

STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

číslo oboru: 09. Strojírenství, hutnictví, doprava a průmyslový design

AUTOMATICKÉ SKLADOVACÍ CNC ZAŘÍZENÍ

Autoři: Vojtěch NYDRLE,
Radomír JONEŠ,
Filip JERMANN

Škola: SPŠ, SOŠ a SOU Hradec Králové,
Hradební 1029

Kraj: Královéhradecký

Konzultant: Ing Karel Zmeškal

Hradec Králové 2016

Prohlášení

Prohlašujeme, že jsme svou práci SOČ vypracovali samostatně a použili jsme pouze podklady (literaturu, projekty, SW atd.) uvedené v seznamu vloženém v práci SOČ.

Prohlašujeme, že tištěná verze a elektronická verze soutěžní práce SOČ jsou shodné.

Nemáme závažný důvod proti zpřístupňování této práce v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) v platném znění.

V dne

podpis:

Poděkování

Na tomto místě bych chtěl poděkovat své rodině, za jejich podporu a pomoc při stavbě modelu. Také bych chtěl poděkovat Ondřeji Blehovi za vytvoření a publikování aplikace pro řízení skladu, kterou vytvořil na můj podnět. Dále bych chtěl poděkovat některým vyučujícím za jejich zájem o moji práci který mě motivoval k jejímu dokončení. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat škole že mi nabídla a umožnila se účastnit této soutěže.

Anotace

Naše práce se věnuje problému vylepšení skladování drobných předmětů. Cílem práce je navrhnout zařízení, které by zrychlilo vyhledávání ve skladu a zmenšilo možnost výskytu lidské chyby. Vyrobí funkční vzorek zařízení a zhodnotí finanční a časovou náročnost s jinou variantou skladování. Zařízení je určeno především pro specializované prodejny se zbožím menších rozměrů (např.: elektronické součástky, spojovací materiál), firmy vyrábějící v kusové výrobě, nebo i pro domácnost (např.: dílna, šití).

Klíčová slova

Automatizovaný sklad; CNC sklad; Sklad drobných dílů; Vyhledávání ve skladu; Výroba automatizovaného skladu;

Obsah

Obsah

Prohlášení.....	2
Poděkování.....	3
Anotace.....	4
Klíčová slova.....	4
Obsah.....	5
Úvod.....	7
1 Na trhu dostupné automatizované sklady.....	7
1.1 Rozdělení.....	7
1.1.1 Skladové výtahy.....	8
1.1.2 Sloupové zakladače.....	8
1.2 Zhodnocení.....	8
2 Automatizovaný mikrosklad.....	9
2.1 Vize.....	9
2.2 Vlastní řešení.....	9
2.2.1 Návrh konstrukce.....	9
2.2.1.1 Volba materiálu.....	9
2.2.1.2 Statická konstrukce.....	9
2.2.1.3 Pojezdy.....	10
2.2.2 Elektronika a elektrické rozvody.....	10
2.2.2.1 Mikroprocesor.....	10
2.2.2.2 Drivery.....	10
2.2.2.3 Senzory.....	11
2.2.2.4 Rozvody.....	11
2.2.3 Firmware pro mikroprocesor.....	11

Obsah

2.2.4 Řídící aplikace.....	11
2.3 Stavba.....	11
2.3.1 Dělení materiálu.....	11
2.3.2 Soustružení.....	12
2.3.3 Vrtání.....	12
2.3.4 Výroba tvarově složitějších dílů.....	12
2.3.5 Povrchová úprava.....	12
2.3.6 Sestavení.....	13
2.4 Zprovoznění.....	13
2.5 Cenová kalkulace.....	13
3 Porovnání s manuálními organizéry.....	14
Závěr.....	15
Některé dílenské výkresy.....	16
Použitá literatura.....	17

Úvod

Proč navrhovat automatizovaný sklad pro malé dílny? Především protože je to problém, který mě trápí v mé dílně. A vidím, že to je problém některých prodejen kde nakupuji. Studuji strojírenství, protože mě zajímá, jak stroje pracují a jak je jednoduše navrhnout a sestavit a okrajově se zajímám o elektrotechniku a programování. V dílně proto mám mnoho polic a regálů kde jsou narovnané krabičky s různými díly, součástmi a to i elektrotechnickými, kterých je opravdu velký sortiment. I když se snažím udržovat pořádek a vše mít řádně popsané, tak vyrovnat požadovanou krabici, nebo několik, je dosti náročné. Pokud se zrovna věnuji nějaké činnosti intenzivně tak většinu času strávím přerovnáváním krabic. Protože mě tato činnost netěší tak jsem se rozhodl, že si ji nějak zjednoduším.

1 Na trhu dostupné automatizované sklady

V každé firmě, která vyrábí nebo prodává zboží, musí mít sklad. Se stále se zvyšujícím množstvím sortimentu výroby a v případě obchodu také zboží, rostou velké nároky na skladovací plochy i na zaměstnance, skladníky. Při zachování stále stejných skladovacích ploch dochází k navyšování skladovaného sortimentu a současně zmenšování zásob jednotlivých dílů. Tím se zvyšuje nutnost častého doplňování materiálu a zboží, které souvisí s vyššími nároky na zaměstnance skladu. Pro dosažení dostatečného množství zásob materiálu, výrobků a zboží a zároveň snížení pracovních nároků na zaměstnance přichází v úvahu řešení, ve kterém se skladník pohybuje na malém prostoru a materiál je dopravován k němu. Toho lze dosáhnout použitím automatizovaného skladového systému, který pracuje s policemi umístěnými nad sebou až do výše stropu haly. Skladník zadá požadavek a automatizovaný sklad přiveze požadovanou položku na výdejní prostor. Po odebrání potřebného množství materiálu je zbylý materiál vrácen zpět do skladu. Cílem takto zautomatizovaných skladů je lepší využití skladovacích prostor a zároveň usnadnění práce zaměstnanců a zkrácení času s manipulací při vyskladňování.

Výhody skladovacích automatů

- větší efektivita – maximální využití skladového prostoru
- zrychlení – rychlejší vyhledávání a manipulace skladovaného sortiment
- bezchybnost – případné chyby vznikají pouze zásahem člověka
- 100% nasazení – může pracovat celé dny bez přestávek.

1.1 Rozdělení

Skladovaný materiál je často velice různorodý a tomu musí odpovídat jak velikost, tak i systém automatizovaného skladu. Je značně nevýhodné skladovat malé součástky např.

1 Na trhu dostupné automatizované sklady

šroubky ve velké paletové bedně, která má nosnost třeba i jedné tuny. V praxi se používá několik automatizovaných systémů skladů, které se rozdělují podle své funkčnosti:

1.1.1 Skladové výtahy

Rotační – je to podávací systém s policemi, které se pohybují na principu oběžného výtahu (páternosteru). Tento druh skladu se nejvíce využívá pro uskladnění zboží menších rozměrů například tištěné dokumenty a jiné papírové listiny různého formátu. Nepotřebuje mnoho prostoru proto se využívá i v menších skladovacích prostorech. Tento sklad se často používá na úřadech v bankách a podobných institucích.



Policový – je to systém založený na zdvihacím zařízení s manipulátorem které jezdí mezi dvěma sloupci polic a zakládá do nich zboží. Zboží bývá v původním balení nebo se nechá dát do krabice rozdělené dělítky pro vyšší využití prostoru skladu. Tento systém je využíván především pro skladování produktů menších rozměrů například menší součásti, polotovary, léčiva. Lze jej využít i v textilním průmyslu nebo ukládání dokumentů a listin.

Obr. 1: Skladový výtah rotační

1.1.2 Sloupové zakladače

Jsou to statické sklady se stejně velkými ukládacími buňkami mezi kterými jezdí po kolejnici automatický vysokozdvíhací vozík. Na jedné kolejnici mohou jezdit i dva vozíky. Rychlost automatického vozíků oproti ručně ovládanému vysokozdvíhacímu vozíku je několikanásobná. V uličkách není potřeba počítat s místem na otáčení, protože manipulátor na vozíku je oboustranný. Díky své vysoké provozní rychlosti minimalizují dobu nutnou pro vyvezení požadované položky.



Obr. 2: Skladový výtah policový

1.2 Zhodnocení

Všechny nabízené skladové systémy jsou vysoce účinné a rychlé, ale ne příliš vhodné pro firmy využívající sortiment malých skladových položek v řádu několika stovek druhů. Zde se předpokládá, že zabraná skladová plocha není příliš velká, a že takové množství je schopen jednoduše obsloužit člověk.

2 Automatizovaný mikrosklad

2.1 Vize

Naší vizí bylo především vyrobit automatický sklad, který by usnadnil práci s organizací a ukládáním drobných předmětů. Zmenšil čas strávený vyhledáváním daného předmětu ve skladu a umožnil snadnou orientaci mezi uskladněnými věcmi. Další naší představou byla možnost tento sklad dále rozšiřovat dle potřeb a to pomocí zvětšení posuvů nebo skládáním těchto skladů na sebe popřípadě vedle sebe k vytvoření většího celku.

2.2 Vlastní řešení

2.2.1 Návrh konstrukce

Během návrhu konstrukce sklad vystřídal několik podob. První návrh se podobal sloupovému zakladači s možností zasunutí několika krabic za sebe do jedné police. Po předběžném výpočtu potřebného materiálu, jsme došli k závěru, že cena i hmotnost této varianty bude příliš vysoká na naše možnosti.

Nakonec jsme vymysleli variantu skladu podobného mostovému jeřábu, který má pod sebou několik pater krabic, které stojí na sobě a postupně je přerovnáva, aby se dostal ke krabici v nižším patře. Tato varianta je značně levnější než předchozí, protože konstrukcí je pouze rám kolem skladu a 3 pojezdy.

Obě tyto varianty jsou sice pomalejší než varianty běžně vyráběné, ale umožňují uskladnit větší množství dílů bez opakující se složité konstrukce. Také se nechají relativně jednoduše zvětšit (pouze prodloužit pojezdy, to ovšem na úkor rychlosti).

2.2.1.1 Volba materiálu

Pro výrobu skladu jsme volily především dostupný a levný materiál. Proto je celá nosná konstrukce postavena z tyčí průřezu L, některé držáky a pojízdné díly jsou z plechu. Zbytek drobných dílů je vyrobeno z ABS plastu na 3Dtiskárně.

2.2.1.2 Statická konstrukce

Statická konstrukce je celá zhotovena z tyčí profilu L 25x25x2 a 20x20x2 EN 10162 spojených šroubovými spoji pro snadnou montáž a demontáž. Tyče L 25x25x2 byly použity na stojiny a vedení podélného posuvu. Zbytek je z tyčí 20x20x2. Nakonec byla konstrukce doplněna ještě o podlahu z dřevotřískové desky tloušťky 12 mm, aby bylo možné sklad postavit na nerovnou plochu nebo ho opatrně přesunout.



Obr. 3: Statická konstrukce skladu

2.2.1.3 Pojezdy

Pojezdy v osách X, Y jsou řešeny vždy párem ložisek 634 ZKL, tyto ložiska mají výhodu, že se dodávají i zakrytá, takže jim nevadí menší znečištění. Pohonem každého pojezdu je krokový motor SX17 od firmy Microcon, který otáčí dvojitým navíjecím bubnem, ze kterého se z jedné strany odvíjí a na druhé navíjí vlasec o průměru 0,8 mm s nosností 36,5 kg, na koncích pevně připojený k pevné části pohybu. Tím dochází k pohybu té části zařízení, na které je motor připevněný. Toto řešení není příliš technické, ale z možných variant, mezi kterými byla třeba varianta s ozubeným řemenem nebo se zubovým hřebenem je nejlevnější a přibližně stejně spolehlivá.



Obr. 5: Krokový motor SX17



Obr. 6: Navíjecí buben



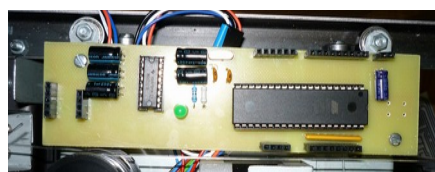
Obr. 4: Manipulátor a pojezd v ose Z

Pojezd v ose Z je řešen stejným motorem, ale na buben se vlasec navíjí z obou stran a je na něm přes kladkostroj zavěšen modul s mechanismem k chytání krabiček (manipulátor). Mechanismus manipulátoru je řešen pomocí stejného motoru a pákového mechanismu, který posouvá čelisti manipulátoru.

2.2.2 Elektronika a elektrické rozvody

2.2.2.1 Mikroprocesor

Sklad je řízen 8-bit mikroprocesorem AT89S52 od Atmelu, který dostává příkazy po sériové lince (RS232) a podle toho vytváří pulzy pro drivery motorů, kontroluje koncové spínače a rychlost motorů. Veškeré výstupní signály procesoru vedou přes posilovače sběrnice, aby nedošlo k poškození procesoru.



Obr. 7: Řídící deska s mikroprocesorem

2.2.2.2 Drivery

Firma Microcon dodává ke svým motorům i drivery Pololu DRV8825, které jdou velmi jednoduše ovládat a mají spoustu užitečných funkcí (např.: spící režim, hlášení chyby a řízení po tzv. Mikrokróčích). Hlavní řízení probíhá na dvou signálech, jedním se nastavuje směr otáčení motoru a na druhý se posílá STEP impuls, který provádí krokování motoru.

2.2.2.3 Senzory

Sklad neobsahuje mnoho senzorů, protože při použití krokových motorů není nutné snímat polohu ani otáčky motoru. Je využito celkem 5 koncových spínačů. Čtyři na referenci (vynulování) všech os. Reference je důležitá aby řídicí počítač věděl, kde se nachází jednotlivé pojezdy, protože s nimi mohl někdo pohnout, když byl stroj vypnutý. Reference se automaticky provede po zapnutí řídicí aplikace, a když se stroj pohybuje poblíž referenčního bodu. Pátý spínač je dole na manipulátoru, aby se zataвило odvíjení při kontaktu s krabičkou. V opačném případě by hrozilo vymotání vlasce, který je náchylný na tvoření smyček a mohl by se vyvlíknout z kladek kladkostroje.

2.2.2.4 Rozvody

Rozvody signálů a napájení jsou ve většině skladu řešeny plochým kabelem o dvaceti žilách. V místech kde se má kabel pohybovat je přichycen k ocelovému svinovacímu metru který zajišťuje, aby se kabel nezvrátil a nespádl do oblasti skladu. U svislého pohybu by toto řešení použít nešlo, proto je zde vedeno 8 samostatných vodičů přivázaných ke spirále z ABS, která se natahuje a smršťuje dle potřeby.



Obr. 8: Vedení kabelu svinovacím metrem

2.2.3 Firmware pro mikroprocesor

Firmware je psaný v Assembleru, je to sice zastaralý a poněkud nepokročilý jazyk, ale už jsme v něm dříve pracovali a vzhledem k nedostatku času jsme neměli možnost se naučit jiný jazyk.

2.2.4 Řídicí aplikace

Řídicí aplikace je napsaná v Javě, ve které je snadné používat objekty a dělat složité operace, také má výhodu že běží na všech operačních systémech. Aplikaci pro mě napsal Ondřej Bleha, za což mu jsem velice vděčný. Aplikace je volně šiřitelná pod licencí Open Source (s otevřeným zdrojovým kódem) a dostupná z GitHub.com.

2.3 Stavba

2.3.1 Dělení materiálu

K dělení profilových tyčí jsme požívali ruční pilu a úhlovou brusku. Ostatní díly, u kterých bylo třeba dělit materiál, jsou zhotoveny z plechu tloušťky 0,75 mm. K výrobě těchto dílu jsme používali ruční nůžky na plech.



Obr. 9: Soustružená kladka a kladky vytisknuté

2.3.2 Soustružení

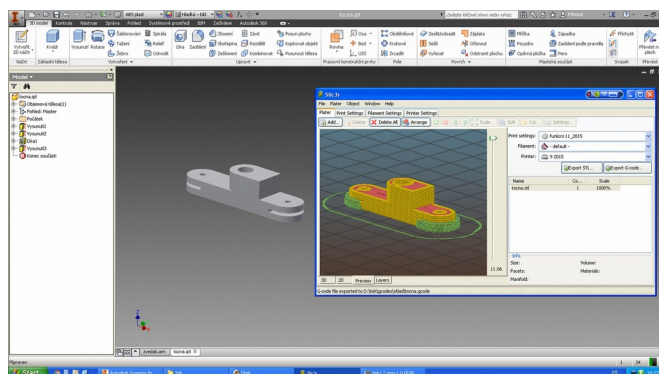
Naše škola nás nechala soustružit na CNC soustruhu. Soustružili jsme Pouze kladky a navíjecí bubny. Kladky jsme sice měli nejprve vyrobené na 3Dtiskárně, ale vzhledem k přesnosti naší tiskárny nešlo dodržet kruhovitost a kladky se neotáčely, proto jsme je nahradili. Vše jsme soustružili z plastové tyče o průměru 30 mm. S obsluhou tohoto konkrétního CNC stroje nás seznámil pan učitel Petr Holub, kterému bychom tímto chtěli poděkovat.

2.3.3 Vrtání

Vzhledem k tomu, že většina spojů součástí je zhotovena šroubovými spoji, bylo nutné vyvrtat velké množství děr. Jelikož jsem sklad převážně vyráběl doma, tak jsem neměl přístup ke stojanové vrtačce. Proto jsme všechny díry vrtaly pouze ruční vrtačkou a nemají moc vysokou přesnost.

2.3.4 Výroba tvarově složitějších dílů

Vše, co se nám nepovedlo jednoduše vyrobit v domácí dílně, jsme vyráběli na 3Dtiskárně. Naši 3Dtiskárnu jsme si také vyrobili doma v celkové ceně cca 3000 Kč, proto nedosahuje velké přesnosti ani rychlosti tisku. Také jsme zde měli spoustu problémů s nepovedenými výtisky např.: protože upadl drát u krokového motoru jednoho pohybu a on nejezdil o přesný počet kroků, takže výrobek byl sklopený k jedné straně. Ale i přes všechny potíže nám naše 3Dtiskárna usnadnila spoustu práce. Největší výhodou bylo asi to, že jsme ji mohli využít kdykoliv a nemuseli si zajišťovat jiné náhradní polotovary. Další výhodou této technologie je, že se nevytváří žádný odpad v podobě třísky (téměř stoprocentní využití materiálu).



Obr. 10: Návrh součásti



Obr. 11: Tisk součásti

2.3.5 Povrchová úprava

Protože nemáme přístup ke stříkací pistoli a po natírání většinou zůstávají nehezky kapky, zvolily jsme metodu nastříkání skladu sprejem. Stříkat budeme spíše jen konstrukci z profilových tyčí, protože plechové díly jsou zhotoveny z plechu, který už povrchovou úpravu měl – je nejspíše otryskán a nalakován. Díly vytisknuté na 3Dtiskárně nemají hladký povrch a po nastříkání nevypadají hezky, proto jsou ponechány v původním stavu.

2 Automatizovaný mikrosklad

2.3.6 Sestavení

Jak již bylo zmíněno, veškeré díly jsou k sobě sešroubovány, proto sestavení nebylo příliš složité. Nicméně i při něm se objevily menší potíže.

S hrůzou jsme zjistili, že profilové tyče L, které jsme nakoupili, nemají přesně pravý úhel, mají spíše úhel tupý. To způsobilo, že stojiny, které měly držet pravý úhel mezi pojezdy, nám sklad rozvírají. Díky tomu vzniká uprostřed podélného pohybu vůle mezi vedením a ložisky. Tento problém se nám podařilo minimalizovat vložení podložky mezi stojinu a boční vedení, ale stále se tam vůle trochu projevuje.

Nejsložitější při sestavování bylo zajistit rovnoběžnost vedení a minimální vůli mezi ním a ložisky. Další zdouhovou a náročnou činností bylo navazování vodičů na spirálu (pro zajištění jejich polohy u pohybu po ose Z).



Obr. 12: Sestavení skladu



Obr. 13: Spirála s vodiči

2.4 Zprovoznění

Po sestavení skladu a připojení všech elektrických částí bylo potřeba vyzkoušet funkčnost firmware v procesoru. To jsme vyzkoušeli tak, že jsme skladu posílali příkazy přes sériový terminál. Po doladění menších nedostatků jsme potřebovali zjistit, kolik kroků musí udělat motor každého pojezdu, aby ujel milimetr. Poté jsme tyto hodnoty zanesli do zdrojových kódů řídicí aplikace. Nakonec jsme odzkoušeli a zprovoznili řídicí aplikaci.

2.5 Cenová kalkulace

Celkem jsme do výroby skladu investovali 4000 Kč, ale to z toho důvodu, že některé zboží je prodáváno v minimálním množství (např.: profilové tyče se prodávají v nejmenší délce 6 m), nebo jsme nakoupily díly a nakonec zjistili, že musíme poupravit konstrukci a ne všechny díly se použily. Na druhou stranu jsme použily věci, které jsme měli doma, a proto nejsou v této ceně započteny. Také zde není započítán materiál pro 3Dtiskárnu (neumím určit, kolik jsme

2 Automatizovaný mikrosklad

ho spotřebovali). Odhadovaná cena podle procenta materiálu, který jsme doopravdy spotřebovali je asi 3 200 Kč.

3 Porovnání s manuálními organizéry

Protože automatické sklady se vyrábějí pouze ve velkém měřítku, nedá se s nimi srovnávat cena ani kapacita našeho skladu. Proto porovnám náš sklad s organizéry používanými v již zmíněných prodejnách s drobným sortimentem.

Zde jsou uvedeny objemy a ceny:

Automatizovaný sklad:

Skladovatelný objem na 100 kusů:

$$100 \times 0,8 \times 1,1 \times 0,4 = 35,2 \text{ l}$$

Přibližná cena za 100 kusů: 3500,-Kč

Přibližná cena za 300 kusů: 4000,-Kč

Krabičky se šuplíky (stavebnice):

Rozměr: 77 x 127 x 36 mm

Skladovatelný objem 100 kusů:

$$100 \times 0,77 \times 1,27 \times 0,36 = 35,2 \text{ l}$$

Cena za 100 kusů: $100 \times 20 = 2000 \text{ Kč}$

Cena za 300 kusů: $300 \times 20 = 6000 \text{ Kč}$

09,4

Cena automatizovaného skladu začíná být výhodná od většího počtu uskladněných krabic, protože cena jedné krabice je 2,20 Kč při koupi 100 kusů. Při větším odběru by se asi snížila a cena by mohla být ještě menší, než je uvedena. Kapacitou se oba způsoby neliší. Další velká výhoda automatizovaného skladu je, že není potřeba kvalifikované obsluhy (nemusí mít



Obr. 14: Manuální organizér

3 Porovnání s manuálními organizéry

přehled co je v které části regálu). Dobu vyskladnění nemohu objektivně porovnat, protože u organizérů velice záleží na tom, jak je umístěn a jaký má obsluha přehled o skladu.

Závěr

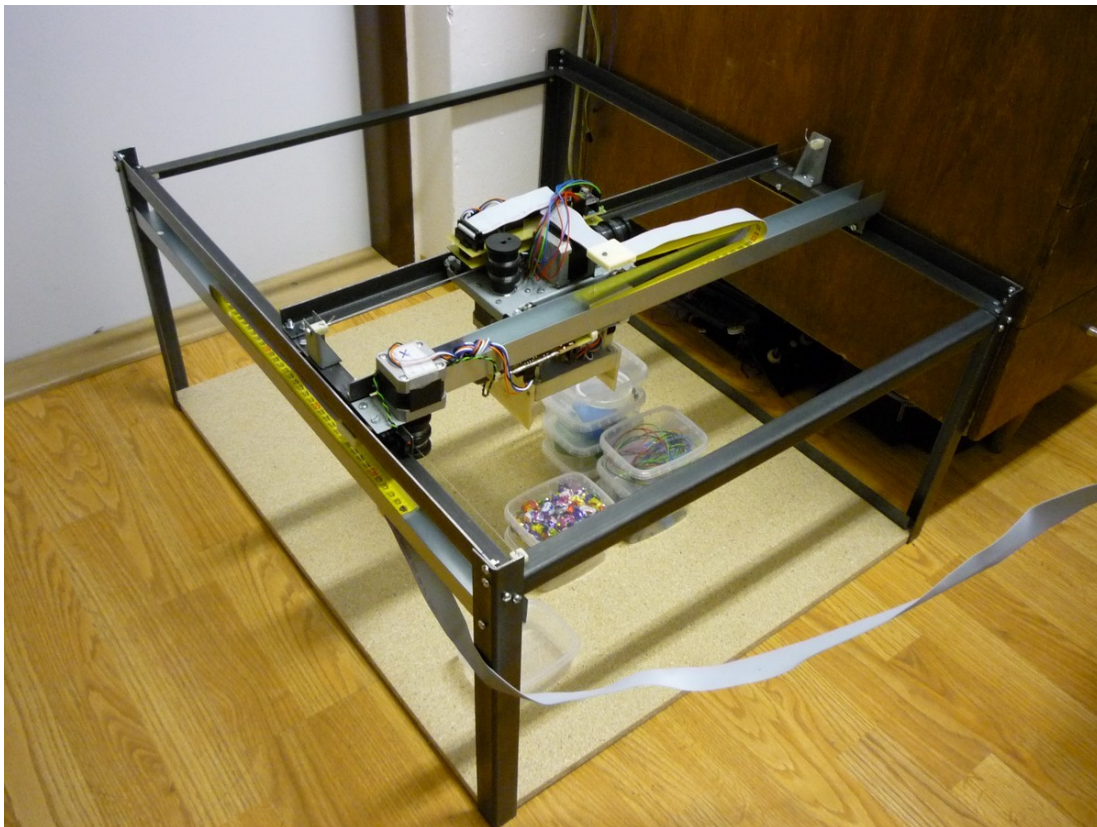
Zařízení, které se nám podařilo navrhnout, by mohlo usnadnit skladování drobných předmětů v prodejnách nebo firmách s odpovídajícím sortimentem. Zařízení, které jsme sestavili je sice funkční, ale je potřeba vyladit nebo opravit pár nedostatků v software i hardware.

Vzhledem k nedostatku časových prostředků, jsme nemohli udělat čtečku čárových kódů, která měla rozlišovat, kterou krabici uživatel vložil do výdejního místa skladu a minimalizovat tak vznik lidské chyby.

Velkým problémem je rozkývání manipulátoru při sjíždění po ose Z. Tento problém způsobuje, že se manipulátor, přivázející další krabici, netrefí na sloupec krabic a krabice zůstane naklopená. Tento problém hodláme vyřešit úpravou řídicí aplikace tak, že manipulátor nesjede úplně dolů, ale zastaví se nad předchozí krabicí, kde počká, než kývání ustane.

Do budoucna by také bylo potřeba upravit výdejní místo pro napojení nějakého transportéru (např.: pásový dopravník).

Skladu netrvá příliš dlouho vyskladnění krabice, ale s narůstajícím počtem krabic se bude doba vyskladnění zvyšovat.



Obr. 15: Celý sklad

Použitá literatura

1. AIMagazine. Když sklad žije vlastním životem, je nejvyšší čas na změnu. [Online] 2014. Dostupný z WWW: <http://www.aimagazine.cz/cs/tema/1223-kdyz-sklad-zije-vlastnim-zivotem-je-nejvyssi-cas-na-zmenu>
2. AIMagazine. Když nejde skladník pro součástku, jde součástka ke skladníkovi. [Online] 2015. Dostupný z WWW: <http://www.aimagazine.cz/cs/tema/2143-kdyz-nejde-skladnik-pro-soucastku-jde-soucastka-ke-skladnikovi>
3. MECALUX. Automatizované sklady. [Online] 2016. Dostupný z WWW: <http://www.mecalux.cz/skladove-riesenia/automaticky-sklad>
4. Kredit. Produkty. [Online] 2011. Dostupný z WWW: <http://www.automatizace-skladu.cz/produkty/>
5. HOTAIR. Univerzální plastové šuplíky A1. [Online] 2014. Dostupný z WWW: <http://www.hotair.cz/detail/pomucky-pro-praci-naradi-sw/univerzalni-plastove-supliky/univerzalni-plastove-supliky-a1.html>
6. SKLADNIK. Program pro správu skladu. [Online] 2016. Dostupný z WWW: <https://github.com/rasic/Skladnik>