



**FAKULTA  
ŠTOJNÍ  
ČVUT V PRAZE**

## **Ústav konstruování a částí strojů**

**Návrh konstrukce svislých vrat**

**Design of Vertical Lift Door**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**2019**

**Martin BAUER**

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

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

**Vedoucí práce:** Ing. Roman Uhlíř, Ph.D.

---



## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Bauer** Jméno: **Martin** Osobní číslo: **465364**  
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**  
Zadávací katedra/ústav: **Ústav konstruování a částí strojů**  
Studijní program: **Teoretický základ strojího inženýrství**  
Studijní obor: **bez oboru**

### II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

**Návrh konstrukce svislých vrat**

Název bakalářské práce anglicky:

**Design of Vertical Lift Door**

Pokyny pro vypracování:

V rámci bakalářské práce vypracujte formou rešerše přehled možných konstrukčních řešení vrat. Na základě takto získaných poznatků navrhnete vlastní řešení konstrukce vrat a rámcově také jejich pohon. Proveďte příslušné návrhové a kontrolní výpočty vybraných částí konstrukce. Vypracujte 3D parametrický model vrat a vytvořte 2D sestavný výkres navržené konstrukce vrat.

Seznam doporučené literatury:

ŠVEC, V. Části a mechanismy strojů. Spoje a části spojovací. Praha: ČVUT, 2008.  
ŠVEC, V. Části a mechanismy strojů. Mechanické převody. Praha: ČVUT, 2003.  
KUGL, O. Projekt - III. ročník. Vyd. 2. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2005.

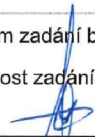
Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:


**Ing. Roman Uhlíř, Ph.D., ústav konstruování a částí strojů FS**


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

Datum zadání bakalářské práce: **19.03.2019** Termín odevzdání bakalářské práce: **10.06.2019**

Platnost zadání bakalářské práce: **12.12.2019**

  
Ing. Roman Uhlíř, Ph.D.  
podpis vedoucí(ho) práce

  
Ing. František Lopot, Ph.D.  
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

  
prof. Ing. Michael Valášek, DrSc.  
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 použitých literatur, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

**25.4.2019**

Datum převzetí zadání

**Bauer**

Podpis studenta



## ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „**Návrh konstrukce svislých vrat**“ vypracoval samostatně za použití literatury a zdrojů uvedených na konci této práce.

V Praze dne .....

.....

Martin Bauer

## PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Romanu Uhlířovi, Ph.D. za pomoc při vypracování této práce a za jeho doplňující poznatky. Dále chci poděkovat své rodině a všem, kteří mě podporovali po celou dobu mého studia.

## ANOTAČNÍ LIST

Jméno autora: Martin BAUER  
Název BP: Návrh konstrukce svislých vrat  
Anglický název: Design of Vertical Lift Door  
Rok: 2019  
Studijní program: B2342 Teoretický základ strojního inženýrství  
Obor studia: 2301R000 Studijní program je bezoborový  
Ústav: Ústav konstruování a částí strojů  
Vedoucí BP: Ing. Roman Uhlíř, Ph.D.  
Konzultant:  
Bibliografické údaje: počet stran 32  
počet obrázků 25  
počet tabulek 2  
počet příloh 1  
Klíčová slova: vrata, svislá vrata, sekční vrata  
Keywords: garage doors, vertical garage doors, sectional garage doors

### Anotace:

Tato bakalářská práce se zaměřuje na návrh konstrukce svislých vrat. Na začátku jsou formou řešerše zpracovány možné typy provedení vrat. V druhé části je popsán vlastní koncepční návrh daných vrat.

### Abstract:

This bachelor thesis focuses on the construction of vertical garage doors. The first part consists of various types of construction based on research. The second part describes my own conceptual design of the garage doors.



## Obsah

Čestné prohlášení .....	III
Poděkování .....	IV
Anotační list .....	V
1. Úvod .....	1
2. Definice a hlavní rozdělení typů vrat .....	2
2.1. Horizontální vrata .....	2
2.2. Svislá vrata .....	3
2.2.1. Sekční (dělená).....	3
2.2.1.1. Ukládání svislé (a) .....	4
2.2.1.2. Ukládání vodorovné (b).....	4
2.2.1.3. Ukládání pod úhlem (c) .....	4
2.2.1.4. V řadě za sebou nebo svislé skládání (d).....	4
2.2.1.5. Vodorovné skládání (e).....	4
2.2.1.6. Vodorovné skládání (f) .....	4
2.2.2. Rolovací (svinovací).....	6
2.2.2.1. S okénky .....	7
2.2.2.2. Se zateplením .....	7
2.2.2.3. Větrací .....	7
2.2.3. Výklopná vrata.....	7
2.3. Materiál .....	8
2.3.1. Dřevo.....	8
2.3.2. Kov .....	8
2.3.3. Laminát.....	9
2.4. Výrobci .....	9
3. Koncepční návrh.....	10
3.1. Sekce.....	10
3.2. Lamela.....	11
3.3. Rám.....	11
3.4. Vedení.....	12
3.5. Závaží .....	13
3.6. Ochrana a bezpečnost.....	15
3.7. Pohon.....	15
4. Výpočet.....	16
4.1. Výpočet pružin.....	16
4.2. Výpočet čepu.....	18
4.2.1. Návrh průměru čep na ohyb .....	18
4.2.2. Ohybové napětí čepu .....	18
4.2.3. Dovolené ohybové napětí čepu.....	18
4.2.4. Smykové napětí čepu .....	19
4.2.5. Dovolené smykové napětí čepu .....	19
4.2.6. Tlak v táhlu .....	19
4.2.7. Dovolенý tlak v táhlu.....	19



4.2.8.	Tlak ve vidlici .....	19
4.2.9.	Dovolený tlak ve vidlici.....	19
4.2.10.	Porovnání .....	19
4.2.11.	Závěrečné zhodnocení.....	20
4.3.	Výpočet svaru .....	20
5.	Závěr.....	22
	Seznam obrázků .....	23
	Seznam tabulek .....	23
	Seznam příloh.....	23
	Seznam použité literatury .....	24
	Seznam zkratk a symbolů .....	25

## 1. Úvod

Vrata a dveře – to jsou prostředky, které denně využívá každý z nás. Ať už se jedná o garážová vrata v domech, průmyslová vrata ve firmách a skladech, vrata v podzemních parkovištích, atd. Havárie automatických vrat a dveří dokážou způsobit velké škody a zdržení. Naopak při jejich bezchybném provozu je zajištěn zvýšený komfort, modernější a klidnější plynulost denního řádu milionů lidí.

Prvním dílčím cílem při vypracování této bakalářské práce je provedení rešerše možných konstrukčních řešení posuvných vrat včetně souvisejících materiálových a technologických problémů.

Hlavním cílem této bakalářské práce je na základě teoretických poznatků shromážděných v rešerši navrhnout nové konstrukční řešení vybraného typu svislých vrat včetně rámcového řešení pohonu. Nový konstrukční návrh obsahuje základní návrhové a kontrolní výpočty vybraných součástí. Návrh je zpracován formou 3D modelu a 2D sestavného výkresu zvoleného provedení svislých vrat.



## 2. Definice a hlavní rozdělení typů vrat

Dle normy ČSN EN 12433-1 [1] lze vrata chápat jako zařízení sloužící pro uzavření otvoru určeného pro průjezd vozidel či průchod osob. Tato norma také rozděluje vrata na 3 hlavní druhy, dle jejich umístění - průmyslová, která se používají v průmyslových objektech a jejich pozemcích, garážová, která se používají v budovách a na přilehlých prostorech sloužících k parkování vozidel a komerční, která jsou užívaná v místech s komerční činností, jako jsou např. obchody, nemocnice atd. Bližší rozdělení výše zmíněných vrat lze zařadit podle jejich konstrukce na:

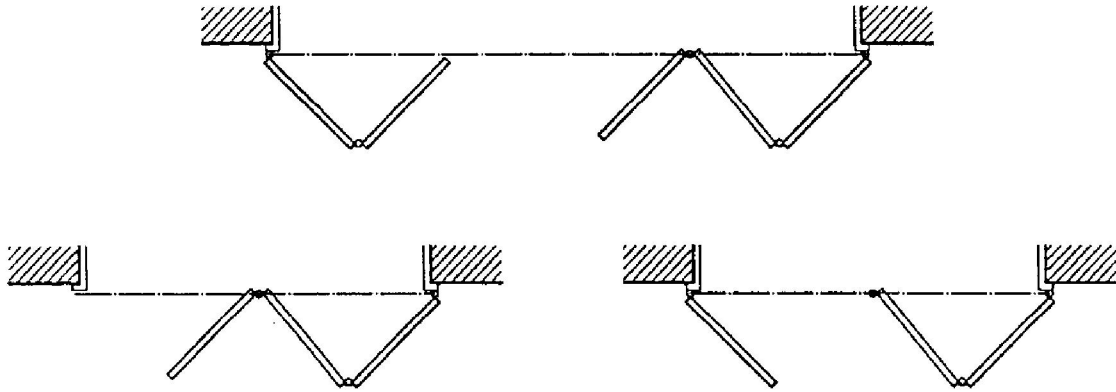
- vrata s otočným křídlem (jednokřídlová, dvojkřídlová),
- kývavá,
- skládací,
- posuvná skládací,
- posuvná (jednokřídlová, protiběžná, teleskopická, nůžková mříž),
- svisle posuvná,
- dělená,
- svinovací (z lamel, svinovací mříž, rychle svinovací),
- vyklápěcí,
- svisle skládací.

Hlavní součástí vrat jsou jejich křídla, podle jejich hlavního směru pohybu se nechá udělat další rozdělení, a to na vrata:

- svislá (vertikální),
- vodorovná (horizontální). [1]

### 2.1. Horizontální vrata

Jsou většinou tvořena menším počtem sekcí než vertikální. Jsou konstrukčně jednodušší, neboť jejich kolejnice jsou až na výjimky tvořeny rovnými lištami. Jejich největší nevýhodou je větší potřeba volného místa do bočního směru, kam se v průběhu otevírání pohybují. Tento prostor lze zmenšit vhodným typem konstrukce, například skládacími vraty. Jsou využívány především u vnějších pojezdových bran, kde není omezení volného bočního místa, a u velmi širokých průmyslových vrat jako např. hangárová vrata, kde se nachází především teleskopická posuvná vrata, která dovolují pokrýt velmi velkou plochu relativně jednoduše a účinně.



*Obr. 1.: Ukázka horizontálních vrat (skládací vrata) [1]*

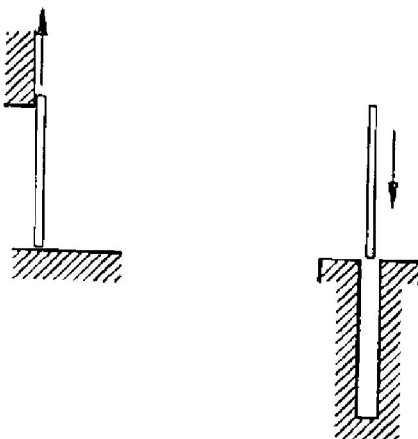
## 2.2. Svislá vrata

Mají křídlo (jedno nebo více), které je možno zvedat, spouštět, vzájemně přitahovat nebo teleskopicky uspořádat ve vertikálním směru. Křídla, která jsou rozdělena na více sekcí, jsou pohybována pomocí koleček vedených v kolejnicích a buď posouvána, nebo navinována. Hlavní výhodou vícečástových křídel je relativně malý potřebný prostor při provozu. Proto jsou využívány zejména u garážových vrat, kde je kladen velký důraz na co největší místo uvnitř garáže.

Jelikož v zadání nebyl definován přesný typ a konstrukce vrat, byla zvolena svislá vrata. Svislá vrata se dělí na 3 hlavní podkupiny.

### 2.2.1. Sekční (dělená)

Tento typ je tvořen z určitého počtu sekcí, navzájem spojených, které se posouvají svisle nahoru nebo dolů. Zájezd při otevření směrem do země se moc nepoužívá jednak z důvodu velkého potřebného prostoru pod vrata a jednak kvůli mezeře, která zde vznikne a která může překážet při průchodu přes otevřená vrata. Je na výběr buď použití torzních pružin umístěných na hřídeli v místě horního okraje vrat, nebo dvojitého tažných pružin vložených do sebe s umístěním v dolní části vedle vrat. Maximální šířka sekčních vrat se



*Obr. 2.: Zájezd svislých vrat [1]*

udává okolo 6000 mm, výška dosahuje nejčastěji max. 3000 mm. Uložení do polohy otevřeno může být provedeno vícero způsobem podle konstrukčního umístění.



*Obr. 3.: Sekční vrata [2]*

#### 2.2.1.1. **Ukládání svislé (a)**

Toto uložení se užívá zejména u hal nebo podobných staveb, kde je dostatek prostoru nad horní výškou vrat a lze je tedy vysunout celá nahoru bez nutnosti navinování nebo skládání. Jsou ze sekčních vrat nejjednodušší.

#### 2.2.1.2. **Ukládání vodorovné (b)**

Využívané hlavně u rodinných domů a garáží, kde není potřebné místo nad vraty, ale naopak je po celé délce stropu. Využívá se zde kolejnič, které jsou ohnuty o 90 stupňů, a dovolují tak změnit směr vedení z vertikálního na horizontální.

#### 2.2.1.3. **Ukládání pod úhlem (c)**

Je kombinací vodorovného uložení. Uplatnění najde především u garáží se šikmým stropem, kde není dostatečný prostor nad vraty a vodorovné uložení by zbytečně zmenšilo volné místo pod stropem, které tak lze využít jinak.

#### 2.2.1.4. **V řadě za sebou nebo svislé skládání (d)**

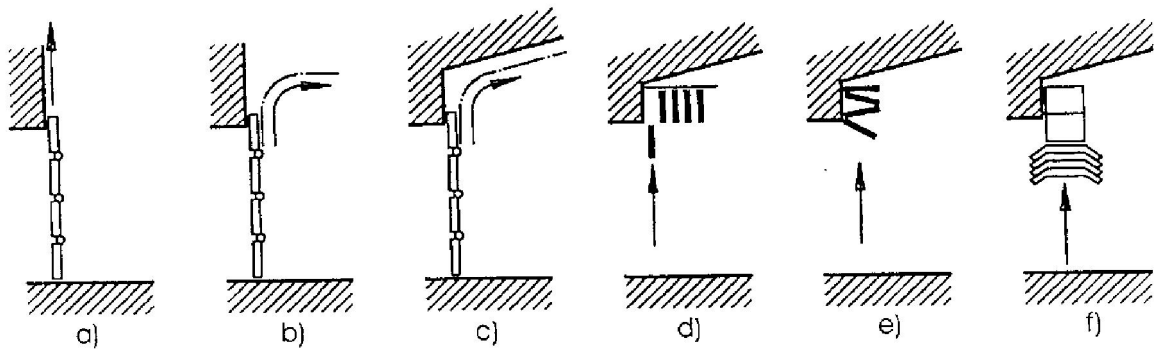
Lamely se rozloží a zasunou za sebe do řady.

#### 2.2.1.5. **Vodorovné skládání (e)**

Při otevírání dveří se jednotlivé lamely skládají vodorovně za sebe.

#### 2.2.1.6. **Vodorovné skládání (f)**

Jiné konstrukční provedení. [1]



*Obr. 4.: Typy uložení sekčních vrat [1]*

Podle plánovaného umístění si lze vybrat buďto z jednotěnných nebo dvojtěnných lamel, tvořících sekce.

Jednotěnné lamely jsou lehčí, cenově dostupnější a výhodnější pro volně stojící garáže, které nejsou napojeny na dům a neslouží jako další průchozí místnost či dílna, a tudíž nepotřebují mít požadovanou tepelnou izolaci.

Dvoustěnné lamely vykazují lepší izolační vlastnosti než jednotěnné, a proto jsou doporučovány do garáží, které jsou přímo spojeny s domem. Jsou tvořeny dvojicí lamel s výplní (např. polyuretanovou sendvičovou), které zajišťují jak lepší odizolování, tak i větší potlačení hluku. Ve speciálních případech lze využít i lamel s přerušným tepelným mostem pro dosažení ještě lepší tepelné izolace, a tím pádem menší energetické náročnosti. U ocelových dvojtěnných vrat obrácených ke slunci se nedoporučují tmavé odstíny, které by mohly způsobit prohnutí lamel a následné poškození vrat.



*Obr. 5.: Lamela [3]*

*Dvoustěnná s přerušným tepelným mostem*  
*Dvoustěnná s izolací*  
*Jednotěnná*

### 2.2.2. Rolovací (svinovací)

Bývají tvořeny z velkého množství vedených prvků, pohybujících se ve vodících lištách. Jsou variantou s nejmenším možným objemem ze všech typů při otevřeném stavu a zároveň potřebují menší náročnost stavby, neboť jsou využity jen kolejnice vedoucí směrem k navíjecímu zařízení. Nejsou tedy potřeba větší stavební úpravy a jednotlivá vrata lze relativně snadno upravovat na míru podle přání zákazníků. Pro svou jednoduchost jsou využívány i pro zabezpečení vchodů či výloh. Lze je montovat před, za nebo přímo do otvoru. Oproti sekčním vratům ale hrozí větší opotřebení jednotlivých lamel, na druhou stranu jsou schopny být instalovány na širší vrata, než sekční typ, a to na vzdálenost až 18 000 mm, při výšce až 10 000 mm. Základní materiál lamel je zejména hliník, lze však použít i polyuretanová pěna (PU), případně pozinkovaná ocel. Udržování v rovině je zajišťováno pomocí závěsných pružin, které zároveň slouží jako zabezpečení proti nadzvednutí vrat. Jednotlivé části mohou mít vyříznuté otvory, vyplněné plastickou hmotou pro lepší prosvícení objektu. Pro venkovní použití a lepší odolnosti proti povětrnostním vlivům je možné použití zavětrovacích háků, které zvýší pevnost konstrukce.



*Obr. 6.: Rolovací vrata s ochranným boxem [4]*

Rolovací vrata mohou být dodávána s ochranným boxem, který je tvořen z hliníkového profilu nebo bez něj. Ochranný box je doporučován pro plánované umístění v náročnějších podmínkách, zejména pro prašné prostředí a pro prostředí s horšími povětrnostními podmínkami. Mohlo by zde snadno docházet k zanášení součástí, postupnému zadírání až k poškození celých vrat. Proto se tato varianta používá ve většině případů. Obal může být umístěn jak z přední, tak i ze zadní strany otvoru a dokonce i uvnitř. Toto umístění se však příliš nepoužívá, kvůli ztrátě průjezdné výšky, a tudíž znehodnocení výhody tohoto uspořádání vrat. Vratový pancíř složený z lamel, vzájemně do sebe zamčených, se navíjí buď na hřídel, nebo na buben. Na stejném principu funguje

i svinovací mříž, používaná jako ochrana výloh a výkladů. Tento hřídel či buben se vkládá do boxu (pro variantu s ochranou) máje jednak funkci izolační, tak zároveň i ochrannou před možným úrazem pohyblivých částí. Lamely lze nalakovat prakticky na jakýkoliv odstín nebo je lze nechat nakaširovat renolitovou fólií pro imitaci struktury přírodních materiálů. Kromě normálních, nijak neupravovaných lamel, se využívají zejména tři druhy speciálních typů. [5]

#### 2.2.2.1. **S okénky**

Po celé délce jsou vyřezané otvory, které lze vyplnit např. polykarbonátem nebo jinou plastickou hmotou. Využívané především pro zesvětlení vnitřního prostoru. Existuje i možnost celých průhledných lamel, je však doporučené omezení jejich počtu, kvůli dostatečné pevnosti celého soustrojí.

#### 2.2.2.2. **Se zateplením**

Díky polyuretanové pěně (PU pěna) jako výplni mají tyto lamely mnohem lepší izolační a zároveň odhlučňovací vlastnosti než ostatní druhy, a jsou tak užívány ke snížení ztrát skrze vrata. Lze je zároveň kombinovat i s jinými typy, např. s výše zmíněnou okénkovou.

#### 2.2.2.3. **Větrací**

Uvnitř lamely jsou vyražené malé štěrby, které umožňují ventilaci vnitřního prostoru. Vzhledem k jejich velikosti a jejich konstrukčnímu provedení skrze ně neprší, nemají ovšem takovou průvzdušnost jako okénkový příklad, ovšem bez polykarbonátové výplně děr, které tak zůstanou bez zakrytí. [6]



*Obr. 7.: Typy lamel [6]*

*S okénky  
Zateplená  
Větrací*

### 2.2.3. **Výklopná vrata**

Skládají se z jednoho křídla, které zabírá celou plochu otvoru. Jsou nejjednodušší, ale zároveň nejhorší na opravu, neboť nelze vyměnit jen část jako u sekčních či rolovacích. Pohyb je tvořen pomocí rovnoramenných pák s vyrovnávacími pružinami, mechanismus je tedy velmi málo hlučný. Jejich největším nedostatkem je nutnost volného prostoru před



nimi, kvůli jejich pohybu při vyklápění. Při nízkých a zároveň širokých rozměrech se může naskytnout problém s překážejícími vodícími drahami vrat. Jelikož jsou z jednoho kusu, jdou do nich snadno zakomponovat samostatné dveře, které slouží k průchodu osob a odpadá tak nutnost otevírání celých vrat. Při montáži vrat do otvoru se kvůli přítomnosti pák zmenšuje průjezdná šířka a nelze ji tak využít celou. Oproti sekčním vratům mají horší tepelně-izolační vlastnosti a utěsnění po celém obvodu. Velmi časté provedení se skládá z ocelového pozinkovaného rámu a na něm přišroubovaných dřevěných lamelách, které mohou být buď v horizontálním, nebo vertikálním směru. Pro případ vnitřních dveří se užívá především vertikální směr pro snazší konstrukci. Udávaná maximální šířka je 3500 mm, výška 3 000 mm. [7]



*Obr. 8.: Výklopná vrata [7]*

## **2.3. Materiál**

### **2.3.1. Dřevo**

Dřevěná vrata se nejčastěji vyrábějí z ušlechtlejších dřev, jako jsou např. severský smrk nebo kanadská tsuga, jelikož tyto druhy lépe vzdorují hnilobě. Oproti kovovým jsou ale výrazně finančně náročnější. Mají výrazně lepší izolační vlastnosti než jednostěnná či dvojtěnná neizolovaná kovová vrata, sendvičové kovové jsou naopak energeticky úspornější. Lze také využívat kompozitní dřevo, jež je vyrobeno z recyklovaných dřevěných vláken. To lépe vzdoruje hnilobě oproti přírodnímu. Tato vrata musí být pravidelně udržována a natírána, aby se prodloužila jejich životnost. Působí jako velmi dobrá hluková izolace.

### **2.3.2. Kov**

Nejčastějším materiálem vrat je kov, zejména ocel, která se pozinkovává kvůli korozi. Tato vrata jsou cenově dostupná, nenáročná na údržbu a dostupná v téměř každém stylu. Mohou být natřena v texturách představující dřevo, a kombinovat tak vlastnosti oceli a vzhled masivu. Ocel je však špatný izolant tepla, a proto se většinou

využívá sendvičového provedení s výplní PU pěny pro zlepšení tohoto nedostatku. I když je pevná, špatně vzdoruje nárazům a mohou lehce vznikat škrábance, či malé promáčkliny. Dalším užívaným materiálem je hliník, popřípadě jeho kombinace se sklem, jenž má podobné vlastnosti jako ocel, velmi dlouhou životnost, ale je mnohem náchylnější na tvoření promáčklín, např. od míčků. Vzhledem k jeho hmotnosti nachází použití u velmi širokých vrat. Lze buď využít čistý válcovaný hliník, nebo s ochranným nástřikem.

### 2.3.3. Laminát

Laminát je kompozitní materiál tvořený několika vrstvami skelné tkaniny lisovanými za vyšších teplot a impregnovaných pryskyřicí. Poskytuje lepší odolnost proti promáčklinám než úzký ocelový plech. Je velmi lehký, ale špatný izolátor a vlivem slunečního záření může snadno vyblednout. Jeho hlavní předností je jeho odolnost vůči korozi slanou vodou, které podléhají dřevěná a ocelová vrata. Proto je nejvíce využíván v pobřežních lokalitách, kde je tato koncentrace nejvyšší. Nevýhodou laminátu je jeho křehkost.[5], [8]

## 2.4. Výrobci

Mezi nejznámější výrobce vrat patří bezpochyby německá značka Hörmann, která se zabývá vratovými systémy všech výše zmíněných typů. Mimo jiné se věnuje i dalším druhům vrat a bran, jako například pojezdových bran či dveří. Z českých zástupců v tomto odvětví je nejznámější a nejvíce využívanou firmou Lomax. Z dalších zástupců můžeme zmínit firmu Minirol, která se zaměřuje především na rolovací typ vrat. Tito výrobci dodávají s vraty i jejich pohon a zároveň provádějí montáž přímo u zákazníka, pokud je tak vyžadováno. Lze však pořídit tato vrata i bez montáže a dopravy a následně si je svépomocí nainstalovat. Tato varianta je samozřejmě levnější v porovnání s první, může být ovšem problémem s případnou reklamací produktu. Nejlevnějším typem jsou výklopná vrata, která lze pořídit již okolo 10 000 Kč. Sekční a rolovací vrata mají větší cenové rozpětí, zde záleží především na výbavě, vzhledu a použitých materiálech. Sekční vrata se cenově pohybují většinou v rozmezí od 15 do 45 tisíc Kč. Rolovací vrata mohou být ještě dražší než sekční, i více než 50 tisíc Kč. Cena samostatného pohonu se pohybuje okolo 10 tisíc korun. [3], [4]



### 3. Koncepční návrh

Dle zadání a provedené rešerše byla zvolena varianta vertikálních sekčních vrat s provedením do garáže rodinného domu, čemuž byly přizpůsobeny rozměry a konstrukční provedení. S ohledem na největší možnou průjezdnou šířku je využito provedení, kdy kolejnice jsou umístěny za otvorem a sekce tak vyplňuje celý prostor. Není tedy žádná ztráta šířky kvůli vedení. To umožnilo dosáhnout průjezdnou šířku 3000 mm a možnou výšku až 2450 mm, což stačí pro normální osobní auta i například pro SUV či jiná podobná vozidla. Jelikož garáž bude zároveň sloužit i jako dílna, jsou zvoleny zateplené lamely pro lepší tepelnou a hlukovou izolaci. Materiál lamel byl vybrán kov, přesněji pozinkovaná ocel. Tento výběr byl proveden k nenáročné údržbě a dlouhé životnosti.

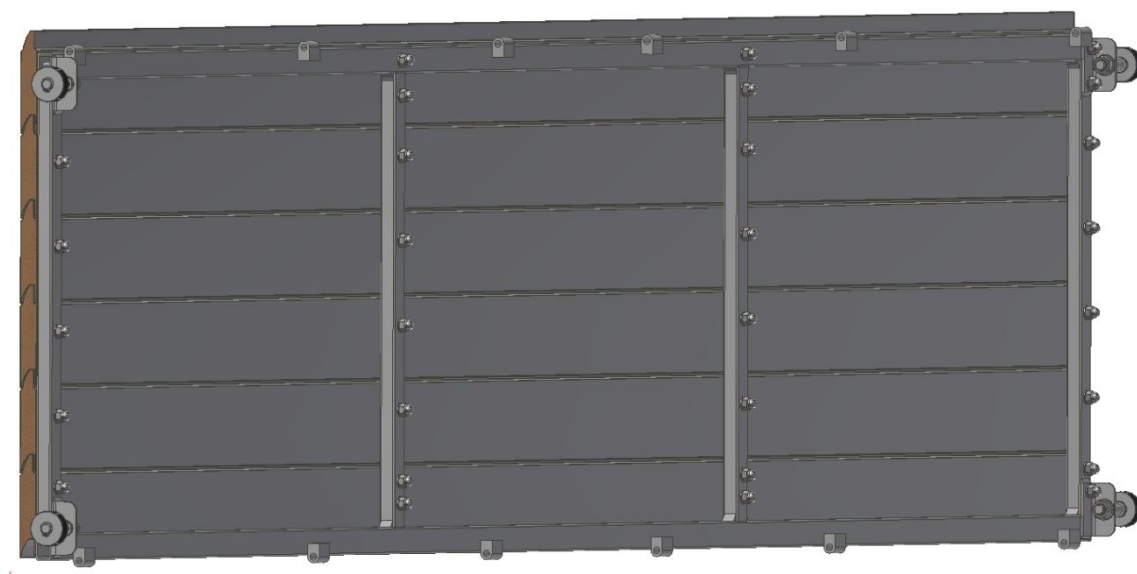
Jako hlavní části vrat budou rozlišeny a blíže popsány sekce, lamela, rám, vedení a protizávaží. Dále bude zmíněn pohon a bezpečnostní prvky.

Zvolená varianta svislých vrat je vytvořena ze 4 stejných sekcí, vzájemně spolu spojených a uspořádaných do řady za sebou.

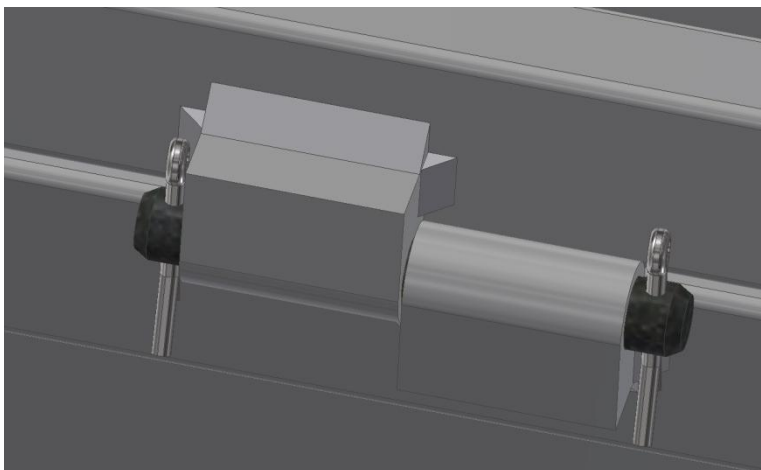
#### 3.1. Sekce

Sekce je uspořádána z 6-ti lamel, které jsou díky jejich konstrukčnímu provedení zasazeny do sebe a pomocí vratových šroubů M8 jsou přišroubovány k rámu. Matice jsou použity uzavřené, z důvodu lepší ochrany proti znečištění a zároveň kvůli větší bezpečnosti při manipulaci. Nejnižší sekce má na její spodní straně připevněnu gumovou součást, která má funkci ochranné vrstvy před dosednutím lamely na zem a inhibitoru případného poškození při nečistotě na podlaze pod sekcí, kde by hrozilo promáčknutí či odření rámu a lamely. Zároveň slouží jako zábrana proti možnému protékání vody.

Jednotlivé sekce jsou spolu spojeny pomocí čepů se závlačkami.



Obr. 9.: Sekce [autor]



*Obr. 10.: Detail připojení čepu [autor]*

Pro zvolené uspořádání bylo navrženo 6 čepů otáčejících se v přivařených úchytech na hraně každé sekce. Zvolené čepy jsou navrženy tak, aby byly dostatečné velikosti, a tedy vyhovovaly provoznímu zatížení.

### **3.2. Lamela**

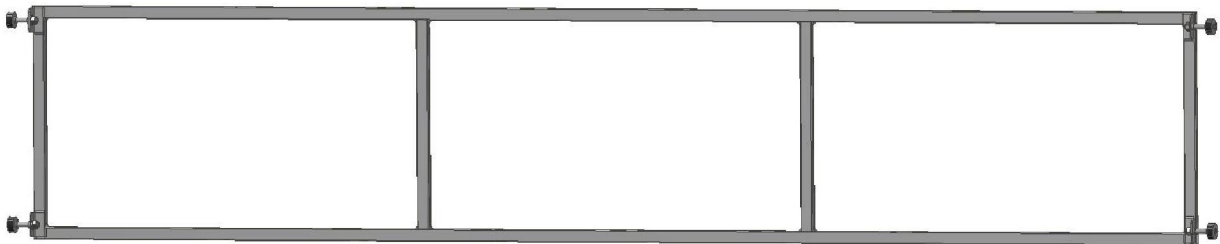
Vnější povrch lamely je tvořen z ocelového plechu o tloušťce 0,5 mm. Tato tloušťka byla zvolena kvůli dostatečné tuhosti celého dílu a zároveň relativně nízké hmotnosti. Vnitřní část je vyplněna polyuretanovou (PU) pěnou, která zajišťuje funkci tepelné a zvukové izolace. V lamelách jsou vyřezány čtvercové díry pro lepší zasazení vratových šroubů. Vnější ocelový plášť je zároveň pozinkován pro zvýšení korozivzdornosti, a tím pádem je zajištěna delší životnost celých vrat.



*Obr. 11.: Lamela [autor]*

### **3.3. Rám**

Rám je tvořen z ocelových obdélníkových profilů 30x18x2 mm (dříve ČSN 42 6936), které jsou k sobě spojeny a přivařeny na potřebné vzdálenosti dle konstrukčního návrhu. Každá sekce má svůj nosný rám. Ten je vybaven čtyřmi pojezdovými kolečky, spojenými prostřednictvím úchytu, který je připevněn pomocí svarů. Kolečko je vytvořeno z ocelového válečku opatřeného gumovým potažením. Tímto provedením je dosaženo nižší hlučnosti při otevírání a zavírání.

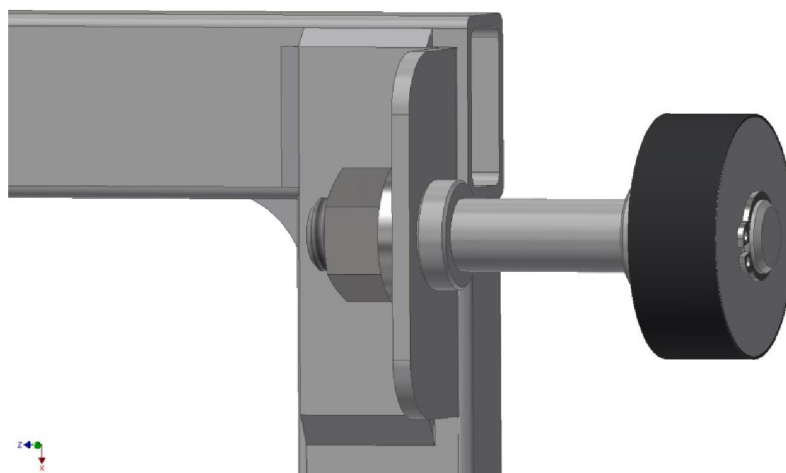


*Obr. 12.: Rám [autor]*

Kolečko je upevněno z jedné strany osazením, z vnější strany pomocí vnějšího pojistného kroužku pro hřídel (Segerův kroužek). Osa kolečka je v úchytu upevněna opět osazením a pomocí závitu připevněna podložkou a maticí s metrickým závitem M14.

### 3.4. Vedení

Vedení je provedeno pomocí 4 kolejnic, 2 spodních a 2 horních, ve kterých se pohybují kolečka připevněná k rámu. V horních se posunují pouze 2 horní kolečka nejvyšší sekce, kvůli dojezdu do svislé pozice při zavření vrat. Konstrukce profilu je uzpůsobena tak, aby zabránila případnému sklouznutí kolečka z pojezdové plochy. Kolejnice jsou



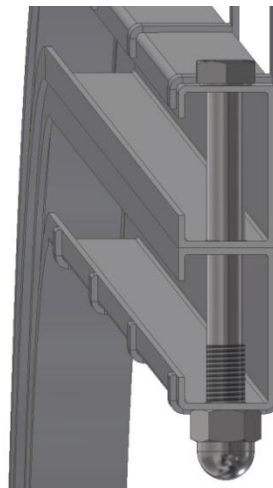
*Obr. 13.: Upevnění kolečka k rámu [autor]*

připevněny do čelní zdi pomocí 5 úchytů na každé straně. Dalších 8 úchytů (souměrně rozdělených) je použito k následnému přišroubování do stropu. Tyto úchyty zároveň díky svému provedení udržují horní a dolní kolejnici v pevné pozici vůči sobě. Vedení umístěné

při stropu je dostatečně dlouhé, aby mohla celá vrata vyjet do horizontální polohy, a bylo tak dosaženo co největší průjezdné výšky. Na konci kolejnic je umístěna bezpečnostní zarážka, bez jejíž demontáže nelze vrata vyjmout.



*Obr. 14.: Vedení [autor]*

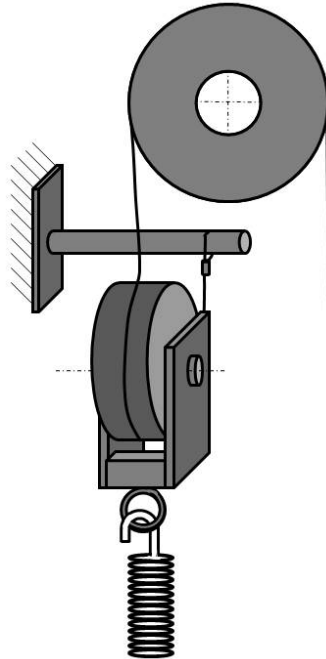


*Obr. 15.: Detail profilu kolejnic [autor]*

### **3.5. Závaží**

Jako protizávaží je využito soustavy pružin, kde na každé straně vrat je jedna tažná pružina. Spodní část je upevněna do úchyty, přichycenému k vedení. Horní část je natažena pomocí ocelového lanka přes soustavu dvou kladek k pevnému úchyty do zdi. Využití pružin zároveň pomáhá při tlumení rázů, vznikajících při otevírání a zavírání vrat. Pružiny jsou kvůli bezpečnosti umístěny v ochranném krytu, který je umístěn z vnější

strany kolejnic. Po konzultaci s vedoucím práce bylo protizávaží vyřešeno jen schematicky. Spodní část ocelového lanka je spojena s hřídelem, na kterém je nasazeno kolečko od rámu. Vzhledem k hmotnosti vrat bylo zvoleno jednopramenné ocelové lano 1x19 vinuté klasickým způsobem o průměru 2 mm dle normy 02 4302 (dříve ČSN EN 12385-4) s povrchovou úpravou typu B (pozinkování). Detailní informace o laně jsou uvedeny



Obr. 16.: Schema uložení protizávaží [autor]

v následující tabulce.

Tab. 1.: Technické parametry ocelového lana [9]

Norma	02 4302 (dříve ČSN EN 12385-4)
Povrchová úprava	B (pozinkování)
Průměr lana $d_{\text{lano}}$	2 mm
Třída pevnosti lana $R^r$	1270 N/mm <sup>2</sup>
Empirický koeficient $K^1$	0,526
Koeficient délkové hmotnosti $W^1$	0,495

Z výše uvedených parametrů můžeme vypočítat minimální sílu při přetržení

$$F_{\min} = \frac{K^1 \cdot d_{\text{lano}}^2 \cdot R^r}{1000} = \frac{0,526 \cdot 2^2 \cdot 1270}{1000} = 2,672 \text{ kN} \quad (1)$$

A dále jmenovitou délkovou hmotnost vyjádřenou v kg/100 m, [10]

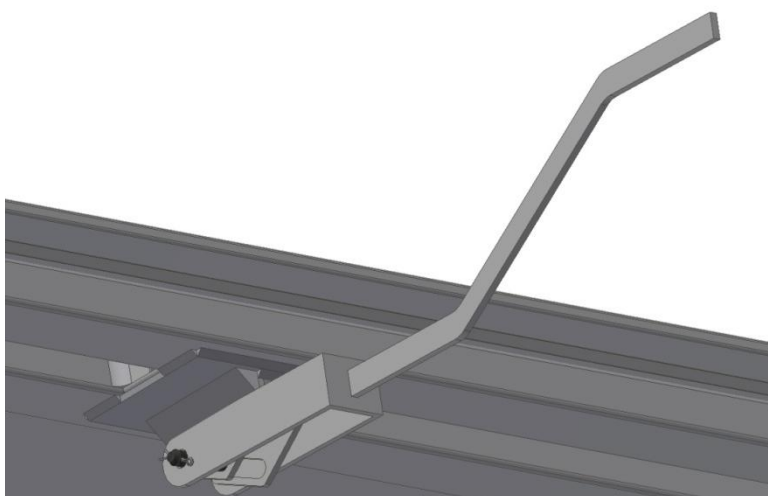
$$M = W^1 \cdot d_{\text{lano}}^2 = 0,495 \cdot 2^2 = 1,98 \text{ kg/100 m} \quad (2)$$

### 3.6. Ochrana a bezpečnost

Jelikož se jedná o garážová vrata rodinného domu, tak z hlediska ochrany nejsou vyžadovány ochranné prvky, jako by byly u např. průmyslových či komerčních vrat (zvuková výstraha, bezpečnostní sloupky, světelná závora, signální světla).

### 3.7. Pohon

Pro připojení k pohonu je na vrchní sekci přivařen úchyt s drážkou. V té se pohybuje čep se závlačkou, držící druhou součást, a to rameno páky. Páka je díky čepu rotačně i posuvně pohyblivá. V drážce je vložena pružina pro tlumení rázů a pozvolnější posuv čepu. Toto provedení dovoluje jednoduché spojení s řetězovým převodem, vycházejícím od pohonu.



*Obr. 17.: Páka na spojení s pohonem [autor]*

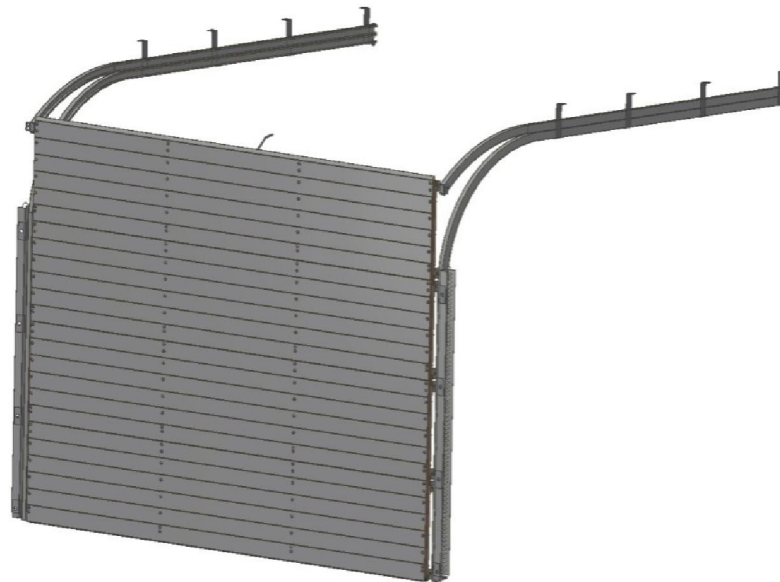
Jako pohon byl zvolen již předpřipravený od firmy Hörmann, který je přimontován na strop doprostřed mezi kolejnice, a to do určité vzdálenosti, dle délky potřebného řetězu. Řetězový převod je veden ve vedení taktéž připevněnému na stropě, na jehož konci je obtočen kolem řetězového kola, jež je kvůli ochraně umístěno v ochranném boxu. Box je pevně uchycen do čelní zdi. Páka je napojena na středového jezdce, který je spojen s řetězem. Na jezdcí je také šroub s pružinou pro dotahnutí a celkové vypnutí převodu. Na řetězu jsou také umístěny dva koncové snímače, jeden pro otevírání a druhý pro zavírání vrat, které po dojezdu do boxu motoru zastaví motor, a tedy celkový pohyb.



*Obr. 18.: Pohon SupraMatic E od výrobce Hörmann [11]*



Obr. 19.: Otevřená vrata [autor]



Obr. 20.: Zavřená vrata [autor]

## 4. Výpočet

### 4.1. Výpočet pružin

Pro výpočet pružin byl použit generátor pro pružiny v programu Autodesk Inventor. Dle zvoleného konstrukčního provedení je využito principu jednoduchého kladkostroje s jednou kladkou pevnou a druhou volnou. Díky tomuto uspořádání stačí zvedat jen poloviční silou, zároveň však musíme zvedat dvojnásobnou výšku. Celková soustava vrat obsahující všechny sekce a k nim potřebné komponenty má hmotnost 150 kg. Z toho můžeme vyvodit potřebnou sílu, kterou musíme zvedat těleso. Výsledek ještě pronásobíme součinitelem  $\mu$ , který v sobě obsahuje třecí ztráty a pasivní odpory. Koeficient volíme jako 5 % z potřebné síly  $F$ , kterou vypočteme dle vzorce

$$F = m \cdot g = 150 \cdot 9,81 = 1471,5 \text{ N} \quad (3)$$

$$F_{celk} = F \cdot \mu = m \cdot g \cdot \mu = 150 \cdot 9,81 \cdot 1,05 = 1545,075 \text{ N} \quad (4)$$

V předchozím odstavci byla vysvětlena konstrukce kladek, a tedy můžeme přepočítat novou sílu, která bude potřebná jako

$$F_{nová} = \frac{F_{celk}}{2} \quad (5)$$

Tato síla by byla potřebná v případě pouze jedné pružiny. Naše uspořádání však obsahuje pružiny dvě a proto můžeme tuto novou sílu znovu podělit dvěma a vyjádřit

$$F_{pružina} = \frac{F_{nová}}{2} = \frac{F_{celk}}{4} = 386,27 \text{ N} \quad (6)$$

Výsledkem je síla, kterou musí tahat každá z pružin. Z bezpečnostních důvodů bylo toto zatížení navýšeno na 400 N, neboť při rozjezdu je potřeba větší síly. Takto vypočtená pružina by byla relativně v rovnováze s gravitační silou působící na vrata, a stačil by tedy pro provoz pohon s nižším výkonem. Při pohybu však vznikají cukání a rázy, proto z důvodu bezpečnosti volíme výkonnější pohon, jelikož tyto skutečnosti by mohly méně dimenzovaný pohon lehko zničit. Byl zvolen garážový pohon SupraMatic E od výrobce Hörmann, jež vyhovuje svými parametry požadovaným hodnotám.

Tab. 2.: Detailní informace o pohonu [12]

Výrobce	Hörmann
Typ	SupraMatic E
Cykly za den / hodinu	25 / 10
Tažná a tlačná síla	650 N
Maximální síla	800 N
Otvírací rychlost max.	22 cm/s
Šířka vrat max.	5500 mm
Plocha vrat max.	13,75 m <sup>2</sup>
Typ motoru	24 V stejnosměrný převodovkový
Síťová přípojka	230 - 240 V
Příkon	0,2 kW
Standby režim	< 1 W
Rozsah teplot	-20 °C až +60 °C

Vzhledem k zadané hodnotě otevírací rychlosti můžeme vypočítat celkovou dobu otevírání či zavírání vrat, jelikož známe obě potřebné hodnoty, a to vzdálenost (s) a rychlost (v).

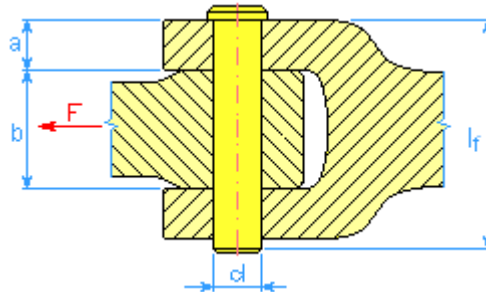
$$t_{celk} = \frac{s}{v} = \frac{2,4}{0,22} = 10,9 \text{ s} \quad (7)$$

Výsledný čas nám vyšel 10,9 sekundy, což je relativně přijatelný a reálný výsledek a v praxi využitelný.



Vzhledem k potřebnému příkonu 0,2 kW se tento motor řadí k výkonostně slabším, a tím pádem je z ekologického pohledu přívětivější k životnímu prostředí. Tato skutečnost může být kladným bodem při výběru vrat.

## 4.2. Výpočet čepu



Obr. 21.: Schema spojení pomocí čepu

Je využito válcového čepu bez hlavy s vyvrtanými otvory pro závlačky na jeho koncích. Výhoda tohoto uspořádání tkví ve snadné rozebiratelnosti pro případnou výměnu.

Pro výpočet a následné kontroly čepu byly použity rovnice (8) - (21). Výsledky byly poté porovnány s generátorem čepů programu Autodesk Inventor.

Provozní součinitel  $K_s$  byl zvolen pro míjivé zatížení jako 0,25. Jako materiál byla zvolena ocel 11 500, která má dovolené napětí v ohybu  $\sigma = 110 \text{ N/mm}^2$  a dovolené smykové napětí  $\tau = 70 \text{ N/mm}^2$ . Maximální povolený tlak v táhle a vidlici  $p = 80 \text{ N/mm}^2$ . Vzhledem k počtu čepů (6) byla síla vynásobena jednou šestinou.

### 4.2.1. Návrh průměru čepu na ohyb

$$\sigma_o = \frac{M_{o_{max}}}{W_o} = \frac{F_{celk} \cdot \left(a + \frac{b}{2}\right)}{\frac{\pi \cdot d_{min}^3}{32}} \leq \sigma_{Do} \quad (8)$$

$$d_{min} \geq \sqrt[3]{\frac{32 \cdot F_{celk} \cdot \frac{1}{6} \left(a + \frac{b}{2}\right)}{\pi \cdot \sigma_{Do}}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 257,5125 \cdot (15 + 15)}{\pi \cdot 110}} = 8,94 \text{ mm} \quad (9)$$

volba  $d = 10 \text{ mm}$

### 4.2.2. Ohybové napětí čepu

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{4 \cdot F_{celk} \cdot \frac{1}{6} \cdot (b + 2 \cdot a)}{\pi \cdot d^3} = \frac{4 \cdot 257,5125 \cdot (30 + 2 \cdot 15)}{\pi \cdot 10^3} = 19,673 \text{ MPa} \quad (10)$$

### 4.2.3. Dovolené ohybové napětí čepu

$$\sigma_{Do} = K_s \cdot \sigma = 0,25 \cdot 110 = 27,5 \text{ MPa} \quad (11)$$

$$\sigma_o = 19,673 \text{ MPa} < 27,5 \text{ MPa} = \sigma_{Do} \quad (12)$$

Výsledné ohybové napětí je menší než dovolené – čep vyhovuje.

#### 4.2.4. Smykové napětí čepu

$$\tau = \frac{2 \cdot F_{celk} \cdot \frac{1}{6}}{\pi \cdot d^2} = \frac{2 \cdot 257,5125}{\pi \cdot 10^2} = 1,639 \text{ MPa} \quad (13)$$

#### 4.2.5. Dovolené smykové napětí čepu

$$\tau_{Do} = K_s \cdot \tau = 0,25 \cdot 70 = 17,5 \text{ MPa} \quad (14)$$

$$\tau = 1,639 \text{ MPa} < 17,5 \text{ MPa} = \tau_{Do} \quad (15)$$

Výsledné smykové napětí je menší než dovolené – čep vyhovuje.

#### 4.2.6. Tlak v táhlu

$$p_1 = \frac{F_{celk} \cdot \frac{1}{6}}{d \cdot b} = \frac{257,5125}{10 \cdot 30} = 0,858 \text{ MPa} \quad (16)$$

#### 4.2.7. Dovolený tlak v táhlu

$$p_D = K_s \cdot p = 0,25 \cdot 80 = 20 \text{ MPa} \quad (17)$$

$$p_1 = 0,858 \text{ MPa} < 20 \text{ MPa} = p_D \quad (18)$$

Výsledný maximální tlak v táhlu je menší než dovolený – vyhovuje.

#### 4.2.8. Tlak ve vidlici

$$p_2 = \frac{F_{celk} \cdot \frac{1}{6}}{2 \cdot d \cdot a} = \frac{257,5125}{2 \cdot 10 \cdot 15} = 0,858 \text{ MPa} \quad (19)$$

#### 4.2.9. Dovolený tlak ve vidlici

$$p_D = K_s \cdot p = 0,25 \cdot 80 = 20 \text{ MPa} \quad (20)$$

$$p_2 = 0,858 \text{ MPa} < 20 \text{ MPa} = p_D \quad (21)$$

Výsledný maximální tlak ve vidlici je menší než dovolený – vyhovuje. [13],[14],[15]

The screenshot shows the Autodesk Inventor software interface for a pin and fork joint calculation. The input fields are as follows:

- Typ výpočtu pevnosti:** Kontrolní výpočet
- Zatížení:** Síla F = 257,5125
- Rozměry:** Průměr kolíku d = 10, Délka kolíku l = 75, Šířka vidlice a = 15,000 mm, Šířka táhla b = 30
- Vlastnosti spoje:** Provozní součinitel K<sub>s</sub> = 0,25 ul, Požadovaná bezpečnost S<sub>v</sub> = 1,000 ul
- Materiál kolíku:** Ocel 11 500; 5D, Dovolené napětí v ohybu σ<sub>BA</sub> = 110,000 MPa, Dovolené smykové napětí τ<sub>A</sub> = 70,000 MPa
- Materiál vidlice:** Ocel na odlitky, Dovolený tlak p<sub>A</sub> = 80,000 MPa
- Materiál táhla:** Ocel na odlitky, Dovolený tlak p<sub>A</sub> = 80,000 MPa

The results table on the right is as follows:

Výsledky	
l <sub>f</sub>	75,000 mm
d <sub>min</sub>	8,944 mm
<b>Kolík</b>	
S	1,398 ul
τ <sub>c</sub>	1,639 MPa
τ <sub>Ared</sub>	17,500 MPa
σ <sub>Bc</sub>	19,673 MPa
σ <sub>BAred</sub>	27,500 MPa
<b>Vidlice</b>	
S	23,300 ul
P <sub>c</sub>	0,858 MPa
P <sub>Ared</sub>	20,000 MPa
<b>Táhlo</b>	
S	23,300 ul
P <sub>c</sub>	0,858 MPa
P <sub>Ared</sub>	20,000 MPa

A technical drawing of the pin and fork joint is shown in the center, with dimensions d, l, a, b, and cl labeled.

Obr. 22.: Výsledky z programu Autodesk Inventor

#### 4.2.10. Porovnání

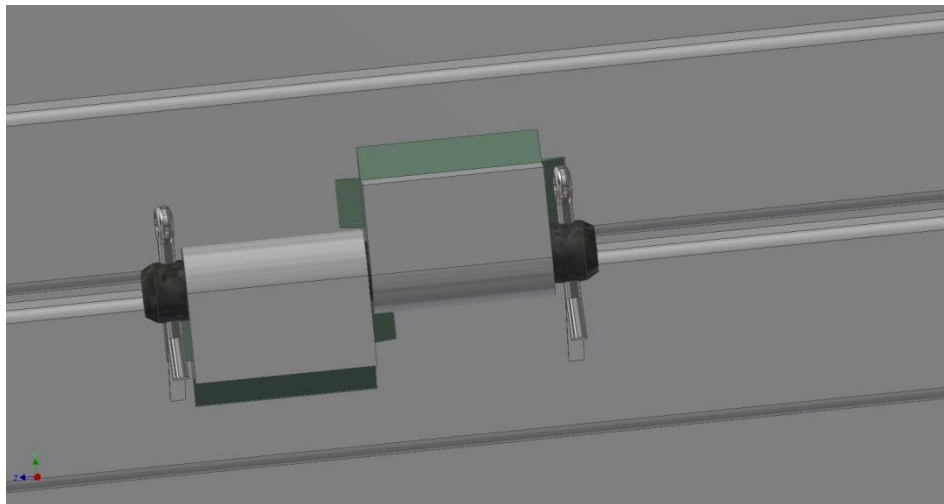
Výše vypočtené hodnoty se shodují s hodnotami z programu Autodesk Inventor.

#### 4.2.11. Závěrečné zhodnocení

Na základě provedených kontrol čepu může být konstatováno, že navržený čep vyhověl všem kontrolám. Byl zvolen čep DIN EN 22340-B-10x75 s úchytkami děr H13, délkovými h11 (ČEP 10x75x3,2x66 DIN EN 22340-B). Jmenovitý průměr závlačky se rovná jmenovitému průměru díry pro závlačku. Vybrané závlačky jsou tedy ČSN 02 1781.00 - 3,2x22. [16], [17]

#### 4.3. Výpočet svaru

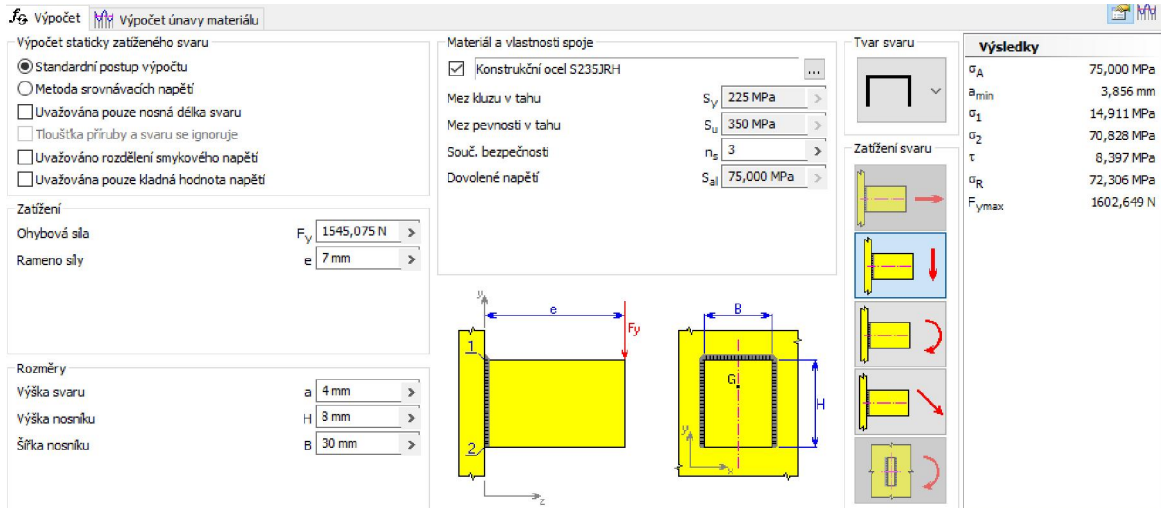
Pro kontrolu svaru byl využit návrhový modul pro výpočet svarů aplikace Autodesk Inventor. Výpočet provádíme na místě spojení dvou sekcí, tedy v úchytu čepu. Úchyt je připevněn prostorovým koutovým svarem z boku a z vrchní strany. Stejné uspořádání svarů je i na spodní straně druhého úchytu. Svar má hodnoty  $a = 5 \text{ mm}$  a  $l_{sv} = 30 \text{ mm}$ .



*Obr. 23.: Detailní pohled na svary [autor]*

Při návrhu počítáme s celkovou silou působící na vrata. Jelikož úchyty i lamely jsou vyrobeny z materiálu S235 JRH, je zaručena dobrá svařitelnost obou částí. Vrchní svar je proveden po celé délce úchytu, boční jsou zkrácené z důvodu většího potřebného prostoru pro čepy a závlačky. Součinitel bezpečnosti volíme 3 z důvodu rázů.

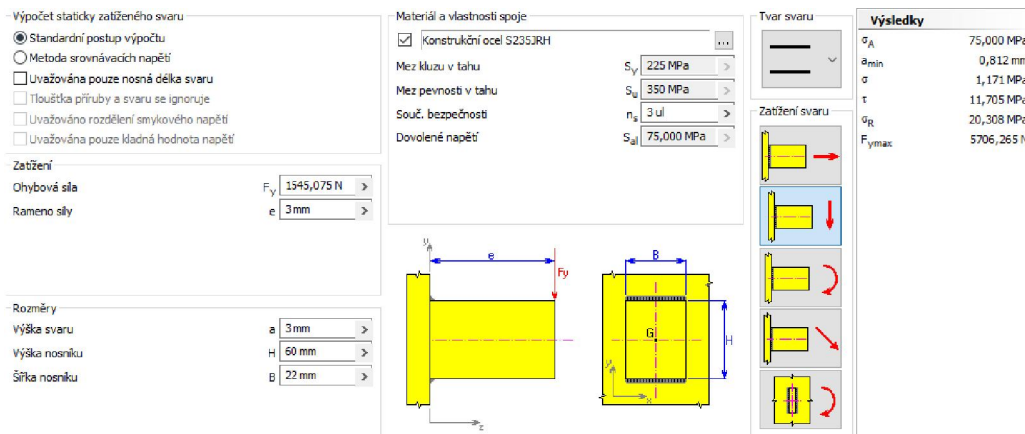
Z návrhového výpočtu vidíme, že navržený svar o velikosti  $a = 4 \text{ mm}$  a příslušných délkách vyhovuje vypočtené hodnotě výšky svaru, která vyšla 3,856 mm. Normálové napětí v horním svaru  $\sigma_1$  i v dolním svaru  $\sigma_2$  vyhovuje maximálnímu povolenému napětí. Smykové napětí taktéž vyhovuje předepsaným podmínkám, redukované napětí, jež je složeno z těchto složek, také vyhovuje maximálnímu dovolenému napětí.



Obr. 24.: Výsledná napětí ve svaru

Druhý kontrovaný svarový spoj je úchyt kolečka k rámu. Zde jsou 2 svary o velikosti 3 mm, které jsou na horním a spodním okraji příruby. Přídavný boční svar je jen z důvodu větší pevnosti a zamezení posunu do strany. Součinitel bezpečnosti volíme opět 3.

$$\tau = \frac{F}{2 \cdot a_{sv} \cdot l_{sv}} = \frac{1545,075}{2 \cdot 3 \cdot 22} = 11,705 \text{ Mpa} \quad (22)$$



Obr. 25.: Výsledky výpočtu svaru

Vypočtené smykové napětí  $\tau$  vyšlo stejně jako z programu. Redukované napětí ve svaru vyšlo menší než dovolené, tedy svar vyhovuje. Celkově je svar předimenzován, ale z důvodu rázů a chvění je ponechán svar o velikosti  $a = 3\text{ mm}$  a délce  $22\text{ mm}$ . [16], [17]

## 5. Závěr

Všechny vytyčené cíle této bakalářské práce byly splněny.

V první části byla vypracována rešerše týkající se možných řešení vrat, a to jak horizontálních, tak vertikálních. Dále byla podrobněji popsána svislá vrata a jejich hlavní rozdělení podle počtu a druhu sekcí. Následně bylo zmíněno ukládání jednotlivých lamel a jejich vybrané speciální konstrukční provedení. V další části rešerše byly zmíněny hlavní používané materiály, jejich hlavní přednosti a nevýhody.

Stěžejním cílem byl návrh nové konstrukce svislých vrat určených pro garáž rodinného domu. Bylo zvoleno konstrukční provedení svislých sekčních vrat s horizontálním uložením sekcí, pro co největší možnou průjezdnou výšku a šířku. Dalším bodem bylo dosažení co nejjednoduššího provedení pro instalaci svépomocí. Dále byly blíže popsány hlavní části zvolené konstrukce a rámcově také pohon k pohybu celých vrat. Následně byl zvolen materiál, kterým je ocel s žárovým pozinkováním. V závěru byly provedeny kontrolní výpočty dvou svarových spojů a dále kontrola čepového spojení.

Jelikož pohon je kupován od firmy Hörmann, lze z ekonomické stránky ušetřit pouze na vratech samotných a jejich následné montáži. Samostatný pohon SupraMatic E stojí 8 tisíc Kč. Dalšími kupovanými součástmi jsou všechny použité druhy šroubů, matic a ostatních spojovacích materiálů. Výsledná cena by teoreticky měla být nižší než celková cena od výrobců, nelze ji však přímo vyčíslit, kvůli neznalosti cen jednotlivých součástí.

Hlavní výhodou konstruovaných vrat je jejich jednoduchost instalace, při které není potřeba žádného odborného personálu. Instalace by měla být lehko zvládnutelná ve dvojici lidí, kvůli lepší manipulaci se sekcemi a jejich následným nasunutím do kolejnic.

Možnou nevýhodou by mohla být porucha vrat a jejich následná oprava, při které by se vlastník nemohl obrátit na výrobce, jelikož vrata nejsou z jejich katalogů.

Na závěr byl zkonstruován 3D model svislých vrat, ze kterého byl poté vytvořen finální 2D sestavný výkres.

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1.: Ukázka horizontálních vrat (skládací vrata) [1] .....	3
Obr. 2.: Zájezd svislých vrat [1].....	3
Obr. 3.: Sekční vrata [2] .....	4
Obr. 4.: Typy uložení sekčních vrat [1] .....	5
Obr. 5.: Lamela [3] .....	5
Obr. 6.: Rolovací vrata s ochranným boxem [4] .....	6
Obr. 7.: Typy lamel [6] .....	7
Obr. 8.: Výklopná vrata [7] .....	8
Obr. 9.: Sekce [autor].....	10
Obr. 10.: Detail připojení čepu [autor] .....	11
Obr. 11.: Lamela [autor] .....	11
Obr. 12.: Rám [autor].....	12
Obr. 13.: Upevnění kolečka k rámu [autor] .....	12
Obr. 14.: Vedení [autor].....	13
Obr. 15.: Detail profilu kolejnic [autor] .....	13
Obr. 16.: Schema uložení protizávaží [autor] .....	14
Obr. 17.: Páka na spojení s pohonem [autor].....	15
Obr. 18.: Pohon SupraMatic E od výrobce Hörmann [11] .....	15
Obr. 19.: Otevřená vrata [autor].....	16
Obr. 20.: Zavřená vrata [autor].....	16
Obr. 21.: Schema spojení pomocí čepu .....	18
Obr. 22.: Výsledky z programu Autodesk Inventor .....	19
Obr. 23.: Detailní pohled na svary [autor] .....	20
Obr. 24.: Výsledná napětí ve svaru .....	21
Obr. 25.: Výsledky výpočtu svaru .....	21

## SEZNAM TABULEK

Tab. 1.: Technické parametry ocelového lana [9].....	14
Tab. 2.: Detailní informace o pohonu [12].....	17

## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1: Výkres sestavy vrat

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Norma ČSN EN 12433-1 [online]. [cit. 2019-04-25]. Dostupné z: <https://www.nlnorm.cz/terminologicky-slovník/11065#id-11065>
- [2] Hörmann garážová vrata [online]. [cit. 2019-04-25]. Dostupné z: <https://www.hormann.cz/novostavby-a-rekonstrukce/garazova-vrata/>
- [3] Sekční garážová vrata [online]. [cit. 2019-04-28]. Dostupné z: <https://www.hormann.cz/fileadmin/country/kataloge/pdf/Sectional-Garage-Doors-86912-CS.pdf>
- [4] Garážová vrata na míru [online]. [cit. 2019-04-27]. Dostupné z: <http://www.minirol.cz/vrata/garazova-vrata>
- [5] Garage doors-Overhead doors [online]. [cit. 2019-04-27]. Dostupné z: <https://www.overheaddoor.com/>
- [6] LOMAX Rolovací garážová vrata [online]. [cit. 2019-04-25]. Dostupné z: <https://www.lomax.cz/rolovaci-garazova-vrata>
- [7] Výklopná vrata [online]. [cit. 2019-04-30]. Dostupné z: <https://www.montego.cz/vrata/vyklopna-vrata/>
- [8] Choosing the best garage door material [online]. [cit. 2019-05-6]. Dostupné z: <https://www.thespruce.com/choosing-best-garage-door-material-1398071>
- [9] Ocelová lana Vamberk [online]. [cit. 2019-06-15]. Dostupné z: <http://www.lana-vamberk.cz/ocelova-lana.htm>
- [10] Výpočet ocelového lana [online]. [cit. 2019-06-16]. Dostupné z: <http://www.lana-vamberk.cz/katalog/ocelova-lana-jednoprarmenna/jednoprarmennne-ocelove-lano-1x19.htm>
- [11] Online garage door spares [online]. [cit. 2019-07-30]. Dostupné z: <https://www.onlinegaragedoorspares.com/product/hormann-supramatic-e-bisecur-series-3-with-k-boom/>
- [12] Garagen und Einfahrstor Antriebe [online]. [cit. 2019-06-13]. Dostupné z: <https://www.hormann.cz/fileadmin/country/kataloge/pdf/85945-Garagen-und-Einfahrtstor-Antriebe-CS.pdf>
- [13] Čepové a kolíkové spoje [online]. [cit. 2019-06-15]. Dostupné z: <http://www.mitcalc.com/doc/pins/help/cz/pinstxt.htm>
- [14] DRASTÍK, František. *Strojnické tabulky pro konstrukci i dílnu*. 2. dopl. vyd. Ostrava: Montanex, 1999. ISBN 80-85780-95-X. Tabulky
- [15] LEINVEBER, Jan. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 5. upr. vyd. Úvaly: Albra, 2011. ISBN 978-80-7361-081-4. Tabulky
- [16] BOLEK, Alfréd a Josef KOCHMAN. *Části strojů*. 1. svazek. 5. přeprac. vyd. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1989. Česká matice technická, č. spisu 349. ISBN 80-03-00046-7
- [17] ŠVEC, Vladimír. *Části a mechanismy strojů : spoje a části spojovací*. Vyd. 3. V Praze: České vysoké učení technické, 2008. 170 s. ISBN 978-80-01-04138-3 · il

**SEZNAM ZKRATEK A SYMBOLŮ**

$F_{\min}$	[N]	min. síla potřebná k přetržení lana
$M$	[kg/100m]	jmenovitá délková hmotnost
$m$	[kg]	hmotnost vrat
$g$	[m.s <sup>-2</sup> ]	tíhové zrychlení
$F_{\text{pružina}}$	[N]	potřebná síla vyvozená pružinou
$\mu$	[1]	koeficient odporů
$F_{\text{celk}}$	[N]	síla potřebná na zvednutí vrat
$F_{\text{nová}}$	[N]	síla pro zdvih vrat přes kladky
$t_{\text{celk}}$	[s]	doba výsunu vrat
$s$	[m]	vzdálenost výsunu vrat
$v$	[m.s <sup>-1</sup> ]	rychlost výsunu vrat
$R^r$	[N.mm <sup>-2</sup> ]	třída pevnosti
$K^1$	[1]	emp. koeficient min. síly přetržení
$W^1$	[1]	koeficient délkové hmotnosti
$M_{\text{omax}}$	[N.mm]	maximální ohybový moment
$W_o$	[mm <sup>3</sup> ]	modul průřezu v ohybu
$d$	[mm]	průměr čepu
$a$	[mm]	šířka táhla
$b$	[mm]	šířka vidlice
$\sigma_o$	[N.mm <sup>-2</sup> ]	ohybové napětí
$\sigma_{Do}$	[N.mm <sup>-2</sup> ]	dovolené ohybové napětí
$d_{\min}$	[mm]	minimální průměr čepu
$\tau$	[N.mm <sup>-2</sup> ]	smykové napětí
$\tau_{Do}$	[N.mm <sup>-2</sup> ]	dovolené smykové napětí
$K_s$	[1]	bezpečnostní koeficient
$p_D$	[Pa]	dovolený tlak
$p_1$	[Pa]	tlak v táhlu
$p_2$	[Pa]	tlak ve vidlici
$a_{sv}$	[mm]	výška svaru
$l_{sv}$	[mm]	délka svaru