



**FAKULTA  
STROJNÍ  
ČVUT V PRAZE**

## **Ústav konstruování a částí strojů**

**Návrh skladu pro uskladnění pneumatik**

**Desing of Warehouse for Tires**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**2017**

**Adam ČÍŽEK**

**Studijní program:** B2342 TEORETICKÝ ZÁKLAD STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

**Studijní obor:** 2301R000 Studijní program je bezoborový

**Vedoucí práce:** Ing. Eliška Cézová, Ph.D.

## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Čížek** Jméno: **Adam** Osobní číslo: **439128**  
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**  
Zadávající katedra/ústav: **Ústav konstruování a částí strojů**  
Studijní program: **Teoretický základ strojního inženýrství**  
Studijní obor: **bez oboru**

## II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

**Návrh skladu pro uskladnění pneumatik**

Název bakalářské práce anglicky:

**Design Warehouse for Tires**

Pokyny pro vypracování:

- V rámci řešení bakalářské práce vypracujte formou rešerše přehled možných používaných typů regálů pro uskladnění pneumatik
- Na základě provedené rešerše navrhnete dle vybraných typů regálů sklad včetně uskladnění pneumatik
- Proveďte výpočet pro jednu vhodně zvolenou variantu nosnost jednoho typu regálu
- Ekonomicky zhodnoťte uvedené varianty

Seznam doporučené literatury:

ŠVEC, V. Části a mechanismy strojů. Spoje a části spojovací. Praha: ČVUT, 2008  
KUGL, O. Projekt - III. ročník. Vyd. 2. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2005  
HÁJEK, E. Pružnost a pevnost I. Praha: ČVUT 1979  
MACÍK, K. Kalkulace a rozpočtnictví. Praha: ČVUT 2006

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:


**Ing. Eliška Cézová Ph.D., ústav konstruování a částí strojů FS**

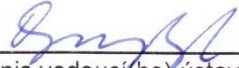
Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **28.03.2017**

Termín odevzdání bakalářské práce: **09.06.2017**

Platnost zadání bakalářské práce: \_\_\_\_\_

  
Podpis vedoucí(ho) práce

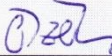
  
Podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

  
Podpis děkana(ky)

## III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

**11.04.2017**  
Datum převzetí zadání

  
Podpis studenta

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem: „Návrh skladu pro uskladnění pneumatik“ vypracoval samostatně pod vedením Ing. Elišky Cézové, Ph.D a s použitím literatury uvedené na konci mé bakalářské práce v seznamu použité literatury.

V Praze ..... ..

Adam Čížek

## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucí mé bakalářské práce Ing. Elišce Cézové, Ph.D. za odborný dohled, vedení a čas, který mi věnovala. Dále bych rád poděkoval firmě Proman s.r.o. za poskytnutí tématu a pomoc při jeho zpracování.

## ANOTAČNÍ LIST

Jméno autora:	Adam Čížek	
Název BP:	Návrh skladu pro uskladnění pneumatik	
Anglický název:	Desing of Warehouse for Tires	
Rok:	2017	
Studijní program:	B2342 Teoretický základ strojího inženýrství	
Obor studia:	2301R000 Studijní program je bezoborový	
Ústav:	Ú12113 - Ústav konstruování a částí strojů	
Vedoucí BP:	Ing. Eliška Cézová, Ph.D.	
Bibliografické údaje:	Počet stran	38
	Počet obrázků	33
	Počet tabulek	5
	Počet příloh	5
Klíčová slova:	regál, paletový, policový, konzolový, rám na pneumatiky	
Keywords:	rack, pallet, shelving, cantilever, framing for tyres	
Anotace:	Bakalářská práce se zabývala návrhem pojízdných regálů pro uskladnění pneumatik a problematikou s tím spojenou. Na začátku práce byla rešerše možných typů regálu. Následně byl proveden kontrolní výpočet rámců na pneumatiky pro jeden typ regálu. V další části této práce byl navržen sklad a provedena ekonomická rozvaha pro jednotlivé typy regálů.	
Abstract:	Bachelor thesis was aimed on design of mobile racks for tires warehouse and solving all problems related with that design. At the beginning of the work there was made a research of the possible types of the racks. Then the control calculation of framing for tires of one particular rack was made. In the last part of this thesis the storage was designed and it's economical valuation was performed.	

## OBSAH

<b>1. Úvod</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1. Historie firmy PROMAN s.r.o.</b> .....	<b>1</b>
<b>2. Typy a komponenty regálů</b> .....	<b>2</b>
<b>2.1. Paletové regály</b> .....	<b>2</b>
<b>2.1.1. Paletové regály klasické</b> .....	<b>5</b>
<b>2.1.2. Paletové regály pojízdné</b> .....	<b>5</b>
<b>2.1.3. Paletové regály vjezdné</b> .....	<b>6</b>
<b>2.1.4. Paletové regály spádové</b> .....	<b>7</b>
<b>2.1.5. Speciální úpravy paletových regálů</b> .....	<b>7</b>
<b>2.2. Policové regály</b> .....	<b>8</b>
<b>2.2.1. Policové regály pojízdné</b> .....	<b>9</b>
<b>2.2.2. Policové regály spádové</b> .....	<b>9</b>
<b>2.2.3. Vícepatrové konstrukce s pochůznou plošinou</b> .....	<b>10</b>
<b>2.2.4. Příslušenství k policovým regálům</b> .....	<b>10</b>
<b>2.3. Konzolové regály</b> .....	<b>11</b>
<b>3. Návrh skladu pro uskladnění pneumatik</b> .....	<b>12</b>
<b>3.1. Komponenty použitých regálů</b> .....	<b>13</b>
<b>3.1.1. Stojiny</b> .....	<b>14</b>
<b>3.1.2. Rámy</b> .....	<b>14</b>
<b>3.1.3. Stabilizační prvky</b> .....	<b>15</b>
<b>3.2. Pole A</b> .....	<b>16</b>
<b>3.3. Pole B</b> .....	<b>18</b>
<b>3.4. Pole C</b> .....	<b>20</b>
<b>3.5. Pole D</b> .....	<b>22</b>
<b>3.6. Vybrané pevnostní kontroly dílu</b> .....	<b>24</b>
<b>3.7. Počet komponent</b> .....	<b>27</b>
<b>3.8. Ekonomický propočet a zhodnocení</b> .....	<b>31</b>
<b>4. Závěr</b> .....	<b>32</b>
<b>Seznam zkratk a symbolů</b> .....	<b>33</b>
<b>Seznam použité literatury</b> .....	<b>35</b>
<b>Seznam obrázků</b> .....	<b>36</b>
<b>Seznam tabulek</b> .....	<b>37</b>
<b>Seznam příloh</b> .....	<b>38</b>

## 1. Úvod

V rámci této bakalářské práce budou navrženy pojízdné regály do skladu určeného pro uskladnění pneumatik. V této práci bude pojednána problematika současného stavu techniky regálových systémů. V konstrukční části budou řešeny jednotlivé komponenty použitých regálů. Budou provedeny potřebné návrhové a kontrolní výpočty nosných prvků. Nakonec bude provedena ekonomická rozvaha stavby. Bude vypracována kompletní a návrhová dokumentace. Firmou PROMAN s.r.o. (dále jen zadavatel) bylo dodáno zadání této závěrečné práce s příslibem realizace v průmyslové praxi.

### 1.1. Historie firmy PROMAN s.r.o.

Firma PROMAN s.r.o. byla založena v říjnu roku 1994 v Chrudimi. Jejím zaměřením je projekčně-dodavatelská činnost v oboru komplexních technologických dodávek regálových systémů pro skladové prostory.

Firma PROMAN s.r.o. je na trhu České a Slovenské republiky výhradním zástupcem regálových systémů firmy Saar-Lager un Profilvertechnik – SLP, z německého Völklingenu, která je jedním ze čtyř největších výrobců regálů v Německu.

Regálové systémy SLP dodávané firmou PROMAN s.r.o. splňují náročné podmínky normy RAL – RG 614, která se zabývá zabezpečením jakosti pro skladové a výrobní zařízení.

Dále firma PROMAN s.r.o. dodává lehké policové regálové systémy italských firem ANEMOS S.p.a. a Ferretto Group S.p.a.

Regálové systémy dodávané firmou PROMAN s.r.o. najdou uplatnění prakticky ve všech průmyslových odvětvích, jsou vhodné pro bankovní sektory i správní organizace a využívat je mohou jak majitelé velkoskladů, tak drobní podnikatelé.

Tato firma je držitelem certifikátů ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001.



Obr. 1.: Logo firmy [9]



## 2. Typy a komponenty regálů

V dnešní době firma PROMAN s.r.o. nabízí tři základní typy regálů: paletové, policové a konzolové. Paletové a policové regály mohou být pojízdné, nepojízdné a spádové. Navíc paletové regály mohou být vjezdné. Typ regálů se volí podle účelu, ke kterému budou používány. Jak vypovídá název, paletové regály slouží pro uskladnění větších výrobků na paletách. Policové regály jsou vhodné pro menší předměty, které se umísťují do polic. Posledním typem jsou konzolové regály, které se používají pro uskladnění delších věcí, pro které jsou paletové regály nedostatečné. Jedná se například o dlouhé trubky a tyče. [1]

Základními komponenty u paletových a policových regálů jsou stojiny, diagonály a nosníky či police. Dvě stojiny spolu tvoří sloup a jsou propojeny šikmými či vodorovnými diagonálami nebo bočním propojením. Pomocí diagonál nebo bočních propojení se koriguje hloubka celého regálu. Mezi dva sloupy se pak vkládají nosníky nebo police. Celý regál se přikotví do podlahy nebo se pouze postaví a pro stabilitu zavětruje. Konzolové regály se skládají ze sloupu s nohou, konzol a zavětrování. [1]

### 2.1. Paletové regály

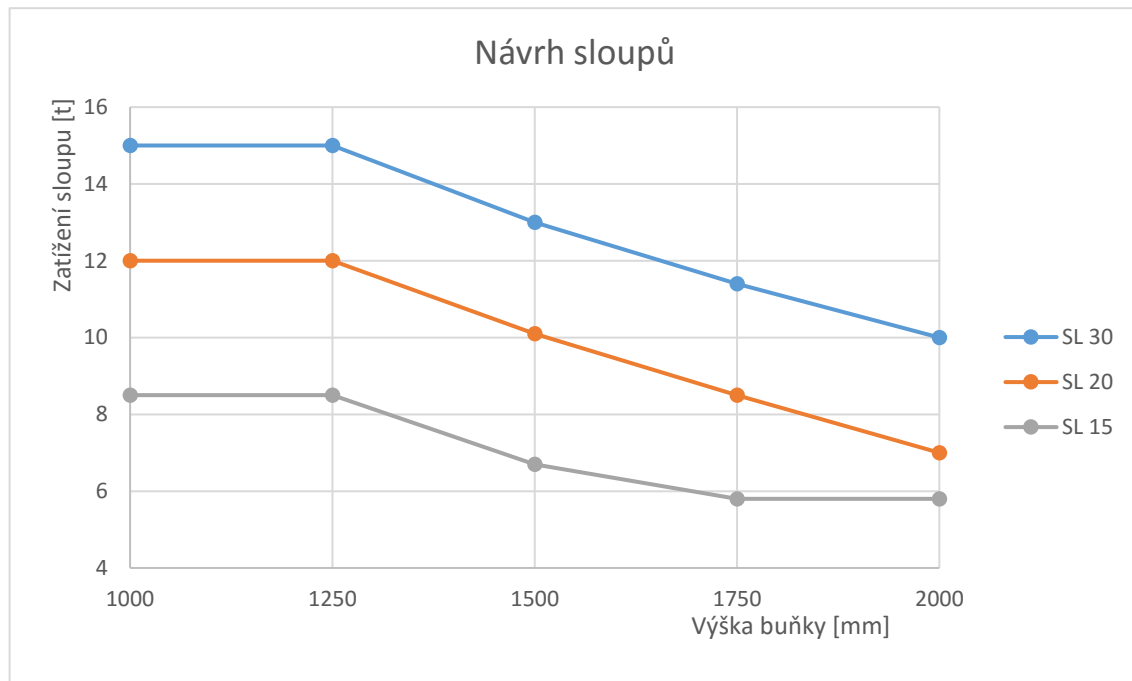
Systém paletových regálů (obr. 2) tvoří jednoduchá stavební konstrukce. Tato konstrukce slouží k účelnému využití skladového prostoru, zvyšuje kapacitu úložných míst a přispívá k přehlednosti uloženého materiálu a zboží. Všeobecně tento druh regálů slouží k uskladnění palet s materiálem, ale mohou být instalovány podlážky, na které se materiál ukládá přímo. Podlážky mohou být zhotoveny z dřevotřísky nebo ocelových roštů. Běžně jsou jednořadé paletové regály umístěny po obvodu skladu a dvouřadé uprostřed. [1]



Obr. 2.: Paletové regály [9]

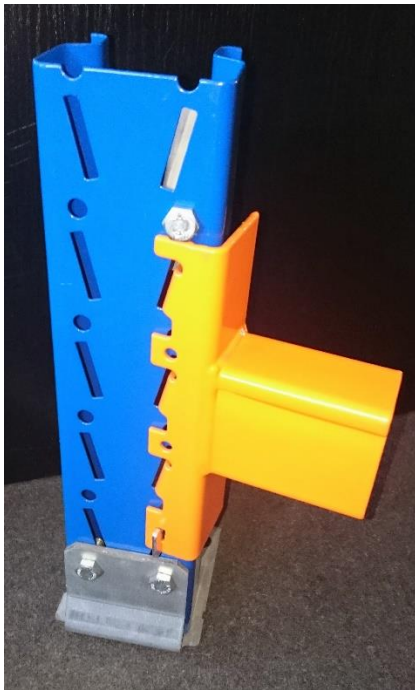


Paletový regál se přímo skládá ze stojin, které jsou na hloubku spojovány diagonálami a na šířku pomocí nosníků. Stojiny jsou vyrobeny ze zastudena válcovaných profilů. Profil stojin se vyrábí v šířkách 100 a 120 mm. Tloušťka plechu je pak 1,5, 2 a 3 mm. Tloušťka se volí podle zatížení regálu a délky sloupů (obr. 3). [1]



*Obr. 3.: Závislost zatížení sloupů na výšce buňky pro různé tloušťky stojin [Autor]*

Dvě stojiny, které jsou propojené šikmými a vodorovnými diagonálami, tvoří paletový sloup. Diagonály se vyrábí z lisovaných profilů tvaru C a ke stojinám jsou uchyceny pomocí šroubů (obr. 5). Paletové sloupy se pak propojují nosníky. Nosníky jsou vyrobeny z C profilů do sebe zalisovaných, vytváří tak obdélníkový profil průřezu (obr. 5). Na obou koncích jsou navařeny speciální ocelové závěsy tvaru L. Závěsy mají šikmé obdélníkové trny, pomocí kterých jsou nosníky zavěšeny na sloup. Každý nosník je zajištěn speciální tvarovou pojistkou, která zabraňuje uvolnění nosníků. Stojiny jsou děrované po 70 mm, po kterých se dají zavěsit nosníky. Tato konstrukce tvoří celý regál. Takto smontovaný regál se pak k zemi připevňuje na speciální patky. Patky jsou do země připevněny pomocí hmoždin a k regálu pomocí šroubů a matic (obr. 4). [1]



Obr. 4.: Montáž paletového regálu [Autor]



Obr. 5.: Řez nosníku, upevnění diagonál [Autor]

### 2.1.1. Paletové regály klasické

Klasické paletové regály se instalují na betonovou podlahu a ukotvují se pomocí hmoždin. Případné nerovnosti podlahy se vyrovnávají podložkami. Zákazník si může vyžádat doplňky, které mají ochranný nebo úložný účel. Mezi ochranné prvky patří rohová ochrana s propojením, tzv. ochranná bota, a čelní ochrana, tzv. U, které brání především poškození regálů při zakládání materiálu vysokozdvihným vozíkem. Dále se používá ochrana proti prostrčení palety či zasítnění v rámu. Mezi úložné doplňky patří příčnický, podlážky a vychystávací místa, která slouží k přípravě palet k uskladnění. Na regály jsou nakonec nalepeny štítky nosnosti, které varují majitele před přetížením regálů. [1]

### 2.1.2. Paletové regály pojízdné

Klasické paletové regály lze instalovat na pojízdné podvozky (obr. 6) a celý systém umístit na kolejnice. Pomocí této úpravy vzniknou pojízdné paletové regály, které umožní navýšit celkovou kapacitu skladu. Kolejnice jsou zapuštěny do betonové podlahy a regály se pohybují pomocí motorů. Celý systém je řízený elektronicky pomocí dálkových ovladačů nebo spínačů instalovaných přímo na regálech. [1]



Obr. 6.: Podvozek paletových regálů [9]

### 2.1.3. Paletové regály vjezdné

Vjezdné regály (drive-in regály) se používají k uložení palet se stejným zbožím za sebou. Ukládají se do kanálů v jednotlivých řadách i úrovních. Tyto regály mohou být neprůjezdné, nebo průjezdné, které fungují tak, že z jedné strany se zboží ukládá a z druhé se odebírá. Palety se do vjezdných regálů ukládají na speciální kolejnice (obr. 7), které jsou vyrobeny z ocelového ohýbaného pozinkovaného plechu. Ocelové konzoly jsou jednostranné nebo oboustranné a ke stojinám se šroubují. K zajištění potřebné tuhosti sloupů slouží hlavový nosník, který je umístěn na horním konci sloupů. Stabilitu zajišťují vodorovná zavětrovací táhla. Návrhy se musí přizpůsobit typu zákazníkova vysokozdvížného vozíku. K těmto regálům jsou opět nabízeny různé doplňky, jako jsou ochrany stojin, zarážky palet a další. [1]



*Obr. 7.: Speciální kolejnice [9]*

#### 2.1.4. Paletové regály spádové

Spádové paletové regály pracují na podobném principu jako regály vjezdné. Rozdíl spočívá v tom, že spádové regály jsou opatřeny válečkovými drahami montovanými pod sklonem (3-5) %, díky kterému palety samy zajíždí do regálů. Hlavní výhodou těchto regálů je skutečnost, že šetří prostor i čas na manipulaci s paletami, protože vysokozdvizný vozík nemusí zajíždět do uliček. Palety mohou být ukládány podélně nebo příčně a vyskladňovány na principu „FIFO“ (First In First Out) nebo na principu „LIFO“ (Last In First Out). [1]

U příčného ukládání je pak možný rámečkový systém „push-back“, který pracuje na principu LIFO a to tak, že rámeček instalovaný v regále je zasouván v mírném sklonu. Tento vzestupný sklon způsobuje, že poslední vložená paleta vždy sjíždí dopředu a při ukládání každé další palety je ta předchozí tlačena dozadu. Díky tomu může být vstupní a výstupní místo totožné. Regály se navrhují především podle požadovaného zatížení. Důležité je, aby se používaly pouze kvalitní a nepoškozené palety. Dráhy mohou být dovybaveny oddělovačem palet, nájezdy, vedením a dalšími doplňky. [1]

#### 2.1.5. Speciální úpravy paletových regálů

Mezi paletové regály lze navrhnout plošinu, která tvoří patro. Tato možnost se nejvíce využívá tam, kde je potřeba ruční manipulace se zbožím a pro zvýšení kapacity je snaha využít celé výšky skladu. Mezi jednotlivými patry jsou umístěna schodiště. Dále se dá paletový regál například upravit pro uskladňování bubnů s kabely (obr. 8). [1]



*Obr. 8.: Úprava pro uskladňování kabelových bubnů [9]*



## 2.2. Policové regály

Konstrukce policových regálů slouží k účelnému využití skladového prostoru (obr. 9). Pomocí těchto regálů je zvyšována kapacita úložných míst ve skladech a také je dosaženo lepší přehlednosti uloženého materiálu a zboží. Konstrukce je převážně určena pro využití uvnitř budov a instaluje se na kvalitní betonovou podlahu. [2]

Konstrukce policového regálu je v jádru navržena jako samonosná. Regál se skládá ze stojin, které jsou na hloubku propojeny šikmými a vodorovnými diagonálami nebo bočním propojením. Takto spojené dvě a dvě stojiny se pak propojí pomocí polic a tvoří jeden sloupec policových buněk. Vždy je nutné použít minimálně dvě police, pro získání potřebné stability sloupce. Pro její zvýšení se používá křížové zavětrování. Boky regálů mohou být vyplněny pomocí desek z lamina nebo plechů. [2]

Stojiny se vyrábí z ocelového ohýbaného plechu. Mají děrované otvory, které slouží pro zavěšení úchytů polic a pro montáž diagonál. Díry pro zavěšení polic jsou vrtány po 25 mm. Po tomto kroku lze korigovat výšku zavěšení polic. Police jsou vyrobeny z ocelového ohýbaného plechu. Plech se ohýbá tak, aby po obvodu nevznikly ostré hrany. Police se do sloupců zavěšují pomocí speciálně tvarovaných háčků. [2]



*Obr. 9.: Policové regály [9]*

### 2.2.1. Policové regály pojízdné

Policové regály lze umístit na pojízdné podvozky (obr. 10) a celý systém pak instalovat na kolejnice. Pomocí této úpravy je výrazně zvýšena kapacita úložných prostorů a snížena prostorová náročnost. Kolejnice jsou ukotveny k podlaze, nebo do ní zapuštěny. Jednotlivými regály se manipuluje ručně pomocí volantů s řetězovým převodem nebo jsou poháněny pomocí motorů. Při využití motorů jsou regály ovládány elektronicky pomocí dálkových ovladačů nebo spínačů instalovaných přímo na regálech. Na krajním regálu mohou být instalované posuvné dveře a uzamykání podvozku pro ochranu uloženého materiálu. [2]



*Obr. 10.: Podvozky policových regálů [Autor]*

### 2.2.2. Policové regály spádové

Nahrazením polic za válečkové lišty získáme spádové policové regály (obr. 11). Tyto regály slouží k ukládání zboží a materiálu uloženého v krabičkách nebo bedničkách různých rozměrů. Mezi válečkové lišty lze instalovat dělicí lišty, které pak plochu rozdělí na samostatné kanály. Obě lišty pak lze jakkoliv přestavovat. [2]



*Obr. 11.: Policové spádové regály [9]*



### 2.2.3. Vícepatrové konstrukce s pochůznou plošinou

Pro lepší využití skladů s vysokou výškou stropů lze sestavit vícepatrové policové regálové konstrukce (obr. 12). Tyto konstrukce efektivně zvýší kapacitu skladů. Pochůzné plošiny se sestavují ze speciálních panelů. Plechové panely mohou být plné nebo děrované, dále mohou být vytvořeny ze speciálních dřevovláknitých desek. Materiál a druh pochůzných panelů se volí podle zatížení a preference zákazníka. Jako hlavní bezpečnostní prvek se používá zábradlí. [2]

### 2.2.4. Příslušenství k policovým regálům

Policové regály nemusí být tvořeny pouze policemi, ale lze je snadno upravit pomocí celé řady příslušenství. K těmto doplňkům patří podlahky z roštů se záchytnými vanami, které mohou sloužit například pro ukládání chemikálií či minerálních olejů. Dále speciální nosníky na zavěšování oděvů pomocí ramínek, příčné nebo podélné přepážky polic, výsuvné police či zásuvky a podobně. Jedním z příslušenství je také rám na pneumatiky (obr. 13), kterým se dále zabývá tato práce. [2]



*Obr. 12.: Vícepatrová konstrukce [Autor]*



*Obr. 13.: Rámy na pneumatiky [Autor]*

### 2.3. Konzolové regály

Konzolový regálový systém je nejlepším řešením ukládání dlouhých materiálů bez nutnosti použití palet. Je vhodný zejména na trubky, pruty, dlouhé desky či plechy (obr. 14). Jeho hlavní výhodou je uskladňování materiálů různých tvarů, délek a celkově větších rozměrů při zajištění vysoké nosnosti jednotlivých ukládacích úrovní. Dále zlepšují přehlednost skladů a přístupnost ke skladovanému materiálu. Podle uskladňovaného zboží a potřeb zákazníka se každý konzolový regál navrhuje jako samostatný celek. [3]



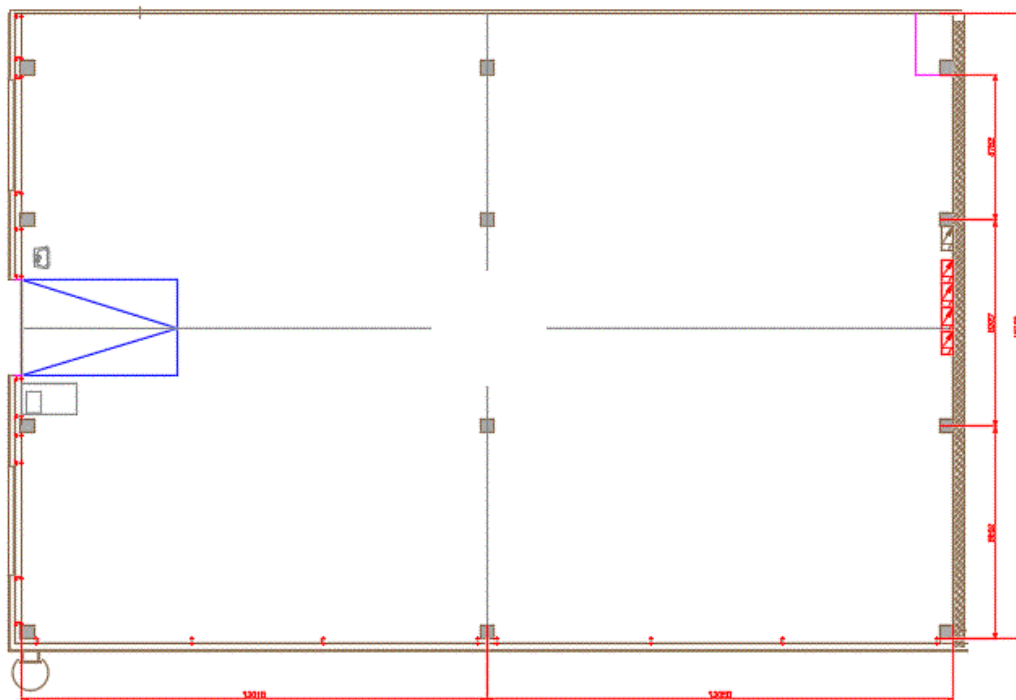
Obr. 14.: Konzolové regály [9]

Konzolové regály se skládají ze sloupů s nohou, konzol a zavětrování. Standardně se navrhují ke zdi jednostranné (sloup má tvar L), nebo do prostoru oboustranné regály (sloup má tvar obráceného T). Na sloupy se šroubují jednotlivé konzoly. Množství a umístění jednotlivých konzol závisí na potřebě zákazníka. Výšku konzol lze volit po 100 mm. Zavětrování slouží k celkovému zpevnění a lepší stabilitě. Dále se na regály mohou přidávat různé doplňky. Mezi nejpoužívanější patří koncové kolíky pro zajištění materiálu na konzolách a ocelové nebo dřevotřískové desky. [3]

### 3. Návrh skladu pro uskladnění pneumatik

V této bakalářské práci je navrženo poziční řešení regálů ve skladu. Sklad je určen pro uskladnění mimosezonních pneumatik. K tomuto účelu jsou navrženy pojízdné policové regály se speciálními rámy pro uskladnění pneumatik. Hlavním kritériem návrhu je maximální využití prostoru, tedy co nejvyšší kapacita.

Firmou PROMAN s.r.o. byl poskytnut půdorys zákaznickova skladu (obr. 15) se základními kótami a velikostmi uskladňovaných pneumatik. Výška skladu je 5 650 mm. Ve výkresu jsou zakresleny sloupy, sekční vrata, rozvody elektřiny a sanita. Sekční vrata se vysouvají ke stropu, takže neovlivňují využití prostoru skladu.



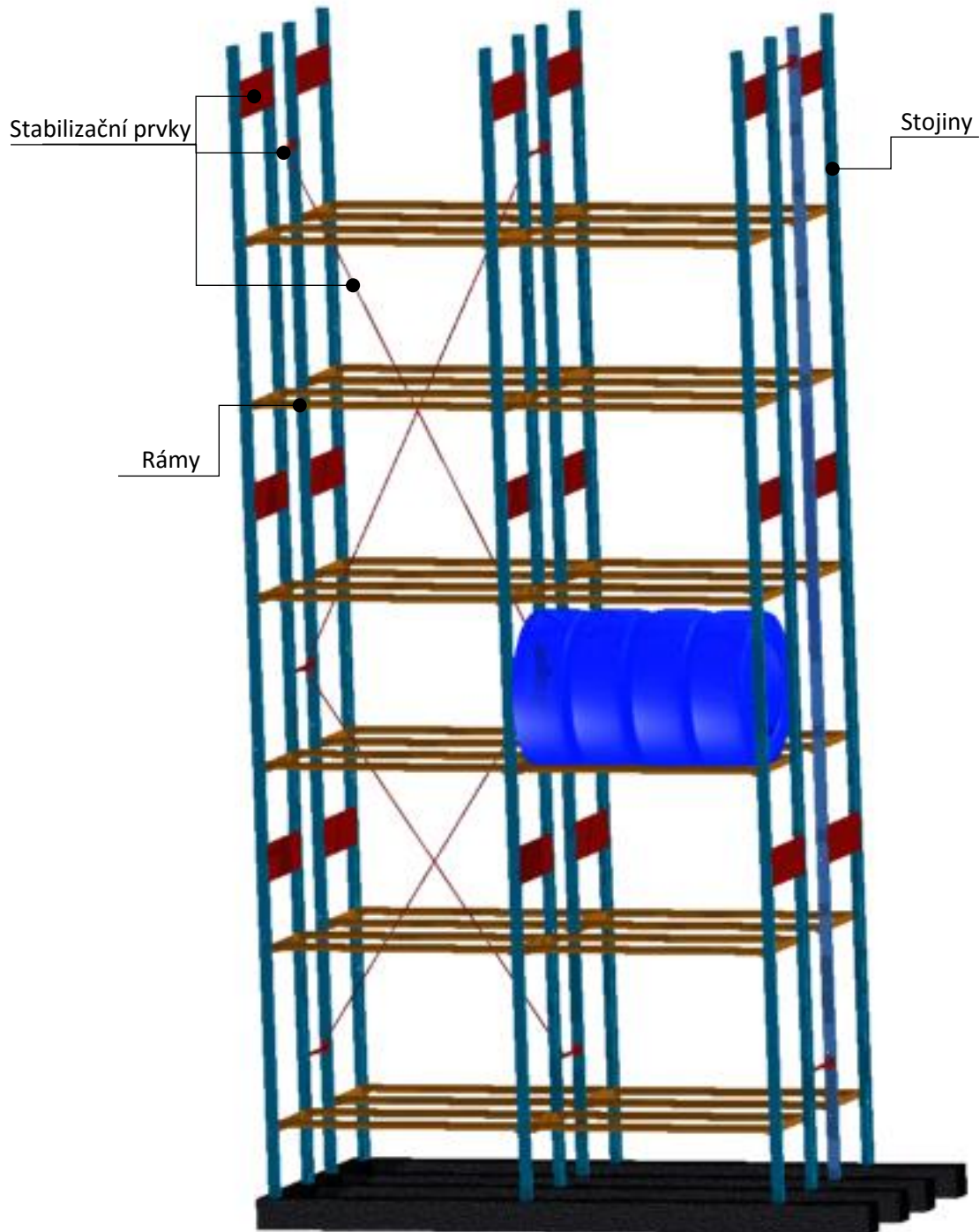
Obr. 15.: Půdorys skladu [Autor]

Do tohoto skladu jsou navrženy čtyři velikosti regálů pro čtyři skupiny rozměrů pneumatik. Sklad je rozdělen na čtyři sekce. Sekce jsou označeny jako pole A, pole B, pole C a pole D. Do každé sekce je navržen co nejvyšší počet regálů na pojízdných podvozcích. Zbýlý prostor je vyplněn pevnými regály. V každém z polí je zvolena určitá velikost regálu. V poli A jsou uskladňovány pneumatiky 205/55R16. Toto značení určuje rozměr pneumatik. První číslo - 205 označuje šířku pneumatik v milimetrech. Druhé číslo udává výšku bočnice pneumatiky, která je uvedena v procentech z dané šířky pneumatiky. Výška bočnice je tedy 55 % z 205 mm, což je 112,75 mm. R je označení typu pneumatiky a poslední číslo určuje vnitřní průměr pneumatiky v palcích.



### 3.1. Komponenty použitých regálů

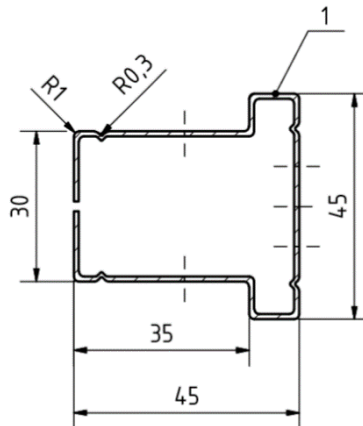
Regály použité ve skladu se skládají ze stojin, speciálně upravených ráků na pneumatiky a spojovacího materiálu (obr. 16). Vše je umístěno na pojízdných podvozcích. Množství použitých komponentů v jednotlivých polích je zobrazeno v tabulkách (tab. 1 - 4).



Obr. 16.: Model regálu [Autor]

### 3.1.1. Stojiny

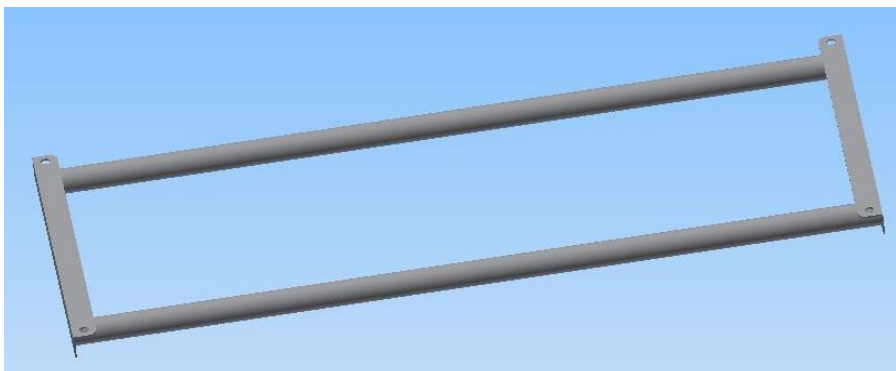
Stojiny se vyrábí z pozinkovaných plechů tloušťky 1 mm a objednávají se z Itálie. Prodávají se buď pozinkované, nebo mohou být různě lakované. Stojiny mají děrování, které umožňuje rámy výškově přestavovat po kroku 25 mm. V této práci jsou použity dvě délky stojin. V poli A, poli C a v poli D jsou použity stojiny délky 4 497 mm. V poli B je použita délka 3 997 mm. [4]



Obr. 17.: Profil stojiny [Autor]

### 3.1.2. Rámy

Speciálně upravený rám na pneumatiky (obr. 18) se skládá ze dvou trubek po obvodu přivařených ke dvěma L profilům. Trubky jsou voleny ocelové bezešvé, tvářené zatepla. Značené jsou TR KR 32x2 – ČSN 42 5715.01 – 11 353.1. Označení trubky znamená, že je kruhová o vnějším průměru 32 mm a tloušťce 2 mm, s vnějším i vnitřním povrchem okujeným, rovnaná, z oceli 11 353 ve stavu tepelně nezpracovaném s hutním osvědčením a s provedením zkoušky tahem. Profily jsou značeny L 30x2 – ČSN 42 5541.1 – 11 375.0. Značení znamená, že se jedná o tyč průřezu rovnoramenného L o šířce ramene 30 mm a tloušťce 2 mm. Profil je z oceli 11 375 ve stavu tepelně nezpracovaném s povrchem okujeným, rovnaným, s kontrolou jakosti podle skupin bez zřetele k tavbám a s provedením zkoušky tahem. Všechny L profily mají délku 400 mm. Rámy jsou vyrobeny v České republice. [4]



Obr. 18.: Policový rám [Autor]

### 3.1.3. Stabilizační prvky

Jako stabilizační prvky byly použity tři typy propojení (obr. 19) a zavětrovací táhla. První dva typy zajišťují stabilitu dvou rovnoběžných regálů umístěných na jednom podvozku. Zajišťují stabilitu dvojice regálů tak, aby nešla od sebe a do stran. Propojení se montují mezi stojiny nahoře a dole. Jediný rozdíl je, že některá jsou upravena pro upevnění zavětrovacích táhel. Třetí typ propojení tvoří rám, který se montuje mezi čtyři stojiny. Všechna propojení se připevňují pomocí šroubů a matic. Zavětrovací táhla se montují do „X“ dvě nad sebou (obr. 20). Zavětrování tvoří dvě dlouhá a dvě krátká táhla, která jsou mezi sebou upevněna napínacími maticemi. Táhla a rámy se umísťují pouze do jedné buňky. Vše je pevně připevněno přes speciálně upravené patky na podvozcích. Patky a podvozky zajišťují celkovou stabilitu sestavy.



Obr. 19.: Propojení [Autor]



Obr. 20.: Zavětrovací táhla [Autor]

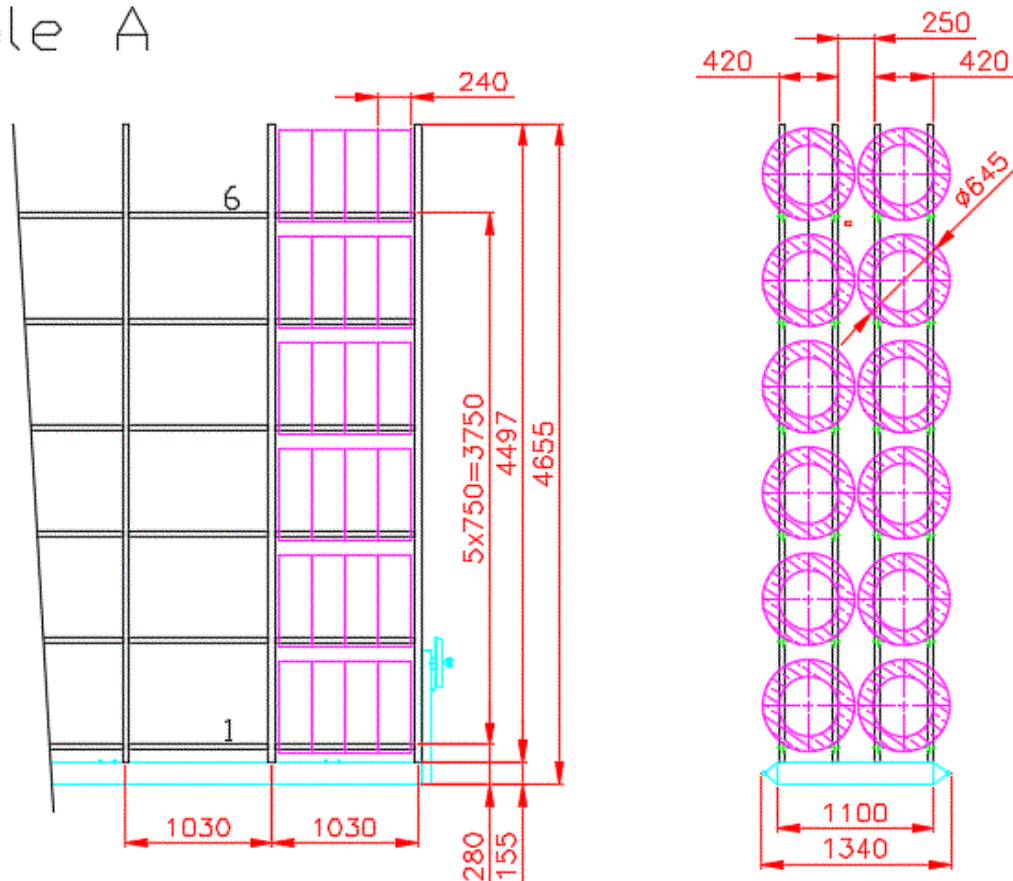
### 3.2. Pole A

V tomto poli se uskladňují pneumatiky 205/55R16. K návrhu regálu jsou potřeba dva rozměry, a to šířka a vnější průměr pneumatik. Šířka je odečtena přímo z označení, tedy 205 mm a vnější průměr se vypočítá následovně.

$$R_A = 2 * (205 * 0,55) + 16 * 25 = 625,5 \text{ mm} \quad (1)$$

V návrhu jsou použity maximální možné rozměry, které lze do regálu umístit. Vnější průměr 645 mm a šířka 240 mm. U šířky pneumatik se počítá s 10 mm u každé pneumatiky na ruční manipulaci. Dle vypočtených rozměrů a standardní firemní výroby je zvolen policový regál o rozměrech 1 030 mm na šířku, 420 mm na hloubku a 4 497 mm na výšku. Tento regál má výšku šesti ukládacích úrovní (obr. 21).

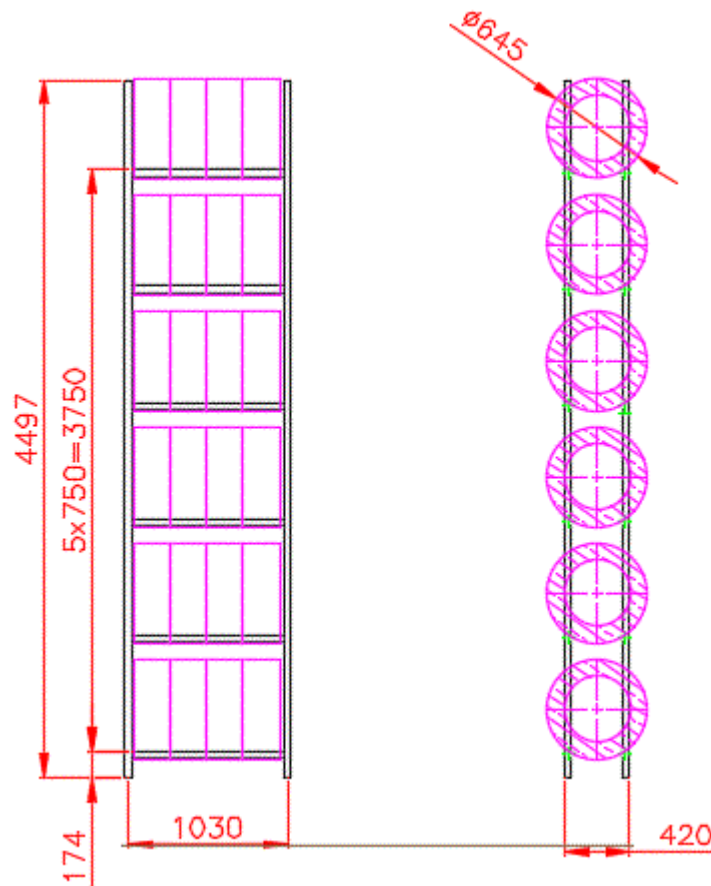
## Pole A



Obr. 21.: CAD výkres pojízdných regálů v poli A [Autor]

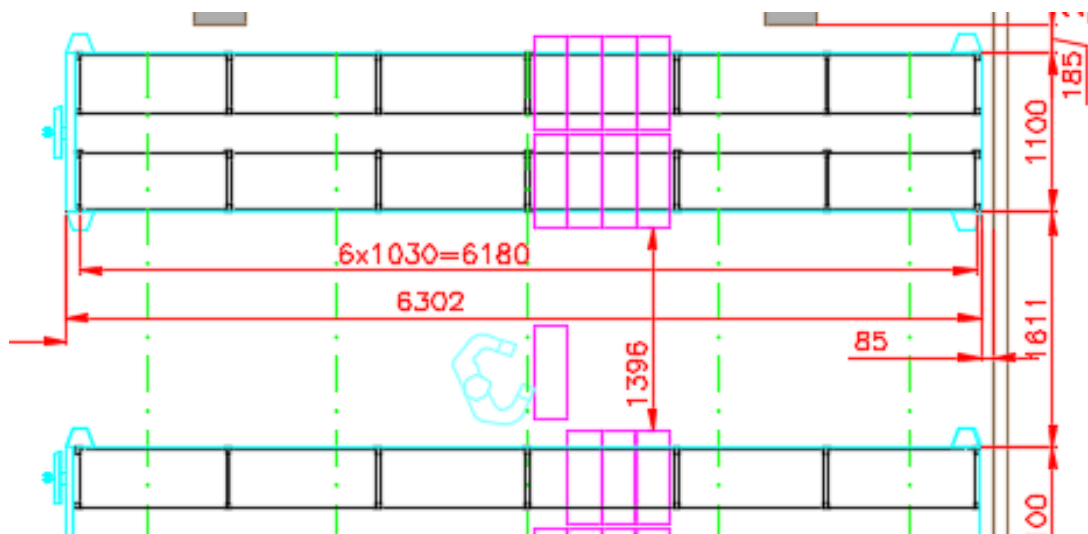


Pro maximální vyplnění prostoru jsou zde umístěny čtyři sloupce pevného regálu (obr.22).



Obr. 22.: CAD výkres pevných regálů v poli A [Autor]

V poli A je umístěno sedm podvozků. Na každém podvozku jsou dvě řady regálů, každá řada má šest sloupců (obr. 23).



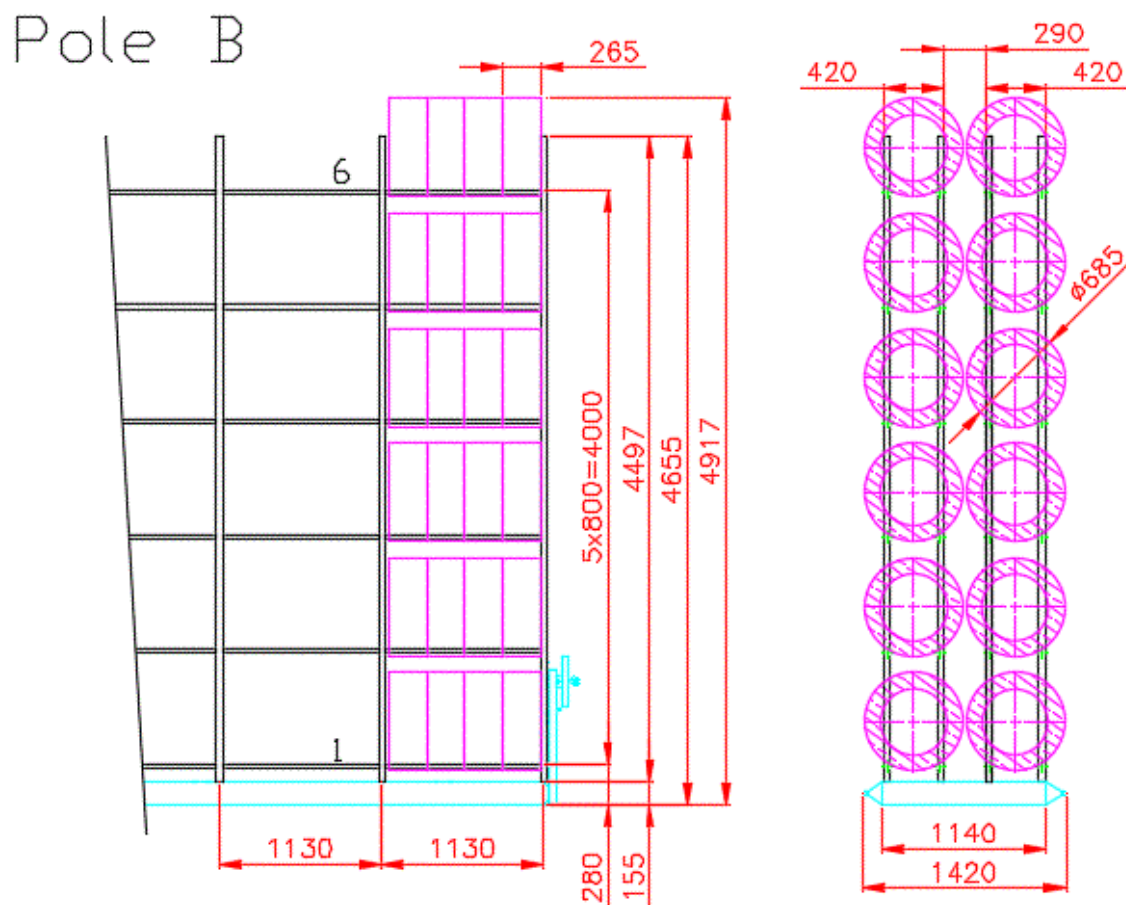
Obr. 23.: CAD výkres regálů v poli A [Autor]

### 3.3. Pole B

V tomto poli jsou uskladněny pneumatiky 245/45R18. Stejně jako u pole A je vypočítán vnější průměr.

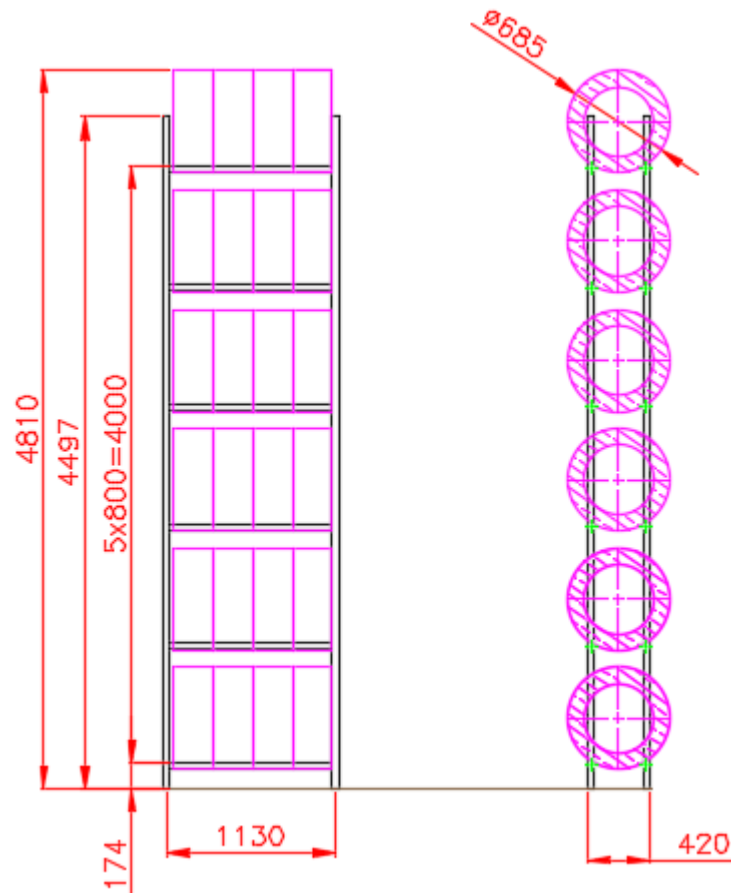
$$R_B = 2 * 245 * 0,45 + 18 * 25 = 670,5 \text{ mm} \quad (2)$$

Maximální rozměry v poli B jsou 265 mm na šířku a 685 mm v průměru. Podle výpočtů je vybrán regál o rozměrech 1 130 mm na šířku, 420 mm na hloubku a 4 497 mm na výšku. Jelikož má regál stejnou výšku jako v poli A, opět zde bude umístěno šest ukládacích úrovní (obr. 24).



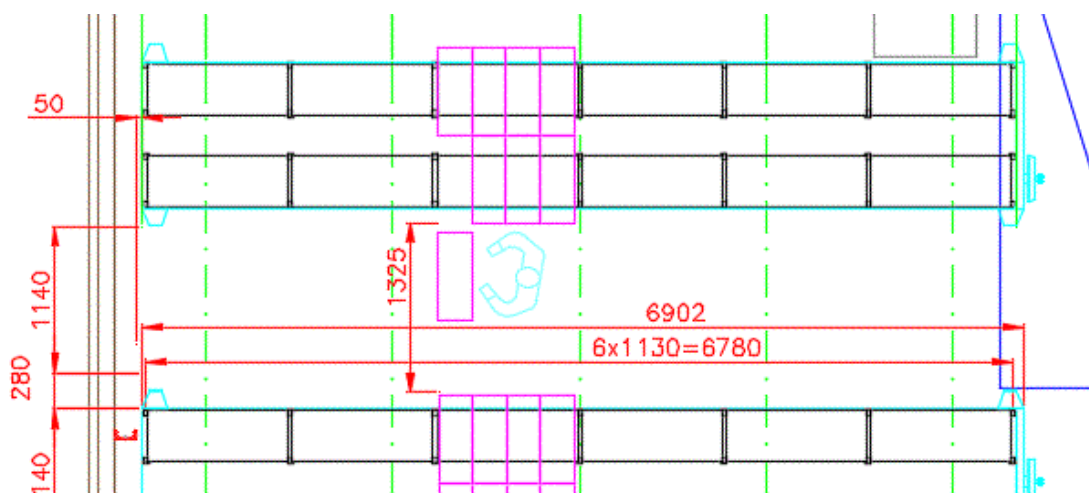
Obr. 24.: CAD výkres pro pojízdné regály v poli B [Autor]

Sestava je doplněna o dvě pevné řady regálů. Jedna řada má šest sloupců a druhá řada má čtyři sloupce (obr. 25).



Obr. 25.: CAD výkres pevných regálů v poli B [Autor]

Do tohoto pole se na délku vejde šest podvozků, na každém podvozku jsou dvě řady regálů, každá řada má šest sloupců (obr. 26).



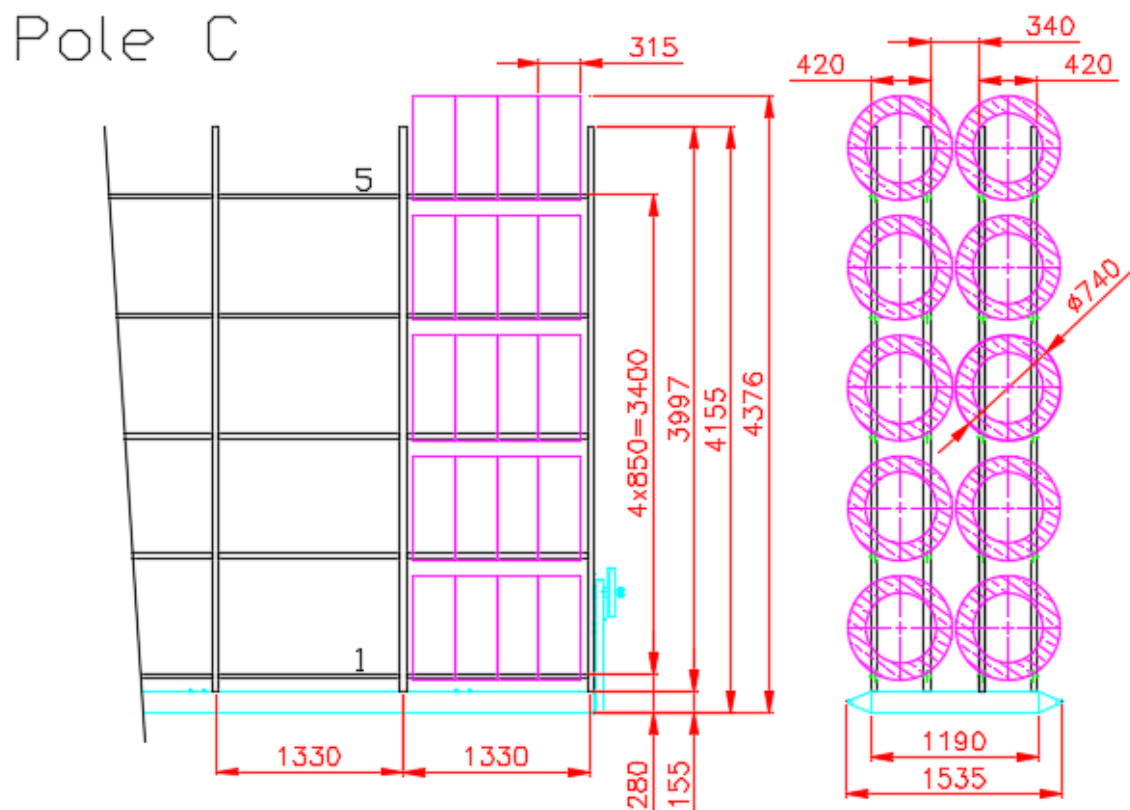
Obr. 26.: CAD výkres regálů v poli B [Autor]

### 3.4. Pole C

V tomto poli jsou uskladněny pneumatiky 255/50R19. Opět je spočítán vnější průměr.

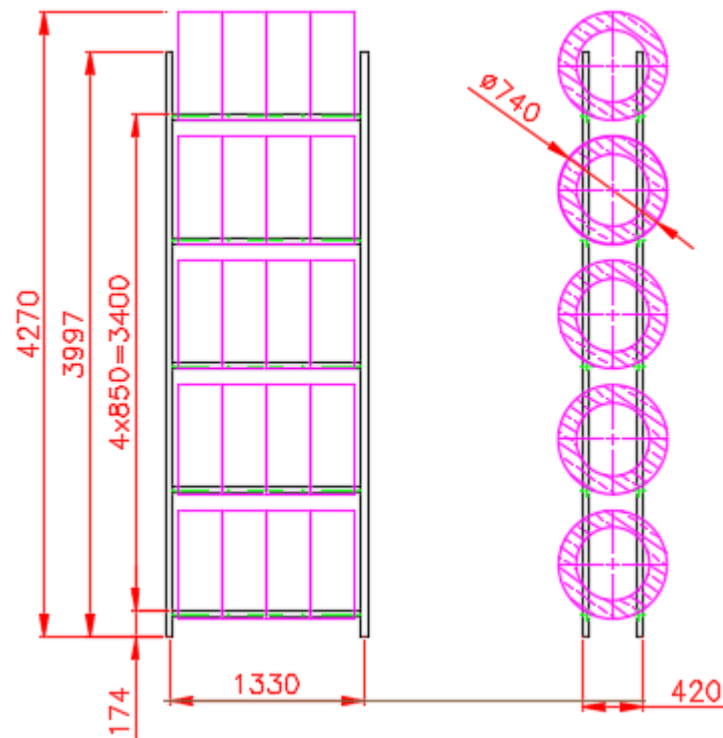
$$R_C = 2 * 255 * 0,5 + 19 * 25 = 730 \text{ mm} \quad (3)$$

V tomto poli jsou maximální možné rozměry pneumatik 315 mm na šířku a 740 mm v průměru. Vybrán je regál o rozměrech 1 330 mm na šířku, 420 mm na hloubku a 3 997 mm na výšku. Kvůli mnohem většímu průměru pneumatik oproti předešlým sekcím je nutno použít pouze pět ukládacích úrovní na výšku. Z toho důvodu jsou použity kratší stojiny (obr. 27).



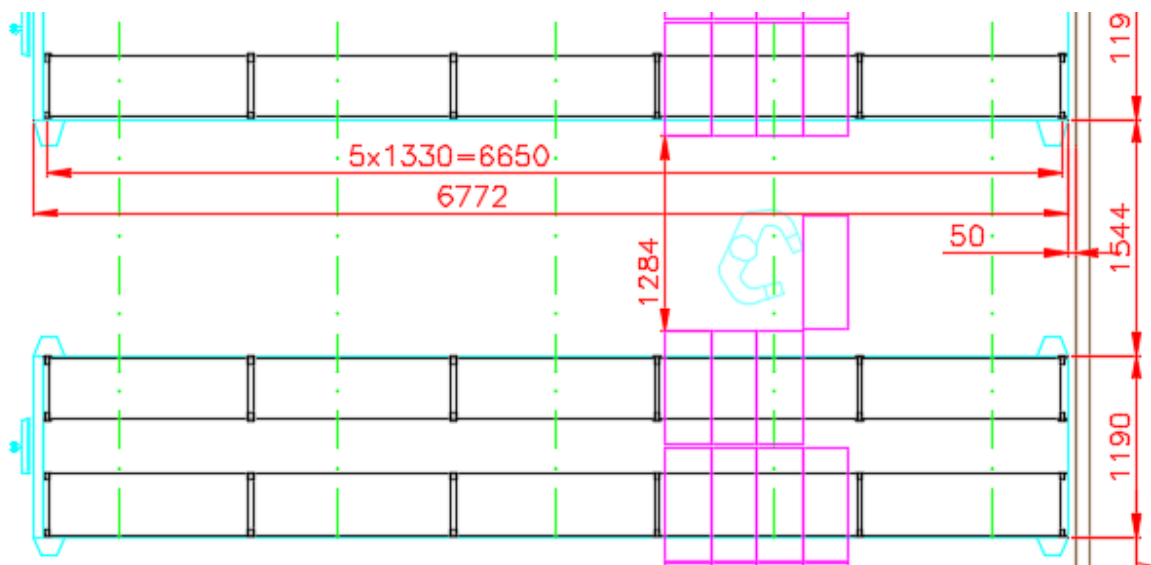
Obr. 27.: CAD výkres pro pojízdné regály v poli C [Autor]

Pole je doplněno o jednu řadu pevného regálu, který má pět sloupců (obr. 28).



Obr. 28.: CAD výkres pevných regálů v poli C [Autor]

Celkově se do pole vejde šest podvozků. Na každém podvozku jsou umístěny dvě řady regálů, každá řada má pět sloupců. Na krajním podvozku má dvojice regálů pouze čtyři sloupce z důvodů umístění umyvadla ve skladu (obr. 29).



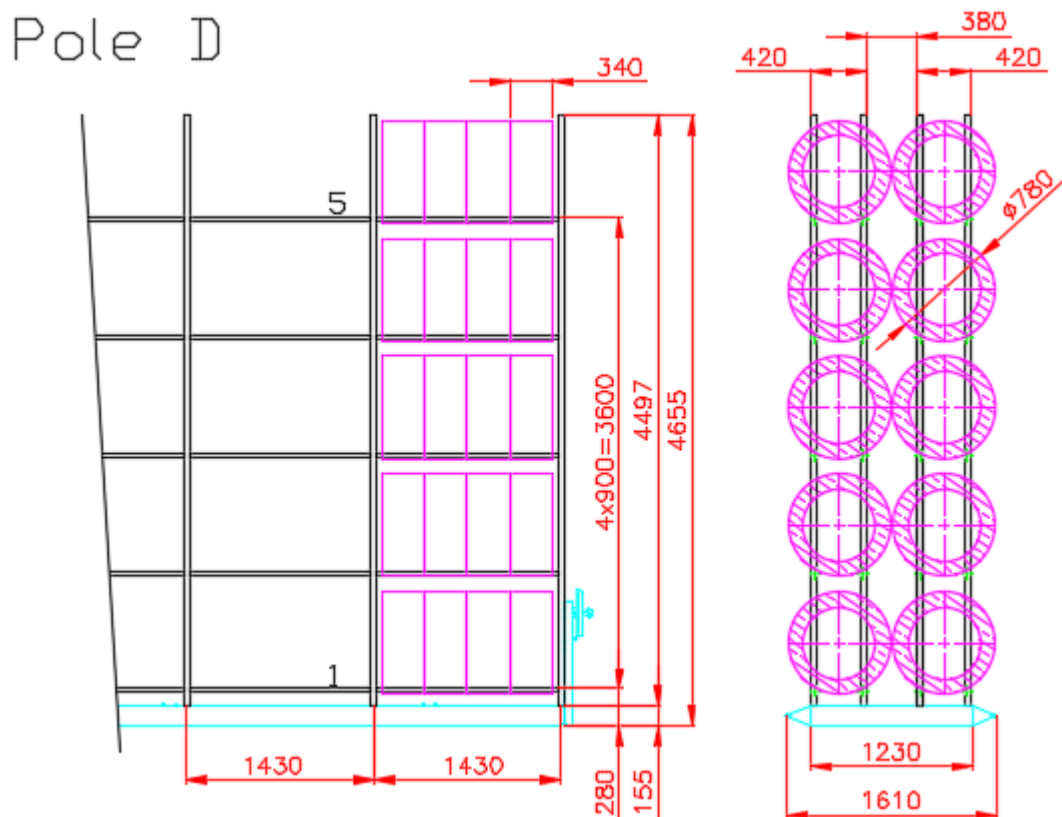
Obr. 29.: CAD výkres regálů v poli C [Autor]

### 3.5. Pole D

V posledním poli pak jsou pneumatiky 295/40R21. Opět je vypočítán vnější průměr tohoto typu pneumatik.

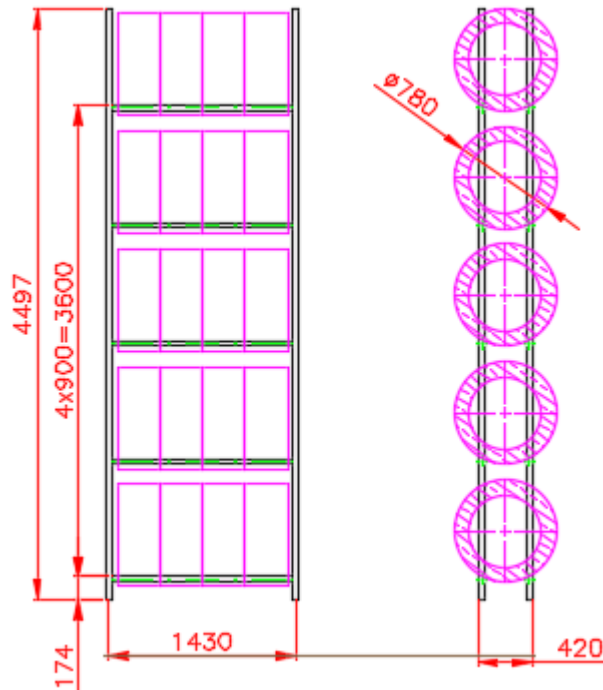
$$R_D = 2 * 295 * 0,40 + 21 * 25 = 761 \text{ mm} \quad (4)$$

Maximální rozměry jsou 340 mm na šířku a v průměru 780 mm. Vybraný regál má 1 430 mm na šířku, 420 mm na hloubku a 4 497 mm na výšku. S tímto průměrem pneumatik a výškou stojin regálu je možno použít 5 ukládacích úrovní (obr. 30).



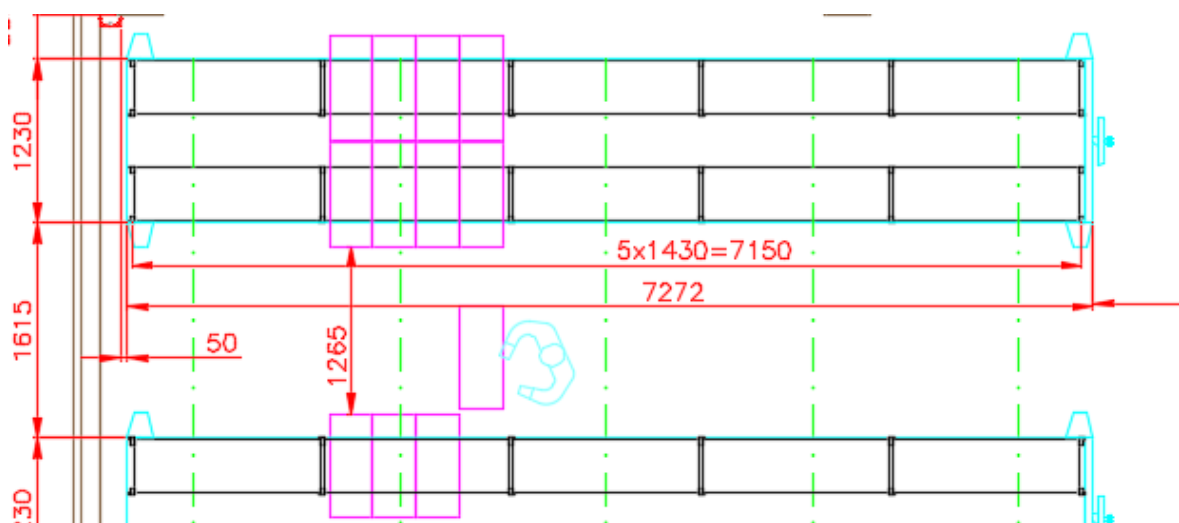
Obr. 30.: CAD výkres pro pojízdné regály v poli D [Autor]

Tato sestava je doplněna o jednu řadu pevného regálu, kterou tvoří čtyři sloupce (obr. 31).



Obr. 31.: CAD výkres pevných regálů v poli D [Autor]

V poli D je na délku šest podvozků, na každém podvozku jsou dvě řady regálů. Každá řada regálů má pět sloupců (obr. 32).

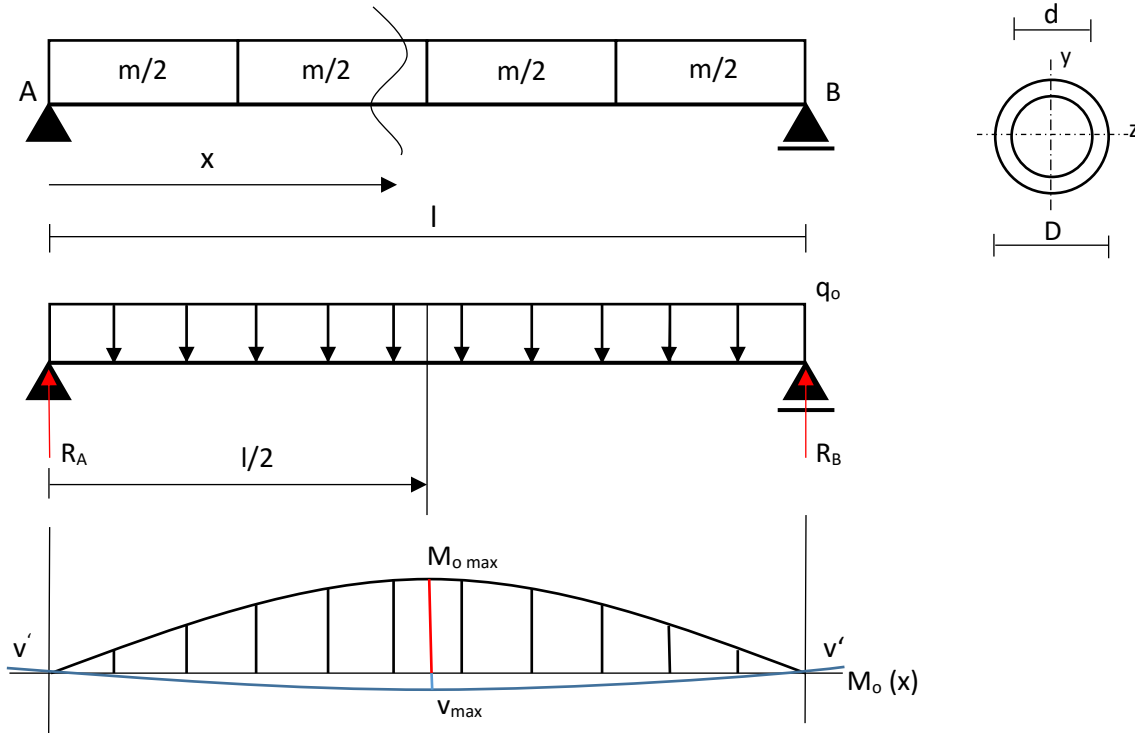


Obr. 32.: CAD výkres regálů v poli D [Autor]



### 3.6. Vybrané pevnostní kontroly dílu

Z důvodu, že se rámy nechávají vyrábět, byla vypočtena kontrola na průhyb a zatížení navržené trubky v rámu. Výpočet je proveden pro rámy v poli A. Trubka byla zvolena TR KR 32x2 – ČSN 42 5715.01 – 11 353.1. Celková délka je  $l = 1\,000\text{ mm}$ .



Obr. 33.: Výpočtový model [Autor]

Výpočet potřebného modulu odporu průřezu v ohybu trubky  $W_o$  o vnějším průměru  $D = 32\text{ mm}$  a vnitřním průměru  $d = 28\text{ mm}$  je vypočten podle rovnice (5).

$$W_o = \frac{\pi \cdot D^3}{32} \cdot \left[ 1 - \left( \frac{d}{D} \right)^4 \right] = \frac{\pi \cdot 32^3}{32} \cdot \left[ 1 - \left( \frac{28}{32} \right)^4 \right] = 1331,25\text{ mm}^3 \quad (5)$$

Kvadratický moment průřezu k ose  $z$   $J_z$  pro stejnou trubku je určen z rovnice (6).

$$J_z = \frac{\pi}{64} \cdot (D^4 - d^4) = \frac{\pi}{64} \cdot (32^4 - 28^4) = 21\,300\text{ mm}^4 \quad (6)$$

Celkové zatížení trubky  $q_o$  v polici je vypočteno z rovnice (7). Jelikož jsou v rámu umístěny čtyři pneumatiky o hmotnosti  $m = 25\text{ kg}$  a počítáme s rovnoměrně rozloženým zatížením, proto na každou trubku působí tíhová síla odpovídající poloviční hmotnosti. Celková hmotnost je pak vynásobena gravitačním zrychlením  $g = 9,81\text{ ms}^{-2}$ .

$$q_o = \frac{4 \cdot m}{2} \cdot g = \frac{4 \cdot 25}{2} \cdot 9,81 = 490,5\text{ Nm}^{-1} = 0,49\text{ Nmm}^{-1} \quad (7)$$

Momentová rovnice rovnováhy k bodu B je vyjádřena v rovnici (8) a zní je vyjádřena reakce  $R_A$  v bodě A.

$$\Sigma M_B = 0: R_A \cdot l - q_o \cdot \frac{l^2}{2} = 0 \Rightarrow R_A = q_o \cdot \frac{l}{2} \quad (8)$$

Ohybový moment je vyjádřen v rovnici (9).

$$M_o(x) = R_A \cdot x - q_o \cdot \frac{x^2}{2} = q_o \cdot \frac{l}{2} \cdot x - q_o \cdot \frac{x^2}{2} \quad (9)$$

Maximální moment  $M_{o \max}$  působí v polovině délky trubky. Do rovnice (9) je dosazeno za  $x = \frac{l}{2}$  a z rovnice (7) za  $q_o$ .

$$M_{o \max} \left( \frac{l}{2} \right) = q_o \cdot \frac{l^2}{4} - q_o \cdot \frac{l^2}{8} = 0,49 \cdot \frac{1000^2}{4} - 0,49 \cdot \frac{1000^2}{8} = 61\,250 \text{ Nmm} \quad (10)$$

Za pomoci Bernoulliho diferenciální rovnice průhybové čáry je z ohybového momentu  $M_o(x)$  vyjádřena rovnice pro průhyb  $v(x)$  trubky.

$$v''(x) = -\frac{1}{E \cdot J_z} \cdot M_o(x) = -\frac{1}{E \cdot J_z} \cdot \left( q_o \cdot \frac{l}{2} \cdot x - q_o \cdot \frac{x^2}{2} \right) \quad (11)$$

$$v'(x) = -\frac{1}{E \cdot J_z} \left( q_o \cdot \frac{l}{2} \cdot \frac{x^2}{2} - q_o \cdot \frac{x^3}{6} \right) + c_1 \quad (12)$$

$$v(x) = -\frac{1}{E \cdot J_z} \cdot \left( q_o \cdot \frac{l}{2} \cdot \frac{x^3}{6} - q_o \cdot \frac{x^4}{24} \right) + c_1 \cdot x + c_2 \quad (13)$$

Z rovnice (13) za pomoci okrajových podmínek jsou vyjádřeny integrační konstanty  $c_1$  a  $c_2$ . Z okrajové podmínky vyplývá průhyb na začátku a na konci trubky je nulový.

$$v(x=0) = 0 \Rightarrow c_2 = 0 \quad (14)$$

$$v(x=l) = 0 \Rightarrow 0 = -\frac{1}{E \cdot J_z} \cdot \left( q_o \cdot \frac{l}{2} \cdot \frac{l^3}{6} - q_o \cdot \frac{l^4}{24} \right) \Rightarrow c_1 = \frac{q_o \cdot l^3}{24 \cdot E \cdot J_z} \quad (15)$$

Dosazením za integrační konstanty  $c_1$  a  $c_2$  do rovnice (13) se získá rovnice pro průhyb trubky  $v(x)$ .

$$v(x) = -\frac{1}{E \cdot J_z} \cdot \left( q_o \cdot \frac{l}{2} \cdot \frac{x^3}{6} - q_o \cdot \frac{x^4}{24} \right) + \frac{q_o \cdot l^3}{24 \cdot E \cdot J_z} \cdot x \quad (16)$$

Maximální průhyb  $v_{max}$  je v polovině délky trubky. Do rovnice (13) se dosadí za  $x = \frac{l}{2}$ . Za  $E$  je dosazen modul pružnosti v tahu pro daný materiál  $E = 210\,000\text{ MPa}$  a z rovnice (6) je dosazeno za  $J_z = 11\,711\text{ mm}^4$ .

$$v_{max}\left(\frac{l}{2}\right) = -\frac{1}{E \cdot J_z} \cdot \left( q_o \cdot \frac{l}{12} \cdot \frac{l^3}{8} - q_o \cdot \frac{l^4}{384} \right) + q_o \cdot \frac{l^3}{24 \cdot E \cdot J_z} \cdot \frac{l}{2} = \frac{5 \cdot q_o \cdot l^4}{384 \cdot E \cdot J_z} \quad (17)$$

$$= \frac{5 \cdot 0,49 \cdot 1\,000^4}{384 \cdot 210\,000 \cdot 11\,711} = \mathbf{1,43\text{ mm}}$$

Maximální průhyb  $v_{max}$  trubky musí být menší než dvě setiny celé délky  $l$ .

$$v_{max}\left(\frac{l}{2}\right) < \frac{l}{200} \Rightarrow 1,43\text{ mm} < 5\text{ mm} \quad (18)$$

Z rovnice (19) je vypočtena hodnota maximálního napětí  $\sigma_{max}$ . Z rovnice (10) je dosazeno za  $M_{o\,max} = 61\,250\text{ Nmm}$  a z rovnice (5) je dosazeno za  $W_o = 1331,25\text{ mm}^3$ .

$$\sigma_{max} = \frac{M_{o\,max}}{W_o} = \frac{61\,250}{1331,25} = \mathbf{46\text{ MPa}} \quad (19)$$

Výpočet dovoleného napětí  $\sigma_D$ , kde napětí na mezi kluzu  $\sigma_k$  je zvoleno  $230\text{ MPa}$  a bezpečnost  $k_k = 2,5$ .

$$\sigma_D = \frac{\sigma_k}{k_k} = \frac{230}{2,5} = 92\text{ MPa} \quad (20)$$

Aby trubka vydržela, musí splňovat podmínku, že maximální napětí  $\sigma_{max}$  musí být menší než napětí dovolené  $\sigma_D$ .

$$\sigma_{max} < \sigma_D \Rightarrow 46\text{ MPa} < 92\text{ MPa} \quad (21)$$

Jako další bod výpočtu by se nabízela kontrola stojin na vzpěr, vzhledem k jejich tvaru a zatížení. Tyto stojiny jsou ovšem dodávány přímo k tomuto účelu, a mají tak výrobcem přesně definovanou zatížitelnost v této konkrétní aplikaci. Bylo tedy přistoupeno k pouhému porovnání reálného zatížení s touto hodnotou. Použitá stojina má pro použitou délku únosnost  $19,5\text{ kN}$ . Reálné silové zatížení na jednu stojinu od příslušných polic a nákladu je  $1,53\text{ kN}$ . Je tedy zřejmé, že stojí svou únosností vyhovuje dané aplikaci.

### 3.7. Počet komponent

V následujících tabulkách je zobrazeno množství komponentů potřebných k sestavení navržených regálů. Tabulky jsou rozděleny dle jednotlivých polí.

Tab. 1.: Pole A

Název	Komponenty	Základní rozměry [mm]	Kusy	Povrch
<b>Sloup D20</b>		H = 4 497 B = 420	103	
	Stojka	L = 4 495	206	Zn
	Boční propojení	L = 400	721	Zn
	Patky PVC		206	PVC
	Patky Metal		206	Zn
	Šroub se šestihrannou hlavou ISO 4014-M6x40-8.8		206	Zn
	Šestihranná samojistná matice ISO 7040-M6-8		206	Zn
	Podložka ISO 7089-6,4		412	Zn
	Hmoždiny	M8 x 80	10	Zn
	Podložky pod patky METAL	47 x 65	10	Zn
<b>Rám na pneumatiky</b>		1 000 x 400	528	7 016
	Háčky pro police		2 112	Zn
<b>Propojení</b>		250	42	7 016
<b>Propojení s úchyty</b>		250	42	7 016
	Šroub se šestihrannou hlavou ISO 4014-M6x16-8.8		336	Zn
	Šestihranná Matice ISO 4032-M6-8		336	Zn
	Podložka ISO 7089-6,4		336	Zn
<b>Propojení rám</b>		1 030 x 250	14	7 016
	Šroub se šestihrannou hlavou ISO 4014-M6x16-8.8		112	Zn
	Šestihranná Matice ISO 4032-M6-8		112	Zn
	Podložka ISO 7089-6,4		112	Zn
<b>Zavětrovací táhlo</b>		200	28	Al
<b>Zavětrovací táhlo</b>		2 280	28	Al
	Šrouby s válcovou hlavou s vnitřním šestihranem DIN 912- M6x20-10.9		42	Zn
	Šestihranná Matice ISO 4032-M6-8		42	Zn
	Podložka ISO 7089-6,4		42	Zn
	Lanový napínák OKO-OKO DIN 1480-M20-200		28	Zn
<b>Podvozek</b>			7	

*Tab. 2.: Pole B*

Název	Komponenty	Základní rozměry [mm]	Kusy	Povrch
<b>Sloup D20</b>		H = 3 997 B = 420	89	
	Stojka	L = 3 995	178	Zn
	Boční propojení	L = 400	623	Zn
	Patky PVC		178	PVC
	Patky Metal		178	Zn
	Šroub se šestihrannou hlavou ISO 4014-M6x40-8.8		178	Zn
	Šestihranná samojistná matice ISO 7040-M6-8		178	Zn
	Podložka ISO 7089-6,4		356	Zn
	Hmoždiny	M8 x 80	10	Zn
	Podložky pod patky METAL	47 x 65	10	Zn
<b>Rám na pneumatiky</b>		1 100 x 400	492	7 016
	Háčky pro police		1 968	Zn
<b>Propojení</b>		290	36	7 016
<b>Propojení s úchyty</b>		290	36	7 016
	Šroub se šestihrannou hlavou ISO 4014-M6x16-8.8		288	Zn
	Šestihranná Matice ISO 4032-M6-8		288	Zn
	Podložka ISO 7089-6,4		288	Zn
<b>Propojení rám</b>		1 130 x 250	12	7 016
	Šroub se šestihrannou hlavou ISO 4014-M6x16-8.8		96	Zn
	Šestihranná Matice ISO 4032-M6-8		96	Zn
	Podložka ISO 7089-6,4		96	Zn
<b>Zavětrovací táhlo</b>		200	24	Al
<b>Zavětrovací táhlo</b>		2 260	24	Al
	Šrouby s válcovou hlavou s vnitřním šestihranem DIN 912- M6x20-10.9		36	Zn
	Šestihranná Matice ISO 4032-M6-8		36	Zn
	Podložka ISO 7089-6,4		36	Zn
	Lanový napínák OKO-OKO DIN 1480-M20-200		24	Zn
<b>Podvozek</b>			6	

*Tab. 3.: Pole C*

Název	Komponenty	Základní rozměry [mm]	Kusy	Povrch
<b>Sloup D20</b>		H = 4 497 B = 420	78	
	Stojka	L = 4 495	156	Zn
	Boční propojení	L = 400	546	Zn
	Patky PVC		156	PVC
	Patky Metal		156	Zn
	Šroub se šestihrannou hlavou ISO 4014-M6x40-8.8		156	Zn
	Šestihranná samojistná matice ISO 7040-M6-8		156	Zn
	Podložka ISO 7089-6,4		312	Zn
	Hmoždiny	M8 x 80	12	Zn
	Podložky pod patky METAL	47 x 65	12	Zn
<b>Rám na pneumatiky</b>		1 300 x 400	315	7 016
	Háčky pro police		1 260	Zn
<b>Propojení</b>		340	22	7 016
<b>Propojení s úchyty</b>		340	36	7 016
	Šroub se šestihrannou hlavou ISO 4014-M6x16-8.8		232	Zn
	Šestihranná Matice ISO 4032-M6-8		232	Zn
	Podložka ISO 7089-6,4		232	Zn
<b>Propojení rám</b>		1 330 x 340	12	7 016
	Šroub se šestihrannou hlavou ISO 4014-M6x16-8.8		96	Zn
	Šestihranná Matice ISO 4032-M6-8		96	Zn
	Podložka ISO 7089-6,4		96	Zn
<b>Zavětrovací táhlo</b>		200	24	Al
<b>Zavětrovací táhlo</b>		2 480	12	Al
<b>Zavětrovací táhlo</b>		1 760	12	
	Šrouby s válcovou hlavou s vnitřním šestihranem DIN 912- M6x20-10.9		36	Zn
	Šestihranná Matice ISO 4032-M6-8		36	Zn
	Podložka ISO 7089-6,4		36	Zn
	Lanový napínák OKO-OKO DIN 1480-M20-200		24	Zn
<b>Podvozek</b>			6	

*Tab. 4.: Pole D*

Název	Komponenty	Základní rozměry [mm]	Kusy	Povrch
<b>Sloup D20</b>		H = 4 497 B = 420	78	
	Stojka	L = 4 495	156	Zn
	Boční propojení	L = 400	546	Zn
	Patky PVC		156	PVC
	Patky Metal		156	Zn
	Šroub se šestihrannou hlavou ISO 4014-M6x40-8.8		156	Zn
	Šestihranná samojistná matice ISO 7040-M6-8		156	Zn
	Podložka ISO 7089-6,4		312	Zn
	Hmoždiny	M8 x 80	12	Zn
	Podložky pod patky METAL	47 x 65	12	Zn
<b>Rám na pneumatiky</b>		1 400 x 400	320	7 016
	Háčky pro police		1 280	Zn
<b>Propojení</b>		380	24	7 016
<b>Propojení s úchyty</b>		380	36	7 016
	Šroub se šestihrannou hlavou ISO 4014-M6x16-8.8		240	Zn
	Šestihranná Matice ISO 4032-M6-8		240	Zn
	Podložka ISO 7089-6,4		240	Zn
<b>Propojení rám</b>		1 430 x 340	12	7 016
	Šroub se šestihrannou hlavou ISO 4014-M6x16-8.8		96	Zn
	Šestihranná Matice ISO 4032-M6-8		96	Zn
	Podložka ISO 7089-6,4		96	Zn
<b>Zavětrovací táhlo</b>		200	24	Al
<b>Zavětrovací táhlo</b>		2 660	12	Al
<b>Zavětrovací táhlo</b>		1 900	12	
	Šrouby s válcovou hlavou s vnitřním šestihranem DIN 912- M6x20-10.9		36	Zn
	Šestihranná Matice ISO 4032-M6-8		36	Zn
	Podložka ISO 7089-6,4		36	Zn
	Lanový napínák OKO-OKO DIN 1480-M20-200		24	Zn
<b>Podvozek</b>			6	



### 3.8. Ekonomický propočet a zhodnocení

V níže uvedené tabulce (tab. 5) jsou cenově určena jednotlivá pole a části pojízdných regálů. Sloupy, které tvoří dvě stojiny, boční propojení, patky a spojovací materiál. Dále zde jsou uvedeny rámy na pneumatiky. Stabilizační prvky, mezi které patří propojení, propojení s úchyty, propojovací rám, zavětrovací táhla a spojovací materiál. V tabulce lze nalézt i cenu za podvozky a kompletní montáž. Nakonec je uvedena celková cena jednotlivých polí. Ceny jednotlivých polí se liší z hlediska kapacity a množství použitého materiálu na stavbu regálů. Množství použitého materiálu je ovlivněno velikostí skladu a pneumatik. V poli A se uskladňují nejmenší pneumatiky, a proto je zde možno uskladnit nejvíce kusů a to 2112 pneumatik. Ovšem největší kapacita zapříčiňuje, že pole A je zároveň nejdražší. V poli B lze uložit 1968 kusů pneumatik. V poli C se uchová nejméně pneumatik a to 1260 kusů, a proto je pole C nejlevnější. V poli D lze naskládat 1280 kusů pneumatik. Cena celého projektu je dána součtem celkové ceny všech polí, která činí 2 840 573,- Kč. Ceny jsou zjišťovány ke květnu 2017. [8]

Nejdražší na celém projektu jsou podvozky, které dohromady stojí 2 086 000,- Kč. Díky těmto podvozkům se zmnohonásobí maximální možná kapacita pro uložení pneumatik. Zákazník díky tomu ušetří na koupi více skladů a má vše přehledně na jednom místě.

Tab. 5.: Náklady na vybavení skladu

	Pole A		Pole B		Pole C		Pole D	
Cena	[Kč/ks]	[Kč]	[Kč/ks]	[Kč]	[Kč/ks]	[Kč]	[Kč/ks]	[Kč]
Sloup	582,-	59 946,-	582,-	51 798,-	518,-	40 404,-	582,-	45 396,-
Rám na pneu	165,-	87 120,-	182,-	89 544,-	215,-	67 725,-	232,-	74 240,-
Stabilizační prvky		9 060,-		8 440,-		5 400,-		5 500,-
Podvozky		584 080,-		500 640,-		500 640,-		500 640,-
Montáž		58 800,-		50 400,-		50 400,-		50 400,-
<b>Celkem</b>		<b>799 006,-</b>		<b>700 822,-</b>		<b>664 569,-</b>		<b>676 176,-</b>

Navržený sklad má následující výhody:

- z hlediska kapacitního je možnost pružného využití jednotlivých polí
- existence regálu pole D umožňuje uskladnění jakéhokoliv typu pneumatik, což zvyšuje schopnost společnosti nabízet skladové služby
- existence regálů polí A, B, C umožňuje specifické využití kapacity pro nejběžnější typy pneumatik

## 4. Závěr

V rámci této bakalářské práce byly navrženy pojízdné regály do skladu určeného pro uskladnění pneumatik. Tento projekt byl zadán firmou PROMAN s.r.o.

V úvodu práce (kap. 2) byla pojednána problematika současného stavu techniky regálových systémů. Podrobně byly popsány paletové regály, policové regály, konzolové regály a všechny jejich varianty.

V konstrukční části (kap. 3) byly řešeny komponenty, které jsou použity v návrhu skladu. Především byla věnována pozornost speciálním rámcům na pneumatiky, u kterých byl dále pak proveden kontrolní výpočet únosnosti a tuhostní analýza. Návrh rámu vyhověl všem požadovaným kritériím. Ohybová deformace trubek, ze kterých je rám vyroben, byla tedy menší než maximální dovolený průhyb. Rovněž ohybové napětí, kterému jsou rámy vystaveny, je menší než dovolené napětí.

Dále byl proveden ekonomický propočet stavby jednotlivých polí skladu. Pole A je ze všech polí nejdražší, ovšem má nejvyšší kapacitu a maximálně využívá daný zástavbový prostor daného pole. Zbylá tři pole vycházejí cenově velice podobně, ovšem liší se svojí kapacitou s ohledem na specifikaci skladovaného materiálu.

Přílohou této práce je výrobní dokumentace, kterou tvoří celkový výkres skladu s rozložením regálů a výkresy jednotlivých použitých regálů.

Byla vyhotovena také detailní výrobní dokumentace, dle které bylo toto řešení následně realizováno v praxi a předáno zadavateli. Zadavatel vyhodnotil řešení jako plně vyhovující všem aspektům zadání. Výsledky této bakalářské práce jsou použitelné pro výběr a realizaci vybavení skladů v podobných společnostech.

## Seznam zkratk a symbolů

RAL – RG 614		<i>Soubor předpisů zpracovaný výrobcí a dodavateli regálových systémů, který stanovuje zásady pro výrobu, instalaci a používání regálových systémů.</i>
ISO 9001		<i>Certifikát prokazující, že společnost má zavedený systém řízení ve shodě s požadavky této normy</i>
ISO 14001		<i>Certifikát prokazující, že systém řízení společnosti v oblasti životního prostředí je ve shodě s požadavky této normy</i>
OHSAS 18001		<i>Certifikát potvrzující, že systém řízení společnosti v oblasti bezpečnosti práce je ve shodě s požadavky této normy</i>
SL 30		<i>Typ stojiny paletového regálu o tloušťce plechu 3 mm</i>
SL 20		<i>Typ stojiny paletového regálu o tloušťce plechu 2 mm</i>
SL 15		<i>Typ stojiny paletového regálu o tloušťce plechu 1,5 mm</i>
$r_A$	[mm]	<i>Vnější průměr pneumatik v poli A</i>
$r_B$	[mm]	<i>Vnější průměr pneumatik v poli B</i>
$r_C$	[mm]	<i>Vnější průměr pneumatik v poli C</i>
$r_D$	[mm]	<i>Vnější průměr pneumatik v poli D</i>
$m$	[kg]	<i>Hmotnost</i>
$g$	[ms <sup>-2</sup> ]	<i>Gravitační zrychlení</i>
$E$	[MPa]	<i>Modul pružnosti v tahu</i>
$k_k$	[1]	<i>Bezpečnost</i>
$W_o$	[mm <sup>3</sup> ]	<i>Modul odporu průřezu v ohybu</i>
$J_z$	[mm <sup>4</sup> ]	<i>Kvadratický moment k ose z</i>
$q_o(x)$	[Nmm <sup>-1</sup> ]	<i>Spojité zatížení</i>
$R_A$	[N]	<i>Reakce v podstavě A</i>
$l$	[mm]	<i>Délka</i>
$M_o(x)$	[Nmm]	<i>Ohybový moment</i>
$M_{o\ max}(x)$	[Nmm]	<i>Maximální ohybový moment</i>
$v'(x)$	[rad]	<i>Natočení</i>
$v(x)$	[mm]	<i>Průhyb</i>
$c_1$	[1]	<i>Integrační konstanta</i>
$c_2$	[1]	<i>Integrační konstanta</i>



$v_{max}$	[mm]	Maximální průhyb
$\sigma_{max}$	[MPa]	Maximální napětí
$\sigma_D$	[MPa]	Dovolené napětí
$\sigma_k$	[MPa]	Napětí na mezi kluzu
$H$	[mm]	Výška sloupu
$B$	[mm]	Hloubka sloupu
$L$	[mm]	Délka
PVC		Polyvinylchlorid
Zn		Zinek
Al		Hliník
7 016		Antracitová šedá

### Seznam použité literatury

- [1] PROMAN s.r.o.. Paletové regály. Katalog. Chrudim, 2015
- [2] PROMAN s.r.o.. Policové regály. Katalog. Chrudim, 2015
- [3] PROMAN s.r.o.. Konzolové regály. Katalog. Chrudim, 2015
- [4] LEINVEBER, Jiří; VÁVRA, Pavel. Strojnické tabulky. Úvaly: Albra, 2011, ISBN 978-80-7361-081-4.
- [5] ŠVEC, V. Části a mechanismy strojů. Spoje a části spojovací. Praha: ČVUT, 2008, ISBN 978-80-01-04138-3
- [6] KUGL, O. Projekt – III. ročník. Vyd. 2. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2005, ISBN 80-01-03205-1
- [7] HÁJEK, E. Pružnost a pevnost I. Praha: ČVUT 1979
- [8] MACÍK, K. Kalkulace a rozpočetnictví. Praha: ČVUT 2008, ISBN 978-80-01-03926-7
- [9] Konstrukční podklady poskytnuté firmou

## Seznam obrázků

Obr. 1.: Logo firmy [9].....	1
Obr. 2.: Paletové regály [9] .....	2
Obr. 3.: Závislost zatížení sloupů na výšce buňky pro různé tloušťky stojin [Autor] .....	3
Obr. 4.: Montáž paletového regálu [Autor] .....	4
Obr. 5.: Řez nosníku, upevnění diagonál [Autor].....	4
Obr. 6.: Podvozek paletových regálů [9].....	5
Obr. 7.: Speciální kolejnice [9] .....	6
Obr. 8.: Úprava pro uskladnění kabelových bubnů [9] .....	7
Obr. 9.: Policové regály [9] .....	8
Obr. 10.: Podvozky policových regálů [Autor] .....	9
Obr. 11.: Policové spádové regály [9] .....	9
Obr. 12.: Vícepatrová konstrukce [Autor] .....	10
Obr. 13.: Rámy na pneumatiky [Autor] .....	10
Obr. 14.: Konzolové regály [9] .....	11
Obr. 15.: Půdorys skladu [Autor] .....	12
Obr. 16.: Model regálu [Autor] .....	13
Obr. 17.: Profil stojiny.....	14
Obr. 18.: Policový rám [Autor].....	14
Obr. 19.: Propojení [Autor].....	15
Obr. 20.: Zavětrovací táhla [Autor].....	15
Obr. 21.: CAD výkres pojízdných regálů v poli A [Autor] .....	16
Obr. 22.: CAD výkres pevných regálů v poli A [Autor] .....	17
Obr. 23.: CAD výkres regálů v poli A [Autor].....	17
Obr. 24.: CAD výkres pro pojízdné regály v poli B [Autor] .....	18
Obr. 25.: CAD výkres pevných regálů v poli B [Autor] .....	19
Obr. 26.: CAD výkres regálů v poli B [Autor].....	19
Obr. 27.: CAD výkres pro pojízdné regály v poli C [Autor] .....	20
Obr. 28.: CAD výkres pevných regálů v poli C [Autor] .....	21
Obr. 29.: CAD výkres regálů v poli C [Autor].....	21
Obr. 30.: CAD výkres pro pojízdné regály v poli D [Autor].....	22
Obr. 31.: CAD výkres pevných regálů v poli D [Autor] .....	23
Obr. 32.: CAD výkres regálů v poli D [Autor] .....	23
Obr. 33.: Výpočtový model [Autor] .....	24





## Seznam tabulek

Tab. 1.: Pole A .....	27
Tab. 2.: Pole B .....	28
Tab. 3.: Pole C .....	29
Tab. 4.: Pole D .....	30
Tab. 5.: Náklady na vybavení skladu .....	31

## Seznam příloh

Příloha 1. výkres	BP-0001-00-01 – Návrh skladu pro uskladnění pneumatik
Příloha 2. výkres	BP-0001-00-02 – Policový regál pole A
Příloha 3. výkres	BP-0001-00-03 – Policový regál pole B
Příloha 4. výkres	BP-0001-00-04 – Policový regál pole C
Příloha 5. výkres	BP-0001-00-05 – Policový regál pole D