

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI**  
**FAKULTA PEDAGOGICKÁ**  
**KATEDRA MATEMATIKY, FYZIKY A TECHNICKÉ VÝCHOVY**

**KONSTRUKCE A ŘÍZENÍ CNC ZAŘÍZENÍ A MOŽNOSTI  
VYUŽITÍ V OBLASTI ŠKOLSTVÍ**  
DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Bc. Pavel Ešner**

*Učitelství pro základní školy, obor Učitelství informatiky pro základní školy*

Vedoucí práce: Mgr. Jan Krotký, Ph.D.

**Plzeň, 2019**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně  
s použitím uvedené literatury a zdrojů informací.

V Plzni, 23. dubna 2019

.....  
vlastnoruční podpis

## PODĚKOVÁNÍ

Rád tímto poděkoval vedoucímu práce, Mgr. Janu Krotkému Ph.D., za cenné rady, připomínky a odborné vedení při zpracování této práce. Dále bych rád poděkoval rodině a přátelům za podporu při studiu.

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta pedagogická

Akademický rok: 2017/2018

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Pavel EŠNER**  
Osobní číslo: **P17N0019P**  
Studijní program: **N7503 Učitelství pro základní školy**  
Studijní obory: **Učitelství informatiky pro základní školy**  
**Učitelství technické výchovy pro základní školy**  
Název tématu: **Konstrukce a řízení CNC zařízení a možnosti využití v oblasti školství**  
Zadávací katedra: **Katedra matematiky, fyziky a technické výchovy**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Současné pohledy na konstrukci a řízení malých CNC zařízení - rešerše.  
Problematika vybraných technických řešení.  
Evaluace řídicích modelovacích softwarů.  
Bezpečnost práce s CNC zařízením.  
Potenciál CNC zařízení pro rozvoj digitální gramotnosti.



Rozsah grafických prací:

Rozsah kvalifikační práce: 40 - 60

Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

ŠTULPA, Miloslav. CNC obráběcí stroje a jejich programování.

Praha: BEN - technická literatura, 2006. ISBN 80-7300-207-8.

ŠTULPA, Miloslav. CNC: programování obráběcích strojů.

Praha: Grada, 2015. ISBN 978-80-247-5269-3.

HOOD-DANIEL, Patrick. a James F. KELLY. Build your own CNC machine. New York: Distributed to the book trade

by Springer-Verlag New York, c2009. ISBN 978-1-4302-2489-1.

FORD, Edward. Getting started with CNC. San Francisco:

Maker Media, 2016. Make. ISBN 978-1-457-18336-2.

KROTKÝ, J. Specifika vzdělávací oblasti Člověk a svět práce z hlediska potenciálu pro rozvoj digitální gramotnosti.

Journal of Technology and Information Education, 2017. roč. 9, č. 2, s. 155-169. ISSN 1803-537.

Vedoucí diplomové práce:

Mgr. Jan Krotký, Ph.D.

Katedra matematiky, fyziky a technické výchovy

Datum zadání diplomové práce:


30. listopadu 2017

Termín odevzdání diplomové práce:

30. června 2019

  
RNDr. Miroslav Randa, Ph.D.  
děkan



  
Doc. PaedDr. Jarmila Honzíkova, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Plzni dne 11. prosince 2017

## OBSAH

SEZNAM ZKRATEK .....	3
ÚVOD .....	4
1 SOUČASNÉ POHLEDY NA KONSTRUKCI A ŘÍZENÍ CNC ZAŘÍZENÍ.....	6
1.1 CNC.....	6
1.2 KONSTRUKCE .....	8
1.3 SOFTWARE A ŘÍZENÍ .....	12
2 PROBLEMATIKA VYBRANÝCH TECHNICKÝCH ŘEŠENÍ.....	18
2.1 POHONNÉ JEDNOTKY .....	18
2.1.1 Servomotory .....	18
2.1.2 Krokový motor .....	21
2.2 LINEÁRNÍ VEDENÍ .....	26
2.2.1 Broušené tyče .....	27
2.2.2 Vedení s profilovou kolejnicí .....	28
2.3 ŠROUBY .....	29
2.3.1 Metrické závitové tyče.....	29
2.3.2 Trapézové šrouby .....	30
2.3.3 Kuličkové šrouby.....	32
2.4 KONSTRUKCE .....	34
2.4.1 Konzolová konstrukce.....	34
2.4.2 Portálová konstrukce.....	35
2.4.3 Materiál konstrukce.....	36
2.4.4 Driver motorů .....	38
2.4.5 Bezpečnostní prvky.....	40
2.5 NÁVRH CNC FRÉZKY PRO ŠKOLNÍ VÝUKU .....	41
3 EVALUACE ŘÍDÍCÍCH MODELOVACÍCH SOFTWARE .....	43
3.1 ŘÍDÍCÍ SOFTWARE.....	43
3.1.1 Mach3.....	43
3.1.2 Mach4.....	45
3.1.3 Linux CNC.....	46
3.2 CAM - COMPUTER AIDED MACHINING .....	48
3.2.1 Postprocesor.....	50
3.3 CAM SOFTWARE .....	51
3.3.1 Cut2D .....	51
3.3.2 CUT3D .....	52
3.3.3 PhotoVCarve .....	53
3.4 CAD - COMPUTER-AIDED DESIGN .....	55
3.4.1 Autodesk Fusion 360 .....	55
3.4.2 FreeCAD .....	57
4 BEZPEČNOST PRÁCE S CNC ZAŘÍZENÍM .....	62
4.1 PŘEHLED LEGISLATIVY .....	63
4.1.1 Zákon č. 262/2006 Sb. – zákoník práce .....	63
4.1.2 Nařízení vlády č. 272/2011 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací 64	
4.1.3 Nařízení vlády č. 378/2001 Sb. stanovující požadavky na bezpečný provoz a používání strojů .....	65

---

4.1.4	Vyhláška č. 48/1982 Sb. stanovující základní požadavky k zajištění bezpečnosti práce	65
4.2	PRACOVNÍ ÚRAZY PŘI PRÁCI SE STROJI.....	66
4.2.1	Identifikace nebezpečí.....	67
4.2.2	Analýza a hodnocení rizik.....	67
4.2.3	Návrh dokumentu bezpečnosti práce na CNC zařízení .....	71
5	POTENCIÁL CNC ZAŘÍZENÍ PRO ROZVOJ DIGITÁLNÍ GRAMOTNOSTI .....	74
5.1	VYMEZENÍ DIGITÁLNÍ GRAMOTNOSTI .....	75
5.2	VYTVOŘENÍ DIGITÁLNÍHO VZDĚLÁVACÍHO ZDROJE .....	77
5.3	VÝROBKY PRO ZVÝŠENÍ MOTIVACE.....	85
	ZÁVĚR.....	91
	RESUMÉ .....	94
	SEZNAM LITERATURY .....	95
	SEZNAM OBRÁZKŮ .....	100
	SEZNAM TABULEK .....	102
	PŘÍLOHY .....	I
	VYSVĚTLIVKY .....	XXIII

## **SEZNAM ZKRATEK**

BOZP – Bezpečnost a ochrana zdraví při práci

CNC – Computer Numeric Control (Číslicové řízení stroje prostřednictvím počítače)

CAD – Computer Aided Design (Počítačem podporované projektování)

CAM- Computer Aided Machining (Počítačem podporovaná výroba)

CAE - Computer Aided Engineering (Počítačem podporované konstruování)

GUI - Graphical User Interface (Grafické uživatelské rozhraní)

Freemium – Software, u kterého jsou určité funkce k dispozici zdarma, ale plné využití softwaru je zpoplatněné. Jedná se o složeninu slov Free a Premium.

DVZ – Digitální vzdělávací zdroj

RVP – Rámcově vzdělávací program



## Úvod

Problematikou CNC strojů se zabývám již několik let. V současné době se jedná o velmi aktuální téma, a proto jsem se rozhodl vytvořit podpůrné materiály pro seznámení žáků se základy CNC strojů. S rozvojem výpočetní techniky a tím i jejím zlevněním se začaly rychleji tempem vyvíjet CNC stroje, které si do té doby kvůli jejich vysoké ceně mohly dovolit pouze dobře ekonomicky zajištěné společnosti. Následující vývoj a stále masivnější nasazování strojů způsobilo jejich rozšíření do hobby sféry a zpřístupnění CNC strojů v přijatelných cenových relacích i široké veřejnosti. V současné době prakticky neexistují společnosti, které by nevyužívaly výhod automatizace výroby. Tento fenomén současnosti již prorostl do všech oborů výroby. Znalost CNC problematiky je tak pro žáky zvýhodňujícím aspektem a žáci vybavení těmito znalostmi nebudou mít po ukončení vzdělání problém s uplatněním na trhu práce. Proto považuji zvýšení digitální gramotnosti v tomto oboru za velmi důležité.

Práce bude rozdělena do pěti kapitol, které postupně projdou celou problematiku a u konkrétních řešení dojde k seznámení s jejich výhodami i nevýhodami. V závěru bude navrhnout výukový dokument s návrhem výuky pro základní školy. První kapitola nás seznámí s tím co je CNC a jeho principem. Následně nás kapitola provede současným vývojem v oblasti CNC, jaké jsou požadavky na nové konstrukce, řízení a automatizaci. Seznámíme se s důvody kladenými na vývoj nových technologií, jejich úspěšná řešení a celkovým přínosem pro průmysl. Fenomémem současné doby jsou environmentální aspekty průmyslu na životní prostředí, a protože i toto je současný pohled na CNC stroje, bude součástí této kapitoly informace o snižování rizik a aspektů CNC strojů na životní prostředí.

Druhá kapitola se bude podrobněji zabývat nejdůležitějšími součástmi konstrukce CNC stroje. Představeny budou různé druhy pohonů, lineárních vedení, mechanických částí posuvu a výhody i nevýhody jednotlivých řešení. Následovat bude rozdělení strojů podle typu konstrukcí a v návaznosti na konstrukci jejich využití, přednosti a slabiny společně s nejpoužívanějšími materiály vhodnými pro konstrukci stroje. Z důvodu používání stroje na základních školách zde bude řešeno i zajištění stroje bezpečnostními prvky. Závěrem proběhne rekapitulace konstrukčních řešení s návrhem finální podoby CNC stroje, který bude nejvhodnější jako výukový prostředek na základní škole.

Třetí kapitola se bude zabývat nejpoužívanějšími softwary pro komplexní práci s CNC strojem. Cílem kapitoly bude nalézt nejvhodnější software, případně jejich kombinaci, pro výuku na základní škole. Hodnocení bude zahrnovat intuitivnost ovládní, dostupnou podporu, ale především případné ekonomické zatížení základní školy. Nejdříve budou představeny typy softwarů, které jsou nezbytné pro správnou funkci celého zařízení a zdůvodnění jejich důležitosti pro správnou a bezproblémovou činnost stroje. Následně budou podrobně představeny jednotlivé aplikace a závěrem výběr nejvhodnějších softwarů pro výuku.

Předposlední kapitola se bude zabývat bezpečností práce. Bezpečnost práce je zakotvená ve vyhláškách, normách, nařízeních vlády a platných zákonech České republiky. Cílem čtvrté kapitoly bude seznámení se s platnou legislativou týkající se bezpečnosti práce a na jejím základě vypracovat vhodný dokument bezpečnosti práce pro výuku s CNC stroji na základní škole. Základem vypracování dokumentu bude identifikace možných nebezpečí, jejich vyhodnocení a návrh opatření.

Poslední kapitola bude patřit CNC digitální gramotnosti, kde po jejím vymezení a vymezení digitálního vzdělávacího zdroje, bude zpracován návrh výuky CNC strojů na základní škole. Závěrem práce představím možné varianty výrobků, jejichž účelem bude zvýšit zájem o výuku tohoto předmětu.

Výsledkem diplomové práce bude komplexní postup výuky problematiky CNC strojů na základních školách, výčet potřebných pomůcek i popis konstrukčního řešení, které bude z pedagogického hlediska nejvhodnější pro zvládnutí celé problematiky.

## 1 SOUČASNÉ POHLEDY NA KONSTRUKCI A ŘÍZENÍ CNC ZAŘÍZENÍ

Současná doba nabízí mnoho možností, jak získat CNC zařízení a využívat jej například pro sériovou výrobu nebo výuku. Jednou z možností je zakoupit profesionální stroj s montáží renomované firmy, softwarovým vybavením, proškolením a s technickou podporou hardwaru a softwaru. Školy na takový nákup mohou získat dotaci od firem či z dotačních programů, přesto se pro ně jedná o investici v řádech stovek tisíc korun a tu si mohou dovolit pouze školy zaměřené přímo na podporu výuk CNC strojů, kde je nezbytné připravit žáky na budoucí profesi se stroji, na kterých budou pracovat.

Pro základní školu je však tento způsob pořízení stroje nerealizovatelný a především takto složitý stroj není ani vhodný na seznámení žáků základní školy s CNC problematikou. Pro základní školu bude rozhodující nejen cena samotného zařízení, ale i cena softwaru a případné další náklady na provoz. Tyto požadavky bude mít škola shodné s provozovateli hobby CNC zařízení, a proto je vhodné čerpat při návrhu CNC stroje převážně z jejich zkušeností.

Vzhledem k rozvoji průmyslu vlivem digitálních technologií budou žáci disponující určitou CNC gramotností mít lepší možnosti získat v budoucnosti zaměstnání. Toto potvrzují statistiky vypovídající ve prospěch problematiky CNC, které můžeme vidět na každoročně konaných mezinárodních strojírenských veletrzích. Podíváme-li se na závěrečnou zprávu z posledního mezinárodního strojírenského veletrhu v Brně konaného 1. - 5. 10. 2018, zjistíme, že zde vystavovalo 1 651 firem z 32 různých zemí v devíti oborech.<sup>1</sup> Považuji tím toto téma za velmi aktuální a myslím si, že je nejvyšší čas s ním začít seznamovat žáky již na základních školách.

### 1.1 CNC

CNC je zkratka anglického „Computer Numeric Control“ čili v překladu číslicové řízení počítačem, ale používá se spíše definice počítačem řízený stroj. Jedná se tedy o stroj, který slouží k automatickému vykonávání činnosti na základě programu, který mu byl zaslán. CNC stroje vychází z NC strojů, které byly založeny na pevném řídicím elektronickém systému, do kterého se nahrával program přes děrné štítky, magnetické pásky a v pozdější době přes

---

<sup>1</sup> Veletrhy Brno: Aktuality. *Veletrhy Brno: Aktuality* [online]. 2018 [cit. 2019-04-05]. Dostupné z: [https://www.bvv.cz/\\_sys\\_/FileStorage/download/7/6755/zaverecna-zprava-msv-imt-fondex-welding-profintech-plastex-2018.pdf](https://www.bvv.cz/_sys_/FileStorage/download/7/6755/zaverecna-zprava-msv-imt-fondex-welding-profintech-plastex-2018.pdf)

diskety. Problém NC strojů byl programování a složitá změna výrobního procesu stroje z důvodu již hotové, pevně dané řídicí elektroniky. Tento problém se vyřešil přidáním počítače a z NC strojů se staly CNC stroje. V tomto okamžiku se uskutečnil velký rozvoj CNC strojů a došlo k jejich masivnímu nasazení ve všech odvětvích průmyslu. Velký zájem o CNC stroje byl především kvůli výhodám zrychlujícím výrobu.

### Výhody CNC

- Řezná rychlost a rychlost posuvu je definována programem, čímž dochází ke zrychlení výroby, neboť obsluha již řezné podmínky nastavovat nemusí
- CNC stroj nepotřebuje provádět měření a orýsování materiálu
- Přípravky a šablony urychlující činnost obsluze již nejsou zapotřebí
- Dosahuje vyšší přesnosti, výrobky jsou všechny stejné a je méně zmetků
- Zásobník s nástroji zkracuje čas potřebný pro obsluhu k výměně nástroje, přičemž při použití zásobníku není nutné stroj při výměně nástroje zastavovat
- Zjednodušení konstrukčních změn a úprav

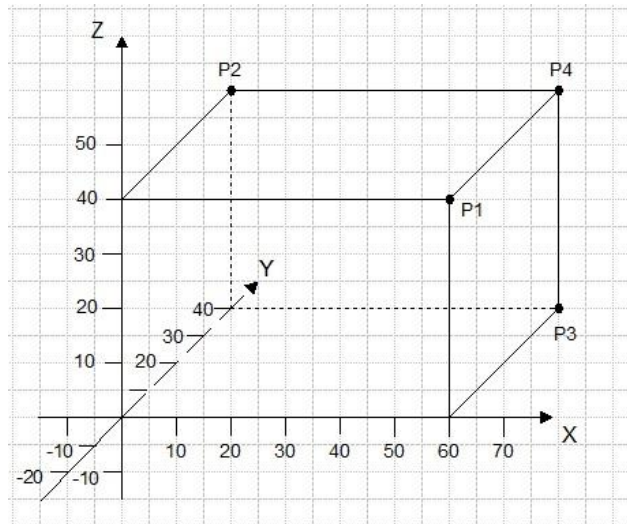
Nevýhodou CNC stroje je vždy jeho pořizovací cena, která nutí pořizovatele k důkladnému plánování výroby a zajištění vytižení stroje, ale také nákladnější údržba oproti ručně ovládaným strojům.<sup>2</sup>

CNC stroje jsou rozdělovány podle počtu os, se kterými pracují. Mohou tak pracovat minimálně s jednou osou (vrtačka), dvěma osami (soustruh), třemi osami (fréza) nebo čtyřmi a více osami definované jako obráběcí centra. Právě na osách záleží, jak se bude stroj ovládat a jaké bude mít možnosti výroby. Abychom správně pochopili danou problematiku, je důležité znát princip činnosti CNC strojů. CNC stroje pracují v kartézském souřadnicovém systému, který definuje body ve dvourozměrném nebo třírozměrném prostoru. Osy jsou očíslované přímkami, které svírají pravý úhel a v místě jejich protnutí se nachází souřadnice. V dvourozměrném prostoru se používá pro přímkami označení „X“ a „Y“ a v třírozměrném prostoru je navíc přidána osa „Z“. Souřadnice se mohou nabývat kladných i záporných čísel

---

<sup>2</sup> SPŠ strojnická a SOŠ prof. Švejcara, Plzeň: *Automatizace výrobních procesů ve strojírenství a řemeslech, NC a CNC stroje* [online]. 2013 [cit. 2019-04-11]. Dostupné z: [https://download.spstrplz.cz/automatizace\\_vyrobnich\\_procesu/3\\_navody\\_KA3/Navody\\_v\\_CJ/8\\_PNC3\\_CJ.pdf](https://download.spstrplz.cz/automatizace_vyrobnich_procesu/3_navody_KA3/Navody_v_CJ/8_PNC3_CJ.pdf)

a to v závislosti na kvadrantu, ve kterém se nacházejí. Na CNC strojích se osy „X“ a „Y“ nacházejí na pracovním stole a dodatečný rozměr osa „Z“ je hloubka, která slouží ke zvedání a spouštění obráběcího nástroje.<sup>3</sup>



Obrázek 1 Kartézský souřadnicový systém

Zdroj: <https://publi.cz/books/182/02.html>

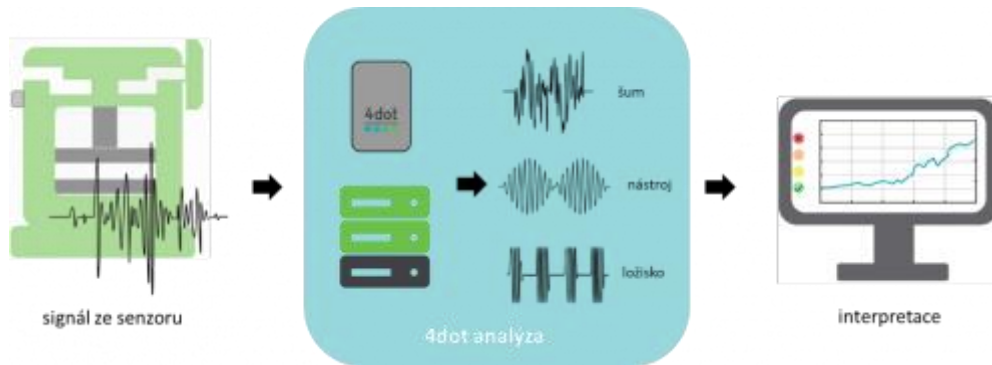
## 1.2 KONSTRUKCE

CNC zařízení se dnes využívají prakticky ve všech průmyslových odvětvích a z tohoto důvodu jsou na používané technologie, které náklady na výrobu snižují, zrychlují, zpřesňují a prodlužují životnost strojů, kladeny velmi vysoké nároky. Druhým požadavkem na CNC stroje či obráběcí centra je automatizace výroby a neustálé přibližování se průmyslu 4.0<sup>i</sup>.

Na mezinárodním veletrhu v Brně firma 4dot Mechatronic Systems představila unikátní 4dot technologii, která hlídá mechanické části stroje jako ložiska, rám stroje či upínač nástrojů. Přes 4dot aplikaci tak může majitel stroje zjistit anomálie na stroji a včas naplánovat údržbu stroje, čímž zamezí neplánované odstávce výroby. Tato technologie sbírá data v reálném čase a současně je i vyhodnocuje. Signály z různých senzorů jsou sofistikovanými algoritmy vyhodnoceny a po odstranění rušení je z výsledků možné určit chování jednotlivých částí stroje i jejich opotřebenost. Data jsou zasílána do cloudu

<sup>3</sup> FORD, Edward. Getting started with CNC. San Francisco: Maker Media, 2016. Make. ISBN 978-1-457-18336-2.

a vizualizace dat probíhá přes webové rozhraní. Znalost aktuálního stavu a kondice stroje napomáhá lepšímu plánování a nepřetržitému výrobnímu procesu.<sup>4</sup>



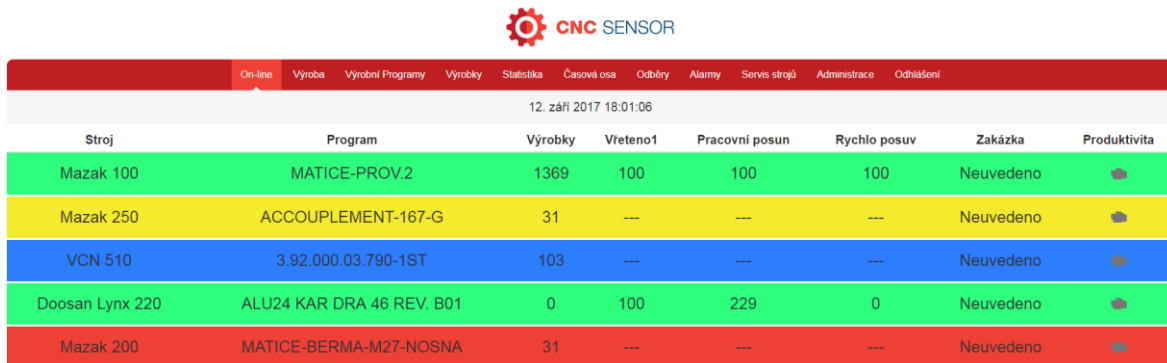
Obrázek 2 Funkce dot4

Zdroj: <https://www.bvv.cz/msv/aktuality/4dot-mechatronic-systems-predstavi-na-msv-2018-uni/>

Pokud navážeme na předchozí článek, zjistíme, že ani veškerá nejlepší a nejnovější technologie nemůže být bezesbytku využitá, pokud nebudeme mít dostatek informací nejen o strojích, ale i o celém výrobním procesu. Společnost v-tech s.r.o. svým monitorovacím softwarem „cnc sensor“, sbírá a vyhodnocuje strojní data z CNC obráběcích strojů. Tato aplikace slouží k plánování výroby, vytížení výrobní technologie a zaměstnanců a zhodnocení ekonomické stránky výroby na základě získaných informací. Firma, která software využívá, tak získá komplexní data o celé výrobě, na jejichž základě může identifikovat její slabé stránky a následně výrobu zefektivnit a ekonomicky zvýhodnit. Aplikace dokáže zpětně vyhodnotit využití CNC strojů, provést ekonomickou analýzu zakázky, monitorovat strojní veličiny, sbírat strojní data nezávisle na obsluze, poskytnout on-line vzdálený dohled všech procesů v provozu a všechna data přehledně zobrazit ve webovém prohlížeči a statistikách, které jsou volitelně časově nastavitelné. Aplikace umí i po vybrání určitého dílu z konkrétní zakázky analyzovat a sledovat data o počtu vyrobených kusů a zmetků, času výroby jednoho kusu, prostoje, poruchy a i hodinovou sazbu stroje odvozenou od jednotkové ceny za vyrobený díl. Hlídní servisních intervalů

<sup>4</sup> Veletrhy Brno: 4dot Mechatronic Systems představí na MSV 2018 unikátní technologii pro sledování kondice tvářecích strojů. *Veletrhy Brno: 4dot Mechatronic Systems představí na MSV 2018 unikátní technologii pro sledování kondice tvářecích strojů.* [online]. 2018 [cit. 2019-04-05]. Dostupné z: <https://www.bvv.cz/msv/aktuality/4dot-mechatronic-systems-predstavi-na-msv-2018-uni/>

předepsaných výrobcem či stanovených bezpečnostními předpisy jsou další výhodou tohoto softwaru stejně jako měření příkonu stroje a frekvence napájecí sítě.<sup>5</sup>



The screenshot shows the CNC SENSOR web interface. At the top, there is a navigation menu with options: On-line, Výroba, Výrobní Programy, Výrobky, Statistika, Časová osa, Odběry, Alarmy, Servis strojů, Administrace, and Odhlášení. Below the menu, the date and time are displayed as 12. září 2017 18:01:06. The main content is a table with the following columns: Stroj, Program, Výrobky, Vřeteno1, Pracovní posun, Rychlo posuv, Zakázka, and Produktivita. The table contains five rows of data, each with a different background color.

Stroj	Program	Výrobky	Vřeteno1	Pracovní posun	Rychlo posuv	Zakázka	Produktivita
Mazak 100	MATICE-PROV.2	1369	100	100	100	Neuvedeno	
Mazak 250	ACCOUPLMENT-167-G	31	---	---	---	Neuvedeno	
VCN 510	3.92.000.03.790-1ST	103	---	---	---	Neuvedeno	
Doosan Lynx 220	ALU24 KAR DRA 46 REV. B01	0	100	229	0	Neuvedeno	
Mazak 200	MATICE-BERMA-M27-NOSNA	31	---	---	---	Neuvedeno	

Obrázek 3 Cnc sensor společnosti v-tech

Zdroj: [http://v-techsro.cz/data/filecache/7e/dash2\\_1.png](http://v-techsro.cz/data/filecache/7e/dash2_1.png)

To, že se nutně nemusí jednat pouze o stroje, jejichž jediným úkolem je výroba, dokázala společnost ABB, která představila robotickou ruku pojmenovanou YuMi. Tohoto kompaktního robata lze montovat horizontálně i vertikálně a tím ho zapojit do již běžícího výrobního procesu. Robot je vyroben z lehké slitiny hořčíku a díky sedmi osám disponuje větší hybností než šestiosé stroje. Programování robota probíhá naváděním. Jedná se tak o velmi univerzálního robota, který může například podávat dílce dalšímu stroji ke zpracování. V případě použití dvou robotů lze simulovat práci obou lidských rukou a lze tak nahradit nedostatek lidských zdrojů ve výrobě.<sup>6</sup>

<sup>5</sup> V-tech: Monitorovací SW - cnc sensor. *V-tech: cnc sensor* [online]. 2019 [cit. 2019-04-06]. Dostupné z: [http://v-techsro.cz/monitorovaci-sw?gclid=EAIAIQobChM1xcCI8IS84QIVCOd3Ch2c5wrDEAAYAiAAEgINpfd\\_BwE](http://v-techsro.cz/monitorovaci-sw?gclid=EAIAIQobChM1xcCI8IS84QIVCOd3Ch2c5wrDEAAYAiAAEgINpfd_BwE)

<sup>6</sup> Veletrhy Brno: ABB chystá pro MSV 2018 přelomovou prezentaci robotiky. *Veletrhy Brno: ABB chystá pro MSV 2018 přelomovou prezentaci robotiky* [online]. 2018 [cit. 2019-04-05]. Dostupné z: <https://www.bvv.cz/msv/aktuality/abb-chysta-pro-msv-2018-prelomovou-prezentaci-robotiky>



Obrázek 4 Robot YuMi

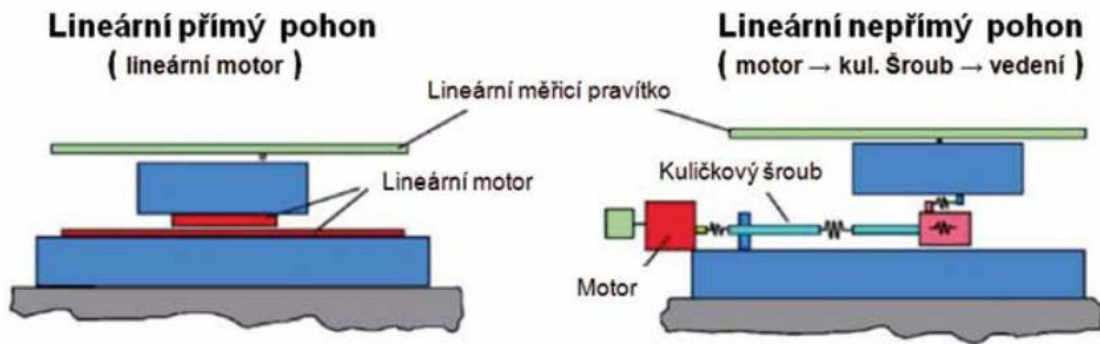
Zdroj: <https://www.bvv.cz/msv/aktuality/abb-chysta-pro-msv-2018-prelomovou-prezentaci-robo/>

Nastupující trend automatizace a robotizace se dotýká nejen konstrukcí strojů, ale také jejich pohyblivých součástí. Mezi špičku v oboru lineární techniky patří společnost Hiwin. Převážná většina CNC strojů využívá rotační motory na indukčním principu. Společnost Hiwin převzala princip rotačního motoru a rozvinula ho do roviny. Vznikl tak lineární motor, který k provozu nepotřebuje převodní mechanické komponenty. Využíváním obou principů motorů je společnost Hiwin schopna zákazníkům nabídnout komplexní řešení pro víceosé manipulátory nebo portálové systémy, a to včetně řízení a obslužné softwarové aplikace.<sup>7</sup>

---

<sup>7</sup> Polohovací systémy: Lineární osy. *Polohovací systémy: Lineární osy* [online]. 2019 [cit. 2019-04-05]. Dostupné z: [https://www.hiwin.cz/media/files/05\\_Polohovací\\_systemy\\_Linearni\\_osy.pdf](https://www.hiwin.cz/media/files/05_Polohovací_systemy_Linearni_osy.pdf)

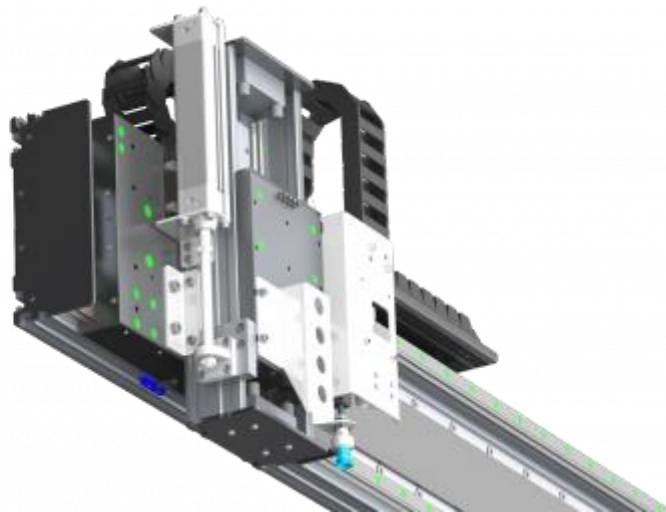




Obrázek 5 Srovnání principu lineárního a rotačního motoru

Zdroj: [https://www.hiwin.cz/media/files/05\\_Pohovaci\\_systemy\\_Linearni\\_osy.pdf](https://www.hiwin.cz/media/files/05_Pohovaci_systemy_Linearni_osy.pdf)

Jakým způsobem řeší společnost Hiwin přehledný manipulátor včetně jeho výhod a dostupných technických řešení polohování ukázala v praxi na Brněnském veletrhu. Demonstrativní ukázka přehledného manipulátoru ukázala kompletní možnosti řešení polohování lineárním motorem, kuličkovým šroubem a ozubeným řemenem tak, jak již toto řešení používá v průmyslovém nasazení.



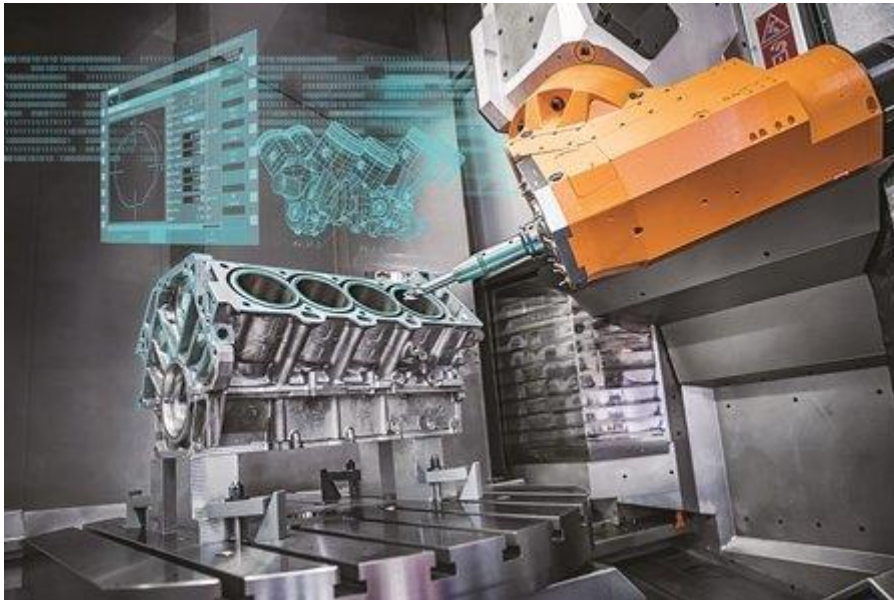
Obrázek 6 Manipulátor Hiwin

Zdroj: <https://www.bvv.cz/msv/aktuality/hiwin-predstavi-nova-reseni-pro-prumysl-40/>

### 1.3 SOFTWARE A ŘÍZENÍ

V současné době se stále více přenáší veškerá lidská činnost na stroje, ale vzhledem k cenám strojů je důležité vědět, zda stroj, který zakoupíme, splní naše požadavky a ve

výrobě obtojí. Jednou možností je dostavit se k výrobcí stroje s materiálem, požadavky a přímo na stroji aplikovat výrobní proces. Tento způsob se sice používá, ale pokud to podmínky výrobního procesu nedovolují nebo žádáme o stavbu stroje přímo na konkrétní činnost, nelze tímto způsobem určit, zda stroj v praxi obtojí. To je možné zajistit spuštěním stroje ve virtuálním prostředí. Vývojem softwaru na propojení virtuálních modelů a reálných řídicích prostředků se zabývá firma Siemens. Siemens dokáže tyto dva systémy propojit, vyzkoušet všechny parametry navrženého stroje a virtuálně ho zprovoznit. Tímto systémem je Siemens schopen zprovoznit celou digitální továrnu a zajistit hardwarovou i softwarovou podporu pro jeho správnou funkci. Dnešní doba vyžaduje plánování výroby podle životního cyklu stroje a s ohledem na ekonomiku výrobků.<sup>8</sup>



Obrázek 7 Virtuální obrábění Siemens

Zdroj: <https://www.mmspektrum.com/clanek/propojeni-virtualnich-modelu-s-realnymi-ridicimi-systemy.html>

Navážeme-li na ekonomiku výroby, můžeme se stále častěji setkat s pojmem kolaborativní roboti. Kolaborativní roboti kooperují svoji činnost s činností člověka, čili spolupracují s člověkem při úkonech, kde je zapotřebí neustálá a vysoká přesnost. Vidět je můžeme na výrobní lince automobilových koncernů, například když robot přisune dveře k automobilu na přesně stanovené místo a obsluha dveře přišroubuje. Využívají se převážně při opakující

<sup>8</sup> Obráběcí stroje a technologie: Propojení virtuálních modelů s reálnými řídicími systémy. *Obráběcí stroje a technologie: Propojení virtuálních modelů s reálnými řídicími systémy* [online]. 2016 [cit. 2019-04-06]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/propojeni-virtualnich-modelu-s-realnymi-ridicimi-systemy.html>

se činnosti jako svařování, šroubování či přemísťování předmětů na stále stejné místo. Tím šetří lidskou sílu na kvalifikovanější činnost. Roboti mohou podle své konstrukce přemísťovat malé součástky nebo také několika tunové díly jako třeba automobil při výrobě. Je možné je využívat i v případech montáže dílů, kde z hlediska bezpečnosti práce nejsou vhodné podmínky pro lidskou činnost. Vzhledem k tomu, že pracují člověk a robot vedle sebe, je nutné dbát také na bezpečnost. Roboti proto mají pryžový povrch a jsou vybaveni senzory, které po kontaktu s člověkem robota zastaví. Tato funkce se nazývá Collision stop.<sup>9</sup>

Skutečnost, že kolaborativní roboti dokáží firmě uspořit čas a peníze, potvrzuje jejich nasazení ve společnosti FT-Produktion. Tato strojírenská firma, zabývající se automobilovým, stavebním a nábytkářským průmyslem, získala větší zakázky od automobilových společností Volvo, Renault a Scania. Vzhledem k tomu, že nedisponovala dostatečným počtem kvalifikovaných pracovníků a pokrýt tak požadavky na nárůst výroby nebylo v jejích silách, vsadila právě na kolaborativní robotiku vyvinutou pro potřeby malých a středních podniků. Díky této technologii dokáže FT-Production vyrobit zakázku za kratší čas a uspořit na ní více než 500 hodin. Podle slov spoluvlastníka Jana Karlberga se vložená investice do kolaborativních robotů vrátila již po devíti měsících. Zajímavé je, že zaměstnanci nasazení kolaborativních robotů také kvitují, neboť po proškolení se ze zaměstnanců provádějící jednotvárné aktivity stali programátoři robotických pracovišť, kde jeden zaměstnanec ovládá až čtyři stroje a tak i sami zaměstnanci by uvítali více takových robotických pracovišť.<sup>10</sup>

Řízení CNC stroje se nemusí nutně omezovat pouze na řízení softwarové, které je závislé na úkonech člověka. Proces obrábění je možné řídit také skenovacím systémem, který dokáže rychle a přesně provést kontrolu obráběného dílu. Společnost Renishaw vytvořila systém SPRINT, který sbírá 3D souřadnice z povrchu tělesa a tyto informace v reálném čase analyzuje v řídicím systému stroje. Dochází tak k zautomatizování výroby, neboť systém

---

<sup>9</sup> DUCHOSLAV, Petr. Factory automation: Co je to kolaborativní robot? 5 věcí, které byste o něm měli vědět. *Factory automation: Co je to kolaborativní robot? 5 věcí, které byste o něm měli vědět* [online]. 2017 [cit. 2019-04-06]. Dostupné z: <https://factoryautomation.cz/co-je-to-kolaborativni-robot-5-veci-ktere-byste-o-nem-meli-vedet/>

<sup>10</sup> MMSpektrum: Strojírenská firma sází na kolaborativní aplikaci. *MMSpektrum: Strojírenská firma sází na kolaborativní aplikaci* [online]. 2019 [cit. 2019-04-06]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/strojirenska-firma-sazi-na-kolaborativni-aplikaci.html>

nejprve změří potřebné veličiny, které následně analyzuje, nastaví korekce obrábění a spustí výrobu. Přesnost, kterou tento systém disponuje, je i u větších rozměrů v řádech mikrometrů. Základním prvkem je skenovací obrobková sonda obsahující analogový snímač s rozlišením 0,08 $\mu$ m, který provádí měření ve všech směrech a je možné sejmout až tisíc bodů za jednu sekundu. Z těchto informací je následně sestaven přesný povrch obrobku. Tento způsob řízení tak vylepšuje řízení stroje, zkracuje pracovní cyklus a optimalizuje využití stroje.<sup>11</sup>



Obrázek 8 Sonda OSP60

Zdroj: <https://docplayer.cz/105405292-Technicke-parametry-h-b-katalog-doteku-zalezi-li-vam-na-presnosti-trvejte-na-originalnich-dotecich-renishaw-nesmirte-se-s-malem.html>

Velmi důležitým aspektem při pořizování průmyslových strojů je v současné době také dopad konkrétního zařízení na životní prostředí. Dopady na životní prostředí může stroj mít přímé, například provozní kapaliny či odpad při výrobě anebo nepřímé v podobě účinnosti

---

<sup>11</sup> Oneindustry Strojirenství: Nástroje. *Oneindustry Strojirenství: Nástroje* [online]. 2018 [cit. 2019-04-08]. Dostupné z: <https://strojirenstvi.oneindustry.one/revolucni-kontakti-skenovaci-system-otevira-zcela-nove-moznosti-rizeni-procesu-na-cnc-obrabecich-strojich/>

využití elektrické energie. Podle dnešních norem lze nalézt energetické štítky na domech či na domácích spotřebičích, ale na průmyslových strojích uvedené nejsou. Neznamená to však, že energetická účinnost u obráběcích strojů není řešena. Dopad obráběcích strojů na životní prostředí je řešen normou ISO 14955-1, která řeší životnost obráběcích strojů, poměr dodávané energie k dosaženému výsledku a v její příloze nalezneme seznam environmentálně významných vylepšení součástí obráběcích strojů.<sup>12</sup>

Životním prostředím se také zabývá významná japonská firma OKUMA, která vyrábí CNC stroje. Při výrobě CNC strojů začala firma přijímat opatření na ochranu životního prostředí ve vlastní koncepci „*ECO2 FriendlyTM - ECOLOGY & ECONOMY*“, jejímž cílem je úspora energie a provozních nákladů i snížení odpadního materiálu. OKUMA na základě tohoto konceptu vyvinula velmi energeticky úsporný PREX motor, za který získala vítěznou cenu od Japan Machinery Federation. Unikátní konstrukce PREX motoru zvyšuje účinnost o 4-9% a redukuje spotřebu o 5-13 %. Ve svém ekologickém konceptu také firma řeší snižování velikosti chladicího zařízení stroje, úsporu provozních prostředků, snížení odpadního materiálu, snížení spotřeby mazacích olejů nebo snížení spotřeby chladicích kapalin a prodloužení jejich životnosti. Zajímavým řešením snižujícím ekonomické náklady, ale hlavně velmi šetrným k přírodě, je vývoj polosuchého obrábění s minimálním přidáváním chladicí kapaliny nebo suchého obrábění, neboť odpad smíšený s chladicí kapalinou je značná ekologická zátěž pro přírodu. Koncept „*ECO2 FriendlyTM - ECOLOGY & ECONOMY*“ firmy OKUMA řeší ekologický dopad CNC strojů na životní prostředí v rozsahu téměř celé jejich konstrukce a výroby.<sup>13</sup>

Úsporou elektrické energie v průmyslu se zabývá také firma Murrelektronik, jejíž spínané zdroje pro průmyslové použití dosahují až 95% účinnosti. Zvýšením účinnosti zdroje došlo ke snížení tepelných ztrát a tím i k prodloužení životnosti zdroje a komponent nacházejících se v jeho okolí. Dochází tak ke snížení finančních nákladů častější výměnou komponent a snížení dopadu na životní prostředí.<sup>14</sup>

---

<sup>12</sup> ISO 14955-1:2017: Machine tools -- Environmental evaluation of machine tools. *ISO 14955-1:2017: Machine tools -- Environmental evaluation of machine tools* [online]. 2017 [cit. 2019-04-08]. Dostupné z: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:14955:-1:dis:ed-2:v1:en>

<sup>13</sup> *Technický portál: Japonská OKUMA a její přínos ekologii ve výrobě CNC strojů* [online]. 2006 [cit. 2019-04-09]. Dostupné z: [https://www.technikydenik.cz/rubriky/archiv/japonska-okuma-a-jeji-prinos-ekologii-ve-vyrobe-cnc-stroju\\_16665.html](https://www.technikydenik.cz/rubriky/archiv/japonska-okuma-a-jeji-prinos-ekologii-ve-vyrobe-cnc-stroju_16665.html)

<sup>14</sup> *MURRelektronik: Emparro - Simply the Best* [online]. 2019 [cit. 2019-04-08]. Dostupné z: <https://www.murrelektronik.cz/cz/novinky/produktove-novinky/detail-page/date/2013/04/23/article/emparro-simply-the-best-6.html?cHash=0debc315b1c655456c05c9a86aac83c0>

Je jisté, že současný pohled na komplexní problematiku CNC je především podřízen ekonomice. Profesionální CNC stroje využívají převážně společnosti, které vyrábějí tisíce či stovky tisíc kusů stejných výrobků za rok. Znamená to, že nepatrné uspoření financí na jednom výrobku je v celkovém výsledku úspora pro celou společnost včetně nákladů na pořízení nové technologie. Není podmínkou, že vždy musíme ušetřit na materiálu, ale stále častěji se podniky snaží šetřit na čase. Tento způsob šetření finančních prostředků může být proveden několika způsoby. Jedna možnost je zrychlení a zpřesnění obrábění, které mohou být navázány na znalost mechanického stavu stroje kvůli pravidelné údržbě. Nemalé náklady můžeme uspořit pořízením nového softwaru. Pokud nový software disponuje funkcí rychlejšího zpracování dat nebo například sofistikovanějším propočítáním dráhy nástroje, uspoří čas nejen stroji samotnému, ale i programátorovi, který vytváří program na opracování výrobku. Právě časová úspora obsluhy nebo programátora může ve výrobě znamenat nemalé finanční úspory na výrobu jednoho výrobku.

S výše popsaným současným pohledem na požadavky konstrukcí a řízení CNC strojů i se způsoby, jakým výrobcí tuto problematiku řeší, je vhodné seznámit studenty ještě před výukou technických a praktických informací o CNC strojích.

Studenti by měli mít povědomí o tom, z jakých důvodů stále probíhá vývoj v tomto odvětví. Také by neměla být upozaděna informovanost o nástupu průmyslu 4.0 a jeho výhodách a nevýhodách, které se týkají především bezpečnosti dat. Budou-li předávané informace vhodně podloženy obrázky a video ukázkami přímo z výrobních procesů, například ukázkami výroby automobilů, můžeme žáky pozitivně motivovat k zájmu o CNC problematiku a její technologie. Za velmi důležité považuji také seznámení žáků s vlivem CNC strojů na životní prostředí.

## 2 PROBLEMATIKA VYBRANÝCH TECHNICKÝCH ŘEŠENÍ

Konstrukce CNC zařízení je velmi důležitá a na tom, z jakého materiálu a jakým způsobem je zpracována, závisí při obrábění rychlost obrábění, množství odebíraného materiálu a přesnost obrábění. Při návrhu CNC zařízení se primárně vychází z požadavku na to, jaký materiál bude stroj obrábět a následně se navrhne konstrukce celého stroje.

Ve školním prostředí budeme od žáků primárně požadovat pochopení principu obrábění a následné upevnění znalostí pomocí vizualizace obráběného výrobku. V tomto případě nám tedy postačí, pokud CNC stroj bude v určité kvalitě obrábět různé druhy dřev a plasty a není tudíž potřeba řešit tuhost konstrukce pro obrábění kovů a tím prodražovat výrobu stroje. Od konstrukce budeme také požadovat, aby byla snadno uchopitelná pro žáky z hlediska funkce činnosti a konstrukce. Díky těmto požadavkům budeme na návrh konstrukce klást jiné požadavky než je tomu u průmyslového využití.

### 2.1 POHONNÉ JEDNOTKY

Volba pohonné jednotky je velmi důležitá, neboť na pohonech os záleží nejen volba softwaru a hardwaru (Driveru), ale i konstrukce celého CNC zařízení, které musí být dostatečně naddimenzované kvůli dynamice pohonů. Na profesionálních strojích jsou používány výhradně servomotory a v hobby využití naopak krokové motory. Krokové motory jsou volené pro hobby především kvůli nízké ceně a jednoduchosti řízení, ale to platí pouze v případě, kdy není použita zpětná vazba pro polohování motoru. Samozřejmě jsou tyto kladné vlastnosti vykoupeny nevýhodami jako nízká dynamika motoru, nepříjemný tón při běhu stroje způsobený oscilací motoru, ale hlavně při přetížení motoru dochází k výpadku kroků a program tudíž vidí nástroj v jiné poloze, než ve které se skutečně nachází. Nevýhodou krokových motorů je také vyšší spotřeba elektrické energie, neboť cívkami motoru prochází stále proud, a to i v době, kdy krokový motor nevykonává žádný pohyb.

#### 2.1.1 SERVOMOTORY

Servomotory mají jednoznačné výhody oproti krokovým motorům ve vyšší rychlosti, nižší spotřebě, menších rozměrech, vyššímu výkonu a přesnosti, která je zajištěna snímačem polohy. Mezi nevýhody patří vyšší pořizovací cena, složitější řízení z důvodu přítomnosti zpětné vazby, ale hlavně nutnost zajištění více pulsů na jednu otáčku - zpravidla 2500 až

10000, což může znamenat potřebu až 2MHz, které se musí přenést bez rušení.<sup>15</sup> Servomotory je možné rozdělit na motory stejnosměrné a střídavé s permanentními magnety, převážně tří fázové.

### **Stejnoseměrný motor**

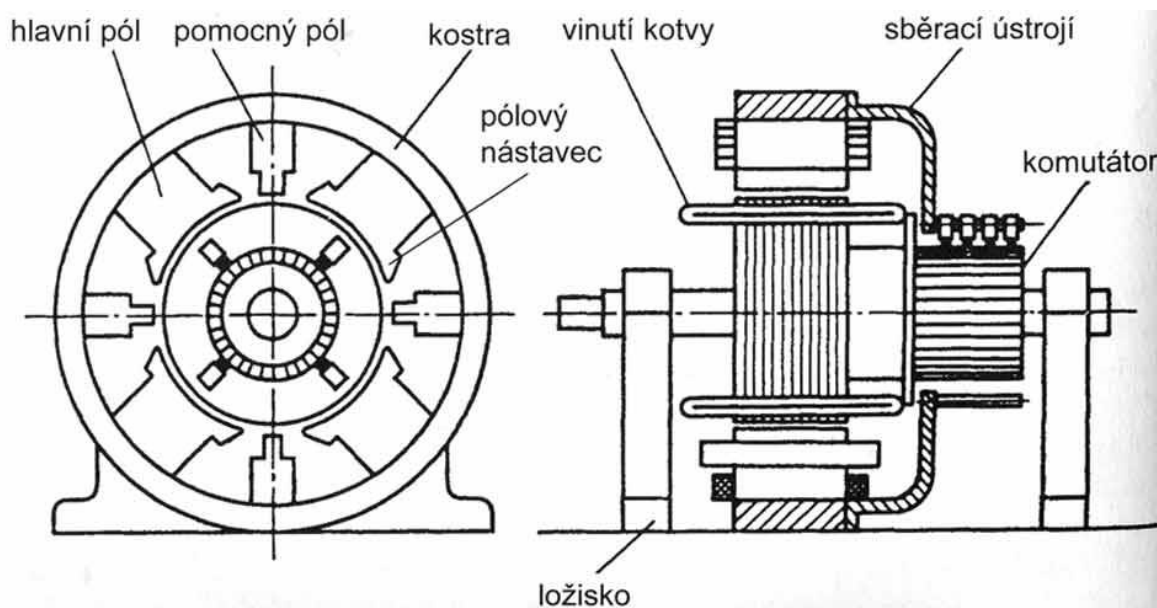
Stejnoseměrné motory využívají buzení ve statoru permanentními magnety, které jsou vyráběny z magneticky tvrdých materiálů jako ferit či neodym. Je-li zapotřebí získání vyššího výkonu, používají se motory s cizím buzením, kde se magnetické pole vytváří přidáním vinutím na hlavních pólech statoru. Tyto motory již pro svoji správnou činnost vyžadují aktivní chlazení, které u motorů s nižším výkonem není zapotřebí a stačí tudíž chlazení vyřešit konstrukcí motoru např. žebrováním těla motoru. Výhodou těchto motorů je možnost řízení otáček změnou napětím na kotvě, naopak nevýhodou jsou sběrné uhlíkové kartáče, které vyžadují častější údržbu, zejména čištění komutátoru, zabrušování kartáčů nebo přímo jejich výměnu. Při vyšších otáčkách také dochází ke zvyšování napětí na komutátoru, což má za následek jiskření na komutátoru a jeho následné vypalování. Pokud by se také při běhu motoru proud neomezoval, mohlo by dojít k vytvoření kruhového oblouku na komutátoru. Další nevýhodou stejnosměrných motorů je zahřívání mechaniky, na kterou je připojený, neboť vlivem ztrát se motor velmi zahřívá a jakožto uzavřený systém bez aktivního chlazení využívá k chlazení stator, kostru a hřídel což může ovlivnit například velmi přesné kuličkové šrouby.<sup>16</sup>

---

<sup>15</sup> *Strojirenstvi.cz - CNC Fórum: Krokove unipolarni bipolarni a servomotory* [online]. 2009, 9.11.2009 [cit. 2019-03-07]. Dostupné z: <https://forum.strojirenstvi.cz/viewtopic.php?t=1270>

<sup>16</sup> SKALICKÝ, J. CSC., Prof. Ing. Jiří. *Elektrické servopohony* [online]. Vysoké učení technické v Brně. <https://www.vutbr.cz/>: ÚSTAV VÝKONOVÉ ELEKTROTECHNIKY A ELEKTRONIKY [cit. 2019-03-19]. Dostupné z: [https://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKÉwjyJCvgI\\_hAhUEKIAKHQ5DCGMQFjAAegQIAxAC&url=https%3A%2F%2Fwww.vutbr.cz%2Fwww\\_base%2Fpriloha.php%3Fdpid%3D333400&usq=AOvVaw2DdgXx0-OK69WfvANKPUCg](https://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKÉwjyJCvgI_hAhUEKIAKHQ5DCGMQFjAAegQIAxAC&url=https%3A%2F%2Fwww.vutbr.cz%2Fwww_base%2Fpriloha.php%3Fdpid%3D333400&usq=AOvVaw2DdgXx0-OK69WfvANKPUCg)





Obrázek 9 Konstrukce stejnosměrného motoru

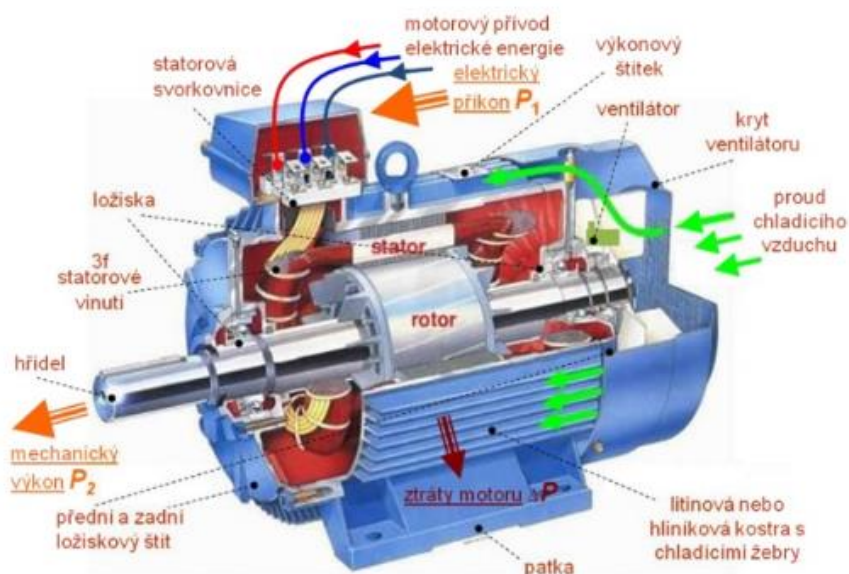
Zdroj: [https://elektrika.cz/obr/08\\_principstejnostimotoru\\_02v.jpg](https://elektrika.cz/obr/08_principstejnostimotoru_02v.jpg)

### Asynchronní motor

Asynchronní motor je díky své robustnosti, spolehlivosti a jednoduché konstrukci nejpoužívanějším motorem na téměř všech pracovních strojích. Jeho široké možnosti využití vedly k velkovýrobě těchto motorů a následnému snížení jejich ceny. Jeho jedinou nevýhodou je obtížnější regulace otáček. Díky této nevýhodě se nacházel převážně ve strojích, kde není potřeba složitého řízení otáček, jako například kotoučové pily, hoblovací stroje nebo ruční nářadí. Postupem času však došlo k vývoji frekvenčních měničů a za podpory výkonové elektroniky byla i tato poslední nevýhoda asynchronních motorů odstraněna a nic již nebránilo jejich nasazení do CNC strojů. Princip asynchronního motoru spočívá ve vytvoření magnetického točivého pole ve vzduchové mezeře mezi statorem a rotorem. Toto pole se vytváří přivedením třífázového napětí se vzájemným fázovým posunem na svorky motoru.

Konstrukčně se asynchronní motor skládá ze statoru, kde je v drážkách navinuté vinutí a rotoru, který může být tvořený hliníkovými nebo měďnými tyčemi. Častěji je však využíváno vinutí z lakovaného drátu, uloženého v rotorových drážkách. Konce těchto vinutí jsou připojené na rotorové sběrací kroužky. Chlazení motoru je prováděno ventilátorem,

kteřý je součástí hřídele rotoru. Součástí servomotorů, které využívají asynchronního principu mohou být také snímače otáček nebo snímače polohy.<sup>17</sup>



Obrázek 10 Řez asynchronním motorem

Zdroj: RUSNOK, Stanislav a Pavel SOBOTA. 2013. Cvičení z elektrických strojů. 1. Ostrava: VŠB-TUO. ISBN 978-80-248-3288-3

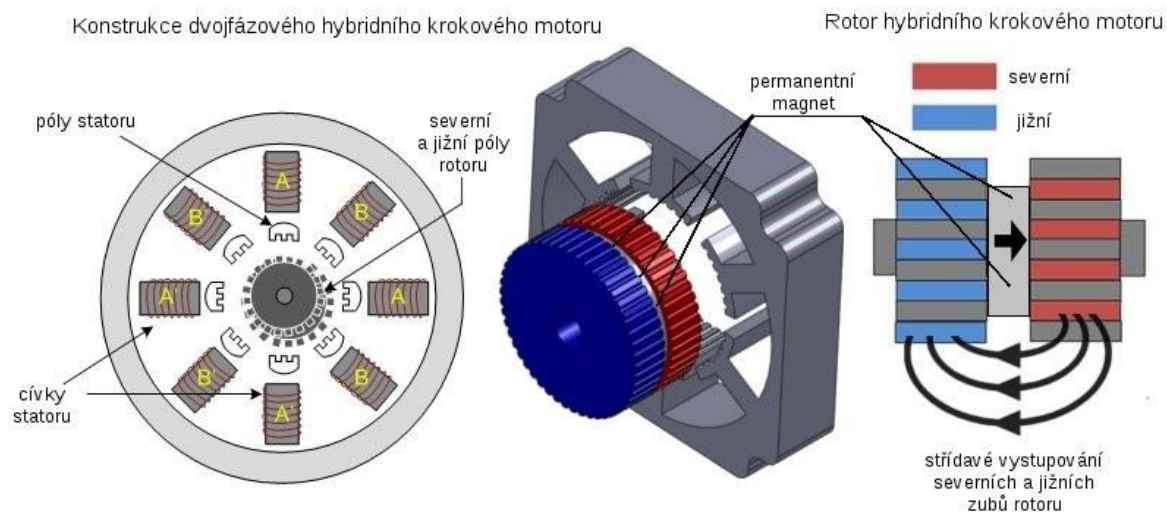
### 2.1.2 KROKOVÝ MOTOR

Krokový motor je synchronní, indukční točivý stroj. Princip otáčení rotoru je založen na zapínání přívodu stejnosměrného proudu do jednotlivých pólových dvojic. Počet kroků motoru je pak přímo úměrný počtu stabilních poloh rotoru. Výhoda krokových motorů spočívá v nastavení polohy s absencí zpětné vazby a snímačů polohy, neboť pokud zajistíme, aby nedošlo k vypadávání kroků motoru, například přetížením, můžeme polohu určit velmi přesně na základě spočítání počtu vykonaných kroků. Zvýšení přesnosti je možné přizpůsobením napájení současně dvou sousedních statorových fází, čímž se rotor ustálí uprostřed těchto původních poloh. Tomuto řešení se říká mikrokrokování a zdroj napětí umožňující napájení více fází najednou nazýváme driver.<sup>18</sup> Mikrokrokování se využívá pro plynulejší chod motorů a snížení vibrací.

<sup>17</sup> SKALICKÝ, CSC., Prof. Ing. Jiří. *Elektrické servopohony* [online]. Vysoké učení technické v Brně. <https://www.vutbr.cz/>: ÚSTAV VÝKONOVÉ ELEKTROTECHNIKY A ELEKTRONIKY [cit. 2019-03-19]. Dostupné z: [https://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwjyJCVgI\\_hAhUEKIAKHQ5DCGMQFjAAegQIAxAC&url=https%3A%2F%2Fwww.vutbr.cz%2Fwww\\_base%2Fpriloha.php%3Fdpid%3D33400&usg=AOvVaw2DdgXx0-OK69WfvANKPUCg](https://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwjyJCVgI_hAhUEKIAKHQ5DCGMQFjAAegQIAxAC&url=https%3A%2F%2Fwww.vutbr.cz%2Fwww_base%2Fpriloha.php%3Fdpid%3D33400&usg=AOvVaw2DdgXx0-OK69WfvANKPUCg)

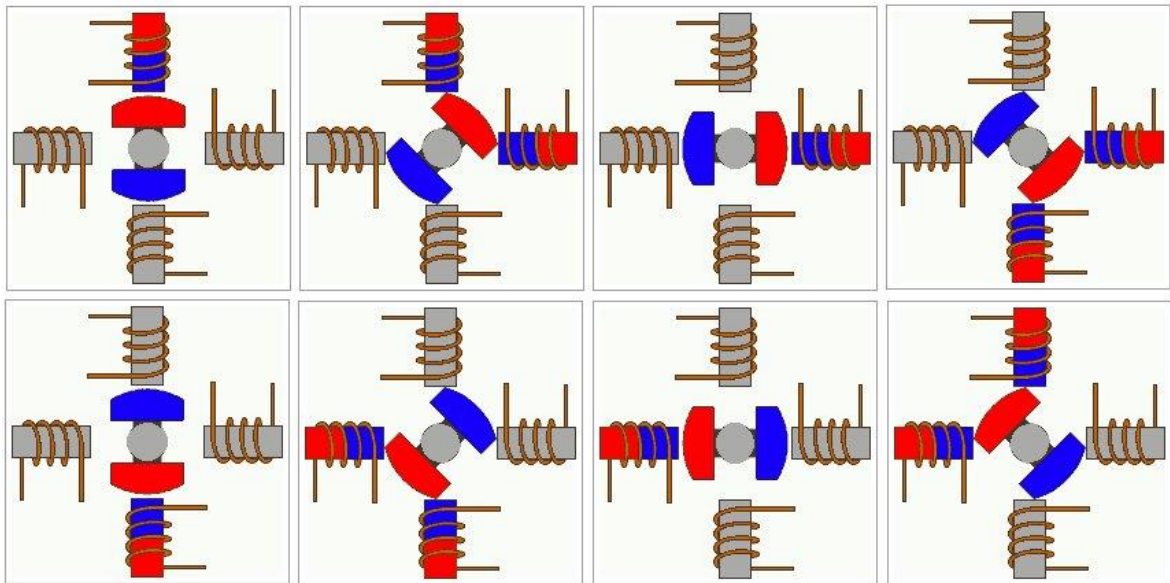
<sup>18</sup> SKALICKÝ, CSC., Prof. Ing. Jiří. *Elektrické servopohony* [online]. Vysoké učení technické v Brně. <https://www.vutbr.cz/>: ÚSTAV VÝKONOVÉ ELEKTROTECHNIKY A ELEKTRONIKY [cit. 2019-03-19]. Dostupné z:

Nespornou výhodou krokových motorů jsou velké krouticí momenty, kterými disponují a díky kterým je možné motory připojit přímo na zátěž bez nutnosti zapojení převodové skříně. V CNC zařízeních se využívá i druhá vlastnost, která vyplývá z nutnosti stálého připojení na zdroj elektrické energie a to, že je možné držet zátěž ve stabilní poloze. Tato vlastnost na CNC zařízeních udržuje v přesné poloze nejen obrobek, ale i obráběcí nástroj. Následující obrázek podrobně zobrazuje konstrukci krokového motoru.



Obrázek 11 Konstrukce krokového motoru

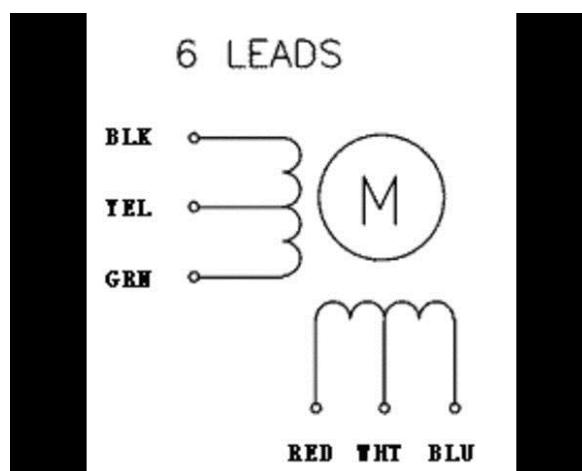
Zdroj: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/809>



Obrázek 12 Princip otáčení krokového motoru

Zdroj: [http://wiki.sps-pi.cz/index.php/Krokov%C3%BD\\_motor](http://wiki.sps-pi.cz/index.php/Krokov%C3%BD_motor)

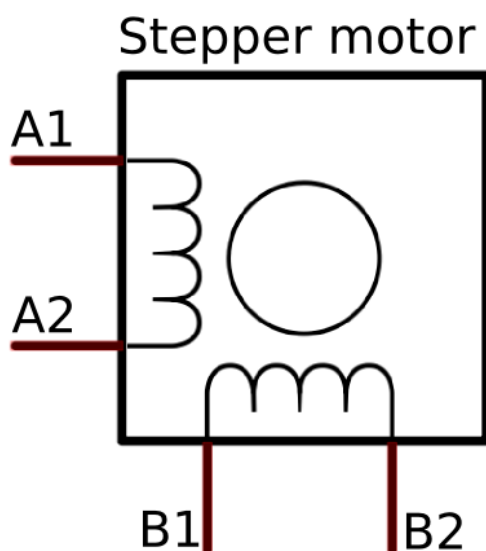
Krokové motory je možné rozdělit podle způsobu vinutí na unipolární a bipolární. Unipolární krokové motory mají jednotlivé cívky zapojené se společným středem, proud zde může téct pouze jedním směrem. Řídí se připojením jednotlivých vinutí k zemi a proud prochází pouze jedním vinutím. Polarita napětí je neměnná. Poznáme je na první pohled podle počtu vývodů, kterých bývá zpravidla šest kvůli zmíněnému vyvedenímu středu, nebo pět, pokud jsou prostřední vývody na cívkách spojeny. Narazit můžeme i na více fázový bipolární krokový motor, ale vzhledem k jeho ceně je to velmi málo pravděpodobné. Motory s tímto zapojením vinutí mají menší odběr, ale právě díky odpojování vinutí od napětí mají menší krouticí moment. Jejich hlavní výhodou je snadnost řízení.



Obrázek 13 Unipolární vinutí motoru

Zdroj: <https://www.pololu.com/product/1476>

Druhý způsob vinutí motorů je bez společných vývodů středů pro jednotlivé cívky. I způsob řízení motorů je odlišný, neboť je zde nutná změna polarity napětí na cívkách. Tyto motory disponují čtyřmi vývody a nazývají se bipolární. Ovládání těchto motorů je řízeno vždy napětím na obou cívkách s navzájem opačně zapojeným magnetickým polem. Bipolární motor tak disponuje podstatně větším krouticím momentem, což je jeho hlavní výhoda. Ta je vykoupena podstatně větší spotřebou energie.



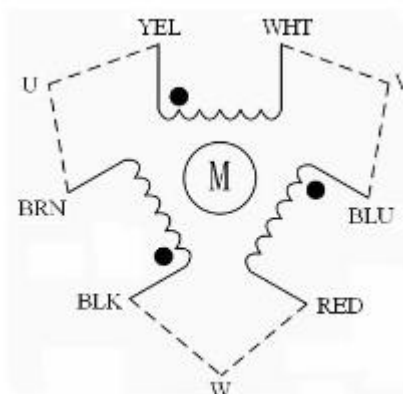
Obrázek 14 Bipolární vinutí motoru

Zdroj: <https://i.stack.imgur.com/O0h9D.png>

Motory podle konstrukčního provedení rozdělujeme na krokové motory s permanentními magnety, reluktanční a hybridní.

- Motor s permanentními magnety díky magnetickému poli permanentních magnetů udržuje klidovou polohu rotoru i v případě, že není vinutí napájeno. Permanentní magnety jsou umístěny na rotoru, který má jiný počet pólů než stator.
- Motory reluktanční čili motory pracující na principu rozdílné magnetické vodivosti se natočí vždy do pozice, které je kladen nejmenší magnetický odpor. Podmínkou pro funkci motoru je rozdílný počet pólů na statoru a rotoru.
- Hybridní motory kombinují obě výše zmíněné konstrukce.<sup>19</sup>

Poslední rozdělení motorů je na počet fází čili počet vinutí v krokovém motoru. Běžně používané jsou dvou fázové. Tří a více fázové jsou konstrukčně náročnější a používají se převážně na speciální pohony, u kterých je kladen důraz na nižší vibrace či jemnější krok. Více fázové motory jsou však podstatně dražší, je zde i složitější řízení motorů a podstatně vyšší spotřeba elektrické energie.



Obrázek 15 Zapojení tří fázového motoru

Zdroj: <http://www.cncshop.cz/PDF/863S.pdf>

<sup>19</sup> SKALICKÝ, CSC., Prof. Ing. Jiří. *Elektrické servopohony* [online]. Vysoké učení technické v Brně. <https://www.vutbr.cz/>: ÚSTAV VÝKONOVÉ ELEKTROTECHNIKY A ELEKTRONIKY [cit. 2019-03-19]. Dostupné z: [https://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKewjygJCvgI\\_hAhUEKIAKHQ5DCGMQFjAAegQIAxAC&url=https%3A%2F%2Fwww.vutbr.cz%2Fwww\\_base%2Fpriloha.php%3Fdpid%3D33400&usg=AOvVaw2DdgXx0-OK69WfvANKPUCg](https://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKewjygJCvgI_hAhUEKIAKHQ5DCGMQFjAAegQIAxAC&url=https%3A%2F%2Fwww.vutbr.cz%2Fwww_base%2Fpriloha.php%3Fdpid%3D33400&usg=AOvVaw2DdgXx0-OK69WfvANKPUCg)

Vzhledem k tomu, že se krokové motory využívají v tiskárnách či kopírkách, neměl by být pro vyučujícího problém z některého vysloužilého zařízení tento motor získat. Praktickou ukázkou připojení stejnosměrného napětí na vývody motoru lze žákům následně ukázat nejen funkci, ale i konstrukci krokových motorů a tím učivo více upevnit.

Při výběru motorů je důležité vědět, jaké zatížení bude na motor působit vlivem zrychlení a setrvačné síly při pohybu suportem, což v amatérských podmínkách můžeme změřit závěsnou ruční vahou. Dalším důležitým aspektem je krouticí moment motoru a napájecí napětí. Motor by měl být zvolen tak, aby měl minimálně dvojnásobný krouticí moment a jmenovitou hodnotu čtvrtiny napájecího napětí. Drivery krokových motorů mají další vlastnost, kterou se musíme zabývat, a to je maximální vstupní frekvence. Požadovaná rychlost suportu je závislá na počtu impulsů, které dokáže driver zpracovat a předat krokovému motoru. Vezmeme-li jako vzor dvoufázové motory a drivery z obchodu [www.cncshop.cz](http://www.cncshop.cz), získáme základní údaje pro výpočet počtu otáček krokového motoru při použití mikrokrokování. Například maximální vstupní frekvence driveru je 75KHz a základní úhel motorů je 1,8°. Při použití osmi mikrokrokových, úhlu 1,8° a maximální frekvenci 75KHz se motor může otáčet až 46,875 ot/s ( $75000/(8 \cdot 200) = 46,875$ ).<sup>20</sup>

## 2.2 LINEÁRNÍ VEDENÍ

Lineární vedení jsou součásti strojů, které umožňují jejich suportům pohyb v osách. Na starších litinových strojích bylo vedení součástí lože, které se vytvářelo tzv. zaškrabáváním, jehož tření bylo snižováno olejovým filmem v nerovnostech po zaškrabávání, tzv. rybinách. Kluzné vedení, které je přímo součástí lože, má nevýhody, které spočívají v nízkých hodnotách tlumení rázů, citlivosti na nečistoty nebo problémem s mazáním a krytováním, které chrání vedení před nečistotami.<sup>21</sup> Tento způsob vytvoření lineárního vedení je nemožné v amatérských podmínkách vyrobit. Vzhledem k upouštění od výroby celo litinových strojů a přecházení na konstrukce svařené z oceli, se také změnila technologie lineárních vedení a začala se používat převážně vedení konstrukčně založená na principu valivých ložisek.

<sup>20</sup> Admin E-konstrukter. 10 tipů jak vybrat krokový motor. *E-konstrukter: Portál pro strojní konstruktéry* [online]. 2016, 28.2.2016 [cit. 2019-03-28]. Dostupné z: <https://e-konstrukter.cz/novinka/10-tipu-jak-vybrat-krokovy-motor>

<sup>21</sup> ŠTULPA, Miloslav. CNC obráběcí stroje a jejich programování. Praha: BEN - technická literatura, 2006. ISBN 80-7300-207-8.

### 2.2.1 BROUŠENÉ TYČE

Přesně broušené lineární tyče se využívají jako lineární vedení v mnoha aplikacích, kde je nutné zajištění odolného a přesného vedení. Tyto tyče je možné použít samostatně s uchycením pouze na jejich koncích, nebo s podpěrou po celé jejich délce. Podle způsobu použití tyčí je následně nutné zvolit vhodné kuličkové pouzdro vždy pro konkrétní řešení. Vodicí tyče mohou být vyrobené z plného materiálu nebo duté, kterými je možné přivádět do stroje mazivo či chladicí kapalinu nebo plyn. Vzhledem k prokalení povrchu v řádech desetin milimetru až milimetrů se vyznačují vysokou stabilitou udržení přesných rozměrů a dlouhou životností. Na povrch vodicích tyčí může být použit tvrdý chrom nebo nerezová ocel, která má vysokou chemickou odolnost, ale jejich povrch naopak nedosahuje tvrdosti tepelně zušlechťených ocelí. Výhodou broušených tyčí je jejich cena, ale bohužel je možné jejich používání pouze na krátké vedení z důvodu průhybu tyče pod vahou suportu. Tento problém je možné za cenu mírného zvýšení nákladů vyřešit podpěrou tyčí, avšak ani zde se nedostaneme bez jejich pevného podložení na větší vzdálenosti než 1,5m. Tomuto průhybu je možné zabránit usazením podepřených tyčí na lože pracovního stroje. Následující tabulka představuje druhy podepřených tyčí a jejich možné použití.

Označení	Vlastnosti	Provedení	Tvrdost vodicí plochy	Tolerance vnějšího průměru
<b>W</b>	Velmi vysoká tvrdost tyče Slabá odolnost proti korozi	Plné tyče indukčně kalené, broušené	62+/-2 HRC	h6
<b>WV</b>	Vnější průměr kalený a tvrdě chromovaný 5-10 µm, částečná odolnost proti korozi	Tvrdochromované indukčně kalené a broušené tyče	900-1100 HV	h7
<b>WRB</b>	Vysoká tvrdost povrchu, odolnost proti korozi	Nerezové indukčně kalené a broušené tyče	55+/-2 HRC	h6
<b>WRA</b>	Vysoká tvrdost povrchu, odolnost proti korozi a chemikáliím	Nerezové indukčně kalené a broušené plné tyče	57+/-2	h6
<b>WH</b>	Velmi vysoká tvrdost tyče, slabá odolnost proti korozi, nízká hmotnost, možnost vedení kabelů, vzduchu atd.	Duté tyče indukčně kalené a broušené	62+/-2 HRC	h6

Tabulka 1 Vlastnosti přesných tyčí

Zdroj: [http://www.ebeco.cz/galerie/00010290-rozdeleni\\_tyci\\_dle\\_vlastnosti\\_a\\_materialu.pdf](http://www.ebeco.cz/galerie/00010290-rozdeleni_tyci_dle_vlastnosti_a_materialu.pdf)





Obrázek 16 Podepřená tyč - kolejnice

Zdroj: [https://cnc.inshop.cz/inshop/catalogue/products/pictures/SBR\\_Main5.jpg](https://cnc.inshop.cz/inshop/catalogue/products/pictures/SBR_Main5.jpg)

### **2.2.2 VEDENÍ S PROFILOVOU KOLEJNICÍ**

Lineární vedení s profilovou kolejnici patří mezi nejlepší možná řešení. Vozík, který se pohybuje po profilové kolejnici, může podle způsobu výroby jako valivý element používat kuličky nebo válečky, které snášejí vyšší zatížení. Kolejnice jsou profilované z důvodu lepšího udržení horizontální i vertikální pozice. Výhodou je možnost zvolit větší šířku kolejnice se zachováním stejné výšky, a tím zajistit podstatně větší zatížení na vozík při rozumných rozměrech, oproti broušeným tyčím, kde je nutné zvětšovat rozměr ve všech směrech. Pro montáž jsou již kolejnice i vozíky opatřeny přesně rozmístěnými otvory, ale nezbytnou podmínkou montáže je absolutně rovná podkladová plocha, případně přesně zafrézované podpěrné drážky. Výhody tohoto typu vedení jsou tuhost, nosnost, nízký valivý odpor, dlouhá životnost a přesnost. Mezi nevýhody patří nutnost přesného usazení a tudíž vysoké nároky na opracování konstrukce včetně vysoké ceny.



Obrázek 17 Profilové vedení s vozíky

Zdroj: <https://www.skfmotiontechnologies.com/sites/default/files/products/5.2.6 LLR.png>

Přesně broušené volné a podepřené tyče i lineární vedení z profilovaných kolejnic patří mezi nejčastější vedení, která se používají v amatérské i profesionální výrobě strojů. Nemusí se však nutně jednat o CNC stroje. Lineární vedení je vždy vybíráno nejprve podle použití stroje, tvrdosti opracovávaného materiálu, požadavku na přesnost, požadavků na rychlost opracování a životnost a samozřejmě podle výše finanční investice. Další méně používaná vedení mohou být vedení s pojezdovými rolnami nebo vedení s omezenou délkou pojezdu, kde valivým elementem mohou být válečky, kuličky nebo jehly.

## 2.3 ŠROUBY

Pohybové šrouby mají velký vliv na přesnost stroje, neboť vlivem tření matice v závitech dochází k opotřebování celé pohybové soustavy a tím postupnému zvětšování vůlí, které způsobuje další nepřesnost stroje. Vůle lze zmenšit dotažením nebo přidáním další matice, ale tím také zvětšíme tření a dochází k ještě většímu opotřebování soustavy. Je také nutné počítat s určitým úbytkem výkonu motoru na tyto ztráty a zhoršením dynamiky stroje. Jako nejčastěji používané pohybové šrouby jsou metrické závitové tyče, trapézové šrouby a kuličkové šrouby.

### 2.3.1 METRICKÉ ZÁVITOVÉ TYČE

Metrické závitové tyče primárně slouží ke spojování materiálů a k účelu pohybových šroubů na strojích nejsou určeny. Využívají se pouze v amatérských podmínkách, a to jen díky velmi příznivé ceně, která se v závislosti na průměru závitové tyče pohybuje v jednotkách až

desítkách korun. Tímto však výhody metrických závitových tyčí končí. První nevýhodou je nutnost vícekrát otočit šroubem na to, abychom posunuli portál na určitou vzdálenost. Toto je způsobeno stoupáním závitu, který je 1,5 mm na jednu otáčku. K posunu portálu o 50 cm budeme tudíž potřebovat téměř 334x otočit šroubem. Další nevýhodou je vysoká nepřesnost, která se snižuje buď zajištěnými kontra maticemi, nebo dvěma maticemi, mezi které je vložena tuhá pružina stále vymezující vůle. Tímto vymezením vůlí se však docílí pouze toho, že se zvětší tření a tím se značně zvyšuje opotřebování materiálu. K opotřebování tyčí a matic dochází v poměrně krátkém čase, neboť ocel, která se používá na výrobu metrických závitových tyčí, je měkká a není odolná proti otěru. Mírné snížení jedné z těchto nevýhod je možné za použití pevnostních závitových tyčí, ale ani tak nedosáhneme výrazného prodloužení životnosti.



Obrázek 18 Příklad použití metrické závitové tyče na CNC router

Zdroj: <https://forum.strojirenstvi.cz/download/file.php?id=68436&mode=view>

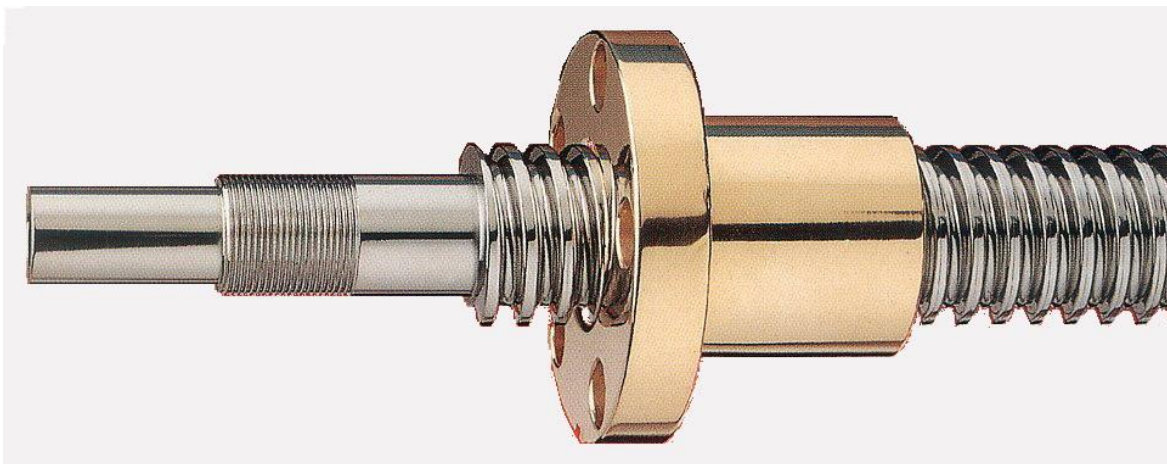
### 2.3.2 TRAPÉZOVÉ ŠROUBY

Trapézové pohybové tyče jsou nejstarší používaná technologie pro pohyb strojních suportů obráběcích strojů. Jedná se o přesné vodící šrouby s lichoběžníkovým závitem a nejčastěji používaným stoupáním 4mm na otáčku. Oproti metrickému šroubu tak na posun suportu do vzdálenosti 50cm stačí 125 otáček šroubu. Tento princip je opět založen na šroubu a matici, a proto i zde musíme počítat s třením materiálů a časem vznikajících vůlí. Pro vyšší odolnost je možné použít trapézové šrouby a matice z nerezové oceli, avšak na úkor vyšší ceny. Pro snížení tření se používají matice vyrobené ze silonu nebo bronzu, neboť tyto

materiály vynikají samomaznou schopností. Použití pro CNC je možné, ale je nutné s postupujícím opotřebením materiálů provádět v řídicím softwaru korekce na vymezení těchto vůlí.

Trapézové šrouby jsou vyráběny s válcovaným nebo frézovaným závitem. Výhoda válcovaného závitu, který je prováděn válcováním za studena, je větší pevnost, vyšší tvrdost a otěruvzdornost, vysoká tvarová a rozměrová přesnost, hladký povrch s nízkou drsností a pro výrobce také materiálová úspornost, neboť závit vzniká působením rotujícího válečkovacího nástroje přitlačovaného na materiál.<sup>22</sup>

V hobby konstrukcích se jedná o velmi oblíbený systém pohybového aparátu, neboť přesnost a odolnost, kterou disponují trapézové tyče, je v poměru k ceně přijatelná. Cena se pohybuje v řádech stokorun na jeden metr tyče, stejně jako trapézová matice.



Obrázek 19 Trapézový šroub s maticí

Zdroj: [http://www.ebeco.cz/galerie/00010243-obr\\_trapéz.jpg](http://www.ebeco.cz/galerie/00010243-obr_trapéz.jpg)

<sup>22</sup> Haberkorn: Trapézové šrouby a matice. *HABERKORN: Eshop Haberkorn* [online]. 2019, 11.1.2019 [cit. 2019-03-31]. Dostupné z: <https://eshop.haberkorn.cz/pohonne-elementy/trapezove-srouby-a-matice/>

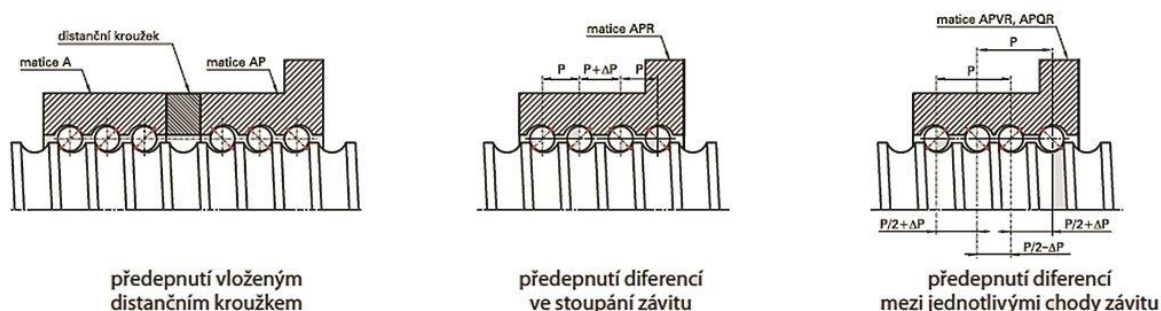
Rozměr závitu	Připustná síla v tahu v kp	Max. tlak v kp při délce šroubu (m) a 6-ti násobné bezpečnosti														
		0,15	0,20	0,30	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	3,00	4,00	5,00
Tr 10 x 3	330	136	75	33,0	12,0	5,4	3,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tr 12 x 3	570	393	221	98,3	35,4	15,7	8,9	5,6	3,9	-	-	-	-	-	-	-
Tr 14 x 4	710	612	345	153,0	55,2	24,6	13,8	8,8	6,1	4,5	3,4	2,7	-	-	-	-
Tr 16 x 4	1.040	-	740	329,0	118,0	45,0	29,5	19,0	13,1	9,6	7,4	5,8	4,7	3,3	1,8	-
Tr 20 x 4	1.890	-	-	1.085	391,0	173,8	97,7	62,5	43,4	31,9	24,4	19,3	15,6	10,8	6,1	3,9
Tr 24 x 5	2.690	-	-	2.202	794,0	353,0	198,0	127,0	88,2	64,8	49,6	39,2	31,7	22,0	12,4	7,9
Tr 28 x 5	3.980	-	-	-	1.732	770,0	433,0	277,0	192,5	141,2	108,2	85,6	69,2	48,2	27,0	17,3
Tr 30 x 6	4.340	-	-	-	2.062	918,0	517,0	330,0	229,0	168,0	129,0	102,0	82,5	57,3	32,2	20,6
Tr 32 x 6	5.110	-	-	-	2.860	1.271	715,0	458,0	318,0	233,0	178,0	141,0	114,3	79,4	44,7	28,6
Tr 36 x 6	6.830	-	-	-	5.120	2.280	1.280	820,0	569,0	418,0	320,0	253,0	205,0	142,2	80,0	51,2
Tr 40 x 7	8.300	-	-	-	7.560	3.360	1.890	1.210	840,0	617,0	472,0	377,0	302,0	210,0	118,0	75,6
Tr 44 x 7	10.460	-	-	-	-	5.330	3.000	1.920	1.332	980,0	750,0	593,0	480,0	333,0	187,0	120,0
Tr 50 x 8	13.530	-	-	-	-	8.940	5.020	3.218	2.230	1.640	1.255	993,0	804,0	558,0	314,0	201,0
Tr 52 x 8	14.550	-	-	-	-	10.530	6.045	3.815	2.610	1.925	1.485	1.150	940,0	660,0	375,0	230,0
Tr 60 x 9	20.030	-	-	-	-	19.570	11.000	7.050	4.890	3.595	2.750	2.178	1.761	1.222	688,0	440,0
Tr 70 x 10	27.810	-	-	-	-	-	21.200	13.570	9.420	6.920	5.300	4.180	3.390	2.352	1.325	848,0

Tabulka 2 Tabulka zatížení metrických ISO trapézových šroubů

Zdroj: <https://eshop.haberkorn.cz/pohonne-elementy/trapezove-srouby-a-matice/>

### 2.3.3 KULIČKOVÉ ŠROUBY

Kuličkové šrouby jsou nejlepším možným řešením pro posun suportů. Vyznačují se vysokou přesností, odolností a díky své konstrukci založené na principu valivého ložiska vynikají minimálním opotřebením a téměř zanedbatelným třením. Princip spočívá v uložení kuliček mezi maticí a závitovou tyčí, čímž se zvyšuje účinnost, zmenšuje opotřebení závitů a snižuje ohřívání komponent vlivem tření. Vůle zde mohou díky předepnutí být nulové. Předepnutí je možné provést několika způsoby, které jsou zobrazeny na následujícím obrázku.



Obrázek 20 Vymezení vůlí kuličkových šroubů

Zdroj:

[https://www.mmspektrum.com/content/image/gallery/0005\\_2015\\_113\\_1430146678/ksk\\_obr\\_01\\_bi.jpg](https://www.mmspektrum.com/content/image/gallery/0005_2015_113_1430146678/ksk_obr_01_bi.jpg)



Obrázek 21 Řez maticí

Zdroj: <https://www.mmspektrum.com/clanek/volba-kulickovych-sroubu.html>

Důležité pro správnou funkci pohybového mechanismu s kuličkovým šroubem je statická tuhost, kterou ovlivňuje nejen konstrukce šroubu, ale i jeho uložení v konstrukci. Axiální uložení může být provedeno jednostranně nebo oboustranně. Oboustranné uložení vykazuje lepší statickou tuhost, ale je nutné zvážit vliv dilatací na zahřívání šroubu, což může způsobovat teplotní dilatace a zvyšovat nepřesnost. U profesionálních přesných strojů je řešena i roztažnost tyčí vlivem ohřívání materiálu. Kuličkový šroub je uložen v axiálních ložiscích na obou stranách a je předepnut na tah. Následným zahříváním při provozu dojde nejdříve k eliminaci předepnutí a dalším ohřevem dojde k axiálnímu předepnutí nutnému pro získání správné tuhosti posuvného systému.<sup>23</sup>

Kuličkové šrouby a matice se vyrábějí ve více provedení a není problém najít správné řešení vždy na konkrétní případ použití. Jedinou jejich nevýhodou je vysoká cena, která se pohybuje v řádech tisíců až desetitisíců korun.

---

<sup>23</sup> MAREK, Prof. dr. Ing. Jiří. MMSPEKTRUM: Kuličkové šrouby a matice ve stavbě CNC obráběcích strojů, část 1. *MMSPEKTRUM: Posuvová soustava* [online]. 2019, 2019 [cit. 2019-03-31]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/kulickove-srouby-a-matice-ve-stavbe-cnc-obrabecich-stroju-cast-1.html>



Obrázek 22 Kuličkové šrouby s maticemi

Zdroj: [https://www.mnsystems.cz/images/kulickove\\_srouby\\_snr.JPG](https://www.mnsystems.cz/images/kulickove_srouby_snr.JPG)

## 2.4 KONSTRUKCE

Výběr konstrukce CNC stroje se provádí podle toho, jakou tuhost stroje budeme požadovat vzhledem k opracovanému materiálu a eliminaci vibrací stroje, jak velká je požadovaná pracovní plocha a v kolika osách se bude vřetenem s nástrojem pohybovat. V základu je možné rozdělit CNC stroje na konzolové a portálové, které je dále možno rozdělit na stroje s pevným a pohyblivým portálem. Dále je důležité vhodně zvolit materiál, ze kterého bude stroj vyroben. Konstrukce profesionálních strojů, kde je kladen důraz na rychlost opracování, se využívá na výrobu konstrukční litina, polymer beton, uhlíková vlákna, a pro velmi přesné stroje také žula nebo kombinace různých materiálů, například ocelová konstrukce vyplněná polymer betonem nebo hliníkovou pěnou.<sup>24</sup> Nejčastěji se však v hobby strojích využívá aluminium a jeho lehké slitiny, případně jsou konstrukce svařeny z oceli. Je to z důvodu snazšího opracování těchto materiálů v amatérských podmínkách.

### 2.4.1 KONZOLOVÁ KONSTRUKCE

Tento typ konstrukce se vyznačuje velmi tuhou konstrukcí a je tudíž určen převážně k opracování oceli. Vřetena těchto strojů bývají uložena převážně horizontálně a nezřídka

<sup>24</sup> JANÍČKOVÁ, Ing. Petra. Moderní konstrukční řešení CNC strojů. *Střední odborná škola technická Uherské Hradiště: Moderní konstrukční řešení CNC strojů* [online]. 2016, 30.6.2012 [cit. 2019-04-01]. Dostupné z: <http://www.uh.cz/szesgsm/files/sblizovani/pdf/mod-konstr-cnc.pdf>

bývají opatřena kyvnou hlavou pro možnost obrábění materiálu z více stran. Vřeteno je pevně přiděláno ke konstrukci a zajišťuje pohyb osy „Z“. Osy „X“ a „Y“ jsou zajišťovány křížovým stolem. Konstrukce je velmi náročná na výrobu a přesnost opracování velkých ploch křížového stolu. Konzolová konstrukce se v amatérských podmínkách příliš často nevyrobí, a pokud je potřeba tento typ konstrukce využít pro CNC stroj, dochází ve většině případů k úpravě již továrně vyrobených konvenčních strojů.



Obrázek 23 Konzolová CNC fréza

Zdroj: [https://www.cnc-xyz.cz/media/k2/items/cache/39eee751af30032eece2f48de2de4ba\\_XL.jpg](https://www.cnc-xyz.cz/media/k2/items/cache/39eee751af30032eece2f48de2de4ba_XL.jpg)

#### 2.4.2 PORTÁLOVÁ KONSTRUKCE

Portálové konstrukce nedosahují tuhosti konzolových konstrukcí, ale při správném řešení konstrukce a udržení malých rozměrů stroje je možné dosáhnout velmi dobré tuhosti a opracovávat s upravenými reznými podmínkami i měkké kovy. Její výhodou je větší pracovní prostor pro opracovávaný materiál a jednodušší konstrukce. Portálové stroje s pevným portálem jsou konstrukčně vyrobeny tak, že portál je pevnou součástí konstrukce a fréza s nástrojem vykonává pohyb pouze v osách „X“ a „Z“. Osa „Y“ je řešena pohybem pracovního stolu, na kterém je přichycen opracovávaný materiál. Jedná se o konstrukčně jednodušší stavbu portálové frézy, neboť je možné boky frézy vyrobit jako jeden kus s portálem i se základnou frézy.



Fréza s pohyblivým portálem se oproti fréze s pevným portálem vyznačuje nižší tuhostí, neboť všechny osy „X, Y, Z“ jsou řešeny na pohyblivém portále a je velmi důležité vhodně zvolit lineární vedení, na kterých je závislá tuhost celého stroje. Disponuje však mnohem větším pracovním prostorem, a tím možnost obrábět rozměrově větší obrobky. Její pracovní rozměry tak mohou být i 2000x10 000mm<sup>25</sup>. Pro svou výhodu velké pracovní plochy a nevýhodu nízké tuhosti jsou využívány převážně jako CNC laserové či plasmové řezačky, vrtačky nebo frézky zpracovávající dřevo či plasty.



Obrázek 24 Portálová fréza

Zdroj: <http://cz.tkwaterjet.es/uploads/201711193/p201703071118190021301.jpg>

### 2.4.3 MATERIÁL KONSTRUKCE

CNC stroje se vyrábějí de facto ze všech dostupných materiálů. Není proto výjimkou setkat se se strojem vyrobeným ze dřeva, laminových či MDF desek, hliníku, duralu, oceli, litiny a jiných i méně dostupných materiálů. Dřevo jako materiál má pravděpodobně pouze jednu kladnou vlastnost, a to je vysoká schopnost pohlcení vibrací, jinak díky jeho objemové nestálosti vlivem rozdílným teplotám a vlhkosti pracovního prostředí se tolerance přesnosti

<sup>25</sup> Macmatic: Rozdělení CNC obráběcích strojů. *Macmatic: Portálová obráběcí centra* [online]. 2016, 6.10.2016 [cit. 2019-04-01]. Dostupné z: <https://www.macmatic.cz/component/content/article/40-technicke-clanky/67-rozdeleni-cnc-obrabecich-stroju>

neustále mění a tuhost konstrukce neumožňuje kvalitní a přesné frézování. Je možné takový stroj používat pouze jako laser nebo plotter, a to jen v případě, že nepožadujeme vysokou dynamiku stroje. Změnou materiálu ze dřeva na laminové či MDF desky můžeme získat větší stálost při změnách vlhkosti a teploty, ale docílíme pouze ještě většího zhoršení tuhosti konstrukce. Tyto ryze amatérsky postavené konstrukce se využívají pouze výjimečně, převážně v kombinaci s metrickými závitovými tyčemi a ložisky jako lineárním vedením, a to pouze v případech kdy požadujeme postavit CNC stroj s velmi omezeným finančním rozpočtem.

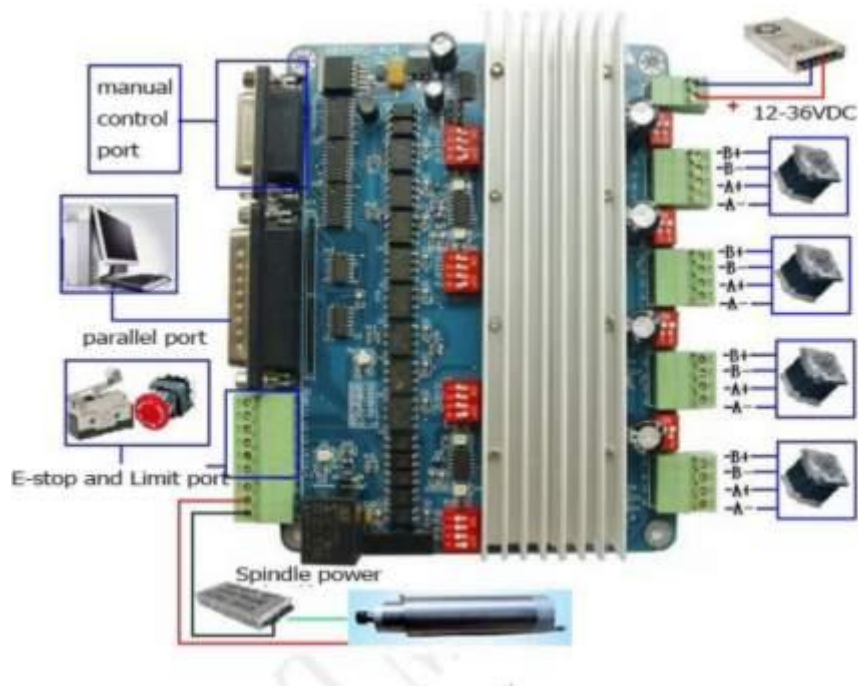
Častěji se setkáme s konstrukcí z aluminia nebo jeho lehkých slitin, například duralem. Rámy těchto strojů se vyznačují vysokou dynamikou a vyšší tuhostí stroje, ale za cenu vysokých nákladů na pořízení materiálu. Využívají se dva způsoby sestavení konstrukce. Prvním je vypálení dílů z plechu a jeho následným svařením, na které je nutné použít ne každému dostupnou technologii na svařování hliníku TIG (Tungsten Inert Gas). Druhou možností je plechy sešroubovat. Na výrobu konstrukce se také využívají hliníkové lišty a profily, které jsou opatřeny výztuhami v nejmáhaných částech stroje a taktéž opatřeny šroubovanými spoji. Tento způsob vyřešení konstrukce je nejčastěji využíván v hobby strojích, neboť tyto měkké kovy se snadno opracovávají a výsledná konstrukce je lehčí. Konstrukce z lehkých kovů zpravidla nepřekračují pracovní rozměry 1000x500mm.

Další možností je vytvořit konstrukci z ocele. Výhodou ocelové konstrukce je možnost vyrobit stroj s většími pracovními rozjezdy za cenu nižších nákladů na materiál. Obvyklý postup při výrobě těchto strojů je vyřezání dílů z ocelových plechů plasmou nebo vodním paprskem a jejich následným svařením, případně nepříliš často používaným sešroubováním. Nevýhodou jsou nepřesnosti v konstrukci, které vzniknou při svařování, vlivem následného pnutí materiálu. Toto pnutí přetrvává velmi dlouhou dobu, a pokud není odstraněno, mohou se nepřesnosti ukázat až po nějakém čase používání. Pnutí materiálu je možné odstranit pouze svařením celé konstrukce a jejím následným žiháním (ohřátím celé konstrukce na vysokou teplotu a postupným zchlazováním). Tomuto problému se při výrobě hobby stroje nevěnuje přílišná pozornost, ale profesionální stroje, kde je kladen důraz na přesnost, musí s pnutím konstrukce počítat. Pokud se jedná u profesionálních strojů o sériovou výrobu, velmi často se využívá odlévání konstrukcí do forem, kde jsou již i technicky řešeny výztuhy nejmáhaných částí stroje.

Ocelová konstrukce však velmi špatně pohlcuje vibrace a tak se velmi často kombinuje s jinými materiály. Nejpoužívanější je polymerní beton, který je tvořen kombinací štěrku a pryskyřice. Polymerní beton je možné používat dvěma způsoby. Jedním z nich je vyplnění prostoru v dílech konstrukce betonem a druhým je zalití ocelových dílů do betonu a následné opracování do finální podoby. První způsob se využívá v hobby provedení a druhý vzhledem k náročnosti výroby formy na výrobu profesionálních strojů. U kombinace polymerního betonu a oceli je také nutné řešit rozdílnou tepelnou roztažnost dvou nesusoudných materiálů a především komplikovanost spojů mezi betonem a ocelí.

#### **2.4.4 DRIVER MOTORŮ**

Driver čili ovladač motorů je nedílnou součástí elektroniky, která zajišťuje řízení pohybu motorů. Jednou z možností je driver sestavit svépomocí. Na internetu lze najít mnoho návodů včetně návrhu tištěných spojů, seznamu součástek a jejich osazení až k popisu oživení driveru. Výhodou je získání driveru za velmi přijatelnou cenu, ale ne každý disponuje dostatečnými znalostmi elektroniky a současně má k dispozici vybavení na výrobu tištěných spojů. Druhou, podstatně dražší možností, je zakoupit driver již hotový včetně podrobného popisu nastavení a zapojení. Popis nastavení a zapojení je velmi důležitý pro následné nastavení řídicího softwaru CNC stroje, jinak stroj nikdy nespustíme. Vybrat vhodný driver není tak jednoduché, neboť musí podporovat software, který používáme a umět řídit naše pohonné jednotky. Driver může být samostatně vždy pro jeden motor, čímž dosáhneme vyšších výkonů, nebo může řídit více os. Vzhledem k tomu, že naše CNC frézka bude sloužit k výuce a nepotřebujeme tudíž dosahovat vysokých rychlostí a kroutivých momentů motorů, můžeme použít driver s nižším výstupním napětím a proudem pro napájení motorů. Ideálním řešením je výrobek Slovenské společnosti Hobby CNC H5 Controller. Tento ovladač umí ovládat čtyři motory a je tudíž možné při zapojení čtvrté osy například vyfrézovat závit. Druhou výhodou je cena, kde můžeme sestavu obsahující 4x krokový motor 1.85Nm, zdroj napětí 250W/24V, stop tlačítko, 3x koncový spínač a elektroniku ovladače H5 pořídit za 219,00,- €. Poslední výhodou je technická podpora a dostupnost materiálů k nastavení řídicího softwaru a podpora námi vybraného Mach3.



Obrázek 25 H5 CNC Ovladač

Zdroj: <http://www.cnc1.eu/sk/h5controller.htm>

Technické parametry:

- Step/Dir, LPT port, pohon krokových motorů
- 4D (4 motory)
- fázové, bipolární, micro-step řízení
- Nastavitelný mikrokrok: 1; 1/2; 1/8; 1/16
- Zatížitelnost na fázi max. DC 35V, 3,5 A
- Tichý chod
- 100kHz - max. frekvence krokování
- 4 stupně nastavení proudu
- 5 vstupů
- 1 relé (max. 230V, 3 A)
- Napájení z jednoho zdroje (integrováný spínaný zdroj)
- Ochrana proti přehřátí

- Kompatibilní software: Mach3 CNC (Windows 2000/XP, doporučené)  
a další s podporou LPT portu.

Další nastavení a technické specifikace jsou součástí přílohy č. 4.

#### **2.4.5 BEZPEČNOSTNÍ PRVKY**

Profesionální obráběcí CNC stroje jsou proti zásahu osoby do pracovního prostoru chráněny pevnými kryty, opatřenými koncovými spínači proti otevření krytu při obrábění výrobku nebo IR závorou. Pokud jsou tyto bezpečnostní prvky narušeny při aktivní činnosti stroje, okamžitě přeruší přívod napájení k pohonům, obráběcí hlavě CNC zařízení a dojde k pozastavení řídicího programu. I přes tato bezpečnostní opatření jsou zařízení opatřena tlačítkem tzv. central stop, které při stisknutí odpojí přívod elektrické energie do zařízení. Všechny tyto bezpečnostní prvky neslouží pouze k ochraně osob, ale také k ochraně zařízení samotného.

Součástí školního CNC zařízení bude tudíž i dokumentace BOZP, která po důkladném proškolení žáků bude tvořit první bezpečnostní prvek. Vzhledem k tomu, že by bylo technicky náročné vybavit navržené zařízení profesionálními bezpečnostními prvky, musí být zařízení osazeno několika tlačítky central stop tak, aby bylo možné z libovolného místa a za jakékoli situace bezpečně stroj zastavit. Poslední bezpečnostní opatření musí být vždy situováno na konkrétní pracoviště a ochránit osoby před úrazem vhodnou polohou zařízení, které by mohlo být také chráněno infrazávorou v bezpečné vzdálenosti pro osoby od stroje. Jedná se o bezpečnostní prvek, který vzhledem k neustálému dozoru vyučujícího při práci s CNC strojem není nezbytnou podmínkou.

## 2.5 NÁVRH CNC FRÉZKY PRO ŠKOLNÍ VÝUKU

CNC frézka pro výuku na škole by měla v první řadě působit na žáky edukativně. Je tím myšleno, že bude nutné za cenu žákovy pochopení technologií a principů frézky ustoupit požadavkům na kvalitativní zpracování a cílem nebude navrhnout CNC frézku pro každodenní používání, ale stroj, který žáky naučí něco nového.

Na konstrukci CNC frézky bych využil aluminiové profily z důvodu snadné montáže a možnosti využití stavebnicového systému s velkým množstvím spojovacího materiálu a příslušenstvím. Hliníkové profily budou cenově dražší, ale výhodou je možnost sestavení frézky za pomoci žáků a při pracovní ploše 500x400mm bude i tuhost a přesnost stroje přijatelná. Profily je možné přesně spojit úhelníky a konce opatřit krycími víčky. Stavbou aluminiového rámu se žáci naučí nejen manuálně zpracovávat tento měkký kov, ale získají i vědomosti o rozdílu tuhosti mezi plným a profilovaným materiálem či výhody a nevýhody šroubových spojení.

Lineární vedení při takto malých rozjezdech je možné použít pouze pomocí vodících tyčí, ale pro lepší názornost funkce lineárního vedení a zvýšení tuhosti bych doporučil použít podepřené tyče. Lineární podepřené tyče jsou mechanicky nejvíce podobné lineárním profilovaným kolejnicím, se kterými se žáci mohou v budoucnu vzhledem k jejich velkému nasazení v průmyslu, nejčastěji setkat.

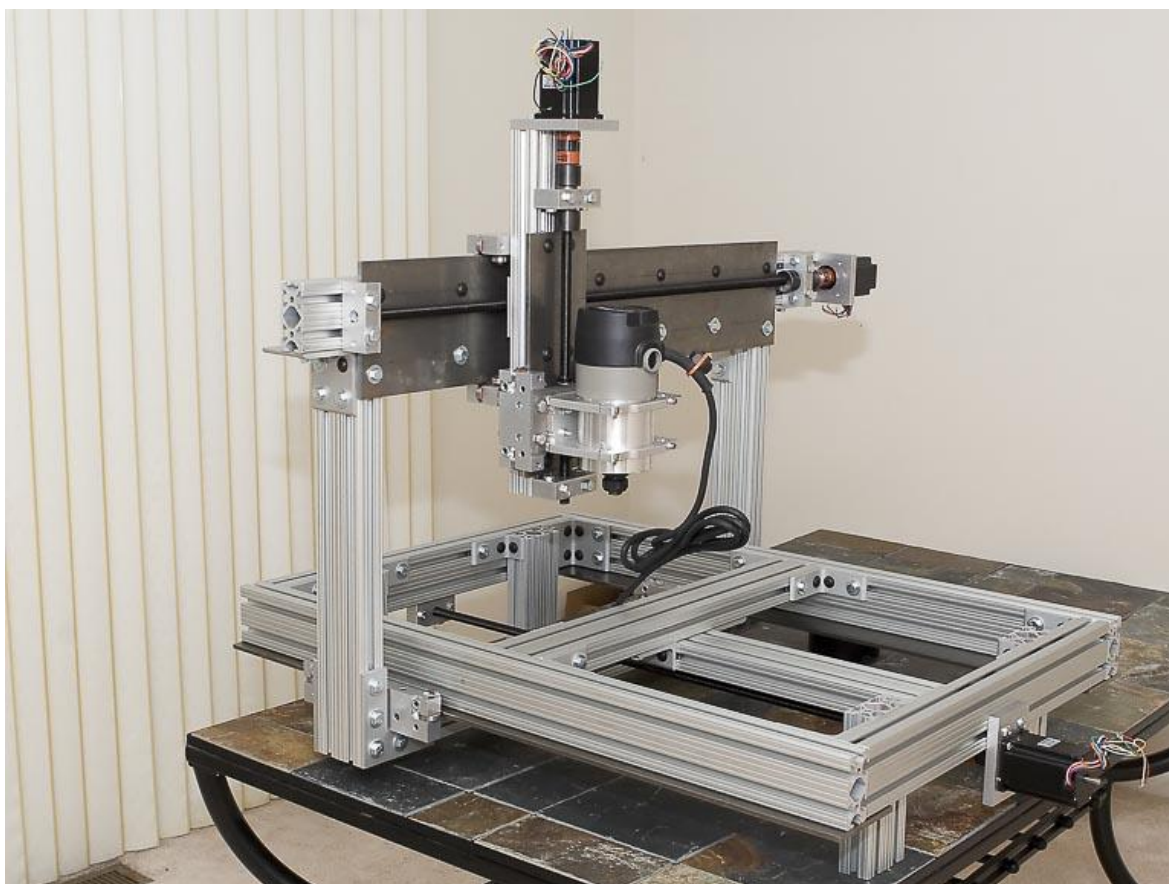
Jako pohybové šrouby jsou metrické závitové tyče zcela nevhodné, a to nejen kvůli svým fyzikálním vlastnostem, ale i pro edukativní nevhodnost. Cílem seznámení žáků s pohybovými šrouby je získání znalostí o následcích tření, tvrdosti materiálu a stoupání závitu. Nejvhodnější řešení jsou tedy trapézové tyče, které se konstrukčně podobají nejčastěji používaným kuličkovým šroubům.

Pro pohony pohybových šroubů budou z hlediska pochopení principu funkce a ceny nejvhodnější krokové motory. Krokový motor je možné získat ze staré tiskárny a žákům názorně na rozloženém motoru vysvětlit jeho princip a na funkčním motoru praktickou ukázkou předvést krokování a moment síly motoru.

CNC fréza bude vybavena mechanickými dorazy na koncích vodících tyčí proti vyjetí pohyblivých součástí stroje z pracovních pozic. Dále bude vybavena vždy dvěma koncovými spínači. Jeden bude sloužit pro zajištění kalibrace a druhý, bezpečnostní, bude připojen na

driver motoru k pinu „enable driver“, který poslouží jako elektronický doraz proti poškození stroje. Tlačítka central stop budou rozmístěna takovým způsobem, aby bylo možné stroj ze všech dostupných míst bezpečně vypnout, a jedno tlačítko bude také součástí ručního ovladače CNC zařízení.

Prostřednictvím komplexní výuky této kapitoly se žáci seznámí se základními prvky a jejich vlastnostmi, ze kterých jsou CNC stroje složeny. Žáci by tudíž při sestavování stroje a přidružené teoretické výuce měli o jeho mechanice získat dostatek znalostí, aby mohli správně nastavit všechny parametry v řídicím softwaru pro jeho bezproblémový chod. Cílem není z žáků vytvořit hotové seřizovací techniky či programátory CNC strojů, ale poskytnout jim základní teoretické informace a zasvětit je do problematiky, se kterou se většina z nich vzhledem k nástupu průmyslu 4.0 s největší pravděpodobností setká v reálném životě.



Obrázek 26 CNC frézka pro výuku na ZŠ

Zdroj: <https://cg2012.org/wp-content/uploads/2018/09/cnc-router-project-plans-hobby-robotics-cnc-of-cnc-router-project-plans.jpg>

### 3 EVALUACE ŘÍDÍCÍCH MODELOVACÍCH SOFTWARE

Před hodnocením softwaru je důležité vědět, jaký software potřebujeme pro funkci CNC zařízení od výkresu až po vytvoření výrobku. Tento proces zjednodušeně funguje tak, že vytvoříme model v softwaru (CAD), následně převedeme softwarem model do tzv. strojového jazyka (CAM), kterému rozumí stroje a řídicím softwarem, který prostřednictvím kódu strojového jazyka ovládá činnost stroje, začíná obrábění materiálu. Budeme se zde tudíž zabývat kompletním softwarovým vybavením CNC stroje. Záměrně jsem však vyřadil komerční profesionální software z této práce, např. Fanuc, Solidworks/CAM, neboť jejich cena se pohybuje v řádech desetitisíců či statisíců Kč a pravděpodobně žádná základní škola si takovou investici dovolit nemůže.

#### 3.1 ŘÍDÍCÍ SOFTWARE

Řídicí software je mozek každého CNC zařízení, a proto jsou na něj kladeny vysoké nároky. Pád softwaru uprostřed obrábění může způsobit značné škody, a proto se hlavní požadavky na řídicí software týkají především jeho spolehlivosti. Spolehlivost softwaru by však ještě měla být doplněna dostatečným výkonem spolehlivě zvládající mechaniku stroje, zpracováním dat v reálném čase a intuitivním ovládním.

##### 3.1.1 MACH3

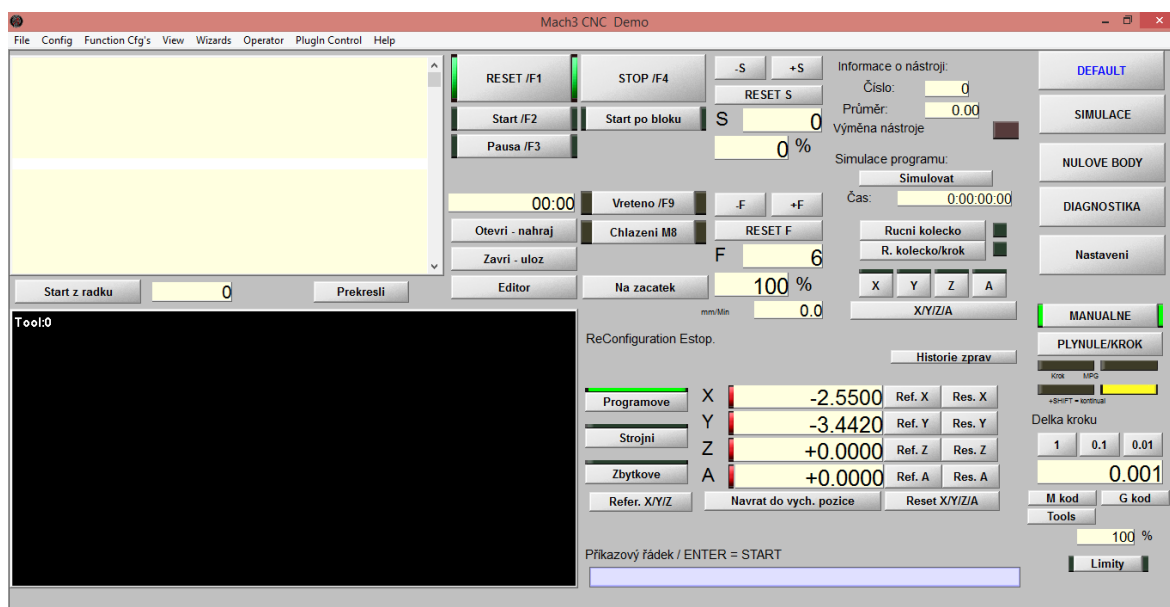
Demoverze software Mach3 je volně ke stažení na stránkách firmy ArtSoft <https://www.machsupport.com>. Patří mezi nejpoužívanější řídicí software uživatelů hobby CNC zařízení, a to nejen kvůli velmi přijatelné ceně, ale i pro velkou podporu strojů jako jsou frézy, soustruhy, lasery, řezačky polystyrenu a mnoho jiných. Další výhodou je podpora systému Windows, který je stále nejrozšířenější a nejoblíbenější operační systém a jen málo uživatelů je ochotno přejít na jinak strukturovaný systém - Linux.

Na testování softwaru Mach3 jsem použil demoverzi programu, jejíž důležitá omezení spočívají v nahrání maximálně 500 řádků G kódů a omezení frekvence generátoru na 25kHz. Časově je však možné Mach3 využívat na různá testování bez omezení. Strojní kódy, které odesílá software do driverů motorů, jsou prováděny pomocí softwarového virtuálního hardwaru. Kvůli přesnému časování odesílaného kódu má virtuální hardware nastavenou



nejvyšší prioritou, aby nedošlo k časové nesrovnalosti v generovaném kódu, neboť by následně mohlo dojít k ukončení pracovního procesu stroje.<sup>26</sup>

Instalace je jednoduchá a velice intuitivní. Uživatelské rozhraní je příjemné a přehledné, primární jazyk je angličtina, ale je možné využít částečného českého překladu dostupného volně ke stažení na <http://cnc.usysla.eu/index.php?go=mach3/upravy>. Toto české pracovní prostředí obsahuje překlad nápovědy pro G a M kódy, tlačítko pro zapnutí a vypnutí SoftLimits a nájezd do referenčních bodů.<sup>27</sup> K dispozici je také kompletní český manuál dostupný na <http://www.cncshop.cz/sw-mach3>, který nás provede celým procesem zprovoznění softwaru i hardwaru od instalace přes konfiguraci a nastavení až po příklady vzorových zapojení. Následující obrázek je ukázka úvodní obrazovky s nainstalovaným českým pracovním prostředím.



Obrázek 27 Úvodní obrazovka Mach3

Zdroj: Vlastní

Minimální požadavky na bezproblémový chod systému jsou 32-bit verze operačního systému Windows 2000 a vyšší, ale v případě, že budeme CNC zařízení ovládat prostřednictvím paralelního portu, nelze software instalovat na 64-bit verze operačních systémů. Dále je zapotřebí 1GHz procesor, 512MB RAM a neintegrováná grafická karta

<sup>26</sup> ArtSoft: *Mach3* [online]. Newfangled Solutions, 2019 [cit. 2019-01-22]. Dostupné z: <https://www.machsupport.com/software/mach3/>

<sup>27</sup> ZAHRADNÍK, Jan. *Sysel CNC: Mach3 CNC Controller* [online]. 2011 [cit. 2019-01-22]. Dostupné z: <http://cnc.usysla.eu/index.php?go=mach3/upravy>

s pamětí 32MB. V případě zpracování větších souborů G-kódů (např. 3D) je vyžadována grafická karta s pamětí s minimálně 512MB. Mach3 komunikuje se zařízením prostřednictvím jednoho nebo dvou LPT portů, ale je možno použít i COM port. Nezbytnou podmínkou pro používání tohoto softwaru je však podpora řízení driverů motorů signálem STEP/DIR, což znamená řízení motoru pulsy a směrem kroků. Při řízení tímto způsobem je nejdříve vyslán signál DIRECTION pro určení směru otáčení motoru a následně signál STEP pro vykonání jednoho kroku.<sup>28</sup> Dále je vhodné zmínit signál ENABLE, který je přímo řízen počítačem a slouží k zapínání driverů motorů a je důležitý při zapojení STOP tlačítka.

Mach3 je velmi univerzální software a je možné s ním řídit mnoho CNC zařízení, které pro obrábění materiálu využívají nejen tři osy, ale dokáže pracovat až s šesti osami a tudíž je vhodný i pro ovládání například CNC soustruhu. Ovládání vřetena soustruhu je možné nejen oběma směry, ale také je možné řídit otáčky vřetena a sledovat jeho úhlovou polohu např. pro řezání závitů. Samozřejmostí je podpora ovládacích prvků např. tlačítko STOP, snímačů koncových poloh jednotlivých os (X, Y, Z) i enkodérů pro snímání aktuální polohy os, ochranných prvků či chlazení nástroje. Program Mach3 je v komunitě Hobby CNC velmi oblíbený, a to nejen pro svoji univerzálnost a možnost přizpůsobení prostředí vlastním podmínkám, ale především pro velmi solidní poměr cena/výkon. Součástí softwaru Mach3 je také jednoduchá aplikace LazyCam, která ovšem stačí pouze na jednoduché obrábění nebo gravírování.

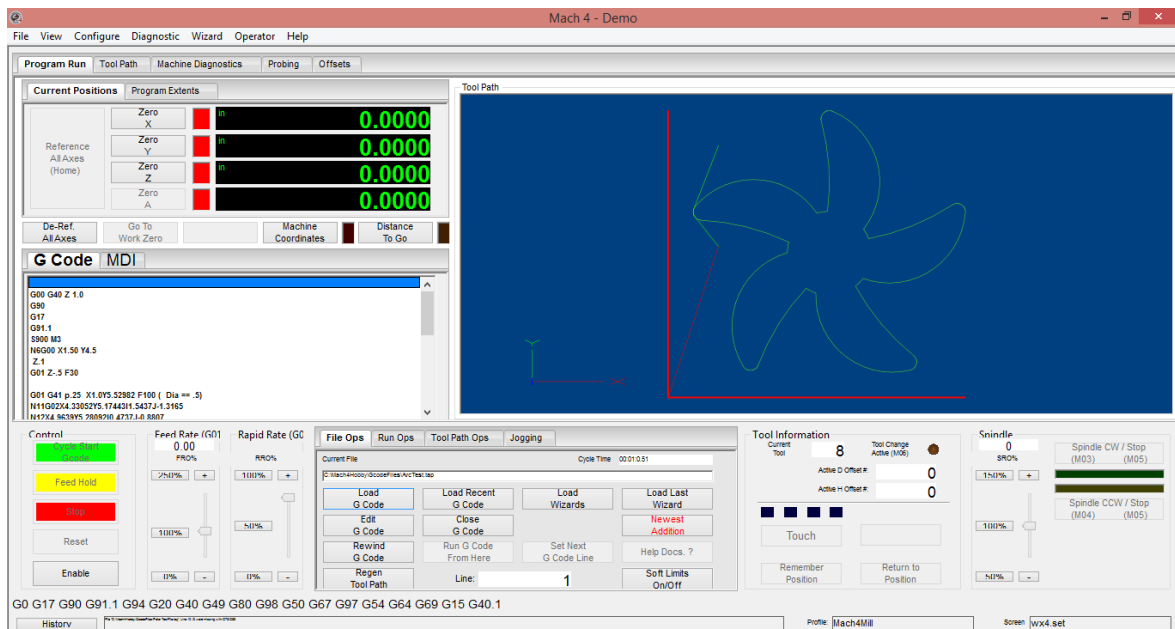
### 3.1.2 MACH4

Mach4 je nová verze softwaru Mach3, která vychází z mnohaletých zkušeností převážně hobby uživatelů, avšak s použitím pouze 1% původního kódu. Program je nyní napsaný novou strukturou, aby bylo možné v budoucnu implementovat další požadovaná rozšíření. Tato modularita umožňuje rychlejší vývoj programových rozšíření určených pro Mach4. Oproti dřívější verzi je nyní možné zakoupit software ve dvou licencích Mach4 – hobby za 200\$ a Mach4 – Industrial za 1.400\$ lišících se pouze v absenci technické podpory u hobby verze. Doporučené požadavky na Mach4 jsou v případě používání paralelního portu pro ovládání CNC stroje rozšiřující karta PCI-Express Parallel port Legacy Plugin for Mach4, procesor 2GHz, 1GB operační paměti a neintegrovanou grafickou kartu s pamětí 256MB

---

<sup>28</sup> *ArtSoft: Mach3* [online]. 2019 [cit. 2019-03-04]. Dostupné z: <https://www.machsupport.com/shop/mach3/>

nebo v případě používání velkých souborů s G-kódem a 3D souborů je vyžadována grafická karta s minimálně 512MB paměti. Užití paralelního portu také omezuje pouze na 32-bit operační systémy Windows XP, Vista a Windows 7. Oproti tomu při používání externích driverů na CNC zařízení je možné používat 32-bit nebo 64-bit verze operačních systémů Windows XP, Vista, Windows 7 a 8. Hardwarové požadavky poté zůstávají stejné a Mach4 plugin musí být kompatibilní s používanými driverem na CNC zařízení. Licence je vázána na konkrétní počítač a při změně hardwaru je nutné licenci opět aktivovat. Podpora strojů a funkcí je téměř stejná, včetně podpory úpravy základní obrazovky jako u Mach3. Zásadní rozdíl ovlivňující práci je, že Mach4 disponuje výpočty pro rychlejší a kvalitnější dráhou nástroje.<sup>29</sup>



Obrázek 28 Mach4

Zdroj: vlastní

### 3.1.3 LINUX CNC

Řídící software Linux CNC byl původně vytvořen pod názvem EMC (Enhanced Machine Controller) Národním institutem pro starty a technologie (NIST), který je agenturou obchodního oddělení vlády USA a zabýval se řízením pohybu na zkušebních platformách. V roce 2003 uskutečnila uživatelská komunita EMC první setkání a vznikl zde návrh na

<sup>29</sup> ArtSoft: Mach4 [online]. 2019 [cit. 2019-04-09]. Dostupné z: <https://www.machsupport.com/downloads-updates/main-programs/>

restrukturalizaci kódu pro snadné rozvíjení (EMC2) a v roce 2011 byl název změněn na Linux CNC.<sup>30</sup>

Linux CNC je založen na linuxovém jádru a je možné z domovské stránky [www.linuxcnc.org](http://www.linuxcnc.org) stáhnout live CD nebo software jednoduše nainstalovat na linuxových distribucích Debian a Ubuntu. Velkou výhodou softwaru je navázání na licenci GNU GPLv2. Díky této licenci je Linux CNC stále vyvíjen a vylepšován aktivní komunitou uživatelů a podporuje tím nejen značné množství strojů (frézy, soustruhy, 3D tiskárny, laserové a plasmové řezačky, robotická ramena atd.) a značnou kompatibilitu s různými hardwarovými prostředky, ale i řadu pokročilých ovládacích funkcí, neboť zdrojový kód je k úpravám volně dostupný všem uživatelům. Díky této komunitě je možné využívat pro řízení strojů také dotykové zobrazovací zařízení.<sup>31</sup>

Minimální požadavky na hardware se liší podle výběru nosného operačního systému. Použijeme-li pro instalaci Ubuntu 6.06, je doporučena minimální konfigurace 256MB RAM, CPU Pentium II nebo III 400MHz, 4GB HDD a externí grafická karta. Pro pohodlnou práci se však doporučuje 512MB RAM a paradoxně s rychlejšími procesory nemusí LinuxCNC pracovat lépe či rychleji. Vzhledem k tomu, že LinuxCNC je k dispozici pouze v 32bit verzi, je možné provést instalaci Ubuntu 32bit na procesory podporující 64bit architekturu a vše bude správně fungovat, ale již nelze nainstalovat na Ubuntu 64bit, aby fungovalo řízení stroje, funguje pouze simulace. Hlavním důvodem, proč poslední podporovaná verze systému Windows byla platforma Win2000 NT, je nutnost platformy podporující výpočty v reálném čase (realtime), a proto je možné LinuxCNC instalovat pouze na linuxová jádra podporující rozšíření RTAI (realtime – čtení a zápis musí být co nejrychlejší – v reálném čase). Řízení pohonů motorů v reálném čase je výhodou, neboť na rozdíl od softwaru pracujícím pod systémem Windows např. Mach3, je zde zaručeno spolehlivé řízení pohonů. LinuxCNC disponuje několika GUI (Grafické Uživatelské Rozhraní) a podporuje řízení až devíti os prostřednictvím LPT portu. Z pracovních režimů je možné volit manuální (uživatel

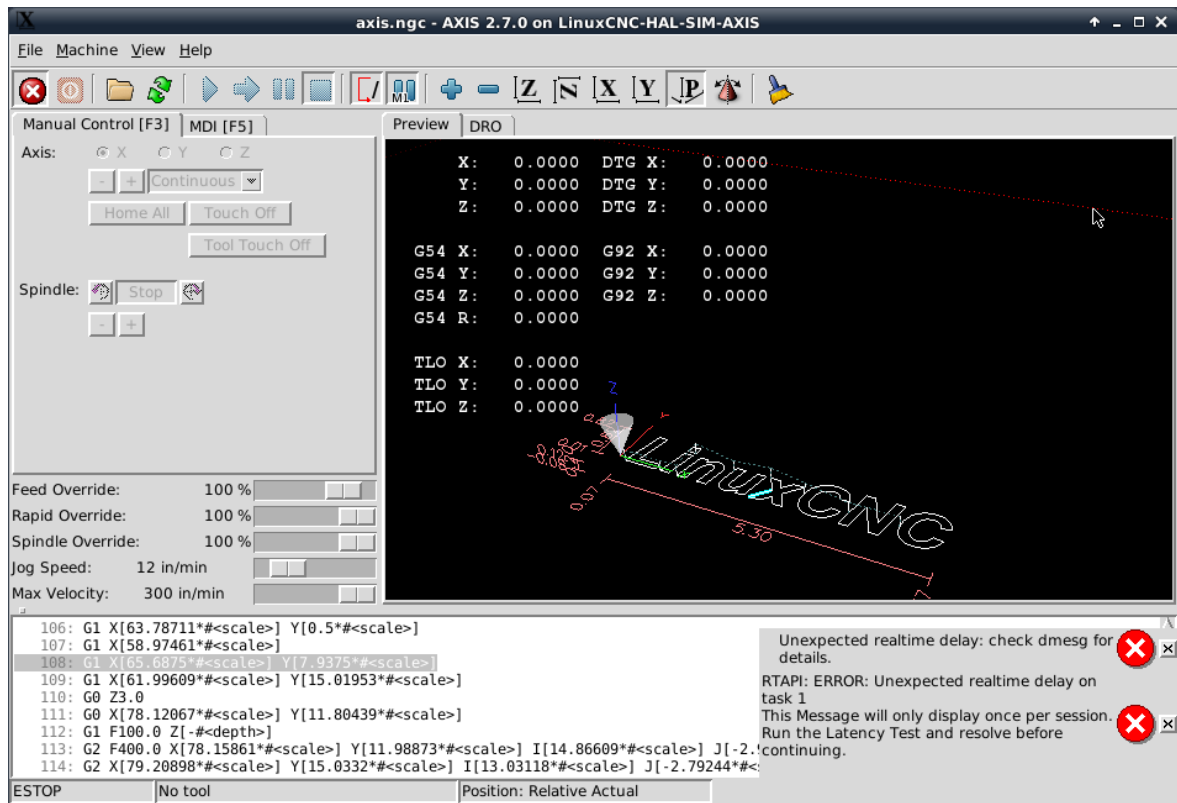
---

<sup>30</sup> LinuxCNC V2.7.14-72. *LinuxCNC: LinuxCNC Documentation* [online]. 2019, 1.3.2019 [cit. 2019-03-06]. Dostupné z: [http://linuxcnc.org/docs/2.7/pdf/LinuxCNC\\_Documentation.pdf](http://linuxcnc.org/docs/2.7/pdf/LinuxCNC_Documentation.pdf)

<sup>31</sup> LinuxCNC. *LinuxCNC: Current release: 2.7.14* [online]. 2019, 1.3.2019 [cit. 2019-03-06]. Dostupné z: <http://linuxcnc.org>

ručně řídí průběh provádění G-kódů), automatický (stroj provádí automaticky celý program), a MDI (uživatel může vkládat blok kódů do programu).<sup>32</sup>

LinuxCNC, jak sami vývojáři říkají, je nedokončený software, který ani nikdy dokončen nemůže být, neboť široká podpora uživatelů stále vyvíjí nové funkce a přidává podporu dalších strojů. Díky množství rozšíření je některými uživateli považován LinuxCNC za srovnatelný s uzavřenými profesionálními software velkými výrobci.



Obrázek 29 Úvodní obrazovka Linux CNC

Zdroj: Vlastní

### 3.2 CAM - COMPUTER AIDED MACHINING

CAM (computer-aided-manufacturing) software zpracovávající data pro CNC zařízení slouží k vytvoření programu (Partprogram<sup>ii</sup>), podle kterého řídicí program určí rozměry výrobku, dráhy nástroje, řezné podmínky či výměnu nástrojů. Je zde krok za krokem zapsán celý technologický postup k vytvoření finálního výrobku za pomoci postprocesoru, který také definuje různá omezení a umožňuje automatické spuštění stroje. Tyto informace jsou předávány stroji prostřednictvím G a M kódů. Důležitá součást CAM softwarů je simulace

<sup>32</sup> LinuxCNC V2.7.14-72. *LinuxCNC: LinuxCNC Documentatuion* [online]. 2019, 1.3.2019 [cit. 2019-03-06]. Dostupné z: [http://linuxcnc.org/docs/2.7/pdf/LinuxCNC\\_Documentation.pdf](http://linuxcnc.org/docs/2.7/pdf/LinuxCNC_Documentation.pdf)

práce stroje. Simulace slouží ke kontrole kolizních drah nástroje vůči výrobku nebo samotnému stroji a tím je možné předejít škodám jak na nástroji, tak na CNC zařízení a uspořit tím tisíce korun. Simulaci je možné navolit různé rychlosti nebo jen kontrolovat kolizní stavy.

Důležité je neplést si pojmy test programu a simulace. Test programu slouží k upozornění na geometrické nesrovnalosti a neproveditelné programové kroky, tedy slouží pouze k testování vytvořeného programu a neřeší kolize drah. Simulace již slouží k ověření správného pohybu nástroje při obrábění, vykreslení dráhy nástroje na monitoru a v případě nalezené chyby k provedení korekce programu.<sup>33</sup>

### G kód

G kódy předávají driverům, které ovládají motory, informaci o tom, jak dlouho mají dodávat impulsy motorům, aby tak posunuly vřeteno s nástrojem na určité místo. Tyto instrukce je možné použít pro frézování, soustružení i pálení do materiálu, neboť se v jednotlivých operacích použijí pouze jiné příkazy. V následujícím obrázku vidíme ukázkou některých používaných G kódů.

G - kód	Funkce
G00	Rychloposuv
G01	Pracovní posuv
G02	Rádus po směru hodinových ručiček
G03	Rádus proti směru hodinových ručiček
G04	Časová prodleva
G10	Původní nastavení souřadného systému
G12	Kruhová kapsa po směru hodinových ručiček
G13	Kruhová kapsa proti směru hodinových ručiček
G15	Zadávání polárních souřadnic
G16	konec zadávání polárních souřadnic
G17	Volba roviny obrábění X-Y
G18	Volba roviny obrábění X-Z
G19	Volba roviny obrábění Y-Z
G20	Palcový souřadný systém
G21	Metrický souřadný systém
G28	Návrat na referenční body
G30	Návrat na referenční body
G31	Snímání sondou
G40	Vypnutí poloměrových korekcí
G41	Zapnutí poloměrových korekcí zleva
G42	Zapnutí poloměrových korekcí zprava

Obrázek 30 G kódy

Zdroj: Vlastní

### Příklad použití G kódu - G01 X123.0 Y321.0 Z50.0 F300

<sup>33</sup> ŠTULPA, Miloslav. CNC obráběcí stroje a jejich programování. Praha: BEN - technická literatura, 2006. ISBN 80-7300-207-8.

Po zadání tohoto řádku stroj provede přímý pohyb (G01) na souřadnice X123, Y321, Z50 s rychlostí 300mm/min (F300).

### M kód

M kódy slouží k vykonávání pomocných funkcí pro ovládání stroje. Mohou být například využívány k spínání pneumatických ventilů (očistění obrobku tlakem vzduchu) nebo spuštění čerpadla s chladicí emulzí pro ochlazení nástroje.

<i>M - kód</i>	<i>Funkce</i>
<b>M0</b>	Zastavení programu
<b>M1</b>	Přerušení programu
<b>M2</b>	Ukončení programu
<b>M3 / M4</b>	Otáčky vřetena po směru hodin / proti směru hodin
<b>M5</b>	Zastavení vřetena
<b>M6</b>	Výměna nástroje
<b>M7</b>	Chlazení - mlha
<b>M8</b>	Chlazení - proud
<b>M9</b>	Chlazení vypnuto
<b>M30</b>	Ukončení programu, skok na začátek
<b>M47</b>	Opakovat program ze začátku
<b>M48</b>	Enable speed and feed override
<b>M49</b>	Disable speed and feed override
<b>M98</b>	Volání podprogramu
<b>M99</b>	Ukončení podprogramu

Obrázek 31 M kódy

Zdroj: Vlastní

### 3.2.1 POSTPROCESSOR

Důležité je také zmínit postprocessor, který je softwarovou součástí CAM aplikací a je nutný pro převod výkresu do kódu pro řízení stroje. Postprocessor by měl být napsán tak, aby obsahoval co nejvíce informací o stroji. Univerzální postprocessor, který je možné přenášet mezi různými stroji, neexistuje a je vždy napsaný pro daný stroj. Je to dané rozdílností řídicích systémů, které jsou nastavené na konkrétní stroj. Pro jeho vytvoření je možné zadat požadavek renomovanému výrobcí postprocesorů, ale dodací lhůta může být i v řádech měsíců, nehledě na to, že se jedná o poměrně drahou záležitost, nebo si postprocessor v CAM softwaru vytvořit pomocí konstruktora postprocesorů. První varianta se používá na strojích, kde je nutné vzhledem k výrobě využít všech dostupných funkcí v maximální možné míře. Druhou variantu volí spíše amatérští konstruktéři CNC strojů, avšak to neznamená, že některé jimi vytvořené postprocesory nejsou kvalitou srovnatelné s postprocesory vytvořenými profesionálními programátory.

### 3.3 CAM SOFTWARE

Veškerý software, se kterým se budou žáci seznamovat, by měl být uživatelsky příjemný, intuitivní a v logicky poskládaných celcích pro snadné pochopení. Žáci by se neměli příliš zatěžovat učením ovládacích funkcí softwaru, ale jejich soustředěnost by měla být zaměřena na problematiku CNC. CAM softwarů je k dispozici velké množství, ale pouze omezené množství jich je použitelných pro výuku. Nejlepším způsobem je vybírat software z již praxí osvědčených softwarů, které používají pro svá CNC zařízení hobby uživatelé. Je zde téměř 100% jistota, že software bude uveden pod licencí Open source nebo free pro domácí či školní prostředí, případně bude cenově dostupný. Další nespornou výhodou bude jeho uživatelská základna v případě řešení nenadálých problémů a mnoho návodů jeho dlouhodobým užíváním.

#### 3.3.1 CUT2D

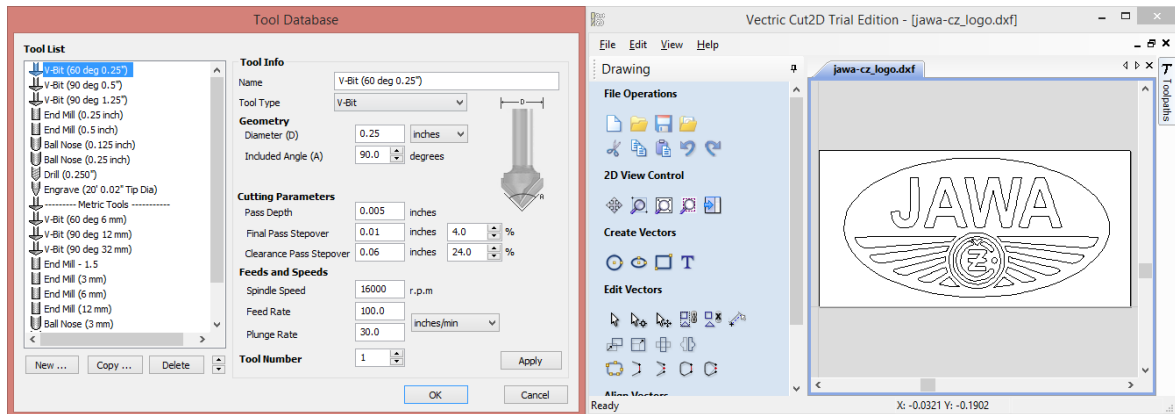
Cut2D patří mezi hobby uživateli k nejpoužívanějším CAM softwarům. Distribuuje se v několika licencích. Trial licence není omezena časově ani množstvím funkcí, ale její omezení spočívá v tom, že nelze vygenerovat výsledný G-kód. Licence Cut2D Desktop je levnější verzi softwaru, kde nelze rozkládat materiál na pracovní plochu, není možné slučovat dráhy nástroje, vytvářet automatizační skripty a nejzásadnějším omezením je omezení pracovní plochy na 600,96 x 600,96mm.<sup>34</sup> Tuto verzi lze pořídit za cenu 4.330 Kč.<sup>35</sup> Tato omezení včetně omezení pracovní plochy je možné odstranit zakoupením licence Cut2DPro, a to za cenu 12.850 Kč.<sup>36</sup> Jedná se o jednoduchý software s intuitivním ovládním v anglickém prostředí, který automaticky generuje G-kód pro většinu CNC zařízení. Samozřejmostí je korekce návrhu drah podle tvaru a průměru zvoleného nástroje. Můžeme konstatovat, že Cut2D je za přijatelnou cenu velmi praktický nástroj.

<sup>34</sup> Vectric: Products. *Vectric passionate about CNC: Products* [online]. 2019 [cit. 2019-04-01]. Dostupné z: <https://www.vectric.com/>

<sup>35</sup> Zdroj ceny k 3.4.2019: <http://cncshop.cz/cut-2d-desktop-2d-cam>

<sup>36</sup> Zdroj ceny k 3.4.2019: <http://cncshop.cz/cut-2d-pro-2d-cam>





Obrázek 32 Cut2d s databází nástrojů

Zdroj: vlastní

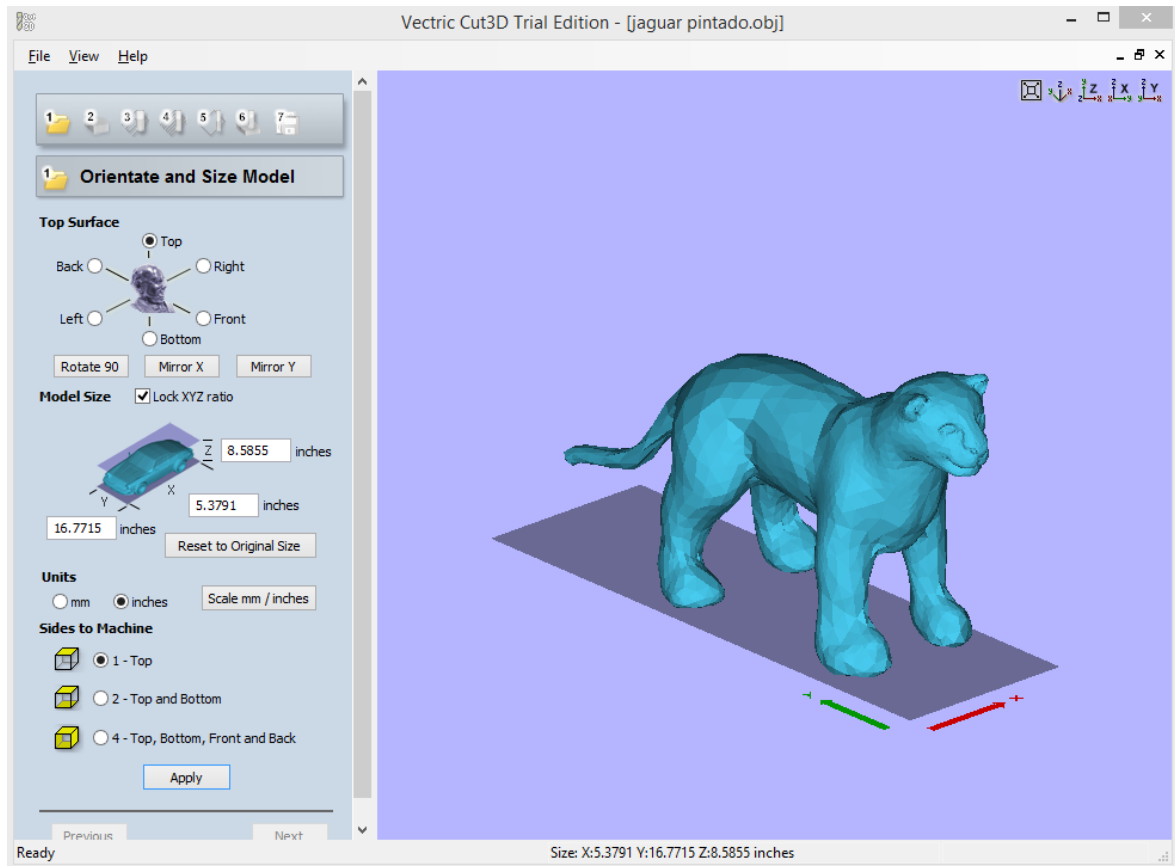
### 3.3.2 CUT3D

Cut3D je obdoba softwaru Cut2D, ale vytváří G-kód pro 3D obrábění z modelů navržených v 3D softwarech. S Cut3D je možné rýt do materiálu, vyřezávat, vytvářet 3D sochy a mnoho jiných úkonů. Podporuje 3D CAD a grafické formáty STL, 3DS, DXF, OBJ, SBP, TXT, WRL, X, LWO, V3M. Pracuje tedy téměř se všemi 3D standardně používanými průmyslovými formáty. Výhodou je možnost obrábění modelu nejen z jedné strany, ale i obrábění vícestranné, jehož dráhy Cut3D generuje automaticky. Pro snížení doby obrábění detekuje hranice modelu a omezuje dráhy nástrojů v těchto oblastech. Zajímavý je také nástroj „Cut Out toolpath“, který oddělí vyfrézovaný model od materiálu, ze kterého je vyřezáván a ten následně zůstane uchycen v určitých bodech udržujících polohu k materiálu. Cut3D automaticky vypočítá dráhu nástroje přesně podle siluety výrobku. Umí také vypočítat přibližný čas, kdy dojde k dokončení modelu a podporuje automatickou výměnu nástrojů.<sup>37</sup>

Software je možné vyzkoušet v trial verzi s omezením generování g-kódu a exportu souborů, stejně jako v Cut2D, nebo zakoupit plnou verzi za 7.880 Kč.<sup>38</sup>

<sup>37</sup> Hobby CNC: Cut 3D predstavenie. *Hobby CNC: CNC stroje, které si můžete dovolit* [online]. 2017 [cit. 2019-04-01]. Dostupné z: [http://www.cnc1.eu/sk/cut\\_3d\\_predstavenie.htm](http://www.cnc1.eu/sk/cut_3d_predstavenie.htm)

<sup>38</sup> Zdroj ceny k 3.4.2019: <http://cncshop.cz/cut-3d-3d-cam>



Obrázek 33 Cut3D

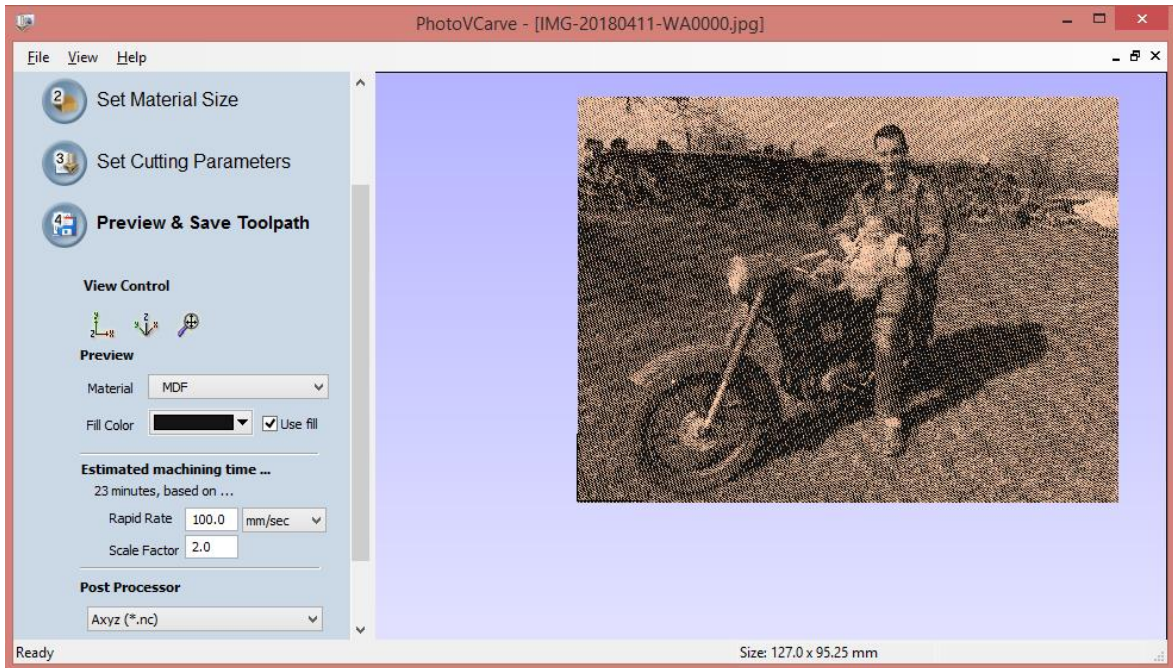
Zdroj: vlastní

### 3.3.3 PHOTOVCARVE

Další zajímavou možností, která by byla pro žáky zcela jistě silně motivační, je použití softwaru PhotoVCarve, který dokáže z běžně používaných bitmapových formátů (JPG, BMP, TIF, GIF, PNG) převést fotografie nebo obrázky do G-kódu a následně fotografie vyfrézovat na téměř všech CNC frézách a gravírovacích strojích. Princip spočívá ve vytvoření různě širokých a hlubokých drážek v materiálu a tím dochází k vykreslení detailů jako na fotografii. Uživatelské rozhraní je intuitivní a provede nás celým procesem od nahrání obrázku přes nastavení velikosti, výběru materiálu, obráběcích nástrojů až k volbě postprocesoru a následnému uložení souboru s g-kódem. Funkce uložení G-kódu je v trial verzi vypnuta. PhotoVCarve také podporuje metodu Lithophane. Lithophane je 3D fotografie, jejíž metoda výroby byla vyvinuta již v 18. století a používala se převážně ve výrobě porcelánu. Princip technologie spočívá v tom, že obrázek ve 3D je vyryt do průsvitného materiálu a při pohledu za běžných světelných podmínek není patrné co je na obrázku. 3D obrázek je rozpoznán až

při použití světelného zdroje za obrázkem, neboť pro jeho zobrazení je využíváno lomu světelných paprsků v materiálu.<sup>39</sup>

PhotoVCarve mě velmi příjemně překvapil jednoduchostí, intuitivností a především funkcemi, kterými disponuje. Myslím si, že by tento software neměl chybět u žádného výukového CNC stroje, neboť zcela jistě zvýší zájem žáků o problematiku CNC.



Obrázek 34 Uživatelské prostředí PhotoVCarve

Zdroj: vlastní

<sup>39</sup> Vectric: PhotVCarve. Vectric: *PhotVCarve* [online]. [cit. 2019-04-03]. Dostupné z: <https://www.vectric.com/products/photovcarve>



Obrázek 35 Vyfrézovaná fotografie

Zdroj: [http://www.quedex.pl/img/products/screens/201003311216photo%20vcarve\\_6.jpg](http://www.quedex.pl/img/products/screens/201003311216photo%20vcarve_6.jpg)

### 3.4 CAD - COMPUTER-AIDED DESIGN

CAD (Computer Aided Design) je zkratka pro projektování podporované počítačem. Jedná se o software, využívající vektorovou grafiku, který umožňuje kreslit technické výkresy v různých oborech (stavebnictví, strojírenství, krajinná architektura, elektronika atd.) prostřednictvím počítače a jeho nesporná výhoda je možná spolupráce více pracovišť najednou a rychlý přenos výkresů do vzdáleného pracoviště výroby.

#### 3.4.1 AUTODESK FUSION 360

Autodesk Fusion 360 není pouze CAD program, ale podporuje i CAM a CAE, a proto je možné jednu aplikaci používat nejen pro vytváření modelů, ale také simulaci, obrábění a 3D tisk. Jedná se o komplexní nástroj, ve kterém je možné výrobek navrhnout, následně na něm provést simulaci a výrobek připravit pro výrobu. Modely je možné vytvářet volnoplošným modelováním, parametricky ve 2D i 3D nebo přímo upravovat model, v případech, že k modelu chybí historie vytváření. Fusion 360 pracuje nejen s vlastním formátem souborů F3D, ale podporuje import a export mnoho formátů jiných aplikací, například AutoCAD, Inventor, SIM a mnoho jiných. Základní charakteristikou je, že se nejedná o desktopovou aplikaci, ale Fusion 360 pracuje s daty v cloudu. Výhodou je, že databáze výkresů je stále k dispozici, nezáleží na nainstalovaném operačním systému a

s tím je spojené menší zatížení hardwarových prostředků. Tato výhoda může však být zejména firmami brána jako handicap, neboť nemají přímou kontrolu nad svými daty.<sup>40</sup>

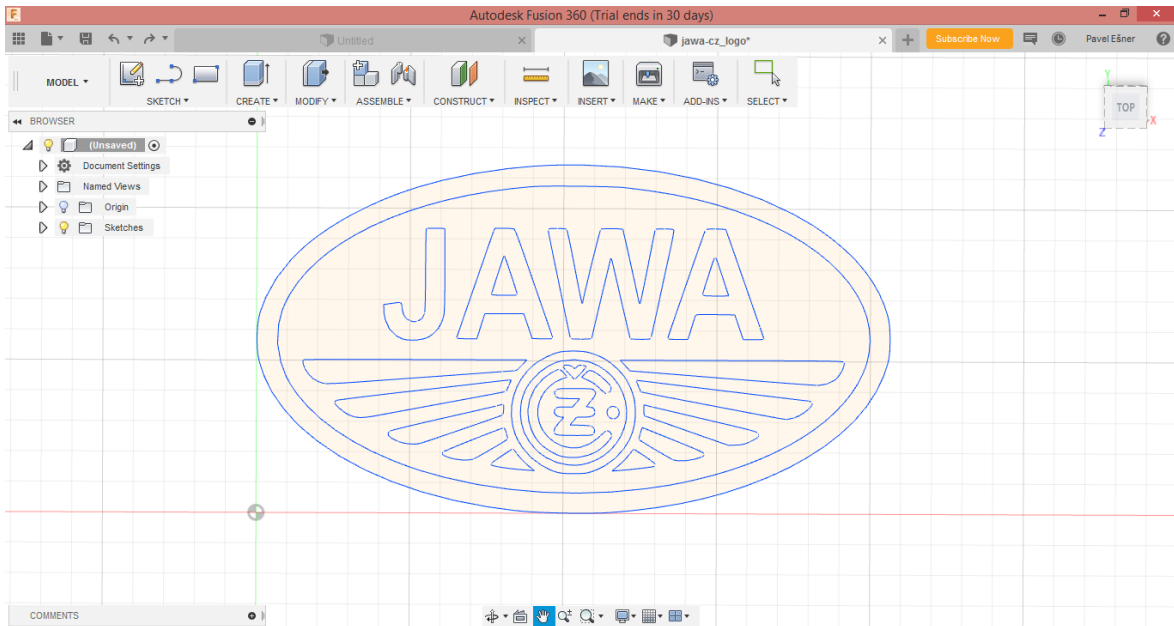
Instalace softwaru je velice jednoduchá a návodná. Po stažení instalátoru trial verze a jeho následném spuštění je pouze nutné mít aktivní připojení k internetu pro stažení potřebných dat a přihlášení k uživatelskému účtu společnosti Autodesk. Po uplynutí časového omezení trial verze (30 dní) je nutné Fusion 360 zakoupit nebo provést aktivaci studentské licence. Výhoda studentské licence spočívá v užívání plnohodnotné verze pro studenty, vyučující, školy, nevýdělečné organizace a všechny, kdo nebudou software využívat k žádné výdělečné činnosti. Licence pro školy, učitele a studenty se vydává na tři roky, pro kutily na jeden rok, kdy jsou přezkoumány podmínky, zda licence slouží stále k nevýdělečným účelům a platí podmínka statutu učitel, student, škola.<sup>41</sup>

Uživatelské rozhraní je velmi uživatelsky příjemné a intuitivní. Po registraci na webových stránkách firmy Autodesk obdrží nový uživatel email s podrobnými instrukcemi, jak postupovat při stažení a instalaci softwaru včetně prvního seznámení se softwarem prostřednictvím videí v českém jazyce. Videá nás podrobně provedou rozhraním aplikace a počátečním nastavením, základní tvorbou 2D náčrtů a používání jejich vazeb. Videá jsou velmi návodně vytvořena a není tak problém po jejich zhlédnutí, cca 1hodina, začít vytvářet jednoduché 2D modely nebo pokračovat dalšími díly v 3D parametrickém modelování nebo složitější úpravou modelů.

---

<sup>40</sup> ŠKARKA, Matěj. Autodesk: Inventorblog. *Autodesk: Inventorblog* [online]. 2017 [cit. 2019-04-03]. Dostupné z: <https://www.inventor3dblog.cz/fusion-360/>

<sup>41</sup> Autodesk: Fusion 360. *Autodesk: Fusion 360* [online]. 2017 [cit. 2019-04-03]. Dostupné z: <https://www.fusion360.cz/edu/>



Obrázek 36 Autodesk Fusion 360

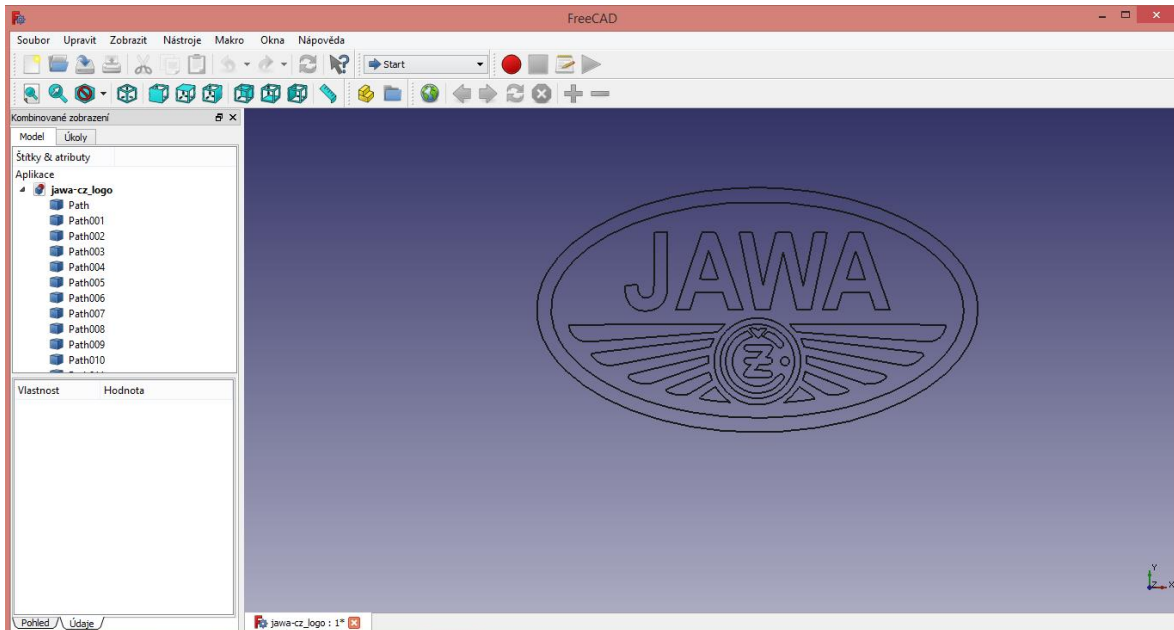
Zdroj: vlastní

### 3.4.2 FREECAD

FreeCAD je 3D modelovací CAD/CAE software pro vytváření přesných 3D modelů s historií modelování. Instalovat je možné FreeCAD na platformy Windows 32Bit i 64Bit, Mac 64Bit a Linux 64Bit. FreeCAD je uveřejněn pod licencí Lesser General Public Licence, version 2 or superior (LGPL2+) a vyšší což znamená, že tento software je možné volně využívat, kopírovat i upravovat za dodržení dalších podmínek této licence, stejně jako dokumentaci k tomuto programu uveřejněnou pod licencí Creative Commons Attribution 3.0 License (CC-BY-3.0). FreeCAD je také možné spustit z příkazové řádky, s nízkými paměťovými nároky, bez uživatelského rozhraní, ale se zachováním všech konstrukčních nástrojů. Při práci s objekty je možné využít jejich definování pomocí parametrů, které je možné v průběhu činnosti měnit nebo upravovat pomocí rotace, změny velikosti, zrcadlení či posunu. Vytvořený soubor je možné uložit jako dokument FreeCADu „\*.FCstd“ založený na principu ZIP, který může například obsahovat informace o skriptech či konstrukcích, anebo lze exportovat do standardních formátů STEP, IGES, OBJ, STL, DXF, SVG, STL, DAE, IFC nebo OFF, NASTRAN a VRML. Tyto formáty jsou také podporovány pro import souborů. V případě, že někomu nevyhovuje, GUI je možné provádět úpravy přes interpreter Pythonu, neboť GUI je založené na knihovně Qt pro Python.<sup>42</sup>

<sup>42</sup> FreeCAD documentation: Feature list [online]. 2019 [cit. 2019-04-09]. Dostupné z: [https://www.freecadweb.org/wiki/Feature\\_list](https://www.freecadweb.org/wiki/Feature_list)

FreeCAD je velmi příjemný, jednoduchý nástroj a jeho nespornou výhodou je pro začínající konstruktéry podpora více jazyků včetně češtiny i velmi podrobná dokumentace, kterou je možné doplnit o volně dostupné video tutoriály s návody nebo řešením konkrétní problematiky na [www.videolekce.cz](http://www.videolekce.cz). Předností oproti většině CAD systémů je také podpora všech dostupných platforem operačních systémů.



Obrázek 37 FreeCAD

Zdroj: vlastní

Fusion 360 od firmy Autodesk a FreeCAD jsou nejpoužívanější CAD softwary mezi uživateli hobby CNC strojů. Fusion 360 toho docílil bezplatnou licenci pro školy, učitele, studenty a hlavně pro kutily. FreeCAD byl naopak vždy často využíván, neboť díky licenci, pod kterou je vydáván, je možné ho nejen upravovat podle konkrétních potřeb uživatele, ale jeho užití je možné i v komerční sféře. Toto však nejsou jediné používané CAD softwary - velmi oblíbený je LibreCAD nebo Blender s BlenderCAM pluginem, pyCAM, HeeksCAD či F-Engrave na gravírování. Pokud však uživatel nechce instalovat software do počítače a potřebuje vytvořit jednorázově určitý model, je možné využít CAD systémy, které fungují v prostředí internetového prohlížeče jako BlocksCAD, Leopoly a mnoho dalších.

Dále bych také rád upozornil na možnost využití softwaru Inkscape, který patří mezi velmi rozšířené nástroje pro vektorovou grafiku a s pluginem Gcodetools je možné s ním

generovat G-kód pro CNC zařízení. Velkou výhodou u mnoha softwarů je podpora výrobců pro školy a studenty, například software Catia, u kterého je možné pro studenty využít časově omezenou verzi zdarma, či SprutCAM 11 Pro zdarma pro školní užívání.

Pro výuku na školách bych po předchozí analýze softwarů doporučil kombinaci CAD/CAM softwaru Autodesk Fusion 360, neboť se jedná o bezplatnou verzi pro školní užití a obsahuje v jedné aplikaci návrh výrobku i generování G-kódů. Jako řídicí software by zkušenější uživatelé mohli použít Linux CNC, neboť díky své široké základně uživatelů je možné rychle řešit všechny vzniklé problémy. Nevýhodou může být při výuce v Linuxu CNC používání jiné platformy, než na které probíhá standartní výuka ve škole. Méně zkušení uživatelé mohou využít cenově přijatelnou alternativu Mach3, kde vidím výhodu v mnohaletém testování a přizpůsobení GUI potřebám žáků. Zde je z pedagogického hlediska výhoda použité platformy a možnost úpravy pracovní plochy softwaru podle potřeb žáků pro snazší ovládání a přizpůsobení mateřskému jazyku. Jako doplňující software bych zcela jistě nevynechal PhotoVCarve, kde můžeme za příznivou cenu získat nástroj k velmi silné motivaci žáků.

CAD/CAM softwarů, které lze volně používat ať již pro vlastní užití či komerčně, je k dispozici opravdu mnoho a vybrat si může každý podle toho, co mu nejlépe pro danou činnost nebo uživatelskou přívětivost vyhovuje, a proto je v níže uvedené tabulce zobrazeno třicet nejoblíbenějších free CAD softwarů s podporovanými formáty, cenou a platformami operačních systémů.

CAD Software	Obtížnost	Operační Systém	Cena	Podporované Formáty
<a href="#"><u>3D Builder</u></a>	Začátečník	Windows, Windows Mobile, Xbox One, a Windows Hololense	Zdarma	3mf, obj, ply, vrml, STL
<a href="#"><u>3D Crafter</u></a>	Začátečník	Windows	Zdarma	3ds, dae, fbx, dxf, obj, x, lwo, svg, STL
<a href="#"><u>3D Slash</u></a>	Začátečník	Windows, macOS, Linux, Raspberry Pi a Internetový prohlížeč	Freemium, \$2/měsíčně	3dslash, obj, STL
<a href="#"><u>BlocksCAD</u></a>	Začátečník	Internetový prohlížeč	Zdarma	dxf, off, STL
<a href="#"><u>Leopoly</u></a>	Začátečník	Internetový prohlížeč	Zdarma	stl, obj
<a href="#"><u>LibreCAD</u></a>	Začátečník	Windows, macOS a Linux	Zdarma	dxf, dwg



<a href="#"><u>MagicaVoxel</u></a>	Začátečník	Windows, macOS	Zdarma	2d, iso, mc, obj, ply, qb slab, vox, xraw
<a href="#"><u>SculptGL</u></a>	Začátečník	Internetový prohlížeč	Zdarma	obj, ply, sql, STL
<a href="#"><u>TinkerCAD</u></a>	Začátečník	Internetový prohlížeč	Zdarma	123dx, 3ds, c4d, mb, obj, svg, STL
<a href="#"><u>Wings 3D</u></a>	Začátečník	Windows, macOS a Linux	Zdarma	3ds, fbx, obj, dae, lwo, wrl, rwx, STL, wrl, x, xml
<a href="#"><u>Antimony</u></a>	Středně pokročilý	macOS, Linux	Zdarma	STL
<a href="#"><u>Art of Illusion</u></a>	Středně pokročilý	Windows, macOS a Linux	Zdarma	obj, pov, wrl
<a href="#"><u>DraftSight</u></a>	Středně pokročilý	Windows, macOS a Linux	Freemium, \$356	dxg, dwg
<a href="#"><u>eMachineShop</u></a>	Středně pokročilý	Windows	Zdarma	igs, sldprt, stp, iges, 3D dwg, STL
<a href="#"><u>FreeCAD</u></a>	Středně pokročilý	Windows, macOS a Linux	Free	step, iges, obj, STL, dxg, svg, dae, ifc, off, nastran, vrml, Fcstd
<a href="#"><u>Fusion 360</u></a>	Středně pokročilý	Windows, macOS	Zdarma pro studenty, vyučující, školy a domácí použití, \$300/ za rok pro komerční užití	catpart, dwg, dxg, f3d, igs, obj, pdf, sat, sldprt, STL, stp
<a href="#"><u>Meshmixer</u></a>	Středně pokročilý	Windows, macOS a Linux	Zdarma	amf, mix, obj, off, STL
<a href="#"><u>QCAD</u></a>	Středně pokročilý	Windows, macOS a Linux	Zdarma	dwg, dxg, dwf, pdf, svg
<a href="#"><u>Sculptris</u></a>	Středně pokročilý	Windows, macOS	Zdarma	obj, goz
<a href="#"><u>SelfCAD</u></a>	Středně pokročilý	Internetový prohlížeč	Zdarma (Studenti), \$14.99/měsíčně	STL, mtl, ply, dae, svg
<a href="#"><u>SolveSpace</u></a>	Středně pokročilý	Windows, macOS a Linux	Zdarma	dxg, eps, pdf, svg, hpgl, obj, step, STL
<a href="#"><u>SketchUp Free</u></a>	Středně pokročilý	Internetový prohlížeč	Free	stl, png
<a href="#"><u>Vectary</u></a>	Středně pokročilý	Internetový prohlížeč	Freemium	obj, STL
<a href="#"><u>Blender</u></a>	Pokročilý	Windows, macOS a Linux	Zdarma	3ds, dae, fbx, dxg, obj, x, lwo, svg, ply, STL, vrml, vrml97, x3d
<a href="#"><u>BRL-CAD</u></a>	Pokročilý	Windows, macOS a Linux	Zdarma	dxg, iges, STL, vrml, x3d
<a href="#"><u>DesignSpark</u></a>	Pokročilý	Windows	Freemium, \$835 (All Addons)	rsdoc, dxg, ecad, idf, idb, emn, obj, skp, STL, iges, step

<a href="#"><u>Houdini Apprentice</u></a>	Pokročilý	Windows, macOS, a Linux	Freemium, \$4,495	geo, clip
<a href="#"><u>nanoCAD</u></a>	Pokročilý	Windows	Freemium, \$180/ročně	sat, step, igs, iges, sldprt, STL, 3dm, dae, dxf, dwg, dwt, pdf, x_t, x_b, xxm_txt, ssm_bin
<a href="#"><u>Onshape</u></a>	Pokročilý	Windows, macOS, Linux a Internetový prohlížeč	Freemium, \$100-200/měsíčně	sat, step, igs, iges, sldprt, STL, 3dm, dae, dxf, dwg, dwt, pdf, x_t, x_b, xxm_txt, ssm_bin
<a href="#"><u>OpenSCAD</u></a>	Pokročilý	Windows, macOS a Linux	Zdarma	dxf, off, STL

Tabulka 3: Top 30 CAD softwarových nástrojů

Zdroj: <https://all3dp.com/1/best-free-cad-software-2d-3d-cad-programs-design/>

## 4 BEZPEČNOST PRÁCE S CNC ZAŘÍZENÍM

Bezpečnost práce je nejdůležitější součástí každé lidské činnosti ať již se jedná o správné sezení při kancelářské činnosti, nebo jako v tomto případě při práci se strojem. Z tohoto důvodu by měl každý, kdo přichází do styku s těmito zařízeními, znát alespoň částečně právní normy, které se zabývají bezpečností práce na strojích. Vzhledem k tomu, že se jedná o elektrická zařízení, měli by zařízení obsluhovat pracovníci „seznámení“, kteří jsou organizací seznámeni s předpisy o zacházení s elektrickými zařízeními a jsou upozorněni na možná rizika ohrožení života a zdraví těmito zařízeními dle § 3 vyhlášky č. 50/1978 Sb. ve znění pozdějších předpisů Českého úřadu bezpečnosti práce a Českého báňského úřadu o odborné způsobilosti v elektrotechnice.<sup>43</sup>

Mezi další legislativní dokumenty, jejichž obsah by se měl objevit v podepsaném dokumentu o seznámení pracovníka s bezpečností práce, patří Nařízení vlády č. 272/2011 Sb. o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací, Vyhláška Českého úřadu bezpečnosti práce č. 48/1982 Sb., která stanovuje základní požadavky k zajištění bezpečnosti práce a technických zařízení, Nařízení vlády č. 378/2001 Sb., která stanovuje bližší požadavky na bezpečný provoz a používání strojů, technických zařízení, přístrojů a nářadí, Zákon č. 309/2006 Sb. známý jako zákon o zajištění dalších podmínek bezpečnosti ochrany a zdraví při práci a v neposlední řadě upravuje BOZP zákoník práce v zákoně č. 262/2006 Sb.

---

<sup>43</sup> Vyhláška č. 50/1978 Sb.: Vyhláška Českého úřadu bezpečnosti práce a Českého báňského úřadu o odborné způsobilosti v elektrotechnice. *Zákony pro lidi* [online]. 1979 [cit. 2019-01-18]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1978-50/zneni-19820901>

## 4.1 PŘEHLED LEGISLATIVY

Tato kapitola stručně popisuje některé body z vybraných zákonů, vyhlášek a nařízení vlády, které by mohly být v různých upravených podobách použity v dokumentu BOZP týkajícího se výuky s CNC zařízením na školách.

### 4.1.1 ZÁKON Č. 262/2006 SB. – ZÁKONÍK PRÁCE

Zákoník práce v §101 až §108, pátá část, jako první instance upravuje bezpečnost a ochranu zdraví při práci. V těchto paragrafech je vymezená ochrana a zdraví při práci, povinnosti zaměstnavatele, práva a povinnosti zaměstnance včetně společných ustanovení o zajištění dalších podmínek bezpečnosti a ochrany zdraví v pracovně právním vztahu.

- Zaměstnavatel je povinen zajistit bezpečnost a ochranu zdraví všech osob, které se zdržují na pracovišti s jeho vědomím
- Zaměstnavatel je povinen zjišťovat nebezpečné činitele pracovního prostředí, zjišťovat jejich příčiny a zdroje a přijímat opatření k jejich odstranění
- Zaměstnanec nesmí vykonávat práci, která mu byla zakázána a práci neodpovídající jeho zdravotnímu stavu a schopnostem
- Zaměstnavatel je povinen zaměstnancům poskytnout informace a pokyny o BOZP, zejména formou seznámení s riziky a opatřeními na ochranu rizik, které se týkají jejich práce a pracoviště
- Zaměstnavatel je povinen seznámit zaměstnance s požárními předpisy, poskytnutím první pomoci a evakuačním plánem fyzických osob při mimořádných situacích
- Přeškolení zaměstnance v oblasti BOZP je nutné provést vždy při zavedení nové technologie, změně pracovních postupů a v případech, které mají vliv na BOZP
- Zaměstnanec je povinen nepožívat alkoholické nápoje ani jiné návykové látky na pracovišti
- Zaměstnanec musí oznámit nedostatky na pracovišti, které ohrožují nebo by mohly ohrozit bezpečnost a zdraví osob, nebo závady na ochranných systémech

- Zaměstnanec bezodkladně ohlašuje přímému nadřízenému svůj pracovní úraz, pokud mu to zdravotní stav dovolí a úraz jiného zaměstnance nebo fyzické osoby, jehož byl svědkem<sup>44</sup>

Tento zákon dále upravuje zákon č.309/2006 o zajištění podmínek BOZP a rozšiřuje tím výše uvedený Zákoník práce podle příslušných předpisů Evropské unie. Pro naše potřeby vytvoření školní dokumentace BOZP je možné z tohoto zákona využít tyto následující body.

- V pracovních prostorách je zajištěná pravidelná údržba, úklid a čištění
- Manipulace materiálu musí být zajištěna dle požadavků<sup>45</sup>

#### **4.1.2 NAŘÍZENÍ VLÁDY Č. 272/2011 SB. O OCHRANĚ ZDRAVÍ PŘED NEPŘÍZIVÝMI ÚČINKY HLUKU A VIBRACÍ**

Nařízení vlády č. 272/2011 Sb. zpracovává předpisy Evropské unie a upravuje hygienické limity hluku a vibrací na pracovištích, ve venkovních i vnitřních prostorách, v nočních i denních hodinách a jejich měření, hodnocení včetně rozsahu opatření, které povedou k ochraně zdraví.

- Přípustný limit ustáleného a proměnlivého hluku je vyjádřený ekvivalentní hladinou akustického tlaku  $A_{LAeq,8h}$  se rovná 85 dB, případně expozicí zvuku  $A_{EA,8h}$  se rovná 3640 Pa<sup>2</sup>s.
- Pracoviště, na němž se vykonává náročná práce vyžadující soustředěnost a pozornost obsluhy je vztah vyjádřený ekvivalentní hladinou akustického tlaku  $A_{LAeq,8h}$  se rovná 50 dB
- Při hodnocení rizika hluku zaměstnavatel přihlíží k informacím výrobce stroje, který uvádí hlukové emise stroje a zajistí podle toho chrániče sluchu s vhodnými útlumovými vlastnostmi

---

<sup>44</sup> Zákon č. 262/2006 Sb.: Zákon zákoník práce. *Zákony pro lidi* [online]. 2007 [cit. 2019-01-18]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2006-262#cast5>

<sup>45</sup> Zákon č. 309/2006 Sb.: Zákon o zajištění dalších podmínek bezpečnosti a ochrany zdraví při práci. *Zákony pro lidi* [online]. 2007 [cit. 2019-01-18]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2006-309>

- V příloze č. 1, nalezneme hladiny prahu slyšení  $L_{PS}$  v decibelech v rozsahu středních kmitočtů třetinooktávových pásem  $f_t$  10Hz až 160 Hz<sup>46</sup>

$f_t$ [Hz]	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63	80	100	125	160
$L_{PS}$ [dB]	92	87	83	74	64	56	49	43	42	40	38	36	34

#### 4.1.3 NAŘÍZENÍ VLÁDY Č. 378/2001 SB. STANOVUJÍCÍ POŽADAVKY NA BEZPEČNÝ PROVOZ A POUŽÍVÁNÍ STROJŮ

Nařízení č. 378/2001 Sb. v souladu s právem Evropského společenství stanovuje bližší požadavky na bezpečný provoz používání strojů.

- Zařízení bude používáno pouze k účelům, pro které je určeno a v souladu s provozní dokumentací
- Zaměstnavatel stanoví bezpečný přístup k zařízení a dostatečný manipulační prostor k bezpečnému používání zařízení
- Zařízení je možné spustit pouze ovladačem k tomu určeným
- Oprava, seřízení, údržba a čištění zařízení je možné pouze v případě odpojení přívodu elektrické energie
- Obsluha musí mít možnost se přesvědčit, že se v pracovním prostoru nenachází jiná osoba

#### 4.1.4 VYHLÁŠKA Č. 48/1982 SB. STANOVUJÍCÍ ZÁKLADNÍ POŽADAVKY K ZAJIŠTĚNÍ BEZPEČNOSTI PRÁCE

Vyhláška Českého úřadu bezpečnosti práce stanovuje základní požadavky k zajištění bezpečnosti práce a technických zařízení. Vzhledem k tomu, že navrhované zařízení je CNC fréza, vypsals jsem pouze body, které se k tomuto tématu vztahují.

- Piliny, třísky a další odpad se nesmí ze stolu při běhu stroje odstraňovat bez použití vhodných pomůcek
- Po vypnutí stroje se nesmí doběh zkracovat bržděním rukou či jiným předmětem přitlačeným ke stroji

<sup>46</sup> Nařízení vlády č. 272/2011 Sb.: Nařízení vlády o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. *Zákony pro lidi* [online]. 2011 [cit. 2019-01-18]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2011-272>

- Každý nástroj je označen jeho maximálními otáčkami<sup>47</sup>

## 4.2 PRACOVNÍ ÚRAZY PŘI PRÁCI SE STROJI

K vytvoření dokumentu BOZP však nestačí pouze znalost platné legislativy, ale musíme také znát rizika, omezovat je a prevencí úrazům předcházet. Cílem bezpečnosti je chránit zdraví osob provádějících činnosti na technických strojích a zařízeních. Podíváme-li se na statistiky, pohybuje se obsluha, údržba a oprava technických strojů a zařízení dlouhodobě na předních pozicích četnosti závažných a smrtelných pracovních úrazů.

V poslední zveřejněné statistice z roku 2017 došlo v kategorii „pomocníci a nekvalifikovaní pracovníci“ k 7691 pracovních úrazů a z toho u pomocných pracovníků v průmyslu bylo evidováno 1964 úrazů.<sup>48</sup> V další statistice za rok 2014 se mezi nejvíce riziková zaměstnání dle počtu smrtelných pracovních úrazů na pátém místě umístila obsluha technických zařízení a strojů s počtem 11 úmrtí a v závažných pracovních úrazech se na druhém místě umístila obsluha strojů a zařízení s 344 závažnými úrazy.<sup>49</sup>

Snížení pracovních rizik a jejich hodnocení je povinností každého zaměstnavatele ve všech pracovních činnostech, kterými se zabývá a vyžaduje to po něm směrnice 89/391/EHS. Podle článku č. 3 směrnice 89/391/EHS „*prevencí*“ rozumí *všechny kroky nebo opatření přijaté nebo plánované na všech stupních činnosti podniku k prevenci nebo snížení pracovních rizik.*<sup>50</sup> je povinnost každého zaměstnavatele rizika minimalizovat.

Postup hodnocení rizik způsobených stroji nebo jinými zařízeními je rozdělen na „Identifikaci nebezpečí“, „Analýzu a hodnocení rizik“ a „Návrh opatření a jejich realizace“.

---

<sup>47</sup> Vyhláška č. 48/1982 Sb.: Vyhláška Českého úřadu bezpečnosti práce, kterou se stanoví základní požadavky k zajištění bezpečnosti práce a technických zařízení. *Zákony pro lidi* [online]. 1982 [cit. 2019-01-18]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1982-48/zneni-20050607>

<sup>48</sup> Statistika pracovních úrazů v ČR: Pracovní úrazovost v České republice v roce 2017. *Oborový portál pro BOZP Přihlásit se Encyklopedie BOZP facebook Hledej* [online]. 18.6.2018 [cit. 2019-01-18]. Dostupné z: <https://www.bozpinfo.cz/pracovni-urazovost-v-ceske-republice-v-roce-2017?page=0%2C7>

<sup>49</sup> Nové statistiky pracovních úrazů za rok 2014. Víme, jaká práce je nejvíce riziková. *Oborový portál pro BOZP Přihlásit se Encyklopedie BOZP facebook Hledej* [online]. 1.4.2015 [cit. 2019-01-18]. Dostupné z: <https://www.bezpecnostprace.info/pracovni-urazy/nove-statistiky-pracovnich-urazu-za-rok-2014-vime-jaka-prace-je-nejvice-rizikova/>

<sup>50</sup> *ÚŘEDNÍ VĚSTNÍK EVROPSKÝCH SPOLEČENSTVÍ: o zavádění opatření pro zlepšení bezpečnosti a ochrany zdraví zaměstnanců při práci* [online]. 1989 [cit. 2019-01-20].

#### 4.2.1 IDENTIFIKACE NEBEZPEČÍ

Identifikace nebezpečí je odhalení všech možných zdrojů rizika, jejich charakter a velikost, která mohou způsobit úraz nebo poškození zdraví. Nebezpečí úrazu na CNC fríze může vzniknout několika způsoby.

- Zachycení části oděvu, vlasů, řetízků, prstýnků atd.
- Pád do stroje
- Vědomou nesprávnou manipulací se strojem
- Poškození pokožky či zraku při použití laserové hlavy
- Úraz volně se pohybujícím odebraným materiálem

#### 4.2.2 ANALÝZA A HODNOCENÍ RIZIK

Jedná se o posouzení odhalených rizik z hlediska pravděpodobnosti, že k riziku dojde a k míře poškození, které způsobí.

K hodnocení závažnosti rizika se bere v úvahu poškození zdraví, kde k posouzení závažnosti úrazu se vychází z předpokládané délky pracovní neschopnosti. Minimální riziko však může být na každém pracovišti akceptováno různým způsobem, a protože je důležité identifikovat všechna nebezpečí a vyhodnotit jejich možná rizika, využívá se matice odhadnutelných rizik.<sup>51</sup>

---

<sup>51</sup> Příručka hodnocení rizik v malých a středních podnicích: Rizika při práci na strojích a jiném výrobním zařízení. International social security association. ČR, 2014. ISBN 978-80-87676-08-0.



Možný rozsah poškození zdraví (D)	Lehčí úrazy nebo onemocnění	Středně závažné úrazy nebo onemocnění	Vážné úrazy nebo onemocnění	Možná smrt, jiná katastrofa
Pravděpodobnost výskytu poškození zdraví (P)				
velmi nízká	1	2	3	4
nízká	2	3	4	5
střední	3	4	5	6
vysoká	4	5	6	7
<b>Hodnota</b>	<b>Riziko</b>	<b>Popis</b>		
1 – 2	Nízké	Přijatelné riziko – riziko možno akceptovat		
3 – 4	Významné	Je nutné snížení rizika - je nutné snížit riziko ve stanoveném čase		
5 – 7	Vysoké	Je nutné okamžité snížení rizika - je nutné okamžité snížení rizika		

Obrázek 38 Matice pro odhad rizika

Zdroj: [http://www.ceskyfocalpoint.cz/wp-content/uploads/2015/12/pupr\\_2\\_rizika\\_web.pdf](http://www.ceskyfocalpoint.cz/wp-content/uploads/2015/12/pupr_2_rizika_web.pdf)

Vezmeme-li v úvahu nebezpečí, které jsme již identifikovali, můžeme analyzovat, za jakých okolností k nim mohlo dojít a jaké představují následné riziko pro obsluhu.

**Zachycení části oděvu, vlasů, řetízků, prstýnků atd.** – Při zachycení dlouhých vlasů rotující částí stroje hrozí vytržení části pokožky včetně vlasů, zachycená část oděvu může způsobit zlomeninu nebo amputaci končetiny stejně jako zachycení prstýnku či řetízku pohyblivou částí stroje. Riziko při těchto úrazech můžeme klasifikovat jako významné až vysoké.

**Pád do stroje** – Pád do stroje může být způsoben nepozorným pohybem v blízkosti stroje nebo jeho chybnou obsluhou. Pokud stroj není opatřen zábranou proti vniknutí předmětů do stroje při jeho běhu, mohou být následky tragické. Riziko je v tomto případě vysoké.

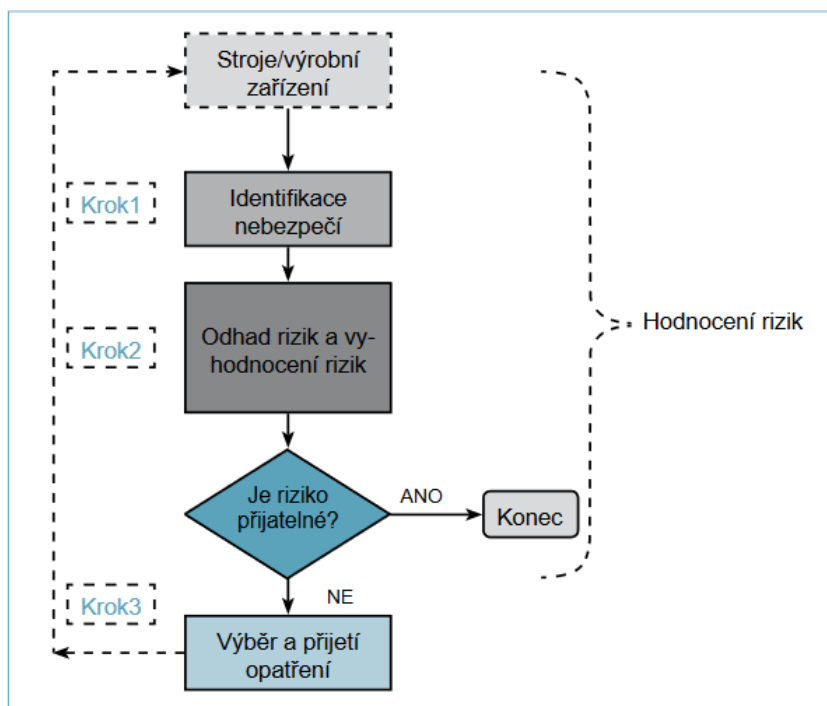
**Vědomou manipulací se strojem** – Vědomou manipulací se strojem rozumíme činnost, při které obsluha provádí výměnu obrobku, nástroje nebo čištění pracovního prostoru stroje. Při nedodržení bezpečnostních podmínek a manipulace se strojem, kterou stanovil výrobce, může dojít k poranění nedostatečně upevněným materiálem nebo kontaktu rotujícího nástroje s osobou. Jedná se o riziko významné.

**Poškození pokožky či zraku laserem** – U navrženého CNC stroje je možné vyměnit frézovací hlavu za laserovou hlavu a provádět vypalování do materiálů. Při neodborné manipulaci či

nedodržení bezpečnostních podmínek může práce s laserem způsobit popáleniny na pokožce a v horším případě poškodit rohovku nebo sítnici oka, což může mít za následek poškození nebo dokonce ztrátu zraku. Riziko je zde významné až vysoké.

**Úraz volně se pohybujícím odebraným materiálem** – Při odebírání materiálu točivými stroji dochází vlivem vysoké obvodové rychlosti nástrojů k pohybu těchto úlomků vysokou rychlostí a dochází tak k úrazům především zrakového aparátu. Jedná se o piliny, suky či třísky, které mohou v případě nekompaktního materiálu (prasklina dřeva, zkřenčelé dřevo atd.) dosahovat značných velikostí. Riziko je zde významné.

S vyhodnocením rizik nám může pomoc následující tabulka procesu řízení rizik.



Obrázek 39 Proces řízení rizik

Zdroj: [http://www.ceskyfocalpoint.cz/wp-content/uploads/2015/12/pupr\\_2\\_rizika\\_web.pdf](http://www.ceskyfocalpoint.cz/wp-content/uploads/2015/12/pupr_2_rizika_web.pdf)

**Návrh opatření a jejich realizace** – navržená opatření musí riziko buď zcela odstranit, nebo snížit na takovou mez, aby ohrožení zdraví osob bylo minimalizováno. Přijatá opatření mohou být pracovní ochranné potřeby, školení BOZP a stanovení jasných pracovních postupů.<sup>52</sup>

Návrh opatření a jeho realizace bude zajištěna důkladným proškolením obsluhy s prací na CNC stroji, platnou legislativou na školení BOZP a prokazatelné seznámení obsluhy bude zapsáno v dokumentaci BOZP o školení, podepsané školitelem a školeným.

<sup>52</sup> Příručka hodnocení rizik v malých a středních podnicích: Rizika při práci na strojích a jiném výrobním zařízení. International social security association. ČR, 2014. ISBN 978-80-87676-08-0.

### 4.2.3 NÁVRH DOKUMENTU BEZPEČNOSTI PRÁCE NA CNC ZAŘÍZENÍ

#### Zásady bezpečnosti práce na CNC zařízení

Tento dokument je zpracován podle platné legislativy, která upravuje bezpečnost a ochranu zdraví při práci. Jedná se o zákon č.262/2006 Sb., Nařízení vlády č. 272/2011 Sb., Nařízení vlády č. 378/2001 Sb. a Vyhlášky č. 48/1982 Sb. Součástí tohoto dokumentu (pokud je dodána) je dokumentace zařízení od výrobce s předepsanými požadavky na jeho bezpečný provoz.

#### Obsluha CNC zařízení je povinna

Používat pracovní pomůcky:

- Chrániče sluchu s vhodnými útlumovými vlastnostmi, pokud hluk či vibrace na pracovišti překračují povolenou mez hygienických limitů
- Ochranné brýle čiré při frézování, vrtání, broušení, řezání či jiným způsobem prováděné odebírání materiálu zařízením s vysokou úhlovou rychlostí
- Ochranné brýle s vhodným typem filtru, o vhodné vlnové délce a určené na výkon požívaného laseru v CNC, které ochrání zrakový aparát proti poškození
- Chrániče rukou při práci s předměty, které mohou způsobit řezné či tržné rány nebo jiným způsobem poškodit lidskou tkáň

Dodržovat ústrojovou kázeň:

- Používat vhodnou pevnou obuv s ochranou proti pádu materiálu a podrážkou proti podklouznutí
- Nosit pracovní oděv, který nebude vykazovat známky poškození či obsahovat volné části, které by mohly být zachyceny pohyblivými částmi stroje

- Delší vlasy, u kterých hrozí zachycení pohyblivými částmi stroje, budou sepnuty a schovány v oděvu nebo čepici tak, aby k tomuto nemohlo dojít
- Před započítím práce odložit řetízky, hodinky, prstýnky či jiné šperky, které by mohly být zachyceny pohyblivými částmi stroje

Ostatní nařízení:

1. Nevstupovat na pracoviště bez vědomí zodpovědné osoby
2. Nevykonávat práci, která byla zakázána, nebo neodpovídá jeho zdravotnímu stavu a schopnostem
3. Nepožívat alkoholické nápoje ani jiné návykové látky na pracovišti nebo se pod jejich vlivem na pracoviště dostavit
4. Oznámit nedostatky na pracovišti, které ohrožují nebo mi mohli ohrozit bezpečnost a zdraví osob
5. Bezodkladně, pokud to zdravotní stav dovolí, nahlásit pracovní úraz svůj nebo jiné osoby, pokud byl svědkem této události
6. Při zjištění závady nebo podezření na závadu stroje odpojit okamžitě stroj od elektrické sítě a bezodkladně tento stav nahlásit
7. Používat zařízení pouze k účelům, pro které je určeno v souladu s provozní dokumentací
8. Dodržovat pracovní postupy při ovládání CNC zařízení i postupy manipulace s materiálem
9. Spouštět zařízení pouze ovladačem, který je k tomu určený výrobcem
10. Výměna nástrojů, seřízení, čištění a údržba je možná pouze při odpojení zařízení od elektrické sítě
11. Před spuštěním zařízení zkontrolovat, zda se v pracovním prostoru nenachází jiné osoby

12. Piliny, třísky a jiný odpad se za běhu stroje nebo při odstavení stroje nesmí odstraňovat jinak, než za použití vhodných pomůcek (koště, hadr, hák...) nebo tlakem vzduchu
13. Na pracovišti a v okolí CNC zařízení udržovat pořádek
14. Nezkracovat po vypnutí stroje doběh rukou, nohou či předmětem přitlačeným ke stroji
15. Používat nástroje určené pro daný typ upínací hlavy a dodržet řezné podmínky určené výrobcem pro bezpečné použití nástroje
16. Seznámit se s bezpečnostními prvky stroje a umět je používat

Seznámen dne .....

.....

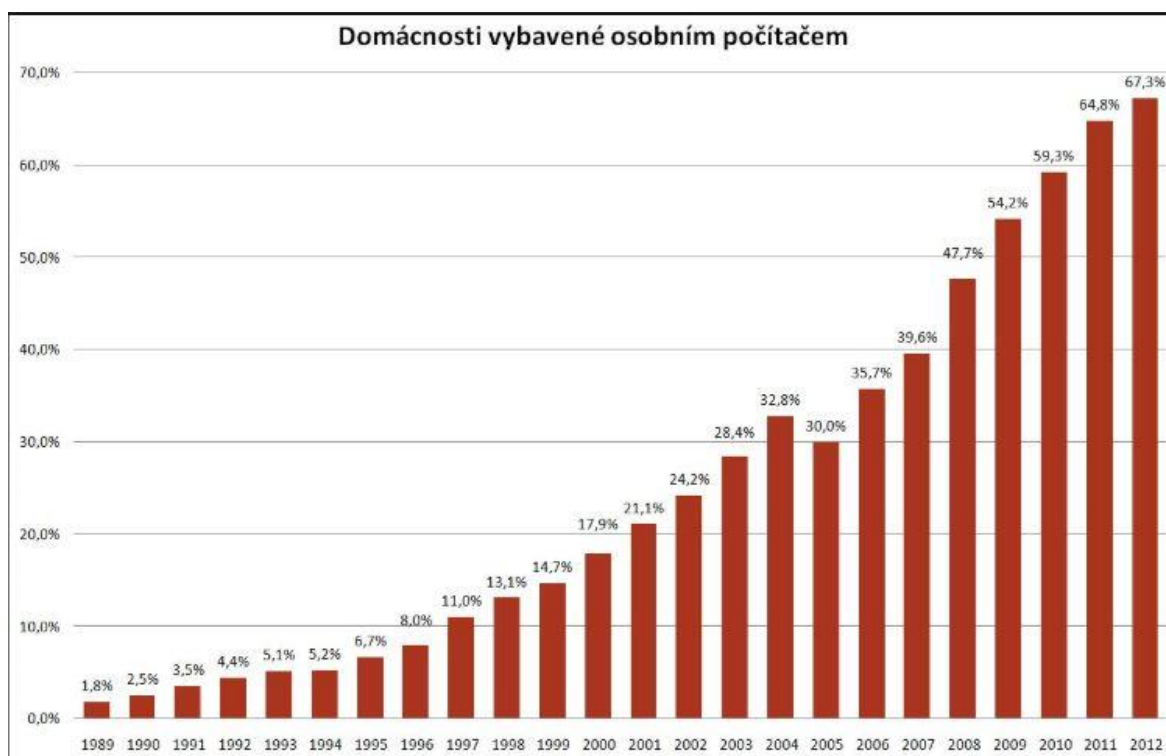
Podpis

Cílem této kapitoly bylo vytvořit dokument bezpečnosti práce na základě platné legislativy, při jehož dodržování dojde k minimalizaci rizik pracovních úrazů ve školní dílně na CNC zařízení. Je však jisté, že některé body v dokumentu nelze univerzálně použít na všechny typy škol, a proto je nutné vždy dokument upravit pro místní podmínky.

## 5 POTENCIÁL CNC ZAŘÍZENÍ PRO ROZVOJ DIGITÁLNÍ GRAMOTNOSTI

V současné době, kdy se nacházíme na sklonku další průmyslové revoluce označované jako Průmysl 4.0, je nezbytné, aby žáci měli základní povědomí o technologiích, které jsou a budou její nedílnou součástí. CNC stroje již nejsou doménou automobilových koncernů nebo velkých prosperujících podniků, ale staly se neoddělitelnou součástí výroby i malých podniků a práci bez nich si již nedovede představit ani mnoho živnostníků. Lze tedy s určitostí říci, že po ukončení školní docházky se převážná většina žáků nevyhne kontaktu s CNC stroji. Žáci by tedy měli být vhodným způsobem seznámeni s principem, základy programování kódů, obsluhou a bezpečností jednoduchého zařízení, které je uvede do problematiky CNC a v případě zájmu mohou prostřednictvím digitálních technologií své vědomosti dále rozvíjet.

Digitální revoluce probíhá velmi rychlým tempem a jisté je, že technologie nám velmi ulehčují život. Problém však nastane v okamžiku, kdy nebudeme na takto rychlý nárůst technologií připraveni, neboť v případě, že s nimi neudržíme tempo, přestaneme na trhu práce být konkurence schopní. To může mít dále následky v podobě vyšší nezaměstnanosti. Podíváme-li se deset let zpátky, zjistíme, že téměř polovina domácností nevlastnila počítač a výuka programování a infromatického myšlení nebyla součástí téměř žádné základní školy, což může být jeden z důvodů, proč je nyní na trhu práce nedostatek programátorů.



Obrázek 40 Domácnosti vybavené počítačem 1989 – 2012

Zdroj: <https://kristalova.lupa.cz/galerie/15-let-ceskeho-internetu-v-cislech/#0>

V současné době vyžaduje základní znalosti práce s počítačem 90% profesí a odborníci tvrdí, že v budoucnu bude stejné procento vyžadovat programátorské dovednosti, přičemž čísla chybějících programátorů neustále rostou.

S nastupující automatizací výroby postupující směrem k průmyslu 4.0 budou postupně zanikat řemesla a poptávka po IT specialistech a programátorech naopak dramaticky vzroste, na což je nezbytné reagovat již na úrovni základního školství.

Ani Česká republika zatím nedisponuje dostatečným počtem programátorů, protože v současné době platné RVP neobsahuje ve vzdělávací oblasti Informační a komunikační technologie jako součást učiva programování. Myslím si, že výuka problematiky CNC, jejíž součástí je nejen programování strojů by měla probíhat již na základních školách a připravit tak žáky na blízkou budoucnost.

## 5.1 VYMEZENÍ DIGITÁLNÍ GRAMOTNOSTI

Digitální gramotnost lze chápat jako soubor kompetencí čili vědomostí, dovedností a postojů s příslušnou způsobilostí a strategií. Tyto soubory kompetencí jsou nutné pro



identifikaci, pochopení, interpretaci, komunikaci a účelné a bezpečné používání digitálních technologií při práci, učení, volnočasových aktivitách za účelem vlastního sebevzdělávání a udržení ve společnosti a na trhu práce. V digitální gramotnosti nejsou předem definovány úkony spjaté s ovládnutím určité technologie (počítač, tablet či mobilní telefon), které by měl jedinec bezpodmínečně ovládat, ale obsahuje také motivační složku, schopnost práce s informacemi, komunikační složku a umění tyto dovednosti a schopnosti využít pro zkvalitnění vlastního života. Pro rozvoj digitální gramotnosti je nutné mít přístup k digitálním technologiím, a to alespoň v minimální kvalitě, která rozvoj digitální gramotnosti umožňuje. Pokud přístup k těmto technologiím určité minimální kvality není zajištěn, stává se jeho zajištění součástí rozvoje digitální gramotnosti.<sup>53</sup>

Digitální gramotnost je možné získat třemi způsoby - individuálním informálním učením, učením skrze neformální komunity a formalizovaným vzděláváním. Individuální informální učení je považováno jako nejlepší možná varianta nabývání vědomostí. Jednoznačnou výhodou je vzdělávání podle vlastního časového rozvrhu a svých vzdělávacích schopností. Naopak je zapotřebí mít silnou motivaci, přístup k potřebným materiálům a technologiím i disponovat určitými základními znalostmi práce s technologiemi. Učení prostřednictvím neformálních komunit využívá princip výuky skrze zkušenějšího jedince, případně experta a výuka může probíhat ve škole, knihovně nebo například v kavárně. Tento způsob učení zajišťuje rychlejší přísun informací a snazší osvojení dovedností s výhodou kontroly procvičovaných úkonů. Velmi efektivní je tato výuka u starších jedinců. Výhoda spočívá i v možnosti studovat distančním způsobem. Formalizované vzdělávání považují odborníci v některých případech za neefektivní formu vzdělávání. Nevýhodou je nekompatibilita vzdělávacího obsahu a reálných potřeb jedince, což platí zejména u operačních dovedností, kde bez systematického vzdělávání zůstane vzdělání nekompletní.<sup>54</sup>

V našem případě budeme na žáky digitální gramotnost uplatňovat prostřednictvím formalizovaného vzdělávání a z tohoto důvodu by měla příprava být vytvořena tak, aby co nejvíce eliminovala jeho nevýhody. Digitální gramotnost je možné rozvíjet mnoha způsoby a jedním z těchto způsobů je vytvoření digitálních vzdělávacích zdrojů, které provedou žáky

---

<sup>53</sup> Ministerstvo práce a sociálních věcí: *Strategie digitální gramotnosti ČR na období 2015 až 2020* [online]. 2015 [cit. 2019-03-04]. Dostupné z: [https://www.mpsv.cz/files/clanky/21499/Strategie\\_DG.pdf](https://www.mpsv.cz/files/clanky/21499/Strategie_DG.pdf)

<sup>54</sup> Ministerstvo práce a sociálních věcí: *Strategie digitální gramotnosti ČR na období 2015 až 2020* [online]. 2015 [cit. 2019-03-04]. Dostupné z: [https://www.mpsv.cz/files/clanky/21499/Strategie\\_DG.pdf](https://www.mpsv.cz/files/clanky/21499/Strategie_DG.pdf)

základní problematikou CNC strojů. Cílem této kapitoly tedy bude vytvoření digitálního vzdělávacího zdroje, který seznámí žáka s dopady strojů na životní prostředí, hardwarem CNC zařízení jeho pomocným a řídicím softwarem, bezpečností při práci, možnostmi budoucího uplatnění na trhu práce a vytvořením jednoduchých výrobků.

## 5.2 VYTVOŘENÍ DIGITÁLNÍHO VZDĚLÁVACÍHO ZDROJE

Digitální vzdělávací zdroj je digitálně zpracovaný materiál, který slouží k podpoře výuky. Podle dokumentu, který vydal Národní ústav pro vzdělávání, může DVZ nabývat různých podob a je velmi obtížné, spíše nemožné, specifikovat požadavky, které by vykazovaly shodné znaky pro všechny digitální zdroje. Národní ústav pro vzdělávání tudíž stanovil tři základní požadavky, které mají shodné znaky všech digitálních materiálů. Jedná se o požadavky na odbornou správnost, pedagogiku a didaktiku, požadavky autorskoprávní a technické požadavky. Na základě autorskoprávních požadavků je autor povinen vytvořený materiál zveřejnit pod veřejnou licenci, která umožní jeho sdílení, úpravy a komerční využití. Technické požadavky specifikují dostupnost materiálů bez dalších podmínek pro jeho získání, dostupnost metadatových popisků, technické zpracování dle typografických pravidel a grafických standardů a formáty souborů, které musí být dostupné bezplatnou aplikací nebo musí být umožněn převod do tohoto formátu jinou bezplatnou aplikací. Oborová správnost musí být v souladu s kurikulárními dokumenty, Ústavou a právními předpisy České republiky. Didaktická správnost se zabývá tím, zda materiály odpovídají cílové skupině žáků včetně zapojení této skupiny do učícího procesu, aktivnímu řešení problémů, komunikaci či samostatnosti. Materiál také musí být zpracován tak, aby se v něm uživatel snadno zorientoval a naučil se s ním bez obtíží zacházet.<sup>55</sup>

Následující tabulka je vytvořena pro potřeby vzniku digitálního zdroje s CNC problematikou pro žáky základních škol. Tabulka obsahuje základní údaje o struktuře výuky CNC problematiky včetně mezipředmětových vztahů, očekávaných cílů a výstupů, potřebného materiálového zabezpečení, návrhu časové dotace a možných očekávaných problémů. Vytvořený digitální vzdělávací materiál je součástí přílohy č. 2, uložený na přiloženém CD.

---

<sup>55</sup> *Národní ústav pro vzdělávání: Kritéria kvality digitálních vzdělávacích zdrojů podpořených z veřejných rozpočtů* [online]. 2016 [cit. 2019-04-10]. Dostupné z: [http://pages.pdf.cuni.cz/digitalni-gramotnost/files/2018/05/kriteria\\_kvality\\_digitalnich\\_vzdelavacich\\_zdroju.pdf](http://pages.pdf.cuni.cz/digitalni-gramotnost/files/2018/05/kriteria_kvality_digitalnich_vzdelavacich_zdroju.pdf)

<b>ZÁKLADNÍ ÚDAJE</b>	
název	CNC – Computer Numeric Control
autoři	Pavel Ešner
kontakt	p.esner@centrum.cz
typ DVZ	Rozsáhlý textový materiál, video
formát DVZ	pdf, docx, mp4
<b>ANOTACE</b>	
Dokumentace provede žáky nastavením softwaru podle parametrů CNC routeru, vytvořením jednoduchého výkresu v CAD/CAM softwaru a vygenerováním G-kódu, který následně můžou upravit podle vlastních požadavků. Před spuštěním stroje se seznámí s bezpečností práce a se simulací pro odladění případných problémů. Žáci následně používají CNC frézku.	
klíčová slova	CNC router, CAD, CAM, G-kód

<b>ZAMĚŘENÍ DVZ</b>			
oblast RVP	Člověk a svět práce	obor	Využití digitálních technologií
předmět	Technická výchova		
časová dotace	495	věk žáků	9. třída
vhodné zařazení	Téma je vhodné zařadit po výuce softwaru, hardwaru, periferních zařízeních, jejich vstupy a výstupy, charakteristiky dřev a kovů (tvrdost, pevnost, houževnatost) a znalosti principů vektorové grafiky.		
vstupní požadavky na žáka	Žák zná vektorovou grafiku, základní informace o komunikaci periferií, komunikačních portech a vlastnosti obráběných materiálů		
mezipředmětové vztahy	Informační a komunikační technologie		

<b>CÍLE A VÝSTUPY</b>	
cíl	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Žák zná základní softwarové nastavení periferie</li> <li>• Žák zná rozdíl mezi CAD – CAM softwarem a umí je používat</li> <li>• Žák umí upravovat strojový kód a rozumí mu</li> <li>• Žák se chová bezpečně při práci s CNC zařízením</li> <li>• Žák chápe důležitost znalosti CNC v současném světě</li> <li>• Žák umí vytvářet jednoduché výrobky na CNC zařízení</li> </ul>
prioritní digitální kompetence	Hardware a základní software počítače: 6.1 Získat informace o hardwaru a základním softwaru počítače a zvládnout jeho běžnou obsluhu (střední)
další digitální kompetence	Informační a datová gramotnost: 1.3 správa dat, informací a obsahu (střední úroveň)

	<p>Programování: 3.4 sestavit seznam instrukcí pro výpočetní systém, který řeší rutinní problémy nebo provádí rutinní úlohy (střední)</p> <p>Řešení technických problémů: 5.1 Identifikovat technické problémy při obsluze zařízení a používání digitálního prostředí a řešit je (střední)</p> <p>Kreativní použití digitálních technologií: 5.3 Používat digitální technologie inovativním způsobem s cílem zefektivnit, zjednodušit či zkvalitnit procesy v rámci různých lidských činností. Aplikovat nekonvenční, invenční, důmyslná řešení koncepčních problémů a problémových situací pomocí digitálních technologií (základní)</p> <p><i>Vymezení digitálních kompetencí viz příloha č.1</i></p>
další výstupy	Kognitivní: žák zná, jak na základě zvoleného obráběného materiálu zvolí vhodné řezné podmínky a nástroj.

### MATERIÁLNÍ A TECHNICKÉ ZABEZPEČENÍ

nutné pomůcky pro práci s DVZ	Pracovní list G a M kódů, dokument s nastavením softwaru Mach3
nutné vybavení pro učitele	CNC router, PC s nainstalovaným softwarem pro práci s daty a komunikací s CNC routerem, interaktivní tabule.
nutné vybavení pro žáka	PC s aplikacemi pro přehrání formátů DVZ, CAD/CAM software, řídicí software CNC routeru s možností simulace

**METODICKÉ POKYNY****organizační formy a metody výuky**

Práce s dokumenty – frontální výuka (lze poskytnout žákům k samostudiu mimo školní výuku).

Názorně demonstrační – ukázka hotových výrobků

Skupinová – jednotlivé úkoly řeší žáci ve skupinách

Individuální – samostatná práce

**vhodný postup**

1. Ukázka hotových výrobků jako motivace a vzbuzení zájmu o učivo. Spuštění 1. videa s tematikou CNC například průběh výroby Škody Octavia (<https://www.youtube.com/watch?v=DJuKMYIPsXk>) 45 min.
2. Seznámení s dopady strojů na životní prostředí, vlastnosti dřeva a jeho obrábění 45 min.
3. Seznámení s typy konstrukcí strojů a materiály na jejich výrobu, pohony 45 min.
4. Seznámení s dalšími mechanickými částmi stroje, pohybovými šrouby a lineárním vedením 45 min.
5. Uživatelské prostředí Autodesk Fusion 360 Spuštění 2. videa ([https://www.inventor3dblog.cz/fusion-360-navod-zaciname/?utm\\_source=Fusion+360+cz&utm\\_campaign=dbbd867442-AUTOMATION+Fusion+360+trial+1&utm\\_medium=email&utm\\_term=0\\_d4ba4d2ae4-dbbd867442-231579923&mc\\_cid=dbbd867442&mc\\_eid=ceal1c29f51](https://www.inventor3dblog.cz/fusion-360-navod-zaciname/?utm_source=Fusion+360+cz&utm_campaign=dbbd867442-AUTOMATION+Fusion+360+trial+1&utm_medium=email&utm_term=0_d4ba4d2ae4-dbbd867442-231579923&mc_cid=dbbd867442&mc_eid=ceal1c29f51)) 45 min.
6. Vytvoření 2D náčrtu. Spuštění 3. videa ([https://www.inventor3dblog.cz/fusion360-nacrt/?utm\\_source=Fusion+360+cz&utm\\_campaign=dbbd867442-AUTOMATION+Fusion+360+trial+1&utm\\_medium=email&utm\\_term=0\\_d4ba4d2ae4-dbbd867442-231579923&mc\\_cid=dbbd867442&mc\\_eid=ceal1c29f51](https://www.inventor3dblog.cz/fusion360-nacrt/?utm_source=Fusion+360+cz&utm_campaign=dbbd867442-AUTOMATION+Fusion+360+trial+1&utm_medium=email&utm_term=0_d4ba4d2ae4-dbbd867442-231579923&mc_cid=dbbd867442&mc_eid=ceal1c29f51)) 45 min.
7. Prohloubení znalostí vytváření 2D výkresů 45 min.
8. Práce s dokumentem (viz příloha č. 5 - Nastavení řídicího softwaru, žáci na svých PC nastaví sami software a následně otestují funkčnost (45 min.))
9. Seznámení s G-kódem viz kapitola Evaluace řídicích softwarů a příloha č. 2, 45 min.
10. Seznámení s bezpečností práce na zařízení viz kapitola
11. Spuštění frézky, vytváření výrobků 45 min.

Příklad tabulkou:

	metodická poznámka	organizace	časová dotace
Uvedení do tématu 1. hodina	Vysvětlení důležitosti CNC problematiky vlivem růstu digitálních technologií	frontálně, diskuse	10 min.
Spuštění videa		spuštěné frontálně na interaktivní tabuli	25 min.
Závěr		Zodpovězení dotazů	10 min.

Uvedení do tématu 2. hodina	Přímé i nepřímé dopady strojů na životní prostředí	frontálně, diskuse	5. min
Dopady strojů na životní prostředí	Viz kapitola „Současné pohledy na konstrukci a řízení CNC zařízení“	frontálně, diskuse	15 min.
Vlastnosti dřeva - obrábění	Učební text viz příloha č. 3	Individuální – žáci se seznámí s textem, zkouška tvrdosti různých dřev, diskuse	20 min
Závěr		Zdůraznění vlivu strojů na životní prostředí, zhodnocení hodiny	5 min
Uvedení do tématu 3. hodina	Mechanika stroje, pohony a materiály, které se používají na jejich výrobu, výhody a nevýhody jednotlivých řešení Viz kapitola „Problematika vybraných technických řešení“	frontálně	5 min
Druhy konstrukcí, pohonné jednotky	Konzolová a portálová konstrukce, (jejich výhody a nevýhody) krokové motory vs. Servomotory (jejich výhody a nevýhody a princip), ukázka funkce krokového motoru	frontálně, demonstrace	35 min

Závěr	Zhodnocení výuky, zodpovězení dotazů	Diskuse	5 min
Uvedení do tématu 4. hodina	Mechanika stroje, výhody a nevýhody jednotlivých řešení Viz kapitola „Problematika vybraných technických řešení“	frontálně	5 min
Lineární vedení, pohybové šrouby	Broušené tyče, kolejnicová vedení, metrické závitové tyče, trapézové šrouby, kuličkové šrouby a jejich výhody a nevýhody	frontálně, diskuse, demonstrace, instruktáž	35 min
Závěr	Zhodnocení výuky, zodpovězení dotazů	Diskuse	5 min
Uvedení do tématu 5. hodina	Zdůraznit žákům, že software sice vypadá složitě a není v mateřském jazyce, ale je velmi intuitivní a názorný	frontálně, skupinově, diskuse	5 min.
Studium videa Fusion 360 – Seznámení s prostředím aplikace		spuštěné frontálně na interaktivní tabuli a vyučující může video zpomalit, vrátit nebo pozastavit a zodpovědět dotazy žáků	20 min.
Samostatná práce	Průběžná kontrola činnosti žáků	individuální – žáci se seznamují s uživatelským rozhraním softwaru	15 min.
Závěr		Vyučující zhodnotí průběh hodiny a splnění cílů	5 min.
Uvedení do tématu 6. hodina	Motivace žáků ukázkou již hotových výkresů	frontálně, skupinově, diskuse	5 min.

Studium videa Fusion 360 – Seznámení vytvářením 2D výkresů		spuštěné frontálně na interaktivní tabuli a vyučující může video zpomalit, vrátit nebo pozastavit a zodpovědět dotazy žáků	20 min.
Samostatná práce	Průběžná kontrola činnosti žáků	individuální – vytvářejí jednoduché 2D výkresy	15 min.
Závěr		Vyučující zhodnotí průběh hodiny a splnění cílů	5 min.
Uvedení do tématu 7. hodina	Zopakování a ukázka vytvoření jednoduchého 2D náčrtu, zapojení žáků do vytvoření výkresu jednoduchými otázkami	frontálně, diskuse, demonstrace	10 min.
Samostatná práce	Žáci vytvářejí jednoduché výkresy a cílem hodiny je prohloubení znalostí 2D kreslení a nakreslit pěticípou hvězdu	individuální – vytvářejí jednoduché 2D výkresy	30 min.
Závěr		Vyučující zhodnotí průběh hodiny a splnění cílů	5 min.
Uvedení do tématu 8. hodina	Vysvětlení principu a funkce řídicích softwarů při obrábění	frontálně, diskuse	5 min.
Studium dokumentace viz příloha č. 5 (Nastavení softwaru)		Spuštěný software frontálně na interaktivní tabuli, vyučující zodpovídá dotazy žáků s praktickou ukázkou	10 min.
Samostatná práce	Průběžná kontrola činnosti žáků	individuální – žáci nastaví důležité parametry softwaru s podporou	15 min.



		dokumentace a manuálů	
Kontrola nastavení softwaru vyučujícím	Kontrola nejdůležitějších parametrů pro bezproblémovou funkčnost simulace	individuální nebo párová práce; Učitel může mít nachystány další úkoly tohoto typu.	10 min.
Závěr		vyučující poukáže na důležitost správného nastavení softwaru z hlediska bezpečnosti, bezproblémové funkčnosti zařízení a případná rizika při nesprávném nastavení	5 min.
Uvedení do tématu 9. hodina	Vysvětlení principu a důležitosti základní znalosti G-kódu	frontálně, diskuse	5 min.
Studium G-kódu		Práce s dokumentem viz příloha č. 2	10 min.
Samostatná práce	Průběžná kontrola činnosti žáků	individuální – žáci prostudují tabulku kódů a vyřeší úkol, rychlejší žáci v softwaru Lazy CAM převedou svůj 2D model do G-kódu a provedou jeho editaci	25 min.
Závěr		Vyučující zhodnotí průběh hodiny a splnění cílů	5 min.
Uvedení do tématu 10. hodina	Seznámení s bezpečnostními pokyny při práci s CNC strojem viz kapitola „Bezpečnost práce s CNC zařízením“, možnými následky, úrazy	frontálně	25 min
Studium dokumentu BOZP		Samostatná práce, žáci prostudují dokument BOZP	10 min

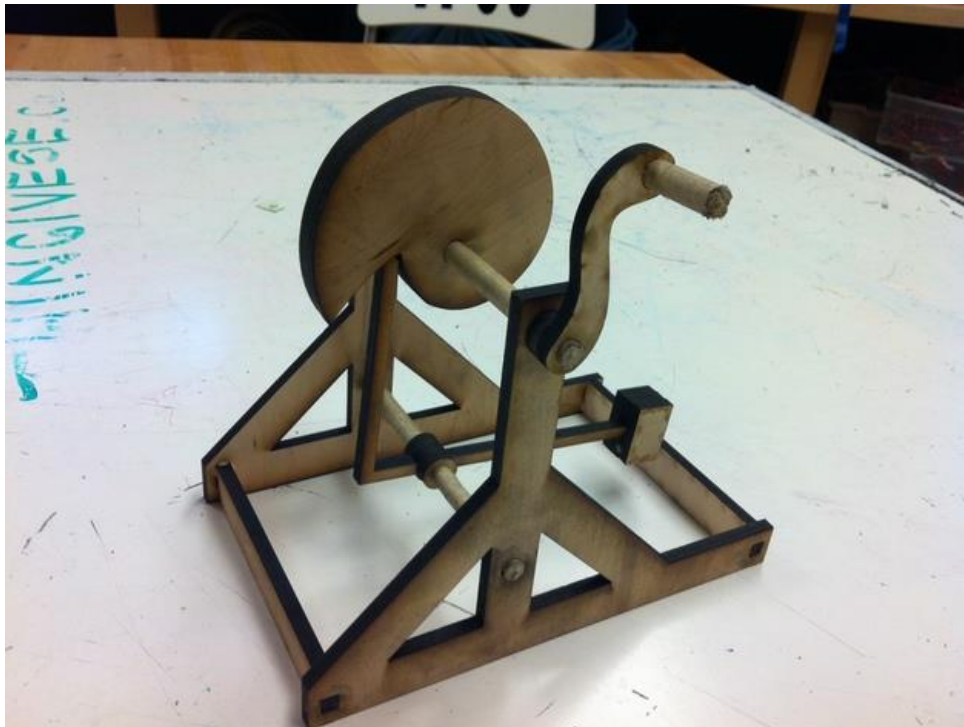
Závěr		Podepsání dokumentu BOZP žáky, zodpovězení dotazů	10 min
Uvedení do tématu 11. hodina	Motivace prostřednictvím již hotových výrobků, které již vytvořili žáci	frontálně, diskuse	10 min.
Spuštění frézky	Ukázka funkce frézky a vytvořením výrobku na základě vytvořených výkresů žáků, případně volně dostupných výkresů, použití výrobků z kapitoly „výrobky pro zvýšení motivace“ na internetu nebo jako motivace je možné žákům vyfrézovat sluneční hodiny viz příloha č.1	demonstrace	30 min.
Závěr		Vyučující hodnotí průběh hodiny, výrobky	5 min.
<b>očekávané problémy</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Problémy mohou nastat při spuštění speciálních softwarů na běžných PC. (některé řídicí softwary se nespustí, pokud nedetekují připojené zařízení, lze také využít nápovědu error kódů)</li> <li>- Problém v komunikaci PC s řídicím softwarem a CNC routerem (je nutné zkontrolovat kabeláž a správné nastavení portů, po kterých komunikuje software se zařízením)</li> <li>- CNC router neopracovává správně materiál (zkontrolovat nastavení pracovního stolu a nulových bodů v řídicím softwaru)</li> </ul>			

### 5.3 VÝROBKY PRO ZVÝŠENÍ MOTIVACE

Motivační složka je nedílnou součástí každé výuky, a pokud pro dané učivo nezískáme zájem žáků, je jedno, jak zajímavý předmět budeme vyučovat. Z tohoto důvodu představím

výrobky pro výuku CNC problematiky, které budou v duchu výroku Jana Amose Komenského „Škola hrou“. Samozřejmě žáci sami mohou na výuku najít výrobek, který by chtěli vytvářet. Může se jednat o šperky, ozdoby, klíčenky, podložky nebo ciferník hodin podle hodinového strojku, který lze pořídit v řádech stokorun a mnoho dalších, neboť inspiraci mohou hledat nejen na internetu, ale i ve svém okolí a běžně používaných předmětech denní potřeby. Výrobek si však mohou také sami žáci pokusit navrhnout v modelovacím softwaru. Zcela určitě bych však pro výuku použil návrh a výrobu slunečních hodin. Žákům se představa vlastních slunečních hodin bude zcela jistě líbit a navíc zde můžeme využít mezipředmětových vztahů a žáci tak získají znalosti o pohybu Země. Učební text k výuce slunečních hodin nalezneme v příloze č. 1. Samozřejmě se vybírání výrobků i podle možností CNC frézky, především počet os, kterými disponuje.

### Buchar Leonarda Da Vinchi



Obrázek 41 Buchar

Zdroj: <https://3axis.co/download/qommek5o/>

### Most Leonarda Da Vinchi



Obrázek 42 Most

Zdroj: <https://www.thingiverse.com/thing:1644739>

### Houpačí křeslo



Obrázek 43 Houpačí křeslo

Zdroj: <https://3axis.co/rocking-chair-assembly-dxf-file/pok6j87j/>

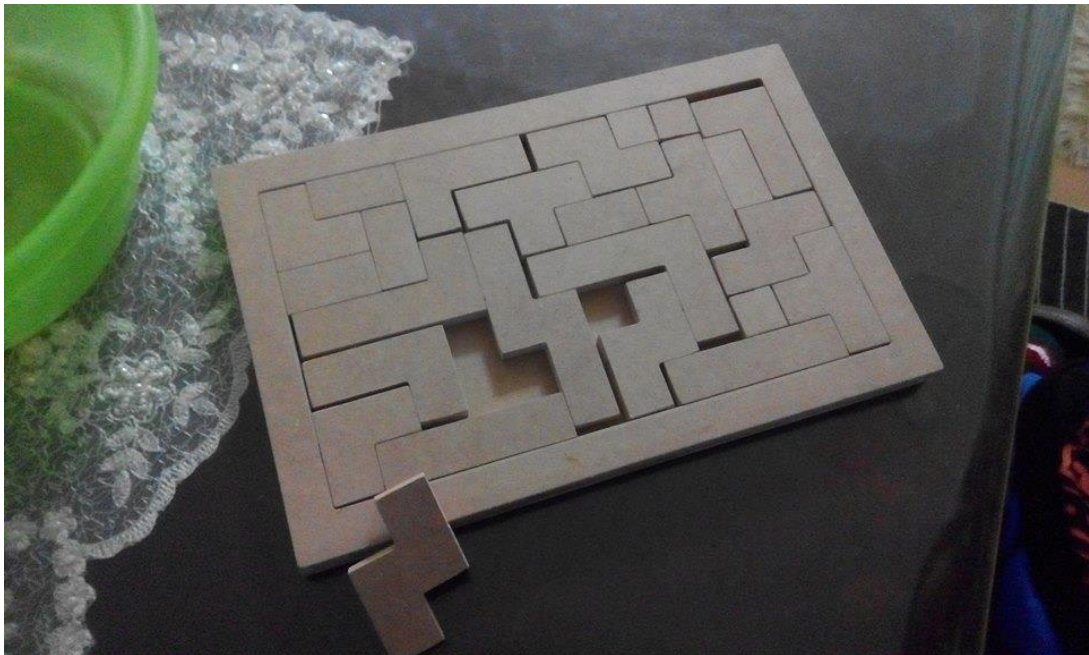
### 3D Dinosaurus



Obrázek 44 3D dinosaurus

Zdroj: <https://3axis.co/download/ro6n031x/>

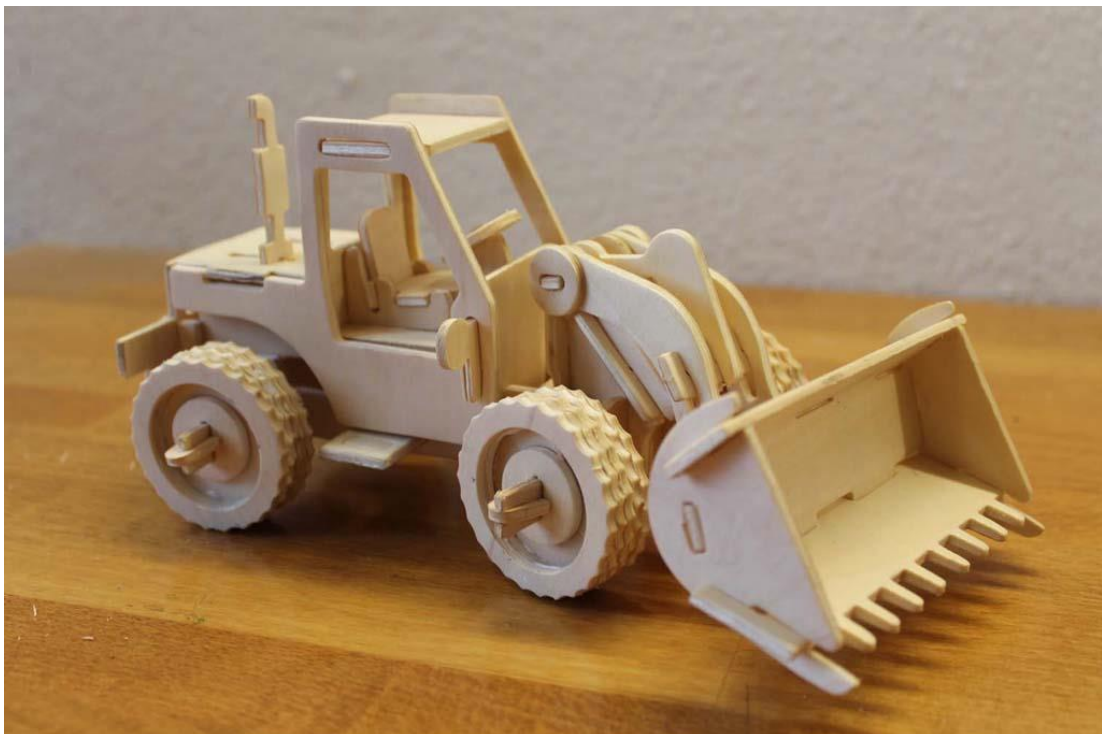
## Hlavolam



Obrázek 45 Hlavolam

Zdroj: <https://3axis.co/download/yonydp1r/>

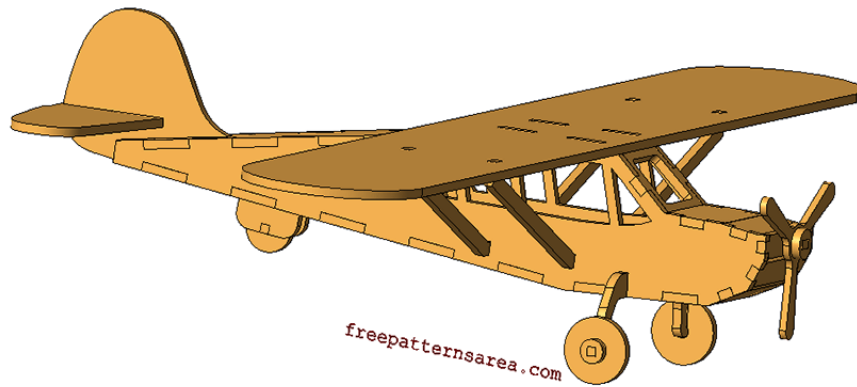
## Nakladač



Obrázek 46 Nakladač

Zdroj: <http://www.wood-jigsaw-puzzles.com/free-wood-jigsaw-puzzle-plans/free-dxf-loader-jigsaw-puzzle-wood-cnc-plans/#more-198>

## Letadlo



Obrázek 47 Letadlo

Zdroj: <https://www.freepatternsarea.com/designs/laser-cut-model-plane-3d-puzzle-dxf-free-download/>

## Věšák na klíče



Obrázek 48 Věšák na klíče

Zdroj: <https://3axis.co/download/51rr8801/>

## ZÁVĚR

V rámci této diplomové práce byl na základě prostudovaných materiálů sestaven vzorový harmonogram pro výuku CNC problematiky na základních školách, včetně bezpečnostních pokynů, vycházejících z platné legislativy České republiky.

V první kapitole po seznámení s pojmem CNC, výhodami a nevýhodami těchto strojů, jsem považoval za nezbytné seznámení se základním principem funkce CNC strojů prostřednictvím kartézských souřadnic. Z důvodu rychlého vývoje CNC strojů jsou dále představeny současné požadavky na konstrukce, které mají převážně ekonomický charakter, ať již se jedná o zvýšení výroby nebo prodloužení životnosti strojů, využívání virtualizace při obrábění a nový způsob řízení strojů nahrazující softwarové řízení pomocí přesných sond, který posouvá CNC stroje blíže k průmyslové revoluci 4.0. Považuji také za důležité seznámit žáky s informací o Průmyslu 4.0 a environmentálními aspekty strojů na životní prostředí.

Druhá kapitola se zabývá mechanickými částmi CNC strojů. Byly zde představeny aktuálně nejpoužívanější technologie při výrobě malých CNC strojů. Z pohonných jednotek vyšel nejlépe pro seznámení žáků s polohováním krokový motor. Krokový motor je nejen cenově nejpřijatelnější řešení, ale díky jeho konstrukci a principu činnosti žáci snadno porozumí polohování. Z lineárních vedení byly na základě poměru ceny k tuhosti zvoleny podepřené tyče. Jako pohybové šrouby jsem zvolil trapézové šrouby, a to převážně z důvodu jejich nejbližší podobnosti s funkcí aktuálně používaných kuličkových šroubů, jejichž cena by však velmi zatížila rozpočet školy. Konstrukčně byla zvolena portálová konstrukce s pohyblivým portálem a z aluminiových profilů, a to pro její názornost a pochopení principů CNC stroje. Závěr kapitoly patří zmínce o bezpečnostních prvcích, kterými je nutné stroj osadit, včetně zamýšlení nad dalším zajištěním bezpečnosti osob při manipulaci se strojem. Jsou zde shrnuta jednotlivá řešení a výběr nejlepších možných řešení s ohledem na pedagogické aspekty výuky.

Řídících a modelovacích softwarů je k dispozici velké množství, a proto jsem i zde představil nejčastěji používaný software v hobby sféře, a to z důvodu široké základny uživatelů. Toto rozhodnutí jsem učinil především na základě ekonomického zatížení školy a dostupné technické podpory na fórech, neboť hobby uživatelé CNC strojů mají stejné požadavky na



stroj jako základní škola, která se rozhodne pro výuku CNC problematiky. Z CAD/CAM softwarů je díky své intuitivnosti ovládnání, spojením CAD i CAM v jednom softwaru, množství návodů a bezplatné verze pro studenty i vyučující nejhodnější software Fusion 360 od společnosti Autodesk. Řídící software je možné zvolit ze dvou vybraných softwarů podle toho, jakými zkušenostmi disponuje vyučující v problematice CNC strojů a operačního systému Linux. Bezplatná varianta LinuxCNC disponuje velmi širokou základnou vývojářů a uživatelů, kteří stále software rozvíjejí, ale je zde riziko problematického zprovoznění stroje. Z pedagogického hlediska může být problémem výuka na jiné platformě, než na kterou je většina žáků zvyklá a na které probíhá standardní výuka Informačních a komunikačních technologií. Z tohoto důvodu byl nakonec zvolen Mach3. Pro zvýšení zájmu o CNC stroje byl zmíněn i PhotoVCarve, neboť vzhledem k možnostem, kterými disponuje, by výuka přišla o velmi motivačního pomocníka.

Při každé lidské činnosti musí být jasně stanovená bezpečnostní pravidla na ochranu života a zdraví osob. Z tohoto důvodu zde byl vypracován na základě platných vyhlášek, zákonů a nařízeních vlád vzorový dokument, po jehož seznámení budou žáci znát možnosti eliminace vzniku úrazů. Pro vytvoření dokumentu jsem čerpal informace zejména ze Zákona č. 262/2006 Sb. (zákoník práce), Nařízení vlády č. 272/2011 Sb., Nařízení vlády č. 378/2001 Sb. a Vyhlášky č. 48/1982 Sb. Dalším podkladem byla analýza a hodnocení rizik při práci se stroji, návrh opatření a jejich realizace. Vzorový dokument však musí vždy být upraven na konkrétní podmínky v každé základní škole.

Závěr práce nás seznamuje s důvody důležitosti začlenění CNC problematiky do výuky, digitální gramotností a vytvořením digitálního zdroje na podporu výuky CNC strojů. Digitální zdroj je zpracován formou tabulky se základními údaji obsahující anotaci, zaměření DVZ, Cíle a výstupy, Materiální a technické zabezpečení a metodickými pokyny s podrobným průběhem vyučovacích hodin. Druhá část jsou již zpracované materiály na podporu výuky ve formě příloh. Přílohy jsou v listinné podobě součástí této práce a v digitální podobě na přiloženém DVD.

Přesto, že se CNC stroji zabývám již řadu let, při psaní této práce jsem si o této problematice značně rozšířil obzor.

Tato práce byla vytvořená jako podpora pedagogům, kteří se rozhodnou žáky na základní škole seznámit s CNC stroji. Zda se podařilo obsáhnout celou problematiku a nastavit výuku

tak, aby žáky zajímala a přesto posunula, nám ukáže až ostré nasazení ve výuce. Přesto, že jsem se snažil rozvrhnout výuku s dostatečnou časovou rezervou, předpokládám, že bude muset být přizpůsobena konkrétním podmínkám školy, na které bude probíhat. Osobně považuji výuku CNC strojů za velmi zajímavé téma, které se vzhledem k nárůstu významu digitálních technologií stane nezbytností již od základního stupně vzdělávání.

## **RESUMÉ**

Tato diplomová práce se zabývá integrací témat CNC do výuky na základní škole. Dokument představuje mechanické komponenty, řídicí a pomocný software a návrh dokumentu bezpečnosti práce. Cílem dokumentu je definovat komponenty CNC zařízení vhodného pro výuku na základních školách a vytvoření digitálního vzdělávacího zdroje s harmonogramem výuky CNC zařízení.

## **Summary**

This diploma thesis deals with the integration of the CNC themes into the teaching at primary school. The document presents mechanical components, control and auxiliary software and the design of workplace safety documents. The aim of the document is to define the components of CNC equipment suitable for teaching in primary schools and to create a digital educational resource with a timetable for teaching CNC equipment.

## SEZNAM LITERATURY

Veletrhy Brno: Aktuality. *Veletrhy Brno: Aktuality* [online]. 2018 [cit. 2019-04-05].

Dostupné z: [https://www.bvv.cz/\\_sys\\_/FileStorage/download/7/6755/zaverecna-zprava-msv-imt-fondex-welding-profintech-plastex-2018.pdf](https://www.bvv.cz/_sys_/FileStorage/download/7/6755/zaverecna-zprava-msv-imt-fondex-welding-profintech-plastex-2018.pdf)

*SPŠ strojnická a SOŠ prof. Švejcara, Plzeň: Automatizace výrobních procesů ve*

*strojírenství a řemeslech, NC a CNC stroje* [online]. 2013 [cit. 2019-04-11]. Dostupné z:

[https://download.spstrplz.cz/automatizace\\_vyrobnich\\_procesu/3\\_navody\\_KA3/Navody\\_v\\_CJ/8\\_PNC3\\_CJ.pdf](https://download.spstrplz.cz/automatizace_vyrobnich_procesu/3_navody_KA3/Navody_v_CJ/8_PNC3_CJ.pdf)

FORD, Edward. *Getting started with CNC*. San Francisco: Maker Media, 2016. Make.

ISBN 978-1-457-18336-2.

Veletrhy Brno: 4dot Mechatronic Systems představí na MSV 2018 unikátní technologii pro

sledování kondice tvářecích strojů. *Veletrhy Brno: 4dot Mechatronic Systems představí na*

*MSV 2018 unikátní technologii pro sledování kondice tvářecích strojů*. [online]. 2018 [cit.

2019-04-05]. Dostupné z: <https://www.bvv.cz/msv/aktuality/4dot-mechatronic-systems-predstavi-na-msv-2018-uni/>

V-tech: Monitorovací SW - cnc sensor. *V-tech: cnc sensor* [online]. 2019 [cit. 2019-04-

06]. Dostupné z: [http://v-techsro.cz/monitorovaci-](http://v-techsro.cz/monitorovaci-sw?gclid=EAIaIQobChMIxcCI8IS84QIVCOd3Ch2c5wrDEAAYAiAAEgINpfD_BwE)

[sw?gclid=EAIaIQobChMIxcCI8IS84QIVCOd3Ch2c5wrDEAAYAiAAEgINpfD\\_BwE](http://v-techsro.cz/monitorovaci-sw?gclid=EAIaIQobChMIxcCI8IS84QIVCOd3Ch2c5wrDEAAYAiAAEgINpfD_BwE)

Veletrhy Brno: ABB chystá pro MSV 2018 přelomovou prezentaci robotiky. *Veletrhy*

*Brno: ABB chystá pro MSV 2018 přelomovou prezentaci robotiky* [online]. 2018 [cit.

2019-04-05]. Dostupné z: [https://www.bvv.cz/msv/aktuality/abb-chysta-pro-msv-2018-](https://www.bvv.cz/msv/aktuality/abb-chysta-pro-msv-2018-prelomovou-prezentaci-robo/)

[prelomovou-prezentaci-robo/](https://www.bvv.cz/msv/aktuality/abb-chysta-pro-msv-2018-prelomovou-prezentaci-robo/)

Polohovací systémy: Lineární osy. *Polohovací systémy: Lineární osy* [online]. 2019 [cit.

2019-04-05]. Dostupné z:

[https://www.hiwin.cz/media/files/05\\_Polohovaci\\_systemy\\_Linearni\\_osy.pdf](https://www.hiwin.cz/media/files/05_Polohovaci_systemy_Linearni_osy.pdf)

Obráběcí stroje a technologie: Propojení virtuálních modelů s reálnými řídicími systémy.

*Obráběcí stroje a technologie: Propojení virtuálních modelů s reálnými řídicími systémy*

[online]. 2016 [cit. 2019-04-06]. Dostupné z:

<https://www.mmspektrum.com/clanek/propojeni-virtualnich-modelu-s-realnymi-ridicimi-systemy.html>

DUCHOSLAV, Petr. *Factory automation: Co je to kolaborativní robot? 5 věcí, které byste*

*o něm měli vědět. Factory automation: Co je to kolaborativní robot? 5 věcí, které byste o*

*něm měli vědět* [online]. 2017 [cit. 2019-04-06]. Dostupné z:

<https://factoryautomation.cz/co-je-to-kolaborativni-robot-5-veci-ktere-byste-o-nem-meli-vedet/>

MMSpektrum: *Strojírenská firma sází na kolaborativní aplikaci. MMSpektrum:*

*Strojírenská firma sází na kolaborativní aplikaci* [online]. 2019 [cit. 2019-04-06].

Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/strojirenska-firma-sazi-na-kolaborativni-aplikaci.html>

Oneindustry Strojírenství: Nástroje. *Oneindustry Strojírenství: Nástroje* [online]. 2018 [cit. 2019-04-08]. Dostupné z: <https://strojirenstvi.one/revolucni-kontaktni-skenovaci-system-otevira-zcela-nove-moznosti-rizeni-procesu-na-cnc-obrabcich-strojich/>

ISO 14955-1:2017: Machine tools -- Environmental evaluation of machine tools. *ISO 14955-1:2017: Machine tools -- Environmental evaluation of machine tools* [online]. 2017 [cit. 2019-04-08]. Dostupné z: <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:14955:-1:dis:ed-2:v1:en>

*Technický portál: Japonská OKUMA a její přínos ekologii ve výrobě CNC strojů* [online]. 2006 [cit. 2019-04-09]. Dostupné z: [https://www.technickytydenik.cz/rubriky/archiv/japonska-okuma-a-jeji-prinos-ekologii-ve-vyrobe-cnc-stroju\\_16665.html](https://www.technickytydenik.cz/rubriky/archiv/japonska-okuma-a-jeji-prinos-ekologii-ve-vyrobe-cnc-stroju_16665.html)

*MURElektronik: Emparro - Simply the Best* [online]. 2019 [cit. 2019-04-08]. Dostupné z: <https://www.murrelektronik.cz/cz/novinky/produktove-novinky/detail-page/date/2013/04/23/article/emparro-simply-the-best-6.html?cHash=0debc315b1c655456c05c9a86aac83c0>

*Strojírenství.cz - CNC Fórum: Krokove unipolární bipolární a servomotory* [online]. 2009, 9.11.2009 [cit. 2019-03-07]. Dostupné z: <https://forum.strojirenstvi.cz/viewtopic.php?t=1270>

SKALICKÝ, CSC., Prof. Ing. Jiří. *Elektrické servopohony* [online]. Vysoké učení technické v Brně. <https://www.vutbr.cz/>: ÚSTAV VÝKONOVÉ ELEKTROTECHNIKY A ELEKTRONIKY [cit. 2019-03-19]. Dostupné z: [https://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwjy gJCvgI hAhUEKIAKHQ5DCGMQFjAAegQIAxAC&url=https%3A%2F%2Fwww.vutbr.cz%2Fwww\\_base%2Fpriloha.php%3Fdpid%3D33400&usg=AOvVaw2DdgXx0-OK69WfvANKPUCg](https://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwjy gJCvgI hAhUEKIAKHQ5DCGMQFjAAegQIAxAC&url=https%3A%2F%2Fwww.vutbr.cz%2Fwww_base%2Fpriloha.php%3Fdpid%3D33400&usg=AOvVaw2DdgXx0-OK69WfvANKPUCg)

Admin E-konstruktor. 10 tipů jak vybrat krokový motor. *E-konstruktor: Portál pro strojní konstruktéry* [online]. 2016, 28.2.2016 [cit. 2019-03-28]. Dostupné z: <https://e-konstruktor.cz/novinka/10-tipu-jak-vybrat-krokovy-motor>

ŠTULPA, Miloslav. *CNC obráběcí stroje a jejich programování*. Praha: BEN - technická literatura, 2006. ISBN 80-7300-207-8.

Haberkorn: Trapézové šrouby a matice. *HABERKORN: Eshop Haberkorn* [online]. 2019, 11.1.2019 [cit. 2019-03-31]. Dostupné z: <https://eshop.haberkorn.cz/pohonne-elementy/trapezove-srouby-a-matice/>

MAREK, Prof. dr. Ing. Jiří. *MMSPEKTRUM: Kuličkové šrouby a matice ve stavbě CNC obráběcích strojů, část 1. MMSPEKTRUM: Posuvová soustava* [online]. 2019, 2019 [cit. 2019-03-31]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/kulickove-srouby-a-matice-ve-stavbe-cnc-obrabcich-stroju-cast-1.html>

JANÍČKOVÁ, Ing. Petra. Moderní konstrukční řešení CNC strojů. *Střední odborná škola technická Uherské Hradiště: Moderní konstrukční řešení CNC strojů* [online]. 2016, 30.6.2012 [cit. 2019-04-01]. Dostupné z:

<http://www.uh.cz/szegsm/files/sblizovani/pdf/mod-konstr-cnc.pdf>

Macmatic: Rozdělení CNC obráběcích strojů. *Macmatic: Portálová obráběcí centra* [online]. 2016, 6.10.2016 [cit. 2019-04-01]. Dostupné z:

<https://www.macmatic.cz/component/content/article/40-technicke-clanky/67-rozdeleni-cnc-obrabecich-stroju>

ArtSoft: Mach3 [online]. Newfangled Solutions, 2019 [cit. 2019-01-22]. Dostupné z:

<https://www.machsupport.com/software/mach3/>

ZAHRADNÍK, Jan. *Sysel CNC: Mach3 CNC Controller* [online]. 2011 [cit. 2019-01-22].

Dostupné z: <http://cnc.usysla.eu/index.php?go=mach3/upravy>

ArtSoft: Mach3 [online]. 2019 [cit. 2019-03-04]. Dostupné z:

<https://www.machsupport.com/shop/mach3/>

ArtSoft: Mach4 [online]. 2019 [cit. 2019-04-09]. Dostupné z:

<https://www.machsupport.com/downloads-updates/main-programs/>

LinuxCNC V2.7.14-72. *LinuxCNC: LinuxCNC Documentatuion* [online]. 2019, 1.3.2019 [cit. 2019-03-06]. Dostupné z:

[http://linuxcnc.org/docs/2.7/pdf/LinuxCNC\\_Documentation.pdf](http://linuxcnc.org/docs/2.7/pdf/LinuxCNC_Documentation.pdf)

LinuxCNC. *LinuxCNC: Current release: 2.7.14* [online]. 2019, 1.3.2019 [cit. 2019-03-06].

Dostupné z: <http://linuxcnc.org>

ŠTULPA, Miloslav. CNC obráběcí stroje a jejich programování. Praha: BEN - technická literatura, 2006. ISBN 80-7300-207-8.

Vetric: Products. *Vetric passionate about CNC: Products* [online]. 2019 [cit. 2019-04-01]. Dostupné z:

<https://www.vetric.com/>

Hobby CNC: Cut 3D predstavenie. *Hobby CNC: CNC stroje, které si můžete dovolit* [online]. 2017 [cit. 2019-04-01]. Dostupné z:

[http://www.cnc1.eu/sk/cut\\_3d\\_predstavenie.htm](http://www.cnc1.eu/sk/cut_3d_predstavenie.htm)

Vetric: PhotVCarve. *Vetric: PhotVCarve* [online]. [cit. 2019-04-03]. Dostupné z:

<https://www.vetric.com/products/photovcarve>

ŠKARKA, Matěj. Autodesk: Inventorblog. *Autodesk: Inventorblog* [online]. 2017 [cit. 2019-04-03]. Dostupné z:

<https://www.inventor3dblog.cz/fusion-360/>

Autodesk: Fusion 360. *Autodesk: Fusion 360* [online]. 2017 [cit. 2019-04-03]. Dostupné z:

<https://www.fusion360.cz/edu/>

FreeCAD documentation: Feature list [online]. 2019 [cit. 2019-04-09]. Dostupné z:

[https://www.freecadweb.org/wiki/Feature\\_list](https://www.freecadweb.org/wiki/Feature_list)

Vyhláška č. 50/1978 Sb.: Vyhláška Českého úřadu bezpečnosti práce a Českého báňského úřadu o odborné způsobilosti v elektrotechnice. *Zákony pro lidi* [online]. 1979 [cit. 2019-01-18]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1978-50/zneni-19820901>

Zákon č. 262/2006 Sb.: Zákon zákoník práce. *Zákony pro lidi* [online]. 2007 [cit. 2019-01-18]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2006-262#cast5>

Zákon č. 309/2006 Sb.: Zákon o zajištění dalších podmínek bezpečnosti a ochrany zdraví při práci. *Zákony pro lidi* [online]. 2007 [cit. 2019-01-18]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2006-309>

Nařízení vlády č. 272/2011 Sb.: Nařízení vlády o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. *Zákony pro lidi* [online]. 2011 [cit. 2019-01-18]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2011-272>

Vyhláška č. 48/1982 Sb.: Vyhláška Českého úřadu bezpečnosti práce, kterou se stanoví základní požadavky k zajištění bezpečnosti práce a technických zařízení. *Zákony pro lidi* [online]. 1982 [cit. 2019-01-18]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1982-48/zneni-20050607>

Statistika pracovních úrazů v ČR: Pracovní úrazovost v České republice v roce 2017. *Oborový portál pro BOZP Přihlásit se Encyklopedie BOZP facebook Hledej* [online]. 18.6.2018 [cit. 2019-01-18]. Dostupné z: <https://www.bozpinfo.cz/pracovni-urazovost-v-ceske-republice-v-roce-2017?page=0%2C7>

Nové statistiky pracovních úrazů za rok 2014. Víme, jaká práce je nejvíce riziková. *Oborový portál pro BOZP Přihlásit se Encyklopedie BOZP facebook Hledej* [online]. 1.4.2015 [cit. 2019-01-18]. Dostupné z: <https://www.bezpecnostprace.info/pracovni-urazy/nove-statistiky-pracovnich-urazu-za-rok-2014-vime-jaka-prace-je-nejvice-rizikova/>

*ÚŘEDNÍ VĚSTNÍK EVROPSKÝCH SPOLEČENSTVÍ: o zavádění opatření pro zlepšení bezpečnosti a ochrany zdraví zaměstnanců u při práci* [online]. 1989 [cit. 2019-01-20].

*Příručka hodnocení rizik v malých a středních podnicích: Rizika při práci na strojích a jiném výrobním zařízení*. International social security association. ČR, 2014. ISBN 978-80-87676-08-0.

*Příručka hodnocení rizik v malých a středních podnicích: Rizika při práci na strojích a jiném výrobním zařízení*. International social security association. ČR, 2014. ISBN 978-80-87676-08-0.

*Ministerstvo práce a sociálních věcí: Strategie digitální gramotnosti ČR na období 2015 až 2020* [online]. 2015 [cit. 2019-03-04]. Dostupné z: [https://www.mpsv.cz/files/clanky/21499/Strategie\\_DG.pdf](https://www.mpsv.cz/files/clanky/21499/Strategie_DG.pdf)

*Ministerstvo práce a sociálních věcí: Strategie digitální gramotnosti ČR na období 2015 až 2020* [online]. 2015 [cit. 2019-03-04]. Dostupné z: [https://www.mpsv.cz/files/clanky/21499/Strategie\\_DG.pdf](https://www.mpsv.cz/files/clanky/21499/Strategie_DG.pdf)

*Národní ústav pro vzdělávání: Kritéria kvality digitálních vzdělávacích zdrojů podpořených z veřejných rozpočtů* [online]. 2016 [cit. 2019-04-10]. Dostupné z: [http://pages.pedf.cuni.cz/digitalni-gramotnost/files/2018/05/kriteria\\_kvality\\_digitalnich\\_vzdelavacich\\_zdroju.pdf](http://pages.pedf.cuni.cz/digitalni-gramotnost/files/2018/05/kriteria_kvality_digitalnich_vzdelavacich_zdroju.pdf)



## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Kartézský souřadnicový systém.....	8
Obrázek 2 Funkce dot4.....	9
Obrázek 3 Cnc sensor společnosti v-tech.....	10
Obrázek 4 Robot YuMi.....	11
Obrázek 5 Srovnání principu lineárního a rotačního motoru.....	12
Obrázek 6 Manipulátor Hiwin.....	12
Obrázek 7 Virtuální obrábění Siemens.....	13
Obrázek 8 Sonda OSP60.....	15
Obrázek 9 Konstrukce stejnosměrného motoru.....	20
Obrázek 10 Řez asynchronním motorem.....	21
Obrázek 11 Konstrukce krokového motoru.....	22
Obrázek 12 Princip otáčení krokového motoru.....	23
Obrázek 13 Unipolární vinutí motoru.....	24
Obrázek 14 Bipolární vinutí motoru.....	24
Obrázek 15 Zapojení tří fázového motoru.....	25
Obrázek 16 Podepřená tyč - kolejnice.....	28
Obrázek 17 Profilové vedení s vozíky.....	29
Obrázek 18 Příklad použití metrické závitové tyče na CNC router.....	30
Obrázek 19 Trapézový šroub s maticí.....	31
Obrázek 20 Vymezení vřlí kuličkových šroubů.....	32
Obrázek 21 Řez maticí.....	33
Obrázek 22 Kuličkové šrouby s maticemi.....	34
Obrázek 23 Konzolová CNC fréza.....	35
Obrázek 24 Portálová fréza.....	36
Obrázek 25 H5 CNC Ovladač.....	39
Obrázek 26 CNC frézka pro výuku na ZŠ.....	42
Obrázek 27 Úvodní obrazovka Mach3.....	44
Obrázek 28 Mach4.....	46
Obrázek 29 Úvodní obrazovka Linux CNC.....	48
Obrázek 30 G kódy.....	49
Obrázek 31 M kódy.....	50
Obrázek 32 Cut2d s databází nástrojů.....	52
Obrázek 33 Cut3D.....	53
Obrázek 34 Uživatelské prostředí PhotoVCarve.....	54
Obrázek 35 Vyfrézovaná fotografie.....	55
Obrázek 36 Autodesk Fusion 360.....	57
Obrázek 37 FreeCAD.....	58
Obrázek 38 Matice pro odhad rizika.....	68
Obrázek 39 Proces řízení rizik.....	70
Obrázek 40 Domácnosti vybavené počítačem 1989 – 2012.....	75
Obrázek 41 Buchar.....	87
Obrázek 42 Most.....	87
Obrázek 43 Houpací křeslo.....	88
Obrázek 44 3D dinosaur.....	88
Obrázek 45 Hlavolam.....	89

---

Obrázek 46 Nakladač.....	89
Obrázek 47 Letadlo .....	90
Obrázek 48 Věšák na klíče .....	90
Obrázek 49_ Nejstarší sluneční hodiny v České republice .....	I
Obrázek 50_ Osa Země .....	II
Obrázek 51_ Korekční tabulka .....	II
Obrázek 52_ Mapa Časových pásem.....	III
Obrázek 53 Druhy dřev podle tvrdosti .....	IX
Obrázek 54 Používaná soustava .....	XVII
Obrázek 55 Nastavení portů .....	XVIII
Obrázek 56 Nastavení pinů portů .....	XVIII
Obrázek 57 Nastavení vstupních signálů .....	XIX
Obrázek 58 Nastavení výstupních signálů .....	XX
Obrázek 59 Nastavení motorů .....	XXI
Obrázek 60 Simulace obrábění.....	XXII

**SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1 Vlastnosti přesných tyčí .....	27
Tabulka 6 Tabulka zatížení metrických ISO trapézových šroubů.....	32
Tabulka 10: Top 30 CAD softwarových nástrojů .....	61

## PŘÍLOHY

### Příloha č. 1 – Učební text pro žáka – Sluneční hodiny

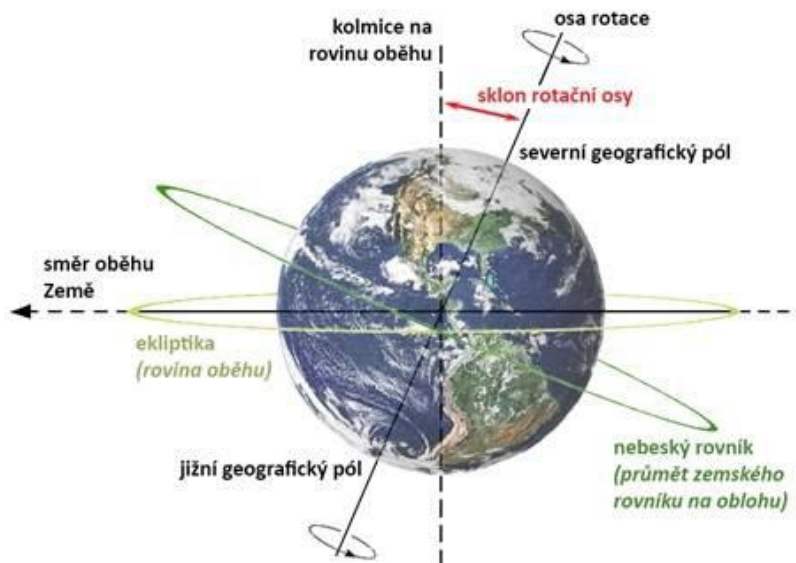
První sluneční hodiny byly sestaveny asi před 7000 lety. V Evropě se začaly sluneční hodiny používat v 1. století n. l. ale k jejich největšímu rozšíření došlo v 16. století. Nejstarší sluneční hodiny v České republice jsou na chrámu sv. Bartoloměje v Kolíně a pocházejí z přelomu 14. a 15. století. Jejich torzo vidíte na následujícím obrázku.



Obrázek 49\_ Nejstarší sluneční hodiny v České republice

Zdroj: <http://prochazkakolinem.wz.cz/data1/images/bar45.jpg>

Princip slunečních hodin spočívá v tom, že při svitu slunce vytvářejí předměty stín a my tak podle jeho pohybu můžeme určovat čas. Způsobuje to rotace Země kolem své osy a oběh Země kolem Slunce. Vzdálenost země od slunce se v průběhu roku mění a navíc je zemská osa odkloněna od kolmice zemské dráhy o  $23,5^\circ$ . viz následující obrázek.



Obrázek 50\_Osa Země

Zdroj: <https://www.prirodovedci.cz/zepetejte-se-prirodovedcu/1821>

V důsledku těchto skutečností se délka hodiny na slunečních hodinách mění a není stejná jako na mechanických hodinách, které odměřují čas každé hodiny stejně. Tento rozdíl může být v průběhu roku a naší zeměpisné délce maximálně 15 minut a je možné doplnit sluneční hodiny tzv. Korekční tabulkou, ve které najdeme pro každý den, kolik máme přičíst či odečíst minut. Viz obrázek.

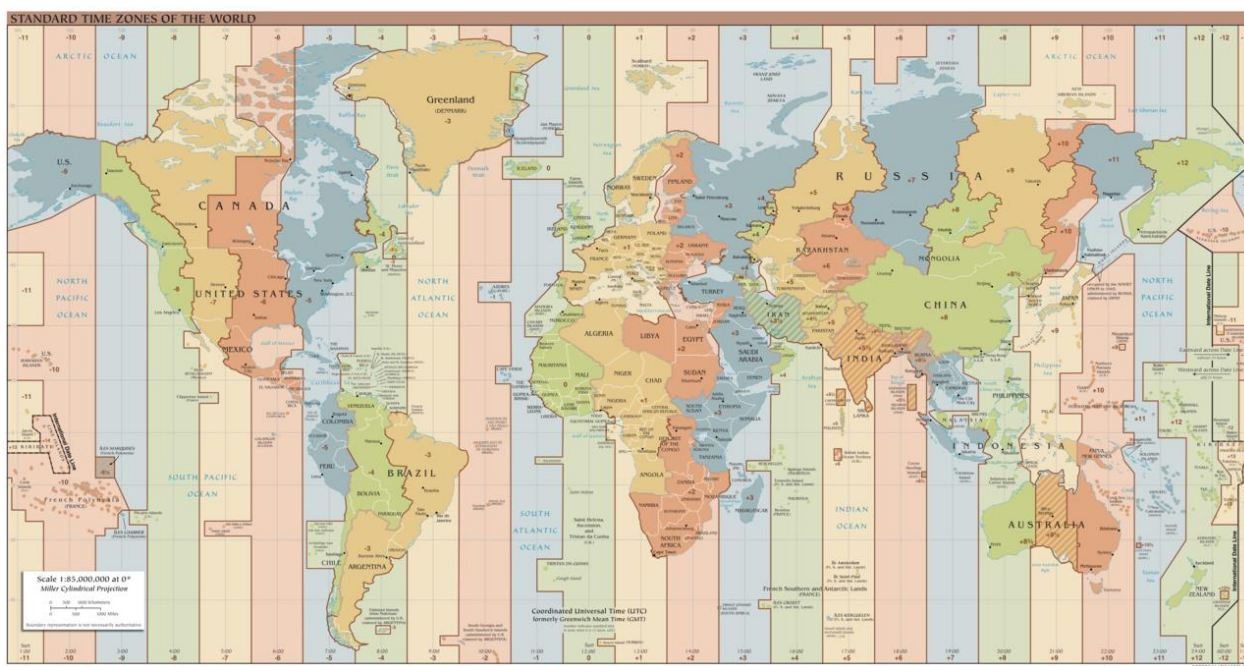
**KOREKČNÁ TABUĽKA**  
**JUŽNÉ A ZÁPADNÉ HODINY**  
(oprava v min.)

Deň	Mesiac	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1. - 10.		4	14	12	4	-3	-2	4	6	0	-10	-16	-11
10. - 20.		7	14	10	1	-4	-1	5	5	-3	-13	-16	-7
20. - 31.		11	14	8	-0	-3	2	6	3	-6	-15	-14	-2

Obrázek 51\_Korekční tabulka

Zdroj: <http://www.slunecni-hodiny.webzdarma.cz/princip.html>

Sluneční hodiny musí být vždy vyrobené pro konkrétní zeměpisnou šířku (Česká republika = 50°) a není proto možné použít sluneční hodiny vytvořené pro jinou zeměpisnou šířku v České republice. Takové hodiny následně slouží pouze jako dekorace ale funkční nebudou. Dalším problémem slunečních hodin je změna zimního a letního času. Mechanické hodinky nastavíme o hodinu vpřed nebo zpět ale chtělo by se vám každých půl roku předělávat ukazatel u slunečních hodin? Asi ne že. Sluneční hodiny proto obsahují dvě stupnice času pro zimní a letní čas. Jednoduché a geniální. V dnešní době již sluneční čas nepoužíváme, neboť jeho hlavní nevýhodou je, že se liší od místa k místu. S rozvojem dopravy se proto přešlo na pásmový čas, kdy byla Země rozdělena na poledníky po 15°. Vzhledem k tomu, že však poledníky protínají různé státy, muselo dojít k úpravě časových pásem, protože by nebylo vhodné aby jste vyšli ze školy ve 12 hodin, která je na jedné straně města a při cestě trvající 5 minut jste přišli domů na druhou stranu města ve 13.05. Toto pravidlo však neplatí pro všechny státy, protože kvůli jejich velikosti by nebylo možné jim přiřadit pouze jeden čas a proto jsou státy, ve kterých se nachází i několik časových pásem. Jak jsou tyto časová pásma korigována, vidíte na následujícím obrázku.



Obrázek 52\_Mapa Časových pásem

Zdroj: [https://cs.wikipedia.org/wiki/%C4%8Casov%C3%A9\\_p%C3%A1smo](https://cs.wikipedia.org/wiki/%C4%8Casov%C3%A9_p%C3%A1smo)

Máte-li zájem se dozvědět více o slunečních hodinách, doporučuji internetovou stránku. "<http://www.slunecni-hodiny.webzdarma.cz>". Autor se zabývá restaurováním a výrobou slunečních hodin již více jak 30 let a na jeho stránkách nejen že získáte představu o různých možnostech výroby slunečních hodin, ale dozvíte se i spoustu zajímavostí.

## Příloha č. 2 – Pracovní list G-kódy, M-kódy

**G-kódy**

G0	nájezd do polohy (rychloposuv)
G1	lineární interpolace (řezný posuv)
G2	kruhová interpolace ve směru hodinových ručiček
G3	kruhová interpolace proti směru hodinových ručiček
G4	časová prodleva
G5	obrábění v cyklu vysokou rychlostí
G7	hypotetická interpolace v ose
G7.1	(G107) interpolace na válci
G10	programovatelný zápis parametrů
G10.6	odsunutí a přisunutí nástroje
G11	zrušení programovatelného zápisu parametrů
G12.1	(G112) režim interpolace v polárních souřadnicích
G13.1	(G113) zrušit režim interpolace v polárních souřadnicích
G17	volba roviny Xp Yp
G18	volba roviny Zp Xp
G19	volba roviny Yp Zp
G20	vstup v palcích
G21	vstup v milimetrech
G22	zapnout funkci kontroly uloženého zdvihu
G23	vypnout funkci kontroly uloženého zdvihu
G25	vypnout detekci kolísání otáček vřetena
G26	zapnout detekci kolísání otáček vřetena
G27	kontrola nájezdu do referenční polohy
G28	nájezd do referenční polohy
G30	nájezd do 2., 3. a 4. referenční polohy
G30.1	nájezd do plovoucího referenčního bodu
G31	funkce přeskočení
G32	řezání závitů
G34	řezání závitů s proměnným stoupáním
G36	automatická korekce nástroje v ose X
G37	automatická korekce nástroje v ose Z
G39	kruhová interpolace v rohu
G40	zrušení korekce zaoblení špičky nástroje
G41	korekce zaoblení špičky nástroje – nástroj zprava
G42	korekce zaoblení špičky nástroje – nástroj zleva
G50	omezení otáček vřetene
G50.3	předvolba souřadného systému obrobku
G50.2	zrušit polygonální soustružení
G51.2	polygonální soustružení
G52	nastavení souřadného systému
G53	nastavení souřadného systému stroje
G54	volba souřadného systému obrobku 1
G55	volba souřadného systému obrobku 2
G56	volba souřadného systému obrobku 3
G57	volba souřadného systému obrobku 4
G58	volba souřadného systému obrobku 5
G59	volba souřadného systému obrobku 6
G65	volání makra
G66	modální volání makra
G67	zrušit modální volání makra
G68	zrcadlový obraz pro dvojité soustruhy zapnout
G69	zrcadlový obraz pro dvojité soustruhy vypnout
G70	dokončení tvaru po hrubování
G71	cyklus hrubování průměrů
G72	cyklus hrubování čela



G73	cyklus kopírování tvaru
G74	čelní přerušované vrtání
G75	vrtání vnějšího průměru / vnitřního průměru
G76	cyklus vícenásobného řezání závitu
G80	zrušit pevný cyklus vrtání
G83	cyklus čelního vrtání
G84	cyklus čelního řezání závitu závitníkem
G86	cyklus čelního vyvrtávání
G87	cyklus bočního vrtání
G88	cyklus bočního řezání závitu závitníkem
G89	cyklus bočního vyvrtávání
G90	cyklus obrábění vnějšího průměru / vnitřního průměru
G92	cyklus řezání závitů
G94	cyklus čelního zarovnávání
G96	konstantní řezná rychlost
G97	konstantní otáčky vřetena
G98	programování posuvu v mm/min.
G99	programování posuvu v mm/ot.
G184	cyklus pevného závitování poháněnými nástroji v ose Z
G188	cyklus pevného závitování poháněnými nástroji v ose X

**M-kódy**

M0	stop programu
M1	volitelný stop programu
M2	konec programu
M3	pravé otáčky vřetena
M4	levé otáčky vřetena
M5	stop vřetena
M8	spuštění chlazení
M9	zastavení chlazení
M10	otevření čelistí sklíčidla, kleštiny
M11	sevření čelistí sklíčidla, kleštiny
M14	vysunutí pinoly koníku
M15	zasunutí pinoly koníku
M18	zrušení režimu C osy
M19	zapnutí režimu C osy
M29	pevné závitování (synchronizace vřetena s posuvem)
M30	konec programu (reset)
M37	brzda vřetene zapnuta (jen při M19)
M38	brzda vřetene vypnuta
M68	odebírání kusů vyklopit
M69	odebírání kusů zaklopit
M73	pravé otáčky poháněných nástrojů
M74	levé otáčky poháněných nástrojů
M75	zastavení otáček poháněných nástrojů
M98	volání podprogramu
M99	konec podprogramu, programový skok
M1000 až M1360	orientovaný stop vřetena ve stupních
M10000 až M14096	orientovaný stop vřetena (4096 bodů = 360 stupňů)

Zdroj: SOŠ Slavičín: *Realizované projekty Střední odborné školy Slavičín* [online]. 2011 [cit. 2019-04-11]. Dostupné z: [http://projekty.sosslavicin.cz/file\\_local.php?id=28](http://projekty.sosslavicin.cz/file_local.php?id=28)

**Úkol:** Zachovej se jako CNC fréza, vezmi tužku a nakresli obrazec podle následujícího part programu do tabulky.

y 10										
y 9										
y 8										
y 7										
y 6										
y 5										
y 4										
y 3										
y 2										
y 1										
	x 1	x 2	x 3	x 4	x 5	x 6	x 7	x 8	x 9	x 10

Práce s G-kódem

Zdroj: vlastní

Program: G0 X4 Y2 Z0

G1 X4 Y2

G1 X4 Y4

G1 X2 Y4

G1 X2 Y6

G1 X4 Y6

G1 X4 Y8

G1 X6 Y8

G1 X6 Y6

G1 X8 Y6

G1 X8 Y4

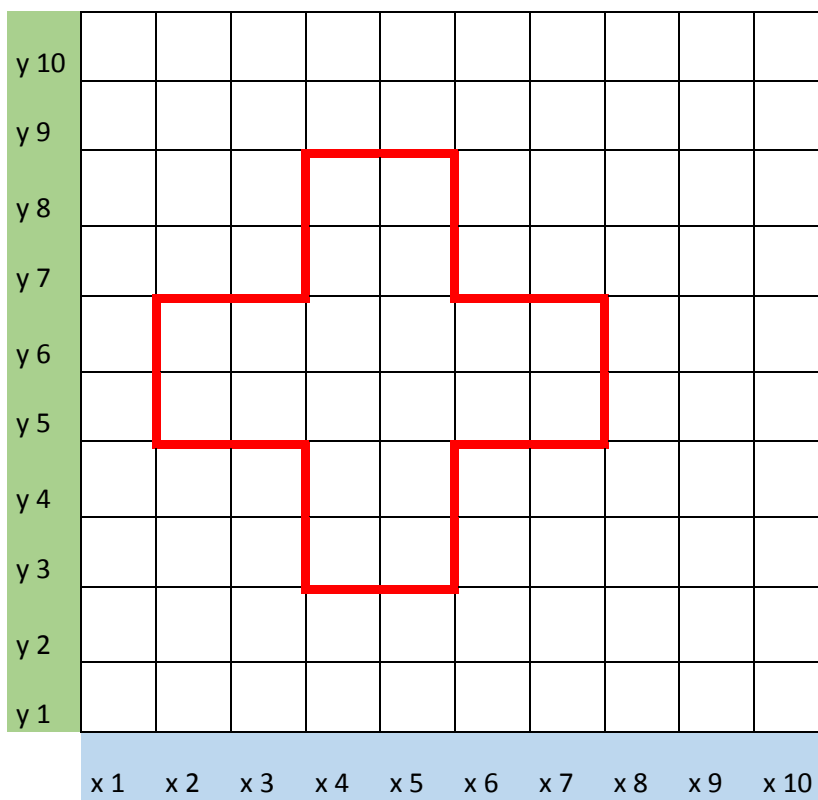
G1 X6 Y4

G1 X6 Y2

G1 X4 Y2

M2

Řešení úkolu pro vyučujícího:



Práce s G-kódem

Zdroj: vlastní

## Příloha č.3 – Učební text žáka – Vlastnosti dřeva - obrábění

Z praxe víme, že každý materiál ať již sklo, kámen, papír nebo kovy jsou rozdílně tvrdé. Co to však znamená. Definovat tvrdost lze například jako odolnost materiálu vůči kontaktu s jiným materiálem. Stejně vlastnosti mají i různé druhy dřev a následující tabulka představuje jejich tvrdost.

<b>Tvrdost</b>	<b>Druh dřeva</b>
velmi měkká	smrk, borovice, limba, jedle, topoly, vrby, lípy
měkká	modřín, douglaska, kleč, jalovec, břiza, olše, jíva, střemcha, teak
středně tvrdá	kaštan jedlý, platan, jilmy, líska
tvrdá	dub, ořešák, javor, třešeň, jabloň, jasan, buk, hrušeň, švestka, akát, habr
velmi tvrdá	dřín, svída, ptačí zob, dub pýřitý, zimostřez
neobyčejně tvrdá	eben cejlonský, africký grenadil, duajak a jiné exotické dřeviny

Obrázek 53 Druhy dřev podle tvrdosti

Zdroj: <https://www.drevonb.cz/palivove-drevo/vlastnosti-dreva/>

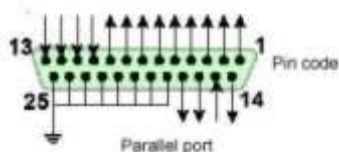
Úkol: Vezmi dvě prkénka, jedno dubové a druhé smrkové. Vyzkoušej rýsovací jehlou udělat do každého vryp přibližně stejnou silou. Ve kterém prkénku je vryp hlubší a proč?

Znalost tvrdosti materiálů je velmi důležitá, neboť je nutné na stroji správně navolit řezné podmínky. Řezné podmínky se skládají z rychlosti posuvu, hloubky řezu čili odebírané třísky, rychlosti otáčení nástroje a tvrdosti obráběného materiálů. Budeme-li vycházet z toho, že nástroj bude mít stále stejné otáčky a stejná rychlost posuvu, můžeme si dovolit u obrábění smrku větší hloubku řezu než u obrábění dubu.

Dále je zapotřebí znát chování dřeva pokud budeme obrábět dřevo po létech nebo přes léta. Při obrábění dřeva po létech bude méně narušená struktura dřeva, je snižená možnost vytrhávání materiálu a ve výsledku není potřeba věnovat více času finální úpravě výrobku. Při obrábění dřeva přes léta je zde zvýšené riziko ulomení materiálu a výsledný povrch je hrubší.

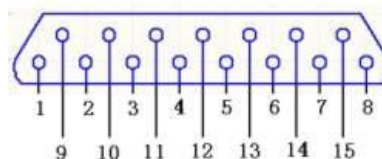
Důležitá je také vlhkost dřeva. Vlhkost dřeva pro truhlářskou výrobu by měla být do 15%. Pokud dřevo bude obsahovat větší vlhkost, může dojít u finálního výrobku k jeho deformaci vlivem vysychání nebo i ke vzniku trhlin. Nehledě na to, že bude hůře opracovatelné.

## Příloha č.4 – Parametry a nastavení ovladače H5

**Definice paralelního portu:**

25-pinový paralelní port:

DB25 číslo pinu:	Funkce :	Comment
1	EN	<b>Všechny osy zapnuté</b>
2	STEPX	<b>X = první os puls signal</b>
3	DIRX	<b>X = první os dir signal</b>
4	STEPY	<b>Y = druhá os puls signal</b>
5	DIRY	<b>Y = druhá os dir signal</b>
6	STEPZ	<b>Z = třetí os puls signal</b>
7	DIRZ	<b>Z = třetí os dir signal</b>
8	STEPS	<b>A = čtvrtá os puls signal</b>
9	DIRA	<b>A = čtvrtá os dir signal</b>
10	LIMIT-1	<b>Vstup č. 1</b>
11	LIMIT-2	<b>Vstup č. 2</b>
12	LIMIT-3	<b>Vstup č. 3</b>
13	LIMIT-4	<b>Vstup č. 4</b>
14	Relé	
15	Blank	
18-25	GND	

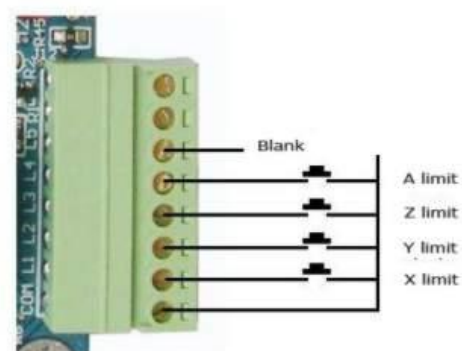
**Definice portu pro ruční ovladač:**

DB15 control pin (PIN)	The pin of the drive board
PIN1	GND
PIN2	The exchange of manual and PC control
PIN3	B axis pulse
PIN4	A axis pulse
PIN5	Z axis pulse
PIN6	Y axis pulse
PIN7	X axis pulse
PIN8	Enable
PIN9	5V/VCC
PIN10	B axis direction
PIN11	A axis direction
PIN12	Z axis direction
PIN13	Y axis direction
PIN14	X axis direction
PIN15	Spindle

## Připojení vstupů:

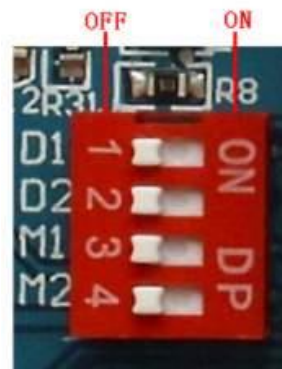
Například - koncové snímače

- 3D snímač
- a pod...



## Nastavení přídržného momentu:

Nastavuje se přepínačem D1 a D2



D1	D2	
ON	ON	Silný
OF	ON	50%
ON	OF	25%
OFF	OFF	Slabí

### Nastavení proudu - ampéry:

Nastavuje se přepínači T1 a T2

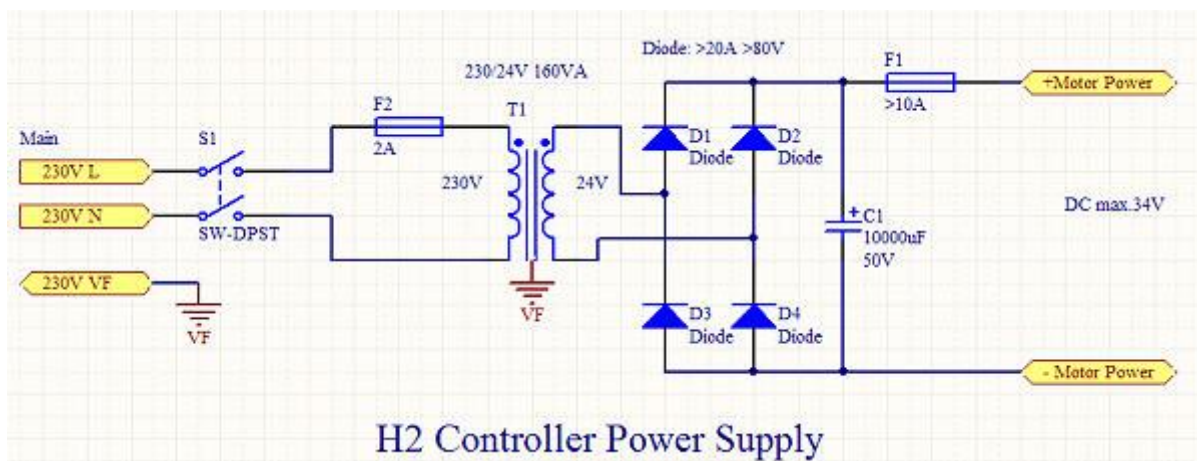


Current setting T1/T2

T1	T2	Proud
ON	ON	25%*2.5A
OFF	ON	50%*2.5A
ON	OFF	75%*2.5A
OFF	OFF	100%*2.5A

### Zdroj napětí

Dovolené napětí zdroje je DC 12 - 35V. Překročení 35V může způsobit poškození ovladače. Doporučený transformátor by měl být: 230/24V AC minimálně 20Ampérový most a minimálně 10000uF-ový kondenzátor a mezi zdrojem a ovladačem. Doporučená je 10 A pojistka.



Jeden 160VA-ový, 230/24V - transformátor je schopný ovládat 4 motory při max. zatížení 3,5 A. DC 35V se nesmí překročit ani v nezatíženém stavu.

### Použitelné krokové motory:

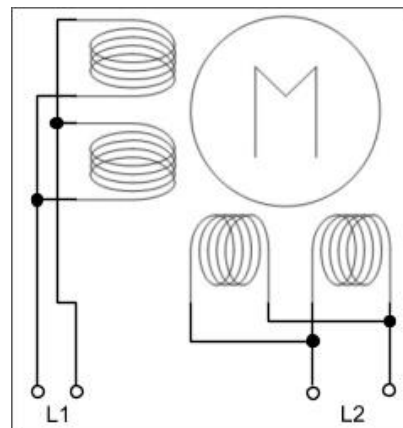
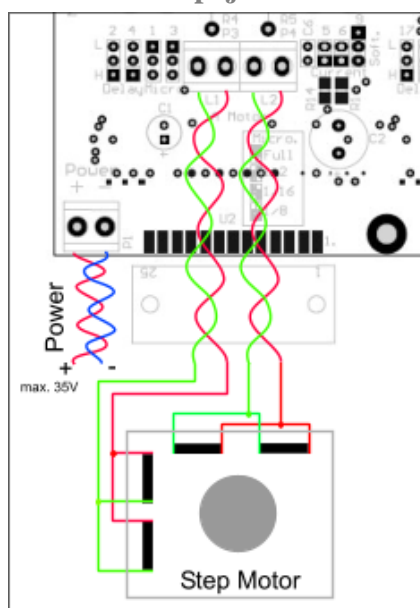
Ovladač má 2 fázový, bipolární koncový stupeň.

Proto je možné použít 2 fázové motory.

Pro dosažení co největší rychlosti a přesného mikrokroku je vhodné používat motory s co nejmenším jmenovitým napětím a napětí zdroje udržet na úrovni 30 - 35V.



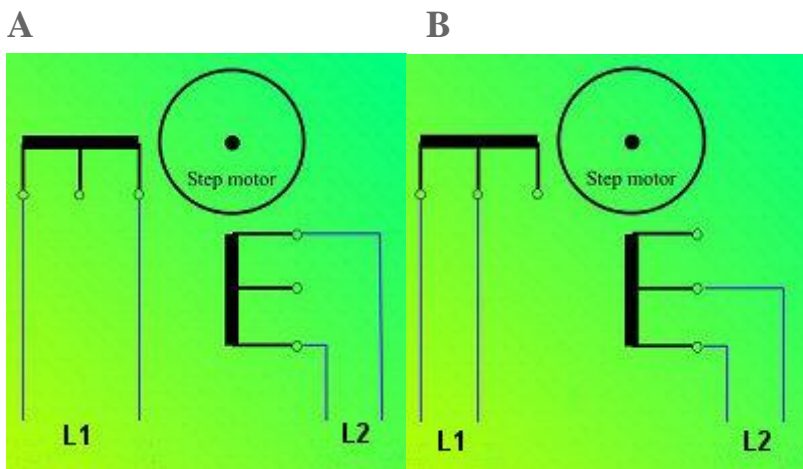
### Zapojení univerzálních 8 vývodových motorů:





Starší motory mají většinou vysoké jmenovité napětí a velkou indukčnost, proto nejsou příliš vhodné.

Ale pokud by někdo potřeboval, je možné je zapojit následovně.



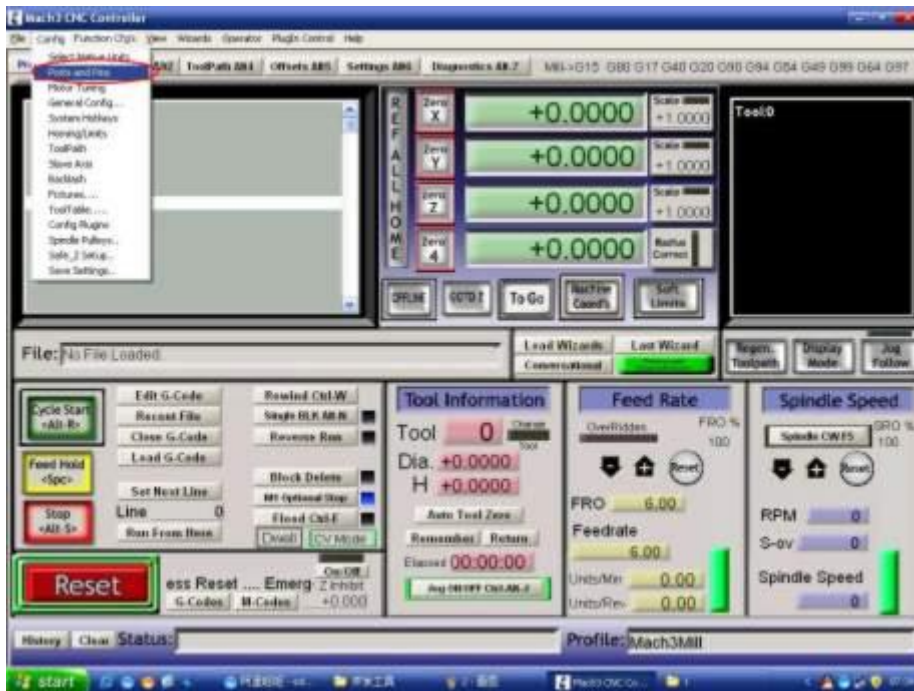
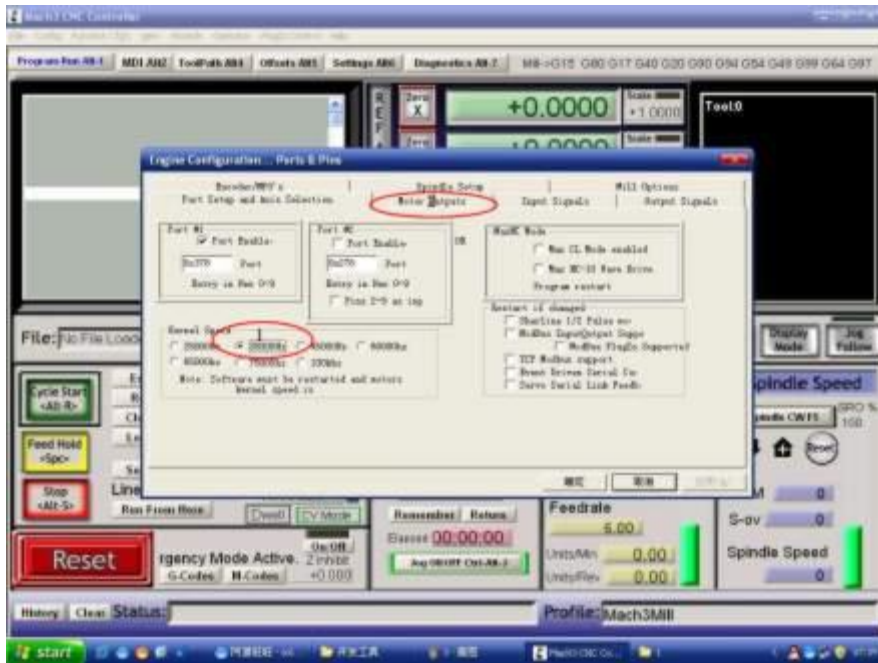
### Mezi těmito dvěma způsoby zapojení je velký rozdíl!

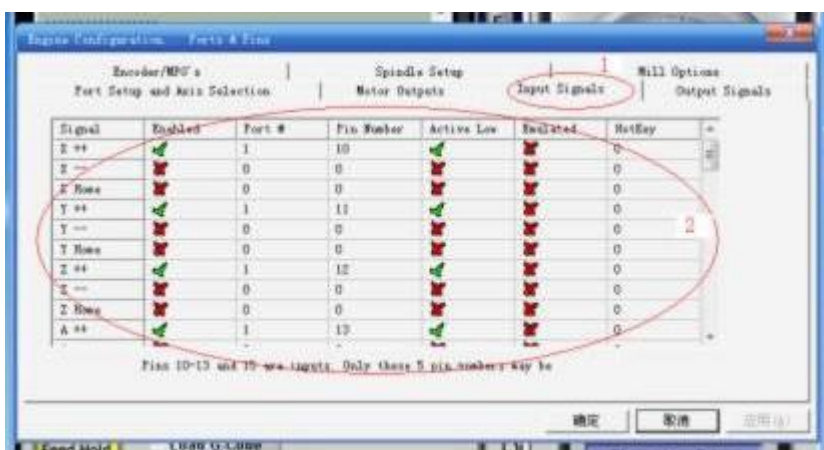
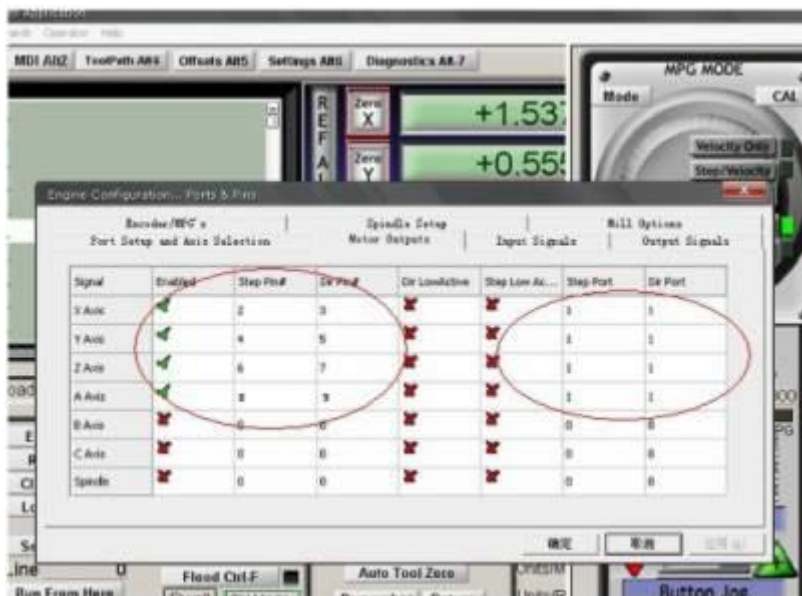
**A** - mód: při nižších rychlostech má vyšší moment a při vyšších rychlostech naopak.

**B** - mód: parametry udávané výrobcí. **Toto je doporučené zapojení.**

### Mach3 nastavení: pro ovladač H5





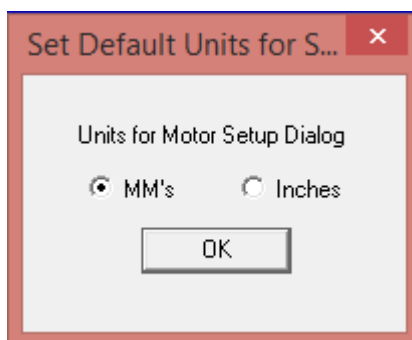


Celá příloha je použita ze stránek společnosti Hobby CNC – H5 CNC Ovladač.  
 Zdroj: <http://www.cnc1.eu/sk/h5controller.htm>

## Příloha č.5 – Nastavení Mach3

Před nastavením softwaru Mach3 na H5 CNC ovladač je velmi důležité znát schéma zapojení ovladače a paralelního portu. Veškerá potřebná dokumentace je součástí přílohy č. 4.

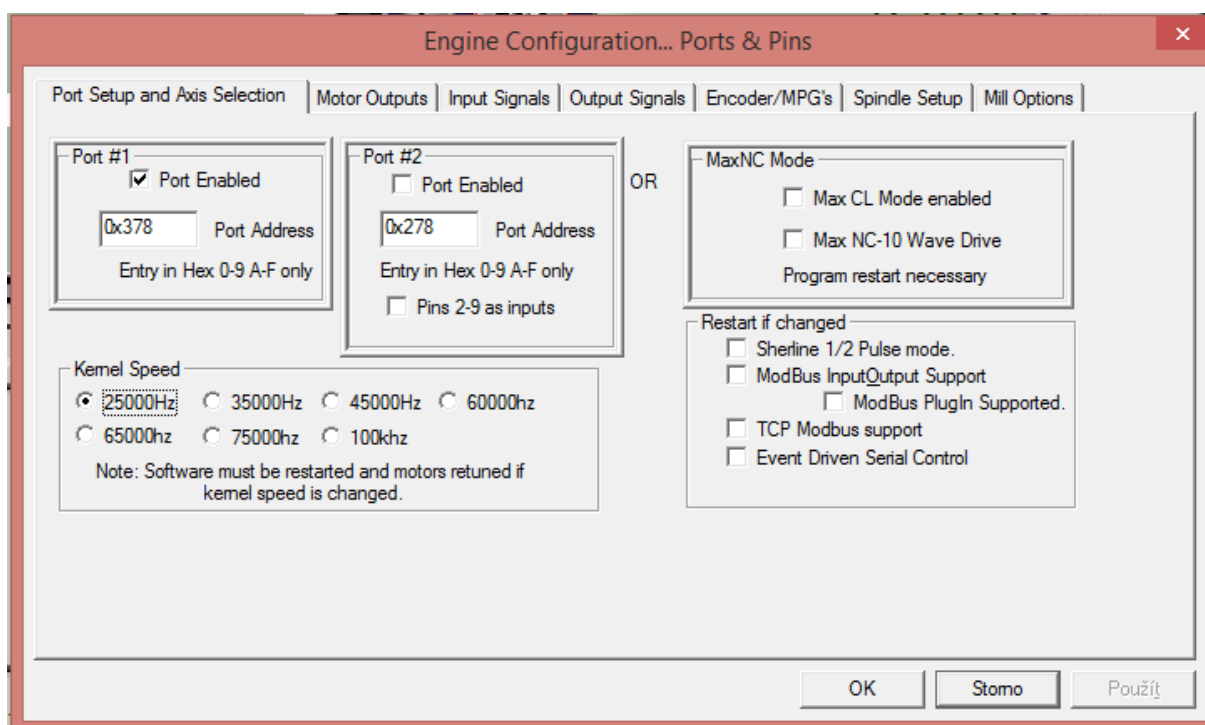
Začneme základním nastavením Mach3 což obnáší nejdříve nastavení, zda budeme chtít pracovat v milimetrech nebo palcích. V záložce Config => Select Native Units a po potvrzení okna nastavíme milimetry.



Obrázek 54 Používaná soustava

Zdroj: vlastní

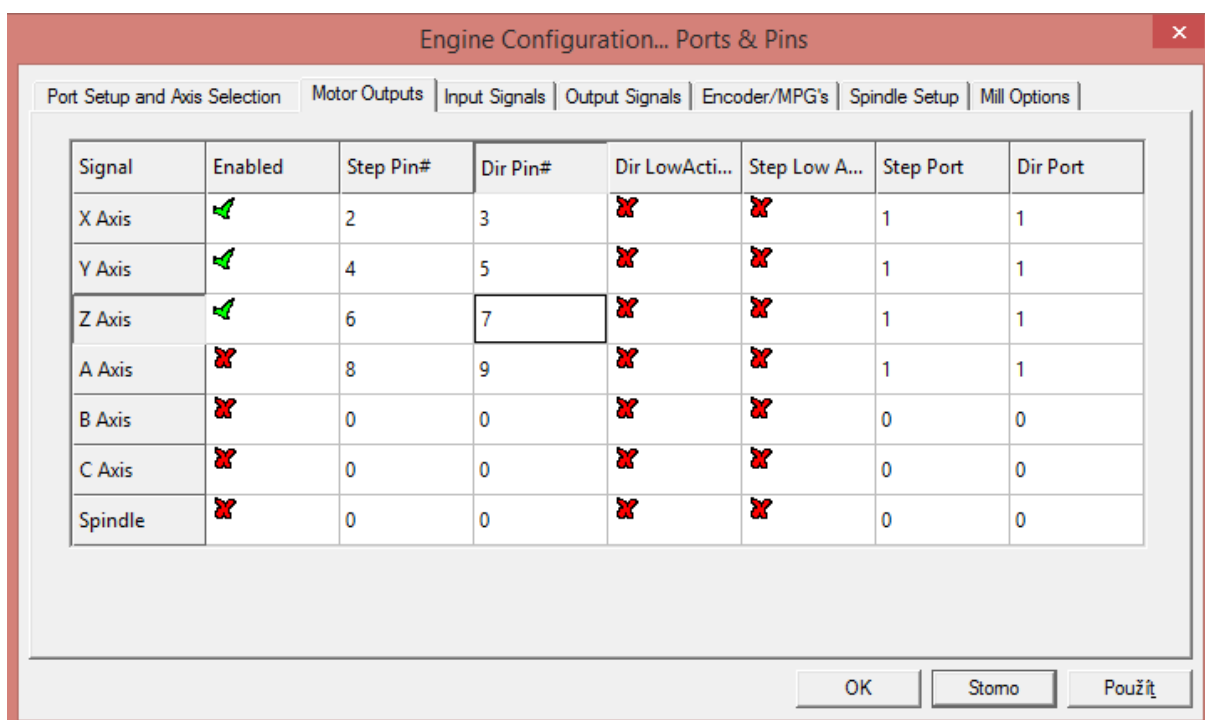
Následuje nastavení portů a pinů. Config => Ports and Pins. Vzhledem k tomu, že používáme pouze jeden LPT port, zaškrtneme Port č. 1, pokud již není a Kernel Speed je frekvence zaslání pulsů motorům. Frekvence motorů, které jsou v sestavě je doporučena na 35000Hz. Nastavíme frekvenci 35000Hz.



Obrázek 55 Nastavení portů

Zdroj: vlastní

V témže okně nastavíme podle návodu z přílohy č. 4 Motor Outputs čili výstupy motorů piny paralelního portu.

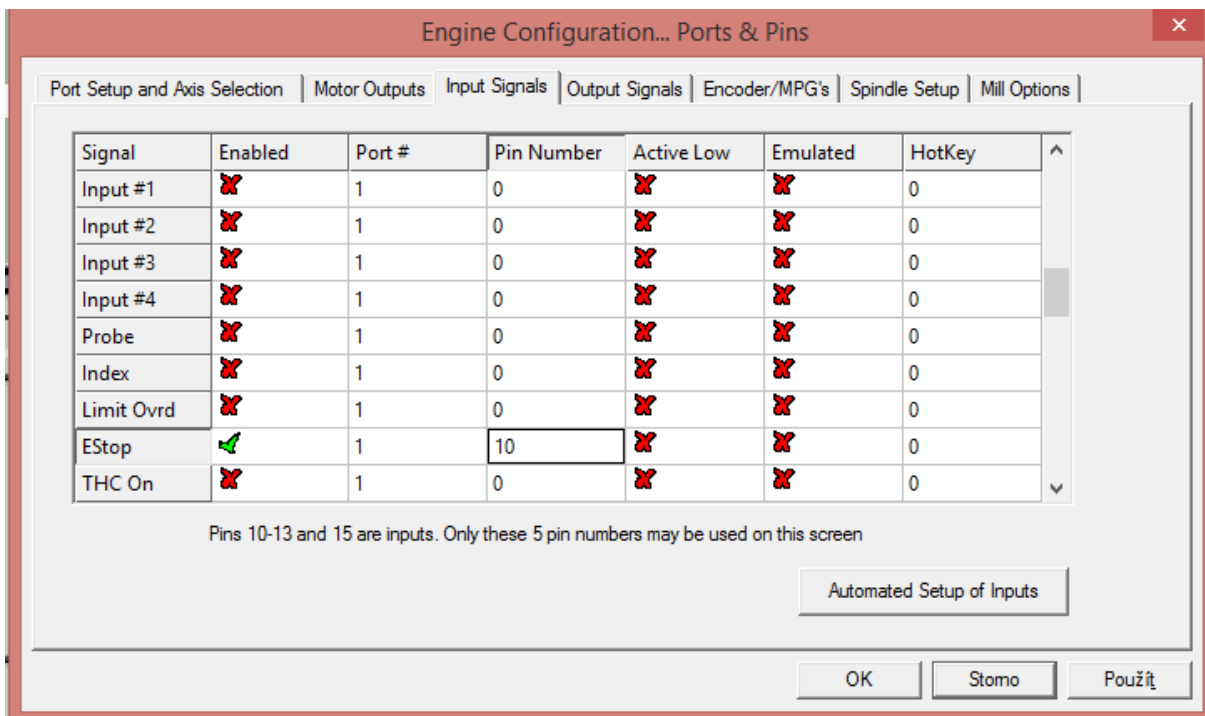


Obrázek 56 Nastavení pinů portů

Zdroj: vlastní

Zkontrolujeme také, zda Step a Dir Port jsou nastavené na číslo 1, které značí Port LPT.

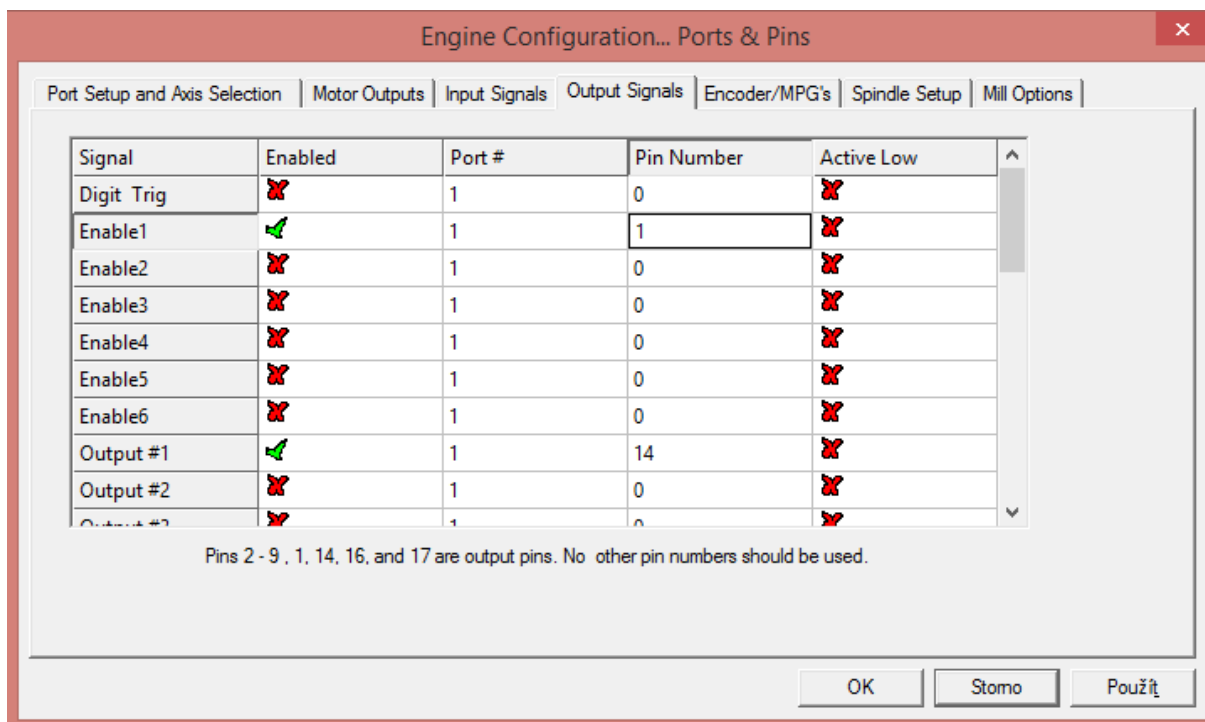
Přejdeme na záložku Input Signals a zkontrolujeme nastavení Stop tlačítka, které je nezbytnou součástí bezpečnostního opatření v případě nouze. EStop musí být aktivní, port č. 1 a Pin Number 10.



Obrázek 57 Nastavení vstupních signálů

Zdroj: vlastní

Nyní nastavíme povolení motorů v záložce Output Signals. Povolíme Enable1 a Port a Pin1 nastavíme na hodnotu 1. Výstup Output1 také povolíme a nastavíme číslo portu na hodnotu 1 a Pin Number na 14. Toto nastaví výstup pro zapnutí vřetene.

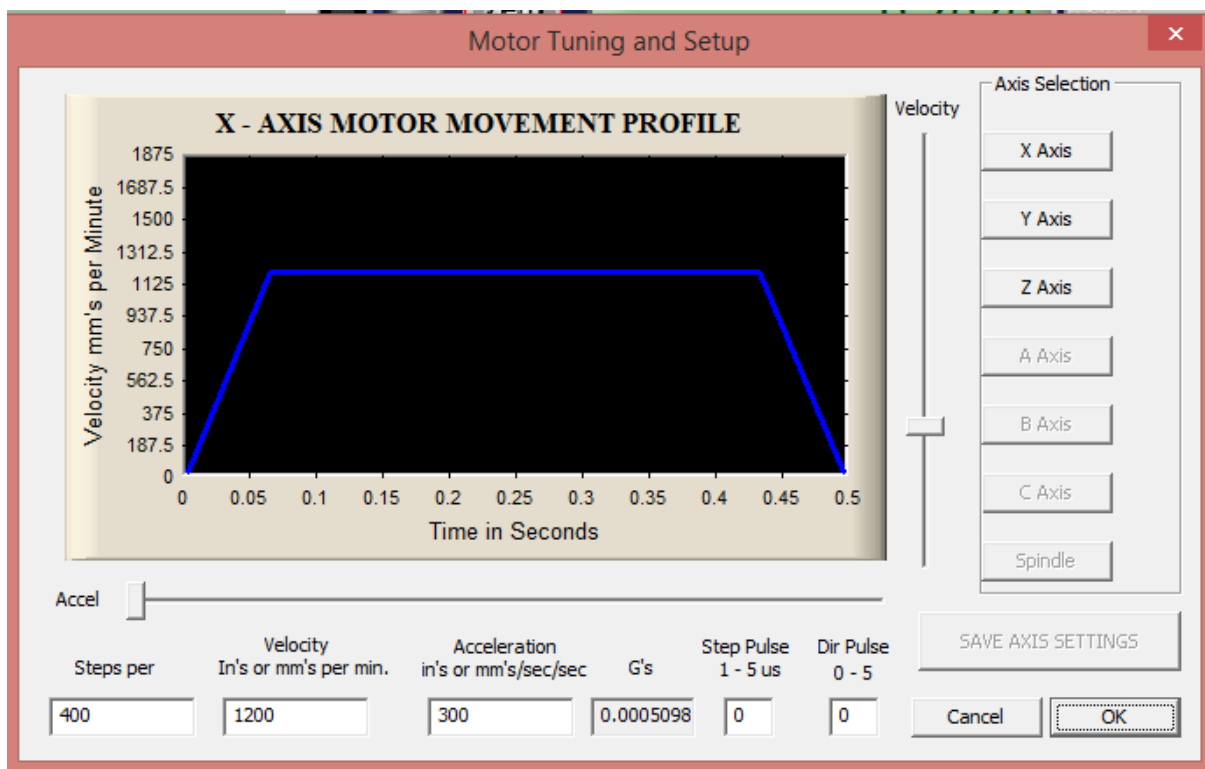


Obrázek 58 Nastavení výstupních signálů

Zdroj: vlastní

Nyní máme dokončeno základní nastavení. Nyní můžeme stisknout tlačítko Použít a OK.

Nastavení motorů. Motory, které používáme, mají úhel  $1,8^\circ$ . Počet kroků na jednu otáčku je tedy  $360/1,8 = 200$  kroků na jednu otáčku bez použití mikrokrokování. Při použití mikrokrokování „8“ je  $200 \cdot 8 = 1600$  kroků. Dále je nutné znát stoupání pohybového šroubu, což v našem případě je trapézový šroub se stoupáním 4mm na závit. Nastavíme Steps per na hodnotu 400 ( $1600/4$ ) a uložíme nastavení osy „Save axis settings“. Nastavení provedeme na všechny používané osy.

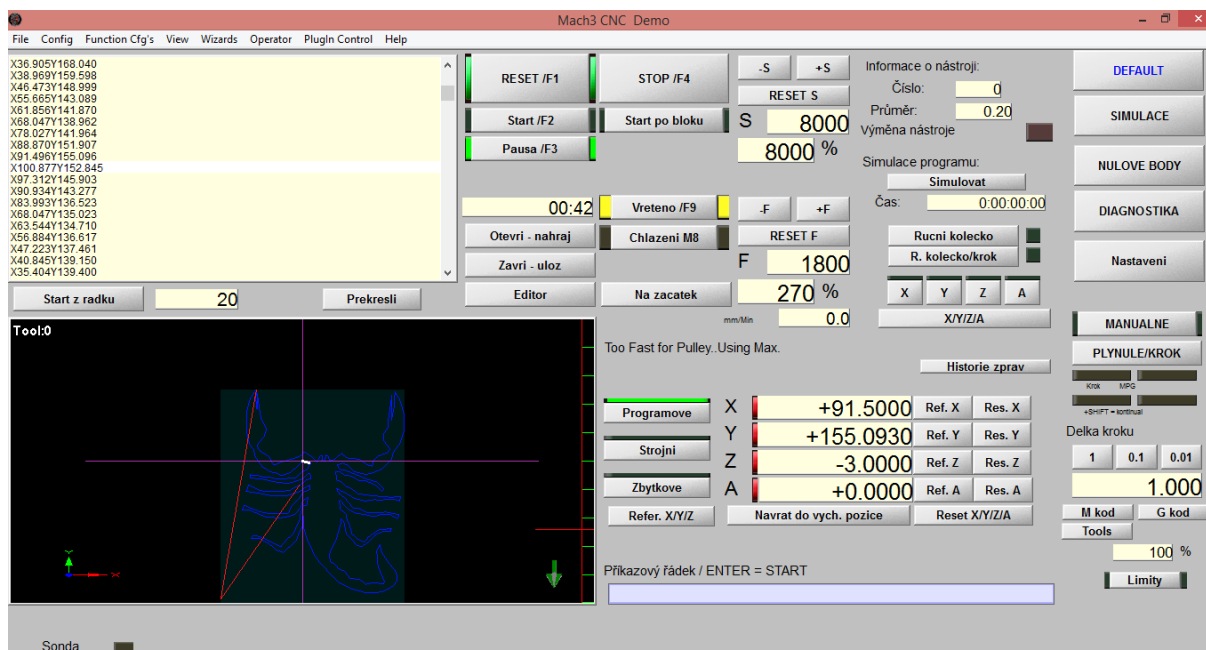


Obrázek 59 Nastavení motorů

Zdroj: vlastní

Nyní jsou nejdůležitější parametry nastavené a můžeme vyzkoušet simulované frézování. Stiskněte „File“ a „Load G-Code“ a ve složce Mach3 zvolte testovací soubor „Scorpion.tap“. Stisknutím funkční klávesy F2 spustíme proces. Pokud vše funguje správně, vidíme v levém horním okně G-kód, který se právě vykonává a jeho číslo řádku. V levém spodním okně je vidět pohyb dráhy nástroje, který je ve středu barevného kříže.





Obrázek 60 Simulace obrábění

Zdroj: vlastní

## VYSVĚTLIVKY

---

<sup>i</sup> Plně automatizované výrobní procesy se sběrem dat a jejich soustavným vyhodnocováním

<sup>ii</sup> Nese informaci o obrobku a drahách nástroje