o 20 % vyšší ako obsah metánu z kukuričnej siláže, čo má vplyv na výhrevnosť bioplynu a konečnom dôsledku aj produkciu elektrickej energie. Obsah sírovodíka je trochu vyšší, ale bez problémov sa dá odstrániť vhodnou

technológiou, ktorá nie je ekonomicky náročná. Nevýhoda je, že produkcia šupiek z kakaových bôbov nie je taká vysoká, aby dokázala úplne nahradiť kukuričnú siláž.

LITERATÚRA

ENABOIFO, M. A., ADADU, C. A.. 2020. *Comparative study of biogas production from cocoa pod, maize husk, orange peels, pineapple peels, and coconut fiber co-digested with yeast*. Nigeria : Association of Deans of Agriculture in Nigeria Universities. ISSN 2736-0385

GADUŠ, J., 2019: *Perspektívy rozvoja využívania bioplynu v EÚ a na Slovensku*. Agroporadenstvo.sk. [online]. 2019-08-27 [cit. 2021-06-10]. Dostupné na: <<http://www.agroporadenstvo.sk/index.php?pl=107&article=1576>>

GIERTL, T., HAUPTVOGL, M., 2019. *Verifikácia možností využitia rýchlorastúcich drevín na výroby biopalív*. Prvé vydanie, Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, 2019. 72 s. ISBN 978-80-552-2052-9.

JANÍČEK, F., et al., 2007. *Obnoviteľné zdroje energie 1, Technológie pre udržateľnú budúcnosť*. Bratislava, Renersans, s.r.o. 2007. 176 s. ISBN 978-80-969777-0-3.

Lyrachocolade. 2021. *O čokoláde*. [online]. [cit. 2021-06-06] Dostupné na: <https://www.lyrachocolade.com/o-cokolade>

PASTOREK, Z., 2000. *Využitie biomasy k energetickým účelům*, kap. 10. In: CENEK, M., a kol.: *Obnoviteľné zdroje energie*. Druhé vydanie. Praha, FCC PUBLIC, 2000.

REDJEKI, S., TRIANA, N.W., IRANI, UTAMI I.. 2013. *Alternative energy biogas from chocolate rind*. Turkey : Procedia - Social and Behavioral Sciences. ISSN: 1877-0428

Pod'akovanie: Táto publikácia bola podporená grantom 15/2019 Grantovou agentúrou Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre.

Kontaktná adresa:

1. Tomáš Giertl, Ing., PhD. Katedra strojov a výrobných biosystémov, Technická fakulta, SPU v Nitre, Trieda Andreja Hlinku 2, 949 76 Nitra, tomas.giertl@uniag.sk

2. Ján Gaduš, prof. Ing., PhD. Katedra regionálnej bioenergetiky, Fakulta európskych štúdií a regionálneho rozvoja, SPU v Nitre, Trieda Andreja Hlinku 2, 949 76 Nitra, jan.gadus@uniag.sk, +421 37 641 4620



NÁVRH METODIKY MERANIA V OBLASTI BEZTRIESKOVÉHO STÍNANIA DREVA

METHODOLOGY DESIGN OF MEASUREMENTS IN THE AREA OF CHIPLESS WOOD CUTTING

Pavol HARVÁNEK - Ján MELICHERČÍK – Ján KOVÁČ – Tomáš KUVIK

ABSTRAKT: Tento článok je zameraný na popis metodiky beztrieskového delenia dreva v oblasti stínania drevín. Úlohou článku je detailne popísať zvolenú metodiku merania, ktorá bude použitá pre výskum v dizertačnej práci. Navrhovaná metodika vychádza z teoretických a praktických poznatkov v problematike delenia dreva. Metodika merania je založená na laboratórnych meraniach. Tie sú realizované na experimentálnom zariadení katedry KELT, ktoré zodpovedá vstupným a výstupným parametrom stroja využívaného v lesnom hospodárstve. Na základe stanovenej metodiky budú realizované laboratórne merania beztrieskového delenia dreva pomocou jednočinných plochých stínacích nožov.

Kľúčové slová: beztrieskové delenie, beztriesková stínacia hlavica, metodika delenia dreva.

ABSTRACT: This paper is focused on the description of the methodology of chipless wood cutting in forestry. The task of the article is to describe in detail the selected measurement methodology that will be used for the research in the dissertation. The proposed methodology is based on theoretical and practical knowledge of wood splitting. The measurement methodology is based on laboratory measurements. These are realized on the experimental equipment of the Department of KELT, which corresponds to input and output parameters of the machine used in forestry. Based on the set methodology, laboratory measurements of chipless wood cutting using single-acting flat scutting knives will be carried out.

Key words: chipless cutting, chipless cutting head, methodology of wood cutting.

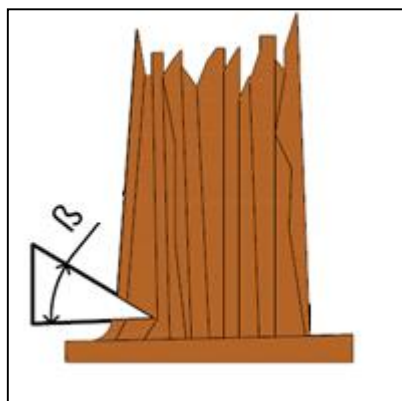
ÚVOD

Vo svete je veľmi rýchly rozvoj vedy a hlavne techniky, s ktorým súvisí aj rozvoj výroby, čo má za následok stále intenzívnejšie získavanie prírodných zdrojov. Pre zabezpečenie racionálneho obhospodarovania lesov je potrebné využívať čoraz častejšie moderné techniky ťažby dreva, ktoré by so sebou prinášali čoraz menej tvorby odpadu pri stínaní drevín a stromov. Jedným z možných riešení je použitie beztrieskového delenia dreva pri samotnej ťažbe rýchlorastúceho dreva ale pri prebierkach (Kováč et al., 2017).

Beztrieskové delenie dreva v procese lesnej ťažby sa predovšetkým využíva pri strojoch určených pre strojové odvetvovanie stromov. Stále častejšie sa však beztrieskové delenie dreva využíva v podobe beztrieskových stínacích hlavíc u jednooperačných strojov. Konštrukciou, výhodami použitia aj modelovaním procesov stínania pomocou stínacích hlavíc sa zaoberal autor (Hatton et al., 2015, Hatton et al., 2017).

Pri porovnávaní s aktuálnym stavom zariadení a strojov, ktoré sa používajú pri obhospodarovaní lesov je kladený čoraz väčší dôraz na používanie ľahkých strojov a adaptérov na bázove stroje čím je možné zmenšiť tlak na pôdu (Suchomel et al., 2012, Cavalli et al., 2014). Z uvedeného teda jasne vyplýva význam a opodstatnenosť riešenia danej problematiky.

Priečne delenie dreva nožom je založené na schopnosti dreva deformovať sa. Drevo poukazuje pomerne malý odpor deformovania pri vtláčaní klina do neho. Pri vtláčaní rezného nástroja do dreveniny rezná hrana prerušuje väzby medzi vláknami pričom nevzniká odpadová trieska a rezná škára sa rovná nule (Marko a Holík, 2000). Obrázok základnej schémy beztrieskového delenia jednočinným nožom je zobrazený na obrázku 1. Pri delení jednočinným plochým nožom sa uhol reznej hrany β rovná reznému uhlu δ (Mikleš 2009).



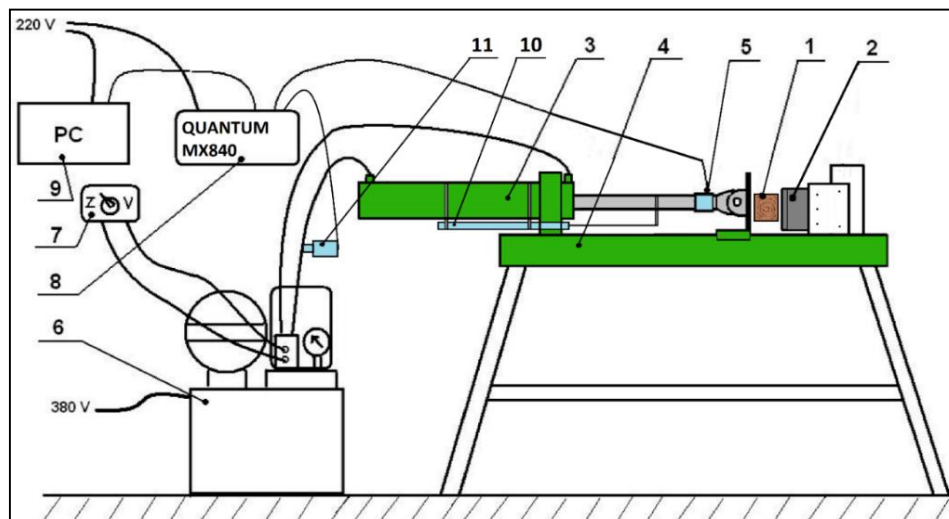
Obrázok 1 Schéma beztrieskového delenia dreva (Krilek et al., 2018)
 β - uhol reznej hrany

Princíp beztrieskovej stínacej hlavice spočíva vo vtláčaní rezného klina (rezného nástroja) do kmeňa v smere kolmom na rast vlákien stromu. Veľmi často sa tento princíp využíva pri štiepaní dreva, ale s rozdielom, že pri štiepaní dreva sa rezný klin vtláča do kmeňa v smere rovnobežnom na rast vlákien stromu. Pri beztrieskovom spôsobe stínania nevzniká žiadna odpadová trieska.

1 MATERIÁL A METÓDY

Celý priebeh laboratórnych meraní bude realizovaný na hydraulickom stende katedry KELT v priestoroch dielni TUZVO, čo najviac mariacich zaradení bude použitých z dostupných skladových zásob Fakulty Techniky Technickej Univerzity vo Zvolene (Barčík et al., 2016) . Na stende budú postupne upevňované stínacie nože s rôznymi hrúbkami a geometrickými parametrami. Nakoľko sa jedná o laboratórne podmienky bude rozmer stínacích nožov v porovnaní so stínacími nožmi beztrieskových stínacích hlavíc menší.

Proces beztrieskového delenia drevín v smere kolmom na rast vlákien bude zabezpečovať priamočiary hydromotor (3), ktorý je umiestnený na nosníku (4) a bude poháňaný tlakom kvapaliny od hydrogenerátora (6). Smer pohybu piestnice priamočiareho hydromotora je zabezpečený od ovládacieho panela (7). Kvôli zabezpečeniu správnej kinematiky stínania bude priamočiary hydromotor vtláčať drevinu (1) do stínacieho noža (2). Celý proces beztrieskového delenia bude zaznamenávaný pomocou meracej ústredne QUANTUM MX840 (8).



Obrázok 2 Schéma meracieho reťazca (autor)

1- vzorkový materiál, 2- stínací nôž, 3- priamočiary hydromotor, 4- nosník, 5- tenzometrický snímač sily, 6- hydrogenerátor, 7- ovládanie výsuvu piestnice hydraulického valca, 8- meracia ústredňa, 9- vyhodnocovacie zariadenie PC, 10- snímač dráhy, 11- odporový snímač tlaku.

Počas procesu beztrieskového delenia bude sledovaná sila v závislosti od dráhy piestnice. Sila bude zaznamenávaná nepriamo vďaka deformáciám piestnice priamočiareho hydromotora pomocou odporového snímača sily (5), pre kontrolu nameranej sily bude do hydraulického systému zaradený aj snímač tlaku (11), vďaka čomu bude možné porovnať dve hodnoty navzájom. Vďaka snímaču dráhy (10) bude možné sledovať priebeh nameranej sily v závislosti od hĺbky vniknutia stínacieho noža do dreveniny. Celé experimentálne meranie bude vyhodnotené v PC (9).

Pri delení vzoriek plochým jednočinným nožom sa rezná sila môže definovať z nasledovného vzťahu:

$$F_c = F_N + F_D + F_{CH} + F_{\check{c}} = 30,032 + 17,73 + 0,075 + 2,18 = 20[kN] \quad (1)$$

kde:

F_N – sila nadrezávania vlákien reznou hranou noža [kN],

F_D – deformačná sila dreva čelom noža) [kN],

F_{CH} – sila na prekonanie odporu na chrbte noža [kN],

$F_{\check{c}}$ – sila na prekonanie odporu na čele noža [kN].

Výpočet sily na výstupe hydraulického valca

$$F = P \cdot S = 16\,000\,000 \cdot 0,005 = 80 [kN] \quad (2)$$

kde :

F – sila [N],

p – pracovný tlak hydraulického valca [MPa]

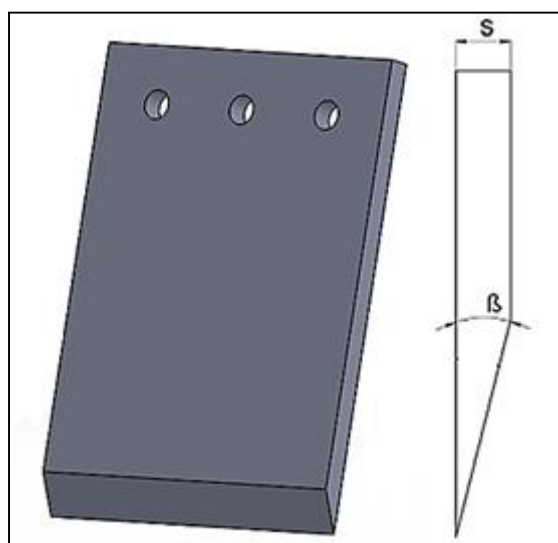
S – plocha vrtania hydraulického valca [m²].

Beztrieskový stínací nôž:

Najdôležitejšou súčasťou beztrieskovej stínacej hlavice je stínací nôž. Výhodou takýchto stínacích hlavíc je hlavne jednoduchá konštrukcia stínacieho mechanizmu na rozdiel od harvesterových hlavíc, kde stínací mechanizmus predstavuje súbor hydromotorov spolu so spíľovacou reťazou. Staršie typy stínacích harvesterových hlavíc využívali pre stínanie princíp cirkulára a teda rotáciu ozubeného pílového kotúča okolo svojej osi (Kováč et al., 2014,). V experimentálnom meraní dizertačnej práce budú použité tri skupiny beztrieskových stínacích nožov zobrazených v tabuľke 1. V prvej skupine sú uvedené stínacie nože rôznej hrúbky, v druhej skupine sú uvedené stínacie nože s rôznym povrchom noža a v poslednej skupine sa nachádzajú nože s rôznym tvarom reznej hrany. Ako však bolo zistené v predchádzajúcich štúdiách je najvýhodnejšie použitie stínacieho noža s uhlom reznej hrany $\beta=30^\circ$ (Marko, 1996, Johansson, 1996) a preto budú mať všetky použité stínacie nože tento uhol reznej hrany.

Tabuľka 1 Technické parametre beztrieskových stínacích nožov

P.č.	Hrúbka s (mm)	Povrch	Tvar reznej hrany
1	6	leštený	priamková
2	8	ryhovaný	pílová
3	10	zdrsnený pieskovaním	sínusová



Obrázok 3 Model a geometria jednočinného plochého stínacieho noža (autor)
s- hrúbka noža, β - uhol rezného klina

Pri pôsobení jednočinného plochého beztrieskového stínacieho noža v smere rezných síl do procesu beztrieskového stínania nevstupujú iné uhly (α, γ).

2 VÝSLEDKY A DISKUSIA

Navrhovaná metodika merania beztrieskového delenia dreva vychádza z rôznych štúdií, ktoré sa venujú podobnej problematike v oblasti techniky spracovania dreva v lesnom hospodárstve (Hatton et al., 2015, Pathak et al., 2017, Melicherčík et al., 2020). Metodika merania pozostáva z viacerých použitých beztrieskových stínacích nožov a drevín, ktoré majú rôzny vplyv na výslednú veľkosť stínacej sily.

Na základe štúdií v procese beztrieskového odvetvovania bolo zistené, že najväčší vplyv na veľkosť odvetvovacej sily má hrúbka rezného nástroja (Mikleš, M., 2011, Mikleš, J., 2013). Avšak v procese beztrieskového delenia môže mať tento faktor iný vplyv ako v procese odvetvovania.

Vzhľadom na nutnosť dodržania potrebnej kinematiky stínania bude použité experimentálne zariadenie na testovanie beztrieskových stínacích nožov. Toto hydraulické zariadenie bude použité pre testovanie rôznych stínacích nožov, aby bolo možné v konečnom dôsledku zistiť najvýhodnejší tvar a geometriu rezného nástroja. Následne budú vybrané najoptimálnejšie technické parametre stínacích nožov, ktoré budú použité pri nasledujúcom experimente (Krilek et.al., 2018).

Cieľom dizertačnej práce bude na základe experimentálnych meraní zistiť vplyv vybraných faktorov (hrúbka stínacieho noža, tvar reznej hrany a dreva) pri procese beztrieskového delenia dreva. Na základe spracovania a vyhodnotenia nameraných údajov určiť váhu vplyvu faktorov pre veľkosť potrebnej stínacej sily, vzhľadom na hrúbku noža druh materiálu a geometrie, podľa ktorých bude nôž vyrobený a testovaný na experimentálnom zariadení.

3 ZÁVER

V súčasnej dobe kedy sa kladie vysoký nárok na nízku odpadovosť pri spilovaní a spracovaní drevín sa stále častejšie do popredia dostávajú beztrieskové stínacie hlavice. Ich konštrukcia je čím ďalej tým kvalitnejšia a jednoduchšia pre obsluhu a samotnú prevádzku.

V závere táto práca určuje metodiku riešenia dizertačnej práce s opisom laboratórnych meraní na experimentálnom zariadení. Na základe výskumov a teoretických poznatkov sa bude vyhodnocovať rezná silu a rezná rýchlosť pri procese beztrieskového delenia dreva na navrhnutom experimentálnom zariadení. Pri týchto meraniach budú použité jednočinné ploche stínacie nože rôznej geometrie a rozličných materiálov.

Výsledkom výskumu bude beztrieskový stínací nôž, ktorý dokáže zefektívniť zber rýchlorastúcich drevín nakoľko vzhľadom na nízku veľkosť reznej sily môže byť konštrukcia celej hlavice jednoduchšia, prípadne stínaný priemer drevín môže byť väčší čím sa zväčší použiteľnosť celej stínacej hlavice hlavne v praxi.

LITERATÚRA

BARCÍK, Š., NEUPAUEROVÁ, A., KOLEDA, P., SUJOVÁ, E., MINÁRIK, M., 2016: Katalóg zariadení. Technická univerzita vo Zvolene. ISBN 978-80-228-2869-7

CAVALLI, R., GRIGOLATO, S., SGARBOSSA, A., 2014: JOURNAL OF AGRICULTURAL ENGINEERING. Productivity and quality performance of an innovative firewood processor. S. 32-36. 2014.

HATTON, B., BOUZGARROU, J., FAUROUX, V., GAGNOL, V., GOGU, G., 2017: Springer International Publishing AG. An approach for modelling harvester head mechanism in the harvesting process of hardwood stands. S. 133-141. 2017.

HATTON, B., POT, G., BOUZGARROU, B., GAGNOL, V., GOGU, G., 2015: Croatian journal of forest engineering. Experimental determination of delimbing forces and deformations in hardwood harvesting. s.43-53. ISSN: 1845-5719. 2015.

JOHANSSON, J., 1996: Forestry, Case studies on farm tractors as base machines for single-grip thinnings harvester heads. S. 229-244. ISSN: 0015-752X. 1996.

KOVÁČ, J., KRILEK, J., KUČERA, M., AND BARCÍK, S. 2014. "The impact of design parameters of a horizontal wood splitter on splitting force," *Drvna Industrija* 65(4), 263-271. DOI: 10.5552/drind.2014.1335

KOVÁČ, J., KRILEK, J., JOBBÁGY, J., DVOŘÁK, J., 2017: *Technika a mechanizácia v lesníctve*, Technická univerzita vo Zvolene, 2017. ISBN 978-80-228-3021-8

KRILEK, J., KOVÁČ, J., DVOŘÁK, J., MIKLEŠ, J., 2018 : *Výskum rezných mechanizmov v lesníctve*. Zvolen : Vedecká monografia. Technická univerzita vo Zvolene. ISBN 978-80-228-3056-0

MARKO, J. 1996: *Problematika hodnotenia rezných mechanizmov pre výchovné zásahy*. 1. vyd. Zvolen: Technická Univerzita vo Zvolene, 1996. 49s. ISBN 80-228-0586-8.

MARKO, J., HOLIK, J. 2000: *Teória delenia dreva*. 1. vyd. Zvolen: Technická Univerzita vo Zvolene, 2000. 66s. ISBN 80-228-0891-1.

MELICHERČÍK, J., KRILEK, J., HARVÁNEK, P., 2020 Simulation of stress and strain analysis on a delimbing knife with replaceable cutting edge. In *BioResources*. 2020. č. no. 2 , s. 3799--3808. ISSN 1930-2126 .VEGA 1/0609/20. CCC, WOS, SCOPUS.

MIKLES, J., 2011: 4. medzinárodná vedecká konferencia o drevospracujúcich technikách miesto: Praha, ČESKÁ REPUBLIKA. Research into the geometry of the delimbing head of cutting knives. S. 193-201. 2011.

MIKLES, J., 2013: *Research in Agricultural Engineering*. Research into the geometry of the delimbing head of cutting knives. S. 193-201. 2013.

MIKLEŠ, M., 2009 : *Štúdium geometrie nožov odvetvovacej hlavice*. Acta Facultatis Technicae, XIV , 2009 (2) : p. 121 – 129, ISSN 1136 – 4472

PATHAK, A.D., WARHANE, R.S., DEOKAR, S.U.; 2017: Optimization of cutting parameters in Dry Turning of AISI A2 Tool Steel using Carbide Tool by Taguchi Based Fuzzy Logics. *ScienceDirect- Material Today: Proceedings* 5 (2018) ISSN 5082- 5090

SUCHOMEL, C., SPINELLI, R., MAGAGNOTTI, N., 2012: *CROATIAN JOURNAL OF FOREST ENGINEERING*. Productivity of processing hardwood from coppice forests. S. 39-47. ISSN: 1845-5719. 2012.

Pod'akovanie: *Túto prácu podporila Vedecká grantová agentúra Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu Slovenskej republiky a Slovenskej akadémie vied projektom VEGA 1/0364/21 - Výskum pracovných mechanizmov lesníckych strojov s ohľadom na nové konštrukčné parametre a pracovné princípy.*

Kontaktná adresa:

Ing. Pavol Harvánek, Technická Univerzita vo Zvolene, Fakulta techniky, Študentská 26
960 01 Zvolen, xharvanek@tuzvo.sk

Ing. Ján Melicherčík, PhD, Technická Univerzita vo Zvolene, Fakulta techniky, Študentská 26
960 01 Zvolen, xmelichercikj@tuzvo.sk

doc. Ing. Ján Kováč, PhD. Technická Univerzita vo Zvolene, Fakulta techniky, Študentská 26
960 01 Zvolen, kovac@tuzvo.sk

Ing. Tomáš Kuvik, PhD, Technická Univerzita vo Zvolene, Fakulta techniky, Študentská 26
960 01 Zvolen, xkuvikt@tuzvo.sk



VALIVÝ ODPOR VYBRANEJ AGRO-LESNÍCKEJ PNEUMATIKY

ROLLING RESISTANCE OF SELECTED AGRO-FORESTRY TYRE

Milan HELEXA

ABSTRAKT: Výskum procesov interakcie medzi pneumatikovým kolesom a pôdou realizovaný v pôdnom skúšobnom kanály prináša mnoho výhod. Z pomedzi nich spomeňme aspoň možnosť kultivácie a homogenizácie pôdy čo zabezpečuje lepšiu opakovateľnosť merania, jednoduchší pohon samotného kolesa a celkovo nižšie realizačné a prevádzkové náklady. Článok sa zaoberá prezentáciou pôdneho skúšobného kanála realizovaného na našom pracovisku a ako výsledky prvých realizovaných meraní uvádza čiastkové výsledky merania valivých odporov sledovanej diagonálnej pneumatiky Mitas TS05 10,0/75-15,3 10PR. Uvedené merania valivých odporov považujeme za kľúčové pre ďalšie hodnotenie trakčných a energetických vlastností pneumatík. Dosiahnuté výsledky aj napriek určitým komplikáciám a nedostatkom, ktoré sa vyskytli v priebehu merania, naznačujú závery, ktoré v danej oblasti dosiahli aj iní výskumníci. Záver článku je venovaný zhodnoteniu dosiahnutých výsledkov ako aj hodnoteniu nedostatkov predmetného zariadenia, ktoré budeme musieť do budúcnosti vyriešiť za účelom ďalšieho zvyšovania jeho technickej a experimentálnej úrovne.

Kľúčové slová: mobilný pracovný stroj, kolesový podvozok, valivý odpor, ťahová sila

ABSTRACT: The research of processes between the wheel tyre and the soil held in the soil testing canal brings a lot of advantages. Some of them are possibilities of cultivation and homogenization of soil what enable better repeatability of measurement, easier drive of the wheel and lower costs for execution and operation. The article deals with construction of soil testing canal which was recently built at the workplace of the Technical University in Zvolen (the Slovak Republic). It describes the construction and defines the basic technical parameters. As results of first held measurements, the article shows partial measurement results like rolling-resistance force of the tested diagonal tyre marked as Mitas TS05 10,0/75-15,3 10PR. The rolling-resistance forces measurements are considered as crucial for further evaluation of traction and energetic tyre properties. Despite the certain complications and gaps, obtained data show the comparable results of other researchers in this field. The conclusion of the article deals with evaluation of obtained results as well as evaluation of gaps which occurred on the device during testing. It is necessary to solve these gaps in the future to obtain higher technical and experimental level.

Key words: mobile working machine, wheel bogie, rolling-resistance force, tensile force

ÚVOD

Podstatou výskumu interakcie pneumatikového kolesa s pôdou je znižovanie poškodzovania pôdy za predpokladu dosiahnutia čo najväčšej efektivity využitia výkonu privedeného na dané koleso. Výskum interakcie pneumatikového kolesa s pôdou je možné realizovať v podstate dvomi spôsobmi. Prvý spôsob je nepriami a predstavujú ho ťahové skúšky mechanizačných alebo dopravných prostriedkov. Ťahové vlastnosti sa zisťujú buď pri ustálených režimoch práce meraného mechanizačného prostriedku, pri tzv. štandardných ťahových skúškach, alebo s plynulou zmenou zaťaženia, tzv. urýchlené ťahové skúšky. Získané výsledky ťahových skúšok sa však vždy vzťahujú na danú konštrukčnú konfiguráciu mechanizačného prostriedku. Problémom realizácie ťahových skúšok je aj náročnosť získať čo možno najideálnejšie podmienky celého merania. Problémy tu spôsobuje najmä dosiahnutie požadovanej pozdĺžnej a priečnej rovinnosti skúšobnej plochy ako aj homogenita a spôsob

kultivácie terénu na ktorom sa skúška realizuje. Problémom je tiež spôsob zaťažovania sledovaného mechanizačného prostriedku. Na úplne korektné a správne regulované zaťaženie je nutné použiť špeciálne zaťažovacie vozidlo. Určitou laboratórnou alternatívou ťahových skúšok sú skúšky ťahových vlastností na valcových skúšobniach. Problémom však tu je korektné imitovanie povrchu (či už betónového, asfaltového alebo pôdneho) vhodnou povrchovou úpravou valcov a následné porovnanie získaných výsledkov s klasickou ťahovou skúškou.

Druhým spôsobom realizácie výskumu interakcie pneumatikového kolesa s pôdou je sledovanie tohto procesu v laboratórnom pôdnom skúšobnom kanály. Jeho výhodou je, že umožňuje skúmať interakčný proces len jednej pneumatiky, pričom jej pohon je značne jednoduchší než pohon kolesa u reálneho mechanizačného prostriedku. Je tu tiež predpoklad vytvorenia homogénnejších pôdnych podmienok než v prípade pôdy nachádzajúcej sa v prírodnom prostredí. Tým je zabezpečená lepšia opakovateľnosť realizovaných meraní (Kim et al., 2013). Výskumu interakčného procesu pneumatikových kolies s pôdou systémom výskumu v pôdnych skúšobných kanáloch sa vo svete venuje veľká skupina výskumníkov. Niektoré konštrukcie týchto zariadení sú malých rozmerov a v podstate slúžia k sledovaniu interakčných procesov medzi tuhým kolesom a pôdou, prípadne sypkým materiálom (Meirion-Griffith & Spenko, 2011; Shilby et al., 2005). Niektoré konštrukcie slúžia na výskum v oblasti robotiky (Skonieczny et al., 2012) alebo pohybu lunárnych vozidiel (Ding et al., 2011; Nakashima et al., 2010). Medzi konštrukciami pôdnych skúšobných kanálov nájdeme aj zariadenia na výskum v oblasti interakcie pásových pojazdových ústrojenstiev s pôdnym prostredím (Hetherington, 2005). Nás však predovšetkým zaujíma, vzhľadom na zameranie pracoviska, výskum v oblasti interakcie pneumatikových kolies s lesnou pôdou, resp. lesným prostredím. Pôdne kanály, ktoré umožňujú výskum reálnych pneumatikových kolies s pôdnym povrchom sú prezentované napr. v práci autorov Calek & Schwanghart (1998) alebo v práci autorov Tiwari et al. (2009).

Naše pracovisko sa aj napriek určitým problémom či už finančným alebo priestorovým rozhodlo pre stavbu pôdneho skúšobného kanála. V nasledovnom texte prezentujeme dosiahnuté výsledky pri prvotných meraniach. Ako prvé merania, ktoré sme realizovali na našom zariadení boli merania valivých odporov vybranej pneumatiky. Poznanie závislosti veľkosti valivých odporov na zaťažení pneumatiky a tlaku jej hustenia považujeme za kľúčové pri ďalšom sledovaní interakčných a energetických procesov medzi pneumatikou a povrchom po ktorom sa odvaľuje.

1 REALIZOVANÝ EXPERIMENT

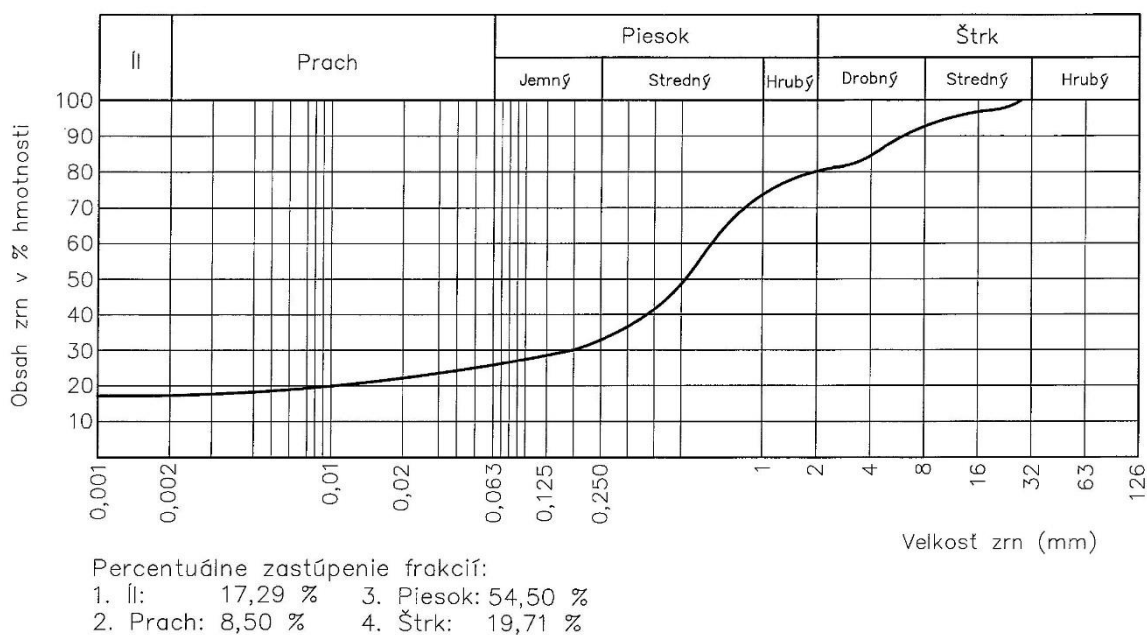
Vzhľadom na obmedzený rozsah článku, nebudeme podrobne opisovať konštrukciu nášho pôdneho kanála. V tejto oblasti bolo publikovaných niekoľko prác, ktoré sa venujú jeho podrobnému popisu (napr. Mikleš & Helexa, 2012; Helexa & Mikleš, 2012). Jedným z dôležitých parametrov testovaných pneumatík je valivý odpor. Je východiskom pre ďalšie testovanie pneumatík v oblasti trakčných vlastností a výraznou mierou ovplyvňuje jej energetickú účinnosť. Z uvedeného dôvodu sme aj my svoje prvé experimenty v predloženom pôdnom kanály zamerali práve na zistenie uvedeného parametra. Ako príklad získaných výsledkov uvedieme ich časť ktorú sme namerali pre diagonálnu pneumatiku Mitas TS05 10,0/75-15,3 10PR. Jej základné technické parametre podľa údajov výrobcu sú uvedené v tabuľke 1.

Predmetné merania valivého odporu sme realizovali najskôr na betónovom podklade za účelom zistenia vnútornej zložky valivého odporu pneumatiky. Konštrukcia pôdneho kanála

bola v tomto prípade rozobraná. Následne sme vykonali merania na pôde uloženej v pôdnom skúšobnom kanály. Čo sa týka pôdy, išlo o hnedú lesnú pôdu z lesného obvodu Turová z lesného porastu buka. Pôda bola veľmi presušená až suchá, sypká. Vlhkosť pôdy sa pohybovala na úrovni 7,5 % hmotnostnej vlhkosti. Objemová hmotnosť pôdy bola stanovená vážením odobratých vzoriek a pohybovala sa v priemere na úrovni $1\,033,55\text{ kg.m}^{-3}$. Pri použitej zemine bol vykonaný aj jej granulometrický rozbor a to metódou sitovania ako aj metódou sedimentačnou (frakcie menšie ako 0,05 mm). Zo získaných výsledkov bola zostavená krivka zrnitosti, ktorá je znázornená na obr.1.

Tabuľka 1 Základné technické parametre pneumatiky Mitas TS05 10,0/75-15,3 10PR

Parameter	Hodnota
Priemer plášt'a	800 mm
Šírka plášt'a	277 mm
Maximálna nosnosť nepoháňanej pneumatiky	1 500 kg.
Maximálna nosnosť poháňanej pneumatiky	1 090 kg.
Maximálny tlak hustenia pneumatiky	300 kPa
Hmotnosť plášt'a s ráfikom	38,30 kg.



Obrázok 1 Krivka zrnitosti použitej zeminy

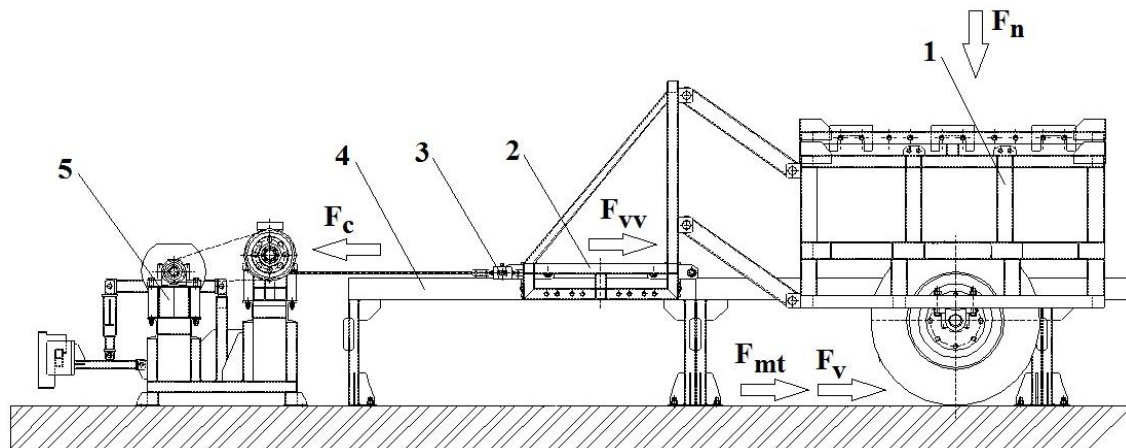
Na základe vykonanej granulometrickej analýzy môžeme použitú zeminu označiť za piesčitú hlinu slabo štrkovitú.

Samotná metodika merania valivého odporu predmetnej pneumatiky bola jednoduchá a v podstate založená na ťahaní hlavného rámu (obr.2, poz.1) s pneumatikou pomocou brzdného a navíjacieho zariadenia (obr.2, poz.5). Na snímanie veľkosti ťahovej sily sme použili snímač sily firmy HBM S9M/10 kN menovitej veľkosti 10 kN (obr.2, poz.3). Signál zo snímača bol následne zaznamenávaný meracou ústredňou HBM Quantum X MX 840 A, ktorá je ovládaná prostredníctvom počítača softvérom firmy HBM Catman Easy. Ten umožňuje následný prevod zaznamenaných súborov do MS Excelu v ktorom sme výsledky meraní aj vyhodnocovali. Rýchlosť ťahania pneumatiky vzhľadom na stiesnené podmienky a rozmery bočného vedenia vodiaceho rámu sa pohybovala na úrovni $0,1\text{ m.s}^{-1}$.

Meranie sa realizovalo pri tlakoch hustenia pneumatiky 100 kPa, 150 kPa, 200 kPa, 250 kPa a 300 kPa. Vertikálne zaťaženie pneumatiky bolo volené v piatich hladinách a to 222 kg (hmotnosť hlavného rámu bez mechanizmu pohonu kolesa a bez závaží), 350 kg, 478 kg, 606 kg a 734 kg. Na zaťažovanie pneumatiky boli použité mechanické závažia vyrobené z oceľových platní hmotnosti 32 kg.

Vzhľadom nato, že zo zariadenia bol demontovaný systém pohonu kolesa z dôvodu maximálneho odľahčenia skúšanej pneumatiky, do východiskovej polohy bol hlavný nosný rám kolesa vracaný prostredníctvom pomocného navijaka s výkonom 1,5 kW umiestneného na druhom konci pôdneho kanála. Tlaky hustenia pneumatiky a jej vertikálne zaťaženie bolo volené tak, aby vyhovovalo technickým požiadavkám stanoveným výrobcom pneumatiky a nedochádzalo pri nich k zbytočnému preťažovaniu, ktoré znižuje jej životnosť.

V takto koncipovanom spôsobe merania valivých odporov pneumatík sa celková nameraná ťahová sila skladá nielen zo samotnej zložky valivého odporu ale aj zo zložiek ďalších odporových síl, ktoré musíme pri samotnom vyčíslení vo výsledku zohľadniť (obr.2).



Obrázok 2 Silové pôsobenie pri ťahaní pneumatikového kolesa (meranie na betónovej podložke)

1. Hlavný rám s kolesom, 2. Vodiaci rám, 3. Snímač sily HBM S9M/10kN, 4. Bočné vedenie, 5. Brzdové a navijacie zariadenie

F_c – Celková odporová sila pri ťahaní, F_n – Normálová sila na pneumatiku, F_v – Odpor valivý, F_{mt} – Sila odporu trenia v ložiskách, F_{vv} – Sila odporu vo vedení vodiaceho rámu

Pre celkovú nameranú odporovú silu podľa obrázka 2 platí

$$F_c = F_v + F_{vv} + F_{mt} \quad [N] \quad (1)$$

kde: F_v – valivý odpor vlečenej pneumatiky [N]

F_{vv} – odpor vo vedení vodiaceho rámu [N]

F_{mt} – sila odporu trenia v ložiskách [N]

Zo vzťahu 1 potom môžeme vyjadriť hodnotu odporu valivého v nasledovnom tvare

$$F_v = F_c - F_{vv} - F_{mt} \quad [N] \quad (2)$$

Odpor trenia vo vedení vodiaceho rámu F_{vv} sme stanovili na základe voľného ťahania vodiaceho rámu (obr.2, poz.2) bez pripojeného hlavného rámu s kolesom (obr.2, poz.1). Toto meranie sme realizovali ešte pred samotným meraním valivých odporov pneumatík za použitia vyššie popísanej meracej zostavy.

Pre odporový trecí moment v ložiskách uloženia hriadeľa kolesa, platí vzťah

$$M_{mt} = \mu \cdot P \cdot \frac{d}{2} \quad [N \cdot m] \quad (3)$$

kde: μ – súčiniteľ trenia v ložiskách [-]

P – ekvivalentné dynamické zaťaženie ložiska [N]

d – priemer hriadeľa v mieste uloženia ložiska [m]

Nevýhodou uvedeného vzťahu je to, že presne platí len pre zaťaženie ložiska veľkosti $P = 0,1 \cdot C$, kde C je základná dynamická únosnosť ložiska. V mnohých prípadoch sa nám podarilo danú uvedenú silu prekonať. Čo sa týka voľby súčiniteľa trenia v ložiskách, tak pre daný použitý typ ložísk a daný spôsob mazania (mazanie plastickým mazivom) sme použili hodnotou $\mu = 0,001$. Silu odporu trenia v ložiskách následne vypočítame podľa nasledovného vzťahu

$$F_{mt} = \frac{M_{mt}}{R} \quad [N] \quad (4)$$

kde: R – polomer valenia pneumatikového kolesa [m]

Príslušnú hodnotu súčiniteľa valivého odporu vypočítame podľa nasledovného vzťahu

$$f_v = \frac{F_v}{F_n} \quad [-] \quad (5)$$

kde: F_n – normálové (vertikálne) zaťaženie pneumatiky [N]

Efektívnu hodnotu valivého odporu (vonkajšia zložka valivého odporu súvisiaca s deformáciou pôdneho povrchu) stanovíme podľa nasledovného vzťahu

$$F_{vep} = F_{ve} - F_v \quad [N] \quad (6)$$

kde: F_{ve} – valivý odpor zistený na pôde [N]

F_v – valivý odpor zistený na betóne [N]

Efektívnu hodnotu súčiniteľa valivého odporu na pôde stanovíme podľa vzťahu

$$f_{vep} = \frac{F_{vep}}{F_N} \quad [N] \quad (7)$$

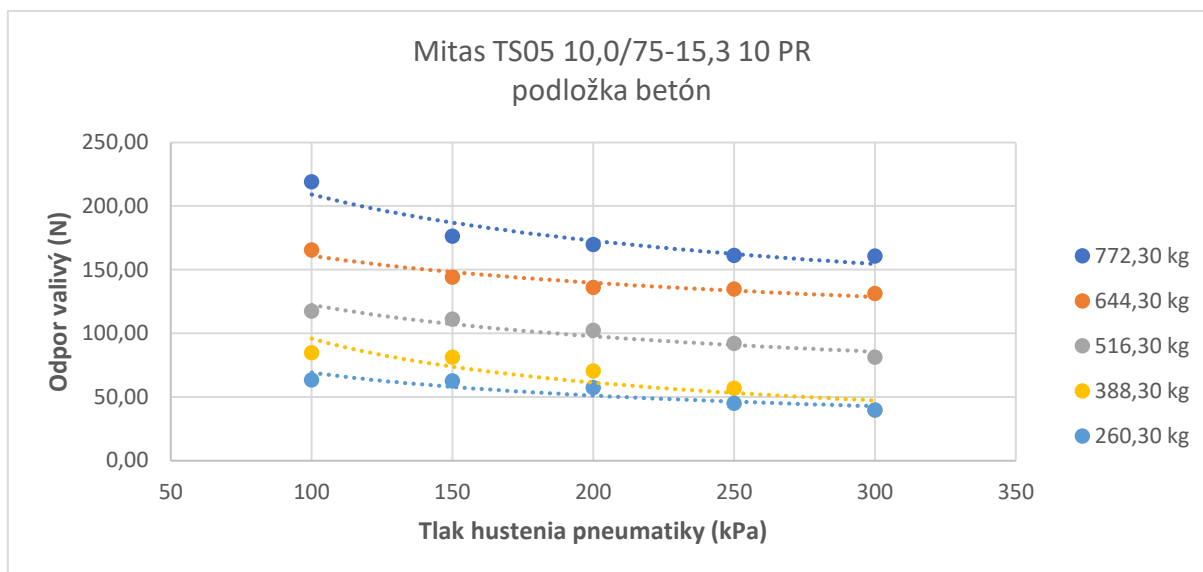
2 VÝSLEDKY

Samotné meranie prebiehalo v dvoch etapách. Najskôr sme pri demontovanom pohone kolesa a demontovanom telese pôdneho kanála vykonali meranie valivých odporov predmetnej pneumatiky na betóne povrchu. Tým sme získali hodnoty tzv. vnútornej zložky odporu valivého. Následne sme zmontovali teleso pôdneho kanála, naplnili ho zeminou a vykonali merania odporu valivého na pôde. Ako bolo uvedené vyššie, meranie sme vykonali pri piatich hladinách tlakov hustenia pneumatík 100 kPa, 150 kPa, 200 kPa, 250 kPa a 300 kPa a piatich hladinách zvislého (vertikálneho) zaťaženia kolesa (222 kg, 350 kg, 478 kg, 606 kg a 734 kg.). Do výsledného zaťaženia kolesa sme nakoniec započítali aj samotnú hmotnosť plášt'a s ráfikom a montážnym diskom čo každú hladinu hmotnosti zvýšilo o hodnotu 38,30 kg.

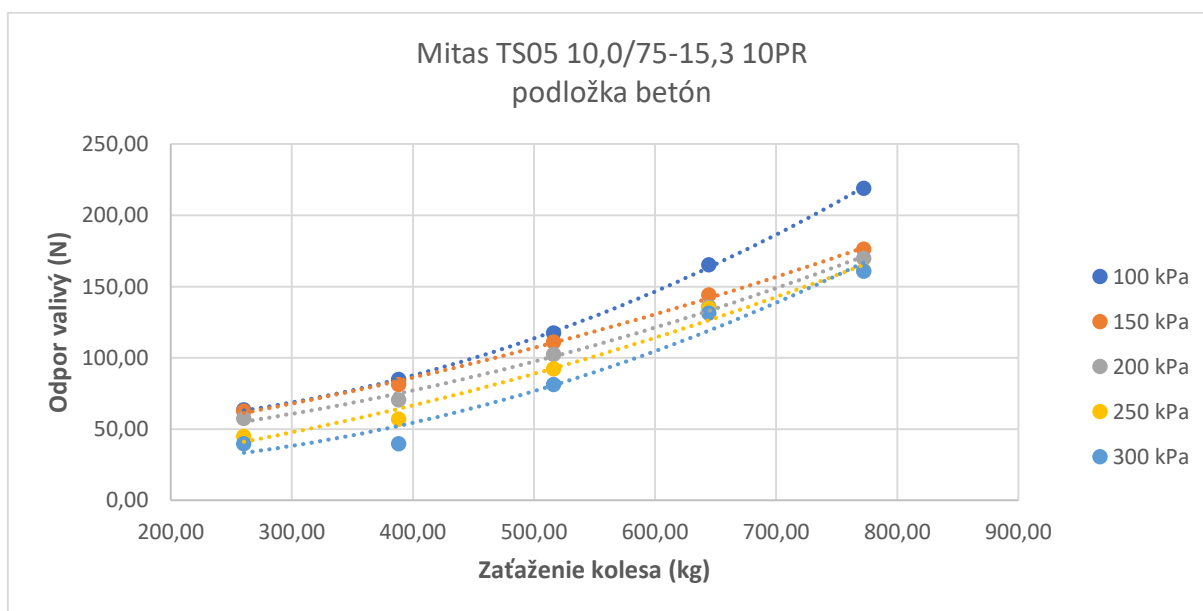
V priebehu merania sme zaznamenávali ťahový odpor vlečeného kolesa a to prostredníctvom snímača sila HBM S9M/10kN a to vzorkovacou frekvenciou 5 Hz. Namerané

údaje boli cez merací záznamník HBM Quantum X MX 840 A prevedené do personálneho počítača a prostredníctvom meracieho softvéru HBM Catman Easy prevedené do súborov MS Excel v ktorom boli aj následne spracované. Rýchlosť pohybu vlečeného kola pritom bola $0,1 \text{ m.s}^{-1}$.

Zo získaných výsledkov merania valivých odporov sledovanej pneumatiky uvádzame na obr.3 závislosť valivého odporu na tlaku hustenia pre betónovú podložku. Na obr.4 uvádzame závislosť valivého odporu sledovanej pneumatiky na zvislom zaťažení pre betónovú podložku.

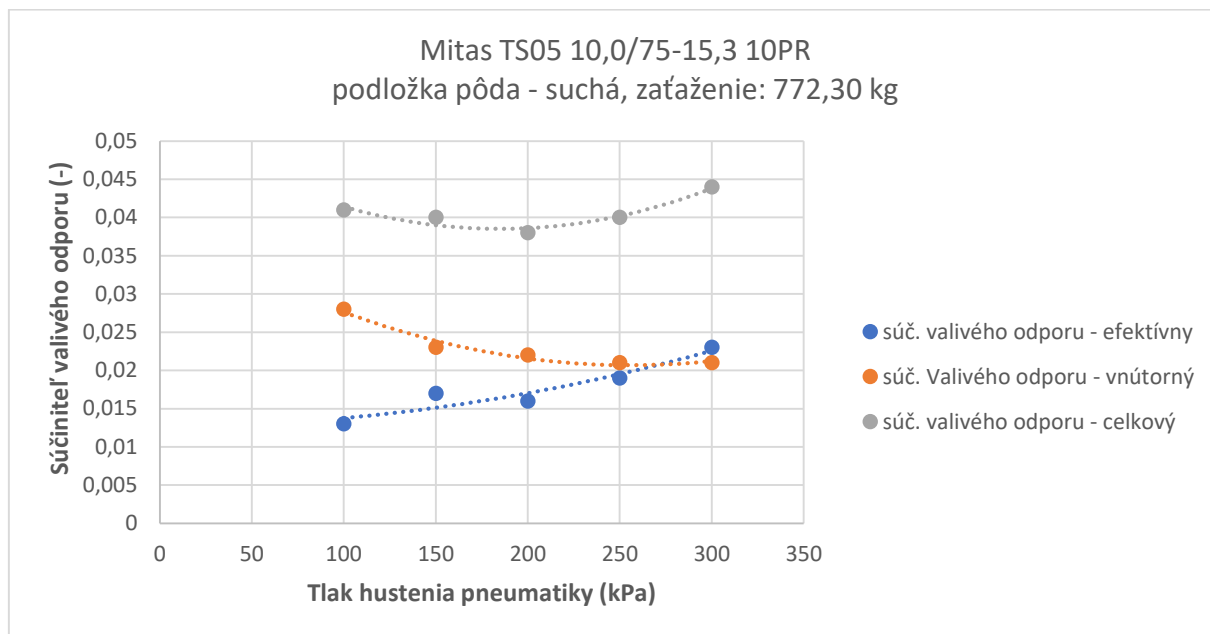


Obrázok 3 Závislosť valivého odporu sledovanej pneumatiky na tlaku hustenia, podložka – betón



Obrázok 4 Závislosť valivého odporu sledovanej pneumatiky na zvislom zaťažení, podložka – betón

Z meraní vykonaných na pôde uvádzame na obr.5 závislosť priebehov súčiniteľov valivých odporov na tlakoch hustenia pneumatiky pre hladinu vertikálneho zaťaženia pneumatiky 772,30 kg.



Obrázok 5 Závislosť jednotlivých zložiek celkového súčiniteľa odporu valivého na tlaku hustenia pneumatiky získaná meraním na pôde pri vertikálnom zaťažení 772,30 kg.

3 DISKUSIA

Ako už bolo spomenuté vyššie, sledovanou pneumatikou bola diagonálna pneumatika Mitas TS05 10,0/75-15,3 10PR. Merania valivého odporu boli vykonané najskôr na betónovom podklade laboratória (dielne) a následne po montáži telesa pôdneho kanála na lesnej pôde.

Obrázok 3 znázorňuje závislosť medzi tlakom hustenia pneumatiky a dosahovaným valivým odporom na betónovom povrchu. Zo závislosti vidieť, že s narastajúcim tlakom hustenia nám postupne hodnota valivého odporu klesá a to pri všetkých zaťažovacích hladinách. Príčinou tohto stavu je fakt, že s narastajúcim vnútorným tlakom v pneumatike dochádza k menšej deformácii plášťa pneumatiky a tým aj k zníženiu vnútorných – trecích strát. Samozrejme čím vyššia je hladina vertikálneho zaťaženia pneumatiky, tým vyššia hodnota valivého odporu sa dosahuje v dôsledku väčších deformácií plášťa pneumatiky, ale celkovo možno povedať, že zvyšujúci sa tlak v pneumatike na pevnom – betónovom povrchu vedie k znižovaniu valivého odporu pneumatiky.

K podobným záverom dospejeme aj ak sa pozrieme na obrázok 4. Ten predstavuje závislosť valivého odporu pneumatiky na vertikálnom zaťažení pneumatiky. Tu tiež pozorujeme, že zvyšujúce sa zaťaženie kola jednoznačne zvyšuje hodnotu odporu valivého. Na druhej strane v závislosti je pozorovateľné postupné znižovanie odporu valivého s narastajúcim tlakom hustenia pneumatiky.

Z výsledkov získaných na pôde uvádzame závislosť súčiniteľa valivého odporu na tlaku hustenia pneumatiky (obr.5) získanú pri vertikálnom zaťažení pneumatiky 772,30 kg. V uvedenom grafe sú vynesené tri krivky. Jedna znázorňuje priebeh súčiniteľa vnútorného valivého odporu pneumatiky, druhá priebeh súčiniteľa efektívnej hodnoty valivého odporu, ktorý súvisí s deformáciou pôdneho povrchu a tretia priebeh výslednej hodnoty súčiniteľa valivého odporu pneumatiky.

Vynesené závislosti v podstate vedú k nasledovným záverom. S narastajúcim tlakom hustenia pneumatiky nám klesá hodnota vnútornej zložky valivého odporu pneumatiky, čo súvisí so znižovaním deformácie plášťa a znížením vnútorných trecích odporov. Na druhej strane so zvyšujúcim sa tlakom hustenia pneumatiky nám stúpa hodnota vonkajšej zložky

valivého odporu, čo je spôsobené zrejme so zvyšovaním strednej hodnoty kontaktného tlaku, zmenšovaním kontaktnej plochy a väčšou deformáciou pôdy pri danom vertikálnom zaťažení kolesa. Zaujímavý priebeh však má hodnota celkového odporu valivého, ktorá podľa uvedených grafických závislostí dosahuje minimum pri tlaku hustenia okolo 200 kPa. Treba však v tejto súvislosti uviesť, že dané grafické závislosti boli vypracované na základe malého počtu meraní, čo môže do určitej miery výsledok merania skresliť. K podobným výsledkom sme sa dopracovali aj v prípade ostatných hladín vertikálneho zaťaženia pneumatiky.

4 ZÁVER

Aj napriek tomu, že prvotné merania ukázali určitú životaschopnosť nami navrhnutého zariadenia, čoho výsledkom sú aj uvádzané dosiahnuté čiastkové výsledky prvotných meraní, je tu rad problémov, ktoré budeme musieť do budúcnosti riešiť. Ako jeden z najväčších problémov realizovaného skúšobného kanála sa javí spôsob kultivácie pôdy a tým zabezpečenia dobrej opakovateľnosti merania. Aj keď sme v úvode článku predpokladali, že pôdny kanál nám tento problém uľahčí v porovnaní s terénnymi skúškami, skutočnosť nás presvedčila, že riešenie tejto otázky nebude také jednoznačné. V priebehu merania sme sa snažili zachovať čo najlepšiu homogenitu použitej pôdnej hmoty ale predsa sa nám celkom nepodarilo zabrániť postupnému zhutneniu podpovrchových vrstiev o čom sme sa presvedčili meraním pôdnym penetrometrom. Tak isto je na vytýčenej dráhe pomerne ťažké zabezpečiť rovnakú homogenitu a hustotu pôdnej hmoty, čo sa pri prejazde kolesom prejaví určitým rozkolísaním nameraného ťahového odporu.

Pri meraní valivého odporu ťahaním kolesa lanom sa tiež preukázalo, že tento spôsob nie je optimálnym riešením. Najmä dlhé odvinuté lano predstavuje pomerne pružné prostredie, ktoré v konečnom dôsledku tiež spôsobuje značné rozkolísanie nameraného ťahového odporu. Pri ukladaní lana na navíjací bubon je pritom potrebné zabezpečiť aby sa lano ukladalo v jednej vrstve. Samotnému uloženiu snímača sily by bolo potrebné tiež venovať určitú pozornosť. Do budúcnosti by bolo vhodné uvažovať s jeho pevnou montážou v osi ťahového odporu a neukladať ho voľne na otočný čap vodiaceho rámu. Z hľadiska lepšieho priebehu ťahového odporu by bolo vhodnejšie ťahať hlavný rám kolesa cez ťažnú tyč. V tomto prípade by však musel byť navíjací mechanizmus nahradený pravdepodobne motorickým ťažným vozíkom.

Do budúcnosti plánujeme pokračovať v oblasti merania valivých odporov pneumatík s tým, že by sme chceli pôdu postupne vlhčiť. Myslíme si, že práve v tomto prípade bude dôležitá rýchlosť merania, nakoľko pôda bude v laboratórnych podmienkach pomerne rýchlo vyschnúť. Aj tu sa zrejme nevyhneme problémom s homogenitou pôdneho prostredia a nutnosti kultivácie pôdy po každom vykonanom meraní. Za týmto účelom by bolo vhodné zariadenie doplniť mechanizmom, ktorý by rýchlo a efektívne dokázal danú úpravu pôdy vykonať. To by si však pravdepodobne vyžiadalo predĺženie celého zariadenia v dôsledku jeho montáže. V súčasnosti sme však dosť stiesnení laboratórnymi podmienkami ako aj finančnými možnosťami.

LITERATÚRA

CALEK, M., SCHWANGHART, H., 1998. *Vplyv nahustenia pneumatík na hnacie sily a na sily odporu valenia*. In : Acta technologica agriculturae, 1998, No.2, p.40-44.

ISSN 1338-5267.

DING, L., GAO, H., DENG, Z., NAGATANI, K., YOSHIDA, K., 2011. *Experimental study and analysis on driving wheels performance for planetary exploration rovers moving in deformable soil*. In : Journal of Terramechanics, Feb. 2011, vol.48, No.1, p.27-45.

ISSN 0022-4898.

HELEXA, M., MIKLEŠ, M., 2012. *Pôdny skúšobný kanál pre výskum interakcie pružného kolesa a podložky*. In: Zborník z medzinárodnej vedeckej konferencie – XXXVIII. medzinárodnej konferencie kateder dopravných, manipulačných, stavebných a zemědělských strojů, Plzeň, 5.-7. september 2012, ES ZČU, 2012, s.27 – 30.

ISBN 978-80-261-0141-3.

HETHERINGTON, J.G., 2005. *Tracked vehicle operations on sand – investigations at model scale*. In : Journal of Terramechanics, Jan. 2005, vol.42, No.1, p.65-70.

ISSN 0022-4898.

KIM, I., KIM, H., BAND, J., HUH, K., 2013. *Development of estimation algorithms for vehicles mass and road grade*. In : International Journal of Automotive Technology, vol.14, March 2013, p.889-895.

MEIRION-GRIFFITH, G., SPENKO, M., 2011. *A modified pressure-sinkage model for small, rigid wheels on deformable terrains*. In : Journal of Terramechanics, Apr. 2011, vol.48., No.2, p.149-155. ISSN 0022-4898.

MIKLEŠ, M., HELEXA, M., 2012. *Určenie základných technických parametrov pôdneho skúšobného kanála*. In: Acta facultatis technicae, Zvolen 3/2012, Vydavateľstvo TU Zvolen, 2012, s.15 – 24. ISSN 1336-4472.

NAKASHIMA, H., FUJII, H., OIDA, A., MOMOZU, M., KANAMORI, H., AOKI, S., YOKOYAMA, T., SHIMIZU, H., MIYASAKA, J., OHDOI, K., 2010. *Discrete element method analysis of single wheel performance for a small lunar rover on sloped terrain*. In : Journal of Terramechanics, Oct. 2010, vol.47, No.5, p.307-321. ISSN 0022-4898.

SHIBLY, H., LAGNEMMA, K., DUBOWSKY, S., 2005. *An equivalent soil mechanics formulation for rigid wheels in deformable terrain, with application to planetary exploration rovers*. In : Journal of Terramechanics, Jan. 2005, vol.42, No.1, p.1-13. ISSN 0022-4898.

SKONIECZNY, K., MORELAND, S., CREAGER, C., WETTERGREEN, D., 2012. *Novel experimental technique for visualizing and analyzing robot-soil interactions*. In : Earth and Space, 2012, apr. 2012, p.495-504.

TIWARI, V.K., PANDEY, K.P., SHARMA, A.K., 2009. *Development of a tyre traction testing facility*. In : Journal of terramechanics, Oct. 2009, vol.46, No.5, p.293-298.

ISSN 0022-4898.

Pod'akovanie: Túto prácu podporila Vedecká grantová agentúra Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu Slovenskej republiky a Slovenskej akadémie vied projektom VEGA 1/0364/21 - Výskum pracovných mechanizmov lesníckych strojov s ohľadom na nové konštrukčné parametre a pracovné princípy.

Kontaktná adresa:

Ing. Milan Helexa, PhD., Katedra environmentálnej a lesníckej techniky, Fakulta techniky, Technická univerzita vo Zvolene, Študentská 26, 960 01 Zvolen, Slovenská republika, e-mail: milan.helexa@tuzvo.sk



APLIKÁCIA PIVOTOVÉHO ZAVLAŽOVAČA VALLEY CENTER PIVOT **APPLICATION OF VALLEY CENTER PIVOT IRRIGATION MACHINE**

JÁN JOBBÁGY – ERIK ČERNAY

ABSTRAKT: V poľnohospodárskom podniku tvorí moderná mechanizácia a strojový park významnú úlohu, ktorá sa podieľa na celkovej efektívnosti pestovania vybraných okopanín a zeleniny. Cieľom predkladaného príspevku bolo zhodnotiť kvalitu funkčnosti používanej závlahovej techniky, ktorá sa používa na zavlažovanie zemiakov, cukrovej repy, cibule, kukurice v poľnohospodárskom podniku Zdeněk Černay SHR. Pozemky na ktorých sa výskum uskutočňoval spadajú pod katastrálne územie okresu Senec. Skúmaným zavlažovačom bol pivotový zavlažovač od firmy Valley a to Valley Center Pivot 365, ktorý pozostával z piatich podvozkov a krakorca. Koeficient rovnomernosti postreku CuH dosiahol hodnotu 73,52% u ľavého lúča a 87,48% u pravého lúča. Celkovo možno povedať, že sa nedosiahla normou stanovená kvalita práce, to jest 90%, avšak mnohí autori tvrdia, že kvalita práce nad 70% je postačujúca.

Kľúčové slová: závlahová dávka, zavlažovanie, kvalita práce

ABSTRACT: In the agricultural farm, modern machinery and machine park form the important role, which contributes to the overall efficiency of cultivation of selected roots and vegetables. The aim of the presented article was to evaluate the quality of the functionality of used irrigation equipment, which are used to irrigate potatoes, sugar beet, onions, corn on the agricultural farm of Zdeněk Černay SHR. Land plots on which research was undertaken fall within the cadastral area of the Senec district. The surveyed irrigator was pivot irrigation machine type Valley Center Pivot 365, which consist of five chassis and cantilevers. Coefficient of uniformity of water norm CuH reached the value 73.52% for the left beam and 87.48% for the right beam. Overall, we can say, that it has not reached the standards set by the quality of work, that is 90%, but many authors argue, that the quality of work above 70% is sufficient.

Key words: irrigation depth, irrigation, quality of work

ÚVOD

Voda je základnou podmienkou existencie života na Zemi. Jej prvoradý význam v zabezpečení prežitia a výživy ľudstva. Vodu používame pre poľnohospodársku i priemyselnú výrobu, pre osobnú spotrebu, ale i na dopravu, rekreáciu či na energetické účely (Jobbágy, 2019). Hlavným cieľom závlahy je zásobiť polia vodou rovnomerne tak, aby mala každá rastlina dostatok vody na svoj rast. Z celkového množstva vody odoberanej pre účely poľnohospodárstva tvorí až 70% voda využívaná na zavlažovanie (Jobbágy a kol., 2017).

Pre správnu prevádzku je potrebné správne načasovanie a správne rozdelenie závlahových dávok. Aby bolo zavlažovanie čo najviac efektívne, je treba určiť vhodný závlahový režim, na ktorom je závislá efektivita, ktorá je výsledkom optimálnych podmienok. Pri zavlažovaní neexistujú všeobecne platné smernice, je potrebné sa riadiť podmienkami tej ktorej oblasti. (Simoník a kol., 2009). Spôsoby a režimy budovania závlahových sústav sú určené polohou sústavy z hľadiska reliéfu, ale aj spôsobom odberu vody, rozvodu vody na

ploche a veľkosťou zavlažovanej plochy. (Rehák, 2015). Na Slovensku sú najviac používané široko-záberové stroje a pásové zavlažovače (Jobbágy, 2017).

Kvalitou práce zavlažovačov možno hodnotiť rovnomernosť závlahy a jej intenzitu. Pojem intenzita chápeme ako množstvo vody v mm, ktoré dodá zavlažovač na pozemok za určitý čas. Rovnomernosť samozrejme závisí aj od správnej činnosti zavlažovačov.

Na dosiahnutie dobrej kvality práce musíme postupovať podľa odporúčaní výrobcu. Jednou z hlavných zásad je dodržanie vstupného tlaku a priemer dýz. Ak nedodržíme predpísané hodnoty, mohlo by dôjsť k nesprávnemu rozstreku vody a vplyvom slabého tlaku ku zníženému dostreku, čo bude mať za následok zníženie výkonnosti zavlažovača. Ak bude postrekovať zle nastavený, dochádza k zabahneniu a k premokreniu pôdy a voda začne z poľa odtekať. Medzi kvalitatívne parametre patrí napr. intenzita zrážok, dĺžka dostreku, kinetická energia pri dopade kvapky na pôdu, priečna rovnomernosť postreku a veľkosť kvapiek (Jobbágy, 2011).

Cieľom príspevku bolo zhodnotiť kvalitu práce vybraného širokozáberového zavlažovača Valley center Pivot 365.

1 MATERIÁL A METÓDY

Charakteristika podniku a územia

Zdenek Černay SHR je dnes jedným z najväčších pestovateľov zemiakov na Slovensku. Začal v roku 1992 na 13 ha pôdy. Prvou pestovanou plodinou bol cesnak, neskôr sa rozhodol pestovať aj ďalšie plodiny - pšenicu, kukuricu, jačmeň, zemiaky, cukrovú repu, cibuľu. Výmeru sa snaží zvyšovať kedykoľvek je to možné, dnešným dňom to činí 1793,5 ha, vďaka čomu je schopný zabezpečiť striedanie plodín a pestovať tak zemiaky po hustosiatych obilninách (obr.1). V súčasnosti zamestnáva cez 25 stálych zamestnancov, avšak v lete sa počet pracovníkov môže vyšplhať až na 50. Firma disponuje aktuálne 10 traktormi prevažne značky John Deere a rozvoz do obchodných reťazcov zabezpečuje prostredníctvom 6 vlastných kamiónových súprav. Poľnohospodársky podnik je vybavený početným množstvom pásových zavlažovačov značky IRTEC a 4 pivotové systémy rôznych veľkostí od firiem Bauer a Valley.



Obrázok 1 Katastrálna mapa

Poľnohospodársky subjekt hospodári v Seneckom okrese, ktorý sa rozprestiera na Podunajskej nížine a to konkrétne v katastrálnych územiach obcí Malý Biel, Veľký Biel, Čataj, Boldog, Senec a Bernolákovo. Preto sa radí do kukuričnej výrobnjej oblasti. Pôdy sú tu piesočnaté, ale aj stredne ťažké a ťažké hlinité pôdy. Obsah humusu v pôde je vysoký a pH pôdy sa pohybuje v rozmedzí 7 - 7,4. Klimatická oblasť sa člení medzi teplú, suchú s miernou zimou a dlhým dňom. Priemerná ročná teplota je 9,6 °C pričom teplotný priemer počas vegetačného obdobia je 16,2 °C. Senec leží v zrážkovom tieni Malých Karpát. Priemer ročných zrážok dosahuje 530 mm. Pre vegetáciu sú najdôležitejšie jarné a letné zrážky, avšak v týchto mesiacoch je vysoký výpar vody. Preto sú závlahy nevyhnutnou súčasťou pestovania plodín náročných na vlahu. Jarné práce začínajú v priemere v prvej polovici marca.

Charakteristika závlahovej techniky

Na účely praktického merania pre zhodnotenie kvality práce bol vybraný jeden pivotový zavlažovač značky Valmont Center Pivot (obr. 2).

Tabuľka 1 Technické parametre zavlažovača Valley Center Pivot 365

Parameter	Hodnota
<i>Pomenovanie systému</i>	Valmont 350
<i>Dĺžka systému, m</i>	363,25
<i>Celková plocha, ha</i>	53,29
<i>Počet veží, ks</i>	5
<i>Koncový tlak, vstupný tlak, MPa</i>	0,103; 0,204
<i>Prietok, l.s⁻¹</i>	30,94
<i>Typ postrekovačov</i>	Senninger I-Wobb s 10 psi regul.
<i>Typ spádových trubiek</i>	Drop flex 1,82 m od zeme
<i>Rozmiestnenie postrekovačov, cm</i>	288

<i>Priemer postreku postrekovačov, m</i>	14,9
<i>Typ kolies</i>	Vysoko flotačné 14,9x24
<i>Typ energie</i>	380V/50Hz
<i>Typ generátora</i>	Gesan s dieselovým pohonom
<i>Požadovaný elektrický výkon, kW</i>	6,33

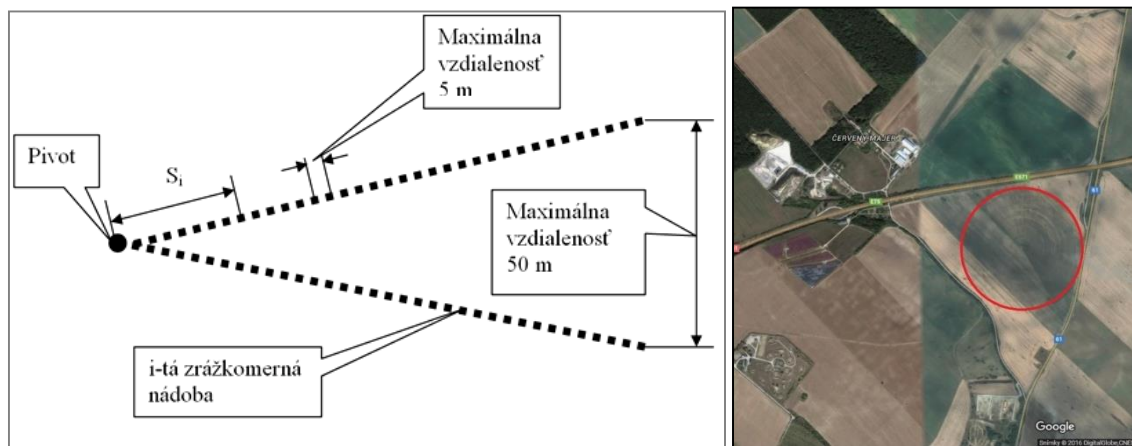


Obrázok 2 Celkový pohľad na Valmont Center Pivot 365

Zavlažovač je umiestnený v katastrálnom území mesta Senec a obce Boldog a umožňuje zavlažovať polia do kruhu, pričom stroj je schopný zavlažiť 45,3 ha. Voda je do pivotového systému čerpaná z blízkeho vodného zdroja s názvom Slnčné jazerá, ktoré boli umelo vytvorené ešte v 19. storočí za účelom ťažby štrku na výstavbu železnice Bratislava-Galanta. Voda sa z jazier privádza podzemným potrubím cez hydrant až do stredovej časti pivotu, ktorá je fixovaná a okolo ktorej sa celý systém otáča. Pohyb do kruhu je zabezpečovaný vďaka podvozku poháňaným elektromotormi, ktoré sú napájané cez naftový generátor o výkone približne 7 – 8 kW. Priechodnosť pod oboma zavlažovačmi je prípustná až do výšky 2,86 m a preto je zjavné použitie aj na závlahu vysoko-stebelnatých plodín. Základné časti zariadenia tvoria centrálna jednotka, mostová konštrukcia s postrekovačmi, naftový generátor a elektroinštalácia. Presnejšie technické parametre sú uvedené v tabuľke 1. Celkový pohľad je uvedený na obr. . Celková presná dĺžka systému bola 363,25 m. Na obr. 2 je uvedená aj centrálna jednotka, ktorá je ovládaná s riadiacou jednotkou GPS Ready.

Kvalita práce závlahového zariadenia

Pre zhodnotenie kvality práce (obr.3) závlahovej techniky použijeme metodiku podľa normy ISO/TC23/SC18N190 alebo (STN EN ISO 11545). Daná norma hovorí o spôsobe určenia rovnomernosti zavlažovania poľnohospodárskymi závlahovými zariadeniami, konkrétne pivotové a čelné zavlažovače s rozstrekačmi a postrekovačmi. V prípade, že sa jedná o pivotové zavlažovacie zariadenia, používa sa metóda D.F. Heermana a P.R. Heina (Látečka, 2000; Jobbágy, 2011).



Obrázok 3 Rozmiestnenie zrážkomerných nádob na meranie rovnomernosti postreku pivotových širokozábberových zavlažovačov (Látečka, 2000)

$$CuH = 100 \cdot \left[1 - \frac{\sum_{i=m}^n Si \cdot |Vi - \bar{V}|}{\sum_{i=m}^n Vi \cdot Si} \right], \quad \% \quad (1)$$

$$V = \frac{\sum_{i=m}^n Vi \cdot Si}{\sum_{i=m}^n Si}, \quad mm \quad (2)$$

kde:

CuH - koeficient rovnomernosti podľa Heermanna a Heina,

n - počet zrážkomerných nádob,

i - číslo určené pre identifikáciu určitej zrážkomernej nádoby so začiatkom $i = 1$ pre nádobu, ktorá je najbližšie pri pívote a končiace $i = n$ pre zrážkomernú nádobu, umiestnenú najďalej od pívota,

Vi - závlahová dávka v i -tej zrážkomernej nádobe, mm

Si - vzdialenosť i -tej zrážkomernej nádoby od pívota, m

$\bar{V}$ - priemerná závlahová dávka, mm

$|Vi - \bar{V}|$ - absolútna hodnota odchýliek od priemernej dávky.

2 VÝSLEDKY A DISKUSIA

Praktické merania závlahovej dávky a zhodnotenie kvality práce sa vykonali na zavlažovači Valley Center Pivot 365. Pred začiatkom merania sa overil smer otáčania zavlažovača. Následne sa prichystali zrážkomerné nádoby umiestnené v stojanoch a rozmiestnili sa pozdĺž celej dĺžky zavlažovača. Použili sa zrážkomerné plastové nádoby kruhového tvaru s objemom 1250 mm³. Dĺžka meraného úseku bola v prípade 364 m. Rozstup nádob pozdĺž zavlažovača bol 4 m. Počet rozmiestnených nádob bol 91 ks. Po príprave zrážkomerného profilu, ktorý sa umiestnil mimo dostreku postrekovacích dýz, sme začali prvé meranie a ukončilo sa po preukázateľnom ukončení prechodu zavlažovača cez zrážkomerný profil, a to vtedy, keď už zavlažovacie dýzy nedostrekli do zrážkomerných nádob. Potom sme odmerali objem vody v jednotlivých zrážkomerných nádobách kalibračnými valcami a výsledky sme si zapísali do tabuľky. Poľné meranie zavlažovača Valmont 365 sa uskutočnili, kedy teplota vzduchu sa pohybovala okolo 28 °C. Rýchlosť nárazového vetra bola do 2 m.s⁻¹.

Prvé meranie bolo vykonané po zbere hustosiatych obilnín, kde sa následne zavlažovač premiestnil a mali sme možnosť bezproblémovo stroj odskúšať. Priemerná závlahová dávka bola 6,44 mm s hodnotou koeficienta rovnomernosti postreku 73,52 % a pri druhom meraní

6,26 mm s hodnotou koeficienta rovnomernosti postreku 87,48 %. Podrobné zhodnotenie kvality práce zavlažovača (jednotlivých podvozkov) je uvedené v tabuľke 2.

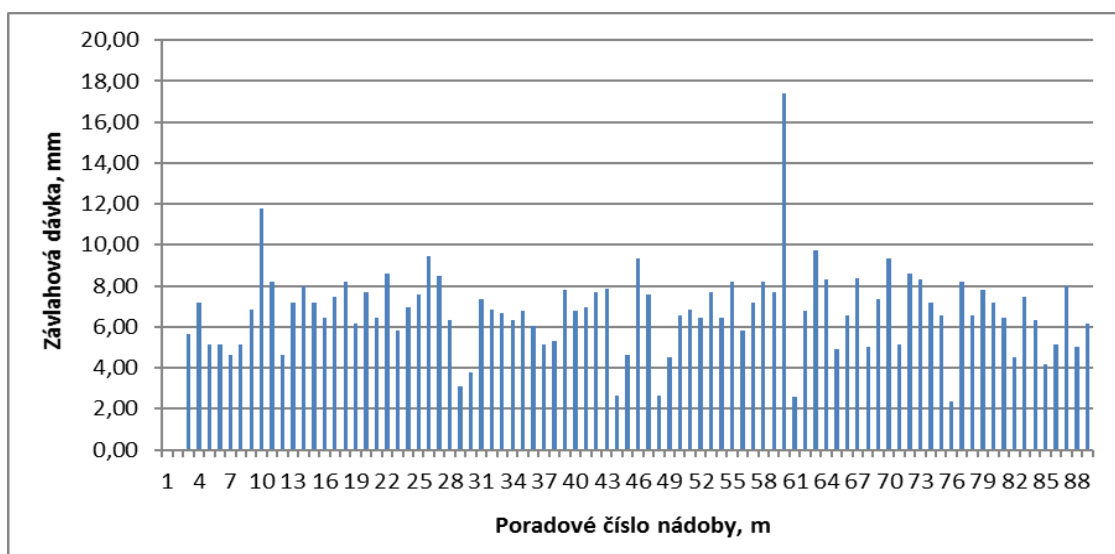
Tabuľka 2 Rovnomernosť postreku, Valley Center Pivot 365, ľavý a pravý lúč

Podvozok	1	2	3	4	5	6
Ľavý lúč	68,88	87,23	77,3	74,08	81,26	49,43
Pravý lúč	88,26	89,34	92,73	90,12	90,38	81,18

Tabuľka 3 Popisná štatistika celkového stroja Valmont 365, ľavý a pravý lúč

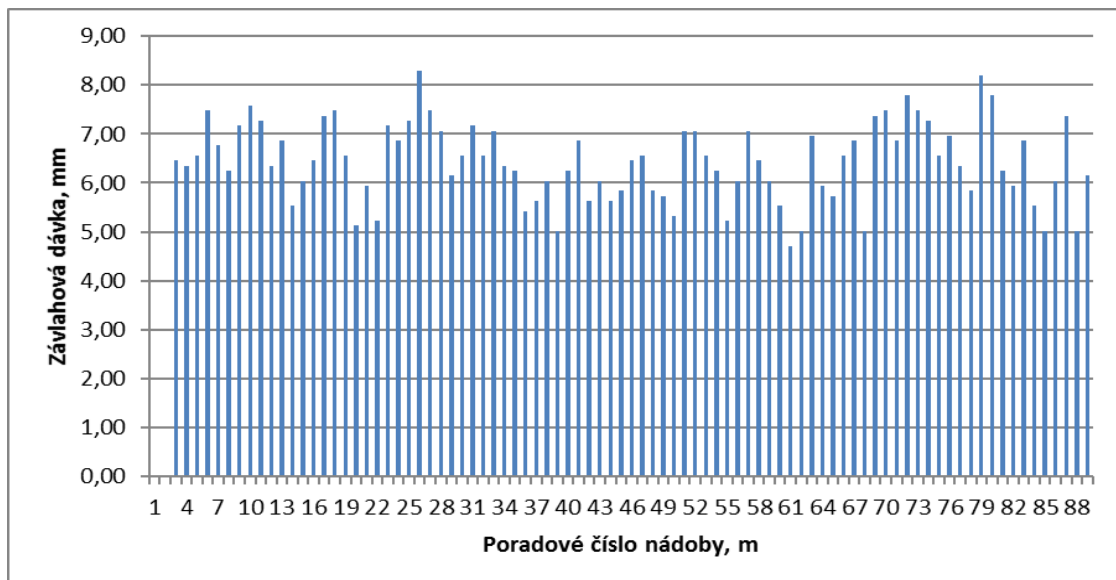
Parameter	Ľavý lúč	Pravý lúč
<i>Stredná hodnota</i>	6,44	6,23
<i>Medián</i>	6,76	6,35
<i>Modus</i>	7,17	6,56
<i>Smer. odchýlka</i>	2,45	1,29
<i>Minimum</i>	0,00	0,00
<i>Maximum</i>	17,41	8,30
<i>Súčet</i>	586,47	566,91
<i>Počet</i>	91,00	91,00
<i>Variačný koeficient</i>	37,99	20,70

Kvalitu práce stanovenú normou dosiahol v našom prípade z oboch lúčov len jeden podvozok a to číslo 5 (90,38 %). Na základe takéhoto výsledku odporúčame jednoznačne prekontrolovať stroj a vykonať údržbu rozstrekováčov. Podvozky s hodnotou Cu menšou ako 70 % nespĺňajú minimálnu kvalitu práce, ktorú definovali niektorí autori ako postačujúcu (Christiansen, 1967 in Látečka, 2000, Jobbágy, 2011). Z popisnej štatistiky vyplýva, že hodnoty variačného koeficientu boli 37,99 % (ľavý lúč) a 20,7 % pre pravý lúč. Ako je vidno z obrázkov na úseku prvých 8 m bola závlahová dávka pozastavená a to z dôvodu potrebnej manipulačnej plochy. Pri hodnotení kvality zavlažovania sa opierame hlavne o rovnomernosť postreku.



Obrázok 4 Rovnomernosť postreku Valley Pivot 365, ľavý lúč merania

V osemdesiatych rokoch boli uskutočnené merania a hodnotenia rovnomernosti postreku širokozábierových zavlažovačov SIGMATIC PSX 300. Pri poslednom meraní, ktoré bolo uskutočnené v roku 1988, sa dosiahla rovnomernosť postreku 92 % až 95 % (Simoník, 1996).



Obrázok 5 Rovnomernosť postreku Valley Pivot 365, pravý lúč merania

Kvalita práce sa hodnotila aj na zavlažovacom stroji Linestar 168 LL, ktorý mal 7 podvozkov (385 m). Teplota vzduchu sa pohybovala okolo 22 °C. Rýchlosť nárazového vetra bola do 3,2 m.s⁻¹. Pri zisťovaní rovnomernosti postreku na danom širokozábierovom zavlažovači, za silnejšieho vetra dosahovala hodnota koeficientu CuH 85,33 % a 77,47 % (Szabó, 2005).

Pri meraniach na pozemkoch, kde sa pestovali zemiaky, u Agromačaj, s.r.o. sídlacom v Kráľovej pri Senci, bola rýchlosť zavlažovača nastavená na hodnotu 50 m.h⁻¹. Rýchlosť vetra bola do 1 m.s⁻¹. Zo získaných výsledkov možno konštatovať, že pri prvom meraní sa dosiahla rovnomernosť 73,79 % a pri druhom meraní 85,79 %. Z hodnotenia jednotlivých podvozkov možno konštatovať, že pri prvom meraní dosiahlo najlepšiu hodnotu CuH pole 9 s hodnotou 93,88 %, pri druhom pole 6 s hodnotou 92,57 % (Mistrík, 2011).

Kvalita práce závlahovej techniky závisí aj od kontroly technického stavu zariadenia a správnej funkčnosti jednotlivých distribútorov závlahovej vody (Jobbágy a kol. 2017; Simoník, 1998).

3 ZÁVER

V predkladanom vedeckom práci sme riešili kvalitu práce nového širokozábierového pivotového zavlažovača Valley Center Pivot, ktorý sa zaobstaral rok pred výskumnými prácami a zaviedol sa do závlahového režimu vybraného podniku. Zakúpená závlahová technika zabezpečila dohromady závlahu 130 ha (ešte jeden stroj okrem skúmaného), kde predtým závlaha pozostávala z pásových zavlažovačov a vyžadovala si niekoľkonásobne vyššiu ľudskú prácu ako je tomu dnes. Tieto zavlažovače je možné vďaka novým technológiám ovládať diaľkovo a závlahár kontroluje vzdialene ich činnosť. Zhodnotili sme kvalitu práce a z výsledkov vyplýva, že je potrebné každoročne vykonávať ročnú údržbu a to hlavne na jednotlivých rozstrekovačoch. Týmto krokom zabezpečíme jednoznačne zvýšenú kvalitu práce.

LITERATÚRA

ISO/TC 23/SC 18 N 190: *Závlahová zařízení: Stanovení rovnoměrnosti rozdělení vody u závlahových zařízení s centrálnym čepem a s příčným pohybem, vybavených rozprašovacími nebo zadešťovacími traskami-skušební postup*. 1989.

JOBBÁGY, Ján. 2011. *Hodnotenie závlahovej techniky z hľadiska rovnomernosti závlahy postrekom* : vedecká monografia. 1. vyd. Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita, 2011. 123 s. ISBN 978-80-552-0617-2.

JOBBÁGY, Ján. 2017. *Seminár k moderným trendom závlah aj o dotačných schémach*. In Moderná mechanizácia v poľnohospodárstve. ISSN 1335-6178, 2017, roč. 20, č. 2, s. 18-20. JOBBÁGY, Ján. Rozvoj závlah, podpora a možnosti jej uplatnenia. In Moderná mechanizácia v poľnohospodárstve. ISSN 1335-6178, 2019, roč. 22, č. 3, s. 26-31

JOBBÁGY, Ján - KRIŠTOF, Koloman - BÁREK, Viliam. 2017. *Meliorácie v poľnohospodárstve : vlastnosti pôdy, odvodňovanie a zavlažovanie*. 1. vyd. Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, 2017. 253 s. ISBN 978-80-552-1676-8.

LÁTEČKA, M., 2000. *Rovnomernosť postreku pri závlahe otáčavými postrekovačmi*. In: Monografia. Nitra, 2000. 58 s. ISBN 80-7137-678.

MISTRÍK, T. 2011. Kvalita práce širokozáberových zavlažovačov v manažmente zavlažovania. In: Diplomová práca, SPU v Nitre, TF, 2011.

REHÁK, Štefan - BÁREK, Viliam - JURÍK, Ľuboš - ČISTÝ, Milan - IGAZ, Dušan - ADAM, Štefan - LAPIN, Milan - SKALOVÁ, Jana - ALENA, Ján - FEKETE, Václav - ŠÚTOR, Július - JOBBÁGY, Ján. *Zavlažovanie poľných plodín, zeleniny a ovocných sádov*. 1. vyd. Bratislava: Veda, 2015. 640 s. ISBN 978-80-224-1429-6.

SIMONÍK, J. 1996. Technika a technológia pre zavlažovanie poľných plodín zadažďovaním: Habilitačná práca. Nitra: VŠP. 1996, 148 s.

SIMONÍK, J. 1998. Protokol o skúškach pásových zavlažovačov, KSVS SPU Nitra 21.04.1998, materiály pre Technický a skúšobný ústav poľnohospodársky Rovinka

SIMONÍK, Ján - RŮŽIČKA, Miroslav - JOBBÁGY, Ján. *Stroje pre zemné a melioračné práce*. 1. vyd. Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, 2009. 202 s. ISBN 978-80-552-0251-8.

STN EN ISO 11545. 2010. *Pol'nohospodárske zavlažovacie zariadenia*. Pivotové a čelné zavlažovače s rozstrekovačmi a postrekovačmi. Určenie rovnomernosti zavlažovania (ISO 11545: 2009).

SZABÓ, F. 2005. Hodnotenie kvality práce širokozáberového zavlažovača BAUER. In: Diplomová práca, SPU v Nitre, TF, 2005.

Kontaktná adresa:

prof. Ing. Ján Jobbágy, Ph.D. Slovak University of Agriculture in Nitra, Faculty of Engineering, Department of Machines and Production systems, Tr. A. Hlinku 2, Nitra 949 76, Slovak Republic, phone: : + 421 37 641 4796, e-mail: Jan.Jobbagy@uniag.sk



ROVNOMERNOSŤ POSTREKU VYBRANÝCH PÁSOVÝCH ZAVLAŽOVAČOV

UNIFORMITY OF WATER DISTRIBUTION OF THE SELECTED HOSE REEL IRRIGATION MACHINE

Ján JOBBÁGY – Peter DANČANIN

ABSTRAKT: Novodobé prognózy ohľadom stavu a spotreby vody z hľadiska klimatických zmien poukazujú na potrebu zaoberať sa týmto javom podrobnejšie. Zavedenie modernej techniky alebo komponentov, ktoré budú aplikovať vodu šetrnejšie a úspornejšie napomôžu tejto skutočnosti zo strany poľnohospodárstva. Cieľom príspevku bolo hodnotenie kvality práce vybranej závlahovej techniky. Praktické merania a zhodnotenie výsledkov prebiehali pri zavlažovaní vybranej plodiny v poľnohospodárskom podniku Trakovice. Hodnotenými zavlažovačmi boli štyri pásové podrobné zariadenia Bauer Rainstar T41. Kvalita práce bez prekrytia bola nízka a to len do 70 %. Zavedenie prekrytia, ktoré sa v praxi používa, napomôže zvýšeniu kvality práce nad 70 %.

Kľúčové slová: zavlažovanie, kvalita práce, prekrytie

ABSTRACT: Modern prognoses of water status and consumption in the face of climate change point to the need to address this phenomenon in more detail. The introduction of modern technology or components that will apply water more thriftily and economically helps this fact from agriculture. The aim of the article was to evaluate of the work quality of selected irrigation machine. Practical measurements and evaluation of the results took place during the irrigation of the selected crop in the farm Trakovice. The irrigators evaluated were four Bauer Rainstar T41 hose reel irrigation machines. The quality of work without overlap was low and only up to 70%. The introduction of overlap, which is used in practice, will help increase the quality of work above 70%.

Key words: irrigation, quality of works, overlap

ÚVOD

Poľnohospodárske výrobné systémy závisia na využití vodných zásob pre život. Pod závlahou v poľnohospodárstve rozumieme melioračné opatrenia, ktorými sa uskutočňuje zavlažovanie pôdy a porastu (Jobbágy a kol., 2017). Vetu „voda je život“ počúvame tak často, že si niekedy neuvedomujeme hlbokú pravdu tohto tvrdenia. Veď ľudské telo obsahuje 70 až 90 % vody, rastliny obsahujú 80 až 95 % vody, teda voda tvorí základnú zložku rastlín aj živočíchov (Velebný a kol., 2000). Fenoménom 21. storočia sa stáva zmena klímy a jednou z najväčších výziev environmentálnej politiky je nie len eliminovať dopady, ale aj zastaviť tento efekt a udržať ho na prípustnej úrovni (MŽP SR, 2013). Najčastejšie nasadenou závlahou je **doplnková závlaha**, ktorej cieľom je doplniť chýbajúce množstvo vody, ktorou sa upraví stav vlhkosti pôdy. Závlahu realizujeme počas vegetácie, prípadne pred jej začiatkom (Simoník a kol., 2009). V súčasnosti nie sú k dispozícii žiadne subregionálne informácie o globálnej distribúcii zavlažovacích systémov, ktoré by poskytovali chýbajúci odkaz na presnejšie simulácie požiadaviek o spotrebe zavlažovacej vody. Preto sa vyvíjajú nové súbory údajov o globálnej distribúcii zavlažovacích systémov pre jednotlivé krajiny (Jägermeyr a kol., 2015). Kvalita zavlažovania sa posudzuje správnou intenzitou a rovnomernosťou zavlažovania (Látečka, 2000; Jobbágy, 2011).

Cieľom príspevku bolo zhodnotiť kvalitu práce vybraných štyroch pásových zavlažovačov.

1 MATERIÁL a Metódy

Pri riešení kvality práce vybraných zavlažovačov pásového typu sme sa zamerali na poľnohospodárske družstvo Trakovice, ktoré sa skladá z viacerých firiem Agromart a.s. Emart s.r.o, SLOV-MART s.r.o. a Agrobiop s.r.o.. Za vzájomnej spolupráce týchto firiem prebieha výroba zemiakovej múčky, bielenie zemiakov (následné nakrájanie a balenie), pestovanie zemiakov, osivovej kukurice, cukrovej repy a obilnín a v neposlednom rade výroba elektrickej energie a tepla spracovaného vo výrobe z obnoviteľných zdrojov energie cez BPS. V daných lokalitách prebieha pestovanie viacerých plodín pod závlahou a to rôznymi druhmi závlah (závlaha postrekom – pásové zavlažovače v prevažnej väčšine, úsporné technológie závlah). Obec Trakovice leží 8 km západne od Hlohovca v nadmorskej výške 150 m. n. m. Celková rozloha obce je 1 631 554 m². V rámci územno-správneho členenia patrí obec do Hlohoveckého okresu a Trnavského samosprávneho kraja (obr. 1).



Obrázok 1 Poľnohospodárske družstvo Trakovice

Celý závlahový systém (hlavné závlahové zariadenie) pozostáva z vysokotlakového a nízkotlakového okruhu. Podávacou čerpacou stanicou je čerpacia stanica Žlkovce 01-podávačka, ktorá dodáva vodu z Dudváhu (zdroj je zásobovaný z neďalekej priehrady). Voda je ďalej dopravovaná tromi potrubiami o priemere 1,8 m a čerpaná do zásobného bazéna čerpacej stanice Žlkovce 1 (umiestnená je na najvyššej polohe závlahovej sústavy). Čerpacia stanica mala výdatnosť pre rozlohu 1516 ha, z ktorej sa dnes využíva približne 1150 ha. Zo zásobného bazéna postupuje voda samospádom do ďalších čerpacích medzi-staníc a to Malženice 2 (s celkovou projektovanou plochou 953 ha, z ktorej sa využíva približne 100 ha), Malženice 3 (s celkovou projektovanou plochou 942 ha, z ktorej sa využíva 0 ha, bohužiaľ pred 2 rokmi bola vykradnutá), Bučany (s celkovou projektovanou plochou 896 ha, z ktorej sa využíva plocha 422 ha), Dolné Dubové (s celkovou projektovanou plochou 200 ha, z ktorej sa využíva plocha 20 ha) a následne voda pokračuje do posledného zásobného bazéna v obci Oravné (s celkovou projektovanou plochou 200 2 ha, z ktorej sa využíva 1771 ha). Voda z prvého zásobného bazéna je samospádom púšťaná cez všetky čerpacie stanice až do bazéna, kde sa voda hromadí. Objektom skúmania boli praktické nasadenia širokozábrovej a pásovej závlahovej techniky, u ktorých sa zhodnotila kvalita práce rovnomernosťou postreku.

Z pomedzi všetkých pásových zavlažovačov, ktoré sa v danom podniku používajú sa vybrali štyri a to typu Bauer Rainstar T41 (obrázok 2). Zavlažovače v základnom prevedení pozostávajú z klasického alebo tandemového podvozku, z hadice navinutej na cievku, riadiacej jednotky a statívu s ďalekoprádovým postrekovačom. Pohyb cievky zabezpečuje prevodové ústrojenstvo a turbína, ku ktorej je vedená tlaková voda.



Obrázok 2 Pásové zavlažovače Bauer Rainstar T41

Vo vybranej firme sa zhodnotí kvalita práce nasadených pásových zavlažovačov rôzneho veku a to monitorovaním závlahovej dávky v zrážkomerných nádobách rozostavaných podľa STN. Na hodnotenie rovnomernosti postreku pásovými zavlažovačmi a pri postrekovačoch v sponoch je vhodná a najviac rozšírená metóda hodnotenia rovnomernosti postreku koeficientom rovnomernosti **Cu** podľa Christiansena (1942, Zdražil a Spitz, 1966). Hodnotenie závlahy podľa tejto metódy podmieňuje aj norma ISO/DIS 7749/2 (uvedené aj v norme TNV 754307(1998)). Výpočet sa uskutočňuje podľa nasledovného vzťahu:

$$Cu = 100 \cdot \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^n |Vi - \bar{V}|}{n \cdot \bar{V}} \right], \% \quad (1)$$

kde:

Cu – koeficient rovnomernosti postreku podľa Christiansena, %,

Vi – závlahová dávka vody na elementárnych plochách (v *i*-tej nádobe), mm,

$\bar{V}$ – priemerná závlahová dávka vody, mm,

n – počet rovnako veľkých elementárnych plôch (počet nádob), ks,

$\sum_{i=1}^n |Vi - \bar{V}|$ – absolútna suma odchýliek od priemernej dávky.

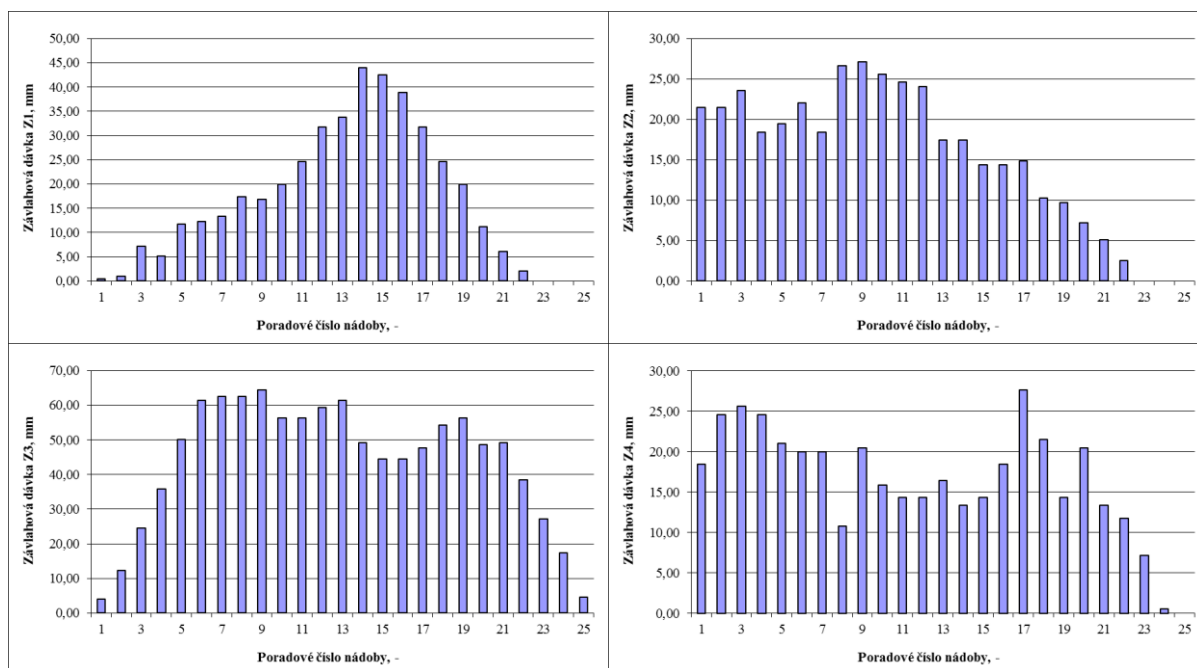
2 VÝSLEDKY A DISKUSIA

Pásový zavlažovač Bauer Rainstar T41 je navrhnutý pre najvyššiu výkonnosť, bezpečnosť a spoľahlivosť, ak je zariadenie prevádzkované v súlade s týmto návodom na obsluhu. Trieda Rainstar predstavuje univerzálny zavlažovací stroj navrhnutý a vyrobený na zavlažovanie rôznych dĺžok a širok polí a to s najväčšou rozmanitosťou plodín. Hlavnými komponentmi zariadenia sú: dvojkoľosový podvozok s točnou, na ktorej je možné cievku s PE hadicou otočiť o 270 °, pohonný systém s plnoprietokovou turbínou, ako aj štvorstupňová kompaktná prevodovka a zavlažovací statív s ďalekoprádovým zavlažovačom Bauer. Srdcom systému je plnoprietoková turbína namontovaná v polohe podporujúcej prietok priamo na vstupe do cievky a poháňaná zavlažovacou vodou. Sila sa prenáša z turbíny na navijak cez 4-stupňovú prevodovku a reťazový pohon.

Jeho činnosť spočíva v zavlažovaní pôdy prúdom vody. Počas zavlažovacieho procesu voda prechádza turbínou, ktorá uvádza do chodu prevodovku, ktorá umožňuje navijanie hadice

na bubon ozubeným resp. reťazovým prevodom. Na konci PE hadice je statív s ďalekoprádovým postrekovačom. Nakoľko je pásový zavlažovač plne automatizovaný stroj, počas jeho normálneho chodu nie je potrebná prítomnosť žiadneho pracovníka.

Testovanie prebiehalo dlhodobo v celkovom počte na štyroch pásových zavlažovačoch typu Bauer Rainstar T41. Rýchlosť vetra bola pri meraniach v rámci normy definovaných limitných hodnôt (max. 2 m.s^{-1}). Pracovný tlak je pre pásové zavlažovače stanovený vo vyšších minimálnych hodnotách, pri našich meraniach dosahoval 0,8 MPa. Počet rozložených zrážkomerných nádob bol 25 s ich rozstupom na úrovni 1,2 m. Výsledky popisnej štatistiky sa uviedli v tabuľke 1. Z výsledkov vyplýva, že u všetkých strojov bola kvalita práce nízka do hodnoty 70 %. Mimoriadne nízka kvalita práce bola u zavlažovača Z1, ktorá bola pravdepodobne spôsobená neúplným pohybom ďalekoprádového postrekovača. Hodnoty rovnomernosti postreku pri zavlažovačoch Z3a Z4 dosiahli hodnoty, ktoré sa v praxi bežne dosahujú ($Z3 \rightarrow Cu=66,07 \%$, $Z4 \rightarrow Cu=37,58 \%$). Priemerná závlahová dávka bola na úrovni cca 16 mm, avšak u zavlažovača Z3 sa táto hodnota zvýšila až na 43,73 mm. Najvyššia hodnota smerodajnej odchýlky bola pri zavlažovači Z3 (18,54 mm). Grafické zobrazenie výsledkov pre všetky štyri zavlažovače je uvedené na obr. 3. Z uvedeného vyplýva, v ktorých oblastiach priečného rozloženia nádob sa sústredila najvyššia závlahová dávka.



Obrázok 3 Rozdelenie množstva vody v zrážkomerných nádobách, Bauer Raistar T41, Z1 až Z4

Po nasadení prekrytia o hodnote 4,8 m sa výsledky kvality práce zlepšili (tabuľka 2). Jednoznačne odporúčame zaviesť prekrytie, pričom jeho hodnota mení aj celkovú výkonnosť zariadenia a tým pádom aj efektívnosť nasadenia pásových zavlažovačov. Práve preto nesmie prekrytie prekročiť predom stanovenú hodnotu, ktorú by sme si mohli stanoviť na 20 % (t.j. záber 25 m, prekrytie maximálne 5 m). Kvalita práce by sa pri nasadení prekrytia zlepšila, ako to uvádzajú aj výsledky všetkých štyroch zavlažovačov. Pri zavlažovači Z3 by sa dokonca dosiahla hodnota nad normou stanovenou hodnotou. Pri zavlažovačoch Z1 a Z2 by nastalo zlepšenie o viac ako 10 %. Popisná štatistika je uvedená v tabuľke 3.

Tabuľka 1 Popisná štatistika, závlahová dávka – Rainstar T41, zavlažovače Z1, Z2, Z3 a Z4

<i>Parameter</i>	<i>Hodnota</i>			
	<i>Z1</i>	<i>Z2</i>	<i>Z3</i>	<i>Z4</i>
<i>Stredná hodnota, mm</i>	16,65	15,45	43,73	16,37
<i>Chyba strednej hodnoty, mm</i>	2,83	1,76	3,71	1,39
<i>Smerodajná odchýlka, mm</i>	14,14	8,82	18,54	6,94
<i>Rozptyl výberu, mm</i>	199,82	77,78	343,89	48,16
<i>Rozdiel max – min, mm</i>	44,04	27,14	60,43	27,65
<i>Minimum, mm</i>	0,00	0,00	4,10	0,00
<i>Maximum, mm</i>	44,04	27,14	64,53	27,65
<i>Súčet, mm</i>	416,35	386,13	1093,36	409,18
<i>Počet, ks</i>	25,00	25,00	25,00	25,00
<i>Variačný koeficient, %</i>	84,88	57,10	42,40	42,40

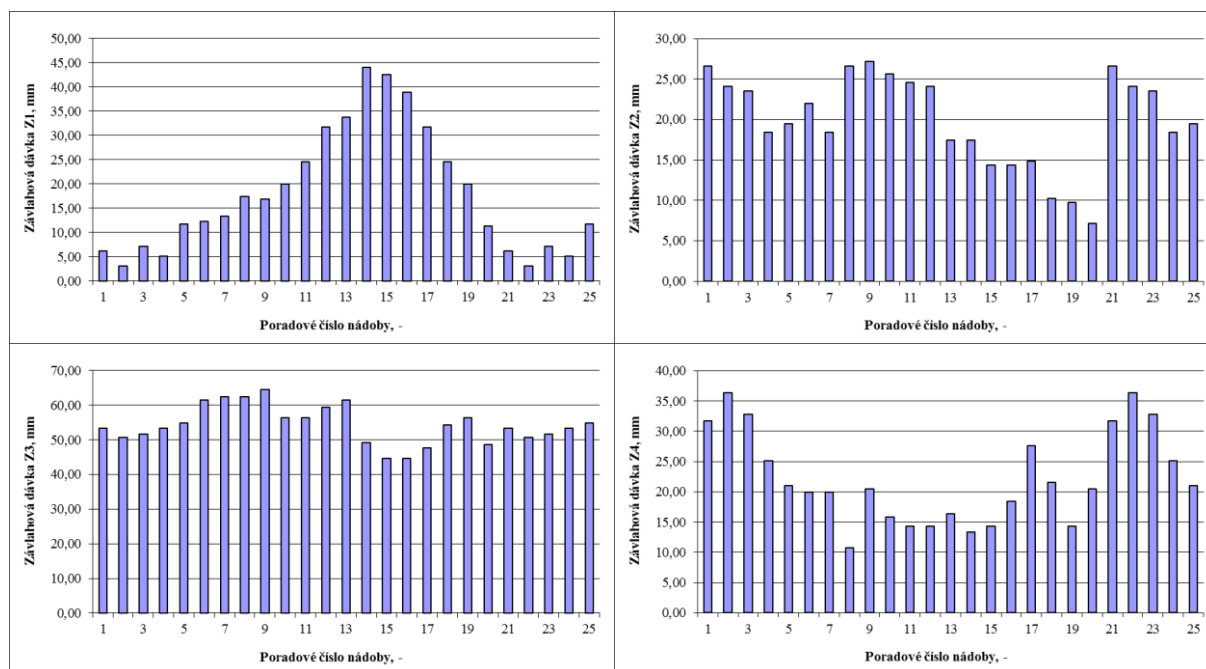
Tabuľka 2 Koeficient rovnomernosti postreku Cu, Bauer Rainstar T41, zavlažovače Z1, Z2, Z3 a Z4

<i>Zavlažovač</i>	<i>Cu, %</i>	
	<i>Prekrytie 0 m</i>	<i>Prekrytie 4,8 m</i>
<i>Z1</i>	29,70	41,28
<i>Z2</i>	52,58	76,16
<i>Z3</i>	66,07	92,15
<i>Z4</i>	67,58	71,45

Z výsledkov vyplýva, že sa hodnoty závlahových dávok pohybovali od 3 do 64 mm, čo predstavuje celkom vysoké rozpätie hodnôt. Pri zavlažovači Z1 by sa hodnota variačného koeficienta pri prekrytí znížila o 13,91 %. Pri ostatných zavlažovačoch kdeby išlo tak isto o zlepšenie kvality práce, kde hodnoty variačného koeficienta by poklesli o 28,29 % pri zavlažovači Z2, o 32,34 %, pri Z3a pri Z4 o 7,85 %. Priemerné závlahové dávky by boli od 17,99 mm do 54,28 mm. Zmena priemerných závlahových dávok by v rámci šírky záberu predstavovala pri nižších ich hodnotách (do 20 mm) menšie rozdiely (do 6 mm), a pri vyšších hodnotách dávok (do 50 mm) väčšie rozdiely (do 11 mm). Smerodajná odchýlka dosiahla pri týchto štyroch zavlažovačoch Bauer Rainstar T41 hodnoty do 13 %. Grafické zobrazenie výsledkov je uvedené na obr.4, z ktorých taktiež vyplývajú už uvedené závery.

Tabuľka 3 Popisná štatistika, závlahová dávka – Rainstar T41, zavlažovače Z1, Z2, Z3 a Z4, prekrytie

<i>Parameter</i>	<i>Hodnota</i>			
	<i>Z1</i>	<i>Z2</i>	<i>Z3</i>	<i>Z4</i>
<i>Stredná hodnota, mm</i>	17,99	19,93	54,28	22,25
<i>Chyba strednej hodnoty, mm</i>	2,55	1,15	1,09	1,54
<i>Smerodajná odchýlka, mm</i>	12,76	5,74	5,46	7,69
<i>Rozptyl výberu, mm</i>	162,94	32,98	29,83	59,08
<i>Rozdiel max – min, mm</i>	40,97	19,97	19,97	25,61
<i>Minimum, mm</i>	3,07	7,17	44,55	10,75
<i>Maximum, mm</i>	44,04	27,14	64,53	36,36
<i>Súčet, mm</i>	449,64	498,29	1357,10	556,16
<i>Počet, ks</i>	25,00	25,00	25,00	25,00
<i>Variačný koeficient, %</i>	70,97	28,81	10,06	34,55



Obrázok 4 Rozdelenie množstva vody v zrážkomerných nádobách, Bauer Raistar T41, Z1 až Z4

Mnohé experimenty mali cieľ dokumentovať vplyv nerovnomernosti závlahy na úrodu Ayars a kol. (1991), Solomon (1984), Letey (1985). Nezávisle došli k záveru, že s určitou nerovnomernosťou závlahy sa rastliny vyrovnávajú. Klementová a Heinige (1999) považujú za dobrú rovnomernosť postreku minimálne hodnotu $C_u = 80 \%$. Rovnomernosť postreku a jej hodnotenie patrí medzi základné vlastnosti kvality zavlažovania. Potvrdil to Frielinghaus (1992), ktorý uvádza ako uspokojivú rovnomernosť hodnotou Christiansenovho koeficientu rovnú 70% .

3 ZÁVER

V danom príspevku sme sa zamerali na zhodnotenie kvality práce vybraných štyroch pásových zavlažovačov typu Bauer Raistar T41. Z výsledkov vyplynula pre jeden zo zavlažovačov príliš nízka kvalita práce, čo bolo spôsobené pravdepodobne zmenšením pracovného dostreku, avšak s uvažovaním pôvodného. Pri posledných dvoch strojoch sa dosiahla priemerná praxou dosiahnuteľná hodnota. Zavedením prekrytia sa kvalita práce vo všetkých prípadoch zvýšila, kde u jedného z nich až nad normou stanovenú hodnotu ($>90 \%$). Z výsledkov teda vyplýva pozitívny prínos zavádzania prekrytia.

LITERATÚRA

AYARS, J.E., HUTMANSCHER, R.B., VAIL, S.S., SCHONEMAN, R.A., Cotton response to nonuniform and varying depths of irrigation, Agricultural. Water-Management, 1991, r.19, č.2, s. 151-166, ISSN 0378-3774

FRIELINGHAUS, M. 1992. Uniformity of water-distribution and differences in soil moisture before and after sprinkler irrigation, Zeitschrift für Kulturtechnik und Landentwicklung, 1992, r.33, č. s.278-285, ISSN 0934 - 0666

JÄGERMEYR, J., GERTEN, D., HEINKE, J., SCHAPHOFF, S., KUMMU, M., AND LUCHT, W. 2015. Water savings potentials of irrigation systems: global simulation of

processes and linkages, Hydrol. Earth Syst. Sci., 19, 3073–3091, <https://doi.org/10.5194/hess-19-3073-2015>

JOBÁGY, J. 2011. Hodnotenie závlhovej techniky z hľadiska rovnomernosti závlahy postrekom. In: vedecká monografia, SPU ES v Nitre, 2011. 123 s. ISBN 978-80-552-0617-2

JOBÁGY, J. – KRIŠTOF, K. – BÁREK, V. 2017. Meliorácie v poľnohospodárstve: vlastnosti pôdy, odvodňovanie a zavlažovanie. 1. vyd. Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, 2017. 253 s. ISBN 978-80-552-1676-8.

KLEMENTOVÁ, E. - HEINIGE, V. 1999. Hydromeliorácie Slovenska na prahu 21.storočia. In: Závlaha postrekom pásovým zavlažovacom. Bratislava: SEMISOFT, s.r.o., 1999., s. 227-232.

LÁTEČKA, M., 2000. Rovnomernosť postreku pri závlahe otáčavými postrekovačmi. In: Monografia. Nitra, 2000. 58 s. ISBN 80-7137-678.

LETEY, J. 1985. Irrigation uniformity as related to optimum crop production, irrigation Science 1985, r.6, č.4, s. 253-263. ISSN 0342-718

MŽP SR. [cit. 2021-05-13] [online] [2013] Dostupné na internete:

http://www.shmu.sk/File/ExtraFiles/SHMU_AKTUALITY/files/Strategia_adaptacie_SR_draft.pdf

SIMONÍK, J. – RŮŽIČKA, M. – JOBÁGY, J. 2009. Stroje pre zemné a melioračné práce. Vysokoškolská učebnica. In: SPU Nitra, ISBN 978-80-552-0251-8.

SOLOMON, k.H. 1984. Yield related interpretation of irrigation uniformity and efficiency measures, Irrigation Science 1984, no.5, p. 161-172. ISSN 0342-7188

STN ISO 7749-2. 1999. Poľnohospodárske zavlažovacie zariadenia – Otáčivé postrekovače. 2.časť. rovnomernosť zavlažovania a skúšobná metodika.

VELEBNÝ, V., V. NOVÁK, J. SKALOVÁ, J.ŠTEKAUEROVÁ a J. MAJERČÁK, 200 0. *Vodný režim pôdy*. Bratislava: Slovenská technická univerzita v Bratislave, 200 0. 208 s. ISBN 80-227-1373-2.

TNV 754307: 1998. Závlahové zariadenie podrobné pre postrek.

ZDRAŽIL, K. a P. SPITZ, 1966. Stanovení optimálních dešťomerných křivek u otočných postřikovačů. In: Vod. Hosp., 1966, č.5, s. 203-204.

Pod'akovanie: „Táto publikácia vznikla vďaka podpore v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekt: „URANOS - Údajová a vedomostná podpora pre systémy rozhodovania a strategického plánovania v oblasti adaptácie poľnohospodárskej krajiny na klimatické zmeny a minimalizáciu degradácie poľnohospodárskych pôd“ (kód ITMS2014+313011W580), spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.“

Kontaktná adresa:

prof. Ing. Ján Jobbágy, P.hD. Slovak University of Agriculture in Nitra, Faculty of Engineering, Department of Machines and Production systems, Tr. A. Hlinku 2, Nitra 949 76, Slovak Republic, phone: : + 421 37 641 4796, e-mail: Jan.Jobbagy@uniag.sk



MOŽNOSTI VYUŽITIA BIOENERGETICKÉHO POTENCIÁLU ODVODŇOVACIEHO KANÁLA

POSSIBILITIES OF USING THE BIOENERGETIC POTENTIAL OF THE DRAINAGE KANAL

Ján JOBBÁGY – Zuzana MATEJÍČKOVÁ

ABSTRAKT: V danom príspevku sme sa zamerali na možnosti získania bioenergetického potenciálu z priľahlého okolia povodia odvodňovacieho kanála. Patinský kanál, jeden z najdlhších odvodňovacích kanálov v okrese Komárno dosahuje dĺžku 22 km (južná oblasť, Slovenská republika). Územie odvodňovacieho kanála má v katastrálnom území Patince 88 ha, pričom obec s extravilánom má 1141 ha. Výroba biopaliva a jeho využitie sa dnes stáva súčasťou bežného ľudského života. Zameraním sa na možnosti zisku biomasy z trávnatých plôch z odvodňovacích kanálov, ktoré plnia, zatiaľ, protipovodňovú a hydromelioračnú úlohu sa otvárajú dosiaľ nepreskúmané oblasti na slovenskom trhu. Najčastejšie vyskytujúci sa druh trávinatej flóry bol Mätonoh trváci, spolu s Ovsíkom vyvýšeným tvorili dominantné trávne spoločenstvo. Mätonoh (65%) bol dominantnejší na utlačených plochách, naopak Ovsík rástol na svahoch hrádzi odvodňovacieho kanála, kde dosahoval 60% z celkového percentuálneho zastúpenia rastlinstva. Z priľahlých území odvodňovacieho kanála (1 ha) je možné, pri ideálnych podmienkach, získať až 7 t materiálu. Je potrebné podporiť implementáciu nových, inovatívnych ekologických technológií. Slovensko sa ako členský štát EÚ zaviazalo splniť uhlíkovú neutralitu do roku 2050. Práve OZE sú jedným z kľúčových odvetví, vďaka ktorým to môžeme dosiahnuť.

Kľúčové slová: odvodňovací kanál, bioenergia, trávnaté porasty, biomasa

ABSTRACT: In the presented article we focused on the possibility of obtaining bioenergetic potential from the adjacent environs of the drainage canal. The canal of Patince is 22 km long and it is one of the longest drainage canals in the district of Komárno (South area, Slovak Republic). The area of the drainage canal has in the cadastral area of the village Patince 88 ha, while the village with the extra-urban area has 1141 ha. Today, the production of biofuels and their using is becoming a part of ordinary human life. By focusing on the possibilities of obtaining biomass from grasslands from adjacent environs drainage canals, their primary role is a flood protection and hydro-melioration, also slovak industry could open the local biomass trade, which is now unexplored area in Slovakia. The most common species of grass flora was Ryegrass perennials, together with the Arrhenatherum elatius they formed a dominant grass community. Ryegrass was more dominant (65%) in the oppressed areas. On the other hand, Arrhenatherum elatius grew on slopes of the dams of the drainage canal, where it reached 60% of the total percentage of vegetation. From the adjacent environs of the drainage canal we could have 7 t of materials from 1 ha in ideal condition. It is necessary to support the implementation and innovation eco technologies. Slovakia as an EU member state has committed itself to achieve carbon neutrality by 2050. Currently RES is one of the key sectors, thanks to them we could achieve this carbon neutrality.

Key words: drainage canal, bioenergy, grasslands, biomass.

ÚVOD

Vodstvo a jej priľahlé okolie je jednou z primárnych zložiek vzniku života a zlepšenia životného prostredia organizmov. Biomasa sa rozdeľuje podľa toho, v akom stave sa spracuje, aký má zdroj na výrobu, akou technológiou sa spracuje a taktiež podľa svojho konečného využitia (Piszczalka, Jobbágy, 2012). Už od roku 1991 sa neustále rozmýšľa nad spôsobom a formou spravovania existujúceho hydromelioračného majetku (Environmentálne problémy, 2007).

Odvádzanie povrchových a drenážnych vôd z územia a úprava vodno-vzdušného režimu na poľnohospodárskych pozemkoch sa riešili na základe geodetických, hydrologických a pedologických prieskumov a meraní a to pri dodržiavaní platných technických noriem. V prípade poľnohospodárskeho využívania územia je nutné rešpektovať požiadavky na rozsah, kapacitu a hĺbku odvodňovacích kanálov a odvodňovacieho detailu (drenáž, priekopy...) (Jobbágy a kol., 2017).

Ak sa hovorí len o získavaní energie a nehladá sa pritom na význam protipovodňovej ochrany, nemalo by zmysel skúmať možný bioenergetický potenciál z povodí riek, či konkrétne z odvodňovacieho kanála. Prvým a najdôležitejším pilierom je ochrana obyvateľstva a majetku, aby sa predišlo záplavám (Štefanický, Galla, 2010).

Práce na svahoch odvodňovacích kanálov prebiehajú počas celého roka. Kvalitne odvedená práca predlžuje životnosť vodohospodárskeho diela. Všetky činnosti na úseku podliehajú procesom ako úprava svahu (správne zvolený výsev, kosenie svahov, mulčovanie – dôležité aj pre oblasť bioenergetického potenciálu) a úprava profilu (závisí od rýchlosti prietoku vody v kanáli, dno kanála sa musí čistiť - lichobežníkový profil) (Jobbágy, a kol., 2017). Cieľom príspevku bolo posúdiť možnosti využitia a získavania energetického potenciálu.

1 MATERIÁL A METÓDY

V súvislosti s geografickou polohou Slovenskej republiky treba brať do úvahy priemernú ročnú teplotu, nadmorskú výšku, prirodzenú vegetáciu, ktorá rastie vo svojom natívnom prostredí. Základ vegetácie pri odvodňovacom kanáli tvoria trávnaté porasty. Ciele sa aj na ekologickú ochranu pred inváznymi druhmi, ktoré by mohli vyvolať neželaný efekt (zmena štruktúry hrádzi) (Poórová, Lešková, 2013).

Na obr. 1 je uvedená časť záujmovej lokality s čerpacou stanicou – Patince (ČSP) a časťou odvodňovacieho kanála. Odvodňovací Patinský kanál predstavuje jeden z najdlhších v okrese Komárno. V rámci získavania výsledkov sa zameriame aj na výpočet záujmoveho územia, ktorý bude vychádzať podstatne z celkovej dĺžky kanála (obr. 1) a k nemu prislúchajúcej časti záujmovej plošnej výmery porastov (svahy a hrádze).



Obrázok 1 Prečerpávajúca vodná stanica v Patinciach, Patinský odvodňovací kanál

Obec Patince je najjužnejšia obec na Slovensku (obr. 2). Patince sa rozprestierajú na ľavom brehu Dunaja. Vzdialená je 15 km od okresného mesta Komárno a 35 km od mesta Štúrovo. Rozloha obce s extravilánom je 1131 ha. Nadmorská výška obce je 111 m. n. m.. Obec bola časťou rozľahlého močiara, postupne tvorené ostrovy boli vytvárané pieskom, nahromadeným na miestach bývalých korýt a brehov. Tomu zodpovedá aj zloženie horných vrstiev pôdy. Podnebie obce je mierne, priemerná ročná teplota je +10,5 °C. Zrážok je každoročne veľmi málo nepresahujú hranicu 550 mm. Patince sa môžu zaradiť

k charakteristickým nížinným obciam, kde sa v najväčšej miere pestuje obilie. Aj keď obec disponuje odvodňovacím kanálom, výška podzemných vôd je dostačujúca na zásobu vody zo studní, ktoré sú na jednotlivých pozemkoch vybudované a preto je Patinský odvodňovací kanál využívaný skôr na protipovodňovú ochranu, i keď sa občas pristúpi k zavlažovaniu na vyššom toku kanála, ak ide o obec Virt.



Obrázok 2 Obec Patince, výmera stanoviska – metrovka, váha – Salter

Manipulačný poriadok je vypracovaný SVP, š. p., Správa vnútorných vôd Komárno, OZ Bratislava na základe podmienok, pod ktoré spadá ČSP. Výška vodnej hladiny v odvodňovacom kanáli totiž súvisí so získaním, čo najväčšieho množstva materiálu, z ktorého by sa získavala biomasa. Identifikáciu príľahlých útvarov prislúchajúcim k ČSP, ako sú brehy, hrádze v exteriéri obce Patince ako aj monitorovacie body sa vyznačili ako nezávislé stanoviská s výmerou 1 m² (1x1, obr. 2). Spracovanie prehľadu o súčasnej situácii, charakterizovanie flóry, a biómov v okolí povodia odvodňovacieho kanála sa prezistí vopred a po vlastných meraniach, sa bude realizovať aj v spolupráci s SVP, š. p. využitie skosených materiálov zo svahov hrádzi a utlačených plôch. Na zhodnotenie množstva materiálu sa použila digitálna váha značky Salter (obr. 2), s maximálnou hodnotou merania do 5 kg.

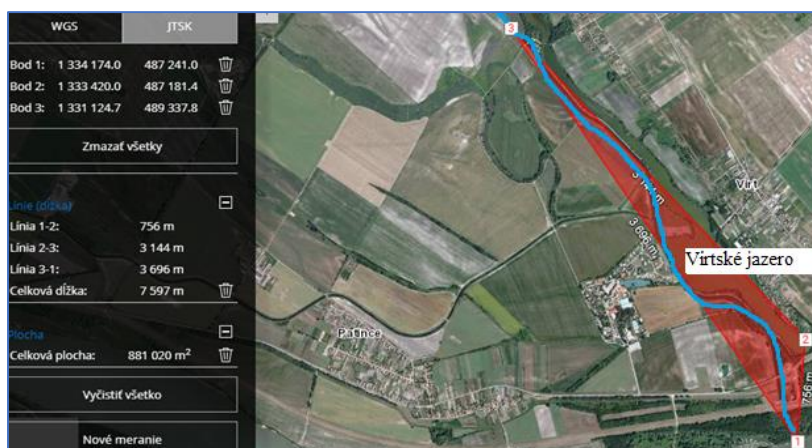
2 VÝSLEDKY A DISKUSIA

Vybraný odvodňovací Patinský kanál je jedným z najdlhších v okrese Komárno s celkovou dĺžkou 22 km. Vodná plocha Patinského kanála začína od ústia Žitavy po ČSP, kde vyúsťuje do svojich dvoch recipientov v závislosti od toho, aký druh vodohospodárskej činnosti je potrebný vykonať (povodňová aktivita, mimoriadne suchá, zavlažovanie poľnohospodárskych pôd). Recipientom je Virstké jazero, prípadne rieka Dunaj. Naraz dokáže zavlažovať a odvodňovať poľnohospodársku plochu vo výmere 3200 ha na celom svojom toku, pričom musí zachovať svoju predpísanú výšku hladiny. Na základe mapového portálu SVP, š. p. sa vyznačila a vypočítala plocha, ktorú odvodňovací Patinský kanál zaberá. Pre korektnosť sa vybrala len časť, kde zasahuje svojim územím obec Patince, časť obce Virt a taktiež Patinský kanál, napriek tomu, že odvodňovacie kanále boli budované pre viac obcí a ich príľahlé poľnohospodárske pôdy. Pre náš výskum sa uvažuje s možnosťou využitia pre dve obce, resp. družstvo, ktoré nemá kapacity pokryť ani polovicu odvodňovacieho kanála. Vyplýva to aj zo vstupných podmienok, kde obec má možnosti starať sa o trávnaté plochy len na určitom mieste, ktoré dokáže pokryť. V našom prípade obec Patince má spomínanú rozlohu 1131 ha, pričom Patinský kanál zasahujúci do katastrálneho územia obce s čiastkovým povodím odvodňovacieho kanála tvorí v prepočte približne 88 ha (obr.3), kde sú vyznačené tri body, ktoré sú definované ako:

1. Ústie odvodňovacieho kanála do rieky Dunaj.

2. Hranica katastrálneho územia obce Patince, pričom časť zasahuje aj do Vírského jazera.
3. Hranica katastrálneho územia obce Patince, kde sa začína tok odvodňovacieho kanála.

Vyznačená plocha by mohla byť využívaná pre pestovanie porastu a to vo forme bioenergetického potenciálu odvodňovacieho kanála (príľahlé svahy a hrádze). Na vytvorenie a prepočet celkovej plochy sa aplikoval mapový portál SVP, š.p. Na mape sa vyznačili body, tok kanála a Vírské jazero.



Obrázok 3 Plocha odvodňovacieho Patinského kanála

Pracovné operácie sa na okolitých plochách odvodňovacieho kanála vykonali trikrát za rok. Vybrali sa tri lokality na ktorých sa zhodnotila rastúca vegetácia. Prvá nami registrovaná kosba (odber vzorky metrovkou) sa vykonala na jar, apríl 2019, avšak prostredníctvom SVP, š. p., Správa vnútorných vôd Komárno (teplota 25 °C, vlhkosť vzduchu 49 %) sa mechanizovaná kosba vykonala v máji.



Obrázok 4 Vyznačenie stanovišťa, Prvé meranie, Ovsík vyvýšený na svahu hrádze

Z obr. 4 je možné spozorovať zakvitnutú flóru, nielen trávnatého porastu, ale aj buriny, ktoré sa prvou kosbou eliminujú. Jednou z takýchto rastlín, ktorá sa v tejto lokalite vo zvýšenej miere je šalvia lekárska. Detailným záberom na obr.4 je vidieť výšku Ovsíka vyvýšeného, ktorý ešte nebol v štádiu kvitnutia. Výsledky zastúpenia jednotlivých trávnych porastov sú uvedené v tabuľke 1. Celkovo odobrané množstvo materiálu z 1 m² pri prvom zbere bolo 0,7 kg trávnej zmesi.

Keďže prvé kosenie bolo posunuté až na máj, čo nie je obvyklým javom (aj z toho dôvodu bola hmotnosť a objem zozbieraného materiálu nižšia), posunulo sa aj letné kosenie, t.j. druhá nami registrovaná kosba (mechanizovaná) sa vykonala v lete, júl 2019 prostredníctvom SVP, š. p., Správa vnútorných vôd Komárno (teplota 30°C o 13:00 SEČ, vlhkosť vzduchu 52 %). Posunutie kosby malo pôvod v dlhodobých suchách a vyšších teplotách. Výška zmesi trávnatého porastu bola okolo 90 cm (obr.5). Druhé vlastné meranie prebehlo, po skosení priľahlého okolia odvodňovacieho kanála koncom júla 2019 (teplota 32 °C o 14:00 SEČ, vlhkosť vzduchu 44%). Na vymedzenom meranom území z 1 m² bola zozbieraná hmota 0,305 kg.

Percentuálne rozloženie a spoločné blízke hodnoty nasvedčujú tomu, že sa navzájom dobre znášajú a vedú vytvoriť spoločnú trávnatú flóru. Kosením svahov dochádza k primárne uloženiu zožatého materiálu (obr. 5). Pre kosenie sa aplikovala nesená bubnová kosačka, avšak výhodnejšia by bola lištová. Časový horizont kosenia rozlohy 88 ha je rozložený na tri dni.

Tabuľka 1 Rozloženie trávnej zmesi, úroda na svahu hrádze, alebo utlačená vrstva plochy

Trávna zmes na svahu		Trávna zmes na utlačenej ploche	
Porast	Zloženie, %	Porast	Zloženie, %
Mätonoh trváci	30	Mätonoh trváci	65
Ovsík vyvýšený	60	Ovsík vyvýšený	15
Ďatelina plazivá	10	Ďatelina plazivá	20



Obrázok 5 Kosenie svahov, skosený porst, druhé meranie

Meranie sa realizovalo na utlačenej ploche blízko odvodňovacieho kanála, a to na rovnakej veľkosti plochy 1 m², ako pri prvom meraní. Regenerácia trávnatého porastu sa prejavila rýchlo a trávna vegetácia sa snažila prekonať šok z kosby. Potvrdilo sa, že v správnom načasovaní kosby, sa môže získať väčší objem materiálu. Rastlinstvo v lete, keď sa teploty šplhajú do vysokých hodnôt a povodne sa už neočakávajú, trávnaté spoločenstvo má možnosť rozrastať sa a spevňovať pôdu.

Stanovisko, pre ktoré sa tentoraz rozhodlo sa používa častejšie na prejazdy techniky, či pre rekreačné účely (rybári). Priľahlé trávnaté lúky prislúchajúce priamo k časti odvodňovacieho kanála, ktorý je vystavený častými prechodmi ťažkých mechanizmov ako sú napr. traktory a kráčajúce rýpadlá. Stanovisko s vyznačenou plochou, pokrýval najväčšou mierou Mätonoh. V čase realizovania snímku bola jeho výška okolo 15 cm, ostatné rastliny, ktoré sú rozpoznateľné ako napr. púpava lekárska, šalvia lekárska, sa snažia, čo najrýchlejšie prísť do kvetu, aby sa stihli vysemeniť predtým, ako sa trsy tráv opäť stanú dominantnými a celkom potlačia dobrou kosbou nežiaducu vegetáciu, ktorá nepatrí vo veľkej miere k ideálnemu pôdnemu krytu. Seno teda tvorí najmä zoskupenie týchto troch tráv.

Ďatelinaplazivá má vyššie zastúpenie, pretože má hlboký koreňový systém, ktorý dokáže spevňovať pôdu, ktorá si to vyžaduje. Mätonoh svojimi dobrými vlastnosťami sám dominuje s veľkým % zastúpením, v celom rozsahu takýchto plôch.



Obrázok 6 Zber - Mätonoh trváci, Označenie stanoviska, Zber porastov v stanovisku

Tretie meranie sa realizovalo cez jesenné obdobie v mesiaci október 2019 (obr.6, vonkajšia teplota bola na úrovni 17 °C, 12:00 SEČ, vlhkosť vzduchu 64%). Odborné miesto sa vybralo z dôvodu, že v tejto oblasti, už dlhšie obdobie neprišlo k rezu a na mieste sa vytvorila náletová zóna, pričom postupom času sa náletové druhy drevín objavili až v blízkosti odvodňovacieho kanála. Tým, že SVP, š. p., Správa vnútorných vôd Komárno nedisponuje takým množstvom mechanizmov, aby vedela neustále obhospodáriť každý meter vodného toku, stane sa, že niektoré časti najmä odvodňovacích kanálov zostanú neskosené a začne tam rásť nežiaduca vegetácia. Z takejto plochy je možné získať najviac materiálu na hmotu, z ktorej by sa dal využiť energetický potenciál. Je poznať, že pomaly tieto druhy rastlín drevnatejú, a vyznačujú sa už vyšším porastom a nedá sa ich označiť ako trávnatú zmes, ale už ako o drevnej hmote, celkom prirodzene by poskytovali vyššie ukazovatele množstva získanej energie. Na 1 m² pripadalo až 3,0 kg drevnatej hmoty z neudržiavanej zóny pri odvodňovanom kanáli.

Popri danom výskume sa sledovala aj odpočet vodnej hladiny na odvodňovacom kanáli (týždeň). Manipulačný poriadok bol nastavený na vegetačné obdobie a rovnaká teplota v ovzduší, zaručovala, že hladina bude pred kosbou nemenná. Napriek tomu sa každý deň odčítala hladina vody na odvodňovacom kanáli (tab. 2) na ČSP. Manipulácia vo vegetačnom období: apríl až október. Voľný výtok bol uzavretý, hladina sa mala udržiavať medzi 105,30 – 105,95 m. n. m. (270 – 335 cm).

Tabuľka 2 Stav vodnej hladiny na odvodňovacom kanáli

<i>Dátum merania</i>	<i>Čas</i>	<i>Výška vodnej hladiny na odvodňovacom kanáli v cm</i>
08.07.2019	09:00	300
09.07.2019	09:00	299
10.07.2019	09:00	300
11.07.2019	09:00	299
12.07.2019	09:00	298

SVP, š. p., Správa vnútorných vôd Komárno vykonáva najčastejšie prísev práve Mätonohom. Letný zber flóry, resp. letné kosenie, ktoré sa uskutočňuje v letných mesiacoch má menšiu výnosnosť zozbieraného materiálu, ale v správny čas kosby sa dosiahne ešte jedna regenerácia vegetácie, ktorá potom môže v poslednom kosení roka v jesenných mesiacoch priniesť znova vyššiu hmotnosť zozbieranej hmoty v okolí odvodňovacieho kanála.

V európskych miernych podmienkach rastie približne 200 druhov tráv, no napriek tomu, niektoré z tráv vynikajú svojimi charakteristickými vlastnosťami a preto sú niektoré druhy tráv označované ako technické, či energetické. Minimálna teplota pre klíčenie pri dostatku vzduchu a vlahy je 1 – 2°C (Marinelli, 2004).

Charakteristika trávnatých druhov a zmesí bola spracovaná viacerými autormi (Gregorová, Malý, 2001, Krása, 2009). Vychádzajúc z vyššie uvedených ukazovateľov, podľa počtu najčastejšie vyskytujúcich sa trávnatých zmesí, budú konkrétne popísané Mätonoh trváci, Ovsík vyvýšený a Ďatelina lúčna, ktorým je v (tab. 3) stanovené ich spalné teplo a priemerná výhrevnosť.

Tabuľka 3 Stanovenie spalného tepla pre vybrané trávny (Andert a kol., 2007)

<i>Druh trávy</i>	<i>Obsah vody (%)</i>	<i>Spalné teplo [KJ.kg⁻¹]</i>	<i>Výhrevnosť priemerná [kJ.kg⁻¹]</i>
Mätonoh trváci	20	19 321	18 716
Ovsík vyvýšený	25	17 596	16 987
Ďatelina lúčna	25	17 979	17 065

Mätonoh trváci (Gregorová, Malý, 2001), by mal v prírode rásť najmä na svahoch hrádzí, prípadne v určitom pomere v miešaných trávnych zmesiach. Naše merania preukázali, že Mätonoh trváci mal omnoho väčšie percentuálne (až 65%) zastúpenie na trvalo utlačovaných trávnych plochách. Naopak na svahoch hrádzí bol dominantnejší Ovsík vyvýšený.

Ovsík vyvýšený, ako uvádza aj (Krása, 2009), dosiahol výsledky aj pri našich výskumoch 60% a to na svahoch a v priľahlých územiach povodia odvodňovacieho kanála.

Houska, 2007, opísal Ďatelinu plazivú, že jej korene prenikajú do hĺbky 1 m, čo ju robí menej náchylnou na suchu. Pri našich výskumoch sa vyskytovala najčastejšie v ideálnej trávnej zmesi pre utlačené plochy, čím je potvrdené, že znáša dobre zhutnenie a aj nižšiu zásobu vlahy. Naše výsledky dosiahli hodnotu 20%, pričom Houska (2007) popísal výskyt Ďateliny lúčnej na 25%.

Zúčastnením sa na kosení trávnatých porastov na svahoch hrádzí odvodňovacieho kanála možno potvrdiť, že SVP, š. p. kosí najčastejšie bubnovou kosou pripojenou za traktorom. Podľa uvedeného zdroja (Kosačky rotačné, 2013) pracovným nástrojom bubnovej kosačky je horizontálne uložený rotujúci nôž, ktorý pri svojom pohybe reže listy a stebľa kolmo na ich rast. Odkosená hmota je rotujúcim nožom drvená na menšie kúsky vo vnútri ochranného krytu a odstredivou silou je hmota rozmetávaná do priestoru.

Andert a kol., 2007, uvádzajú, že hodnoty výnosu trávnej hmoty z 1 ha môžu dosahovať až 9 t počas jednej kosby. Preto možno predpokladať, že pri ideálnych podmienkach, ktoré panujú v našom geografickom pásme, by sme za vegetačné obdobie, ak by sa kosilo 3x v roku, mohli nazbierať z uvedených trávnych zmesí približne 13,5 t trávnej zmesi z 1 ha trávnej zmesi.

V jarných mesiacoch, keď je kosba najvýdatnejšia na materiál sme boli pri odvodňovaní kanáli skôr ako sa začalo kosiť a výnosnosť z 1 m² bola 0,7 kg trávnej zmesi. V júli, keďže sme boli na inom vymedzenom úseku (utlačená plocha) a po kosbe sa nami získaný materiál znížil len na 0,3 kg z 1 m². Čo je však pozoruhodné, je pohľad na časť vytvorenej náletovej zóny pri odvodňovaní kanáli, kde sa nám zozbieraný materiál z 1 m² dostal na hmotnostnú hranicu 3 kg.

V podmienkach, v ktorých sme realizovali výskum, by sa dalo uviesť, že zozbieraný materiál z 88 ha by mal približne 1188 t sena z celoročného kosenia, z ktorého by sa dala vyrobiť trávna briketa s mechanickými vlastnosťami, aké uvádza (Andert a kol., 2007). V tom prípade by sa zamedzilo odnášaniam sena poľnohospodárskym podnikom, ktoré si dnes seno odvádzajú pre vlastné potreby, po dohode s SVP, š. p.. Andert a kol., 2007 uvádzajú, že trávne brikety sú valcovité telesá s dĺžkou asi 15 - 25 cm, s vlastnosťami ako sú hustota (asi

1 200 kg.m⁻³) a vysoká výhrevnosť brikiet (19 MJ.kg⁻¹). Seno, z ktorého sa má vyrobiť biomasa má vyššiu mernú výhrevnosť ako hnedé uhlie (4,9 kWh.kg⁻¹ suchej hmoty alebo 4,0 kWh.kg⁻¹ sena s vlhkosťou 15 %).

3 ZÁVER

V danom príspevku sme sa zamerali na preskúmanie možnosti získania energie z priľahlého okolia povodia odvodňovacieho kanála, ktorý má nevyčerpatelný obnoviteľný energetický potenciál. Na základe dosiahnutých výsledkov možno povedať, že výskyt trávnatých porastov a ich úroda dosiahla hodnoty porovnateľné s inými autormi. Najčastejšie vyskytujúci sa druh trávnej flóry bol Mätonoh trváci, pričom spolu s Ovsíkom vyvýšeným tvoria dominantné trávne spoločenstvo. Mätonoh bol dominantnejší na utlačených plochách, naopak Ovsík vyvýšený sa vyskytol prevažne na svahoch hrádzí odvodňovacieho kanála. Obhospodarovanie trávnatých porastov pri Patinskom kanáli je v správe SVP, š. p., Správa vnútorných vôd Komárno, avšak dohody s miestnymi poľnohospodármi zabezpečujú, že skosený trávny porast putuje k hospodárskym zvieratám, prípadne zostáva na skosených plochách. Ak by sa kosilo 3x v roku, mohli by sme nazbierať z uvedených trávnych zmesí približne 13,5 t trávnej hmoty. Z pohľadu na celkovú rozlohu 88 ha by sme mohli získať až 1188 t sena (za celý rok, t.j. predpoklad na základe citovaných dokumentov 16 – 19 MJ.kg⁻¹).

Správa vnútorných vôd Komárno nedisponuje možnosťou výroby trávnej brikety. No napriek tomu, potenciál na výrobu trávnych brikiet z trávnych plôch prislúchajúcim k odvodňovaciemu kanálu existuje, sú však potrebné veľké vstupné investičné náklady.

Vzhľadom k nedostatočnému vybaveniu, či staršej, nie vždy, vyhovujúcej technike, nie je vždy možné pristúpiť k radikálnejšiemu obhospodáreniu, ako si príroda v okolí odvodňovacích kanálov vyžaduje.

Pritom by bolo na zváženie, či by nepostačovala plocha odvodňovacieho kanála 88 ha na výrobu tuhého biopaliva, pričom pri ideálnych podmienkach, keď sa kosí trikrát v roku, by sa z jednej kosby dalo získať približne 7 t trávnej kultúry na výrobu biomasy, a tá by sa mohla využiť napr. pre vyhratie Kultúrneho domu v Patinciach.

LITERATÚRA

ANDERT, D.; FRYDRYCH, J.; JUCHELKOVÁ, D., I. 2007. Energetické využití trav a travních směsí. In Příručka pro pěstování, spalování a využití trav při výrobě bioplynu. Vydavatel: Výzkumný ústav zemědělské techniky, Praha. 2007. 110 s. ISBN: 978-80-86884-35-6, 2007.

ENVIRONMENTÁLNE PROBLÉMY. 2007. [online]. [cit. 2020-01-13]. Dostupné na internete: http://www.enviro-edu.sk/?page=environmentalne_problemy

GREGOROVÁ, H; MALÝ, O. 2002. Poľné krmoviny. Nitra: VES SPU, 2002. 128 s. ISBN 80-8069-038-3.

HOUSKA, J. 2007. Ďatelina plazivá. [online]. [cit. 2020-02-19]. Dostupné na internete: <https://botany.cz/cs/trifolium-repens>

JOBÁGY, J. – KRIŠTOF, K. – BÁREK, V. 2017. *Meliorácie v poľnohospodárstve: vlastnosti pôdy, odvodňovanie a zavlažovanie*. 1. vydanie. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre. 2017. 252 s. ISBN 978-80-552-1676-8

KOSAČKY ROTAČNÉ. 2013. [online]. [cit. 2020-03-13]. Dostupné na internete: <http://polopate.sk/kosacky-podla-principu-kosenia>

KRÁSA, P. 2009. Ovsík vyvýšený pravý. [online]. [cit. 2020-04-13]. Dostupné na internete: <https://botany.cz/cs/arrhenatherum-elatius>

MARINELLI, J. 2004. Rastlina: Obrazová encyklopédia rastlín celého sveta. Bratislava Ikar, 2004. 512 s. ISBN 80-551-1221-5.

PISZCZALKA, J. - JOBBÁGY, J. 2012. *Bioenergetika : zelená energia*. 1. preprac. a dopln. vyd. Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita. 149 s. ISBN 978-80-552-0813-8.

POÓROVÁ, J. – LEŠKOVÁ, D. 2013. Dunaj – Symbol integrácie a spolupráce. [online]. [cit. 2020-04-05]. Dostupné na internete: http://www.shmu.sk/File/ExtraFiles/ODBORNE_AKTUALITY/files/hydro/Dunaj-symbol_integracie_a_spoluprace.pdf

ŠTEFANICKÝ, B. GALLA, Š. Manažment povodňových záchranných prác. 2010. [online]. [cit. 2020-03-13]. Dostupné na internete: http://www.vuvh.sk/download/manazmentpovodi_rizik/zbornikprispevkov/konferencia/Prispevky/SekciaC/Stefanicky_Galla.pdf

PodĎakovanie: Táto publikácia vznikla vďaka podpore v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekt: Udržateľné systémy inteligentného farmárstva zohľadňujúce výzvy budúcnosti SMARTFARM, ITMS 313011W112, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

Kontaktná adresa:

prof. Ing. Ján Jobbágy, P.hD. Slovak University of Agriculture in Nitra, Faculty of Engineering, Department of Machines and Production systems, Tr. A. Hlinku 2, Nitra 949 76, Slovak Republic, phone: : + 421 37 641 4796, e-mail: Jan.Jobbagy@uniag.sk



VPLYV ZMENY TLAKU NA KVALITU PRÁCE ROZSTREKOVAČA

EFFECT OF THE PRESSURE CHANGE ON WORK QUALITY OF THE SPRINKLER

Ján JOBBÁGY – Juraj ROŽEK

ABSTRAKT: V danom príspevku sme sa zamerali na zhodnotenie vplyvu zmeny tlaku na kvalitu práce vybraného rozstrekovača. Meranie sa uskutočnilo na betónovej ploche v areáli SPU. Zrážkomerné nádoby sme rozmiestnili do štvorcovej siete (7 m x 7 m) v počte 49 kusov, pričom výškovo nastaviteľná konzola bola umiestnená uprostred, aby dostrek každej pracovnej časti bol do 4 m. Hodnotenie vplyvu zmeny tlaku na výslednú kvalitu práce rozstrekovača (typ Komet KPS s regulátorom tlaku PSR-2 15PSI, s dýzou H10 - hnedá a deflektorom Komet C33 - modrý) sa realizovalo na konzole, ktorá bola navrhnutá na KSVB (Katedre strojov a výrobných biosystémov, TF SPU v Nitre, úžitkový vzor UV8268). Výška umiestnenia testovacej konzoly je meniteľná a nastavila sa na prvú úroveň (1,70 m). Vstupný tlak sa menil v rozpätí od 0,2 do 0,4 MPa (0,2; 0,3; 0,4 MPa). Výsledky preukázali značný vplyv zmeny pracovného tlaku, kde jeho zvýšenie o 0,1 MPa spôsobila zvýšenie priemernej závlahovej dávky o viac ako 21 %. Hodnota Christiansenovho koeficienta rovnomernosti postreku dosiahla hodnotu 35,91 % a hodnota variačného koeficienta 75,36 %. Hodnoty jednoznačne preukazujú potrebu zavedenia prekrytia pre nasadenie správnej kvality práce, hodnotenej rovnomernosťou postreku.

Kľúčové slová: rozstrekovač, kvalita práce, zmena tlaku

ABSTRACT: In the presented article, we focused evaluation of the effect of pressure change on the quality of work of the selected sprinkler. The measurement was performed on a concrete surface in the SUA complex (Slovak University of Agriculture in Nitra). We placed the rain gauge containers in a square net (7 m x 7 m) in the number of 49 pieces, while the height-adjustable bracket was placed in the middle, so that the reach of each working part was up to 4m. Evaluation of the influence of pressure change on the final quality of sprinkler work (type Komet KPS with pressure regulator PSR-2 15PSI, with nozzle H10 - brown and deflector Komet C33 - blue) was carried out on a console designed at KSVB (Department of Machines and Production Biosystems, TF SPU in Nitra, utility model UV8268). The height of the test console location is variable and has been set to the first level (1.70 m). The inlet pressure varied from 0.2 to 0.4 MPa (0.2; 0.3; 0.4 MPa). The results showed a significant effect of the change in working pressure, where its increase by 0.1 MPa caused an increase in the average irrigation dose by more than 21%. The value of the Christiansen coefficient of spray uniformity reached the value of 35.91% and the value of the coefficient of variation 75.36%. The values clearly demonstrate the need to introduce an overlay to implement the correct quality of work, assessed by the uniformity of spraying.

Key words: sprinkler, quality of work, pressure change

ÚVOD

Voda je neoddeliteľnou podmienkou života na Zemi. Tvorí hydrosféru, ktorá je podstatnou a nezameniteľnou zložkou biosféry a zároveň je súčasťou aj ostatných geosfér Zeme. Voda je nielen životne dôležitým ekologickým a ekonomickým zdrojom, ale aj základnou charakteristikou prírodnej krajiny. Významnou špecifickou vlastnosťou je jej obnoviteľnosť, ktorá je podmienená obehom vody v prírode (Jobbágy a kol., 2017).

Rozstrekovače sú distribútori určené pre rozdeľovanie vody na povrch pôdy, ktoré sa vo väčšej miere nasadzujú na širokozáberové zavlažovače (Jobbágy, 2013). Pre správnu funkciu širokozáberového zavlažovača a dosiahnutie vyššej kvality práce celého zariadenia je treba dodržať správne prekrytie jednotlivých distribútorov (Jobbágy a kol., 2018). Kvalita práce závlahových zariadení je hodnotená rovnomernosťou postreku a správnou intenzitou

zavlažovania. Rovnomernosť postreku patrí k najdôležitejším ukazovateľom kvality závlahy. Pod pojmom rovnomernosť postreku rozumieme rovnomernosť pokrytia zavlažovanej plochy vopred stanovenou závlahovou dávkou. Zvýšenie úrody po závlahe je v úzkej spojitosti s kvalitou závlahy, a preto i pomerne malé rozdiely v závlahovom režime majú značný vplyv na výnos. Ak má závlaha prinášať predpokladaný ekonomický efekt, musí byť vplyv nerovnomerného rozdelenia vody znížený na minimum (Látečka, 2000; Jobbágy a kol., 2017). Cieľom príspevku bolo posúdiť vplyv zmeny tlaku na kvalitu práce vybraného rozstrekovača.

1 MATERIÁL A METÓDY

Distribútori závlahovej vody – rozstrekovače sa používajú pre zavlažovanie rôznych poľnohospodárskych plodín ako napr. zemiaky, kukurica na osivo, zelenina a pod.. Kvalitu práce rozstrekovačov treba poznať ešte pred osadením na zavlažovač, ktorý napríklad podlieha repasácii. Správne dostreky jednotlivých rozstrekovačov a prekrytia ich závlahovej plochy sú dôležité parametre rovnomernosti postreku celého zavlažovača, na ktorom sa umiestňuje viac ako desať kusov v jednom rade za sebou.

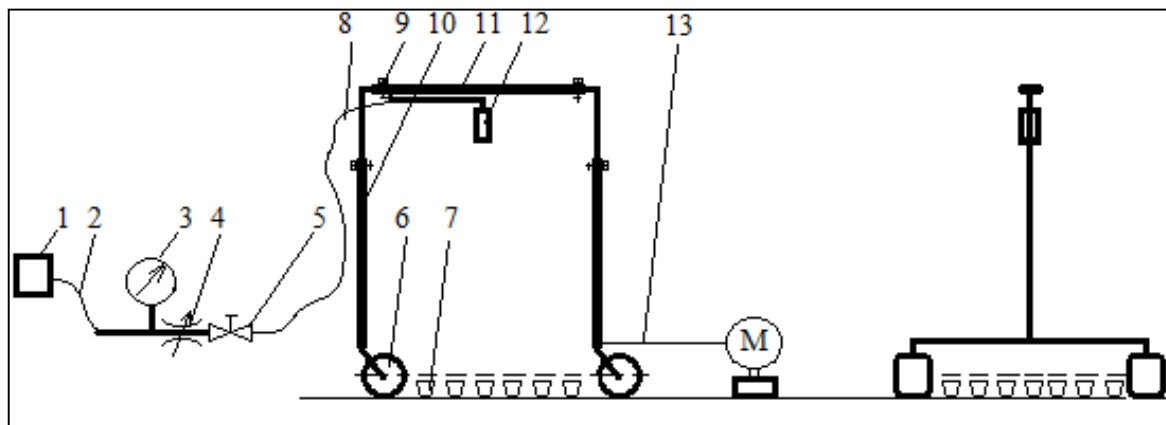
Hodnotenie vplyvu zmeny tlaku na výslednú kvalitu práce rozstrekovača (typ Komet KPS s regulátorom tlaku PSR-2 15PSI, s dýzou H10 - hnedá a deflektorom Komet C33 - modrý) sa realizovalo na konzole, ktorá bola navrhnutá a podaná ako úžitkový vzor (UV8268 „*Mobilná testovacia konzola pre rozstrekovače*“; Ján Jobbágy, Norbert Michlian a Ivan Rigó; 2018).

Mobilná testovacia konzola pre rozstrekovače (obr.2) je navrhnutá tak, aby s ňou bolo možné manipulovať vo všetkých smeroch súradnicovej sústavy. Na navrhnutú konzolu je možné napojiť súčasne len jeden rozstrekovač. Navrhnuté zariadenie pozostáva z hlavných častí, ktoré sú zoskrutkované pevne a častí výsuvných, ktoré je možné nastavovať v rámci krátkočasového horizontu. Teda zariadenie pozostáva z výškovo nastaviteľných stojok, umiestnených na štyroch brzdených kolieskach a vodorovného ramena konzoly s pevnou časťou potrubia. V prípade použitia stojanov pre zrážkomerné nádoby je konzola výsuvná v rozpätí od 1,5 m do 3,0 m. Pevná časť potrubia je na oboch stranách vybavená objímkami pre pripojenie flexibilnej hadice, kde na jednej strane je prívod vody cez prípojku s tlakomerom, regulátorom tlaku a guľovým ventilom. Konzola je postavená na štyroch otočných kolieskach pre zabezpečenie statického merania a následného odsunutia konzoly, alebo pre prípad simulovania pohybu prostredníctvom lanka a krokového motora. Pre zhodnotenie kvality práce sa musí zabezpečiť výška umiestnenia rozstrekovača nad terénom tak, ako by to bolo v reálnych podmienkach na závlahovom stroji. Regulátorom tlaku sa menia vstupné parametre a tým aj dostreky a kvalita práce distribútorov vody.

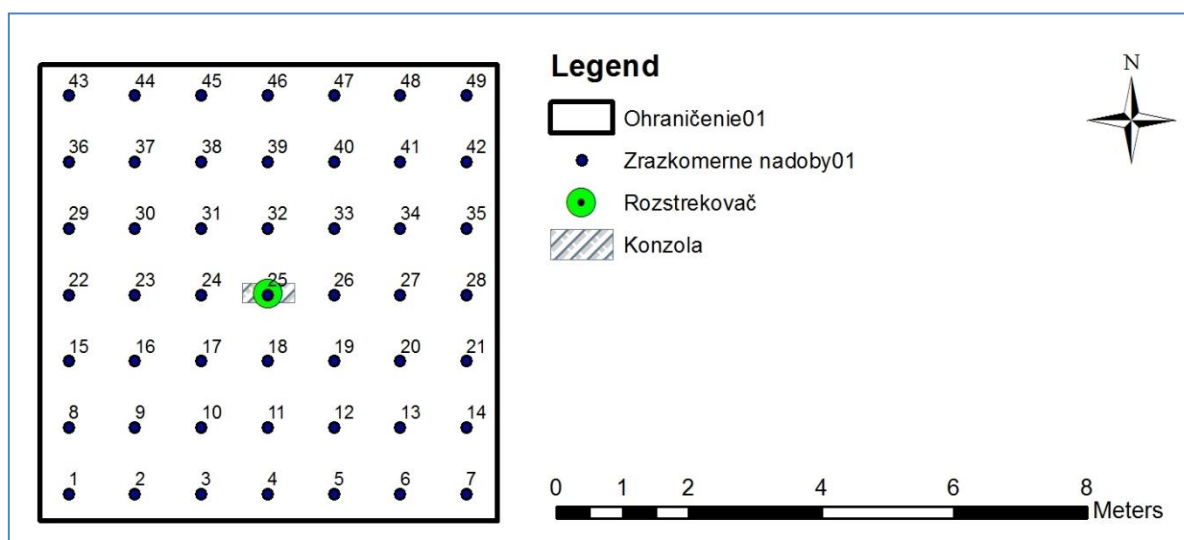
Stojany a zrážkomerné nádoby netvoria súčasť konzoly, ale aplikujú sa pri praktických meraniach hodnotenia rovnomernosti postreku. V našom prípade sa rozložili do štvorcovej siete 7x7 m s rozstupom 1 m (obr. 2). Kvalita práce rozstrekovačov je hodnotená podľa normy a to koeficientom rovnomernosti postreku, kde súčasne zavlažuje jeden rozstrekovač. Výstupom z merania sú hodnoty, ktoré je treba následne v štatistickom aparáte spracovať.

Mobilná testovacia konzola pre rozstrekovače je využiteľná pre rôzne rozstrekovače. Hlavnou podmienkou správnej činnosti konzoly je správna výška nasadenia rozstrekovača nad podlahou, kde sú do štvorcovej alebo obdĺžnikovej siete rozložené zrážkomerné nádoby. Výhodou mobilnej testovacej konzoly je jej výškové nastavenie odstupňované po 5 cm a to v celkovom výškovom horizonte 1,5 až 3,0 m.

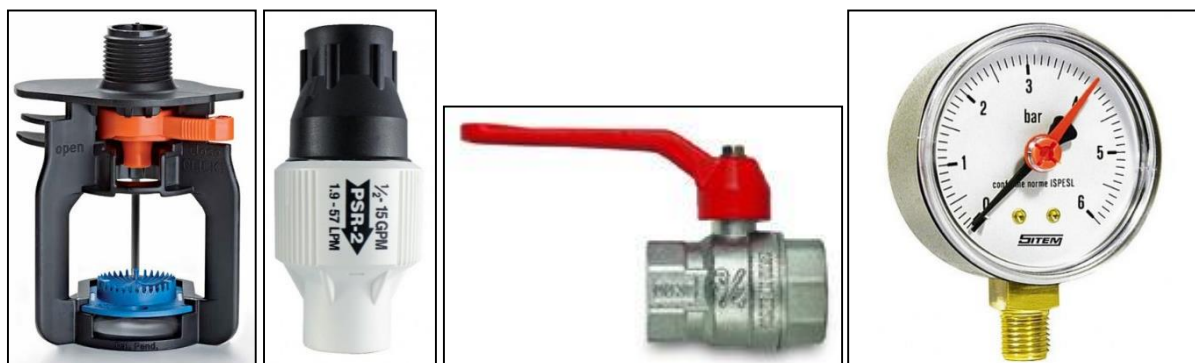
Výška umiestnenia testovacej konzoly je meniteľná a nastavila sa na prvú úroveň (1,70 m). Vstupný tlak sa menil v rozpätí od 0,2 do 0,4 MPa (0,2; 0,3; 0,4 MPa).



Obrázok 1 Navrhnutá testovacia konzola – schéma (Jobbágy a kol., 2018), 1 – zdroj vody pod tlakom, 2 – prírodná flexibilná hadica, 3 – manometer, 4 – regulačný alebo poistný ventil, 5 – guľový ventil, 6 – otáčacie koliesko brzdené, 7 – zrážkomerné nádoby, 8 – napájacia flexibilná hadica, 9 – skrutky, 10 – zvislé výškovo nastaviteľné stojky pre konzolu, 11 – vodorovné rameno konzoly s pevnou časťou potrubia, 12 – rozstrekač, 13 - lanko, M – el. motor



Obrázok 2 Rozloženie zrážkomerných nádob



Obrázok 3 Rozstrekač Komet KPS, regulátor tlaku PSR-2 (obr. vľavo – Nelson 01, 2019), Komponenty pre konzolu - guľový ventil a tlakomer

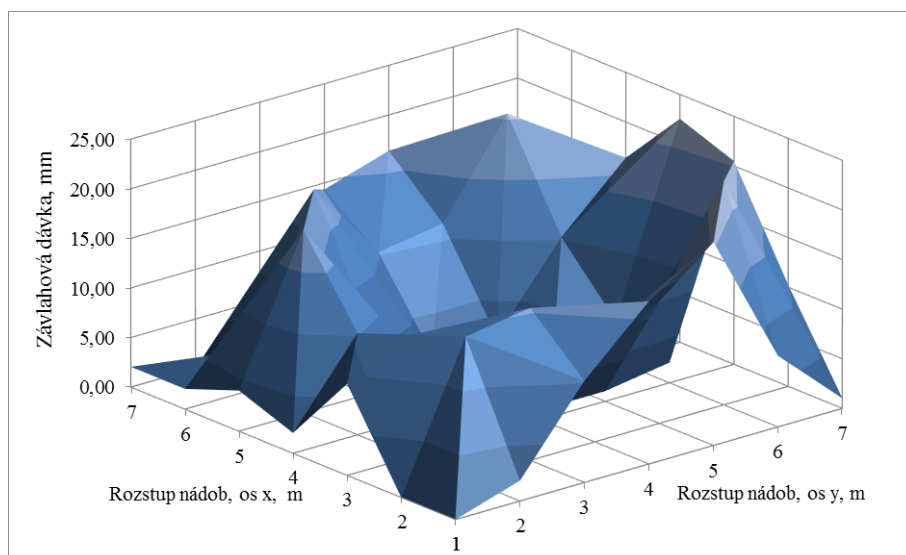
2 VÝSLEDKY A DISKUSIA

Rozstrekovače s rôznymi dýzami sme sa rozhodli testovať na nami navrhnutej konzole, ktorá pozostáva zo základného rámu so stojkami umiestneného na kolesových podvozkoch. Rozstrekovač sa ovláda guľovým ventilom, ktorý nám umožňoval nastaviť predpísaný prevádzkový tlak. Výška nasadenia rozstrekovača bola 1,7 m a pracovný tlak sa menil v rozpätí 0,2 až 0,4 MPa odstupňovaním po 0,1 MPa.

Pre správnu činnosť rozstrekovačov (aj celého závlahového zariadenia) je treba na celom závlahovom zariadení okrem správneho výberu konkrétnej dýzy a jej pozičného umiestnenia navrhnuť aj správne predpísané prevádzkové parametre – tlak. Práve preto sme sa rozhodli otestovať vybraný typ rozstrekovača Komet KPS vybaveného regulátorom tlaku PSR-2 15PSI (0,103 MPa) s dýzou H10 (hnedá) a deflektorom Komet C33 (modrý).

Tabuľka 1 Popisná štatistika výsledkov – kvalita práce – Rozstrekovač KPS, dýza H10, zmena tlaku p

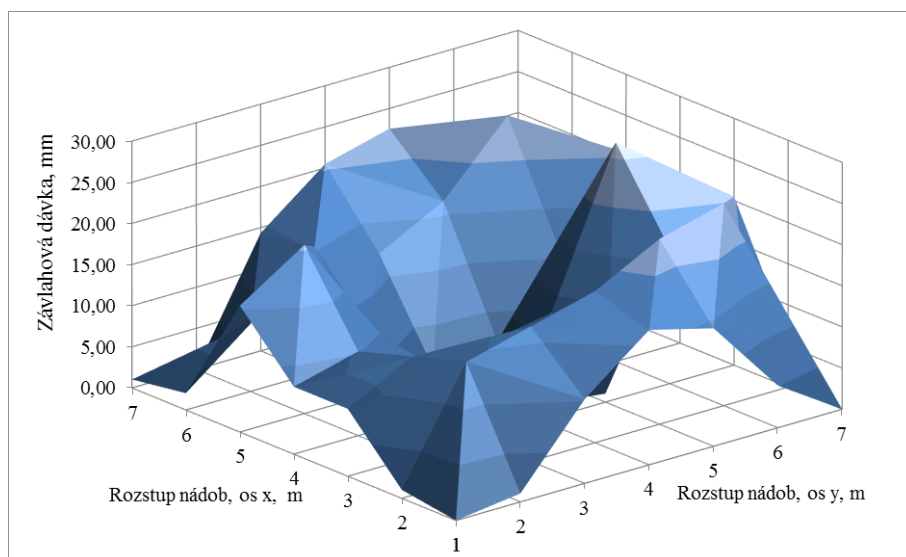
Parameter	Prevádzkový tlak, MPa		
	0,2	0,3	0,4
<i>Priemerná hodnota, mm</i>	8,65	10,49	8,97
<i>Smerodajná odchýlka, mm</i>	6,98	7,91	6,97
<i>Rozptyl výberu,</i>	48,78	62,53	48,63
<i>Rozstup max-min, mm</i>	22,53	26,63	22,53
<i>Minimum, mm</i>	0,00	0,00	0,00
<i>Maximum, mm</i>	22,53	26,63	22,53
<i>Súčet, mm</i>	424,03	514,16	439,39
<i>Počet, -</i>	49,00	49,00	49,00
<i>Variačný koeficient, %</i>	80,71	75,36	77,77
<i>CU, %</i>	31,29	35,91	33,97



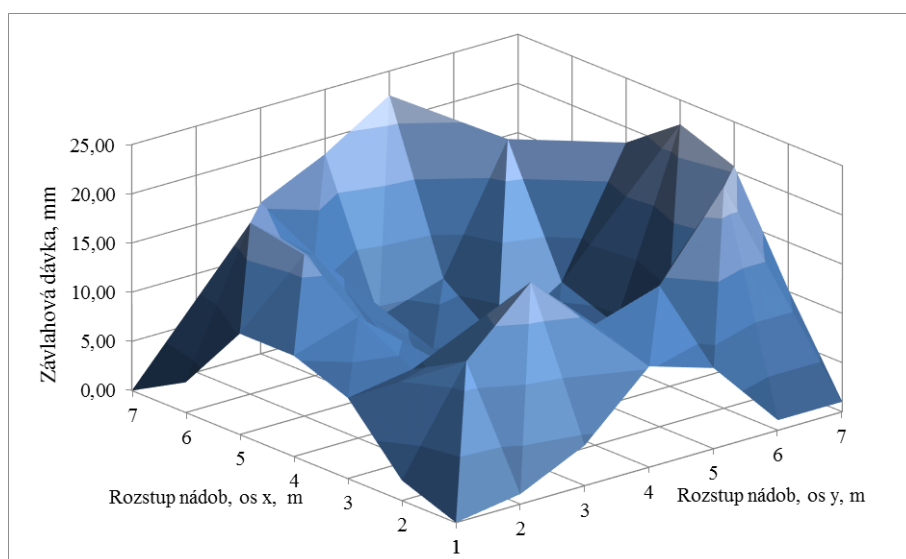
Obrázok 4 Závlahová dávka, mm, rozstrekovač Komet, dýza H10, tlak p=0,2 MPa

Výsledky sme najprv zhodnotili v matematicko-štatistickom aparáte MS Excel 2007. Štatistické zhodnotenie výsledkov je uvedené v tabuľke 1. Priemerná závlahová dávka dosiahla hodnotu v rozpätí od 8,65 do 10,49 mm, kde podstatný vplyv mala zmena pracovného tlaku.

Celkovo možno zhodnotiť, že pri zvýšení prevádzkového tlaku o 100 % (to jest o 0,1 MPa) nastala zmena priemernej závlahovej dávky (zvýšenie) o 21,26 %. Avšak, ďalšie zvyšovanie pracovného tlaku spôsobilo zníženie priemernej závlahovej dávky.



Obrázok 5 Závlahová dávka, mm, rozstrekovač Komet, dýza H10, tlak $p=0,3$ MPa



Obrázok 6 Závlahová dávka, mm, rozstrekovač Komet, dýza H10, tlak $p=0,4$ MPa

Dosiahnuté grafické výsledky rozstrekovača Komet KPS s dýzou H10 sme uviedli na obr. 4 pri pracovnom tlaku 0,2 MPa, na obr.5 pri pracovnom tlaku 0,3 MPa a na obr.6 pri pracovnom tlaku 0,4 MPa. Z výsledkov je zrejmé, že závlahová dávka je sústredená v prevažnej väčšine do tvaru prstenca s dostrekom v priemere 3 m. Najvyššia kvalita práce sa dosiahla pri pracovnom tlaku 0,3 MPa. Hodnota Christiansenovho koeficienta rovnomernosti postreku dosiahla hodnotu 35,91 % a hodnota variačného koeficienta 75,36 %, ako to vyplýva z výsledkov uvedených v tabuľke 1. Zvýšenie alebo aj zníženie prevádzkového tlaku sa u tohto typu rozstrekovača s vybranou dýzou H10 a deflektorom C33 preukázalo ako neefektívne vzhľadom na zníženie jeho kvality práce.

Realizácia modernej sústavy zavlažovania vyžaduje poznať možnosti uplatnenia zavlažovačov a výkonnostné podmienky čerpacej stanice (Jobbágy a kol., 2017). Pre osadenie

konkrétneho typu závlahového zariadenia je treba detailne poznať nielen rozmerové, ale aj prevádzkové parametre (Jobbágy, 2012). Slovenskí farmári zavlažujú predovšetkým vodou z vodných zdrojov – riek, jazier a podzemných zdrojov, teda studní. Mnoho z nich ale hospodári v oblastiach, kde napojenie na niektorý z týchto zdrojov neexistuje (Koreň, 2019). Pre návrh a realizáciu závlahy je treba splniť tri kritéria medzi ktoré zaraďujeme: dostupnosť vody, dostatočnú kapacitu zavlažovacieho systému a rovnomernosť distribúcie. Samotný dizajn je obmedzený aj časom prevádzky a možnosťou dodávania vody (ZávlahaS, 2018).

3 ZÁVER

V danom príspevku sme sa zamerali na zhodnotenie kvality práce a to pri zmene vstupného tlaku vybraného rozstrekovača Komet. Pre praktické merania bola aplikovaná konzola, ktorá sa navrhla a zostrojila na katedre KSVB. Konzola umožňuje zmenu vstupných parametrov ako tlak, výška a výmena rozstrekovač s komponentmi (regulátor, dýza a deflektor). Výsledky preukazujú, že zmena vstupných podmienok spôsobí zmenu výstupných sledovaných parametrov. Zmena pracovného tlaku preukázala zmenu priemernej závlahovej dávky a zmenu koeficienta rovnomernosti postreku CU. Zaujímavosťou bol stav dosiahnutých výstupných hodnôt rozstrekovača, pretože bol vybavený regulátorom tlaku s nastavením na hodnotu 0,103 MPa.

LITERATÚRA

JOBBÁGY, J., 2012. Závlahová technika a jej vlastnosti. In: *Roľnícke noviny*. č. 45, 07.11. 2012, s. 26, ISSN 0231– 6617.

JOBBÁGY, Ján. 2013. Inovatívne prvky širokozáberových závlah. In *Roľnícke noviny*. ISSN 0231– 6617, 3.7.2013, roč. 84, č. 27, s. 14-15.

JOBBÁGY, Ján - BUBLA, Dalibor - NAGY, Jozef - BARTÍK, Oliver. 2018, Porovnanie kvality práce vybraných pivotových širokozáberových zavlažovačov. In *Kolokvium ku grantovej úlohe č. 1/0826/15*. 1. vyd. 1 CD-ROM (128 s.). ISBN 978-80-228-3128-4. . Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene, 2018, s. 35-42.

JOBBÁGY, Ján - KRIŠTOF, Koloman - BÁREK, Viliam. Meliorácie v poľnohospodárstve : vlastnosti pôdy, odvodňovanie a zavlažovanie. 1. vyd. Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, 2017. 253 s. ISBN 978-80-552-1676-8.

JOBBÁGY, Ján - MICHLIÁN, Norbert - RIGÓ, Ivan. 2018. Mobilná testovacia konzola na rozstrekovače : úžitkový vzor č. 8268: dátum zápisu 19.9.2018. 1. vyd. Banská Bystrica : Úrad priemyselného vlastníctva, 2018. 6 s.

KOREŇ, M., 2014. Geografický informačný systém ArcGIS. II. – prepracované vydanie. In: Technická univerzita vo Zvolene, 2014. ISBN 978-80-228-2702-7.

LÁTEČKA, M. 2000. Rovnomernosť postreku pri závlahe otáčavými postrekovačmi. In: Monografia. Nitra, 2000. 58 s. ISBN 80-7137-678

NELSON 01. [online]. [2019]. [cit. 2019-11-06]. Dostupné z: <http://nelsonirrigation.com/products/family/pressure-regulators>

STN ISO 7749-2. 1999. Poľnohospodárske zavlažovacie zariadenia – Otáčivé postrekovače. 2.časť. rovnomernosť zavlažovania a skúšobná metodika

STN EN ISO 8224-1. 2004. Mobilné zavlažovacie stroje. Časť 1: Prevádzkové charakteristiky. Laboratórne a poľné skúšobné metódy (ISO 8224-1: 2003) (Norma na priame používanie ako STN).

TNV 754307: 1998. Závlahové zariadenie podrobné pre postrek.

ZÁVLAHAS. System Design Criteria. [online]. [2018]. [cit. 19-02-2018]. Dostupné z: <https://a1133-28053771.cluster47.canvas-user-content.com/courses/1133~969635/files/1133~28053771/course%20files/Module%20Files/Pages/1.%20System%20Design%20Criteria?download=1&inline=1>

PodĎakovanie: *Táto publikácia vznikla vďaka podpore v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekt: Udržateľné systémy inteligentného farmárstva zohľadňujúce výzvy budúcnosti SMARTFARM, ITMS 313011W112, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.*

Kontaktná adresa:

prof. Ing. Ján Jobbágy, P.hD. Slovak University of Agriculture in Nitra, Faculty of Engineering, Department of Machines and Production systems, Tr. A. Hlinku 2, Nitra 949 76, Slovak Republic, phone: : + 421 37 641 4796, e-mail: Jan.Jobbagy@uniag.sk



HODNOTENIE MECHANIZOVANÉHO ZBERU HROZNA VO VYBRANOM VINÁRSKOM PODNIKU

EVALUATION OF MECHANICAL GRAPE HARVEST IN THE SELECTED VINERY

Ján JOBBÁGY – Adam SCHMIDT

ABSTRAKT: V predkladanom príspevku sme sa zamerali na hodnotenie nasadenia techniky pre zber hrozna. Hodnotenie kvality mechanizovaného zberu prebiehalo na návesnom zberači hrozna ERO LS – Traction. Vyhodnotenie kvality práce bolo vyjadrené počtom strát spôsobených prepadom bobúľ a ich nezozbieraním. Toto meranie prebiehalo pri plnej prevádzke zberu hrozna v spoločnosti JM Vinárstvo Doľany. Pozorovanými odrodami boli Rulandské modré, Veltlínske zelené, Neronet. Celkové straty sa pohybovali v rozmedzí od 2,4 % do 9,7 % v závislosti od odrody. Straty spôsobené prepadom dosahovali rozpätie od 1,96 % do 2,97 %. Straty spôsobené nezozbieraním sa pohybovali v rozmedzí od 0,47% pri Rulandskom modrom po 6,73% pri odrode Neronet. Celkovo boli straty ovplyvnené nielen návesným kombajnom na zber hrozna, ale aj nevhodným umiestnením strapcov v blízkosti oporného stĺpika a tiež nesprávnym vyvážovaním.

Kľúčové slová: vinohradníctvo, mechanizovaný zber, zberač hrozna, zberové straty

ABSTRACT: In this paper, we focused on evaluating the use of techniques for harvesting of grapes. The evaluation of the quality of mechanized harvesting took place on the ERO LS - Traction trailed grape harvester. Evaluate the quality of work was expressed by the number of losses due to overflow berries and not harvesting. This measurement was carried out in full operation grape harvest in JM Winery Doľany. Observed species varieties are Pinot Noir, Green Veltliner, Neronet. Total losses ranged from 2.4% to 9.7% depending on the variety. Losses due to the slump ranged from 1.96% to 2.97%. Losses due to non-harvesting ranged from 0.47% for Pinot Noir to 6.73% for the Neronet variety. Overall, the losses were affected not only by the trailer for grape harvesting, but also by the inappropriate placement of the bunches near the support column and, also by incorrect mooring.

Key words: viticulture, mechanized harvesting, grape harvester, harvesting losses

ÚVOD

V Slovenskej republike sa podľa registrácie vinohradov vykonanej UKSUP ku dňu 31.7.2012 pestuje vinič na ploche 18 705 ha, pričom sa do tejto výmery zaradili aj neobrábané vinohrady (Šajbidorová, 2012). Z celkovej Európskej výmery vinohradov to predstavuje 0,4% a z celosvetovej je to 0,2 %. Z celosvetovej produkcie hrozna sa približne 80 až 83% ročne spracuje na výrobu vína, 8 až 12% je využitých na konzumáciu a zo zvyšných 5 až 8% je spracovaných na sušené hrozienka (Piszcalka, 2001). Tvar viniča a jeho rast sa odvíja od podmienok, v ktorých pôvodne rástol (lianovitá rastlina). Viničový ker je tvorený zdrevnatenými a nezdrevnatenými časťami. Zdrevnatené časti tvoria podzemné a nadzemné orgány a nezdrevnatené sú tvorené výhonkami, listami, úponkami, súkvetiami, prípadne bobuľami či semenami (Záruba, 2001). Strapec – hrozno je plodom viniča hroznorodého, ktoré sa používa ako základná surovina na výrobu vína a veľkou mierou ovplyvňuje kvalitu vyrobeného vína (Hronský, 2004). Plne mechanizovaný zber je riešený na princípe portálových podvozkov, v konštrukcii ktorých sú uložené pracovné ústrojenstvá na zber, dopravu a nakladanie do zásobníkov alebo vedľa idúcich dopravných prostriedkov. Tieto stroje môžu byť: návesné alebo samohybné. Výhodou samohybných mechanizačných prostriedkov je možnosť využívania podvozkov počas sezóny na nosenie náradia, chemickú ochranu,

príhnojovanie a prerezávanie letorastov. Z hľadiska strojového zberu hrozna viniča sa vo vinohradníctve uplatňujú tri spôsoby pestovania viniča a to: klasický, integrovaný a alternatívny (Jobbágy, Findura, 2013).

Pri mechanizovanom zbere hrozna sú bobule oddeľované pôsobením dynamickej sily, ktorá vznikla pri vibrácii pracovného ústroja. Vibráciou sa prekonáva pútacia sila bobule. Oddelené bobule sú zachytené a premiestnené do zásobníka pomocou dopravníkového pásu (Sochor, 2013).

Problémy s kvalitou obraného produktu spôsobené mechanickým zberom hrozna sú spojené s poškodením bobúľ. To sa prejavuje predovšetkým uvoľnením muštu. Oneskorenie medzi zberom a spracovaním a v niektorých prípadoch aj vplyvom vysokých teplôt umocňuje množstvo takto uvoľneného muštu (Caprara, Pezzi, 2011).

Cieľom príspevku bolo zhodnotiť kvalitu práce pri mechanizovanom zbere hrozna.

1 MATERIÁL A METÓDY

V predkladanom príspevku sme sa rozhodli posúdiť kvalitu práce návesného zberača hrozna a to posúdením strát nepozbieraním alebo popadaním. Merania sa uskutočnili v nami vybranom podniku, JM Vinárstvo, u troch odrôd (Rulandské modré, Veltlínske zelené, Neronet). V Malokarpatskom vinohradníckom regióne pôsobí od roku 1986. Ich vína majú pôvod vo vlastných viniciach, na ktorých prebiehalo meranie strát. Vinohrady sa rozprestierajú na južné svahoch Malých Karpát medzi obcami Doľany a Dolné Orešany na rozlohe cca 120 ha. Prednosť dávajú hlavne výberovým vínam s prívlastkom, terroir, genialoci, daného vinohradníckeho kraja. Zastúpenie vín je približne v rovnakom pomere, bielych k červeným. V oblasti spracovania hrozna využívajú moderné ako aj klasické spôsoby zberu a spracovania hrozna. Moderným spôsobom zberu, ide o plne mechanizovaný zber hrozna zberačom ERO LS-TRACTION. Spoločnosť vyrába biele, červené a ružové tiché vína, hlavne v kategórii suchých vín. Ročná produkcia predstavuje asi 1 milión fliaš.



Obrázok 1 Vinársky podnik, JM Vinárstvo Doľany

V JM Vinárstve sme sledovali tri odrody, z toho dve modré a jednu bielu. Modrými odrodami boli Rulandské modré a Neronet, ktoré sme vybrali na základe ich rozdielnosti. Bielou odrodou bolo Veltlínske zelené.

Rulandské modré. Je vo svete je známa pod rôznymi názvami avšak najčastejšie používaným je Pinot noir. Odroda Rulandské modré patrí medzi špičkové modré muštové odrody čo je dôvodom pre jej veľké rozšírenie. Pôvod odrody je vo Francúzsku, kde sa v oblasti Bourgogne (Burgundsko) preukázateľne pestuje od 4. storočia. Okrem oblasti Burgundska sa vo väčšom rozsahu pestuje vo francúzskej Champagne. Tu sa pestuje na kriedových pôdach regiónu Montagne de Reims a v údolí rieky Marne základnou odrodou na výrobu chýrnych

šampanských vín. Ďalej sa nachádza aj v iných francúzskych oblastiach ako sú oblasti Jura, Alsasko a inde (Pospíšilová, 2005).

Je to odroda vhodná pre vysoké vedenie. Odroda Rulandské modré má vysoké požiadavky na polohu a vyhovuje mu mierne južné svahy. Odrode sa dobre darí na vápenatých, teplých a hlbokých pôdach avšak vynikajúcu kvalitu vín dosahuje aj na suchších, štrkovitých a kamenito – piesočnatých pôdach (Hubáček, Míša, 1996).

Strapec je malý až stredne veľký, cylindrický, zriedkavo s krídelkom. Je hustý i veľmi hustý, nájdu sa však aj sprchavé typy.

Bobuľa dosahuje malú veľkosť, v priemere len 14 mm. Je guľatá, modrá s celoplošným voskovým náletom. Šupka je tenká, dužina tekutá, nesfarbená a miere korenistej chuti. Veľké výkyvy v rodivosti jednotlivých klonov vyplývajú z rôznych cieľov šľachtenia. Rátame s priemernými úrodami hrozna 7 – 12 t.ha⁻¹. Pri veľmi rodivých klonoch sa znižuje kvalita (Pospíšilová, 2005).

JM vinárstvom bola vysadená v rokoch 1997 až 2011 v malokarpatskej vinohradníckej oblasti na rozlohe 3 ha čo predstavuje 13 900 jedincov, to je 4630 jedincami na hektár. Odroda je pestovaná na 80 cm kmienku so sponom 2,40 x 0,90 m. Snahou JM Vinárstva je dosahovať úrodu do 8 t.ha⁻¹, čo predstavuje maximálne 1,7 kg hrozna na jeden ker (JM VINAR, 2014).

Odroda Neronet. Táto odroda bola vyšľachtená Prof. Ing. V. Krausom, CSc. v Lednici krížením. Vyznačuje sa bujným rastom, hustejším olistením, letorasty rastú vzpriamene, a listy sa na jeseň zafarbiajú do tmavočervena. Strapec je stredný, krídlatý a voľný. Bobule sú malé, guľaté, modročervenej farby s tmavočervenou dužinou. Ďalej sa táto odroda vyznačuje pravidelnou a dobrou plodnosťou, so skorým zrením (Kraus a kol., 2004). Je vhodný na stredné i vysoké spôsoby vedenia s rezom na dlhšie ťažne. Pri reze na čapík sa kry dosť zahusťujú. Biologicky znáša zaťaženie 10 -12 plodonosných očiek na m² pôdy, ale pre lepšiu kvalitu vín volíme skôr zaťaženie 8 -10 očkami. Úrody hrozna bývajú pravidelné a dosť vysoké. Pri uvedenom zaťažení je to 8 – 12 t.ha⁻¹. Cukornatosť muštov dosahuje podľa ročníkov 16 -18 kg.hl⁻¹ (Pospíšilová, 2005).

Táto odroda bola JM vinárstvom vysadená v rokoch 1997 až 2011 v malokarpatskej vinohradníckej oblasti na rozlohe 4 ha čo predstavuje 18 500 jedincov, a teda 4 630 jedincov na hektár. Neronet je pestovaný v sponu 2,40 x 0,90 m a výška kmienka dosahuje 80 cm. JM Vinárstvo dosahuje produkciu tejto odrody maximálne 8 t.ha⁻¹ čo je 1,7 kg na jeden ker. Tým dosahuje cukornatosť hrozna/muštu minimálne 21 kg cukru na 100 l muštu, čím je zabezpečený alkohol 12 % z hroznového cukru (JM VINAR, 2014).



Obrázok 2 Skúmané odrody hrozna

Odroda Veltlínske zelené. Pravdepodobne pochádza z Rakúska a jedným z rodičov je Tramín. Odroda sa vyznačuje stredným až bujným rastom, stredne hustým olistením, vrcholky letorastov sú plstnaté (Kraus a kol., 2004).

Strapec je stredne veľký až veľký, v priemere má 150 mm dĺžky. Je hustý s krátkou stopkou. Stopka tvorí najčastejšie dve krídelká. Strapec má cylindricko-kónický tvar.

Bobuľa je stredne veľká, guľatá až guľovitá, a v priemere má 15 mm. Je rovnomerná s vypuklými stranami a zaokrúhleným vrcholom, žltozelená, bodkovaná. Šupka je voskovo oinovatená s priesvitnými škvrnami (Pospíšilová, 2005). Stredne hrubá šupka obaľuje šťavnatú, korenitú dužinu. Zrenie hrozna je neskoré (Kraus a kol., 2004).

Veltlínske zelené, ako sme už povedali, je veľmi úrodná odroda s vysokým koeficientom rodivosti a s veľkými ťažkými strapcami. Úrody hrozna 12 t.ha⁻¹ na strednom a 16 t.ha⁻¹ na vysokom vedení nie sú žiadnou zriedkavosťou. Registrované klony dosahujú úrodnosť v rozpätí 14 – 21 t.ha⁻¹. Kvalita vín však veľmi závisí od cukornatosti muštu, ktorá sa v klimatických priemerných ročníkoch pri týchto úrodách pohybuje okolo 17 kg.ha⁻¹.

JM Vinárstvo vysadilo v Malokarpatskej vinohradníckej oblasti v rokoch 1997 až 2011 16,1 ha tejto odrody, čo predstavuje 74 500 jedincov a teda 4 630 jedincov na hektár. Odroda Veltlínske zelené je pestovaná so sponom 2,40 x 0,90 m a kmienok je vysoký 80 cm. JM Vinárstvo chce dosahovať produkciu maximálne 8 t.ha⁻¹, čo predstavuje približne 1,7 kg na jeden ker a tým dosiahnuť cukornatosť minimálne 20 kg cukru na 100 l muštu. Týmto zabezpečí alkohol vo vínach minimálne 11,5 % z hroznového cukru (JM VINAR, 2014).

Pri nami uskutočnenom pokuse sme postupovali podľa nasledujúcich krokov. Na zbernej parcele, na ktorej bola vysadená požadovaná odroda sme si vybrali tri riadky, na ktorých prebiehal pokus. Pri výbere riadkov sme dbali nato, aby sa nenachádzali na okraji parcely, aby nedošlo k stretu dvoch rôznych odrôd a aby miesto výskumu v rozmedzí 10 m, bolo u prostred riadku. Po výbere sme pristúpili k príprave výskumného miesta. V tomto prípade to znamenalo rozloženie fólie v dĺžke 10 m a šírke 1,20 m z oboch strán príkmenného pásu, ktoré sme spojili. Po prechode návesného zberača hrozna, sme odstránili popadané časti lístia a stopiek a zozbierali a odvážili sme popadané bobuľky. Následne sme na skúmanej časti viniča zozbierali bobuľky, ktoré mechanizovaný zberač nezozbieral.

2 VÝSLEDKY a Diskusia

Nami sledovaný pokus bol uskutočňovaný vo Vinárstve JM Doľany, ktoré využíva zberný kombajn na hrozno ERO LS-Traction. Je to typ návesného kombajnu, ktorý je cenovo prístupný, pričom však predstavuje kvalitatívne plnohodnotnú náhradu samostatného kombajnu ERO. Veľký počet technických inovácií a vylepšení podľa najnovších poznatkov umožňuje použitie stroja v ťažkých podmienkach a pri udržaní vysokej kvality pozberaného materiálu. Stroj sa vyznačuje ľahkou ovládateľnosťou – všetky riadiace a kontrolné, ovládacie prvky sa nachádzajú na riadiacom pulte, z ktorého je možné nastavenie všetkých zberacích parametrov. Pult je umiestnený v blízkosti sedačky vodiča traktoru tak, aby umožňoval veľmi prehľadnú a ľahkú obsluhu stroja. Všetky ovládacie prvky sú umiestnené do jedného multifunkčného ovládača.

Svahová dostupnosť, prevedenie a výkon hydraulického čerpadla, nízke ťažisko stroja a systém prevodov umožňuje kombajnu ERO LS-TRACTION zber na svahu so sklonom až 35 %. Prevod zdvojeným kardanom a spojením s automatickým blokováním pohonu od vývodového hriadeľa umožňuje rovnomerný výkon čerpadla a prenos pohonu na nápravu, týmto je umožnená rovnomerná jazda v riadku, čo je základná podmienka pre kvalitnú činnosť zberového zariadenia kombajnu ERO. Novo vyvinutý automatický regulátor ťažnej sily modelu LS-TRACTION značne uľahčuje obsluhu stroja, pretože nie je nutná žiadna manuálna obsluha alebo nastavenie. Prevod síl na nápravu je konštantný, čo významne prispieva k menšiemu opotrebovaniu. Aby sa pôda pri prejazde stroja nadmerne neutlačovala, je stroj vybavený širokými pneumatikami.



Obrázok 3 Mechanizovaný zber hrozna



Obrázok 4 Striasacie ústrojenstvo a ovládanie z kabíny

Pri zbere hrozna, odroda Rulandské modré sa dosiahla výnosnosť $6,23 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ s celkovými stratami $152,33 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Rulandské modré malo cukrnatosť na úrovni $23,2 \text{ }^{\circ}\text{NM}$. Tieto straty mohli byť ovplyvnené tenkou šupkou, ktorá po mechanickom striasaní bola narušená a došlo k úniku tekutej dužiny. Ďalším negatívnym faktorom je skutočnosť, že pre mechanizovaný zber je najvhodnejší typ vysokého vedenia, zatiaľ čo firma JM Vinárstvo Dolány využíva stredné vedenie.

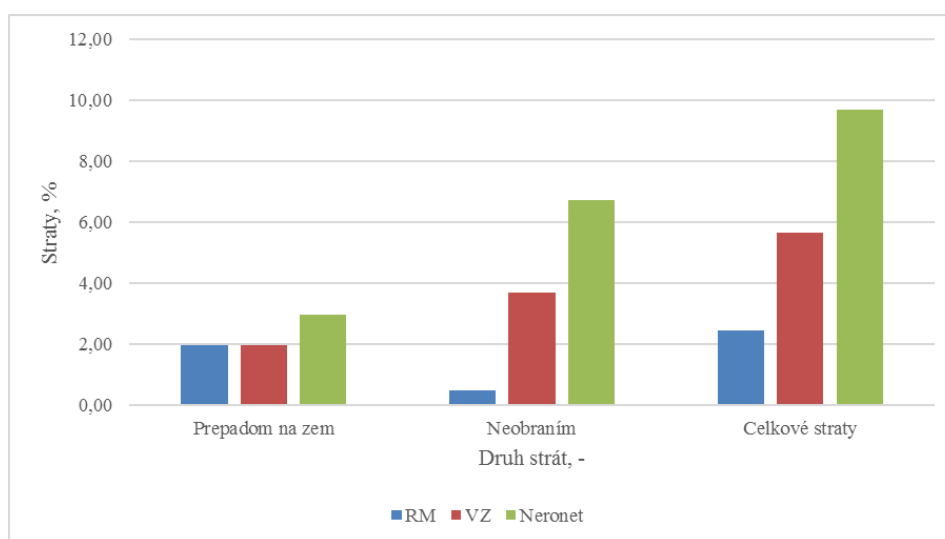
Úroda sa teda nachádzala pod priemerom, ktorú uvádza Pospíšilová (2005).

Druhou sledovanou odrodou bolo Veltlínske zelené, ktorá je vo vinárstve pestovaná na strednom vedení, čo je pre túto odrodu vhodné, menej vhodné je to však pre mechanizovaný zber. Výnosnosť odrody Veltlínske zelené bola vyššia a to až $9,7 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Celkové straty dosiahli $548,19 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Straty nepozberaním dosiahli $357,44 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ čo predstavovalo až 3,68 %. V porovnaní s predchádzajúcou odrodou je strata vyššia cca o 3 %. Vzhľadom na fakt, že zber bol uskutočnený vo vhodnom termíne je strata pomerne vysoká. V tomto prípade je to spôsobené dvomi závažnými faktormi. Prvým negatívnym vplyvom bola blízkosť strapcov k opornému stĺpiku. Nezbieranie týchto strapcov alebo ich časti je zapríčinené tým, že frekvencia v blízkosti stĺpika je nižšia, pričom vychádzame z technickej dokumentácie mechanizačného zberača. Druhým faktorom, ktorý negatívne ovplyvnil zber bolo uvoľnenie vyviazaného ťažňa, čím sa strapce ocitli v nízkej vzdialenosti od povrchu zeme.

Kraus a kol. (2004) uvádzajú, že zrenie tejto odrody je neskoré. Pre odrodu je vhodné tak vysoké ako aj stredné vedenie a vyznačuje sa vysokou rodivosťou, pri vysokom zaťažení však dochádza k znižovaniu cukrnatosti. Na strednom type vedenia býva priemerná úroda hrozna $12 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$.

V prípade odrody Neronet (tretia odroda) dosiahli celkové straty 721,82 kg.ha⁻¹ čo predstavuje 9,70 %.

Kraus a kol. (2004) uvádza, že táto odroda sa vyznačuje hustejším olistením a dobrou plodnosťou so skorým zrením. Je vhodná tak ako na stredné, tak aj na vysoké spôsoby vedenia. Pospíšilová (2005) uvádza, že pri prezretí bobule opadávajú. Táto odroda vykazovala najväčšie percento strát celkovo až 9,7 %, pričom najviac týchto strát bolo uskutočnených nezozbieraním. Pri tejto odrode sa prejavili tri negatívne faktory, kde prvým bol neskorý termín zberu až v polovici októbra. Druhým vplyvom bolo zlé rozloženie strapcov hrozna v blízkosti oporného stĺpika. Tretím negatívom bolo slabé pripevnenie ťažňa alebo slabý vyvážovací materiál. Grafické zobrazenie výsledkov je uvedené na obr. 5.



Obrázok 5 Straty pri zbere hrozna návesným kombajnom, RM – Rulandské modré, VZ – Veltlínske zelené

Dôležitým opatrením, na ktoré je potrebné myslieť je druhová rovnosť, teda rovnaká odroda v celom rade, aby sa zber hrozna mohol uskutočniť jedným prejazdom zberača (Walz, 2007; Jobbágy, Findura, 2013).

Mechanizovaný zber hrozna je vo svete stále veľmi nízky. Ručný zber predstavuje 30 až 50 %-ný podiel z celkového objemu prác v procese pestovania viniča hroznorodého, z tohto dôvodu sa dostáva do popredia mechanizácia vo vinohradníctve. Potreba ľudskej práce je 200 až 400 hodín na hektár a však po zavedení mechanizovaného zberu hrozna sa tá spotreba ľudskej práce zníži na 8 až 15 hodín na hektár (Piszczalka, 2001; Jobbágy, Findura, 2013).

Pri dvojbodovom systéme uchytenia je takmer úplné odstránenie rezať listov a bolo znížené poškodenie púčikov na letorastoch. Konštrukčné riešenie striasania zahŕňa aj spôsob zachytávania strasených bobúľ, ktoré je najčastejšie riešené ako pohyblivé dno z plastových tanierov usporiadaných šupinovým spôsobom. Pohyb plastových tanierov súčasne zabezpečuje odkladanie strasených hrozieň na dopravné pásy. Tieto dopravné pásy sú umiestnené po stranách pohyblivého dna. Z postranných dopravníkov je hrozno vynášané kapsovým dopravníkom. Kapsy dopravníkov sú zhotovené z polyuretánu, čo umožňuje dobré priľnutie ku kmienku i zamedzeniu strát a súčasne vynáša pozberané bobule/hrozno do zásobníka. Nevýhodou kapsových dopravníkov je ich finančná náročnosť, čo sa týka údržby, čistenia a opravy. Rýchlosť dopravníkov je vždy rovnaká ako pracovná rýchlosť kombajnu, a však v opačnom smer, to umožňuje pritlačenie dopravníkov k bočnej strane ku kmienku bez pozdĺžneho posunu alebo bez poškodenia kmienka (Jobbágy, Findura, 2013).

Nevhodné kultivary na mechanizovaný zber hrozna sú odrody s tenkou šupkou, veľmi šťavnatou dužinou, silne hnijúce odrody a intenzívne dozrievajúce ako sú napríklad Dievčie hrozno, Ezerjó, Malingre. Takmer všetky odrody viniča hroznorodého, ktoré sa u nás pestujú majú aspoň stredne hrubú šupku, menej šťavnatú dužinu a sú vhodné na mechanizovaný zber (Záruba, 2001).

3 ZÁVER

V danom príspevku sme sa zamerali na zhodnotenie mechanizovaného zberu hrozna v podniku JM Vinárstvo Doľany a to pri troch rôznych odrodách - Rulandské modré, Veltlínske zelené a Neronet. Z výsledkov vyplýva, že celkové straty na sa pohybovali v rozmedzí od 2,4 % do 9,7 % v závislosti od odrody. Straty boli ovplyvnené nielen mechanizovaným zberačom, ale aj fyziologickými vlastnosťami strapcov, ktoré mali najväčší vplyv na straty spôsobené prepadom, ktoré sa pohybovali v rozmedzí od 1,96 % do 2,97 %. Straty spôsobené nezozbieraním sa pohybovali v rozmedzí od 0,47 % pri Rulandskom modrom po 6,73 % pri odrode Neronet. V tomto prípade boli ovplyvnené nevhodným umiestnením strapcov v blízkosti oporného stĺpika a tiež nesprávnym vyvážovaním, ktoré mohlo byť zapríčinené aj zlou kvalitou vyvážovacieho materiálu. To spôsobilo, že pod váhou strapcov sa vyvážovací materiál uvoľnil a strapce viseli pod úrovňou oporného drôtu.

Odporúčania pre mechanizovaný zber, ktoré zahŕňajú typ vedenia stredný a vysoký, využívanie pozinkovaných oporných stĺpikov a stanovenie vhodného termínu zberu hrozna, firma JM Vinárstvo zachovala vo všetkých prípadoch.

LITERATÚRA

CAPRARA, C, PEZZI, F. 2011. *Measuring the stresses transmitted during mechanical grape Harvesting*. In Biosystems Engineering, vol. 110, no. 2, 97-105 s. ISSN: 1537-5110.

HRONSKÝ, Štefan a kol. 2004. Vinárstvo. 1. vyd. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, 2004. 104 s. ISBN 80-8069-354-4

HUBÁČEK, Vítěslav, MÍŠA, Drahomír. 1996. Vinařůvrok. 1, vyd. Praha: Květ, Praha, 1996. 55 s. ISBN 80-85362-22-8.

JM VINÁR.[online] [cit.05.05.2014] Dostupné na internete: www.jmvinar.sk

JOBBÁGY, Ján, FINDURA, Pavol. 2013. Mechanizácia vinárstva. 1. vyd. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita, 2013. 165 s. ISBN 978-80-552-0996-8.

KRAUS, V., HUBÁČEK, V., ACKERMANN, P., Rukovět'vinaře. 1. vyd. Praha: Brázda, 2004. 280 s. ISBN 80-209-0327-5

PISZCZALKA, Ján. 2001. Mechanizácia výroby vína. 1. vyd. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, 2001. 92 s. ISBN 80-7137-881-X.

POSPÍŠILOVÁ, Dorota, Daniel SEKERA, Tibor RUMAN. *Ampelografia Slovenska*. Modra: Výskumná a šľachtiteľská stanica vinárska a vinohradnícka, 2005. ISBN 80-969350-9-7.

ŠAJBIDOROVÁ, Viera. 2012. Vinič hroznorodý, hroznové víno: Situačná a výhľadová správa. In *Výskumný ústav ekonomiky poľnohospodárstva a potravinárstva*, vol. 15, no. 1, s. 5-33. ISSN 1339-0937

WALG, Osvald. 2007. Taschenbuch der Weinbautechnik. 2. vyd. Mainz: Fachverlag Dr. Fraund, 2007. ISBN 978-3-921156-78-0.

ZÁRUBA, František. 2001. Vinohradníctvo. 3 upr. vyd. Bratislava: Príroda, 2001. 371 s. ISBN 80-07-00686-9.

PodĎakovanie: *Táto publikácia vznikla v rámci prípravy a riešenia projektu KEGA č. 012SPU-4/2020 „Inovácia vzdelávacieho procesu a implementácia poznatkov z praxe so zameraním na vinárstvo a vinohradníctvo“ riešeného na Katedre strojov a výrobných biosystémov SPU v Nitre v r. 2020-2022.*

Kontaktná adresa:

prof. Ing. Ján Jobbágy, P.hD. Slovak University of Agriculture in Nitra, Faculty of Engineering, Department of Machines and Production systems, Tr. A. Hlinku 2, Nitra 949 76, Slovak Republic, phone: : + 421 37 641 4796, e-mail: Jan.Jobbagy@uniag.sk



MERANIE ROZMEROV OBJEKTOV V OBRAZE POMOCOU PROGRAMU MATLAB

DIMENSIONS MEASURING OF OBJECTS IN AN IMAGE USING MATLAB PROGRAM

Pavol KOLEDA

ABSTRAKT: Článok pojednáva o možnostiach zisťovania rozmerových vlastností objektov v digitálnom obraze s použitím programu Matlab. Oproti klasickej sitovej analýze poskytujú optické metódy možnosť získania väčšieho množstva informácií o meranej vzorke, ako napríklad obvod, obsah, najväčší a najmenší rozmer, kruhovitosť, poloha ťažiska a iné. Takto získané údaje je možné okamžite vyhodnotiť priamo v programe Matlab, alebo ich uložiť do excelovského súboru pre ďalšie spracovanie.

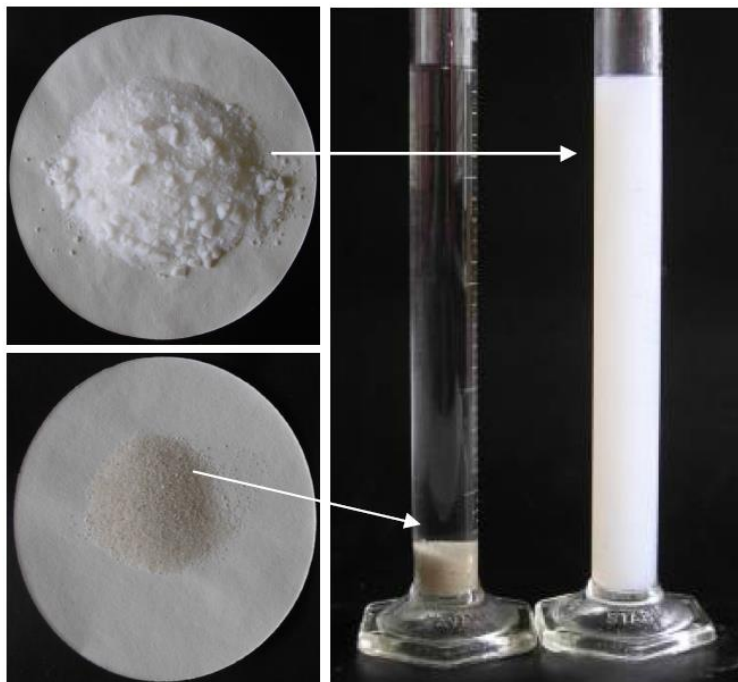
Kľúčové slová: optická analýza, prahovanie, rozmery, piliny, častice, Matlab.

ABSTRACT: The paper deals with the possibilities of determining the dimensional properties of objects in a digital image using the Matlab program. In contrast to classical sieve analysis, optical methods provide the possibility of obtaining a larger amount of information about the measured sample, such as perimeter, area, largest and smallest dimension, circularity, position of centroid point and others. The data obtained in this way can be immediately evaluated directly in the Matlab program, or saved in an Excel file for further processing.

Key words: optical analysis, thresholding, dimensions, sawdust, particles, Matlab.

ÚVOD

Zisťovanie veľkosti častíc v látkach patrí v mnohých oblastiach k základným charakteristikám daných látok. Veľkosť častíc má veľký význam aj pre kvalitatívne vlastnosti danej látky (obrázok 1).



Obrázok 1 Vplyv veľkosti častice na vlastnosti látky (Jesenák 2008)

Na obrázku 1 sú vľavo obrázky ukazujú rovnaké množstvá tej istej látky – oxidu kremičitého (2 gramy). Na spodnom obrázku je vo forme kremenného piesku s veľkosťou zŕn 1 mm, na hornom obrázku vo forme prášku s veľkosťou častíc 300 nm. Po dispergácii týchto látok v destilovanej vode s rovnakým vzájomným objemovým pomer oboch látok (1:20) je piesok sedimentovaný na dne, z prášku je vytvorený hustý, nesedimentujúci gél (Jesenák 2008). Moderná analýza objektov v obraze sa zakladá na počítačovej analýze obrazov v elektronickej forme, čo umožňuje pomerne rýchlo charakterizovať obrovské súbory častíc (Očkajová, 2019). Okrem snímacieho systému, obvykle založenom na zaznamenaní obrazu CCD kamerami, je základnou podmienkou pre takúto analýzu aj počítačový softvér, ktorý môže byť určený buď pre široké a nešpecifikované použitie, alebo pre riešenie obmedzeného okruhu veľmi špecifických úloh. Ako príklad pre druhý spôsob využitia možno uviesť rozpoznávanie rôznych typov buniek na základe veľkosti a tvaru, ktoré sa často využíva v medicíne a biológii.

1 MATERIÁL A METÓDY

Pre experimentálne zisťovanie rozmerov častíc v digitálnom obraze bola vytvorená snímka s pilinami zo smreka obyčajného (obrázok 2). Táto vzorka bola získaná počas frézovania čelnou frézou. Pri experimente boli všetky rozmery merané v obrazových bodoch – pixeloch. Pre prepočet do metrickej sústavy stačí urobiť jednu snímku objektu so známou dĺžkou a z nej určiť prevodový pomer pre prevod pixelov na milimetre.



Obrázok 2 Digitálny obraz s drevnými pilinami

Po načítaní snímky do programu Matlab je táto prevedená do binárnej podoby pomocou globálneho prahovania metódou Otsu. Táto metóda je založená na princípe dosiahnutia optimálneho prahu tým, že hľadá najmenší spoločný rozptyl skupín bodov pozadia a bodov objektov pri danom prahu pomocou vzťahu (Xu 2011, Otsu 1979):

$$\sigma_w^2(T) = p_1(T)\sigma_1^2(T) + p_2(T)\sigma_2^2(T) \quad (1)$$

kde: T – aktuálne zvolená hodnota prahu,
 σ_w^2 – vzájomný rozptyl bodov pozadia a objektov,
 p_1 – počet bodov pozadia,
 p_2 – počet bodov objektov,
 σ_1^2 – rozptyl bodov pozadia,
 σ_2^2 – rozptyl bodov objektov.

Výslednom tohto prahovania je binárny obraz s nájdenými objektami, v tomto prípade s hľadanými pilinami (obrázok 3).



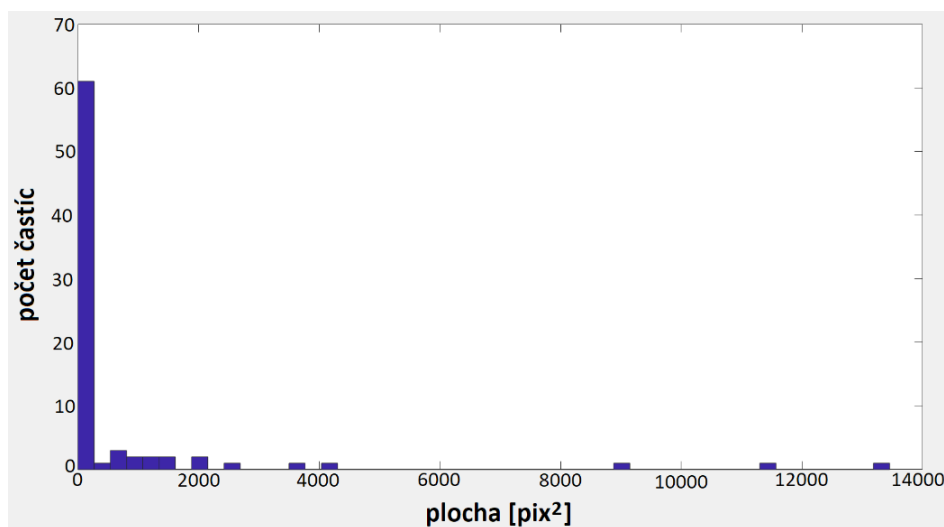
Obrázok 3 Binárny obraz analyzovaných pilín

V takto usporiadanom obraze, kde čierne body predstavujú analyzované objekty a biele body predstavujú pozadie objektov, je možné pre každý nájdený objekt zistiť: plochu (počet pixelov patriacich objektu), obvod, minimálny štvorholník ohraničujúci daný objekt, polohu ťažiska, kruhovitosť, najmenšiu konvexnú oblasť obalenia objektu, excentricita opísanej elipsy, priemer kruhu s rovnakou plochou, pomer plochy objektov k celkovej ploche obrazu, body ohraničujúce objekty, maximálny a minimálny rozmer objektu, uhol natočenia objektu vzhľadom k vodorovnej osi a iné.

2 VÝSLEDKY

Pre analýzu rozmerov skúmanej vzorky pilín sme zvolili zisťovanie plochy, obvodu, maximálneho a minimálneho rozmeru, polohy ťažiska a kruhovitosti.

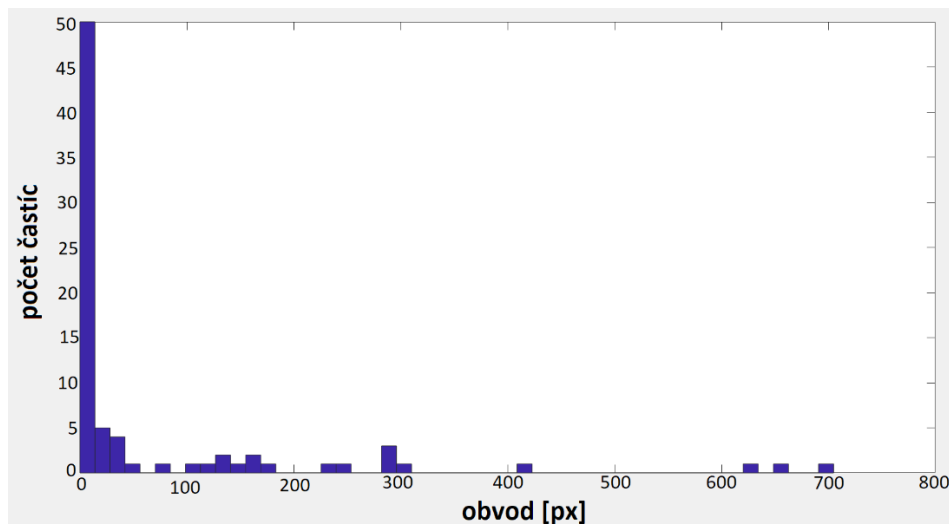
Pre zisťovanie plochy jednotlivých častíc je použitá metóda *regionprops Area*. Táto zistí celkový počet pixelov jednotlivým zisteným objektom v obraze. Histogram nameraných plôch pilín v analyzovanom obraze je zobrazený na obrázku 4.



Obrázok 4 Histogram plôch analyzovaných pilín

Ako je vidno na obrázku 4, najväčšie zastúpenie mali malé piliny s celkovou plochou do 300 pix².

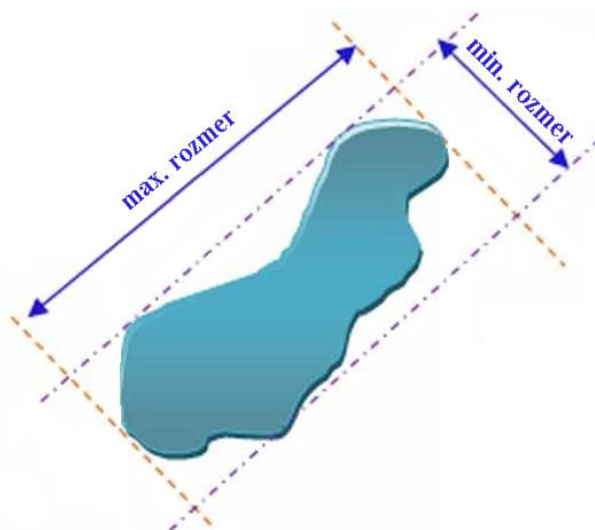
Pre zisťovanie obvodu častíc je použitá metóda *regionprops Perimeter*. Táto zistí celkový počet pixelov ležiacich na obvode každej zistenej častice. Histogram nameraných plôch pilín v analyzovanom obraze je zobrazený na obrázku 5.



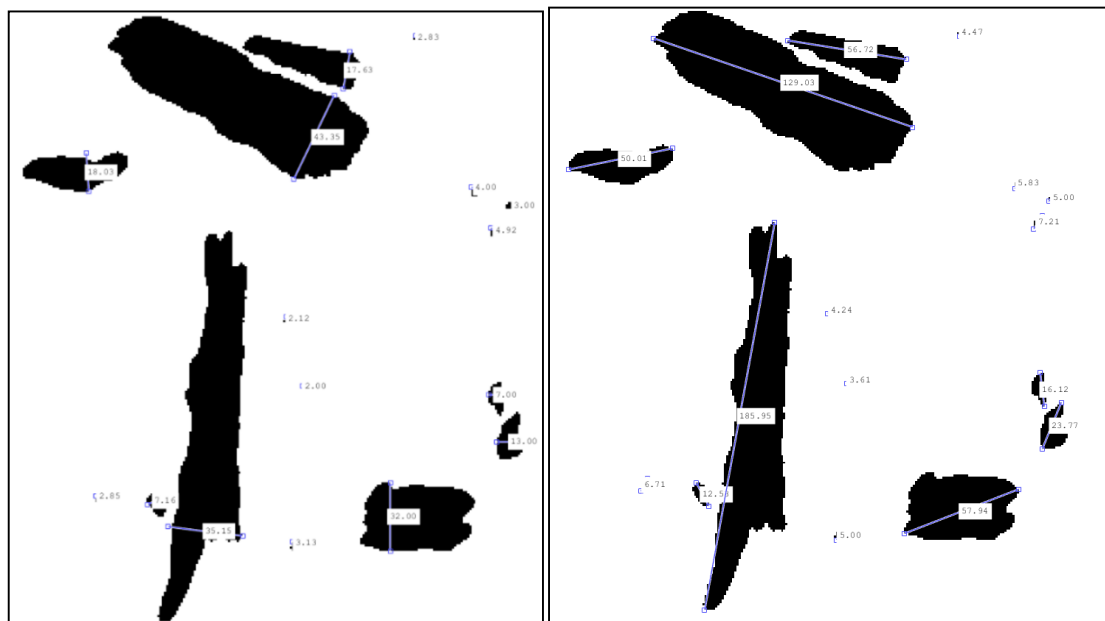
Obrázok 5 Histogram obvodov analyzovaných pilín

Podobne, ako pri ploche, aj pri meraní obvodu analyzovaných častíc, najväčšie zastúpenie v obraze mali malé častice s obvodom do 20 px.

Maximálny a minimálny rozmer častíc sa zisťuje pomocou najvzdialenejších, resp. najbližších hraničných bodov konvexného ohraničenia častice (obrázok 6).



Obrázok 6 Výpočet maximálnej a minimálnej lineárnej vzdialenosti (El-Sherbiny 2010)



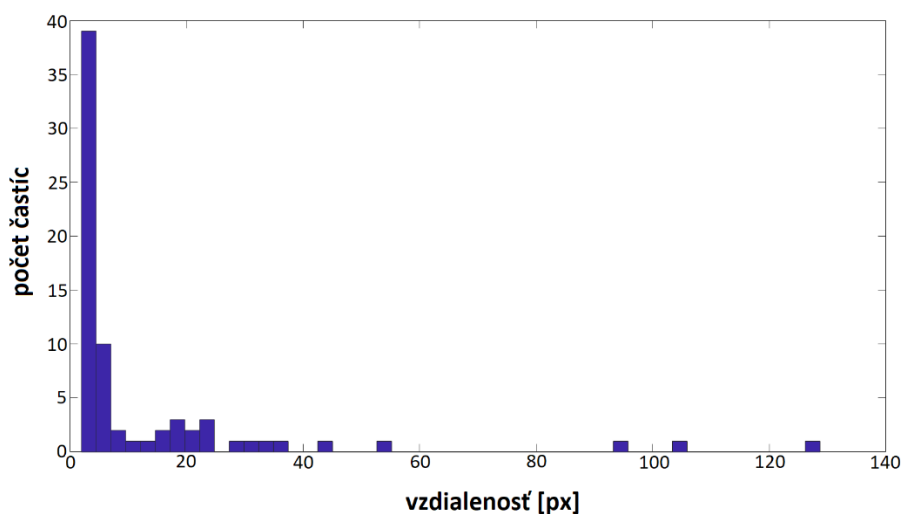
a)

b)

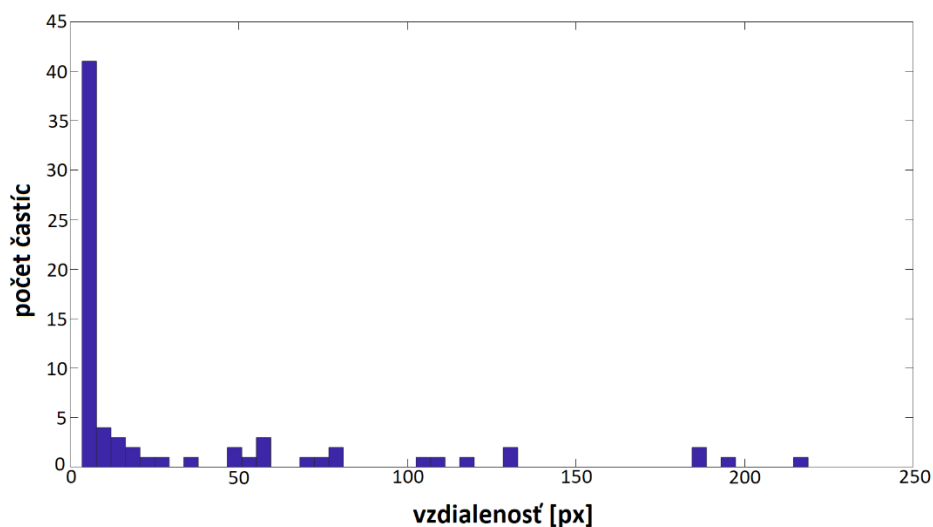
Obrázok 7 Zistený najmenší a najväčší rozmer vo výreze analyzovaného obrazu:

a) najmenší rozmer častice, b) najväčší rozmer častice

Zistené maximálne a minimálne rozmery v analyzovanom obraze sú zobrazené na obrázku 8 a 9.



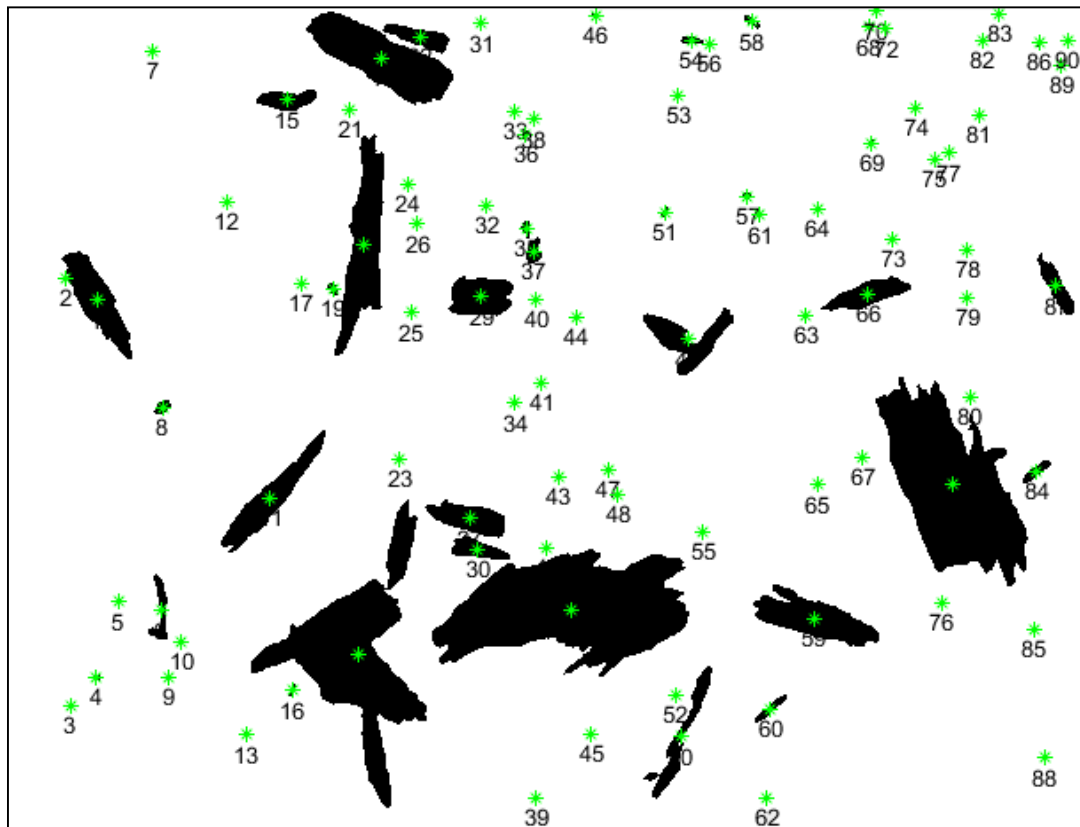
Obrázok 8 Histogram najmenších rozmerov analyzovaných pilín



Obrázok 9 Histogram najväčších rozmerov analyzovaných pilín

Ako je vidno na obrázkoch 8 a 9, pomocou navrhnutej aplikácie je možné každej častici v obraze zistiť jej najmenší a najväčší rozmer. V analyzovanej vzorke je vidno, že sa tu nachádzajú hlavne malé častice.

Zisťovanie ťažísk nájdených objektov umožňuje každému objektu nájsť súradnice jeho ťažiska v karteziánskych súradniciach. Nájdené súradnice v analyzovanom obraze s pilinami sú znázornené na obrázku 10.



Obrázok 10 Nájdené ťažiská analyzovaných pilín

Na predchádzajúcom obrázku sú nájdené ťažiská analyzovaných pilín. Sú znázornené zelenou hviezdíčkou. Aj na tomto obrázku je vidno, že prevládajú piliny s malými rozmermi. Čísla pri ťažiskách určujú poradové číslo každej nájdennej piliny.

Kruhovitosť je možné zistiť z analýzy plochy a obvodu jednotlivých pilín. Vypočíta sa podľa vzťahu (Kučerka 2014):

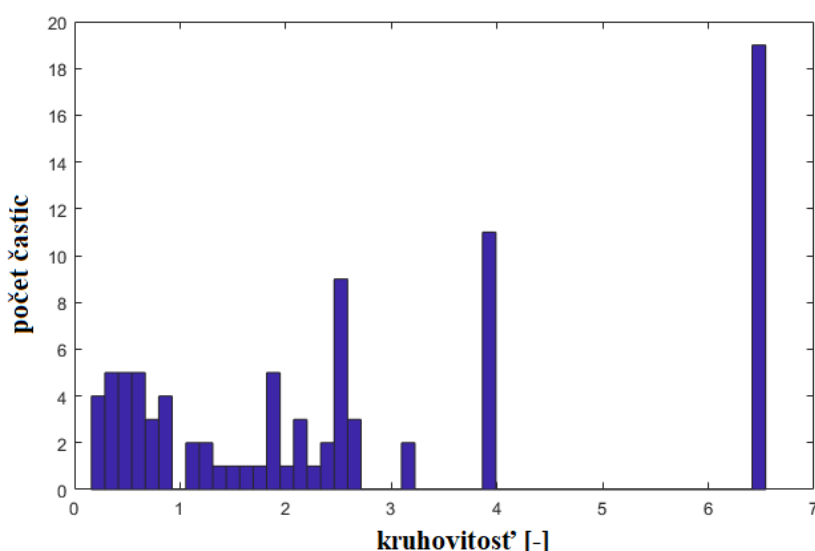
$$\psi = \frac{4 \cdot \pi \cdot S}{o^2} \quad (2)$$

Kde: ψ – kruhovitosť,

S – plocha častice,

o – obvod častice.

Histogram nameraných hodnôt kruhovitostí pilín je zobrazený na obrázku 11.



Obrázok 11 Histogram kruhovitostí analyzovaných pilín

Kruhovitosť rovná jednej znamená, že častica má tvar presného kruhu. Pri menších hodnotách sa tvar viac podobá na štvoruholník alebo trojuholník, pri väčších hodnotách je tvar častice zložitejší. Ako vidno na obrázku 11, analyzované piliny vôbec nemajú kruhový tvar. Väčšina pilín má zložitejší tvar.

3 DISKUSIA

Ako píše Jesenák (2008), optické metódy predstavujú v súčasnosti najčastejšie využívanú skupinu metód analýzy veľkosti častíc. Aj napriek širokému využitiu a možnostiam tejto metódy, má táto mnohé nevýhody. Medzi najväčšie patrí pomerne náročná príprava vzorky. Pre presnú analýzu je potrebné vo vzorke oddeliť jednotlivé častice, čo nie je vždy možné a môžu sa vo vzorke nachádzať prekrývajúce sa častice. moderné analytické nástroje však umožňujú túto chybu odstrániť.

4 ZÁVER

Ako je vidno z obrazovej analýzy v programe Matlab, je možné touto metódou získať veľa informácií o časticiach v digitálnom obraze. Na rozdiel o iných metód, ako sú sedimentačné a sitovacie metódy, pri ktorých sa získava len informácia o hmotnostnom podiele

určitej frakcii vzhľadom k celej vzorke, pri optickej analýze je možné zistiť omnoho viac informácií o každej identifikovanej častici vo vzorke. Pomocou zistenia najväčšieho a najmenšieho rozmeru každej častice je možné určiť zrnitosť (granulometrické zloženie) analyzovanej vzorky a určiť kvantitatívne zastúpenie jednotlivých častíc určitej veľkosti v celom súbore danej vzorky (Kučerka 2008). Získané údaje pomocou tejto metódy je možné ukladať do samostatného excelovského súboru. Tieto údaje je možné využiť pri ďalšom spracovaní nameraných údajov, napríklad pomocou programu Statistica.

Popísanú optickú metódu je možné použiť aj ako doplnkové meranie k sitovej analýze, ak je napríklad potrebná rozsiahlejšia analýza určitej frakcie, napríklad analýza drobných častíc.

LITERATÚRA

EL-SHERBINY, I. M., MCGILL, S., SMYTH, D. C. 2010. Swellable microparticles as carriers for sustained pulmonary drug delivery. In: *Journal of Pharmaceutical Sciences*. 2010. vol. 99, issue 5. p. 2343-2356. DOI: doi.org/10.1002/jps.22003.

DZURENDA, L. 2007. *Sypká drevná hmota, vzduchotechnická doprava a odlučovanie*. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2007. ISBN 978-80-228-1765-3.

JESENÁK, K. 2008. *Analýza veľkosti častíc*. Univerzita Komenského v Bratislave. 2008. ISBN 978-80-223-2464-9.

KUČERKA, M. 2008. Metodina pre sitovú analýzu piliny z procesov pílenia dreva. In: *Trieskové a beztrieskové obrábanie dreva*. Zvolen, 2008. p. 155-159. ISSN 1339-8350.

KUČERKA, M., OČKAJOVÁ, A. 2014. Analýza zrnitosti piliny z procesov pílenia suchého smrekového a dubového dreva. In: *Trieskové a beztrieskové obrábanie dreva, IX medzinárodná vedecká konferencia*. Zvolen, 2014. p. 105-110. ISSN 1339-8350.

OČKAJOVÁ, A. et al. 2019. Wood dust granular analysis in the sanding process of thermally modified wood versus its density. In *BioResources*. 2019. no. 4, p. 8559-8572. ISSN 1930-2126.

OTSU, N. 1979. A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms. In: *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*. Vol. 9, No. 1, 1979, pp. 62-66.

XU, X., XU, S., JIN, L., SONG, E., 2011. Characteristic Analysis of Otsu Threshold and its Applications. *Pattern Recognition Letters*, Vol. 32, 2011, pp. 956-961.

PodĎakovanie: Tento príspevok bol vypracovaný v rámci riešenia projektu VEGA 1/0791/21: „Výskum bezkontaktnéj metódy analýzy drobných a prachových častíc vznikajúcich vo výrobnom procese s predikciou negatívnych vplyvov prachových častíc“ a projektu APVV-20-0403 „FMA analýza potenciálnych signálov vhodných pre adaptívne riadenie nestingových stratégií frézovania aglomerátov na báze dreva“.

Kontaktné informácie: Ing. Pavol Koleda, PhD., Katedra výrobnej a automatizačnej techniky, Fakulta techniky, Technická univerzita vo Zvolene, T. G. Masaryka 24, 960 01 Zvolen.
e-mail: pavol.koleda@tuzvo.sk, tel.: 045 520 6570.



TAKTILNÉ SNÍMAČE V OBLASTI VÝSKUMU KONTAKTNÝCH ÚLOH PNEUMATIKOVÝCH KOLIES S PEVNOU PODLOŽKOU

TACTILE SENSORS IN RESEARCHING TYRE CONTACT WITH A SOLID BASE

Ján KOVÁČ – Milan HELEXA

ABSTRAKT: Článok sa zaoberá problematikou aplikácie taktilných snímačov v oblasti monitorovania kontaktných tlakov pneumatikových kolies mobilných pracovných strojov a vozidiel na pevných podkladoch. V úvode sa článok venuje zdôvodneniu potreby merania kontaktných tlakov pneumatikových kolies na pevných povrchoch pre potreby výskumu a určovania hospodárnosti prevádzky plášťov pneumatikových kolies, ako aj pre potreby stanovenia ich optimálnej prevádzkovej životnosti. Popisuje základné fyzikálne princípy práce taktilných snímačov s uvedením ich výhod a nedostatkov. Na základe tejto analýzy predikuje možnosť ich využitia v konštrukcii snímača rozloženia kontaktného tlaku pneumatikového kola na pevnej podložke. Záver článku sa venuje metódam kalibrácie taktilných snímačov a jej úskaliam, ako aj perspektíve ďalšieho rozvoja taktilných snímačov v predmetnej problematike.

Kľúčové slová: pneumatika, kontaktný tlak, taktilný snímač, vozovka

ABSTRACT: This paper discusses the application of tactile sensors in monitoring mobile industrial machine and vehicle tyre contact pressure on solid bases. The introduction to the article focuses on the need to measure tyre wheel contact pressures on solid surfaces in order to research and determine the operational efficiency of outer pneumatic tyres, as well as in order to establish their optimum operating lives. It describes the basic physical principles of how tactile sensors work, indicating both their advantages and drawbacks. Based on this analysis, it predicts the potential of utilising them in the construction of a sensor for distributing a tyre's contact pressure on a solid base. The paper concludes with a discussion of tactile sensor calibration methods and pitfalls, and prospects for further development of tactile sensors to tackle the issue.

Key words: tyre, contact pressure, tactile sensor, roadway

ÚVOD

Kontaktný tlak v mieste dotyku pneumatiky s podložkou zohráva dôležitú úlohu z hľadiska schopnosti pneumatiky prenášať hnacie a brzdné sily. Vo výpočtoch najčastejšie pracujeme s jeho strednou hodnotou, ktorá však nič nehovorí o jeho presnejšom rozložení v ploche kontaktu. Na základe analýzy rozloženia kontaktného tlaku v ploche styku pneumatiky s podložkou môžeme určiť viacero prevádzkových a úžitkových veličín plášťa pneumatiky. Rovnomernosť jeho rozdelenia nám môže napovedať niečo o veľkosti valivého odporu pneumatiky, či je pneumatika prehustená alebo naopak podhustená pri danom zaťažení. Rozloženie tlaku v kontaktnej ploche môžeme využiť aj pri hodnotení zaťaženia povrchu terénu po ktorom sa vozidlo so sledovanými pneumatikami bude pohybovať. Z rozloženia tlaku môžeme ďalej vyvodzovať závery týkajúce sa možného opotrebovania, hospodárnosti a adhézie pneumatiky, ako aj schopnosti spomínané už vyššie, týkajúce sa prenosu hnacích a brzdných síl. Uvedené poznatky o rozložení normálového kontaktného tlaku pneumatík sa dajú využiť aj v samotnom procese vývoja plášťa, kde na ich základe môžeme vyvodzovať

určité závery o vhodnosti zvolenej konštrukcie alebo technologického postupu výroby pneumatiky (Hurta, 2004).

V predkladanom článku sme sa zamerali predovšetkým na možnosť sledovania rozloženia kontaktného tlaku pneumatík na pevných povrchoch. Aj v prípade mobilných pracovných strojov sa ich značná časť pohybuje po verejných komunikáciách alebo terénoch, ktoré môžeme najmä v presušenom stave považovať za pevné a málo poddajné. V posledných rokoch, najmä v dôsledku prudkého rozvoja mikroelektroniky a nanotechnológií došlo k značnému rozvoju a zlepšeniu úžitkových vlastností tzv. taktilných snímačov, ktoré dokážu mapovať rozloženie kontaktných tlakov vyvolaných vonkajšími silovými účinkami v mieste exponovaných stykov mechanických telies. Tieto snímače sú prioritne využívané predovšetkým v robotike, ale ukazujú sa tu určité možnosti ich aplikácie aj v iných odvetviach priemyslu, najmä v konštrukcii snímačov síl, tlaku a pod. Zaujímavou oblasťou ich aplikácie je tiež oblasť výskumu pneumatík, predovšetkým oblasť sledovania ich kontaktných vlastností, či už v stave statickom alebo dynamickom (v priebehu jazdy – valenia sa).

ČO JE TO TAKTILNÝ SNÍMAČ

Taktilné snímače umožňujú získavať špecifickú informáciu, ktorú nie je možné získať iným spôsobom, a ktorej znalosť je nutná pri interakcii medzi rôznymi predmetmi. Do tejto kategórie snímačov patrí veľké množstvo snímačov od mikropsínačov indukujúcich dotyk, cez senzory merajúce úchopovú silu či preklz uchopeného predmetu až po zložité snímače nahrádzajúce ľudský hmat. Taktilný senzor je prvok schopný snímať informáciu o dotyku s prvkom vonkajšieho prostredia a prevádzať ju na elektrický signál. Pod pojmom taktilný snímač sa obvykle rozumie maticové alebo iné usporiadanie taktilných senzorov (aktívnych prvkov). Z uvedeného je zrejmé, že ich primárne využitie je v súčasnosti najmä v oblasti robotickej techniky. Taktilné snímače sa podľa fyzikálneho princípu delia na zariadenia (Volf, 2008):

1. S vodivými elastomérmi,
2. S tenzometrami,
3. Kapacitné,
4. S piezoelektrickými materiálmi,
5. S optickými vláknami,
6. Tlakocitlivé detekčné fólie.

Okrem vyššie uvedených technických princípov existujú aj iné fyzikálne princípy taktilných snímačov, ale uvedené patria medzi najviac aplikované a z nášho pohľadu najviac zaujímavé.

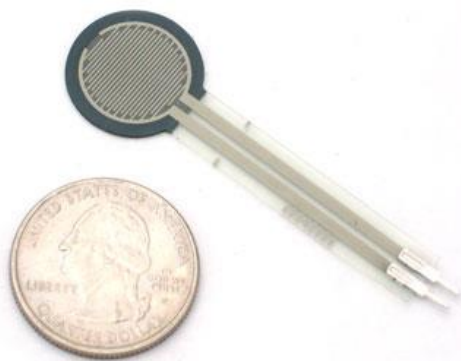
TAKTILNÉ SNÍMAČE S VODIVÝMI ELASTOMÉRMÍ

Ako prevodník sily na elektrický signál je tu použitý vodivý elastomér meniaci svoj elektrický odpor v závislosti na pôsobiacej sile. V princípe ide o silikónovú gumu nasýtenú grafitom alebo železitým prachom. Stláčaním a relaxáciou tohto poddajného materiálu sa mení výsledný odpor snímača. Snímač s vodivým elastomérom informuje nielen o prostom kontakte, ale môže poskytnúť aj kvantitatívne a kvalitatívne informácie o predmete z ktorého povrchom prichádzajú senzory snímača do kontaktu.

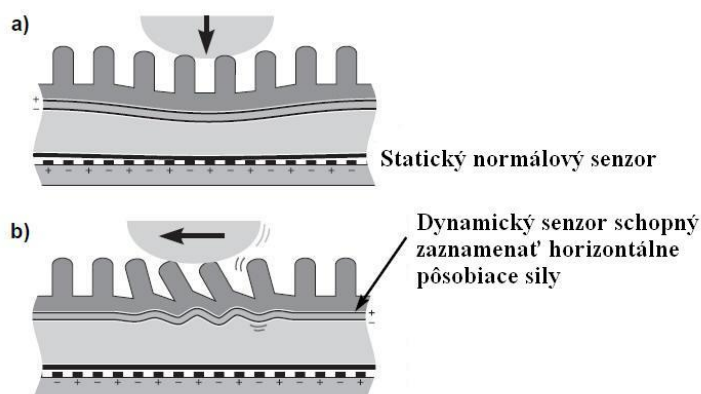
Jednotlivé konštrukcie snímačov sa líšia umiestnením elektród a elastického materiálu, ktorý leží medzi snímacími elektródami alebo je umiestnený na dvojici špeciálne tvarovaných elektród. Snímač môže obsahovať rôzne vrstvy, ktoré nastavujú merací rozsah a poprípadne chránia vodivý elastomér pred poškodením pri veľkom rázovom zaťažení.

Ďalšiu kategóriu taktilných snímačov s vodivými elastomérmi tvoria senzory typu FSR (Force Sensitive Resistor), obr.1. Ide o odporové senzory využívajúce závislosť elektrického odporu elastomérovej vrstvy na pôsobiacej sile. Táto závislosť je vo všeobecnosti nelineárna, ale dá sa v určitom intervale linearizovať. Základom senzora je odporová vrstva vyrobená technológiou hrubých vodivých elastomérnych vrstiev a tvorená elektricky vodivými a nevodivými časticami s veľmi malými rozmermi. Pri pôsobení sily na túto vrstvu sa častice vzájomne dotýkajú a vytvárajú tak vodivé dráhy, čím sa odpor vrstvy znižuje. Maximálny tlak pri ktorom ešte snímač pracuje sa pohybuje v rozmedzí 100 Pa až 200 Pa. Presnosť týchto snímačov je však doposiaľ veľmi nízka, čomu bráni tolerancia prevodnej charakteristiky medzi jednotlivými senzormi, ktorá sa pohybuje v intervale 15 % až 25 %.

Zaujímavú skupinu taktilných snímačov s vodivými elastomérmi predstavujú snímače s odporovou vrstvou (obr.2). Tieto snímače sú schopné reagovať nielen na vertikálnu ale aj na horizontálnu zložku sily. V podstate ide o dva spojené snímače. Prvý je tvorený výstupkami na odporovej vrstve a vytvára tzv. dynamický snímač, citlivý na dynamickú zmenu polohy výstupku pôsobením horizontálnej sily, na ktorú spodná odporová vrstva nereaguje. Statická tlaková sila sa naopak prejaví predovšetkým v spodnej vrstve snímača, reagujúcou zmenou elektrického odporu.



Obrázok 1 Usporiadanie snímača typu FSR
(Volf, 2008)



Obrázok 2 Princíp snímača horizontálnej a vertikálnej sily
(Volf, 2008)

TAKTILNÉ SNÍMAČE S TENZOMETRAMI

Taktilné snímače s tenzometrami sú založené na meraní deformácie prvkov aktívnou silou. Ako prevodník sily na elektrický signál sa používajú fóliové alebo polovodičové tenzometre nalepené na sledovaný deformačný člen snímača. Snímač je možné zložiť aj z bežne vyrábaných snímačov síl na báze tenzometrov. Takto je možné vytvoriť snímač sily pôsobiaci v danom mieste alebo detekovať celkovú pôsobiacu silu.

TAKTILNÉ SNÍMAČE KAPACITNÉ

Pri kapacitných snímačoch sa využíva najčastejšie zmena veľkosti plôch spoločných elektród, či už tvaru dosky alebo častejšie tvaru súosových valcov. Meria sa vlastne deformácia pružného člena so známymi mechanickými vlastnosťami pri pôsobení sily. Pružný člen je obvykle vložený medzi elektródy. Inokedy môže byť jedna elektróda fixovaná a druhá spojená s pružným členom.

TAKTILNÉ SNÍMAČE S PIEZOELEKTRICKÝMI MATERIÁLMI

Na prevod sily na elektrický signál je možné využiť aj piezoelektrický jav. Ako piezoelektrický materiál sa pôvodne používal kremeň. Novšie sa používajú aj ďalšie materiály s podobnými vlastnosťami a to najmä piezoelektrická keramika (BaTiO_3 , PbTiO_3 , PbZrO_3 a niobáty) alebo polyvinylidenfluorid (PVDF) a pod. Piezoelektrické snímače sú konštrukčne veľmi jednoduché. Prednosťou sú malé rozmery snímača, nedostatkom veľký vnútorný odpor, ktorý vyžaduje vstupný odpor vyhodnocovacích obvodov rádovo na úrovni $1 \cdot 10^{12} \Omega$. Sú však vhodné na snímanie dynamických síl a vibrácií. Pri snímaní pomaly sa meniacich síl je nutné používať špeciálne zosilňovače s veľmi veľkým vstupným odporom.

TAKTILNÉ SNÍMAČE S OPTICKÝMI VLÁKNAMI

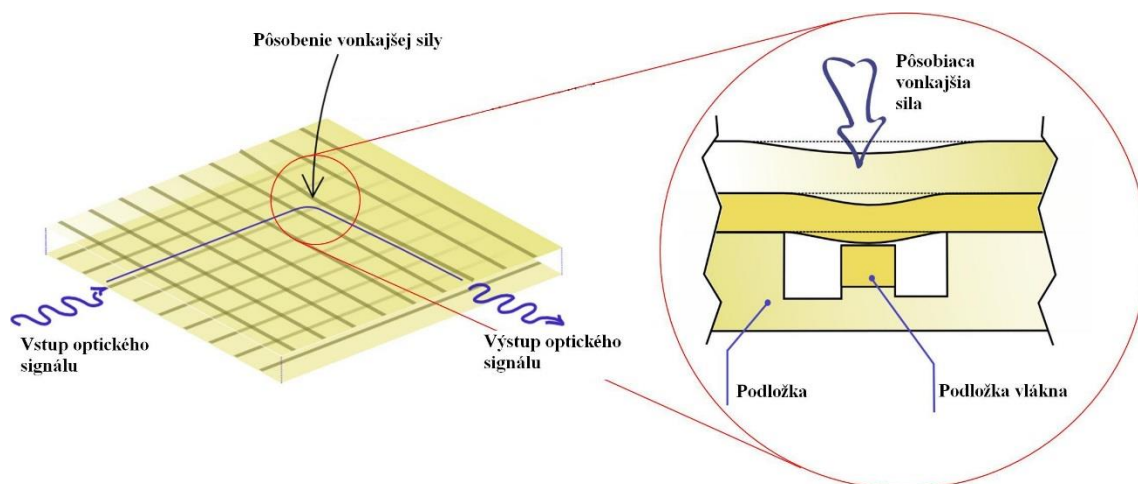
Optický vlákňový senzor je tvorený optickým vláknom, v ktorom vonkajšie vplyvy modulujú prechádzajúce svetlo. Je možné meniť jeho amplitúdu, fázu, polarizáciu alebo spektrálne vlastnosti. Optický senzor je napájaný zdrojom svetla (laser, laserová dioda, LED). Veľkosť zmeny spôsobená meranou veličinou je analyzovaná detektorom. Výhodou týchto snímačov alebo senzorov je to, že nie sú citlivé na vonkajšie elektromagnetické polia a umožňujú prenášať informáciu medzi objektami s rozdielnymi elektrickými potenciálmi v širokom pásme frekvencie a na veľkú vzdialenosť. V taktilných snímačoch sa najčastejšie využíva zmena amplitúdy prechádzajúceho svetla. Tú je možné ovplyvniť niekoľkými spôsobmi:

1. Zmenou okrajových podmienok šírenia svetla v optickom prostredí (napr. mikroohybom),
2. Zmenou vzájomnej optickej väzby,
3. Zmenou tlmenia,
4. Zmenou prechodu a odrazu svetla.

SNÍMAČE S MIKROOHBOM VLÁKNA

Pri týchto snímačoch sa využíva porušenie podmienky úplného vnútorného odrazu, napr. na rozhraní medzi jadrom a plášťom optického vlákna. Porušenie je možné dosiahnuť buď zmenou geometrie (zakrivením) vlákna alebo zmenou pomeru indexu lomu. Pri ohýbaní optického vlákna pod kritický polomer nastáva porušenie podmienky pre vidy vyšších rádov

a dochádza k prieniku svetla do plášťa optického vlákna. Tieto vidy sa môžu ďalej šíriť pozdĺž optického vlákna ako plášťové vidy alebo môžu uniknúť do okolitého prostredia. Tým klesá intenzita svetla šíriaceho sa jadrom optického vlákna (obr.3).



Obrázok 3 Optický taktálny snímač s ohybom optického vlákna
(Neděla, 2012)

Nedostatkom týchto snímačov je potreba veľkého počtu zdrojov a hlavne detektorov svetla, pretože každé vlákno musí mať svoj vlastný zdroj a detektor, ktorý navyše musí byť multiplexovaný.

SNÍMAČE S OPTICKÝMI VLÁKNAMI SO VZÁJOMNOU OPTICKOU VÄZBOU

Pri snímačoch využívajúcich vzájomnú optickú väzbu je na oboch jeho vláknach v mieste dotyku odstránený plášť, a tým sú odhalené jadrá, ktoré prichádzajú do vzájomného kontaktu. Pri vhodne navrhnutých parametroch (dĺžke stykovej plochy vlákien, uhol ich kríženia) ovplyvňovaných pôsobiacou silou, teda tesnosťou vzájomnej väzby, prechádza úmerná časť energie z prvého vlákna do druhého. K zdroju svetla je pripojené prvé optické vlákno a k detektoru druhé.

SNÍMAČE SO ZMENOU ÚTLMU

Snímače využívajúce zmenu útlmu obsahujú priesvitný člen vradený do optického vlákna, ktorý vplyvom vonkajšieho prostredia mení svoje optické vlastnosti. Optické vlákno tu priamo ovplyvňované nie je a je určené len k vedeniu svetla. Najčastejšie sa snímače tohto typu využívajú na meranie teploty, kedy optické vlastnosti priesvitného člena sú závislé na teplote. Pri taktálnych snímačoch sa pre merací člen volí materiál s optickými vlastnosťami závislými na pôsobiacej sile.

SNÍMAČE SO ZMENOU PRECHODU A ODRAZU SVETLA

Pri snímačoch so zmenou prechodu a odrazu svetla sa využíva zmena energie odrazenej od reflexnej vrstvy do snímacieho vlákna s detektorom. Sila pôsobí na časť s reflexnou vrstvou a mechanické vlastnosti snímača sú dané mechanickými vlastnosťami deformovaného materiálu, napr. pružinovej ocele. Obdobne je možné usporiadať reflexný snímač tak, že zdrojové a snímacie vlákna sú umiestnené paralelne pod priesvitným elastomérom. Pokiaľ bude

tento elastomér mení svoje optické vlastnosti, je možné tento snímač zaradiť do kategórie snímačov so zmenou útlmu.

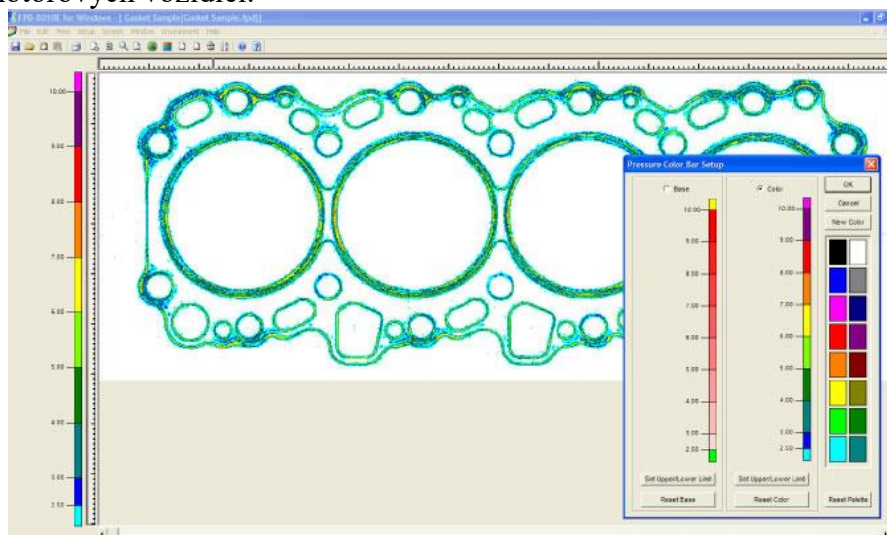
TLAKOCITLIVÉ DETEKČNÉ FÓLIE

Tlakocitlivé detekčné fólie sú veľmi tenké (hrúbka 0,01 mm až 0,05 mm), vonkajším vplyvom odolávajúce pružné fólie umožňujúce stanoviť rozloženie tlaku medzi dvomi dotýkajúcimi sa povrchmi objektov aj s čiastočným zakrivením. Obsahujú tenkú vrstvu mikrokapsúl, umiestnenú v spodnej časti prenosnej polyesterovej fólie, ktoré sa pôsobením sily pretrhnú a ich obsah pôsobí na farebnú vývojovú vrstvu fólie alebo papiera. Fólia sa potom vyberie z miesta merania a z výsledného sfarbenia sa určí pôsobiaca sila, popr. tlak. U niektorých typov fólií sa veľkosť tlaku nemusí prejavíť len zmenou intenzity zafarbenia, ale tiež zmenou farby. Získaný otláčok je možné následne zoskenovať a farebné škály vyhodnotiť presnejšie pomocou vyhodnocovacieho softvéru, s presným určením miesta a veľkosti plochy (obr.4).

MOŽNOSTI VYUŽITIA TAKTILNÝCH SNÍMAČOV

Za najperspektívnejšie z pohľadu využitia v oblasti merania kontaktných tlakov pneumatikových kolies môžeme považovať predovšetkým princípy založené na báze tenzometrov, piezoelektrických a kapacitných snímacích prvkov. Tieto umožňujú konštruovať deformačné telesá robustných tvarov, odolávajúcich pomerne veľkým vonkajším zaťažujúcim silám.

Myslíme si, že dobrú perspektívu v danej oblasti majú aj snímače optické, okrem tých, ktoré sú založené na báze priameho silového pôsobenia na optické vlákno (snímače s ohybom vlákna). Snímače na báze vodivých elastomérov zrejme nedosiahnu požadované parametre z hľadiska zvýšenej nosnosti, prípadne sa uplatnia len v oblasti automobilových plášťov osobných motorových vozidiel.



Obrázok 4 Príklad vyhodnotenia otláčku tesnenia hlavy spaľovacieho motora (Hurta, 2004)

Cenovo najvýhodnejšiu alternatívu predstavujú tlakocitlivé detekčné fólie. Tieto umožňujú v súčasnosti snímať aj extrémne veľké zaťaženia s kontaktným tlakom až 300 MPa. Ich podstatnou nevýhodou je vplyv veľkého subjektivismu pri vyhodnocovaní spektra farebných odtieňov otláčku, ktorý je vykonávaný vizuálne. Z tohto pohľadu môžeme danú metódu považovať len za orientačnú. Výrobcovia týchto taktilných fólií však ponúkajú softvér

a špeciálny skener pre presné vyhodnocovanie farebnej mapy. Problémom však môže byť obmedzená veľkosť skenovaného obrazu, ktorá sa pohybuje na hranici formátov papiera A3 a A2. Väčšie otlačky sa preto musia vyhodnocovať len vizuálne.

ZÁVER

Všetky uvedené fyzikálne princípy taktilných snímačov umožňujú ich výrobu na špičkovej technickej úrovni. Ich konštrukcia a rýchlosť snímania sa každým dňom zdokonaľuje. Majú však jednu podstatnú nevýhodu. Tou je kalibrácia. Výstupy týchto snímačov sú len percentuálne a teda nemôžeme s dostatočnou presnosťou povedať aké vlastne je zaťaženie v danom mieste (Neděla, 2012). Medzi hlavné činitele ktoré daný stav vyvolávajú patrí predovšetkým vysoká hustota senzorov na jednotku plochy snímača a nestabilita snímača vyvolaná predovšetkým veľkým množstvom okolitých rušivých elementov. Na kalibrovanie daného typu snímačov sa používajú v zásade dve základné metódy. A to softvérová a hardvérová.

Pri softvérovej metóde kalibrácie sa najčastejšie vytvára polynóm, pomocou ktorého sa namerané údaje korigujú prepočtom na počítači. Ďalšou možnosťou je detekcia aktívnych senzorov, na základe toho sa vypočíta obvod zaťažovaného predmetu a táto zistená skutočnosť sa potom využije pri vlastnej kalibrácii. V dnešnej dobe veľmi zaujímavou témou sú neurónové siete. Táto metóda je pre kalibráciu taktilných snímačov veľmi sľubná. Ich hlavnou nevýhodou je pomalosť výpočtu a preto je problematické ich použiť v oblasti online meraní a vyhodnocovaní signálov.

Základom hardwarovej metódy kalibrácie je vytvorenie akejsi porovnávacej matice, pomocou ktorej získavame presnejšie údaje. V praxi to vyzerá tak, že v snímači je umiestnený kalibračný riadok, ktorý nie je nijak zaťažený. Ako náhle zmeriame hodnoty na zaťaženom riadku, odčítame hodnoty aj z nezaťaženého riadku a tým pádom dostaneme ďaleko presnejšie hodnoty merania. Ďalšou možnosťou je konštrukčne upraviť snímač tak, aby nedochádzalo k vzájomnému rušeniu od ostatných senzorov. V praxi to znamená vytvorenie iba jedného aktívneho člena v jednom mieste a odizolovanie ho od okolia, čo je v súčasnosti problematické.

LITERATÚRA

DANKO, B., KRILEK, J., 2014. Experimentálne metódy a skúšanie strojov. Zvolen: Vydavateľstvo TU, 2014, 234s. ISBN 978-80-228-2728-7

HURTA, F. 2004. Snímanie silových deformácií autoplášťov taktilnými piezorezistívnymi snímačmi. In: Advances in electrical and electronic engineering, 2004, vol.3, no.1, p.66-69. ISSN 1336-1376

KORMANEK, M., 2009. Determination of average unit pressures exerted by the pneumatic drive wheel in various variants of slip in laboratory conditions. Monograph volume III, Utilization of Agricultural and Forest Machinery in Research and Teaching“ Nr. 15 Pau Kraków, vol.3, s.99-108

KRILEK, J., KUČERA, M., 2014. Cestné motorové vozidlá – Projektovanie, výpočet a údržba vozidiel. Zvolen: Vydavateľstvo TU, 2014, 180s. ISBN 978-80-228-2694-5

NEDĚLA, R., 2012. Taktilné plošné snímače a jejich kalibrace. In: Zborník medzinárodnej vedeckej konferencie - Nové metody a postupy v oblasti prístrojové techniky, automatického řízení a informatiky, Praha 15. Október 2012, s.115-119.

ISBN 978-80-248-3124-4

ROTH, J., DARR, M.J., 2012. Measurement of normal stresses at the soil-tire interface. In: American society of agricultural and biological engineers, 2012, vol.55(2), p.325-331.

ISSN 2151-0032

VOLF, J., 2008. Taktilní senzory pro automatizaci. In: Automa - časopis pro automatizační techniku, 2008, č.7, s.16-19. ISSN 1210-9592

PodĎakovanie: *Túto prácu podporila Vedecká grantová agentúra Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu Slovenskej republiky a Slovenskej akadémie vied projektom VEGA 1/0364/21 – Výskum pracovných mechanizmov lesníckych strojov s ohľadom na nové konštrukčné parametre a pracovné princípy.*

Kontaktná adresa:

doc. Ing. Ján Kováč, PhD., Katedra environmentálnej a lesníckej techniky, Fakulta techniky, Technická univerzita vo Zvolene, Študentská 26, 960 01 Zvolen, Slovenská republika, e-mail: jan.kovac@tuzvo.sk

Ing. Milan Helexa, PhD., Katedra environmentálnej a lesníckej techniky, Fakulta techniky, Technická univerzita vo Zvolene, Študentská 26, 960 01 Zvolen, Slovenská republika, e-mail: milan.helexa@tuzvo.sk



DIMENZOVANIE PODREZÁVACIEHO NOŽA PRE VYZDVIHOVAČ SADENÍC V LESNÝCH ŠKÔLKACH

ANALYSIS OF THE UNDERCUTTING BLADE FOR SEEDLING LIFTER IN FOREST NURSERIES

Jozef KRILEK

ABSTRAKT: Cieľom článku je konštrukčný návrh podrezávacieho noža pre jednoriadkový vyzdvihovač sadeníc. Nasledujúca kapitola sa venuje stručnému prehľadu vyzdvihovania sadeníc. Výsledkom práce je konštrukčný návrh podrezávacieho noža s maximálnou reznou silou 5 000 N. Na podrezávacom noži bola vykonaná napäťová analýza. Daný nôž vyhovuje stanovenému zaťaženiu.

Kľúčové slová: Podrezávací nôž, vyzdvihovanie sadeníc, vyzdvihovač sadeníc, pestovanie

ABSTRACT: The aim of the article is the structural design of a undercutting blade for a single-row seedling lifter. The next chapter provides a brief overview of lifting seedlings. The result of the work is a structural design of a undercutting blade with a maximum cutting force of 5 000 N. A stress analysis was performed on the undercutting blade. The undercutting blade meets the specified load.

Key words: Undercutting blade, lifting seedlings, seedling lifter, cultivation

ÚVOD

Zakladanie lesa ako neoddeliteľná súčasť pestovateľskej činnosti predstavuje jeden z hlavných článkov lesného hospodárstva, ktorý rozhoduje o celkovej produkcii drevnej hmoty, ale aj o účinných mimopestovateľských funkciách lesa. Produkcia lesných porastov v budúcnosti, zvyšovanie kvality a stability lesných ekosystémov závisí od stavu využívania súčasných genetických zdrojov. Lesné škôlkárstvo vytvára predpoklady pre plynulú obnovu lesa, zalesňovanie nelesných pôd a iné účelové výsadby. Jeho hlavnou úlohou je zabezpečiť dostatočné množstvo sadbového materiálu jednotlivých druhov lesných drevín potrebnej kvality s ohľadom na charakter zalesňovaných plôch. Zber je poslednou fázou výroby semenáčikov a sadeníc v lesných škôlkach od vyzdvihnutia až po ich dopravu na miesto výsadby (presadenie alebo škôlkovanie) (Wiesik et al., 2011). Môžeme sa stretnúť s názvom strojov ako vyzdvihovače alebo vyorávače sadeníc.

Vyzdvihovanie sadbového materiálu

Vyzdvihovaním sa nazýva uvoľňovanie a vlastné vyberanie sadeníc z pôdy (Šmelková, 2001, Šmelková, 2003). Časovo je táto operácia viazaná na jar a jesenné obdobie.

Hĺbka vyzdvihovania závisí od veku rastlín a tvaru koreňovej sústavy (Kantor, 1975). Semenáčiky ihličnanov a listnáčov určené pre škôlkovanie sa vyzdvihujú v hĺbke 15 cm. Pri sadeniciach s kolovými koreňmi nesmie byť hĺbka podrezávania menšia ako 20 cm.

Spôsoby vyzdvihovania sadeníc

Vyzdvihovanie sadeníc môžeme uskutočňovať tromi spôsobmi:

- ručné vyzdvihovanie,

- polomechanizované vyzdvihovanie,
- mechanizované vyzdvihovanie (Kováč et al., 2017).



Obrázok 1 Jednoriadkový vyzdvihovač Fobro Ag Oscilator Side (<http://www.baertschi.com>)

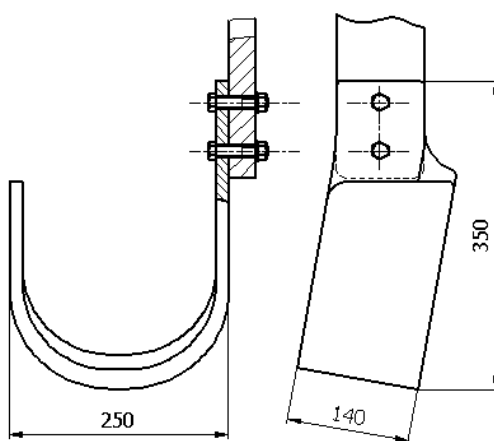
Časovo je táto operácia viazaná na jar a jesenné obdobie. Technológia zberu sadeníc pomocou vyorávačov a vyzdvihovačov sa uplatňuje vo väčšine lesných škôlok.

1 NÁVRH A VÝPOČET REZNÉHO ODPORU PODREZÁVACIEHO NOŽA

Cieľom článku je analýza rezných síl na podrezávacom noži, pričom sa bude jednať o analýzu zaťaženia na jednom noži. Zvolíme si materiál, a na základe materiálu a ostatných potrebných parametrov bude vypočítaná rezná sila (rezný odpor), ktorou bude nôž zaťažený (Obr. 5, 6). Analýza bude vykonaná v CAD systéme Creo Parametric 2.0 pomocou metódy konečných prvkov. Vo všeobecnosti je veľkosť rezného odporu daná šírkou podrezávacieho noža, hĺbkou podrezávania koreňovej sústavy a merným rezným odporom pôdy.

Výpočtové rozmery podrezávacieho noža (obr. 2):

- šírka podrezávacieho noža: $b = 250\text{mm}$
- maximálna hĺbka podrezávania sadeníc: $h_{max} = 250\text{ mm}$



Obrázok 2 Výpočtové rozmery podrezávacieho noža

Merný rezný odpor pôdy k

Merný rezný odpor pôdy „ k “ vyvíja pôda pri krájaní, zdvihu, drobení a obracaní priečneho rezu odvalu. Merný rezný odpor pôdy veľmi úzko súvisí so základnými fyzikálnymi a technologickými vlastnosťami pôdy. Charakterizuje súdržnosť pôdy a nie je závislý len na zložení pôdy, ale aj na tvare nástroja, ktorým sa pôda spracúva. Pre jednotlivé druhy pôd sú v tabuľke 1 uvedené hodnoty merného rezného odporu.

Tabuľka 1 Merný rezný odpor pôdy (Semetko et al., 1986)

Druh pôdy	Merný rezný odpor pôdy k [Pa]
Ľahké pôdy	$(2-3) \cdot 10^4$
Stredne ťažké pôdy	$(3-5) \cdot 10^4$
Ťažké pôdy	$(5-8) \cdot 10^4$
Veľmi ťažké pôdy	$(8-10) \cdot 10^4$

Navrhovaný jednoriadkový vyzdvihovač sadeníc je určený pre prácu v lesných škôlkach. Lesné škôlky sú zakladané prevažne na lesných pôdach, ktoré sú stredne ťažké až ťažké. Volíme merný rezný odpor pôdy $k = 8 \cdot 10^4 \text{ Pa}$.

Pri výpočte rezného odporu podrezávacieho noža uvažujem s maximálnou hĺbkou podrezávania koreňovej sústavy sadeníc 250 mm.

Rezný odpor podrezávacieho noža je daný vzťahom:

$$F_R = k \cdot b \cdot h_{\max} \quad (1)$$

$$F_R = 8 \cdot 10^4 \cdot 0,25 \cdot 0,25$$

$$F_R = 5\,000 \text{ N}$$

kde:	k	-	merný rezný odpor pôdy	[Pa]
	b	-	šírka podrezávacieho noža	[m]
	$h_{\max}$	-	maximálna hĺbka podrezávania	[m]

Návrh regulácie hĺbky podrezávania

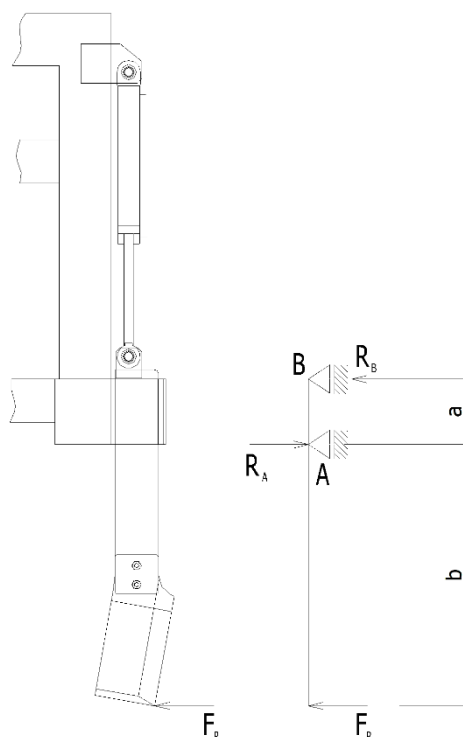
Regulácia hĺbky podrezávania koreňovej sústavy sadeníc sa nastavuje priamočiarom hydromotorom, pôsobením ktorého sa mení polohy podrezávacieho noža v závislosti od veku a druhu vyzdvihovaných sadeníc.

Návrh klzného vedenia podrezávacieho noža

Podrezávací nôž je prichytený k držiaku podrezávacieho noža dvomi skrutkami. Nôž spolu s držiakom sa pohybuje v klznom vedení, ktoré je privarené na pohyblivý rám. K hornej strane držiaka noža sú privarené platičky pre upevnenie oka hydromotora

Rozbor síl pôsobiacich v klznom vedení

Pri rozbere síl uvažujem so zjednodušením klzného vedenia na nosník na dvoch podperách (obr. 3).



Obrázok 3 Schéma klzného vedenia

Rozmery: $a = 150\text{mm}$

$b = 600\text{mm}$

Aby bola sústava síl v rovnováhe musí platiť:

$$\sum F_x = 0 : F_R - R_A + R_B = 0 \quad (2)$$

$$\sum M_A = 0 : F_R \cdot (a + b) - R_A \cdot a = 0 \quad (3)$$

Výpočet reakcie klzného vedenia R_A :

Reakciu R_A určíme z momentovej podmienky k bodu A.

$$R_A = \frac{F_R \cdot (a + b)}{a} \quad (4)$$

$$R_A = \frac{5000 \cdot (0,15 + 0,6)}{0,15}$$

$$R_A = 25000\text{N}$$

Výpočet reakcie klzného vedenia R_B :

Reakciu R_B určíme zo súčtu všetkých síl v smere osi x.

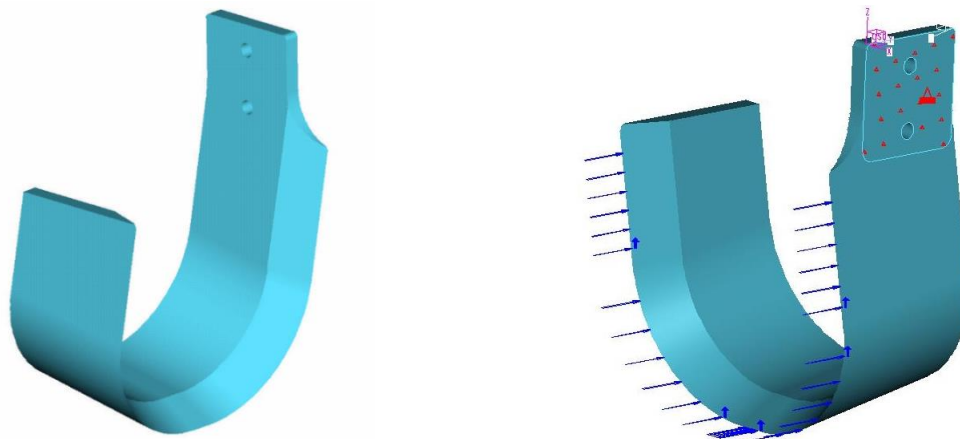
$$R_B = R_A - F_R \quad (5)$$

$$R_B = 25000 - 5000$$

$$R_B = 20\,000\text{N}$$

2 VÝSLEDKY

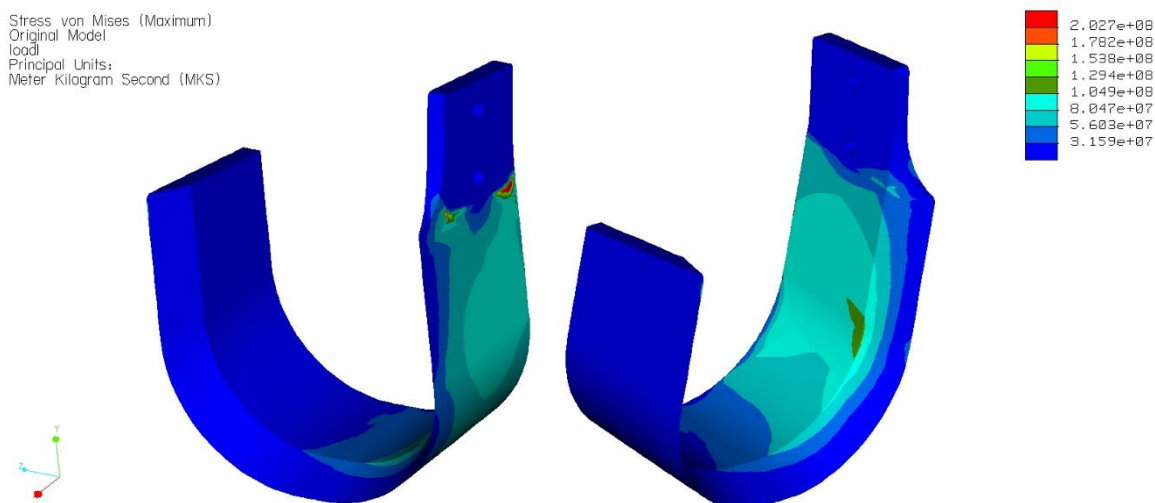
Podrezávací nôž je zaťažovaný od rezného odporu pôdy. Pri tomto riešení je potrebné skontrolovať napätie v mieste uchytenia podrezávacieho noža na držiak. Pre výpočet podrezávacieho noža sme zvolili riešenie metódou konečných prvkov. Výpočet bol vykonaný v programe Creo. Výhodou programu je, že umožňuje zobrazenie napätia a deformácií v ľubovoľnom mieste konštrukcie a to buď v grafickej alebo písomnej forme. Postup je interpretovaný pomocou obrázkov.



Obrázok 4 vľavo - Model podrezávacieho noža, vpravo - Uchytenie a zaťaženie podrezávacieho noža

Na obr. 4 vpravo je znázornený spôsob uchytenia a zaťaženie podrezávacieho noža. Prvým krokom pre správne výsledky v napät'ovej analýze je zvoliť materiál. Po vybraní materiálu si určíme pevné body celej konštrukcie (Kotšmíd et al. 2018). Červenými značkami je znázornené uchytenie podrezávacieho noža na držiak. Na ploche ohraničenej svetlo modrými čiarami sú odobrané všetky stupne voľnosti. Modrou farbou je znázornené zaťaženie podrezávacieho noža. Podrezávací nôž je zaťažovaný silou, rezným odporom podrezávacieho noža pri maximálnej hĺbke podrezávania koreňov sadeníc.

V ďalšom kroku sme zvolili spôsob výpočtu (Multi pass adaptive), s presnosťou 5%. Výpočet vzhľadom k jednoduchosti konštrukcie podrezávacieho noža netrval dlho. Na nasledujúcich obrázkoch sú zobrazené priebehy napätí a veľkosti deformácií podrezávacieho noža. Na obrázku 5 sú farebne znázornené napät'ové zóny podrezávacieho noža.



Obrázok 5 Napät'ové zóny na podrezávacom noži

Hodnoty napätí na obrázku 5 sú uvedené v Pa. Vypočítané maximálne napätie na podrezávacom noži je $\sigma_{vyp} = 202,7 \text{ MPa}$ (červená farba). Maximálne napätie je sústredené v mieste uchytienia podrezávacieho noža na držiak.

Maximálne dovolené napätie pre materiál podrezávacieho noža, oceľ 11 700.1 (Černoch, 1977, Vávra et al., 1983):

$$\sigma_D = \frac{R_e}{k} \quad (6)$$

$$\sigma_D = \frac{350}{1,5}$$

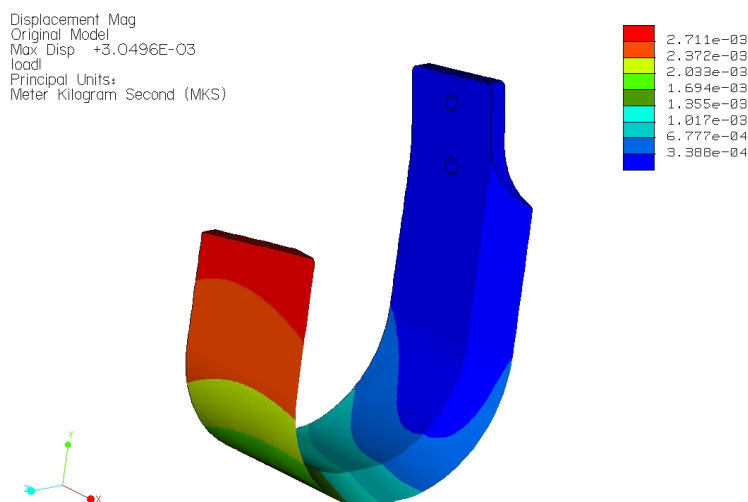
$$\sigma_D = 233,3 \text{ MPa}$$

Maximálne napätie na podrezávacom noži je nižšie ako dovolené napätie, podrezávací nôž vyhovuje pre danú prevádzku.

$$\sigma_D \geq \sigma_{vyp} \quad (7)$$

$$233,3 \text{ MPa} > 202,7 \text{ MPa} - \text{vyhovuje podmienke}$$

Na obrázku 6 sú zobrazené deformácie podrezávacieho noža pri podrezávaní koreňov sadeníc v maximálnej hĺbke 250 mm. Maximálna deformácia je na voľnej strane podrezávacieho noža (červená farba) a jej hodnota je 2,711 mm.



Obrázok 6 Deformačné zóny na podrezávacom noži

Uvedené napät'ové a deformačné zóny na podrezávacom noži dávajú jasný prehľad o miestach s maximálnym napätím a deformáciou.

3 ZÁVER A DISKUSIA

Zber sadbového materiálu je poslednou fázou pestovania sadeníc v lesných škôlkach. Je to dôležitá fáza prípravy sadbového materiálu pre ďalšie použitie. Pri zbere je nutné dbať na to,

aby nedochádzalo k poškodzovaniu koreňového systému, odieraniu a polámaniu sadeníc. Vyzdvihovanie sa môže vykonávať ručne alebo s použitím vhodnej mechanizácie, aj keď je vonkajšia výroba sadeníc celkom dobre mechanizovaná, a to hlavne pomocou lesných škôlkarských strojov (Neruda, Walczyk 2009, Kierunki rozwoju 2008, Walczyk 2010, Walczyk 2009, Walczyk 2007). Navrhnutý podrezávací nôž je vhodný pre jednoriadkový vyzdvihovač sadeníc a môže sa použiť pri polomechanizovanom zbere sadbového materiálu. Regulácia hĺbky podrezávania sadeníc sa vykonáva podľa druhu a veľkosti sadbového materiálu.

Hlavnou časťou článku bol návrh podrezávacieho noža s potrebnými výpočtami pre napäťovú analýzu v programe Creo Parametric. Na základe stanovených parametrov sa nám potvrdil tvar a materiál podrezávacieho noža ako vhodný a vyhovuje stanoveným podmienkam. Hĺbka podrezávania koreňov sadeníc sa môže nastavovať priamočiarom hydromotorom, ktorý posúva držiak spolu s podrezávacím nožom v klznom vedení. Podrezávací nôž je k držiaku pripevnený skrutkovým spojom, čo umožňuje jeho jednoduchú výmenu v prípade poškodenia v prevádzke. Toto riešenie zaručuje spoľahlivú činnosť regulácie hĺbky podrezávania sadeníc.

LITERATÚRA

ČERNOCH, S., *Strojně technická příručka 1, 2*, SNTL Praha 1977

KANTOR, J. a kol.: *Zakladání lesů a šlechtění lesních dřevin*, SZN Praha, 1975, s.

Kierunki rozwoju 2008. Kierunki rozwoju szkółkarstwa w Lasach Państwowych na lata 2009 – 2015. Załącznik do zarządzenia nr 27 Dyrektora Generalnego Lasów Państwowych w sprawie realizacji programu pt.: „Kierunki rozwoju szkółkarstwa w Lasach Państwowych na lata 2009 – 2015”, Warszawa 2008.

KOVÁČ, J., KRILEK, J., JOBBÁGY, J., DVOŘÁK, J., *Technika a mechanizácia v lesníctve: vysokoškolská učebnica*. 1. vyd. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2017. 354s. ISBN 978-80-228-3021-8 .KEGA 019TU Z-4/2015.

KOTŠMÍD, S., MATEJ, J., BEŇO, P., *Inžinierske výpočty v CAE. 1. vyd.* Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2018. 155s. ISBN 978-80-228-3104-8 .KEGA 001TU Z-4/2017.

NERUDA J., WALCZYK J. *Progrsivní směry technického rozvoje v lesních školkach. Sdružení lesních školkařů české republiky*. Trinun EU, 7-23 s., ISBN 978-80-7399-849-3.

SEMETKO, J., DRABANT, Š., MATĚJKA, J., PICK, E., ŠMICR, V., ŽIKLA, A., *Mobilné energetické prostriedky 3- Traktory a automobily*, 2. vyd. Bratislava : Příroda , Praha : Státní zemědělské nakladatelství , 1986. - 453 s.

ŠMELKOVÁ, Ľ. a kol., *Lesné škôlky*. Zvolen : Ústav pre výchovu a vzdelávanie pracovníkov LVH SR, 2001. 275 s. ISBN 80-88677-83-1.

ŠMELKOVÁ, Ľ. *Pestovanie Lesa*. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2003. 257 s. ISBN 80-228-1238-2.

VÁVRA, P. a kol. *Strojnícke tabuľky pre SPŠ strojnícke*, SNTL Praha, 1983.

WALCZYK J., *Mechanizacja siewu w szkółkach leśnych* Rozdział w monografii „*Szklókarstwo Leśne od A-Z*“, 170 – 180 s., CILP ISBN 978-83-89744-81-4 Warszawa.

WALCZYK J., *Mechanizacja prac w nowoczesnym szklókarstwie i nasiennictwie leśnym*. Rozdział w monografii „*Użytkowanie maszyn rolniczych i leśnych*, tom II. *Prace Komisji Nauk Rolniczych, Leśnych i Weterynaryjnych*, PAU Kraków, 193 – 186 s., ISSN 1733-5183.

WALCZYK J., *Siew punktowy nowym rozwiązaniem technologicznym w szkółkach leśnych*. Rozdział w monografii „*Ektomikoryzy, nowe technologie w polskim szklókarstwie leśnym*“, CILP Warszawa, 217 –234s., ISBN 978-83-89744-35-7.

WIESIK, J., ANISZEEWSKA, M.: *Urządzenia techniczne w produkcji lesnej, Tom 1*, *Urządzenia do hodowli i ochrony lasu*, SGGW Warsawa, 2011, ISBN 978-83-7583-219-8, 380s.

Baertschi, Dostępne na internete <http://www.baertschi.com> [cit. 2021-07-28].

Pod'akovanie: *Tento príspevok podporila Vedecká grantová agentúra Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu Slovenskej republiky a Slovenskej akadémie vied VEGA 1/0609/2020 “Výskum rezných nástrojov pri spracovaní dendromasy z poľnohospodárskej a lesníckej výroby”.*

Kontaktná adresa:

doc. Ing. Jozef Krilek, PhD. Katedra environmentálnej a lesníckej techniky, Fakulta techniky, Technická univerzita vo Zvolene, Študentská 26, 960 01 Zvolen, jkrilek@gmail.com



BEZPEČNOSŤ OBSLUHY POĽNOHOSPODÁRSKEJ TECHNIKY VO VZŤAHU K HLUČNOSTI

SAFETY OF OPERATORS OF AGRICULTURAL MACHINERY IN RELATION TO NOISE

Koloman KRIŠTOF – Milan ŠINKOVIČ – Michal ANGELOVIČ

ABSTRAKT: Príspevok sa zameriava na zvyšujúce sa požiadavky na výkony zamestnancov, pričom do popredia vstupuje bezpečnosť pracovníkov zavádzaním technických opatrení, ktoré pomáhajú znižovať rôzne ohrozenia a riziká počas výkonu pracovnej činnosti na poľnohospodárskych strojoch. V štúdiu sme sa zamerali na hlučnosť, ktorú sme zisťovali experimentálnym meraním pomocou hlukomeru. Merané boli emisie hluku v kabíne a mimo kabíny traktorov v určitých vzdialenostiach a pri vopred stanovených otáčkach. Hlavným cieľom praktickej časti záverečnej práce bolo vykonať meranie hluku 2 typov traktorov od jedného výrobcu značky John Deere a následne sme ich porovnali na základe vypočítaných hodnôt. Vďaka výpočtom a porovnaniu vieme zhodnotiť, že oba traktory spĺňajú požiadavky s platnou legislatívou.

Kľúčové slová: emisie hluku, John Deere, traktor

ABSTRACT: The article focuses on the increasing requirements for the performance of employees, while the safety of workers comes to the foreground by introducing technical measures that help to reduce various threats and risks during the performance of work on agricultural machinery. In this article, we focused on noise, which we determined by experimental measurements using a sound level meter. Noise emissions were measured inside and outside of the tractor cab at certain distances with predetermined rpm of the engine. The main goal of the practical part of the article was to measure the noise of 2 types of tractors from one manufacturer from John Deere brand and then we compared data, based on the calculated values. Thanks to calculations and comparisons, we can evaluate that both tractors meet the requirements of applicable legislation.

Key words: noise emissions, John Deere, tractor

ÚVOD

V poľnohospodárstve je hluk prítomný pri každej činnosti, či už pri rastlinnej alebo živočíšnej výrobe. Pri takejto výrobe sú najväčším zdrojom hluku stroje, ktoré poľnohospodárom dokážu uľahčiť ich každodennú prácu. Pri živočíšnej výrobe možno ako zdroj hluku určiť napríklad dojacie zariadenie alebo kŕmny voz, ktorý môže byť samostatný alebo ťahaný za traktorom. V súčasnej dobe bez potrebnej poľnohospodárskej techniky nie je možné živočíšnu výrobu robiť podľa kladených požiadaviek a na vysokej úrovni. Nájdeme aj výnimky, v podobe malých poľnohospodárov, ktorí väčšinu prác robia ručne skôr z finančných dôvodov, nie zo snahy zníženia hlučnosti. Pri rastlinnej výrobe je najväčším zdrojom hluku motor všetkých poľnohospodárskych strojov. Ďalším zdrojom hluku traktora môže byť prevodové ústrojenstvo, ktoré je najmä pri starších strojoch. Tento zdroj hluku je obťažujúci pre obsluhu (Bauer, 2013).

Pojem hluk nie je dodnes presne definovaný, pretože na každú osobu vplýva inak. Hlukom môže byť každý okolitý zvuk, ktorý je pre ľudský organizmus škodlivý. Na pracovisku je najčastejším zdrojom hluku strojné zariadenie a jeho pracovný proces (Veber, 1982).

Intenzita hluku je udávaná v decibeloch a jeho rozsah začína od 0 dB, pričom ide o najslabšie tóny, ktoré človek dokáže rozlíšiť. Zdroj hluku možno obmedziť rôznymi úpravami strojov alebo hlučných zariadení, kedy možno obmedziť hluk už priamo pri ich výrobe. Vďaka akustickému vlneniu je možné šíriť zvuk, ktorý je taktiež aj hlavným zdrojom akustickej energie. Zvukové vlnenie posúva zvukové lúče, ktoré pôsobia na človeka v prostredí kde sa zvuk šíri. Zvuk sa dokáže šíriť v akomkoľvek prostredí no vákuum je výnimkou (Zajac, 1990). Hladina hluku, ktorej hodnoty sú menšie ako 75 dB, pôsobia nepriaznivo na zamestnancov, pričom ak je hladina hluku vyššia ako 85 dB a pôsobí na zamestnancov 8 hodín denne, za pár rokov môže dôjsť k úplnej strate sluchu. Podľa uverejnených údajov je 30 % mladých ľudí postihnutých poruchou sluchu, ktorá bola spôsobená práve hlukom. Akustická trauma vzniká intenzívnym zvukovým impulzom, ktorý môže byť v podobe výstrelu. V takomto prípade dochádza k prasknutiu ušného bubienka, čo znamená, že došlo k mechanickej poruche štruktúry vnútorného sluchového orgánu. Dlhodobým vystavením hluku dochádza k zvýšeniu krvného tlaku a hypertenzie, pričom akustický tlak musí byť vyšší ako 85 dB. Tieto zdravotné problémy úzko súvisia so stresom. Ďalšie ochorenia môžu byť v podobe nepravidelného búšenia srdca, uvoľňovania katecholamínov a rôznych iných porúch kardiovaskulárneho systému.

Pracovný stres je pôvodcom vzniku rôznych pracovných úrazov. Taktiež môžu vzniknúť aj pri vysokej hlučnosti vplyvom zlej komunikácie, slabého vzájomného počutia a rôznych iných faktorov, ktoré hlučnosť dokáže vyvolať. Smernica Európskej únie č. 2009/63/ES o určitých súčiastkach a vlastnostiach kolesových poľnohospodárskych a lesných traktorov, určuje prípustné hladiny hluku traktora, ktoré nesmú presahovať hranice: a) 89 dB – nezaťažené traktory s hmotnosťou, ktorá presahuje 1,5 t a b) 85 dB – nezaťažené traktory s hmotnosťou, ktorá nepresahuje 1,5 t. Smernica Európskeho parlamentu a rady č. 2003/10/ES o minimálnych zdravotných a bezpečnostných požiadaviach, pokiaľ ide o vystavenie pracovníkov rizikám vyplývajúcim z fyzikálnych faktorov (hluk), určuje limitné a akčné hodnoty vystavenia hluku a taktiež určujú vrcholový akustický tlak: a) $L_{AEX, 8h} = 87$ dB, $P_{peak} = 200$ Pa – limitná hodnota vystavenia, b) $L_{AEX, 8h} = 85$ dB, $P_{peak} = 140$ Pa – horné akčné hodnoty, c) $L_{AEX, 8h} = 8$ dB, $P_{peak} = 112$ Pa – dolné akčné hodnoty.

Zamestnávateľ je povinný zavádzať opatrenia na znižovanie hladiny hluku a na kontrolu rizík súvisiacich s hlukom, ktorému sú zamestnanci vystavení. Medzi opatrenia na znižovanie hladiny hluku možno považovať pravidelnú prehliadku zdroja hlučnosti, reorganizáciu práce alebo zavedenie prestávok. Eliminovať hluk možno viacerými spôsobmi, záleží od pracoviska. Kontrolu hluku, jeho minimalizáciu alebo elimináciu možno vhodne určiť vďaka správne poznaniu a porozumeniu daného stroja. Elimináciu hluku možno považovať za postupné znižovanie hluku. Štatistiky hovoria, že spoločným znakom odvetvia poľnohospodárstva je jeden z najhorších výsledkov úrovne starostlivosti o BOZP, na čo poukazuje vysoký počet pracovných úrazov, množstvo poranení pri práci a chorôb súvisiacich s prácou v poľnohospodárstve. V dnešnej dobe sa kladie veľký dôraz na zvyšovanie efektivity vykonávaných prác pri zachovaní, resp. znižovaní vynakladaných nákladov. Aj poľnohospodárstvo sa tomuto trendu prispôbuje, a tak aj poľnohospodárske podniky, ktoré chcú zefektívniť svoju výrobu, majú tendenciu využívať najmodernejšie riešenia na svojich zariadeniach. Vytvárajú tak tlak na výrobcov, ktorí sú nútení reagovať na tieto požiadavky stále novšími a inovatívnejšími riešeniami, ktoré pomáhajú poľnohospodárom dosahovať ich ciele a zároveň znižovať ohrozenie svojich zamestnancov. Pritom však nesmieme zabúdať ani na pracovníkov, ktorí obsluhujú tieto zariadenia. Práce v poľnohospodárstve za používania špeciálnych strojov, zariadení a technológií obsahujú množstvo zjavných a skrytých ohrození. Práca je vykonávaná za zložitých prírodných podmienok, ktoré sa môžu zmeniť v rýchlom slede viackrát za sebou, čím vyvolávajú potrebu okamžitej zmeny technológie, schopnosť správne situáciu vyhodnotiť a vyvodiť príslušné opatrenia. Pridáva sa aj únava k zníženiu pozornosti

z monotónnej a zdĺhavej práce. Bezpečnosť a ochrana zdravia pri práci obsluhy s poľnohospodárskymi strojmi musí byť opatrená platnou legislatívou Slovenskej republiky, konkrétne vyhláškou č. 45/2010 Z. z. Ministerstva práce, sociálnych vecí a rodiny Slovenskej republiky. Vyhláška ustanovuje podrobnosti na zaistenie bezpečnosti a ochrany zdravia pri poľnohospodárskej práci a definuje v §2, prílohe č. 1, podrobnosti na zaistenie bezpečnosti a ochrany zdravia pri poľnohospodárskej práci na používanie pracovného prostriedku pri pestovaní rastlín a starostlivosti o rastliny. Ďalej do platnej legislatívy spadá aj Nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 115/2006 Z. z. o minimálnych zdravotných a bezpečnostných požiadavkách na ochranu zamestnancov pred rizikovými faktormi, ktoré súvisia s emisiami hluku.

V príspevku sme sa prednostne venovali emisiám hluku, ako vplývajú na organizmus obsluhy poľnohospodárskych strojov a ako im možno zabrániť, prípadne znížiť limitné hodnoty emisií hluku.

1 MATERIÁL A METODIKA

1.1 Hodnotený traktor a ich technické parametre

Traktor John Deere 7820, zobrazený na Obrázku 1(A) je zo série 7020, ktorá sa považuje za výkonnú, pohodlnú, univerzálnu a v neposlednom rade aj produktívnu sériu tejto značky. John Deere typu 8R 410, zobrazený na Obrázku 1(B) zabezpečuje pohodlie a ľahké ovládanie pre obsluhu a so svojím špičkovým výkonom spracuje pôdu na pozemkoch od daného horizontu po horizont. Technické parametre traktorov sú uvedené v Tabuľke 1.



Obrázok 1 (A) John Deere 7820; (B) John Deere 8R 410

Tabuľka 1 Technické parametre hodnotených traktorov

Parameter	John Deere 7820	John Deere 8R 410
Menovitý výkon, k (kW)	185 (136)	410 (302)
Maximálny výkon, k (kW)	197 (145)	445 (327)
Typ motora	JD PowerTech™ 6,8L 4V-CR	JD PowerTech™ PSS 9.0L
Predpísané otáčky, ot/min	2100	2100
Rázvor kolies, mm	2860	3050
Pneumatiky	600/65 R28, 710/70 R38	650/65 R32 , 710/75 R42
Celková hmotnosť, kg	13100	14000
Sklenná plocha kabíny, m ²	5,5	6,6

1.2 Meracie zariadenie (hlukomer)

Meracie zariadenie BK 2240 (Obrázok 2) je integračný typ zvukomeru, ktorý má jednoduché ovládanie a jeho používanie je v súlade platnými normami. Toto zariadenie má možnosť merať:

- L_{Aeq} – ekvivalentná hodnota akustického tlaku,
- L_{AF} – okamžitá hodnota akustického tlaku,
- L_{AFMAX} – maximálna hodnota akustického tlaku,
- L_{Cpeak} – maximálna vrcholová hodnota akustického tlaku.



Obrázok 2 Zariadenie na meranie hluku BK 2240

1.3 Výpočet a porovnanie meraní emisií hluku

Meracie zariadenie BK 2240 (Obrázok 2) je integračný typ zvukomeru, ktorý má jednoduché ovládanie a jeho používanie je v súlade platnými normami. Toto zariadenie má možnosť merať:

Výpočet pre ekvivalentnú hodnotu hluku:

Nariadenie vlády č. 115/2006 Z. z. o minimálnych zdravotných a bezpečnostných požiadavkách na ochranu zamestnancov pred rizikami súvisiacimi s expozíciou hluku udávajú normalizovanú hladinu expozície hluku $L_{Aeq} = 8$ hodín. $L_{Aeq} = 8$ hodín predstavuje 8 hodinovú pracovnú smenu obsluhy traktora. Túto hodnotu možno získať výpočtom zo vzorca:

$$L_{AEX,8h} = L_{Aeq,T} + 10 \cdot \log \left(\frac{T}{T_n} \right), dB \quad (1)$$

Kde: T – trvanie pôsobenia hluku počas pracovnej zmeny,
 T_n – trvanie pracovnej zmeny – 8 hodín.

Ekvivalentnú hodnotu hladiny hluku L_{Aeq} možno vyrátať zo vzorca:

$$L_{Aeq,p} = 10 \cdot \log \frac{1}{T} \left(\sum_{i=1}^n T_i \cdot 10^{0,1 \cdot L_i} \right), dB \quad (2)$$

Kde: T_i – počet intervalov,
 L_i – ustálené hodiny.

Porovnanie emisií hluku s platnou legislatívou:

Limitné hodnoty emisií hluku a akčné hodnoty expozície hluku pre ochranu zdravia obsluhy poľnohospodárskych strojov a ich sluchu sú:

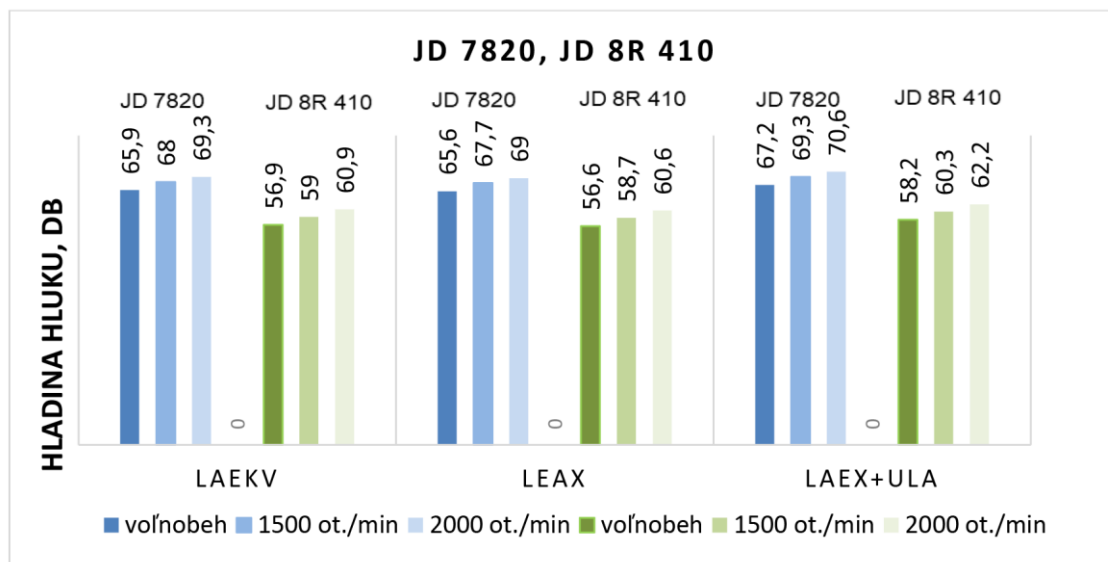
$L_{AEX,8h,L} = 87dB$, $L_{CPk} = 140 dB$ – limitné hodnoty expozície hluku,
 $L_{AEX,8h,a} = 85 dB$, $L_{CPk} = 137 dB$ – horné akčné hodnoty expozície hluku,
 $L_{AEX,8h,a} = 80 dB$, $L_{CPk} = 135 dB$ – dolné akčné hodnoty expozície hluku.

Vypočítané hodnoty ekvivalentnej hodnoty hluku porovnáme s hodnotami ktoré sú stanovené právnymi platnými legislatívnymi nariadeniami.

2 VÝSLEDKY A DISKUSIA

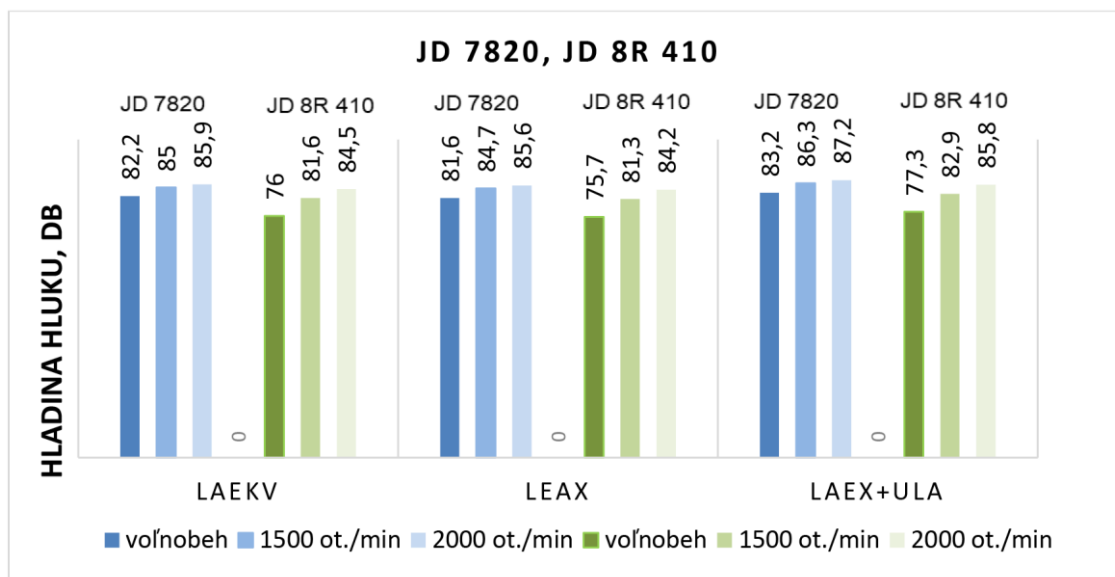
Druh traktorov značky John Deere 7820 bol uvedený na trh už v roku 2004 a jeho hodnoty sú stále v norme. Vďaka pravidelným kontrolám a servisom spĺňajú požiadavky platnej legislatívy. NV SR 115/2006 Z. z., určuje hladiny hluku pre normalizované hladiny expozície hluku $L_{AEX,8h} = 85$ dB a $L_{Cpeak} = 137$ dB. Pri porovnaní vypočítaných hodnôt v kabíne s určenými hodnotami hladín hluku sme zistili, že hladina emisií hluku v kabíne neprekračuje limitné hodnoty. Pri vzdialenosti 1m od traktora sú prekročené iba niektoré hodnoty. Pri stanovených otáčkach 1500 ot./min, spolu s neistotou merania to je $L_{AEX,8h}+ULA = 86,3$ dB a pri 2000 ot./min, je to spolu s neistotou merania $L_{AEX,8h}+ULA = 87,2$ dB, čo môžeme považovať za mierne prekročenie limitných hodnôt hlučnosti.

Traktor John Deere 8R 410 možno považovať za najmodernejší poľnohospodársky stroj. Všetky jeho parametre spĺňajú platnú legislatívu. NV SR č. 115/2006 Z. z. stanovuje hladiny hluku, ktoré sú určené pre normalizované hladiny expozície hluku. Pre $L_{AEX,8h} = 85$ dB a pre $L_{Cpeak} = 137$ dB. Porovnanie vypočítaných hodnôt s normalizovanými hodnotami nám ukázalo, že tento typ traktora spĺňa všetky platné legislatívne normy. V kabíne vodiča nie sú prekročené limitné hodnoty ani pri zvýšených otáčkach. Vo vzdialenosti 1m od traktora pri otáčkach 2000 ot./min je mierne prekročená hodnota, ktorá je už zrátaná aj s neistotou merania, teda $L_{AEX,8h}+ULA = 85,8$ dB. Toto prekročenie možno považovať za minimálne. Pri odstupe 5m od traktora nebolo zistené žiadne prekročenie limitných hodnôt expozície hluku. Tento traktor možno považovať ako ideálny stroj v rámci bezpečnosti a ochrany zdravia pred expozíciou hluku, ktorá by trvala jednu pracovnú zmenu, teda 8 pracovných hodín, vrátane 30 min. pracovnej prestávky.



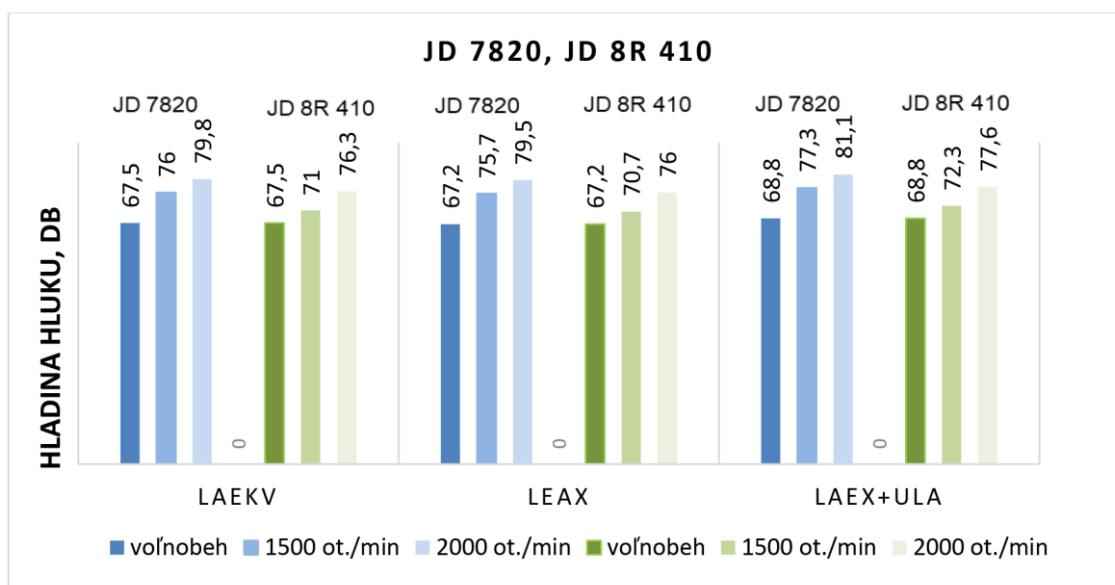
Obrázok 3 Grafické znázornenie vypočítaných hodnôt traktorov v kabíne

Grafické zobrazenie nameraných a následne vypočítaných hodnôt nám pomáha zobrazit' hladiny hluku na Obrázku 3, ktoré boli v tomto prípade merané v kabíne traktorov John Deere 7820 a John Deere 8R 410 pri rôznych otáčkach. Pri porovnaní týchto dvoch traktorov v kabíne stroja nedochádza k žiadnemu prekročeniu limitných hodnôt.



Obrázok 4 Grafické znázornenie vypočítaných hodnôt v exteriéry vo vzdialenosti 1m

Grafické zobrazenie nameraných a následne vypočítaných hodnôt nám pomáha zobrazit' hladiny hluku na Obrázku 4, ktoré boli v tomto prípade merané v exteriéry vo vzdialenosti 1m od traktorov John Deere 7820 a John Deere 8R 410 pri rôznych otáčkach. Pri vzájomnom porovnaní dvoch traktorov sme zistili, že traktor John Deere 7820 prekračuje limitné hodnoty emisií hluku spolu s neistotou merania o 1,3 dB.



Obrázok 5 Grafické znázornenie vypočítaných hodnôt v exteriéry vo vzdialenosti 5m

Grafické zobrazenie nameraných a následne vypočítaných hodnôt nám pomáha zobrazit' hladiny hluku na Obrázku 5, ktoré boli v tomto prípade merané v exteriéry vo vzdialenosti 5m od traktorov John Deere 7820 a John Deere 8R 410 pri rôznych otáčkach. Pri porovnaní týchto dvoch traktorov nedochádza k žiadnemu prekročeniu limitných hodnôt.

Porovnávaním nameraných hodnôt traktorov značky John Deere 7820 a John Deere 8R 410, pričom sa jednalo o starší typ traktora a nový typ traktora, boli zistené mierne odchýlky

s platnou legislatívou. Spozorované mierne odchýlky u oboch traktorov boli vo vzdialenosti 1m od traktora a jeho zdroja hluku, najmä pri otáčkach 2000 ot./min. Traktor John Deere 7820 taktiež vykázal miernu odchýlku pri 1500 ot./min, pričom táto hodnota je už započítaná aj s neistotou merania $ULA = 1,6$. Neistotu merania $ULA = 1,6$ možno považovať za hodnotu, kedy mohlo dôjsť k nesprávnemu použitiu meracieho zariadenia, prípadne k nameraniu chybné hodnoty počas výkonu merania daných hodnôt. Zvyšné merania emisií hluku v kabíne traktora a v exteriéri vo vzdialenosti 1m a 5m od traktora a zdroja hluku pri vopred stanovených otáčkach spĺňajú požiadavky na limitné hodnoty hladiny hluku do 85 dB a akustického tlaku do 137 dB, ktoré sú určené NV SR č. 115/2006 Z. z.

Spozorované odchýlky traktorov pri meraní hlučnosti môžu zapríčiniť ich hlučné časti, napr. karoséria traktora. Ako hlavný zdroj hluku traktora možno považovať najmä motor, pričom vzniknutý hluk je spôsobovaný vďaka jeho pracovnému cyklu (Dolan, 2017). Najhlučnejšou činnosťou motora je pohyb piesta, ktorým pri expanzii dochádza k vznieteniu daného paliva a následnému rozpínaniu, čím dochádza už k spomínanému pohybu piesta. Medzi ďalší zdroj hluku možno zaradiť výfukové potrubie a taktiež výkon hydraulických čerpadiel, ktorého pohyby a rezonancie vydávajú nepríjemný zvuk. K rezonancii hydrauliky dochádza najmä pri odovzdávaní tlaku a prietoku hydraulického oleja náradiu a opačne (Perkins a Jamison, 2008). Proti takýmto nežiadúcim emisiám hluku ako opatrenia možno použiť rôzne protihlukové a anti-vibračné materiály a pre obsluhu stroja sa odporúča ochrana sluchu minimálne v podobe zátkových chráničov sluchu (Pravidlá dobrej praxe BOZP, 2003).

3 ZÁVER

V príspevku sme riešili emisie hluku poľnohospodárskych strojov – traktory značky John Deere, pričom traktor John Deere 7820 sa radí ako starší typ traktora a John Deere 8R 410 možno považovať ako najnovší a najkomfortnejší typ traktora od počiatku výroby traktorov na svete. Meraním sme zisťovali, aké hladiny hluku vykazujú jednotlivé traktory v kabíne, 1m od traktora a 5m od traktora pri daných otáčkach – voľnobeh, 1500 ot./min a 2000 ot./min. Vykonávalo sa experimentálne meranie hladín hluku, kde sa merali hodnoty okamžitého akustického tlaku, maximálne hodnoty akustického tlaku, ekvivalentné hodnoty akustického tlaku a maximálne vrcholové hodnoty akustického tlaku. Všetky hodnoty boli zapisované do vopred pripravených tabuliek, následne sa vykonal prepočet hodnôt podľa vzorcov na priemernú 8 hodinovú pracovnú zmenu, v ktorej je zahrnutá 30 minútová prestávka. Vypočítané hodnoty boli porovnávané s normalizovanými hodnotami hladiny hluku, ktoré sú stanovené platnou legislatívou Nariadenia vlády Slovenskej republiky č. 115/2006 Z. z.

Po experimentálnom meraní, vypočítaní a vyhodnotení výsledkov možno skonštatovať, že traktor John Deere 8R 410 podľa daných meraní z hľadiska hlučnosti považovať za najvhodnejší. Pri traktore John Deere 7820 dochádza k miernemu prekročeniu hodnôt emisií hluku vo vzdialenosti 1m od traktora a jeho zdroja hluku, najmä pri otáčkach 2000 ot./min. Za zdroj hluku možno považovať rôzne časti traktora alebo časti karosérie traktora. Hluk mohol byť spôsobovaný opotrebovaním a v prípade staršieho typu traktora to môže byť aj jeho vek. Za najväčší zdroj hluku možno považovať motor traktora alebo rezonovanie výfukového potrubia, ktoré vytvára nepríjemný hluk pre obsluhu. Pri získaných hodnotách, ktoré boli namerané a vypočítané, sme zistili, že dochádza iba k miernemu prekročeniu limitných hodnôt a nie je nutné navrhovať nápravné opatrenia k znižovaniu hlučnosti. Je na obsluhu, či je hluk pre nich znesiteľný alebo nie. Ak nie je, môžu použiť niektoré osobné ochranné pracovné prostriedky, ďalej len OOPP, ako sú napríklad zátkové alebo slúchadlové chrániče sluchu. Nevýhodou týchto OOPP môže byť prepočutie neštandardného zvuku stroja, ktorý môže signalizovať poruchu alebo problém. Taktiež aj vysoké odhlučnenie kabíny môže byť problematické v tom zmysle, že obsluha traktora môže prepočuť niektoré zvuky z exteriéru.

Na základe dosiahnutých meraní sme sa rozhodli chrániť obsluhu traktorov značky John Deere v jeho tesnej blízkosti minimálne zátkovými chráničmi sluchu typu 3M EAR Soft, ktoré majú vysoký útlm hluku, SNR 36 dB. Jedná sa o jednorazové chrániče sluchu, ktoré sú cenovo dostupné aj vo veľkom množstve a ktoré musia byť obsluhu stroja pred každou pracovnou zmenou poskytnuté zamestnávateľom podľa Nariadenia vlády Slovenskej republiky číslo 115/2006 Z. z. Zamestnávateľ je povinný tieto chrániče prideliť obsluhu, ako aj vykonávať kontrolu a zároveň aj ich správne používanie. Každý zamestnávateľ je povinný chrániť svojich zamestnancov, aby zamedzil výskytu chorôb z povolania, pracovným úrazom a v neposlednom rade smrti.

LITERATÚRA

BAUER, F. 2013. *Traktory a jejich využití*. Praha: Profi Press. 224 s. ISBN 978-80-86726-52-6.

ZAJAC, J. a kol. 1990. *Znižovanie hluku a vibrácií v strojárskych prevádzkach*. Bratislava: Alfa. 1990. 224s. ISBN 80-005-00674-8.

Nariadenie vlády Slovenskej republiky č. 115/2006 Z. z. [online]. 2010. [cit. 24-4-2020]. Dostupné na : < <https://www.epi.sk/zz/2006-115> >

DOLAN, A. 2017. *Traktory a dopravní prostředky I*. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2017. 113s. Dostupné na: < <http://kzt.zf.jcu.cz/wp-content/uploads/2017/04/TRD3.pdf> >

PERKINS, J.H. – JAMISON, R. 2008. *History, Ethics, and Intensification in Agriculture*. Springer, Dordrecht. ISBN 978-1-4020-8721-9.

Pravidlá dobrej praxe BOZP. 2003. *Zásady pre poskytovanie a používanie osobných ochranných pracovných prostriedkov*. Bratislava: Národný inšpektorát práce, 2003. 22s. ISBN 80-68834-4-5.

Vyhláška č. 45/2010 Z. z. [online]. 2010. [cit. 4-5-2020]. Dostupné na : < <https://www.zakonypreludi.sk/zz/2010-45> >

2003/10/ES [online]. 2007. [cit. 19-2-2020]. Dostupné na : < <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SK/TXT/PDF/?uri=CELEX:02003L0010-20070627&from=LT> > 40.

2009/63/ES [online]. 2009. [cit. 19-2-2020]. Dostupné na : < <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SK/ALL/?uri=CELEX:32009D0063> >

VEBER, V. 1982. *Pracovní prostředí*. Praha: Naše vojsko, 1982. 324 s.

Pod'akovanie: *Príspevok vznikol v súvislosti s riešením projektu VEGA (Vedecká grantová agentúra MŠVVaŠ SR) č. 1/0102/21 s názvom: Znižovanie chemického zaťažovania a degradácie poľnohospodárskych a lesných pôd voľbou vhodných agrotechnológií s ohľadom na klimatické zmeny.*

Kontaktná adresa:

Ing. Koloman Krištof, PhD., Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Technická fakulta, Katedra strojov a výrobných biosystémov, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, pracoviska, email: koloman.kristof@uniag.sk.



VÝPOČET SOLÁRNEHO PANELU PRE OHREV TÚV

DESIGN OF A SOLAR PANEL FOR DHW HEATING

Tomáš KUVIK – Pavol KOLEDA

ABSTRAKT: Článok popisuje výpočet pre návrh solárneho ohrevu vody. Výpočty vychádzali z údajov Slovenského hydrometeorologického ústavu z roku 2019. Dôležitými vstupnými parametrami boli priemerné mesačné teploty, dĺžka slnečného svitu, intenzita slnečného žiarenia a energetický zisk z 1 m² slnečného kolektora. Na základe vypočítanej plochy je možné vybrať vhodný slnečný kolektor pre 200 l nádrž.

Kľúčové slová: Solárny ohrev vody, solárne žiarenie, solárny kolektor

ABSTRACT: The article describes the calculation for the design for solar water heating. The calculations were based on data from the Slovak Hydrometeorological Institute from 2019. Important input parameters were average monthly temperatures, length of sunshine, intensity of solar radiation and energy gain from 1 m² of solar collector. Based on the calculated area, it is possible to select a suitable solar collector for a 200 l water tank.

Key words: solar water heating, solar radiation, solar collector

ÚVOD

Slnečná energia je jednou z najdostupnejších a najčistejších foriem obnoviteľnej energie ktorú môžeme dnes získať zo slnka. Jej využívanie nemá žiadny negatívny dopad na životné prostredie. Existuje už mnoho princípov premeny slnečnej energie na inú formu energie, najčastejšie je to premena slnečnej energie na elektrickú energiu alebo tepelnú energiu. Elektrická energia zo slnečnej energie môže byť vyrobená priamym alebo nepriamym spôsobom. Priama premena slnečnej energie na elektrickú energiu sa odohráva vo fotovoltaiických článkoch pomocou fotovoltaiického javu. Premena na tepelnú energiu prebieha najčastejšie v solárnych paneloch.

Slnečné kolektory

Základným prvkom kolektora je absorpčná plocha, ktorá je ohrievaná absorpciou slnečného svetla. Tepelná energia je z absorpčného povrchu odoberaná rôznymi teplonosnými látkami prúdiacimi v kanálovej štruktúre spojenjej s absorpčným povrchom, najčastejšie vo forme rúrkového registra. (Ladener, Späte, 2003) Na zníženie tepelných strát absorbéra sa na prednú stranu kolektora používa zasklenie prenášajúce slnečné žiarenie. Zasklenie znižuje tepelné straty sálaním, pretože je nepriepustné pre dlhovlnné žiarenie a zároveň pred absorbérom vytvára vzduchovú vrstvu, ktorá vytvára tepelný odpor medzi absorbérom a okolím. Aby nedošlo k slnečnému žiareniu, na zadnej strane a na boku absorbéra je tepelným stratám zabránená nepriehľadná tepelná izolácia pripevnená k rámu telesa kolektora. (Zapletal, 2004)

Solárny kolektor je zostavený z čiastkových prvkov, ktoré môžu svojimi vlastnosťami viac či menej ovplyvňovať jeho výkon a energetické zisky. Cenek (2001) uvádza vlastnosti jednotlivých súčastí kolektora a ich vplyv na účinnosť a energetický prínos najbežnejšej solárnej sústavy na prípravu teplej vody.

Zasklenie slúži predovšetkým pre obmedzenie tepelných strát absorbéra a ochranu absorbéra proti znehodnoteniu. Na druhej strane zasklenie znižuje množstvo slnečnej energie dopadajúcej na absorbér odrazom na jednotlivých fázových rozhraniach a pohltením vo vlastnom materiáli zasklenia. Nutnou podmienkou efektívneho využitia slnečnej energie je teda dostatočná priepustnosť. Pre obmedzenie optických strát pohltených žiarením v materiáli zasklenia sa využíva sklo s veľmi nízkym obsahom oxidu železa tzv. solárne sklo, u ktorého sa pohltenie slnečného žiarenia v materiáli na optickej strate podieľa menej ako 1%. Straty odrazom možno znížiť aplikáciou vrstiev materiálu s veľmi nízkym indexom lomu, tzv. antireflexným povlakom. (Ladener, Späte, 2003) Bežné antireflexné povlaky zlepšujú priepustnosť slnečného žiarenia jednoduchého zasklenia o 4 - 5% pri normálnom uhle dopadu, ak sú aplikované na oboch povrchoch zasklenia.

Dôležitým prvkom vplyvu zasklenia na priepustnosť slnečného žiarenia je potom uhol dopadu slnečných lúčov. Pre zvýšenie priepustnosti v oblasti vyšších uhlov dopadu sa používa prizmatické zasklenie, najčastejšie s pyramídovými vzormi na vnútornej strane zasklenia. Textúra prizmatického zasklenia funguje ako optický raster, ktorý láme slnečné lúče prichádzajúce pod vysokými uhlami do energeticky výhodnejšieho smeru na absorbér. Vplyv použitia prizmatického zasklenia na sezónnu účinnosť kolektorov sa pohybuje okolo 1%. (Murtinger, Truxa, 2010)

U väčšiny solárnych kolektorov dostupných na trhu sa používa jednoduché zasklenie, ktoré vymedzuje vzduchovú medzeru pred absorbérom. Predná strana kolektora vzhľadom k nízkemu tepelnému odporu vzduchovej medzery v porovnaní s ostatnými tepelne izolovanými časťami kolektora je najslabším miestom, ktorým uniká okolo 75% tepla z kolektora pri bežnej konštrukcii. Tepelný odpor je možné zvýšiť znásobením zasklenia. Na druhej strane sa zníži aj celková priepustnosť slnečnej energie a zvýši sa počet rozhraní sklo na vzduch, na ktorých dochádza k odrazu žiarenia. Je otázkou optimalizácie konštrukcie kolektora, či je výhodnejšie znížiť tepelnú stratu kolektora za cenu zhoršenia jeho optických vlastností. (Cenek, 2001)



Obrázok 1 Prierez solárnym kolektorom

Absorbér môže byť vyrobený ako celoplošný alebo vo forme jednotlivých lamiel. Z hľadiska vplyvu na účinnosť kolektora nie je medzi oboma geometriami rozdiel. Zásadným parametrom pre konštrukciu absorbéra je jeho hrúbka, ktorá ovplyvňuje účinnosť kolektora v celom prevádzkovom rozsahu. Pre zaistenie vysokej účinnosti odvodu tepla z povrchu absorbéra sa využívajú absorbéry s vysokou tepelnou vodivosťou, u ktorých je potom možné použiť malé hrúbky absorbéra. V prípade použitia plastových absorbérov s veľmi nízkou tepelnou vodivosťou je nutné použiť väčšiu hrúbku absorpčného povrchu až niekoľko mm. (Quaschnig, 2010)

Podobný vplyv ako materiál a jeho hrúbka na účinnosť absorbéra má aj jeho povrch. Na povrchu absorbéra dochádza k priamej premene slnečného žiarenia na teplo pohltením. Povrch preto musí byť vysoko pohltivý v oblasti vlnových dĺžok slnečného žiarenia a mať nízku emisivitu v oblasti infračerveného žiarenia. Takéto povrchy sa nazývajú spektrálne selektívne a sú využívané vo väčšine solárnych termických kolektorov v celoročne prevádzkovaných solárnych sústavách. (Murtinger, 2008)

Skriňa kolektora je nosnou konštrukciou, v ktorej sú uchytené ostatné časti kolektora a to zasklenie, absorbér s rúrkovým registrom a tepelná izolácia. Je vyrobená ako výlisok alebo zložená z profilov a podľa potreby vyplnená tepelnou izoláciou. Lisovaná skriňa je tesná a vnútorné časti kolektora sú chránené pred možnou degradáciou vplyvom vlhkosti. Skriňa zložená z profilov tesná nie je a je opatrená vetracími otvormi pre odvod vlhkosti proti zamedzeniu roseniu. (Themessl, Weiss, 2005) Tepelná izolácia je použitá pre minimalizáciu tepelnej straty. Zadná strana kolektorovej strany kolektorovej skrine musí byť odolná extrémnym teplotám, ktoré sa môžu vyskytnúť najmä pri stave bez odberu tepla. V bežných solárnych kolektoroch sa maximálne teploty v kontakte s izoláciou môžu pohybovať od 140°C do 250°C. Ako tepelná izolácia sa používa minerálna sklená vlna alebo polyuretánová pena. (Quaschnig, 2010)

1 MATERIÁLY A METÓDY

Výpočet slnečného tepelného systému bol vykonaný podľa Cihelky. Použili sa údaje Slovenského hydrometeorologického ústavu z roku 2019.

Základné parametre solárneho systému:

Orientácia kolektorov..... juh/ juhozápad
Sklon kolektorov..... 45°
Objem zásobníka..... VZ = 200 l
Vstupná teplota vody..... t₁ = 10°C
Výstupná teplota vody..... t₂ = 50 °C
Stredná teplota..... t_S = 30 °C
Hustota vody..... ρ_{H₂O} = 995,6 kgm⁻³ (pri strednej teplote t_S = 30°C)
Merná tepelná kapacita vody..... c_{H₂O} = 4180 Jkg⁻¹K⁻¹

Výpočet:

Spotreba tepla na ohrev daného množstva vody

$$Q = c_{H_2O} \cdot \rho_{H_2O} \cdot V_z \cdot (t_2 - t_1) = 4180 \cdot 995,6 \cdot 0,2 \cdot (50 - 10) = 33292864 \text{ J}$$

$$Q = 33292864 + 3600 = 9248 \text{ Wh} = 9,248 \text{ kWh}$$

Straty (10%)

$$Q_{\text{spot}} = 1,1 \cdot Q = 1,1 \cdot 9,248 = 10,173 \text{ kWh}$$

Denná energia dopadajúca na plochu 1 m²

Teoreticky možná energia dopadajúca za deň $Q_{\text{Sdeň.teor.}}$ (kWhm⁻²) na plochu sklonenú pod uhlom 45° pre okrajové mesiace IV. a IX. (platí pre 50° severnej šírky a súčiniteľ znečistenia atmosféry $Z = 3$)

Apríl

$$Q_{\text{Sdeň.teor.}} = 8,06 \text{ kWhm}^{-2}$$

September

$$Q_{\text{Sdeň.teor.}} = 6,7 \text{ kWhm}^{-2}$$

Tabuľka 2 Teoreticky možná energia dopadajúca za deň na plochu v jednotlivých mesiacoch

Uhol sklonu osvetlenej plochy α	Teoreticky možná energia dopadajúca za deň na plochu v jednotlivých mesiacoch						
	XII.	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
		XI.	X.	IX.	VIII.	VII.	VI.
Azimutový uhol osvetlenej plochy $\alpha_s = \pm 0^\circ$ (orientácia na juhozápad)							
0°	1,09	1,55	2,74	4,93	6,73	8,38	9,16
15°	1,78	2,30	3,75	5,82	7,50	9,12	9,76
30°	2,35	2,96	4,48	6,44	7,98	9,56	9,98
45°	2,70	3,40	4,96	6,70	8,06	9,42	9,64
60°	3,00	3,71	5,26	6,54	7,41	8,09	8,48
75°	3,08	3,90	5,32	6,24	6,44	6,44	6,44
90°	3,11	3,96	5,00	5,56	5,19	4,49	4,31

Priemerná doba slnečného svitu pre Zvolen

Použité informácie vychádzajú z údajov SHMÚ z letiska Sliač kde sa nachádza meteorologická stanica. Tieto údaje sú z roku 2019.

Apríl

$$\tau_s = 0,39$$

September

$$\tau_s = 0,50$$

Tabuľka 3 Trvanie slnečného svitu za rok 2019 na mernej stanici v Sliači (SHMU)

Mesiace	Počet hodín slnečného svitu za deň (hod)
Január	8

Február	9
Marec	11
Apríl	13
Máj	14,5
Jún	16
Júl	16
August	15
September	13
Október	11,5
November	10
December	8

Skutočná dopadajúca energia

$$Q_{\text{Sdeň..}} = \tau_s \cdot Q_{\text{Sdeň.teor.}}$$

Apríl

$$Q_{\text{Sdeň..}} = 0,39 \cdot 7,98 = \mathbf{3,11 \text{ kWhm}^{-2}}$$

September

$$Q_{\text{Sdeň..}} = 0,50 \cdot 6,44 = \mathbf{3,22 \text{ kWhm}^{-2}}$$

Stredná teplota vzduchu v čase slnečného svitu pre Zvolen

Apríl

$$t_v = \mathbf{12^{\circ}\text{C}}$$

September

$$t_v = \mathbf{18,5^{\circ}\text{C}}$$

Tabuľka 4 Priemerná denná teplota vzduchu za rok 2019 na mernej stanici v Sliachi (SHMU)

Mesiace	Priemerná denná teplota vzduchu za deň v °C
Január	-2
Február	-3
Marec	0
Apríl	8
Máj	13,5

Jún	15
Júl	19
August	21
September	15
Október	13
November	5
December	1

Stredná intenzita žiarenia

Apríl

$$I_{\text{str}} = 580 \text{ Wm}^{-2}$$

September

$$I_{\text{str}} = 554 \text{ Wm}^{-2}$$

Účinnosť kolektorov s jedným krycím sklom

$$\eta_A = 0,85 - 6 \cdot \frac{t_s - t_v}{I_{\text{str}}}$$

Apríl

$$\eta_A = 0,85 - 6 \cdot \frac{30 - 12}{574} = 0,664$$

September

$$\eta_A = 0,85 - 6 \cdot \frac{30 - 18,5}{537} = 0,726$$

Reálna energia zachytená 1 m² slnečného kolektora

$$Q_{\text{Sdeň.real.}} = \eta_A \cdot Q_{\text{Sdeň.}}$$

Apríl

$$Q_{\text{Sdeň.real.}} = 0,662 \cdot 3,11 = 2,065 \text{ kWhm}^{-2}$$

September

$$Q_{\text{Sdeň.real.}} = 0,722 \cdot 3,22 = 2,334 \text{ kWhm}^{-2}$$

Výsledná plocha slnečného kolektora

Apríl

$$S = \frac{Q_{\text{spot}}}{Q_{\text{Sdeň.real.}}} = \frac{101,173}{2,059} = 4,926 \text{ m}^2$$

September

$$S = \frac{Q_{\text{spot}}}{Q_{\text{Sdeň.real.}}} = \frac{101,173}{2,325} = 4,359 \text{ m}^2$$

Apríl

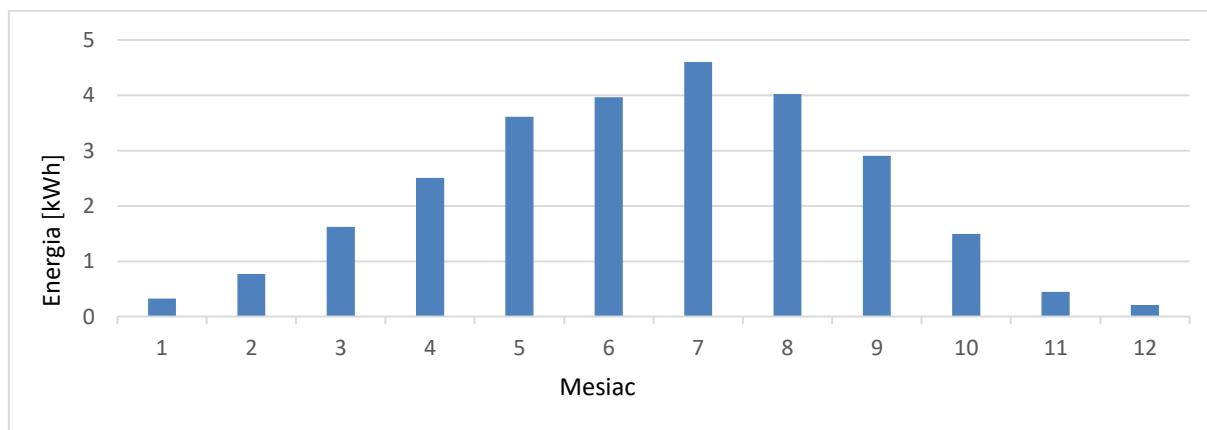
$$S = \frac{Q_{\text{spot}}}{Q_{\text{Sdeň.teo.mož.}}} = \frac{Q_{\text{spot}}}{\eta_A \cdot Q_{\text{Sdeň.teor.}}} = \frac{10,173}{0,662 \cdot 7,98} = 1,9 \text{ m}^2$$

September

$$S = \frac{Q_{\text{spot}}}{Q_{\text{Sdeň.teo.mož.}}} = \frac{Q_{\text{spot}}}{\eta_A \cdot Q_{\text{Sdeň.teor.}}} = \frac{10,173}{0,722 \cdot 6,44} = 2,09 \text{ m}^2$$

2 VÝSLEDKY A DISKUSIA

Na základe vstupných parametrov bola vypočítaná výsledná plocha slnečného kolektora, podľa ktorej je možné vybrať slnečný kolektor na ohrev vody. Energia potrebná na ohrev daného množstva vody za mesiac sa pohybuje okolo 300 kWh. Počas šiestich mesiacov (IV až IX) dodávajú potrebnú energiu iba solárne panely (obr. 2). V okrajových mesiacoch (III. A X.) je už potrebné dodatočný ohrev. V zimných mesiacoch je energia solárnych panelov takmer nulová, čo potvrdzuje potrebu sekundárneho zdroja tepla.



Obrázok č. 2 Ročná energetická bilancia

Klenovčanová (2006) hovorí o priamom a nepriamom využívaní slnečnej energie. Na priame aktívne využitie slnečnej energie slúžia slnečné kolektory alebo fotovoltaiické články. Tiež priamo, ale pasívne, využíva takzvané slnečné žiarenie. slnečná architektúra. Autori však hovoria aj o nepriamom využívaní slnečnej energie, vo forme pohybu vodných tokov a vzdušných hmôt alebo vo forme výroby biomasy. Technickým využitím slnečného žiarenia sa podrobnejšie zaoberá špecializované oddelenie, takzvaná heliotechnika. (Rapšík, 2004)

Libra (2006) napríklad schematizuje aj možnosti využitia slnečnej energie na podobnom princípe, keď hovorí o aktívnom využívaní slnečnej energie pri výrobe tepla slnečnými kolektormi alebo elektriny fotovoltaiickými článkami a solárno-tepelnej premene. Potom hovorí o pasívnom využití pri premene slnečného žiarenia zachyteného stavebnými štruktúrami na teplo.

Podľa Augusta (2001) sa počas viac ako päťdesiatich rokov vývoja využívania slnečnej energie našlo veľa možností jej využitia, ale prax naznačuje, že sa ich dnes skutočne používa len relatívne málo.

3 ZÁVER

Na základe vstupných údajov a výpočtov je možné určiť veľkosť plochy slnečného kolektora na ohrev teplej úžitkovej vody v 200 l zásobníku. Pri výpočtoch boli použité aj údaje Slovenského hydrometeorologického ústavu z roku 2019. Na základe vypočítanej konečnej plochy bola vyhotovená ročná energetická bilancia. Podľa energetickej bilancie (obr. 2) je zrejmé, že najmä v zimných mesiacoch slnečný kolektor nedokáže pokryť potrebnú energiu na ohrev vody a preto je nevyhnutné aj sekundárne vykurovanie.

LITERATÚRA

- AUGUSTA, P. 2001. *A great book on energy*. Praha: L.A. Consulting Agency, 2001. 384 s. ISBN 80-238-6578-1.
- CENEK, M. 2001. *Renewable energy sources*. Praha: FCC Public, 2001. 208 s. ISBN 80-901985-8-9.
- CIHELKA, Jaromír. *Solar thermal technology*. 1.vydání. Praha : T.Malina, 1994. 208 s. ISBN 80-900759-5-9.
- KLENOVČANOVÁ, A., IMRIŠ, I. 2006. *Energy sources and transformations*. Prešov: ManaCon, 2006. 492 s. ISBN 80-89040-29-2.
- LADENER, H. SPÄTE F. 2003. *Solar equipment*. Praha: Grada Publishing, 2003. 267 s. ISBN 80-247-0362-9.
- LIBRA, M. 2006. *Energy sources and uses*. Praha: ČZU, 2006. 141 s. ISBN 80-213-1550-4.
- MURTINGER, K., TRUXA, J. 2010. *Solar energy for your house*. Brno: Computer Press, 2010, 107 s. ISBN 978-80-251-3241-8.
- QUASCHNING, V. 2010. *Renewable energy sources*. Praha: Grada, 2010. 296 s. ISBN 978-80-247-3250-3.
- RAPŠÍK, M. 2004. *Basics of energy I*. Bratislava: Vydavateľstvo STU, 2004. 202 s. ISBN 80-227-2074-7.
- THEMESSL, A., WEISS, W. 2005. *Solar systems - Design and construction of self-help*. Grada, 2005. 120 s. ISBN: 8024705893.
- ZAPLETAL V. 2004. *Environmental economy*. Bratislava: Mercury, 2004. 141 s. ISBN 80-89143-13-X

Pod'akovanie: Príspevok vznikol s finančnou podporou Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu Slovenskej republiky v rámci projektu VEGA 1/0086/18 Výskum teplotných polí v sústave tvarovaných teplovýmenných povrchov.

Kontaktná adresa:

Ing. Tomáš Kuvik, PhD., Faculty of Technology, Technical University in Zvolen, Slovakia, t.kuvik14@gmail.com; Tel.: 045/5206550



NÁVRH A ZHOTOVENIE NOVÉHO KONŠTRUKČNÉHO TYPU VÍROVÉHO ODLUČOVAČA PRE SEPARÁCIU TUHÝCH ZNEČISŤUJÚCICH LÁTKO

A NEW CONCEPT OF VORTEX SEPARATOR FOR THE SOLID POLLUTANT SEPARATION

Marek LIPNICKÝ – Zuzana BRODNIANSKÁ

ABSTRAKT: Príspevok sa zaoberá návrhom a zhotovením nového konštrukčného typu vírového odlučovača s vlastným odťahovým systémom za účelom zvýšenia odlučivosti tuhých znečisťujúcich látok (TZL) nad úroveň 95 %. Návrh moderných filtračných a separačných zariadení je založený na stanovení racionálnych energetických, prevádzkových a geometrických parametrov, ktoré určujú presnosť ich návrhu. Na vírovom odlučovači boli zrealizované merania účinnosti odlučovania TZL a vypočítané prietokové množstvá vzduchu v jeho vstupnom a výstupnom potrubí. Odlučivosť nového vírového odlučovača bola stanovená pre rôzne druhy vzoriek (buk, smrek, dub) a rôzne frakcie (4 mm, 2 mm, 1 mm, 0,6 mm, 0,125 mm, <0,125 mm) po pílení dreva. Odlučivosť vírových odlučovačov vo všeobecnosti rastie s veľkosťou nasávaných frakcií, čo sa nám podarilo experimentálne potvrdiť. Najvyššia účinnosť odlučovania 99,98 % bola dosiahnutá pre najväčšie častice dreveného odpadu veľkosti 4 mm. Najnižšia účinnosť 97,25 % bola zaznamenaná pre najmenšie (prachové) častice duba o veľkosti <0,125 mm. Prostredníctvom modelovej zostavy možno jasnejšie pochopiť princíp odlučovania TZL a funkciu komponentov vírového odlučovača.

Kľúčové slová: vírový odlučovač, tuhá znečisťujúca látka, odlučivosť, frakcia, ventilátor

ABSTRACT: The paper deals with the design and construction of a new design type of vortex separator with its own extraction system in order to increase the separation of solid pollutant above the level of 95%. The design of modern filtration and separation equipment is based on the determination of rational energy, operating and geometric parameters that determine the accuracy of their design. Measurements of the efficiency separation were performed on the vortex separator and the flow rates of air in its inlet and outlet pipes were calculated. The separability of the new vortex separator was determined for different types of samples (beech, spruce, oak) and different fractions (4 mm, 2 mm, 1 mm, 0.6 mm, 0.125 mm, <0.125 mm) after sawing wood. The separability of vortex separators generally increases with the size of the aspirated fractions, which we were able to confirm experimentally. The highest separation efficiency of 99.98% was achieved for the largest wood waste particles of size 4 mm. The lowest efficiency of 97.25% was recorded for the smallest (dust) oak particles with a size <0.125 mm. The principle of TZL separation and the function of the vortex separator components can be more clearly understood by means of the model set.

Key words: vortex separator, total suspended particle, separability, fraction, fan

ÚVOD

Práva a povinnosti, ale tiež požiadavky Európskej Únie určuje Zákon č.137/2010 Z. z o ochrane ovzdušia pred vnášaním tuhých a plyných znečisťujúcich látok do ovzdušia. Aby sme boli schopní splňať emisné limity a chránili životné prostredie, je dôležité navrhovať a využívať odlučovacie zariadenia zachytávajúce znečisťujúce látky čo v najvyššej miere. Podľa zákona č.137/2010 Z. z o ochrane ovzdušia platí, že pri výstavbe nových zariadení, pri ktorých je predpoklad, že môžu byť zdrojom znečisťovania ovzdušia, sa musia voliť najlepšie

dostupné technológie s prihliadnutím, aby boli výdavky primerané na ich obstaranie a prevádzku. Toto isté platí aj pri modernizácii už existujúcich prevádzok. K zariadeniam, ktoré napomáhajú obmedzovaniu úniku tuhých znečisťujúcich látok (TZL) do ovzdušia nepochybne patria odlučovacie zariadenia; medzi najrozšírenejší typ suchého mechanického odlučovača patrí vírový odlučovač (cyklón).

Vírový odlučovač je jedným z najbežnejšie používaných zariadení na separačný proces kvôli svojej jednoduchej konštrukcii a nižším konštrukčným a prevádzkovým nákladom. Existuje veľa geometrických a prevádzkových parametrov ovplyvňujúcich proces separácie a výkon vírového odlučovača, ktoré zahŕňajú hlavne účinnosť zachytávania a pokles tlaku. Začínajúc (Alexander, 1949) sa uskutočnilo množstvo štúdií na zlepšenie výkonnosti vírových odlučovačov vyhodnotením účinkov geometrických a prevádzkových parametrov. Boli tu podrobne skúmané zmena konštrukcie vstupu a geometrie vstupu na výkon odlučovača. Vplyv rozmerov vstupu na prietok a výkon odlučovača skúmali výpočtovo (Elsayed & Lacour, 2011). Zistili, že účinok zmeny šírky vstupu je významnejší ako výška vstupu, najmä kvôli efektívnosti zberu. Vstupná oblasť je jedným z relevantných parametrov ovplyvňujúcich prirodzenú dĺžku víru (Alexander, 1949), (Cortés & Gil, 2007) a (Arci et al. 2013) v porovnaní s výkonnosťou dvoch typov odlučovačov s konvenčnými jednoduchými vstupmi a špirálovými dvojitémi vstupmi. Numerické výsledky ukazujú, že vírový odlučovač nového typu používajúci špirálovitý dvojité vstup môže zlepšiť symetriu toku plynu a zvýšiť účinnosť separácie častíc. Účinok vstupného prierezu bol testovaný (Qian & Wu, 2009). Autori (Erdal & Shirazi, 2006) tiež skúmali vplyv troch rôznych geometrií vstupu (jeden sklonený vstup, dva sklonené vstupy a postupne zmenšená vstupná dýza) na správanie prietoku. Autori (Zhao et al. 2004) skúmali a porovnávali tri vírové odlučovače s rôznou geometriou vstupu – tangenciálny jednoduchý vstup, priamy symetrický špirálový vstup a zužujúci sa symetrický špirálový vstup. Vplyvy rozmeru kužeľa na priebeh prúdenia a výkon odlučovača boli skúmané autormi (Chuah et al. 2006) a (Xiang et al. 2011). Autori (Qian et al. 2006), (Kaya & Karagoz, 2009) skúmali vplyv kužeľa predĺženého zvislou trubicou na separačný výkon odlučovača. Skúmaný bol tiež vplyv protikužeľa v spodnej časti na výkon odlučovača (Yoshida et al. 2010), (Kepa, 2012).

Vplyvom tvaru a priemeru prepadového potrubia (výstupného hrdla) na výkon odlučovača sa zaoberali mnohé výskumy. Autori (Xiang & Lee, 2008) dokázali, že tangenciálna rýchlosť sa zvyšuje so znižovaním priemeru potrubia, čo vedie k vyššej účinnosti zachytávania častíc a pokles tlaku nastáva s rastúcim priemerom potrubia. Účinnosť separácie a pokles tlaku upraveného vírového odlučovača s nosným odťahovým potrubím pri rôznych hĺbkach vsadenia tohto potrubia do odlučovača, sklonených orientáciách a uhloch boli vykonané autormi (Chen & Liu, 2010). V literatúre sa navyše uvažovalo aj o ďalších parametroch. Napríklad výšku odlučovača študoval (Hoffman et al. 2001) a (Safikhani et al. 2010). Rôzne typy vložených tyčiniek do odlučovača na zníženie tlakovej straty riešili (Farahani et al. 2011). Výkonnosť štvorcových odlučovačov skúmali (Su & Mao, 2006), (Safikhani et al. 2011) a (Su et al. 2011). Autori (Kim et al. 2001) pracovali na odlučovači s rôznymi tvarmi plášťa vrátane hladkého povrchu plášťa, špirálovitého vedenia na plášti, obvodovo drážkovaného plášťa a vertikálne drážkovaného plášťa. Výsledky ukázali, že špirálovité vedenie môže pomôcť zvýšiť účinnosť zachytávania častíc pri nízkych prietokoch. Avšak pri vyšších prietokoch už toto vedenie nehrá dôležitú úlohu v účinnosti odlučovania. Výskumníci venovali pozornosť aj optimalizácii rozmerov konvenčného cyklónu. Optimalizáciu geometrie cyklónu pre minimalizáciu poklesu tlaku pomocou matematických modelov a CFD simulácií vykonali (Elsayed & Lacor, 2012).

V literatúre je popísané množstvo rôznych návrhov vírových odlučovačov. Jedným z nich je dvojité odlučovač, ktorý skúmali autori (Zhu et al. 2001; Lim et al. 2004). Autori (Wang et al. 2010) vyvinuli a študovali ďalší typ nazývaný „circumfluent cyclone“.

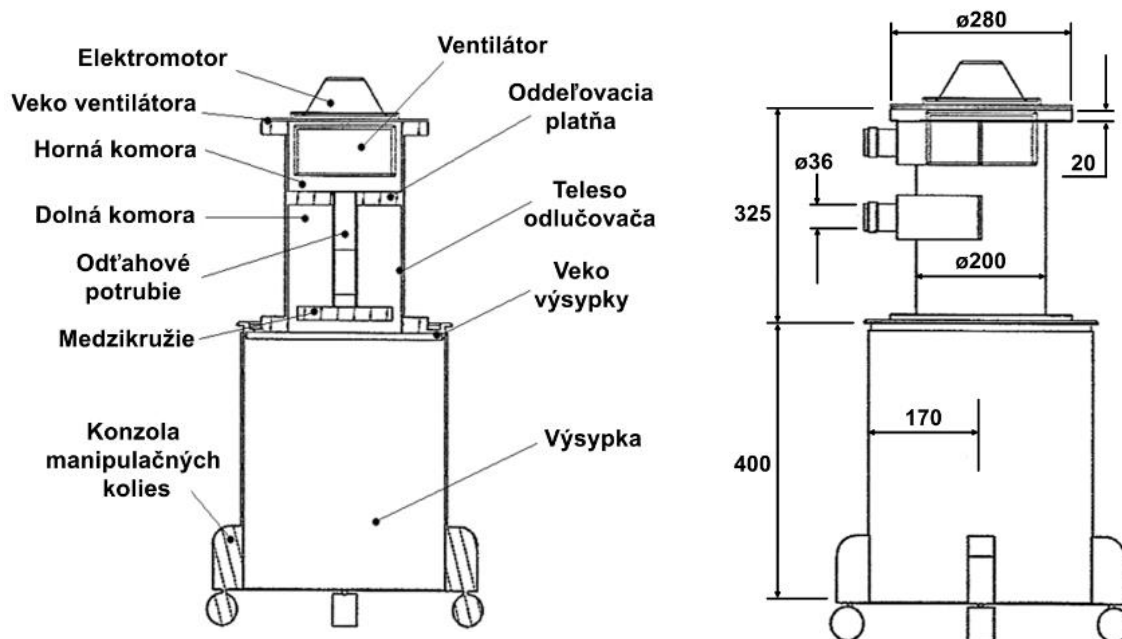
Experimentálne skúmali jeho separačnú účinnosť, distribúciu tlaku a porovnali jeho vlastnosti s konvenčným cyklónom. Výsledky ukázali, že účinnosť odlučovania tohto cyklónu je vyššia o 8 % v porovnaní s konvenčným cyklónom v rozmedzí vstupných rýchlostí 12 – 26 m/s a pokles tlaku v tomto cyklóne je iba polovičný alebo tretinový od konvenčného cyklónu. Návrhom a hodnotením výkonu nového vírového odlučovača sa zaoberali autori (Karagoz et al. 2013). Ich návrh je založený na myšlienke zlepšenia účinnosti zvýšením dĺžky víru. Nový návrh sa odlišuje od klasického vírového odlučovača separačným priestorom. Namiesto kužeľovej časti pozostáva separačný priestor z valca a obmedzovača vírenia. Po zhotovení funkčného modelu nového typu bola sledovaná účinnosť odlučovania a pokles tlaku za rôznych prevádzkových podmienok. Experimentálne výsledky boli porovnané s výsledkami pre klasický cyklón. Skúmali tiež účinky polohy obmedzovača vírenia na výkon odlučovača. Pohyblivý obmedzovač vírenia umožňuje upraviť dĺžku vírov podľa vstupnej rýchlosti, aby sa dosiahla vysoká účinnosť.

Účinky rozmerov prepádového potrubia na prirodzenú dĺžku vírov v novom type vírového odlučovača skúmali (Tan et al. 2016). Zdôraznili, že tvar a štruktúra víru vo vnútri odlučovača je pre jeho účinnosť veľmi dôležitá (pretože riadi proces odlučovania). Na ich výskum použili valcovitý cyklón bez kužeľového dna. Výsledky ukázali, že zvýšenie výšky cyklónu, t. j. trecieho povrchu vedie k zmenšeniu dĺžky víru. Ukázalo sa tiež, že priemer a dĺžka prepádového potrubia nepriaznivo ovplyvňujú dĺžku vírov. Príspevok autorov (Haake et al. 2020) uvádza experimentálne a číselné výsledky získané z vírového odlučovača typu plynná – tuhá znečisťujúca látka, v ktorom je klasický kužeľovitý tvar zariadenia nahradený väčšou štvorcovou komorou, kde sa môže vír voľne rozvíjať. Analyzovali jednofázové aj viacfázové toky. V druhom prípade sa uvažovalo s veľmi malými koncentráciami častíc, medzi 100 – 500 mg/m³. V porovnaní s klasickými cyklónovými odlučovačmi vykazovala nová geometria výhody z hľadiska výkonu (napr. menší pokles tlaku). Do odlučovača zaviedli platňu obmedzujúcu vírenie, aby bola umožnená zmena súvislej štruktúry a zaručila sa prirodzená dĺžka vírivého toku podľa rýchlosti vstupu do odlučovača. Hodnotením výkonnosti priemyselného cyklónového odlučovača s novým prepádovým potrubím sa zaoberali autori (Fu et al. 2021). Prepádové potrubie bolo navrhnuté s drážkami na stene, aby sa zlepšil výkon odlučovača. Analyzovala sa účinnosť odlučovania, pokles tlaku a prietok. Pokles tlaku sa znížil až na 27,9 % v porovnaní s konvenčným odlučovačom a maximálne zvýšenie odlučivosti bolo o 5,45 %. Numerické a experimentálne výsledky naznačujú, že drážkované prepádové potrubie umožňuje optimalizáciu výkonu odlučivosti (napr. vyššia účinnosť odlučovania, nižší pokles tlaku).

V tomto príspevku sme sa zamerali na vývoj a vyhotovenie nového konštrukčného typu valcového odlučovača, na ktorom boli následne uskutočnené merania odlučivosti pre rôzne druhy a frakcie vzoriek dreva po pílení. Cieľom návrhu bolo vyhotovenie takého konštrukčného typu vírového odlučovača, ktorého účinnosť odlučovania bude dosahovať hodnoty vyššie ako 95 %. Okrem toho, rozoberateľný funkčný model vírového odlučovača spĺňa aj požiadavky edukačnej pomôcky.

1 MATERIÁL A METÓDY

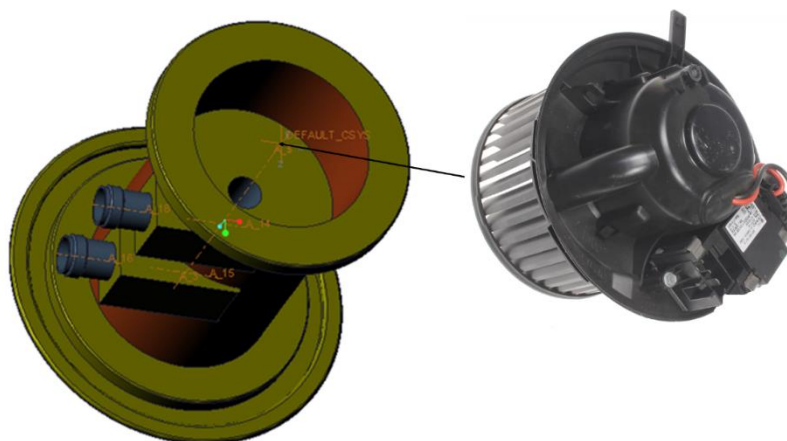
Tvorba modelovej zostavy vírového odlučovača začala vyhotovením návrhu odlučovača a jeho komponentov s hlavnými rozmermi uvedenými na Obrázku 1. Návrh odlučovača bol vyhotovený v programe Creo Parametric 3.0.1.0.



Obrázok 1 Hlavné komponenty vírového odlučovača s rozmermi

Medzi hlavné „nosné“ prvky odlučovača patrí: kanalizačné potrubie DN 200, ktoré bolo využité na teleso odlučovača, ďalej to boli kanalizačné rúrky a kolená DN 40, ktoré boli využité na vstupné a výstupné potrubie, a tak isto aj ako vnútorné odtáhové potrubie vyčisteného plynu. Do vstupného potrubia bola osadená flexi hadica o vonkajšom priemere $\varnothing 36$ mm pre nasávanie frakcií. Na výrobu medzikruží a prepážok bola použitá drevotriesková doska o hrúbke 20 mm. Vedenie vstupného a výstupného potrubia bolo vyrobené z preglejky o hrúbke 15 mm (Obrázok 1).

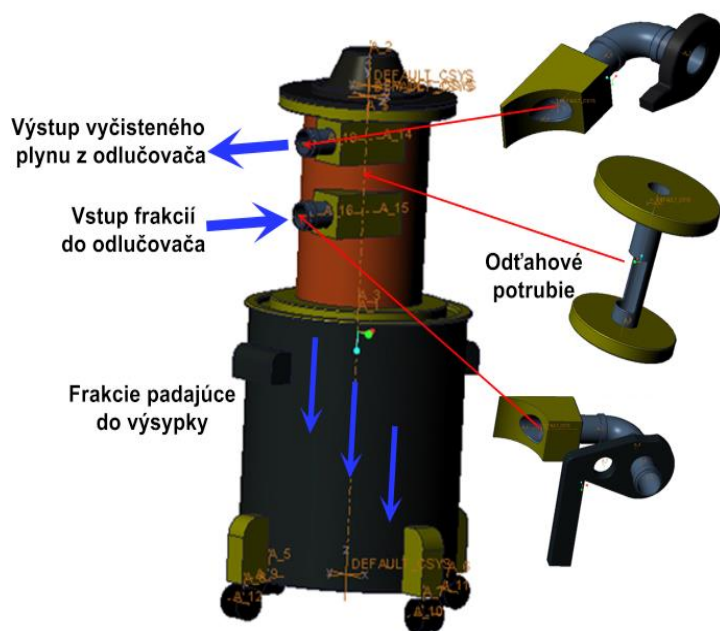
Odtáhový systém pre nasávanie TZL do odlučovača pozostáva z ventilátora, a na tento účel bol použitý ventilátor kúrenia zo Škody Octavia druhej generácie (Obrázok 2).



Obrázok 2 Osadenie odtáhového ventilátora TZL v telese odlučovača

Odtáhový ventilátor je uložený vo veku ventilátora z plexiskla. Pohon ventilátora je zabezpečený počítačovým 12 V zdrojom, ktorý bol po upravení elektrického zapojenia vhodný na jeho pohon. Po úprave možno zdroj využívať pre reguláciu výkonu ventilátora a to 5 V a 12 V. Na zdroj je ďalej zapojený LED pás, ktorý je umiestnený v telese odlučovača a je osadený na medzikružie. LED pás zabezpečoval osvetlenie vnútra odlučovača počas dokumentovania procesu odlučovania použitím outdoorovej kamery LAMAX. Na výrobu zbernej nádoby

(výsypky) odlúčených častíc je použité uzatvárateľné vedro o objeme 40 l, ku ktorému boli na konci pripevnené otočné kolieska pre lepšiu manipuláciu s celou modelovou zostavou.



Obrázok 3 Princíp činnosti zostrojenej modelovej zostavy vírového odlučovača

Princíp činnosti nového typu vírového odlučovača je znázornený na Obrázku 3. Vírový odlučovač pracuje na odstredivom a zotrvačnom princípe dvojitého víru vo vnútri telesa. Počas odlučovania častíc a ich vyprázdňovania pôsobí aj gravitačná sila. Privádzaný plyn s tuhými znečisťujúcimi látkami je vstupným potrubím uvádzaný do vírivého skrutkového pohybu, ktorý následne vytvára odstredivú silu a odlúčenie častíc. Častice sa zhromažďujú pri stene valcovej komory a pohybujú sa vplyvom pôsobenia gravitačnej sily smerom dolu blízko vnútorného povrchu valcovej časti odlučovača. Pri dne sa plyn otáča a krúži smerom hore odtáhovým potrubím, a v jeho hornej časti vychádza výstupným potrubím von, alebo k ďalšiemu dočisteniu (filtračná textília).

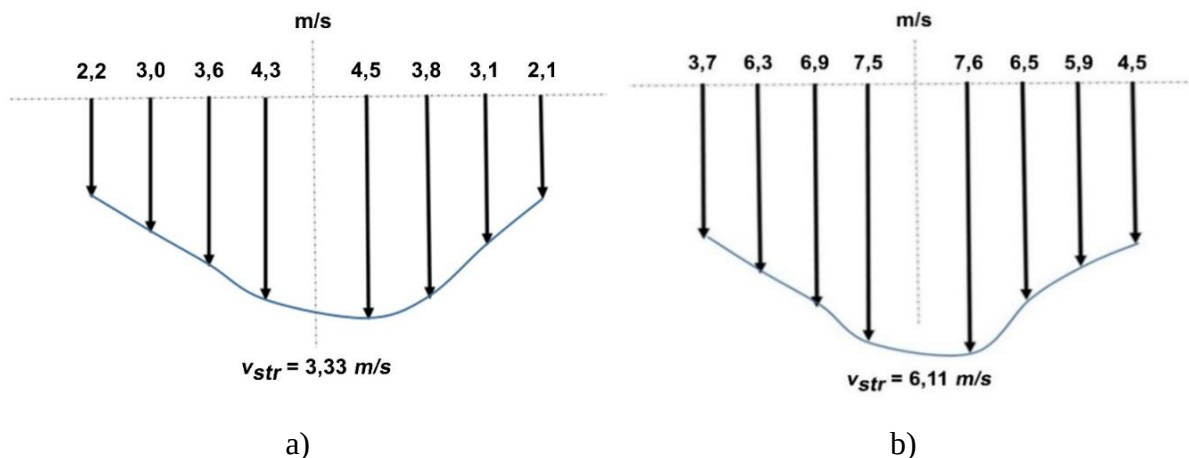
Odlučivosť cyklónov je vo všeobecnosti približne 90 – 95 % pre častice s priemerom nad 10 μm pri hustote vyššej ako 1000 kg.m^{-3} a hustote plynu $1,0 \text{ kg.m}^{-3}$. Z tohto dôvodu sú cyklóny v dnešnej dobe používané zvyčajne ako predodlučovače, alebo sa používajú aj pri vysokej vstupnej koncentrácii TZL. Častice menšie ako 1 μm majú cyklóny problém zachytiť. Dočistenie plynu potom možno zrealizovať v iných typoch odlučovačov s vyššou odlučivosťou, ako napr. textilné filtre. Odlučivosť vírových odlučovačov sa zvyšuje s veľkosťou častíc, výškou telesa odlučovača, vstupnou rýchlosťou, obsahom prachových častíc, drsnosťou vnútornej steny odlučovača, pomerom priemeru telesa odlučovača k priemeru odtáhového potrubia a počtom obehov pri odlučovaní zmesi po vnútornej stene vírového odlučovača.

2 VÝSLEDKY A DISKUSIA

2.1 Určenie prietokového množstva vzduchu na vstupnom a výstupnom potrubí

Na Obrázku 4 sú zobrazené rýchlostné profily prúdiaceho vzduchu vo vstupnom potrubí (Obrázok 4a) a vo výstupnom potrubí (Obrázok 4b) vírového odlučovača. Pre osem meracích bodov v horizontálnej osi vstupného a výstupného potrubia (DN 36) boli namerané rýchlosti

prúdenia vzduchu, vypočítané stredné rýchlosti prúdenia vzduchu v_{str} , a na základe prierezovej plochy potrubí A boli vypočítané prietokové množstvá vzduchu Q (Tabuľka 1).



Obrázok 4 Rýchlostné profily prúdiaceho vzduchu v potrubíach vírového odlučovača
a) vstupné potrubie, b) výstupné potrubie

Tabuľka 1 Vypočítané parametre prúdiaceho vzduchu na vstupnom a výstupnom potrubí

	v_{str} (m/s)	A (m ²)	Q (m ³ /s)
vstupné potrubie	3,33	0,001017	0,0034
výstupné potrubie	6,11	0,001017	0,0062

2.2 Meranie účinnosti odlučovania nového typu vírového odlučovača

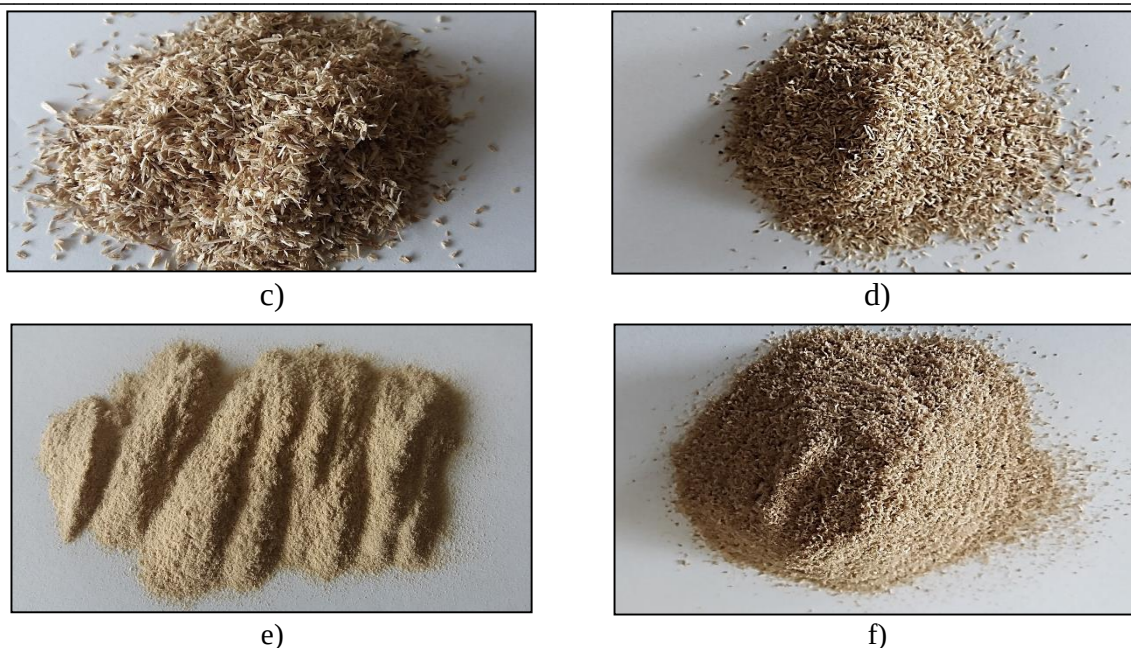
Meranie účinnosti odlučovania nového typu vírového odlučovača bolo realizované pre rôzne druhy vzoriek a frakcií po pílení dreva (Obrázok 5). Vzorky boli roztriedené podľa veľkosti frakcie pomocou vibračného sitovacieho prístroja, ktorý mal sítá s rôznou veľkosťou oka usporiadané nad sebou. Veľkosť oka jednotlivých sít bola zostupne 4 mm, 2 mm, 1 mm, 0,6 mm, 0,125 mm, a spodná nádoba zachytávala frakcie menšie ako 0,125 mm. Pre stanovenie hmotností vzoriek pred odlučovaním a po odlučovaní boli použité váhy Sartorius BP 3100 P (Tabuľka 2). Hmotnosť vzoriek v Tabuľke 2 je vrátane hmotnosti nádoby (370 g).



a)



b)



Obrázok 5 Použité vzorky rôznych frakcií z pílenia dreva

a) Drevný odpad (veľkosť oka sita 4 mm), b) Smrek – rámová píla, pozdĺžne delenie (veľkosť oka sita 2 mm), c) Buk – kotúčová píla (veľkosť oka sita 1 mm), d) Buk – kotúčová píla (veľkosť oka sita 0,6 mm), e) Buk – kotúčová píla, pozdĺžny rez (veľkosť oka sita < 0,125 mm), f) Dub (veľkosť oka sita 0,125 mm)

Tabuľka 2 Stanovenie účinnosti odlučovania pre rôzne frakcie z pílenia dreva

Vzorka (veľkosť oka sita)	Hmotnosť vzorky pred vstupom do odlučovača (g)	Hmotnosť vzorky po odlučovaní v odlučovači (g)	Účinnosť odlučovania (%)
Drevný odpad (4 mm)	379,45	379,39	99,98
Smrek – rámová píla, pozdĺžne delenie (2 mm)	469,02	468,42	99,87
Buk – kotúčová píla (1 mm)	441,62	440,24	99,69
Buk – kotúčová píla (0,6 mm)	460,02	459,17	99,82
Buk – kotúčová píla, pozdĺžny rez (< 0,125 mm)	434,01	422,11	97,25
Dub (0,125 mm)	542,09	535,35	98,76

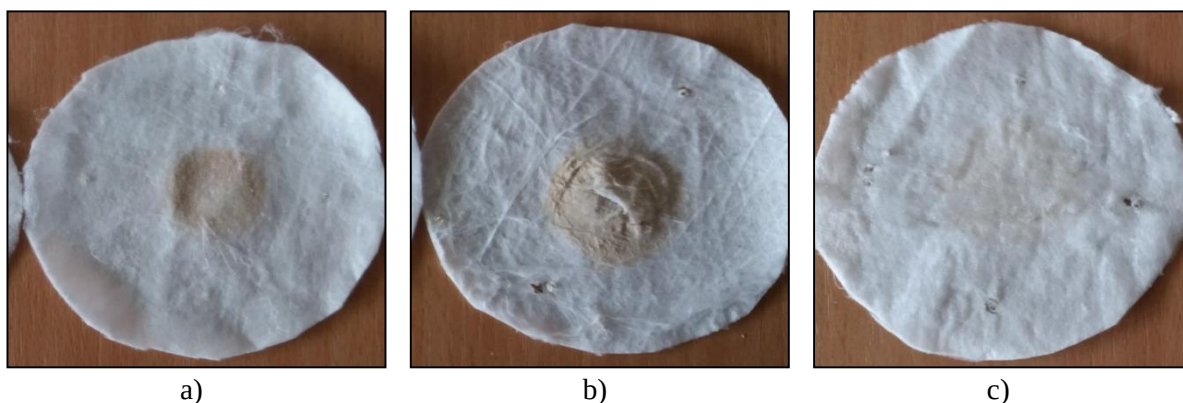
2.3 Meranie s filtračnou textíliou na výstupnom potrubí

Na výstupné potrubie odlučovača bol upevnený filtračný materiál HDJ130W používaný pre kabínové filtre automobilov (Obrázok 6). Filtračný materiál je vyrobený z PET a PP, pričom neobsahuje vrstvu tkaniva fúkaného z taveniny ktorá znižuje priepustnosť vzduchu. Základné parametre použitého filtračného materiálu sú uvedené v Tabuľke 3.

Po 10 minútovom odlučovaní rôznych veľkostí drevného odpadu boli určované hmotnosti filtračnej textílie pred a po odlučovaní (Tabuľka 4).

Tabuľka 3 Technické parametre filtračného materiálu HDJ130W výrobcu HUADI

Základná hmotnosť	110 g/m ² ± 10%
Hrúbka	0,70 mm ± 0,1
Pokles tlaku	< 5 Pa
Účinnosť odlúčenia častíc	PM 1,0 > 85%
	PM 2,5 < 95%
Priepustnosť vzduchu	>2000 l/m ² .s



Obrázok 6 Zanesené filtračné textílie po odlučovaní zmiešaného drevného odpadu rôznych frakcií
a) frakcie menšie < 0,125 mm, b) frakcie o veľkosti 4 mm, c) frakcie o veľkosti 0,125 mm

Tabuľka 4 Stanovenie účinnosti odlučovania pre drevný odpad rôznych frakcií z pílenia dreva pri použití filtračnej textílie

Zmiešaný drevný odpad - veľkosť frakcie	Hmotnosť filtračného materiálu pred odlučovaním (g)	Hmotnosť filtračného materiálu po odlučovaní (g)	Účinnosť odlučovania (%)
< 0,125 mm	0,66	0,71	92,96
4 mm	0,47	0,50	94
0,125 mm	0,67	0,72	93,1

Z porovnania odsávaných vzoriek drevného odpadu pri použití filtračnej textílie a bez jej použitia, možno pozorovať pokles účinnosti odlučovania pri použití filtračnej textílie, čo je spôsobené nízkym výkonom napájacieho zdroja odťahového ventilátora. Filtračná textília na výstupnom potrubí vírového odlučovača spôsobuje tlakové straty, ktoré eliminujú účinnosť procesu odlučovania frakcií. Tlakové straty je možné minimalizovať nahradením nami použitého napájacieho zdroja za zdroj s vyšším výkonom (napr. 12V, 80A), aby bolo možné dosiahnuť vyššie otáčky odťahového ventilátora, čím by sa výrazne zvýšila účinnosť odlučovania (zníženie tlakových strát) s použitím filtračnej textílie.

3 ZÁVER

Ovzdušie je jedným z najviac ohrozených zložiek životného prostredia a má tendenciu neustáleho nárastu znečisťovania. K technickým zariadeniam, ktoré napomáhajú obmedzovať únik tuhých znečisťujúcich látok do ovzdušia, patria určite odlučovacie zariadenia. Cieľom

príspevku bolo navrhnuť a zhotoviť nový model valcového vírového odlučovača a určiť jeho odlučivosť pre rôzne druhy a frakcie z procesu pílenia dreva, a dosiahnuť vyššiu odlučivosť v porovnaní s bežnými cyklónmi (viac ako 95 %). Po vyhotovení a uvedení modelu do funkčnosti boli realizované experimentálne merania, pričom bolo zistené, že pri väčších frakciách je účinnosť odlúčenia vyššia v porovnaní s menšími frakciami. Ako prvé bolo zrealizované experimentálne meranie bez použitia filtračnej textílie na výstupnom potrubí vírového odlučovača. Odlúčením najväčšej vzorky drevného odpadu o veľkosti 4 mm bola výpočtom určená účinnosť odlučovania 99,98 %. Pri odlučovaní smreka, ktorý bol pozdĺžne delený na rámovej pile s veľkosťou jeho frakcií 2 mm, bola vypočítaná účinnosť odlučovania 99,87 %. Pri odlučovaní frakcií buka o veľkosti 1 mm bola zistená účinnosť odlučovania 99,69 %. Frakcie buka boli odlučované aj vo veľkosti 0,6 mm, kde sa dosiahla odlučivosť 99,82 %. Pri odlučovaní duba s veľkosťou frakcie 0,125 mm bola dosiahnutá účinnosť odlučovania 98,76 %. Nakoniec bol odlučovaný buk, ktorý bol skrátenej na kotúčovej pile (pozdĺžny rez) a jeho frakcie dosahovali veľkosť < 0,125 mm, a v tomto prípade dosiahla účinnosť odlučovania 97,25 %. Druhé experimentálne meranie bolo realizované s použitím filtračnej textílie na výstupnom potrubí. Tu sa ukázalo, že pridaním filtračnej textílie dochádza k nárastu tlakových strát, ktoré nepriaznivo ovplyvňujú efektivitu procesu odlučovania. Prvou odlučovanou vzorkou bol zmiešaný drevný odpad (frakcie < 0,125 mm), kde bola dosiahnutá účinnosť odlučovania 92,96 %. Ďalšou vzorkou boli frakcie o veľkosti 4 mm, pri ktorých bola dosiahnutá najvyššia účinnosť odlučovania s použitím filtračnej textílie 94 %. Poslednou vzorkou boli frakcie o veľkosti 0,125 mm, kde bola zistená účinnosť odlučovania 93,1 %. Tlakové straty spôsobené vložením filtračnej textílie do výstupného potrubia vieme minimalizovať použitím výkonnejšieho napájacieho zdroja odťahového ventilátora, čím sa zvýšia otáčky ventilátora a výrazne klesnú tlakové straty, pričom účinnosť odlučovania s použitia filtračnej textílie bude narastať.

LITERATÚRA

- ALEXANDER, R.M., 1949. *Fundamentals of cyclone design and operation*. Proceedings of the Australian Institute of Minerals and Metals, 152–153, 203–228.
- AVCI, A., KARAGOZ, I., & SURMEN, A., 2013. *Development of a new method for evaluating vortex length in reversed flow cyclone separators*. Powder Technology, 235, 460–466. DOI:10.1016/j.powtec.2012.10.058
- CHEN, J., & LIU, X., 2010. Simulation of a modified cyclone separator with a novel exhaust. Separation and Purification Technology, 73, 100–105. DOI:10.1016/j.seppur.2010.03.007
- CHUAH, T. G., GIMBUN, J., & CHOONG, T. S. Y., 2006. *A CFD study of the effect of cone dimensions on sampling aerocyclones performance and hydrodynamics*. Powder Technology, 162, 126–132. DOI:10.1016/j.powtec.2005.12.010
- CORTE´ S, C., & GIL, A., 2007. *Modeling the gas and particle flow inside cyclone separators*. Progress in Energy and Combustion Science, 33(5), 409–452. DOI:10.1016/j.pecs.2007.02.001
- ELSAYED, K., & LACOR, C., 2011. *The effect of cyclone inlet dimensions on the flow pattern and performance*. Applied Mathematical Modelling, 35, 1952–1968. DOI:10.1016/j.apm.2010.11.007
- ELSAYED, K., & LACOR, C., 2012. *Modeling and Pareto optimization of gas cyclone separator performance using RBF type artificial neural networks and genetic algorithms*. Powder Technology, 217, 84–99. DOI:10.1016/j.powtec.2011.10.015

- ERDAL, F.M., & SHIRAZI, S.A., 2006. *Effect of the inlet geometry on the flow in a cylindrical cyclone separator*. Journal of Energy Resources Technology, 128(1), 62–69. DOI:10.1115/ETCE2002/MANU-29110
- FARAHANI, S., NOODE, M., TAHMASBI, V., & SAFIKHANI, H., 2011. *Effects of using ribs on flow pattern and performance of cyclone separators*. Engineering Applications of computational fluid mechanics, 5(2), 180–187. DOI:10.1080/19942060.2011.11015362
- FU, S., ZHOU, F., SUN, G., YUAN, H., ZHU, J., 2021. *Performance evaluation of industrial large-scale cyclone separator with novel vortex finder*. Advanced Powder Technology, 32, 931–939, DOI:10.1016/j.appt.2021.01.033
- HAAKE, J., OGGIAN, T., UTZIG, J., M. ROSA, L., F. MEIER, F., 2020. *Investigation of the pressure drop increase in a square free-vortex cyclonic separator operating at low particle concentration*. Powder Technology, 374 (2020) 95–105, DOI:10.1016/j.powtec.2020.07.008
- HOFFMANN, A. C., DE GROOT, M., PENG, W., DRIES, H. W. A., & KATER, J., 2001. *Advantages and risks in increasing cyclone separator length*. Aiche Journal, 47(11), 2452–2460. DOI:10.1002/aic.690471109
- KAYA, F., & KARAGOZ, I., 2009. *Numerical investigation of performance characteristics of a cyclone prolonged with a dipleg*. Chemical Engineering Journal, 151, 39–45. DOI:10.1016/j.cej.2009.01.040
- KEPA, A., 2012. *The effect of a counter – cone position on cyclone performance*. Separation Science and Technology, 47, 2250–2255.
- QIAN, F., & WU, Y., 2009. *Effects of the inlet section angle on the separation performance of a cyclone*. Chemical Engineering Research and Design, 87(12), 1567–1572. DOI:10.1016/j.cherd.2009.05.001
- QIAN, F., ZHANG, J., & ZHANG, M., 2006. *Effects of the prolonged vertical tube on the separation performance of a cyclone*. Journal of Hazardous Materials, 136, 822–829. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2006.01.028
- SAFIKHANI, H., BEHABADI, M. A. A., SHAMS, M., & RAHIMYAN, M. H., 2010. *Numerical simulation of flow field in three types of standard cyclone separators*. Advanced Powder Technology, 21, 435–442. DOI:10.1016/j.appt.2010.01.002
- SU, Y., ZHENG, A., & ZHAO, B., 2011. *Numerical simulation of effect of inlet configuration on square cyclone separator performance*. Powder Technology, 210(3), 293–303. DOI:10.1016/j.powtec.2011.03.034
- TAN, F., KARAGOZ, I., AVCI, A., 2016. *The effects of Vortex Finder Dimensions on the Natural Vortex Length in a New Cyclone Separator*. Chemical Engineering Communication, 1216–1221, DOI:10.1080/00986445.2016.1160228
- XIANG, R. B., & LEE, K. W., 2008. *Effects of exit tube diameter on the flow field in cyclones*. Particulate Science and Technology, 26, 467–481. DOI:10.1080/02726350802367829
- XIANG, R., PARK, S. H., & LEE, K. W., 2011. *Effects on cone dimension on cyclone performance*. Journal of Aerosol Science, 32, 549–561. DOI:10.1016/S0021-8502(00)00094-X
- WANG, W., ZHANG, P., WANG, L., CHEN, G., LI, J., & LI, X., 2010. *Structure and performance of the circumfluent cyclone*. Powder Technology, 200, 158–163. DOI:10.1016/j.powtec.2010.02.020

YOSHIDA, H., NISHIMURA, Y., FUKUI, K., & YAMAMOTO, T., 2010. *Effect of apex cone shape on fine particle classification of gas-cyclone*. Powder Technology, 204, 54–62. DOI:10.1016/j.powtec.2010.07.006

ZHAO, B., SHEN, H., & KANG, Y., 2004. *Development of asymmetrical spiral inlet to improve cyclone separator performance*. Powder Technology, 145, 47–50. DOI:10.1016/j.powtec.2004.06.001

ZHU, Y., KIM, M. C., LEE, K. W., PARK, Y. O., & KUHLMAN, M. R., 2001. *Design and performance evaluation of a novel double cyclone*. Aerosol Science Technology, 34, 373–380.

Pod'akovanie:

Príspevok vznikol s finančnou podporou Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu Slovenskej republiky v rámci projektu VEGA 1/0086/18 Výskum teplotných polí v sústave tvarovaných teplovýmenných povrchov.

Kontaktná

adresa:

Ing. Marek Lipnický, KELT FT, Študentská 26, 96001 Zvolen, e-mail: xlipnický@tuzvo.sk
doc. Ing. Zuzana Brodnianská, PhD., KELT FT, Študentská 26, 96001 Zvolen, e-mail: zuzana.brodnianska@tuzvo.sk



ENERGETICKÉ CHARAKTERISTIKY FORMOVANIA KOĽAJI PRI ŤAŽBE DREVA

ENERGY CHARACTERISTICS OF THE RUT FORMATION IN LOGGING

**Oleg MACHUGA – Andriy SHCHUPAK – Natalia SHEVCHENKO – Mykhajlo
BOJKO**

ABSTRAKT: Kontaktnú interakciu kolesa technologického transportu ťažby dreva s pôdou sprevádza množstvo zvrätých a nezvrätých fyzikálnych procesov v kolese a v pôde, ktoré vedú k vytvoreniu technologickej koľaji. Tieto procesy sprevádzajú energetické premeny v týchto zložkách. Klasifikovaných je viac ako 20 typov deformácie a deštrukcie. K dispozícii sú matematické výrazy zodpovedajúcich energetických zdrojov. Stanovujú sa kvantitatívne charakteristiky pohybového odporu spôsobeného procesmi tepelných strát a deštrukcie častíc pôdnej hmoty v kontakte s kolesom. Určujú sa zvláštnosti interakcie kolesa vozidla s pôdou pre prípad hydromechanického prevodu. Energetická hospodárnosť vozidla je zhrnutá na základe experimentálnych údajov.

Kľúčové slová: fyzikálne a mechanické vlastnosti pôdy; typy energetických strát; hydromechanický prevod; terénny výskum

ABSTRACT: The contact interaction of the logging's technological cars wheels with the soil is accompanied by a number of reversible and irreversible physical processes in the wheel and in the soil, resulting in the technological rut formation. These processes are accompanied by energy transformations in these components. More than 20 types of deformation and destruction mechanisms are classified. Mathematical expressions of the corresponding energy resources are offered. Quantitative characteristics of motion resistance caused by heat loss processes and destruction of soil mass particles in contact with the wheel are determined. Peculiarities of vehicle wheel interaction with soil for the case of hydro mechanical transmission are determined. The energy performance of the vehicle is summarized on the basis of experimental data.

Key words: physical and mechanical characteristics of the soil; types of power losses; hydromechanical transmission; field research

ÚVOD

Vyťažené drevo sa zvyčajne prepravuje po prašných a štrkových cestách. V dôsledku opakovaného prechodu špecializovaných vozidiel na týchto cestách sa formuje a rozvíja kolesnej koľaji. Tento proces má dva vzájomne súvisiace negatívne dôsledky.

Prvý sa prejavuje poškodením životného prostredia: zničenie úrodnej pôdy v dôsledku jej zhutnenia, tvorba erózných plôch, výmoli v dôsledku odlúčenia pôdných častíc počas vlečenia, potreba ďalšej rekultivácie atď.

Druhým negatívnym dôsledkom je, že proces formovania a vývoja trate absorbuje energiu motora. Všeobecne je to charakteristické približnými empirickými koeficientmi odporu. Spotreba energie na formovanie koľaje závisí od súčinu tohto koeficientu od celkovej hmotnosti naloženého vozidla a od rýchlosti. Toto často absorbuje významné percento výkonu motora vozidla a podľa toho ovplyvňuje náklady na prepravu dreva.

Zníženie týchto negatívnych dôsledkov súvisí s modernizáciou konštrukcie a racionálnymi spôsobmi prevádzky existujúcich vozidiel, teda s voľbou prípustných rýchlostí

a zaťaženia stroja v závislosti od fyzikálnych a mechanických vlastností pôdy a prírodných podmienok. V tejto súvislosti sú v prácach Byblyuk (2004), Styranivsky (2010) popísané princípy výskumu tvorby koľaji. Tieto práce vychádzajú z predchádzajúcich štúdií Kotikov (1995), Goldstein (1971), Owende et al. (2002) a ďalšie, a môžu byť základom pre rozvoj výskumu v týchto oblastiach a tiež môžu byť základom pre formovanie konkrétnych odporúčaní pre výber režimov prevádzky. Takéto výsledky si vyžadujú experimentálne overenie v laboratórnych a poľných podmienkach podľa údajov Bojko et al. (2020).

1 MATERIÁL A METÓDY

1.1 Energetické faktory procesu tvorby koľaji

Všeobecne akceptovaný prístup k konštrukcii rovníc, ktoré charakterizujú pohyb lesného stroja s poddajnou pôdou v prípade rovnomerného pohybu, má formu

$$F_T = k_{odp} \cdot G, \quad (1)$$

F_T - ťažná sila na kolesá (motory), [kN];

k_{odp} - všeobecný koeficient odporu;

G - hmotnosť naloženého vozidla, [kN].

Aby sa však minimalizovali sily odporu, ktoré sú prekonané ťažnou silou, je potrebné podrobne rozpísať štruktúru koeficientu k_{odp} a určiť, za akých prevádzkových podmienok hodnoty dosahujú minimum.

Za týmto účelom sa analyzuje, aké fyzikálne procesy sa vyskytujú pri kontaktnej interakcii kolesa s povrchom pohybu zeme. Nasledujúce procesy sú rozdelené do 3 skupín:

A. Hysterézne procesy, ktoré sa vyskytujú v pôde počas jej jednorazovej interakcie s hýbateľom (kolesom) lesného stroja.

B. Nezvratné procesy, ktoré sa vyznačujú hromadnou (povrchovou) deštrukciou častíc z pôdnej hmoty, ktoré sú v priamom kontakte s hýbateľom a vedú k tvorbe polydisperzných pôdných častíc, ktoré stratili kontakt s hlavným objemom pôdy.

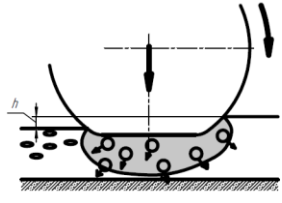
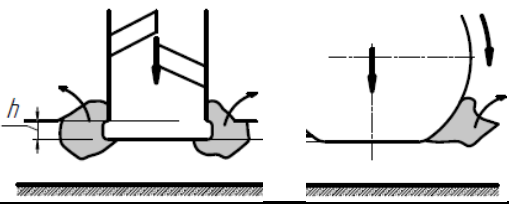
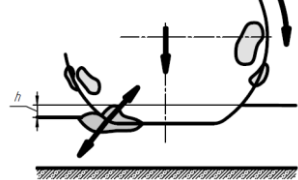
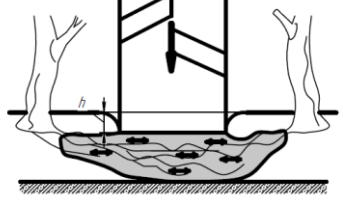
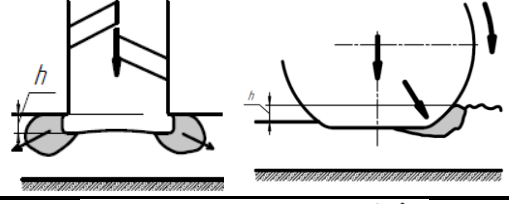
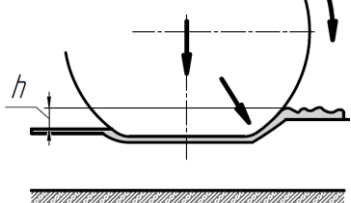
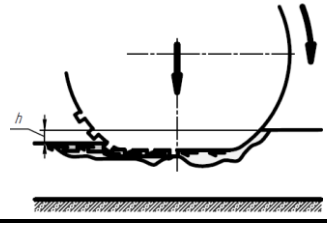
C. Hysterézne procesy, ktoré sa vyskytujú v elastickom kolese počas jeho deformácie a opotrebovania.

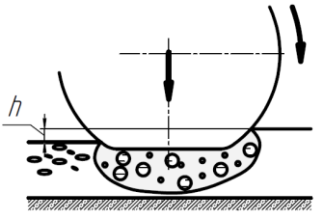
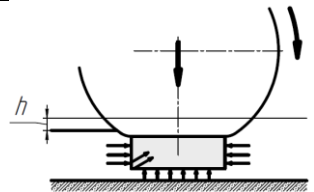
D. Reverzné procesy spôsobené pružnou deformáciou pôdy okolo oblasti jej kontaktu s kolesom.

Prvé tri skupiny procesov charakterizujú energetické straty (teplo a povrch) a štvrtá - energetický zdroj akumulácie potenciálnej kompresnej energie.

Rozvoj výskumu zahájeného v práci Shchupak&Machuga (2019) systematizuje straty energie, ktoré sprevádzajú interakciu kolesa a pôdy, v tabuľke 1 systematizuje moc týchto strát v pôdnom prostredí. Tu uvedené vzorce sú približné.

Tabuľka 1 A. Straty hysterézne v pôde

Typ	Charakteristika strat	Schéma vplyvu kola na pôdu	Charakteristiky energetických strát
1	2	3	4
A.1	Viskózne straty energie v pôde v dôsledku viskózneho toku pôdnej hmoty		$N_{A1} = \mu\pi \frac{h^2}{S_K \cdot t} \cdot \frac{8k_2^2}{\sqrt{\pi}} S_K^{3/2}$
A.2	Straty z bočného zhutňovania pôdy a „účinku buldozéra“		$N_{A2} = \frac{V_2}{t} \cdot \sigma_K,$ $= v \cdot S_{A2} \cdot \sigma_2,$ $S_{A2} \approx 0,5\% \cdot h \cdot b$
A.3	Straty spojené s prekonaním lepivosti		$N_{A3} = G_K \cdot v \cdot \frac{\sigma_{pp}}{\sigma_{op}} \cdot \frac{S_K + S_G}{S_K - S_G}$
A.4	Straty energie v dôsledku zničenia trávniku, koreňov a iných inklúzií v pôde		$N_{A4} = N_9 \cdot k_d,$ $k_d = \frac{h_{b/t}}{h_{s/t}}$
A.5	Straty pri bočnom a vodorovnom zhutňovaní pôdy v dôsledku kváziplastickej deformácie		$N_{A5} = \sigma_K \frac{h}{H} \cdot \frac{8k_1^2}{\sqrt{\pi}} S_K^{3/2}$
A.6	Straty v dôsledku stlačenia a vyhladenia mikrorasiek základného povrchu		$N_{A6} = \frac{V_6}{t} \cdot \sigma_K$
A.7	Straty pri horizontálnom pohybe pôdy		Nevýznamné hodnoty

1	2	3	4
A.8	Viskózne straty energie v dôsledku vytlačanie vody a plynu		$N_{A8} = \mu_v \pi \frac{h^2}{S_K \cdot t} \cdot \frac{8k_2^2}{\sqrt{\pi}} S_K^{3/2}$
A.9	Straty pri zhutňovaní pôdy vo vertikálnej rovine		$N_{A9} = \frac{\sigma_K \cdot h \cdot S_K}{t}$

S_K – kontaktná plocha, $[m^2]$;

σ_K – maximálna kompresia pôdy, $[MPa]$;

μ, μ_v – dynamická viskozita pôdy a vody $[Pa \cdot s]$;

k_1, k_2 – korekčné koeficienty, ktoré zohľadňujú odchýlku skutočného objemu viskóznejs alebo plastickej deformácie od torusu;

V_2 – objem pôdy, ktorá je v čase t vytlačená z oboch strán kolesa a pred nim $[m^3]$;

G_K – hmotnosť na koleso, $[kN]$;

v – lineárna rýchlosť kolies, $[m/s]$;

σ_{pp} – napätie lepenia pôdy ku kolu, $[MPa]$;

σ_{op} – napätie odtrhnutia pôdy od kolesa, $[MPa]$;

S_G – plocha vrcholov pôdnych grouserov, $[m^2]$;

$h_{b/t}$ – hĺbka koľaje po prejazde kolesa na povrchu bez trávniku, $[m]$;

$h_{s/t}$ – hĺbka koľaje po prejazde kolesa po povrchu s trávnikom, $[m]$;

h – hĺbka (celková), $[m]$;

b – šírka pneumatiky, $[m]$;

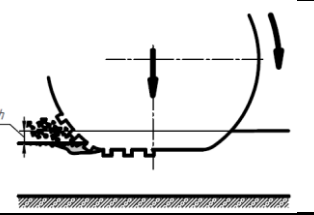
t – čas, $[s]$;

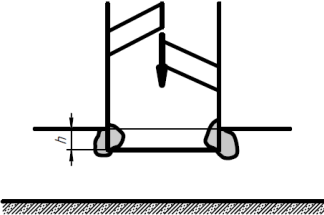
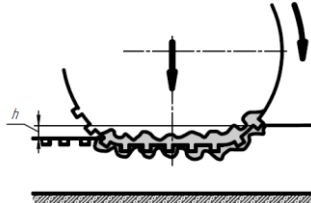
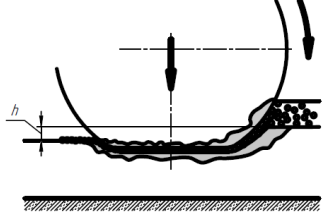
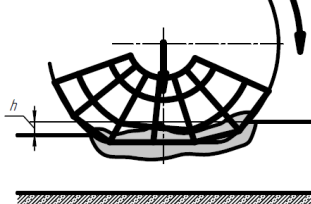
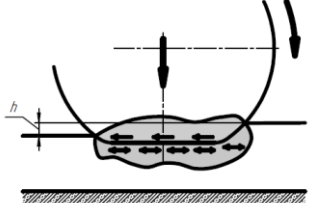
V_6 – objem mikro nepravidielností $[m^3]$;

H – podmienená hĺbka pôdy na tuhý základ $[H]$.

V tabuľke 2 systematizovano moc strát energetických zdrojov popísané v skupine B.

Tabuľka 2 B. Nezvratné straty objemu zničenej pôdy

Typ	Charakteristika strat	Schéma vplyvu kolesa na pôdu	Charakteristiky energetických strát
1	2	3	4
B.1	Straty pri oddelení pôdnych častíc od základne nosnej plochy		$N_{B1} = \frac{6}{d} \cdot b \cdot h \cdot e_{pn}$

1	2	3	4
B.2	Straty v dôsledku bočného trenia, keď je pneumatika zapustená do zeme		Nevýznamné hodnoty
B.3	Straty pri prehĺbení pôdnych grouserov do pôdy		$N_{B3} = \sigma_K \cdot h \cdot S_{K3} \frac{n_g}{t}$
B.4	Straty na deformácii a zhutnenie podlahy z rezných zvyškov (konárov)		$N_{B4} = 0$
B.5	Straty pri interakcii s reťazou		V prípade potreby bude analyzovaný
B.6	Strata energie v dôsledku šmyku kola na zemi počas odtiahnutia		$N_{B6} = k \cdot G_K \cdot \Delta x \cdot \frac{l}{v} + \frac{\tau}{t} V_p,$

e_{pn} – povrchová energia pôdnych častíc, [J];

n_g – počet grouserov;;

d – priemer voľných častíc pôdy, [m];

S_{K3} – plocha kolesového behúňa, [m²];

k – koeficient trenia;

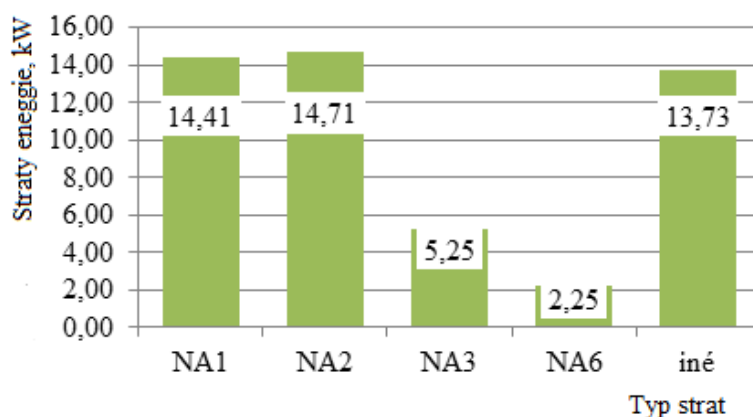
Δx – šmyk;

τ – šmykové napätie, [Pa];

V_p – objem zrezanej pôdy, [m³].

Hysterézne procesy na kolese stroja (skupina C) sa dajú získať podobným spôsobom. Na posúdenie podielu určitých druhov transformácií energie a deštrukcie na celkových stratách energie sa vykonali testovacie výpočty pre nasledujúce hodnoty parametrov: $\mu = 10\,000\text{ Pa} \cdot \text{s}$;

$h = 0,01 \text{ m}$; $S_K = 0,661 \text{ m}^2$; $t = 0,4 \text{ s}$; $k_1 = k_2 = 1$. Výkonové charakteristiky sú prevzaté z traktora LKT 81. Výsledky sú uvedené na obrázku 1.



Obrázok 1 Straty energie pre niektoré typy procesov výmeny energie

Je potrebné poznamenať, že medzi vykonanými výpočtami pre skúšobný príklad boli dôležité procesy viskózneho toku pôdy a jej zhutňovanie. Takéto procesy absorbujú značné množstvo výkonu motora. Systemizácia navrhnutá v tomto dokumente nám umožňuje osobitne zvážiť procesy straty energie pre rôzne typy fyzikálnych a mechanických charakteristík pôd.

2 ENERGETICKÉ PROCESY V HYDROMECHANICKOM PRENOSE

Na proces formovania koľaje má vplyv aj typ prevodu lesného stroja. Automatická plynulá zmena prevodových pomerov výkonu a rýchlosti hydromechanického prevodu závisí od odporu lesného stroja. To výrazne uľahčuje jeho správu v zložitých prevádzkových podmienkach, na slabých pôdach z dôvodu nedostatku náhlych zmien ťažnej sily. Vďaka tomu sa výkon motora využíva úplnejšie a zvyšuje sa priemerná rýchlosť stroja. Rovnako klesá pravdepodobnosť zastavenia motora počas jeho preťaženia Shevchenko (2015).

V lesných podnikoch západných oblastí Ukrajiny sa na ťažbu dreva používajú moderné lesné traktory zahraničnej výroby. Spoločnosť Slavske LG má lesný traktor HSM 805 s hydromechanickou prevodovkou. Jedná sa o výkonný, manévrovateľný a stabilný stroj na svahoch určený na intenzívnu prácu na približovaní dlhého dreva v zložitých horských podmienkach (Obrázok 2. a). Zvážte napríklad výpočtovú schému takého stroja, ktorá odráža vlastnosti jeho konštrukcie (Obrázok 2. b).

Krútiaci moment pôsobí na hnacie kolesá každého z dvoch mostov M_{K1} a M_{K2} , z pneumatík na podpornú plochu budú pôsobiť kruhové (ťažné) sily P_{K1} a P_{K2} . Z nosnej plochy sú kolesá podrobené príslušným tangenciálnym reakciám X_1 a X_2 . Smer tangenciálnych reakcií podpornej plochy je obmedzený silami spojky hnacích kolies na podpornú plochu:

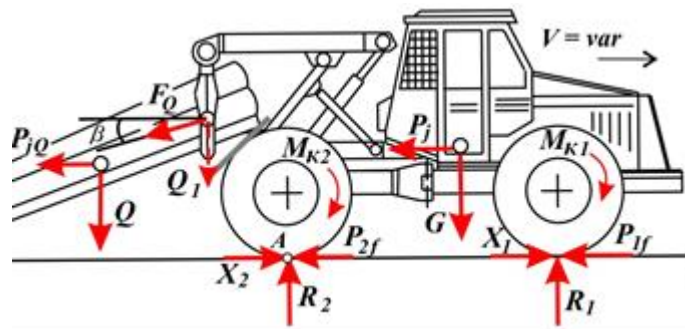
$$X_{1\max} = R_1 \varphi; \quad X_{2\max} = R_2 \varphi;$$

φ – koeficient spojky hnacích kolies traktora.

Pohon traktora s hydromechanickým prevodom sa vypočíta podľa vzorca $P_K = M_T u_{mp} \eta_{mp} / r$, $M_T = K \cdot M_e$ – krútiaci moment na turbínovom kolese; K – koeficient transformácie hydrotransformátora.



a



b

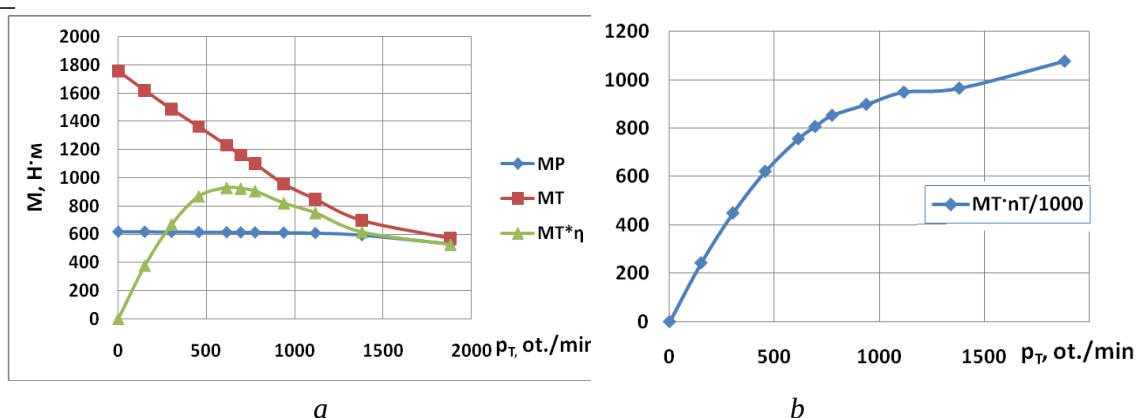
Obrázok 2 Ťažba dreva: a – ťažobný traktor HSM-805 (foto autori); b – schéma výpočtu

Keď motor beží v externom režime (plný prísun paliva), výkon motora sa počíta podľa vzorca Leidermana, a pri vstupnej charakteristike krútiaceho momentu motora sa $M_e(n_p)$ považuje za funkciu otáčok kolesa koleso pumpy a počíta sa podľa vzorca:

$$M_e(n_p) = 9550 N_{e \max} \left(\frac{a}{n_N} + \frac{b n_p}{n_N^2} - \frac{n_p^2}{n_N^3} \right) \quad (2)$$

S prihliadnutím na parametre motora IVECO Common Rail Turbo, ktorým je vybavený ťažobný traktor HSM 805 ($N_{e \max} = 116$ kW), vypočítame výkonové parametre tohto traktora, najmä výstupnú charakteristiku systému „motor - hydro transformátor (HT)“. Tento motor bude efektívne pracovať so štvorkolesovým meničom krútiaceho momentu LG-400-36. Na výpočet závislostí krútiaceho momentu turbíny M_T a účinnosti η HT od otáčok hriadeľa turbíny p_T je potrebné určiť otáčky kolesa turbíny v bodoch spoločného chodu motora a ϕ HT pomocou vzorec $p_{Tj} = i_{GTj} \cdot p_{rj}$ a hodnota krútiaceho momentu v každom spoločnom bode, t_j $M_T(p_T) = M_r(p_{rj}) \cdot K$ (Borys et al. 2019).

Pri analýze získaných údajov vidíme, že: maximálna hodnota krútiaceho momentu turbíny M_{Tah} , ktorá zodpovedá chodu HT v režime „Stop“, keď je prevodový pomer meniča krútiaceho momentu nulový; minimálna hodnota krútiaceho momentu typu turbíny M_T , keď HT pracuje v režime hydraulickej spojky, $t_j \cdot K = 1$; minimálny p_{Ttyp} a maximálna hodnota p_{Tah} otáčok turbínového kolesa, ktoré obmedzujú prevádzkový rozsah meniča krútiaceho momentu, keď jeho účinnosť neklesne pod 80% (tj. keď $GT \geq 0,80$) - pozri Obrázok 3. Z týchto grafov je zrejmé, že pre $n_p = const$ je krútiaci moment na turbíne M_T (vlastne krútiaci moment dodávaný na kolesá) maximálny pri rozbehu alebo preradení. Hydromechanický prevod sa však vyznačuje plynulým pohybom, preto je vhodné zaviesť charakteristický „efektívny moment“ (pozri Obrázok 3.a). Tieňovaná oblasť v rozmedzí od nuly do charakteristického priesečníka $M_T \cdot \eta$ a M_R je oblasť, v ktorej je efektívny krútiaci moment menší ako krútiaci moment motora, čo znižuje hladinu tangenciálnych (šmykových) napätí, čo môže znižovať hladinu zničenia pohybovej plochy. Podobné výsledky uvádzame pre efektívny výkon (Obrázok 3.b).



Obrázok 3 Charakteristika výkonu systému "motor - HT": a - moment kolies čerpadla a turbíny a "efektívny moment"; b - "efektívny výkon"

Takto vytvorené grafy poskytujú pochopenie toho, prečo je na traktoroch s hydromechanickým prevodom pri pohybe z miesta prenosu sily menšie zaťaženie kolies a vzniká menší koľaje. Takzvaný „efektívny krútiaci moment“ a efektívny výkon, najmä pri nízkych otáčkach kolies turbíny, sú nepodstatné, hoci krútiaci moment na samotnej turbíne predstavuje takmer trojnásobok krútiaceho momentu motora. To vysvetľuje, prečo na traktoroch s hydromechanickým prevodom počas pohybu pneumatiky menej prerezávajú nosnú plochu a vytvárajú menší koľaje ako pri mechanickom prevode.

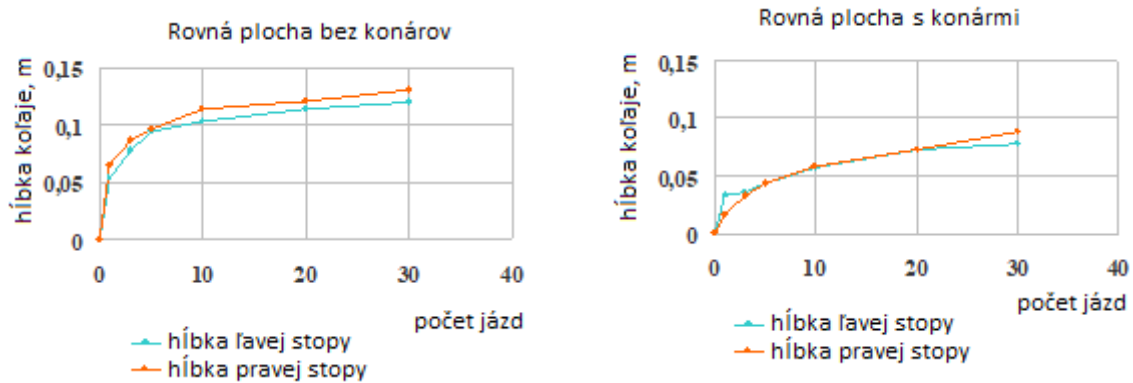
3 STANOVENIE PRIECHODNOSTI FORWARDERA A HLĚBKY KOĽAJI V PREVÁDZKOVÝCH PODMIENKACH

Za účelom stanovenia skutočných ukazovateľov environmentálnych škôd lesnými strojmi, aj zdôvodnenia ekologicky bezpečných spôsobov prevádzky lesných vozidiel, boli vykonané vyšetrenia dôsledkov ťažby a štúdií procesov tvorby koľají v poľných podmienkach u dôsledku opakované kolesového Forwardera. Hlavným faktorom, ktorý určuje pôsobenie kolesa na pôdu, je hĺbka koľaje, ktorá závisí od multiplicity pôsobenia (počet priechodov kolesa v jednej koľaji).

Terénne štúdie parametrov koľaje zahŕňali meranie hĺbky poškodenia dosadacej plochy po tom, čo Forwarder AMKODOR 2662-01 vykonal určitý počet prejazdov s balíkom bukového dreva s objemom $17,1 \text{ m}^3$ a priemerným tlakom v prednej pneumatike 94,4 kPa. Skúšobná plocha: neporušená štruktúra, pokrytá hustou vegetáciou, sklon - 2 - 30, počiatková hustota pôdy 1,40 - 1,51 g / cm^3 , vlhkosť 6,0 - 10,1%. Technické údaje Forwardera AMKODOR 2662-01 použité v tejto štúdii známe.

Pri terénnom výskume boli určené hĺbky pravej a ľavej koľají v dvoch priamych úsekoch: jeden bez konárov, druhý - lemovaný ťažobnými zvyškami a konármi. Podľa získaných údajov sú zostrojené grafy závislosti hĺbky koľají od počtu prejazdov (Obrázok 4).

Na základe analýzy experimentálnych údajov je možné poznamenať: hĺbka koľají po prvých 5 - 7 priechodoch predstavuje asi 70% hĺbky koľají po 30 priechodoch, čo zodpovedá najväčšiemu zhutneniu pôdných častíc. V budúcnosti (po 30 prechodoch) je zvýšenie hĺbky poškodenia pôdy spôsobené predovšetkým procesmi erózie; prítomnosť podláh z konárov výrazne (1,6-krát) znižuje hĺbku koľaje, preto sa odporúča vykonať práce na dodatočnej ochrane nosnej plochy. Na prepojenie energetických (výkonových) charakteristík lesného stroja a celkového odporu pri pohybe, zväžte rovnicu trakčnej rovnováhy s priemernou hodnotou výkonu motora.



Obrázok 4 Grafické výsledky terénneho výskumu

$$N_{pr} = F_{odp} \cdot v \quad (3)$$

N_{pr} – strednia trakčná sila motora, N;

F_{odp} – maximálna sila odporu spojenia s cestou, N;

v – priemerná letová technická rýchlosť Forwardera, m / s.

Maximálny odpor F_{odp} :

$$F_{odp} = k_{odp} \cdot G, \quad (4)$$

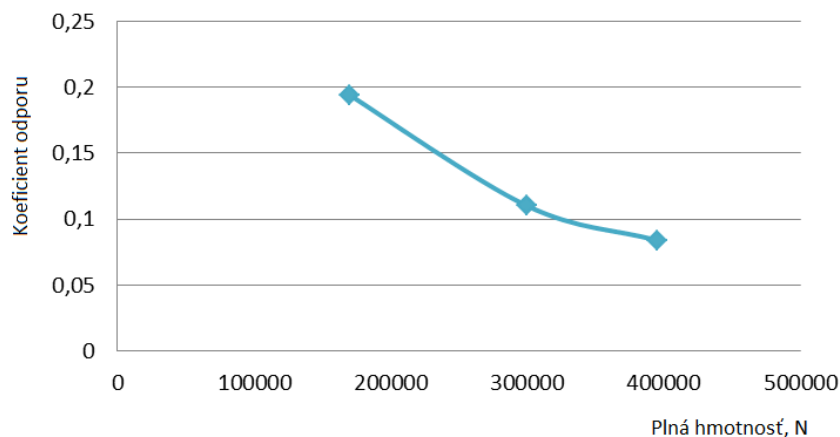
k_{odp} – koeficient valivého odporu;

G – plná hmotnosť Forwardera, N.

Z rovní (2), (3) získame

$$k_{odp} = N_{pr} / (G \cdot v).$$

Pre testový výpočet akceptujeme $N_{pr}=0,8$ $N_{emax}=0,8 \cdot 180=144$ hp=106kW, $v=3,2$ m/s. Na základe získaných výpočtov vynesieme závislosť koeficientu odporu na celkovej hmotnosti dopravníka (pozri Obrázok 5).



Obrázok 4 Grafická závislosť koeficientu odporu od celkovej hmotnosti

Získané testovacie grafy naznačujú existenciu nelineárneho vzťahu, ktorý spája energetickú hodnotu - záťaž s veľkosťou poškodenia spojenou s koeficientom odporu. Získaný graf je podmienený, pretože je zostrojený pre umelo zavedené parametre testu. Metóda vykreslenia však umožní vytvoriť podobné závislosti pre skutočné parametre získané z teoretických a následných experimentálnych výsledkov v teréne. Podobne je možné zostrojiť závislosti $k_{odp} = f(h)$ a $h = f(v)$.

4 DISKUSIA A VÝSLEDKY

Problém tvorby a vývoja koľají na povrchu pôdy počas pohybu sa stal dôležitým s vedomím, že tieto procesy vedú k významným škodám na životnom prostredí. Klasický výskum, ktorý má iba všeobecný charakter, zahŕňa prácu Kotikov (1995). Problém mechaniky pôdy, podrobne opísaný v prácach Goldstein (1971), Ivanov (1985), do značnej miery súvisí so statickými problémami spojenými so základmi konštrukcií. V dielach školy Fedorenchika, najmä Fedorenchik et al. (2000), sa uplatňuje zásadný prístup k štúdiu procesu formovania trate spojený s výstavbou systému integro-diferenciálnych rovníc s premenlivými charakteristikami pri každom prechode. Prístup sa vyvíja následných prácach tejto školy. Tento prístup sa čo najviac približuje skutočnému stavu veci, ale technické využitie výsledkov je veľmi komplikované.

Experimentálne štúdie intenzity formovania koľaje vyvinuté v prácach Byblyuk, napríklad (2004) sú popisné a neumožňujú predpovedať rozvoja technologickej koľaje v závislosti od prevádzkových režimov ťažebných strojov. Výskum (traktor-t-16) poskytuje príklad metódy výskumu fyzikálnych a mechanických vlastností pôd, neposkytuje však spôsob, ako predpovedať postup tvorby koľaje. Zaujímavé experimenty Protas et al. (2017) umožňujú vyhodnotiť proces tvorby koľají iba pre konkrétne stroje.

Príspevok (Shilo et al. 2016) sa pokúša spojiť proces tvorby koľaje so stochastickými procesmi a akumuláciou poškodených pôdných častíc. Dobrá zhoda získaných výsledkov s experimentálnymi údajmi. Predpovedanie intenzity tvorby trate je však ťažké. Všeobecná energetická analýza (Podrygalo et al. 2017) pohybových charakteristík vozidla, berúc do úvahy sily odporu, poskytuje dobré indikátory stavu spevnených ciest, ale je nevhodná pre cesty na citlivých pôdach.

Graber (2010) navrhol model interakcie kolies s uvoľnenou pôdou, ktorý umožňuje vytvorenie diferenciálnej pohybovej rovnice v prípade rezania pôdy v kontaktnej oblasti. Tento prístup je však v inžinierskej praxi ťažko uplatniteľný a týka sa iba samostatného typu interakcie súvisiacej s kyprením pôdy. Rozšírennu komparatívnu analýzu prístupov pri štúdiu procesov interakcie koles lesných strojov s pôdou predstavuje Bozhbov et al. (2019). Empirické vzorce opísané v tejto štúdii však neumožňujú predpovedať ekologické prijateľné prevádzkové režimy lesného stroja.

V kontexte tejto úlohy sú zaujímavé výsledky prezentované Gedroit (2009), však sú dôležité iba pre určenie oblasti kontaktu kolesa s vozovkou a opotrebením pneumatík.

Výsledkom prezentácie prezentovanej v tomto príspevku je komplexný prístup k analýze vplyvu rôznych typov a spôsobov interakcie kolesa lesného stroja s pôdou. Multifaktorálna povaha výskumu nám umožňuje posúdiť vplyv každého z hlavných fyzikálnych faktorov kontaktnej interakcie na rezistenciu k pohybu, environmentálne dôsledky a možnosť ďalšieho určovania formovania koľaje na základe teoretického modelovania a experimentálneho potvrdenia racionálnej prevádzky strojov na prepravu dreva, aby sa minimalizovali škody na životnom prostredí a tiež prevádzkové náklady.

5 ZÁVER

Výsledky tu uvedené potvrdzujú prvotnú myšlienku štúdie: zvýšenie strát v životnom prostredí počas ťažby dreva (hĺbka koľaje) si vyžaduje náklady na energiu. Tieto náklady sú charakterizované stratami energie u mnohých druhov opísaných vyššie. Toto tiež dostáva experimentálne potvrdenie. Tu prezentovaný výskum je základom pre stanovenie odporúčaní pre prevádzkové režimy na zabezpečenie minimálnych škôd na životnom prostredí.

LITERATÚRA

BYBLYUK, N.I., 2004. *Lesné vozidlá: Teória*. Lviv: Vydavateľstvo Panorama. (ukr).

BOJKO, M.M., SHCHUPAK, A.L., STYRANIVSKY, O.A., BYBLYUK, N.I., MACHUGA, O.S., 2019. Metóda stanovenia erózo-prevádzkového poškodenia lesnej cesty. *Patent 140867 - Ukrajina, IPC G01M 17/00 (2020.01)*. Prihlasovateľ a majiteľ patentu: Národná lesnícka univerzita Ukrajiny, Lvov, bull. č.5. (ukr).

BORIS, M.M., MACHUGA, O.S., SHEVCHENKO, N.V., BYBLYUK, N.I., 2019. Vedecké a metodické prístupy k zdôvodneniu energeticky úsporných a ekologických parametrov lesných strojov. *Vedecké práce LANU*. č.19. s. 201–210. (ukr).

BOZHBOV, V.E., GRIGORIEV, I.V., RUDOV, S.E., TETEREVLEVA, E.V., CHEMSHIKOVA, Yu.M., 2019. Analýza prístupov k popisu procesov interakcie vrtúl' lesných strojov s pôdami drevorubačov. *Resources and Technology*, č 16(2), s. 13-35. DOI: 10.15393/j2.art.2019.4482. (rus).

FEDORENCHIK, A.S., MAKAREVICH, N.P., VYRKO, N.P., 2000. Analytická štúdia vyjazdených koľají na lesných cestách. *Izv. univerzity. Forest Journal*. č. 1. s. 77 - 82. (rus).

GEDROIT, G.I., 2009. Podporné vlastnosti pneumatík pre poľnohospodárske stroje. *Agro panoráma*. č. 4, s. 23-27. (rus).

GOLDSTEIN, M.N., 1971. *Mechanické vlastnosti pôd*. Moskva: Vydavateľstvo literatúry o staviteľstve. (rus).

GRABAR, I.G., OPANASYUK, E.G., BEGERSKY, D.B., 2010. Matematický model interakcie jedného pohonu s uvoľnenou pôdou. *Medziuniverzitné vydanie „Vedecké poznámky“*, Luck, č. 28 s. 157-161. (ukr).

IVANOV, P.L., 1985. *Pôdy a základy vodných stavieb*. Moskva: Vyššia škola. (rus).

KOTIKOV, V.I., 1995. *Dopad ťažbových strojov na lesné pôdy*: autoref. dis.... dr. tech. vedy. Moskva: Moskovská štátna lesná univerzita. (rus).

OWENDE, P.M.O., LYONS, J., HAARLAA, R., PELTOLA, A., SPINELLS, R., MOLANO, J., WARD, S.M., 2002. *Operations protocol for Eco-efficient Wood Harvesting on Sensitive Sites*. Project ECOWOOD: Contract No. QLK5-1999-00991. (eng).

PODRYGALO, M.A., BOBOSHKO, A.A., GATSKO, V.I., KASHKANOV, A.A., MAZIN, A.S., 2017. Energetický prístup k hodnoteniu technických podmienok vozidla. *Bulletin mechanického inžinierstva a dopravn.* č. 2(6). s. 251 - 258. ISSN 2415-3486.(rus).

PROTAS, P.A., MISUNO, Yu. I., 2017. Štúdia tlaku vrtule kolesa vyvážačky „Amkodor 2662-01“ na nosnú plochu. *Zborník BelSTU, séria 1. č. 2.* s. 116 - 123.(rus).

SHILO, I.N., ROMANYUK, N.N., ORDA, A.N., SHKLYAREVICH, V.A., VOROBAY, A.S., 2016. Zvláštnosti formovania koľaje pri interakcii s pôdou viacnápřavového jazdného systému strojných ťahačov. *Bieloruská národná akadémia vied. Série poľnohospodárskych vied.* č. 4. s. 108 - 117. ISSN 1817-7204. (rus).

SHEVCHENKO, N.V., 2015. Aplikácia hydromechanického prevodu na drevené autá. *Vedecký vestník NLTU Ukrajiny.* č. 25.4. - s. 161–167. (ukr).

STYRANIVSKY, O. A., STIRANIVSKY, Yu.O., 2010. *Ochrana prírody pre dopravný rozvoj horských lesných území.* Ľviv: RVV NLTU Ukrajiny. (ukr).

<http://traktor-t-16.ru/selskoe-khozyajstvo/118-tekhnologicheskie-svoystva-pochvy>.

Kontaktná adresa:

Machuga Oleg*, Dr. Sc, Professor. National Forestry University of Ukraine, 103, Tchuprynky str., Lviv, 79057, Ukraine, oleg_mach@ukr.net

Shchupak Andriy, senior tech. NFU of Ukraine, andriyshchupak@gmail.com

Shevchenko Natalia, Cand. Sc., Ass. Professor. NFU of Ukraine, shenatalka@ukr.net

Bojko Mykhajlo, senior tech. NFU of Ukraine, bojkm@ukr.net



POŠKODENIE A OPOTREBOVANIE ODVETVOVACIEHO NOŽA PRI PROCESE BEZTRIESKOVÉHO DELENIA DREVA

DAMAGE AND ABRASION TO THE DELIMBING KNIFE THE CHIPLESS WOOD CUTTING PROCESS

Ján MELICHERČÍK

ABSTRAKT: Článok prezentuje návrh experimentálneho stendu pre testovanie odvetvovacích nožov s vymeniteľnou reznou hranou v procese beztrieskového delenia dreva. Odvetvovací nôž ako tvorí súčasť harvesterovej hlavici, ktorá je aplikovaná na ramene harvesteru pracujúceho v lesnom hospodárstve. Poškodenie alebo opotrebovanie odvetvovacieho noža zhoršuje kvalitu spracovanej dreveniny, zvyšuje energetickú náročnosť stroja a ekonomické náklady na prevádzku. Úvod príspevku popisuje harvesterovú hlavicu zo základnými výpočtami potrebnými na stanovenie počtu nožov vychádzajúc zo vstupných parametrov ako je priemer dreveniny, druh dreveniny a stanovenie reznej sily, pôsobiacej na odvetvovací nôž. Na základe reznej sily a návrhu špeciálneho odvetvovacieho noža bola realizovaná napätťová analýza (MKP), z ktorej je možné potvrdiť správnosť vybraného materiálu pre výrobu mnou navrhnutého odvetvovacieho noža s vymeniteľnou reznou hranou. Vo výsledkoch príspevku je znázornený výstup z napätťovej analýzy.

Kľúčové slová: odvetvovací nôž, harvester, delenie dreva, harvesterova hlavica

ABSTRACT: Article presents the design of an experimental stand for testing delimbing knives with a replaceable cutting edge in the process of chipless wood cutting. The delimbing knife as a part of the harvester head, which is applied to the arm of a harvester working in forestry. Damage or wear of the pruning knife impairs the quality of the processed wood, increases the energy consumption of the machine and the economic costs of operation. The introduction describes the harvester head with the basic calculations needed to determine the number of knives based on input parameters such as the diameter of the wood, the type of wood and the determination of the cutting force acting on the delimbing knife. Based on the cutting force and the design of a special delimbing knife, a stress analysis (FEM) was performed, from which it is possible to confirm the correctness of the selected material for the production of a delimbing knife designed by me with a replaceable cutting edge. The results of the paper show the output of the voltage analysis.

Key words: delimbing knife, harvester, cutting wood, harvester head,

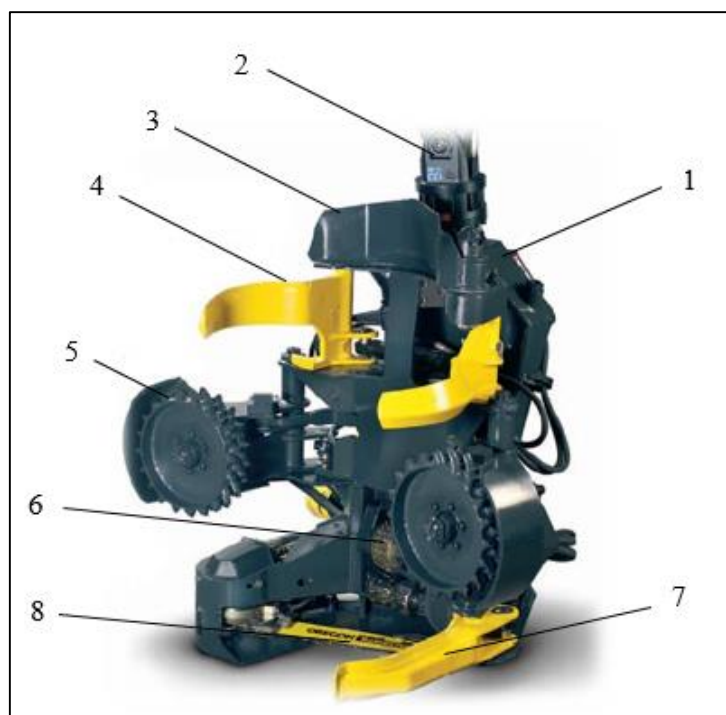
ÚVOD

Harvesterová hlavica, má dôležitú úlohu z hľadiska efektivity a kvality spracovania dreva. úlohou harvesterovej hlavice je spiliť strom, odvetviť, narezať strom na zadanú dĺžku a uložiť ho na zhromaždisko (Kováč et.al 2017). dnes je na trhu veľké množstvo konkurenčných harvesterových hlavíc. hlavné rozdiely sú najmä v maximálnom priemere opracovaného dreva od čoho závisí robustnosť hlavice, počet odvetvovacích nožov, typ podávacieho ústrojenstva a sortimentácia dreva.

Na harvesterovej hlavici sa nachádzajú tieto pracovné mechanizmy:

- spiľovací (stínací) mechanizmus,
- odvetvovací mechanizmus,
- podávací (posúvaci) mechanizmus,
- merací mechanizmus,
- nakladací a vykladací mechanizmus.

Odvetvovací mechanizmus slúži na odvetvenie kmeňa stromu. Pri ťažbovo – dopravných strojoch býva najčastejšie nožový (Kováč et al. 2017). Sú to v podstate hyperbolicky tvarované nože, uložené v hlavici, alebo na teleskopickom výložníku. Väčšina harvesterových hlavíc má jeden pevný a dva pohyblivé nože. Medzi týmito nožmi sa odvetvovaný kmeň preťahuje pomocou podávacích valcov konštantnou rýchlosťou 2 m.s^{-1} a jeho vetvy sa tak odrezávajú. Odvetvovacie nože by mali byť schopné čo najlepšie kopírovať tvar kmeňa (Hatton et al., 2015).



Obrázok 2 Harvesterová hlavica HW 60

1-pevný rám hlavice HW60, 2 – rotátor, 3 – pevný odvetvovací nôž, 4 – horný pohyblivý odvetvovací nôž, 5 – dolný pohyblivý nôž, 6 – podávacie valcové rotátory, 7 – koliesko na meranie dĺžok, 8 – rezacia jednotka (reťazová)

1 MATERIÁL A METÓDY

Jednou z hlavných častí spracovania dreva pri lesnej ťažbe je odvetvovanie stromov. Tento proces sťažuje mnoho krát členitý a svahovitý terén, preto je najvhodnejšie použiť mobilné odvetvovacie stroje s viacoperačnými hlaviciami. Keďže sú priemery kmeňa stromov pri spracovaní rôzne, odvetvovacie nože nedokáže dôkladne obopnúť kmeň stromu. Následne dochádza k nedokonalému procesu odvetvovania a vzniká zvyšok po odvetvení alebo poškodenie dreva. Takéto nedostatky môžeme eliminovať zvýšeným počtom odvetvovacích nožov kde uvažujeme s uhlom obopnutia φ jedného noža pri priamočiaram tvare bude ak $d = 350 \text{ mm}$, $h_k = 100 \text{ mm}$; $h_c = 8 \text{ mm}$:

$$\cos \frac{\varphi}{2} = \frac{d - 2 \cdot h_k}{d + 2 \cdot h_c} = \frac{350 - 2 \cdot 100}{350 + 2 \cdot 8} = \frac{150}{366} = 0,4 = \varphi = 2 \cdot \arccos 0,4 = 84,55^\circ \quad (1)$$

Kde : h_k – hrúbka zrezávanej kôry [mm], h_c – výška zostatku vetví, ktorý ostane po opracovaní stromu [mm], d – najväčší priečny priemer kmeňa v mieste odrezávania [mm]

Počet nožov pri uhle φ v radiánoch sa určuje podľa vzťahu :

$$z = \frac{2 \cdot \pi}{\varphi} = \frac{2 \cdot 3,14}{84,55^\circ} = 4,25 \Rightarrow z = 4ks \quad (2)$$

Dĺžku reznej hrany priameho noža je možné určiť podľa vzťahu :

$$l_0 = (d - 2 \cdot h_c) \cdot \sin \frac{\varphi}{2} = (350 - 2 \cdot 8) \cdot \sin \frac{84,55^\circ}{2} = 224,71 \text{ (mm)} \quad (3)$$

Výpočet maximálnej reznej sily pri zrezávaní vetiev :

$$F_c = \sigma_D \cdot S_D \cdot (\sin \delta + \mu_D \cdot \cos \delta) = 10,28(\sin 36^\circ + 0,50 \cdot \cos 36^\circ) = 27,636 \text{ (kN)} \quad (4)$$

Kde :

σ_D – merný odpor oproti stláčaniu dreva čelom noža (pod uhlom δ k smeru vlákien) (kPa),

S_D – plocha kontaktu čela noža s drevom (m^2),

μ_D – koeficient trenia čela noža s drevom.

Pri existencii niektorých párov nožov v mechanizme zrezávania vetiev sa prvým radom nožov zrezáva 60 ÷ 70% celkového množstva vetiev a druhým radom nožov zostávajúcích 30 ÷ 40% vetiev.

Celková rezná sila F_{max} na prvých nožoch bude:

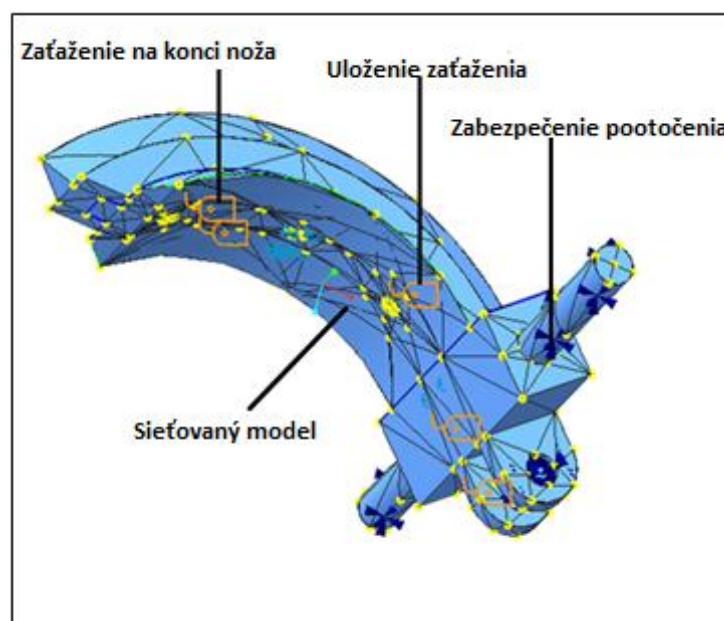
$$F_{max} = (0,7 \div 0,75) \cdot i \cdot F_{max} \text{ (N)} \quad (5)$$

Kde :

i – priemerný počet zrezávaných vetiev najväčšieho priemeru 58mm

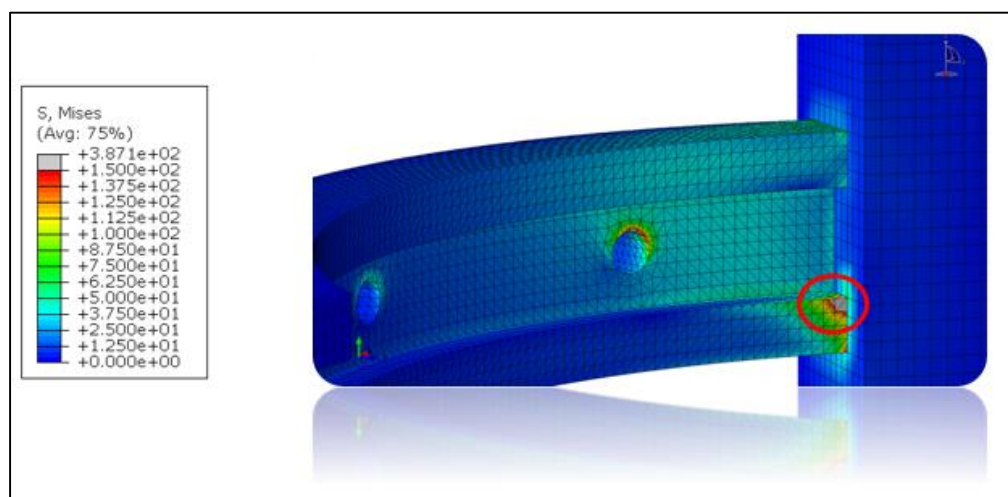
Rezná sila F_{2max} na nožoch druhého radu pri dočisťovaní určitého množstva zostatkov vetiev s opakovaným zrezávaním:

$$F_{2max} = (0,4 \div 0,3) \cdot i \cdot F_{max} \text{ (N)} \quad (6)$$



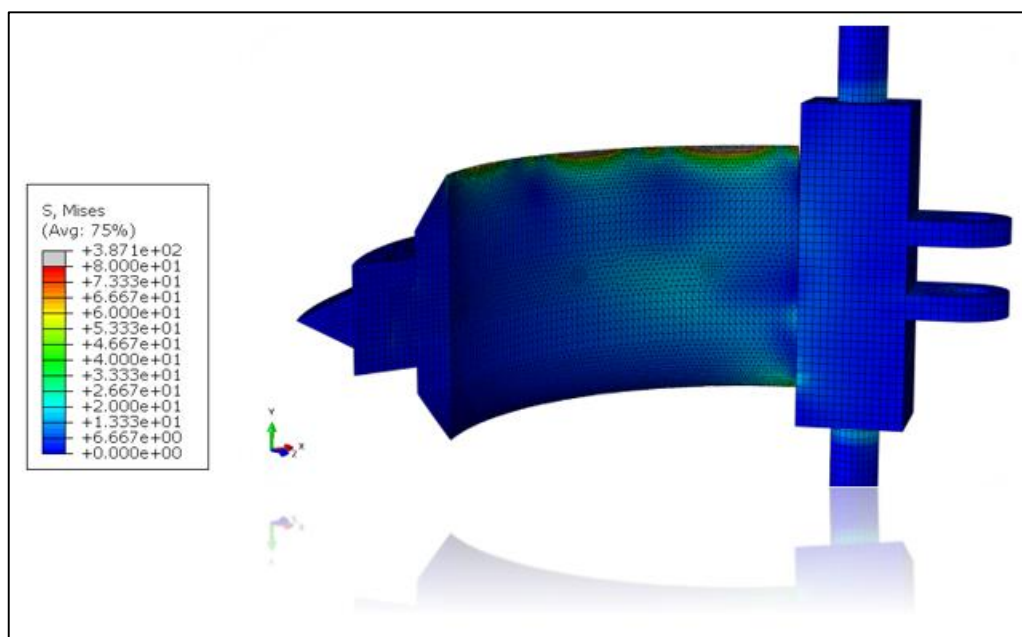
Obrázok 3 Sieťovanie prvkov na modely odvetvovacieho noža pomocou softwaru HYPERMESH

Na základe vyhodnotených čísel bol použitý softvér Hypermesh na simuláciu stresovej FEM analýzy z aplikácie nameraných hodnôt. Z grafu merania sa odčítali sily potrebné na vloženie testovacieho noža. Pomocou softvéru Hypermesh bolo iniciované sieťové prepojenie modelu, po ktorom nasledoval lineárny šesťsten, ktorý mal 8 uzlov a parabolický štvorsten, každý s 10 uzlami. Predstavujú geometrické tvary s veľkým počtom uzlov (vrcholov), ktoré môžu spájať jednotlivé body. Podľa modelu sieťovania bol vykonaný matematický výpočet silových a stresových deformácií odvetvovacieho noža.



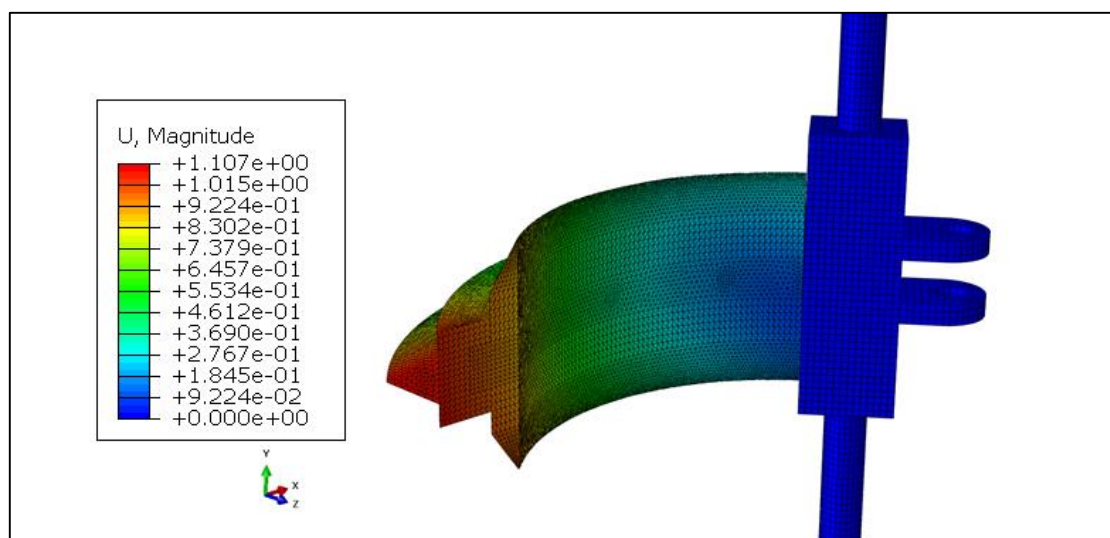
Obrázok 4 Priebeh napätí podľa von Misesa na odvetvovacom noži

S,Miseses - na tomto výstupe je vidieť napätie, ktoré po vykonanej simulácii vyšlo v jednotlivých bodoch max. 387 MPa v miestach, kde by mohlo dôjsť k poškodeniu. Ale z dôvodu uloženia zvaru (zaoblenia) v týchto bodoch bude výsledné napätie určite menšie.



Obrázok 5 Deformácia vymeniteľnej reznej hrany odvetvovacieho noža

U, Magnitude – výstup napäťovej analýzy zobrazuje celkovú deformáciu odvetvovacieho noža kde došlo k výpočtu pomocou vektorov vytvorených zo všetkých osí. Na konci noža je priehyb 1,1 mm čo znamená, že priehyb nemá vplyv na funkčnosť noža.



Obrázok 6 Priehyb na konci odvetvovacieho noža

2 DISKUSIA

Analýza bola simulovaná na jednom oddeľovacom noži, pre ktorý bol zvolený materiál a ďalšie parametre, na základe maximálnej sily, ktorou sú nože zaťažované a v ktorých bodoch sú vypočítané deformácie na navrhovaných nožoch (Bodnár et al. 2016; Kotsmíd a kol. 2016). Pevnostná analýza bola navrhnutá v systéme CAD metódou Abaqus FEA. Produkt Abaqus je softvérový balík na počítačovú podporu novo modelovaného komponentu, ktorý pracuje pomocou metódy konečných prvkov (Goubet et al. 2013). Prvky boli vytvorené na

simulovaných modeloch pomocou hexaedrónových funkcií. Pre vymeniteľnú reznú hranu sa použil kvadratický štvorsten. Súčasťou simulácie bolo definovanie trecích kontaktov medzi pevnou časťou noža (výstuhou) a vymeniteľnou reznou hranou na konci odvetvovacieho noža. Zadaná hustota materiálu bola $\rho = 8200 \text{ kg.m}^{-3}$, Youngov modul bol 210 GPa a Poissonova konštanta bola 0,3. Simulovaný oddeľovací nôž bol zaťažený silami vypočítanými z rovnice 4, kde $F_{\max} = 23790 \text{ N}$.

Pre vymeniteľnú reznú hranu bola zvolená STN 41 9 802 (SLAVIA STEEL s.r.o, Rimavská Sobota, Slovensko), ktorá bola vysoko legovaná, odolná proti nárazom, tlaku, oderu a eliminovala praskanie (Ťavodová a Kalincová 2018). Použitie materiálu je vhodné pre vysoko výkonné obrábacie stroje so strednou pevnosťou do 900 MPa na trieskové obrábanie, ako sú frézy, sústružnícke a hobl'ovacie nože a drevoobrábacie nástroje. Je odolný voči degradačným procesom, ako je krehnutie a korózia. Po kalení v sušiarňi pri 1230°C mala hodnota tvrdosti 64 až 66 HRC (test tvrdosti podľa Rockwella) a bola temperovaná 3 x 1 h medzi 560 a 580°C (chemický chov priepustnosti ocele). Pomocou softvéru Hypermesh (Altair Engineering, Inc., Irvine, CA, USA) sa spustilo sieťové prepojenie modelu, po ktorom nasledoval lineárny šesťuholník, ktorý mal osem uzlov a parabolický štvorsten, z ktorých každý mal 10 uzlov. Podľa týchto parametrov môže program vytvoriť napäťovú analýzu.

3 VÝSLEDKY

Vypočítané napäťové a deformačné analýzy sú na obrázku 2 a obrázku 3. Pri obrázku 2 je vidieť maximálne napätie $+3.871 \times 10^2 \text{ Pa}$. Hodnota tejto analýzy by sa určite zmenila vzhľadom na druh spájania napr. Vloženie zvaru resp. Vyhodenia jednotlivých častí noža. Z napäťovej analýzy vyplýva, že nami navrhovaný materiál je vhodný. Maximálna deformácia je na obrázku 2, kde sme zaťažili vymeniteľné ostrie noža silou podľa vzťahu (4), kde po prepočte bola hodnota zaťaženia 387 MPa a táto hodnota zodpovedá vlastnostiam rýchlo reznej ocele STN 19 802.

4 ZÁVER

Súčasný stav v LH si vo veľkej miere vyžaduje použitie viacúčelových lesných strojov harvesterov pri spracovaní dreva. Harvestery boli využívané v krajinách s vysokou produkciou drevnej hmoty (Kanada, Švédsko, Fínsko), no postupom času sa dostali aj na Slovensko. V závere táto práca matematicky ale aj graficky zobrazuje poškodenie odvetvovacieho noža s vymeniteľnou reznou hranou ako inovačné riešenie a súčasť harvesterovej hlavice. Experimentálne testovanie prebiehalo na špeciálnom stende, pričom na základe nameraných údajov bolo možné nasimulovať napäťovo deformačnú analýzu. Na základe výskumov a teoretických poznatkov sa vyhodnotila rezná sila pri procese odvetvovania na navrhnutom experimentálnom zariadení a bola použitá ako reálne pri zaťažení odvetvovacieho noža. Z hľadiska životnosti rezného nástroja t. j. odvetvovacieho noža sme zistili veľkosť opotrebenia a poškodenia rezného nástroja – odvetvovacieho noža, na základe čoho vieme odstrániť chyby vzniknuté pri výrobe, návrhu materiálu či nevhodne zvolených geometrických parametrov na nami navrhnutom odvetvovacom noži s vymeniteľnou reznou hranou.

LITERATÚRA

HIESL, P., WARING, TM., BENJAMIN, JG., 2015 : The effect of hardwood component on grapple skidder and stroke delimber idle time and productivity – An agent based model, Kidlington, Oxford ox5 1gb, oxon, England, Computers and Electronics in Agriculture 118 (2015) s. 270–280

LEONOV, A., L., 1990: Matematičeskaja model optimalizácii parametrov mechanizma prižima sučkoreznogo noža. IVUZ Lesnoj žurnal, č. 2, Archangelsk, 1990, s. 52 – 56.

MIKLEŠ, M., 2009 : Štúdium geometrie nožov odvetvovacej hlavice. Acta Facultatis Technicae, XIV , 2009 (2) : p. 121 – 129, ISSN 1136 – 4472

KRILEK, J., KOVÁČ. J., DVOŘÁK, J., MIKLEŠ, J., 2018 : Výskum rezných mechanizmov v lesníctve. Zvolen : Vedecká monografia. Technická univerzita vo Zvolene. ISBN 978-80-228-3056-0

WATSON W.F., TWADDLE AA., HUDSCON JB., 2013 Review of Chain Flail Delimbing-Debarking, Forest Research Institute Rotorua, New Zealand, J. B. Hudson University of Aberdeen Aberdeen, Scotland, Journal of Forest Engineerin, 2013

VORONICYN, K. I., GUGELEV, S. M., 1989: Mašinnaja obrezka sučjev na leseke. Lesnaja promyšlennost', 1989, 272 s.

HATTON, B.; POT, G.; BOUZGARROU, B. CH.; GAGNOL, V.; GOGU, G., 2015: Experimental determination of delimbing forces and deformations in hardwood harvesting, Croatian journal of forest engineering. ISSN 1845-5719, 2015, vol. 36, no. 1, pp. 43-53.

MIKLEŠ, M., 2009 : Štúdium geometrie nožov odvetvovacej hlavice. Acta Facultatis Technicae, XIV , 2009 (2) : p. 121 – 129, ISSN 1136 – 4472

PATHAK, A.D., WARHANE, R.S., DEOKAR, S.U.; 2017: Optimization of cutting parameters in Dry Turning of AISI A2 Tool Steel using Carbide Tool by Taguchi Based Fuzzy Logics. ScienceDirect- Material Today: Proceedings 5 (2018) ISSN 5082- 5090

SUCHÁNEK, J., 2009. Abrázivní opotřebení kovových materiálů. 2009. [online], [cit. 05. 12. 2017]. Dostupné na internete: <<http://www.tribotechnika.sk/>>

DVOŘÁK, J., NATOV, P., HRÍB, M., NATOVÁ, L., HOŠKOVÁ, P., BYSTRICKÝ, R., KOVÁČ, J., KRILEK, J., LIESKOVSKÝ, M., 2012 : Využití harvesterových technologií v hospodářských lesích. Kostelec nad Černými lesy, 2012. ISBN 978-80-7548-028-4

Pod'akovanie: *The authors are grateful for the support of the Scientific Grant Agency of the Ministry of Education, Science, Research, and Sport of the Slovak Republic, project: VEGA 1/0609/20" Research of the cutting tools at the dendromass processing in agricultural and forestry production."*

This publication is the result of the project implementation: Progressive Research into Utility Properties of Materials and Products Based on Wood (LignoPro), ITMS 313011T720 supported by the Operational Programme Integrated Infrastructure (OPII) funded by the ERDF."

Kontaktná adresa:

Ing. Ján Melicherčík, PhD., Fakulta techniky, Katedra environmentálnej a lesníckej techniky, Študentská 26, Zvolen 960 01



EXAMINATION OF IMPACT STRENGTH OF DIFFERENT WOOD SPECIES

Danuta OWOC - Wojciech WĘGRODA

ABSTRACT: The aim of this study is to determine the average impact strength of different wood species divided into 3 zones in the cross-section of the stump part. Three fresh wood species were studied: common oak *Quercus robur*, black alder *Alnus glutinosa* and small-leaved lime *Tilia cordata*. Additionally, the mean absolute moisture content of the studied species was determined. The results showed that the average impact strength of wood in cross-section decreased with the distance from the core.

Key words: wood impact strength, Charpy-Izod method

INTRODUCTION

Impact strength describes the resistance of a material to dynamic forces, impacts, vibrations, and thus presents the strength of wood in more real conditions than static tests, because in practical wood applications, its damage or destruction is the result of impacts, impact loads. Impact strength testing is necessary to determine the usefulness of the tested wood and the durability of structures made from it. The impact resistance of wood is of great importance in the production of machine parts, especially in aviation nowadays, but also in the production of railroad sleepers, tool handles or wooden building structures [Krzysik 1975].

1 MATERIALS AND METHODS

The aim of this study is to determine the impact strength of different wood species. Impact strength is a basic mechanical property of wood, which significantly affects the degree of difficulty of machining.

The samples were collected in the Niepołomice Forest District, Ispina Forestry, and in the Dębica Forestry District, Machowa Forestry (Regional Directorate of State Forests Kraków). The study objects are 3 tree species: common oak *Quercus robur*, black alder *Alnus glutinosa* and small-leaved lime *Tillia cordata*.

Six oak slices were collected in the Niepołomice Forestry District, Ispina Forestry, division 421a (Fig. 1), forest address 03-17-1-01-421, during late thinning.

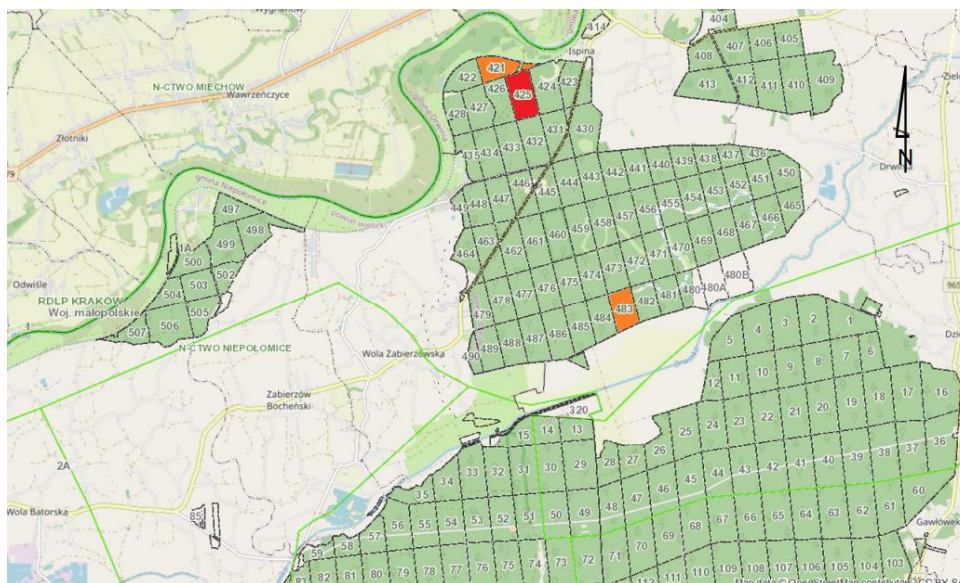


Figure 1 Ispina Forestry, Niepołomice Forest District [www.bdl.lasy.gov.pl]

The other two slices were collected in the Debica Forest District, Machowa Forestry, division 49c (Fig. 2), forest address 03-04-2-07-49c, during tree felling.

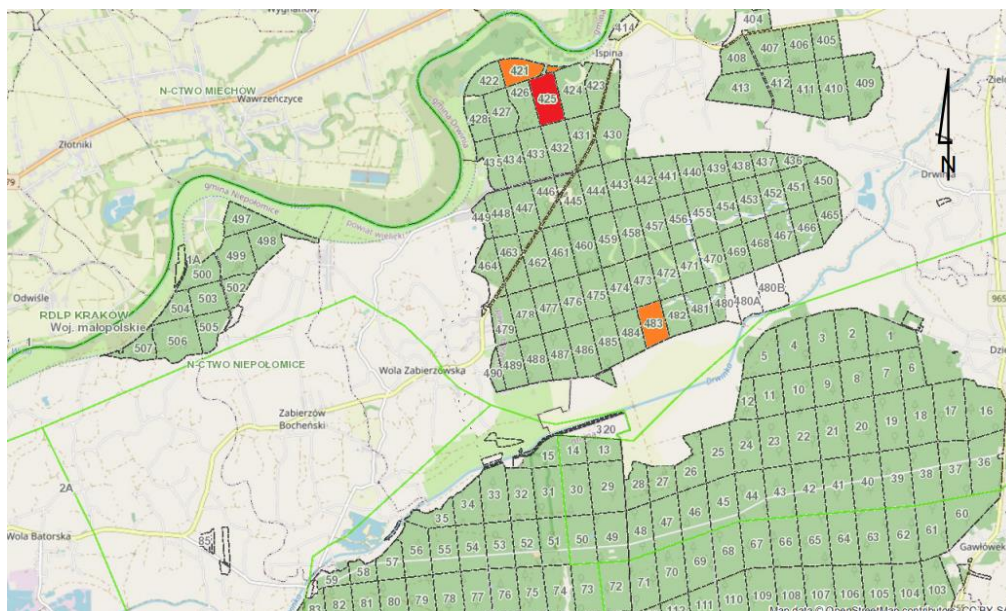


Figure 2 Machowa Forestry, Debica Forest District [www.bdl.lasy.gov.pl]

Alder slices were collected in the Niepołomice District, Ispina Forestry, division 483f (Fig. 1.).
Lime tree slices were collected during late thinning in ash-oak stand in Niepołomice Forest District, Ispina Forestry, division 425a (Fig. 1).

Samples used for the study were collected from the stump part, 8 slices of each species. From each slice, 12 samples were made, 4 from each layer: core, intermediate, peripheral. In total, 288 samples were tested. Impact strength tests were carried out on fresh samples and the absolute moisture content of selected samples was also determined.

Samples for the study were collected and prepared in accordance with PN-77/D-04227 standard. Samples made of round wood are made of cut core boards, in one plane (Fig. 3a) or in two diameters perpendicular to each other (Fig. 3b) - samples for the study were collected this way.

The samples shall be made so that the year rings visible on the frontal surfaces are parallel to one pair of opposite planes and perpendicular to the other pair along the entire length of the sample. Such prepared samples shall have no visible wood defects. Each sample must be marked in such a way that it is possible to determine from which piece and where in the cross-section it was made. The surfaces of the samples shall be carefully made to a high degree of accuracy; the standard permits a tolerance of ± 0.5 mm from the nominal dimensions, or ± 1 mm when this dimension is not included in the calculation.



Figure 3a Image according to PN-77/D-04227-1 Figure 3b Image according to PN-77/D-04227-2

The method of samples collection (Fig. 4) and numbering the consecutive samples for subsequent location on the cross-section (Fig. 5). Each slice got its individual number in relation to the species, it is the first digit in the sample number.

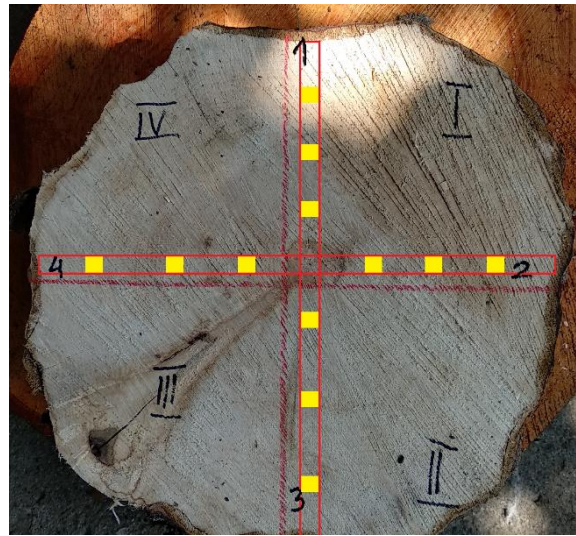


Figure 4 Individual sample locations on the cross-section

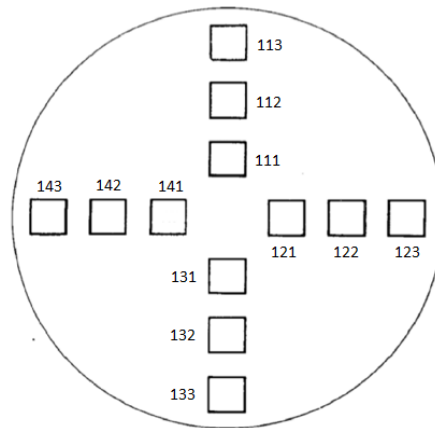


Figure 5 Numbering of samples

The second digit in the sample number indicates the given board made from the corresponding quarter. On each board, the location of 3 samples was marked, the first 3 cm from the core, the second at the middle of the radius, and the third 3 cm from the circumference, the third digit in the sample number (1, 2, 3) denotes the place where the sample was collected: core, intermediate, peripheral, respectively (Fig. 5.). In this way, 12 samples with a frontal cross-section of 1 cm x 1 cm were obtained from each slice, 4 from each part, the samples were cut from the boards so that 2 of its surfaces were parallel to the year rings and two were perpendicular. The samples were 5 cm long. The samples were made as soon as the slices were brought from the forest, once received they were stored in a refrigerator, in airtight plastic bags to prevent drying.



Figure 6 Impact testing machine used in this study

The Charpy-Izod method was used to carry out the tests, it is a combination of both methods. We used Chary hammer of Leipzig company (Fig. 6), which had a correspondingly lower energy reserve as in the Izod method for testing materials with lower impact strength, and the samples were clamped between two supports as in the Charpy method. This is because the dimensions of the prepared samples were limited by the size of the slices collected.

Impact strength is the ratio of the amount of work required to fracture a sample and the cross-sectional area at the point of fracture, which is expressed by the formula:

$$U = \frac{L}{b \cdot h} \quad (1)$$

where:

U – impact strength $\left[\frac{J}{cm^2} \right]$

L – work used to fracture a sample, [J]

b – sample dimension in radial direction, [cm]

h – sample dimension in the tangential direction, [cm]

2 RESULTS

The mean absolute moisture contents of the wood species studied, together with the standard deviation and the coefficient of variation, as a function of their position in the cross-section are presented in Table 1.

Samples to determine the mean moisture content of the wood of each species, were selected using a systematic method. Three samples were taken from each slice to determine the moisture content of the slices, and then the average values for the studied species were counted.

The highest mean moisture content was obtained for common oak in the peripheral zone, 116.29%, both in oak and black alder the mean moisture content in the cross-section increases with the distance from the core. The lowest mean moisture content was found in samples of small-leaved lime in the intermediate zone, 61.16%, moreover, in the case of lime, we do not see this relation as in the case of the other studied species, mean moisture content in the whole cross-section is at a similar level.

Table 1 Mean absolute moisture content of study species along with standard deviation and coefficient of variation, by zone

	Common oak	Black alder	Small-leaved lime
Core zone			
absolute moisture content	90.71%	66.21%	61.46%
standard deviation	15.50	16.74	7.12
coefficient of variation	17.09	25.28	11.58
Intermediate zone			
absolute moisture content	95.25%	71.16%	61.16%
standard deviation	24.12	15.09	9.57
coefficient of variation	25.32	21.20	15.65
Peripheral zone			
absolute moisture content	116.29%	84.34%	62.22%
standard deviation	30.04	11.65	5.62
coefficient of variation	25.83	13.82	9.03

Average impact strength of common oak for each test slice divided into 3 zones (Fig. 7). In the core zone, the highest average impact strength was in slice #3 and was 13.4 J/cm², and the lowest was in slice #8 and was 6.5 J/cm². In the intermediate zone, the highest mean impact strength was in slice #1 and was 10.5 J/cm², and the lowest was in slice #4 and was 3.9 J/cm². In the peripheral zone, the highest average impact strength was in slice #1 and was 7.5 J/cm², and the lowest was in slice #8 and was 3.5 J/cm². It can be observed that the average impact strength in most slices was highest in the core zone and lowest in the peripheral zone. Only in slice No. 8, the average impact strength in the intermediate zone was greater than that in the core zone.

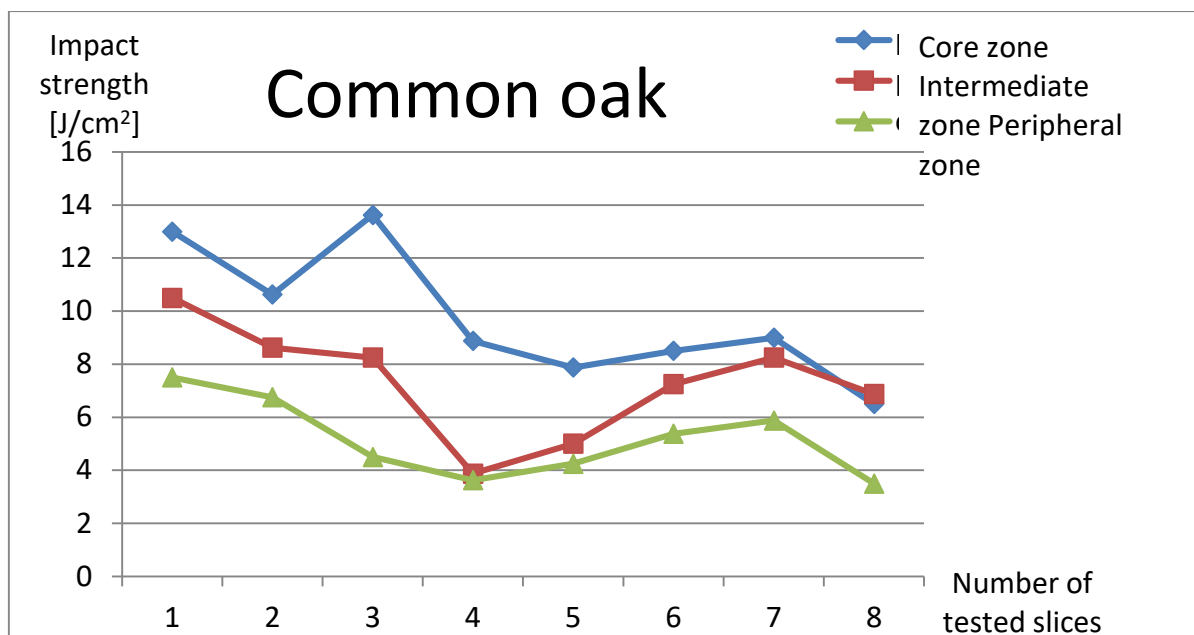


Figure 7 Average impact strength of common oak by test slice and sampling zone

The average impact strength of black alder for all tested slices divided into 3 zones (Fig. 8). In the core zone, the highest mean impact strength was examined in slice No. 7 and was 10.1 J/cm², and the lowest in slice No. 4 and was 5.3 J/cm². In the intermediate zone, the highest average impact strength was in slice #7 and was 8 J/cm², and the lowest was in slice #4 and was 5 J/cm². In the peripheral zone, the highest average impact strength was in slice #1 and was 6.4 J/cm², and the lowest was in slice #4 and was 3.8 J/cm². As in the case of common oak, it can be seen that the average impact strength is highest in the core zone and lowest in the peripheral zone.

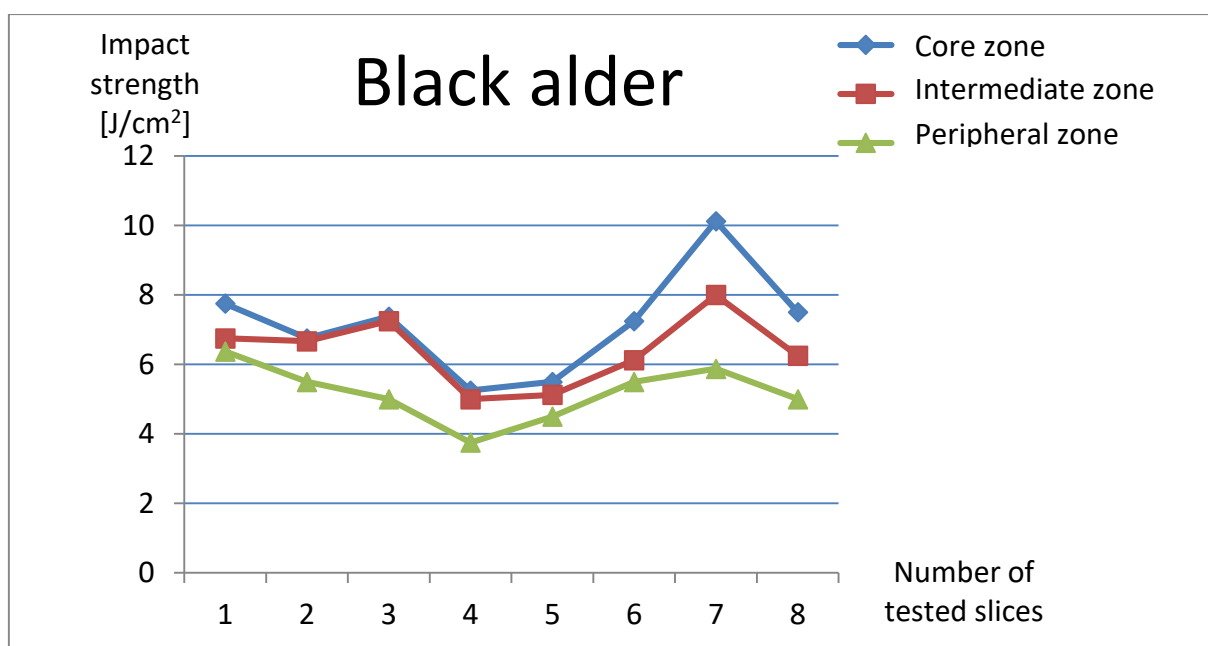


Figure 8 Average impact strength of black alder by test slice and sampling zone

The average impact strength of small-leaved lime for each slice divided into 3 zones (Fig. 9). In the core zone, the highest average impact strength was examined in slice No. 7 and was 10.9 J/cm^2 , and the lowest in slice No. 1 and was 3.9 J/cm^2 . In the intermediate zone, the highest average impact strength was in slice #4 and was 7.6 J/cm^2 , and the lowest was in slice #1 and was 4.3 J/cm^2 . In the peripheral zone, the highest average impact strength was in slice #4 and was 7.4 J/cm^2 , and the lowest was in slice #8 and was 4.1 J/cm^2 . Compared to the other studied species, there is no consistent relation in the lime of the increase of the average impact strength with the approach of the samples to the core zone. In slices no. 1, 3 and 5 it is the opposite, the highest average impact strength is in the peripheral zone and the lowest in the core zone.

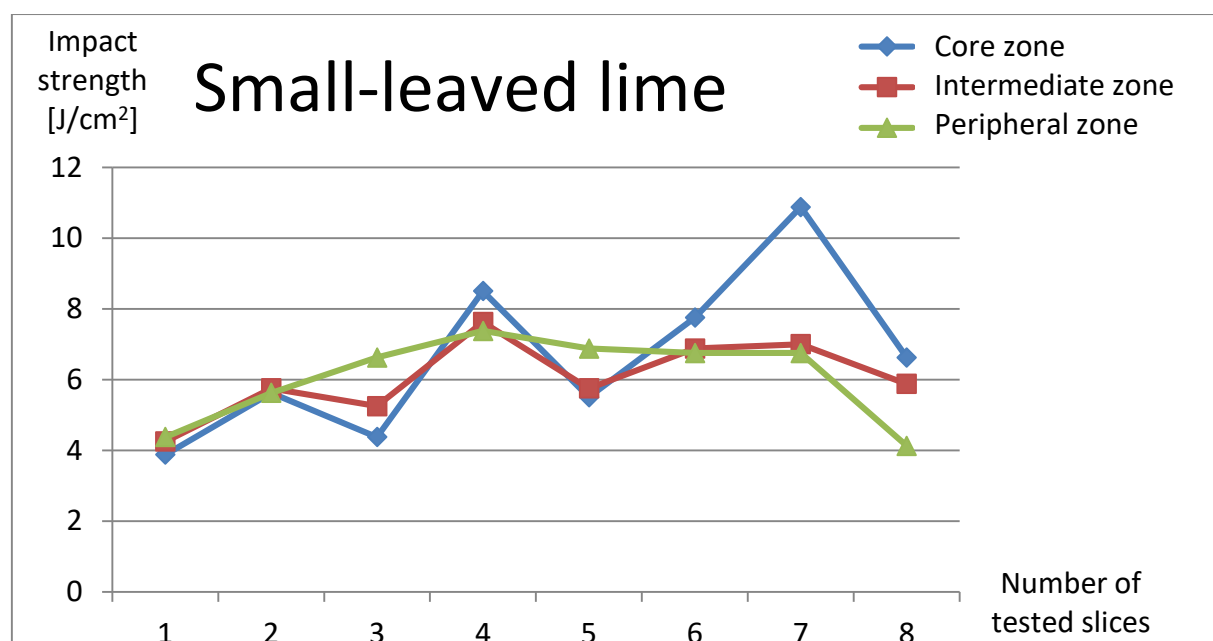


Figure 9 Average impact strength of small-leaved lime by test slice and sampling zone

The average impact strength of the wood species studied together with the standard deviation and the coefficient of variation, depending on the position in the cross-section, are presented in Table 2. Of the studied species, the common oak shows the highest as well as the lowest average impact strength; in the core zone it amounted to 9.8 J/cm^2 , and in the peripheral zone to 5.2 J/cm^2 . A similar relationship can be seen for both oak and black alder, the average impact strength decreases with distance from the core. Small-leaved lime does not show similar dependencies as the rest of the studied species, the average impact strength in all 3 zones is at a similar level, although lime shows the highest average impact strength in the peripheral zone (6.1 J/cm^2) compared to the rest of the studied species.

Table 2 Average impact strength of the studied species with standard deviation and coefficient of variation, by zone

	Common oak	Black alder	Small-leaved lime
Core zone			
impact strength	9.8 J/cm ²	7.2 J/cm ²	6.6 J/cm ²
standard deviation	15.50	16.74	7.12
coefficient of variation	2.72	1.91	2.36
Intermediate zone			
impact strength	7.3 J/cm ²	6.4 J/cm ²	6.1 J/cm ²
standard deviation	2.44	1.33	1.43
coefficient of variation	33.32	20.78	23.7
Peripheral zone			
impact strength	5.2 J/cm ²	5.2 J/cm ²	6.1 J/cm ²
standard deviation	2.03	1.25	1.77
coefficient of variation	39.18	24.08	29.23

Table 3 gives impact strength values for the wood species studied, data taken from the tables of basic physical and mechanical properties of wood of the main forest-forming species [Kokociński 2004] and data presented by the Research Network Łukasiewicz - Institute of Wood Technology in Poznań. The impact strength given in the table is determined for dry wood with the absolute moisture content of approximately 15%.

Table 3 Table values of impact strength of tested species
[*Kokociński 2004, **www.itd.poznan.pl/pl/vademecum/olcha]

	Common oak, <i>Quercus robur</i> L.	Black alder, <i>Alnus</i> <i>glutinosa</i> L.	Lime, <i>Tilia sp.</i>
Impact strength [J/cm ²]	1.0-6.0-16.0*	2.5-5.4-10.8**	5.0-13.0*

The data in the study were obtained for fresh wood, so they cannot be directly compared with the tabulated data because the impact strength of wood increases as the moisture content decreases. The obtained results are on the same magnitude level as the data in the tables, additionally the differences between the species correspond to the obtained results.

3 CONCLUSION

The mean values of absolute moisture content and mean impact strength of 3 species: common oak *Quercus robur*, black alder *Alnus glutinosa* and small-leaved lime *Tilia cordata*, were obtained, divided into 3 zones in the cross-section, according to which the samples were collected.

Mean absolute moisture content:

- for common oak:
- in core zone is 90.71%,
- in intermediate zone is 95.25%,
- in peripheral zone is 116.29%,
- for black alder:

- in core zone is 66,21%,
- in intermediate zone is 71,16%,
- in peripheral zone is 84,34%,
- for small-leaved lime:
- in core zone is 61,64%,
- in intermediate zone is 61,16%,
- in peripheral zone is 61,22%.

Average impact strength:

- for common oak:
- in core zone is 9,8 J/cm²,
- in intermediate zone is 7,3 J/cm²,
- in peripheral zone is 5,2 J/cm²,
- for black alder:
- in core zone is 7,2 J/cm²,
- in intermediate zone is 6,4 J/cm²,
- in peripheral zone is 5,2 J/cm²,
- for small-leaved lime:
- in core zone is 6,6 J/cm²,
- in intermediate zone is 6,1 J/cm²,
- in peripheral zone is 6,1 J/cm².

The obtained results indicate that the impact strength of wood in the cross-section, in the stump layer decreases with the distance from the core. Moreover, the results are within the limits reported in the literature.

REFERENCES

KOKOCIŃSKI W. 2004. Drewno. Pomiary właściwości fizycznych i mechanicznych, Katedra Nauki o Drewnie Akademii Rolniczej im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu

KRZYSIK F. 1975. Nauka o drewnie. PWN

[PN-77/D-04227. 1977] Drewno. Ogólne wytyczne pobierania i przygotowania próbek.

[PN-79/D-04104. 1979] Drewno. Oznaczanie udarności i wytrzymałości na zginanie dynamiczne.

SIEĆ BADAWCZA ŁUKASIEWICZ – Instytut Technologii Drewna w Poznaniu
<https://www.itd.poznan.pl/pl/vademecum/olcha> (dostęp 02.07.2020)

Contact address:

Dr. Danuta Owoc, Department of Forest Utilization, Engineering and Forest Techniques,
Faculty of Forestry, University of Agriculture, Kraków, Poland, Tel.: +48 12 662 53 78,
danuta.owoc@urk.edu.pl



TYPES AND MAIN TECHNICAL PARAMETERS OF PROMISING FOREST MACHINES FOR NATURAL AND OPERATIONAL CONDITIONS OF UKRAINE

Oleg STYRANIVSKY – Mykola HERYS – Andriy SHCHUPAK

ABSTRACT: Peculiarities and technical provision of logging processes in natural and operational conditions of Ukraine are analyzed. The nomenclature and technical parameters of modern forest machines are studied. Promising types and parameters of machines for complex technical re-equipment of logging in the conditions of Ukraine are offered.

Key words: features of logging in Ukraine; technical equipment; complex technical re-equipment; perspective types of forest machines.

INTRODUCTION

The forests of Ukraine are its national wealth and by their purpose and location perform mainly water-conservation, protection, sanitary-hygienic, health-improving, recreational, aesthetic, and educational as well as other functions. In addition, forests are a source to meet the needs of society for forest resources.

The growing stock of wood in forests is estimated at 2.1 billion m³. During the year, the forests of Ukraine grow an average of 35 million m³ of wood. The potential reserves and capacity of Ukrainian forests are large and, according to expert opinions, not fully used. The use of annual growth is about 64 %, while in Europe this figure is 70-80 %. Taking into account the increase in the area of mature and overmature stands in Ukraine, the increasing of amount of harvested timber can be foreseen in the coming years.

To perform a set of logging operations, which include felling trees, cutting branches and skidding wood to the loading point, increasingly use technological complexes of forest machines formed on a block-modular basis.

Production, types and level of distribution of forest machines and related technological equipment is increasing. Work on modernization of existing and development of new designs of forest machines is constantly conducted. This makes it necessary to systematize information about forest machines that are produced and used today, that is, the creation of databases by types and brands of machines and equipment manufactured. This will allow for a rational selection of power and technological modules for specific natural and industrial conditions and to determine the basic design parameters of the created forest machines in accordance with the operating conditions.

Today in Ukraine there is no production of modern special logging machines - skidders, forwarders, harvesters. General or agricultural tractors are still used in logging operations, which are not adapted to the working conditions in the forest and often lead to significant damage to the forest environment. Among the available forest machines over 10 years old predominate (about 88%), a significant part of which have exhausted their resources. To ensure production activities, forestry and logging companies are forced to renew their machine and

tractor fleet, which is not always based on the formation of optimal systems of forest machines that meet the natural and operational conditions of Ukraine.

The *purpose of this work* is to substantiate the types and main technical parameters of promising and environmentally friendly timber transport machines for natural and operational conditions of Ukraine, which is part of a radical technical re-equipment of forestry and logging enterprises on the basis of environmental safety in accordance with state programs and laws of Ukraine (STP, 2009, SPD, 2019 & LU, 2019).

1 MATERIAL AND METHODS

The main *research methods* used are analysis, systematization, comparison and generalization of data obtained from open sources of information (scientific articles, manufacturers' sites, expert assessments, etc.).

Features of technological process and technical support of logging in natural and operational conditions of Ukraine.

The main features of forests and forestry in Ukraine are:

- relatively low average level of forest cover of the territory;
- forest growth in different natural areas (flat terrain - Polissya, Forest-steppe, Steppe, mountain terrain - Carpathians and Crimea);
- mainly environmental value of forests and their large share (about 50%) with a regime of limited forest use.

Two methods of logging predominate in the forestry of Ukraine:

- Chainsaw- Agricultural tractor with a trailer or with a winch/clam bunk (occasionally) – in Polissya and Forest-steppe;
- Chainsaw- Skidder or (occasionally in inaccessible places Chainsaw- Cable System-Skidder) – in Carpathians.

The use of aggregate machines (harvesters) is very limited. These are usually used machines that are 5-10 years old. This situation is due to the low financial capacity of Ukrainian forestry enterprises.

For the primary transportation of wood in the mountains, usually use skidders (fig. 1), and in the plains - forwarders (fig. 2).



Figure 1 Skidder HSM 805 in Carpathians



Figure 2 Forwarder AMKODOR 2662-01
in the Forest-steppe region

However, due to the high cost of forest forwarders, most forestry enterprises prefer modular machines based on agricultural tractors and timber trailers (fig. 3) and modular machines based on agricultural tractors with skidding winch (fig. 4), which are characterized by low: productivity, efficiency, ergonomic and environmental safety.



Figure 3 Modular machine with timber trailer
(Landini + Binderberger)



Figure 4 Modular machine with skidding winch (MTZ 82 + MAXWALD)

Skidders are especially harmful to the environment, in particular to the soil surface. In the conditions of Ukraine there is also the use of agricultural tractors as skidders without skidding technological equipment, which in the case of repeated runs can cause irreparable damage to the forest environment.

To perform logging operations, state forestry enterprises use their own technical means or hire contractors from among private companies that have the appropriate permits and technical support. In 2020, about 80% of forestry works were performed by own technical means of state forestry enterprises (Table 1).

Table 1 Availability of technical means at the enterprises of the State Forest Resources Agency of Ukraine (January 2020)

Name	Quantity, pcs
Tractors (skidders), total	3577
incl. caterpillar tractors	305
wheels tractors	3272
Forwarders	4
Modular machines with trailers, total	1428
incl. universal trailers	1233
timber trailers	195
Modular machine with skidding winch	91
Mobile cable system	5

Requirements for power and technological modules of advanced forest transport machines.

For forest machines, it is appropriate to maintain and improve the following functions: off-road driving, tree manipulation (cutting, delimbing, bucking etc.) and carrying capacity (Styranivsky et al, 2019, Spinelli, 2018, Lindroos et al, 2017). The future approach to improving these machines will be to equip them with computer systems, use artificial intelligence and improve ergonomic performance (Mederski et al, 2021, Visser, Obi, 2021, Mikkonen, Leinonen, 2003, Styranivsky O, Styranivsky Yu, 2010).

The basis for the formation of the machine-tractor fleet of forestry enterprises of Ukraine should be technological complexes of machines that would provide comprehensive mechanization of all phases of forestry production (Sabadyir, 2004). Given the variety of technological operations and technical equipment and in order to unify power resources, it is advisable to carry out the layout of forest machines on the basis of block-modular construction (Bybliuk et al, 2014). To do this, it is necessary to provide for the use of the only power modules in its class, which through universal devices would be connected to the technological modules. This approach will improve the technological capabilities of the power module through the integrated construction of the unit, ensure its versatility, expand use during the year and provide a high level of service and repair, unification of spare parts and other consumables. Construction of machines according to the block-module scheme will allow using the power module also in other branches of a national economy.

Due to the fact that today Ukraine is dominated by assortment technology, which originated in Scandinavia and is widely used in the vast majority of Central European countries, it is advisable to use an assortment truck - forwarder. The technological equipment of the forwarder, which is the main transport link in the assortment technology of logging, is based on the module with the extended frame leaning against the balancing two-axle bogie. This design solution provides the ability to transport assortments up to 6 m long by machine and to use bogie caterpillars to reduce the contact pressure on the ground and improve its traction and coupling properties. The use of a forwarder also makes it possible to sort wood directly at the felling site or during reloading on a timber truck. Another advantage of a forwarder compared to a skidding tractor is its higher environmental safety due to the transportation of wood in a fully loaded position. The presence of a hydraulic crane greatly expands the technological capabilities of such a machine.

In the mountainous conditions of Ukraine, the most relevant is the use of a wheeled skidder - the cheapest technical means for the primary transportation of timber, especially for the relatively low density of the forest road network.

After analyzing the layout parameters, design features and operating conditions of existing forest machines, promising combinations of aggregation of technological and power modules were identified (Table 2).

Table 2 Options for aggregation of forest machines

Traction class (power) of the power module	Purpose (name) of the technological module
9...14 kN (50...70 kW)	Wood transportation from selective felling (hinged skidding equipment)
14...20 kN (70...120 kW)	Skidding of trunks or trees (skidder) Wood transportation by the modular machines with timber trailer
20...30 kN (120...180 kW)	Assortment transportation (forwarder)

The power module of the traction class 9... 14 kN, which is small in size, can become the basis of forest machines for selective felling. These requirements are met by an agricultural tractor of the appropriate traction class with a serial hydraulic system. Technological modules for selective felling can be hinged or trailed. Technological modules for wood transportation from main use felling should be aggregated with power modules of traction classes 14... 20 and 30 kN. Traction class machines 20... 30 kN should be all-wheel drive in two- or three-axle design with hinge-jointed frame.

2 RESULTS

Promising types and parameters of machines for complex technical re-equipment of logging works in the conditions of Ukraine.

To substantiate the requirements for promising forest machines, the technical parameters of skidders, forwarders, timber trailers and skidding attachments of leading companies in Europe, North America and Ukraine were analyzed (MTZ, Amkodor, LKT, Caterpillar, John Deere, Valmet, HSM, Komatsu Forest, Ponsse, Rottne, Tigercat, Weiler, Logset, Palms, Scandic, Weimer, Country, Farma, Forester, BMF, Kesla, Trejon, Farmi Forest, FTG, Stepa, Anderson, Pfanzelt, Binderberger).

The choice of parameters of a promising forest machine should be made on the basis of the method of weight and geometric analogies. Using the proposed method, correlations between the main power, geometric and weight parameters of skidders (Fig. 5), forwarders (Fig. 6) and modular machines (Fig. 7 and 8) are constructed.

Engine power of modern skidders depending on own weight fluctuates from 45 to 220 kW and covers traction classes from 9 to 50 kN. These are mainly short-base machines with a 4x4 wheel formula. The share of caterpillar skidders does not exceed 20%. The following types of technological equipment of the skidder were found: choker with a skidding board or arch and hydraulic crane with a clamping ridge or arch with a gripper.

About 70% of forwarders have a load capacity of 10 to 18 tons and an engine power of 100-180 kW with a curb weight of 12 to 19 tons. The mass use factor for forwarders with a wheel formula of 8x8 is in the range from 0.71 to 0.93, and for forwarders 6x6 in the range of 0.82-1.3. Forwarders are equipped only wheel drive with a two-, three- or four-axle. The clearance of forwarders is 15-25% higher than that of skidders, which is due to the need to move through logging site without any transport routes. An obligatory element of the running gear of a wheel skidder or forwarder is the presence of a hinged-jointed frame. Engines of foreign forest machines have a torque of 400 to 1300 N·m, which allows them to move easily in difficult operating conditions. Hydraulic cranes, which are equipped with technological modules have a load torque from 80 to 155 kN·m and boom reach 7.0-10.5 m.

As a power module of a modular machine with a trailer, agricultural and forest modifications of wheeled tractors of traction class 9 - 20 kN are used, and the technological module is special timber trailers with a load capacity of 5 ... 15 t, equipped with hydraulic cranes. The connection of these modules is provided by a controlled drawbar, which allows the modules to fold in the horizontal plane by $\pm 40^\circ$ and in the vertical plane $\pm 15^\circ$ relative to each other.

At the same time, a larger number of machines (over 60%) have a load capacity of 9 - 13 tons and an engine power of 55 - 90 kW.

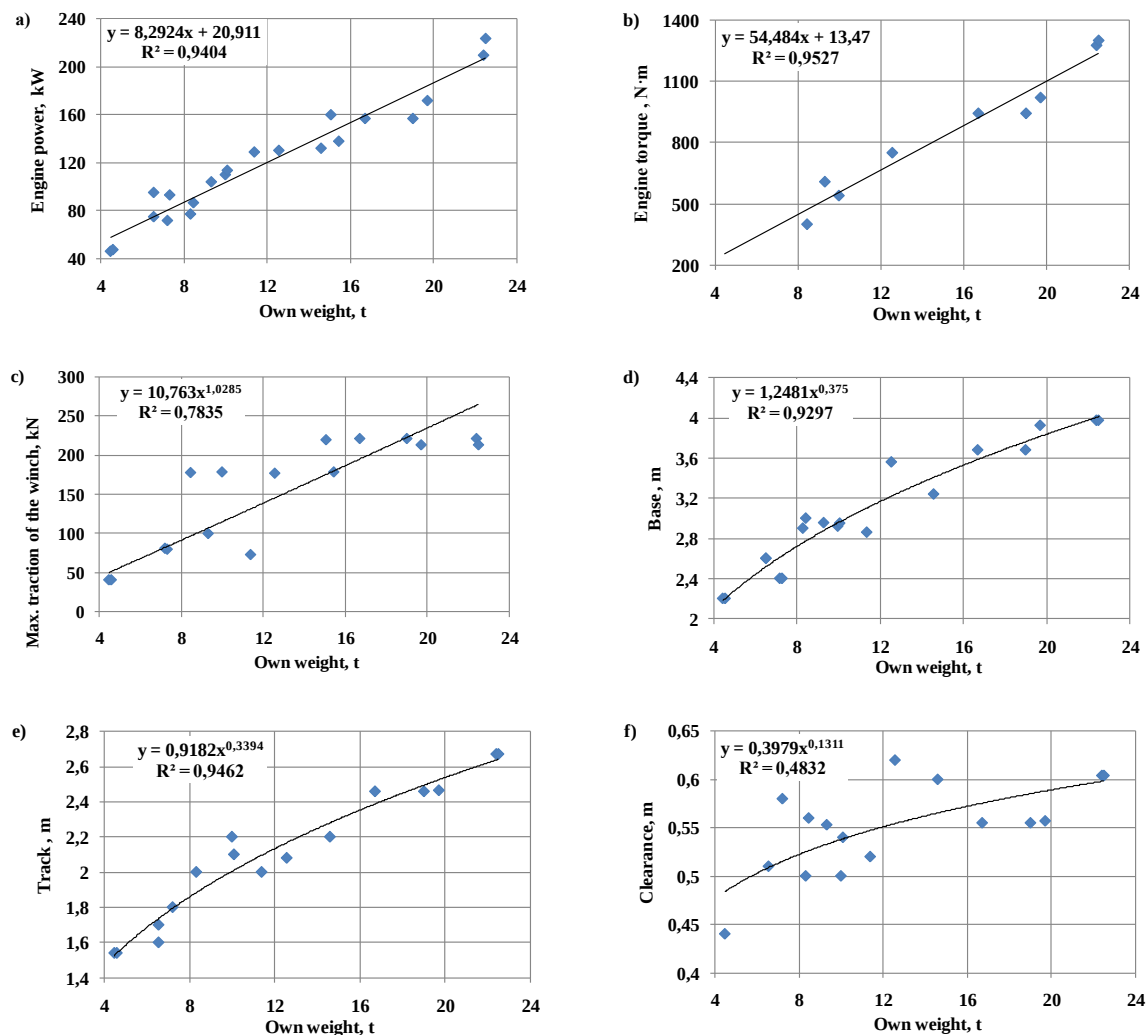


Figure 5 Dependences of power (a) and engine torque (b), maximum traction of the winch (c), base (d), track (e) and clearance (f) on the own weight of the skidder

The power module of more than 50% of hinged skidding equipment are wheeled tractors with a capacity of 35-60 kW (traction class 9-14 kN). Most of this technological equipment (over 70%) has a single-drum winch with a traction force of 40-60 kN and is designed to be connected to a serial three-point hydraulic system of agricultural tractors. The diameter of the rope depends on the traction force of the winch, and its length is from 50 to 200 m, which is due to the technological features of the skidder work. The overall dimensions of the hinged skidding equipment mainly depend on the geometrical parameters of the base tractor, in particular the width varies from 1320 to 2000 mm. Larger width values are typical for skidding units with double-drum winches.

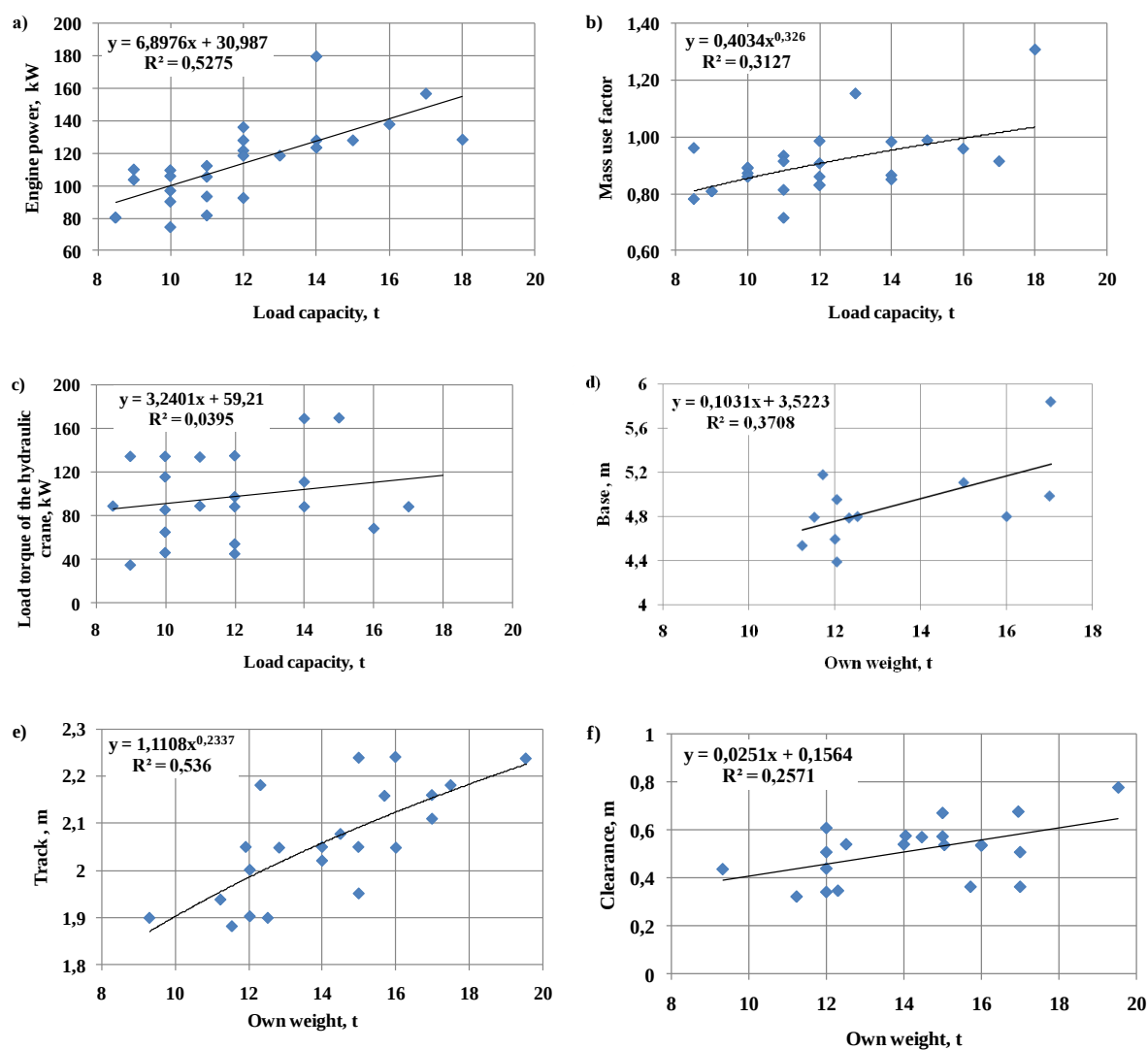


Figure 6 Dependences of power (a), mass use factor (b) and load torque of the hydraulic crane (c) on the load capacity and the base (d), track (e) and clearance (f) on the own weight of the forwarder

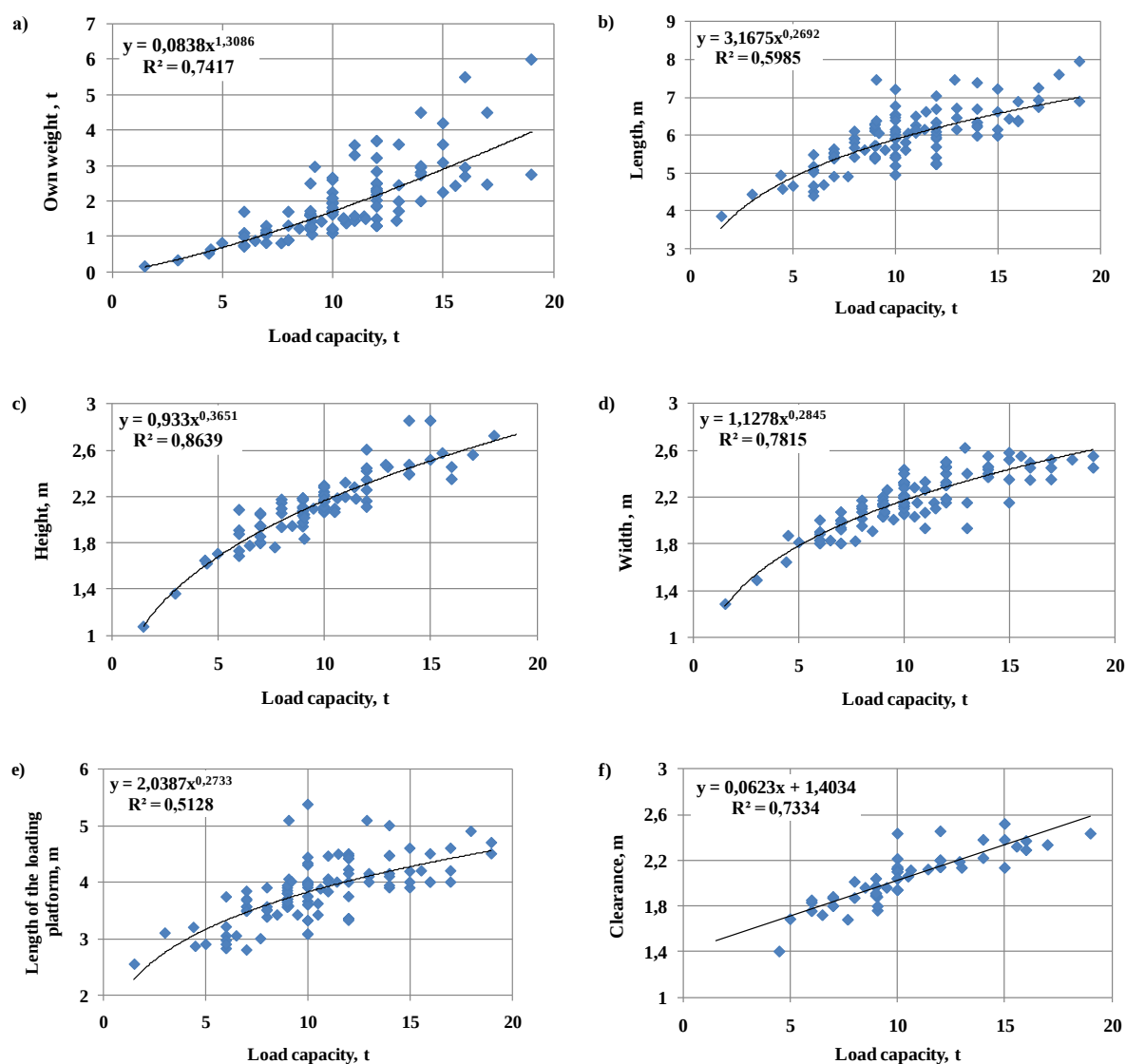


Figure 7 Dependencies of the own weight of the timber trailer (a), length (b), height (c), width (d), length of the loading platform (e) and clearance (f) on the load capacity of the timber trailer

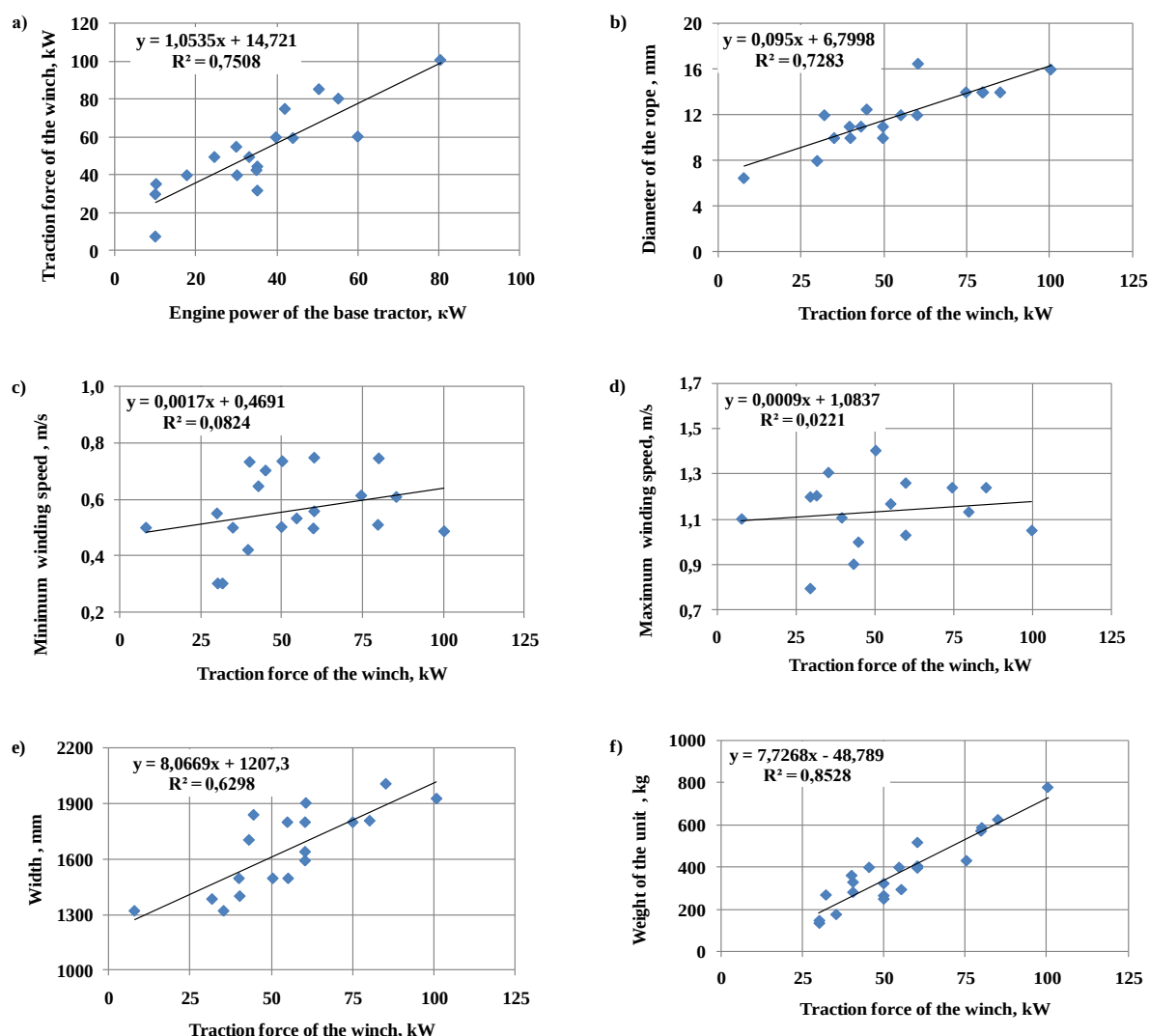
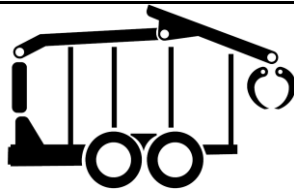
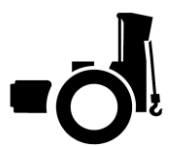
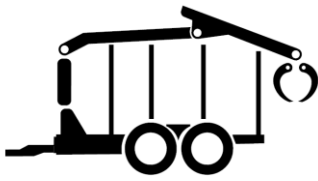
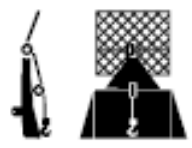


Figure 8 Dependences of the traction force of the winch on the power of the base tractor (a) and the diameter of the rope (b), the minimum (c) and maximum (d) winding speed, width (e) and weight of the unit (f) on the traction force of the winch

3 DISCUSSION

The values of the correlation coefficients indicate that for most forest machines there are statistically significant relationships between their main technical parameters. The analysis of the obtained dependences made it possible to form requirements for the main design parameters of technological and power modules of promising forest transport machines (Table 3).

Table 3 Promising types and parameters of machines for complex technical re-equipment of logging in Ukraine

Types and parameters	
power module	technological module
forwarder	
 • engine power: 120...180 kW; • track: 1,9...2,2 m; • clearance: 0,6...0,65 m; • wheel width: 600...700 mm; • transmission: hydrostatic or hydrodynamic.	 • two-axle carriage with racks (load capacity: 12,0...14,0 t); • crane (max. load torque: 80...120 kN·m; max. reach: 8,5...10,0 m).
skidder	
 • engine power: 90...120 kW; • track: 1,9...2,1 m; • clearance: 0,5...0,55 m; • wheel width: 470...580 mm; • transmission: mechanical or hydrostatic.	 • bulldozer dump; • skidding board - mobile, persistent; • winch (two-drum, traction: 80...100 kN; rope length: 70...100 m).
modular machine with a trailer	
 • traction class: 14...20 kN; • engine power: 70...120 kW;	 • trailer with racks (load capacity: 8...12 t); • crane (max. load torque: 80...120 kN·m; max. reach: 8,5...10,0 m)
modular machine with attachments	
 • traction class: 9...14 kN; • engine power: 50...70 kW;	 • skidding board - mobile, persistent; • winch (traction: 60...80 kN; rope diameter/length: 13...14 mm/60...80 m).

4 CONCLUSIONS

In the context of the sustainable development and integrated utilization of forest resources, it is necessary to implement the strategy for the development of the forestry with regard state and the prospects for the development of the forest fund, forest roads network, and the park of machines of forestry enterprises.

For the purpose of wide and most effective practical application of forest machines at the enterprises of the forestry branch the full and qualitative analysis of constituent components of timber transport with formation of directions concerning its further improvement and development should be carried out.

Over the past decades, logging technology in Ukraine has been influenced by machine-building plants in Russia and, in part, Belarus. This situation led to the fact that until 2000 forest machines and wheeled agricultural tractors were used in the logging of Ukraine, which practically exhausted their resources.

Now the technical re-equipment of the forest industry of Ukraine is facing a dilemma: to establish the production of its own forest machines or to buy abroad? In any case, no matter how the problem is solved, do not do without state support, and the requirements formed in this study for promising wheeled machines will be useful for designers of new logging equipment and for managers of forestry enterprises in the formation of systems for timber transport on the basis of machines of foreign production.

REFERENCES

- STP, 2009. State target program «Forests of Ukraine» for 2010-2015. <https://www.kmu.gov.ua/npas/242334419>
- SPD, 2019. State program development of the Ukrainian Carpathians region for 2020-2022. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/880-2019-%D0%BF#Text>
- LU, 2019. Law of Ukraine «On Amendments to Certain Laws of Ukraine on the Prohibition of Clear Felling on Mountain Slopes in Fir-Beech Forests of the Carpathian Region». <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/249-20#Text>
- BYBLIUK, N. I., HERYS, M. I., BOIKO, M. M., & AL., 2014. Lisotransportni zasoby: konstruktsiia i rozrakhunok. Chastyna 1. Zahalne komponuvannia. Spetsialne obladnannia : Lviv : RVV NLTU Ukrainy, 400 - ISBN 978-617-655-109-6.
- STYRANIVSKY, O. A., STYRANIVSKY, YU. O., 2010. Pryrodookhoronni zasady transportnoho osvoiennia hirsykh lisovykh terytorii : Lviv: RVV NLTU Ukrainy, 208 - ISBN 978-966-1633-24-6.
- STYRANIYSKY, O., HERYS, M., SHCHUPAK, A., & AL., 2019. Methodological basis of choosing type and technical-operational parameters of machine for timber primary transportation // Mobilné energetické prostredky – Hydraulika – Životné prostredie – Ergonómia mobilných strojov: Vedecký recenzovaný zborník. – Technická univerzita vo Zvolene, 233-240.
- MIKKONEN, E., LEINONEN, T. B., 2003. 2020 – future studies in forest operations //Proceedings of 2nd Forest Engineering Conference: Decision support system/tools. – Växjö. Sweden, 12-15 May 2003, 83-89.

SPINELLI, R., 2018. Mechanization of forest operations new developments, trends and challenges. Proceedings of 51nd International Symposium on Forestry Mechanisation (FORMEC), Improved Forest Mechanisation: Mobilizing natural resources and preventing wildfires, Madrid, Spain, 25-27 September, 49–52.

LINDROOS, O., LA HERA, P., HÄGGSTRÖM, C., 2017. Drivers of Advances in Mechanized Timber Harvesting – a Selective Review of Technological Innovation. Croatian Journal of Forest Engineering 38(2), 243–258.

SABADYIR, A.I., 2004. O tehničeskoj politike razvitiya lesnogo sektora Ukrainyi // Oborudovanie i instrument dlya professionalov 3, 2-6.

MEDERSKI, P. S., BORZ, S. A., ĐUKA, A., LAZDIŃŠ, A., 2021. Challenges in Forestry and Forest Engineering – Case Studies from Four Countries in East Europe. Croatian Journal of Forest Engineering 42(1), 117-134.

VISSER, R., OBI, O. F., 2021. Automation and Robotics in Forest Harvesting Operations: Identifying Near-Term Opportunities. Croatian Journal of Forest Engineering 42(1), 13-24.

Contact address:

Oleg STYRANIVSKY, Assoc. Prof., Department of Forest Machines, Ukrainian National Forestry University, Gen. Chuprynka St. 103, Lviv, Ukraine, styran@nltu.edu.ua

Mykola HERYS, Assoc. Prof., Department of Forest Machines, Ukrainian National Forestry University, Gen. Chuprynka St. 103, Lviv, Ukraine, mherys@ukr.net

Andriy SHCHUPAK, Senior Lecturer, Department of Forest Machines, Ukrainian National Forestry University, Gen. Chuprynka St. 103, Lviv, Ukraine, andriyshchupak@gmail.com



DESIGNING THE CONNECTING OPERATING TRAILS IN THINNING STANDS

**Grzegorz SZEWCZYK¹ – Cezary FRANKIEWICZ² – Rafał CHOJNOWSKI² –
Karol GIELAROWIEC²**

ABSTRACT: The mechanical model of harvesting and skidding requires that stands be accessible by logging trails. Properly designed logging trails together with the network of forest roads, surface division lines and logging depots create a specific system of making stands accessible. The aim of this study was to determine the differences in skidding distances and areas excluded from forest production between the networks of trails designed in accordance with the current standards in force in the State Forests National Forest Holding and those determined on the basis of the proposed original algorithm, which took into account the location of the connecting trails that allow the skidding vehicle to turn around. Analyses were carried out in stands in which early thinning was performed. Cutting was carried out in the CTL harvesting system with a John Deere 1070E harvester. During the work, the harvester was moving along the operating trails set during the work, about 20 m apart from each other. The network of connecting trails simplifies the model of making stands accessible. In most of the analyzed cases, the reduction of the stand production area was smaller in the case of the theoretical model which positively influences the expected total volume of the stand. On the other hand, the average skidding distance obtained from the calculations performed for both models was the same.

Keywords: timber harvesting, skidding, operating skid trail, distance of skidding

INTRODUCTION AND AIM OF THE STUDY

The dynamically progressing mechanization of work processes in forestry, especially in the field of logging and skidding, has its justification in the high level of environmental hazards, harmful working conditions and the lack of qualified forest workers. Replacing human labor with machine labor is not the domain of recent years only. Already about fifty years ago, multi-operational machines appeared (Hakkila 1989; Moskalik 2002; Nordfjeld et al. 2010). Their use is becoming more and more frequent, not only in coniferous stands but also in stands with a diversified structure and species composition, on post-disaster areas and in the mountains (Moskalik, Stampfer 2003; Frutig et al. 2007; Szewczyk 2011; Szewczyk, Stańczykiewicz 2012; Szewczyk, Kulak 2013; Szewczyk 2014; Szewczyk et al. 2014, Dürrstein, Stampfer 2000; Visser, Stampfer 2015; Szewczyk et al. 2020). In Scandinavian countries, over 90% of the total timber volume is harvested in this way. In countries with similar forest management conditions to Poland, both in terms of breeding methods and harvesting size, e.g. in Germany, the share of harvesters in the total wood harvesting amounts to about 40%. In recent years, a dynamic increase in the number of harvesters has been observed in Poland. Probably, this state of affairs is influenced by disaster phenomena in forests, particularly severe in 2017. According to Moskalik et al. (2017) and Bodył (2019) currently about 35% of compact wood is harvested this way. The number of harvesters in Poland has increased several times since 2000 and is about 530 (Mederski et al. 2016).

The use of machinery in the process of logging and skidding involves the need to make the stands accessible by logging trails. Properly designed logging trails together with the network of forest roads, surface division lines and logging depots create a specific system of

making stands accessible. In Poland, making stands accessible by a network of operating trails was the subject of many implementation studies, which defined their nature, parameters and principles for their establishment (Instruction... 1979; Order... 2016; Principles....2019). Ultimately, the network of operational trails should be an element of a complex system of making forest areas accessible, which consists of operational trails, surface division lines, forest and public roads, as well as a specific layout of timber depots (Antończyk and Nowakowska-Moryl 1993). Operational trails are used throughout the life of the stand, especially at the stage of maintenance felling. In this context, they are designed to limit damage to the stand - soil, undergrowth, and trees remaining to the next silvicultural treatment or felling cut. The degree of stand accessibility determines, within the framework of the applied harvesting technology, the potential level of environmental damage (Sosnowski 1997, Suwała 1997, Sowa et al. 2008). According to Moskalik (2002), the extent of damage to a thinning stand in the sorting logging system with the use of multi-operational machines should not exceed about 5-7%, and the distance of wood harvesting (skidding) from the stand to the logging trail is, besides the level of operators' training and the length of the produced assortments, the main factor influencing the level of damage. The impact of trails on the forest environment may also be unfavorable, because trees growing in the vicinity of machine moving trails may react with reduced growth due to soil compaction (Grodecki and Stempski 2000; Grodecki 2001).

Operational trails in previously unmanaged stands are designed and executed during planned maintenance felling. The first conception of the trail network later influences the logistic conditions of the stands throughout their life and for this reason great importance should be attached to the accuracy of their determination. Implementation instructions for the opening of stands generally focus on the spacing between the trails. Limitation of the area occupied by trails is connected with their course along the longer side of the thinning area, in Polish conditions along the branch line, which is about 400 m. Long, mostly rectilinear runs of the operating trails in young stands coming from planting are not important for the optimization of the costs of the harvester's work. The problem arises during raw material skidding when it is necessary, especially in the case of skidding carried out by agricultural tractors with self-loading trailers, to make cross-trails (connecting trails) from time to time, enabling the machines to return to lower trails after filling the skid loader. Cross-trails are usually designed very roughly, usually using stand thinning. Optimization of their arrangement should consist in determining their location - distance from the lower level trail, taking into account the intensity of harvesting and skidder load capacity. The aim of the study was to determine the differences in skidding distances and areas excluded from forest production between the networks of trails designed in accordance with current State Forests National Forest Holding regulations and those determined on the basis of the proposed original algorithm. The study covered pine stands in which early thinning was conducted.

1 METHODS

The study was conducted in south-western Poland, in the Rudy Raciborskie Forest District - Regional Directorate of State Forests in Katowice (Fig. 1).



Figure 1. Study location, Rudy Raciborskie Forest District

Analyses were conducted in six stands in which early thinning was performed. Thinning was conducted in the CTL logging system with felling and extraction of timber in lengths of 5 m and 2.5 m with a John Deere 1070E harvester. During the work, the harvester was moving along the operating trails, separated from each other by about 20 m. The forest stands were not accessed before and the operating trails were established during harvesting (Fig. 2, 3). The skidding of timber along operating trails was performed using agricultural tractors with self-loading trailers and forwarders. Selected characteristics of skidding means and stands in which the study was conducted are presented in Table 1.



Figure 2. Operational trail on the test surface

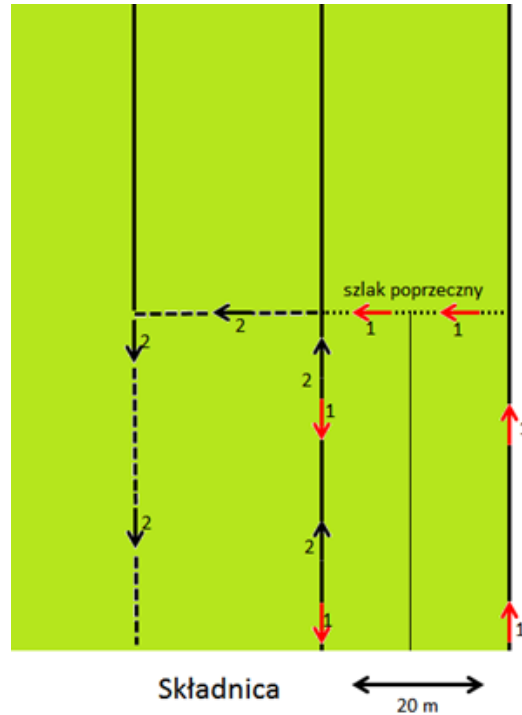


Figure 3. Scheme of the applied stand access system

Table 1 Selected features of the study areas

Area code	Forestry	Separation	Forest habitat type	Stand composition	Cutting intensity [m ³ /ha]	Skidding measure
A	Kotlarnia	24a	BMśw	10 So	37	Tractor Ursus 914 with a trailer FAOFAR 842
B	Kotlarnia	9b	BMw	10 So	37	Forwarder John Deere 1010
C	Kotlarnia	37a	BMśw	7 So 3 Brz	37	Forwarder John Deere 1010
D	Kotlarnia	42g	BMw	6 So 2 Md 2 Brz	37	Forwarder John Deere 1010
E	Borowiec	80b	BMw	8 So 2 Brz	37	Tractor Zetor 7745 with a trailer FAO FAR 61
F	Borowiec	122a	BMśw	5So 3Brz 1Św 1Md	37	Tractor Zetor 7745 with a trailer FAO FAR 61

Schematics of the field-detected, real operating trail networks and wood storage sites were plotted on numerical maps in ArcGis software. Field measurements were made with a GPS receiver Trimble Juno 5 with t-MAP software and rangefinder Tri-Pulse 360.

Connecting trail distances in the theoretical operational trail network model were calculated based on equations 1-5.

$$V_i = \frac{\beta_i \times \alpha_i}{10000} \times \frac{z}{2} \times L_i = \frac{\beta_i \times \alpha_i \times z \times L_i}{20000} \quad (1)$$

$$L_i = V_i \times \frac{20000}{\beta_i \times \alpha_i \times z} \quad (2)$$

Because the raw material is collected by going from and returning to the main trail

$$P = \frac{L_i}{2} \quad (3)$$

Because the raw material is additionally collected from both sides of the trail

$$P = \frac{L_i}{4} \quad (4)$$

$$P = \frac{V_i \times \frac{20000}{\beta_i \times \alpha_i \times z}}{4} = V_i \times \frac{5000}{\beta_i \times \alpha_i \times z} \quad (5)$$

where:

V_i – forwarder loading capacity for the i -th sort [m^3]

β_i – cutting intensity [m^3/ha]

α_i – collection intensity index of the i -th sort {0,1; 0,2 ...1}

z – distance of operating trails

P – distance of cross trail from main trail

The average skidding distance was calculated based on equations (6-8) (Antończyk, Nowakowska-Moryl 1993). The average skidding distance was determined for two models. In a situation where the skidding was carried out perpendicularly to the lower level operational trail, formula (6) was applied. In a situation where the skidding was carried out at an angle α to the road, the formula (7) was used.

$$z = 0,25 \times b \quad (6)$$

$$z = \frac{0,25 \times b}{\sin \alpha} \quad (7)$$

$$g = \frac{L_d}{p} \quad (8)$$

where:

z – average skidding distance [m]

b – distance between disposal routes [m]

α – an angle between main and connecting trails

g – density of operating trails

L_d – total length of operating trails

p – forest area [ha]

The area of the excluded stand was calculated based on the formula (9) (Antończyk, Nowakowska – Moryl 1993).

$$p = \frac{s}{r} \times 100 \quad (9)$$

where:

p – percentage of area

s – width of trails

r – distance from neighboring trails

The total area included in the study was 32.4 ha. In the course of field work, 22858 m of operational trails were recorded.

2 RESULTS

Designing a regular network of logging trails is obviously only possible in easily accessible plain areas. In foothills or mountainous areas, due to different orography and stand structure, the complication of making stands accessible is much higher (Instruction 1979). The spacing and width of logging trails should depend on the stand conditions, the most important of which are age and compactness, but of decisive importance are the possibilities of using specific machines for felling and limbing the trees and skidding the material (Rzadkowski 2000). It is assumed that the width of the logging trail should be about 1 m greater than the width of the skidding center in case of drag skidding and semi-suspended skidding and about 1.5 m greater in case of forwarding skidding. The distance between the trails should be from about 20 m when using multi-operational machines (it is also possible to increase the distance to about 40 m when using chainsaws felling in the so-called inter-field), to about 50 m when using horse skidding and winches on skidders or agricultural tractors. The network of operating trails established in the stand often covers a considerable area. In the most technically advanced technologies with the use of harvesters and forwarders, their distance related to the range of the cranes of the heads of these machines should be about 20 m. With their width of about 4 m, the entire area of the stand excluded from timber production already constitutes 20%.

Figures 4-15 show schemes of the actual and theoretical trail networks where cross-trails (connecting trails) were designed.

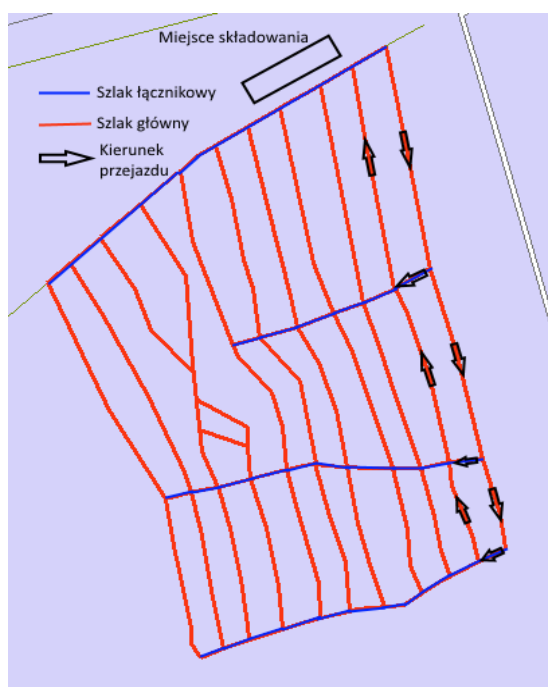


Figure 4. Map of operational trail network in study plot A

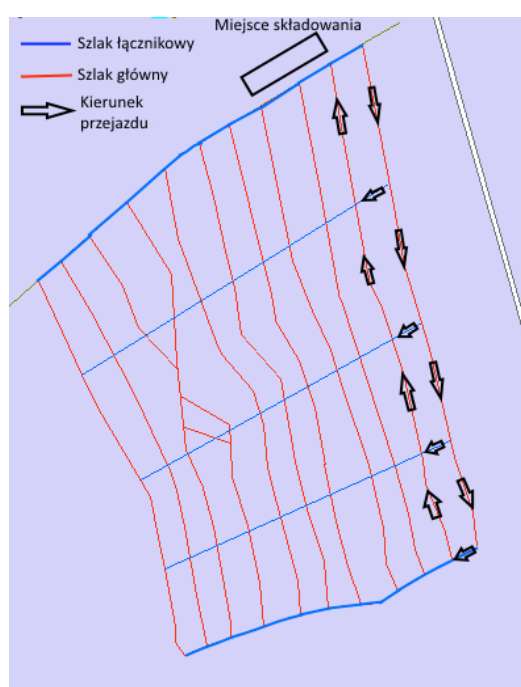


Figure 5. Theoretical model of connecting operational trails in study plot A

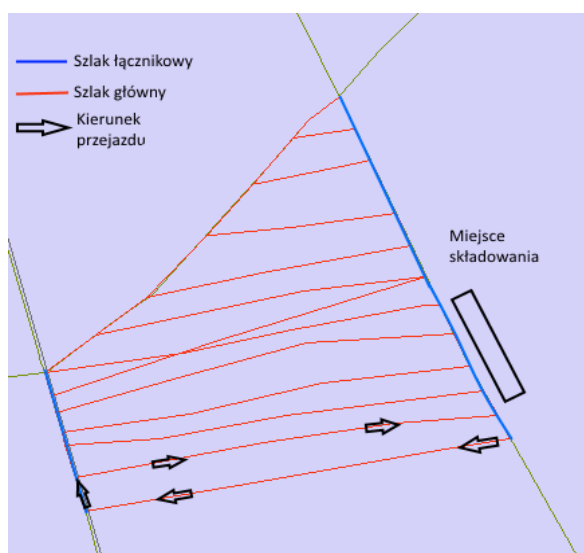


Figure 6. Map of operational trail network in study plot B

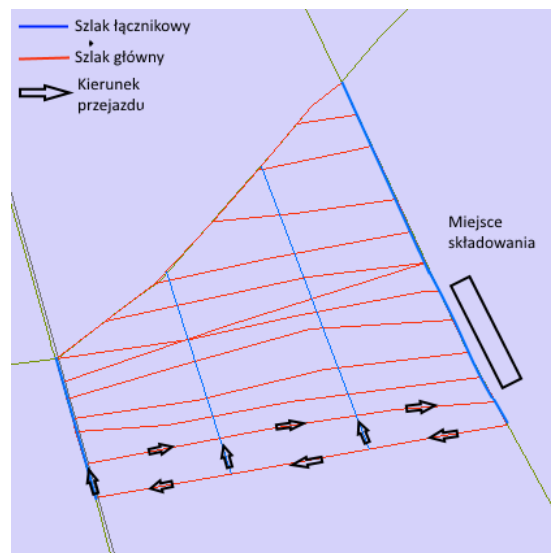


Figure 7. Theoretical model of connecting operational trails in study plot B

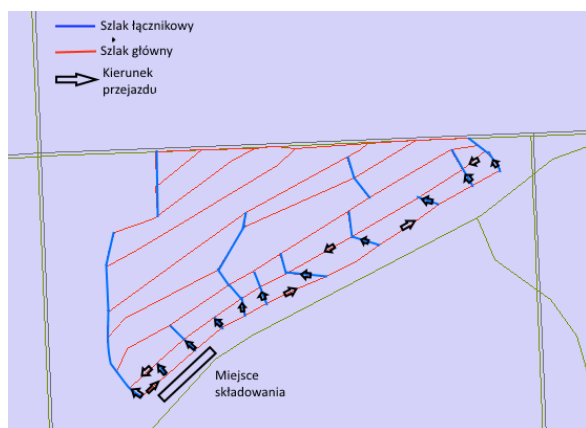


Figure 8. Map of operational trail network in study plot C

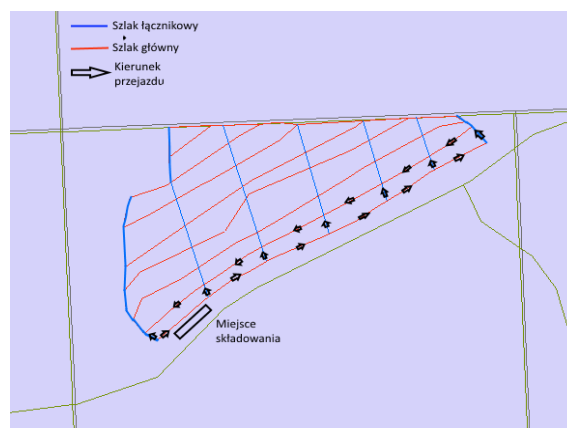


Figure 9. Theoretical model of connecting operational trails in study plot C

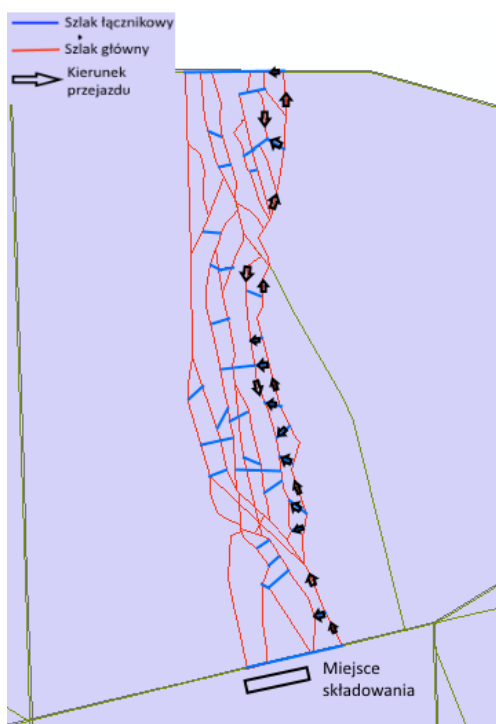


Figure 10. Map of operational trail network in study plot D

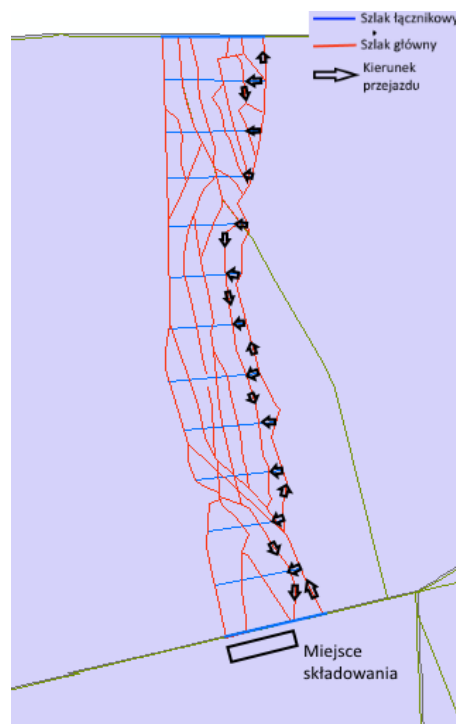


Figure 11. Theoretical model of connecting operational trails in study plot D

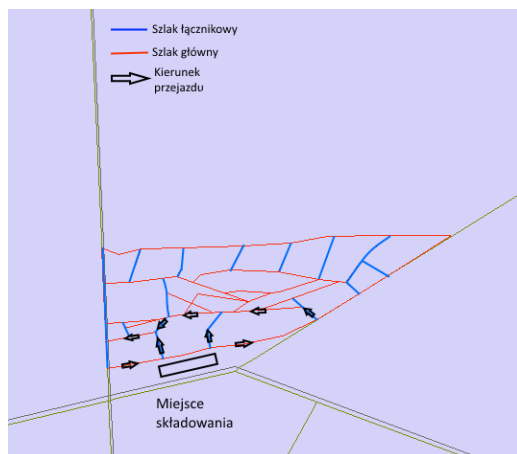


Figure 12. Map of operational trail network in study plot E

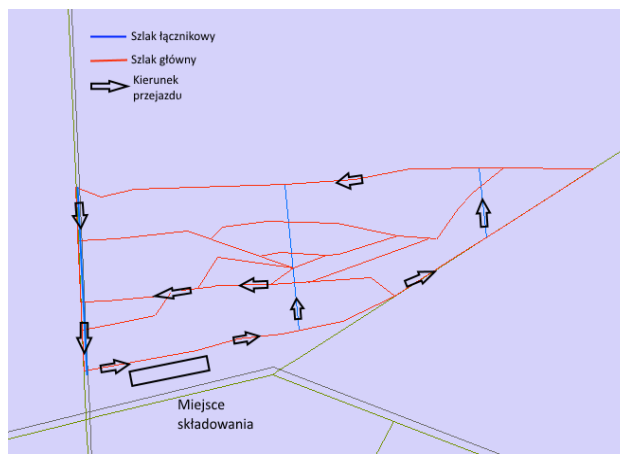


Figure 13. Theoretical model of connecting operational trails in study plot E

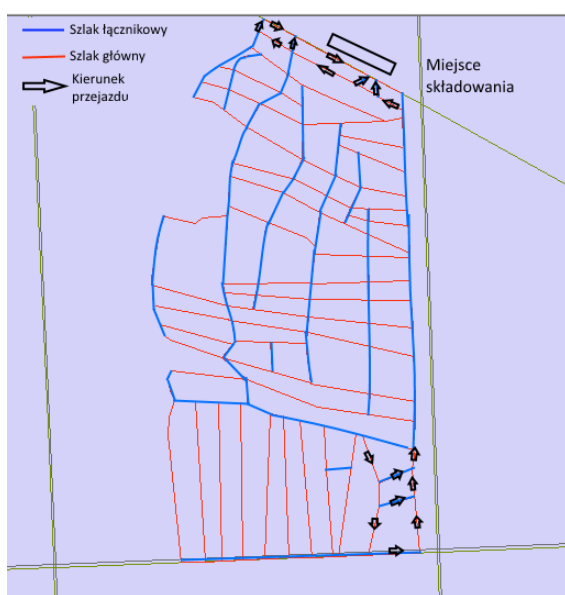


Figure 14. Map of operational trail network in study plot F

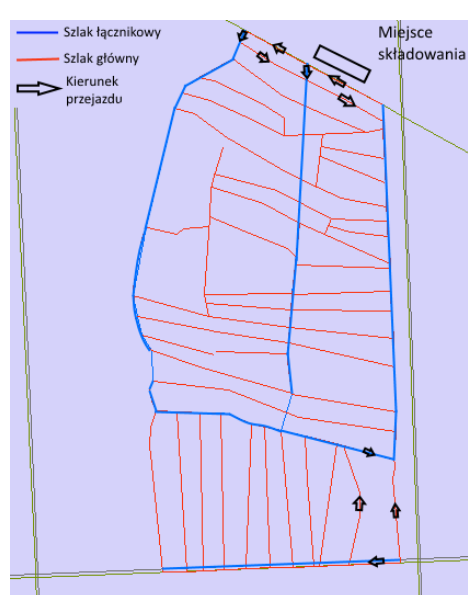


Figure 15. Theoretical model of connecting operational trails in study plot F

The parameters of the stand availability models are shown in Table 2 and Figures 16, 17.

Tab. 2. Parameters of tested models of forest stand availability.

Separation Parameter	A		B		C		D		E		F	
	Observed process	Theoretical process	Observed process	Theoretical process	Observed process	Theoretical process	Observed process	Theoretical process	Observed process	Theoretical process	Observed process	Theoretical process
total length of operating trails [m]	3896	4185	2600	2913	2530	2738	4302	3575	1604	1442	7928	7078
total area of logging trails [m ²]	19480	20925	13000	14565	13915	15059	21505	17875	8822	7931	47568	42468
average skidding distance [m]	73	73	55	55	35.8	35.8	143.5	143.5	57.5	57.5	125	125
density of logging trails [m/ha]	671.7	721.6	702.7	787.3	744.1	805.3	811.7	674.5	501.3	450.6	720.7	643.5
area of excluded stand [%]	29.9	31.5	28.9	24.96	36.3	31.7	25.3	21.7	36.1	18.1	36.1	29.4
average cross-trail distance [m]	102.3	90	240	94.6	28	56.7	42.9	46.7	39	136	23	165

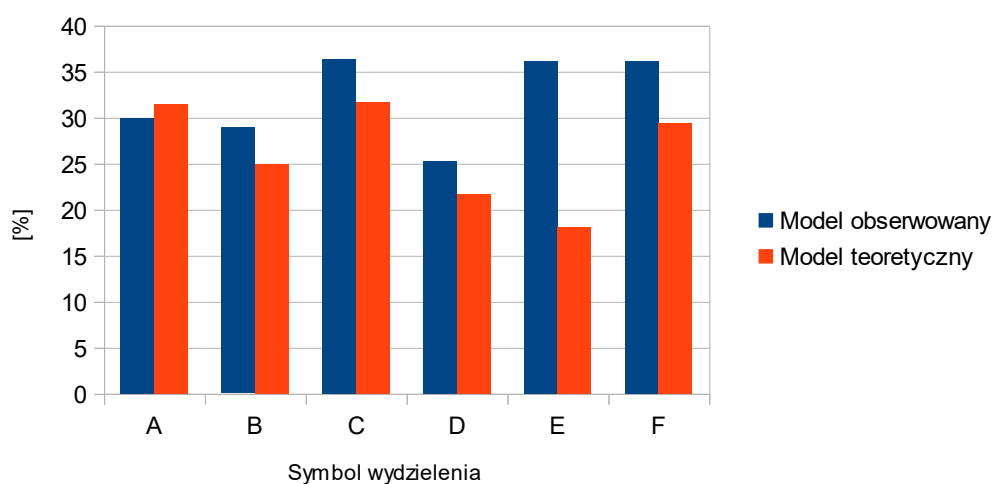


Figure 16. Size of stand exclusion for the observed and theoretical models

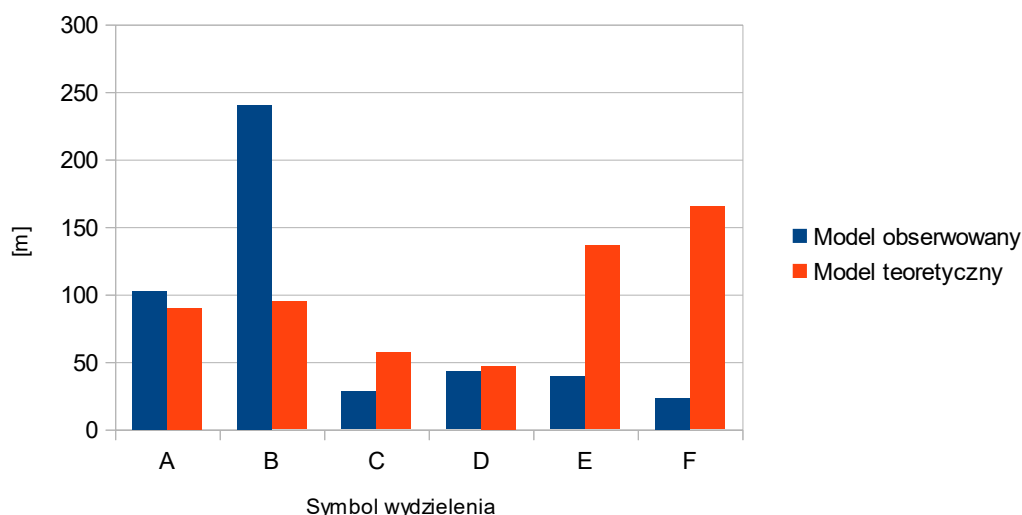


Figure 17. Mean distance of cross-trails in the observed and theoretical models.

The connecting trail network simplifies the model of stand availability. At the examined locations, stands were artificially introduced into post-fire areas. The regular planting bond was well visible at the time of the study, and there was no frequent thinning in the stands. Thus, skidder tractor turns were made at locations where the harvester making the cuts was moving slightly sideways off the trail to access trees located in the middle of the working lane between the trails. The randomness of the choice of the turnaround location is readily apparent in all study plots, but especially in those that had irregular boundary. This resulted in a significantly higher exclusion of forest area. The average area excluded from production was almost 18% smaller in the theoretical model compared to the actual model (Table 2, Fig. 16). This corresponds well with the connecting trail distance, which was much greater in the theoretical model (by about 25%). The average skidding distance was mostly similar in both models. The most likely differences were in the loaded and unloaded driving distances. Fully loaded driving distances were minimized in the theoretical model. When fully loaded, the skidder traveled the shortest route (along the connecting trail) to the lower level trail.

3 STATEMENTS AND CONCLUSIONS

This study analyzed the applicability of the theoretical model of connecting operating trails and the effect of its application on the parameters of the process of making stands accessible. For this purpose, a theoretical algorithm for determining the distance between the trails was designed. Obtained theoretical models were confronted with systems operating in forest practice designed on the basis of applicable standards in the State Forests National Forest Holding.

In order to compare the parameters of both models, two features were compared: the average distance of the transversal trails and the size of stand exclusion for the observed and theoretical models. In the majority of analyzed cases, the reduction of the stand production area was smaller in the case of the theoretical model which positively influences the expected total

volume of the stand. On the other hand, the mean skidding distance obtained from the conducted calculations was the same for both models.

Introducing connecting trails into the stand accessibility models presented in this paper and defining a model that makes their location more precise may have a significant impact on the parameters of the whole skidding process. The main rule is to limit the total length and area of the trails, which may be facilitated by taking into account the presented theoretical model.

REFERENCES

- ANTOŃCZYK, S., NOWAKOWSKA-MORYL, J., 1993. *Kształtowanie sieci dróg leśnych*. Universitas. Kraków.
- BODYŁ, M., 2019. Rozmiar pozyskania maszynowego w Polsce. *Drwal* 3: 5-9.
- DÜRRSTEIN, H., STAMPFER K., 2000. Aktuelle Trends in der Forsttechnik. Arbeit im Wald. *Öster. Forstztg* 5: 5-6.
- FRUTIG, F., FAHRNI, F., STETTLER A., EGGER, A., 2007. Mechanisierte Holzernte in Hanglagen. *Wald und Holz* 4: 47–52.
- GRODECKI, J., 2001. Szlaki operacyjne przy pozyskiwaniu drewna maszynami wielooperacyjnymi. *Postępy Techniki w Leśnictwie*, 79.
- GRODECKI, J., STEMPSKI, W., 2000. Stan i perspektywy badań z zakresu użytkowania lasu. In: Moskalik, T., (ed): *Wpływ udostępnienia drzewostanów sieci szlaków operacyjnych na kształtowanie się ich potencjału produkcyjnego*. Materiały III Konferencji Leśnej. IBL Warszawa.
- HAKKILA, P., 1989. Logging in Finland. *Acta Forestalia Fennica*. 207: 1-39.
- Instrukcja projektowania stałych systemów szlaków zrywkowych składnic przyrzębowych i zbiorczych*. 1979. Lasy Państwowe, Naczelny Zarząd Lasów Państwowych.
- Instrukcja Urządzania Lasu* 1979. PGLP Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, Warszawa
- MEDERSKI, P. S., KARASZEWSKI, Z., ROSIŃSKA, M., BEMBENEK, M., 2016. Dynamika zmian liczby harwesterów w Polsce oraz czynniki determinujące ich występowanie. *Sylwan*. 160 (10): 795-804.
- MOSKALIK, T., 2002. Rozwój technik i technologii maszynowego pozyskiwania drewna. *Sylwan*. 10: 31-37.
- MOSKALIK, T., BORZ, S.A., DVOŘÁK, J., FERENCIK, M., GLUSHKOV, S., MUISTE, P., LAZDIŇŠ, A., STYRANIVSKY, O., 2017. Timber Harvesting Methods in Eastern European Countries: a Review. *Croatian Journal of Forest Engineering*. 38(2): 231-241.
- MOSKALIK, T., STAMPFER, K., 2003. Efektywność pracy harwestera Valmet 911 Snake w warunkach górskich. *Sylwan*. 4: 91-98.
- NORDFJELD, T., BJORHEDEN, R., THOR, M., WÄSTERLUND, I., 2010. Changes in technical performance, mechanical availability and prices of machines used in forest operations in Sweden from 1985 to 2010. *Scandinavian Journal of Forest Research*. 25 (4): 382-389.

RZADKOWSKI, S., 2000. *Poradnik Użytkowania Lasu. Technologia i technika pozyskiwania i transportu drewna*. „Wydawnictwo Świat”, Warszawa.

SOWA, J.M., KULAK, D., SZEWCZYK, G., 2008. The influence of the skidding distance on the value of damage done to the surface soil layer in the course of timber harvesting in pine thinnings. In: Stampfer, K., (ed.): *formec 08*. 41 international symposium in Schmallingenberg / Germany; ISBN: 978-3-9811335-2-3; 81-86.

SUWAŁA, M., 1997. Prośrodowiskowe procesy technologiczne pozyskiwania drewna w późnych trzebieżach drzewostanów sosnowych. In: *Materiały i dokumenty Kongresu Leśników Polskich*. Tom 2: 122-125.

SZEWCZYK, G., SOWA, J.M., GRZEBIENIOWSKI, W., KORMANEK, M., KULAK, D., STAŃCZYKIEWICZ, A., 2014. Sequencing of harvester work during standard cuttings and in areas with windbreaks. *Silva Fennica*. 48 (4):1-16. doi:10.14214/sf.1159.

SZEWCZYK, G., 2011. Variability of the harvester operation time in thinning and windblow areas. In: SOWA J.M., (ed.): *Technika i Ergonomia w służbie współczesnego leśnictwa*. Wydawnictwo Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie, 183-196. ISBN 978-83-60633-51-9.

SZEWCZYK, G., 2014. *Model strukturalny dynamiki zmienności pracy na wybranych stanowiskach roboczych w pozyskiwaniu i zrywce drewna*. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie nr 522. Rozprawy, zeszyt 399, 1-174. ISSN 1899-3486.

SZEWCZYK, G., JANKOWIAK, R., MITKA, B., BOŻEK, P., KULAK, D., BARYCZA, A., KUNYS, G., 2020. Development of blue stain in mechanically harvested scots pine (*Pinus sylvestris* L.) wood during storage. *Canadian Journal of Forest Research*. 50(1): 42-50, <https://doi.org/10.1139/cjfr-2019-0112>.

SZEWCZYK, G., KULAK, D., 2013. Kosztocłoność pozyskania drewna harvesterem w drzewostanach przebudowywanych z zastosowaniem cięć częściowych. *Sylwan* 4: 243-252.

SZEWCZYK, G., STAŃCZYKIEWICZ, A., 2012. Model szacowania pracocłoności pozyskiwania drewna w drzewostanach ze śniegołomami. *Leśne Prace Badawcze*, 73 (2): 167-173.

VISSER, R., STAMPFER, K., 2015. Expanding ground-based harvesting onto steep terrain: a review. *Croatian Journal of Forest Engineering* (36) 2: 321-331.

Zarządzenie Dyrektora Gen. PGL LP w sprawie udostępnienia drzewostanów siecią szlaków operacyjnych w jednostkach organizacyjnych Lasów Państwowych. 2016. DGLP, Warszawa

Zasady Użytkowania Lasu. 2019. DGLP, Warszawa

Contact address:

1. dr hab. inż. Grzegorz Szewczyk, University of Agriculture in Krakow, Poland;
rlszewcz@cyf-kr.edu.pl; +48 12 662 50 86

2. State Forests, Poland



ANALÝZA TECHNICKÝCH PARAMETROV SEKACÍCH STROJOV

ANALYSIS OF THE TECHNICAL PARAMETERS OF CHIPPERS

Branislav TICHÝ – Jozef KRILEK

ABSTRAKT: Článok je zameraný na analýzu technických parametrov sekacích strojov. V úvode sú popísané sekačky a ako súvisia produkty nimi vytvorené po spracovaní. Ďalej sa zameriava, načo sa tieto mechanizmy využívajú, aké sú ich technické parametre (napr. výkon, hmotnosť, atď.) ich rozdelenie. Forma článku je teoretická, zameraná hlavne na porovnávanie technických parametrov sekacích strojov dostupných na trhu s víziou širšej analýzy technických parametrov.

Kľúčové slová: Sekačka, technické parametre, výkon, hmotnosť, marketingová analýza

ABSTRACT: The article is focused on the analysis of technical parameters of chippers. In the introduction, the mowers are described and how the products created by them after processing are related. It also focuses on why these mechanisms are used, what are their technical parameters (eg power, weight, etc.) and their distribution. The form of the article is theoretical, focused mainly on comparing the technical parameters of chippers available on the market with a vision of a broader analysis of technical parameters.

Key words: Chipper, technical parameters, power, weight, marketing analysis

ÚVOD

Sekacie stroje sa využívajú aj pri výrobe v drevárskom priemysle a to na výrobu aglomerovaných (vláknitých a trieskových) dosiek a pri chemickom spracovaní dreva. V zahraničí (Rusko, USA) sa používajú sekacie stroje hlavne k príprave dreva priamo na štiepku, určenú pre chemický, hlavne celulózoový priemysel. Menej akostné odpadové drevo rozsekané na malé kúsky sa používa ako palivo. Drevo rozsekané na drobné kusy a štiepky majú uľahčiť skladovanie aj transport. Drevná hmota musí mať potrebný tvar a rozmery podľa požiadavky odberateľa a podľa druhu výrobku tak, aby sa mohla dávať priamo ako surovina do ďalších rozmerňovacích strojov. (Mikleš et al., 2015)

S rastúcim využívaním drevnej biomasy rastie aj dopyt po sekacích strojoch. Preto dochádza k nárastu výrobcov a developerov sekacích strojov nielen v Európe, ale po celom svete. V súčasnosti sa vývoju a predaju sekačiek venuje veľký počet firiem. V Slovenskej republike sú sekacie stroje využívané hlavne v celúzo-vo papierenských podnikoch, jedná sa o sekačky stacionárne. Mobilné sekačky sú najčastejšie používané pri komunálnych prácach ako je úprava parkov, ale aj pri výrobe štiepky pre vlastnú spotrebu ako palivo. Sekanie dreva je nevyhnutná časť spracovania drevnej hmoty. Toto spracovanie dreva prispieva k efektívnemu využitiu dreva pri spracovaní, ťažbe, ale aj pri spracovaní na nové výrobky. Aby bol výrobný proces čo najefektívnejší, najkvalitnejší a najekonomickejší musia sa zvoliť čo najvhodnejšie stroje a technológie výroby.

1 TEORETICKÝ ROZBOR

Sekačky možno rozdeliť podľa rôznych hľadísk (Kováč et al., 2017, Krilek and Kováč, 2013):

- podľa usporiadania nožov
 - kotúčové
 - bubnové
 - zvláštne
- podľa uloženia sekacieho stroja
 - stabilné
 - pojazdné
 - prenosné
- podľa uloženia hriadeľa stroja
 - vodorovným hriadeľom
 - šikmým hriadeľom
 - zvislým hriadeľom
- podľa počtu sekacích nožov
 - s malým počtom sekacích nožov ($2 \div 8$)
 - mnohonožové
- podľa polohy vstupného žľabu
 - so zvislým žľabom
 - so šikmým žľabom
 - s horizontálnym žľabom
- podľa podávacieho zariadenia
 - s podávacím zariadením
 - bez podávacieho zariadenia
- podľa spôsobu odvádzania štiepok
 - s vrchným vyhadzovaním štiepky pomocou ventilátorového účinku kotúča. Pri vrchnom vyhadzovaní sa štiepka pomocou lopatiek upevnených na kotúči orientuje do potrubného systému k cyklónu. V tomto prípade sekacie stroje nemajú egalizačný rošt na štiepky.
 - so spodným výpadom štiepky. Sekacie stroje môžu mať egalizačný rošt. Spodný výpad zaručuje voľný odsun štiepok na dopravníkový pás, do pneumatickej dopravy a pod. (Svoren and Hrčková, 2015)
- podľa umiestnenia prírodného žľabu
 - v pravom vyhotovení (prírodný žľab je umiestnený vpravo od hriadeľa pri pohľade z miesta obsluhy)
 - v ľavom vyhotovení (Lisičan, 1989)
- podľa druhu podávacieho zariadenia
 - sekačky s núteným podávaním
 - sekačky so samopodávacím efektom
 - sekačky s gravitačným podávaním
- podľa druhu podvozku
 - sekačky na kolesovom traktorovom podvozku
 - sekačky na kolesovom automobilovom podvozku
 - sekačky na pásovom podvozku
- podľa veľkosti a výkonnosti pohonu
 - malé sekačky (25 – 50kW)
 - stredné sekačky (50 – 100kW)
 - veľké sekačky (100 – 450kW)
- podľa druhu pohonu
 - sekačky s nezávislým pohonom
 - poháňané elektromotor
 - poháňané spaľovacím motorom
 - sekačky so závislým pohonom

Podľa STN sa sekacie stroje rozdeľujú na:

- kotúčové
- bubnové (valcové, kužeľové hyperbolické)
- špeciálne
- ostatné

Z uvedených rozdelení vyplýva, že sekačky sa rozdeľujú podľa rôznych hľadísk, ktoré medzi sebou súvisia. Podľa uvedeného rozdelenia môžeme rôzne kombinovať sekačky. Podľa toho v akom odvetví sa budú sekačky využívať. Drevospracujúci priemysel využíva väčšinou stabilné sekačky poháňané elektromotormi. Pre domácnosti sa používajú väčšinou tzv. drviče konárov s elektrickým pohonom. V lesnom hospodárstve sa najčastejšie používajú na spracovanie odpadového dreva sekačky nesené na traktoroch so závislým pohonom od traktora. Firmy ktoré sa venujú úpravám parkov, záhonov, záhrad najčastejšie sa používajú sekačky s vlastným pohonom, najčastejšie spaľovacím motorom, ktoré sú vlečené za autami alebo traktormi na vlečkách alebo sú vybavené vlastnou nápravou.

2 MATERIÁL A METODIKA

Cieľom článku je poskytnúť súčasný prehľad sekacích strojov zoradených podľa štátov a jednotlivých výrobcov, ako aj ich teoretický rozbor. Hlavným cieľom je databáza sekacích strojov obsahujúca technické parametre a jej rozbor. Databáza tvorí 298 strojov od 37 výrobcov sekacích strojov. Prehľad je zameraný na všetky druhy sekačiek našich i zahraničných výrobcov. Je spracovaný podľa príslušných štátov a výrobcov. V rozbere sa zaoberáme analýzou vybraných technických parametrov a ich celkovým vyhodnotením.

Tabuľka 1 Databáza technických parametrov sekacích strojov (Laski s.r.o, Farmi Forest, Linddana, Greenmech, Junkkari, Wallenstein, Carlton, Bandit Industries, Inc, Bruks, Bgu-Maschine, Backer Computer s.r.o, Eschlboeck Biber, Mus-Max, Vecoplan, Oska, Timberwolf, Vermeer, Laitilan Metalli Laine OY, Pezzolato, Morbark, Rudnick-Enners, Caravaggi, DutchDragon, Jenz, Kesla, Rabaud, Chippers International, Müllers & Backhaus, Urban Kovo, Teknamotor, Redwood, Negri)

Značka	Model	Výkon [kW]	Typ pohonu	Vstupný otvor v x š [mm]	Hmotnosť [kg]	Počet nožov	Typ
EUROPE FORESTRY	C1175	300	motor	600 x 1060	10 000	4	bubnový
	C1060	194	motor	600 x 1060	8500	4	bubnový
	C960	194	motor	520 x 850	7500	4	bubnový
	C950	90	motor	520 x 710	7000	3	bubnový
	DC955	335	PTO	450 x 1000	3200	4	kotúčový
	DC940	186	PTO	300 x 580	2230	3	kotúčový
	C140	10,3	motor	560 x 330	340	2	bubnový
	DC180	21	motor	180	1190	2	bubnový
	C70	4,6	motor	335 x 230	185	2	bubnový
	C200	22,4	motor	200	1800	2	bubnový
DUTCH DRAGON	EC 6545	110	PTO / motor	650 x 520	3940	2	bubnový
	EC 9045	257	PTO / motor	900 x 520	7 330	2	bubnový
	EC 6060	410	PTO / motor	600 x 600	9500	4	bubnový
	EC 10045	205	PTO	1000 x 450	11 000	6	bubnový
Ufkes Greentec	VC 930/8	150	PTO	300 x 580	9500	3	bubnový
	VC 930/13	150	PTO	300 x 580	9500	3	bubnový
	VC 942/13	164	PTO	420 x 710	10 000	3	bubnový
	VC 952/20	186	PTO	520 x 850	10 250	3	bubnový
	942	105	motor	420 x 710	2000	3	bubnový
	952	205	motor	520 x 850	2000	3	bubnový
	952 MEGA	205	motor	520 x 1660	2230	4	bubnový
	930	186	PTO	300 x 580	2230	3	kotúčový
Junkkari	1445	335	PTO	450 x 1000	3800	4	kotúčový
	HJ 4M	50	PTO	130 x 100	172	3	kotúčový
	HJ 5M	70	PTO	200 x 200	295	4	kotúčový
	HJ 10M	90	PTO	260 x 260	530	4	kotúčový
	HJ 200 G	70	PTO	190 x 190	560	4	kotúčový
	HJ 260 C	100	PTO	260 x 260	770	4	kotúčový
	HJ 500 C	200	PTO	450 x 450	2500	2	kotúčový

KESLA	C6455	220	PTO / motor	600 x 450	7800	6	bubnový
	C645T	220	PTO / motor	600 x 450	8900	6	bubnový
	C645C	220	PTO / motor	600 x 450	19 500	6	bubnový
	C645A	370	PTO / motor	600 x 450	5760	6	bubnový
	C1060	600	PTO / motor	600 x 860	10 200	10	bubnový
	C1060T	260	PTO / motor	600 x 860	14 800	10	bubnový
	C1060A	415	PTO / motor	600 x 860	12 000	10	bubnový
Laitilan Metalli Laine Oy	PS - 10	25	PTO	120 x 120	130	1	závitovkový
	HP - 21	110	PTO / motor	210 x 315	1 100	1	závitovkový
	HP - 21 LS	37	PTO / motor	210 x 315	1 500	1	závitovkový
	HP - 21 HS	75	PTO / motor	210 x 315	1 700	1	závitovkový
	HP - 25	200	PTO / motor	250 x 430	2 100	1	závitovkový
	HP - 25 LS	90	PTO / motor	250 x 430	2 500	1	závitovkový
	HP - 25 HS	132	PTO / motor	250 x 430	2 500	1	závitovkový
	HP - 35	300	motor	400 x 430	3 000	1	závitovkový
	HP - 50	600	motor	600 x 700	6 500	1	závitovkový
FARMÍ FORREST	CH 100	30	PTO	100 x 130	210	2	kotúčový
	CH 180	70	PTO	180 x 260	430	2	kotúčový
	CH 182	70	PTO	180 x 260	460	2	kotúčový
	CH 260	115	PTO	260 x 300	1 050	3	kotúčový
	CH 380	205	PTO	380 x 420	1 460	4	kotúčový
LINDDANA	TP 100	29	PTO	150 x 275	195	2	bubnový
	TP 130	45	PTO / motor	130 x 220	516	2	bubnový
	TP 160	59	PTO / motor	160 x 220	830	2	bubnový
	TP 200	85	PTO / motor	210 x 265	700	3	bubnový
	TP 250	85	PTO / motor	260 x 350	1 065	3	bubnový
	TP 230	90	PTO	230 x 240	990	3	bubnový
	TP 270	150	PTO	280 x 290	1 385	3	bubnový
	TP 320	184	PTO	320 x 340	2 500	4	bubnový
	TP 400	294	PTO	400 x 440	2 950	4	bubnový
NHS	130	74	PTO	130	357	2	kotúčový
	180	111	PTO	180	625	4	kotúčový
	220	150	PTO	220	900	4	kotúčový
	300	186	PTO	300	1100	4	kotúčový
	960	186	PTO	960	1250	4	kotúčový
	300f	186	PTO	300	1050	4	kotúčový
	450f	298	PTO	450	4500	4	kotúčový
	130m	20	motor	130	960	2	kotúčový
	180m	38	motor	180	1700	4	kotúčový
	220ms	50	motor	220	2200	4	kotúčový
PC Stâl ApS	PC 700	85	PTO	200 x 200	950	4	kotúčový
	PC 942	112	PTO	270 x 270	1 100	4	kotúčový
Müllers & Backhaus JBM	420 MX	20	motor	140	790	4	kotúčový
	421 MX	26	motor	150	850	2	kotúčový
	521 MDX	22	motor	150	1150	4	kotúčový
	624 MDX	36	motor	185	1150	2	kotúčový
	630 MDX	44	motor	200	1590	4	kotúčový
	831 MDX	58	motor	210	1750	4	kotúčový
	1040 MDX	73	motor	280	2350	4	kotúčový
	521 ZX	37	PTO	150	640	2	kotúčový
	624 ZX	44	PTO	165	740	2	kotúčový
	831 ZX	66	PTO	200	760	2	kotúčový
	1040 ZX	147	PTO	280	1850	4	kotúčový
Rudnick & Enners GmbH	TH 200/550/3	90	motor	200 x 550	3700	2	bubnový
	TH 300/700/5	132	motor	300 x 700	6400	2	bubnový
	TH 650/1000/11	630	motor	650 x 1000	30 000	4	bubnový

	TH 1000/1250/15	1200	motor	1000 x 1250	68 000	4	bubnový
Vecoplan	VTH 8	30	motor	325 x 80	890	2	bubnový
	VTH 12	37	motor	450 x 120	1900	2	bubnový
	VTH 15	75	motor	550 x 150	3200	4	bubnový
	VTH 20	75	motor	550 x 200	3500	3	bubnový
	VTH 25	110	motor	650 x 250	5700	4	bubnový
	VTH 30	200	motor	750 x 300	10 000	4	bubnový
	VTH 35	315	motor	850 x 350	18 000	4	bubnový
	VTH 45	750	motor	850 x 450	25 000	4	bubnový
	VTH 85	1500	motor	1250 x 850	50 000	4	bubnový
JENZ	HEM 540 R - Truck	360	motor	610 x 790	18 000	8	bubnový
	HEM 561 R - Truck	360	motor	650 x 1000	22 750	10	bubnový
	HEM 582 R - Truck	540	motor	680 x 1200	26 000	12	bubnový
	HEM 820 R - Truck	540	motor	820 x 1200	26 000	12	bubnový
	HEM 420 DL	326	motor	420 x 1000	11 500	10	bubnový
	HEM 420 DQ	326	motor	420 x 1000	12 000	10	bubnový
	HEM 561 DL	490	motor	650 x 1000	13 000	10	bubnový
	HEM 561 DQ	490	motor	650 x 1000	13 000	10	bubnový
	HEM 581 DQ	530	motor	680 x 1200	15 500	12	bubnový
	HEM 582 DQ	510	motor	680 x 1200	15 800	10	bubnový
	HEM 700 DL	544	motor	700 x 1000	16 500	10	bubnový
	HEM 820 DL	544	motor	820 x 1200	19 100	12	bubnový
	HEM 820 DQ	544	motor	820 x 1200	19 500	12	bubnový
JENSEN	JT 600	100	PTO	400 x 560	7 000	6	bubnový
	TJ 850	250	PTO	400 x 850	12 500	8	bubnový
	TJ 1050	300	PTO	680 x 1050	13 500	10	bubnový
	TJ 1250	350	PTO	680 x 1250	14 620	12	bubnový
	A 530	18	PTO	130 x 210	750	2	kotúčový
	A 540	25	PTO	190 x 210	1 400	2	kotúčový
	A 425	30	PTO	200 x 245	2 200	2	kotúčový
	A 328	30	PTO	220 x 280	2 300	2	kotúčový
	A 231	50	PTO	240 x 310	2 700	2	kotúčový
	A 141 XL	60	PTO	300 x 410	3 050	2	kotúčový
	A 530	18	motor	130 x 210	750	2	kotúčový
	A 530 XL	18	motor	150 x 210	1 200	2	kotúčový
	A 540	25	motor	190 x 210	1 400	2	kotúčový
	A 425	30	motor	200 x 245	2 200	2	kotúčový
	A 328	30	motor	220 x 200	2 300	2	kotúčový
	A 231	50	motor	240 x 310	2 700	2	kotúčový
	A 141 XL	60	motor	300 x 410	3 050	2	kotúčový
Woodchippers Canada	PC8M	33	PTO	200 x 200	408	2	kotúčový
	PC8H	33	PTO	200 x 200	408	2	kotúčový
SPLIT FIRE	4003-2	60	PTO	127 x 127	227	3	kotúčový
	4013	60	motor	127 x 127	295	2	kotúčový
	4020	60	motor	127 x 127	317	2	kotúčový
	4024	60	motor	127 x 127	317	2	kotúčový
Wallenstein	BX 32	22	PTO	70 x 150	145	2	kotúčový
	BX 52s	33	PTO	127 x 254	229	4	kotúčový
	BX 92s	82	PTO	250 x 380	453	4	kotúčový
	BX 52r	33	PTO	130 x 254	383	4	kotúčový
	BX 72r	52	PTO	180 x 304	590	4	kotúčový
	BX 102r	112	PTO	254 x 431	904	4	kotúčový
	BXT 4213	33	motor	101 x 254	356	2	kotúčový
	BXT 4224	52	motor	101 x 254	374	2	kotúčový
	BXT 6224	52	motor	153 x 304	620	4	kotúčový

	BXH 42	30	motor	102 x 254	335	2	kotúčový
	BXC 32	10	motor	100 x 110	96	2	kotúčový
BANDIT	65 XP	33	motor	150 x 300	841	2	kotúčový
	90 XP	63	motor	220 x 430	2 000	2	kotúčový
	95 XP	63	motor	430 x 230	2 000	2	kotúčový
	150 XP	106	motor	360 x 430	2 636	2	kotúčový
	200 XP	106	motor	360 x 430	2 636	2	kotúčový
	250 XP	106	motor	320 x 480	2 954	4	kotúčový
	255 XP	160	motor	630 x 390	3 500	4	kotúčový
	280 XP	160	motor	460 x 520	3 863	12	kotúčový
	990 XP	63	motor	390 x 430	2 363	4	bubnový
	1090 XP	106	motor	390 x 430	2 772	4	bubnový
	1490 XP	106	motor	450 x 490	3 000	4	bubnový
	1590 XP	106	motor	500 x 520	3 500	4	bubnový
	1890 XP	106	motor	520 x 660	4 181	4	bubnový
	1990 XP	205	motor	620 x 660	5 327	4	bubnový
	1850	242	motor	460 x 520	6 123	4	kotúčový
	1900	403	motor	500 x 600	13 600	2	kotúčový
	2400	523	motor	610 x 740	25 855	3	kotúčový
	2090	242	motor	620 x 660	7 031	4	bubnový
	2290	242	motor	620 x 660	10 432	4	bubnový
	2590	328	motor	660 x 760	13 608	6	bubnový
	3090	470	motor	760 x 760	20 411	6	bubnový
	3590	522	motor	760 x 1220	23 587	6	bubnový
VERMEER	BCX 160 XL	19	motor	160 x 200	750	2	kotúčový
	BC 230 XL	49	motor	230 x 350	1 980	2	kotúčový
	BC 1200 XL	89	PTO	330 x 430	2 642	2	kotúčový
	BC 1500	97	motor	380 x 500	3 133	2	bubnový
	BC 1800 XL	86	motor	500 x 610	4 381	4	bubnový
	BC2100 XL	205	motor	610 x 1020	6 894	4	bubnový
ALTEC	CFD 1217	63	motor	762 x 1270	2 245	2	bubnový
	DC 1317	86	motor	762 x 1066	2 449	4	kotúčový
	DC 1317 HP	63	motor	762 x 1270	2 245	2	bubnový
	DC 610	16	motor	162 x 254	861	2	kotúčový
	DRM 12	36	motor	305 x 432	2 408	2	bubnový
	DSC 6	16	motor	152 x 254	893	2	kotúčový
	WC 126 A	36	motor	660 x 1067	1 628	4	bubnový
	WC 166 A	36	motor	660 x 1067	1 628	4	bubnový
MORBARK	30/36	447	motor	780 x 860	24 040	6	bubnový
	40/36	596	motor	1016 x 990	19 223	8	bubnový
	50/48 B	783	motor	1320 x 1143	28 785	10	bubnový
	Beever M20R	298	motor	990 x 1651	6 667	2	bubnový
	Beever M8D	32	motor	152 x 280	1 224	2	bubnový
	Beever M6R	18	motor	150 x 280	803	2	bubnový
	Beever M12R	97	motor	304 x 457	2 427	4	kotúčový
	Beever M15R	130	motor	381 x 508	4 037	4	bubnový
	Beever M20R	298	motor	508 x 737	6 668	4	bubnový
TEREX	TAC 700	20	motor	150 x 150	873	2	kotúčový
	TAC 710	32	motor	228 x 304	1 247	4	kotúčový
	TAC 720	80	motor	228 x 304	2 267	4	kotúčový
	TAC 730	90	motor	330 x 457	2 358	2	kotúčový
	TAC 750	104	motor	606 x 938	3 265	4	kotúčový
	TAC 770	150	motor	482 x 609	4 082	4	kotúčový
	TAC 790	205	motor	533 x 914	5 433	6	kotúčový
	TBC 430	328	motor	760 x 813	15 875	4	bubnový

	TBC 440	521	motor	813 x 1143	26 988	4	bubnový
CARLTON	4300 B	570	motor	910 x 1020	23 586	6	bubnový
	4310 B	570	motor	910 x 1140	24 950	12	bubnový
	5900 E	570	motor	563 x 563	21 133	3	kotúčový
	7900 EL	839	motor	760 x 760	31 750	5	kotúčový
RABAUD	Xylochip 100 M	13,4	motor	100 x 212	430	2	bubnový
	Xylochip 125 M	21	motor	125 x 200	700	2	bubnový
	Xylochip 150 M	20	motor	165 x 210	750	2	bubnový
	Xylochip 170 M	38	motor	175 x 270	1 500	2	bubnový
	Xylochip 100 DM	13,4	motor	100 x 212	340	2	bubnový
	Xyclochip 100 DA	13,4	motor	100 x 212	370	2	bubnový
	Xyclochip 100 T	26	PTO	100 x 212	305	2	bubnový
	Xyclochip 125 T	37	PTO	125 x 200	340	2	bubnový
	Xyclochip 175 T	70	PTO	175 x 270	795	2	bubnový
	Xyclochip 200 T	104	PTO	210 x 280	850	2	bubnový
TIMBERWOLF	13/75	9,6	motor	75	188	1	kotúčový
	18/100 ES	13	motor	100	375	2	kotúčový
	TW 125 PH	15	motor	125	575	2	kotúčový
	TW 150 DBH	26	motor	150	737	2	kotúčový
	TW 230 DBH	26	motor	150	740	2	kotúčový
	TW 190 TDBH	33	motor	190	1 018	2	kotúčový
	100 G	30	PTO	100	268	2	kotúčový
	150 H	48	PTO	150	400	2	kotúčový
GREENMECH	CS 100	13,4	motor	162 x 315	195	2	kotúčový
	Arborist 130	15,6	motor	150 x 230	670	4	kotúčový
	Arborist 150	25	motor	150 x 230	744	4	kotúčový
	ArbTrak 150	25	motor	160 x 230	1 046	4	kotúčový
	Quadchip 160	25	motor	160 x 230	750	2	kotúčový
	Arborist 190	33,5	motor	160 x 230	1 260	4	kotúčový
	Safe - trak 16 - 23	25	motor	160 x 230	1 400	4	kotúčový
	Chipmaster 220 TMP	60	PTO	230 x 230	860	6	kotúčový
Chippers Internetaional Limited	EC 150 TMP	33,5	PTO	150 x 150	490	2	kotúčový
	150	13	PTO	150	360	3	kotúčový
REDWOOD	170	15	PTO	170	550	3	kotúčový
	ST6	26	motor	150 x 200	955	2	kotúčový
	TR6	26	motor	150 x 200	1 300	2	kotúčový
	TR8	33,5	motor	150 x 200	1 500	2	kotúčový
Eschlböck	ST8	33,5	motor	200 x 255	1 250	2	kotúčový
	Biber 7	100	PTO	350 x 560	3 150	8	bubnový
	Biber 6	100	PTO	320 x 490	2 200	4	bubnový
	Biber 5	80	PTO	240 x 240	1 450	2	kotúčový
	Biber 3	80	PTO	180 x 240	1 020	3	kotúčový
	Biber 2	40	PTO	120 x 210	650	2	kotúčový
	Biber 92	105	PTO	750	18 500	10	kotúčový
	Biber 84	150	PTO	750	16 000	10	kotúčový
Mus Max	Biber 7	100	PTO	350 x 560	3 150	8	bubnový
	WT 7 Z	112	PTO	620 x 380	4 700	8	bubnový
	WT 8 Z	142	PTO	450 x 760	5 800	10	bubnový
	WT 9 Z	186	PTO	470 x 900	7 000	12	bubnový
	WT 9 D	100	motor	470 x 900	12 000	12	bubnový
	WT 9 XL	150	PTO	700 x 820	9 200	10	bubnový
	WT 10 Z	298	PTO	710 x 980	10 500	12	bubnový
	WT 10 D	522	motor	710 x 980	13 000	12	bubnový
PEZZOLATO	WT 10 DLB	522	motor	710 x 980	15 800	12	bubnový
	H 150	60	PTO	150 x 180	800	2	kotúčový

	H 780 / 200	44	PTO	200	920	3	kotúčový
	H 880 / 250	59	PTO	250	1 440	4	kotúčový
	H 980 / 300	66	PTO / motor	300 x 500	2 040	4	kotúčový
	PTH 300	90	PTO / motor	300 x 500	2 350	2	bubnový
	PTH 400	140	PTO / motor	400 x 500	3 500	2	bubnový
	PTH 40.70 Multicut	130	PTO	400 x 650	2 900	8	bubnový
	PTH 250 energy	150	PTO	250 x 370	2 000	2	bubnový
CARAVAGGI	BIO 50	3,7	motor	40	55	2	kotúčový
	BIO 60	3,7	motor	50	65	2	kotúčový
	BIO 190	20	PTO / motor	100	252	4	kotúčový
	BIO 200	20	PTO / motor	90	350	2	kotúčový
	BIO 300	40	PTO / motor	120	750	2	kotúčový
	BIO 400	60	PTO / motor	180	850	3	kotúčový
	BIO 600	60	PTO / motor	180	1 600	3	kotúčový
	Cippo 10	30	PTO / motor	120	650	3	bubnový
	Cippo 25	25	PTO / motor	250	1 250	4	bubnový
	Bio 900	200	PTO / motor	350	6 300	4	bubnový
OSKA	Bio 1900	570	motor	1220	27 000	4	bubnový
	OKKR 300	22	motor	80 x 300	500	2	bubnový
	OKKR 400	22	motor	120 x 400	560	2	bubnový
TEKNAMOTOR	OKKR 550	75	motor	180 x 500	620	2	bubnový
	Skorpion 120 S	18	motor	165 x 285	860	2	kotúčový
	Skorpion 160 R	44	PTO	165 x 285	640	2	kotúčový
	Skorpion 250 R	59	PTO	255 x 420	960	3	kotúčový
	Skorpion 210 R	44	PTO	165 x 285	630	2	kotúčový
	Skorpion 280 RB	44	PTO	165 x 285	960	3	bubnový
	Skorpion 500 RB	88	PTO	370 x 550	3400	6	bubnový
LASKI	Skorpion 280 SDB	28	motor	165 x 285	1395	3	bubnový
	KDO 85 / 13	8,7	motor	85	193	2	kotúčový
	KDO 85 / 14	10,4	motor	85	194	2	kotúčový
	KDO 19 / 13	8,7	motor	85	221	2	kotúčový
	KDO 90 D	6,3	motor	85	260	2	kotúčový
	LS 100 / 27 CB	18,6	motor	100	630	4	kotúčový
	LS 150 / 27 CB	18,6	motor	220 x 290	750	2	kotúčový
	LS 150 / 38 CB	26,1	motor	220 x 290	750	2	kotúčový
URBAN KOVO	LS 150 T	37	PTO	220 x 290	778	2	kotúčový
	LS 200 T	60	PTO	220 x 290	980	2	kotúčový
	EM 70	5,5	motor	200 x 200	340	6	protibežné hriadele
	SM 70	7,5	motor	200 x 200	330	6	protibežné hriadele
	SMH 70	7,5	motor	200 x 200	380	6	protibežné hriadele
	SMV 70	7,5	motor	200 x 200	420	6	protibežné hriadele
	TR 70	44,7	PTO	200 x 200	250	6	protibežné hriadele
	TR 75	22	PTO	200 x 200	340	6	protibežné hriadele
	TR 110	52,1	PTO	200 x 200	670	6	protibežné hriadele

3 VÝSLEDKY

V tejto kapitole sme analyzovali a stručne popísali vybrané technické parametre sekacích strojov pomocou grafov (histogramov). Technické údaje pre vyhodnotenie sú uvedené v tabuľke 1.

Počet sekacích nožov:



Obrázok 1. Počet nožov sekacieho ústrojenstva

Na obrázku 1 je uvedená početnosť nožov sekacieho ústrojenstva. Najviac vyrábanými modelmi sú dvoj a trojnožové typy. Závitovkové stroje sú označené 1. Sekacie stroje z jedným sekacím nožom sa v ponuke nenachádzali.

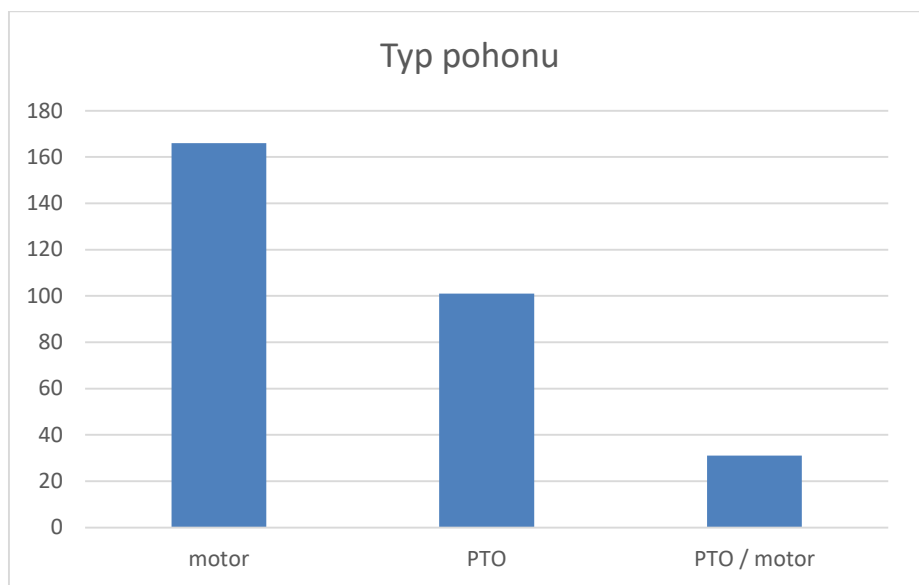
Typ sekacieho ústrojenstva



Obrázok 2 Typ sekacieho ústrojenstva

Obrázok 2 znázorňuje rozdelenie sekačiek podľa typu sekacieho ústrojenstva. Najčastejšie vyskytujúce sa vyhotovenia sekacích ústrojenstiev sú bubnové a kotúčové. Pomer bubnových a kotúčových sekačiek na trhu je skoro rovnaký. Závitkové sekacie stroje a stroje s protibežnými hriadeľmi sa vyrábajú zriedkavo. Na ich výrobu sa špecializujú určité firmy, ktorých je málo. Tvoria úzky profil z celkovej ponuky sekacích strojov.

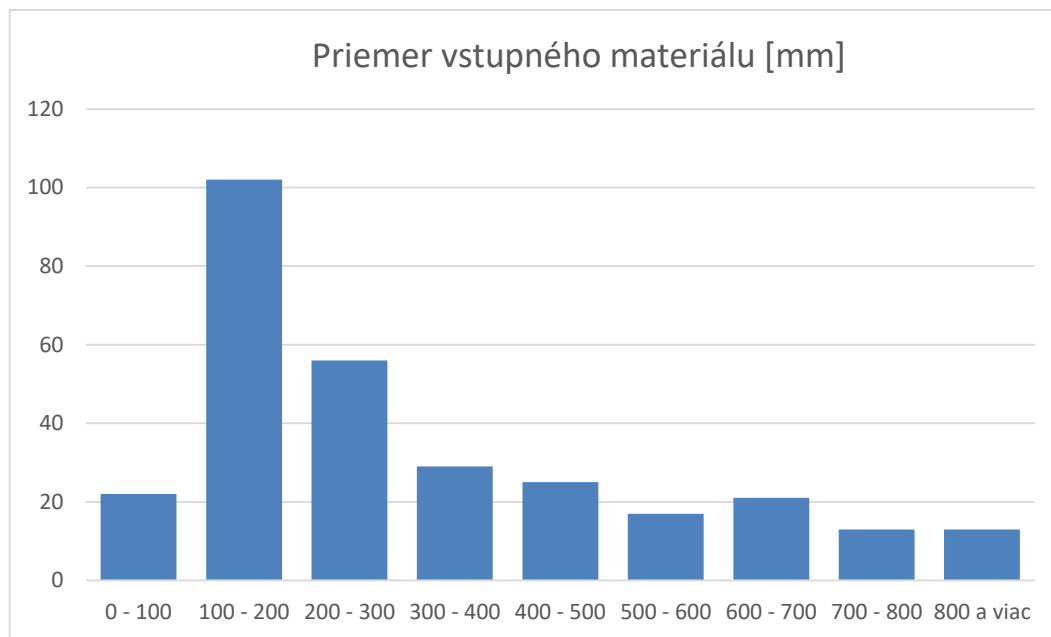
Typ pohonu sekacieho stroja



Obrázok 3 Typ pohonu sekacieho stroja

Obrázok 3 opisuje rozdelenie sekacích strojov podľa spôsobu pohonu do 3 kategórií. Najviac vyrábaným prevedením je sekací stroj s vlastným vznetovým motorom. Najmenej častým prípadom sú kombinovane riešené sekačky, schopné vlastného pohonu ako aj napájania od kľbového hriadeľa (PTO).

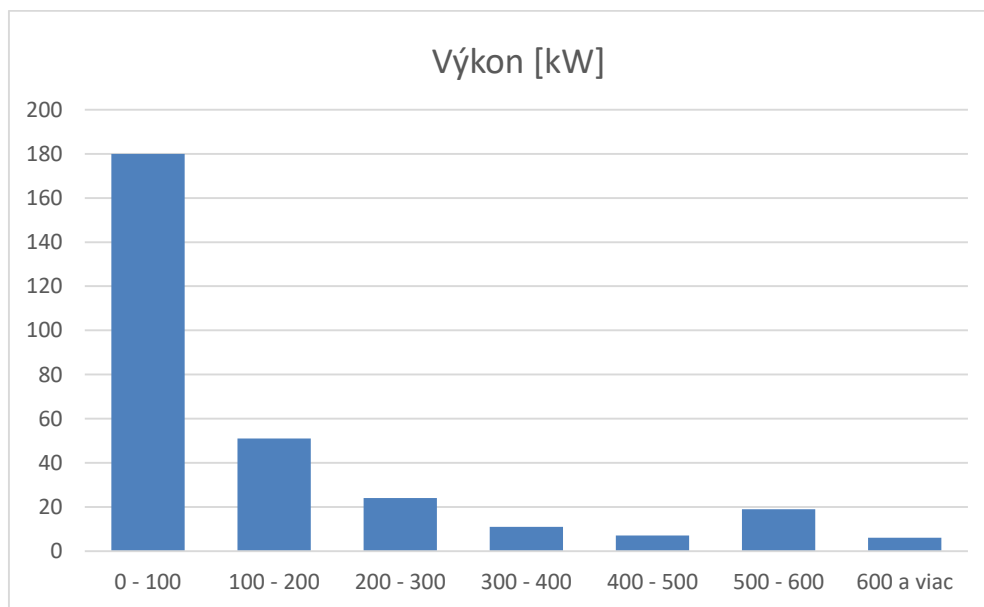
Priemer vstupného materiálu



Obrázok 4 Priemer vstupného materiálu

Zo zistených údajov a grafu číslo 4 sme došli k záveru, že väčšina vyrábaných sekacích strojov je schopná posekať materiál o priemere od 100 do 300 mm. Ide hlavne o sekačky na sekание drevného odpadu, konárov atď.

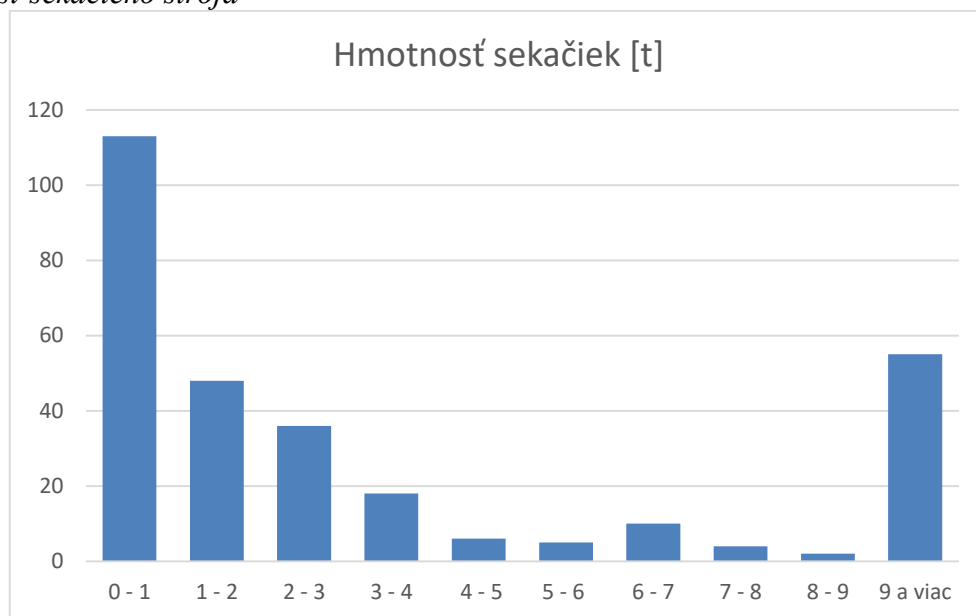
Výkon sekacieho stroja



Obrázok 5 Výkon sekacieho stroja

Z obrázku 5 vyplýva, že najviac sekačiek je vyrábaných s nižšími výkonmi do 100 kW. Sekačky s výkonmi 600 a viac kW sú veľmi zriedkavé, určené hlavne do priemyselnej výroby. Jedná sa o veľké stacionárne sekačky.

Hmotnosť sekacieho stroja



Obrázok 6 Hmotnosť sekačiek

Podľa obrázku 6 sú najvyvrábanejšími sekačky do hmotnosti jednej tony. Jedná sa prevažne o mobilné sekačky, s vlastným podvozkom, alebo na trojbodový záves traktora. Sekačky vyšších hmotností nie sú tak častým produktom, lebo sa jedná o sekačky pre priemysel, alebo spracovanie veľkých množstiev dreva. Vysokú početnosť majú aj sekačky váhovej kategórie 10 a viac ton. Sú to hlavne stacionárne sekačky pre priemysel spracúvajúce veľké objemy dendromasy, alebo výkonné sekačky nesené na nákladných autách.

4 ZÁVER A DISKUSIA

Využívanie obnoviteľných zdrojov energie, akou je dendromasa, vo svete stále narastá. Tým vzrastá aj význam a dopyt po sekacích strojoch v oblasti energetiky. Tento trend ovplyvňuje výrobcov sekačiek, aby čoraz viac zvyšovali kvalitu svojich strojov a znižovali cenu. Výrobcovia sa snažia o dosiahnutie čo najvyššej kvality štiepky za pomoci najkvalitnejších materiálov a technológií použitých pri výrobe, pri udržaní rozumných cien. V súčasnej dobe majú výrobcovia množstvo poznatkov a skúseností v oblasti výroby sekacích strojov. Sekacie stroje čím ďalej tým viac využívajú elektronické prvky a mechanizmy, ktoré nielen zvyšujú kvalitu štiepky, ale aj uľahčujú výrobu a prispievajú k jej automatizácii. Konštrukčné riešenia sekačiek sú jasným príkladom neustáleho rozvoja technológií a ich vylepšovania. Sekačky musia spĺňať nemalé požiadavky spracovateľov a producentov štiepky. Medzi tieto požiadavky patrí napríklad ekonomická efektívnosť výroby, ekologická šetrnosť, vysoká kvalita výstupného materiálu.

V súčasnej dobe vplyvom nových ekologických trendov a noriem vo svete, sa biomasa využíva stále viac a viac. S týmto nárastom je zvýšený aj dopyt po sekacích strojoch. To má za následok, že vznikajú nové firmy a výrobcovia sekacích strojov po celom svete. Na Slovensku sa sekacie stroje využívajú najmä v celulózovo papierenských podnikoch, ide o stacionárne sekačky. Mobilné sekačky sú používané pri komunálnych prácach. Cieľom článku bolo spraviť súčasný prehľad sekacích strojov a ich teoretický rozbor. Firmy zaoberajúce sa výrobou/developingom sekačiek: Jenz, Remet CNC, Teknamotor, Laski, Laimet, Vecoplan, Bruks, Farmi forest, Kesla, Laitilan Metalli, Junkkari, Morbark, Normet, Bear Cat, Europe

Forestry, Dutch dragon, NHS, Jensen, Woodchippers Canada, Split-Fire, Bandit, Altec, Peterson, Terex, TimberWolf, a mnoho ďalších. Keďže firiem je naozaj mnoho do nášho prehľadu sme si zvolili 37 známych zahraničných výrobcov. Vybrané technické parametre sú obsiahnuté v databáze sekačiek nachádzajúcej sa v tabuľke 1. Z databázy a obrázkov je jasne vidieť široké portfólio vyrábaných sekacích strojov. Súčasný trh ponúka sekačky vyhovujúce všetkým oblastiam použitia ako aj požiadavkám výrobcov štiepky. Danú databázu by bolo vhodné doplniť ešte o údaje ako je cena stroja, výkonnosť a potom ich navzájom porovnať, kde by výsledky dávali lepší prehľad technických parametrov a tým aj výber vhodného stroja na základe marketingovej analýzy strojov. Z daných grafov je možné vytvoriť databázu sekačiek podľa technických parametrov (potrebný výkon, výkonnosť, priemer dreva, počet nožov, pohon, náklady, životnosť nástrojov), ktorá by dávala prehľad o ponúkaných sekačkách na trhu, čím by sa dalo rýchlo zistiť typ sekačky podľa požiadaviek prevádzkovateľa (Kováč and Krilek, 2010).

LITERATÚRA

Backer Computer s.r.o. [online]. [cit. 2021-04-12]. Dostupné na internete:

< <http://www.biber.cz> >

Bandit Industries, Inc. [online]. [cit. 2021-03-08]. Dostupné na internete:

< <http://www.banditchippers.com> >

Bgu-Maschine. [online]. [cit. 2021-03-06]. Dostupné na internete:

< <http://www.bgu-maschinen.de> >

Bruks. [online]. [cit. 2021-03-08]. Dostupné na internete: <<http://www.bruks.com>>

Caravaggi. [online]. [cit. 2021-05-01]. Dostupné na internete:

< <http://www.caravaggi.com> >

Carlton. [online]. [cit. 2021-03-08]. Dostupné na internete:

< <http://www.stumpcutters.com> >

DutchDragon. [online]. [cit. 2021-05-01]. Dostupné na internete:

< <http://www.dutchdragon.nl/english/en-chippers.html> >

Eschlboeck Biber. [online]. [cit. 2021-04-12]. Dostupné na internete:

< <http://www.eschlboeck.at> >

Farmi Forest. [online]. [cit. 2021-03-06]. Dostupné na internete:

< <http://www.farmiforest.fi> >

Greenmech. [online]. [cit. 2021-03-06]. Dostupné na internete:

< <http://www.greenmech.co.uk> >

Chippers International. [online]. [cit. 2021-05-16]. Dostupné na internete:

< <http://www.chippersinternational.co.uk/products.html> >

Jenz. [online]. [cit. 2021-05-01]. Dostupné na internete:

< <http://www.jenz.de> >

Junkkari. [online]. [cit. 2021-03-06]. Dostupné na internete:
< <http://www.junkkari.fi> >

Kesla. [online]. [cit. 2021-05-01]. Dostupné na internete:
< <http://www.kesla.cz/stepkovace.html> >

KOVÁČ, J., KRILEK, J., *Analýza vybraných technických parametrov lesníckych navijakov*. In XXXVI. Seminár katedier a inštitútov transportných, stavebných, úpravárenských a poľnohospodárskych strojov: zborník vedeckých recenzovaných prác. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2010, s. 86--93. ISBN 978-80-228-2139-1 .VEGA 1/0221/08.

KOVÁČ, J., KRILEK, J., JOBBÁGY, J., DVOŘÁK, J., *Technika a mechanizácia v lesníctve: vysokoškolská učebnica*. 1. vyd. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2017. 354s. ISBN 978-80-228-3021-8 .KEGA 019TU Z-4/2015.

KRILEK, J., KOVÁČ, J., *Energetická náročnosť sekacích strojov : vysokoškolská učebnica*. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2013. 101s. ISBN 978-80-228-2586-3.

Laitilan Metalli Laine OY [online]. [cit. 2021-05-01]. Dostupné na internete:
< <http://www.laimet.com> >

Laski s.r.o. [online]. [cit. 2021-03-06]. Dostupné na internete:
< <http://www.laski.cz> >

Linddana. [online]. [cit. 2021-03-06]. Dostupné na internete:
< <http://www.tp.dk> >

LISIČAN, J a kol., 1989: Drevárske stroje a zariadenia III. Zvolen : ES TU, 1989, Zvolen, s. 491, ISBN 80-228-0058-9

MIKLEŠ, M., HELEXA, M., KRILEK, J., MIKLEŠ, J., *Engineering for biomass processing*. 1. vyd. Zvolen: Technical University in Zvolen, 2015. 136s. ISBN 978-80-228-2749-2 .ITMS 26110230112.

Morbark [online]. [cit. 2021-05-01]. Dostupné na internete:
< <http://www.morbark.com> >

Müllers & Backhaus. [online]. [cit. 2021-05-16]. Dostupné na internete:
< <http://www.muellers-backhaus.de> >

Mus-Max. [online]. [cit. 2021-04-12]. Dostupné na internete:
< <http://www.mus-max.at> >

Negri. [online]. [cit. 2021-05-16]. Dostupné na internete:
< <http://www.negri-bio.com> >

Oska. [online]. [cit. 2021-04-12]. Dostupné na internete:
< <http://www.oska.com.pl> >

Pezzolato [online]. [cit. 2021-05-01]. Dostupné na internete:
< <http://www.pezzolato.it> >

Rabaud. [online]. [cit. 2021-05-16]. Dostupné na internete:
< <http://www.rabaud.com> >

Redwood. [online]. [cit. 2021-05-16]. Dostupné na internete:
< <http://www.redwood-global.com> >

Rudnick-Enners. [online]. [cit. 2021-05-01]. Dostupné na internete:
< <http://www.rudnick-enners.de> >

SVOREŇ, J., HRČKOVÁ, M., *Woodworking machines*. 1. vyd. Zvolen: Technical University in Zvolen, 2015. 146s. ISBN 978-80-228-2772-0 .ITMS 26110230112.

Teknamotor. [online]. [cit. 2021-05-16]. Dostupné na internete:
< <http://www.teknamotor.pl> >

Timberwolf. [online]. [cit. 2021-04-12]. Dostupné na internete:
< <http://www.timberwolf-uk.com> >

Urban Kovo. [online]. [cit. 2021-05-16]. Dostupné na internete:
< <http://www.stepkovac.com> >

Vecoplan. [online]. [cit. 2021-04-12]. Dostupné na internete:
< <http://www.vecoplan.de> >

Vermeer. [online]. [cit. 2021-05-01]. Dostupné na internete:
< <http://www2.vermeer.com> >

Wallenstein. [online]. [cit. 2021-03-08]. Dostupné na internete:
< <http://www.embmfg.com> >

Pod'akovanie: *Tento príspevok podporila Vedecká grantová agentúra Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu Slovenskej republiky a Slovenskej akadémie vied VEGA 1/0609/2020 "Výskum rezných nástrojov pri spracovaní dendromasy z poľnohospodárskej a lesníckej výroby".*

Kontaktná adresa:

Ing. Branislav Tichý, doc. Ing. Jozef Krilek, PhD. Katedra environmentálnej a lesníckej techniky, Fakulta techniky, Technická univerzita vo Zvolene, Študentská 26, 960 01 Zvolen, tichy@klasholding.sk, jkrilek@gmail.com



DRIVE AND HYDRAULIC CONTROL OF THE PLANTING MODULE OF THE AUTOMATIC FORESTRY PLANTER

Paweł TYLEK – Jacek WOJCIECHOWSKI – Florian ADAMCZYK – Marek SZYCHTA – Józef WALCZYK – Grzegorz SZEWCZYK – Paweł KIELBASA – Mariusz KORMANEK – Łukasz MATEUSIAK

ABSTRACT: The introduction of automated technological systems promotes the elimination of humans from heavy forestry work and is inevitable in view of the projected demographic and social problems that lead to difficulties in hiring low-skilled laborers and to increasing costs of such activities. The planting procedure in current realities is usually done manually. Occasionally, planters coupled to universal tractors are used. Planters mounted on high-powered carriers are used sporadically. Unfortunately, in the case of these forms of mechanization it is difficult to talk about full automation of work, because the seedlings are removed from the cassettes manually and put into the planter tray. The aim of the project is to develop a construction of an autonomous robot for restoration and afforestation of former agricultural and reclaimed land. At the present stage, a planter module has been developed and its drive and hydraulic control systems have been tested in field conditions. The tests in real conditions confirmed correct operation of the control system of the planting unit both in automatic and manual mode.

Key words: container seedlings, planter, forest regeneration, power hydraulics

INTRODUCTION

Manual work in forest management, including planting, is arduous and the energy expenditure of human body is very high [Sowa, Kulak 2000; Grzywiński 2005]. Additional work time is required to spread the seedlings over the afforested area. Monotony and a significant percentage of static loads during work make it increasingly difficult to find workers to perform this work [Kocel 2013]. In addition, fatigue caused by the work means that it is performed carelessly and negligently. The amount of energy expenditure in relation to the severity of physical work performed during a work shift places manual planting in the group of heavy and very heavy work [Kowal 2002; Grzywinski 2007]. Fatigue is also the cause of planned and hidden breaks in work, which reduces human productivity. The high share of breaks in the working shift makes the level of shift utilization in operational time relatively low for non-technologically advanced technologies and is about 70% [Gallis 2013; Sabo, Poršinsky 2005]. Replacing human labor with automated machine labor will increase the productivity of reforestation work and improve the quality of that work [Ghaffarian et al. 2007; Dvořák et al. 2011].

In connection with the above, decision No. 196 of the Director General of the State Forests of 2018, the research service entitled "A mobile robot for forest regeneration tasks and the afforestation of former agricultural and reclaimed areas (RoboFoR)" was commissioned to the Agricultural University in Krakow. The aim of the project is to develop the construction of an autonomous robot and innovative technology for the establishment of forest cultivation and afforestation of reclaimed and former agricultural land. The conceptual work of the consortium members showed that there is a technological and technical possibility to develop an autonomous robot for afforestation, which has no equivalent in the world forestry technology [Adamczyk et al. 2019]. Seedlings grown in a container nursery in standard cassettes, will be planted into the soil in an automated system (without the need to remove them beforehand,

associated with the harmful drying and settling of the root ball). The robot will have its own chassis, allowing it to work in difficult terrain conditions, a mechanism that eliminates competing vegetation around the planting site, and a unit that compacts the soil around the seedling in order to stabilize it and eliminate air pockets that make it difficult for the root system to grow into the soil. The seedlings will be put into the dibber operation area by the intelligent arm of the robot, which will remove the seedlings from the cassettes according to a specific algorithm. Planting parameters (depth, site shape, density) and species composition will be programmed using the operator interface. The energy to power the working units and the robot's travel system will be provided by a hydraulic power system driven by an internal combustion engine. Modular construction of the robot will enable its further development [Tylek et al. 2020].

At this stage, a planting module [Patent Application No. P.432333] has been developed and mounted on a temporary support frame, aggregated with a universal tractor, using a three-point system for pilot field testing.

1 CONSTRUCTION OF THE PLANTING MODULE

Ultimately, the work unit for planting of tree seedlings with a covered root system will consist of: (1) a site preparation tool, (2) a planting unit, and (3) a reseeding element. The site preparation tool will be a rotary plow (trident roller). The purpose of this tool is to remove the layer of turf and rake it away, exposing the soil and creating a site with dimensions consistent with the requirements of forest restoration work and silvicultural principles.

The design assumes the use of assemblies and elements of the control system that most closely mimic the target solution. The frame integrating the planting unit with the tractor is equipped with two support wheels and evenly distributed weights with a total mass of 600 kg. The main components of the planting module are a crane and a lowered dibber mounted on it with a jaw system [Patent application no. P.436389] for placing the seedlings in the soil (Fig. 1). In the next step, the module was additionally equipped with a seedling pressing system in the form of wheels on rocker arms. The individual components were equipped with hydraulic cylinders connected to the distributor block, which is fed from the external hydraulic system of the tractor. The assembly diagram of the hydraulic system of the planting unit with the seedling pressing wheel system is shown in Fig. 2.



Figure 1 Frame with planting unit attached to the tractor's rear three-point linkage

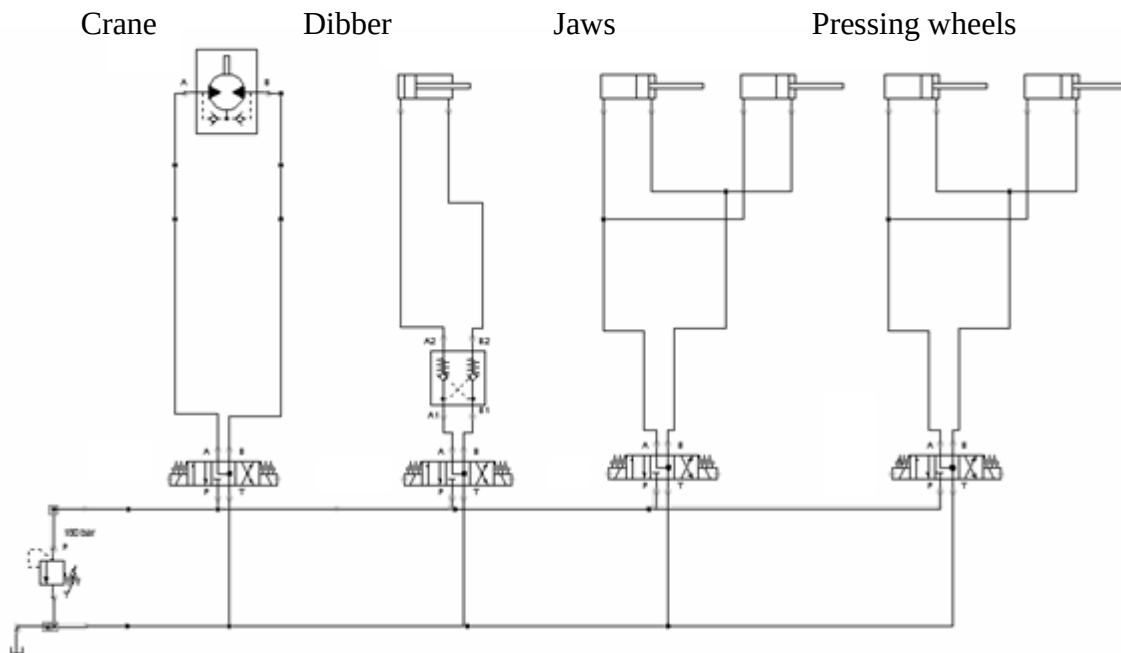


Figure 2 Scheme of hydraulic installation of the planting module



Figure 3 Dibber control system

1 - controller, 2 - display, 3 - valve block, 4 - pressure sensor, 5 - induction sensor (crane transport position), 6 - induction sensor (crane edge position), 7 - induction sensor (closing of dibber gripper jaws), 8 - induction sensor (opening of dibber gripper jaws, right side), 9 - induction sensor (opening of dibber gripper jaws, left side), 10 - limit switch, 11 – dibber actuator piston position sensor, 12 - GPS receiver, 13 - measuring wheel

The completed and assembled mechanical-hydraulic system was additionally equipped with a control system (Fig. 3) containing the following components:

- programmable graphic display CR0451,
- programmable controller for mobile machines CR0411,
- pressure sensor WIKA A-10,
- induction sensor TS12-05N-P HIGHLY,
- linear converter Rota Engineering Ltd.,
- ultrasound sensor UK6A/H2-0EUL,
- limit switch Pizzato Elettrica FR 520,
- measuring wheel - encoder,
- modem GPS CR3114.

The actuator valve coils, sensors, and additional buttons to operate the module were connected to the controller (Fig. 4).



Figure 4 Controller, display and valve block

The control program was written in the CodeSys 2.3 environment. Codesys is an environment dedicated to programming industrial controllers using textual and graphical programming languages such as IL, ST, LD, FBD. The program was implemented on two controllers: a programmable graphic display and a controller dedicated to agricultural machines. Operation of the device in automatic mode is divided into several stages. In the first stage, the condition of compliance of the current position of the device with the initial position - transport - is checked: the dibber is raised, the crane is moved to the extreme left, the gripper jaws are clamped. Depending on the indications of the induction sensors mounted on the crane, the gripper and the piston position sensor, the controller generates a voltage signal to the solenoid valves responsible for the operation of the section of crane, dibber and gripper until the device is in the initial - transport position.

In the next step, the controller turns on the countdown of the time needed to place the seedling in the gripper of the dibber. After counting down 2 s, the controller proceeds to step three. Step three also checks the pressure in the hydraulic system and the output status of the induction sensor mounted at the opposite end of the crane, which indicates that the crane has reached its extreme position. If the pressure exceeds the value of 200 bar or if the induction sensor changes state to high, the dibber stops caving, rises and returns to the transport position. Then, having reached the initial position, it proceeds to step two without waiting.

In step four, the controller sends a signal to the solenoid valve responsible for opening the jaws of the dibber. This step is performed until one of the induction sensors attached to the gripper changes state - one of the gripper jaws does not open. At this point, the controller proceeds to step five, in which the controller sends a signal to the solenoid valve responsible for lifting the dibber block. This step is performed until the piston rod of the dibber is in a position less than 50% of the maximum extension.

In step six, the controller continues to send a signal to the solenoid valve responsible for retracting the piston rod of the dibber, thus lifting the dibber, and a signal is sent to the solenoid valve controlling the hydraulic valve of the crane motor. Signals to the solenoid valves are sent until the crane is in the transport position - moved extremely to the left, and the dibber is lifted. In step seven, the controller sends a signal to the solenoid valve responsible for closing the gripper. After this step the process starts from the beginning - the controller returns to step one and the cycle of planting the next seedling begins.

On the graphical display (Fig. 5.), text and graphic elements were created to refer to design variables such as current readings of values from sensors, valves.



Figure 5 Display Screen - Page 1

During further field testing, step 3 of the control algorithm was modified. Two adjustable control variants were added. In the first variant with the ultrasonic sensor, the

lowering of the dibber continues until the distance to the ground is reduced to the set value. In the second variant with a limit sensor, the dibber plunge continues until the gripper head limit switch does not change state - the ground is detected. At this point, the controller proceeds to step four.

Further modifications consisted in introducing two variants of operation in step 2: a variant with a time delay, adjustable in the range of 100-3000 ms, and a variant related to the seedling planting spacing (measured by the measuring wheel), adjustable in the range of 100-2000 mm. Fulfillment of the condition of the previously selected variant decides about passing to the next step. In turn, in the step 3 of the algorithm, two variants of work connected with lowering of the dibber and its immersion in the soil have been introduced. In the first variant of the step 3, lowering is carried out until the piston rod of the dibber exceeds a preset earlier value of extension percentage. At this point, the controller proceeds to step four. In the second variant of step 3, with the limit sensor, the immersion of the dibber continues until the limit switch of the gripper head changes state - the ground is detected. At this point, the controller proceeds to step four, where the jaw opening condition is additionally checked. If the condition is fulfilled, the value of the pulses read from the measuring wheel is stored, and a flag is set for triggering the pressing function of the pressing wheels. The pressing width can be set in the range 50-200 mm. In addition, a Trigger mode has been introduced to allow only one work cycle. This mode is activated from the display panel.

2 MODULE FIELD TESTS

The working unit of the mobile planting machine has been experimentally checked during the start-up trials carried out on the premises of the Research Network Łuksiewicz - Industrial Institute of Agricultural Machinery in Poznan and pilot tests on the forest area of the Jarocin Forest District near the village of Cielcza. The test area for restoration was prepared using three technologies:

- (1) tilling with a forestry plough LPZ,
- (2) cleaning with the flail shredder,
- (3) preparing with the trident roller for cultivation WT (Fig. 6).

Tests of a research model of a dibber equipped with an automatic control system and a set of pressing wheels were started on an area plowed with a forest plough. Planting was done in the row. Due to the durability of the research model construction, before each obstacle in the form of a canopy, the planting was interrupted by raising the model, its lowering after overcoming the obstacle, and the planting was continued. Planting was conducted at an average tractor speed of 0.5 km/h. This low operating speed was due to the difficulty in guiding the frame of the research model over difficult terrain. For this driving speed, and with good soil conditions, the distance of horizontal displacement of the dibber during its immersing was very small, only about 10 cm.

The second plot planted in the same manner was prepared with a flail universal shredder and the third with a trident roller for crops WT. Finally, a dozen seedlings were also planted on an unprepared post-felling plot. In all cases, the planting was carried out in a continuous manner, interrupted only by breaks for overcoming obstacles in the form of stumps. In the ploughed area and the area prepared by the trident roller, the planting was carried out in the system of automatic control of working movements, while in the case of the areas prepared by the WP roller, the planting (triggering of working movements of the dibber) of trees was carried out manually. The pressing wheels in this case did not work continuously, after the seedlings were pressed they were lifted up to avoid soil pressing on the planted seedling by

elements of their structure. The test model planted all the prepared seedlings (about 150 seedlings), and there was no interference with the control systems.



Figure 6 Test surface preparation - description in the text

During the testing of the research model of the dibber, strain gauge measurements of the dibber structure elements were also performed in order to verify strength calculations performed on virtual models and to determine the structure strain. In addition, the average flow rate of hydraulic oil required to power the hydraulic cylinders was determined. The pressure in the system ranged from approximately 160 to 190 bar. The average hydraulic oil flows during operation of the cylinders were as follows:

- jaws opening approx. 18 l/min,
- jaws closing approx. 14 l/min,
- dibber lowering approx. 29 l/min,
- dibber lifting approx. 20 l/min,
- dibber lifting + crane reversing approx. 23 l/min.

3 CONCLUSIONS

When evaluating the performance of the dibber research model, it was found that:

- (1) the achievable planting speed (working travel speed) is significantly higher than the realistic ability of the test model to move and operate in difficult terrain,
- (2) the driving force of the dibber drilling was sufficient on any terrain; the force and speed of jaw opening was sufficient,
- (3) the resulting planting depth was sufficient, while maintaining the correct distance between the model support frame and the cleaned area of the facility,
- (4) tests with the ultrasound sensor mounted on the measuring frame showed its unsuitability for operation in unfavorable vegetation terrain (high variability of the distance value between the sensor and the ground),
- (5) during planting especially coniferous seedlings, it will be necessary to limit the depth of planting, in the case of too large distance between the frame of the research model and the surface of the site (deep sites made by WT roller), the dibber opened before reaching the set depth of planting (reached the set depth of work) and the seedling was released too high,

(6) a more reliable way of measuring the planting depth (penetration of the dibber into the soil) should be developed,

(7) no seedlings were found hanging inside the dibber; too fast closing of jaws after dibber leaving the ground caused grabbing the stems of already planted trees, this concerned deciduous trees.

Analyzing the performance of the test model of the pressing wheel assembly, it was found that:

(1) the geometric parameters of the pressing wheels, i.e., their width, diameter, spacing and inclination, ensured adequate pressure on the planted seedlings; the pressure settings and the pressure applied to the seedlings point by point over a short length of time before and after were sufficient to close the root ball properly,

(2) the side projection of the pressing wheel axle pins caused the spoil to be pushed onto the planted seedlings, in the case of sites created with the WT roller, it was necessary to lift the wheels completely during their passage through the material removed from the site; at the sites without prior preparation, the wheel pins snagged on branches that were lying on the ground, causing them to pull down on the seedlings, which led to tilting or pulling them out of the ground and consequently damaging the seedlings,

(3) too large distance of wheels from the dibber when changing the direction of movement resulted in pressing wheels on the seedling and crushing its stem. Attention was drawn to the necessity of bringing the pressing wheels closer to the dibber in order to press the seedling immediately after it leaves the dibber.

The developed model works very well for seedlings in the height range specified in the assumptions made jointly at the beginning of the project. Tests in real conditions have confirmed the correctness of the control system of the planting unit in both automatic and manual mode. The results of the work done at this stage of the project will form the basis for further activities in the next stages of the project, consisting of the construction of a prototype, conducting functional, operational, durability and safety tests.

REFERENCES

ADAMCZYK F., WOJCIECHOWSKI J., TYLEK P., SOWA J. M., WALCZYK J., TADEUSIEWICZ R., 2019. *The Concept of Construction of a Mobile Automatic Device for Forest Regeneration Tasks and Afforestation of Former Farmland and Reclaimed Areas*, [w:] Farm Machinery and Processes Management in Sustainable Agriculture: X International Scientific Symposium FMPMSA 2019, Lorencowicz E., Uziak J., Huyghebaert B. (red.), ISBN 978-83-66017-74-0, ss. 13-18, DOI:10.24326/fmpmsa.2019.1

DVOŘÁK J., BYSTRICKÝ R., HOŠKOVÁ P., HRIB M., JARKOVSKÁ M., KOVÁČ J., KRILEK J., NATOV P., NATOVOVÁ L., 2011. *The use of harvester technology in production forests*. Folia Forestalia Bohemica, Kostelec nad Černými lesy. 156 p.

GALLIS CH., 2013. *Increasing Productivity and Controlling of Work Fatigue in Forest Operations by Using Prescribed Active Pauses: a Selective Review*. Croatian Journal of Forest Engineering. Vol. 34, (1): 103-113.

GHAFFARIAN M. R., STAMPFER K., SESSIONS J., 2009. *Comparison of three methods to determine optimal road spacing for forwarder-type logging operations*. J. For. Sci, 55(9), 423-431.

GRZYWIŃSKI W., 2005. *Koszt energetyczny pracy w leśnictwie*. Zast. Ergon. (1-3): 259-267.

GRZYWIŃSKI W., 2007. *Ergonomia i ochrona pracy w leśnictwie*. Wydawnictwo Akademii Rolniczej im. A. Cieszkowskiego w Poznaniu. 1-128.

KOCEL J. 2013. *Firmy leśne w Polsce*. Centrum Informacyjne Lasów Państwowych. Warszawa. ISBN 978-83-61633-94-5.

KOWAL E. 2002. *Ekonomiczno-społeczne aspekty ergonomii*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa – Poznań.

SABO A., PORŠINSKY, T., 2005. *Skidding of fir roundwood by Timberjack 240C from selective forests of Gorski Kotar*. Croatian Journal of Forest Engineering, 26(1), 13-27.

SOWA J.M., KULAK D., 2000. *Związki techniki pracy z poziomem techniki z poziomem wydatku energetycznego operatorów pilarek spalinowych*. [W:] Stan i perspektywy badań z zakresu użytkowania lasu. III Konferencja Leśna. Sękocin Las. Red. Suwała M., Rządowski S. IBL, Warszawa: 425-432.

TYLEK P., WALCZYK J., SOWA J. M., SZEWCZYK G., KORMANEK M., PIETRZYKOWSKI M., JULISZEWSKI T., KIEŁBASA P., SZYCHTA M., ADAMCZYK F., SZCZEPANIAK J., SZULC T., TADEUSIEWICZ R., 2020. *Koncepcja automatycznej sadzarki do sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym*. [w:] Nowoczesne technologie i inżynieria w zrównoważonym użytkowaniu lasu, Klamerus-Iwan A. (red.), 451–464. ISBN 978-83-66602-04-5

ZGŁOSZENIE PATENTOWE NR P.432333 z dn. 20.12.2019 na wynalazek pt. *Zespół roboczy automatu do sadzenia drzew z zakrytym systemem korzeniowym*.

ZGŁOSZENIE PATENTOWE NR P.436389 z dn. 18.12.2020 na wynalazek pt. *Kostur do sadzenia sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym*.

Acknowledgement: *The research is part of the project entitled "A mobile automatic device for forest regeneration tasks and afforestation of former farmland and reclaimed areas (RoboFoR)", no. EO.271.3.11.2019. The project has been financed by the General Directorate of State Forests in Warsaw.*

Contact address:

Assist. prof. Paweł Tylek, PhD, University of Agriculture in Cracow, Faculty of Forestry, Department of Forest Utilization, Engineering and Forest Techniques, Al. 29 Listopada 46, 31-425 Kraków, POLAND, e-mail: pawel.tylek@urk.edu.pl



MOŽNOSTI ZVYŠOVANIA ŽIVOTNOSTI SEKACÍCH NOŽOV NAVÁRANÍM

POSSIBILITIES OF INCREASING THE SERVICE LIFE OF CUTTING KNIVES BY HARD SURFACING

Monika VARGOVÁ – Miroslava ŤAVODOVÁ

ABSTRAKT: V článku sú predstavené výsledky z výskumu zvyšovania životnosti sekacích nožov technológiou navárania. Ako návarový materiál boli zvolené dve elektródy, a to elektróda OK 85.65 a OK 84.58. Po navarení na základný materiál sekacích nožov, bola meraná tvrdosť základného materiálu a tvrdosť návarov. Pri vzorke IV bola tvrdosť základného materiálu 55,09 HRC a tvrdosť návaru OK 85.65 bola 56,38 HRC. Pri vzorke IIV bola tvrdosť základného materiálu 54,52 HRC a tvrdosť návaru OK 84.58 bola 56,83 HRC. Následne bola pozorovaná čistota materiálov a ich mikroštruktúra. Vhodnou voľbou návarového materiálu, ktorý by svojou štruktúrou dokázal lepšie odolávať vplyvom pracovného prostredia, môžeme efektívne zvýšiť životnosť sekacích nožov.

Kľúčové slová: sekací nôž, naváranie, mikroštruktúra, tvrdosť

ABSTRACT: The article presents the results of research into increasing the life of cutting knives by hard surfacing technology. Two electrodes were chosen as the weld deposit material, namely the electrode OK 85.65 and OK 84.58. After hard surfacing to the base material of the cutting knives, the hardness of the base material and the hardness of the welds were measured. For sample IV, the hardness of the base material was 55.09 HRC and the hardness of the OK 85.65 weld deposit material was 56.38 HRC. For Sample IIV, the hardness of the base material was 54.52 HRC and the hardness of the OK 84.58 weld deposit material was 56.83 HRC. Subsequently, the purity of the materials and their microstructure were observed. By a suitable choice of weld deposit material, which with its structure could better to withstand the effects of the working environment, we can effectively increase the life of cutting knives.

Key words: cutting knife, hard surfacing, microstructure, hardness

ÚVOD

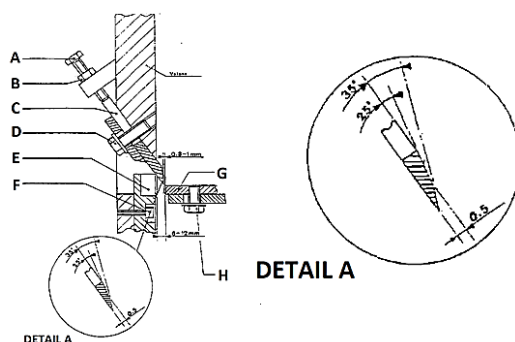
Na spracovanie drevného odpadu a menej hodnotného dreva sa v súčasnosti používajú sekacie stroje. Ako surovina na spracovanie sa používa napríklad odpad pri ťažbe dreva t.j. konáre, ihličnatá tenčina, územky v nábytkárskom priemysle, v stavebníctve pri spracovaní drevného odpadu apod. Výstupným produktom sekacích strojov sú drobné kúsky dreva tzv. štiepky. Štiepku je možné vyrobiť priamo namieste ťažby v poraste, ďalej vo fabrike alebo na odvoznom mieste (Spinelli et al., 2014, Janeček et al., 2014).

Proces štiepania dreva na štiepku pomocou štiepkovačov závisí predovšetkým od systému síl pôsobiacich na drevo prostredníctvom sekacieho noža. Účinnosť štiepania závisí od mnohých faktorov, vrátane opotrebovania nožov štiepkovača (Krilek et al., 2013).

1 MATERIÁL A METÓDY

Princíp štiepkovania spočíva v sekaní dreva podávaného pozdĺž svojej osi oproti sekaciemu nožu a protinožu, pričom dĺžku štiepok možno meniť zmenou nastavenia

vzdialenosti protinoža od noža. Na Obr. 1 je schéma sekacieho stroja a geometria sekacieho noža. Uhol čela je $\gamma = 0^\circ$ a uhol chrbta $\alpha = 35^\circ$ (Krilek et al., 2013).



Obrázok 1 Schéma sekacieho stroja a geometria sekacieho noža (Krilek et al., 2013).

A – nastavovacie skrutky pre sekacie nože, B – zaistovacia matica, C – sekací nôž, D – upevňovacia skrutka pre sekací nôž, E – mikrometer, F – upevňovacia skrutka pre mikrometer, G – protinôž, H – upevňovacia skrutka pre protinôž

Na experiment bol použitý nôž BEZNER 210 x 100 x 10 z ocele 19 569. Je to stredne legovaná oceľ, ktorá sa používa pre nástroje na strihanie za studena, na tvárnenie za studena, na rezné nástroje a nástroje pre spracovanie dreva. Chemické zloženie ocele podľa materiálového listu je v Tab. 1.

Tabuľka 1 Chemické zloženie ocele 19 569

Prvok	C	Mn	Si	P	S	Cr	Mo	W	V
hm. [%]	0,58	0,25	0,70	max.	max.	4,50	0,80	max.	0,20
	0,68	0,55	1,10	0,030	0,035	5,50	1,20	0,60	0,40

Na obrázku 2 je sekací nôž, u ktorého boli odobraté vzorky pre experiment. Pre overenie chemického zloženia sekacieho noža bola vykonaná spektrálna analýza. Hodnoty sú uvedené v Tabuľke 2.



Obrázok 2 Sekací nôž použitý pre experiment

Tabuľka 2 Chemické zloženie ocele 19 569 - spektrálna analýza

Prvok	C	Mn	Si	Cu	Al	Cr	Mo	Ni	V
hm. [%]	0,476	0,37	0,85	0,07	0,009	7,86	1,7	0,14	0,549

Po otupení reznej hrany sekacieho noža dochádza k nedostatočnému spracovaniu drevnej hmoty. Na vzorky sekacieho noža sa naváral návarový materiál, ktorý by svojou štruktúrou dokázal odolávať pracovnému prostrediu, v ktorom sekacie nože pracujú. Pri voľbe

elektrod sme vychádzali z chemického zloženia základného materiálu a typu namáhania nástroja.

Medzi najstaršie a najviac používané metódy pre zváranie a naváranie patrí oblúkové zváranie obalenou zvaracou alebo naváracou elektrodou. Podľa EN ISO 4063 sa označuje skratkou 111, jeho európskou skratkou je MMA (Hrivňák, 2009). Zdrojom tepla je elektrický oblúk, ktorý vzniká medzi elektrodou a zváraným alebo naváraným materiálom, resp. medzi dvoma elektrodami. Elektrický oblúk je mohutný elektrický výboj v ionizovanej atmosfére plynov a pár kovov doprevádzaný svetelným efektom. Ionizácia vzniká v čase zapálenia oblúka a udržuje sa počas celého horenia oblúka. Po zapálení spôsobí natavenie elektrody aj základného materiálu, čím nastane spojenie zváraných materiálov pomocou prídavného zvaracieho materiálu alebo spojenie prídavného naváracieho materiálu so základným materiálom. Roztavená elektroda spolu s nataveným zváraným (naváraným) materiálom tvoria zvarový kúpeľ (Oblukové zváranie).

Naváraním môžeme získať odolnosť proti určitému typu opotrebeniu alebo určité špecifické vlastnosti, ktoré závisia od druhu návarového kovu. Naváranie sa používa na renováciu nástrojov do použiteľného stavu, ale aj na výrobu nových nástrojov. Výroba nových nástrojov naváraním je ekonomicky výhodnejšia, nakoľko sa nástroj môže vyrobiť z lacnejšieho materiálu a jeho povrchové vlastnosti sa dosiahnu navarením návarového kovu. Návarový materiál musíme vybrať podľa pracovných podmienok nástroja a musí mať vlastnosti vhodné na použitie v daných podmienkach (Ťavodová et al., 2017). Pri voľbe návarového materiálu musíme poznať, aký je základný materiál, na ktorý sa bude navárať, akému typu opotrebenia bude pri práci vystavený a aký druh povrchu sa vyžaduje po navarení. Navárací materiál je možné nanášať akýmkoľvek zvaracím procesom (Opravy a údržba).

Elektroda OK 85.65, EN 14700: E Fe 4 bola navarená na vzorku IV. Táto elektroda je vhodná pre naváranie rezných a strižných nástrojov z nástrojových ocelí, vrtákov a razníc. Navarené strižné hrany sa môžu použiť bez popúšťania. Tvárniace a veľké strižné nástroje sa odporúča nežíhať. Najvyššiu tvrdosť zvarový kov dosahuje po dvojnásobnom popúšťaní. Tvrdosť návaru dosahuje v 3. vrstve 59 až 61 HRC (Opravy a údržba). Chemické zloženie je uvedené v Tab. 3.

Tab. 3 Chemické zloženie elektrody OK 85.65

Prvok	C	Si	Mn	Cr	Mo	V	W
hm. [%]	0,9	1,5	1,3	4,5	7,5	1,5	1,8

Elektroda OK 84.58, EN 14700: E Z Fe 6 bola navarená na vzorku IIV. Je to vysokovýťažková elektroda na naváranie funkčných plôch odolávajúcich opotrebeniu za súčasného namáhania rázmi s potrebnou čiastočnou koróznou odolnosťou, napr. častí poľnohospodárskych a lesníckych strojov, miešače, dopravné zariadenia a pod. Opracovanie návaru je možné brúsením. Tvrdosť návaru je 52 až 59 HRC (Opravy a údržba). Chemické zloženie je uvedené v Tab. 4.

Tab. 4 Chemické zloženie elektrody OK 84.58

Prvok	C	Si	Mn	Cr
hm. [%]	0,7	0,6	0,7	10,0

Pri posudzovaní zveriteľnosti uhlíkových ocelí je potrebné poznať tzv. uhlíkový ekvivalent C_{ek} . Vypočítali sme ho na základe vzorca navrhnutým Medzinárodným zvaračským inštitútom IIW/IIS (Kolektív autorov, 2001):

$$C_{ek} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Cu + Ni}{15} \quad (1)$$

$$C_{ek} = 0,476 + \frac{0,37}{6} + \frac{7,86 + 1,7 + 0,549}{5} + \frac{0,07 + 0,14}{15}$$

$$C_{ek} = 2,57$$

Ak je $C_{ek} \leq 0,45$ a zároveň platí, že $C \leq 0,20$ a zváraná šírka $s \leq 25 \text{ mm}$, nie sú potrebné pri zváraní žiadne zvláštne opatrenia. Ak nie je splnená niektorá z podmienok, je potrebné použiť zvláštne opatrenia, aby sa zamedzilo vzniku trhlín. K týmto opatreniam patrí aj predohrev, ktorý sme urobili pred naváraním.

Zo seakcieho noža boli odrezané dva kusy. Tie predstavovali vzorky pre aplikáciu vybraných tvrdonávarov. Naváranie sa uskutočnilo v špecializovanej prevádzke certifikovanými zvaračmi. Elektródy sme najskôr museli dať vysušiť podľa pokynov v technických listoch. Výška teploty predohrevu vzoriek bola volená na základe výpočtu C_{ek} a údajov z technických listov použitých návarových elektród.

Na každú vzorku zo sekacieho noža sa navarili vedľa seba 3 zvarové húsenice v jednej vrstve. Pre vzorku IV sa použila elektróda OK 85.65 s priemerom $\varnothing 2,5 \text{ mm}$ pri zvaracom prúde $I = 90 \text{ A}$ (Obr. 3a). Pre vzorku IIV sa použila elektróda OK 84.58 s priemerom $\varnothing 3,2 \text{ mm}$ pri zvaracom prúde $I = 110 \text{ A}$ (Obr. 3b).

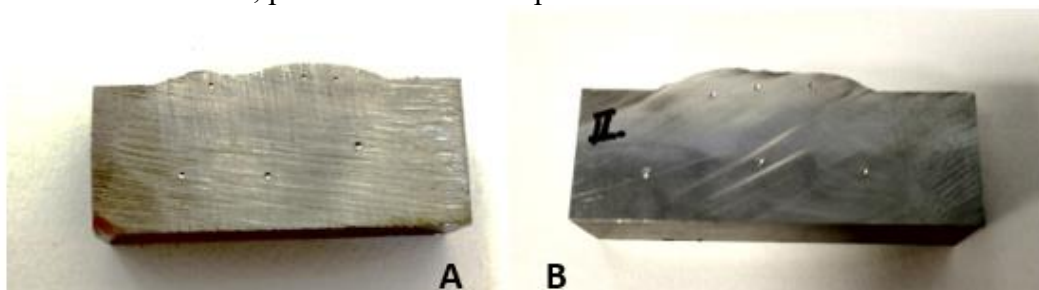


Obrázok 3 Vzorky s vrstvou návaru
a - vzorka IV s návarom OK 85.65; b – vzorka IIV s návarom OK 84.58

Vzorky sekacieho noža s vrstvou tvrdonávaru sme pre makroskopickú a mikroskopickú analýzu potrebovali rozrezať na vhodné kusy. Vzorky boli rozrezané v metalografickom laboratóriu. Na rezanie sa používal stroj STRUERS Discotom-60, rýchlosť rezania $v = 0,25 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$, priemer použitého kotúča $\varnothing 300 \text{ mm}$ značky Metkon a použitá chladiaca kvapalina bola tiež značky Metkon.

2 VÝSLEDKY

Po rozrezaní vzoriek sa merala tvrdosť základného materiálu, ako aj tvrdosť návaru (Obr. 4a,b). Tvrdosť podľa Rockwella sa merala v súlade s postupom uvedenom v norme ISO 6508-1:2016 (ISO 6508-1, 2016). Na meranie tvrdosti bol použitý tvrdomer AQUASTYL Slovakia s.r.o. RB – 1/PC, pre meranie tvrdosti podľa Rockwella.



Obrázok 4 Meranie tvrdosti
a – vzorka IV.; b – vzorka IIV.

Namerané tvrdosti na vzorkách sú v Tab. 5 a Tab. 6.

Tabuľka 5 Hodnoty tvrdostí základného materiálu a návaru OK 85.65

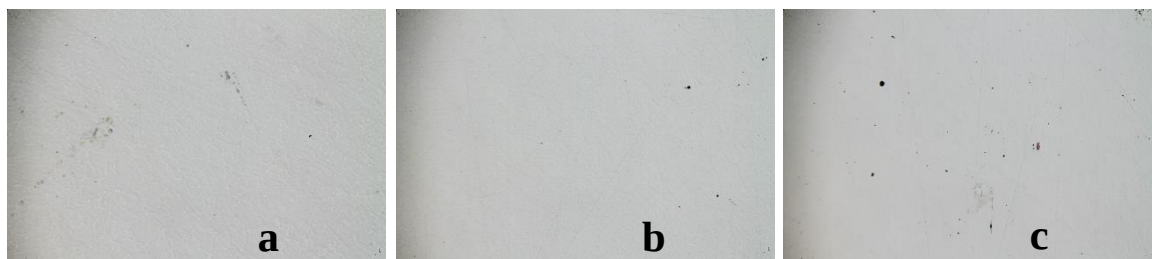
	Základný materiál	Návar OK 85.65
Meranie č. 1	54,81 HRC	55,83 HRC
Meranie č. 2	55,78 HRC	57,04 HRC
Meranie č. 3	55,0 HRC	56,27 HRC
Priemer	55,09 HRC	56,38 HRC

Tabuľka 6 Hodnoty tvrdostí základného materiálu a návaru OK 84.58

	Základný materiál	Návar OK 84.58
Meranie č. 1	55,50 HRC	55,50 HRC
Meranie č. 2	53,94 HRC	57,0 HRC
Meranie č. 3	54,12 HRC	58,0 HRC
Priemer	54,52 HRC	56,83 HRC

Ako je zrejmé z Tab. 5 a Tab. 6, hodnoty tvrdosti návarov sú približne rovnaké až málo vyššie ako tvrdosť základného materiálu sekacieho noža.

Pre zistenie čistoty základného materiálu ako aj materiálu tvrdonávaru sme pomocou svetelného optického mikroskopu Versamet Union 6416 uskutočnili pozorovanie povrchu. Ako je vidieť z Obr. 5a základný materiál neobsahuje výrazné nečistoty. Návarové materiály (Obr. 5b, Obr. 5c) obsahovali malé množstvo vmestkov, pravdepodobne kremičitanov. Nepredpokladáme však, že by negatívne ovplyvnili vlastnosti návarov.

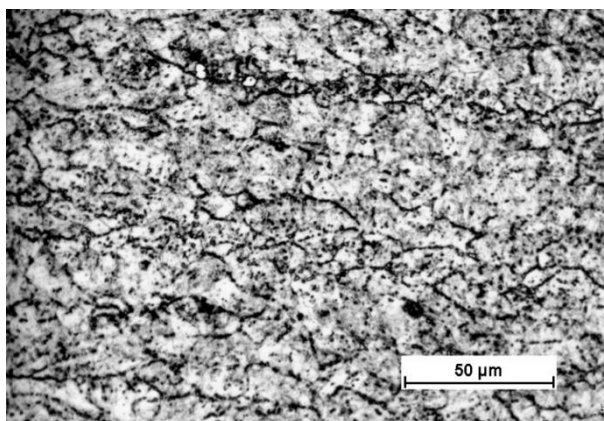


Obrázok 5 Čistota materiálu

a – základný materiál; b – návar OK 85.65; c – návar OK 84.58

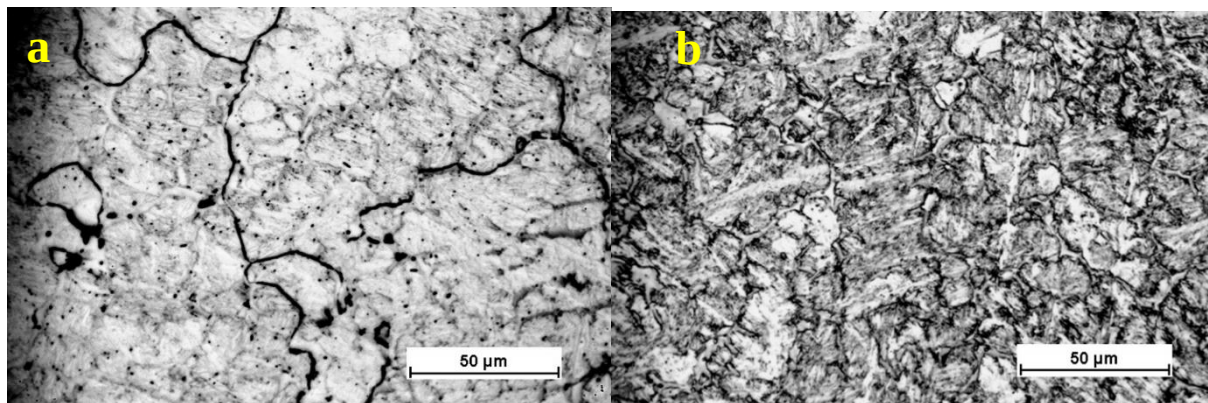
Po vyleštení vzoriek nasledovalo leptanie. Leptanie vzorky je potrebné pre vyvolanie mikroštruktúry. Na leptanie bolo použité leptadlo Snyder a Graff. Receptúra leptadla pozostáva z 5ml HCl, 1,5ml HNO₃ a 50ml Metanol. Vzorku sa ponárala do leptadla v krátkych intervaloch, až kým sme nespozorovali naleptanie povrchu vzorky, ktoré sa prejavilo sčernením povrchu. Po dosiahnutí želaného výsledku sa vzorka opláchla pod vodou a vysušila fénom. Po naleptaní bola vzorka pripravená na pozorovanie pod mikroskopom.

Na Obr. 6 môžeme pozorovať mikroštruktúru základného materiálu. Je charakterizovaná miernou riadkovitosťou, ktorá pravdepodobne vznikla technológiou valcovania polotovaru pre výrobu sekacieho noža. Homogenita zodpovedá štruktúre nástrojových materiálov.



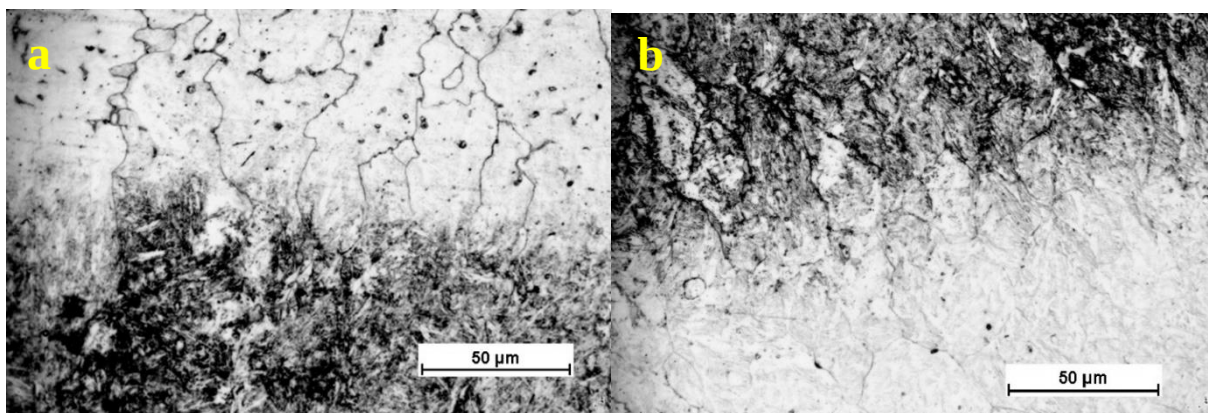
Obrázok 6 Mikroštruktúra základného materiálu

Mikroštruktúra návarových materiálov zodpovedá charakteru ich chemického zloženia. Pri tvrdonávare OK 85.65 (Obr. 7a) sú pozorované hranice austenitických zŕn s vylúčenými karbidmi, pravdepodobne chrómu. Tvrdonávar OK 84.58 má štruktúru jemniešiu, s pozorovaním fázových premien (Obr. 7b).



Obrázok 7 Mikroštruktúra návarov
a – návar OK 85.65; b – návar OK 84.58

Pre hodnotenie kvality premiešania základného materiálu s návarom sa uskutočnilo ďalšie pozorovanie (Obr. 8a,b). Môžeme konštatovať, že došlo k dostatočnému premiešaniu oboch materiálov. Nie sú viditeľné dutiny, trhliny ani iné neprípustné chyby, čo potvrdzuje vhodnosť voľby návarového materiálu ako aj spôsob a nastavenie parametrov navárania. Pri naváraní došlo k vytvoreniu TOO, ktorá je charakterizovaná rozdielnou štruktúrou ako jadro základného materiálu. Tak isto bolo uskutočnené pozorovanie na vzorke IIV (Obr. 8b). Výsledok je podobný ako pri návarovom materiály OK 85.65, použitom pri vzorke IV (Obr. 8a).



Obr. 8 Teplom ovplyvnená oblasť
a – základný materiál – návar OK 85.65; b – základný materiál – návar 84.58

Niektorí autori uvádzajú, že práve martenziticko-karbidická štruktúra dokáže odolávať opotrebeniu, pretože martenzit je dostatočne tvrdý a zvyšuje odolnosť voči opotrebeniu trojnásobne. Taktiež prítomnosť karbidov zvyšuje tvrdosť ocele, avšak nezaručuje lepšiu odolnosť voči opotrebeniu (Brziak et al., 2003, Norman et al., 1959). Iní autori považujú za vhodnejšiu austeniticko-martenzitickú štruktúru (Brziak et al., 2003, Ťavodová, 2018).

3 ZÁVER

Životnosť sekacieho noža je dôležitá z hľadiska efektivity práce nástroja. Pri jeho práci dochádza k opotrebeniu reznej časti hlavne vplyvom veľkých rázov, ale aj vplyvom rôznych nežiadúcich prvkov, ktoré sa pri procese sekania dostávajú do stroja spolu s drevnou hmotou. Následná výmena nástroja je však ekonomicky náročná, preto je potrebné hľadať možnosti

zvyšovania jeho životnosti. Existuje niekoľko spôsobov zvyšovania životnosti nástrojov. V článku sa venujeme jednej z možností zvyšovania životnosti sekacích nožov, a to naváraním vhodného tvrdonávaru na jeho funkčnú časť. Pri voľbe návarového materiálu je dôležité dbať na jeho chemické zloženie, vlastnosti, tvrdosť a možnosť opracovania brúsením, aby sa mohla zachovať geometria nástroja. Vhodným výberom návarového materiálu môžeme dosiahnuť efektívne zvýšenie jeho životnosti.

LITERATÚRA

BRZIAK, P. kol. autorov. 2003. Materiály a ich správanie sa pri zváraní. VÚZ – Priemyselný inštitút, Bratislava. s. 216-235. ISBN 80-88734-10-X.

HRIVŇÁK, I. 2009. Zváranie a zvariteľnosť materiálov. Bratislava: STU v Bratislave. ISBN 978-80-227-3167-6

ISO 6508-1:2016 Metallic materials - Rockwell hardness test - Part 1: Test method.

JANEČEK, A., MIKLEŠ, M., KRILEK, J., 2014. Rationalization on construction and operation of wood chipping production systems. In *Acta facultatis technicae*. Roč. 19, č. 2 2, s. 85-95. ISSN 1336-4472.

KOLEKTÍV AUTOROV. 2001. Materiály a jejich svařitelnost. Učební texty pro kurzy svářečských inženýrů a technologů. Ostrava: Zeross, 2001, 282 s. ISBN 80-85771-85-3.

KRILEK, J., KOVÁČ, J. 2013. Energetická náročnosť sekacích strojov: vedecká monografia. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 101s. ISBN 978-80-228-2586-3

KRILEK, J., MIKLEŠ, M., 2009. Energetic consumption a chipper at desintegration wood. In *Acta facultatis technicae*. Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene, 2009. Roč. 12, č. 2 , s. 49-58. ISSN 1336-4472.

NORMAN T. E., SOLOMON A., DOANE D.V. (1959). Martensitic white irons for abrasion-resistant castings : Modern castings, v. 35, Apr. p. 104–118.

Oblúkové zváranie. [online]. [cit. 24-06-2021]. Dostupné na:
<http://www.sjf.tuke.sk/inmf/NW/Original/Web/tig.php>

Opravy a údržba. [online]. [cit. 24-06-2021]. Dostupné na:
<http://products.esab.com/ESABImages/prirucka%206%20vydani%202011.pdf>

SPINELLI, R., GLUSHKOV, S., AND MARKOV, I. 2014. Managing chipper knife wear to increase chip quality and reduce chipping cost, In *Biomass and Bioenergy*, 62, p. 117–122. DOI: 10.1016/j.biombioe.2014.01.007

ŤAVODOVÁ, M., 2018. Výskum metód pre zvyšovanie životnosti nástrojov používaných v lesníckych technológiách. Habilitačná práca. Zvolen. Technická univerzita vo Zvolene. 2018. 158 s.

ŤAVODOVÁ, M., KALINCOVÁ, D., KOTUS M. 2017. Možnosti zvyšovania odolnosti voči opotrebeniu funkčných plôch mulčovacieho nástroja. In CD Zborník prednášok z 45. medzinárodnej konferencie ZVÁRANIE 2017: 08. - 10. november 2017: Tatranská Lomnica, Vysoké Tatry, Slovenská republika. pp. 116-123. ISBN 978-80-89296-21-7.

PodĎakovanie: *Táto práca bola podporovaná VEGA 1/0609/20 „Výskum rezných nástrojov pri spracovaní dendromasy z poľnohospodárskej a lesníckej výroby.“*

Kontaktná adresa:

Ing. Monika Vargová, Katedra výrobných technológií a manažmentu kvality, Fakulta techniky, Technická univerzita vo Zvolene, Študentská 26, 960 01 Zvolen, monika.vargova@tuzvo.sk

doc. Ing. Miroslava Ťavodová, PhD., Katedra výrobných technológií a manažmentu kvality, Fakulta techniky, Technická univerzita vo Zvolene, Študentská 26, 960 01 Zvolen, tavodova@tuzvo.sk



PROVOZNÍ HODNOCENÍ STOUPAVOSTI VYVÁŽECÍ TRAKTOROVÉ SOUPRAVY S PŘÍVĚSEM LV 10 HP S HYBRIDNÍM POHONEM

OPERATIONAL EVALUATION OF THE TRACTOR-TRAILER UNIT GRADABILITY WITH HYBRID POWERED TIMBER TRAILER LV 10 HP

Tomáš ZEMÁNEK – Jindřich NERUDA – Radomír ULRICH

ABSTRAKT: Byla hodnocena stoupavost vyvážecí traktorové soupravy na nezpevněné zemní cestě ve smrkové monokultuře. Zemní cesta byla rozdělena do několika úseků dle sklonu terénu, maximální sklon činil 30,2 %. Byly použity dva stejné vyvážecí přívěsy se stejnou hmotností břemene, jeden s elektrickým a druhý s hydraulickým pohonem nápravy. Zkoušky stoupavosti potvrdily výhody hybridního pohonu přívěsu, kdy v porovnání s hydraulickým pohonem došlo ke snížení prokluzu kol přívěsu.

Klíčová slova: soustředování dříví, vyvážecí souprava, stoupavost, přívěs

ABSTRACT: The gradability of the tractor-trailer unit on an unpaved forest road in spruce monoculture was evaluated. The road was divided into several sections according to the slope of the terrain, the maximum slope was 30.2 %. Two identical timber trailers with the same load weight were used, one with electric and the other with hydraulic axle drive. The gradability tests confirmed the advantages of the hybrid trailer drive, which reduced the slip of the trailer wheels compared to the hydraulic drive.

Key words: timber extraction, tractor-trailer unit, gradability, timber trailer

ÚVOD

Vyvážecí traktorová souprava slouží k bezúvazkovému soustředování dříví vezením v rámci sortimentní těžební metody. Je vyžadováno, aby každé hnací ústrojí vozidla vyvinulo dostatečný výkon pro splnění požadavků na výkon vozidla, dostatečný dojezd a dále aby prokázalo vysokou účinnost a produkovalo málo znečišťujících látek (Ehsani et al. 2004). S ohledem na snižující se zásoby ropy ve světě, rostoucí ceny pohonných hmot, narůstající znečištění životního prostředí, globální oteplování a s tím spojený tlak na snižování emisí výfukových plynů jsou hledána nová řešení systému pohonu vozidel. Elektrické pohony se dnes již běžně používají u těžké techniky (Ponomarev et al. 2014; Pohlandt & Geimer 2015). Hlavní motivací pro tuto skutečnost je snížení spotřeby pohonných hmot, krátkodobého navýšení výkonu stroje, popř. možnost použití menšího motoru. Využití menšího motoru pravděpodobně povede ke kompaktnějšímu uspořádání stroje a také například k lepšímu výhledu operátora či pohyblivosti stroje v terénu, stejně jako ke snížení hladiny hluku a vibrací na pracovním místě operátora (Einola 2013).

S vývojem hybridních systémů v oblasti lesnictví má dlouholeté zkušenosti švédská firma Elforest Technologies. V současné době tato společnost nabízí kompletní zákaznický přizpůsobitelný návrh systému využívající zásobníky energie na základě baterií nebo kondenzátorů. Společnost Elforest Technologies vyvinula a vyrobila první vyvážecí soupravu na světě s elektro hybridním systémem pro pojezd a hydraulický jeřáb.

Využití pomocného hybridního pohonu v přívěsu na dřevo se běžně nepoužívá. Existuje několik hybridních řešení zaměřených hlavně na zvedání nebo funkci štěpkovače přívěsu, kde hybridní pohon snižuje celkové rozměry a hmotnost hydraulických komponent i celkovou spotřebu paliva (Minav et al. 2010) a (Prinz et al. 2018).

1 MATERIÁL A METÓDY

Zkoušky stoupavosti vyvážecí traktorové soupravy, tvořené univerzálním kolovým traktorem Valtra N 134 se všemi koly hnanými a dvěma typy přívěsů byly provedeny v měsíci říjnu 2019 v lesním porostu 428C6 (smrková monokultura) na lesním majetku Kanonie premonstrátů v Nové Říši. Zkušební trasou byla nezaprvněná zemní cesta se suchým povrchem. Na trase byly vyznačeny jednotlivé úseky pomocí dřevěných kolíků, šikmá vzdálenost mezi kolíky (délka úseku) činila 10,0 m. V každém úseku cesty byl změřen jeho podélný sklon ve stupních a následně přepočten na procenta. Podélný profil trasy a hodnoty sklonů jednotlivých úseků znázorňuje Obr. 1. Celková délka trasy činila 160 m s převýšením 29,6 m.



Obrázek 1 Podélný profil zkušební trasy a sklony jednotlivých úseků trasy

K dispozici byly dva vyvážecí přívěsy: prototyp LV 10 HP s elektrickým pohonem a sériově vyráběný vyvážecí přívěs LV 10 s hydraulickým pohonem. Nosnost obou přívěsů činila 10 t. Oba přívěsy byly vybaveny shodným typem kol 500/45-22,5. Každý z vyvážecích přívěsů byl postupně připojen k univerzálnímu traktoru Valtra N 134, s výkonem motoru 112 kW a deklarovanou hmotností 5,3 t. Rozměr předních a zadních kol traktoru činil 14,9-28 a 18,4-38. Pro zkoušky svahové dostupnosti byl každý z přívěsů naložen výřezy smrku (délka 4 m) s hmotností ca 5 900 kg.

Sestavená traktorová vyvážecí souprava s naloženým přívěsem pojížděla po zvolené trase, a to nejprve bez zapnutí pomocného pohonu nápravy přívěsu a poté se zapnutým pomocným pohonem nápravy přívěsu, přičemž byly sledovány časy průjezdů jednotlivými úseky a prokluzu kol traktoru i přívěsu (k záznamu průběhu zkušební jízdy byla použita videokamera). Na traktoru byl zařazen jezdní stupeň A1, otáčky motoru traktoru činily 1800 min⁻¹. Rozložení hmotností traktoru s prototypem elektricky hnaného přívěsu s nákladem

dřívív kg bylo následující (traktor / přívěs / celkem): 7 010 / 9 560 / 16 570. Rozložení hmotností traktoru se sériovým přívěsem s nákladem dřívív kg činilo (traktor / přívěs / celkem): 6 520 / 9 110 / 15 630.



Obrázek 2 Zkušební jízda vyvážecí soupravy traktoru Valtra 134 a prototypu přívěsu LV 10 HP

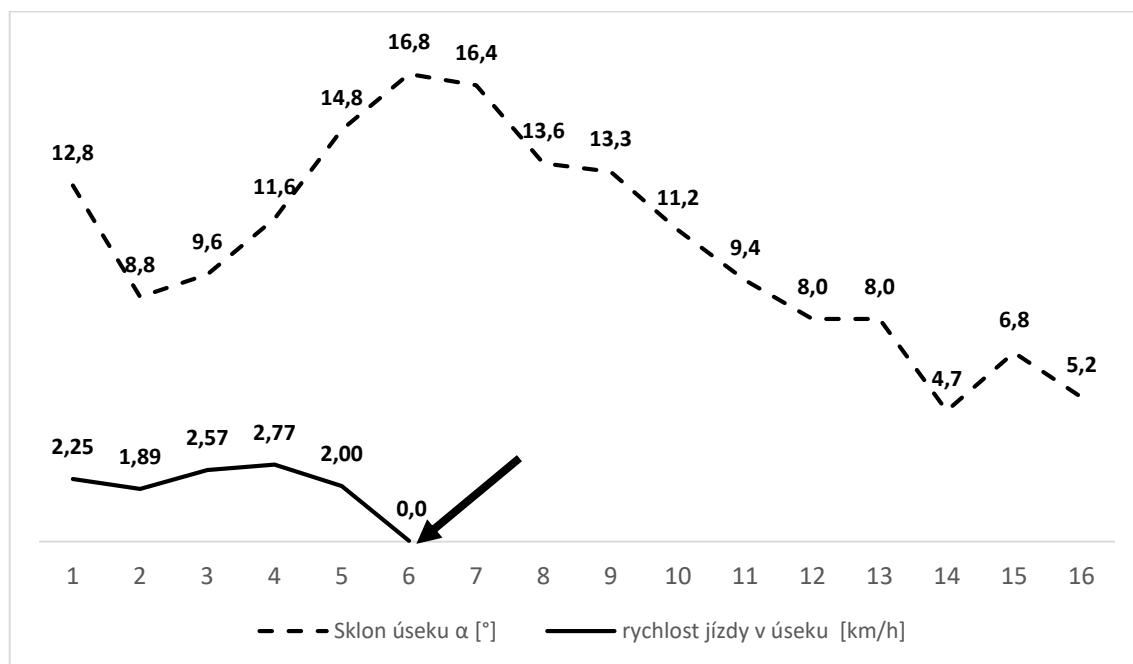
2 VÝSLEDKY A DISKUSE

Na Obr. 3 až 5 je znázorněn průběh zkušebních jízd po vytýčené zkušební trase. Z grafů je zřejmá závislost charakteru pojezdu na sklonech jednotlivých úseků trasy a na tom, zda byly nebo nebyly zapnuty pomocné pohony předních kol zdvojené nápravy prototypu vyvážecího přívěsu LV 10 HP. Dobře tuto závislost ukazují hodnoty veličin „rychlost jízdy“ a „míra prokluzu kol“. Obrázek 3 zřetelně zaznamenává situaci, která nastala při jízdě vyvážecí soupravy s prototypem přívěsu bez zapnutého pomocného pohonu: prokluzu kol tažného prostředku (traktoru Valtra N 134) byly absolutní (kola traktoru se protáčela na místě a souprava se zastavila – její pojezdová rychlost byla nulová). Stalo se tak na úseku zkušební trasy č. VI, jehož podélný sklon přesahuje úhel 16° . V této situaci tedy tahový odpor vyvážecího přívěsu překonal okamžitou tahovou sílu traktoru.

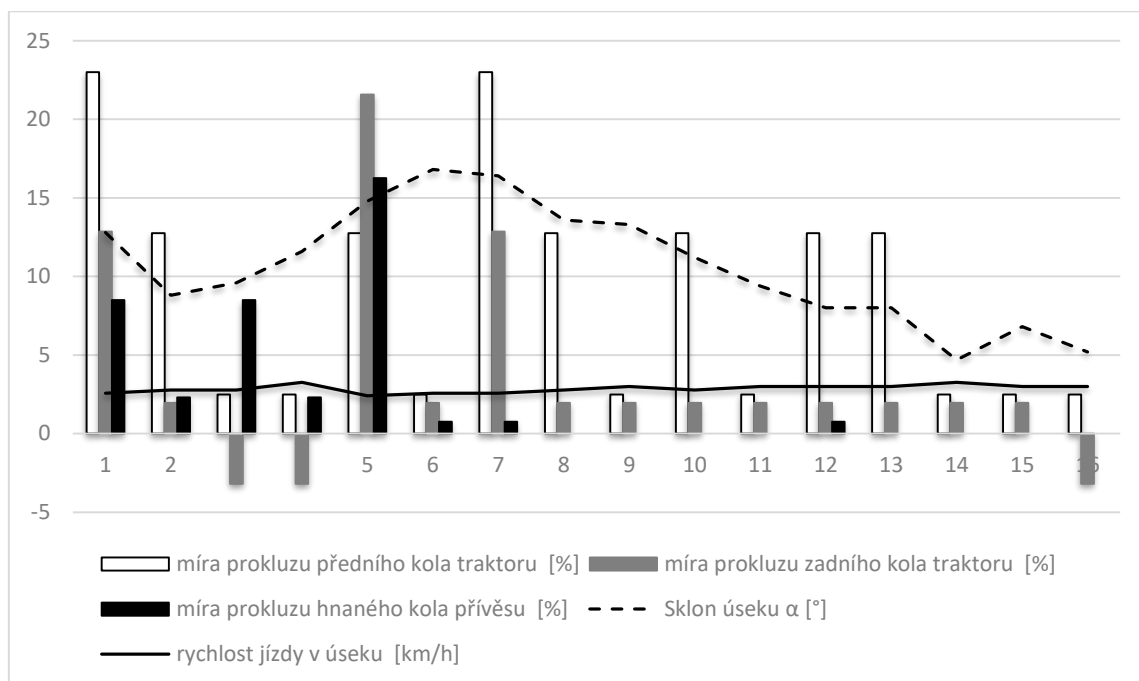
Obr. 4 a 5 charakterizují situaci při zkušebních jízdách soupravy, kdy byl zapnut pomocný pohon předních kol zdvojených náprav prototypu vyvážecího přívěsu, který odebíral energii z akumulátorů přívěsu, tj. využíval principu hybridního pohonu. Je zřejmé, že se průběh jízdy vyvážecí soupravy výrazně liší od výše uvedené situace jízdy bez pomocného pohonu přívěsu, tj. míra prokluzu kol traktoru byla výrazně nižší a vyvážecí souprava neměla problém při zvládnutí celé trasy. Tedy i úsek č. VI, ve kterém v předchozím případě došlo k zastavení soupravy, tentokrát souprava kontinuálně překonala. Pojezdová rychlost se v celém průběhu zkušební trasy jevila jako vyrovnaná a pohybovala se v rozmezí ca 2 – 3 km/h.

Zkušební jízdy byly uskutečněny s dvojím nastavením regulačního potenciometru příkonu pomocného pohonu: v prvním případě byl potenciometr nastaven na 50 % (Obr. 4), v druhém případě byl potenciometr nastaven na hodnotu 100 % (Obr. 5). Je zřejmé, že se charakter jízdy v jednotlivých variantách nastavení potenciometru příkonu pomocného pohonu poněkud lišil. Při nastavení potenciometru na 50 % vykazovala pojezdová rychlost hodnoty mezi ca 2,0 až 2,5 km/h, míra prokluzu kol traktoru přitom dosahovala ve strmějších úsecích až hodnot okolo 50 %. Jak však již uvedeno, celkově lze pojezd soupravy při tomto nastavení hodnotit pozitivně. Při nastavení potenciometru na 100 % se pojezdová rychlost mírně zvýšila a pohybovala se okolo 3,0 km/h, míra prokluzu kol traktoru se snížila a dosahovala ve strmějších úsecích hodnot okolo 20 %, byl též pozorován i občasný malý prokluz hnaného kola přívěsu. Souprava se tedy při tomto nastavení pohybovala svižněji, při snížené míře prokluzu kol traktoru.

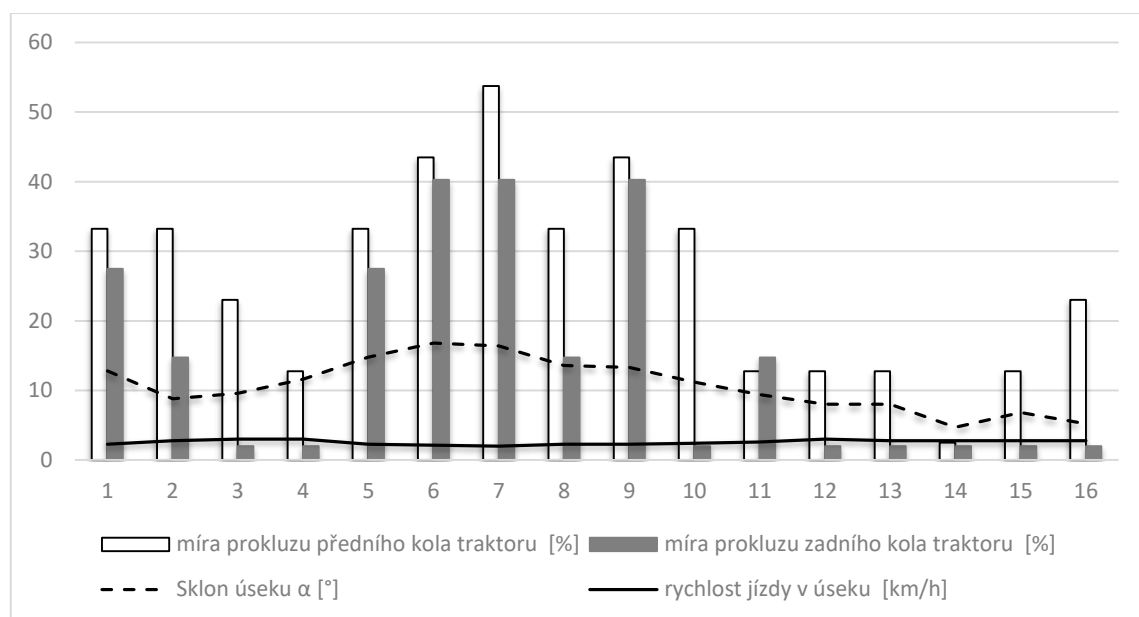
Významným aspektem je však i míra energie odebrané z akumulátorů pro pomocný pohon kol přívěsu: v případě nastavení potenciometru na 50 % se po průjezdu trasy kapacita akumulátorů snížila o 4 %, v případě jízdy s potenciometrem nastaveným na 100 % se kapacita akumulátorů snížila až o 16 %. Délka doby potřebné pro zvýšení kapacity akumulátorů o ca 10 % (během prací s přebytkem energie traktoru) činila ca 18 minut. Toto jsou významná zjištění, mající vazbu na provozní režim stroje: za předpokladu, že bude nutno „šetřit“ energii uloženou v akumulátorech (tj. např. při takovém režimu nasazení vyvážecího přívěsu, kdy bude k dispozici jen krátká doba, během níž by docházelo k dobíjení akumulátorů), pak bude vhodnější pracovat „úsporně“ s potenciometrem nastaveným na 50 % a vice versa.



Obrázek 3 Průběh jízdy prototypu přívěsu LV 10 HP bez pomocného pohonu (šipka znázorňuje úsek, v němž došlo k zastavení pojezdu vlivem absolutního prokluzu kol traktoru)



Obrázek 4 Průběh jízdy prototypu přívěsu LV 10 HP s pomocným pohonem, potenciometr 50 %

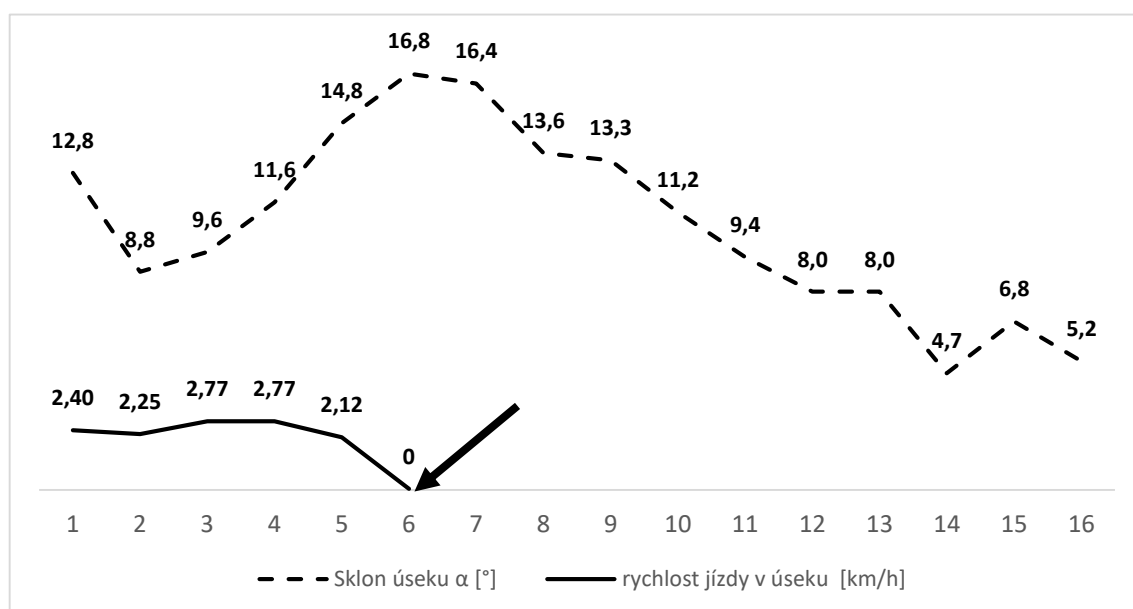


Obrázek 5 Průběh jízdy prototypu přívěsu LV 10 HP s pomocným pohonem, potenciometr 100 %

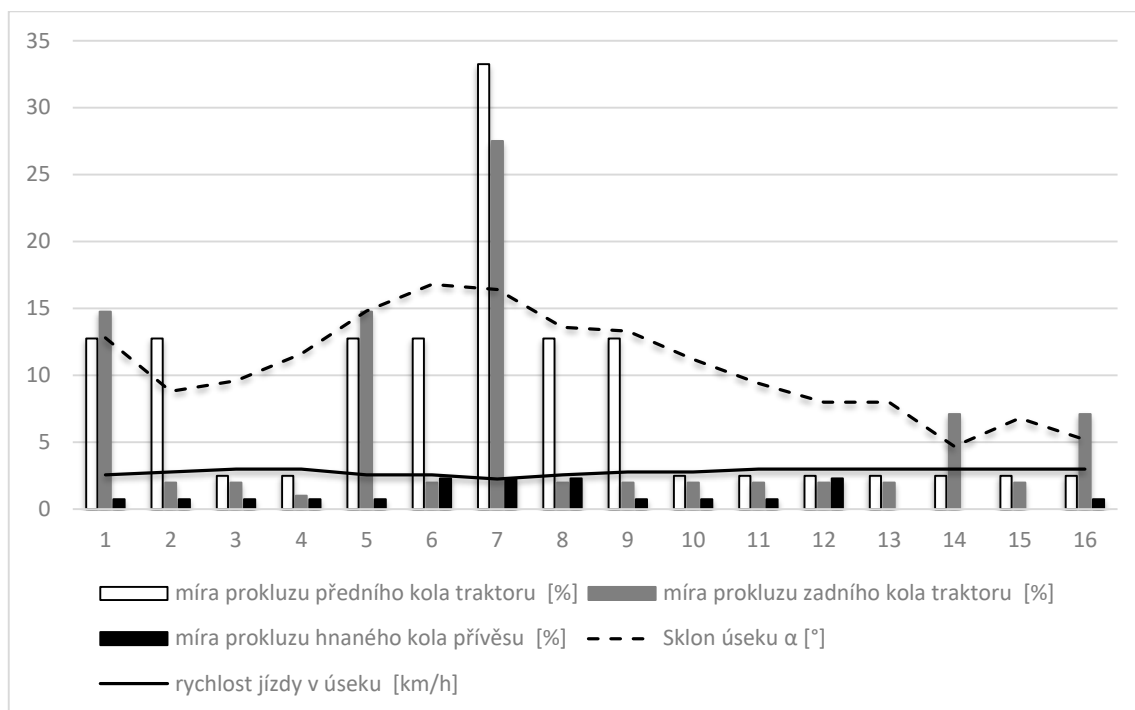
Pro porovnání jsou na následujících Obr. 6 a 7 zaznamenány výsledky měření sériového vyvážecího přívěsu LV 10, jehož jízdní vlastnosti byly ověřeny na totožné zkušební trase, jako uvedeno výše. Lze konstatovat, že jízdní parametry vyvážecí soupravy s tímto přívěsem dosahovaly obdobných hodnot, jako u prototypu LV 10 HP. Tedy: v případě, že probíhala jízda soupravy s vypnutým pomocným pohonem předních kol zdvojené nápravy přívěsu, souprava se zastavila na shodném úseku trasy, přičemž důvody tohoto zastavení byly totožné s předešlými (absolutní prokluz kol tažného traktoru) – viz Obr. 6. Při zapnutém pomocném hydraulickém pohonu předních kol přívěsu souprava trasu projela bez obtíží, její pojezdová

rychlost se pohybovala ca mezi 2,5 až 3 km/h, míra prokluzu kol traktoru ve špičce (úseky 6/7) přesahovala 30 % - viz Obr. 7. Hodnota prokluzu kol traktoru tedy byla v tomto případě poněkud vyšší, než tomu bylo u prototypu LV 10 HP, což dává předpoklad k závěru, že pomocný hybridní pohon lépe reguluje přenos energie na hnaná kola přívěsu, než přímý hydropohon z traktoru, jak je tomu u sériového produktu. Tato skutečnost tedy hovoří ve prospěch nového principu pohonu přívěsu.

Janulevičius a Pupinis (2013) sledovali prokluz kol vyvážecí soupravy při jízdě po rovině na poli ve vyjeté stopě v závislosti na hmotnosti břemene a variantě pohonu kol tandemové nápravy přívěsu. V situaci, kdy měl traktor vypnutý náhon na přední nápravu a tandemová náprava přívěsu byla hnána jen předními koly zaznamenali při jízdě s nákladem hodnoty prokluzu na zadní nápravě traktoru 2,6 % a na předním kole tandemové nápravy přívěsu 9,9 %. I přes odlišnost našich podmínek (jízda do kopce a o cca 43 % vyšší celková hmotnost vyvážecí soupravy) jsme zaznamenali řádově srovnatelné průměrné hodnoty prokluzu zadního kola traktoru a hnaného kola přívěsu s hybridním pohonem.



Obrázek 6 Průběh jízdy sériového přívěsu LV 10 bez pomocného pohonu (šipka znázorňuje úsek, v němž došlo k zastavení pojezdu soupravy vlivem absolutního prokluzu kol traktoru)



Obrázek 7 Průběh jízdy sériového přívěsu LV 10 s pomocným pohonem

4 ZÁVĚR

Provedené zkoušky stoupavosti jednoznačně potvrdily funkčnost principu hybridního pohonu předních kol vyvážecího přívěsu a jeho přínos pro zlepšení jízdních vlastností vyvážecí traktorové soupravy. Při srovnání tohoto typu pohonu kol vyvážecího přívěsu s klasickým pohonem hydraulickým dokázal hybridní pohon lépe regulovat přenos energie na hnaná kola přívěsu, což se projevilo nižší mírou prokluzu kol.

LITERATURA

EHSANI, M., GAO, Y., GAY, S.E., EMADI, A., 2004. Modern electric, hybrid electric, and fuel cell vehicles: Fundamentals, theory, and design, pp. 1-396.

EINOLA, K., 2013. Prestudy on Power Management of a Cut-To-Length Forest Harvester with a Hydraulic Hybrid System in Krus, P., Sethson, M., & Ericson, L. (Eds.). 13th Scandinavian International Conference on Fluid Power, June 3-5, 2013, Linköping, Sweden.

JANULEVIČIUS, A., PUPINIS, G., 2013. Power circulation in driveline system when the wheels of tractor and trailer are driven. Transport, 28 (3), pp. 313-321.

MINAV, T., LAURILA, L. AND PYRHÖNEN, J., 2010. Energy recovery efficiency comparison in an electro-hydraulic forklift and in a diesel hybrid heavy forwarder, SPEEDAM 2010, Pisa, pp. 574-579.

POHLANDT, C. AND GEIMER, M., 2015. Variable DC-link voltage powertrain for electrified mobile work machines, International Conference on Electrical Systems for Aircraft, Railway, Ship Propulsion and Road Vehicles (ESARS), Aachen, pp. 1-5.

PONOMAREV, P., ÅMAN, R., HANDROOS, H., IMMONEN, P., PYRHÖNEN, J. AND LAURILA, J., 2014. High power density integrated electro-hydraulic energy converter for

heavy hybrid off-highway working vehicles, in IET Electrical Systems in Transportation, vol. 4, no. 4, pp. 114-121.

PRINZ, R., LAITILA, J., ELIASSON, L., ROUTA, J., JÄRVIÖ, N. AND ASIKAINEN, A., 2018. Hybrid solutions as a measure to increase energy efficiency – study of a prototype of a hybrid technology chipper, International Journal of Forest Engineering, 29:3, 151-161.

Poděkování: *V příspěvku jsou využity výsledky projektu TA ČR TH02010115 Vyvážecí traktorová souprava pro dopravu dříví s hybridním pohonem podvozku*

Kontaktní adresa:

Ing. Tomáš Zemánek, Ph.D., Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1665/1, 613 00 Brno, Česká republika, tomas.zemaneck@mendelu.cz, +420 545 134 150

KONŠTRUKČNÁ A PROJEKTOVÁ KANCELÁRIA

IPM ENGINEERING s.r.o. je spoločnosť poskytujúca **konštrukčné a výskumno-vývojové služby** spoločnostiam, ktoré sa zaoberajú výrobou a vývojom nových výrobkov v oblastiach:

- ⇒ Stroje a zariadenia pre zemné, stavebné a cestné práce,
- ⇒ Zdvíhacia a manipulačná technika,
- ⇒ Poľnohospodárska technika,
- ⇒ Stroje a vozidlá podľa špeciálnych požiadaviek zákazníka,
- ⇒ Komunálne viacúčelové vozidlá a elektro vozidlá.

Rozsah ponúkaných služieb zahŕňa všetky štádiá vývoja nových výrobkov, od návrhu výrobku až po dodávku prototypov:

- Návrh výrobku – technický projekt
- 3D konštrukcia a dokumentácia pre výrobu prototypu
- Katalógy náhradných dielov - vrátane e-KND a sprievodná dokumentácia
- Zabezpečenie výroby, spolupráca pri výrobe prototypu
- Spolupráca pri skúškach a schvaľovaní výrobku
- Konštrukčná dokumentácia pre výrobu overovacej série
- Pevnostné výpočty (MKP analýzy),
- Odborné poradenstvo

Ďalšie služby:

- Rozkresľovanie a prekresľovanie jestvujúcej dokumentácie,
- Úprava jestvujúcej dokumentácie,
- Zmenové riadenie jestvujúcej dokumentácie,
- Optimalizácia súčasných riešení,
- Napĺňanie databázy WINDCHILL.



V rámci spoločnosti pracujú nasledovné oddelenia:

- Oddelenie oceľových konštrukcií a prídavného zariadenia
- Oddelenie hydraulických a elektrických systémov
- Oddelenie prevodov a transmisíí
- Oddelenie pevnostných výpočtov (FEM analýzy)

Vývojový softvér:

Tvorba 3D modelov, konštrukčnej dokumentácie a ilustrácii je primárne vytváraná komplexným softvérovým riešením od spoločnosti PTC. Z produktovej rady sa využíva najmä softvér Creo (Pro/E), Arbortex, Windchill. Spoločnosť tak isto disponuje licenciami softvéru Solid Edge.

Pre tvorbu Katalógov Náhradných Dielov sa využíva softvér eCATALOGizér. Pre tvorbu elektrických schém a zväzkov sa využíva softvér Engineering Base od spoločnosti AUTOTEC.

Po dohode so zákazníkom je možné ukladať vytvorený 3D model, konštrukčnú dokumentáciu a ilustrácie do rôznych výmenných formátov.

IPM ENGINEERING, s.r.o.

Sokolská 12
960 01 Zvolen
Slovenská republika

tel.: +421 / 45 / 536 60 78
fax: +421 / 45 / 532 28 04
e-mail: ipmeng@ipmeng.sk
www.ipmeng.sk

slovakia
brc

HYDRAULIKA

PNEUMATIKA

FILTRÁCIA

**PRIEMYSELNÉ
CHLADENIE**

ŠKOLENIA

SERVIS



Parker
DISTRIBUTOR

slovakia
brc

www.brcslovakia.sk
dopyt@brcslovakia.sk



LESY SLOVENSKEJ REPUBLIKY, š.p.

Odštepňý závod lesnej techniky

Mičinská cesta 33,

974 01 Banská Bystrica

**TRADIČNÝ DODÁVATEĽ SLUŽIEB A VÝROBCA
STROJOV PRE LESNÉ HOSPODÁRSTVO**

**Komplexné práce v ťažbovej činnosti
a sústreďovaní dreva harvesterovými uzlami
a lanovými systémami**

**Výroba komponentov pre odvozné
súpravy (opleny, drapáky na HR)**

**Výroba adaptérov na čelné nakladače
(drapáky, lyžice)**

**Odvoz dreva odvoznými
súpravami**



**Výroba a montáž nadstavieb na odvoz
dreva (dlhého dreva aj sortimentov)**

**Výroba a renovácie manipulačných
liniek pre expedičné sklady dreva**



**Servisné, zámočnicke
a kovoobrábacie práce**

**Údržby, investičná výstavba
lesných ciest a zväžnic**



**Tel.: +421 048/414 37 31, fax: +421 048/ 414 34 12,
e-mail: zltbb@lesy.sk**



TECHNICKÁ UNIVERZITA VO ZVOLENE VYSOKOŠKOLSKÝ LESNÍCKÝ PODNIK



V tejto budove začalo v roku 1958 svoju činnosť Fakultné lesné hospodárstvo



VŠLP sa organizačne člení na ústredie, lesnú správu Budča, lesnú správu Sekier, a stredisko služieb Lieskovec.

Obhospodaruje lesy na výmere 9 942 ha, z čoho je 9 065 ha štátnych, 27 ha vo vlastníctve TUZVO a zvyšok prenajaté od urbárskych spoločností.

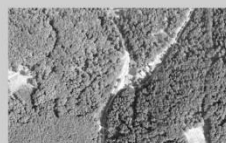
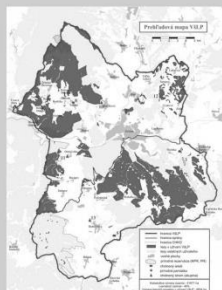
Využívanie prírodných daností lesa nad rámec bežného obhospodarovania umožnilo zaradenie lesov vo vlastníctve štátu do lesov osobitného určenia, čo predstavuje 78 % z celkovej výmery, 13 % tvoria ochranné lesy a zvyšných 9 % sú lesy hospodárske.

Variabilné prírodné podmienky v rozpätí nadmorskej výšky 250- 1026 m a technické zariadenia umožňujú na relatívne malom území sledovať rôzne spoločenstvá flóry a fauny a vykonávať širokú škálu lesníckych výskumných a prevádzkových aktivít.

VŠLP hospodári na území, ktoré sa rozprestiera prevažne v Kremnických vrchoch a Javorí, okrajovo zasahuje do Zvolenskej kotliny a Štiavnických vrchov.

V drevinovom zložení jasne dominuje buk s takmer 52% zastúpením, z ihličnatých drevín má najväčšie zastúpenie s 8% smrek. Celkom je evidovaný výskyt 27 druhov, ktoré podľa zastúpenia predstavujú 83% listnatých a 16% ihličnatých drevín.

Hospodárska činnosť podniku, zriaďovanie trvalých výskumných a poloprevádzkových plôch, nadobúdanie rôznych technických zariadení, ale aj špeciálne budovanie demonštračných objektov, má ako hlavný cieľ vytvorenie optimálnych podmienok na plnenie hlavného poslania, ktorým je zabezpečenie praktickej výučby pre študentov TUZVO.



Výrez z ortofotoplánu územia VŠLP (Podjavor)



Skalný hrb „Čertova skala“ v NPR Boky

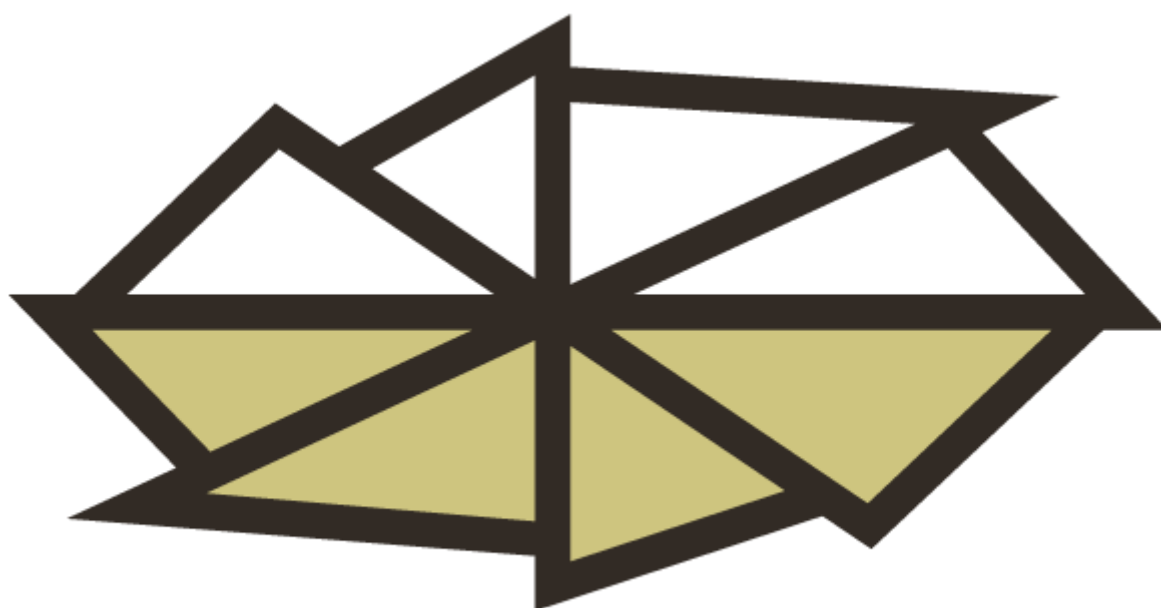




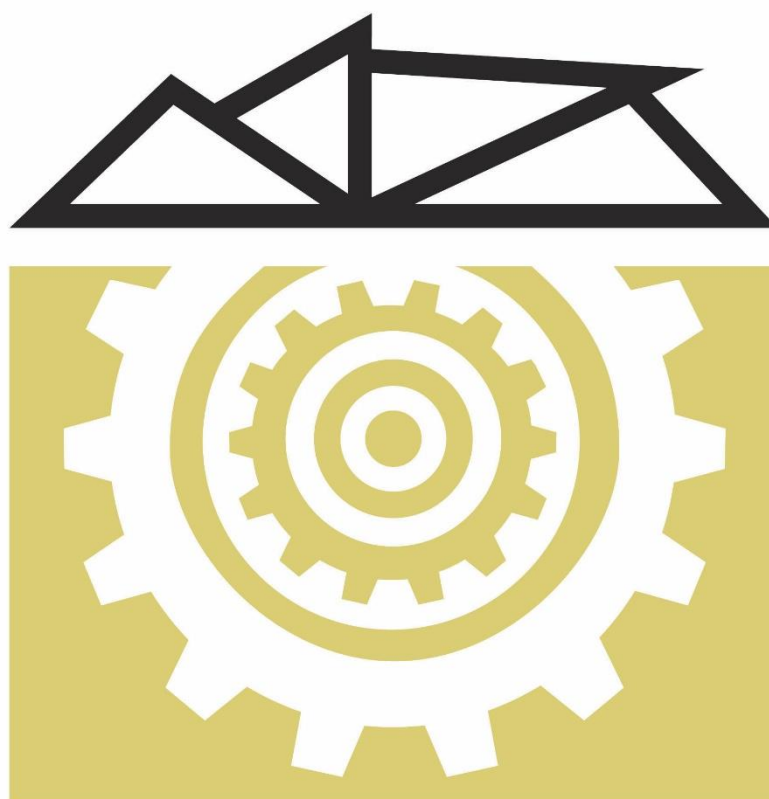
MESTSKÉ LESY, s.r.o. KRUPINA



WAY INDUSTRIES, a.s.
Priemyselná 937/4
963 01 Krupina



TECHNICKÁ UNIVERZITA VO ZVOLENE



FAKULTA TECHNIKY