



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta strojní

ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ A ČÁSTÍ STROJŮ

Návrh bezbariérové schodištové plošiny pro hendikepované osoby bydlící
v rodinných domech

Design of a Barrier-free Stairway Platform for Handicapped Persons Living
in Family Houses

Bakalářská práce

Lyzak Mark

Studijní program: B 2341 STROJÍRENSTVÍ

Studijní obor: 3901R051 Konstruování podporované počítačem

Vedoucí práce: Ing. Jan Kanaval, Ph.D.

Prohlášení

Prohlašuji, že tuto předloženou bakalářskou práci „Návrh bezbariérové schodišťové plošiny pro hendikepované osoby bydlící v rodinných domech“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce Ing. Jana Kanavala, Ph.D. a použil jsem pouze podklady uvedené v seznamu použité literatury a dalších zdrojů.

V Praze dne 10. července 2018

Anotační list

Jméno autora: Mark Lyzak

Název BP: Návrh bezbariérové schodišťové plošiny pro hendikepované osoby bydlící v rodinných domech

Anglický název: Design of a Barrier-free Stairway Platform for Handicapped Persons Living in Family Houses

Akademický rok: 2017/2018

Ústav/Odbor: Ústav konstruování a částí strojů

Vedoucí BP: Ing. Jan Kanaval, Ph.D.

Bibliografické údaje: Počet stran: 33

Počet obrázků: 21

Počet tabulek: 1

Počet příloh: 0

Klíčová slova: Schodišťová plošina, čelní ozubení, elektromotor, DC napájení, bezdrátové řízení, šnekovy převod, elektrické zapojení.

Keywords: Stair lift, gearbox, electric, DC power supply, wireless control, worm gears, wiring.

Abstrakt: Tato bakalářská práce se zabývá návrhem schodišťové plošiny pro hendikepované osoby. Teoretická část je věnována analýze trhu schodišťových plošin a dále návrhem nové konstrukční varianty plošiny včetně návrhu jejího pohonu s využitím pastorku a ozubeného hřebene. Návrh je zpracován formou 3D modelu a práce obsahuje rovněž ekonomické hodnocení nově navržené varianty.

Abstrakt: This bachelor thesis deals with the design of a stair lifts platform for handicap people. The theoretical part is devoted to analysis of stair lifts market and torsion torque calculation between pinion and toothed wheel. The practical part consists of designing a 3D model and evaluating approximate costs.

Obsah

1. Úvod	5
2. Historie	6
3. Legislativa.....	7
4. Alternativa rampám	9
5. Stávající řešení	10
6. Hydraulické pohony.....	10
7. Elektrické plošiny.....	11
8. Rozdělení podle směru a principu.....	11
9. Zakřivena schodišťová plošina.....	13
10. Sedačkové lanovky	14
11. Praktická část.....	16
12. Návrh pohonů	17
13. Statická analýza rovnoměrného pohybu nahoru.....	18
14. Výběr motoru.....	21
15. Převodovka	23
16. Elektrické zapojení.....	24
17. Přenos momentu.....	25
18. Návrh sedačky	29
19. Napájení DC.....	30
20. Řízení.....	32
21. Podmínky pro schodiště a připojení výtahu k ním	33
22. Odhadové náklady.....	34
23. Závěr.....	34
24. Použitá literatura:.....	35

Úvod

Od útlého dětství jsme zvyklí postupně překonávat různé bariéry, překážky a postupně jít kupředu krok za krokem na cestě ve svém fyzickém rozvoji. Avšak realita pro některé jedince není tak příjemná. Lidé mohou mít různá tělesná postižení, která je omezují ve svobodném pohybu a komplikují jim další osobní rozvoj. Někteří jedinci jsou postiženi fyzicky od útlého dětství. Pro člověka, který byl ještě „včera“ plný síly a zdraví se může situace změnit naráz například následkem úrazu, a to je pak šokující skutečnost. Naskýtá se tedy možnost, jak těmto hendikepovaným lidem alespoň ulehčit jejich nesnadný úděl vzhledem k jejich fyzickému omezení a pomoci jim překonávat různé bariéry.

Cíle práce:

- Seznámit se s problematikou bezbariérových schodišťových plošin pro hendikepované osoby, s historií jejich vzniku, s požadavky na ně kladenými z hlediska zákona, provést analýzu dostupných řešení na současném trhu.
 - Dle informací získaných v rešeršní části vybrat vhodnou koncepci plošiny, dále provést návrh nové konstrukční varianty schodišťové plošiny formou 3D modelu včetně návrhových a kontrolních výpočtů celé konstrukce a pohonu s následujícími požadavky:
- 1) Nízká cena – vzhledem ke skutečnosti, že přepravní sedačka je určena pro použití v domácím prostředí a pro co nejširší skupinu zákazníků, bude nutné minimalizovat výrobní náklady.
 - 2) Vysoká účinnost pohonu – snažit se dosáhnout co nejefektivnějšího využití energie zvoleného motoru, tedy co nejvyšší účinnosti hnacího převodového mechanismu pastorek + ozubený hřeben.
 - 3) Nízká hmotnost – nejlehčí koncept sedačky a jejího pohonu umožní použití motoru o nižším výkonu.
 - 4) Malé dynamické účinky – umožní jednak použití motoru o nižším výkonu, dále pak nebude výrazně dynamicky přítěžována použitá šneková převodovka.

Historie

Zmínka o „schodišťové plošině“ se poprvé objevila v historických poznámkách na počátku 16. století v době vládnutí anglického krále Jindřicha VIII. Po vážném zranění používal židli (sedačkovou lanovku), která se mohla pohybovat nahoru a dolů po schodech jeho paláce v Londýně. V královských dokumentech byla také popsána „židle, která byla schopna se pohybovat nahoru a dolů“. Předpokládá se, že tato lanovka by krále vytahovala do výše 20 stop. Král Henry měl také tři "úžasně luxusní trůny na kolečkách" (vozíky), pro dopravu do svých residencí v *Hampton Court*, *Greenwich* a *Whitehall Palace*.

Opravdový rozvoj těchto zařízení nastal díky 150 letým zkušenostem výrobců výtahů, které pak našli svoje uplatnění v celosvětové výrobě moderních schodišťových plošin. Dnešní schodišťové plošiny se vyznačují vysokou bezpečností, pohodlím, výkonem a snadnou dostupností pro domácnosti.

Sériová výroba schodišťových plošin začala, před 89 lety, když zakladatel společnosti C. C. Crispen a vynálezce původního schodišťového výtahu pracoval v automobilovém průmyslu v Harrisburgu v Pensylvánii. Několik jeho kamarádů se po zranění nemohlo dostat do druhého patra ve svých domech. Crispeneho napadla myšlenka na vývoj pohyblivého sedadla pro snadnější přepravu svých kamarádů.

Po patentovém průzkumu a několika měsících práce sestavil skládanou židli, připevněnou k válečkovému vozíku, která jezdila na přírubovém rámu. Vozík byl tažen navíjecím lanem, které mohlo být umístěno na několika místech.

První schodišťový výtah byl postaven v suterénu domu jeho vynálezce. Byl provozován na uzavřeném schodišti a rychle dostal jméno "*Inclinátor*". Crispen pak založil svoji společnost v roce 1924. Během prvního roku bylo postaveno a prodáno 6 kusů. Avšak první velký úspěch přišel až když společnost Philadelphia Electric Company (PEC) vystavila tento nový produkt ve svém „showroomu“ a inzerovala ho v novinách.

Po této akci byla veškerá tehdy dostupná výrobní kapacita vyčerpána. Druhá významná pobídka přišla v okamžiku, když se o tom dozvěděli iniciátoři výstavy PEC a požádali Crispena, aby instaloval schodišťovou jednotku, která by vedla do druhého patra jejich "elektrického domu" v Atlantic City. Expozice zde byla představena mnoha návštěvníkům z různých částí světa, což byl počátek pro založení a rozvoj distribučního systému.

C. C. Crispen byl člověk, který byl hrdý na to, že jeho výrobek pomohl celé společnosti, nikdy ne pro finanční úspěch svého podniku, který ani nevyžadoval. [4]

Legislativa



Obr. 1 Schodišťová plošina [17]

První ucelenou právní normou pohlížející na bezbariérové řešení se stala až vyhláška č.53/1985 Sb. O obecných technických požadavcích zabezpečujících užívání staveb osobami s omezenou schopností pohybu, vydanou Státní komisí pro vědeckotechnický a investiční rozvoj. V ustanovení první části se však vyskytl pojem, že se požadavky vyhlášky použijí přiměřeně, což mělo za následek jejich nedodržování. Navzdory tomu ale v této vyhlášce byly tyto podmínky stanoveny i pro rodinné domy. Konkrétní znění §2 odstavce 5 je následující: „Pokud stavba rodinného domku, jehož stavebníkem je občan, se má na základě jeho rozhodnutí uzpůsobit pro užívání invalidními osobami, postupuje se při navrhování, přípravě a povolování takové stavby podle této vyhlášky“.

[1]

Během posledních let se právní předpisy změnili, protože podle starých norem by bylo potřeba mnohem více prostoru na realizaci mechanismu zvedání.

V současnosti k dané tematice se vztahuje vyhláška Ministerstva pro místní rozvoj ČR č. 398/2009 Sb. O obecných technických požadavcích zabezpečujících bezbariérové užívání staveb.

Dle §5 odst.1 musí být přístupy do staveb bez schodů a vyrovnávacích stupňů a zároveň musí být v úrovni komunikace pro chodce. Pokud tomuto brání závažné technické důvody, může být pro vyrovnání výškových rozdílů použita bezbariérová rampa a v odůvodněných případech u změn dokončených staveb zdvihací plošina. Toto platí u staveb uvedených v §2 odst. 1 písm. b), c) a d) tedy: „b) občanského

vybavení v částech určených pro užívání veřejností c) společných prostor a domovního vybavení bytového domu obsahujícího více než 3 byty, upravitelného bytu nebo bytu zvláštního určení d) pro výkon práce celkově 25 a více osob, pokud provoz v těchto stavbách umožňuje zaměstnávat osoby se zdravotním postižením nebo stavby pro výkon práce osob s těžkým zdravotním postižením". [3]

Požadavky na technické řešení pro šikmé zdvihací plošiny jsou uvedeny v následujících bodech přílohy č. 1 této vyhlášky:

„1.1.1 Výškové rozdíly pochozích ploch nesmí být vyšší než 20 mm. 3.1.4 Volná plocha před nástupními místy na zdvihací plošiny musí být nejméně 1500 mm x 1500 mm. V odůvodněných případech mohou být tyto rozměry zmenšeny až na šířku nejméně 1200 mm a hloubku nejméně 1500 mm u nájezdu s otočením a na šířku nejméně 800 mm a hloubku 1200 mm u přímého nájezdu. 3.1.7 Nosnost šikmé zdvihací plošiny se stanoví z měrného zatížení nejméně 250 kg/m² čisté nosné plochy. Nosnost plošiny pro vozík musí být nejméně 150 kg. 3.1.8 Požadavky na osvětlení, ovládací zařízení, nouzovou a varovnou signalizaci šikmé zdvihací plošiny stanoví příslušné normové hodnoty. 3.2.4 Vstupy z nástupišť do jízdní dráhy pro svislé i šikmé zdvihací plošiny musí být zabezpečeny jako překážka pro chodce podle bodu 1.2.10. této přílohy". [3]

Alternativa rampám

Vhodným řešením se jeví zvedací plošina – zařízení určené ke zvedání invalidního vozíku nebo důchodce podél schodiště.

1. Svislý zvedák. Vertikální výtahy určené pro zvedání do výšky ne více než dva metry.
2. Šikmá plošina pro invalidy. Takové výtahy mohou být instalovány v budovách, které mají široké schody s možností otáčení mechanismu při nasedání. Zařízení je plošina, která se pohybuje rovnoběžně se svahem schodů podél vodítek a je umístěna na schodišti. V závislosti na modelu může vzniknout pouze jeden „pochod“ (šikmých výtahů *INVAPROM A300*, *Vimec V64*) nebo komplexní trajektorie opakující prostorové trajektorie – *INVAPROM A310 model*, *Vimec V65*.



Obr. 2 Šikmá plošina pro invalidy [16]

Pro instalace výtahů tohoto druhu není vyžadována náročná rekonstrukce budovy. Vodítka jsou upevněna ke stěně.

3. Mobilní stoupací schodišťové výtahy pro invalidní vozíky. Mobilní zvedací zařízení pro invalidní vozíky dále rozšiřují možnosti kategorie s nízkou mobilitou obyvatelstva. Zařízení umožňují uživatelům invalidních vozíků vystupovat po schodech téměř kdekoli: na úzkých schodištích v soukromých domech, v budovách, které nejsou vybaveny rampami a stacionárními výtahy, atd.

Stávající řešení

V dnešním světě designéři začali věnovat mnohem větší pozornost uspořádání schodišť a umístění příslušenství.

Bezbariérové schodišťové plošiny byly speciálně navrženy tak, aby pomohly uživatelům invalidních vozíků a osobám s omezenou možností pohybu a orientace stoupat a obráceně sestupovat po schodech.

Existují dva základní typy plošinových pohonů:

- S elektrickým pohonem
- S hydraulickým pohonem

Hydraulické pohony

Hydraulické plošiny jsou instalovány v místech, kde je výška zdvihu malá. Důvodem je, že rychlost zdvihu je nízká, což lze přiřadit mezi výhody tohoto typu plošin.



Obr. 3 Hydraulická plošina [17]

Elektrické plošiny

Dalším zástupcem jsou systémy zvedání s elektrickým pohonem. Jejich hlavní výhodou je snadné použití a možnost transportu handicapovaných osob do velkých výšek. Elektrický výtah může bez problémů zvládnout i velké zatížení, rychlost zvedání je dostačující.

Tento typ zařízení se používá nejen u schodišťových plošin, ale i v koupelnách (bazénech), vozech a dalších zařízeních.

Rozdělení podle směru a principu

Existuje několik konstrukčních variant:

- Vertikální plošiny.
- Mobilní.
- Šikmé.
- Sedačkové lanovky.
- Crawler.
- Automobilová plošina.

U každého typu plošin je na prvním místě bezpečnost a komfort za provozu.

Člověk, který potřebuje použít plošinu má obvykle mnohem vyšší požadavky na pohodlnost vstupu/výstupu a na ovládání zařízení. Bohužel, velmi často se rampy instalují špatně, buď úhel sklonu neumožňuje jízdu na invalidním vozíku.

Vertikální plošiny, plošiny s lineárním pohybem



Obr. 4 Vertikální plošina [Autor]

Tato zařízení jsou nejčastější, se kterými se můžete setkat ve svém okolí. Vertikální zařízení lze porovnat s výtahem.

Tato konstrukční varianta je vhodná a spolehlivá za provozu, tento typ zdvihu může být použit samostatně.

Výtahy jsou pro tyto aplikace nejběžnější, jednoduše proto, že většina schodišť je přímá. Přímý zdvih je situován podél přímky od shora dolů, bez zastavení a bez zatáček. Vzhledem k tomu, že jsou nejčastějším typem schodišťového výtahu, jsou rovnoměrné výtahy obvykle dostupné skladem a mohou být dodány a instalovány do několika dnů od okamžiku objednávky. Jsou nejen nejjednodušší, ale také jsou nákladově nejvýhodnější.

Mobilní plošina

Tento typ plošiny je instalován na místech, kde není možné instalovat stacionární zvedací mechanismus. Takové mechanismy mohou být:

1. Pasivní – v případě, že použití vyžaduje asistenta, samotná osoba s postižením nemůže používat tento systém.
2. Aktivní – zdravotně postižená osoba se může pohybovat nezávisle, je možné provádět zvedání bez vnější pomoci.

Výhoda mobilní agregace spočívá v tom, že může pracovat s baterií, bez drahých specifických zařízení.

Zakřivena schodišťová plošina

Hlavní rozdíl od ostatních typů, je vyšší kapacita.

Zakřivené výtahy jsou postaveny tak, aby vyhovovaly sofistikovanějšímu schodišti. Zakřivené výtahy se mohou otáčet o 90 stupňů, o 180 stupňů nebo o plochý přistávací prostor. Možné je dokonce i parkoviště, kde je výtah za rohem. Zakřivené schodišťové výtahy jsou vyrobeny na zakázku, aby odpovídaly obrysu konkrétního schodiště. Tím se ale výrazně zvyšuje doba výroby výtahu, která může trvat 4 až 8 týdnů.



Obr. 5 Zakřivený výtah [17]

Existují dva režimy pohybu:

- Manuální.
- Automatický.

Nejlepší nabídka je od firmy VECOM Šikmá schodišťová plošina V65

Nosnost: 300 kg.

Rychlost: 8 m/min.

Příkon: 1 kW.

Napájecí/provozní napětí: 230 V / 24 V baterie

Použití: interní i externí.

Sklon schodiště: do 50°.

Sedačkové lanovky

Toto zařízení lze umístit z jakékoliv vhodné strany schodiště, a to jak zevnitř, tak zvenku. Křeslo je vybaveno ovládacím panelem, stojí pod nohama. Je to jednoduché a funkční.



Obr. 6 Sedačkový výtah VECOM [18]

Nejlepší nabídka je od firmy VECOM Schodišťová sedačka A180

Nosnost: 120 kg.

Rychlost: 9 m/min.

Příkon: 0,4 kW.

Napájecí/provozní napětí: 230 V / 24 V baterie.

Použití: interní.

Sklon schodiště: do 58°.

Crawler

Mobilní zařízení vybavené plošinou vhodnou pro všechny modely invalidních vozíků. Pomocí tohoto zařízení může být realizován pohyb po schodech jakékoliv složitosti. Pásové výtahy mají dvě možnosti ovládání, jsou nezávislé nebo s asistentem.



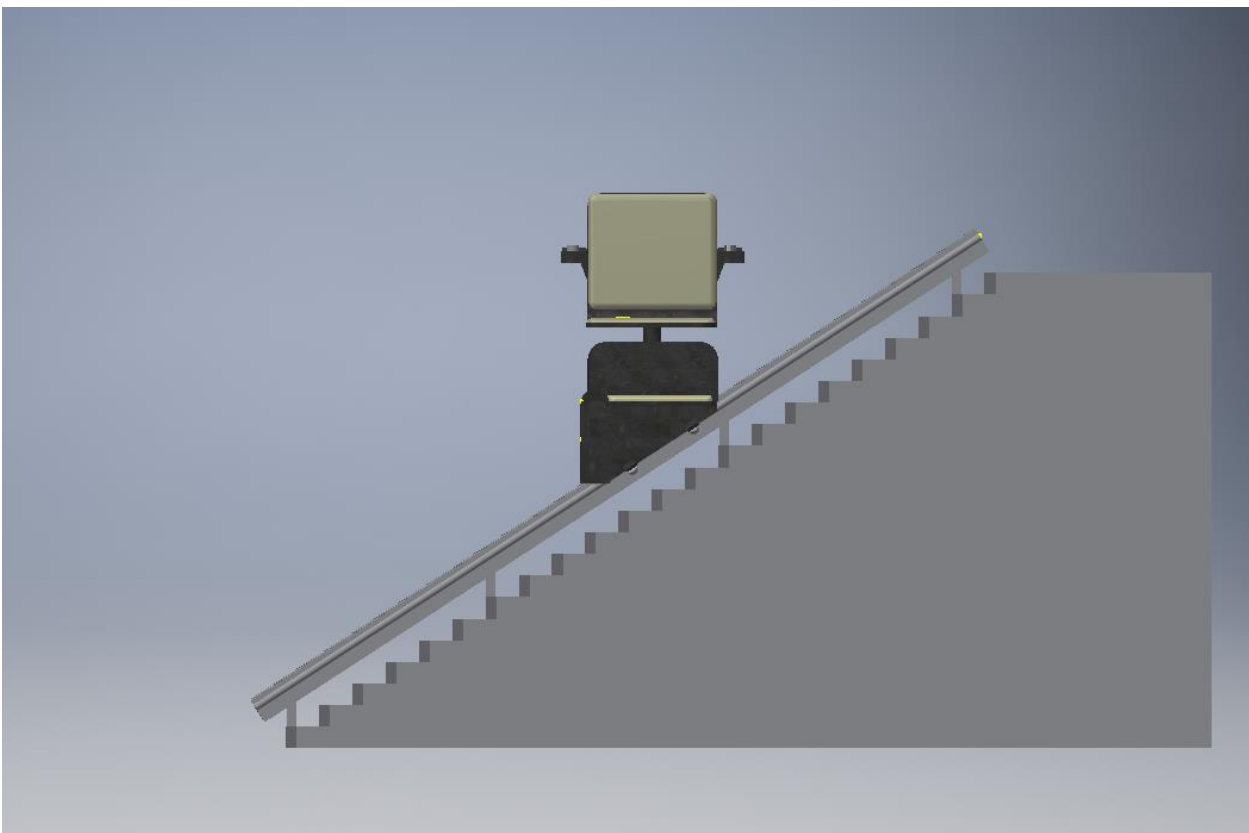
Obr. 7 Mobilní zařízení Crawl [17]

Praktická část

V této části práce je popsán postup návrhu schodišťové plošiny vlastní konstrukce.

V první etapě byla provedena volba vhodného pohonu základního schodišťového výtahu, pro přímá nebo zakřivená schodiště, pro vnitřní nebo venkovní použití.

Většinou se vedení výtahu připevňuje ke schodům, nikoliv ke stěně.



Obr. 8 Vlastní návrh [Autor]

Návrh pohonů

S ohledem na cíle stanovené v rámci této bakalářské práce bude pohon sestaven z elektromotoru a šnekové převodovky a dále z převodu ozubený pastorek + ozubený hřeben.

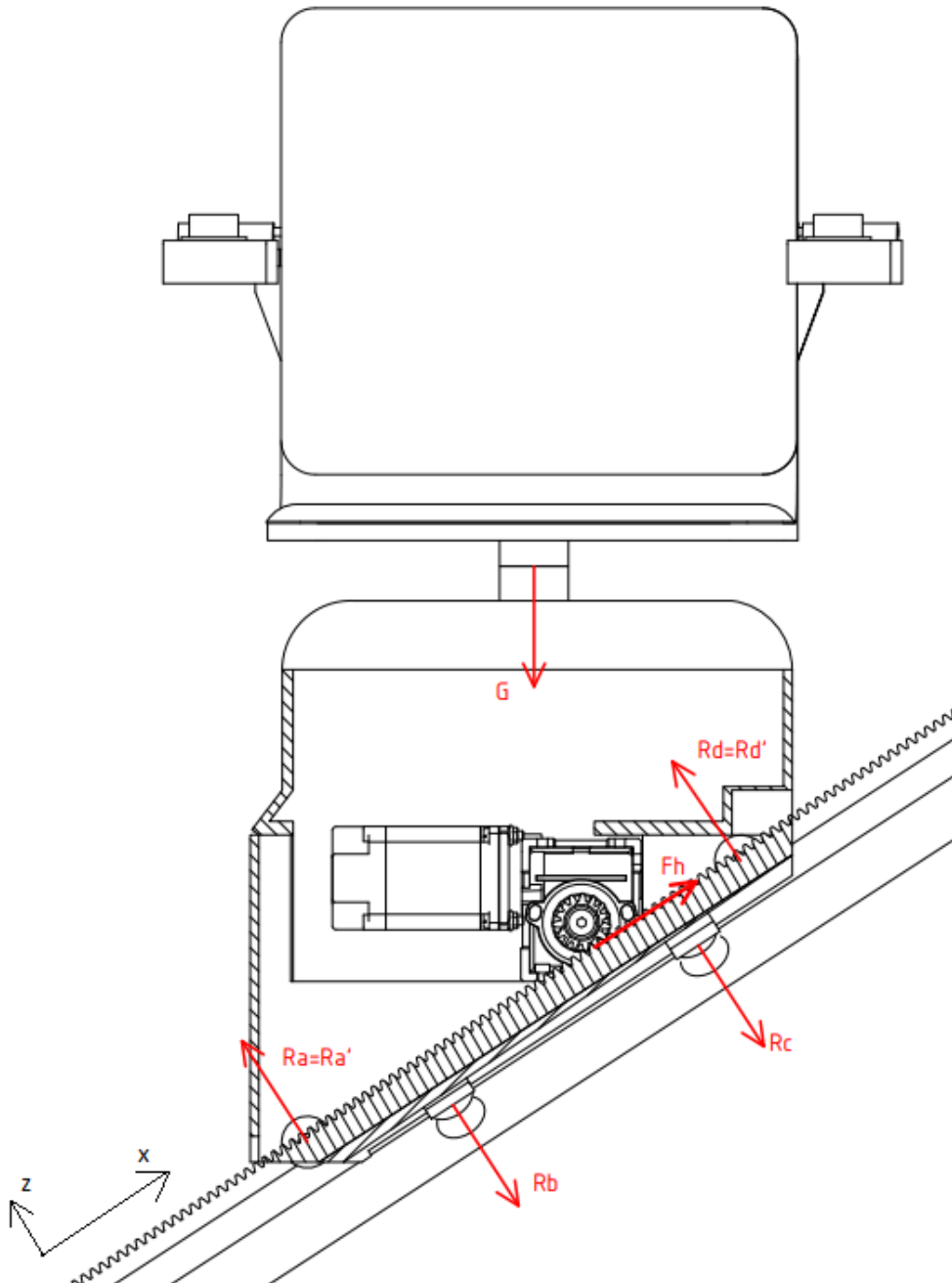
Bylo předpokládáno, že maximální hmotnost přepravované osoby je 100 kg.

Hmotnost schodišťové plošiny včetně pohonu je 53 kg.

S ohledem na vypočtené reakce v jednotlivých osách byl proveden výběr vhodného motoru a šnekové převodovky.

Statická analýza rovnoměrného pohybu nahoru

Osa x-z

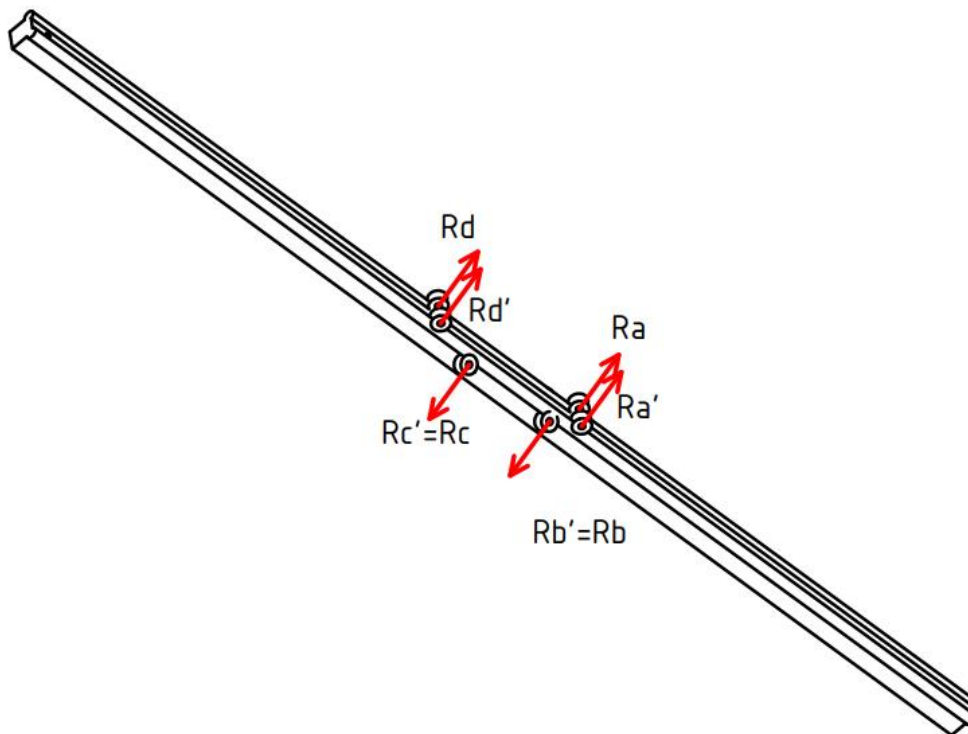


Obr. 9 Výpočtový model výtahu [Autor]

Reakce v kolečkách

Nyní se znalostí umístění pojezdových koleček lze sestavit zjednodušený výpočtový model pro určení reakcí působících na jednotlivá pojezdová kolečka. V tomto výpočtovém modelu je uvažován extrémní případ, tedy zatížení maximální povolenou nosností plošiny (osoba o hmotnosti 100 kg) a jeho poloha na vnějším okraji plošiny, tedy co nejdále od pojezdových trubek (Obr. 10).

Podpěry (osy pojezdových koleček) jsou označeny písmeny A, B, C a D, ve kterých vznikají horizontální reakce R_A , R_B , R_C , R_D .



Obr. 10 Reakce v kolečkách [Autor]

$$\begin{aligned} R_A &= R_{A'} \\ R_B &= R_{B'} \\ R_C &= R_{C'} \\ R_D &= R_{D'} \end{aligned}$$

Rovnice rovnováhy ve směru osy x:

$$\sum_x F_H - G_x = 0$$

Rovnice rovnováhy ve směru osy y:

$$\sum_y 2 \cdot R_{By} - 2 \cdot R_{Cy} = 0$$

Rovnice rovnováhy ve směru osy z:

$$\sum_z 2 \cdot R_A + 2 \cdot R_D - 2 \cdot R_{By} - 2 \cdot R_{Cy} - G_z = 0$$

Momentová rovnice rovnováhy k podpěře A:

$$M_a: G_x \cdot 200 - G_z \cdot 310 - 2 \cdot R_{By} \cdot 250 - 2 \cdot R_{Cy} \cdot 250 + 2 \cdot R_D \cdot 300 = 0$$

Úprava rovnic:

Při rovnoměrném pohybu nahoru nebo dolů jsou zanedbány reakce R_B a R_C , a to z důvodu, že při rovnoměrném pohybu nahoru se těžiště nachází přímo ve středu konstrukce.

Z rovnice (23) vyplývá, že horizontální reakce jsou si rovny, tedy:

$$\sum_x F_H - G \cdot \sin(33) = 0$$

Z rovnice (23) vyplývá, že horizontální reakce jsou si rovny, tedy:

$$\sum_z 2 \cdot R_A + 2 \cdot R_D - G \cdot \cos(33) = 0$$

Z rovnice (23) vyplývá, že horizontální reakce jsou si rovny, tedy

$$M_a: G_x \cdot 200 - G_z \cdot 310 + 2 \cdot R_D \cdot 300 = 0$$

Jednotlivé složky lze pak tedy vypočítat následovně:

$$R_D = \frac{G \cdot \cos(33) \cdot 310 - G \cdot \sin(33) \cdot 200}{2 \cdot \cos(33) \cdot 300} = 450 \text{ [N]}$$

$$R_A = \frac{G \cdot \cos(33) - 2 \cdot R_D}{2} = 178,75 \text{ [N]}$$

Z výsledných reakcí jsou pak určeny odpory valení pojezdových koleček. Pro výpočet odporu však musíme znát poloměr pojezdových koleček a rameno valivého odporu. Průměr koleček byl zvolen 50 mm, tedy poloměr r je roven 25 mm. Kolečka budou

vyrobená z oceli a budou se odvalovat po ocelové trubce. Na základě toho byla odhadnuta hodnota ramene valivého odporu 0,0005 m. [6]

F_T - valivý odpor,

ξ (ksí) - rameno valivého odporu (součinitel valivého tření),

R_A, R_D - kolmá tlaková síla mezi tělesy,

r - poloměr průřezu valeného tělesa.

$$F_{TA} = F_{TA'} = \frac{\xi \cdot R_A}{r} = \frac{0,0005 \cdot 178,75}{0,25} = 0,36 \text{ [N]}$$

$$F_{TD} = F_{TD'} = \frac{\xi \cdot R_D}{r} = \frac{0,0005 \cdot 450}{0,25} = 0,9 \text{ [N]}$$

Výběr motoru

Hnací síla

$$F_H = G \cdot \sin(33) + F_{TD} + F_{TD'} + F_{TA} + F_{TA'} = 817,89 \text{ [N]}$$

Velikost motoru byla navržena z potřebného výkonu.

$$P = F_H \cdot V = 817,89 \cdot 0,15 = 0,13299 \text{ [kW]}$$

Avšak vzhledem k tomu, že bude zapotřebí použití převodovky a ozubení (převod ozubený pastorek + ozubený hřeben), je zapotřebí tuto hodnotu výkonu ještě vydělit účinnostmi převodovky a účinnostmi ozubení. Nejdříve byl zvolen typ použitého motoru, přičemž pro výběr bylo využito stránek prodejce elektromotorů ESTUN.

Z hodnoty výkonu lze přejít k volbě elektromotoru.

Byl vybrán servomotor značky ESTUN, která nabízí nejlepší poměr cena/výkon na trhu.

Důvody volby servomotoru:

- Je to DC motor s kartáči, s již dlouho známou konstrukcí vyráběnou v mnoha různých konfiguracích s různými vlastnostmi.
- Měkký chod.
- Vysoká účinnost v celém rozsahu otáček. S ním je možné získat konstantní moment v celém rozsahu otáček. Dobrá účinnost i při vyšších rychlostech.
- Ekonomické motory v základním provedení bez výkonných magnetů (Neodym), mohou být nabízeny za nízké ceny. Pohony jsou také jednodušší, a tudíž levnější než krokové motory a bezkartáčové motory.
- Tichý. Hluk je mnohem tišší než u krokového motoru.

Nejlépe vyhovuje Servomotor řady EMJ, a to z důvodu, že je jedním z nejmenších a jeho výkon vyhovuje našim požadavkům. Takže podle výše uvedeného byl zvolen servomotor od firmy Estun model EMJ 030.



Obr. 11 Servomotor Estun model EMJ 030 [5]

Napájení		200VAC
Servo motor	EMJ-	02A
Výkon	W	200
Nominální moment	N.m	0.64
špičkový moment	N.m	1.92
Jmenovitý proud	A rms	1.3
Špičkový proud	A rms	3.9
nominální otáčky	ot./min-1	3000
nejvyšší otáčky	ot/min-1	4500
setrvačnost	x10-4kg/m2	0.19

Enkodér	Standard	Inkrementální : 2500 pulzů/ot.
	Volitelný	17-bit inkrementální/absolutní enkodér : 131072pulzů/ot.; resolver
Provozní teplota		0 až +40°C
Provozní vlhkost		20 až 80% RH
Krytí		IP55

Obr. 12 Charakteristika servomotoru [5]

Převodovka

Hlavními požadavky kladenými na převodovku byly rozměry a účinnost. Nejlepší variantou byla šnekova převodovka od firmy Raveo.



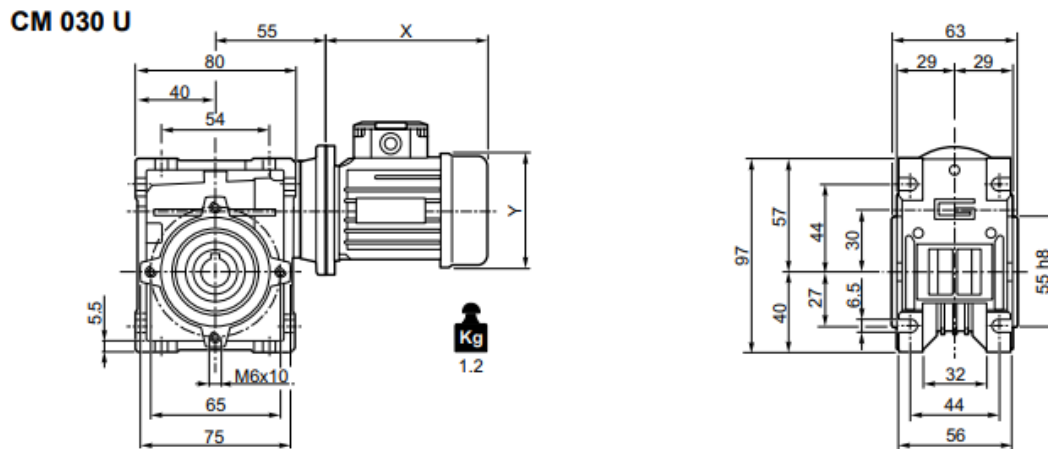
Obr. 13 Šnekova převodovka CHM 030 [15]

Parametry převodovky:

- Hranatá šneková převodovka se vstupní přírubou Typ. CHM 030,
- převodový poměr $i = 25$,
- vstupní příruba B14 F1, osová výška motoru H – 56 mm,
- montážní pozice U- univerzální,
- v hliníkové kostře v barvě RAL 7030 (šedá).

Převodovky řady CM vynikají svou:

1. Modularitou – velká škála převodů, vstupních/výstupních přírub, reakční ramena, předstupně.
2. Moderním designem – kompaktní lakované provedení.
3. Výborným zpracováním – hliníkové nebo litinové.
4. Provedení, všechny dosedací plochy jsou frézovány.



Obr. 14 Rozměry převodovky [15]

Výpočet sil:

Obvodová síla:

$$F_T = \frac{M_K \cdot 2000}{d_w}$$

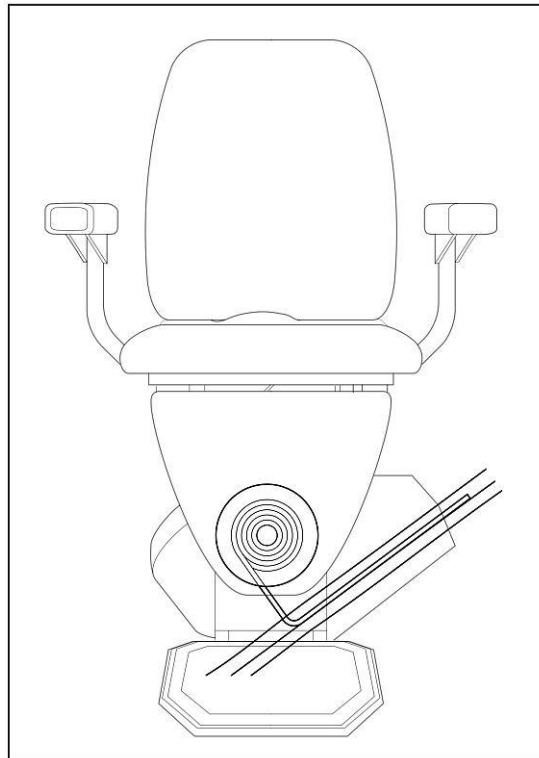
d_w - Průměr valivé kružnice,

M_k ... Krouticí moment.

Elektrické zapojení

V systému kabelového pohonu je umístěn motor a buben buď uvnitř židle, nebo v horní části kolejnici. Když je kabel navinut na buben, židle se posune nahoru, jakmile je kabel vytažen, židle se posunula dolů.

Existuje zde několik komplikací. Za prvé, protože gravitace slouží k tomu, aby se židle pohybovala směrem dolů, jakékoli překážky umožňují uvolnění kabelu a pohon se pak vypne. Pokud k tomu dojde, může být zapotřebí servisní volání k vyřešení problému a jeho zprovoznění. Za druhé je potřeba přívodní kabel, aby se dostala energie a ovládání na židli, a protože se přívodní kabel neustále navíjí a odvíjí, je to slabý článek v systému. Kabelové systémy se obecně používají na nejtěžších kapacitních systémech a na venkovních systémech.

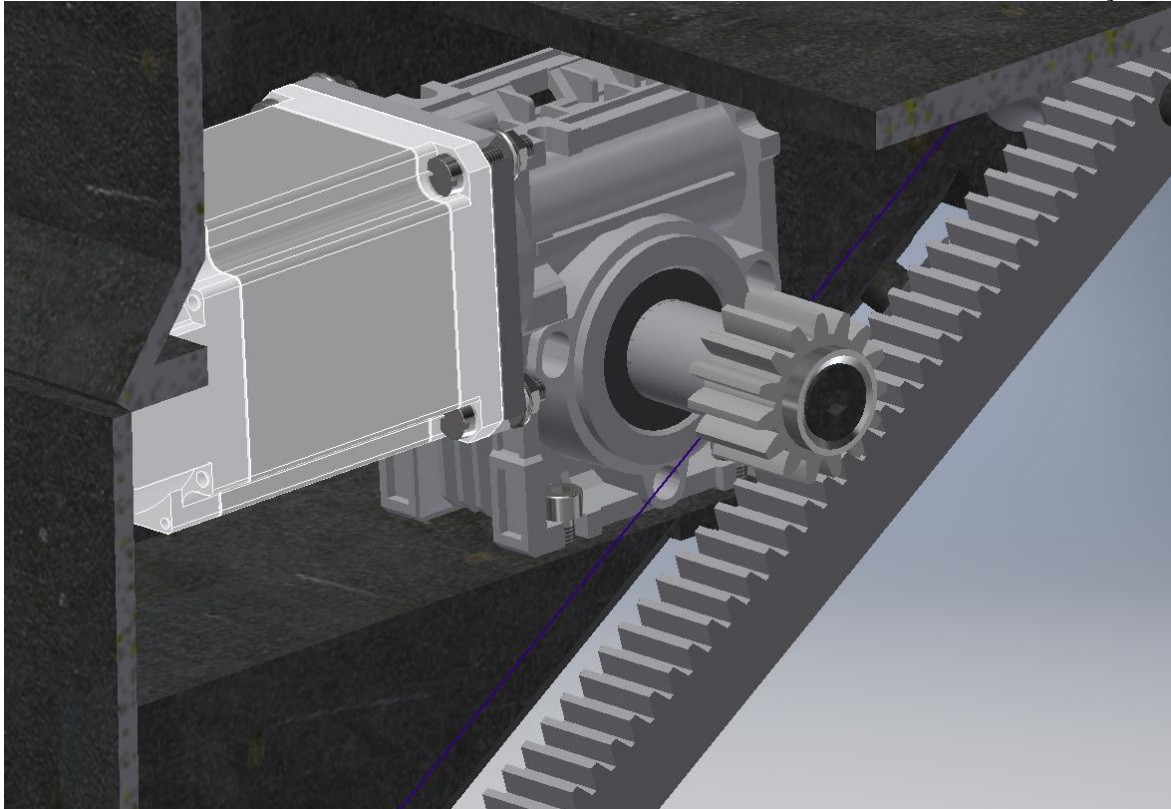


Obr. 15 Schéma elektrického zapojení [Autor]

Přenos momentu

Jelikož bylo rozhodnuto o umístění pohonu v sedačce, musí být určitým způsobem přiveden krouticí moment z motoru na ozubený hřeben. Vzhledem k tomu, že bylo rozhodnuto zároveň umožnit, aby plošina jezdila i po dráze se zatáčkami, nejlepším způsobem pohonu výtahu je pohon ozubeným kolem. Ze znalosti silového působení na ozubení byl navržen jeho roztečný průměr.

Pro přenos momentu z převodovky na vedení použijeme pastorek a ozubených hřeben. Tento způsob přenosu momentu je určen pro dlouhé posuvy. Výhodou, oproti převodu realizovaného šroubem a maticí (třecí dvojice), je vyšší účinnost a možnost převodu s nižšími otáčkami, čímž je eliminováno kmitání. Přesnost chodu je menší než za použití pohybového šroubu, neboť konvenční výrobní technologie nedosahují stejné přesnosti jako výrobní technologie u kuličkových šroubů. Jestliže by mělo být dosaženo vyšší přesnosti, musely by se použít specializované výrobní stroje. Nevýhodou tohoto typu hnacího systému je to, že při použití oceli na ocel musí být díly mazány i když je pohon s pastorkem obvykle skrytý za krytem. [14]



Obr. 16 Schéma přenosu momentu [Autor]

Návrh ozubeni

$$P_1 = 0,2 \text{ kW}$$

$$n_1 = 2800 \text{ [min}^{-1}\text{]}$$

P_1 ...Výkon elektromotoru,

n_1 ...Otáčky elektromotoru.

Krouticí moment

$$M_{KM} = 9550 \cdot \frac{P_M}{n_1} = 9550 \cdot \frac{0,2}{2800} = 0,682 \text{ [Nm]}$$

M_{KM} krouticí moment motoru,

n otáčky [n/min],

P_M ... výkon [kW].

$$M_{KM} = M_{K1} = 0,682 [Nm] = 682 [Nmm]$$

Otáčky na výstupní hřídeli šnekové převodovky

$$n_2 = 112 [min^{-1}]$$

Převodový poměr převodovky

$$i_{12} = 25$$

Účinnost převodovky při vstupních otáčkách 2800 $[min^{-1}]$

$$\eta = 0,78$$

Krouticí moment na výstupní hřídeli šnekové převodovky

$$M_{K2} = M_{K1} \cdot i_{12} \cdot \eta_{12} = 682 \cdot 25 \cdot 0,78 = 13299 [Nmm]$$

Hnací síla výstupní hřídeli šnekové převodovky

$$F_{HS} = \frac{2 \cdot M_{K2}}{d_{w1}}$$

Volím modul ozubeného pastorku

$$m = 2$$

$$z_1 = 15 \text{ zubů}$$

Průměr valivé (roztečné) kružnice

$$d_w = d_{w1} = m \cdot z_1 = 2 \cdot 15 = 30 [mm]$$

Šířka pracovní plochy

$$b_{w12} = b_{12} = \psi_{12} \cdot m = 10 \cdot 2 = 20 [mm]$$

Šířka ozubeni

$$b_1 = b_{w12} + m = 20 + 2 = 22 [mm]$$

Výška hlavy zubu

$$h_{a1} = h_a^* \cdot m = 1 \cdot 2 = 2 [mm]$$

Výška paty zubu

$$h_{f1} = h_f^* \cdot m = 1,25 \cdot 2 = 2,5 \text{ [mm]}$$

Průměr hlavové kružnice

$$d_{a1} = d_1 + 2 \cdot h_{a1} = 30 + 2 \cdot 2,2 = 34 \text{ [mm]}$$

Průměr patné kružnice

$$d_{f1} = d_1 - 2 \cdot h_{f1} = 30 - 2 \cdot 2,5 = 25 \text{ [mm]}$$

Průměr základné kružnice

$$d_{b1} = d_1 \cdot \cos(\alpha) = 30 \cdot \cos(20^\circ) = 28,191 \text{ [mm]}$$

Obvodová síla

$$F_{Hs} = \frac{2 \cdot M_{K2}}{d_w}$$

Podmínka hnací síly pastorku

$$F_{Hs} \geq F_H$$

$$F_H = 817,89 \text{ [N]}$$

Průměr valivé kružnice

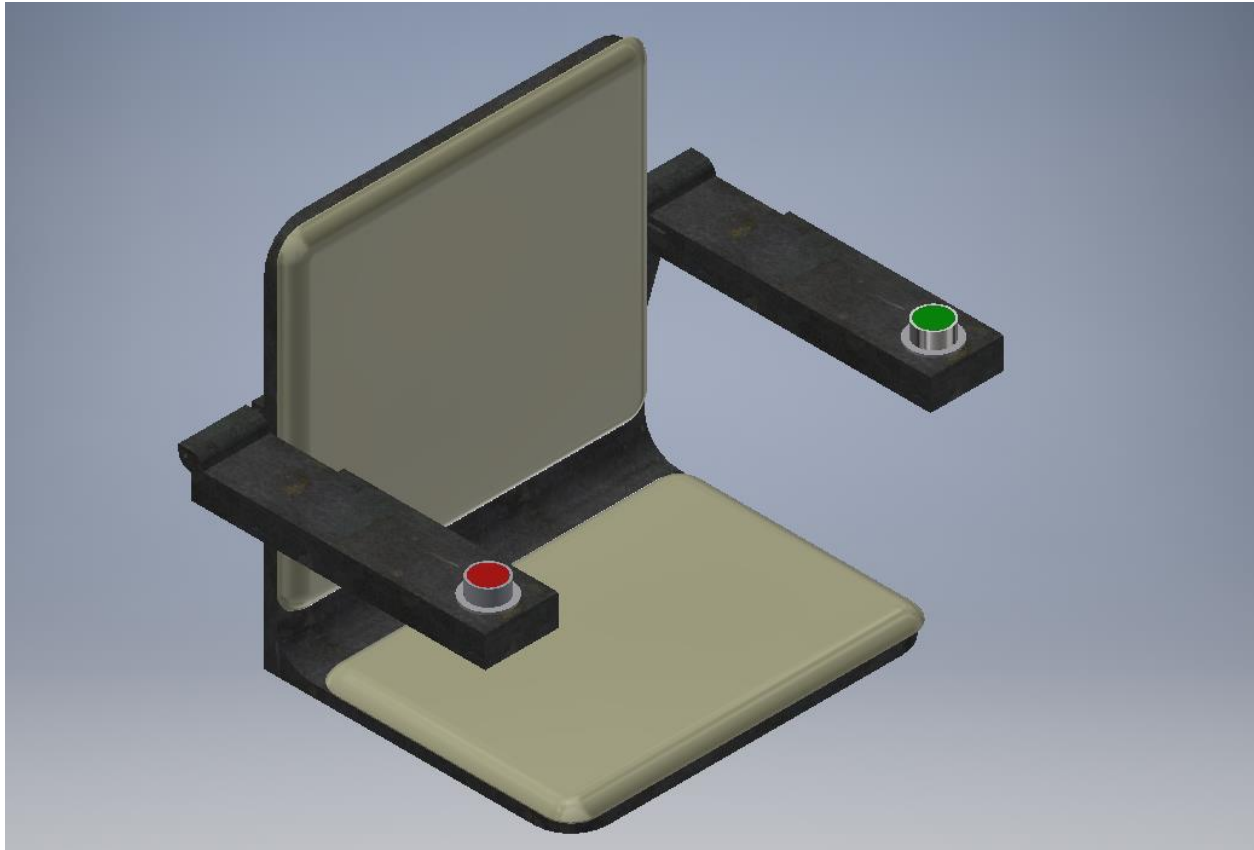
$$d_w \geq \frac{2 \cdot M_{K2}}{F_{Hs}}$$

$$d_w \geq 30 \text{ [mm]}$$

Celý návrh je proveden pro $z_1=15$ zubu

Při znalosti otáček elektromotoru, průměru ozubeného kola a požadované rychlosti pohybu plošiny je následně možné správně zvolit požadovaný převodový poměr pro výběr šnekové převodovky.

Návrh sedačky



Obr. 17 Vlastní návrh sedačky [Autor]

Schodišťový výtah je vybaven sedačkou, která se může otáčet, což pomáhá přepravované osobě bezpečně vystoupit ze sedadla bezpečně v horním patře. Ta se otáčí od schodů a zablokuje se tak, aby se přepravovaná osoba odvrátila od schodů.

Ergonomický design židle je založen na bezpečnostních funkcích s následujícími charakteristikami:

- Nožní opěrka je zakrytá protiskluzovým materiálem.
- Křeslo s opěradly, která zabraňují nežádoucím pohybům.
- Dálkové ovládání s nástěnným držákem zvedněte do libovolné polohy.
- Ovládací panel se nachází na opěrce židle.
- Šířka mezi podřetězci a výškou sedadla je nastavitelná.



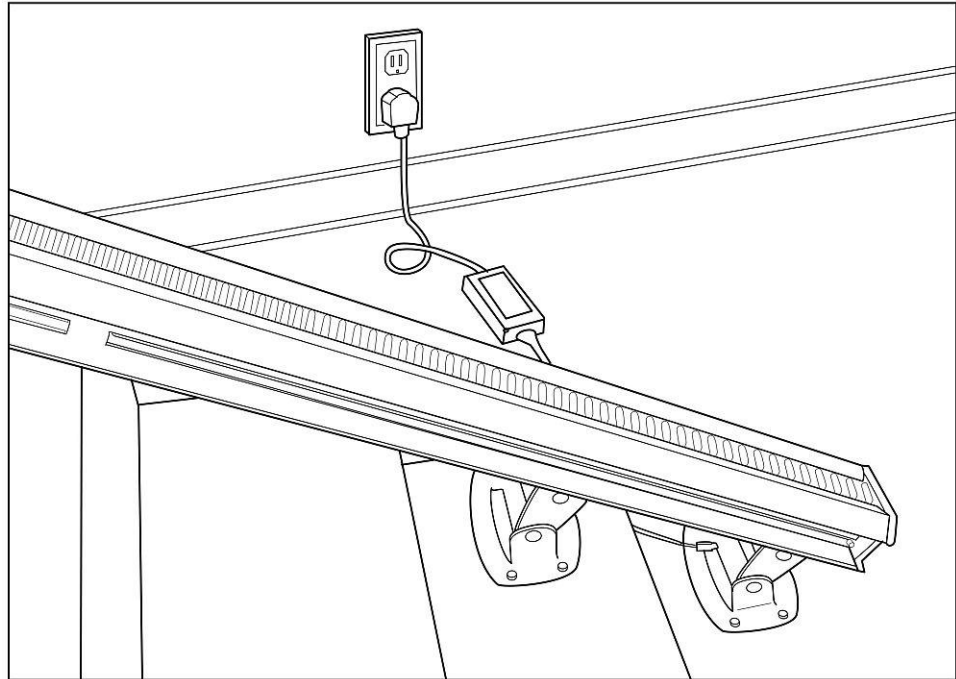
Obr. 18 Otočná sedačka [19]

Napájení DC

Stolní výtahy s napájením DC pracují s napájením z baterie. To znamená, že při výpadku elektrického proudu bude schodišťový výtah nadále schopen provozu. Baterie vydrží několik dní.

Za normálních podmínek jsou baterie nabité na nabíjecích stanicích v horní a spodní části dráhy. Tyto nabíjecí stanice nevyžadují, aby uživatel připojil něco před nebo po použití židle. Židle (sedačka) se jednoduše připojí k nabíjecí stanici, když je v horní nebo spodní části schodiště, a automaticky začne nabíjet baterie.

Většina schodišťových výtahů vyžaduje, aby židle byla úplně nahoře nebo dole, aby mohlo dojít k nabíjení. Nejčastěji se vyskytující servisní volání týkající se schodišťových výtahů souvisí s nabíjecí stanicí. Pokud zastavíte židli jen pár centimetrů od stanice, židle se nepřipojí a baterie se nenabijí. Většina schodišťových výtahů je dostatečně inteligentní, aby varovala uživatele pomocí pípnutí nebo kontrolky, ale často je toto varování ignorováno. Po uplynutí určitého okamžiku se baterie vybijí.



Obr. 19 Napájení DC [19]

Nabíjecí stanice se zapojí do zásuvky ve zdi a potřebujete pouze výstup na horní nebo dolní straně schodiště – ne obojí. Jedna zásuvka napájí obě nabíjecí stanice.

Systém schodišťového pohonu, který je napájen DC, má několik hlavních výhod:

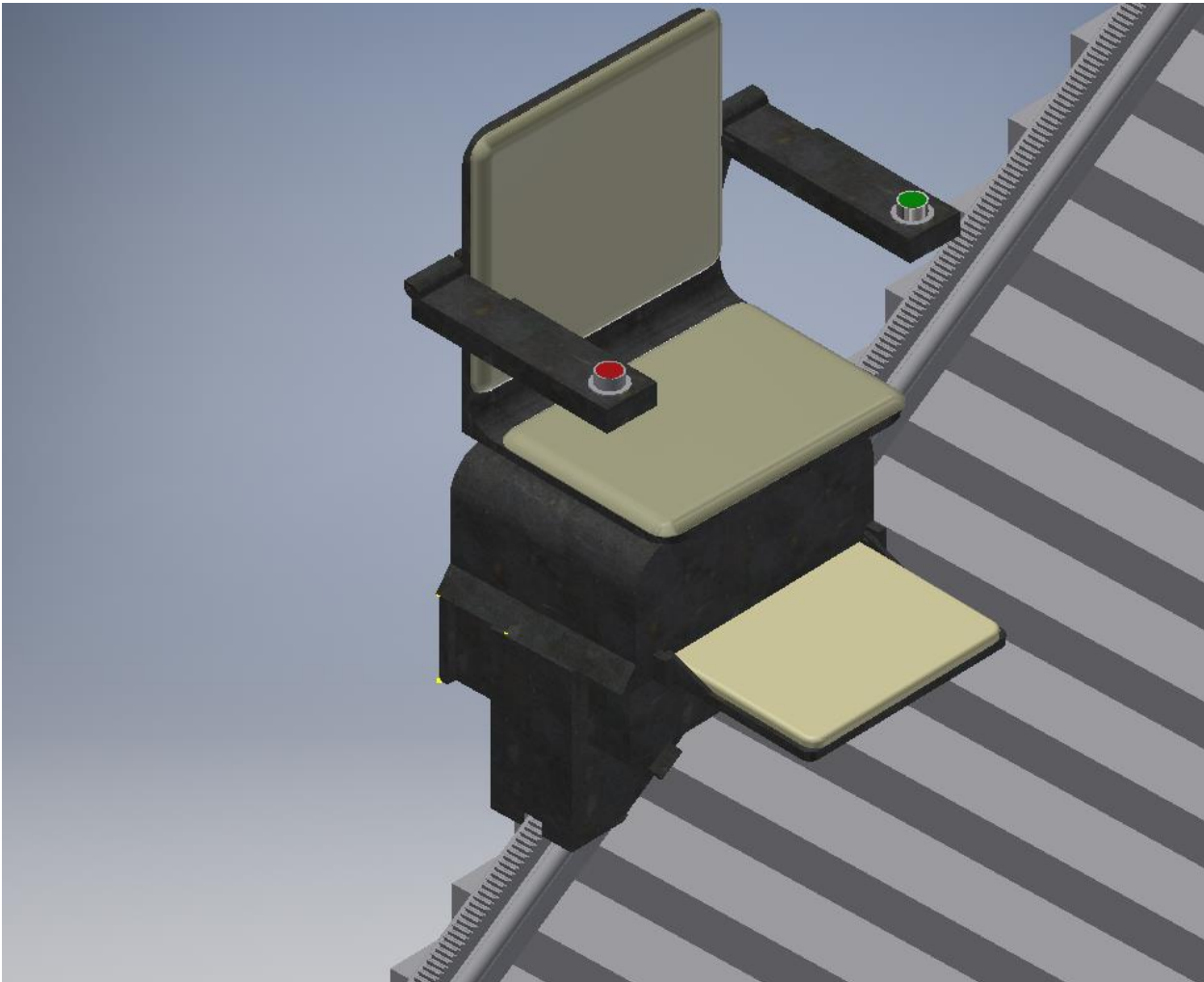
1) Pokud dojde k výpadku napájení, zdvih bude stále fungovat. Většina schodišťových vleků s napájením DC bude pracovat na 10-20 cyklech nabití baterie, což zajistí dostatečnou dostupnost díky delšímu výpadku elektrické energie.

2) Nevyžaduje cestovní kabel, což je kabel, který spojuje židli s pevným zdrojem energie. Z hlediska výrobce je cestovní kabel bodem opotřebení.

Jak již bylo zmíněno dříve, jediné potenciální nevýhody pro schodišťové výtahy poháněné stejnosměrným pohonem souvisí s nabíjením baterií. Pokud na nabíjecí stanici nedojde k vyrovnání nebo dojde ke korozi na kontakty, proces nabíjení bude přerušovaný. Tyto problémy je však možné zabránit správnou instalací a údržbou zkušeného údržbáře.

Baterie mají obvykle životnost 3 až 4 roky. Pár schodišťových baterií stojí přibližně 100 dolarů.

Řízení



Obr. 20 Řízení výtahu [Autor]

Schodišťové výtahy mají široký výběr míst umístění ovládacích prvků. Nejvíce upřednostňuje pohodlí bezdrátových ovládacích prvků, ale v našem případě bylo vybráno levnější drátové provedení.

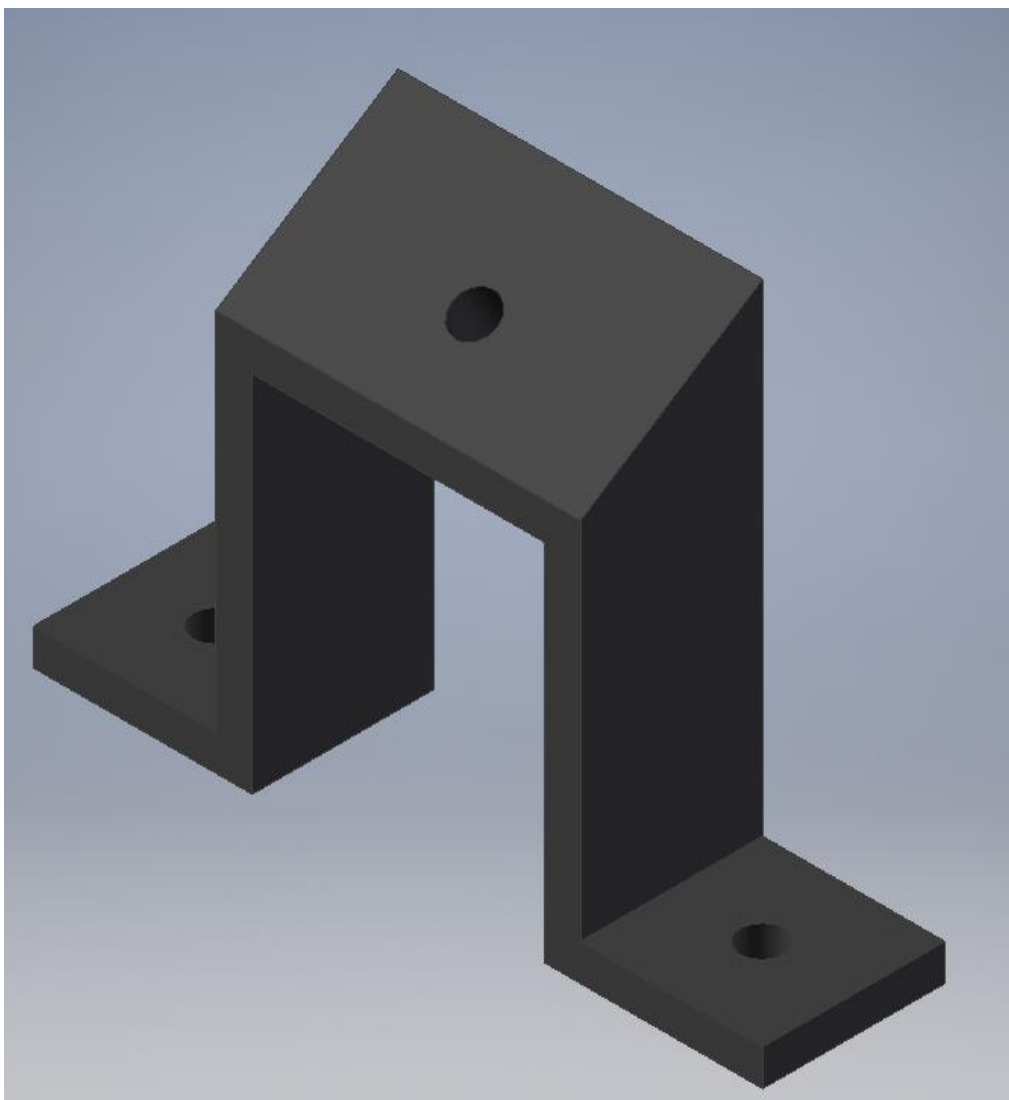
Ovládání: V obou područkách jsou zabudované dvě tlačítka. Zeleným tlačítkem je výtah poháněn nahoru a červeným je poháněn dolů.

Dálkové ovládání: Ovládací prvky se nacházejí jak na horním, tak na spodním přistání schodů, skládající se z kolébkového spínače nebo dvou tlačítek. V některých případech může být tento ovládací prvek (nazývaný též volací stanice) pevně zapojen, což se projeví na nevhledných vodičích běžících z hovorových stanic do výtahu.

Bezdrátové ovládání: většina dnešních obytných schodišť využívá bezdrátových stanic, které jsou podobné dálkovému ovládní televizi. Jednoduše nasměrujte dálkový ovladač na schodišťový výtah, abyste ho posílali nahoru a dolů. Jediným nedostatkem bezdrátového řídicího systému je, že ovládání běží na bateriích, podobně jako dálkové ovládání televizi a baterie je třeba měnit každý rok.

Podmínky pro schodiště a připojení výtahu

Vedení výtahu je stejně po cele dráze zvedání a má stejně stoupání, jednou z podmínek je to, že schodiště musí být bez mezipatra. Připojení mezi schodištěm a vedením je realizováno pomocí speciálních držáků, které jsou spojeny se schodištěm a vedením pomocí šroubových spojů.



Obr. 21 Spojka mezi schodištěm a profilem [Autor]

Odhadové náklady

Jedním z hlavních cílů bakalářské práce bylo získání ekonomické výhody výtahu oproti konkurentům. Podle mého názoru byl tento cíl splněn, odhadovaná cena vyšla o 25% nižší než u nejlevnějších konkurenčních výtahů.

Přibližně stanovení nákladů na výtah:

- Šneková převodovka CM030 - cena 2.707,- Kč. [10]
- Ozubené hřebeny přímé ozubení - cena 1.150,- Kč. [9]
- Cena ozubeného pastorku, přímé ozubení, modul 2, materiál ocel C45 UNI 7845 je 238,00 Kč. [9]
- Sedačka - přibližná cena podle návrhu vyšla kolem 2.000,- Kč.
- Rám, podle potřeby materiálu - cena vychází kolem 1.800,- Kč.

Podle vlastního návrhu náklady na výrobu takového výtahu vychází kolem 55 tis Kč, což je méně než u konkurenčních firem, jako je např. *VECON*. Nejlevnější, co bylo nalezeno na trhu je výrobek od firmy *VOTO* Plzeň a jeho cena je 78 tis Kč.

Závěr

V první proběhlo seznámení se s legislativou schodišťových plošin v České Republice. Byly popsány hlavní požadavky pro schodišťové plošiny, které je potřeba dodržet.

Dále byla provedena analýza trhu a byl proveden rozbor problematiky schodišťových plošin.

V praktické části byl popsán návrh nové schodišťové plošiny, která na rozdíl od konkurenčních firem je levnější a zároveň její účinnost vyšla mnohem větší. Také důležitým bodem, který jsem dodržel, byla menší hmotnost celé konstrukce, a to je způsobeno tím, že navržený koncept je jednodušší než u většiny jiných firem.

V další kapitole je popsána metodika statického výpočtu a návrh pohonu pro převod krouticího momentu od motoru k ozubenému hřebenu. Realizace toho převodu je provedena pomocí šnekové převodovky a pastorku s ozubeným hřebem.

Praktické použití své bakalářské práce vidím v možnosti v budoucnu vytvořit nové koncepty schodišťových plošin, pro rodinné domy, které potřebují jednoduché, spolehlivé a navíc levné řešení.

Všechny cíle mé práce byly splněny.

Použitá literatura:

- [1] Vyhláška č. 53/1985 Sb. O obecných technických požadavcích zabezpečující užívání staveb osobami s omezenou schopností pohybu. In: Sbírka zákonů. 31.7.1985. Dostupné z: <http://aplikace.mvcr.cz/sbirkazakonu/ViewFile.aspx?type=c&id=2145>
- [2] <http://noalone.ru/infocentr/zdorove/podemniki-dlya-invalidov-kolyasochnikov/>
- [3] Vyhláška č.398/2009 Sb. o obecných technických požadavcích zabezpečujících bezbariérové užívání staveb. In.: Praha: Ministerstvo pro místní rozvoj ČR, 2009, ročník 2009, číslo 398. Dostupné také z: https://www.mmr.cz/getmedia/f015224c-ff91-4cad-a37bdc0dc1072946/Vyhlaska-MMR-398_2009
- [4] <http://www.thestairlift.com/stairlifthistory.html>
- [5] <https://www.raveo.cz/servomotory-estun-emj>
- [6] <https://e-konstrukter.cz/prakticka-informace/soucinitel-treni>
- [7] https://www.nord.com/cms/cz/documentation/software/configurator/configurator_2.jsp#/configurator/ca416516-d028-4d87-9b66-3f13e9f83a11
- [9] http://www.cncshop.cz/ozubene-hrebeny-kola__c
- [10] <http://www.motory-prevodovky.cz/prevodovky/snekove-prevodovky/snekova-prevodovka-cm026-detail>
- [11] https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/72954/F2-BP-2017-Dolejs-Jaroslav-BP_Jaroslav_Dolejs_plosina_2017_elektronicka_verze.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [12] <http://www.converter.cz/tabulky/valive-treni.htm>
- [13] https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=148741
- [14] BORSKÝ, Václav. Základy stavby obráběcích strojů. Brno: Ediční středisko Vysokého učení technického, 1986.
- [15] <https://www.raveo.cz/snekove-prevodovky-CM>
- [16] <http://2ladders.ru/lestnichnye-podemniki-dlya-invalidov>

[17] <http://noalone.ru/infocentr/zdorove/podemniki-dlya-invalidov-kolyasochnikov/>

[18] <http://www.vecom.cz/cz/produkty/bezbarierove-pristupy/schodistove-sedacky/schodistova-sedacka-a180>

[19] Andy Darnley ,Robyn Passante . Stair Lifts: Move Up, Not Out! ,2014.

[20] <https://www.vytahy-voto.cz/faq/obchodni/cena-schodistove-sedacky.htm>