

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B 2341 Strojírenství
Studijní zaměření: Design průmyslové techniky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Problémy při konstrukci invalidních vozíků

Autor: **David HAVLÍK**

Vedoucí práce: **Ing. Ivana MAZÍNOVÁ**

Akademický rok 2015/2016

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou/diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou/diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské/diplomové práce.

V Plzni dne:

.....
podpis autora

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Havlík	Jméno David			
STUDIJNÍ OBOR	Design průmyslové techniky				
VEDOUCÍ PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Ing. MAZÍNOVÁ	Jméno Ivana			
PRACOVISŤE	ZČU - FST - KKS				
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte		
NÁZEV PRÁCE	Problémy při konstrukci invalidních vozíků				
FAKULTA	strojní	KATEDRA	KKS	ROK ODEVZD.	2016

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	36	TEXTOVÁ ČÁST	31	GRAFICKÁ ČÁST	0
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY	Práce se zabývá problémy spojenými s používáním invalidních vozíků a na to jak se tyto problémy promítají do jeho konstrukčního návrhu. Sestavení požadavků pro konstrukci, dále pak vybrání jednoho konkrétního a jeho vyřešení.
KLÍČOVÁ SLOVA	uživatel invalidního vozíku, invalidní vozík, materiálová mapa, zdravotní omezení, materiál, deformace, tuhost, pevnost

SUMMARY OF BACHELOR SHEET

AUTHOR	Surname David		Name Havlík		
FIELD OF STUDY	Industrial Design				
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Ing. MAZÍNOVÁ			Name Ivana	
INSTITUTION	ZČU - FST - KKS				
TYPE OF WORK	DIPLOMA		BACHELOR		Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Problems in the construction of a wheelchairs				
FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Machine Design	SUBMITTED IN	2016

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	36	TEXT PART	31	GRAPHICAL PART	0
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	The describe the problems associated with the use of wheelchairs and on how these problems are reflected in the the construction design. Assembling the requirements for the design, then selecting one particular and its resolution.
KEY WORDS	wheelchair user, wheelchair, material map, disability, material deformation, stiffness, strength

Obsah

ÚVOD	2
HISTORIE	2
CÍL PRÁCE	2
1. REŠERŠE SOUČASNÉHO STAVU	3
1.1. Mechanické vozíky:	3
1.2. Elektrické vozíky	5
2. STAVEBNÍ STRUKTURA VOZÍKU	7
2.1. Určení rozměrů invalidního vozíku	10
3. UŽIVATELÉ INVALIDNÍCH VOZÍKŮ	11
4. ČASTÉ KOMPLIKACE VOZÍČKÁŘŮ	12
4.1.1. Negativní dopad dlouhodobého sezení.....	12
5. POŽADAVKY PŘI NÁVRHU VOZÍKU	16
5.1. MOŽNOSTI ŘEŠENÍ PROBLÉMŮ	17
6. PRAKTICKÁ UKÁZKA ŘEŠENÍ	22
6.1. ŘEŠENÍ KONKRÉTNÍHO POŽADAVKU	23
6.2. Výběr možných materiálů	23
6.3. Výsledky (zadaný rádius)	27
6.4. Výsledky (zadaný poměr tloušťky stěny a poloměru)	28
7. DALŠÍ POSTUP VÝBĚRU	29
8. ZÁVĚR PRÁCE	30
SEZNAM OBRÁZKŮ	30
POUŽITÉ ZDROJE	31

Úvod

Lidé považují spoustu věcí za samozřejmosti a ani si neuvědomují, jak těžké a složité situace mohou nastat, když o ně přijdou. Ano, řeč je především o zdraví, kterého si nejvíce začínáme vážit, právě v momentech jeho nedostatku. I když by se dalo říci, že lékařská věda je na dobré úrovni a stále se vyvíjí, zázraky stále nedokáže, tak nastává chvíle pro jiná odvětví, aby alespoň trochu přiložily ruku k dílu. Technika v tomto směru může být velmi nápomocná a ledacos napravit. Když už člověk dostane do situace, kdy potřebuje pomoc, ať už v důsledku úrazu, či nemoci, mělo by již existovat alespoň nějaké řešení. Tato práce se bude právě zabývat, možnými úskalími, ať už zdravotními, nebo jinými. Zaměří se na průzkum aktuálního stavu, invalidních vozíků, zejména po technické stránce a následně jejich vhodnost, případně nevhodnost a použití, pro konkrétní případy. Po rozčlenění bude pár příkladů vybráno, pro podrobnější analýzu a nakonec představeno, i částečné, možné konstrukční řešení.

Historie

Z historického hlediska, se zdravotní problémy lidem nevyhýbaly, ba naopak s nižší úrovní lékařské péče se projevovaly dříve a s většími následky. Ale lidská vynalézavost si vždy, i v historii našla své místo. Již ze starověké Číny, kolem roku 300 př. n. l. jsou dochovány záznamy o nabytku na kolečkách. Podobné záznamy jsou dochovány i z Řecka, kde už se jednalo o opravdové židle pro transport nemohoucích lidí. O vozíku jako takovém se dá ale hovořit až o mnohem déle a to konkrétně v Evropě kolem 17. století, kde byly takovéto vozíky používány v lázeňství. O autorech těchto vozíků se ale mnoho nedochovalo. První oficiálně vytvořený vozík vznikl až roku 1993, za jehož návrhem stojí dva mechanici inženýři Harry Jennings a Herbert Everest, který byl postižený v důsledku poranění páteře, při důlní nehodě. Oba se výrově vozíků věnovali dále, kterým propůjčili svá jména "Everest and Jennings". Navíc jejich základní konstrukce, ve tvaru X, se používá dodnes, pouze za použití novějších materiálů, případně modifikací.

Cíl práce

Tato práce se bude snažit poukázat na možné problémy spojené s používáním vozíku a na to jak se tyto problémy promítají do jeho samotného návrhu. Budou popsány možné zdravotní komplikace a případné vnější vlivy, které mají na uživatele negativní dopad. Na základě analýzy potenciálních uživatelů, budou sestaveny požadavky pro výslednou konstrukci. Následně pak bude jeden požadavek vybrán a podrobněji zpracován.

1. Rešerše současného stavu

V první řadě je dobré si ujasnit jaké typy a jaké funkce dnes mohou plnit invalidní vozíky.

Z hlediska pohonné jednotky:

1.1. Mechanické vozíky:

Jedná se o vozíky, jenž nepohání žádná pohonná jednotka, ale manuální silou, sám uživatel, nebo nějaká druhá osoba. Jejich snazší dostupnost a aplikace z nich dělá mnohem rozšířenější variantu, než je tomu u elektrických vozíků. Dále také jejich přizpůsobivost a možné úpravy, proto je možné je rozdělit do více skupin:

Standardní

Nejrozšířenější varianta, určená spíše k občasnému, než celodennímu užití. Jsou lehce sestavitelné a proto i relativně skladné, na úkor jejich nastavitelnosti a následnému komfortu uživatele. Co se konstrukce týče, tak rám je zpravidla vyroben z oceli, což snižuje jejich cenu, ale zároveň přidává na hmotnosti. K uvedení vozíku do pohybu slouží zpravidla druhá osoba, která vozík tlačí za zadní madla, nebo obruče na vnějších stranách zadních kol, pro samotného uživatele.



1 Standardní mechanický vozík

Standardní odlehčené (aktivní)

Konstrukcí podobné jako běžné standardní, s rozdílem použitých materiálů. Rám je tvořen nejčastěji z duralu, nebo uhlíkových vláken, což razantně snižuje hmotnost, která se pohybuje kolem 12kg, i následnou mobilitu a ovladatelnost, na úkor výrazně vyšší ceny. Proto jsou tyto vozíky vhodné zejména k častému a interiérovému užívání. Mívají i více možností, co se nastavitelnosti týče, což ovlivňuje pohodlí uživatele. U těchto vozíků je předpokládáno, že je bude především uvádět do pohybu sám uživatel.



2 Odlehčený mechanický vozík

Polohovací

Konstrukčně značně složitější varianta, jejichž hlavní účel spočívá v tom, aby udržely uživatele v požadované poloze. Polohovatelné prvky jsou buďto zádová opěrka, pro udržení vzpřímené polohy, nebo stupačky pro bezpečné zafixování nohou. U tohoto typu se většinou jak pro obslužnou, tak pro pohybovou obsluhu, počítá s další osobou.



3 Polohovací mechanický vozík 1



4 Polohovací mechanický vozík 2

Sportovní

Zde už se nejedná o klasickou pomůcku pro usnadnění základních pohybových aktivit, ale spíše o umožnění sportovních aktivit. Tyto vozíky nejsou určeny pro běžné užívání, což je vidět jak na ceně, tak na konstrukci. Velice lehká kostra, většinou z duralu, doplněná titanovými vzpěrami, je velmi odolná a snadno ovladatelná. Dále sklopení zadních kol a zmenšení předních koleček, přispívá k velké manévrovatelnosti a vysokým pohybovým rychlostem. Velký rozdíl je samozřejmě cítit i v ceně, jelikož přesahuje cenu klasických vozíků až desetinásobně.



5 Sportovní mechanický vozík

1.2. Elektrické vozíky

Tyto vozíky odlišuje od klasických jejich vlastní pohonná jednotka, jenž většinou tvoří sada elektromotorů. Jsou určeny uživatelům, jimž fyzické, či zdravotní komplikace nedovolují užívání klasických vozíků. Jelikož tyto vozíky musí nést vlastní pohon, jsou mnohem těžší než klasické mechanické a jeden z jejich hlavních parametrů se pak stává dojezd na jedno nabití.

Interiérové

Vozíky určené především do interiéru, vyznačují se menšími zadními i předními kolečky, jenž jsou šetrnější k interiérovému povrchu a menší přední kolečka umožňují lepší manévrovatelnost. Nemají ani tak robustní konstrukci a celkově menší rozměry, jelikož vysoká rychlost může být v interiéru spíše na škodu, dokáží tyto vozíky vyvinout maximální rychlost jen kolem 6 km/h. Pro interiérové užití je použita i menší baterie, z důvodu snazší dostupnosti elektrické sítě a ne tak velké nutnosti dlouhých dojezdů, které se pohybují kolem 20 km na jedno nabití.



6 Interiérový elektrický vozík

Univerzální

Vhodná jak pro exteriéry, tak pro interiéry, díky masivnější konstrukci, větším kolům a vlastnímu osvětlení, které je pro pohyb venku velmi důležité. Podvozek je částečně odpružen, tak zvládají i různé terénní nerovnosti, při zachování komfortu uživatele. Jejich rychlost se pohybuje mezi 6-13 km/h.



7 Univerzální elektrický vozík

Terénní

Čistě exteriérové vozíky s velmi masivní kostrou, jejíž váha (řádově nad 100 kg) společně s menšími rozměry kol, vedou právě k horší exteriérové obratnosti. Tyto vozíky často mívají pohon předních, i zadních kol a zvládají pohyb jak po nerovnostech, tak po nezpevněném terénu. Zádová a sedací část je pro zachování pohodlí uživatele odpružena. Pro pohyb venku je vhodná i větší baterie, kterou jsou vozíky vybaveny, délka dojezdu bývá až kolem 60 km a dokáží vyvinout rychlost až 15 km/h.



8 Terénní elektrický vozík

2. Stavební struktura vozíku

Ať už se jedná o jakýkoliv typ, základními kostru tvoří vždy stejné prvky. A neméně důležité jsou i základní rozměry, které by v zájmu uživatele měly být dodrženy. V této části budou podrobně rozebrány jednotlivé součásti vozíků, tak aby s nimi bylo možno dále pracovat a určovat možné komplikace s nimi spojené.

Rám

Nejpodstatnější část vozíku, nesoucí a rozprostírající celou váhu uživatele. Je celá řada provedení, ale nejčastější případ je svařenec z trubek. Nejčastěji kruhového průřezu, jelikož jsou dostupnější a průřezové charakteristiky jsou ve všech osách stejné. Materiál závisí na typu vozíku a jeho funkci, nejčastěji se však setkáme s ocelí. Zatížení, které musí přenášet je především statické (váha uživatele), ostatní jako mohou být rázy při pohybu na drsnějším povrchu, nebo přes menší překážky, se zanedbávají. Proto se pak průměr trubek počítá, dle teorie pružnosti a pevnosti, z hlediska nosníku na dvou podporách, se zatížením uprostřed, případně na více místech podle dané konstrukce.

Konstrukce je nejvíce namáhána na ohyb, můžeme tedy vyjít ze vztahu pro ohybový moment:

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} \quad W_o = \frac{J_z}{e}$$

Je volen kruhový průřez trubek.

$$J_z = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{64} \quad e = \frac{D}{2} \quad \frac{d}{D} = x$$

kde x je poměr mezi vnitřním a vnějším průměrem trubky

Zpětným dosazením získáváme z kvadratického momentu požadovaný průměr.

$$\sigma_o \leq \sigma_D \quad D = \sqrt[3]{\frac{32M_o \max}{\pi \sigma_D (1-x)^3}}$$

σ_o : napětí v ohybu

σ_D : dovolené napětí v ohybu

M_o : ohybový moment

$M_o \max$: maximální ohybový moment

W_o : průřezový modul v ohybu

J_z : kvadratický moment k neutrální ose

e : vzdálenost ke krajnímu vláknu

D : požadovaný průměr

Zadní kola

Zde se při technickém řešení musíme zabírat dvěma hledisky.

Za prvé, jestli je uživatel dostatečně zdravotně způsobilý, aby dokázal uvést vozík do pohybu sám. Což značí velké rozměry kol, s madly pro snadné ovládání. Zde se také často narážíme na požadavek snadné sestavitelnosti a rozebíratelnosti, jelikož jejich uživatelé jsou více soběstační a mohou s vozíkem i cestovat. Možná provedení uchycení jsou např. rychlospojkou (na principu uvolnění osky), nebo rychloupínák (na principu třetího spoje). U této varianty s můžeme setkat s pneumatickými, ale i plnými koly. Výhodou plných kol je jejich bezúdržbovost, ale na druhou stranu, nižší tlumení rázů, které musí být zachyceny jinde.

Za druhé, že uživatel není zdravotně způsobilý, tak není třeba, nebo by pro něj třeba mohlo být nebezpečné mít kola v dosahu rukou, proto se volí malé rozměry. U těchto kol se nepočítá s častou demontáží, proto se připojují klasickým způsobem šrouby. U této varianty se setkáme především s plnými koly.

Přední kola

Nebo taky opěrná, jejich hlavní funkce je usnadňování manévrovatelnosti vozíku a stabilizaci vozíku. Technické řešení je většinou podobné, lišící se akorát rozměry, malá plná, ojediněle pneumatická kolečka, na otočné ose a uchycena v axiálních ložiscích.

Opěrky na ruce

Leč se nejedná o konstrukčně nějak složitou část, je stále velmi důležitá, především pro bezpečnost a pohodlí uživatele. Slouží jako opora rukou, ale je počítáno i s tím, že se o ně uživatel bude moci i plnou vahou opřít a využít je při opouštění vozíku. Zátěžné účinky jsou v tomto případě ohyb a dle konstrukce může být i částečně tlak, který se zanedbává. Bývají většinou součástí rámu, nebo jsou k němu nějak připojeny a od toho se odvíjí jejich materiál. Důležitým prvkem, bývá jejich vrchní část, aby při delším používání nedocházelo k otlacením, čím se docílí povrchovou úpravou, nebo další částí z jiného materiálu, obvykle z plastu.

Opěrka nohou (stupačky)

Je nutné, aby nohy byly pevně usazeny, jelikož s nimi uživatel buď vůbec, nebo jen v omezené míře, pohybovat. Časté řešení se provádí formou stupaček, kdy jsou nohy pouze položeny, nebo opřeny o danou konstrukci. Tato varianta není nijak technicky náročná a jedná se jen o další prvek připevněný k rámu. Nelze už nijak dále nastavovat ani upravovat. Jako i v předešlých případech i tady je nejzásadnější typ zatížení ohybový moment. Mohlo by se zdát, že není nutné počítat s nějak velkým zatížením, když jsou nohy v podstatě jen opřeny. Ale ne všichni uživatelé jsou zcela nepohybliví a jejich postižení může být jen dočasné, proto se při návrhu počítá, i s funkcí opory

Opěrka zad

Držet záda ve vzpřímené a co nejpohodlnější poloze, to je úkol zádové opěrky. Použitá materiálu by neměl být příliš tvrdý, aby při delším používání nezpůsobil otláčeniny. Při navrhování této části by se měl prát zřetel na ergonomické aspekty a možnost nastavitelnosti rozměrů. Součástí opěrky zad často bývá i opěrka hlavy, která je vhodná pro uživatele, kteří mají motorické problémy s horní částí těla.

Sedací část

Je buď přímo součástí základního rámu, nebo nástavba, s případným nastavením polohy, či odpružením. Má ovšem jedinou funkci a to pohodlné usazení uživatele v požadované poloze.

2.1. Určení rozměrů invalidního vozíku

Určení správných rozměrů u vozíků je velmi důležité, jelikož i stejně rozměrní uživatelé mohou mít různé požadavky, v závislosti na míře jejich postižení. Také je důležité navrhnout těžiště vozíku, aby se zamezilo převážení a nedošlo tak ke zranění, zároveň ale také, aby nebylo ovládání příliš namáhavé. V této části bude uvedeny postupy pro navrhování rozměrů, pro nejzákladnější model mechanického vozíku.

Šířka sedací části (ŠS)

vzdálenost mezi postraními opěrkami

Mezi bočními opěrkami a kyčlí pacienta by měl být prostor cca 1-2 cm na obou stranách. (orientačně, aby se tam vešla dlaň ruky)

Hloubka sedu (HS)

vzdálenost mezi trubkou zádové opěrky a předním okrajem sedačky

Mezi předním okrajem sedačky a podkolení jamkou by měl být prostor cca 5-6 cm (orientačně, pomocí tří prstů)

Úhel sedu (ÚS)

rozdíl mezi zadní výškou sedačky (ZVS) a přední výškou sedačky (PVS)

Mezi výškou zadního a předního okraje sedačky je standardně doporučen rozdíl cca 4-6 cm a podle potřeby přizpůsobit také úhel opěrky zad (závisí diagnóze, pocitu komfortu a stability pacienta)

Výška zádové opěrky (VOZ)

vzdálenost mezi zadním okrajem sedačky a horním okrajem opěrky zad

Nedoporučuje se, aby byla opěrka zad vyšší než spojnice lopatek (opět závisí na diagnóze, pocitu komfortu a stability pacienta)

Pozn.: pokud pacient sedí na sedáku, reálná výška opěrky zad se sníží

Vzdálenost stupaček (VS)

vzdálenost mezi předním okrajem a sedačky a zadním okrajem stupačky

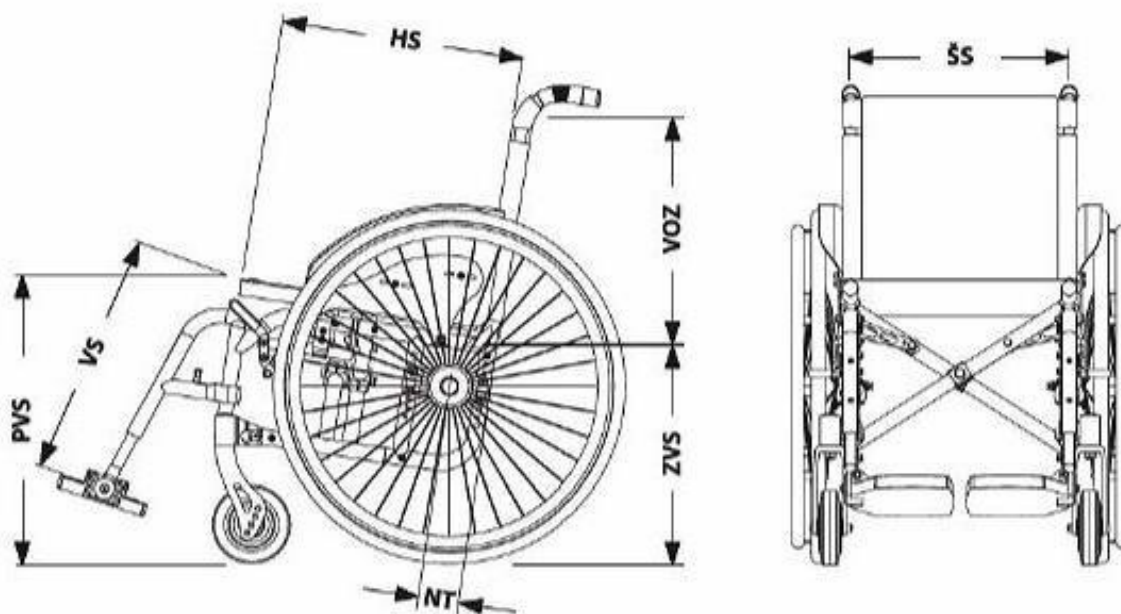
Stupačka by měla být nejméně 5 cm na zemi a zadní část stehen by neměla být ve vzduchu, ani příliš stlačená. (vzdálenost od sedačky závisí diagnóze, pocitu komfortu a stability pacienta)

Pozn.: pokud pacient sedí na sedáku a má boty, reálná vzdálenost stupačky se zvýší. Pata bývá také většinou ještě za zadním okrajem stupačky.

Nastavení těžiště (NT)

vzdálenost mezi osou trubky zádové opěrky a středem zadního kola

Čím je tato vzdálenost menší, tím je vozík stabilnější proti převrácení, ale zároveň mírně ztížena ovladatelnost a naopak.



9 Určování rozměrů vozíku

3. Uživatelé invalidních vozíků

Již jsou sice známy části a typy vozíků, to nejdůležitější, ale stále chybí a tím jsou uživatelé. Při navrhování vozíků, je nutné zaměřit se právě na jejich uživatele a zjistit, na které části se zaměřit. Dalo by se říci, že každý uživatel je specifický a potřebuje možnosti jak si vozík přizpůsobit své potřebě. Někdo kdo přišel o pohyblivost následkem úrazu a do té doby neměl žádné zdravotní problémy, bude mít jistě jiné nároky, než někdo kdo byl připraven o možnost pohybu již od narození.

Pro klasifikaci uživatel invalidního vozíku, by se daly použít tyto pojmy:

impairment (vada, porucha) - ztráta nebo porucha určité funkce, zamezující vykonávání běžných aktivit

disability (omezený, oslabený) - postižení celkového rázu, omezující či zabraňující provádění běžných aktivit

handicap (znevýhodnění) - znevýhodnění jedince oproti ostatním, zapříčiněné zdravotním stavem

4. Časté komplikace vozíčkářů

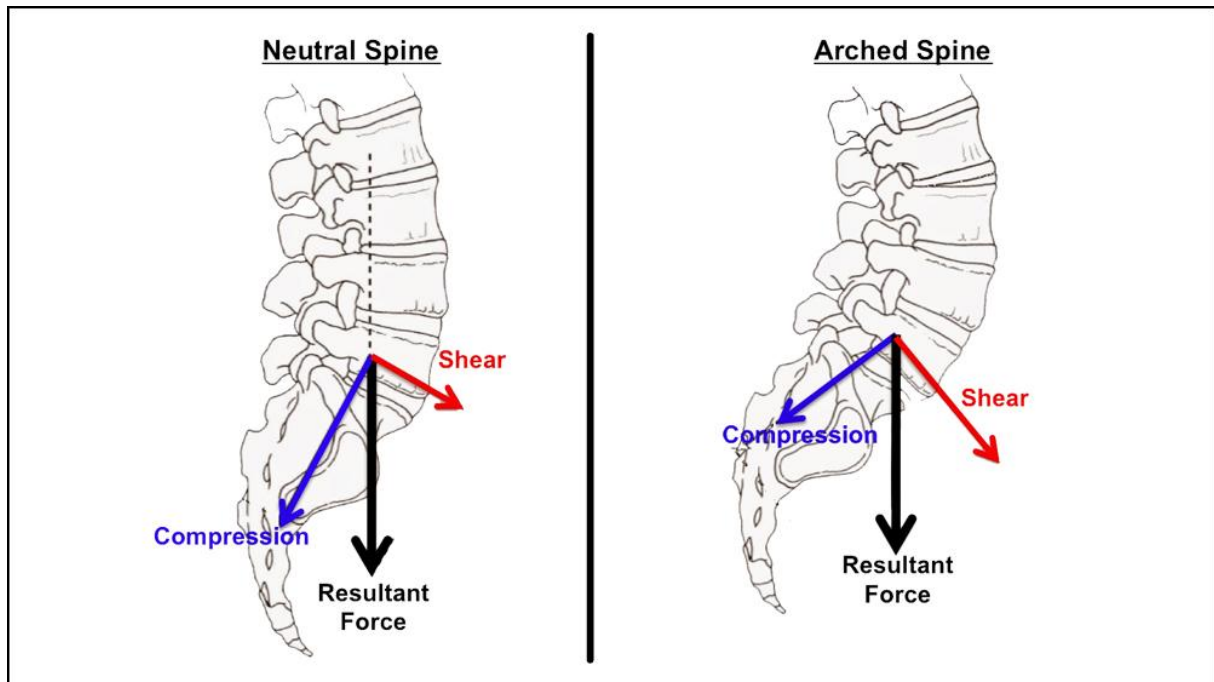
Tato se bude zabývat problémy spojených se zdravím a zdravotním stavem. Budou zde popsány časté komplikace, které se sice mohou objevit i u zdravých jedinců, ale lidé upoutáni na vozík se s nimi setkávají mnohem častěji.

Je dobré si uvědomit, že vozíky bývají navrženy pro uživatele, jenž jsou nemobilní, nebo v důsledku postižení přišli o motorické funkce některých částí těla, zpravidla dolní poloviny. Jenže v důsledku přílišného sezení, popřípadě setrávání v určité poloze, se začnou dostavovat i jiné zdravotní obtíže, ať už vnějšího nebo vnitřního rázu.

4.1.1. Negativní dopad dlouhodobého sezení

Nejedná se sice o chorobu jako takovou, ale o celkový dopad na organismus člověka. Jelikož lidé upoutáni na invalidní vozík zpravidla nemají možnost, nebo jim to zdravotní stav neumožňuje, opustit invalidní vozík a narovnat si páteř, musí se potýkat s nepříjemnými následky.

Sezení je pro páteř nepřirozená poloha, která způsobuje její vyšší namáhání meziobratlových plotének a také zátěž pro svaly. Tyto deformace, nejen, že mohou být bolestivé, ale po čase také trvalé. Proto už u zdravého je doporučeno sedět maximálně čtyři hodiny denně, jelikož pak trvá dlouhou dobu na uvolnění nashromážděného napětí a uvedení do běžného stavu.

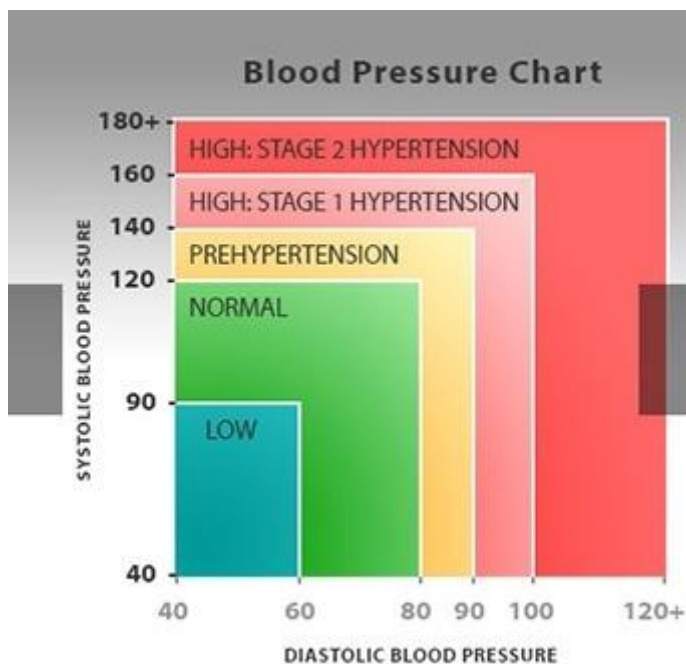


10 Silové rozložení při sedu

Při bližším pohledu, z hlediska namáhání páteře, můžeme vidět, že při vzpřímené poloze je páteř namáhána především tlakovou složkou, která je dále přenášena do pánevní oblasti. Namísto toho u sedu, se tato složka zmenšuje a ke všemu se dostává do negativního směru. Také roste nežádoucí stříhové zatížení, které má právě za následek případné nežádoucí deformace.

Potíže s oběhovým systémem

Další problém s dlouhodobým sezením je také narušení oběhového systému. Tento problém sebou nese více možných komplikací, v první řadě je to omezení vyplavování důležitých enzymů do krve, což zejména u štěpících enzymů lipázy, má za následek špatné rozkládání a spalování tuků. Tuk se pak nespaluje tak jak má, ale krví se pak dostává zpět do oběhu, kde se ukládá v tepnách, případně i v podkoží.



11 Hodnoty krevního tlaku

Problémy které se pak týkají převážně celé naší populace, nicméně uživatelé invalidních vozíků jsou k němu ještě náchylnější, jsou problémy s krevním tlakem, konkrétně tlak vysoký a nízký. Oba dva případy mohou být velmi nebezpečné a od určitých hodnot vyžadují lékařský dohled.

U vysokého krevního tlaku se setkáváme především s příznaky, bolestmi hlavy, hučením v uších, zvýšenou srdeční arytmií nebo závratěmi.

Pro vozíčkáře se ale stává nebezpečnější tlak nízký. Neboť u něj, mimo jiné, hrozí ztráta vědomí a to představuje pro člověka na vozíku velké nebezpečí úrazu, kdy by mohl z vozíku vypadnout, nebo ho převrátit. Další možné příznaky jsou například: špatné prokrvení končetin, což vede k pocitu chladu, závratě, nebo zhoršení vidění.

Urologické problémy a problémy s udržením stolice

U zdravého člověka mozek dostává signály o plnosti střev a močového měchýře, což vede k nutkání vyprázdnění. Pokud však dojde k poškození míchy, tak se signály mohou ztrácet a dochází tak k takzvané neurogenní dysfunkci močového měchýře nebo střev.

S tím souvisí problémy i s následným vyprazdňováním.

Základní možností jsou pleny, ale nemohou být použity jako trvalé řešení. Jejich časté užívání sebou totiž nese zvýšené nároky na hygienu, a vede ke tvorbě opruzenin.

U močového měchýře se nejčastěji používá cévkování, nebo externí vývod na povrch podbřišku.

Vyprazdňování střev za pomoci čípků nebo podrážděním konečníku.

Přílišná plnost močového měchýře nebo střev může mít vážný dopad, proto je nutné dbát na pravidelnost vyprazdňování. Pokud by se tak nestalo, hrozí autonomní dysreflexie, což je záchvatový, život ohrožující stav, zapříčiněný poškozením vegetativního nervstva, které tlumí dráždivé podněty z vnitřních orgánů.

Stravovací problémy

Problémy s nadváhou se nevyhýbají ani lidem upoutaným na vozík, ba naopak jsou pro ně ještě nebezpečnější, než pro zdravého člověka. V důsledku nedostatku pohybu pak mají větší tendence k přibývání na váze. Tyto problémy mohou mít nadále i ekonomický dopad na zvyšování nákladů na zdravotní péči.

Atrofie postižených svalů

Při dlouhodobém působení tlaku na tkáň, dochází k omezení přísunu krve a také k negativnímu ovlivnění tkáně jako takové. Pokud tento stav trvá delší dobu, může dojít k nekróze, jako typický příklad se dají uvést proleženiny. Ty vznikají především v místech s malou svalovou nebo tukovou vrstvou. Jsou velmi špatně hojitelné a pronikají skrz ně do těla jiné infekce.

Tento stav nemusí postihovat jen kůži, ale jeho obětí mohou být i kosti, žlázy nebo vnitřní orgány.

Trombóza

Dlouhodobá nepohyblivost dolních končetin může vést k trombóze, což je stav, při kterém dochází ke srážení krve a vzniku trombů.

Demineralizace kostí

Další úskalí užívání vozíku

Nejspíše asi každý uživatel invalidního vozíku by řekl, že největším jeho problémem je okolí. Tím však není myšlen, pohled společnosti na zdravotně postižené, i když jistých předsudků se společnost asi nikdy nezbyví. Ale naopak venkovní prostředí by se dalo označit za největšího nepřítele. Většina měst má za sebou již dlouhou historii a při jejich stavbě se na nějaké bezbariérové přístupy nebral moc zřetel, mnohdy na tom nejsou o mnoho lépe ani nové zástavby, jelikož projekty s někým takovým nepočítají.

5. Požadavky při návrhu vozíku

Když je již známo jací uživatelé vozíky užívají a jaké mají problémy, ale i potřeby, je na čase se zaměřit na konkrétní části. V této části bude podrobně rozebrán určitý problém, společně s možností zlepšení nebo nápravy.

Při konstruování tedy bude třeba zadat požadavky na určité prvky, které budou specifické pro dané uživatele. Po zjištění možných komplikací vyjdeme ze zdravotních problémů a možných komplikací. Dá se tedy říci:

Uživatelé mohou trpět záchvatovými poruchami, nebo mohou být pro sebe nějak jinak nebezpeční, proto je v takovýchto případech nutné myslet na jejich případné ohrožení a vozík takovým náhlým situacím přizpůsobit.

- požadavek na externí bezpečnostní prvky

Zdravotní stav uživatelů vylučuje větší svalovou vyčerpání, nebo neumožňuje uvedení vozíku do pohybu vlastní silou.

- požadavek na pomocnou pohonnou jednotku

S tím částečně související, uživatel je schopný sám uvádět vozík do pohybu, ale v zájmu jeho komfortu by měl být tento úkon co nejsnazší.

- požadavek na snadnou ovladatelnost

Jelikož jsou uživatelé ve stálém kontaktu s částmi vozíku (především sedák a opěrky), měly by být tyto části připravené na danou zátěž a zároveň co nejvíce šetrné pro tělo uživatele.

- požadavek na prodyšnost

- požadavek pohodlnost

Mnohé zdravotní problémy uživatelů také úzce souvisí s nutností zvýšené hygieny. Proto by většina částí měla být snadno udržovatelná, při případném znečištění.

- požadavek na snadnou údržbu

- požadavek na omyvatelnost

U některých zdravotních problémů, postihujících vnitřní orgány, je často nežádoucí rychlá změna polohy, nebo vliv rázů, vzniklých při pohybu vozíku.

- požadavek zmírnění rázů

Některá onemocnění vyžadují přísun léků v pravidelných dobách, proto je v zájmu uživatele, aby k nim měl co nejsnazší přístup a v případě cestování i po ruce. Dále je také důležitý pravidelný pitný režim.

- požadavek na úložné prostory

Většina uživatelů hodlá se svým vozíkem také cestovat, vozík by proto neměl být překážkou, naopak by měl být co nejlépe přepravitelný.

- požadavek na skladnost, popřípadě snadnou rozebíratelnost/smontovatelnost

Každý uživatel je svým způsobem jedinečný, ať už svými fyzickými parametry (výška, váha.), tak jen jemu vlastními specifickými (držení těla, pocit pohodlí.), proto pokud není navrhován vozík na míru, tak by měl být co nejvíce přizpůsobitelný.

- požadavek na možnou nastavitelnost a upravitelnost

5.1. Možnosti řešení problémů

Je vidět, že úskalích při navrhování bude hodně, určitě by se jich dalo najít mnohem více, v závislosti na specifických požadavcích uživatelů, ale tyto by se daly označit jako hlavní a alespoň některé z nich, by měla splňovat většina vozíků. Když jsou tedy známy, přejdeme k částečným možnostem jejich řešení, v další kapitole pak bude vybrán jeden a podrobněji rozebrán.

- požadavek na externí bezpečnostní prvky

Záleží, jaké části uživatele jsou v ohrožení, případně rozsah jeho tělesného postižení. Tyto prvky se zpravidla vyrábějí samostatně a jsou kompatibilní s většinou vozíků.

Nezákladnějším řešením jsou bezpečnostní pásy, která zafixují uživatele v bezpečné poloze. Pásy se dělí na dvou až pěti bodové, podle toho jak velkou fixaci umožňují. V případě, že z nějakého důvodu pásy nevyhovují, používá se k fixaci bezpečnostní vesta, která drží celou horní polovinu těla rovnoměrně. V případě fixací samotných nohou se užívají samostatné pásky



12 Bezpečnostní prvky - pásy



13 Bezpečnostní prvky - vesta

Další nebezpečí se skrývá v oblasti kol, kde může dojít ke kontaktu s rukou a přivolení bolestivého zranění. Jsou dvě možnosti provedení: částečné a úplné zakrytí kola. I zde platí, že se tyto prvky dají použít na již existující vozík.



14 Bezpečnostní prvky - částečné zakrytí kol
zakrytí kol



15 Bezpečnostní prvky - úplné
zakrytí kol

Bezpečnostní prvek, který by měl v nějaké formě obsahovat každý invalidní vozík. Je mnoho technický variant, zde jsou ty nejvíce používané.

Pákové brzdy, na mechanickém principu. Ať už tlakem, nebo tahem za páku, dojde k posunutí elementu ke kolu a následnému tření, které vede k zastavení vozíku. V případech, že uživatel není schopen ovládat vozík sám, je tato brzda umístěna mimo jeho dosah a obsluhována druhou osobou.

Bubnové brzdy, kdy dochází ke tření přímo v mechanismu kol a ne s kolem samotným.

- požadavek na pomocnou pohonnou jednotku

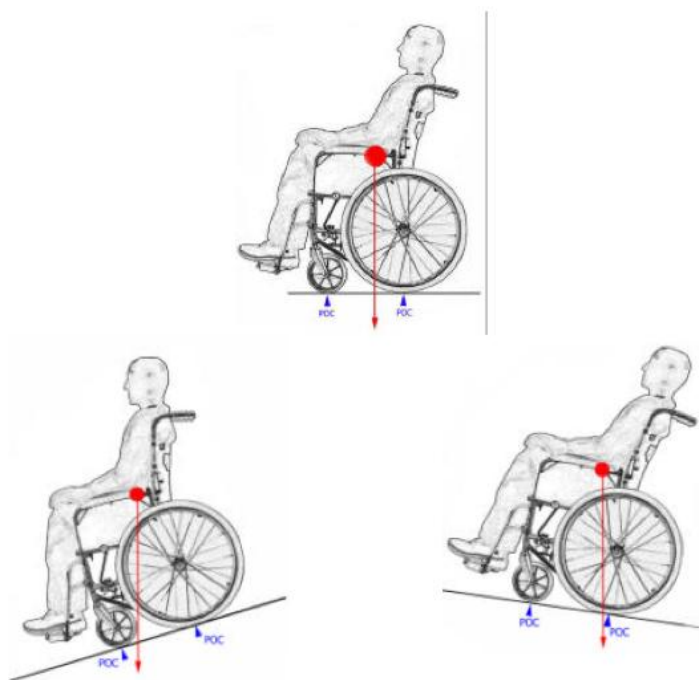
Když uživatel není schopný uvést vozík sám do pohybu, potřebuje s tím nějakou pomoc. Tou může být druhá osoba, která jej bude tlačit, nebo alespoň pomáhat překonávat překážky a vyvýšeniny.

- požadavek na snadnou ovladatelnost

Pokud máme elektrický vozík, s jeho obsluhou by neměl být problém, většinou stačí k uvedení do pohybu jen pohnout páčkou nebo stisknout tlačítko.

Když ale chceme uvést do pohybu mechanický vozík, je zde už více faktorů, které mohou způsobovat problémy. Prvním je samozřejmě zdravotní stav uživatele a síla jeho svalů na ruku. Dále pak poloha těžiště samotného vozíku, jelikož platí že, čím je větší vzdálenost mezi osou trubky zádové opěrky a středem zadního kola, tím je těžší vozík ovládat, ale zase má vliv na lepší stabilitu. Tyto problémy nejlépe řeší konstrukční řešení s možností nastavitelnosti sedáku a zádové opěrky.

Také je velmi vhodné správné nastavení těžiště. Při jeho špatném zvolení je vozík více náchylný k nerovnováze a následného převržení. Nastavitelnost těžiště, záleží na konstrukčním řešení a na možné nastavitelnosti opěrných prvků. Nejvíce ho ovlivňují sedák a zádová opěrka. Pak také poloha zadních kol, ale ta je u většiny vozíků neměnná.



16 Vliv těžiště na stabilitu

Další faktor, který ovlivňuje ovladatelnost je samotná váha vozíku, čím vyšší váha, tím hůře je pak vozík ovladatelný a to nejen pro samotného uživatele, ale i případně pro osobu, která jej tlačí. Hmotnost vozíku závisí v první řadě na jeho typu, v druhém pak na použitých materiálech. Pokud bychom pro příklad použily standardní vozíky, tak bude tak rozsah jejich hmotností na trhu pohybuje zhruba od 30 do 16 kg, což už může být při pohybu celkem znatelné.

- požadavek na prodyšnost a pohodlnost

Při stálém sezení zatěžovaná oblast trpí v důsledku stálého tlaku, ten se nedá úplně odstranit, ale za pomoci vhodných materiálů je možné ho velmi zmírnit. Základní rám tedy mohou doplňovat, nebo s ním být pevně spojeny, různé antidekubitní (proti vzniku proleženin) podložky. Většinou se jedná o materiály z paměťových pěn, viskoelastických gelů či různé typy tkanin, v závislosti na požadavku uživatele.



17 antidekubitní podložka pánve



18 antidekubitní podložka ruky

- požadavek na omyvatelnost a snadnou údržbu

Zvýšená hygiena má také dopad na výběr použitých materiálů, souvisí tedy i s případnými podložkami či potahy samotná konstrukce. Zde je spíše vhodné, než udávat jaké materiály používat, uvádět typy materiálů, kterých se vyvarovat. A to zejména pórovité, málo otěruvzdorné, špatně snášející chemickou údržbu, případně i některé textilie.

- požadavek zmírnění rázů

Začátkem by asi bylo dobré říci, že rázy způsobené vlivem nerovností terénu, nepůjdou zcela odstranit, je však možné je nějakým způsobem mírnit. Jedna z možností je užití vhodných podložek na sedací a opěrné části. Dalším více technickým řešením je užití tlumičů, ale ty jsou spíše charakteristické pro elektrické vozíky.

- požadavek na úložné prostory

Tento požadavek záleží především na konstruktérovi, jak si s danou úlohou poradí a zda najde nějaké využitelné místo. Ale je spíše počítáno s tím, že se tyto prvky dají dovybavit později, tudíž k tomu přizpůsobit kostru daného vozíku.

- požadavek na skladnost, popřípadě snadnou rozebiratelnost /smontovatelnost

Pro uživatele co plánují více cestovat, může mít tento požadavek velkou váhu, jelikož vozík sám o sobě není nijak skladný a do většiny automobilů by se nevešel. Tento problém se dá konstrukčně vyřešit použitím křížového skládacího rámu, místo klasického pevného.

6. Praktická ukázka řešení

V první řadě je si nutné uvědomit, že při konstrukci vozíku více než v jiných případech záleží na koncovém uživateli. Požadavky jsou již známy, ale snažit se uplatnit všechny na jednou, by nemělo smysl, jak z hlediska využitelnosti, tak z hlediska ekonomického. Proto je dobré si vybrat požadavek nebo požadavky, které budou přesně odpovídat potřebám uživatele.

Pro příklad dva úplně rozdílné typy uživatelů:

první:

Muž kolem čtyřicítky v dobré fyzické, bez žádných zdravotních problémů, kterého ale potká úraz a přijde o mobilitu dolních končetin. V takovém případě se dá očekávat, že se bude snažit dál pokračovat v aktivním životním stylu, nehledě na své postižení. Vozík by tedy měl odpovídat uživateli, který je soběstačný a bude se pohybovat jak v interiérech, tak v exteriérech. Při zohlednění požadavků na daný vozík zde budou hrát největší roli:

Nosnost - je počítáno s tím, že uživatel bude moci sám vozík opouštět, to vede k většímu zatížení jeho konstrukce. Dále pak ani váha samotného uživatele není zanedbatelná, jeho svalstvo bylo plně vyvinuto, tudíž i nohy mají svoji váhu a posunují těžiště uživatele dopředu.

Váha - vozík by měl být co nejvíce manévrovatelný, aby uživateli nekomplikoval pohyb a mohl se sám kamkoliv, bez obtíží dostat. Také bude hrát roli při přepravě.

Skladnost - uživatel bude pravděpodobně chtít s vozíkem cestovat, proto by bylo dobré, kdyby byl vozík snadno rozebíratelný (uchycení kol), nebo měl skládací rám.

druhý:

Chlapec v předpubertálním věku, který trpí od narození vrozenou poruchou, jenž mu znemožňuje základní motorické funkce. Zde budou požadavky evidentně odlišné, jelikož bude moci vozík ovládat jen s potížemi, bude k pohonu pravděpodobně třeba další osoba. Vozík zde nebude tolik zatížen, váha uživatele nebude tak vysoká v důsledku špatného vývinu svalů a těžiště bude posunuto spíše do zadní části vozíku.

Bezpečnost - zde bude bezpečnost uživatele na prvním místě. Bude třeba vozík dovybavit dalšími bezpečnostními prvky dle potřeby uživatele.

Pohodlnost - tento prvek je vždy důležitý, v tomto případě bude zároveň docílit zdravotně vhodné opory páteře a správné pozice těla.

Váha - i v tomto případě je váha na obtíž, jelikož by měla vozík uvádět do pohybu druhá osoba.

(oba tyto případy jsou smyšlené a slouží pouze pro ilustraci dané problematiky)

Kritérií, podle kterých vybírat požadavky může být více, záleží, jak moc jsou pro daného uživatele zásadní.

6.1. Řešení konkrétního požadavku

Jako konkrétní požadavek bylo vybráno snížení váhy vozíku, jelikož je to jeden velmi často se opakujících požadavků. Možností snížení váhy se nabízí několik, ale ne všechny jsou pro daný případ vhodné.

Úprava rozměrů - Vlastní rozměry vozíků jsou dány jeho uživateli, tudíž ty měnit nelze.

Změnou konstrukce a odebrání některých prvků - Konstrukce by se v některých případech dala navrhnout úsporněji, ale dopad těchto změn na váhu vozíku by byl minimální, stejně jako třeba náhrada trubkové konstrukce za jinou, tvarově odlišnou. Ani odebrání některých prvků by nevedlo k moc lepším výsledkům, naopak by mohlo mít jiné, třeba bezpečnostní komplikace.

Použití jiného materiálu, s nižší vahou a zároveň stejnou nosností. - tato možnost se zdá být nejlepší, za předpokladu, že takový materiál nalezneme.

6.2. Výběr možných materiálů

Než se začne vybírat vhodný materiál, je dobré si ujasnit, jaké charakteristiky budou tento výběr ovlivňovat.

Zatížení bude tlakové a ohybové - kde bude mít ale zásadní roli ohybové, takže vliv tlaku můžeme zanedbat. Budeme tedy považovat vysokou tuhost.

Trubka samozřejmě nesmí prasknout, čemuž zamezí vysoká pevnost.

První varianta pro trubku, co má zadán rádius a proměnlivý poměr poloměru a tloušťkou stěny trubky $\frac{R}{t}$.

Předpoklad, že při případném tlakovém nebo tahovém zatížení, nesmí dojít k trvalým deformacím. Tudíž napětí musí být menší, než je mez kluzu daného materiálu.

napětí: $\sigma_k > \sigma_{max}$

Abychom mohli určit co nejmenší hmotnost, musíme si ji nejprve vyjádřit.

hmotnost:

$$m = AL\rho \quad 1$$

A = plocha

L = délka

ρ = hustota

σ_k = mez kluzu

I = kvadratický moment průřezu

R = rádius

$$M_o = \frac{I\sigma_k}{R} \quad 2$$

Kvadratický moment pro tenkostěnnou trubku je:

$$I = \pi R^3 t \quad 3$$

Dosazením rovnic 2 a 3 do 1 dostaneme:

$$\frac{m}{L} = \frac{2M_o}{R} \frac{\rho}{\sigma_k} \quad 4$$

Kde $M_1 = \frac{\sigma_k}{\rho}$ je náš první požadovaný materiálový indikátor pro nízkou hmotnost a vysokou tuhost (zadaný rádius).

Druhý dostáváme vyjádřením z tuhostní podmínky.

$$S = \frac{F}{\delta} \quad 5$$

Kde δ je průhyb trubky a F působící síla.

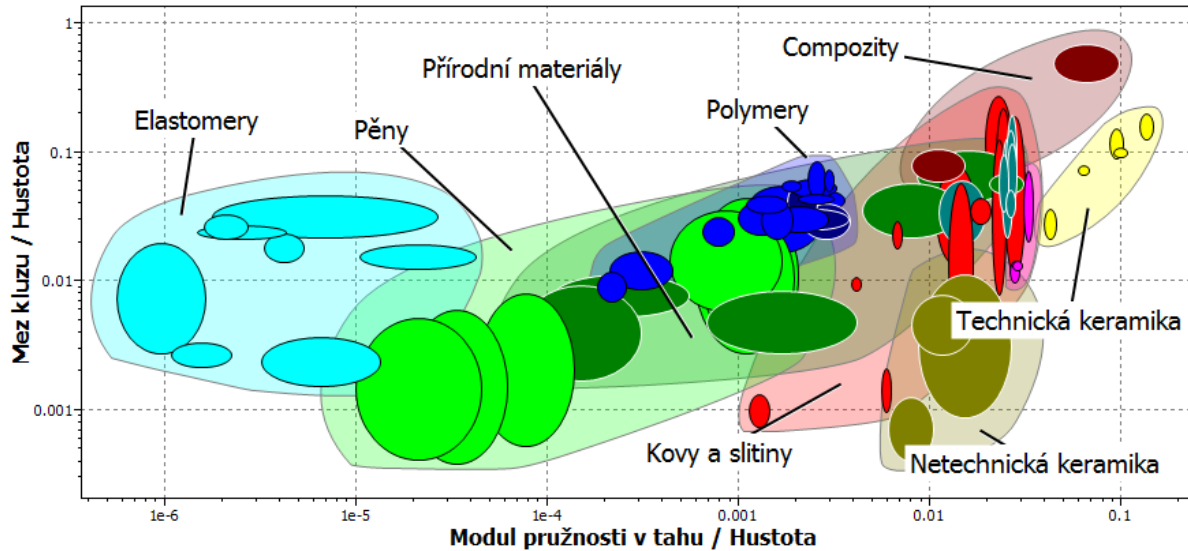
A podle teorie pružných nosníků platí.

$$\delta = \frac{FL^3}{3EI} \quad 6$$

A po dosazení do rovnice 1 dostáváme druhý materiálový indikátor.

$$M_2 = \frac{E}{\rho}$$

S těmito dvěma indikátory jsme schopni vytvořit materiálovou mapu,

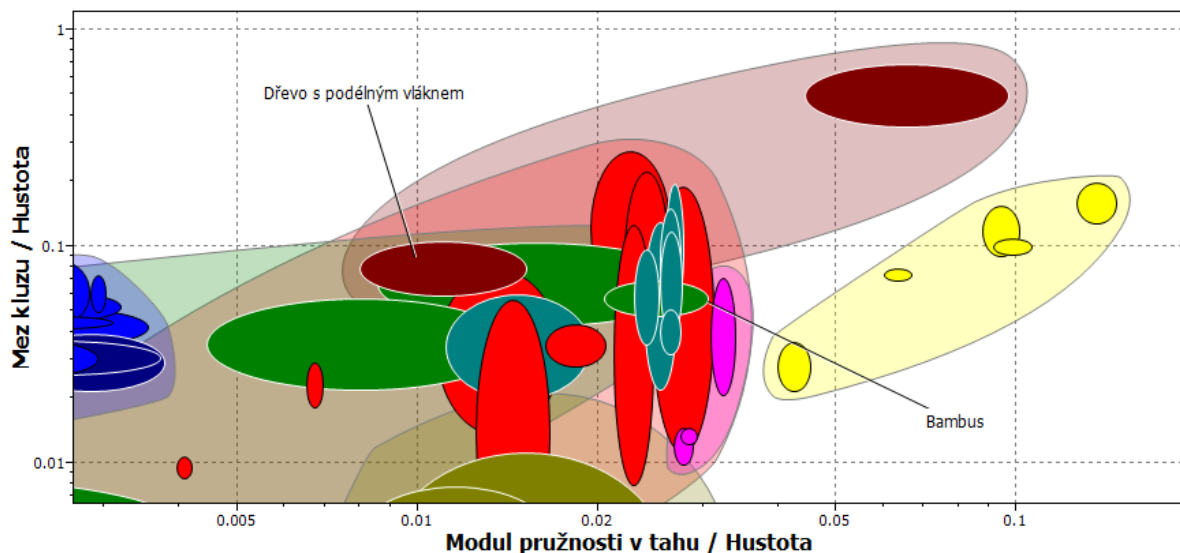


19 Materiálová mapa - vysoká tuhost a pevnost při nízké hmotnosti - všechny materiály

Nejdříve se podíváme na to, s jakými materiály se můžeme setkat. V této mapě jsou rozděleny tak, aby k pravému hornímu rohu směřovali ty nejpevnější a nejlehčí, naopak k dolnímu levému, ty nejlehčí a nejvíce deformovatelné. Na první pohled je jasné, že některé materiály bude nutné vyloučit.

Elastomery a pěny můžeme vyloučit rovnou, z hlediska jejich nežádoucí velké pružné deformaci. Pro výrobu konstrukce naprosto nevhodné, ale velmi užitečné při případném návrhu sedacích prvků.

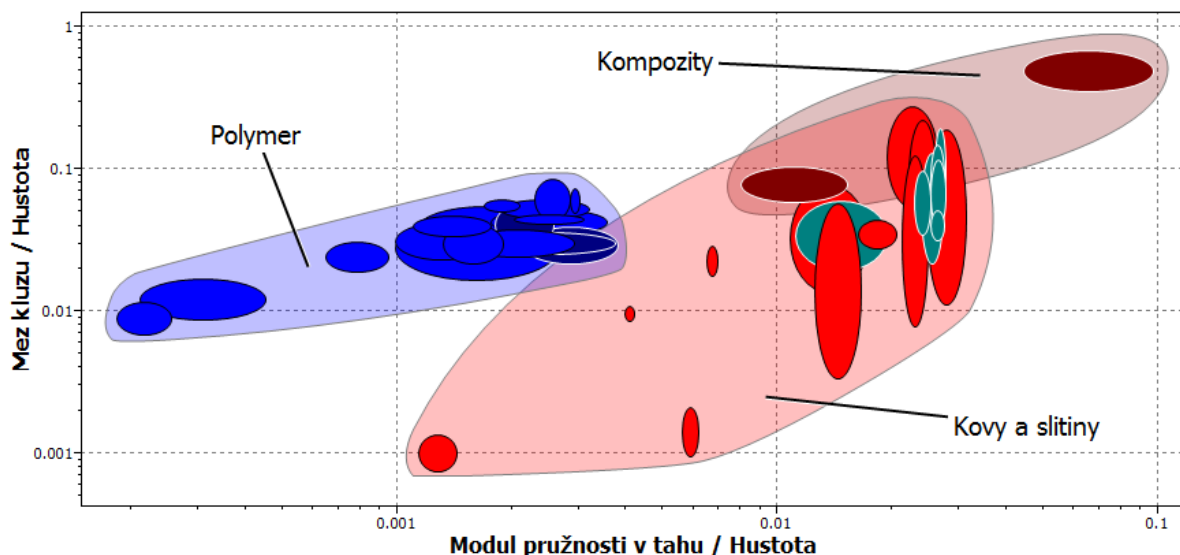
Některé přírodní materiály by charakteristikou odpovídali požadavkům, konkrétně bambus a dřeva s podélným vláknem. Dostatečná pevnost spolu s relativně nižší vahou. Ale z hlediska údržby a zvýšených nároků na hygienu se tyto materiály nedají použít.



20 Materiálová mapa - vysoká tuhost a pevnost při nízké hmotnosti - přírodní materiály

Netechnická i technická keramika, také nepřipadá v úvahu, Netechnická se obecně nehodí pro konstrukce ve strojírenství a ani by nepřispěla ke snížení váhy. A technická se vyznačuje přílišnou křehkostí, takže by byla pro rám vozíku nevhodná.

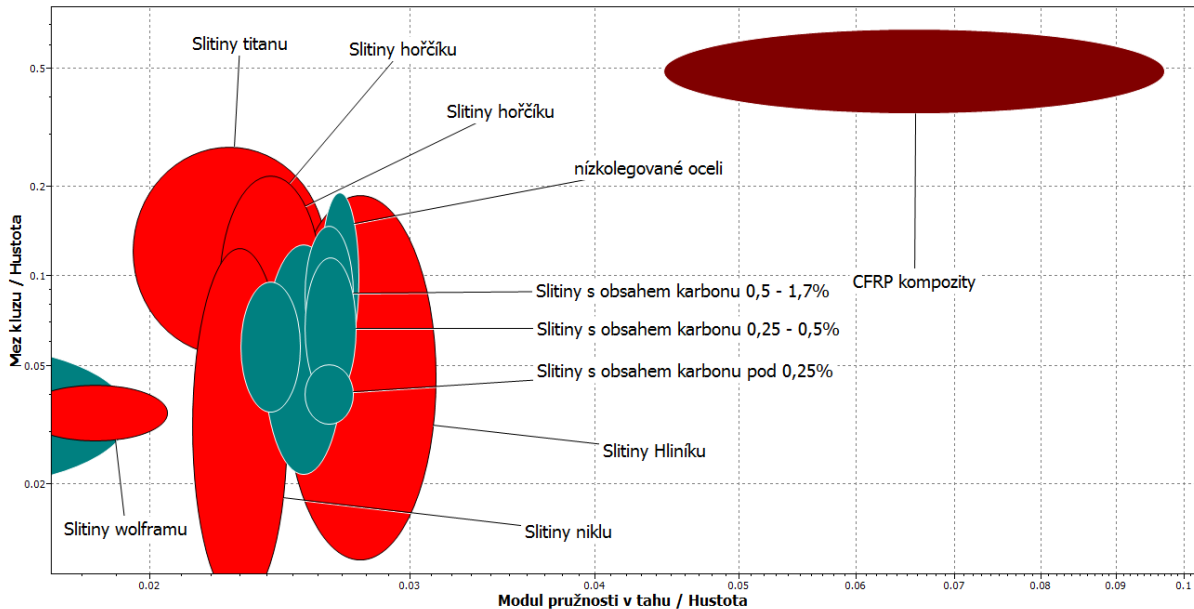
Materiály, které nám zůstávají a splňují požadavky, jsou tedy kovy a jejich slitiny, kompozity a polymery.



21 Materiálová mapa - vysoká tuhost a pevnost při nízké hmotnosti - užší výběr, varianta 1

6.3. Výsledky (zadaný rádius)

Vhodnou podmínkou a , nebo už jen empiricky můžeme říci, které materiály se nejlépe přiblížili našim požadavkům. Dá se říci, že polymery by teoreticky byly použitelné, ale kompozity a kovy je převyšují ve všech ohledech, zaměříme se tedy na pravý horní okraj materiálové mapy.



22 Materiálová mapa - vysoká tuhost a pevnost při nízké hmotnosti - vhodné materiály, varianta 1

Nejvhodnějším materiálem se tedy jeví CFRP kompozity, naopak jako nejméně vhodné slitiny niklu a wolframu. U kovů je možné vidět přibližně stejnou tuhost, ale liší se v mezi kluzu, nichž nejvyšší mají slitiny titanu.

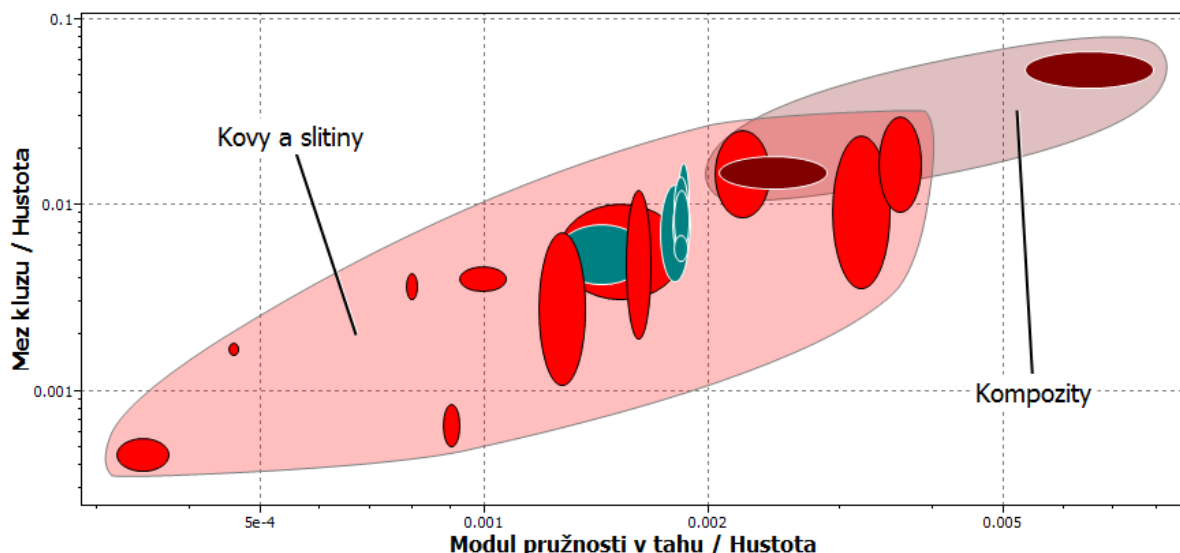
Druhá varianta pro trubku, co má proměnlivý rádius a zadaný $\frac{R}{t}$ (rádius a tloušťka stěny).

Při vyšetření materiálových indikátorů jako v předchozím případě dostaneme:

$$M_3 = \frac{\sigma_{kt}^{2/3}}{\rho}$$

$$M_4 = \frac{E^{1/2}}{\rho}$$

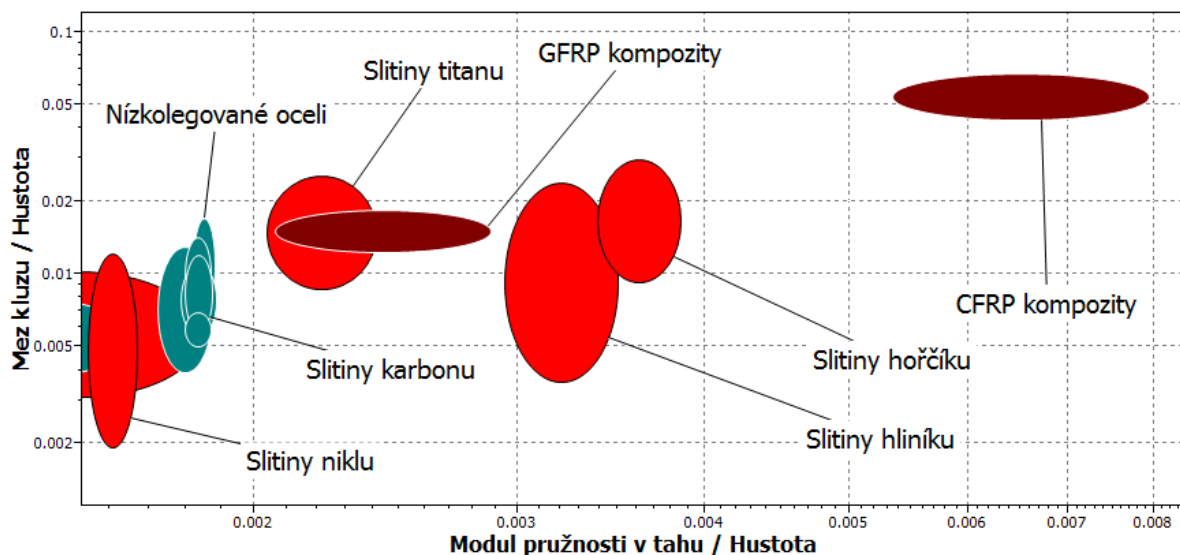
Jelikož očekáváme podobné výsledky jako v předešlém případě. Zredukujeme předem výběr materiálů na kovy a kompozity.



23 Materiálová mapa - vysoká tuhost a pevnost při nízké hmotnosti - užší výběr, varianta 2

N výsledcích můžeme vidět, že se mapa posunula mírně doleva, nicméně pár kovů zaznamenalo posun k požadovanému pravému hornímu rohu.

6.4. Výsledky (zadaný poměr tloušťky stěny a poloměru)

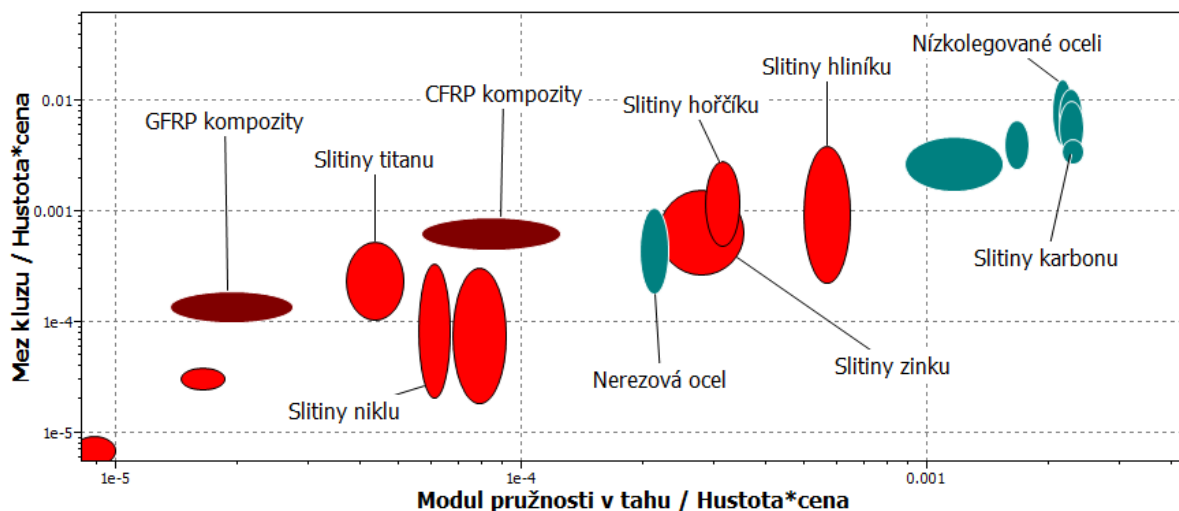


24 Materiálová mapa - vysoká tuhost a pevnost při nízké hmotnosti - vhodné materiály, varianta 1

CFRP kompozity se nadále jeví jako nejlepší materiál a výrazné zlepšení zaznamenaly i slitiny hořčíku a hliníku. Dále se nově objevují i GFRP kompozity, které v minulé variantě ani nefigurovaly. Krom slitin titanu, které zaznamenaly malý posun, zůstaly ostatní materiály zhruba na stejných místech.

7. Další postup výběru

Při porovnání výsledků předchozích materiálových map, můžeme říci, že se nám v obou případech vyskytují stejné materiály. Liší se akorát vhodností použití pro danou variantu trubek. Pro lepší selekci bude vhodné přidat ještě jedno kritérium výběru a tou bude vzhledem k ekonomičnosti návrhu cena, kterou přidáme do jmenovatele pod obě osy materiálové mapy. Výsledný poměr nám pak ukáže nejvhodnější materiál s požadovanými vlastnostmi a zároveň s nejpříznivější cenou.



25 Materiálová mapa - vysoká tuhost a pevnost při nízké hmotnosti - s ohledem na cenu materiálů

Při započtení ceny jsou už vidět mnohem větší rozdíly. Kompozity opustily místo nejvýhodnějších materiálů, právě z důvodu jejich vysoké ceny, společně se slitinami titanu. Naopak některé materiály, které v předešlých případech nevynikaly, se dostaly do popředí. Jsou to především nízkolegované oceli a slitiny s obsahem karbonu, výhodným materiálem by také mohli být slitiny hliníku.

Název	Cena Kč/kg	Hustota kg/m ³	kč/m ³
Nízkolegované oceli	12-13	7800-7900	98 125 Kč
Slitiny karbonu	11-12	7800-7900	90 275 Kč
Slitiny hliníku	47-51	2500-2900	134 750 Kč
Slitiny hořčíku	73-81	1740-1950	138 985 Kč
Slitiny zinku	47-52	4900-7300	305 000 Kč
Nerezová ocel	114-126	7600-8100	942 000 Kč
CFRP kompozity	740-822	1500-1600	1 193 500 Kč
Slitiny niklu	360-396	8830-8950	3 354 750 Kč
Slitiny titanu	495-545	4400-4800	2 392 000 Kč
GFRP kompozity	481-681	1750-1970	925 000 Kč

26 přehled cen jednotlivých materiálů

8. Závěr práce

Cíl této práce sestavení požadavků pro konstrukci, následné vybrání jednoho a jeho celkové vyřešení. Byly popsány nejčastější zdravotní problémy, s kterými se uživatelé invalidních vozíků potýkají a na jejich základě sestaveny požadavky. K podrobnějšímu rozpracování byl vybrán požadavek na snížení hmotnosti. Tento požadavek byl následně rozpracován do materiálových map, kde byla požadována co nejvyšší pevnost a tuhost za minimální hmotnosti, kde se jako nejvhodnější materiály jevíly CFRP kompozity. Při zhodnocení i z ekonomického hlediska, byla zahrnuta i cena. Výsledná materiálová mapa ukazuje jako nejvhodnější materiály nízkolegované oceli a slitiny karbonu.

Nejdůležitějším aspektem této práce je však uvědomění si, že nejsou tak důležité samotné požadavky, jako jejich sestavení pro daného uživatele. Každý uživatel invalidního vozíku je specifický a pro jeho pohodlí a bezpečí je zapotřebí jiných vlastností vozíku. Zde více než u jiných technických odvětví je třeba "lidský" přístup a ideálně komunikace s budoucím uživatelem vozíku, jelikož dobře odvedená práce se pak kladně projeví i na zdravotním stavu uživatele a není nic cennějšího, než lidské zdraví.

Seznam obrázků

1 Standardní mechanický vozík	3
2 Odlehčený mechanický vozík.....	4
3 Polohovací mechanický vozík 1.....	4
4 Polohovací mechanický vozík 2.....	4
5 Sportovní mechanický vozík	5
6 Interiérový elektrický vozík	6
7 Univerzální elektrický vozík	6
8 Terénní elektrický vozík.....	7
9 Určování rozměrů vozíku.....	11
10 Silové rozložení při sedu	13
11 Hodnoty krevního tlaku.....	14
12 Bezpečnostní prvky - pásy.....	18
13 Bezpečnostní prvky - vesta.....	18
14 Bezpečnostní prvky - částečné zakrytí kol.....	18
15 Bezpečnostní prvky - úplné zakrytí kol.....	18
16 Vliv těžiště na stabilitu	20
17 antidekubitní podložka pánve.....	21
18 antidekubitní podložka ruky.....	21
19 Materiálová mapa - vysoká tuhost a pevnost při nízké hmotnosti - všechny materiály	25
20 Materiálová mapa - vysoká tuhost a pevnost při nízké hmotnosti - přírodní materiály	26
21 Materiálová mapa - vysoká tuhost a pevnost při nízké hmotnosti - užší výběr, varianta 1.....	26
22 Materiálová mapa - vysoká tuhost a pevnost při nízké hmotnosti - vhodné materiály, varianta 1.....	27
23 Materiálová mapa - vysoká tuhost a pevnost při nízké hmotnosti - užší výběr, varianta 2.....	28
24 Materiálová mapa - vysoká tuhost a pevnost při nízké hmotnosti - vhodné materiály, varianta 1.....	28
25 Materiálová mapa - vysoká tuhost a pevnost při nízké hmotnosti - s ohledem na cenu materiálů	29
26 přehled cen jednotlivých materiálů	29

Použité zdroje

- [1] Ashby, M. F. (2011). *Material Selection in Mechanical Design*. Butterworth-Heinemann: Elsevier.
- [2] CZEPA, Č. a. (2013). *Průvodce zprávného výběru vozíku pro spinální pacienty*. Praha.
- [3] Hájek, E. (1984). *Pružnost a pevnost I*. Praha: ČVUT.
- [4] Zdravotní problémy na vozíku. [Http://vozickar.com/](http://vozickar.com/) [online]. [cit. 2016-05-17]. Dostupné z: <http://vozickar.com/zdravotni-problemy-na-voziku-aneb-pomozme-si-sami/>
- [5] Invalidní vozíky. [Www.distrimedpomucky.cz](http://www.distrimedpomucky.cz) [online]. [cit. 2016-05-17]. Dostupné z: http://www.distrimedpomucky.cz/invalidni-voziky-standardni-mechanicke/?force_sid=d862136e1fe30e23ac78fbf67e8adb4c
- [6] Mobilita. [Http://www.pomuckyzdravotnicke.cz./](http://www.pomuckyzdravotnicke.cz/) [online]. [cit. 2016-05-17]. Dostupné z: <http://www.pomuckyzdravotnicke.cz/divize/mobilita/>
- [7] Mechanické vozíky. [Http://www.dmapraha.cz](http://www.dmapraha.cz) [online]. [cit. 2016-05-17]. Dostupné z: <http://www.dmapraha.cz/katalog/mechanicke-invalidni-voziky>
- [8] Život s tělesným postižením. [Www.helpnet.cz](http://www.helpnet.cz). [online]. [cit. 2016-05-17]. Dostupné z: <http://www.helpnet.cz/telesne-postizeni/zivot-s-telesnym-postizenim>