



**FAKULTA  
STROJNÍ  
ČVUT V PRAZE**

## **Ústav konstruování a částí strojů**

**Návrh svislých garážových vrat**

**Design of vertical garage doors**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**2022**

**Adam NAGEL**

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

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

**Vedoucí práce:** Ing. Zdeněk Češpíro, Ph.D.

## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Nagel** Jméno: **Adam** Osobní číslo: **492399**  
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**  
Zadávací 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 svislých garážových vrat**

Název bakalářské práce anglicky:

**Design of vertical garage doors**

Pokyny pro vypracování:

Navrhněte konstrukci otevíracího mechanismu svislých vrat. Vytvořte model vrat, navrhněte napojení vrat na pohon, vytvořte pohon a pro důležité části proveďte pevnostní kontrolu.

Seznam doporučené literatury:

Švec, V.: Části a mechanismy strojů – Spojce a části spojovací. ČVUT Praha, 1997  
Švec, V.: Části a mechanismy strojů – Mechanické převody. ČVUT Praha, 1999  
Jančík, L., Zýma, J.: Části a mechanismy strojů. ČVUT Praha 2004

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

**Ing. Zdeněk Češpiro, Ph.D. ústav konstruování a částí strojů FS**

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

\_\_\_\_\_

Datum zadání bakalářské práce: **06.04.2022** Termín odevzdání bakalářské práce: **03.06.2022**

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

\_\_\_\_\_  
Ing. Zdeněk Češpiro, Ph.D.  
podpis vedoucí(ho) práce

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

\_\_\_\_\_  
doc. Ing. Miroslav Španiel, C.Sc.  
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.

\_\_\_\_\_  
Datum převzetí zadání

\_\_\_\_\_  
Podpis studenta

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Návrh svislých garážových vrat“ vypracoval samostatně pod vedením Ing. Zdeňka Češpíra, Ph.D., s použitím literatury uvedené na konci mé bakalářské práce v seznamu použité literatury.

V Praze .....

Adam Nagel

.....

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval Ing. Zdeňkovi Češírovi, Ph.D. za vedení bakalářské práce, konzultace a cenné připomínky. Dále bych chtěl poděkovat rodině a přátelům za podporu při studiu.

## Anotační list

Jméno autora:	Adam Nagel
Název BP:	Návrh svislých garážových vrat
Anglický název:	Design of vertical garage doors
Rok:	2022
Studijní program:	B2342 Teoretický základ strojního inženýrství
Obor studia:	2301R000 Studijní program je bezoborový
Ústav:	Ústav konstruování a částí strojů
Vedoucí BP:	Ing. Zdeněk Češpíro, Ph.D.
Bibliografické údaje:	počet stran 46 počet obrázků 29 počet tabulek 6 počet příloh 3
Klíčová slova:	garážová vrata, sekční vrata, vyvážení vrat
Keywords:	garage doors, sectional doors, door balance
Anotace:	Tématem bakalářské práce je konstrukční návrh svislých garážových vrat. Teoretická část je věnována základnímu rozdělení garážových vrat. V praktické části je proveden samotný návrh otevíracího mechanismu a systému vyvážení vrat. Pro důležité prvky se provádějí kontrolní pevnostní výpočty.
Abstract:	The topic of the bachelor thesis is the design of vertical garage door. The theoretical part is devoted to the basic division of the garage doors. In the practical part, the design of the opening mechanism and the door balancing system is carried out. Control strength calculations are performed for important elements.

## Obsah

1. Seznam zkratk a symbolů .....	1
2. Úvod .....	4
3. Definice a základní rozdělení typů vrat .....	5
3.1. Typy garážových vrat.....	5
3.1.1. Křídlová vrata .....	5
3.1.2. Výklopná vrata .....	6
3.1.3. Posuvná vrata .....	7
3.1.4. Rolovací vrata .....	7
3.1.5. Sekční garážová vrata .....	8
3.1.5.1. Sekce.....	9
3.1.5.2. Tepelně izolační vlastnosti.....	9
3.2. Materiály.....	10
3.2.1. Ocel .....	10
3.2.2. Dřevo.....	10
3.2.3. Laminát .....	11
3.3. Specifikace .....	11
3.3.1. Integrované dveře .....	11
3.3.2. Prosklené sekce .....	11
4. Návrh vrat .....	12
4.1. Garážové lamely .....	12
4.2. Kování .....	14
4.3. Vyvážení vrat .....	14
4.3.1. Návrh pružiny .....	15
4.3.2. Kontrolní výpočty pružiny.....	17
4.3.3. Uchycení pružin .....	20
4.3.4. Ocelové lano.....	22
4.4. Pohon .....	22
4.5. Mechanismus otevírání vrat .....	24
4.5.1. Návrh ozubeného řemene .....	24
4.5.2. Řemenice a řemen .....	28
4.6. Spojení křídla vrat s pohonem .....	29
4.7. Údržba .....	32

<b>5. Kontrolní pevnostní výpočty vybraných částí.....</b>	<b>33</b>
<b>5.1. Kontrola čepu kladky .....</b>	<b>33</b>
<b>5.1.1. Kontrola čepu na smyk (střih) .....</b>	<b>33</b>
<b>5.1.2. Kontrola ohybové napětí v čepu.....</b>	<b>33</b>
<b>5.1.3. Kontrola otlačení: čep – vidlice .....</b>	<b>34</b>
<b>5.1.4. Kontrola otlačení: čep – táhlo.....</b>	<b>34</b>
<b>5.2. Kontrola táhla .....</b>	<b>34</b>
<b>6. Závěr .....</b>	<b>36</b>
<b>7. Seznam použité literatury.....</b>	<b>37</b>
<b>8. Seznam obrázků.....</b>	<b>38</b>
<b>9. Seznam tabulek.....</b>	<b>39</b>
<b>10. Seznam příloh .....</b>	<b>39</b>

## 1.1. Seznam zkratk a symbolů

$a$	[ $mm$ ]	Délkový rozměr
$A$	[ $mm$ ]	Vzdálenost os řemenic
$A_p$	[ $mm$ ]	Průřez drátu pružiny
$A_T$	[ $mm^2$ ]	Průřez táhla
$b$	[ $mm$ ]	Délkový rozměr
$b_f$	[ $mm$ ]	Šířka ozubeného řemene
$c$	[ $mm$ ]	Rameno ohybového momentu na čepu
$c_0$	[-]	Celkový provozní faktor
$c_1$	[-]	Bezpečnostní faktor
$c_2$	[-]	Činitel zrychlení
$d$	[ $mm$ ]	Průměr drátu pružiny
$d_l$	[ $mm$ ]	Jmenovitý průměr ocelového lana
$d_T$	[ $mm$ ]	Průměr táhla
$D$	[ $mm$ ]	Střední průměr pružiny
$D_p$	[ $mm$ ]	Průměr ozubené řemenice
$F$	[ $N$ ]	Síla
$F_g$	[ $N$ ]	Tíhová síla vrat
$F_{min}$	[ $N$ ]	Minimální síla potřebná k přetržení ocelového lana
$F_p$	[ $N$ ]	Požadovaná síla v pružině
$F_{TV}$	[ $N$ ]	Napínací síla řemene
$F_U$	[ $N$ ]	Obvodová síla řemene
$F_1$	[ $N$ ]	Minimální pracovní zatížení pružiny
$F_8$	[ $N$ ]	Maximální pracovní zatížení pružiny



$F_9$	[N]	Mezní zatížení pružiny
$i$	[-]	Převodový poměr ozubeného řemene
$g$	[m/s <sup>2</sup> ]	Gravitační zrychlení
$G$	[N/mm <sup>2</sup> ]	Modul pružnosti ve smyku
$h$	[m]	Výška garážových vrat
$H$	[mm]	Požadovaný pracovní zdvih pružiny
$k$	[-]	Bezpečnost
$K$	[-]	empirický koeficient pro minimální sílu při přetržení lana
$l$	[m]	Šířka garážových vrat
$L_r$	[mm]	Přibližná délka ozubeného řemene
$L_0$	[mm]	Volná délka pružiny
$L_1$	[mm]	Délka předpružené pružiny
$L_8$	[mm]	Délka plně zatížené pružiny
$L_9$	[mm]	Mezní délka pružiny
$m$	[kg]	Hmotnost vratového křídla
$M_K$	[N · m]	Kroutící moment
$M_o$	[N · m]	Ohybový moment
$M_{omax}$	[N · m]	Maximální ohybový moment
$M_{spec}$	[Ncm/cm]	Specifický kroutící moment
$M_{VK}$	[N · m <sup>2</sup> ]	Hmotnost vratového křídla na čtverečný metr
$n$	[-]	Počet závitů pružiny
$n_p$	[min <sup>-1</sup> ]	Otáčky pohonu
$p_D$	[MPa]	Dovolený tlak
$p_1$	[MPa]	Tlak ve vidlici



$p_2$	[MPa]	Tlak v táhlu
$P$	[W]	Výkon motoru
$P_{spec}$	[W/cm]	Specifický výkon
$r$	[mm]	Střední poloměr pružiny
$R_e$	[N/mm <sup>2</sup> ]	Mez kluzu
$R_m$	[N/mm <sup>2</sup> ]	Mez pevnosti v tahu
$R_r$	[N/mm <sup>2</sup> ]	Pevnost lana
$s_1$	[mm]	Deformace předpružené pružiny
$s_8$	[mm]	Deformace plně zatížené pružiny
$s_9$	[mm]	Mezní deformace pružiny
$S$	[m <sup>2</sup> ]	Plocha vrat
$S_S$	[mm <sup>2</sup> ]	Střižná plocha
$t$	[mm]	Rozteč
$v$	[m/s]	Rychlost otevírání vrat
$W_K$	[mm <sup>3</sup> ]	Modul průřezu v krutu
$z_e$	[-]	Počet zubů v záběru řemenového převodu
$z_k$	[-]	Počet zubů řemenice
$\beta$	[°]	Úhlová souřadnice
$\gamma$	[°]	Úhel opásání řemenice
$\sigma$	[N/mm <sup>2</sup> ]	Vypočtené napětí
$\sigma_D$	[N/mm <sup>2</sup> ]	Dovolené napětí
$\tau_D$	[N/mm <sup>2</sup> ]	Dovolené napětí v krutu
$\tau_K$	[N/mm <sup>2</sup> ]	Vypočtené napětí v krutu
$\omega$	[s <sup>-1</sup> ]	Úhlová rychlost

## 2. Úvod

Parkování je věčné téma, nejen obyvatelé velkých měst se v této době potýkají s nedostatkem parkovacích míst, v některých případech dochází k problémům s parkovacími místy dokonce i v menších městech. Tyto problémy s parkováním jsou vyvolány stále se zvyšujícím počtem vozidel na silnicích. Většina lidí proto upřednostňuje parkování v garážích, aby se vyhnuli každodenním problémům s nalezením parkovacího místa v okolí bydliště. Dalším významným důvodem pro umístění vozidla v garáži je ochrana před přírodními živly, jako např. kroupy, sníh nebo vítr a zároveň jsou vozidla v bezpečí před zloději či vandaly, kteří by mohli vozidlo poničit.

Nezbytnou součástí každé garáže jsou garážová vrata sloužící k uzavření prostoru, který je určen pro průjezd vozidel a průchod osob. V dnešní době je stále větší poptávka po vratech s elektrickým pohonem a dálkovým ovládním.

Cílem této práce je udělat průzkum trhu a zjistit jaká garážová vrata je možné pořídit a jaké jsou možnosti použití jednotlivých typů, včetně jejich výhod, nevýhod a případných úskalí. Dále pak dle rešerše vybrat vhodné řešení svislých vrat pro garáž rodinného domu.

V této práci se zaměřím na návrh svislých garážových vrat. V práci bude řešen systém vyvážení vrat, uchycení vrat k pohonu a konstrukce otevíracího mechanismu. Návrh bude zpracován formou 3D modelu a pro vybrané části budou provedeny kontrolní pevnostní výpočty.

### 3. Definice a základní rozdělení typů vrat

Vrata jsou zařízení, určené pro uzavření otvoru, který je určen pro průjezd vozidel a průchod osob.

#### 3.1. Typy garážových vrat

Garážová vrata můžeme rozdělit na 5 základních typů

- Sekční vrata
- Rolovací vrata
- Výklopná vrata
- Křídlová vrata
- Posuvná vrata

##### 3.1.1. Křídlová vrata

Křídlová vrata jsou svým použitím asi nejstarší používaná vrata a dnes už jsou pro svou konstrukci opomíjená a na ústupu. I přesto se s nimi v dnešní době velmi hojně setkáváme. Křídlová vrata se obvykle skládají ze dvou stejných křídel otevíraných směrem ven z garáže. Je tedy nutné mít před garáží dostatek místa na jejich otevření. Nejsou vhodná u garáží navazující přímo na chodník, jelikož by mohlo dojít k ohrožení chodců při otevírání zevnitř. Je také nutné zabránit samovolnému pohybu vrat při otevření, především při silnějším větru. Nejčastěji se využívá tyče připevněné k vratům, která se při otevření vsune do otvoru v zemi. Hlavní výhodou křídlových vrat je nízká cena, snadná konstrukce a také nezabírají žádné místo v garáži. Nejčastěji používanými materiály jsou různé druhy dřeva nebo plech. Vrata jsou většinou masivní a bytelná. Převážně se otevírají ručně, ale mohou být poháněna i elektromotorem. [1] [2]



*obr. 1.: Křídlová vrata [2]*

### **3.1.2. Výklopná vrata**

Tato vrata tvoří jedno křídlo, které se při otevírání vyklápí směrem pod strop. Nejčastěji jsou vedeny ve vodících drahách a snižují tak výšku garáže. Dají se montovat do otvoru garáže, kde ovšem zúží průjezdnou šířku, nebo až za otvor, kde zůstane zachována původní šířka vrat. Zabírají poměrně velký prostor před garáží, jelikož se otevírají směrem ven. U ručního otevírání jsou ke dveřím přichyceny pružiny nebo protizávaží, aby bylo jednodušší jejich otevření. V dnešní době už je čím dál častější pořízení výklopných vrat s elektrickým pohonem a dálkovým ovládním. Nejčastějším materiálem je pozinkovaný plech. [1] [3]



*obr. 2.: Výklopná vrata [3]*

### 3.1.3. Posuvná vrata

Vrata se otevírají podél vnitřní boční stěny a nezabírají žádný prostor před garáží. Nesnižují průjezdnou výšku otvoru a umožňují využít prostor pod stropem garáže. Skládají se ze 4 a více vertikálních sekcí, které jsou zavěšené na pojezdové kolejnici umístěné v horní části vrat. Posuvná vrata nabízí snadný průchod garáží, protože je stačí otevřít jen na šířku postavy. Rám vrat je ve spodní části utěsněn gumovým těsněním nebo kartáčem, aby se zvýšil tepelný komfort garáže a snížila se prašnost. Posuvný pohyb do stran pro uzavření otvoru se velmi často využívá u venkovních bran např. při vjezdu na pozemek. [1] [2]



*obr. 3.: Posuvná vrata [4]*

### 3.1.4. Rolovací vrata

Rolovací vrata se skládají až z několika desítek lamel a při otevírání garáže jsou rolována na buben umístěný nad vraty. Jsou prostorově méně náročnější než vrata sekční a nesnižují výšku garáže. Při otevření garáže se lamely rolují na buben umístěný v hliníkovém boxu, který je většinou uvnitř garáže, ale je možné ho umístit i ven. Při umístění bubnu venku je ale nutné znemožnit nouzové otevření vrat nezvaným hostům. Při navíjení se na sebe jednotlivé lamely pokládají a může tak dojít k poškrábání povrchu. Rolovací vrata nejsou příliš bytelná a odolná vnějším vlivům, jako je například silný vítr. Nejsou určena pro vysoká provozní zatížení a jsou vhodná především pro uzavření jednoho garážové stání. Jsou poměrně hlučná a jejich tepelná izolace je horší v porovnání s ostatními typy vrat. Jejich výhodou je poměrně snadná montáž, jelikož se navíjí na buben, který je umístěn těsně nad vraty. Lamely jsou nejčastěji vyrobeny z hliníku, laminátu nebo z oceli. Při jejich poškození stačí pouze vysunout poškozenou lamelu a vyměnit ji za novou.

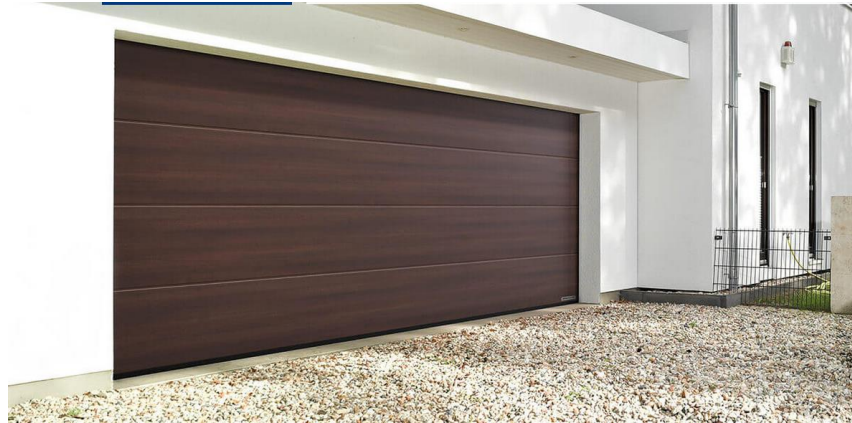
Nesnižují ani nezužují průjezd otvorem a nezabírají místo před garáží. Ruční ovládání vrat je možné, ale poměrně nepohodlné a nepraktické, proto se nejčastěji setkáme s elektrickým pohonem. Rolovací vrata se také často využívají k uzavření a zabezpečení prosklených výloh a vchodů. [1] [3]



*obr. 4.: Rolovací vrata [4]*

### **3.1.5. Sekční garážová vrata**

Sekční garážová vrata se skládají většinou ze 4 a více sekčních panelů, které jsou spojeny panty a vysouvají se ve svislém směru. Vrata se otevírají pod strop a nezabírají žádné místo po bocích garáže ani před ní. Průjezd garážovým otvorem není zúžen a průjezdná výška otvoru také není snížena. Vrata se při otevírání a zavírání pohybují po vodících kolejničích (tzv. kováním). Vedení jednotlivých sekcí v kolejnici je uskutečněno pomocí nylonového kolečka s kuličkovým ložiskem. Spoje mezi jednotlivými sekcemi jsou tvarovány tak, aby nemohlo dojít ke skřípnutí prstů a také se mezi jednotlivými sekcemi nachází gumové těsnění, aby došlo k úplnému utěsnění otvoru, pokud jsou vrata zavřená. Dále jsou vrata zajištěna brzdou proti samovolnému pádu, který by mohl nastat při poruše nebo výpadku elektrického proudu.



*obr. 5.: Sekční vrata [2]*

Sekční garážová vrata mají výbornou tepelnou izolaci a jsou vhodná k uzavření vytápěných garáží nebo dílen. Jednotlivé sekce mohou být vyrobeny z hliníku nebo dřeva, ale nejčastějším materiálem jsou panely z pozinkované oceli, které jsou vyplněny polyuretanovou pěnou. Tloušťka těchto lamel se pohybuje mezi 40-60 mm, díky tomu jsou vrata poměrně pevná a dobře odolná vůči povětrnostním vlivům. [1] [2]

### 3.1.5.1. Sekce

Sekce je sendvičový panel tvořený dvěma válcovanými ocelovými plechy, mezi kterými je jako výplň použita polyuretanová pěna. Na svrchní vrstvu plechu je nanesen lak. Jednotlivé vrstvy jsou zobrazeny na obrázku (obr. 6). [5]



*obr. 6.: Vrstvy lamely [5]*

### 3.1.5.2. Tepelně izolační vlastnosti

Důležitým parametrem, především u garáží vytápěných nebo přímo sousedících s domem, je také tepelná izolace. Ta je zajištěna břitovým těsněním mezi jednotlivými lamelami a vhodným podlahovým těsněním, které vyrovná nerovnosti podlahy.



Pro zajištění lepších tepelně izolačních vlastností je přerušen tepelný most jednotlivých sekcí polyuretanovou pěnou, čímž docílíme rozdílných teplot vnitřního a venkovního plechu sekce, a nedochází tak k ochlazování nebo přehřívání prostoru garáže. Tato vlastnost s sebou ale přináší jedno negativum, které může vézt k prohýbání nebo až k poškození jednotlivých sekcí. Je tím délková teplotní roztažnost, kdy je při letních dnech v důsledku slunečního záření vnější část plechu násobně teplejší než ta vnitřní a lamela má tendenci se prohýbat až o jednotky centimetrů. Parametry ovlivňující průhyb jsou šířka vrat, vnější barva (čím tmavší, tím bude větší průhyb) a orientace vrat. Takže abychom eliminovali průhyb je vhodné zvolit světlejší odstín barvy, široká vrata rozdělit na dvoje užší nebo použít speciální typ kování, které eliminuje průhyb, ale může dojít k netěsnostem. [5]

## **3.2. Materiály**

### **3.2.1. Ocel**

Nejčastěji používaným materiálem na garážová vrata je ocel, která je obvykle pozinkovaná. Oproti dřevu jsou výrazně lehčí, levnější a méně náročné na údržbu. Pokud jsou vrata tvořena z lamel, tak je vnitřek lamely vyplněn polyuretanovou pěnou, která je velmi lehká a má dobré izolační vlastnosti. Častou alternativou je použití ocelových vrat s dřevěnou texturou, které kombinují vlastnosti oceli a vzhled dřeva. Hlavní nevýhodou oceli je náchylnost ke korozi. Kritickým místem je spodní část vrat, kam se v zimních měsících dostává posypová sůl. Je proto vhodné umýt je alespoň dvakrát do roka a odstranit nečistoty a špínu. U ocelových vrat hrozí ještě riziko promáčknutí nebo poškrábání laku. [6] [7]

### **3.2.2. Dřevo**

Dřevěná vrata jsou asi vizuálně nejhezčí, ale oproti ocelovým jsou finančně náročnější. Cena se liší volbou použitého dřeva. V našich podmínkách se nejčastěji využívá severský smrk nebo kanadská tsuga. Díky slunečním a povětrnostním vlivům mohou praskat nebo se prohýbat. Kromě vstupních nákladů na dřevěná vrata je důležité zvážit náklady na potřebnou údržbu. Je nutné je pravidelně ošetřovat nátěrem, protože bez pravidelné údržby začnou vrata blednout, kroutit se, hnít nebo se prohýbat. Dřevěná vrata jsou vhodná pro mírné klima. Vysoké změny venkovních

teplot a častý kontakt s vlhkostí může způsobit deformaci dřeva, bobtnání nebo vznik hniloby díky absorbování vlhkosti. Díky své vysoké hmotnosti se obtížněji ovládají ručně a při ovládání elektromotorem je zapotřebí použít silnější pohon. [6] [7]

### **3.2.3. Laminát**

Laminátová vrata jsou vhodná především pro náročnější podmínky, jako jsou například přímořské oblasti, kde je velký obsah soli ve vzduchu. Dobře odolávají mechanickému poškození a jsou téměř bezúdržbová. Na rozdíl od dřeva se nesmršťují, nekrotí a nepraskají. Nevýhodou je vyšší pořizovací cena a v oblastech, kde se vyskytuje silný vítr může dojít k poškození dveří. S věkem má laminát tendenci žloutnout a křehnout. [6] [7]

## **3.3. Specifikace**

### **3.3.1. Integrované dveře**

Pro snadnější vstup do garáže je možné pořídit vrata s integrovanými dveřmi, aby nebylo zapotřebí otevírat celá vrata. Tím se zamezí úniku tepla, a navíc se pohodlněji dostaneme do garáže, pokud nechceme vyjízďet autem. Je zapotřebí zvážit hojnost využívání, neboť zabudování integrovaných dveří bude dražší a mírně se zhorší vlastnosti tepelné izolace.

### **3.3.2. Prosklené sekce**

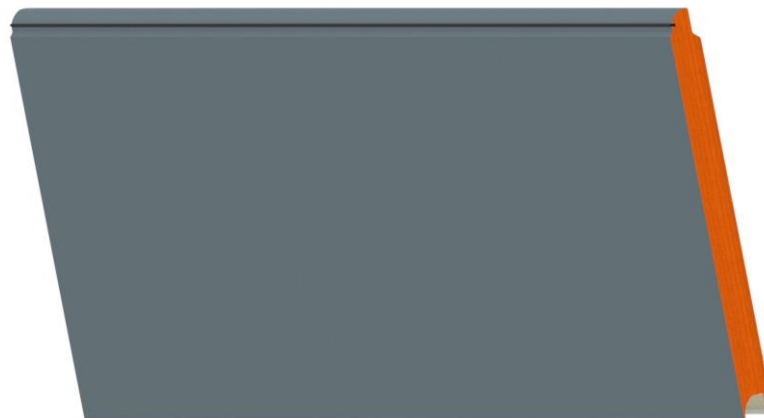
Sendvičové panely sekčních vrat je možné osadit okny. Nejčastěji je najdeme v autoservisech, areálech firem, myčkách, nebo u garáží, ve kterých nejsou žádná okna, aby došlo k prosvětlení prostoru. [3]

## 4. Návrh vrat

Dle našeho zadání a průzkumu trhu bylo rozhodnuto použít svislá sekční garážová vrata, jejichž lamely budou z oceli a polyuretanu. Garáž, pro kterou budou vrata konstruována, má boční vchod i okno, proto nebude nutné použití vrat s integrovanými dveřmi a prosklenými sekcemi. Šířka garáže je 2 500 mm a výška 2 120 mm, proto budeme volit konstrukční provedení tak, aby byla zachována průjezdná šířka i výška.

### 4.1. Garážové lamely

Naše sekční garážová vrata budou tvořena ze čtyř lamel, které jsou na sebe ve svislém směru naskládány. Jako materiál pláště lamely je zvolen pozinkovaný ocelový plech, který má tloušťku 0,5 mm. Vnitřek lamely je vyplněn polyuretanovou pěnou, která je velmi lehká a má výborné izolační vlastnosti. Jednotlivé lamely mají ve své horní části zářez, ve kterém je umístěno gumové těsnění, aby při zavření vrat došlo k úplnému utěsnění mezer mezi jednotlivými lamelami. Na spodní části dolní lamely je nalepeno gumové těsnění, pro utěsnění mezery mezi vraty a podlahou garáže. Na obrázku (obr. 7) je zobrazena lamela garážových vrat.



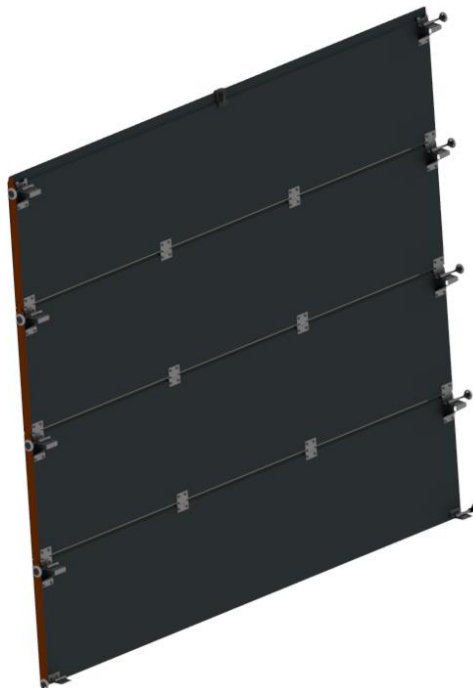
obr. 7.: Lamela garážových vrat [obrázek autora]

Jednotlivé lamely jsou spolu spojeny pomocí pantů celkem ve čtyřech místech. Ke krajním pantům je pomocí dvou šroubů připevněn držák, do kterého se při montáži zasune hřídelka s pojezdovým nylonovým kolečkem, které je zasazeno do pojezdového profilu, a díky němuž dochází k hladkému pohybu vrat. Ukázka pantu je vidět na obrázku (obr. 8).



*obr. 8.: Ukázka pantu včetně pojezdového kolečka [obrázek autora]*

Na obrázku (obr. 9) je vidět kompletní vratové křídlo skládající se ze čtyř lamel, jehož rozměry přibližně odpovídají rozměrům otvoru garáže.



*obr. 9.: Vratové křídlo složené ze čtyř lamel spojené pomocí pantů [obrázek autora]*

## 4.2. Kování

Trajektorie pohybu vrat je určena kolejnicemi (tzv. kováním). Kování je nejčastěji vyrobeno z galvanicky pozinkovaného ocelového plechu o tloušťce dva milimetry.

V našem případě jsou na každé straně garáže umístěny nad sebou dvě kolejnice. V horní kolejnici se pohybuje pouze nejvyšší pár koleček připevněných k vratovému křídlu. Dvě kolejnice jsou využity z toho důvodu, aby došlo k dokonalému uzavření garáže, při kterém budou všechna pojezdová kolečka v jedné rovině nad sebou.

Aby bylo možné použít pouze jednu kolejnici na každé straně vrat, musel by být dostatek místa mezi stropem a horní stranou otvoru garáže (tzv. nadpraží). Díky tomu by mohl být oblouk, který spojuje horizontální a vertikální kolejnici, umístěn až nad hranou otvoru a tím pádem by také došlo ke správnému uzavření vrat, jako v našem případě s využitím dvou kolejnic. Na obrázku (obr. 10) je vidět kování se dvěma pojezdovými kolejnicemi.



obr. 10.: Kování [obrázek autora]

## 4.3. Vyvážení vrat

Ačkoliv jsou vrata konstruována z poměrně lehkých materiálů a je snaha je stále odlehčovat, křídlo vrat pro garáž na jedno auto dosahuje hmotnosti několika desítek kilogramů. Výrobce sekčních vrat Montkovo [8] uvádí hmotnost vratového křídla vztaženou na čtverečný metr  $M_{VK} = 15 \text{ kg/m}^2$ . Aby nebylo potřeba pohonu vrat s větším výkonem, hmotnost vratového křídla se vyvažuje. Vyvážení vrat se

docílí použitím protizávaží nebo častěji s využitím pružinového mechanismu. Co se týče pružin je možnost využít torzní nebo tažné pružiny. Správné natažení pružiny je nezbytné pro správný chod vrat. Pohon nikdy nesmí tahat celou váhu vrat, ale pouze dorovnávat síly a udávat směr pohybu. Pokud jsou vrata zavřená, pružina by měla vyvinout sílu, která je podobně velká jako tíhová síla vrat.

#### 4.3.1. Návrh pružiny

Pro naši konstrukci vrat budeme volit dvě tažné pružiny, které budou umístěny pod stropem garáže po stranách vrat.

Z rozměrů našich vrat vypočteme přibližnou hmotnost a tíhovou sílu vrat.

$$S = l \cdot h = 2,5 \cdot 2,12 = 5,3 \text{ m}^2 \quad (1)$$

$$m = S \cdot M_{VK} = 5,3 \cdot 15 = 79,5 \text{ kg} \quad (2)$$

$$F_g = m \cdot g = 79,5 \cdot 9,81 = 780 \text{ N} \quad (3)$$

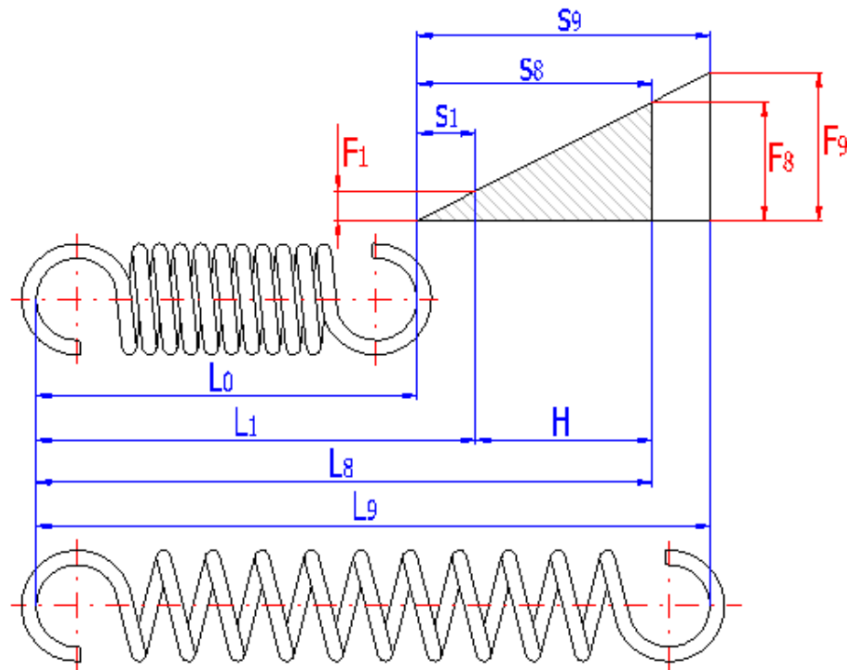
Jelikož jsme neuvažovali pasivní odpory a třecí ztráty bude síla potřebná k otevření vrat vyšší, než je jejich tíha. Vyvážení vrat tedy docílíme dvěma pružinami, které jsou s vraty spojeny ocelovými lany přes dvě kladky. Jedna z kladek je pevná a jedna volná, proto bude potřebná síla vyvozená jednou pružinou poloviční.

Tíha vrat se tedy rozdělí dvěma, protože máme dvě pružiny a síla v jedné pružině také dvěma, protože v naší konstrukci máme volnou kladku.

$$F_p = \frac{F_g}{2 \cdot 2} = \frac{780}{4} = 195 \text{ N} \quad (4)$$

Kvůli zanedbání tření a pasivních odporů budeme volit maximální pracovní zatížení pružiny  $F_8 = 220 \text{ N}$ . Minimální pracovní zatížení volíme  $F_1 = 50 \text{ N}$ , aby byly pružiny stále lehce napnuté, i pokud jsou vrata otevřená.

Pro návrh tažné pružiny byl využit software MITCalc. [9]



obr. 11.: Tažná pružina bez předpětí včetně pracovního diagramu [9]

Vstupní parametry pro návrh pružiny byly:

maximální pracovní zatížení	$F_8 = 220 \text{ N}$
minimální pracovní zatížení	$F_1 = 50 \text{ N}$
požadovaný pracovní zdvih pružiny	$H = 1\,000 \text{ mm}$
délka plně zatížené pružiny	$L_8 = 1\,500 \text{ mm}$
délka předpružené pružiny	$L_1 = 500 \text{ mm}$

Dopočtené hodnoty pomocí softwaru MITCalc:

volná délka pružiny	$L_0 = 328,5 \text{ mm}$
mezní délka pružiny	$L_9 = 2\,231 \text{ mm}$
mezní zatížení pružiny	$F_9 = 341 \text{ N}$
deformace předpružené pružiny	$s_1 = 216,5 \text{ mm}$
deformace plně zatížené pružiny	$s_8 = 1\,216,5 \text{ mm}$
mezní deformace pružiny	$s_9 = 1\,902,5 \text{ mm}$

Z obrázku (obr. 11) jsou patrné rozměry a síly, které jsou pružinou vyvozeny. Pomocí softwaru MITCalc byl zvolen průměr drátu  $d = 4 \text{ mm}$  střední průměr pružiny  $D = 64 \text{ mm}$  a počet závitů  $n = 57$ . Jako materiál byl zvolen pružinový drát třídy DH dle EN 10270-1 tažený za studena, jehož vlastnosti, převzaté ze softwaru MITCalc, jsou uvedené v tabulce (Tab. 1). [9]

*Tab. 1.: Materiálové vlastnosti pružinového drátu [9]*

Modul pružnosti ve smyku	$G = 81500 \text{ N/mm}^2$
Mez pevnosti v tahu	$R_m = 1\,740 \text{ N/mm}^2$
Dovolené napětí v krutu	$\tau_D = 870 \text{ N/mm}^2$
Dovolené napětí v ohybu	$\sigma_D = 1\,218 \text{ N/mm}^2$

#### 4.3.2. Kontrolní výpočty pružiny

Podle navržených parametrů pružiny zkontrolujeme napětí v pružině. Jelikož se jedná o těsně vinutou pružinu, úhel stoupání závitů pružiny bude malý, a také poměr  $D/d > 10$ , můžeme zanedbat ostatní silové účinky a uvažovat pouze kroutící moment vyvolávající napětí. [10]

$$\tau_K = \frac{M_K}{W_K} = \frac{F_8 \cdot \frac{D}{2}}{\frac{\pi \cdot d^3}{16}} \leq \tau_D \quad (5)$$

$$\tau_K = \frac{M_K}{W_K} = \frac{220 \cdot \frac{64}{2}}{\frac{\pi \cdot 4^3}{16}} = 560,2 \text{ N/mm}^2 \quad (6)$$

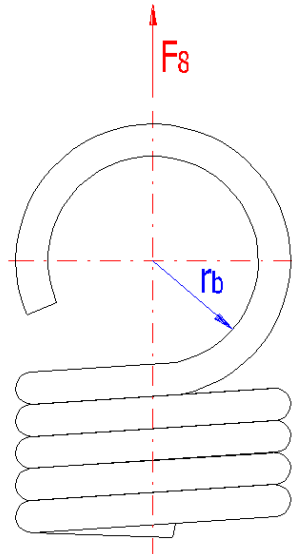
(7)

Výpočet bezpečnosti získáme podělením dovoleného napětí námi vypočteným napětím.

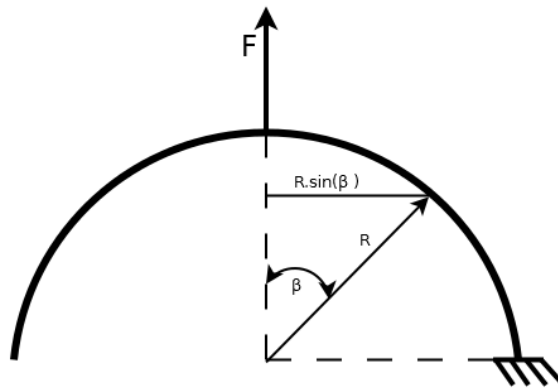
$$k = \frac{\tau_D}{\tau_k} = \frac{870}{560,2} = 1,55 \quad (8)$$

Dalším kritickým místem pružiny je její závěsné oko (obr. 12), za které je uchycena. Pro výpočet maximálního napětí využijeme jako výpočtový model křivý prut (obr. 13), který bude na jedné straně vetknutý a pro výpočet napětí určíme maximální ohybový moment.





obr. 12.: Závěsné oko [9]



obr. 13.: Výpočtový model pro závěsné oko [obrázek autora]

Průběh momentu od síly  $F$  závislý na úhlu  $\beta$ .

$$M_o(\beta) = F \cdot r \cdot \sin \beta \quad (9)$$

Pro nalezení maximálního momentu, budeme hledat maximum funkce momentu, pomocí první derivace, kterou položíme rovno nule.

$$\frac{dM_o(\beta)}{d\beta} = F \cdot r \cdot \cos \beta = 0 \quad (10)$$

$$\cos \beta = 0 \text{ pro } \beta = 90^\circ \quad (11)$$

$$M_{omax} = F \cdot r \cdot \sin 90 = F \cdot r \quad (12)$$

Maximální moment bude pro úhel  $\beta = 90^\circ$ , což je v místě vetknutí křivého prutu. Prut je namáhán jak ohybovým, tak tahovým napětím, proto výsledné napětí bude součtem těchto dvou složek.

$$\sigma = \frac{M_o}{W_o} + \frac{F}{A_p} = \frac{F \cdot r}{\frac{\pi \cdot d^3}{32}} + \frac{F}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}} \leq \sigma_D \quad (13)$$

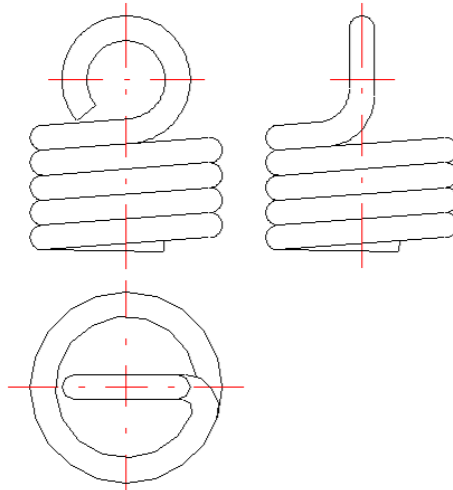
$$r = \frac{D}{2} \quad (14)$$

$$\sigma = \frac{16 \cdot F \cdot D}{\pi \cdot d^3} + \frac{4 \cdot F}{\pi \cdot d^2} = \frac{16 \cdot 220 \cdot 64}{\pi \cdot 4^3} + \frac{4 \cdot 220}{\pi \cdot 4^2} = 1\,138 \text{ N/mm}^2 \quad (15)$$

Vypočtené napětí musí být menší než dovolené napětí příslušného materiálu (Tab. 1) a jejich podělením získáme příslušnou bezpečnost.

$$k = \frac{\sigma_D}{\sigma} = \frac{1\,218}{1\,138} = 1,07 \quad (16)$$

Vypočtená bezpečnost při kontrole závěsného oka vyšla  $k = 1,07$ , což je poměrně málo, proto by bylo vhodné konstrukční úpravou snížit napětí v závěsném oku. Jednou z možností by bylo zvětšit průměr drátu, ale tím by se zase změnila tuhost pružiny a musely by se změnit i ostatní parametry. Tudiž bude asi nejjednodušší způsob změnit pouze geometrii závěsného oka, jak je vidět na obrázku (obr. 14.). Zmenšením průměru oka na polovinu se zmenší i ohybový moment na polovinu. Dosazením polovičního průměru do rovnice (15) získáme celkové napětí ve zmenšeném závěsném oku.



obr. 14.: Změna geometrie závěsného oka [9]

$$\sigma = \frac{16 \cdot F \cdot D}{\pi \cdot d^3} + \frac{4 \cdot F}{\pi \cdot d^2} = \frac{16 \cdot 220 \cdot 32}{\pi \cdot 4^3} + \frac{4 \cdot 220}{\pi \cdot 4^2} = 577,7 \text{ N/mm}^2 \quad (17)$$

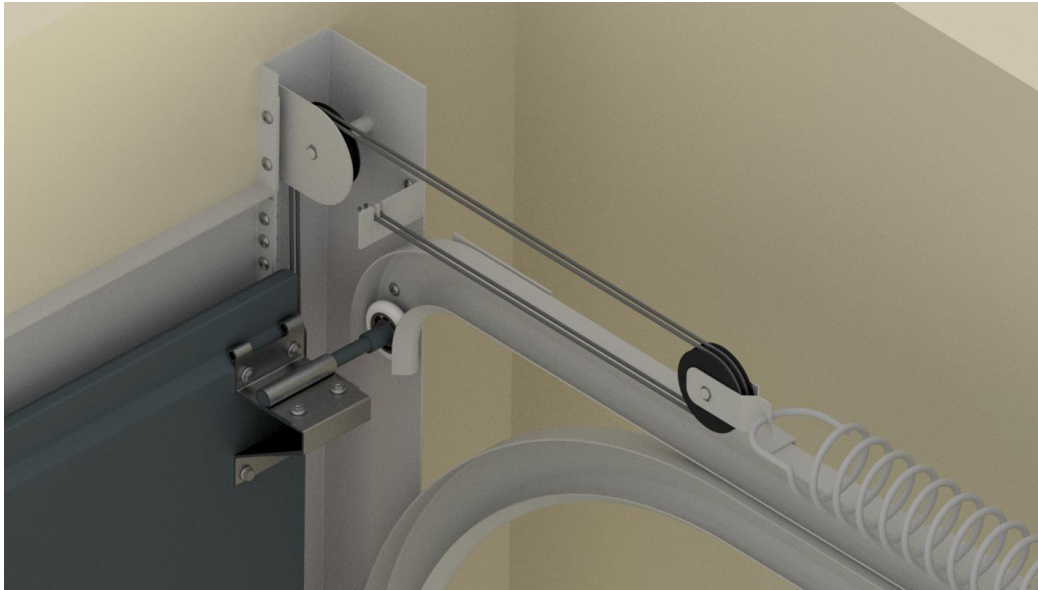
$$k = \frac{\sigma_D}{\sigma} = \frac{1218}{577,7} = 2,11 \quad (18)$$

Po zmenšení průměru oka můžeme konstatovat, že výsledné bezpečnosti při obou provedených kontrolních výpočtech jsou dostačující a pružina je navržena správně.

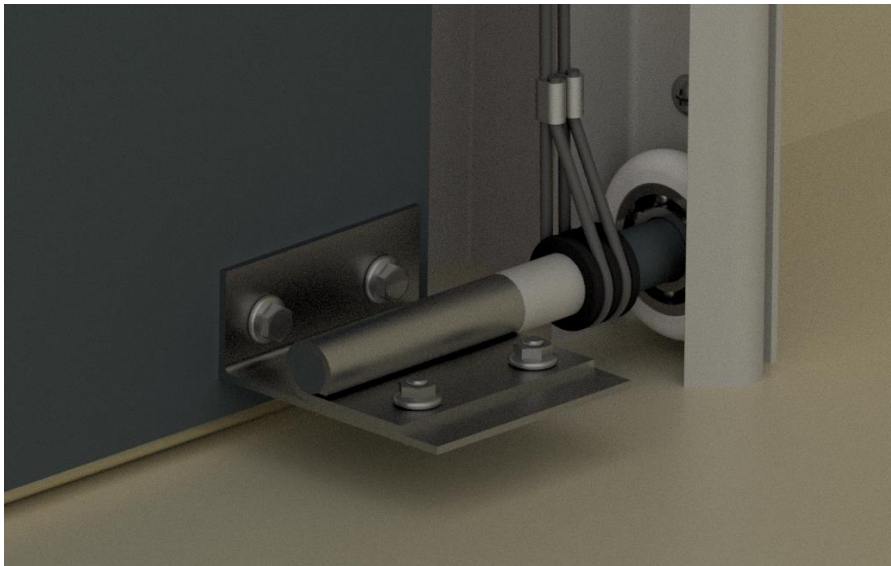
### 4.3.3. Uchycení pružin

Jak už bylo zmíněno v předchozí kapitole, pružiny jsou vedeny pod stropem garáže. Na jednom z konců je pružina uchycena k rámu, který je připevněn ke stropu. Na druhém konci pružiny je upevněna kladka, přes kterou je pružina pomocí dvou ocelových lan spojena s lamelami vrat (obr. 15).

Jeden konec ocelového lana je uchycen ke spodní lamele vrat (obr. 16), a přes pevnou kladku uchycenou nad otvorem vrat a volnou kladku připevněnou k pružině je upevněno k rámu vrat. Kladky mají dvě drážky, ve kterých vede dvojice lan vedle sebe. Kladka je uložena na čepu a axiálně zajištěna pomocí pojistných kroužků.



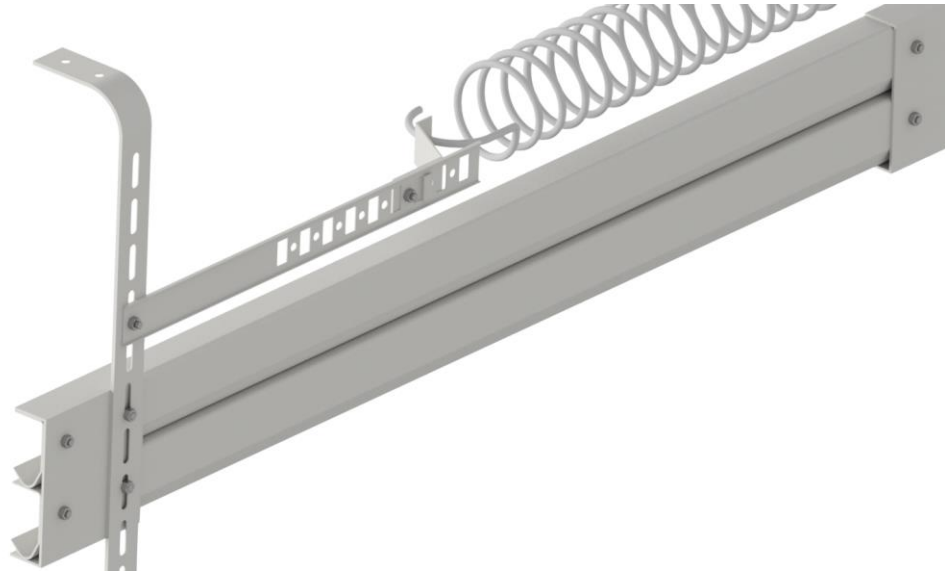
*obr. 15.: Uchycení pružiny k ocelovým lanům [obrázek autora]*



*obr. 16.: Uchycení ocelového lana k vratovému křídlu [obrázek autora]*

Jelikož pružina nemusí být vyrobena zcela přesně a hmotnost vrat se může lišit od námi navržené, je možné změnit podle potřeby její délku, a tím i vyvozenou sílu. Jak je vidět na obrázku (obr. 17), můžeme celkem jednoduše pohybovat jedním koncem držáku pružiny, který je zaháknutý v profilu a pojištěný šroubem, a nastavit tak pružinu do optimální polohy.

U profilu, kterým budeme uchycovat pojezdy s pružinou ke stropu, je také možnost nastavit příslušnou délku podle výšky stropu garáže.



obr. 17.: Uchycení konce pružiny s možností nastavení její délky [obrázek autora]

#### 4.3.4. Ocelové lano

Pro uchycení pružin k vratovému křídлу jsou použita ocelová lana o průměru tři milimetry. Dle normy ČSN EN 12385-4+A1 můžeme stanovit minimální sílu pro přetržení lana. V normě nalezneme i hodnoty pro empirický koeficient pro minimální sílu při přetržení  $K$  a pevnost lana  $R_r$ , které budeme při výpočtu potřebovat. [11]

$$F_{min} = \frac{K \cdot d_l^2 \cdot R_r}{1000} = \frac{0,359 \cdot 3^2 \cdot 1770}{1000} = 5,7 \text{ kN} \quad (19)$$

$$k = \frac{F_{min}}{F} = \frac{5700}{200} = 28,5 \quad (20)$$

Tíha vrat je nesena čtyřmi ocelovými lany. Síla v jednom laně bude tedy přibližně  $F = 200 \text{ N}$ . Výsledná bezpečnost proti přetržení lana vychází 28,5, což je dost a stačilo by použít lana s menším průřezem.

#### 4.4. Pohon

Po průzkumu trhu byl zvolen pohon od společnosti Hörmann, jejíž pohony garážových vrat jsou asi nejpoužívanější. Společnost Hörmann nabízí čtyři základní druhy pohonů pro garážová vrata. Podle tabulky s porovnáním základních specifikací příslušných pohonů (Tab. 2) byl zvolen pohon ProMatic.

*Tab. 2.: Porovnání pohonů společnosti Hörmann [4]*

Kategorie / druh výrobku	SupraMatic E	SupraMatic P	ProMatic	ProMatic Akku
Speciální oblasti použití		pro dřevěná vrata a vrata s integrovanými dveřmi		pro garáže bez připojení elektřiny
Cykly za den/hodinu	25/10	50/10	12/5	5/2
Krátkodobá maximální síla	800 N	1000 N	750 N	400 N
Otevírací rychlost max.	22 cm/s	22 cm/s	14 cm/s	13 cm/s
Šířka vrat max.	5500 mm	6000 mm	5000 mm	3000 mm
Plocha vrat max.	13,75 m <sup>2</sup>	15 m <sup>2</sup>	11,25 m <sup>2</sup>	8 m <sup>2</sup>

Pohon ProMatic je možné vybrat z několika řad, pro náš případ byla zvolena čtvrtá řada, tedy pohon ProMatic 4, jehož technické parametry jsou pro naši garáž dostačující a jeho pořizovací cena je nižší než pohony typu SupraMatic. Náš pohon disponuje funkcemi jako jsou pojistka proti nadzvednutí vrat k zabránění vloupání, zastavení chodu při nárazu na překážku nebo možnost připojení dálkových ovládacích prvků. Vrata také před dokončením manévru zpomalí, čímž se snižuje opotřebení pohonu a vrat nárazy. Základní informace o pohonu jsou uvedeny v tabulce (Tab. 3) [4]

*Tab. 3.: Základní informace o pohonu typu ProMatic 4 [4]*

Typ pohonu	ProMatic 4
Max. plocha křídel	11,25 m <sup>2</sup>
Max. šířka vrat	5000 mm
Tažná a tlačná síla	600 N
Krátkodobý špičkový výkon	750 N
Max. počet cyklů za den	12
Max. počet cyklů za hodinu	5
Příkon	0,2 kW
Připojení na síť	230 V – 240 V střídavý proud (převodový motor na 24 V)
Rozsah teplot	-20°C až +60°C
Otevírací rychlost	14 cm/s
Druh ochrany	Jen pro suché prostory
Rozměry pohonu	180 mm x 320 mm x 120 mm



obr. 18.: Pohon ProMatic 4 [4]

Uvnitř této pohonné jednotky se nachází stejnosměrný elektromotor se šnekovou převodovkou. Otáčky výstupní hřídele převodovky jsou  $n_p = 38 \text{ min}^{-1}$  a hřídel je opatřena jemným drážkováním, na které se přichytí řetězový nebo řemenový převod, ke kterému budou uchyceny sekce vrat a díky němuž bude možné vrata otevírat a zavírat.

#### 4.5. Mechanismus otevírání vrat

Pro plynulé otevření vrat je k pohonu připevněn další převod, který je uchycen pod strop doprostřed garáže a jeho délka musí být delší, než je výška vrat, aby se dala vrata otevřít celá. Hlavní dvě varianty, které jsou u sekčních vrat k dispozici, jsou řetězový nebo řemenový převod.

Řetězový převod je odolnější a může zvedat a posouvat těžší vrata. Používá se především u garáží pro dvě nebo tři auta a také u průmyslových vrat, které mají obvykle větší rozměry a váhu.

Řemenový převod má hladší a plynulejší chod a také je méně hlučnější. U garáže, která je pouze pro jedno auto, je řemenový převod naprosto dostačující.

##### 4.5.1. Návrh ozubeného řemene

Pro náš případ bylo rozhodnuto použít jako přídatný převod ozubený řemen, který bude navržen podle hodnot, které jsou k dispozici pro pohon od společnosti Hörmann. Řemen je navržen z výkonu motoru, který je rozhodně vyšší, než by byl potřebný výkon k otevření dveří. Při návrhu není uvažován systém tažných pružin, který by potřebnou sílu k otevření značně snížil. Stačil by tedy řemen menšího

průřezu, ale jelikož jsme na straně bezpečnosti, masivnější řemen nebude ničemu vadit.

Pro návrhový výpočet ozubeného řemene budeme vycházet z technického pokynu pro ozubené řemeny. [12]

Vstupní hodnoty pro návrh ozubeného řemene:

výkon	$P = 0,2 \text{ kW}$
rychlost otevírání dveří	$v = 0,14 \text{ m/s}$
otáčky	$n_p = 38 \text{ min}^{-1}$
vzdálenost os řemenic	$A = 2\,500 \text{ mm}$

Kdybychom při výpočtu neuvažovali síly od pružin, které velmi významně sníží potřebný výkon pro otevření vrat, mohli bychom potřebný výkon určit podle jednoduché rovnice (21), jejíž výsledek je ještě o 20 % navýšen kvůli tomu, že jsme zanedbali třecí ztráty. Z výpočtu vychází, že i kdyby ve vratech nebyly vyvažovací pružiny, pohon má dostatečný výkon na jejich otevření.

$$P = F_g \cdot v \cdot 1,2 = 780 \cdot 0,14 \cdot 1,2 = 131 \text{ W} < 0,2 \text{ kW} \quad (21)$$

Průměry řemenic budeme volit stejné, převodový poměr bude tedy  $i = 1$ .

Pro výpočet průměru řemenic využijeme následující vztah.

$$v = \frac{\pi \cdot D_p \cdot n_p}{60} \quad (22)$$

$$D_p = \frac{60 \cdot v}{\pi \cdot n_p} = \frac{60 \cdot 0,14}{\pi \cdot 38} = 0,07 \text{ m} \quad (23)$$

Výpočet úhlové rychlosti a kroutícího momentu

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_p}{60} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 38}{60} = 3,98 \text{ s}^{-1} \quad (24)$$

$$P = M \cdot \omega \quad (25)$$

$$M = \frac{P \cdot 1\,000}{\omega} = \frac{0,2 \cdot 1\,000}{3,98} = 50,25 \text{ Nm} \quad (26)$$

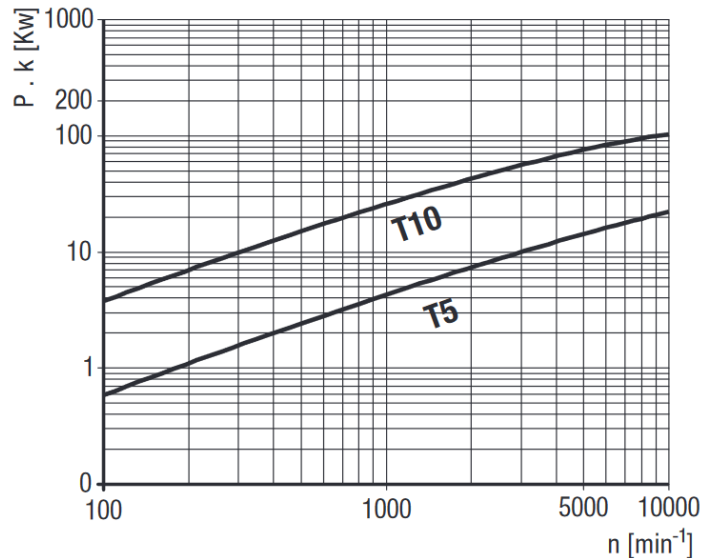
Výpočet obvodové síly

$$F_U = \frac{M}{\frac{D_p}{2}} = \frac{50,25}{\frac{0,07}{2}} = 1\,436 \text{ N} \quad (27)$$



Výpočet přibližné délky řemene

$$L_R = 2 \cdot A + \pi \cdot D_p = 2 \cdot 2\,500 + \pi \cdot 70 = 5\,220 \text{ mm} \quad (28)$$



obr. 19.: diagram pro určení profilu řemene [12]

Z diagramu (obr. 19) je vidět, že pro náš případ, kdy máme malý výkon a nízké otáčky, je dostačující řemen typu T5, který má rozteč  $t = 5 \text{ mm}$ . Pro odečtení výkonu z grafu, je výkon ještě vynásoben koeficientem  $k$ , který je v našem případě roven  $c_0$  a podle rovnice (30) vynášíme do grafu výkon  $P \cdot k = 0,22 \text{ kW}$ .

Bezpečnostní faktor volíme  $c_1 = 1$  pro pohon s rovnoměrným zatížením a činitel zrychlení  $c_2 = 1,1$  pro převodový poměr  $i = 1$ . Celkový provozní faktor získáme jejich vynásobením.

$$c_0 = c_1 \cdot c_2 = 1 \cdot 1,1 = 1,1 \quad (29)$$

$$P \cdot k = P \cdot c_0 = 0,2 \cdot 1,1 = 0,22 \text{ kW} \quad (30)$$

Počet zubů řemenic

$$z_k = \frac{D_p \cdot \pi}{t} = \frac{70 \cdot \pi}{5} = 43,98 \rightarrow \text{volíme } 44 \text{ zubů} \quad (31)$$

Jelikož je převodový poměr roven jedna, bude úhel opásání řemenice roven  $\gamma = 180^\circ$  a počet zubů v záběru bude právě polovina počtu zubů řemenice, tedy  $z_e = 22 \text{ zubů}$

Pro určení šířky řemene musíme nejdřív podle otáček a rozteče určit specifický kroutící moment  $M_{spec}$  a specifický výkon  $P_{spec}$ . Dle tabulky (Tab. 4) bylo pomocí lineární regrese zjištěno  $M_{spec} = 2,412$  a  $P_{spec} = 0,096$  pro  $n = 38 \text{ min}^{-1}$ .

Tab. 4.: Tabulka pro určení  $M_{spec}$  a  $P_{spec}$  v závislosti na otáčkách [12]

Dělení T 5

Počet otáček [min <sup>-1</sup> ]	$M_{spec}$ [Ncm/cm]	$P_{spec}$ [W/cm]	Počet otáček [min <sup>-1</sup> ]	$M_{spec}$ [Ncm/cm]	$P_{spec}$ [W/cm]	Počet otáček [min <sup>-1</sup> ]	$M_{spec}$ [Ncm/cm]	$P_{spec}$ [W/cm]
0	2,523	0,000	1200	1,607	2,019	3400	1,248	4,444
20	2,458	0,051	1300	1,580	2,151	3600	1,229	4,632
40	2,403	0,101	1400	1,555	2,279	3800	1,209	4,812
60	2,354	0,148	1440	1,545	2,330	4000	1,191	4,988
80	2,312	0,194	1500	1,532	2,406	4500	1,149	5,414

Pro určení šířky řemene je využito následujících vzorců a je vybrána nejbližší vyšší normalizovaná šířka řemene.

$$b_{\text{ř}} = \frac{P \cdot 1\,000 \cdot c_0}{z_k \cdot z_e \cdot P_{spec}} = \frac{0,2 \cdot 1\,000 \cdot 1,1}{44 \cdot 22 \cdot 0,096} = 2,37 \text{ cm} \quad (32)$$

$$b_{\text{ř}} = \frac{100 \cdot M \cdot c_0}{z_k \cdot z_e \cdot M_{spec}} = \frac{100 \cdot 50,25 \cdot 1,1}{44 \cdot 22 \cdot 2,412} = 2,37 \text{ cm} \quad (33)$$

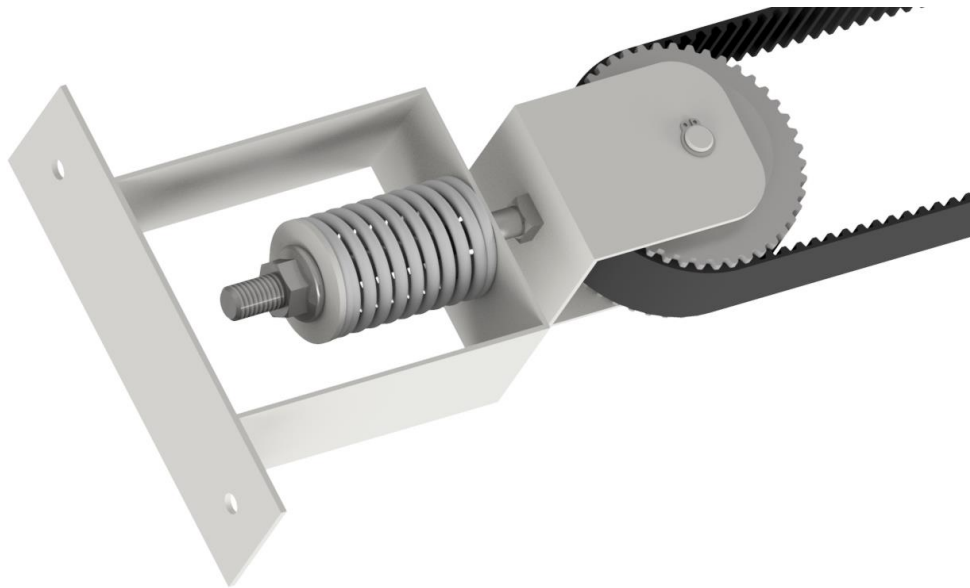
Byla zvolena normalizovaná šířka řemene 25 mm.

Řemen musí být také správně předeprnutý, tak aby byla odlehčená větev ve všech vyvstalých provozních situacích napnutá. Správné napnutí řemene je závislé na délce řemene. V technických pokynech pro návrh řemene se uvádí, že napínací síla pro počet zubů řemene větší než 150 je 2/3 obvodové síly.

$$F_{TV} = \frac{2}{3} \cdot F_U = \frac{2}{3} \cdot 1\,436 = 957 \text{ N} \quad (34)$$

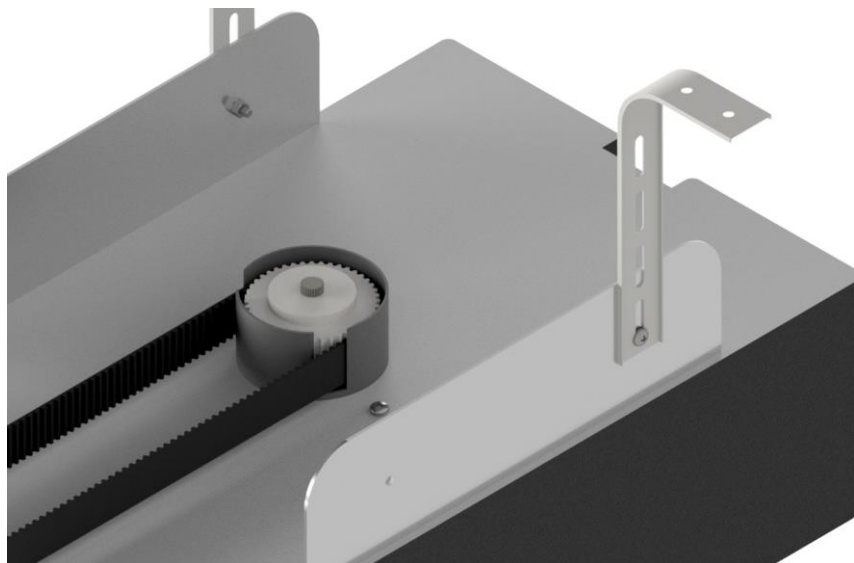
Jak je zmíněno výše, ozubeným řemenem určitě nebudeme přenášet síly, na které je řemen dimenzován, tudíž nebude ani potřeba pružina, které vyvodí spočítanou napínací sílu. Bylo tedy rozhodnuto, že návrhem a dimenzováním této tlačné pružiny se dále zabývat nebudeme.

Na obrázku (obr. 20) je vidět napínání ozubeného řemene. Po připevnění pohonu ke stropu můžeme utažením nebo povolením matice šroubu optimálně napnout řemen. Je použit vratový šroub DIN 603 M10x100, který má pod hlavou čtyřhran, díky němuž je šroub pevně zasunutý ve vidlici, aby při dotahování matice nedocházelo k protáčení šroubu.



*obr. 20.: Napínací mechanismus ozubeného řemene [obrázek autora]*

Na obrázku (obr. 21) je vidět uchycení řemenice k pohonu prostřednictvím jemného drážkování. Řemenice je usazená v plastovém krytu. Vrchní část plastového krytu není na obrázku zobrazena, aby bylo vidět uchycení k pohonu.



*obr. 21.: Uchycení řemenice k pohonu [obrázek autora]*

#### **4.5.2. Řemenice a řemen**

Podle navržených parametrů byly zvoleny ozubené řemenice a řemen od společnosti Haberkorn. V tabulce (Tab. 5 a Tab. 6) jsou základní parametry ozubené řemenice a řemene. Rozměrové parametry jsou uvedeny v milimetrech.

Společnost Haberkorn nabízí také bočnice pro řemenice, aby nedošlo k sesunutí řemene.

U řemenice navazující na pohon je zapotřebí dohotovit do předvrtané díry jemné drážkování. Označení drážkování je JEMNÉ DRÁŽKOVÁNÍ 12 dle ČSN 01 4933.

Tab. 5.: Základní parametry ozubené řemenice [13]

<b>Označení</b>	36 T5/44
<b>Počet zubů</b>	44
<b>Provedení</b>	2
<b>dp - výpočtový průměr</b>	70.07
<b>de - hlavový průměr</b>	69.20
<b>Df - max. průměr</b>	
<b>F - šíře věnce</b>	30
<b>L - celková šířka</b>	36
<b>Dm - průměr náboje</b>	45.00
<b>d - předvrtaná díra</b>	8
<b>Profil zubů</b>	T
<b>Rozteč zubů</b>	5.000
<b>Hmotnost [kg/ks]</b>	0.310
<b>Materiál</b>	hliník
<b>Bočnice</b>	pozinkovaná ocel

Tab. 6.: Základní parametry ozubeného řemene [13]

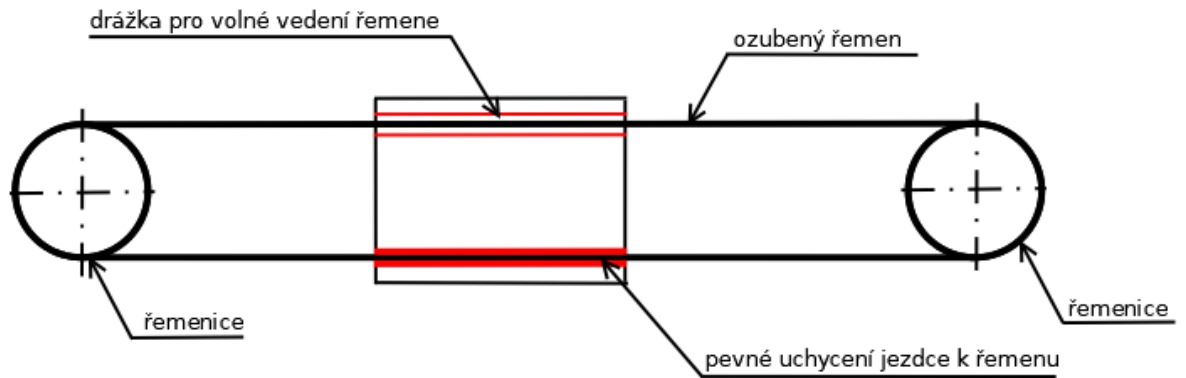
<b>Profil</b>	T
<b>Šířka</b>	25
<b>Rozteč</b>	5.000
<b>h - výška hřbetu</b>	1.00
<b>a - výška zubu</b>	1.20
<b>Řemen</b>	polyuretan (PU)
<b>Tažný kord</b>	ocel
<b>Poznámky k objednání</b>	

#### 4.6. Spojení křídla vrat s pohonem

Posledním úkolem našeho návrhu je vyřešit napojení vrat na pohon.

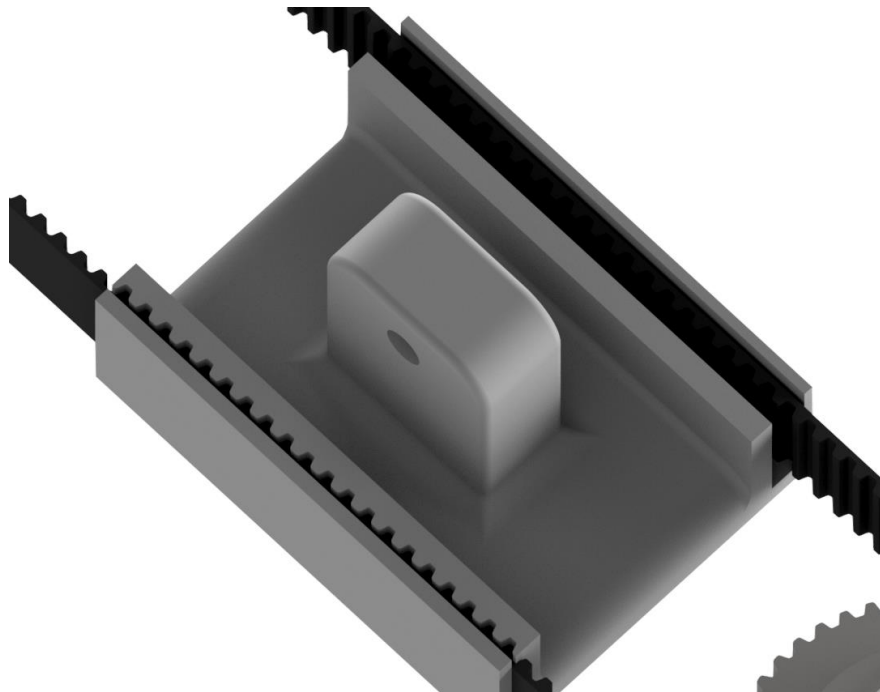
Na pohybující se ozubený řemen je upevněn jezdec (obr. 23), jimž procházejí obě větve řemene. Na jedné straně jezdcе se nachází drážky, do kterých se ozubený řemen uchytlí. V tomto místě také dochází ke spojení řemene, aby byla

vytvořena uzavřená smyčka, protože takto dlouhé řemeny se prodávají jako dlouhý pás. Pomocí těchto drážek je jezdec pevně spojen s řemenem. Druhá větev řemene je volně vedena v drážce jezdce. Schéma řemenového převodu a uchycení k jezdcí je patrné z obrázku (obr. 22).



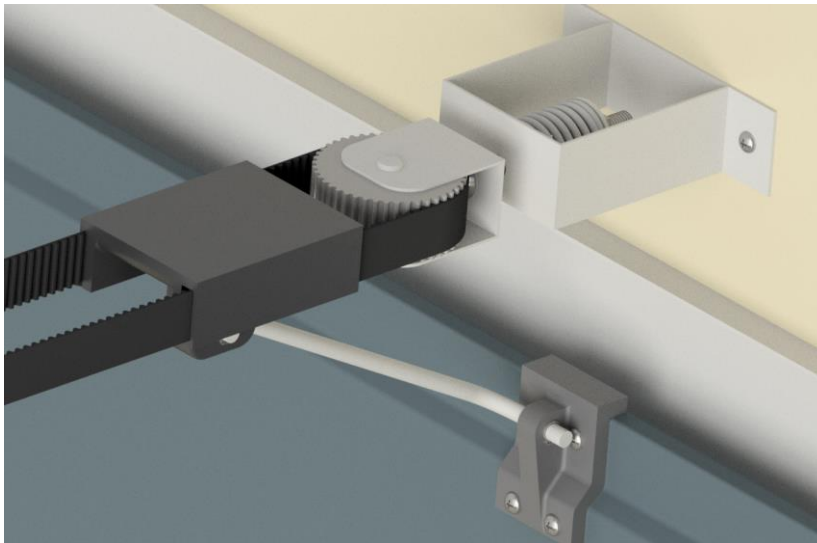
obr. 22.: Schéma uchycení jezdce k řemenu [obrázek autora]

Ve středu jezdce je patka s dírou, do které bude uchyceno táhlo, které spojí jezdce s vratovým křídlem.



obr. 23.: Jezdec uchycený k ozubenému řemenu [obrázek autora]

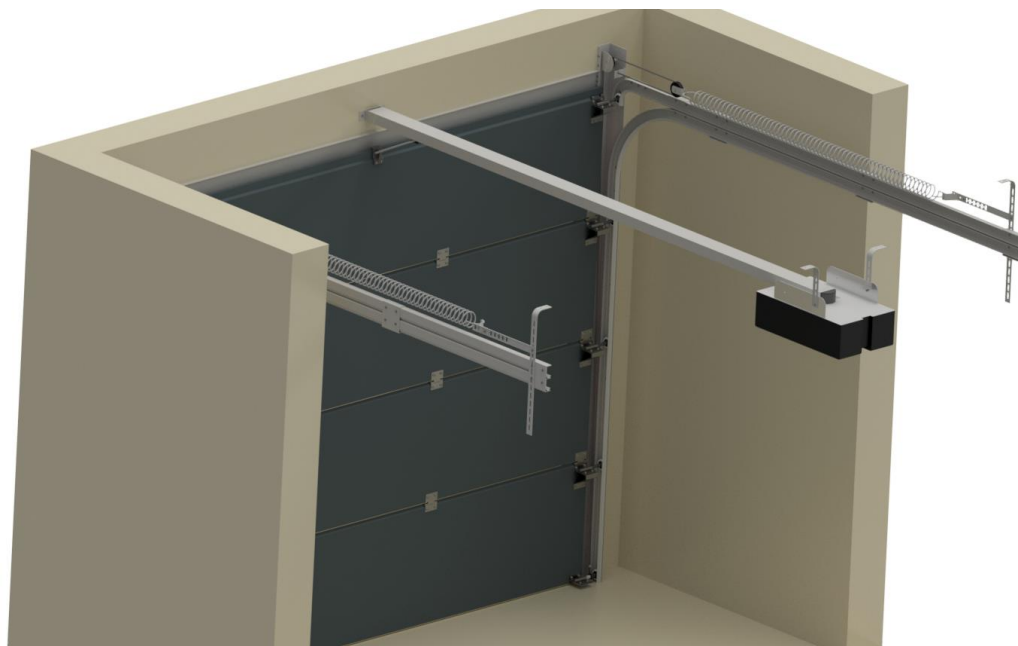
Na prostředek horní lamely je pomocí čtyř šroubů připevněna úchytka s dírou. Táhlem kruhového průřezu je spojen jezdec s úchytkou (obr. 24) a oba konce táhla jsou zajištěny pojistným kroužkem.



*obr. 24.: Spojení křídla vrat s ozubeným řemenem [obrázek autora]*

Celý ozubený řemen, včetně obou řemenic, je ukryt v ocelovém profilu, aby se k řemenovému převodu dostávalo méně nečistot, a aby nedošlo k úrazu, např. skřípnutím prstů mezi řemen a řemenici.

Celková sestava garážových vrat je vidět na obrázku (obr. 25)



*obr. 25.: Námi navržená garážová vrata [obrázek autora]*

## 4.7. Údržba

Aby nám garážová vrata vydržela co nejdéle, je zapotřebí dopřát jim trochu péče. Údržba garážových vrat je nenáročná a vyplatí se ji v pravidelných intervalech dodržovat. Správnou údržbou můžeme výrazně prodloužit životnost vrat.

Výrobci doporučují jednou za čas utřít suchým hadrem vodící kolejnici, usazují se v nich nečistoty a prach. Velmi důležité je dbát o čistotu gumových těsnění. Dále je dobré promazat osičky koleček a panty, ovšem pozor na kolejnici, ty se nesmí promazat, jinak by se tam zbytečně držely nečistoty. Samozřejmostí je také umytí garážových vrat především z estetických důvodů.

Při zanedbání údržby může docházet ke zvýšení hlučnosti nebo k zadrhávání vrat. V horším případě až k jejich poškození. [14]

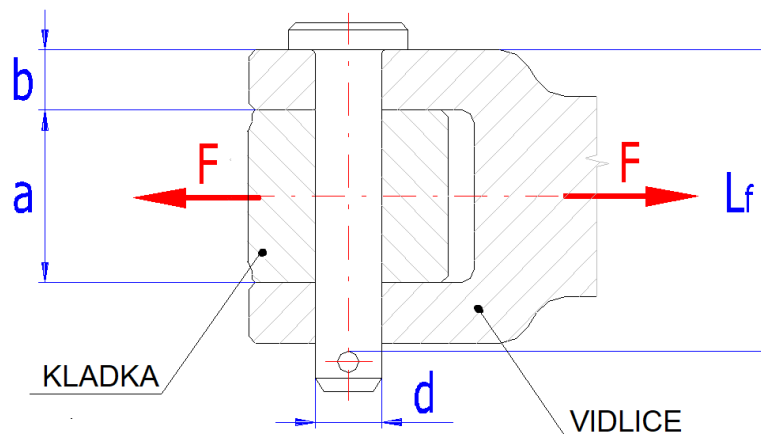
## 5. Kontrolní pevnostní výpočty vybraných částí

Kromě návrhu tažné pružiny a ozubeného řemene nebyly prováděny žádné návrhové výpočty ostatních součástí, proto jsou provedeny kontrolní výpočty u důležitých součástí.

### 5.1. Kontrola čepu kladky

Při prvním výpočtu provedeme kontrolu čepu kladky, který je uchycený k pružině a je vidět na obrázku (obr. 15). Při návrhu byl zvolen čep o průměru osm milimetrů. Rozměry  $a$  a  $b$  jsou  $a = 15 \text{ mm}$  a  $b = 1,5 \text{ mm}$ . Síla  $F$ , kterou budeme uvažovat pro výpočet vezmeme  $F = 400 \text{ N}$ , což přibližně odpovídá polovině hmotnosti vrat. Maximální dovolené hodnoty, se kterými budeme porovnávat vypočtené výsledky jsou:

Dovolené napětí v ohybu	$\sigma_D = 110 \text{ N/mm}^2$
Dovolené napětí ve smyku	$\tau_D = 70 \text{ N/mm}^2$
Dovolený tlak	$p_D = 125 \text{ MPa}$



obr. 26.: Schéma čepového spoje [obrázek autora]

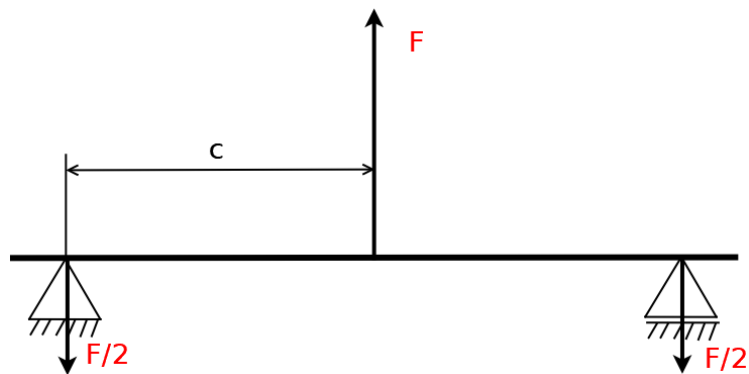
#### 5.1.1. Kontrola čepu na smyk (střih)

$$\tau = \frac{F}{S_S} = \frac{4 \cdot F}{\pi \cdot d_{\xi}^2} = \frac{4 \cdot 400}{\pi \cdot 8^2} = 7,95 \text{ N/mm}^2 \leq \tau_D = 70 \text{ N/mm}^2 \quad (35)$$

#### 5.1.2. Kontrola ohybového napětí v čepu

Jako výpočtový model pro kontrolu ohybového napětí byl zvolen nosník na dvou podporách (obr. 27), který je ve středu zatížen silou  $F$ .





obr. 27.: Výpočtový model ohybového napětí v čepu [obrázek autora]

$$c = \frac{a}{2} + \frac{b}{2} = \frac{15}{2} + \frac{1,5}{2} = 8,25 \text{ mm} \quad (36)$$

$$\sigma = \frac{M_o}{W_o} = \frac{\frac{F}{2} \cdot c}{\frac{\pi \cdot d_{\check{c}}^3}{32}} = \frac{\frac{400}{2} \cdot 8,25}{\frac{\pi \cdot 8^3}{4}} = 32,8 \text{ N/mm}^2 \leq \sigma_D = 110 \text{ N/mm}^2 \quad (37)$$

### 5.1.3. Kontrola otláčení: čep – vidlice

$$p_1 = \frac{F}{S} = \frac{\frac{F}{2}}{d_{\check{c}} \cdot b} = \frac{\frac{400}{2}}{8 \cdot 1,5} = 16,6 \text{ MPa} \leq p_D = 125 \text{ MPa} \quad (38)$$

### 5.1.4. Kontrola otláčení: čep – táhlo

$$p_2 = \frac{F}{S} = \frac{F}{d_{\check{c}} \cdot a} = \frac{400}{8 \cdot 15} = 3,33 \text{ MPa} \leq p_D = 125 \text{ MPa} \quad (39)$$

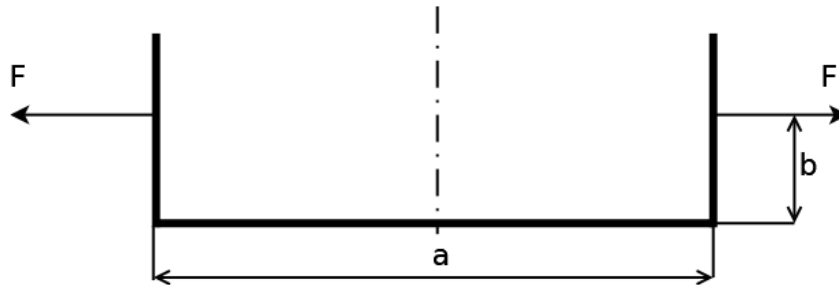
Po provedení pevnostní kontroly čepu, jsme ověřili, že čep o průměru osm milimetrů vydrží. Čep druhé kladky by se kontroloval stejně.

## 5.2. Kontrola táhla

Pro kontrolní výpočet táhla (obr. 28) budeme jako výpočtový model uvažovat lomený prut (obr. 29). Pro zjednodušení výpočtu je rádius nahrazen ostrou hranou. Táhlo bude namáháno tahem a ohybem. Sílu, pro kterou budeme kontrolní výpočet provádět, vezmeme  $F = 400 \text{ N}$ , což odpovídá polovině tíhy vrat. Díky pružinám bude skutečné síla mnohem menší.



obr. 28.: Táhlo [obrázek autora]



obr. 29.: Výpočtový model pro výpočet táhla [obrázek autora]

Rozměry táhla jsou:

$$a = 240 \text{ mm}$$

$$b = 25 \text{ mm}$$

Výsledné napětí porovnáme s minimální mezí kluzu použitého materiálu. Byla zvolena ocel 11 375 s mezí kluzu  $R_e = 196 \text{ N/mm}^2$ .

Nejprve je určen maximální ohybový moment a poté získáme celkové napětí jako součet tahového a ohybového napětí. [15]

$$M_{omax} = F \cdot b \tag{40}$$

$$\sigma = \frac{M_o}{W_o} + \frac{F}{A_T} = \frac{F \cdot b}{\frac{\pi \cdot d_T^3}{32}} + \frac{F}{\frac{\pi \cdot d_T^2}{4}} \leq \sigma_D \tag{41}$$

$$\sigma = \frac{400 \cdot 25}{\frac{\pi \cdot 10^3}{32}} + \frac{400}{\frac{\pi \cdot 10^2}{4}} = 106,7 \text{ N/mm}^2 \tag{42}$$

$$k = \frac{R_e}{\sigma} = \frac{196}{106,7} = 1,84 \tag{43}$$

Navržené táhlo podle kontrolního výpočtu vyhovuje pevnostní podmínce s bezpečností  $k = 1,84$  vůči mezi kluzu.

## 6. Závěr

Cílem práce bylo navrhnout svislá garážová vrata pro uzavření otvoru garáže. Nejprve byla provedena rešerše, ve které jsou uvedeny jednotlivé typy vrat včetně oblastí využití, výhod a nevýhod. Další část rešerše se zabývá používanými materiály a možnými specifikacemi.

Na základě zpracované rešerše byla jako vhodné konstrukční řešení zvolena sekční garážová vrata s elektrickým pohonem, která jsou instalována v garáži pro jeden automobil.

Po zvolení garážových lamel a určení přibližné hmotnosti vratového křídla jsem se v této práci zabýval způsobem vyvážení vrat. Navrhl jsem vyvážení s použitím dvou tažných pružin umístěných pod stropem, které jsou prostřednictvím ocelových lan a kladek spojeny s vratovým křídlem a kompenzují jeho tíhu. V další části jsem vybral pohon od společnosti Hörmann, na který jsem navrhl ozubený řemen. K ozubenému řemenu je na pevně připevněný jezdec, který je pomocí táhla spojen s horní lamelou garážového křídla. Při spuštění pohonu dojde k pohybu ozubeného řemene, který zajišťuje otevírání a zavírání vrat.

Nakonec jsem provedl kontrolní pevnostní výpočty pro čep kladky a táhlo, což jsou v celé sestavě asi nejvíce namáhané díly.

Výsledný návrh garážových vrat byl zpracován formou 3D modelu.

## 7. Seznam použité literatury

- [1] *Montego* [online]. [cit. 2022-03-29]. Dostupné z: <https://www.montego.cz/vrata/>
- [2] *Trido* [online]. [cit. 2022-03-30]. Dostupné z: <https://www.trido.cz/>
- [3] *Eurowin* [online]. [cit. 2022-03-30]. Dostupné z: <https://www.eurowin.cz/garazova-vrata/>
- [4] *Hormann* [online]. [cit. 2022-03-30]. Dostupné z: <https://www.hormann.cz/novostavby-a-rekonstrukce/garazova-vrata/>
- [5] *Lomax: Technický list, Sekční vrata* [online]. [cit. 2022-03-30]. Dostupné z: <https://www.lomax.cz/garazova-vrata>
- [6] *Chiohd: choosing the best garage door material* [online]. [cit. 2022-03-30]. Dostupné z: <https://www.chiohd.com/blog/choosing-the-best-garage-door-material>
- [7] *Svět garáží: Materiál garážových vrat a elektrické pohony garážových vrat* [online]. [cit. 2022-03-30]. Dostupné z: <http://www.svet-garazi.cz/garazova-vrata/37-material-garazovych-vrat-a-elektricke-pohony-garazovych-vrat>
- [8] *Montkovo* [online]. [cit. 2022-05-04]. Dostupné z: <https://www.montkovo.cz/sekcni-vrata>
- [9] *MITCalc* [online]. [cit. 2022-05-05]. Dostupné z: <https://www.mitcalc.com>
- [10] MICHALEC, Jiří. *Pružnost a pevnost I*. 3. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2009. ISBN 978-80-01-04224-3.
- [11] ČSN EN 12385-4 +A1 *Ocelová drátěná lana - Bezpečnost - Část 4: Pramenná lana pro všeobecné účely*. 1.12.2008. 2008.
- [12] *Marek.eu: technický pokyn pro ozubené řemeny 22052 a 22057* [online]. [cit. 2022-05-06]. Dostupné z: <https://www.marek.eu/katalog-obrazku/produkt-25362/60261-22052-22057-technicky-pokyn-pro-ozubene-remeny-cz.pdf>
- [13] *Haberkorn: Pohony ozubenými řemeny* [online]. [cit. 2022-05-08]. Dostupné z: <https://www.haberkorn.cz/pohony-ozubenymi-remeny/>
- [14] *Svět oken: péče o garážová vrata* [online]. [cit. 2022-05-08]. Dostupné z: <https://www.svet-oken.cz/cz/garazova-vrata/pece-o-garazova-vrata.html>
- [15] *Tprom: mechanické vlastnosti ocelí* [online]. [cit. 2022-05-08]. Dostupné z: <http://www.tprom.cz/mechanicke-vlastnosti-oceli>

## 8. Seznam obrázků

obr. 1.: Křídlová vrata [2] .....	6
obr. 2.: Výklopná vrata [3].....	6
obr. 3.: Posuvná vrata [4] .....	7
obr. 4.: Rolovací vrata [4] .....	8
obr. 5.: Sekční vrata [2] .....	9
obr. 6.: Vrstvy lamely [5].....	9
obr. 7.: Lamela garážových vrat [obrázek autora] .....	12
obr. 8.: Ukázka pantu včetně pojezdového kolečka [obrázek autora].....	13
obr. 9.: Vratové křídlo složené ze čtyř lamel spojené pomocí pantů [obrázek autora] .....	13
obr. 10.: Kování [obrázek autora] .....	14
obr. 11.: Tažná pružina bez předpětí včetně pracovního diagramu [9].....	16
obr. 12.: Závěsné oko [9].....	18
obr. 13.: Výpočtový model pro závěsné oko [obrázek autora] .....	18
obr. 14.: Změna geometrie závěsného oka [9] .....	20
obr. 15.: Uchycení pružiny k ocelovým lanům [obrázek autora] .....	21
obr. 16.: Uchycení ocelového lana k vratovému křídlu [obrázek autora] .....	21
obr. 17.: Uchycení konce pružiny s možností nastavení její délky [obrázek autora] .....	22
obr. 18.: Pohon ProMatic 4 [4].....	24
obr. 19.: diagram pro určení profilu řemene [12] .....	26
obr. 20.: Napínací mechanismus ozubeného řemene [obrázek autora] .....	28
obr. 21.: Uchycení řemenice k pohonu [obrázek autora] .....	28
obr. 22.: Schéma uchycení jezdce k řemenu [obrázek autora].....	30
obr. 23.: Jezdec uchycený k ozubenému řemenu [obrázek autora] .....	30
obr. 24.: Spojení křídla vrat s ozubeným řemenem [obrázek autora] .....	31
obr. 25.: Námi navržená garážová vrata [obrázek autora].....	31
obr. 26.: Schéma čepového spoje [obrázek autora] .....	33
obr. 27.: Výpočtový model ohybového napětí v čepu [obrázek autora] .....	34
obr. 28.: Táhl [obrázek autora] .....	35
obr. 29.: Výpočtový model pro výpočet táhla [obrázek autora] .....	35

## 9. Seznam tabulek

Tab. 1.: Materiálové vlastnosti pružinového drátu [9] .....	17
Tab. 2.: Porovnání pohonů společnosti Hörnmann [4].....	23
Tab. 3.: Základní informace o pohonu typu ProMatic 4 [4] .....	23
Tab. 4.: Tabulka pro určení Mspec a Pspec v závislosti na otáčkách [12].....	27
Tab. 5.: Základní parametry ozubené řemenice [13] .....	29
Tab. 6.: Základní parametry ozubeného řemene [13].....	29

## 10. Seznam příloh

Příloha 1: Obrázek celkové sestavy vrat

Příloha 2: Obrázek systému vyvážení vrat

Příloha 3: Obrázek uchycení vrat k ozubenému řemenu