



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STROJNÍ

Ústav mechaniky, biomechaniky a mechatroniky

Vývoj lokomoční pomůcky pro pacienty s poruchou CNS

Development of Locomotion Aids for Patients with CNS Disorders

Bakalářská práce

Autor: **Vojtěch Nedvěd**

Studijní program: **TEORETICKÝ ZÁKLAD STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ**

Vedoucí práce: **doc. Ing. Zdeněk Horák, Ph.D.**

Praha 2015

Anotační list

Jméno autora: Vojtěch Nedvěd

Název BP: Vývoj lokomoční pomůcky pro pacienty s poruchou CNS
Anglický název: Development of Locomotion Aids for Patients with CNS Disorders

Rok: 2015

Obor studia: Teoretický základ strojního inženýrství

Ústav/odbor: Ústav mechaniky, biomechaniky a mechatroniky/Biomechanika a lékařské přístroje

Vedoucí: doc. Ing. Zdeněk Horák, Ph.D.

Konzultant: Ing. Jana Dupalová (ERILENS, s.r.o.)

Bibliografické údaje:

počet stran	31
počet obrázků	14
počet tabulek	5
počet příloh	14

Klíčová slova: Parkinsonova nemoc, lokomoční pomůcky, *cueing*, *FOG*, laserová překážka, laser

Keywords: Parkinson's disease, locomotion aids, visual cueing, freezing of gait, FOG, laserlight visual cueing, laser

Anotace:

Práce je zaměřena na vývoj lokomoční pomůcky pro pacienty postižené Parkinsonovou nemocí, kteří trpí *freezingem*. Práce se zabývá návrhem hole s virtuální překážkou podporující vizuální *cueing*. Součástí bakalářské práce je výroba prototypu.

Abstract:

Development of locomotion aids for patients with Parkinson's disease who suffer by freezing of gait. This work consist of designing walking cane which supports laserlight visual cueing and creating it's prototype.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady uvedené v příloženém seznamu.

V Praze dne 12.6.2015

Podpis:.....

Poděkování

Děkuji doc. Ing. Zdenku Horákovi, Ph.D. za vedení mé bakalářské práce, věcné připomínky a věnovaný čas. Děkuji společnosti ERILENS s.r.o. za poskytnutí zajímavé problematiky a finanční podpory. Zejména Ing. Janě Dupalové, která ochotně odpověděla na každý dotaz. Dále děkuji MUDr. Martině Hoskovcové a Mgr. Otovi Gálovi za cenné informace týkající se Parkinsonovy choroby a za poskytnutou literaturu. V neposlední řadě děkuji Ing. Pavlu Růžičkovi, Ph.D. za ochotu při výrobě součástí technologií *Rapid Prototyping*.

Obsah

1	ÚVOD	6
1.1	MOTIVACE PRÁCE	7
1.2	CÍLE PRÁCE	7
2	PARKINSONOVA CHOROBA	8
2.1	PŘÍZNAKY A PRŮBĚH ONEMOCNĚNÍ	8
2.2	FREEZING OF GAIT.....	9
2.3	VIZUÁLNÍ CUEING ZA POMOCI LASEROVÉHO PAPRSKU.....	10
3	INOVACE VYCHÁZKOVÉ HOLE	11
3.1	EXISTUJÍCÍ LOKOMOČNÍ POMŮCKY PODPORUJÍCÍ VIZUÁLNÍ CUEING.	11
3.2	POŽADAVKY NA KONSTRUKCI HOLE	11
3.3	KONCEPČNÍ NÁVRH HOLE	12
3.4	VOLBA JEDNOTLIVÝCH SOUČÁSTÍ VYCHÁZKOVÉ HOLE	16
3.4.1	<i>Hůl</i>	16
3.4.2	<i>Laserový modul</i>	17
3.4.3	<i>Pružinový bateriový kontakt</i>	17
3.4.4	<i>Tlačítko</i>	18
3.4.5	<i>Vodič</i>	18
3.5	VÝROBNÍ A VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE	19
3.5.1	<i>Rapid Prototyping Technology (RPT)</i>	19
3.5.2	<i>Objímkové pouzdro</i>	20
3.5.3	<i>Úprava hole HS 95/1</i>	22
3.5.4	<i>Tvorba výkresové dokumentace</i>	23
3.5.5	<i>Popis montáže hole s virtuální překážkou</i>	24
3.6	VÝROBA PROTOTYPU HOLE S VIRTUÁLNÍ PŘEKÁŽKOU	25
4	DISKUSE	26
5	ZÁVĚR	27
6	LITERATURA	28
7	PŘÍLOHY	31

1 Úvod

V důsledku stárnutí populace postihuje Parkinsonova choroba stále víc lidí. Jedná se o onemocnění, které je zatím neléčitelné. Při onemocnění dochází k úbytku nervových buněk v části středního mozku zvané *substantia nigra*. Tyto buňky produkují dopamin, který umožňuje přenos signálů mezi neurony pomocí neurotransmiterů. Nedostatek neurotransmiterů způsobuje ztrátu schopnosti ovládat a koordinovat pohyb. Jedním z hlavních problémů této nemoci je *freezing* (náhlé zarázy v chůzi), který v mnoha případech vede k pádu pacienta. Lékaři objevili, že *freezingu* lze předejít, nebo ho výrazně omezit, má-li před sebou pacient překážku, přes kterou může překročit.

Neurologická klinika 1. LF UK a VFN v Praze se intenzivně *freezingem* zabývá. MUDr. Martina Hoskovcová a Mgr. Ota Gál zkoumají vliv vnějších podnětů (tzv. *cueing*) na pacienty s Parkinsonovou nemocí. Jeden z jejich výzkumů se zabývá vizuálním *cueingem* a účinností lokomočních pomůcek, které ho podporují. Z těchto důvodů ke své práci potřebují vycházkové hole se světelným zdrojem, který promítne na zem virtuální překážku. Na českém trhu nejsou lokomoční pomůcky podporující vizuální *cueing*, proto jsem navrhl prototyp hole s virtuální překážkou.

VFN spolupracuje se společností ERILENS s.r.o. (<http://www.erilens.cz>), která zaujímá vedoucí pozici na trhu s lokomočními pomůckami v ČR. Po společné diskuzi byly specifikovány požadavky na prototyp hole. ERILENS s.r.o. dlouhodobě spolupracuje s Laboratoří biomechaniky člověka, Fakulty strojní na ČVUT v Praze. Společnost ERILENS s.r.o. poskytla zajímavé téma, které jsem si pro jeho praktické zaměření zvolil. Úkolem mé práce bylo navrhnout a vytvořit prototyp hole s virtuální překážkou. Pro zachování nízkých nákladů a rychlost výroby jsem se rozhodl pro výrobu pouzdra prototypu technologií 3D tisku. Výsledkem této práce je funkční prototyp lokomoční pomůcky s virtuální překážkou, která pomáhá pacientům s Parkinsonovou nemocí ke zkvalitnění života.

1.1 Motivace práce

Motivací je ve spolupráci s Neurologickou klinikou 1. LF UK a VFN zlepšit kvalitu života pacientů s Parkinsonovou nemocí. Vývojem nové v ČR neexistující lokomoční pomůcky s virtuální překážkou umožnit lékařům výzkum vizuálního *cueingu*. V případě pozitivních výsledků zahájit sériovou výrobu.

1.2 Cíle práce

Cílem mé práce je vývoj nové lokomoční pomůcky, proto jsem si stanovil dílčí cíle.

- Vytvoření koncepčního návrhu lokomoční pomůcky
- Vytvoření modelu prototypu lokomoční pomůcky
- Zpracování výkresové dokumentace
- Ve spolupráci se společností ERILENS s.r.o. vyrobit prototyp lokomoční pomůcky

2 Parkinsonova choroba

Parkinsonova choroba je pojmenována po svém objeviteli Jamesi Parkinsonovi, který ji popsal v roce 1817. Vyskytuje se převážně u jedinců starších šedesáti let (přibližně u 1% populace starší než 65let). Příčinou je onemocnění bazálních ganglií, která se nacházejí pod vnějšími korovými vrstvami obou mozkových hemisfér. Jedná se o skupiny neuronů, které se podílejí na modulaci motorického výstupu.

Při onemocnění dochází k úbytku nervových buněk v části středního mozku zvané *substantia nigra*. Tyto buňky produkují dopamin, který umožňuje přenos signálů mezi neurony. Nedostatek neurotransmiterů je příčinou ztráty schopnosti ovládat a koordinovat pohyb. Parkinsonovo onemocnění je charakteristické klidovým svalovým třesem, který se vytrácí při volním pohybu. Dále způsobuje hypokinezi (tj. snížení pohyblivosti), která je dominantním postižením [1].

2.1 Příznaky a průběh onemocnění

Parkinsonismus se projevuje třesem, který je klidový, zesiluje se při emocích a vytrácí se při spánku. Třes postihuje charakteristickým způsobem („počítání peněz“) prsty na horních končetinách. Dále pozorujeme nestabilitu postoje a zpomalení pohybů. V časných stádiích se objevují nenápadné příznaky, jako pokles hlasitosti řeči, únava a apatie. V pokročilejší fázi se začínají projevovat poruchy chůze. Ta u parkinsoniků vykazuje řadu abnormalit. Rychlost chůze se znatelně zpomalí a pacienti se pohybují krátkými kroky. Pokud je pacient již v pohybu, je pro něj často obtížné měnit směr a zastavit. Dále se vyskytuje „zamrznutí“ tzv. *freezing* (přibližně u 50% osob s onemocněním trvajícím déle než 5let) a náhlé pulzy vedoucí k pádům [2].

V průběhu onemocnění se může rozvinout *akineze*, tj. snížení schopnosti (někdy až neschopnost) zahájit volní pohyb. *Rigidita* (tj. zvýšení spastického svalového napětí – odpor svalu proti pasivnímu napínání) se vyskytuje téměř u všech pacientů a spolu s akinezí je hlavní příčinou nemohoucnosti pacientů [3].

2.2 Freezing of gait

Freezing of gait (FOG) je náhlá, krátkodobá porucha chůze, kdy pacient není schopen učinit efektivní krok. Jedná se o nedobrovolné přerušení chůze. Pacienti zažívají při *freezingu* pocit, že mají nohy přilepené k podlaze. Neočekávané přerušení chůze je mimovolní a trvá několik sekund až minut a příčina je většinou spojena s Parkinsonským syndromem. Má dopad na mobilitu, způsobuje pády a ovlivňuje tím kvalitu života.

Rozlišujeme tři odlišné typy *freezingu*.

- *kompletní akineze*
- *velmi krátké neefektivní kroky s minimálním efektem lokomoce*
- *tzv. třes končetin na místě*

V prvním případě se jedná o prosté zastavení, které není doprovázené žádnými dalšími jevy. U druhého typu s velmi krátkými kroky vidíme snahu o rozejití a překonání zárazu chůze, výsledkem jsou však pouze několikacentimetrové šoupavé krůčky. Třetí typ *freezingu* se projevuje jako třes dolních končetin na místě (o frekvenci cca 4–5 Hz), při kterém dolní končetiny střídavě opakují neúspěšný pokus o přenesení váhy [4].

Freezing způsobují určité situace. Často je vyvolán během chůze při otáčení. Jinou situací je začátek chůze. Podobně může *freezing* nastat ke konci chůze, kdy dojde k „zamrznutí“ pacienta těsně před dosažením cíle. Dále bývá *freezing* zapříčiněn zúženým prostorem (procházení dveřmi, úzkou chodbou), ale může být vyvolán i při chůzi na volném prostranství. Dalšími faktory jsou stres a zhoršená pozornost. Jde o nepříjemné situace, kdy pacient např. přechází na zelenou a obává se, že to nestihne, je osloven, či mu zazvoní mobil. Někdy stačí i nepříjemný pocit, že v dané situaci zdržuje např. při vstupu do výtahu, kde čekají další lidé. Patofyziologie *freezingu* není známá a nejsme schopni dostatečně vysvětlit mechanismus jeho vzniku [4].

Zvláštností *freezingu* je reakce na zevní senzorické podněty. Jedná se o akustické povely, taktilní (dotykové), nebo vizuální podněty (překračování nohy jiné osoby, předmětu na podlaze, vzorce na dlaždicích), které mohou pomoci epizodu rychle překonat [4]. Tyto senzorické stimuly souhrnně označujeme jako *cueing*.

2.3 Vizuální *cueing* za pomoci laserového paprsku

Jako zevní senzorický podnět je použit paprsek čárového laserového modulu, který je připevněn na holi nebo chodítku. Na zem promítá světelný paprsek, který slouží jako virtuální překážka. Cílem této metody je zabránit *freezingu*, omezit počet pádů a zrychlení chůze u pacientů s pokročilejší fází Parkinsonovy nemoci.

Názory na účinnost vizuálního *cueingu* se liší. Některé studie ji potvrzují [5][6], další ji vyvracejí [7][8]. Některé výsledky prezentované v [6] ukazují, že pro správnou funkci vizuálního *cueingu* je nutný oční kontakt s dolními končetinami po celou dobu kroku. Proto jsou některá chodítka kvůli své konstrukci pro laserový *cueing* nevhodná.

3 Inovace vycházkové hole

3.1 Existující lokomoční pomůcky podporující vizuální cueing.

Žádný z českých výrobců lokomočních pomůcek se touto problematikou nezabývá. Ze zahraničních výrobců můžeme jmenovat společnost In-Step Mobility Products [9]. Ta vyrábí chodítka U-Step 2 (viz obr. 1), které je vybaveno laserovým modulem. Další je společnost The Mobilaser™ [10] zaměřující se na výrobu univerzálních laserových modulů s možností upevnění na různé lokomoční pomůcky.



obr. 1 - U-Step 2 společnosti In- Step Mobility Pruducts [9]

3.2 Požadavky na konstrukci hole

Jedná se o vycházkovou hůl vybavenou zařízením, které při chůzi umožňuje zabránit *freezingu* a případnému pádu promítnutím virtuální překážky na zem.

Požadavky na konstrukci definované Neurologickou klinikou 1. LF UK a VFN:

- Ovládání pomocí tlačítka. Pacient musí být schopený jednoduše virtuální překážku aktivovat během chůze. Po uvolnění tlačítka dojde k automatické deaktivaci.
- Životnost zdroje při každodenním používání alespoň 2 dny.
- Odolnost hole vůči pádu.
- Světelný zdroj splňuje bezpečnostní normy.
- Výšková nastavitelnost hole.
- Snadná manipulace při údržbě.

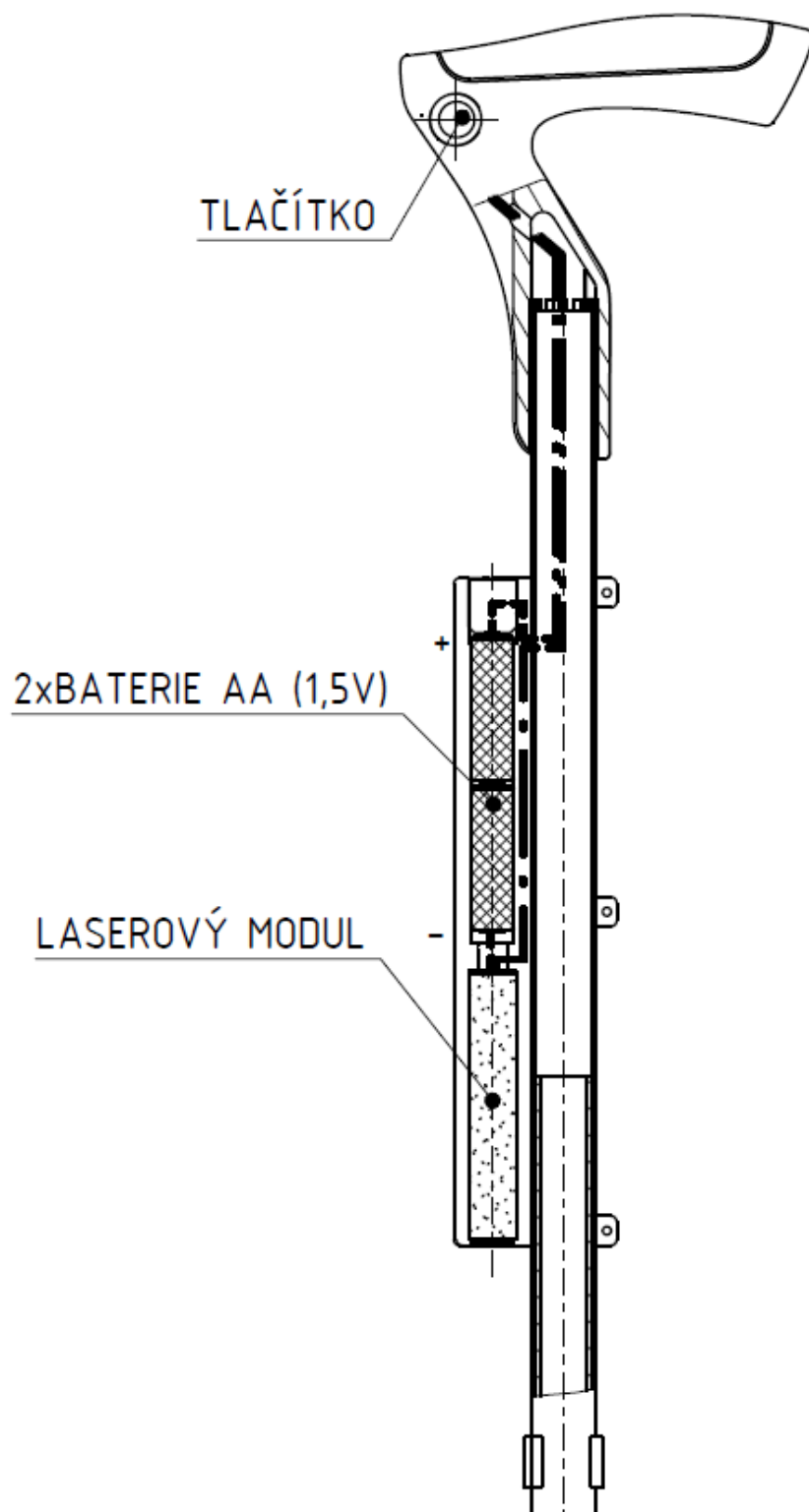
3.3 Koncepční návrh hole

Cílem je vhodným způsobem inovovat sériově vyráběnou vycházkovou hůl tak, aby vyhovovala výše uvedeným požadavkům. Hole s virtuální překážkou jsou určeny pro výzkum vlivu vizuálního *cueingu* na pacienty. Jedná se pouze o kusovou výrobu, proto je nutná jednoduchost a výrobní nenáročnost celé konstrukce.

Světelný zdroj musí na zemi vytvořit jasně viditelnou světelnou čáru, nesmí být energeticky náročný a musí splňovat bezpečnostní předpisy. Ohled jsem také kladl na cenovou dostupnost. Proto jsem zvolil čárový laserový modul napájený stejnosměrným napětím 3 V a s maximálním odběru proudu 45 mA [13]. Ten má však omezený vyzařovací úhel, proto je nutné pro promítnutí dostatečně dlouhé čáry na zem umístit laser co nejbližší pod rukojeť hole (viz obr. 2).

Z důvodu dostupnosti a snadné výměny bude laser napájen dvěma sériově zapojenými AA bateriemi (1,5 V) a spolu s nimi umístěn v objímkovém pouzdře a připevněn k holi svěrným spojem (viz obr. 2).

Do rukojeti bude zabudováno tlačítko (viz obr. 2) ovládané palcem pacienta. Je možné volit pravé nebo levé provedení. Laser, baterie a tlačítko budou propojeny vodiči vedenými uvnitř hole (viz obr.2).

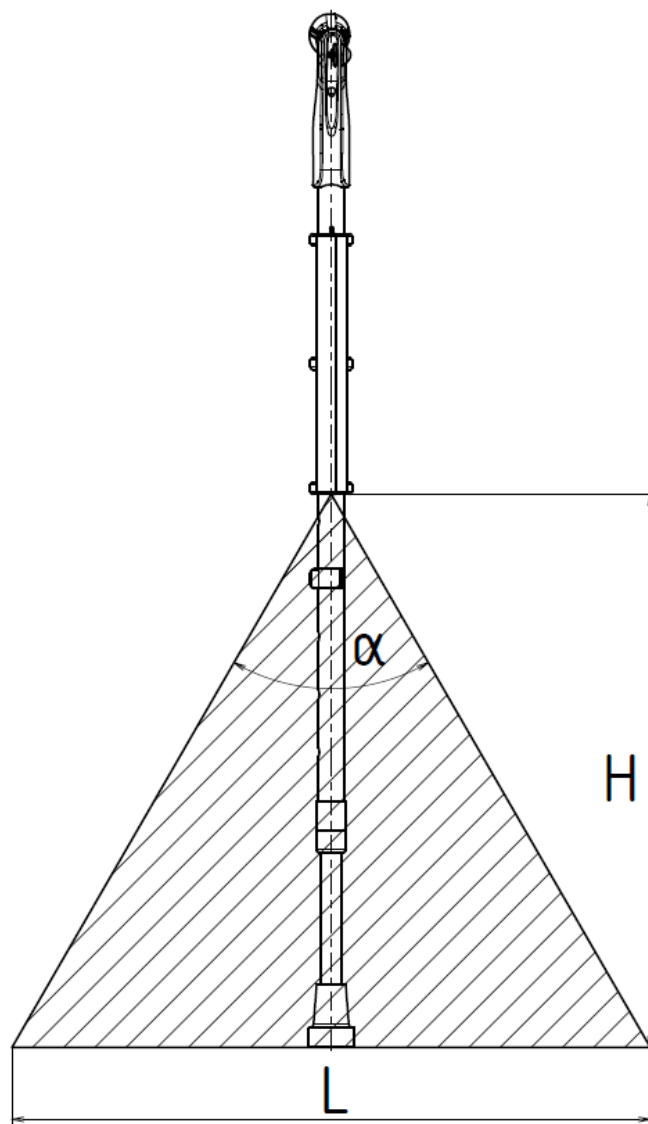


obr. 2 - Konceptní návrh hole

Délka virtuální překážky je přímo závislá na výšce umístění čárového laseru a na velikosti vyzařovacího úhlu (viz obr. 3). Délku lze určit ze vztahu

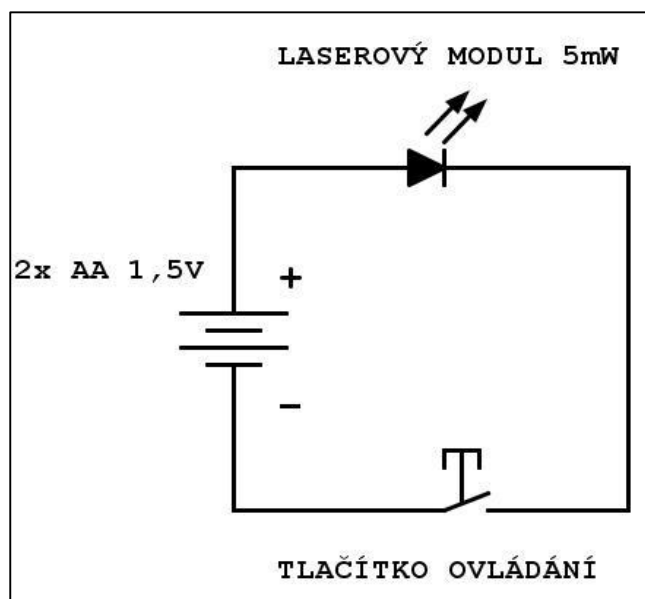
$$L = 2 * H * \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \quad (3.1)$$

kde H je vzdálenost laseru od země a úhel α je vyzařovací úhel laseru. Minimální délka virtuální překážky L je 0,6 m. Z důvodu dobré viditelnosti a možnosti kroku přes překážku.



obr. 3 - Délka virtuální překážky

Objímkové pouzdro prototypu jsem navrhl pro výrobu technologií 3D tisku tzv. *Rapid Prototyping* (RPT). Zařízením disponuje Laboratoř biomechaniky na FS ČVUT v Praze. RPT umožňuje na základě počítačových dat vyrobit fyzický model v krátkém čase v porovnání s klasickými technologiemi. Model je vytvářen vrstvou po vrstvě, tím je možné snadno zhotovit téměř libovolně složitou geometrii [11]. Zapojení elektrického obvodu jsem provedl podle jednoduchého schématu (viz obr. 4).



obr. 4 - Zapojení elektrického obvodu

Orientační životnost zdroje lze určit ze vztahu (3.2). Jako podíl kapacity baterií udávané výrobcem a jmenovitým proudem laseru. Při použití baterií s udávanou kapacitou 2000 mAh a jmenovitým proudem laseru 45 mA je orientační životnost 44 hodin při trvalém sepnutí. Při běžném provozu bude laser spuštěn pouze v případě potíží pacienta, proto je požadovaná životnost (2 dny běžného provozu) splněna.

$$T [h] = \frac{kap [mAh]}{I [mA]} \quad (3.2)$$

3.4 Volba jednotlivých součástí vycházkové hole

Seznam všech součástí je uveden v kusovníku (viz příloha č. 13). Níže uvádím nenormalizované součásti, jejichž rozměry potřebuji znát pro tvorbu modelu a výkresové dokumentace.

3.4.1 Hůl

Pro inovaci hole byla společností ERILENS s.r.o. vybrána vycházková hůl HS 95/1 (viz obr. 5). Tato hůl je nejprodávanější holí v ČR, splňuje všechny potřeby pro pacienty s onemocněním Parkinsonovou chorobou, má ergonomicky tvarovanou rukojeť a nosnost 130 kg. Hůl je výškově nastavitelná v 10 krocích po 25 mm. Má vhodně tvarovanou rukojeť pro umístění ovládacího prvku.

Tabulka 1 - Hůl HS 95/1 [12]

Délka	760-1010 mm/800-1050 mm
Hmotnost	400g
Nosnost	130kg
Materiál	polypropylen + dural
Barva	stříbrná
Cena bez DPH	197 Kč



obr. 5 - Hůl HS 95/1 vyráběná firmou ERILENS s.r.o. [12]

3.4.2 Laserový modul

Jako světelný zdroj jsem zvolil červený čárový laser 3 V DC – 5 mW (viz obr. 6). Maximální proudový odběr je 45 mA. Laser spadá do bezpečnostní třídy 1M (dle IEC 60825) a proto je bezpečný při laickém použití. Svítí jasně červenou barvou. Obal laseru je duralový a zaručuje vysokou odolnost [13].

Tabulka 2 - Čárový laser 3 V – 5 mW [13]

Délka	90mm
Průměr	16mm
Hmotnost	20g
Materiál pouzdra laseru	dural
Napájení	3V DC
Vyzařovací úhel	85°
Vlnová délka/výkon	635nm/5mW
Bezpečnostní třída	1M
Barva	černý elox
Cena bez DPH	1265 Kč



obr. 6 - Čárový laser 3V – 5mW
[13]

3.4.3 Pružinový bateriový kontakt

Jako záporný bateriový kontakt jsem zvolil KEYSTONE 5202 (rozměry viz příloha č. 1 [14]). Kontakt má vhodné rozměry a je cenově dostupný. Pružina kontaktu zároveň mechanicky zajistí funkci bajonetového uzávěru. Cena bez DPH je 7,44 Kč [15].



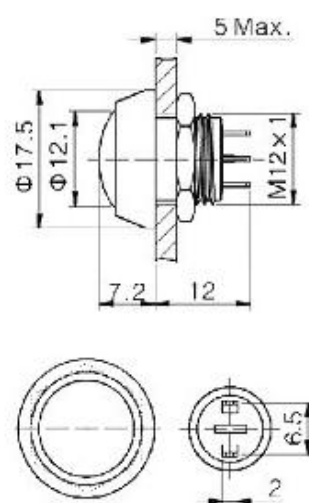
obr. 7 – KEYSTONE 5202 [14]

3.4.4 Tlačítko

Jako tlačítkový spínač jsem použil spínač HBGQ12B-10/R/J/A. Tlačítko je opatřeno závitem a maticí. Má vhodné rozměry (viz obr. 8.) v porovnání s rozměry rukojeti. Je vyrobeno ze slitiny zinku a hliníku, což zaručuje jeho dlouhou životnost a odolnost.

Tabulka 3- HBGQ12B-10/R/J/A [16]

Průměr závitu	M12x1
Hmotnost	5g
Nosnost	130kg
Materiál	zinek-hliník
Barva	červená
Cena bez DPH	45,45 Kč[17]



obr. 8 - Spínač HBGQ12B-10/R/J/A [16]

3.4.5 Vodič

K propojení elektrického obvodu jsem zvolil vodič HELUKABEL UL-Style 1007. Vodič je jednožilový má vhodný celkový průměr a je cenově dostupný.

Tabulka 4 - UL-Style 1007 [18]

Průřez	0,21 mm ²
Vnější průměr	1,5 mm
Barva	červená
Cena bez DPH	5,20 Kč/m[19]

3.5 Výrobní a výkresová dokumentace

Modely jsem vytvořil ve studentské verzi 3D CAD softwaru Autodesk Inventor Professional 2015, animace a obrázky v Autodesk Inventor Publisher 2015. Veškeré modely a animace jsou na přiloženém CD-ROM. Některé součásti budou vyráběny technologií 3D tisku. Pro jejich správné navržení je nutné znát vlastnosti zařízení a dosahované přesnosti výroby.

3.5.1 *Rapid Prototyping Technology* (RPT)

Zařízení Stratasys Prodigy Plus (viz obr. 9), kterým disponuje Laboratoř biomechaniky na FS ČVUT v Praze je vybaveno RP technologií *Fused Deposition Modeling* (FDM). Používaný materiál je plast akrylonitril-butadien-styren (ABS). Díky jeho vlastnostem (pevnost v tahu 22 MPa , modul pružnosti v tahu $1,627\text{ GPa}$, tepelná odolnost 96°C) umožňuje výrobu funkčních prototypů.



obr. 9 - Stratasys Prodigy Plus [11]

Princip výroby je následující. Modelovací a podpurný materiál (ABS a Water Works soluble) je ve formě vlákna přiváděn do vytlačovacích trysek, zahřátých na teplotu 280°C a je nanášen po vrstvách $0,178\text{ mm}$, $0,254\text{ mm}$ nebo $0,330\text{ mm}$. Na stroji Prodigy Plus je možné vyrábět modely do velikosti $(203 \times 203 \times 305)\text{ mm}$. Jako vstupní data lze použít 3D model exportovaný do formátu např. STL [11].

Minimální tloušťka H_{min} jedné vrstvy ($0,178 \text{ mm}$) zároveň určuje velikost tolerančního pole, a tím dosahovanou přesnost výroby. Skutečný rozměr se bude nacházet v tolerančním poli T od rozměru jmenovitého.

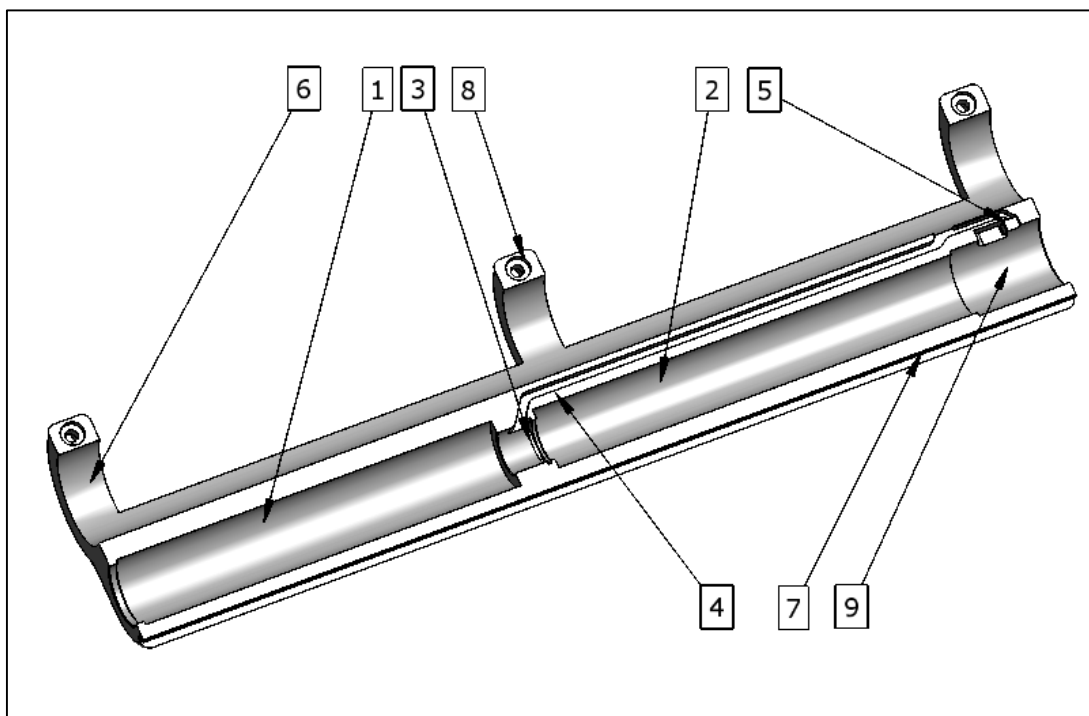
$$T = \pm \frac{H_{min}}{2} = \pm 0,089 \text{ mm} \quad (3.3)$$

3.5.2 Objímkové pouzdro

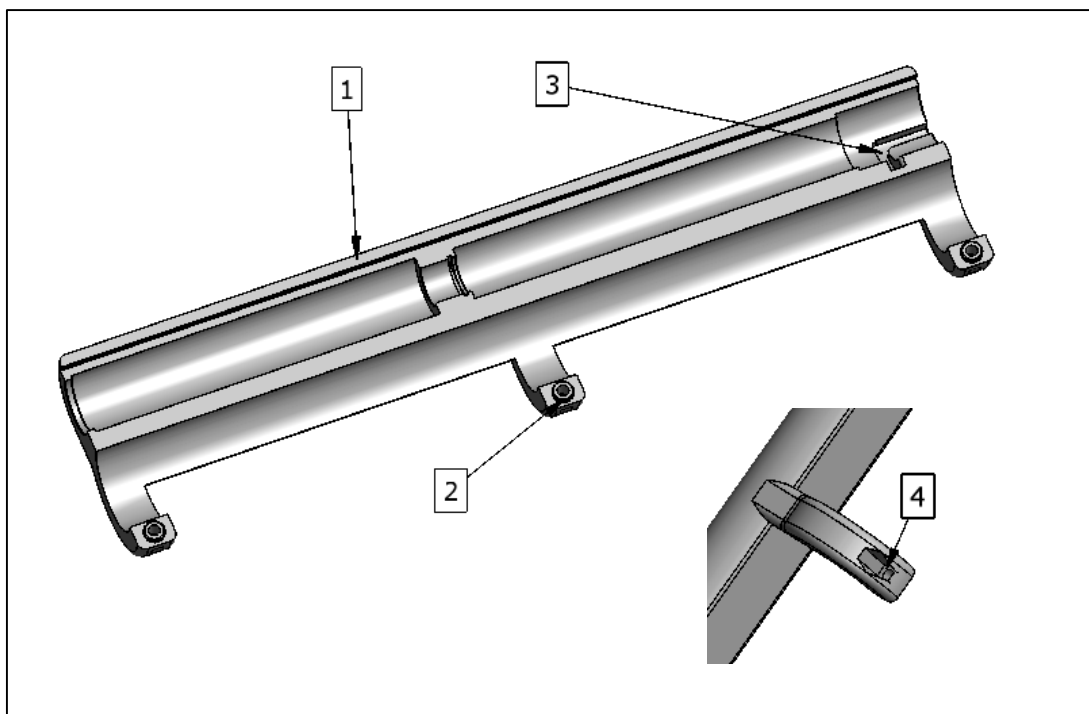
Objímkové pouzdro se skládá z levé a pravé objímky. Součásti jsem navrhl ohledem na výrobu pomocí RPT.

V levé objímce (viz obr. 10) je vytvořen prostor pro laserový modul (1), dvě AA baterie (2) a zapuštění pro pružinový kontakt (3). Dále kanálek (4) pro umístění elektrického vodiče, dosedací rovinou (5) pro vložení kontaktního plíšku. K uchycení na hůl slouží tři ramena (6). Pro spojení s pravou objímkou je část osazena drážkou (7) a dírami pro šrouby (8). Baterie jsou v pouzdru zajištěny bajonetovým uzávěrem vloženým do rozšířené části (9).

Pravá objímka (viz obr. 11) je vytvořena symetricky podle dělicí roviny k levé objímce. Výjimku tvoří drážka (1), která je k levé části inverzní. Dosedací plochy ramen jsou opatřeny osazením (2). V horní části se nachází drážka bajonetového uzávěru (3). Z vnější strany jsou zapuštění pro šestihranné matice (4).



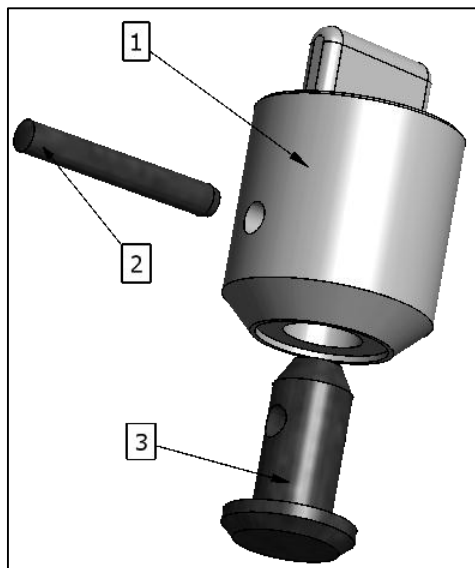
obr. 10 – Model levé objímky



obr. 11 – Model pravé objímky

Další částí je bajonetový uzávěr (viz obr. 12), který se skládá ze tří součástí.

- Tělo uzávěru vytvořené pomocí RPT (1)
- Kolík 2,5 x 18 ISO 8734 A (2)
- Upravený čep 2,5x18 ISO8734 A (3)



obr. 12 – Model bajonetového uzávěru

Ocelové části zajišťují vodivé spojení mezi kladným pólem baterií a kontaktním plíškem (viz příloha č. 9). Kolík zároveň plní mechanickou funkci uzávěru.

3.5.3 Úprava hole HS 95/1

Před montáží zařízení na hůl je nezbytná její úprava, stávající se z několika bodů.

- Úprava rukojeti (viz příloha č. 7)
- Zkrácení vnitřní trubky (viz příloha č. 8)
- Vyvrtání vstupní díry elektroinstalace ve vnější trubce (viz příloha č. 11)

Do rukojeti jsem vytvořil díru a zapuštění pro ovládací tlačítko a výstupní díru elektroinstalace. Zkrácení vnitřní trubky je nutné, aby při nastavení délky hole nedošlo k poškození vodičů vedených uvnitř hole.

3.5.4 Tvorba výkresové dokumentace

S ohledem na výrobu pomocí RPT jsem většinu délkových a úhlových rozměrů toleroval všeobecnou toleranci podle ČSN ISO 2768-1 [20], střední třídy přesnosti *m* a všechny geometrické tolerance podle ČSN ISO 2768-2 [21], třídy přesnosti *K*. Pro představu uvádím vybrané hodnoty tolerancí délkových rozměrů (viz tabulka 5). Výkresy jsou přiložené na konci práce (viz přílohy 2-12).

Tabulka 5 – Vybrané mezní úchytky délkových rozměrů [20]

Třída přesnosti		Mezní úchytky pro základní rozsah rozměrů [mm]			
Označení	Název	0,5 do 3	přes 3 do 6	přes 6 do 30	přes 30 do 120
m	střední	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3

3.5.5 Popis montáže hole s virtuální překážkou

Montáž zahájíme přípravou elektroinstalace. Kabel laseru zkrátíme na 50 *cm*, zbavíme pláště, tím oddělíme jeho žíly. Upravíme všechny vodiče na potřebnou délku, kladný vodič (červený) laseru na 40 *cm*, záporný (modrý) na 4 *cm* a propojovací vodič na 35 *cm*. Kladný vodič laseru společně s propojovacím vodičem provlékneme uvnitř hole mezi vstupní a výstupní dírou elektroinstalace. Obnažíme jejich konce (odstraníme izolaci v délce cca 3 *mm*).

Pokračujeme zapojením tlačítkového spínače. Vodiče vycházející z výstupní díry provlékneme maticí spínače a dírou pro tlačítko. Pájenými spoji zapojíme tlačítko, vložíme ho do osazení a utáhneme matici. Ke střednímu pájecímu otvoru pružinového kontaktu připojíme záporný vodič laseru. Konec propojovacího vodiče připojíme pájeným spojem k otvoru kontaktního plíšku.

K holi přiložíme levou objímku tak, aby vstupní díra lícovala s výstupem kanálku elektroinstalace. Umístíme do ní laser, pružinový kontakt a kontaktní plíšek. Polohu laseru v levé objímce zajistíme oboustrannou lepicí páskou tak, aby byla dodržena kolmost promítnuté virtuální překážky na směr držení hole. Vložíme vodiče do kanálku dle výkresu (viz příloha 10).

Vsadíme do sebe drážky levé a pravé objímky. Sklopením sevřeme hůl mezi ramena objímek. Matice (M2,5 DIN934) vložíme do šestihranných osazení a utáhneme svěrné spoje šrouby (M2,5x10 ISO 4762).

Přistoupíme k montáži bajonetového uzávěru. Vložíme upravený čep do díry uzávěru. Vsuneme kolík (2,5x18 ISO 8734 A) do díry \varnothing 2,5. Kolík axiálně zajistíme lepením (lepidlo nanese mezi kolík a plastový uzávěrem). Použijí lepidlo kov/plast např. CB 1008 od společnosti GUMEX s.r.o. [22].

Do objímkového pouzdra vložíme 2xAA baterie, kladným pólem nahoru. Vsadíme bajonetový uzávěr, který stlačíme, otočíme po směru hodinových ručiček do

krajní polohy a uvolníme. Stisknutím tlačítka aktivuji laser, který promítne na zem virtuální překážku.

3.6 Výroba prototypu hole s virtuální překážkou

Ve spolupráci s ERILENS s.r.o. byly nakoupeny součásti. Laboratoř biomechaniky na FS ČVUT v Praze mi umožnila výrobu objímkového pouzdra a uzávěru na zařízení Stratasys Prodigy Plus. Na výrobu byl použit plast ABS bílé barvy.

Dle výše popsaného postupu jsem provedl úpravu hole, zapojení elektrického obvodu, montáž a vytvořil plně funkční prototyp (viz obr. 13 a 14).



obr. 3 - Ukázka objímkového pouzdra



obr. 13 - Detail tlačítka na rukojeti

4 Diskuse

Při výrobě prototypu jsem se snažil zachovat nízké náklady, proto jsem volil co možná největší zastoupení nakupovaných součástí. Z důvodu rychlosti, nízkých nákladů a nenáročnosti výroby byly vyráběné součásti prototypu vytvořeny technologií *Rapid Prototyping*.

Virtuální překážka je promítána symetricky dle osy hole na levou i pravou stranu. Díky tomu lze jednoduše vytvořit hůl v levém i pravém provedení. Postačí pouze umístit tlačítko na druhou stranu rukojeti. Změnou typu spínače na tlačítko s aretací lze zajistit stále sepnutí laseru a tím vytvořit kontinuální virtuální překážku.

Životnost zdroje (2xAA baterie) mnohonásobně převyšuje požadovanou minimální výdrž (2 dny provozu). Při průměrné době svícení 3 hodiny za den je orientační výdrž 14 dní. Při návrhu jsem zvážil možnost použití dobíjecího akumulátoru. Mezi jeho klady patří delší výdrž a snadná manipulace. Akumulátor by bylo možné dobít bez nutnosti jeho vyjmutí ze zařízení (např. pomocí Micro USB konektoru). Akumulátory jsou však podstatně dražší než běžně dostupné AA baterie.

Mezi nedostatky vyvinuté hole patří zhoršená viditelnost virtuální překážky za slunečného počasí. Řešením by byl vyšší výkon laserového modulu, ten je ale omezen bezpečnostními normami. Změnu barvy laserového paprsku jsem také uvážil, nicméně problém s viditelností nevyřeší. Použití virtuální překážky je proto omezeno především na vnitřní prostory. Další nedostatkem konstrukce je nízká voděodolnost, která může při venkovním použití způsobit korozi kovových součástí.

Při případném přechodu na sériovou výrobu navrhuji pozměnit geometrii objímkového pouzdra a vyrábět jej jako odlitek. Zároveň při hromadné výrobě navrhuji změnu konceptu uzávěru a tím zajistit vyšší voděodolnost .

5 Závěr

Všechny cíle mé práce byly splněny. Na základě výrobní dokumentace jsem vytvořil funkční prototyp hole s virtuální překážkou. Jako světelný zdroj je použit červený laserový modul 3 V – 5 mW. Napájení zajišťují dvě AA baterie. Celé zařízení je ovládané tlačítkem umístěným v rukojeti hole. Odolnost zajišťuje masivní plastové (ABS) pouzdro vyrobené technologií RPT ve spolupráci s Laboratoří biomechaniky na FS ČVUT v Praze. Funkčnost prototypu potvrzuje korektnost 3D dokumentace vytvořené v Autodesk Inventor Professional 2015.

Jedná se pouze o prototyp. Při případném přechodu na sériovou výrobu bude třeba provést změny. Vytvořit kryt vodičů v rukojeti. Přizpůsobit geometrii objímkového pouzdra a pozměnit koncept uzávěru.

Na základě této práce bude vytvořeno několik dalších prototypů, které budou poskytnuty Neurologické klinice 1. LF UK a VFN v Praze. Poslouží při výzkumu účinnosti vizuálního *cueingu*, jako prevenci proti *freezingu*. Pokud se hole osvědčí, bude navržená virtuální překážka přizpůsobena k instalaci na chodítka.

6 Literatura

- [1] NICHOLLS, John G. *Od neuronu k mozku*. Vyd. 1. Překlad Zdeněk Žáček. Praha: Academia, 2013, xviii, 675 s. ISBN 978-802-0021-557.
- [2] MYSLIVEČEK, Jaromír. *Základy neurověd*. 2., rozš. a přeprac. vyd. Praha: Triton, 2009, 390 s. ISBN 978-807-3870-881.
- [3] NEČAS, Emanuel. *Patologická fyziologie orgánových systémů*. 2. vyd. Praha: Karolinum, 2009, s. 381-760. Učební texty Univerzity Karlovy v Praze. ISBN 978-802-4617-121.
- [4] MUDR.BROŽOVÁ, PH.D., Hana. Freezing – porucha chůze. *Neurologie pro praxi* [online]. 2013, 14(4) [cit. 2015-03-02]. Dostupné z: <http://www.neurologiepropraxi.cz/pdfs/neu/2013/04/04.pdf>
- [5] LEBOLD, Chad A. a Q.J. ALMEIDA. An evaluation of mechanisms underlying the influence of step cues on gait in Parkinson's disease. *Journal of Clinical Neuroscience*. 2011, **18**(6): 798-802. DOI: 10.1016/j.jocn.2010.07.151.
- [6] DONOVAN, S., C. LIM, N. DIAZ, N. BROWNER, P. ROSE, L.R. SUDARSKY, D. TARSY, S. FAHN a D.K. SIMON. Laserlight cues for gait freezing in Parkinson's disease: An open-label study. *Parkinsonism*. 2011, **17**(4): 240-245. DOI: 10.1016/j.parkreldis.2010.08.010.
- [7] CUBO, Esther, Charity G MOORE, Sue LEURGANS a Christopher G GOETZ. Wheeled and standard walkers in Parkinson's disease patients with gait freezing. *Parkinsonism*. 2003, **10**(1): 9-14. DOI: 10.1016/s1353-8020(03)00060-9.
- [8] BUNTING-PERRY, Lisette, Meredith SPINDLER, Keith M. ROBINSON, Joseph NOORIGIAN, Heather J. CIANCI a John E. DUDA. Laser light visual cueing for freezing of gait in Parkinson disease: A pilot study with male participants. *The Journal of Rehabilitation Research and Development*. 2013, **50**(2). DOI: 10.1682/jrrd.2011.12.0255.

- [9] *In-Step Mobility Products, Inc.: Advanced Walking Aids Designed Specifically for Neurological Conditions* [online]. 2013 [cit. 2015-06-09]. Dostupné z: <http://www.ustep.com>
- [10] *Mobilaser™* [online]. 2011 [cit. 2015-06-09]. Dostupné z: <http://www.mobilaser.org>
- [11] Laboratoř Rapid Prototyping: Technologie Fused Deposition Modeling. *Laboratoř biomechaniky člověka* [online]. 2010 [cit. 2015-06-09]. Dostupné z: <http://www.biomechanika.cz/departments/21?locale=cz>
- [12] VYCHÁZKOVÉ HOLE. 2012. *ERILENS* [online]. [cit. 2015-05-05]. Dostupné z: <http://www.erilens.cz/produkty/lokomocni-pomucky/vychazkove-hole#hs-95>
- [13] Červený čárový laser s kabelem 3V DC - 5mW. *ČÁROVÉ LASERY Petr Provazník* [online]. 2008 [cit. 2015-06-09]. Dostupné z: <http://www.carove-lasery.cz/eshop-cerveny-carovy-laser-s-kabelem-3v-dc-5mw-19-4>
- [14] 1 Cell Negative Spring Battery Contact P/N 5202. *KEYSTONE ELECTRONICS CORP.* [online]. 2015 [cit. 2015-06-10]. Dostupné z: http://www.keyelco.com/product.cfm/product_id/890
- [15] Keystone 5202 bateriový kontakt, pružinový. *FULGUR BATTMAN, spol. s r.o* [online]. 2011 [cit. 2015-06-10]. Dostupné z: <http://eshop.fulgurbattman.cz/produkt/drzaky-kontakty-keystone/keystone-5202-bateriovy-kontakt-pruzinovy-534.htm>
- [16] HBGQ12B-10A. *HBAN* [online]. 2012 [cit. 2015-06-12]. Dostupné z: <http://www.china-hban.com/products/products-846.html>
- [17] Spínač HBGQ12B-10/R/J/A. *GM ELECTRONIC* [online]. 1990 [cit. 2015-06-12]. Dostupné z: <http://www.gme.cz/spinac-hbgq12b-10-r-j-a-p630-667>
- [18] *HELUKABEL* [online]. 2015 [cit. 2015-06-10]. Dostupné z: <http://www.helukabel.cz/>
- [19] UL1007AWG24 červený. *GM ELETRONIC* [online]. 1990 [cit. 2015-06-10]. Dostupné z: <http://www.gme.cz/ul1007awg24-cerveny-p653-044>

- [20] *Všeobecné tolerance: NEPŘEDEPSANÉ MEZNÍ TOLERANCE ÚCHYLKY DÉLKOVÝCH A ÚHLOVÝCH ROZMĚRŮ*. Praha 10 - Hostivař: VYDAVATELSTVÍ NOREM, 1992.
- [21] *VŠEOBECNÉ TOLERANCE: Část 2: Nepředepsané geometrické tolerance*. Praha: ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 1994.
- [22] SEKUNDOVÁ LEPIDLA PRO LEPENÍ KOV/KOV, KOV/PRYŽ, KOV/PLAST. *GUMEX* [online]. 2015 [cit. 2015-06-13]. Dostupné z: <http://www.gumex.cz/sekundova-lepidla-pro-lepeni-kov-kov-kov-pryz-kov-plast-48700.html>

7 Přílohy

Příloha 1	Výkres č. 5202 [14]
Příloha 2	Výkres č. 2015-10-01
Příloha 3	Výkres č. 2015-10-02
Příloha 4	Výkres č. 2015-10-03
Příloha 5	Výkres č. 2015-10-04
Příloha 6	Výkres č. 2015-10-05
Příloha 7	Výkres č. 2015-00-06
Příloha 8	Výkres č. 2015-00-07
Příloha 9	Výkres č. 2015-10-08
Příloha 10	Výkres č. 2015-00-09
Příloha 11	Výkres č. 2015-00-10
Příloha 12	Výkres č. 2015-10-S
Příloha 13	Kusovník č. 2015-01-K
Příloha 14	CD-ROM