



FAKULTA  
STROJNÍ  
ČVUT V PRAZE

# Ústav konstruování a částí strojů

## Návrh konstrukce vzorkovače obilí

Bakalářská práce

2023

Ondřej PÁTEK

**Studijní program:** B2341 STROJÍRENSTVÍ

**Studijní obor:** 3901R051 Konstruování podporované počítačem

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



## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Pátek** Jméno: **Ondřej** Osobní číslo: **491568**  
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**  
Zadávající katedra/ústav: **Ústav konstruování a částí strojů**  
Studijní program: **Strojírenství**  
Studijní obor: **Konstruování podporované počítačem**

### II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

**Návrh konstrukce vzorkovače obilí**

Název bakalářské práce anglicky:

**Grain sampler construction design**

Pokyny pro vypracování:

1. Vypracujte rešerši vzorkovačů pro odebrání sypkých materiálů
2. Proveďte návrhy konstrukčních variant
3. Vyberte nejvýhodnější variantu
4. Vypracujte návrh zvolené varianty formou 3D modelu a vybraných 2D výkresů
5. Konstrukční řešení podpořte návrhovými a kontrolními výpočty vybraných uzlů

Seznam doporučené literatury:

ŠVEC, V.: Části a mechanismy strojů. Spoje a části spojovací. Praha: ČVUT, 2008.  
BOLEK, A.; KOCHMAN, J. a kol.: Technický průvodce, Části strojů, Praha. SNTL, 1989.  
ČSN EN ISO 24 333, Obiloviny a výrobky z obilovin - Vzorkování, 1. vyd. Praha - ÚNMZ, říjen 2010.  
Katalogy výrobců, internetové zdroje.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

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

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

Datum zadání bakalářské práce: **12.04.2023** Termín odevzdání bakalářské práce: **05.08.2023**

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

Ing. Eliška Cézová, Ph.D.  
podpis vedoucí(ho) práce

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

doc. Ing. Miroslav Španiel, CSc.  
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



### **ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ**

Tímto prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem Návrh konstrukce vzorkovače obilí vypracoval samostatně pod vedením Ing. Elišky Cézové, Ph.D., s použitím literatury uvedené na konci bakalářské práce v seznamu použité literatury.

V Praze dne: .....

Podpis: .....



## **PODĚKOVÁNÍ**

Velmi rád bych zde poděkoval vedoucí mé bakalářské práce Ing. Elišce Cézové, Ph.D. za odborný dohled, vedení, ochotu a čas, který mi věnovala během psaní této bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval své rodině za podporu ve studiu i při psaní bakalářské práce.

## ANOTAČNÍ LIST

Jméno autora:	Ondřej Pátek
Název BP:	Návrh konstrukce vzorkovače obilí
Anglický název:	Grain sampler construction design
Rok:	2023
Studijní program:	B2341 Strojírenství
Obor studia:	3901R051 Konstruování podporované počítačem
Ústav:	Ústav konstruování a částí strojů
Vedoucí BP:	Ing. Eliška Cézová, Ph.D.
Bibliografické údaje:	Počet stran 42 Počet obrázků 41 Počet příloh 6
Klíčová slova:	vzorkovač, návrh, koncepční návrh, konstrukce, strojní vzorkovač, obilí, sonda, model, výpočty
Keywords:	Sampler, design, conceptual design, construction, machine sampler, grain, probe, model, calculations
Anotace:	Bakalářská práce se zabývá návrhem konstrukce vzorkovače na obilí. Podle rešerše je navržen koncepční návrh, který je poté rozpracován do konkrétního konstrukčního řešení. Řešení se opírá o návrhové a konstrukční výpočty. Dále je vypracován 3D model, který je použit pro zpracování výkresové dokumentace.
Annotation:	The bachelor's thesis deals with the design of a machine grain sampler. A conceptual design is worked out according to the theoretical part. This design is then developed into a specific solution, which is based on calculations. Additionally, a 3D model is made and is used for processing drawing documentation and visualisation.

## Obsah

<b>1. Úvod .....</b>	<b>1</b>
<b>2. Teoretická (metodická) část práce .....</b>	<b>2</b>
<b>2.1. Ruční vzorkovače .....</b>	<b>2</b>
2.1.1. Vzorkovací kopí .....	2
2.1.2. Spirálový vrták .....	3
2.1.3. Lenzova sonda .....	3
2.1.4. Trubkový vzorkovač pro odběr z pytlů .....	4
2.1.5. Trubkový vzorkovač s plnou špičkou a podélným výřezem .....	4
2.1.6. Náběrová lopatka .....	5
<b>2.2. Strojní vzorkovače .....</b>	<b>5</b>
2.2.1. Odběrové sondy pro strojní vzorkovače .....	5
2.2.1.1. Jednoduché sání .....	5
2.2.1.2. Zdvojené sání .....	6
2.2.1.3. Spirálový odběr .....	6
2.2.2. Typy strojních vzorkovačů .....	7
2.2.2.1. Sloupový strojní vzorkovač .....	7
2.2.2.2. Mostový strojní vzorkovač .....	8
2.2.2.3. Portálový strojní vzorkovač .....	9
2.3. Proces vzorkování sypkého materiálu .....	9
<b>3. Praktická část práce .....</b>	<b>10</b>
<b>3.1. Koncepční návrh .....</b>	<b>10</b>
3.1.1. První koncepční návrh .....	10
3.1.1.1. Vozík .....	11
3.1.1.2. Rameno vzorkovače .....	11
3.1.1.3. Sloup .....	11
3.1.1.4. Konzoly .....	11
3.1.2. Druhý koncepční návrh .....	12
<b>3.2. Návrh ramene vzorkovače .....</b>	<b>12</b>
3.2.1. Návrhové výpočty jeklů a lan .....	13
3.2.2. Návrhové výpočty čepů zajišťujících lana .....	20
3.2.3. Návrhové výpočty a volba řemenic, řemene a motoru .....	22
3.2.4. Rekapitulace a souhrn dosavadních zvolených součástí pro rameno .....	24
3.2.5. 3D model ramene .....	25
<b>3.3. Návrh vozíku vzorkovače .....</b>	<b>26</b>
3.3.1. Konstrukce vozíku .....	26
3.3.2. Rolny vozíku vzorkovače .....	27
3.3.3. Upínací desky .....	27
3.3.4. Rekapitulace a souhrn dosavadních zvolených součástí pro vozík .....	28
3.3.5. 3D model vozíku .....	28
<b>3.4. Návrh sloupu .....</b>	<b>29</b>
3.4.1. Volba pohonu pro otáčení sloupu .....	29
3.4.2. Volba elektromotoru pohánějícího otočný pohon .....	31



3.4.3.	Návrh svaru .....	32
3.4.4.	Rekapitulace a souhrn dosavadních zvolených součástí pro sloup .....	33
3.4.5.	3D model sloupu .....	34
4.	Závěr .....	35
	SEZNAM ZKRATEK A SYMBOLŮ .....	36
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....	39
	SEZNAM OBRÁZKŮ .....	41
	SEZNAM TABULEK .....	42
	SEZNAM PŘÍLOH .....	42

## 1. Úvod

Vzorkovač na odebrání sypkých směsí je zařízení používané k odebrání vzorků sypkých směsí, jako jsou například obiloviny, práškové látky nebo kamenivo. Vzorkování je proces předcházející laboratorním, nebo mechanickým rozborům. Vzorkovače se používají k měření kvality sypkých směsí, ke kontrole zásob nebo k výzkumu a vývoji nových produktů. Jestliže by odběr vzorku nebyl proveden správně, rozbor vzorků by nemusely být důvěryhodné. Pro odběr vzorku je tedy potřeba zajistit, aby odebraná část byla přiměřená k průměrnému složení dodávky sypkého materiálu. Aby byly laboratorní výsledky co nejvíce shodné se skutečnými vlastnostmi dodaného materiálu, musí se odebrat větší objem zrn, než je potřeba z více různých míst. Dopravovaná zrna navíc nesměli být nijak poškozena, či kontaminována. Dodání nevhodného vzorku může zkompromitovat celé měření.

K samotnému vzorkování se užívají ruční a strojní zařízení. Ruční se užívají u menších objemů, nebo při minimálním používání. Strojní vzorkovače se užívají, když je třeba otestovat větší objemy. Největší využití strojních vzorkovačů můžeme pozorovat tam, kde se materiál přiváží, je tzv. volně ložený a testuje se z koreb nákladních vozidel, přívěsů, nebo železničních vagonů.

Cílem této bakalářské práce je zvolení a návrh konstrukce strojního vzorkovače obilí. Nejdříve bude tedy vypracován koncepční návrh a poté konkrétní konstrukční řešení, které se bude opírat o návrhové a konstrukční výpočty vybraných uzlů. Dále bude vypracován 3D model navržené konstrukce vzorkovače, který napomůže zpracování výkresové dokumentace.



## 2. Teoretická (metodická) část práce

Vzorkovače se mohou dělit do více skupin, a to dle způsobu odběru sypkého materiálu na ruční a strojní. Strojní vzorkovače se mohou dále dělit dle konstrukce a principu odebírání materiálu. Jednotlivá řešení mají své klady i zápory a odlišují se cenou i efektivitou, s kterou pracují. Je proto velmi důležité zvolit pro dané použití to nejlepší řešení. Základními parametry pro výběr správného řešení mohou být cena, konstrukční řešení, velikost vzorkovaného materiálu, frekvence odběrů, nebo místo použití.

### 2.1. Ruční vzorkovače

Odebírání vzorků ručně je nejjednodušším řešením a je prováděno pomocí vzorkovacích tyčí. Toto řešení je levné a vhodné k odebírání vzorků z menších objemů (například pytlů). Zařízení je mobilní, materiál se tudíž nemusí dopravovat k zařízení. Výhodné použití může být například ve skladech, kde se může velmi obtížně manipulovat se strojním zařízením. Zpravidla jsou vyráběny z nerezových ocelí nebo slitin hliníku. V případě nerezových ocelí jsou vzorkovače pevné, ale také velmi těžké. Při použití delšího provedení vzorkovače tak může být manipulace s ním náročná. V takových případech se užívají slitiny hliníku. [4], [5]

#### 2.1.1. Vzorkovací kopí

Vzorkovací kopí, které může být viděno na obrázku 1, se užívá při lokálním a náhodném odběru vzorku v horizontálním směru. Většinou je užíváno na materiál, který je snadno prostupný, aby se kopí dalo lehce zatlačit do materiálu. Není s ním tudíž možné vzorkovat vlhký, pastovitý nebo soudržný materiál. Obvykle se odebírá vzorek o objemu okolo 500 ml a může být dále okamžitě zpracován. Obvykle je používáno na odběr zrní, chemikálií, písku, popílku apod.

Vzorkovací kopí se vsune do sypkého materiálu a v požadované hloubce (množství vzorku, který chceme odebrat, je přizpůsoben objem vzorkovnice) se tahem za táhlo odkryje odběrný otvor. Sypký materiál se otvorem vsype do otvoru vzorkovnice a vzorkovací kopí se může vyjmout z materiálu. Dále se odšroubuje spodní část hlavice a vzorek se může přesypat pro další zpracování.

Výhodou je snadná manipulace a poměrně snadný a rychlý odběr vzorku. Nevýhodou je menší přesnost a shodnost odebraného materiálu s celkovým množstvím, tudíž se tento odebraný vzorek nemusí považovat za vhodný (pro větší přesnost by se muselo takto připravit více vzorků). [5]



Obrázek 1:  
Vzorkovací kopí  
[5]

### 2.1.2. Spirálový vrták

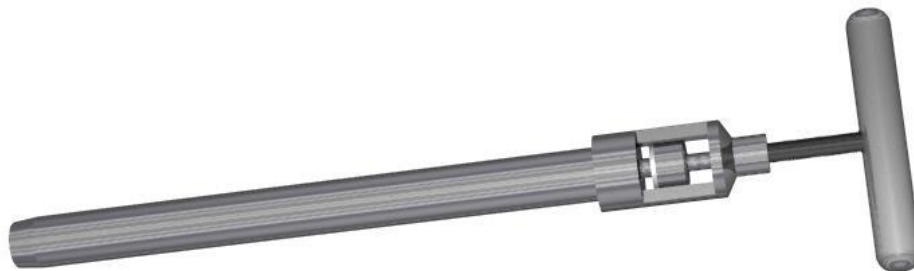
Spirálový vrták se skládá z ocelové trubice, ve které je Archimédův šnek. Ten je konstruován tím způsobem, aby mohl odebírat svíslé jádro po celé hloubce materiálu. Vrták postupně proniká do materiálu a v drážce šneku zachytává vzorek. Po vytažení zařízení z materiálu vzorek zůstává v ocelové trubce a odsype se do vzorkovnice. [5]

### 2.1.3. Lenzova sonda

Použití je velmi podobné jako u vzorkovacího kopí. Vzhledem k malému průměru sondy se po zasunutí do vzorkovaného materiálu odebíraný vzorek udrží uvnitř sondy. Po vyjmutí sondy se z ní vysype. Používá se na odběr sypkého písku, bentonitu, strusky, popílku a sypkých materiálů v potravinářském a chemickém průmyslu.

Před samotným vzorkováním je potřeba pootočením rukojeti otevřít horní uzávěr těla trubky. Lenzova sonda se zatlačí do materiálu a opětovným pootočením rukojeti se uzávěr uzavře a materiál zůstane uvnitř sondy. Následně se sonda vyjme z vzorkovaného materiálu a po otevření uzavíracího ventilu se může vzorek dále zpracovat.

Výhodou je rychlé a snadné získání lokálního vzorku. Nevýhodou je menší spolehlivost a přesnost vzorku. Sondu lze vidět na obrázku 2. [5]



Obrázek 2: Lenzova sonda [5]

#### **2.1.4. Trubkový vzorkovač pro odběr z pytlů**

Používá se na odběr sypkých vzorků přímo z pytlů převážně v horizontálním směru. Tímto způsobem se dají odebírat vzorky zrní, písku, sypkých chemikálií a popílku.

Sonda trubkového tvaru s kuželovou špicí se zapíchne přímo do vzorkovaného materiálu, třeba i v uzavřeném pytli. Posléze sypký materiál začne samovolně propadávat otvorem v kuželové špičce do dutiny sondy. Dutina je na konci uzavřena a po vyplnění dutiny se trubkový vzorkovač vytáhne ze vzorkovaného materiálu. Konstrukce trubkového vzorkovače pro odběr z pytlů je patrná z obrázku 3. [5]



*Obrázek 3: Trubkový vzorkovač pro odběr z pytlů [5]*

#### **2.1.5. Trubkový vzorkovač s plnou špičkou a podélným výřezem**

Tento vzorkovač je zobrazen na obrázku 4 a funguje na stejném principu jako trubkový vzorkovač pro odběr z pytlů. Používá se pro horizontální odběr sypkých a zrnitých materiálů.

Vzorkovač se zasune do vzorkovacího materiálu otvorem obráceným dolů. Se vzorkovačem se posléze otočí o 180° a z materiálu se vytáhne. [5]



*Obrázek 4: Trubkový vzorkovač s plnou špičkou a podélným výřezem [5]*

### 2.1.6. Náběrová lopatka

Je to nejjednodušší a také nejméně přesný způsob odběru sypkých vzorků. Na obrázku 5 je možné vidět tyto náběrové lopatky. [5]



Obrázek 5: Náběrové lopatky [5]

## 2.2. Strojní vzorkovače

Strojní zařízení má rozsáhlé použití především u vzorkování při převozu materiálu. Díky nim je odběr možné provést snadněji, rychleji a také bezpečněji. Oproti ručním vzorkovačům mají ovšem mnohonásobně vyšší cenu.

### 2.2.1. Odběrové sondy pro strojní vzorkovače

Odběrové sondy strojních vzorkovačů se zásadně liší od ručních v principu, jakým vzorek nabírají. V tomto případě se vzorek odebere a odešle automaticky do laboratoře. Valná většina odběrových sond strojních vzorkovačů pracuje na principu postupného zasouvání sondy do vzorkovaného materiálu a při tom kontinuálního odběru vzorku.

#### 2.2.1.1. Jednoduché sání

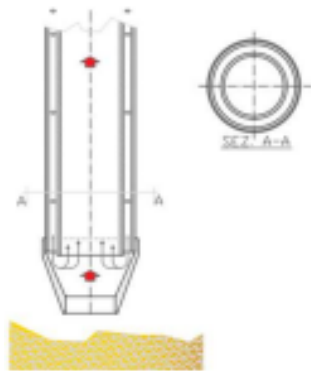
Tělo sondy tvoří tenkostěnná trubka nejčastěji vyrobená z nerezové oceli. Často je opatřena kuželovým koncem, aby lépe vnikala do materiálu. Otvory pro odebrání materiálu jsou situovány po bocích sondy na válcové ploše. Součástí zařízení je poté i sací turbína, která se stará o podtlak potřebný k odběru a dopravě sypkého materiálu. Obrázek 6 znázorňuje konstrukci sondy s jednoduchým sáním. [3]



Obrázek 6: Sonda s jednoduchým sáním [2]

### 2.2.1.2. Zdvojené sání

Zdvojené sání vychází z principu jednoduchého sání. Samotná sonda se skládá z mezikruží (soustředné vnější a vnitřní trubky). Zakončení sondy je taktéž upraveno pro optimální vnikání do materiálu. Vnější trubkou je vháněn vzduch, zatímco vnitřní trubkou je odsáván vzorek materiálu. Obrázky 7 a 8 znázorňují princip a konstrukci sondy se zdvojeným sáním. [2]



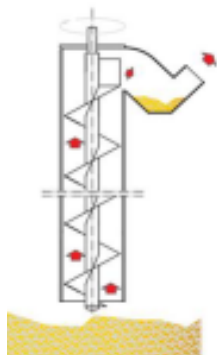
Obrázek 7: Princip zdvojeného sání [3]



Obrázek 8: Sonda se zdvojeným sáním [2]

### 2.2.1.3. Spirálový odběr

Spirálový odběr funguje na principu šnekového dopravníku. Vzorek je za pomoci šneku vertikálně dopraven do prostoru, odkud je dále nasáván potrubím pomocí sacího zařízení až na místo určení. Tento způsob vyžaduje použití elektropohonu, který pohání šnek. Na obrázcích 9 a 10 je patrný princip a provedení sondy se spirálovým odběrem vzorku.



Obrázek 9: Princip spirálového odběru [3]



Obrázek 10: Sonda se spirálovým odběrem [2]

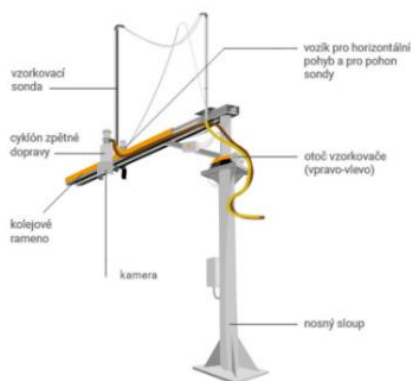
## 2.2.2. Typy strojních vzorkovačů

Každá společnost, která nabízí strojní vzorkovače, nabízí trochu jiné provedení a snaží se tak odlišit. Proto je konstrukčních řešení strojních vzorkovačů velké množství. V zásadě je ale můžeme rozdělovat na tři skupiny.

### 2.2.2.1. Sloupový strojní vzorkovač

Jedná se o konstrukčně nejjednodušší řešení strojních vzorkovačů. Zařízení je uloženo na jedné stojině, která je ukotvena do betonového podkladu. Na stojinu je připevněno rameno, které nese samotnou vzorkovací sondu. Tyto ramena umožňují naklápěcí a otočný pohyb samotné sondy. U některých konstrukčních řešení se otočný pohyb realizuje pomocí otáčení celé stojiny. Dále pak mohou některá zařízení disponovat teleskopickým ramenem, tudíž délka ramene se může měnit dle potřeby. Vzorkovací sonda může být situována na samotném konci ramene vzorkovacího zařízení, nebo může být umístěna na vozíku, který pojíždí po rameni.

Výhodami tohoto konstrukčního řešení jsou malý požadavek na místo, rychlá instalace, menší množství komponent a cenová dostupnost. Nevýhodou je omezená pracovní plocha daná rozměry ramene. Tato pracovní plocha má tvar kružnice, což u vzorkování například z nákladních automobilů není optimální. Navíc při vzorkování z vozidla s více přívěsy je většinou vyžadován posun vozidla během vzorkování. Z těchto důvodů můžeme usoudit, že se jedná o řešení pro menší objemy vzorkovaného materiálu. Na obrázcích 11 a 12 jsou patrné provedení sloupového strojního vzorkovače. [1]



Obrázek 11: Sloupový vzorkovač firmy Biopro [7]



Obrázek 12: Sloupový vzorkovač firmy Stork [1]

### 2.2.2.2. Mostový strojný vzorkovač

Zařízení je nesenou většinou dvěma (ale může i více) stojinami ukotvenými v betonovém podkladu. Mezi těmito stojinami je uložen nosník, který zároveň funguje jako kolejnice, po které se pohybuje vozík s ramenem. V případě pevného ramene může být na rameni umístěn další vozík nesoucí sondu, jako u sloupového vzorkovače. V dalším případě může být sonda umístěna na konec teleskopického naklápěcího ramene.

Toto konstrukční řešení má hlavně výhodu větší pracovní plochy. Tudíž není problém obsloužit i vozidla s více přívěsy. Toto řešení je také mnohem lépe uzpůsobeno tvaru korb vozidel a přívěsů. Hlavní nevýhodou tohoto řešení je ovšem větší množství komponent a ztlačně větší hmotnost celé soustavy. Složitější konstrukce a více dílů se tedy pochopitelně projeví i na ceně zařízení. Z obrázků 13 a 14 jsou patrné mostové vzorkovače s hydraulickým ramenem. [6]



Obrázek 13: Mostový vzorkovač firmy Stork [6]



Obrázek 14: Mostový vzorkovač firmy Stork [8]

### 2.2.2.3. Portálový strojní vzorkovač

Portálové strojní vzorkovače mají nejsložitější provedení. Zařízení je neseno několika sloupy, na kterých jsou uloženy nosníky s kolejnicemi pro další nosník. Na tomto nosníku se pohybuje vozík se sondou. Toto řešení se volí v případech velmi vysoké vytiženosti vzorkovače. Jednou z největších výhod tohoto řešení je odstranění klopného momentu přenášeného ramenem do stojin. To má za následek možnost dosáhnouti daleko větší pracovní plochy vzorkovače. Hlavními nevýhodami jsou masivní konstrukce, vysoká cena a znemožnění užití tzv. dvoutraťového vzorkování. Konstrukce portálových strojních vzorkovačů je patrná z obrázků 15 a 16. [9]



Obrázek 15: Portálový vzorkovač firmy Stork [9]



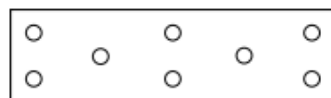
Obrázek 16: Portálový vzorkovač firmy Stork [9]

### 2.3. Proces vzorkování sypkého materiálu

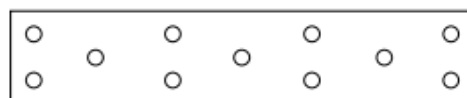
Proces vzorkování je normalizovaný, a proto nemůže být zcela náhodný. Rozmístění vzorkovacích bodů na korbách nebo přívěsech nákladních automobilů je popsáno normou ČSN EN 24 333. Rozmístění těchto vzorkovacích bodů dle hmotnosti vzorkovaného materiálu znázorňuje obrázek 17. [17]



**do 15 t**



**15-30 t**



**30-500 t**

Obrázek 17: Místa odběru vzorků [17]



### 3. Praktická část práce

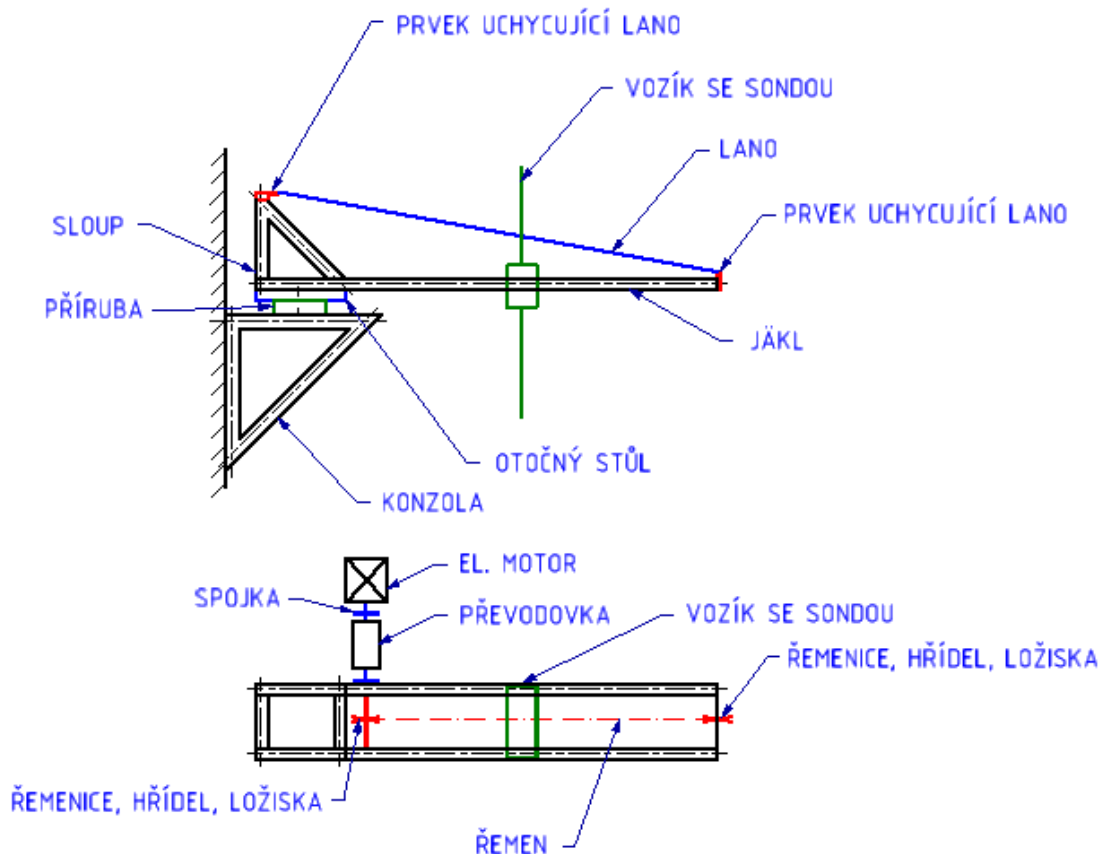
Na základě teoretické části jsou k dispozici výchozí parametry a nejvyužívanější řešení. Známa je metoda dopravy a odběru zrna. Také jsou k dispozici informace o rozměrech pracovní plochy vzorkovače, které jsou přímo úměrné velikosti nákladových prostorů přepravního vozidla. Nyní je tedy možné začít se samotným návrhem zařízení.

#### 3.1. Koncepční návrh

V této kapitole je proveden koncepční návrh vzorkovače. Přiloženy jsou i základní schémata a náčrty. V těchto schématech a náčrtech jsou pojmenovány všechny části konstrukce. S ohledem na vybraný koncepční návrh jsou dále provedeny konstrukční návrhy, potřebné výpočty a vytvoření technické dokumentace pro jednotlivé komponenty vzorkovače.

##### 3.1.1. První koncepční návrh

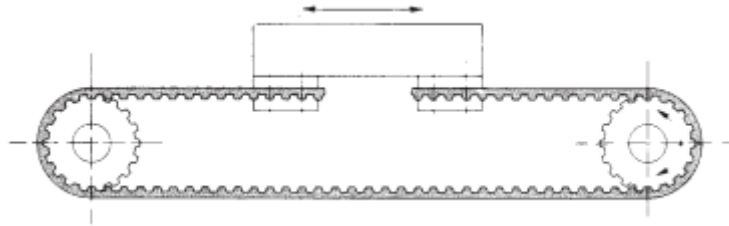
Schéma na obrázku 18 znázorňuje první koncepční návrh vzorkovače.



Obrázek 18: Schéma prvního koncepčního návrhu vzorkovače [Autor]

### 3.1.1.1. Vozík

Hlavním úkolem vozíku je nést sondu pro odběr vzorku se všemi příslušnými komponenty a elektropohony potřebnými pro chod sondy. Tudiž musí být vytvořena platforma, která umožní pojmout všechny prvky. Vozík se také musí pohybovat po jeklech pomocí elektromotoru, aby umožnil sběr vzorku z potřebných míst. Samotný pohyb je zajištěn ozubeným řemenem uchyceným k vozíku. Řemen je poháněn řemenicemi uchycenými v rameni vzorkovače. [11] Na obrázku 19 je vyobrazen princip pohybu vozíku. Ten je usazen na rolnách uzpůsobených pro pohyb po jeklech.



Obrázek 19: Princip pohonu vozíku [11]

### 3.1.1.2. Rameno vzorkovače

Rameno je utvořeno z dvou větví normalizovaných profilů obdélníkového průřezu. Normalizované profily zajišťují odlehčení celé konstrukce oproti plným profilům. K profilům jsou přimontovány řemenice s ložisky pro pohon vozíku. Rameno dále nese elektromotor, který pohání jednu z řemenic (blíže ke sloupu), převodovku a další prvky potřebné pro provoz. Aby byl snížen ohybový moment a průhyb ramene, bude vzdálený konec ramene od sloupu uchycen k horní části sloupu pomocí lan.

### 3.1.1.3. Sloup

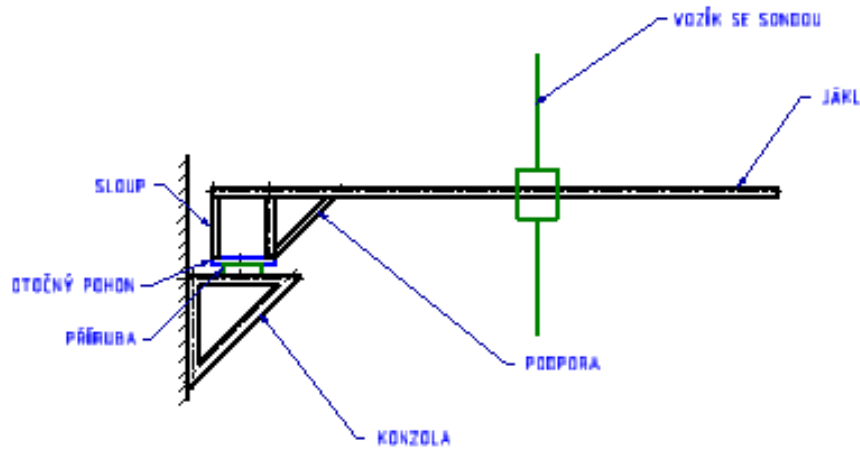
Ke sloupu je za pomoci lan připevněno rameno. Kvůli uchycení lan je sloup vyvýšen. Tvoří jej svařené normalizované profily. Ve spodní části je sloup za pomoci příruby upevněn k otočnému pohonu, díky kterému se sloup a celý vzorkovač může otáčet.

### 3.1.1.4. Konzoly

Zařízení jako celek je usazeno na dvou konzolách ukotvených do zdi. Stejně jako u sloupu je na konzolách připevněna příruba pro spojení s otočným pohonem. Konzoly jsou opět svařeny z normalizovaných profilů.

### 3.1.2. Druhý koncepční návrh

Na obrázku 20 je možné vidět schéma druhého koncepčního návrhu vzorkovače.



Obrázek 20: Schéma druhého koncepčního návrhu vzorkovače [Autor]

Druhý koncepční návrh se od prvního liší způsobem podpory ramena. Zatímco u prvního návrhu je druhý neupevněný konec ramene zavěšen lany za sloup, u druhého návrhu je užitá podpora. Samotná podpora by měla dvě funkce. První funkcí by byla podpora ramena a druhou funkcí by byl prostor, kam zakomponovat a snáze upevnit elektromotor, převodovku a další potřebné prvky pro pohon vozíku.

Protože první koncepční návrh má způsob, jak podepřít rameno v celé délce a druhý koncepční návrh ne, dále bude analyzována první varianta koncepčního návrhu. Výsledná forma a princip zařízení se mohou lišit od prvně zamýšlené varianty, nicméně tato varianta bude uvažována jako výchozí.

### 3.2. Návrh ramene vzorkovače

V předchozí kapitole bylo rozhodnuto, že se rameno sestává ze dvou ocelových jeklů, které jsou na konci uchyceny lany. Jekly jsou voleny namísto tyčí, aby byla snížena hmotnost celé konstrukce. Obecně jsou jekly vyráběny s velkými mezními úchytkami rozměrů (u tloušťky až 10 %). [12] Konstrukce může být také vystavena vnějším vlivům, pokud nebude vzorkovač instalován v krytém prostředí. Dále se pak pod konstrukcí mohou pohybovat lidé, např. obsluha. Z těchto důvodů je zapotřebí konstrukci navrhovat s vyšším bezpečnostním koeficientem, ten tedy volím  $k = 3$ . Jelikož standardní šíře přepravních automobilů a kontejnerů je pod 2,5 m, volím délku ramene 3,5 m. [10] Tato hodnota je délkou samotného ramene. Od zdi bude rameno vzdáleno konzolou, tudíž by měl být prostor pod vzorkovačem dostatečně manévrovatelný např. pro nákladní auto. Předběžně odhadovaná hmotnost vozíku je  $m_v = 100 \text{ kg}$ . Předpoklad tedy je, že na každou větev vzorkovače bude působit síla  $F_v = 500 \text{ N}$ . Dále je zvolena výška uchycení lan na sloupu  $h = 1 \text{ m}$ . Nelze také zanedbat zatížení vlastní tíhou samotných jeklů  $q_0$ . Prozatím nejsou známy rozměry jeklu, proto bude zatížení přepočítáváno pro každý volený profil.

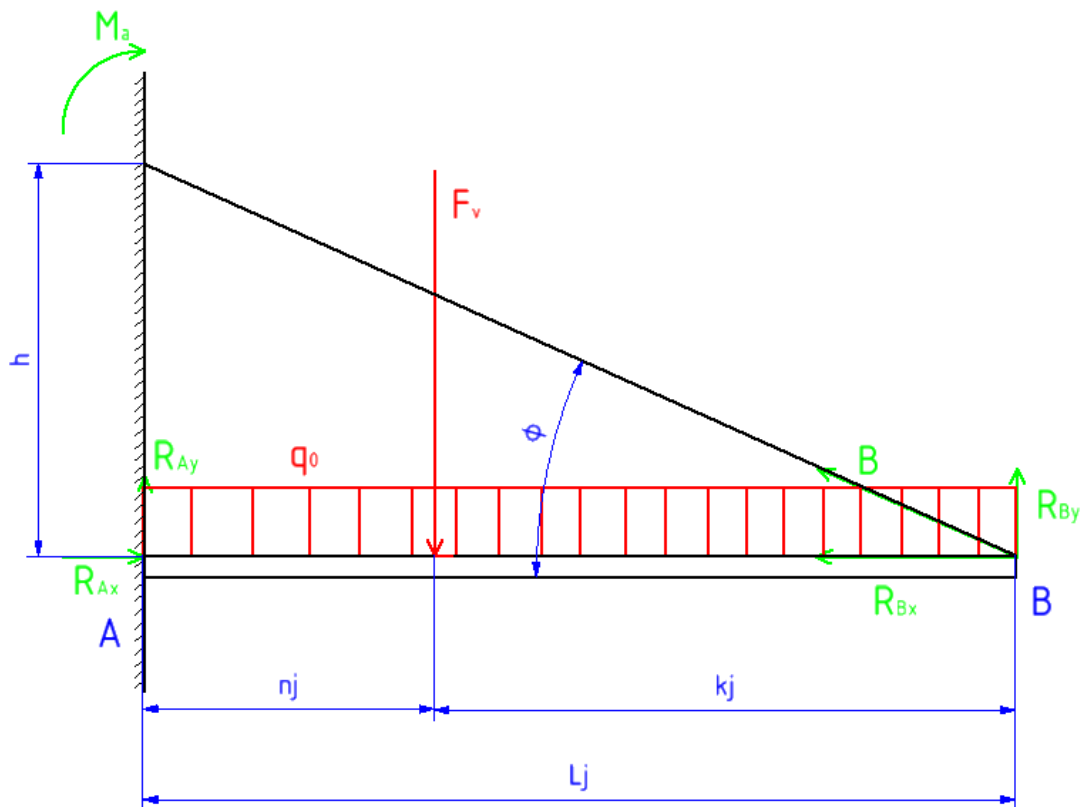
### 3.2.1. Návrhové výpočty jeklů a lan

Znamé veličiny z předchozí kapitoly:

$$k = 3; L_j = 3500 \text{ mm}; F_v = 500 \text{ N}; h = 1000 \text{ mm}$$

Rameno vzorkovače si lze představit jako nosník. Ten je vlevo přivařen ke sloupu, tudíž tato vazba může být považována za vetknutí. Napravo je nosník uchyten lanem, zde je tedy zavedena reakce od lana B.

**Uvolnění nosníku:**



Obrázek 21: Uvolnění nosníku [Autor]

**Rovnice rovnováhy:**

$$x: R_{Ax} - B \cdot \cos \phi = 0 \quad (1)$$

$$y: R_{Ay} - F_v - q_0 \cdot L_j + B \cdot \sin \phi = 0 \quad (2)$$

$$M_A: -M_A - F_v \cdot n_j - \frac{q_0 \cdot L_j^2}{2} + B \cdot \sin \phi \cdot L_j = 0 \quad (3)$$

Ve 3 nezávislých rovnicích jsou 4 neznámé:  $R_{Ax}$ ;  $R_{Ay}$ ;  $M_A$ ;  $B$ . Z toho vyplývá, že úloha je 1x staticky neurčitá – 1x SNÚ, proto musí být zavedena deformační podmínka.

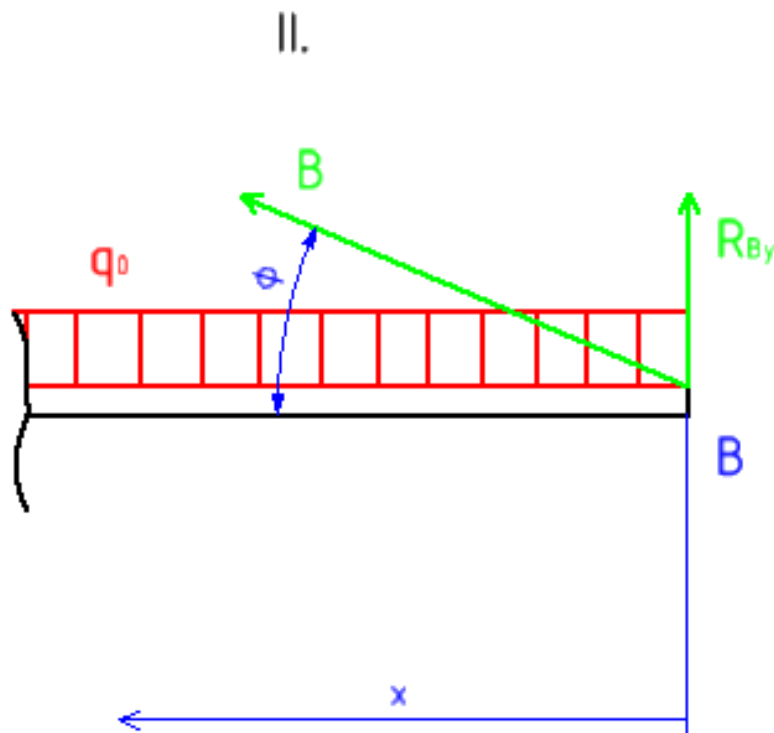
**Deformační podmínka:**

Prodloužení lana v bodě B ve směru y je rovno průhybu nosníku v daném bodě. Deformační podmínka může být tedy zapsána jako:

$$v_B = \Delta l_{Ly} = \frac{B \cdot \sin \phi \cdot L_L}{E_L \cdot S_L} \quad (4)$$

**Určení momentů v polích nosníku:**

Pole II. zprava; kde  $x \in \langle 0; k_j \rangle$



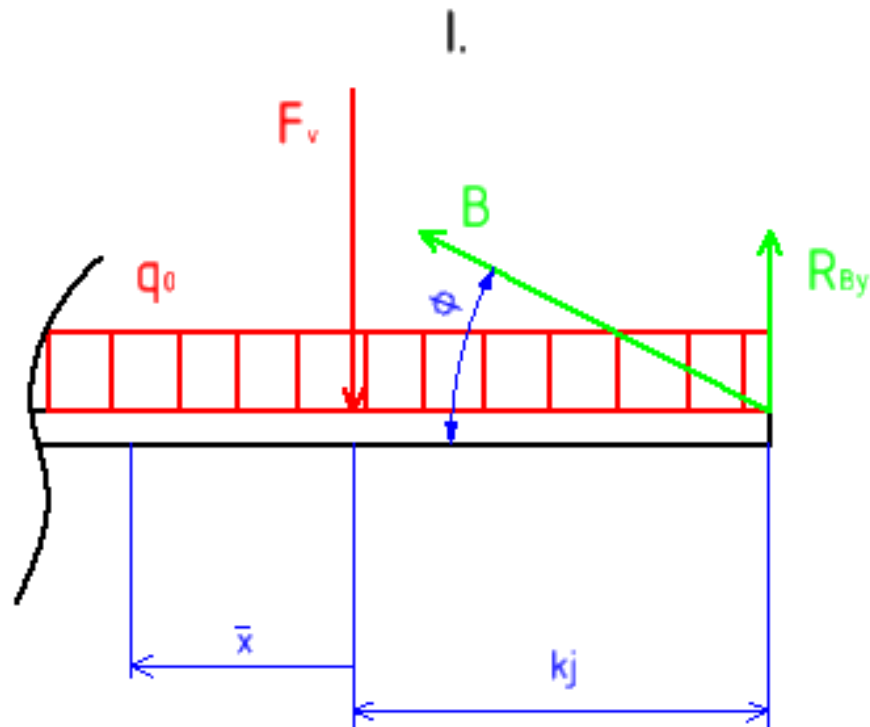
Obrázek 22: Určení momentů v poli II. [Autor]

$$T_{II}(x) = q_0 \cdot x - B \cdot \sin \phi \quad (5)$$

$$M_{oII}(x) = B \cdot \sin \phi \cdot x - q_0 \cdot \frac{x^2}{2} \quad (6)$$

$$m_{oII}(x) = x \cdot „1“ \quad (7)$$

Pole I. zprava; kde  $\bar{x} \in \langle k_j; L_j \rangle$



Obrázek 23: Určení momentů v poli I. [Autor]

$$T_I(\bar{x}) = F_v + q_0 \cdot (\bar{x} + k_j) - B \cdot \sin \phi \quad (8)$$

$$M_{oI}(\bar{x}) = B \cdot \sin \phi \cdot (\bar{x} + k_j) - F_v \cdot \bar{x} - q_0 \cdot \left( \frac{\bar{x}^2 + k_j^2}{2} + k_j \cdot \bar{x} \right) \quad (9)$$

$$m_{oI}(\bar{x}) = \bar{x} \cdot „1“ \quad (10)$$

**Mohrův integrál:**

$$v_B = \frac{1}{E_j \cdot J_{zj}} \cdot \left\{ \int_0^{k_j} M_{oI}(x) \cdot m_{oI}(x) dx + \int_{k_j}^{L_j} M_{oII}(\bar{x}) \cdot m_{oII}(\bar{x}) d\bar{x} \right\} \quad (11)$$

**Dosazení momentů:**

$$\begin{aligned}
 v_B = \frac{1}{E_j \cdot J_{zj}} \cdot \left\{ \int_0^{k_j} \left( B \cdot \sin \phi \cdot x - q_0 \cdot \frac{x^2}{2} \right) \cdot x \, dx + \right. \\
 \left. + \int_{k_j}^{L_j} \left( B \cdot \sin \phi \cdot (\bar{x} + k_j) - F_v \cdot \bar{x} - q_0 \right) \cdot \left( \frac{\bar{x}^2 + k_j^2}{2} + k_j \cdot \bar{x} \right) \cdot \bar{x} \, d\bar{x} \right\} = \\
 = \frac{B \cdot \sin \phi \cdot L_L}{E_L \cdot S_L}
 \end{aligned} \tag{12}$$

Jedinou neznámou v rovnici po dosazení momentů je reakce B. Po integraci a upravení rovnice je již možné vyjádřit neznámou B. Kvůli rozsáhlosti výpočtů v rovnicích budou úpravy vynechány až do finální podoby vztahu, která je vidět níže.

$$B = \frac{\frac{(3 \cdot L_j^4 + 8 \cdot k_j \cdot L_j^3 + 6 \cdot k_j^2 \cdot L_j^2 - 17 \cdot k_j^4) \cdot q_0 + 8 \cdot F_v \cdot L_j^3 - 8 \cdot F_v \cdot k_j^3}{24 \cdot E_j \cdot J_{zj}} + \frac{q_0 \cdot k_j^4}{8 \cdot E_j \cdot J_{zj}}}{\frac{(8 \cdot L_j^3 + 12 \cdot k_j \cdot L_j^2 - 20 \cdot k_j^3) \cdot \sin \phi}{24 \cdot E_j \cdot J_{zj}} + \frac{\sin \phi \cdot k_j^3}{3 \cdot E_j \cdot J_{zj}} - \frac{\sin \phi \cdot L_L}{S_L \cdot E_L}} \tag{13}$$

[18]

**Průřezový modul v ohybu:**

Díky rovnici 13 již lze dopočítat neznámou sílu B v laně a postupně dosadit do rovnic rovnováhy. Dále mohou být určeny průběhy ohybových momentů na rameni nosníku. Pro další pokračování návrhu je zapotřebí najít případ, kdy je dosaženo na rameni největšího ohybového momentu -  $M_{o(max)}$ .

Potřebný modul průřezu v ohybu může být získán z dimenzovací podmínky.

$$\sigma_{o(max)} = \frac{M_{o(max)}}{W_{oj}} \leq \sigma_D; \text{ kde } \sigma_D = \frac{\sigma_{kj}}{k} \tag{14}$$

Vztah pro modul průřezu v ohybu bude získán vyjádřením z rovnice 14.

$$W_{oj} \geq \frac{M_{o(max)} \cdot k}{\sigma_{kj}} \tag{15}$$

Po dosazení a vypočtení modulu průřezu v ohybu byla zvolena nejbližší vyšší hodnota z dostupných hodnot normy ČSN EN 10219-1, a tím byly dosaženy reálné parametry profilu pro rameno vzorkovače.

### Exaktní řešení:

Vzhledem k rozsáhlosti výpočtů a množství vstupních parametrů jsou zde všechny vztahy vyjádřeny pouze obecnou formou. Konkrétní číselné řešení je uvedeno v příloze 1 (MS Excel). Příloha 1 se dá shrnout třemi tabulkami.

*Tabulka 1: Vstupní parametry [Autor]*

k [1]	h [mm]	$L_j$ [mm]	$F_v$ [N]
3	1000	3500	500

*Tabulka 2: Zvolené parametry [Autor] [12]*

$d_L$ [mm]	$E_L$ [ $\frac{N}{mm^2}$ ]	$k_j$ [mm]	$m_j$ [ $\frac{kg}{m}$ ]	$E_j$ [ $\frac{N}{mm^2}$ ]	$J_{zj}$ [mm <sup>4</sup> ]	$\sigma_{kj}$ [ $\frac{N}{mm^2}$ ]
5	210000	2450	6,366	210000	1706666,667	235

*Tabulka 3: Vypočtené parametry [Autor]*

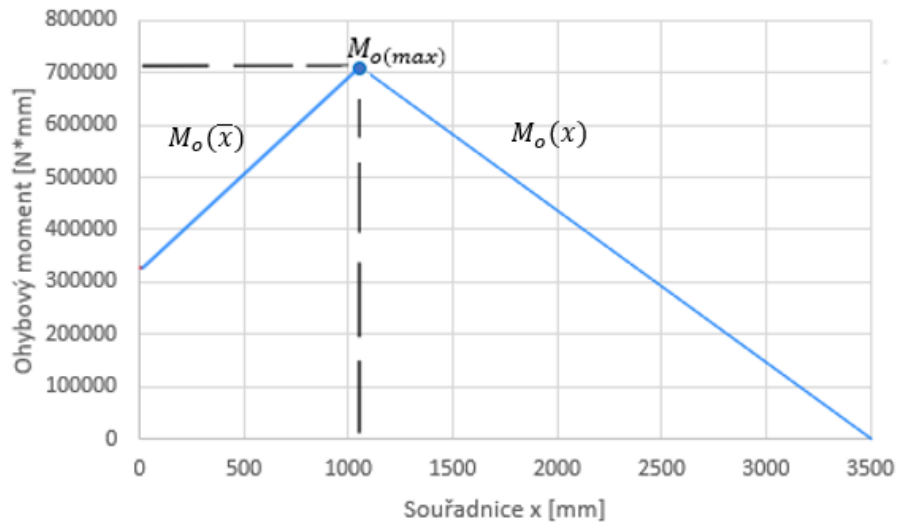
$q_0$ [ $\frac{N}{mm}$ ]	$\phi$ [rad]	$n_j$ [mm]	$L_L$ [mm]	$S_L$ [mm <sup>2</sup> ]	$B$ [N]	$M_{o(max)}$ [N · mm]
0,0624	0,278	1050	3640,05	19,625	1329	706146,12

$W_{oj}$ [mm <sup>3</sup> ]	$\sigma_{o(max)}$ [ $\frac{N}{mm^2}$ ]
9014,63	78,33

### Shrnutí výpočtů a zvolených produktů:

Dosazováním za souřadnici  $k_j$  v příloze 1 byla zjištěna souřadnice a velikost maximálního ohybového momentu. Souřadnice  $n_j = 1050$  mm a velikost maximálního ohybového momentu  $M_{o(max)} = 706146,12$  N · mm. Průběh ohybového momentu na rameni vzorkovače je patrný na obr. 24.





Obrázek 24: Průběh ohybového momentu na rameni vzorkovače [Autor]

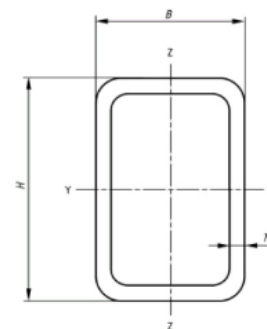
Minimální možný modul průřezu nosníku v ohybu vychází  $W_{oj} = 9014,63 \text{ mm}^3$ . S tímto výsledkem byla zvolena nejbližší vyšší hodnota modulu průřezu nosníku v ohybu pro normalizovaný profil dle normy ČSN EN 10219-1. Zvolený normalizovaný profil: Profil dutý svařovaný černý s obdélníkovým průřezem, EN 10219 // rozměr 60x40x5, u kterého prodejce udává  $W_{oj} = 11780 \text{ mm}^3$ . [12]

Pomocí přílohy 1 byla také zjištěna maximální síla  $B = 2168,65 \text{ N}$  působící na lano. Tato síla byla zjištěna pro souřadnici  $n_j = 3500 \text{ mm}$ ;  $k_j = 0 \text{ mm}$ . Na konec ramena samotný vozík samozřejmě nemůže dojet, proto by mělo stačit jakékoli lano s únosností rovnající se, nebo vyšší než síla  $B = 2168,65 \text{ N}$ . Při volbě lana je zohledněna i bezpečnost, proto byla tato síla přenásobena koeficientem bezpečnosti  $k = 3$ . Lano bylo zvoleno: Ocelové lano jedno pramenné, DIN 3053, pozinkované, 19 drátů (1+6+12) // průměr 5,0, u kterého norma udává minimální únosnost 23,2 kN. [12]

Na obrázku 25 a obrázku 26 je vidět průřez obdélníkového profilu a průřez lana s uspořádáním jeho pramenů.

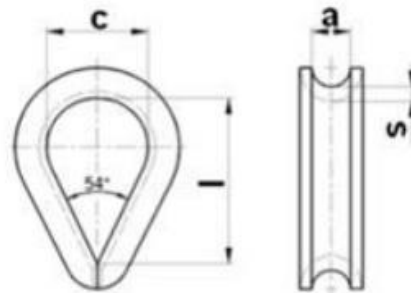


Obrázek 25: Průřez lanem  
[12]

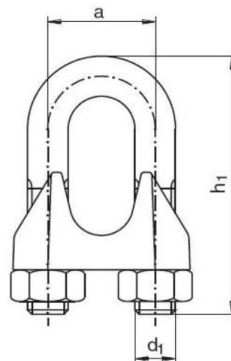


Obrázek 26: Průřez obdélníkovým  
profilem [12]

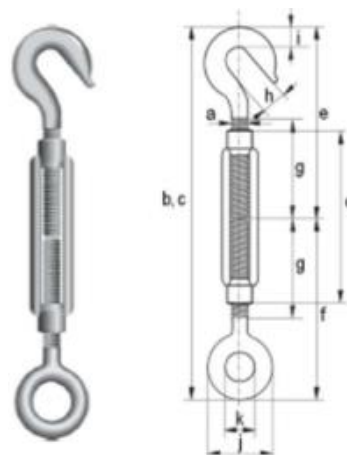
Ukotvení lan je realizováno pomocí ok přivařených k ramenu vzorkovače, kterými jsou provlečeny čepy, za které jsou lana zaháknuty. Samotná lana jsou opatřena lanovými očnicemi DIN 6899B ZB pro průměr 5 mm a lanovými svorkami DIN 741 taktéž pro průměr 5 mm. [13] Lanové očnice zajistí bezproblémové zaháknutí lana a svorky zajistí, aby se lano nevyvléklo z očnic. Tím je získáno lano o pevné délce, díky kterému získává rameno vzorkovače podporu. Na horním konci u sloupu vzorkovače je potřeba lano opatřit lanovým napínákem. Byl zvolen lanový napínák DIN 1480 – M10. [21] Všechny tři komponenty jsou patrné na obrázcích níže.



Obrázek 27: Schéma lanové očnice [13]



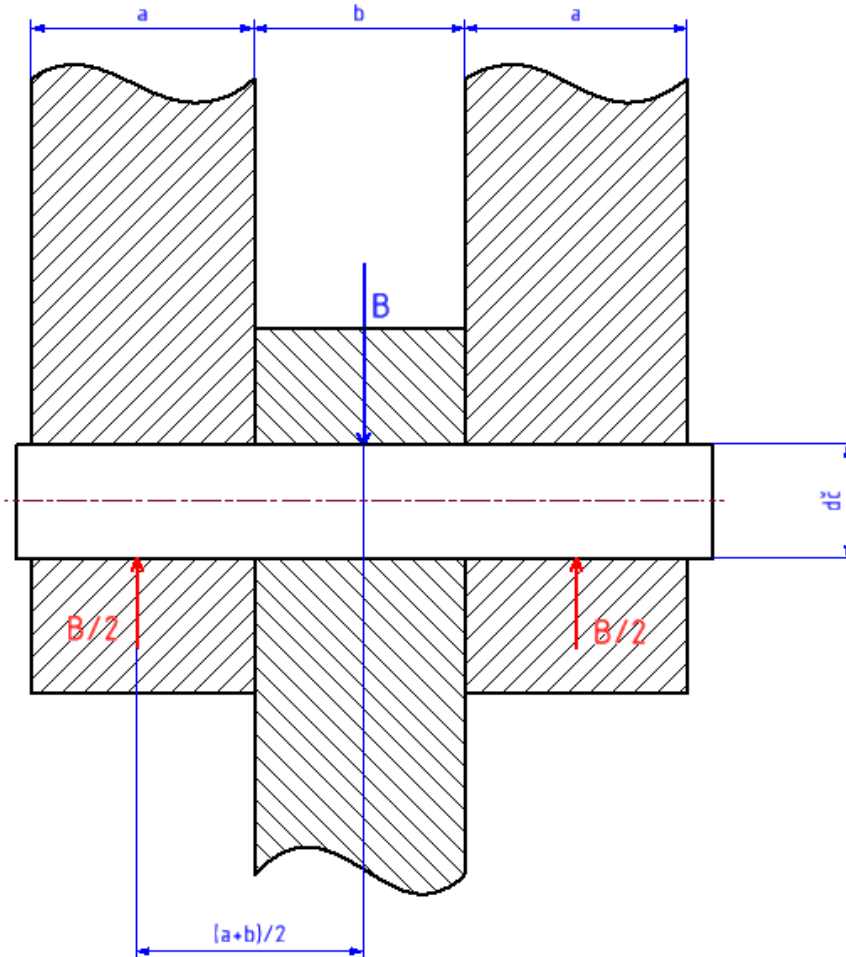
Obrázek 28: Schéma lanové svorky [13]



Obrázek 29: Schéma lanového napínáku [21]

### 3.2.2. Návrhové výpočty čepů zajišťujících lana

Za čepy, které budou navrženy v této podkapitole, budou zaháknuty lana. Čep je namáhán především ohybem, proto bude proveden návrh čepu dle dovoleného napětí v ohybu. Poté je provedena kontrola na otlacení a stříh. Schéma pro výpočet je patrné z obrázku 30.



Obrázek 30: Schéma pro výpočet čepu [Autor]

#### Průměr čepu:

Materiál čepu je zvolen 11 500, který má mez kluzu  $R_{eč} = 295 \text{ N} \cdot \text{mm}^2$ . [19] Bezpečnost je volena stejně jako u ramena vzorkovače  $k = 3$ . Délkové rozměry desek ze schématu jsou:  $a = 10 \text{ mm}$ ,  $b = 10 \text{ mm}$ .

Musí být brána v úvahu také bezpečnost, takže dovolené napětí v ohybu čepu bude vypočítáno jako:

$$\sigma_{Doč} = \frac{R_{eč}}{k} = \frac{295}{3} = 98,3 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2} \quad (16)$$

Maximální ohybový moment se vypočítá jako:

$$M_{Oč(max)} = \frac{B}{2} \cdot \frac{a+b}{2} = \frac{2168,65}{2} \cdot \frac{20}{2} = 10843,25 \text{ N} \cdot \text{mm} \quad (17)$$

Průměr čepu se vypočítá z rovnice pro napětí v ohybu čepu:

$$\sigma_{Oč} = \frac{M_{Oč(max)}}{W_{Oč}} = \frac{M_{Oč(max)}}{\frac{\pi \cdot d_{\check{c}}^3}{32}} \leq \sigma_{DOč} \quad (18)$$

Z této rovnice bude vyjádřen předběžný průměr čepu:

$$d'_{\check{c}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_{Oč(max)}}{\pi \cdot \sigma_{DOč}}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 10843,25}{\pi \cdot 98,3}} = 10,396 \text{ mm} \quad (19)$$

Aby čep vydržel namáhání, je zvolen vyšší normalizovaný průměr než ten, který byl původně získán. Je tedy zvolen průměr 12 mm.

**Kontrola čepu na otláčení:**

$$p_{D\check{c}} = 90 \text{ MPa} [19]$$

$$p_{\check{c}} = \frac{B}{S} = \frac{B}{d_{\check{c}} \cdot b} = \frac{2168,65}{12 \cdot 10} = 18,07 \text{ MPa} < 90 \text{ MPa} \quad (20)$$

Tlak, který vznikne v uložení je menší než dovolený tlak pro čep – návrh vyhovuje. [20]

**Kontrola čepu na stříh:**

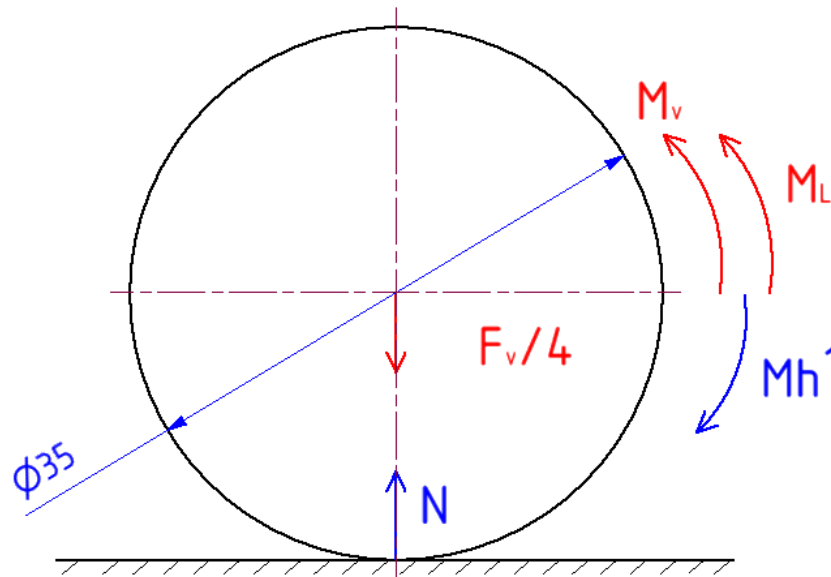
$$\tau_{DS\check{c}} = 85 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2} [19]$$

$$\tau_{S\check{c}} = \frac{B}{S_{\check{c}}} = \frac{B}{2 \cdot \frac{\pi \cdot d_{\check{c}}^2}{4}} = \frac{2168,65}{2 \cdot \frac{\pi \cdot 12^2}{4}} = 9,59 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2} < 85 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2} \quad (21)$$

Napětí ve stříhu, které vznikne ve spoji je menší, než dovolené tečné napětí pro čep – návrh vyhovuje. [20]

### 3.2.3. Návrhové výpočty a volba řemenic, řemene a motoru

Pro další výpočty je nezbytné provést rekapitulaci některých předpokladů a parametrů. Vozík je umístěn na jekly ramena, kde se pohybuje pomocí 4 ocelových roln o průměru 35 mm. Jak již bylo zmíněno v kapitole 3.2, předpokládaná hmotnost samotného vozíku je 100 kg. Pro určení potřebného hnacího momentu hnací řemenice pro pojezd vozíku je třeba nejprve provést uvolnění jedné rolny. Toto uvolnění jde vidět na obr. 31.



Obrázek 31: Uvolnění rolny [Autor]

Rovnice rovnováhy:

$$x: \frac{F_v}{4} - N = 0 \Rightarrow N = \frac{F_v}{4} = 250 \text{ N} \quad (22)$$

$$M: M_h' - M_L - M_v = 0 \Rightarrow M_h' = M_L + M_v \quad (23)$$

Pasivní účinky:

$$M_v = \xi \cdot |N|$$

$$M_L = 0,5 \cdot \mu \cdot d_L \cdot (X_0 \cdot F_r + Y_0 \cdot F_a)$$

$$\xi = 0,0005 \text{ m (rameno valivého odpor)}; \mu = 0,0015; X_0 = 0,6; Y_0 = 0;$$

$$F_r = 250; F_a = 0$$

[19]

**Dosazení do momentové rovnice:**

$$M_v = 0,0005 \cdot 250 = 0,125 \text{ N} \cdot \text{m} \quad (24)$$

$$M_L = 0,5 \cdot 0,0015 \cdot 0,02 \cdot (0,6 \cdot 250 + 0) = 0,00225 \text{ N} \cdot \text{m} \quad (25)$$

$$M'_h = M_v + M_L = 0,125 + 0,00225 = 0,127 \text{ N} \cdot \text{m} \quad (26)$$

Vozík se pohybuje po 4 rolnách, proto se výsledek ještě musí přenásobit čtyřmi.

$$M_h = 4 \cdot M'_h = 4 \cdot 0,127 = 0,51 \text{ N} \cdot \text{m} \quad (27)$$

**Výkon elektromotoru:**

Pro výpočet a výběr elektromotoru je nutné si zvolit další parametry. Vozík by se měl přibližně pohybovat rychlostí  $0,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . Poté je díky programu Autodesk Inventor Professional 2022 zvolen průměr řemenic 55 mm s počtem zubů 35. Řemen je zvolen typu 25T5. [19]

Díky těmto zvoleným parametrům je možné vypočítat potřebné otáčky řemenice.

$$n = \frac{v_v}{\pi \cdot D_f} \cdot 60 = \frac{0,25}{\pi \cdot 0,055} \cdot 60 = 86,81 \text{ min}^{-1} \quad (28)$$

S těmito parametry je již možné vypočítat potřebný výkon na řemenici – výstupu z převodovky.

$$P = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} \cdot M_h = \frac{2 \cdot \pi \cdot 86,81}{60} \cdot 0,51 = 4,64 \text{ W} \quad (29)$$

Nyní jsou již k dispozici všechny potřebné údaje pro výběr elektromotoru a šnekové převodovky. Šneková převodovka je zvolena z důvodu omezeného prostoru pro ukotvení elektromotoru. Elektromotor musí být ukotven na sloupu vzorkovače na výšku, aby se do konstrukce ramene vešel. Při výběru elektromotoru však musí být tyto hodnoty zvětšeny, neboť výpočty nezahrnovaly další faktory, jako jsou například vlivy okolí, pokud bude vzorkovač umístěn venku, nebo síla potřebná pro rozjezd vozíku ze stavu klidu atd.

Pro výběr je použit konfigurátor firmy SIEMENS. Je zvolen elektromotor se šnekovou převodovkou SIEMENS SIMOGEAR 2KJ3102 – 9BB11 – 4AQ1. [14]

### **Základní parametry elektromotoru a převodovky:**

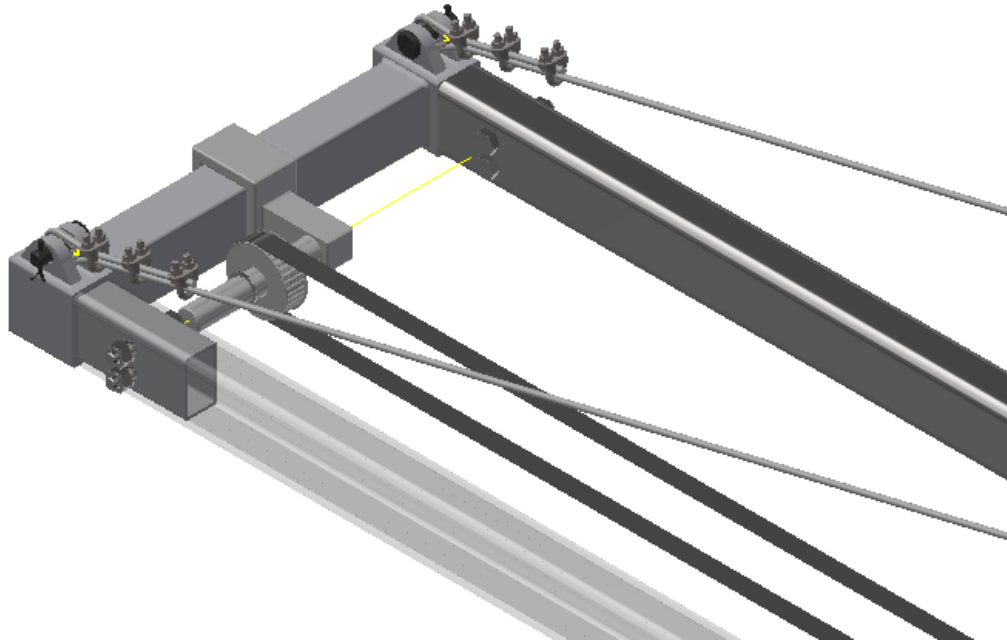
Výkon elektromotoru je  $P_{el} = 90 \text{ W}$ . Výstupní otáčky ze šnekové převodovky jsou  $n_{př} = 89 \text{ min}^{-1}$  a moment vycházející z elektromotoru je  $10 \text{ N} \cdot \text{m}$ . Napájecí napětí pro elektromotor je 230 V. Celá sestava (elektromotor a šneková převodovka) má hmotnost 8 kg. Výstup z převodovky je proveden pomocí hřídele v20x40 mm. [14]

#### **3.2.4. Rekapitulace a souhrn dosavadních zvolených součástí pro rameno**

- Rameno se skládá z normalizovaných černých dutých profilů s obdélníkovým průřezem ČSN EN 10219 // rozměr 60x40x5 [12]
- Na konci ramena (dva normalizované profily) je konstrukce spojena koncovým prvkem, ke kterému jsou přivařeny prvky sloužící k uchycení lan k rameni vzorkovače. Jsou zde užity čepy s hlavou ČSN EN 22341 12x40. Čepy jsou na místě zajištěny závlačkami ČSN EN ISO 1234 – 3,2x26. [19]
- Konec ramena vzorkovače je uchycen ke sloupu vzorkovače právě za tyto přivařené prvky dvěma ocelovými lany 1 – pramennými, DIN 3053, pozinkovanými, 19 drátů (1+6+12) // průměr 5,0. [12] Lana jsou opatřena lanovými očnicemi DIN 6899B ZB pro průměr 5,0 a lanovými svorkami DIN 741 taktéž pro průměr 5,0. [13]
- Pohon vozíku zajistí zvolený elektromotor se šnekovou převodovkou SIEMENS SIMOGEAR 2KJ3102 – 9BB11 – 4AQ1 [14]. Elektromotor je namontován na sloup vzorkovače. Smontování je provedeno čtyřmi šrouby ČSN EN ISO 4016 – M10x80 – 8.8. Šrouby jsou pojištěny pružnými podložkami ČSN 02 1741–10 a maticemi ČSN EN ISO 4032 – M10 – 8. [19]
- Průměr hnací řemenice je zvolen  $D_f = 55 \text{ mm}$  s počtem zubů  $z_f = 35$ . Zvolený řemen pro tento převod je 25T5. Hnací řemenice je umístěna na výstupním hřídeli ze spojky V20x40. Axiální zajištění je realizováno pomocí pojistného kroužku pro hřídele ČSN 02 2930. [19]
- Hnaná řemenice uložená na druhé straně ramene vzorkovače má stejné parametry, ale je však uložena jiným způsobem. V řemenici jsou uložena ložiska ČSN 02 4630 – 6004, která budou axiálně pojištěna pojistnými kroužky pro díry ČSN 02 2931 – 20. Tímto způsobem bude zajištěna hnaná řemenice na konci ramena vzorkovače a bude se moct otáčet kolem své osy. [19]

### 3.2.5. 3D model ramene

Z obrázku 32 je patrné finální řešení ramena vzorkovače.



*Obrázek 32: Konstrukce ramena vzorkovače [Autor]*

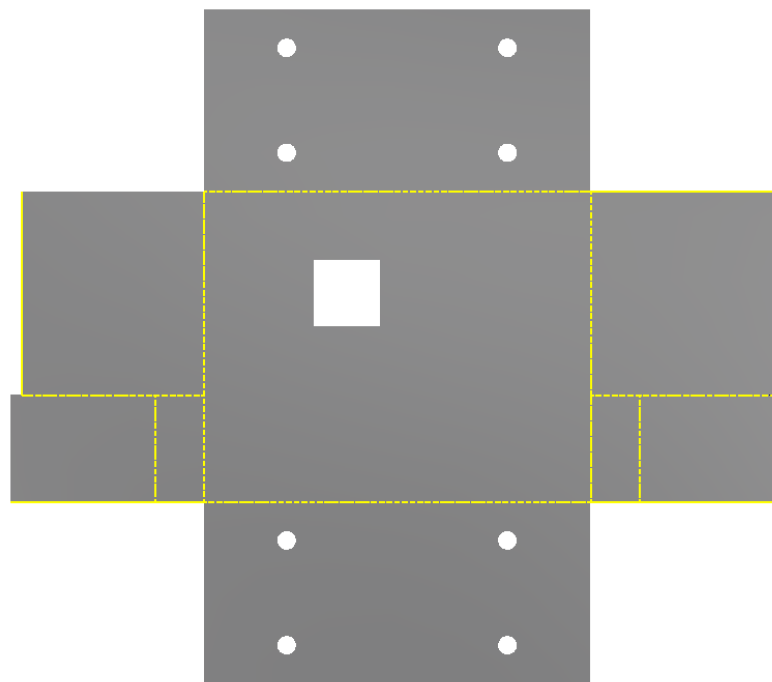


### 3.3. Návrh vozíku vzorkovače

Vozík vzorkovače je uzpůsoben pro dvě hlavní funkce, a to nesení sondy pro odběr obilí s příslušenstvím potřebným k této práci a přímočarý pohyb po rameni vzorkovače. Pojezdovými plochami pro tento pohyb jsou samotné jekly konstrukce ramene vzorkovače.

#### 3.3.1. Konstrukce vozíku

Konstrukce vozíku je zhotovena z plechu o tloušťce 3 mm, ze kterého je nejprve vytvořen rozvin, který je následně nastříhán na požadované rozměry. Takto nastříhaný rozvin plechu je patrný z obrázku 33. Do takto upravené kostry vzorkovače se vyvrtají díry pro uložení roln. Pro průchod sondy vozíkem nahoru a dolů se vytvoří na horní ploše vozíku obdélníková díra. Dále se ohýbáním rozvinu zhotoví požadovaný tvar vozíku. Pro upevnění konstrukce se po okrajích svaří. Aby tato technologie zhotovení vozíku mohla být použita, je nutné počítat s tzv. přídavkem na ohyb v místech, kde se plech bude ohýbat. Všechny vzorce a algoritmy pro výpočet těchto přídavků jsou však již integrovány přímo v programu Autodesk Inventor Professional 2022, takže při navrhování rozvinu konstrukce vozíku není potřeba počítat délku rozvinutého tvaru ručně. Z jedné ze stran vozíku se vytvoří svařením spodní plocha vozíku vzorkovače, ke které se uchyťí upínací desky řemene, které zajišťují přímočarý pohyb vozíku vzorkovače. Rozměry vozíku vzorkovače jsou voleny tak, aby bylo možno namontovat všechny potřebné prvky pro správný chod vozíku a sondy. Těmito prvky jsou např.: sonda, elektromotor s převodovkou, rolny. Tato bakalářská práce se věnovala dopodrobna pouze vybraným konstrukčním uzlům návrhu vzorkovače. Tím pádem je možné, že by finální podoba konstrukce vozíku vzorkovače vypadala jinak, nicméně jsou v této práci zavedeny základní předpoklady, které by měly zajistit podobu přibližující se realitě.



Obrázek 33: Rozvin plechu vozíku vzorkovače [Autor]

### 3.3.2. Rolny vozíku vzorkovače

Rolny zajišťují rovinný pohyb vozíku vzorkovače po jeklech. Jsou uloženy ve vozíku pomocí valivých ložisek a upevněny ke kostře vozíku maticí a podložkou. V kapitole 3.2.3 byl zvolen průměr rolen 35 mm a je jich celkem osm. Čtyři vodící rolly jsou upevněny v horní části kostry vozíku, pojíždějí po jeklech a jsou opatřeny osazením, které zajišťuje správné vedení vozíku mezi profily ramena vzorkovače. Zbylé čtyři rolly jsou upevněny ve spodní části kostry vzorkovače a pojíždí po spodních plochách profilů. Tyto rolly nebudou opatřeny osazením a slouží pouze jako stabilizátory vozíku vzorkovače. Během zapíchnutí sondy do obilí zabraňují nadzvednutí vozíku z jeklů.

### 3.3.3. Upínací desky

Upínací desky zajišťují pohyb vozíku po profilech přímým upevněním vozíku k řemenu. Desky se uchytí ke spodní ploše vozíku vzorkovače pomocí šroubového spojení. Na jedné straně desky jsou vytvořeny vruby, které zapadají přesně do ozubeného řemene, a tím zajistí pohyb vozíku.

Upínací deska CP – 25T5 je zvolena pro řemen 25T5 z katalogu výrobce. Tuto desku je možné vidět na obrázku 34.



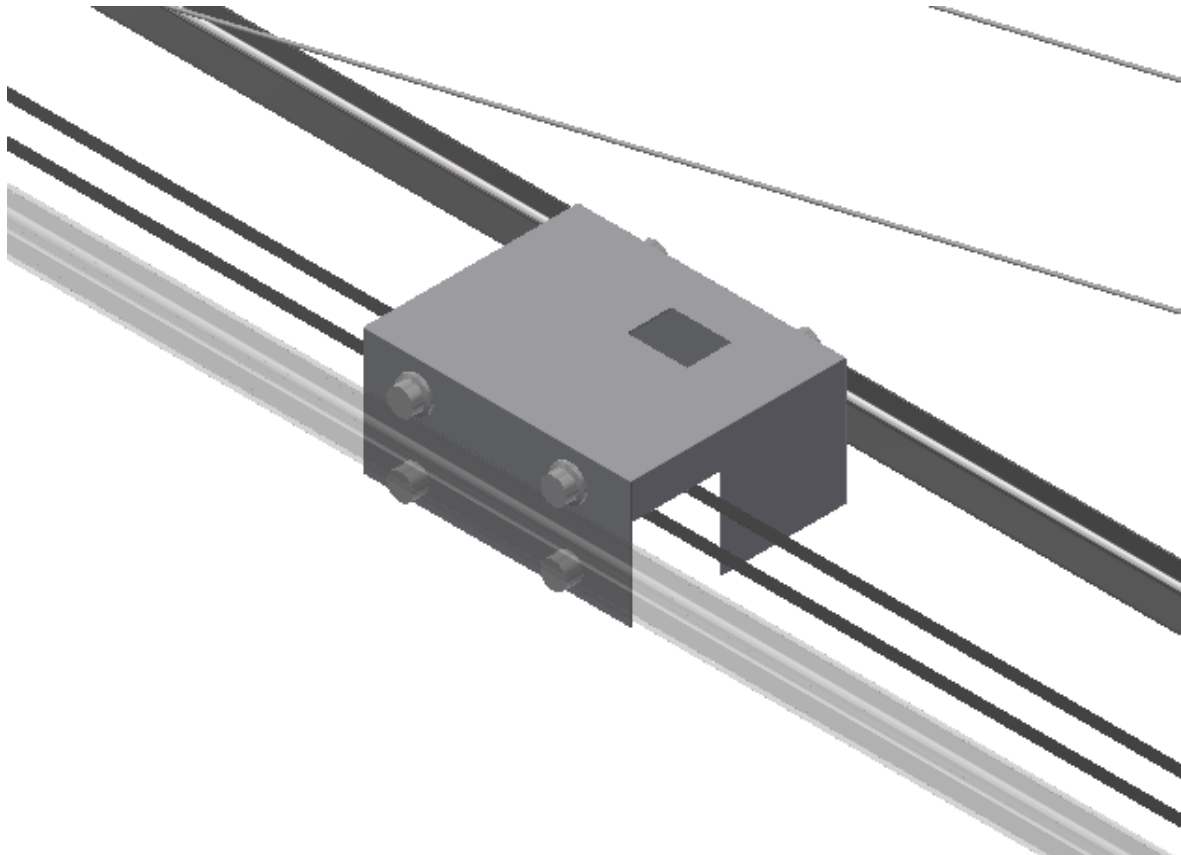
*Obrázek 34: Upínací deska CP – 25T5 [11]*

### 3.3.4. Rekapitulace a souhrn dosavadních zvolených součástí pro vozík

- Vozík je vyroben z plechu válcovaného za studena k tváření za studena, EN 10131 // tloušťka 3 [12]
- Spoj mezi řemenem a vozíkem zajišťují upínací desky CP – 25T5 [11]
- Vodící rolny jsou zvoleny od výrobce HPJ35 a zbylé rolny jsou také zvoleny od výrobce HPC35 [23]
- Rolny jsou ve vozíku uloženy na ložiskách ČSN 02 4630 – 6004, ty jsou axiálně pojištěny pojistnými kroužky pro díry ČSN 02 2931 – 16. Rolny jsou opatřeny šroubovým zakončením a přišroubovány ke kostře vozíku pomocí matic ČSN EN ISO 4032 – M20 – 8 a pružnými podložkami ČSN 02 1741 – 20 [19]

### 3.3.5. 3D model vozíku

Z obrázku 35 je patrná konstrukce vozíku pojíždějící po rameni vzorkovače.



*Obrázek 35: Vozík pojíždějící po rameni vzorkovače [Autor]*

### 3.4. Návrh sloupu

Funkcí sloupu je nést rameno vzorkovače a upevnění lana. Sloup je svařen z normalizovaných profilů a přimontován pomocí šroubů k přírubě, která funguje jako přechod mezi sloupem a pohonem pro otáčení sloupu. V návrhu sloupu je nutné uvažovat i s tím, že k němu je přimontovaný elektromotor pohánějící vozík ramena vzorkovače a sloup je přímo spojen s pohonem pro otáčení celého sloupu.

Nejdříve je pro sloup navržen pohon a následně celá konstrukce sloupu. Konstrukce je však celá svařená. Z důvodů množství svarů a složitosti je navržen pouze svar, který spojuje rameno vzorkovače se sloupem a kde je předpokládáno největší namáhání na svar z celé konstrukce. Všechny další svary jsou poté provedeny stejným způsobem. K výpočtu svaru je použito hodnot z výpočtů ramene vzorkovače z přílohy 1.

#### 3.4.1. Volba pohonu pro otáčení sloupu

K pohánění sloupu okolo své osy je zvolen otočný pohon. Tyto pohony se dají zjednodušeně popsat jako „velká axiální ložiska“, která mohou mít na vnějším, nebo vnitřním kroužku přírubu pro montáž. Na vnějším kroužku tohoto „ložiska“ je většinou šnekové ozubení. Pomocí šnekového ozubení na vnějším kroužku „ložiska“ a šneku poháněného externím motorem je realizováno otáčení sloupu kolem své osy. [15]

Pro volbu otočného pohonu je nutné si určit klopný moment vyvolaný ramenem vzorkovače, axiální sílu a alespoň minimální rozměry sloupu, na který bude otočný pohon namontován.

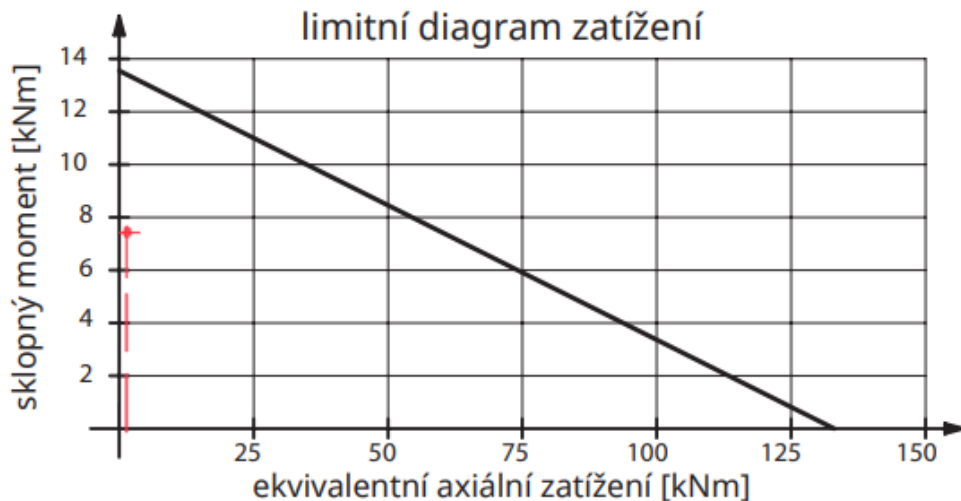
**Určení klopného momentu s pomocí programu Autodesk Inventor Professional 2022:**

$$\begin{aligned}
 M_k &= 2 \cdot F_v \cdot L_j + 2 \cdot q_0 \cdot L_j \cdot \frac{L_j}{2} = \\
 &= 2 \cdot 1000 \cdot 3500 + 0,0625 \cdot 2 \cdot 3500 \cdot \\
 &\quad \cdot \frac{3500}{2} \cong 7,8 \text{ kN} \cdot \text{m}
 \end{aligned}
 \tag{30}$$

**Sečtením hmotností součástí z modelu v programu Autodesk Inventor Professional 2022 zjistíme tíhovou sílu:**

$$\begin{aligned}
 F_A &= 1000 + 2 \cdot 225 + 2 \cdot 8,7 + 18,4 + 2 \cdot 0,51 = 1486 \text{ N} \\
 &\cong 1,5 \text{ kN}
 \end{aligned}
 \tag{31}$$

Zjištěné hodnoty byly porovnávány s grafy od výrobce pro orientační výběr pohonu a s ohledem na rozměry ramena, a tím pádem minimální rozměry sloupu, je zvolen otočný pohon TE236-Z0-RM poskytovaný firmou Matis s.r.o. [15] V obrázku 36 je vyznačen pracovní bod v grafu, podle kterého byl zvolen otočný pohon sloupu vzorkovače.



Obrázek 36: Graf limitního zatížení otočného pohonu s pracovním bodem [15]

Z grafu můžeme vyčíst, že se pracovní bod nachází pod limitní čarou. To znamená, že pohon nebude přetěžován přes povolenou únosnost. Převodový poměr soukolí zvoleného otočného pohonu je 71:1, jmenovitý točivý moment je  $1042 \text{ N} \cdot \text{m}$  a maximální výstupní rychlost je  $1 \text{ ot}/\text{min}$ . Se zvolenou konstrukcí vzorkovače v podstatě není možné udělat více než půl otáčky (pracovní úhel vzorkovače je  $180^\circ$ ). Tím pádem z jedné krajní polohy do druhé přejede rameno vzorkovače za 30 s. [15]



Obrázek 37: Reálná podoba otočného pohonu [15]

### 3.4.2. Volba elektromotoru pohánějícího otočný pohon

Pohon může mít maximální otáčky 1 ot/min. Proto musí být zvolen elektromotor i s převodovkou. Je vybrán motor s výstupními otáčkami 1390 ot/min.

Požadovaný převodový poměr převodovky elektromotoru a maximální výstupní otáčky jsou tedy vypočítány jako:

$$i = \frac{1390}{71} = 19,58 \quad (32)$$

$$n_{max} = \frac{1390}{19,58} = 71 \text{ ot/min} \quad (33)$$

Minimální kroutící moment se poté vypočítá jako:

$$M_{p(min)} = \frac{1042}{71} = 14,68 \text{ N} \cdot \text{m} \quad (34)$$

A následně požadovaný výkon elektromotoru:

$$P_p = M_{p(min)} \cdot \omega = 14,68 \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot 71}{60} = 109 \text{ W} \quad (35)$$

Pomocí konfigurátoru firmy SIEMENS je zvolen elektromotor se šnekovou převodovkou SIEMENS SIMOGEAR 2KJ3500 – 1BC22 – 4HS1 - Z. [14]

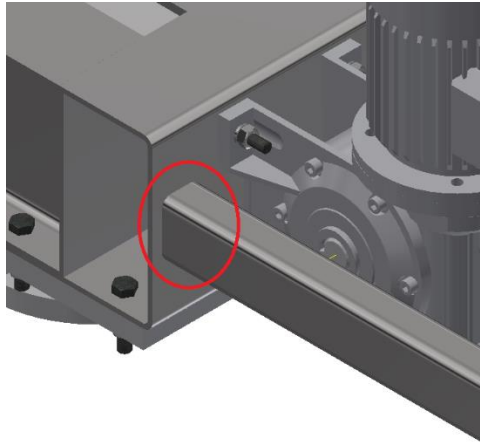
#### Základní parametry elektromotoru a převodovky:

Výkon elektromotoru je  $P_{el} = 120 \text{ W}$ . Výstupní otáčky ze šnekové převodovky jsou  $n_{př} = 69,99 \text{ min}^{-1}$  a moment vycházející z elektromotoru je  $50 \text{ N} \cdot \text{m}$ . Napájecí napětí pro elektromotor je 230 V. Výstup z převodovky je proveden pomocí hřídele v20x40 mm. [14]

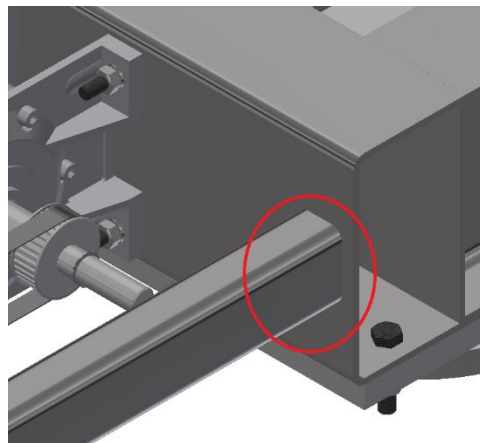
Tento elektromotor naplňuje všechny požadavky, které jsou potřeba, bohužel ale není kompatibilní s otočným pohonem. Firma Matis s.r.o. ovšem nabízí ve svých službách celkové řešení i s dodáním motoru, a proto tu slouží výběr elektromotoru s převodovkou od firmy SIEMENS spíše jako ukázka, jaký zhruba motor by zde měl být použit.

### 3.4.3. Návrh svaru

Na obrázcích 38 a 39 jsou vidět místa, pro která je navrhován svar.



Obrázek 38: Svar na sloupu [Autor]



Obrázek 39: Svar na sloupu [Autor]

Pro výpočet svaru je možné si tvar jeklu zjednodušit na tvar obdélníku o rozměrech 60 x 40 mm. Po celém obvodu profilu je proveden svar.

Pro svar je zvolena svařovací elektroda E-B 121, která má mez kluzu materiálu  $R_e = 420 \text{ N/mm}^2$ . Je zvolena z důvodu její univerzality v použití pro svařování konstrukcí z oceli (oba profily jsou z oceli 11 375). [19] Z přílohy 1 v tomto místě svaru (konec ramene a začátek sloupu – bod A) působí maximální ohybový moment  $M_{A(max)} = 369027 \text{ N} \cdot \text{mm}$  a síla  $R_{Ay} = 353,85 \text{ N}$ .

K výpočtu minimální tloušťky svaru je použit program MITCalc, do kterého byly zadány všechny hodnoty, které byly stanoveny v předchozích odstavcích. Tato tloušťka svaru vyšla  $a' = 1,36 \text{ mm}$ . Celý výstup z programu MITCalc je uveden v příloze 2. Norma ČSN 731401 ovšem předepisuje, že minimální velikost koutového svaru musí být 3 mm. Je tedy zvolena  $a = 3 \text{ mm}$ .

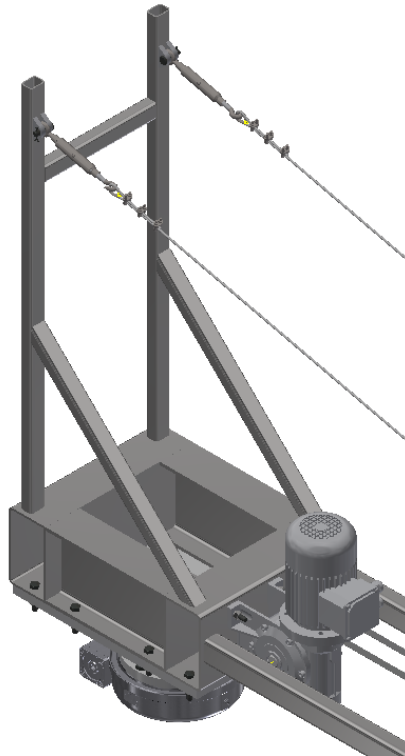
#### 3.4.4. Rekapitulace a souhrn dosavadních zvolených součástí pro sloup

- Pro konstrukci sloupu jsou použity profily: dva profily IPE válcované za tepla, EN 10365 // IPE 140; dva profily duté svařované černé s obdélníkovým průřezem, EN 10219 // rozměr 140x80x5, čtyři profily duté svařované černé s obdélníkovým průřezem, EN 10219 // rozměr 40x30x4 [12]
- Příruba je z obou stran (jak ke svařenci, tak k otočnému pohonu) přichycena osmi šrouby ČSN EN ISO 4016 – M12x55 – 8.8. Každý šroub přichycující přírubu ke svařenci je pojištěn pružnou podložkou ČSN 02 1741 – 12 a maticí ČSN EN ISO 4032 – M12 – 8. [19]
- Otáčení sloupu je zajištěno otočným pohonem TE236-Z0-RM od firmy Matis s.r.o. [15]
- Pohyb otočného pohonu zajišťuje elektromotor se šnekovou převodovkou SIEMENS SIMOGEAR 2KJ3500 – 1BC22 – 4HS1 – Z. [14] Jak již však bylo popsáno v kapitole 3.4.2., tento elektromotor se šnekovou převodovkou není kompatibilní s otočným pohonem. Firma Matis s.r.o. však poskytuje ve svých službách celkové řešení i s dodáním motoru, a proto tu slouží volba elektromotoru s převodovkou od firmy SIEMENS spíše jako ukázka, jaký zhruba motor by zde byl použit.
- Dále je ke sloupu uchycen elektromotor se šnekovou převodovkou pohánějící vozík SIEMENS SIMOGEAR 2KJ3102 – 9BB11 – 4AQ1 [14]. Elektromotor je namontován na sloup vzorkovače. Smontování je provedeno čtyřmi šrouby ČSN EN ISO 4016 – M8x45 – 8.8. Šrouby jsou pojištěny pružnými podložkami ČSN 02 1741 – 8 a maticemi ČSN EN ISO 4032 – M8 – 8. [19]

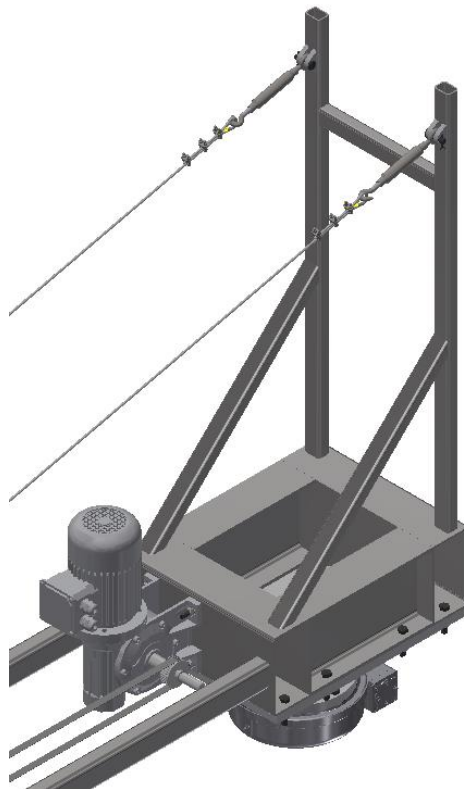


### 3.4.5. 3D model sloupu

Na obrázcích 40 a 41 může být k vidění finální podoba sloupu vzorkovače.



*Obrázek 40: Konstrukce sloupu [Autor]*



*Obrázek 41: Konstrukce sloupu [Autor]*

## 4. Závěr

V kapitolách 1 a 2 byla provedena rešerše vzorkovačů obilí. Při hledání informací a psaní rešerše byl získán teoretický přehled o dané problematice. Díky těmto znalostem mohla být zahájena práce na vlastním návrhu strojního vzorkovače. Nejprve byl vybrán typ strojního vzorkovače, tedy sloupový. Poté byly vypracovány dva koncepční návrhy strojních sloupových vzorkovačů, z nichž byl vybrán jeden ke zpracování.

V další kapitole bylo již přistoupeno k návrhům jednotlivých částí vzorkovače. Návrhy jsou podloženy návrhovými a kontrolními výpočty. Některé prvky však byly zvoleny či okomentovány z důvodu rozsáhlosti práce. V průběhu návrhových výpočtů byl také zpracován 3D model konstrukce vzorkovače, ze kterého byla vytvořena 2D technická dokumentace.

Těmito řešenými částmi jsou rameno, vozík a sloup. Při návrhu reálného vzorkovače by bylo potřeba navrhovat mnohem více částí, např.: dopravu obilí do laboratoře, sondu pro odběr obilí, kamery pro obsluhu, konzolu atd. Návrh všech částí vzorkovače by však překračoval rozsah bakalářské práce a vyžadoval pomoc více odborníků z dalších oborů.

V této práci se podařilo navrhnout konstrukci hlavních nosných prvků vzorkovače. S ohledem na rozsah práce je však tento návrh na některých místech zjednodušen.

Všechny cíle stanovené v zadání této bakalářské práce byly beze zbytku splněny.

**SEZNAM ZKRATEK A SYMBOLŮ**

<b>Značka</b>	<b>Název</b>	<b>Jednotka</b>
$k$	Bezpečnost	[1]
$L_j$	Délka ramena	[mm]
$F_v$	Síla působící na profil	[N]
$m_v$	Hmotnost vozíku	[kg]
$h$	Výška uchycení lana na sloupu	[mm]
$q_0$	Spojité zatížení od hmotnosti profilu	[N · mm <sup>-1</sup> ]
$B$	Síla působící na lano	[N]
$B_x$	Rozklad síly B do směru x	[N]
$B_y$	Rozklad síly B do směru y	[N]
$\phi$	Úhel mezi profilem a lanem	[rad]
$R_{Ax}$	Reakce v bodě A ve směru x	[N]
$R_{Ay}$	Reakce v bodě A ve směru y	[N]
$M_A$	Reakční moment	[N · mm]
$v_B$	Posun bodu B ve směru y	[mm]
$\Delta l_{Ly}$	Prodloužení lana ve směru y	[mm]
$L_L$	Délka lana	[mm]
$d_L$	Průměr lana	[mm]
$S_L$	Plocha průřezu lana	[mm <sup>2</sup> ]
$E_L$	Modul pružnosti v tahu materiálu lana	[N · mm <sup>-2</sup> ]
$T_{I(\bar{x})}$	Průběh vnitřních posouvajících sil v poli I	[N]
$M_{oI(\bar{x})}$	Průběh vnitřního ohybového momentu v poli I	[N · mm]
$m_{oI(\bar{x})}$	Průběh malého vnitřního ohybového momentu v poli I	[N · mm]
$T_{II(x)}$	Průběh vnitřních posouvajících sil v poli II	[N]
$M_{oII(x)}$	Průběh vnitřního ohybového momentu v poli II	[N · mm]
$m_{oII(x)}$	Průběh malého vnitřního ohybového momentu v poli II	[N · mm]
$n_j$	Vzdálenost vozíku od vetknutí ramena	[mm]
$k_j$	Vzdálenost vozíku od konce ramena	[mm]
$E_j$	Modul pružnosti v tahu materiálu profilu	[N · mm <sup>-2</sup> ]
$J_{zj}$	Kvadratický moment průřezu profilu	[mm <sup>4</sup> ]
$M_{o(max)}$	Maximální ohybový moment působící na profil	[N · mm]
$W_{oj}$	Modul průřezu v ohybu profilu	[mm <sup>3</sup> ]
$\sigma_{kj}$	Mez kluzu materiálu profilu	[N · mm <sup>-2</sup> ]
$m_j$	Délková hmotnost profilu	[kg · m <sup>-1</sup> ]
$\sigma_{o(max)}$	Maximální ohybový moment	[N · mm <sup>-2</sup> ]
$R_{eč}$	Mez kluzu materiálu čepu	[N · mm <sup>-2</sup> ]
$a$	Rozměr úchyty čepu	[mm]
$b$	Rozměr mezi úchyty čepu	[mm]

$\sigma_{Doč}$	Dovolené ohybové napětí čepu	$[N \cdot mm^{-2}]$
$M_{oč(max)}$	Maximální ohybové napětí čepu	$[N \cdot mm]$
$\sigma_{oč}$	Ohybové napětí čepu	$[N \cdot mm^{-2}]$
$W_{oč}$	Modul průřezu v ohybu čepu	$[mm^3]$
$d_{\check{c}}$	Průměr čepu	$[mm]$
$\tau_{DS\check{c}}$	Dovolené napětí ve stříhu čepu	$[N \cdot mm^{-2}]$
$\tau_{S\check{c}}$	Střížné napětí čepu	$[N \cdot mm^{-2}]$
$S_{\check{c}}$	Plocha průřezu čepu	$[mm^2]$
$p_{D\check{c}}$	Dovolený kontaktní tlak čepu	$[MPa]$
$p_{\check{c}}$	Kontaktní tlak čepu	$[MPa]$
$N$	Normálová reakce podložky	$[N]$
$M_v$	Moment valení rolny	$[N \cdot mm]$
$M_L$	Třecí moment ložiska	$[N \cdot mm]$
$r$	Poloměr rolny	$[mm]$
$M_h$	Hnací moment	$[N \cdot mm]$
$\xi$	Rameno valivého odporu	$[m]$
$\mu_T$	Součinitel smykového tření	$[1]$
$\mu$	Součinitel tření ložiska	$[1]$
$X_0$	Koeficient radiálního zatížení	$[1]$
$Y_0$	Koeficient axiálního zatížení	$[1]$
$F_a$	Axiální síla	$[N]$
$F_r$	Radiální síla	$[N]$
$d_L$	Průměr ložiska	$[mm]$
$d_r$	Průměr rolny	$[mm]$
$v_v$	Rychlost vozíku	$[m \cdot s^{-1}]$
$D_{\check{r}}$	Průměr řemenice	$[mm]$
$z_{\check{r}}$	Počet zubů řemenice	$[1]$
$n$	Otáčky řemenice	$[min^{-1}]$
$P$	Výkon na výstupu z převodovky	$[W]$
$U_{el}$	Napájecí napětí elektromotoru	$[V]$
$P_{el}$	Výkon elektromotoru	$[W]$
$n_{el}$	Otáčky elektromotoru	$[min^{-1}]$
$n_{př}$	Otáčky převodovky	$[min^{-1}]$
$M_{př}$	Jmenovitý moment převodovky	$[N \cdot mm]$
$i_{př}$	Převodový poměr převodovky	$[1]$
$M_{A(max)}$	Maximální ohybový moment v bodě A	$[N \cdot mm]$
$R_e$	Mez kluzu svarového materiálu	$[N \cdot mm^{-2}]$
$M_K$	Klopný moment	$[N \cdot mm]$
$F_A$	Axiální síla	$[N]$
$i$	Převodový poměr převodovky otočného pohonu	$[1]$



---

$n_{max}$	Maximální otáčky převodovky otočného pohonu	$[min^{-1}]$
$M_{p(min)}$	Krouticí moment převodovky otočného pohonu	$[N \cdot mm]$
$P_p$	Požadovaný výkon motoru otočného pohonu	$[W]$
$a$	Rozměr svaru	$[mm]$
$SNÚ$	Staticky neurčitá úloha	

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] „Grain Samplers,“ [Online]. Available: <http://grainsamplers.com/stork-compact/>. [Přístup získán 12. 11. 2022].
- [2] „Grain Samplers,“ [Online]. Available: <https://grainsamplers.com/probes/>. [Přístup získán 12. 11. 2022].
- [3] „Mezos,“ [Online]. Available: <https://www.mezos.cz/documents/Stork.pdf>. [Přístup získán 11. 11. 2022].
- [4] „Vzorkovače na obilí a zrniny,“ Siagra, [Online]. Available: <https://www.siagra.cz/vzorkovace-na-obili-a-zrniny>. [Přístup získán 10. 11. 2022].
- [5] „2theta,“ [Online]. Available: [https://www.2theta.cz/uploads/Prospekty/Katalog\\_sondy\\_CZ2015.pdf](https://www.2theta.cz/uploads/Prospekty/Katalog_sondy_CZ2015.pdf). [Přístup získán 08. 11. 2022].
- [6] „DV Srl,“ [Online]. Available: [https://www.dvsrc.com/wp-content/uploads/2019/05/STORK\\_grainsamplers.pdf](https://www.dvsrc.com/wp-content/uploads/2019/05/STORK_grainsamplers.pdf). [Přístup získán 16. 11. 2022].
- [7] „vzorkovac | Vzorkovač zrnin AUTO,“ [Online]. Available: <https://www.vzorkovac.cz/cs/produkty/vzorkovac-zrnin-auto>. [Přístup získán 15. 11. 2022].
- [8] „Grain Samplers,“ [Online]. Available: <http://grainsamplers.com/stork-rail/>. [Přístup získán 12. 11. 2022].
- [9] „Grain Samplers,“ [Online]. Available: <http://grainsamplers.com/stork-pro/>. [Přístup získán 12. 11. 2022].
- [10] „Maximální povolené rozměry a hmotnosti vozidel,“ [Online]. Available: [https://www.dlprofi.cz/33/maximalni-povolene-rozmary-a-hmotnosti-vozidel-od-1-rijna-2018-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4EqG\\_M3vIh7acBZgAeeJnkcQ/?uri\\_view\\_type=5](https://www.dlprofi.cz/33/maximalni-povolene-rozmary-a-hmotnosti-vozidel-od-1-rijna-2018-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4EqG_M3vIh7acBZgAeeJnkcQ/?uri_view_type=5). [Přístup získán 18. 11. 2022].
- [11] „PIKRON.cz - váš dodavatel řemenových pohonů a těsnění,“ [Online]. Available: <https://www.pikron.cz/produkty/remeny/ozubene/ozubene-metraze-m/upinaci-desky>. [Přístup získán 10. 03. 2023].
- [12] „Feron a.s.,“ [Online]. Available: <https://www.ferona.cz/>. [Přístup získán 20. 03. 2023].
- [13] „Příslušenství ocelových lan | Tedox s.r.o.,“ [Online]. Available: <https://www.tedox.cz/prislusenstvi-ocelovych-lan>. [Přístup získán 10. 04. 2023].
- [14] „Siemens WW - Industry Mall,“ [Online]. Available: <https://mall.industry.siemens.com/goos/WelcomePage.aspx?regionUrl=/&language=en>. [Přístup získán 22. 04. 2023].

- [15] „Matis s.r.o. - Otočné pohony,“ [Online]. Available: <https://www.matis.cz/cs/produkt/otocne-pro-venkovni-aplikace-ip-65-rada-te-ocelove>. [Přístup získán 23. 04. 2023].
- [16] „Podklady pro výuku předmětu Pružnost a pevnost I a II, EAN/EMCS a PLM,“ [Online]. Available: [http://pruznost.unas.cz/PP\\_II\\_prikklady.pdf](http://pruznost.unas.cz/PP_II_prikklady.pdf). [Přístup získán 17. 03. 2023].
- [17] „Odběr vzorků,“ [Online]. Available: [https://web.vscht.cz/~koplikr/1\\_Odb%c4%9br\\_vzork%c5%af.pdf](https://web.vscht.cz/~koplikr/1_Odb%c4%9br_vzork%c5%af.pdf). [Přístup získán 19. 11. 2022].
- [18] „Podklady pro výuku předmětu Pružnost a pevnost I a II, EAN/EMCS a PLM,“ [Online]. Available: [http://pruznost.unas.cz/PP\\_I\\_19\\_20.pdf](http://pruznost.unas.cz/PP_I_19_20.pdf). [Přístup získán 17. 11. 2022].
- [19] J. a. V. P. LEINVEBER, Strojnické tabulky: Učebnice pro školy technického zaměření, 6. vydání, Úvaly: Albra spol. s.r.o., 2017.
- [20] V. ŠVEC, Části a mechanismy strojů: spoje a spojovací součásti, 3. vydání, Praha: ČVUT, 2008.
- [21] „vázací prostředky pavlinek.cz,“ [Online]. Available: <https://www.pavlinek.cz/napinak-o-h-oko-hak-din-1480-pozinkovany/#popis>. [Přístup získán 26. 04. 2023].
- [22] „Spojovací materiály briol.cz,“ [Online]. Available: <https://www.briol.cz/>. [Přístup získán 02. 05. 2023].
- [23] „Lineární vedení a pohony T.E.A. TECHNIK s.r.o.,“ [Online]. Available: <https://www.teatechnik.cz/rolny/>. [Přístup získán 17. 06. 2023].

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Vzorkovací kopí [5] .....	2
Obrázek 2: Lenzova sonda [5].....	3
Obrázek 3: Trubkový vzorkovač pro odběr z pytlů [5].....	4
Obrázek 4: Trubkový vzorkovač s plnou špičkou a podélným výřezem [5] .....	4
Obrázek 5: Náběrové lopatky [5] .....	5
Obrázek 6: Sonda s jednoduchým sáním [2].....	5
Obrázek 8: Sonda se zdvojeným [2] .....	6
Obrázek 7: Princip zdvojeného sání [3] .....	6
Obrázek 10: Sonda se spirálovým [2] .....	6
Obrázek 9: Princip spirálového odběru [3].....	6
Obrázek 12: Sloupový vzorkovač [1] .....	7
Obrázek 11: Sloupový vzorkovač firmy Biopro [7] .....	7
Obrázek 14: Mostový vzorkovač firmy Stork [8] .....	8
Obrázek 13: Mostový vzorkovač firmy Stork [6] .....	8
Obrázek 16: Portálový vzorkovač firmy Stork [9].....	9
Obrázek 15: Portálový vzorkovač firmy Stork [9].....	9
Obrázek 17: Místa odběru vzorků [17].....	9
Obrázek 18: Schéma prvního koncepčního návrhu vzorkovače [Autor].....	10
Obrázek 19: Princip pohonu vozíku [11] .....	11
Obrázek 20: Schéma druhého koncepčního návrhu vzorkovače [Autor] .....	12
Obrázek 21: Uvolnění nosníku [Autor].....	13
Obrázek 22: Určení momentů v poli II. [Autor].....	14
Obrázek 23: Určení momentů v poli I. [Autor].....	15
Obrázek 24: Průběh ohybového momentu na rameni vzorkovače [Autor].....	18
Obrázek 25: Průřez lanem [12] .....	18
Obrázek 26: Průřez obdélníkovým profilem [12].....	18
Obrázek 27: Schéma lanové očnice [13].....	19
Obrázek 28: Schéma lanové svorky [13].....	19
Obrázek 29: Schéma lanového napínáku [21] .....	19
Obrázek 30: Schéma pro výpočet čepu [Autor] .....	20
Obrázek 31: Uvolnění rolny [Autor] .....	22
Obrázek 32: Konstrukce ramene vzorkovače [Autor] .....	25
Obrázek 33: Rozvin plechu vozíku vzorkovače [Autor].....	26
Obrázek 34: Upínací deska CP – 25T5 [11] .....	27
Obrázek 35: Vozík pojíždějící po rameni vzorkovače [Autor] .....	28
Obrázek 36: Graf limitního zatížení otočného pohonu s pracovním bodem [15] .....	30
Obrázek 37: Reálná podoba otočného pohonu [15] .....	30
Obrázek 38: Svar na sloupu [Autor] .....	32
Obrázek 39: Svar na sloupu [Autor] .....	32
Obrázek 40: Konstrukce sloupu [Autor] .....	34
Obrázek 41: Konstrukce sloupu [Autor] .....	34



## SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Vstupní parametry [Autor] .....	17
Tabulka 2: Zvolené parametry [Autor] [12] .....	17
Tabulka 3: Vypočtené parametry [Autor] .....	17

## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1...	MS Excel obsahující návrhové výpočty ramene vzorkovače
Příloha 2...	Výpočet koutového svaru na rameni v programu MITCalc
Příloha 3...	Sestavný výkres vzorkovače 1/2
Příloha 4...	Sestavný výkres vzorkovače 2/2
Příloha 5...	Kusovník k sestavnému výkresu
Příloha 6...	Výkres axiálního pojištění řemenice