

## VPLYV VYBRANÝCH ADITÍV NA VLASTNOSTI DREVNÝCH PELIET A NA ICH VÝROBU

### EFFECT OF SELECTED ADDITIVES TO PROPERTIES OF WOOD PELLETS AND THEIR PRODUCTION

Jozef Jandačka – Radovan Nosek – Michal Holubčík

#### ABSTRACT

In this work, the possibilities for improving efficiency of wood pellets production is described. The article deals about the properties of wood pellets, pellet manufacturing process, additives and their influence on properties of wood pellets. One of the tasks is to introduce efficiency pelleting lines and cost reduction of the wood pellets production as fuel with a focus on the effects of adding additives. The main objective of this work is to determine the effect of additives to the efficiency of production and properties of wood pellets. The results of experimental tests and properties of wood pellets with different additives are that adding additives to wood pellets has effect to some pellets properties and also to production efficiency.

**Keywords:** wood pellets, additives, efficiency, measurements, pellet mill.

#### ÚVOD

Drevné pelety sú relatívne novým palivom s nemalou ambíciou podieľať sa na náhrade fosílnych palív. Uvedené biopalivo je charakterizované vlastnosťami, akými sú: tvar a rozmery, objemová a sytná hmotnosť, tvrdosť a oteruvzdornosť, vlhkosť, výhrevnosť a tavitelnosť popola. Tieto vlastnosti sú ovplyvnené kvalitou vstupného materiálu - drevných pilín ako i spôsobom a technológiou ich výroby, (DZURENDA – SLOVÁK, 2001, ŠOOŠ, 2005, ŽIDEK, 2006, JANDAČKA *et al.* 2007, DOBROWOLSKÁ *et al.* 2010, LABAJ *et al.* 2010).

Zvýšenie efektívnosti výroby peliet núti výrobcov zvyšovať úžitkové vlastnosti a minimalizovať spotrebu tepla a energie na činnosť strojov a zariadení peletovacej linky.

Jedna z možností ako vyrábať kvalitnejšie drevné pelety a znížiť náklady na ich produkciu spočíva v pridávaní prídavných aditív (ALAKANGAS *et al.* 2002, TOBIASEN *et al.* 2007, Bafver *et al.* 2009). Za aditívum sa považuje prísada pridávaná do suroviny za účelom zlepšenia niektorých vlastností vyrábaného produktu. Množstvo aditív pridávaných do piliny v technologickom postupe výroby peliet niektoré normy, ako rakúska Ö-Norm M7135, či nemecká DIN plus, limitujú hranicou 2 %.

V príspevku je analyzovaný vplyv vybranej skupiny aditív na báze organických i anorganických látok pridávaných do smrekovej piliny v množstvách 0,2–5 % na vlastnosti drevných peliet a na hospodárnosť ich výroby.

#### MATERIÁL A METODIKA

Pre výrobu experimentálnych vzoriek peliet bola použitá čistá smreková pilina zo smrekového dreva bez kôry o vlhkosti 8–9 %. Zrornosť smrekovej piliny bola v intervale 0,2–2,5 mm, v súlade s odporúčaním prác: ŽIDEK (2006), DZURENDA *et al.* (2008), DZURENDA

(2009), DOBROWOLSKÁ *et al.* (2010). Daná vlhkosť vstupnej suroviny bola nedostatočná z hľadiska vytvorenia konzistentnej zmesi drevných pilín a aditíva. Z toho dôvodu sa vlhkosť piliny upravovala jej zvlhčovaním. Experimentálnym meraním na peletovacom lise sa zistilo, že optimálna vlhkosť smrekovej piliny pre výrobu peliet je 15–16 %. K naváženému množstvu smrekovej piliny sa pridalo adekvátne množstvo daného aditíva tak, aby sa dosiahol požadovaný percentuálny podiel množstva aditív v drevej pelete. Smrekové piliny s príslušným množstvom aditíva sa následne zmiešali v miešacom stroji o objeme 50 l tak, aby aditívum bolo rovnomerne rozložené v celom objeme smrekovej piliny. Takto pripravená zmes smrekovej piliny a aditíva sa následne použila na výrobu drevných peliet vo vertikálnom peletovacom lise, obr. 1.



**Obr. 1 Experimentálny peletovací lis.**  
**Fig. 1 Experimental pellet mill.**

Pri analýzach vplyvu aditív a ich množstva na vlastnosti drevných smrekových peliet boli použité nasledovné organické a anorganické látky v množstvách, ktoré uvádza tabuľka 1.

**Tab. 1 Použité druhy aditív a pridané množstvá.**  
**Tab. 1 Amount of used additives for production of wood pellets.**

Aditívum	Pridané množstvo (%)
Referenčná vzorka (čisté pelety)	0
Motorový olej	0,5 ; 1
Rastlinný olej	0,5 ; 2 ; 5
Kukuričný škrob	0,5 ; 1 ; 2
Dolomit	0,5 ; 1 ; 2
Uhličitan sodný	0,5 ; 1
Močovina	0,5 ; 1

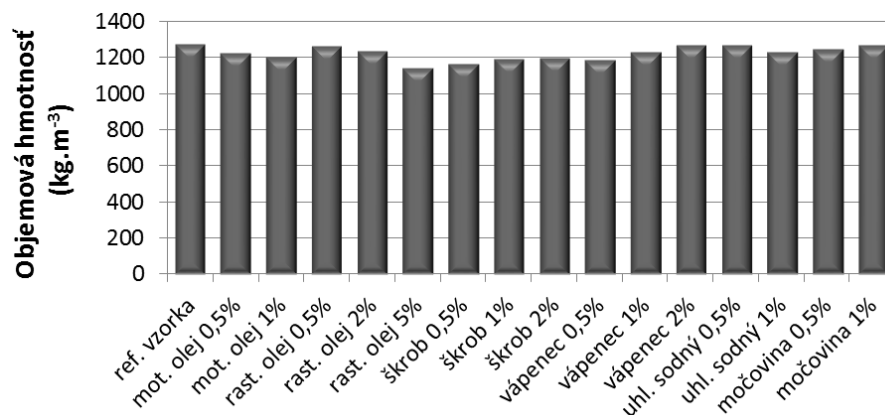
V rámci experimentu bolo vyhotovených celkom 15 alternatívnych druhov peliet na báze smrekovej piliny s rôznymi množstvami jednotlivých druhov aditív.

## VÝSLEDKY

Na nasledujúcich grafoch sú uvedené namerané analyzované vlastnosti drevných peliet vplyvom pridávania aditív rôzneho druhu a množstva.

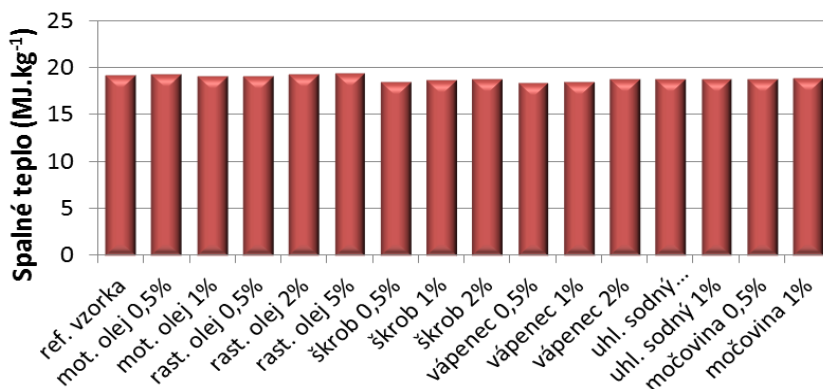
Stanovenie objemovej hmotnosti sa vykonávalo na základe normy DIN 52 182. Vzorka sa odvážila na váhe s presnosťou 0,0001 g. Ďalej sa na vzorke zmerali s presnosťou 1 % jej

geometrické rozmery. Z nameraných geometrických rozmerov sa vypočítal objem vzorky. Následne sa z hmotnosti a objemu vzorky stanovila objemová hmotnosť.



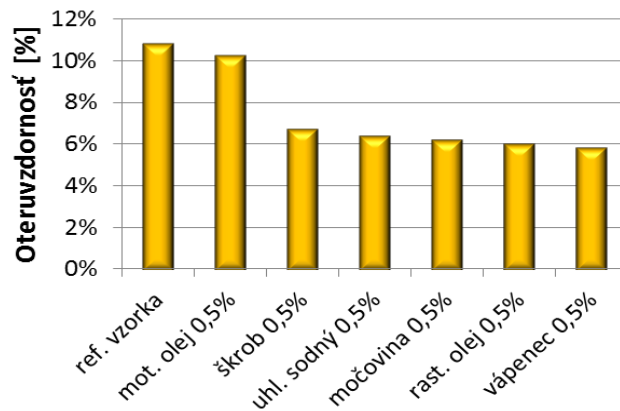
**Graf 1 Objemová hmotnosť peliet.**  
**Chart 1 The measured density of produced pellets.**

Spalné teplo vzoriek peliet s prídavkom aditív sa v súlade s STN ISO 1928 (44 1352) meralo na kalorimetri IKA C 200. Namerané hodnoty spalného tepla peliet s prímiesou jednotlivých aditív sú na grafe 2.



**Graf 2 Spalné teplo vyrobených drevných peliet.**  
**Chart 2 The calorific value of produced pellets.**

Oteruvzdornosť drevných peliet sa určila podľa normy ÖNORM M 7135, ktorá predpisuje hodnoty oteru, ako aj spôsob jej určenia. Oteruvzdornosť peliet sa merala prístrojom LignoTester, v ktorom sú pelety pri tlaku 70 mbar omieľané v prúde vzduchu. Pred testom, ako i po jeho ukončení vážením bola stanovená hmotnosť vzorky peliet. Oteruvzdornosť bola určená na základe úbytku hmotnosti vzorky počas testu. Z uvedeného testu plynie, že čím je drte menej, tým kvalitnejšie sú pelety, tak z hľadiska ich kompaktnosti, ako i sorbcii vodných pár z atmosférického vzduchu. Namerané hodnoty oteruvzdornosti peliet s prímiesou jednotlivých aditív sú na grafe 3.

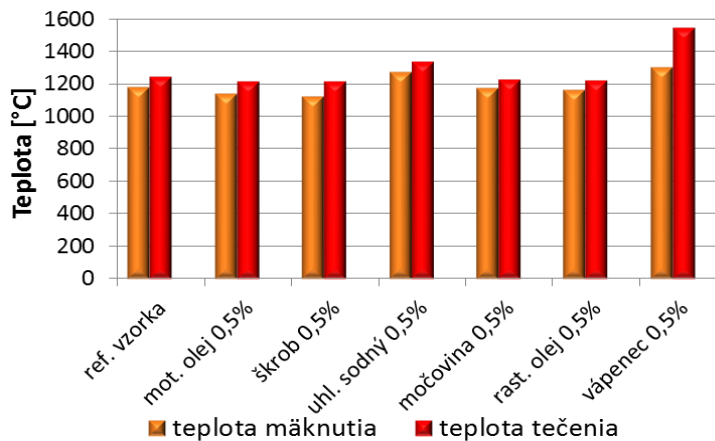


**Graf 3 Oteruvzdornosť peliet s prídavkom aditíva.**  
**Chart 3 Abrasion resistance of pellets with addition of additive.**

Tavitelnosť popola je charakteristický fyzikálny stav popola, ktorý nastáva pri jeho nahrievaní za presne stanovených podmienok. Pri tavitelnosti popola sa sledujú nasledovné teploty:

- Teplota deformácie popola - teplota, pri ktorej nastávajú prvé príznaky zaoblenia hrán alebo okrajov skúšobného telieska v dôsledku tavenia.
- Teplota mäknutia popola - teplota, pri ktorej v prípade skúšobného telieska v tvare kopolého ihlanu alebo kužeľa je jeho výška rovnaká ako šírka základne, alebo v prípade skúšobného telieska tvaru kocky alebo valca sú jeho okraje celkom zaoblené, bez zmeny výšky.
- Teplota tavenia popola - teplota, pri ktorej skúšobné teliesko vytvorí pologuľu, ktorej výška sa rovná približne polovici základne.
- Teplota tečenia popola - teplota, pri ktorej sa popol roztečie na podložke v takej vrstve, ktorej výška je približne tretina skúšobného telieska pri teplote tavenia.

Výsledky merania teploty tavitelnosti popola pre rôzne druhy aditív sú na grafe 4.

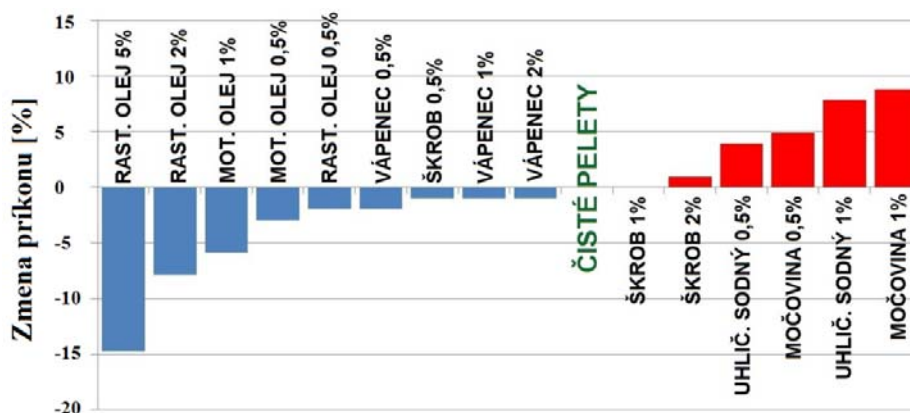


**Graf 4 Tavitelnosť popola peliet s prídavkom aditíva.**  
**Chart 4 Ash melting of pellets with addition of additive.**

Spotreba elektrickej energie elektromotora poháňajúceho peletizér pri lisovaní drevných peliet je dôležitým faktorom, vplyvujúcim na energetickú náročnosť celej peletovacej linky.

Pridávané aditíva vplývajú na trenie, ktoré sa vytvára pri pretlačaní vstupnej suroviny cez otvory v matici peletovacieho lisu, čím sa mení elektrický príkon elektromotora poháňajúceho peletizér.

Energetická náročnosť výroby drewných peliet s rôznymi druhmi a množstvami aditív sa posudzovala na základe príkonu elektromotora pri ich výrobe. Na grafe 5 sú uvedené percentuálne zmeny príkonu voči príkonu elektromotora pri výrobe referenčnej vzorky z čistých smrekových pilín.



Graf 5 Vplyv aditív na príkon peletovacieho lisu.  
Chart 5 Effect of additives to power.

## DISKUSIA

Pridávanie aditív do čistých smrekových pilín pri výrobe drewných peliet v rozsahu od 0,5 až 5 % sa prejavilo na vlastnostiach drewných peliet.

Obsah aditív ovplyvnil hustotu vyrobených drewných peliet. Hustota referenčnej vzorky bola  $1275 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  a hustota ostatných vzoriek sa pohybovala pod touto hodnotou,  $1170\text{--}1270 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ . V prípade prídavku rastlinného oleja v množstve 5 % došlo k výraznejšiemu zníženiu objemovej hmotnosti, čo je ovplyvnené hustotou oleja.

Hodnota spalného tepla u všetkých vzoriek kolísala okolo hodnoty  $19 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ , z čoho vyplýva, že pridávané aditíva nemajú podstatný vplyv na spalné teplo resp. výhrevnosť drewných peliet. U drewných peliet s použitými aditívami na báze olejov sa namerala o niečo vyššia hodnota spalného tepla,  $19,2\text{--}19,4 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ , v porovnaní s referenčnou vzorkou ( $19,15 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), ktorá bola vyrobená z čistých smrekových pilín. To je dané a zdôvodniteľné pridaným množstvom a energetickým obsahom použitého oleja - aditíva. U ostatných aditív, ktoré boli anorganického pôvodu, bola hodnota spalného tepla nižšia o 2–4 % ako u referenčnej vzorky. Uvedený pokles hodnoty spalného tepla nie je výrazný a možno konštatovať, že uvedené množstvá anorganických aditív podstatne neovplyvňujú hodnotu spalného tepla resp. výhrevnosti drewných peliet.

Významnejší vplyv prídavných aditív sa prejavil na oteruvzdornosť drewných peliet. Testované vzorky vyrobených drewných peliet dosahovali hodnoty oteruvzdornosti okolo 6 %, čo v porovnaní s oteruvzdornosťou vzorky referenčných peliet vyrobených z čistej smrekovej piliny je o 5 % nižšia hodnota. Najnižšia hodnota oteruvzdornosti 5,8 % z analyzovaných vzoriek bola zaznamenaná u peliet s prídavkom aditíva - vápenca. Prekvapivo nepriaznivé výsledky boli zaznamenané u peliet s prídavkom aditíva - motorového oleja, oteruvzdornosť peliet s prídavkom 0,5 % motorového oleja nepatrne prevyšovala hodnotu 10% a približovala sa oteruvzdornosti peliet vyrobených z čistej smrekovej piliny.

Za významný možno označiť vplyv anorganických aditív: vápenca a uhličitanu sodného na tavitelnosť a teplotu tečenia popola z daných peliet. Najvyššia teplota tečenia popola bola zaznamenaná u popola z peliet s prídavkom vápenca, kedy už pri hodnote prídavku 0,5 % vápenca sa dosiahla teplota tečenia popola 1548 °C, čo je cca o 300 °C vyššia teplota tečenia popola z referenčnej vzorky, resp dreva popola ako uvádzajú autori: MALAŤAK – VACULÍK (2008), DZURENDA – JANDAČKA (2010), LABAJ *et al.* (2010). Obdobný efekt pridávanie vápenca na tepelné vlastnosti popola uvádza i TOBIASEN *et al.* (2007), ktorý v dánskom technologickom inštitúte sledoval vplyv pridávania vápenca na teplotu tavenia popola z obilovín. Pozitívny vplyv na zvýšenie teploty tečenia popola malo pridávanie uhličitanu sodného, ktorý zvýšil teplotu tečenia popola o takmer 100 °C v porovnaní s referenčnou vzorkou. U ostatných aditív nebol nameraný podstatný vplyv na teplotu tečenia popola.

Z analýz spotrieb elektrickej energie peletovacieho stroja z výroby smrekových peliet s prídavkom jednotlivých aditív plynie, že maximálna úspora nákladov na elektrickú energiu peletovacieho lisu sa dosiahla pri používaní lubrikačných látok (motorového a rastlinného oleja), kde sa prejavuje ich mazací účinok. Úspora nákladov je závislá na množstve použitého lubrikačného aditíva, pričom sa môže dosahovať takmer 15 % úspory v porovnaní s nákladmi na elektrickú energiu peletovacieho lisu pri výrobe drevných peliet z čistých pilín. Pri ostatných aditívach sa dosiahlo veľmi malého zníženia príkonu peletovacieho stroja resp. sa dosiahlo zvýšenia príkonu najmä u uhličitanu sodného resp. močoviny cca 5 % pri pridávaní 0,5 % aditíva resp. cca 7 % pri pridávaní 1 % aditíva.

Prídavné aditíva, ako uvádzajú autori: ALAKANGAS (2002), PAYNE (2004), TOBIASEN *et al.* (2007) majú taktiež vplyv na opotrebovanie a prípadné korodovanie funkčných komponentov (matrice a valcových kladiek). Vplyv aditív na opotrebovanie funkčných komponentov a prípadné korodovanie nebolo možné na testovanom zariadení vykonať.

## ZÁVER

Z vykonaných analýz pridávania vybraných organických i anorganických aditív do smrekovej piliny vo výrobe peliet vyplýva, že i malé množstvá pridávania aditív v rozsahu 0,5–5 % majú podstatný vplyv na vlastnosti drevných peliet, ktoré majú podstatný vplyv na kvalitu peliet resp. na správne prevádzkovanie zdrojov tepla.

Podľa očakávania vplyv organických aditív sa prejavil v nepatrnom zvýšení spalného tepla peliet, spotrebe elektrickej energie peletovacieho stroja zásluhou ich mazacieho účinku a u rastlinného oleja i oteruvzdornosť peliet.

Z vyhodnotenia analyzovaných aditív sa za najvhodnejšie aditívum pre výrobu peliet javí vápenec, ktorý až na spalné teplo výrazne zvýšil teplotu tečenia popola a znížil hodnotu oteruvzdornosti, pričom vplyv na ostatné parametre nebol príliš vysoký vo vzťahu k referenčnej vzorke. Pridávanie vápenca do smrekovej piliny sa pozitívne, i keď v malej miere, prejavuje aj na zníženie elektrického príkonu lisu pri výrobe peliet.

## LITERATÚRA

- ALAKANGAS, E., PAJU, P. 2002. Wood pellets in Finland – technology, economy, and market. Technical research centre of Finland Jyväskylä.
- BAFVER, L.S., RONNBACK, M., LECKNER, B., CLAESSEON, F., TULLIN C. 2009. Particle emission from combustion of oat grain and its potential reduction by addition of limestone or kaolin; Fuel Processing Technology, 2009 Elsevier.
- DOBRWOLSKA, E., DZURENDA, L., JABLONSKI, M., KLOSINSKA, T. 2010. Wykorzystanie energetyczne dendromasy. Warszawa: Wydawnictwo SGGW, 2010, 168 s.
- DZURENDA, L., SLOVÁK, J. 2001. Energetické vlastnosti peliet vyrobených zo smrekovej piliny. In: Acta Mechanica Slovaca. 5(3): 201–206.

- DZURENDA, L., KUČERKA, M., BANSKI, A. 2008. Technologická charakteristika piliny z procesov pílenia dreva na rámových, kmeňových pásových a kotúčových pilách In: Vplyv techniky na kvalitu deleného a obrábaného dreva. Zvolen: TU vo Zvolene, 2008, s. 93–114, ISBN 978-80-228-1923-7.
- DZURENDA, L. 2009. Štruktúra zrnitosti a podiel izometrických triesok v mokrej piline z procesov pílenia dreva na hlavných pilárskych strojoch. Acta facultatis xylogologiae Zvolen, 51(1): 55–66. ISSN 1336-3824.
- DZURENDA, L., JANDAČKA, J. 2010. Energetické využitie dendromasy. Zvolen: TU vo Zvolene, 162 s. ISBN 978-80-228-2082-0.
- JANDAČKA, J., MALCHO, M., MIKULÍK, M. 2007. Biomasa ako zdroj energie. Potenciál, druhy, bilancia a vlastnosti palív. Žilina: Juraj Štefúň – GEORG, ISBN 978-80-969161-3-9.
- JANDAČKA, J., MALCHO, M., MIKULÍK, M. 2007. Technológie pre prípravu a energetické využitie biomasy. Žilina: Jozef Bulejčík, ISBN 978-80-969595-3-2.
- JANDAČKA, J., MIKULÍK, M. 2007. Technológie pre zvyšovanie energetického potenciálu biomasy. Žilina: Jozef Bulejčík, ISBN 978-80-969595-4-9.
- LABAJ, J., KAPJOR, A., PAPUCIK, S. 2010. Alternatívne paliva pre energetiku a dopravu, Žilina: Juraj Štefúň – GEORG.
- MALAŤÁK, J., VACULÍK, P. 2008. Biomasa pro výrobu energie. Praha: Vydavateľ CZU v Praze, 206 s. ISBN: 978-80-213-1810-6.
- PAYNE, JD. 2004. Predicting pellet quality and production efficiency. World Grain, 68–70.
- ŠOOŠ, E. 2005. Výskum zhustovania nových druhov materiálov. In: Energetika a životní prostředí. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 159–163 s.
- TOBIASEN, L., SKYTTE R., PEDERSEN, L.S., PEDERSEN, S.T., LINDBERG, M.A. 2007. Deposit characteristic after injection of additives to a Danish straw fired suspension boiler; Fuel Processing Technology, Elsevier.
- ŽIDEK, L. a kol. 2006. Vykurovanie drevnými peletami. Biomasa, združenie právnických osôb, Považská Bystrica : UNIPRINT, 2006. ISBN 80-969468-8-7.

#### **PodĎakovanie**

Táto práca bola vypracovaná v rámci projektu APVV No. VMSP-P-0022-09.

#### **Adresa autorov**

Prof. Ing. Jozef Jandačka, PhD.  
 Ing. Radovan Nosek, PhD.  
 Ing. Michal Holubčík  
 Žilinská univerzita v Žiline  
 Strojnícka fakulta  
 Katedra energetickej techniky  
 Univerzitná 8215/ 1  
 010 26 Žilina  
 Slovensko  
 jozef.jandacka@fstroj.uniza.sk  
 radovan.nosek@fstroj.uniza.sk  
 michal.holubcik@fstroj.uniza.sk

