

ROZVOJ TECHNICKÉ GRAMOTNOSTI ZA POMOCÍ POČÍTAČEM ŘÍZENÝCH STROJŮ

SIMBARTL Petr – HONZÍKOVÁ Jarmila – KROTKÝ Jan, CZ

Resumé

Příspěvek se zabývá použitím 3D tiskáren a laserového plotteru na ZŠ. Diskutují se zde možnosti využití a problematika spojená se samotným využíváním těchto zařízení. Cena těchto technologií se snižuje a je tak snadněji dostupná pro základní školy. Využití zařízení nebrání ani RVP a celé je to začleněné do STEM či STEAM vzdělávání. Z pilotáže se zjistilo, že po krátkém zaškolení nedělá dětem problém vytvoření 3D objektu v základním programu pro 3D grafiku. Tyto počítačem řízené stroje nabízí tak pro ZŠ velmi dobré mezipředmětové propojení. Každý z těchto přístrojů má však svá specifika při používání, na která v příspěvku upozorňujeme.

Klíčová slova: CNC, laserový plotr, 3D tiskárna, STEAM.

DEVELOPMENT OF TECHNICAL LITERACY BY COMPUTER-CONTROLLED MACHINES

Abstract

The article describes the use of 3D printers and laser plotter at elementary school. There are discussed possibilities of use and issues related to the actual use of these devices. The cost of these technologies is falling down, making it easier for elementary schools to afford it. RVP does not prevent to use it and a whole it is integrated into STEM or STEAM education. The piloting showed that children do not have a problem, after a short training, to create a 3D object in the basic program for 3D graphics. These computer-controlled machines offer also very good cross-curricular interconnection for elementary schools. However, each of these devices has its own specifics in use, which are highlighted in the article.

Key words: CNC, laser plotter, 3D printer, STEAM.

Úvod

Vývoj technologií a cenová dostupnost umožnila pro některé ZŠ, učiliště a SŠ, nákup laserového řezacího/gravírovacího stroje a 3D tiskáren. Přestože jde o technické zařízení a práci s materiály, je zde velmi zastoupena i oblast nejen ICT. Celé využití přístroje je tak začleněné do STEM i STEAM vzdělávání. Pro použití této technologie je nutné připravit datový poklad, který se musí ještě zpracovat – nejčastěji jako vektorovou grafiku pro laserový plotr a 3D model pro 3D tiskárnu. V obou případech se podklady finalizují v SW dodaném pro konkrétní stroj, který s ním komunikuje. Nastavují se zde další podrobnosti pro 3D tisk či řezání. Zde je tedy nutná znalost ICT, materiálů, v neposlední řadě lze zařadit i oblast matematickou. Pro výrobu 3D objektů je nutná prostorová představivost a pokud se nebudou vyrábět pouze prototypy, tak budou potřeba i výpočty a ekonomické smýšlení pro zakázkovou malovýrobu. Zařízení se tak hodí pro smysluplné mezipředmětové použití. Tímto se na vysoké škole zabýval (Renmei & Flowers, 2015) při zapojení laserového řezacího stroje pro snadnou a kvalitní výrobu prototypů. Rovněž také uvádí zařazení do STEM a využití i na nižších stupních škol. Propojení matematiky a techniky uvádí také (Berkeihiser & Dori, 2013) při práci na společných projektech. Tato situace není opomíjena ani v ČR a je tak vhodné začlenění počítačem řízených strojů do výuky čímž se momentálně zabývá i pokladová studie

(Dostál, 2018), kde se tyto myšlenky zavedení strojů snaží zavést na ZŠ. Aktuálně můžeme nalézt mnoho informací i o nákupu nových strojů (3D tiskárny, laserové gravírovací stroje) na 2. st. ZŠ. Využití je tak velmi vhodné, jak je napsáno ve studii (Dostál, 2018) „*Koncept výuky techniky a praktických činností směřuje k rozvoji technické a inženýrské gramotnosti. Obojí je nedílnou součástí konceptu STEM*“. Na tento trend budou muset samozřejmě zareagovat i pedagogické fakulty, a to nejen nákupem samotných počítačem řízených strojů, ale musí vzniknout i výukové materiály k těmto zařízením. Materiály se musí skládat z části BOZP a následně vysvětlení nastavení a ovládání zařízení. Z článku (Sikorová & Barot & Vaclavik & Cervenková, 2019) je totiž zřejmé, že studenti vysokých škol v ČR využívají nejčastěji jako zdroj informací vlastní poznámky z přednášek a seminářů, proto je nutné, aby tyto studijní podklady byly připravené.

1 3D tisk

Vraťme se opět k současnému rozmachu počítačem řízených strojů ve školství. Dle výzkumu s tématem 3D modelování a prostorové představivosti J. Fadrhonce a J. Honzíkovej (2018) zažívá naše školství boom v oblasti 3D tiskáren a 3D tisku. Ačkoliv se jedná o zařízení či technologii nepříliš složitou a relativně starou (první experimenty s 3D tiskem na MIT v USA v 80. letech) dochází k jejímu masivnímu rozšíření u nás právě v tomto okamžiku. Hlavní příčinou je masivní zájem o tyto technologie vedoucí k efektivní výrobě zejména v Asii a autoreplikační schopnosti těchto zařízení, resp. jejich amatérských variant (primárně technologie FDM - Fused Deposition Modeling). Relevantním ukazatelem může být i ukazatel kapitalizace firem zabývajících se vývojem a prodejem 3D tiskáren. Např. firma 3D Systems Corporation (Ticker NYSE:DDD) vykazovala podstatné zvýšení kapitálu na burze kolem konce roku 2013. V roce 2014 už přichází relativně rychlé snižování cen akcií, což může reflektovat slabší prodeje tedy opadnutí zájmu uživatelů produktu nebo příchod konkurence. Tuto variantu by potvrdzovaly výsledky Google Trends, kde do poloviny roku 2012 frekvence vyhledávání výrazu „3D print“ stagnovala v nízkých a konstantních úrovních a po tomto datu trvale prudce stoupá a to dodnes.

Rok 2012 se tedy jeví jako zlomový, což podporuje i například projekt Implementace 3D tiskáren do výuky na základní škole v rámci podpory STEM, realizovaný ve Velké Británii v uvedeném roce (Department for Education, 2013). Po vyhodnocení projektu bylo konstatováno několik z edukačního hlediska pozitivních závěrů. V první řadě, lze 3D tiskárny využít jako určité pojítko mezi předměty – realizovat zajímavé mezioborově laděné projekty a přirozeně plánovat a efektivně přistupovat k týmové práci. Ukázalo se také, že žáci nevnímají možnosti a technologie 3D tisku jako problematické učivo a ani z pohledů učitelů se nejedná o kritické místo kurikula. Samozřejmě existuje v počátcích implementace určité „oslnění“ novými možnostmi zařízení, ovšem to rychle opadá a přichází didakticky velice důležité fáze, které můžeme charakterizovat jako fáze vlastní tvorby: fáze invence a fáze inovace. V první fázi „oslnění“ tedy žáci zkoumají především možnosti zařízení a rozvíjí si technologické kompetence (Ferrari, 2012) – ovládání zařízení a řešení problémů s ním. Fáze se projevuje produkcí cizí tvorby, žáci vyhledávají modely, tisknou je viz obr. 1, zažívají první úspěchy a neúspěchy.



Obrázek 1 – Výstava vytištěných modelů, ZŠ v Plzni

V **invenční fázi** procesu žáci začínají vzájemně kooperovat a vytváří vlastní jednoduché výrobky, ovšem s minimální přidanou hodnotou, obvykle spíše designového charakteru. Snaží se zhmotnit své myšlenky a nápady, prakticky testují technologické limity 3D tisku a upravují své modely právě s ohledem na tyto limity.

Třetí fází je **fáze inovační**. Zde dochází k zásadní proměně chápání technologie 3D tisku. Žáci opět kooperují ale již 3D model není primárním cílem jejich snažení. Posouvají se do fáze řešení problému, kde 3D tiskárna je jen nástroj pro výrobu komponenty vytvářeného produktu či složitějšího zařízení. Přichází na to, že řešení pomocí 3D tisku je rychlé a efektivní a posouvá jejich možnosti dále. Fáze odpovídají i úrovním porozumění žáků při výuce techniky, jak je definoval Rasinen a kol. (2009): porozumění funkcím systému, porozumění proč vybrané technologie používáme a vrcholem je aplikace samotných technologií.

V poslední inovační fázi je zároveň učitel v roli konzultanta, který usměrňuje vzdělávací proces, neřeší hardwarové ani softwarové problémy. Předkládá nebo simuluje řešený problém a stanovuje limity pro řešení (Krotký, 2017). Ovšem dojít do této poslední fáze vyžaduje soustavnou a cílevědomou práci od učitele a funkční kolektiv kolegů učitelů i žáků.

Technické vzdělávání za podpory počítačem řízených strojů musí v průběhu času s ohledem na získávané kompetence žáků gradovat. Učitel postupně zvyšuje nároky a předkládá obtížnější výzvy.

Tvorba 3D modelu

Velká část procesu tvorby výrobku s využitím 3D tisku je v podobě počítačového 3D modelování. Od fáze invence po fázi inovace se procesu modelování věnuje stále více času, což také souvisí se stupňováním obtížnosti předkládaných řešení. Kromě vizualizace prvotní myšlenky nebo nápadu je počítačový model nutný jako vstupní data pro proces výpočtu drah tiskové hlavy (tvorbu strojového kódu tzv. G-code). Samotné počítačové modelování je charakteristické svým potenciálem pro mezioborové využití. Zmiňovaný výzkum implementace 3D tisku ve Velké Británii v tomto ohledu přinesl i zjištění, že tamější žáci nemají problém s 3D tiskem, protože již na vyspělé úrovni ovládají procesy 3D modelování, se kterými se seznámili v rámci předchozí výuky v jiných předmětech. Pak je samotná 3D tiskárna pro ně na úrovni kancelářské tiskárny na papír. Respektive minimálně řeší problematiku hardware a maximálně se věnují procesu tvorby výrobku a tvorbě optimálního modelu (Department for Education, 2013). Oblíbeným nástrojem pro tvorbu 3D modelu pro žáky základních škol je program SketchUp, který je ve starších verzích Make pro školy zdarma, nebo již existuje jeho online verze se zakomponovaným exportem modelu do univerzálního STL formátu (stereolithography). Dalším vhodným programem spíše pro pokročilejšího uživatele je program

Fusion 360, který je rovněž pro oblast školství zdarma. Tento program navíc umožňuje aplikovat na model působení sil a tlaků a simulovat tak deformace výrobku před jeho tvorbou.

Proces tvorby výrobku za pomoci 3D tisku

Výrobky, které jsou produktem třetí fáze, fáze inovační jsou charakteristické složením více fyzických částí, využitím různých druhů materiálu nebo obsahují části, které spolu mají vázaný funkční vztah (např. převody). Celý myšlenkový postup s nejdůležitějšími technickými postupy si můžeme představit následovně:

- Návrh řešení pomocí realizace výrobku nebo komponenty.
- Vizualizace myšlenky, nápadu,
- Volba technologie výroby,
 - kombinace s dalšími prvky a jinými materiály,
 - zapojení konvenčních technologií.
- Tvorba modelu pro tisk, tvorba počítačového modelu,
 - zohlednění technologických limitů 3D tisku.
- Převod modelu do vrstev, nastavení parametrů tisku,
 - druh materiálu a procento výplně,
 - kontrola zobrazení tisknutých vrstev.
- Spuštění procesu tisku,
 - kontrola položení první vrstvy,
 - ladění parametrů během provozu.
- Dopracování výrobku, sestavení součástí.

Technické problémy při 3D tisku

Uvedené problémy se vztahují na ve školství nejvíce používanou a obecně nejvíce dostupnou technologii aditivního 3D tisku termoplastem (FDM). Řešení těchto problémů spadá do oblasti technologických kompetencí, které žáci primárně získávají při prvotním seznámení se zařízením v první fázi, fázi „osnění“. Zde uvádíme výčet nejčastějších technických problémů s 3D tiskárnou:

- Deformace výrobku,
 - špatně zvolený materiál, parametry tisku,
 - nízká teplota podložky.
- Tisk do vzduchu,
 - nerespektování limitů technologie.
- Odlepení výrobku v průběhu tisku,
 - nepřilnutí první vrstvy,
 - prohnutí výrobku,
 - náraz trysky do výrobku.
- Přerušování tisku - nedokončení výrobku.
 - zásah uživatele,
 - selhání HW tiskárny,
- Slabá soudržnost vláken mezi sebou.
- Slabá soudržnost vrstev,
 - špatné nastavení parametrů tisku (teplota, množství dávkovaného materiálu tloušťka vrstvy...)

Velké části chyb můžeme předcházet, a to zvolením osvědčeného typu 3D tiskárny a odladěným software, případně defaultním nastavením optimálních parametrů. Velkou část chyb, zejména způsobených deformací výrobku, lze odstranit volbou materiálu PLA (Polylactic acid), který vykazuje nižší pnutí při chladnutí vrstev (Krotký, Honzíková, Moc, 2016) a zároveň je biologicky snadno odbouratelný, neboť je na bázi kukuřičného škrobu. Tento materiál, také vykazuje podstatně nižší zápach při tisku oproti např. materiálu ABS (Acrylonitrile butadiene styrene).

2 Laserový plotr

CO2 Laser propojení s počítačem a SW

Většina těchto strojů nabízí propojení s počítačem přes USB. Stroje jsou schopny načíst data i z flashdisku či umožňují komunikaci po síti. Námí používaný stroj využívá SW RDWorksV8, který slouží k základním grafickým úpravám. V programu také dále musíme nastavit výkon laseru a rychlost posuvu. S pomocí těchto parametrů určíme hloubku (tmavší barvu) gravírování, či nastavení řezání.

Používané materiály

Nejčastějším používaným materiálem je dřevěná překližka v různých tloušťkách. Samozřejmě záleží na zaměření, pro jaké účely budeme vytvářet. Pro vhodné využití laseru, rychlost a kvalitu je z hlediska světlé barvy a větší stejnorodosti materiálu vhodná topolová překližka. I přesto že se můžeme u tohoto materiálu setkat s problémy nestejnorodosti a tím pádem nastanou i problémy s proříznutím při stejném nastavení výkonu laseru, které jsou větší např. v případě borovicové, dubové překližky nebo zhoblovaného dřeva. Tyto komplikace nenastávají u řezání plastu (spíše plexiskla) či papíru (lepenkové krabice). Gravírovat je také možné do skla, kůže a gummy. Maximální tloušťku materiálu pak určuje samotný výkon laseru.

Mezipředmětové propojení

Aby došlo k úplnému mezipředmětovému propojení, je vhodné nezadávat úkol jako jeden výrobek, ale jako komplexní projekt, který bude zahrnovat již zmíněné kroky. Zde je uvádíme rozepsané.

1. Průzkum trhu, zájem lidí, brainstorming na téma „co vyrobit“
2. Návrh výrobku od ruky (náčrt)
3. Vytvoření návrhu ve vektorovém grafickém editoru
4. Export a import do programu pro ovládání laseru
5. Nastavení výkresu pro činnosti laseru a vyrobení dobrého prototypu
6. Vyladění procesu výroby (čas, výkon laseru)
 - a. Vyrobení
 - b. Začištění
7. Vyrobení např. 50 ks
8. Výpočet nákladů na:
 - a. Materiál
 - b. Opotřeбенí stroje – životnost CO2 trubice
 - c. Zaměstnance (časová náročnost)

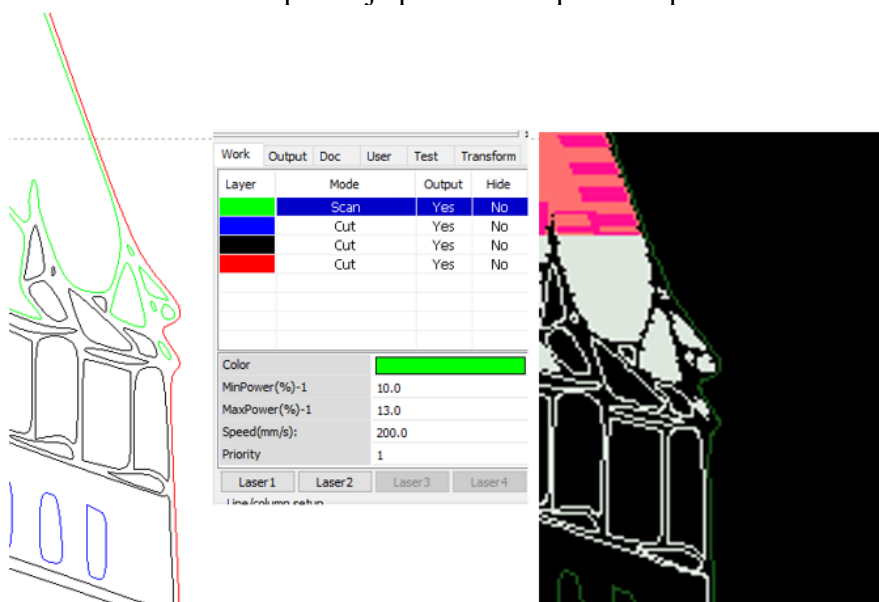
Pro seznámení s přístrojem si mohou žáci napřed například obrázek (i bitmapový) stáhnout. Následně si v programu pro vektorovou grafiku vyzkouší trasování – převedení do vektorového obrázku. Upraví křivky podle potřeby. Provedou export obrázku do formátu vhodného pro laserový stroj (v našem případě DXF (Drawing Exchange Format)). Následně provedou import a označí jednotlivé

vrstvy pro nastavení výkonu dle laserového stroje a použitého materiálu. Výrobci dodávají k přístroji tabulky vhodného nastavení výkonu laseru pro různé typy materiálu. Každý materiál se mírně liší a je nutné přizpůsobit nastavení.

ICT a laserové gravírování

V případě laserového gravírování a řezání zabere mnoho času (dle typu práce) činnost u počítače. Nejprve je nutné vytvořit celý vlastní návrh v počítači ve vektorovém formátu. Z tohoto programu vyexportujeme návrh v našem případě nejlépe do formátu DXF. Následně v programu RDWorks provedeme import grafického návrhu a musíme označit všechny křivky pro činnost laseru.

Na následujícím obrázku vidíme nastavení při použití 4 vrstev. Tento laser má pouze dva režimy: řez (cut) a gravírování (scan). Zelená vrstva bude tak plně vygravírována (obsah) při výkonu 10 až 13 % z celkového výkonu laseru při rychlosti 200 mm/s. Modrá vrstva značila vyříznutí oken. Černá vrstva byla nastavena s nižším výkonem a slouží pouze pro „pokreslení“. Červená vrstva je určena na celkové vyříznutí objektu. Zde je nastaven nejvyšší výkon laseru (85–90 %) s kombinací pomalejšího posunu 18 mm/s vhodného u našeho přístroje pro 4 mm topolovou překližku.



Obrázek 2 – Příprava podkladů, laserový plotr (zdroj: vlastní)

Před spuštěním přístroje je pak možné pustit simulaci, abychom viděli, co bude gravírováno a co vyříznuto. Na obrázcích také vidíme pouze základní nastavení laseru. Program obsahuje i mnoho dalších nastavení jako např. vypnutí „ofuku“, či nastavení výkonu laseru v úhlech, neboť je tam rychlost posuvu nižší.

Pokud máme vše připraveno, vložíme do gravírovacího stroje materiál. Určíme vzdálenost osy Z od objektu za pomoci automatického nastavení. Docílíme tím správného zaostření paprsku na materiál.

Provedeme ovládání z počítače nebo můžeme data stáhnout přímo do stroje a nepotřebujeme při další kopii počítač. Po stažení objektu do stroje si určíme počáteční bod. Za pomoci funkce „frame“ můžeme ověřit, zda se nám objekt vejde na materiál (stroj „objede“ obdélník dle velikosti podkladů). Nyní můžeme zapnout laser a stisknout start. Při stažení jsou vytvořena data ve formátu pro posun krokových motorů a spínání laseru pro různé výkony.

Na závěr každé činnosti a výroby prototypu je nutné optimalizovat výkon laseru a posun. Je důležité, aby nebyl nastaven vyšší výkon, než je nutné, protože se pak zkracuje životnost CO2 trubice, ale také nesmí být nastaven výkon nižší, protože se vyrábí špatné výrobky.

Plánování výroby

Pro plánování výroby je nezbytné mít hotový a otestovaný prototyp. Je vhodné už od začátku zjišťovat i čas na výrobu návrhu a vytvoření prototypu. Dále mohou žáci na základě podkladů spočítat, kolik by stálo vytvoření např. 100 kusů daného výrobku, rozděleného na tři části. S tímto strojem je nutné počítat pouze pro malovýrobu, zakázkovou výrobu nebo pouze prototypy, jak zmiňuje i (RENMEI a FLOWERS, 2015).

- Náklady na vytvoření
- Grafické podklady (čas) pro laserové řezání (gravírování) (vektorový návrh, úprava v programu pro stroj)
- Materiál
- Pracovní sílu (čas) vložení materiálu, vyřezání, oddělení, začištění, zabalení
- Opatření stroje

Mimo část opotřebení stroje a náklady na stroj lze vše snadno spočítat. Žáci si tak mohou v tabulkovém procesoru vytvořit kalkulace, jaké optimální množství výrobků je třeba vytvořit. Rovněž pak uvidí, kolik by museli platit zaměstnanci, který bude stroj obsluhovat. (V základní variantě nebudeme uvažovat zdanění, rovněž chybí pronájem/nákup prostor atd.)

Součástí celého nápadu je ale hlavně první bod – průzkum trhu. Studenti by se měli seznámit s tím, co se aktuálně nabízí (prodává) a zjistit, jak velký je odbyt a zájem. Na základě získaných informací se pak pokusit vytvořit něco inovativního, aby tak zvýšili zájem o svůj výrobek.

Využití laserového gravírovacího stroje přináší mnoho výhod využití do výuky, a to napříč mnoha předměty. Zde byla zmíněna ukázka jednoho vytvářeného projektu. Za pomoci překližky a laseru je také možné vytvářet i drobné příslušenství pro školu nebo školní propagační materiály, na kterých se opět žáci mohou podílet přípravou i vlastní výrobou. Vzhledem k podmínkám používání tohoto stroje (BOZP) se bude muset pouze zabezpečit přístup k zařízení a také zvýšený dohled při jeho používání. I v našem projektu je však činnost u stroje minimální, pokud nebudeme počítat běh stroje. Nejvíce času stráví žáci přípravou. Tyto stroje jsou navíc zabezpečeny uzamykatelným elektrickým obvodem pro spuštění laseru.

Literatura

Berkeihiser, M. & Dori R. (2013). Bringing STEM to Life. *Technology and Engineering Teacher*, – Reston – USA: 72(5), pp. 21-24

Department for Education. (2013). 3D Printers in Schools: uses in the Curriculum – Enriching the Teaching of STEM and Design Subjects. London. Online: https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/251439/3D_printers_in_schools.pdf

Dostál, J. (2018). Podkladová studie: Člověk a [http://www.nuv.cz/file/3517_1_1]. Retrieved from http://www.nuv.cz/file/3517_1_1/

Ferrari, A. (2012). Digital Competence in Practice: An Analysis of Frameworks. Luxembourg, European Commission, Online: <http://ftp.jrc.es/EURdoc/JRC68116.pdf>

- Krotký, J. (2017). Specifika vzdělávací oblasti Člověk a svět práce z hlediska potenciálu pro rozvoj digitální gramotnosti. *Journal of Technology and Information Education*, roč. 9, č. 2, s. 155-169. ISSN: 1803-537X
- Krotký, J., Honzíková, J. & Moc, P. (2016). Deformation of print PLA material depending on the temperature of reheating printing pad. *Manufacturing Technology*, 2016, roč. 16, č. 1, s. 136-140. ISSN: 1213-2489
- Rasinen, A., Virtanen, S., Endepohls-Ulpe, M., Ikonen, P., Ebach, J., & Stahl-von Zabern, J. (2009). Technology education for children in primary schools in Finland and Germany: different school systems, similar problems and how to overcome them. *International Journal Of Technology And Design Education*, 19(4), 367-379. <http://dx.doi.org/10.1007/s10798-009-9097-5>
- Renmei, X. & Flowers J. (2015). Integrating Rapid Prototyping into Graphic Communications. *Technology and Engineering Teacher*. Reston – USA: 75(3), pp.14-18
- Sikorová, Zuzana & Barot, Tomáš & Vaclavik, Marek & Cervenkova, Iva. (2019). Czech University Students' Use of Study Resources in Relation to the Approaches to Learning. *The New Educational Review*. 56. 114-123.

Kontaktní adresa:

Petr Simbartl, PhDr. Ph.D.

Katedra matematiky, fyziky a technické výchovy. Fakulta pedagogická Univerzity 2732/8, 301 00 Plzeň, Česká republika, E-mail: simbartl@kmt.zcu.cz

Jarmila Honzíková, prof. PaedDr. Ph.D.

Katedra matematiky, fyziky a technické výchovy. Fakulta pedagogická Univerzity 2732/8, 301 00 Plzeň, Česká republika, E-mail: jhonziko@kmt.zcu.cz

Jan Krotký, Mgr. Ph.D.

Katedra matematiky, fyziky a technické výchovy. Fakulta pedagogická Univerzity 2732/8, 301 00 Plzeň, Česká republika, E-mail: conor@kmt.zcu.cz