

Diplomová práce



České
vysoké
učení technické
v Praze

F3

Fakulta elektrotechnická
Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd

Návrh, vývoj a podnikatelský plán výroby automatických stopek pro použití v curlingu

Bc. Ondřej Zbytek

Vedoucí: Ing. Daniel Satke

Obor: Management energetiky a elektrotechniky

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management

Květen 2020

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Zbytek** Jméno: **Ondřej** Osobní číslo: **457099**
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**
Zadávající katedra/ústav: **Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd**
Studijní program: **Elektrotechnika, energetika a management**
Specializace: **Management energetiky a elektrotechniky**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Návrh, vývoj a podnikatelský plán výroby automatických stopek pro použití v curlingu

Název diplomové práce anglicky:

Design, development and business plan of automated stopwatch for curling

Pokyny pro vypracování:

1. Definujte rozsah projektu a prozkoumejte požadavky odvětví na dané zařízení
2. Navrhněte koncepci zařízení a definujte požadavky pro estetický design
3. Vytvořte funkční prototyp zařízení vč. vlastní elektroniky a spustitelného kódu (programu)
4. Vytvořte podnikatelský plán a porovnejte výrobu v kusové a sériové variantě

Seznam doporučené literatury:

- [1] EARP, Jacob E. a Robert U. NEWTON. Advances in Electronic Timing Systems: Considerations for Selecting an Appropriate Timing System. Journal of Strength and Conditioning Research. 2012, 26(5), 1245–1248. ISSN 1064-8011. doi:10.1519/JSC.0b013e3182474436
- [2] INTERNATIONAL CONFERENCE OF ELECTRONIC ENGINEERING AND INFORMATION SCIENCE a Dongxing WANG. Information science and electronic engineering. 2015 ISBN 978-1-315-69103-9.
- [3] SRPOVÁ, Jitka. Podnikatelský plán a strategie. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-4103-1.
- [4] JAMES, Daniel A a Nicola PETRONE. Sensors and Wearable Technologies in Sport Technologies, Trends and Approaches for Implementation. 2016. ISBN 978-981-10-0992-1.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

Ing. Daniel Satke, Nuledo s.r.o.

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

Datum zadání diplomové práce: **24.01.2020**

Termín odevzdání diplomové práce: **22.05.2020**

Platnost zadání diplomové práce: **30.09.2021**

Ing. Daniel Satke
podpis vedoucí(ho) práce

podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Mgr. Petr Páta, Ph.D.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomant bere na vědomí, že je povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval svému vedoucímu Ing. Danielovi Satkemu za pomoc při vytváření této práce a především za jeho vstupy z hlediska strojního návrhu vytvořeného zařízení. Rovněž bych rád poděkoval pánům doktorům Petrovi Olšákovi a Tomášovi Hejdovi za vytvoření a zpřístupnění L^AT_EX šablony, ve které je sesazena tato diplomová práce.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze, 22. května 2020

Abstrakt

Tato diplomová práce zpracovává návrh a vývoj zařízení pro automatické měření časových intervalů v olympijském sportu curlingu. V první části se diplomová práce zabývá technologickým návrhem zařízení a sestavením funkčního prototypu. V druhé části je zpracováno ekonomické vyhodnocení komerční výroby a podnikatelský plán. Diplomová práce porovnává varianty kusové a sériové výroby tohoto elektronického zařízení.

Klíčová slova: curling, stopky, stopovací závora, infračervená fotobuňka, finanční analýza, podnikatelský plán

Vedoucí: Ing. Daniel Satke

Abstract

This diploma thesis deals with the design and development of automated stopwatch for the olympic sport of curling. In the first part the thesis describes the process of designing and prototyping the product. In the second part the publication explores economic evaluation of the commercial production and presents the corresponding business plan. The diploma thesis compares manufacturing in piece production and mass production modes.

Keywords: curling, stopwatch, timing gate, infrared photocell, financial analysis, business plan

Title translation: Design, development and business plan of automated stopwatch for curling

Obsah

Předmluva	1	3.2 Princip fungování	16
		3.3 Požadavky na estetický design . .	18
		4 Vytvoření funkčního prototypu	19
		4.1 Mechanická část	19
		4.2 Elektrická část a programování .	20
		4.2.1 Elektrická část	22
		4.2.2 Programování	25
		4.3 Testování	25
		4.3.1 Testování základní funkčnosti	25
		4.3.2 Testování simulovaného scénáře	27
		4.3.3 Testování v reálných podmínkách	28
		5 Shrnutí první části	31
		Část II	
		Ekonomické zhodnocení	
		a podnikatelský plán	
		6 Úvod k druhé části	35
		7 Ekonomická teorie a použitá	
		východiska	37
1 Úvod k první části	5		
2 Rozsah projektu a požadavky na zařízení	7		
2.1 Curling – historie a pravidla	8		
2.1.1 Základní pravidla curlingu . . .	8		
2.1.2 Curlingová dráha a odhoz kamenů	8		
2.2 Popis situace jako technického problému	10		
2.3 Požadavky na přesnost	11		
2.3.1 Reakční doba člověka	11		
2.3.2 Časově významný interval v curlingu	12		
2.4 Stanovení provozu na baterie . . .	12		
3 Koncepce zařízení a požadavky na estetický design	13		
3.1 Technický koncept	14		

7.1 Ekonomická teorie	37	10.1 Manažerský souhrn	60
7.1.1 Transformace dat	38	10.2 Popis podnikatelské příležitosti	60
7.1.2 Stanovení diskontní míry	39	10.3 Potenciální trhy	61
7.1.3 Hodnocení ekonomické efektivity	40	10.3.1 Týmy profesionálních hráčů	61
7.2 Přijatá východiska	43	10.3.2 Týmy pokročilých amatérů .	62
8 Finanční analýza	47	10.4 Analýza konkurence	63
8.1 Stanovení ceny a odhadnutí poptávky	47	10.5 Marketingová strategie	64
8.2 Kusová výroba	48	10.5.1 Produkt	65
8.2.1 Přijaté předpoklady pro kusovou výrobu	49	10.5.2 Cena	65
8.2.2 Ukazatele ekonomické efektivity	50	10.5.3 Distribuce	65
8.3 Sériová výroba	52	10.5.4 Komunikace	66
8.3.1 Přijaté předpoklady pro sériovou výrobu	53	10.6 Finanční plán	66
8.3.2 Ukazatele ekonomické efektivity	54	10.7 Hlavní předpoklady úspěšnosti a rizika projektu	67
9 Závěr finanční analýzy	57	10.8 Závěrečné shrnutí realizovatelnosti	68
10 Podnikatelský plán	59	11 Shrnutí druhé části	69
		Část III	

Závěr a přílohy

Závěrečné shrnutí	73
A Literatura	75
B Výpočetní soubor k finanční analýze	81
C Dodatečné fotografie prototypu	83
D Stanovení chyby měření pomocí kamery	89
E Závislost dojezdu kamene na rychlosti	91
F Detailní seznam použitých komponent	93
G Zdrojový kód	95
G.1 Zdrojový kód modulu B1	95
G.2 Zdrojový kód modulu B2	97
G.3 Zdrojový kód modulu C	101

Obrázky

1 Curlingová dráha vč. vyznačených herních čar. Zdroj: Kirkland Lake Curling Club, 2020	9	12 Liniové schéma prototypového modulu C.	24
2 Detail odhozové části dráhy. Kámen je odhazován zleva doprava. Zdroj: Mycurling.com, 2005	9	13 Měření reakční doby zařízení pomocí osciloskopu. Na fotografii je vidět zpoždění ve výši 28 ms mezi vznikem signálu (modrý CH1) a vyhlášenou detekcí modulem B2 (žlutý CH2).	27
3 Curlingová dráha v 1D.	10	14 Míč pohybující se zprava doleva, který se chystá přerušit infračervený paprsek v rámci laboratorního stanovení chyby měření zařízení pomocí křížového měření vysokorychlostní kamerou.	29
4 Podstata technického řešení; infračervená závora s kolimátorem a stínítkem.	14	15 Míč, který přerušuje infračervený paprsek v rámci laboratorního stanovení chyby měření zařízení pomocí křížového měření vysokorychlostní kamerou.	29
5 Přerušení infračerveného paprsku curlingovým kamenem.	14	16 Závislost dojezdu curlingového kamene na okamžité rychlosti kamene bezprostředně po odhozu.	30
6 Umístění jednotlivých modulů na curlingové hrací ploše. Odhozová strana.	15	17 Průběh kumulativního diskontovaného peněžního toku projektu v rámci kusové varianty výroby.	51
7 Fotografie modulu A1/A2. Pohled pod úhlem.	20	18 Citlivostní analýza ukazatelů ekonomické efektivity na základě změny poptávky a růstu reálných mezd v rámci kusové varianty výroby.	51
8 Fotografie modulu B1/B2. Pohled pod úhlem.	21		
9 Fotografie modulu C. Pohled pod úhlem.	21		
10 Liniové schéma prototypového modulu A1 a A2.	23		
11 Liniové schéma prototypového modulu B1 a B2.	24		

19 Průběh kumulativního diskontovaného hotovostního toku projektu v rámci sériové varianty výroby.	55
20 Citlivostní analýza ukazatelů ekonomické efektivity na základě změny poptávky a růstu reálných mezd v rámci kusové varianty výroby.	55
21 SWOT analýza podnikatelského záměru.	67
22 Analýza rizik podnikatelského záměru.	68
23 Fotografie modulu A1/A2. Přední pohled.	83
24 Fotografie modulu A1/A2. Boční pohled.	84
25 Fotografie modulu B1/B2. Přední pohled.	85
26 Fotografie modulu B1/B2. Boční pohled.	86
27 Fotografie modulu C. Přední pohled.	87
28 Fotografie modulu C. Boční pohled.	88

Tabulky

1 Seznam vybraných komponentů v jednotlivých modulech.	23
2 Spotřeba jednotlivých modulů ve vrcholovém odběru.	26
3 Výdrž jednotlivých modulů ve vrcholovém odběru při použití baterií o kapacitě 7.200 mAh a nominálním napětí 3,6 V.	26
4 Měření chyby zařízení pomocí vysokorychlostní kamery.	28
5 Přehled nevýrobních nákladů pro kusovou variantu výroby. Ceny jsou uvedeny bez DPH.	50
6 Hlavní ekonomické ukazatele projektu pro kusovou variantu výroby. Hodnoty jsou uvedeny bez DPH...	52
7 Přehled nevýrobních nákladů pro sériovou variantu výroby. Ceny jsou uvedeny bez DPH.	54
8 Hlavní ekonomické ukazatele projektu pro sériovou variantu výroby. Hodnoty jsou uvedeny bez DPH...	54
9 Hlavní ekonomické ukazatele projektu.	60
10 Trh týmů profesionálních hráčů curlingu.	62

11 Trh týmů pokročilých amatérských hráčů curlingu.	63
12 Přehled konkurenčních výrobků..	64



Předmluva

Cílem této diplomové práce je vývoj a sestavení prototypu specializovaného elektronického zařízení pro použití v olympijském sportu curlingu – automatických stopek pro měření fyzikálních parametrů odhazovaných kamenů; a vytvoření podnikatelského plánu pro uvádění takového produktu na trh. Součástí podnikatelského plánu je i detailní ekonomické zhodnocení, včetně porovnání výroby produktu v kusové a masové variantě.

Pro výběr předmětu technologicko-ekonomického zhodnocení hrálo roli více faktorů. Autor diplomové práce se již několik let aktivně zabývá curlingem a má tak možnost nahlížet do sportovních potřeb a finančních možností hráčů, trenérů, ale i některých národních reprezentací. Důležitým faktorem pro výběr tématu se stala skutečnost, že jde o sport, který byl pravidelně zařazen na olympiádu až v roce 1998 v Naganu a jeho profesionalizace se tak rozmáhá teprve v posledních letech [1, 2]. Zásadnímu rozvoji sportu po technologické části přispěl nenadálý růst curlingu jako celku díky zařazení nové disciplíny smíšených dvojic na olympiádě v jihokorejském PyeongChangu [3]. V momentě zahájení zmíněné olympiády se dokonce jednalo o nejrychleji rostoucí zimní sport na světě [4]. V mnohých olympijských sportech představují technologické vymoženosti zásadní způsob dosahování excelence, nicméně v curlingu toto období teprve začíná [5].

Zařízení, jímž se tato závěrečná práce zabývá, umožňuje automaticky měřit rychlost odhozených kamenů, čímž poskytuje hráčům zpětnou vazbu o provedeném odhozu. Během mezinárodních soutěží je možné používat ke hře neautomatizované časovací zařízení – ruční stopky. Tyto stopky však neumožňují měřit okamžitou rychlost kamene, ale pouze čas potřebný k pře-

konání určité vzdálenosti, tedy průměrnou rychlost. Aby mohli hráči spoléhat při hře na tyto povolené neautomatické ruční stopky, musí mít perfektně konzistentní odhoz, který je nutným předpokladem pro možnost přepočtení průměrné rychlosti na rychlost okamžitou. A právě navrhované zařízení – automatické elektronické stopky měřící okamžitou rychlost, poskytují hráči během tréninků zpětnou vazbu, která vede k zásadnímu zlepšení konzistence odhozu.

Význam tohoto elektronického zařízení umocňuje fakt, že v roce 2015 zakázala Světová curlingová federace používání vysoceabrazivních košťat, které snižovaly význam konzistentních odhozů, jelikož bylo možné dráhu kamene velmi výrazně měnit zametáním. Od roku 2015 jsou povoleny pouze schválené materiály, jejichž vliv na dráhu kamene je mnohem menší [6, 7]. Z toho důvodu enormně vzrostl zájem týmů o pokročilé metody trénování bezchybných odhozů.



Část I

Technický návrh



Kapitola 1

Úvod k první části

První část diplomové práce popisuje technickou konstrukci zařízení. V ní jsou nejprve rozebrány požadavky odvětví na zařízení, popis technického problému a základní charakteristiky řešení. Dále je v této části uvedeno, jak konkrétně byla daná problematika řešena a je popsán prototyp zařízení. V závěru jsou uvedeny výkonnostní hodnocení prototypu na základě provedeného testování.

Zařízení bylo navrhováno, testováno i hodnoceno v necertifikovaném nekomerčním režimu. Je tedy nutné vzít v potaz, že pokud by byl výrobek uváděn na trh, doznal by značných úprav. Bylo by rovněž vhodné, aby se do samotného vývoje zapojila curlingová komunita nad rámec definování požadavků, například formou iterativního testování. Z důvodu omezeného rozpočtu a rovněž z důvodu uzavření veškerých curlingových hal a předčasného ukončení sezóny 2019/2020 kvůli vypuknutí pandemie nemoci COVID-19 na počátku roku 2020, nebyl takovýto přístup možný [8].

Kapitola 2

Rozsah projektu a požadavky na zařízení

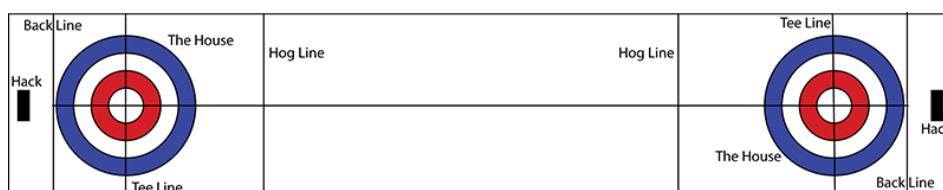
Cílem je navrhnout takové elektronické zařízení, které umožní sportovcům – curlerům, zlepšovat svoje odhozy takovým způsobem, který nelze realizovat pomocí běžně dostupné technologie. Cílem naopak není poskytnout ucelený tréninkový plán či sportovní návod, jak zařízení optimálně využívat. To především z toho důvodu, že u jednotlivých týmů existuje značná variabilita potřeb a tedy i tréninkových plánů. Jednoznačně tak není cílem této práce „vnucovat“ jedinou správnou sportovní cestu, ale poskytnout zařízení, které bude mít široké tréninkové využití.

Na základě provedených rozhovorů s českými a zahraničními curlery bylo stanoveno, že zařízení musí být:

- schopné měřit relevantní parametry, které nelze získat jinými prostředky
- časově přesné (v kontextu daného sportu)
- jednoduché na ovládání a používání
- jednoduše přenositelné (co do váhy i rozměrů)
- umožňující dostatečně dlouhý provoz na baterie

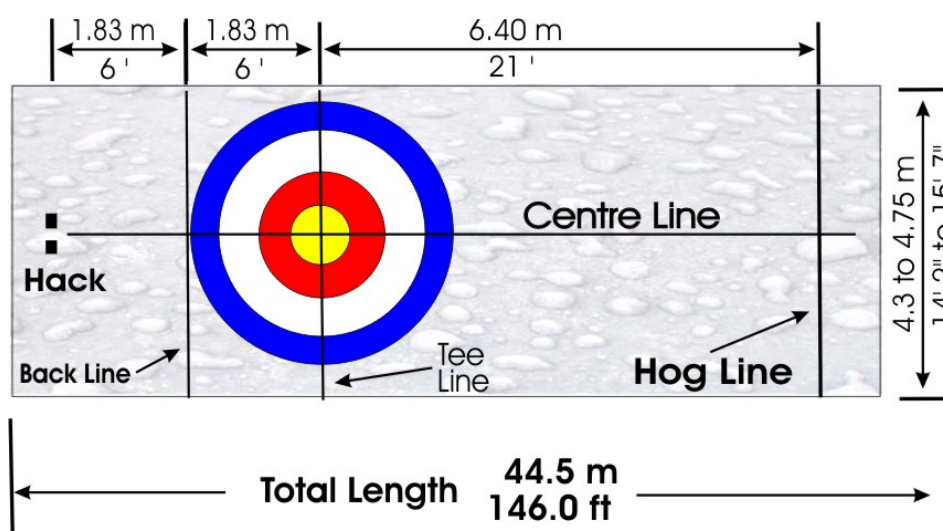
Nyní bude detailně rozebráno, z čeho tyto obecné požadavky vycházejí, co znamenají pro technickou praxi a jak je možné je řešit.

vysoce čisté deionizované vody. Na povrchu této dráhy jsou naneseny kapičky vody, které snižují třecí plochu mezi odhozeným kamenem a ledovou dráhou – tzv. pebble. Nejdůležitějším determinanem, který rozhoduje o cílové pozici kamene v kruzích po odhození, je okamžitá rychlost kamene na tzv. Hog Line bezprostředně po odhozu. **Obrázek 1** zobrazuje schéma celé herní dráhy. V každém endu se odhazuje z jedné strany na druhou. Aktivní jsou tedy vždy v každém endu jen jedny cílové kruhy (na obrázku označené jako „The House“).



Obrázek 1: Curlingová dráha vč. vyznačených herních čar. Zdroj: [Kirkland Lake Curling Club, 2020](#).

Pro tuto diplomovou práci jsou nejdůležitější dráhové čáry „Back Line“ a „Hog Line“. Okamžitá rychlost kamene na Hog Line dominantně determinuje, kde kámen skončí. Oproti tomu, hráči jsou schopni měřit pomocí povolených stopek pouze průměrnou rychlost kamene mezi Back Line a Hog Line. Detail této části hrací plochy zobrazuje **Obrázek 2**.

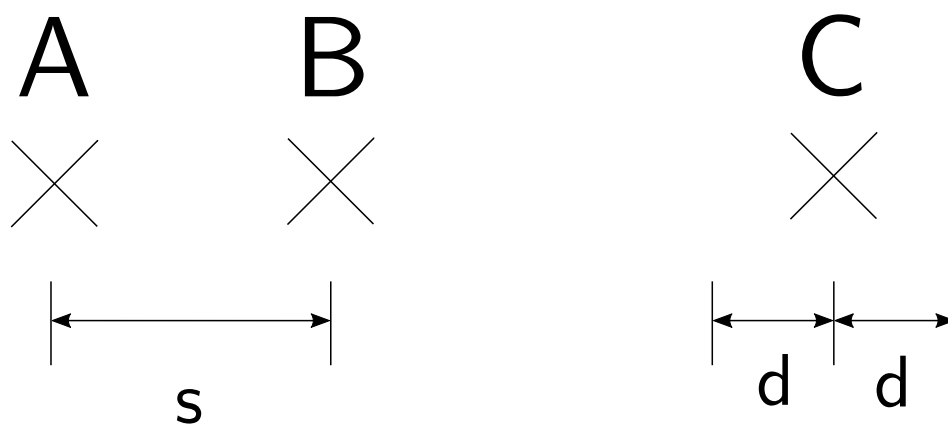


Obrázek 2: Detail odhozové části dráhy. Kámen je odhazován zleva doprava. Zdroj: [Mycurling.com, 2005](#).

2.2 Popis situace jako technického problému

Výše uvedenou sportovní problematiku odhozu curlingového kamene je třeba převést do technické řeči a matematického formalismu. Nejprve celou situaci zjednodušíme na jednodimenzionální problém, jelikož nás zajímá pouze pohyb kamene vpřed – rovnoběžně s Center Line popsanou v [obrázku 2](#). Nezajímá nás tedy pohyb rovnoběžný s Hog Line či snad pohyb kamene kolmo k rovině dráhy – nahoru a dolů. Výše popsaná Back Line tak v jednodimenzionálním případě přechází do bodu bod A, Hog Line do bodu B a střed cílových kruhů, na opačné straně dráhy, do bodu C. Uvažujeme, že cílem je, aby se kámen zastavil v bodě C.

Kámen je hráčem nerovnoměrně přímočaře zrychlován mezi body A a B z rychlosti $v_0 = 0$ v bodě A na rychlost v_1 v bodě B. Těsně předtím, než dosáhne kámen bodu B, je hráčem vypuštěn a nepůsobí na něj již žádná jiná než odporová třecí a aerodynamická síla. Od té chvíle začíná kámen vlivem těchto sil zpomalovat. Pro zjednodušení připustíme, že doba do zastavení závisí pouze na okamžité rychlosti kamene v bodě B. Součinitel smykového tření mezi kamenem a ledovou plochou je považován za konstantní a stejně tak i aerodynamický odpor. Přechodné jevy, jako je přimrzání kamene k ledové ploše vlivem atmosférické vlhkosti, jsou zanedbány. Empirické zkušenosti potvrzují, že pozici kamene v cílových kruzích, tedy odchylku d definovanou jako vzdálenost od bodu C, určuje zejména okamžitá rychlost kamene v bodě B, kdy již kámen není urychlován ani zpomalován hráčem. Hráči však nemají možnost, jak změřit okamžitou rychlost kamene v bodě B, jelikož jediné povolené vybavení jsou ruční stopky. Proto měří hráči čas, za který kámen urazí vzdálenost s mezi bodem A a B. Vzhledem ke konstantní vzdálenosti s bodů A a B lze z takového času získat průměrnou rychlost \bar{v} . Výše zmíněná situace je popsána na [obrázku 3](#).



Obrázek 3: Curlingová dráha v 1D.

Průměrná rychlost \bar{v} ovšem determinuje výslednou pozici kamene vůči bodu C (respektive hodnotu odchylky d) pouze za předpokladu, že existuje neměnný vztah mezi rychlostí \bar{v} a v_1 . Tento předpoklad pro neměnný vztah v curlingové sportovní praxi znamená, že hráči musí předvádět stálý konstantní odhoz, nehledě na počáteční intenzitu odrazu z odrazového bloku. V případě takového konstantního odhozu je teoreticky možné určit výslednou polohu kamene vůči bodu C (tedy odchylku d) ze znalosti průměrné rychlosti \bar{v} , respektive času pro překonání vzdálenosti s mezi body A a B.

Cílem této diplomové práce je tak vyvinout zařízení, které by dokázalo nejen změřit absolutní rychlost kamene na Hog Line, tedy v bodě B, ale zároveň vyhodnotit a zobrazit, zda byl provedený odhoz konstantní a zda existuje pevný vztah mezi \bar{v} a v_1 . Zařízení by umožnilo hráčům během tréninků pracovat na konstantních ochozech tak, aby mohli v ostrých zápasech využívat informace naměřené ručními stopkami pro učení pozice cílového kamene.

2.3 Požadavky na přesnost

Pro návrh zařízení je důležité stanovit požadavky na přesnost výše naznačených měření. Jako klíčové k prozkoumání byly zvoleny dva faktory. Zařízení musí být přesnější než je schopnost člověka měřit čas pomocí ručních stopek. Zároveň chyba zařízení musí být menší než nejmenší časový okamžik, který je profesionálními curlery považován za významný. Pro řešení prvního problému byly využity akademické studie, které se zabývají reakčním časem člověka a právě schopností měření časových intervalů. Pro řešení druhého problému – a tedy stanovení minimálního časově významného intervalu, bylo využito osobních rozhovorů s předními českými curlery.

2.3.1 Reakční doba člověka

Reakční doba člověka je definována jako časový interval mezi emergencí detekovatelného podnětu a reakcí člověka na tento podnět [14]. Rozlišujeme reakční dobu na předvídatelný a nepředvídatelný podnět. Typickým příkladem nepředvídatelného podnětu je zmáčknutí tlačítka v momentě rozsvícení světla, přičemž okamžik rozsvícení tohoto světla je náhodný. V průměru se tato reakční doba pohybuje okolo 280 ms [15].

Kapitola 3

Koncepce zařízení a požadavky na estetický design

Na základě předchozích kapitol můžeme shrnout, jaké klíčové vlastnosti musí mít navrhované zařízení.

- schopnost měřit časový interval mezi protnutím Back Line (bod A) a následně Hog Line (bod B)
- schopnost měřit absolutní rychlost kamene po odhozu na Hog Line (bod B)
- absolutní chyba měření času do 49 ms.
- schopnost zobrazovat interpretované hodnoty tak, aby vedly k následnému sportovnímu zlepšení
- schopnost provozu na baterie po dobu alespoň 3 h

V následujícím textu bude popsáno, jaký koncept zařízení byl zvolen a jaké jsou požadavky na estetický design tohoto zařízení.

3.1 Technický koncept

Jádro technického řešení spočívá v použití infračervené závory, která se skládá z vysílače infračerveného záření a přijímače tohoto záření. Ve chvíli, kdy se mezi vysílačem a přijímačem nenachází žádný objekt, dopadá infračervené záření z vysílače na senzor v přijímači. Přijímač, respektive senzor infračerveného záření, je opatřen stínítkem zabraňujícím vniknutí parazitního osvětlení. Vysílač je opatřen kolimátorem pro usměrnění infračerveného paprsku, jak je vyznačeno na [obrázku 4](#).



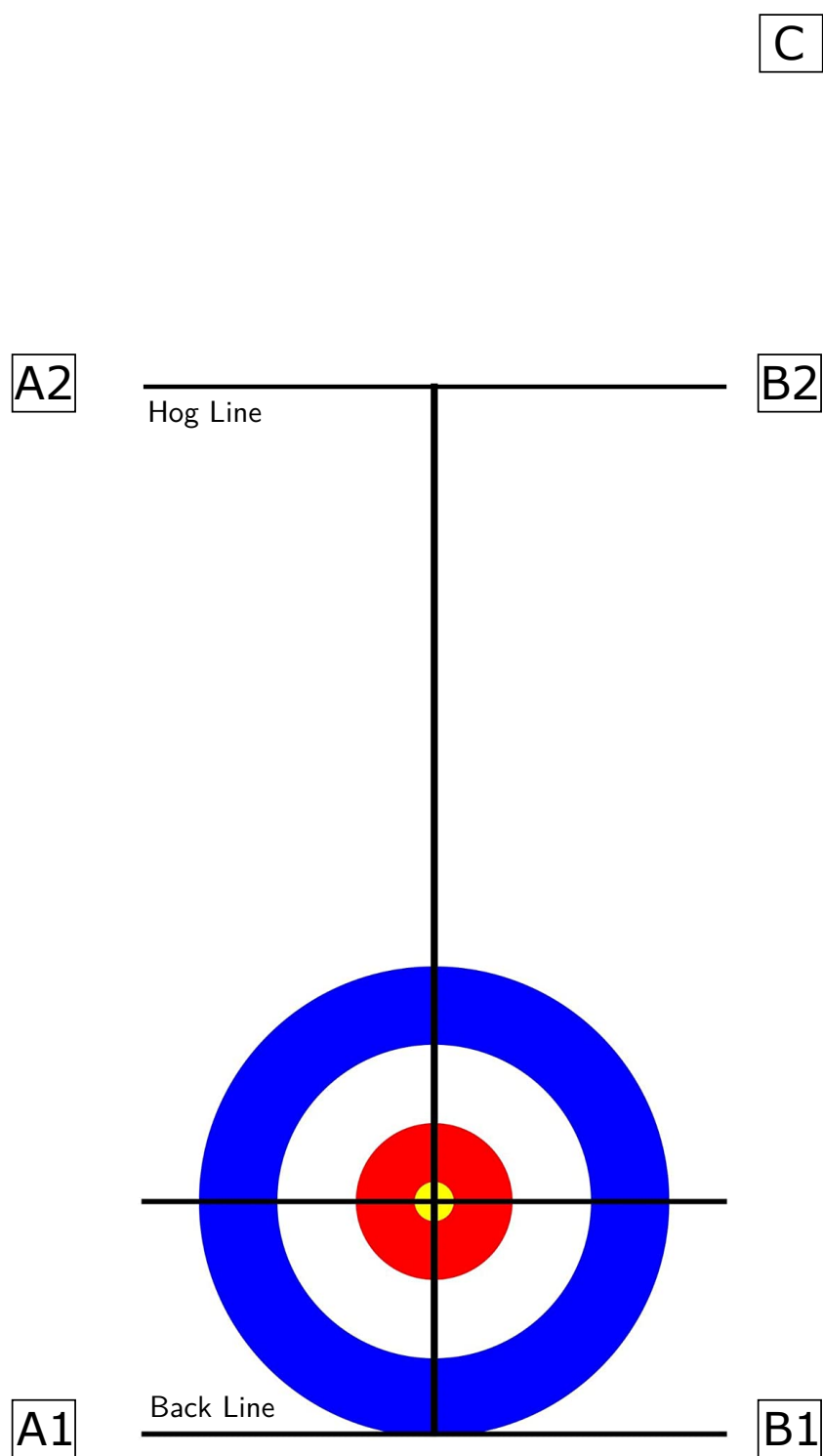
Obrázek 4: Podstata technického řešení; infračervená závora s kolimátorem a stínítkem.

V momentě, kdy do dráhy paprsku vnikne neprůsvitný objekt, v našem případě curlingový kámen, dojde k blokadě tohoto paprsku a přijímač zaregistruje přerušování, jak je vidět na [obrázku 5](#).



Obrázek 5: Přerušování infračerveného paprsku curlingovým kamenem.

Na tomto principu infračervené závory (v angličtině „infrared photocell gate“) funguje mnoho komerčních zařízení pro měření času a to i ve sportu, především v atletice [18, 19, 20]. Pro použití v curlingu je třeba zařízení modifikovat, a to především proto, že potřebujeme znát nejen časový interval mezi překonáním dvou míst, ale také okamžitou rychlost kamene bezprostředně po odhozu. Na základě výše uvedeného bylo navrženo zařízení, které se skládá z pěti částí. Infračervený vysílač na Back Line (A1), infračervený vysílač na Hog Line (A2), infračervený přijímač s procesorem a anténou na Back Line (B1), infračervený přijímač s procesorem a anténou na Hog Line (B2) a displej s anténou umístěný hlouběji v hracím poli (C) tak, jak je naznačeno na [obrázku 6](#).



Obrázek 6: Umístění jednotlivých modulů na curlingové hrací ploše. Odhozová strana.

3.2 Princip fungování

Pro pochopení principu fungování zařízení je třeba nejprve představit curlingový odhoz – tzv. „curling delivery“. Při tomto odhozu nejprve hráč vstoupí do tzv. „hacku“, gumového startovního bloku, který mu umožňuje se odrazit pro uvedení kamene v pohyb. Hack je zobrazen na [obrázku 2](#) zcela vlevo. Kámen drží hráč před sebou, namířený na cíl. Hráč veze kámen po odrazu celou dobu před sebou, což je velmi výhodné, jelikož kámen protíná infračervenou závoru jako první tak, jak je naznačeno na [obrázku 5](#). Kámen nejprve protne infračervenou závoru mezi moduly B1 a A1, tedy infračervenou závoru na Back Line (jak je vidět na [obrázku 6](#)). V tu chvíli vyšle modul B1 signál modulu B2 o začátku odpočtu. Modul B2 zaregistruje tento začátek, spustí hodiny (odpočet) a vyšle do modulu C pokyn k zobrazení informace o probíhajícím měření.

Následně hráč vypustí kámen těsně předtím, než se dotkne Hog Line. Kámen tedy přeruší infračervenou závoru na Hog Line, mezi moduly B2 a A2, jako první. Ve chvíli, kdy se tak stane, modul B2 zastaví odpočet prvního měřeného úseku (čas k překonání vzdálenosti mezi Back Line a Hog Line). Zároveň zahájí odpočet druhého intervalu, po který je přerušena infračervená závoru mezi moduly A2 a B2. Díky tomu, že známe průměr curlingového kamene, lze z tohoto časového intervalu jednoduše zjistit okamžitou rychlost kamene¹. Na základě zjištěných časových intervalů dojde k přepočtu a dané informace jsou odeslány do modulu C, který obsahuje displej. Na tomto displeji se zobrazí potřebné informace.

Důležité je ještě zmínit koncept tzv. „positive release“. Jedná se o sportovní curlingový termín, který zjednodušeně určuje, jak hráč kompenzuje ztrátu rychlosti při odhozu. 100% positive release je takový, který plně kompenzuje nerovnoměrný odhoz na odhoz rovnoměrný pomocí udělení dodatečné rychlosti kamenu dopředným pohybem paže. Pro vysvětlení celého konceptu je nejvhodnější uvést matematický aparát stojící za popsanou úvahou. Níže jsou uvedeny použité symboly.

¹Jelikož má curlingový kámen relativně malý průměr a odporové síly jsou malé, je uvažováno, že během doby přerušování infračervené závoru na Hog Line nedochází ke zpomalování kamene

s ...vzdálenost mezi Back Line a Hog Line v metrech

d ...průměr curlingového kamene v nejširší části v metrech

\bar{v} ...průměrná rychlost curlingového kamene mezi Back Line a Hog Line v $\frac{m}{s}$

v ...okamžitá rychlost curlingového kamene na Hog Line v $\frac{m}{s}$

d ...průměr curlingového kamene v nejširší části v metrech

$t_{BackLine/HogLine}$...časový úsek mezi tím, co se kámen dotkne Back Line a dotkne Hog Line v sekundách

$t_{HogLine/HogLine}$...doba, po kterou kámen přerušuje infračervenou závoru na Hog Line

PositiveRelease...Množství udeaného positive release vůči ideálu (rovnoměrný pohyb) v %

V následujících rovnicích jsou použity výše uvedené symboly.

$$v = \frac{d}{t_{HogLine/HogLine}} \quad (1)$$

$$\bar{v} = \frac{s}{t_{BackLine/HogLine}} \quad (2)$$

$$PositiveRelease = \frac{v}{\bar{v}} * 100\% \quad (3)$$

$$PositiveRelease = \frac{\frac{d}{t_{HogLine/HogLine}}}{\frac{s}{t_{BackLine/HogLine}}} * 100\% \quad (4)$$

Rovnice (1) popisuje výpočet okamžité rychlosti kamene v momentě, co přejíždí Hog Line. Rovnice (2) popisuje výpočet průměrné rychlosti kamene

mezi Back Line a Hog Line. Rovnice (3) a (4) popisují výpočet poměru právě uskutečněného positive release oproti takovému positive release, který by perfektně kompenzoval zpomalení způsobené třením a odporem vzduchu (tedy „ideální positive release“).

Hráči jsou během zápasu schopni pomocí ručních stopek měřit právě čas $t_{BackLine/HogLine}$. Jak vyplývá z výše uvedených rovnic, tento čas určuje okamžitou rychlost kamene pouze pokud je zmíněný positive release 100%. Je tedy patrné, že díky představenému zařízení mohou hráči opakovat na tréninku svůj odhoz tak dlouho, dokud konzistentně nedosahují konstantních hodnot positive release. Zde je dobré zmínit, že daný způsob tréninku (trénink na intenzitu positive release) lze bez podobného elektronického zařízení realizovat jen velmi těžko.

3.3 Požadavky na estetický design

Automatické stopky pro použití v curlingu jsou především vysoce funkčním zařízením, které plní zejména technickou roli. To však neznamená, že by neexistovaly žádné požadavky na estetický design zařízení. Část požadavků vychází z faktu, že se zařízení pokládá na ledovou plochu a existuje zde velké riziko natavení ledu, pokud by zařízení bylo vyrobeno z materiálu s velkou měrnou tepelnou kapacitou a vysokou tepelnou vodivostí. Z toho důvodu je jedním z požadavků na design použití tepelně nevodivého materiálu, který špatně akumuluje teplo.

Zároveň je nutné si uvědomit, že zařízení bude velmi často transportováno a je proto vhodné, aby bylo kompaktní. Důležité je také stanovit, že by mělo zařízení být nenápadné a nevyzývavé, aby hráče při tréninku rušilo co nejméně. Dále musí být zařízení zabezpečeno proti riziku poranění uživatele – mělo by mít sražené hrany a maximálně zaoblené rohy.

V rámci této práce bylo stěžejní vyrobit a otestovat prototyp zařízení. Na tento prototyp jsou kladeny daleko menší estetické požadavky než na finální produkt, a to především z důvodu omezených finančních prostředků a vysoké pravděpodobnosti změny designu v budoucnu (na základě zpětné vazby z testování). Právě proto se do výroby prototypu promítly pouze některé z výše uvedených požadavků, nicméně při výrobě finálního komerčního produktu by bylo nutné je dodržet.

Kapitola 4

Vytvoření funkčního prototypu

Cílem vytvoření funkčního prototypu je ověření konceptu zařízení, jeho vnitřní stavby a zhodnocení potenciálu celkového budoucího užitku. Naopak prototyp neslouží pro optimalizaci pohodlnosti či estetičnosti, a z toho důvodu byl navržen pouze strojním konstruktérem bez využití služeb a zkušeností designera.

Vzhledem k tomu, že bylo potřeba ověřit samotný raný koncept zařízení, bylo využito univerzálních vývojových prvků spadajících do kategorie „rapid prototyping“, umožňující levně a rychle přetavit koncept ve funkční prototyp. Nejvýraznějším příkladem takového přístupu je použitá technologie aditivního 3D tisku pro výrobu mechanických komponent šasi a použití univerzální vývojové platformy Arduino pro programování [21, 22]. Obě tyto metody budou blíže představeny v následujících oddílech.

4.1 Mechanická část

Mechanická část prototypu je realizována formou aditivního 3D tisku (fused filament fabrication). Jako materiál byl použit polyethylentereftalát glykol – PETG. Tisk proběhl na tiskárně Prusa i3 MK3S s tryskou o průměru 0,4 mm. Tiskový materiál byl využit filament značky Prusament PETG JET BLACK. Materiál PETG byl použit z důvodu vysoké houževnatosti a nízkých nároků na nastavení tisk. Zároveň je použití tohoto materiálu vhodné díky nízké tepelné vodivosti a malé měrné tepelné kapacitě [23, 24].

3D podklady pro tisk šasi zařízení byly vytvořeny v programu SolidWorks 3D CAD od firmy Dassault Systemes. Samotný mechanický návrh realizoval Ing. Daniel Satke¹ – vedoucí diplomové práce; na základě detailních pokynů a požadavků autora.

Moduly A1 a A2 jsou mezi sebou identické, stejně tak moduly B1 a B2. Liší se pouze použitým softwarem. Modul C je uzpůsoben pro uchycení maticového displeje. Níže uvedené fotografie zachycují jednotlivé moduly. Obrázky 7, 8 a 9 zobrazují jednotlivé moduly prototypu pod úhlem. Dodatečné fotografie lze nalézt v příloze C.

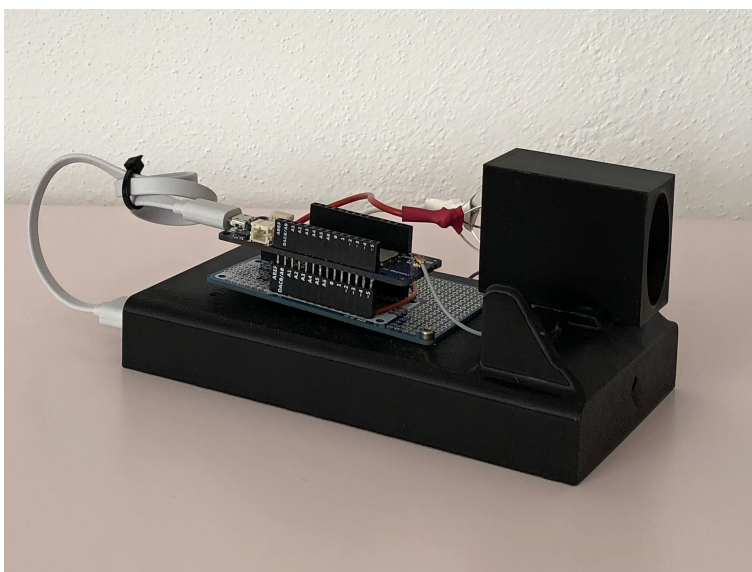


Obrázek 7: Fotografie modulu A1/A2. Pohled pod úhlem.

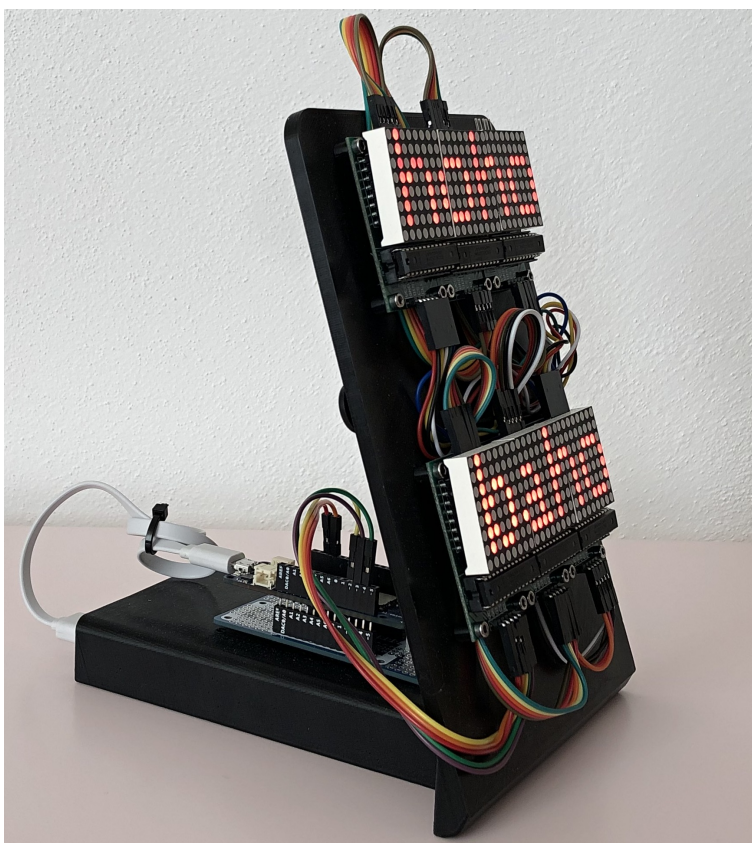
4.2 Elektrická část a programování

Elektrická část prototypu byla provedena na základě požadavků stanovených v předchozích kapitolách. Při výrobě prototypu byly klíčovými faktory dostupnost a cena. Z toho důvodu byly voleny především skladově dostupné součásti pocházející z českých e-shopů. Programování probíhalo v prostředí Arduino IDE, které využívá vyššího programovacího jazyka Wiring, jež je kombinací jazyků C/C++ a specifických proprietárních struktur.

¹Jedná se o jedinou část diplomové práce, kterou autor práce nevytvořil samostatně. Všechny ostatní části realizoval sám s použitím citovaných zdrojů, a to včetně programování, mechanické a elektronické kompletace a testování.



Obrázek 8: Fotografie modulu B1/B2. Pohled pod úhlem.



Obrázek 9: Fotografie modulu C. Pohled pod úhlem.

4.2.1 Elektrická část

Hlavními specifickými funkčními komponenty je mikrokontroler Arduino MKR WAN 1310 s mikroprocesorem ATMEL SAMD ATSAM21G18 od firmy Microchip. Klíčovou součástí tohoto mikrokontroleru je bezdrátový modul CMWX1ZZABZ of firmy muRata, který umožňuje komunikaci na standardu LoRa ve frekvenčním pásmu 868 MHz - 915 MHz při využívání minima energie². Výše zmíněný mikrokontroler obsahuje USB programátor, který činí programování velice jednoduché a to pomocí Integrated Development Environment rovněž od organizace Arduino.

Funkci fotozávory obstarává dvojice součástek IR dioda / IR fotodi-oda. Fotodioda je přímo zapojena přes 10M Ω pull-down rezistor k 10 bitovému analogově-digitálnímu převodníku v rámci procesoru ATSAM21G18. Displej v modulu C byl sestaven z šesti maticových segmentů za použití sériových input/output ovladačů MAX7219 určených pro displeje se společnou katodou (každý segment obsahuje jeden řadič).

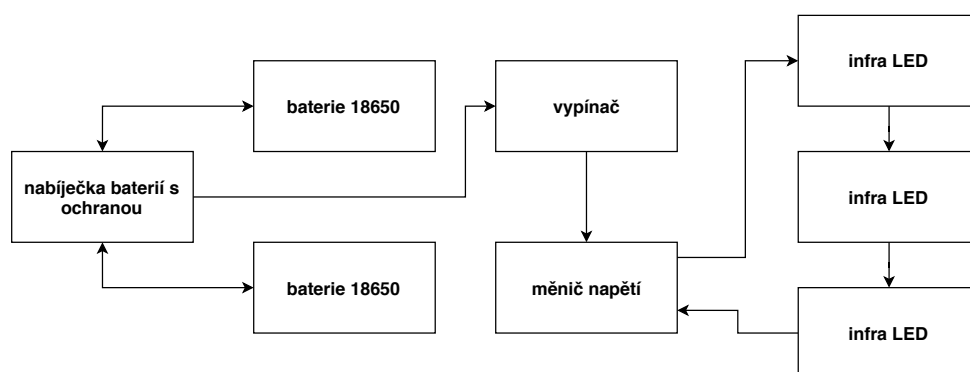
Pro účely prototypu byly implementovány do jednotlivých modulů powerbanky Xiaomi Mi Power Bank 2S a to ze tří důvodů. Za prvé nabízejí napětí 5 V, které je ideální pro provoz mikrokontroleru a přidružených periférií, zároveň disponují velkou kapacitou (10.000 mAh) a v neposlední řadě jsou vybaveny low-current módem, který umožňuje napájet nízkopříkonová zařízení. Spolu s vestavěnou nabíjecí elektronikou a pohodlnými USB výstupy se jednalo o jednoznačnou volbu pro prototyp za rozumnou cenu. Pro moduly A1 a A2 byly zvoleny lithium iontové akumulátory typu 18650, které jsou kompaktnější a bylo by možné je použít i do komerčního modelu. [Tabulka 1](#) uvádí seznam jednotlivých modulů a hlavních užitých komponentů. Komponenty uvedené v [tabulce 1](#) jsou logicky uspořádány v jednotlivých modulech tak, jak je naznačeno na [obrázku 10](#), na [obrázku 11](#) a na [obrázku 12](#). Vyčerpávající seznam lze nalézt v [příloze F](#).

Na závěr tohoto oddílu lze uvést, že bylo zkoušeno více možností bezdrátové komunikace. Před použitím standardu LoRa byl testován přenos pomocí 2,4GHz modulu NRF24L01. Tento modul však funguje na stejné frekvenci jako Wi-Fi sítě podle standardů IEEE 802.11b/g/n/ax, které jsou takřka všudypřítomné [25]. Při testování docházelo k tak masivnímu rušení, že bylo řešení zcela nevhodné a použití komunikace na této frekvenci se ukázalo být slepou cestou.

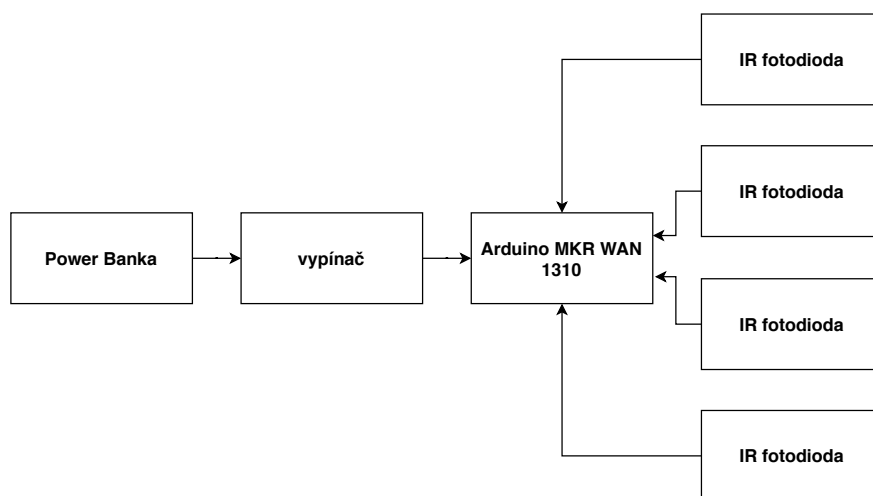
²Tento modul byl vyvinut pro použití v rámci zařízení spadající do kategorie Internet of Things, které často vyžadují extrémně nízkou spotřebu energie.

modul	součástka	počet	funkce
A1/A2	baterie 18650 - 3600mAh	2 ks	napájení
A1/A2	infra LED	3 ks	infrazávora - vysílač
A1/A2	měníč napětí	1 ks	zvýšení a stabilizace napětí
A1/A2	nabíječka baterie s ochranou	1 ks	nabíjení
B1/B2	Arduino MKR WAN1310	1 ks	řízení a komunikace
B1/B2	IR fotodioda	3 ks	infrazávora - senzor
B1/B2	PowerBanka 10000 mAh	1 ks	napájení
C	Arduino MKR WAN1310	1 ks	řízení a komunikace
C	displejový segment	6 ks	zobrazování
C	PowerBanka 10000 mAh	1 ks	napájení

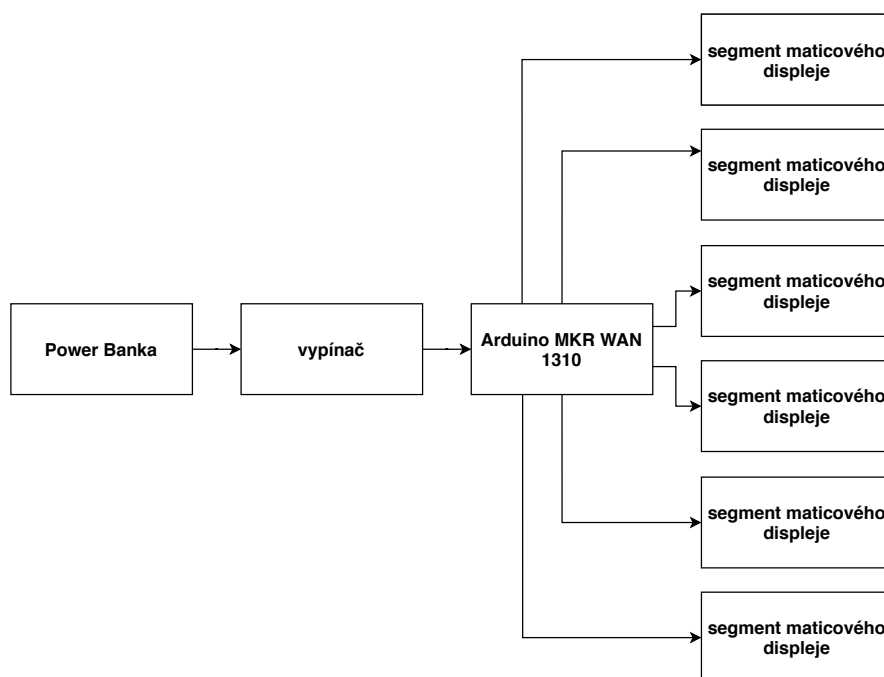
Tabulka 1: Seznam vybraných komponentů v jednotlivých modulech.



Obrázek 10: Liniové schéma prototypového modulu A1 a A2.



Obrázek 11: Liniové schéma prototypového modulu B1 a B2.



Obrázek 12: Liniové schéma prototypového modulu C.

■ 4.2.2 Programování

Obsluha jednotlivých modulů je jednoduchá a poměrně přímočará. Díky tomu bylo možné zdrojový kód pro každý modul zachovat v jediném souboru bez toho, aniž by se kód stal „špagetovým kódem“. Zároveň bylo využito mnoho volně dostupných knihoven, které výborně posloužily pro ovládání komunikačního modulu na platformě LoRa či pro ovládání maticových displejů pomocí řadiče MAX7219. Zdrojový kód je postaven na myšlence konečného automatu a využívá mnoho příznaků pro stanovení momentálně prováděného příkazu. Okomentovaný kód pro každý modul lze nalézt v [příloze G](#).

■ 4.3 Testování

Testování bylo rozděleno do tří částí. První část představovalo ověření základní funkčnosti v laboratorních podmínkách. Druhou částí bylo testování simulovaného reálného scénáře v laboratorních podmínkách. Třetí částí pak bylo testování na curlingovém ledě a tedy testování zařízení v ostrém provozu. Zde je nutné zopakovat, že původní plány počítaly s intenzivním testováním na ledové ploše, jak už bylo ale zmíněno v úvodu této práce, z důvodu pandemie nemoci COVID-19 byly veškerá curlingová centra uzavřena a led rozpuštěn. Proběhlo tak pouze jedno ostré testování.

■ 4.3.1 Testování základní funkčnosti

Nejprve bylo potřeba otestovat základní parametry zařízení v laboratorních podmínkách, mezi tyto parametry patří test spotřeby jednotlivých modulů a test reakční doby na generovaný signál.

■ Testování spotřeby

Test spotřeby byl proveden pomocí jednoduchého multimetru, kterým se měřil proud a napětí mezi bateriemi a zbytkem zařízení. Byly uvažovány tzv. peak hodnoty v rámci konzervativního přístupu. Testování přineslo data uvedená v [tabulce 2](#).

modul	napětí	proud	příkon
A1/A2	3,6 V	0,36 A	1,3 W
B1/B2	5,18 V	0,08 A	0,41 W
C	5,30 V	0,18 A	0,95 W

Tabulka 2: Spotřeba jednotlivých modulů ve vrcholovém odběru.

Při finálním použití plánovaných bateriích o kapacitě 2x 3600 mAh a napětí 3,6 V ve všech modulech, tedy celkem 7.200 mAh a 25,92 Wh vychází výdrž jednotlivých modulů dle [tabulky 3](#).

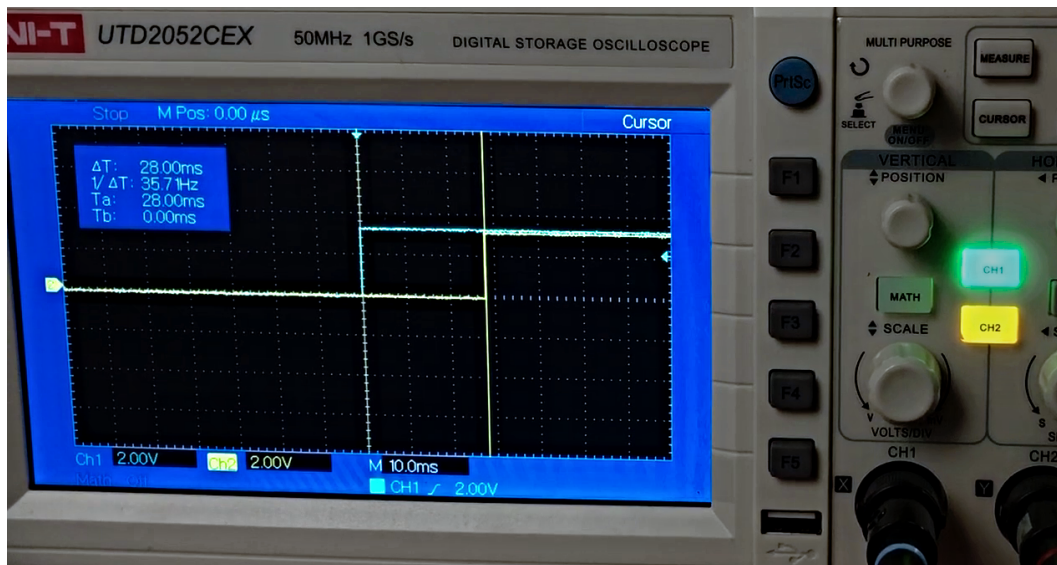
modul	výdrž na jedno nabití
A1/A2	19,9 h
B1/B2	63,2 h
C	27,2 h

Tabulka 3: Výdrž jednotlivých modulů ve vrcholovém odběru při použití baterií o kapacitě 7.200 mAh a nominálním napětí 3,6 V.

Jak je vidět, výdrž modulu na jedno nabití zásadně přesahuje požadovanou výdrž v délce tři hodiny. Je však nutné doplnit, že kapacita akumulátoru v praxi zdaleka nedosahuje výrobcem udávaných 3.600 mAh a při provozu u ledové plochy, kde se teplota pohybuje kolem 0 °C, je velmi pravděpodobné, že dojde ještě k dalšímu poklesu kapacity. Ani tak by se však zařízení nemělo vybit rychleji než za požadované tři hodiny provozu.

■ Testování reakční doby zařízení

Cílem testu reakční doby zařízení bylo zjistit celkovou prodlevu mezi vysláním laboratorního signálu, jeho detekcí modulem B1, přenesením bezdrátově do modulu B2 a vyhlášením detekce modulem B2. Pro tento účel byl použit generátor obdélkového signálu připojený k analogovému vstupu modulu B1 a digitální výstup modulu B2. Na generátor obdélkového signálu i na digitální výstup modulu B2 byl připojen osciloskop. Opakovaná měření ukázala, že reakce na náběžnou hranu (zahrnující detekci, přenos do modulu B2 a vyhlášení detekce) je zcela konstantní a to ve výši **28 ms**. Vzhledem k tomu, že se jedná o systematickou chybu, lze jí jednoduše odstranit odečtením daného času od času měření. O tuto hodnotu je tedy softwarově kompenzován naměřený čas $t_{BackLine/HogLine}$. Měření reakční doby pomocí osciloskopu je vidět na [obrázku 13](#).



Obrázek 13: Měření reakční doby zařízení pomocí osciloskopu. Na fotografii je vidět zpoždění ve výši 28 ms mezi vznikem signálu (modrý CH1) a vyhlášenou detekcí modulem B2 (žlutý CH2).

4.3.2 Testování simulovaného scénáře

Po provedení testování základních parametrů zařízení bylo třeba otestovat zařízení jako celek – stále ještě v laboratorních podmínkách. Naprosto zásadním parametrem této diplomové práce bylo určení chyby měření času přerušení paprsku na Hog Line, ze kterého vyplývá okamžitá rychlost kamene. Pro stanovení této chyby byla připravena laboratorní simulace v podobě měření doby přerušení infračerveného paprsku valícím se objektem o srovnatelných rozměrech s curlingovým kamenem (v tomto případě míčem) a křížové porovnání vysokorychlostní kamerou. Pro časové škály, na kterých se měření pohybuje, dostačovalo použití chytrého telefonu iPhone X, který disponuje záznamovou frekvencí kamery 240 snímků za sekundu. Tento chytrý telefon byl umístěn přímo za detektor B2, který má na starost měření rychlosti curlingového kamene. Na [obrázku 14](#) lze vidět snímek z videa, kdy ještě míč nepřerušil infračervený paprsek. Na [obrázku 15](#) je již infračervený paprsek míčem přerušen.

Na základě výsledků měření z modulu B2 a měření z vysokorychlostní kamery byla stanovena chyba měření následovně.

$$\Delta_{(t_{HogLine}/HogLine)} = -4,87 \text{ ms} \pm 13,053 \text{ ms}; k_r = 3$$

Základní výsledky testu uvádí [tabulka 4](#). Všechna naměřená data pak najdeme v [příloze D](#). **Jak je z naměřených hodnot patrné, průměrná i maximální chyba měření nepřesahuje stanovený limit 49 ms.**

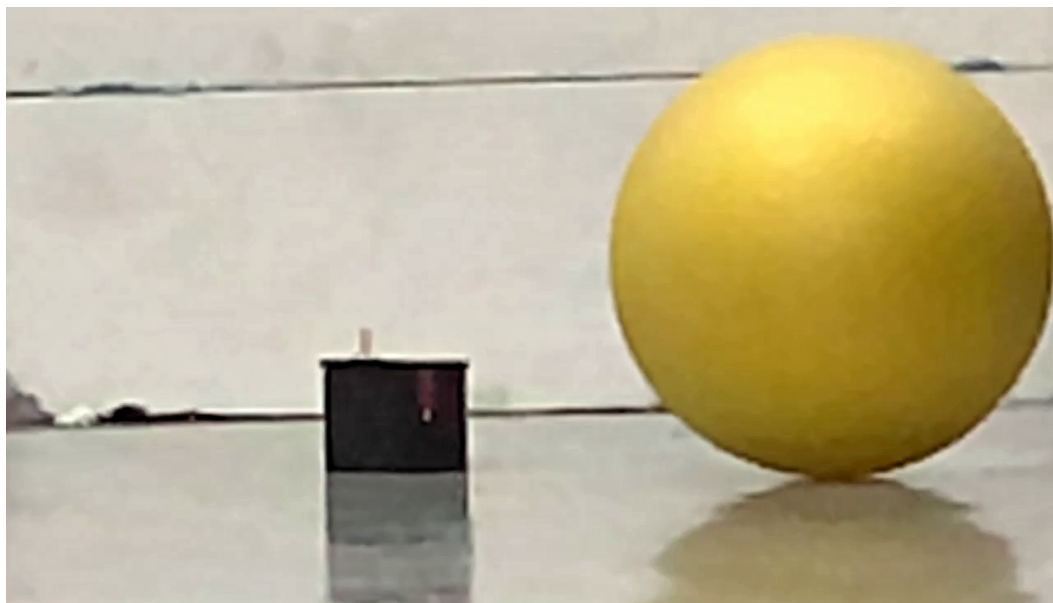
veličina	hodnota
střední hodnota chyby	-4,87 ms
maximální kladná chyba	18,50 ms
maximální záporná chyba	-21,20 ms
nejistota měření	$\pm 4,35$ ms
rozšířená nejistota měření, $k_r = 3$	$\pm 13,053$ ms

Tabulka 4: Měření chyby zařízení pomocí vysokorychlostní kamery.

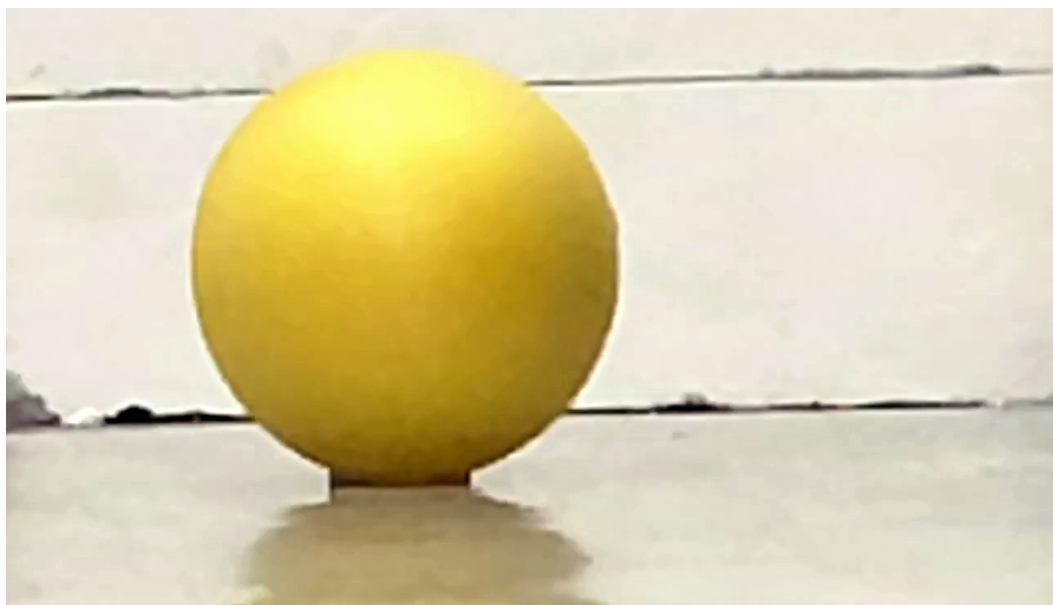
4.3.3 Testování v reálných podmínkách

Po úspěšném otestování v laboratorních podmínkách došlo k testování v reálném prostředí – na curlingovém ledě. Bohužel kvůli vypuknutí pandemie nemoci COVID-19 a předčasnému ukončení curlingové sezony, se podařilo uskutečnit pouze jednu, relativně krátkou, měřící sesi v únoru 2020 [8]. I ta však přinesla principiální ověření funkčnosti zařízení.

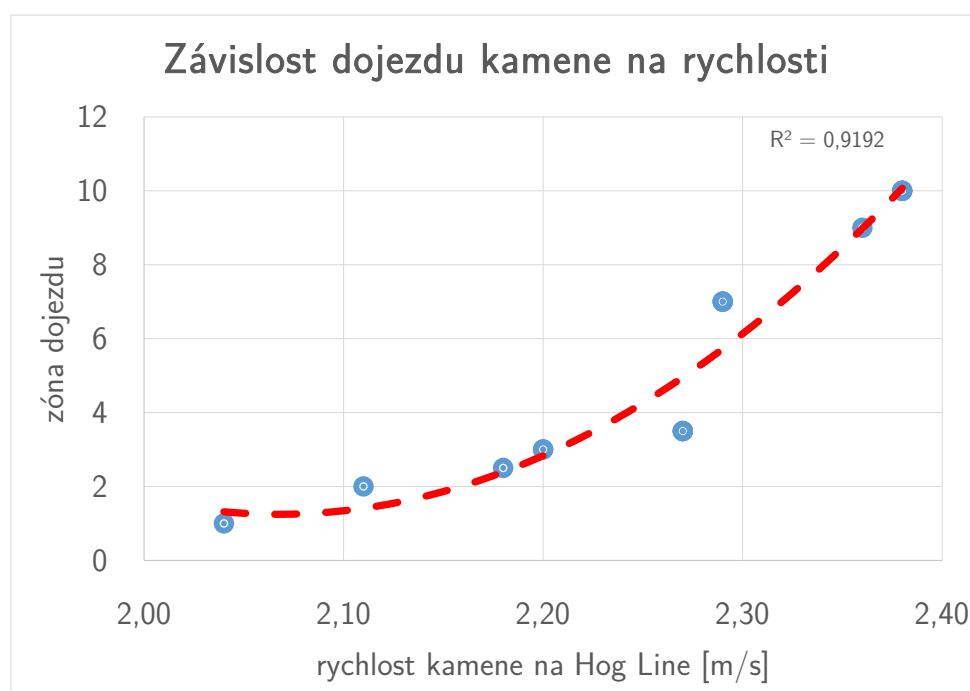
Během tohoto měření docházelo k odhazování curlingových kamenů různými rychlostmi. Zařízení bylo umístěno na ledě dle [obrázku 6](#). V této první fázi testování byl v kódu vypnut přepočítání absolutních rychlostí kamenů na Hog Line na positive release a byly zaznamenávány přímo hodnoty absolutních rychlostí kamenů na Hog Line. Dojezd kamenů byl zaznamenáván standardní curlingovou terminologií, která rozděluje dohozovou herní oblast na 10 zón. Zóna 1 je vzdálený guard, zóna 7 je střed kruhů a zóna 10 je nejvzdálenější zóna předtím, než kámen vyjede ze hry. Došlo k odhozu a zaznamenání celkem osmi kamenů. Jak je vidět na [obrázku 16](#), dojezdová zóna koresponduje s absolutní rychlostí kamene na odhozové straně tak, jak bychom očekávali. Kompletní výsledky měření lze vidět v [příloze E](#).



Obrázek 14: Míč pohybující se zprava doleva, který se chystá přerušit infračervený paprsek v rámci laboratorního stanovení chyby měření zařízení pomocí křížového měření vysokorychlostní kamerou.



Obrázek 15: Míč, který přerušuje infračervený paprsek v rámci laboratorního stanovení chyby měření zařízení pomocí křížového měření vysokorychlostní kamerou.



Obrázek 16: Závislost dojezdu curlingového kamene na okamžité rychlosti kamene bezprostředně po odhozu.

Kapitola 5

Shrnutí první části

První část diplomové práce se zabývala podrobným definováním rozsahu zpracovávaného projektu na základě požadavků odvětví na vytvářené zařízení – automatické stopky pro použití v curlingu s cílem umožnit zlepšování sportovních výkonů pokročilých amatérských a profesionálních hráčů. Nejprve bylo detailně zkoumáno, jaké tyto požadavky jsou a z čeho vycházejí. Na začátku první části tak byly shrnuty historické aspekty sportu curlingu, jeho současná pozice ve světě sportu a zároveň byly představeny závěry plynoucí z rozhovorů s předními českými curlery, kteří poskytli hodnotné informace vedoucí k vytvoření funkční koncepce zařízení.

V druhé polovině první části diplomové práce byl kladen důraz na návrh technické koncepce zařízení. Tato koncepce vychází především z převedení sportovního problému do problému technického, využívajíc matematicko-technický formalismus. Řešení technického problému bylo doplněno o požadavky odvětví na dané zařízení a byla definována kritéria na estetický design.

Na závěr první části byl prezentován prototyp zařízení. Návrh a výroba prototypu spočívala ve vytvoření vlastní elektroniky a sepsání jednoúčelového zdrojového kódu. Následně bylo zařízení intenzivně testováno v několika fázích, od prvotní fáze testování v laboratoři až po testování na curlingovém ledě, jež bylo omezené z důvodu pandemie nemoci COVID-19, která zapříčinila předčasné uzavření curlingových hal. Z provedeného testování vyplynulo, že se podařilo sestrotit principiálně funkční zařízení, které vyhovuje stanoveným požadavkům odvětví na takovýto aparát.

Na první část této diplomové práce by v budoucnu šlo navázat v podobě detailní technické optimalizace zařízení pro sériovou výrobu a především intenzivnější testování v reálných podmínkách. Bylo by velmi zajímavé elektrotechnickou stránku věci obohatit o aspekty sportovní vědy a prozkoumat, jaký vliv má pravidelné používání zařízení na výkonnost sportovců.



Část II

Ekonomické zhodnocení a podnikatelský plán



Kapitola 6

Úvod k druhé části

Druhá část této diplomové práce se zabývá ekonomickým hodnocením projektu a sestavením podnikatelského plánu. Nejprve bude představena finanční analýza a její východiska, následně pak podnikatelský plán, který vychází z této analýzy. V rámci mitigace nedostatku dat a omezeného rozsahu hloubky finanční analýzy v rámci této práce bylo vhodné mnoho aspektů zjednodušit a zanedbat. Veškerá tato zjednodušení jsou rovněž popsána v následující části.

Kapitola 7

Ekonomická teorie a použitá východiska

Každá finanční analýza obsahuje model vývoje investice v čase. Jelikož nikdy nemáme úplné informace o okolním světě a nedokážeme předpovědět přesný budoucí vývoj, je vždy finanční analýza jen konečně přesná. O to důležitější je uvést, z jaké ekonomické teorie analýza vychází, jaké předpoklady přijímá a které aspekty zanedbává.

V prvním oddílu této kapitoly bude popsána ekonomická teorie, ze které následná finanční analýza vychází. Poté budou popsány všechny konkrétní předpoklady přijaté v souvislosti s platnou teorií.

7.1 Ekonomická teorie

Finanční analýza projektu využívá ekonomicko-výpočetní nástroje pro práci se vstupními daty, jejich transformaci a především následné získání výstupu z daného modelu. Pro hodnocení ekonomické efektivity investice existuje mnoho matematicko-ekonomických nástrojů, které se ve vědecké komunitě dynamicky vyvíjejí. V běžné praxi se však setkáváme pouze s několika nejčastěji používanými. Na následujících stránkách budou popsány vybrané metody, které byly využity při vytváření ekonomického modelu projektu.

7.1.1 Transformace dat

Posuzovaný projekt je modelován pro několik let. Během těchto let bude docházet ke změně cenové hladiny v ekonomice – k inflaci. Stejně tak vlivem času dochází ke změně hodnoty peněz [26]. Aby byla finanční analýza přesnější, je třeba vliv obou aspektů v modelu zohlednit.

Nominální a reálné hodnoty

Finanční analýzu můžeme provádět v nominálních či reálných hodnotách (hodnotných očištěných o inflaci) [26]. Model vychází z práce Irvinga Fishera, která představuje rovnici (5), umožňující převést nominální hodnoty na reálné a vice versa.

$$i \approx r + \pi \quad (5)$$

Kde i je nominální úroková míra, r je reálná úroková míra a π je míra inflace. Později aproximaci Fisher zpřesnil na tvar (6), který je používaný v této práci [27].

$$1 + i = (1 + r)(1 + \pi) \quad (6)$$

Symbole v rovnici (6) mají stejný význam jako v rovnici (5). Ekvivalentní vztah byl použit pro transformaci diskontní míry, respektive WACC.

Modelování časové hodnoty peněz

Koncept časové hodnoty peněz představuje myšlenku, že jednotka měny získaná dnes je hodnotnější než stejná jednotka stejné měny získaná později [28]. Tento koncept implikuje potřebu přesného přepočtení budoucí hodnoty peněz na současnou hodnotu peněz. Do praxe se tato myšlenka implementuje tzv. procesem diskontování. Rovnice (7) vyjadřuje přepočet budoucí hodnoty peněz na současnou hodnotu peněz [29].

$$PV = \frac{FV}{(1+r)^t} \quad (7)$$

Kde PV je současná hodnota, FV je budoucí hodnota, r je diskontní míra a t je počet období mezi současnou a budoucí hodnotou.

7.1.2 Stanovení diskontní míry

Jak již bylo uvedeno výše, hodnota peněz se časem mění. Pro správný přepočítání budoucí hodnoty peněz na současnou hodnotu peněz však potřebujeme korektně stanovit tzv. diskontní míru, která určuje, jak rychle se hodnota finančních prostředků mění. Pro finanční analýzu v této diplomové práci byla jako diskontní míra využita hodnota váženého průměru nákladů kapitálu (WACC), do kterého vstupují náklady vlastního a cizího kapitálu. Náklady cizího kapitálu jsou stanoveny dle podmínek poskytovatele úvěru. Náklady vlastního kapitálu pak vycházejí z modelu oceňování kapitálových aktiv (CAPM).

CAPM

Model oceňování kapitálových aktiv (CAPM) představuje jeden z neznámějších modelů umožňující vypočítat očekávanou výnosovou míru aktiva. Model tvrdí, že očekávaný výnos investora (výnosová míra), se skládá z bezrizikové výnosové míry a z prémie za riziko [26, 30, 31]. Rovnicí (8) lze vyjádřit tuto myšlenku kvantitativně.

$$E(r_i) = r_f + \beta(E(r_m) - r_f) \quad (8)$$

Symbol $E(r_i)$ představuje očekávanou výnosovou míru vlastního kapitálu investora, r_f představuje bezrizikovou výnosovou míru, koeficient β reprezentuje míru rizika aktiva oproti míře rizika trhu, $E(r_m)$ představuje výnosovou míru trhu. Hodnotu koeficientu β lze určit ze systematického pozorování výnosů společností podnikajících v různých oblastech. Publikace “Estimating Risk Parameters”, Damodaran 1999, a následně “Equity Risk Premiums”, Damodaran 2020 představují jedny z nejčastěji používaných zdrojů

hodnot koeficientu beta pro jednotlivé sektory. Hodnota koeficientu beta je však ovlivněna i konkrétním zadlužením zkoumaného subjektu. Chceme-li tak získat hodnotu beta koeficientu zahrnující vliv zadlužení, je třeba provést korekci dle rovnice (9) [34].

$$\beta_{\text{zadlužená}} = \beta_{\text{nezadlužená}} \left(1 + (1 - t) \frac{D}{E} \right) \quad (9)$$

Kde $\beta_{\text{zadlužená}}$ představuje beta koeficient zadluženého podniku, $\beta_{\text{nezadlužená}}$ představuje beta koeficient nezadluženého podniku, t reprezentuje daňovou sazbu, D cizí kapitál a E vlastní kapitál.

■ WACC

Vážený průměr nákladů kapitálu (WACC) představuje průměrnou míru, kterou musí firma zaplatit za financování kapitálu a jedná se o jeden z tradičních modelů s velmi dlouhou historií a řadou mnoha zastánců [35, 36]. Tento nástroj lze vhodně využít pro modelování časové hodnoty peněz, pro které je nutné korektní stanovení diskontní míry. Jedna z možných voleb je právě použití WACC jako této diskontní míry [26, 37, 38]. Rovnice (10) vyjadřuje výpočet WACC.

$$WACC = r_e \frac{E}{D + E} + r_d \frac{D}{D + E} (1 - t) \quad (10)$$

Kde r_e jsou náklady vlastního kapitálu, E je vlastní kapitál, D je cizí kapitál, r_d jsou náklady cizího kapitálu a t je daňová sazba. Pro stanovení nákladů vlastního kapitálu byl v této práci využit model CAPM – hodnota $E_{(r_i)}$. Jako hodnota průměrných nákladů cizího kapitálu pak byla zvolena výše úrokové míry čerpaného úvěru.

■ 7.1.3 Hodnocení ekonomické efektivity

Pro finanční analýzu jsou zásadními nástroji ukazatele ekonomické efektivity projektu, které umožňují stanovit doporučení pro investora a vyčíslit

ekonomický přínos projektu. Pro tuto diplomovou práci byla zvolena tři kritéria – kritérium Čisté současné hodnoty (**Net Present Value**), kritérium modifikovaného vnitřního výnosového procenta (**modified Internal Rate of Return**) a kritérium diskontované doby návratnosti.

■ NPV

Koncept čisté současné hodnoty (NPV) představuje dynamickou metodu hodnocení investic, která zohledňuje peněžní toky projektu, jež se uskutečňují v různých časových obdobích. Čistá současná hodnota zohledňuje proměnnou hodnotu peněz v čase a je oblíbeným nástrojem pro hodnocení investičních projektů [26, 35]. Někteří autoři dokonce NPV považují za nejvhodnější kritérium pro hodnocení efektivnosti investičních projektů [39].

NPV vyjadřuje celkovou čistou současnou hodnotu všech budoucích hotovostních toků spojených s investičním záměrem. Výpočet NPV vyjadřuje rovnice (11).

$$NPV = \sum_{t=0}^T \frac{CF_t}{(1+r)^t} \quad (11)$$

Kde t představuje čas (období) daného hotovostního toku, T je celkový počet období, CF_t reprezentuje hotovostní tok v daném období a r představuje zvolenou diskontní sazbu. Pro tuto projektovou práci byla jako diskontní sazba použita hodnota váženého průměru nákladů kapitálu (WACC).

■ Modifikované IRR

Pro projekty s nekonvenčními peněžními toky je vhodnější použít místo vnitřního výnosového procenta tzv. modifikované vnitřní výnosové procento, které odstraňuje některé nedostatky klasického vnitřního výnosového procenta [39].

Pro výpočet mod. IRR slouží rovnice (13) odvozená z (12).

$$C_0 = \frac{\sum_{t=1}^T C_t(1+i)^{T-t}}{(1+MVVP)^t} \quad (12)$$

Kde C_0 je počáteční investiční kapitálový výdaj, C_t jsou peněžní příjmy v jednotlivých letech, T je doba životnosti, t jsou jednotlivá léta životnosti a i je požadovaná výnosnost a MVVP je právě modifikované vnitřní výnosové procento.

$$MVVP = \sqrt[t]{\frac{\sum_{t=1}^T C_t(1+i)^{T-t}}{C_0} - 1} \quad (13)$$

Kde použité symboly mají stejný význam jako v rovnici (12). Odvození je převzato z [39]. V této diplomové práci je mod. IRR využito jako doplňkový ukazatel ekonomické efektivity investičního projektu.

■ Diskontovaná doba návratnosti

Poslední používaný analytický ukazatel je diskontovaná doba návratnosti, která se řadí mezi statické metody rozhodování o investicích. Diskontovaná doba návratnosti je definována jako časový interval, během kterého se kumulativní diskontované peněžní toky rovnají nule, respektive, kdy se kumulativní peněžní toky bez zahrnutí počáteční investice se rovnají právě počáteční investici [40]. Tato myšlenka je vyjádřena rovnicí (14).

$$\sum_{t=1}^T \frac{C_t}{(1+r)^t} = C_0 \quad (14)$$

Kde C_0 je investiční výdaj na počátku projektu, C_t jsou peněžní příjmy v jednotlivých letech, T je doba životnosti, t jsou jednotlivá léta životnosti a r je diskontní míra.

7.2 Přijatá východiska

Pro modelování investičního projektu byla využita výše popsaná ekonomická teorie. Bylo však nutné přijmout mnoho specifických předpokladů, bez kterých prakticky není možné provést modelování. Při přijímání těchto předpokladů je třeba dbát, aby použitá zanedbání neměla podstatný vliv na zkoumaný projekt. Pro eliminaci špatného úsudku používá tento model citlivostní analýzu, která pomáhá odhalit citlivost modelu na chybu vstupních parametrů či přijatých zanedbání a předpokladů.

Pro ekonomické modelování byly přijaty tyto předpoklady.

- Projekt je uvažován jako doplňkový do již existujícího provozu výrobní firmy s funkčním administrativně provozním aparátem pro zajištění základního chodu společnosti (např. správa nemovitostí, účtárna, pronájem budov). Ekonomický model tedy hodnotí pouze významné mezní nárusty příjmů a výdajů, které jsou způsobeny bezprostředně z důvodu implementace nového výrobku do výrobního programu společnosti. Pro zjednodušení byly pro ekonomický model pominuty dodatečné náklady na bankovní servis, administrativu (účetní, recepční, asistenti), právní servis, úklidové a údržbové práce, správu nemovitostí, spotřebu energií pro udržování pracovního prostředí (vytápění montážních a kompletačních prostor), nakoupení základního dílenského vybavení (šroubováky, kleště a pod.) a transakční náklady pro nábor nových zaměstnanců (HR).
- Realizace projektu se předpokládá v rámci České republiky. Je tedy zvažován místní daňový a právní rámec a je pro zjednodušení předpokládáno, že projekt bude realizovat společnost s ručením omezeným. Je uvažován přímý prodej koncovým zákazníkům. Je předpokládáno, že koncovými zákazníky jsou spotřebitelé neplátcí daň z přidané hodnoty. Zároveň je pro zjednodušení zanedbán kurzovní rozdíl a je předpokládáno, že všechny platby probíhají on-line pomocí platební brány, již po přepočtení měny na Českou korunu. Bankovní poplatky za finanční transakce jsou zanedbány.
- Je předpokládáno, že dopravu produktu si hradí koncový zákazník a cena za dopravu není navýšena o zisk (zákazník platí pouze náklady). V modelu je tedy doprava produktu zcela zanedbána.
- Pro zjednodušení byly zanedbány jakékoliv náklady na elektrotechnické certifikace do třetích zemí (mimo Evropský hospodářský prostor), jelikož se neočekává, že by představovaly významnou finanční položku.

- Jako rozhodující faktor ekonomického hodnocení byl využit ukazatel Čistě současné hodnoty (NPV) a modifikovaného vnitřního výnosového procenta (mod. IRR), které je vhodnější použít při nestandardních peněžních tocích [39].
- Pro stanovení diskontní sazby byla použita metoda váženého průměru nákladů kapitálu (WACC) [26, 36, 37].
- Pro stanovení nákladů vlastního kapitálu byl využit model oceňování kapitálových aktiv (CAPM) [30, 31].
- Pro stanovení „risk free rate“ a „equity risk premium“ byly využity modely prof. Aswatha Damodarana. Metodika byla převzata z jeho prací „Country Risk“, 2019 a „Equity Risk Premiums“, 2020. Nedávná změna ratingu ČR [42] nicméně není v těchto publikacích ještě zohledněna. Z toho důvodu byly využity aktuální hodnoty z on-line databáze prof. Damodarana, která je aktuální pro leden 2020 [43]. Pro „risk free rate“ byla použita hodnota **0,54 %** jako průměr hodnot výpočtu pomocí ratingu (Moody's) – 0,60 % a „country default spread“ (Bloomberg) – 0,48 %. Pro „equity risk premium“ byla použita hodnota **5,74 %**, opět jako průměr hodnot výpočtu pomocí ratingu (Moody's) – 5,80 % a „country default spread“ (Bloomberg) – 5,68 %.
- Pro stanovení koeficientu beta (pro stanovení systematického rizika investice) byly opět využity modely prof. Aswatha Damodarana na základě jeho práce [32] a volně dostupné databáze (data z ledna 2020) [44]. Projekt se pohybuje v odvětví obecné elektroniky, pro kterou je stanoven nezadlužený Beta koeficient ve výši **1,15 %**. Průměrné zadlužení D/E pak **15,93 %**.
- Ekonomický model uvažuje, že firma, která bude projekt realizovat, má právě dané průměrné zadlužení (z minulého bodu) a má dostatek volných finančních prostředků na financování projektu. Vzhledem k tomu, že se jedná o izolovaný projekt napojený na existující firmu, byla specifická míra zadlužení firmy v rámci modelu CAPM zanedbána (zadlužený beta koeficient je použit jako typický pro sektor) a změna výše cizího kapitálu se projevuje pouze ve změně WACC vlivem změny nákladů cizího kapitálu.
- Inlace byla uvažována ve výši 2 % ročně jako inflační cíl ČNB [45].
- Reálný růst mezd je uvažován ve výši 3 % ročně [46, 47].
- Profese zaměstnanců potřebných pro realizaci projektu jsou vybrány z kategorií CZ-ISCO. Mzdy pracovníků jsou uvažovány jako průměrné. Průměrné mzdy pro jednotlivé profese jsou stanoveny na základě publikace Českého statistického úřadu z roku 2019 pro rok 2018 [48]. Celkové mzdové náklady zaměstnavatele jsou uvažovány jako hodnota superhrubé mzdy čili jsou rovny hrubé mzdě zvýšené o odvody na sociální a zdravotní pojištění [49].

- Nemzdové náklady na zaměstnance (osobní ochranné pomůcky, hygienické potřeby a další) byly v modelu zanedbány.
- Předpokládá se, že firma realizující uvádění výrobku na trh bude plátcem daně z přidané hodnoty (DPH). Z důvodu ročního sledování hotovostních toků byly zanedbány platby a vratky daně z přidané hodnoty. Pro zjednodušení bylo uvažováno, že zákazník platí cenu bez DPH.
- Daň z příjmu právnických osob je uvažována na 19 % a je zachována neměnná po celou dobu projektu [49].
- Pro ekonomický model je počítáno s možností uplatnění ztráty pro snížení daňového základu (s omezující podmínkou § 34 odst. 1 až 3 zákona o daních z příjmu – a to, že ztrátu lze odečíst od základu daně nejdéle v pěti zdaňovacích obdobích následujících bezprostředně po období, za které se daňová ztráta vyměřuje) [49, 50]. Model neuvažuje daňové optimalizace umožněné jinými projekty firmy, která by tento zkoumaný záměr realizovala.
- Průměrná doba životnosti zařízení byla vzhledem k použitým komponentám stanovena na pět let. Z toho důvodu byla i doba porovnání stanovena na pět let, což je v souladu s doporučením doc. Jitky Srpové, která stanovuje horizont porovnání zajímavý pro investory na pět až sedm let [51].
- Model nepočítá s tím, že by si zákazníci kupovali nová zařízení jako nahrazení porouchaného zařízení během doby životnosti (které by bylo poškozeno jejich vinou, vinou třetí osoby, nebo vyšší mocí).
- **Tato diplomová práce nezahrnuje vliv pandemie nemoci COVID-19 z počátku roku 2020 z důvodu dynamického a nepředvídatelného vývoje situace [52] na projekt ani na vývoj výše předpokládaných ukazatelů.**

Předpoklady, které nejsou výše explicitně uvedeny, vychází triviálně z ekonomické teorie či představují běžnou praxi, která je pro odborníka, pohybujícího se v oboru, dobře známá.

Kapitola 8

Finanční analýza

Tato kapitola detailně představuje provedenou finanční analýzu projektu. Porovnává výrobu zařízení – automatických stopek pro použití v curlingu – v kusové a sériové variantě. Obě tyto varianty detailně rozebírá a na závěr stanovuje doporučení, která z nich je výhodnější. Zvolená varianta je pak hodnocena z hlediska ekonomické efektivity pomocí nástrojů popsaných v předchozí kapitole.

Finanční analýza byla prováděna v reálných cenách. Výše cizího kapitálu byla pro kusovou i sériovou variantu výroby stanovena metodou numerické optimalizace pro nalezení maximální hodnoty NPV vzhledem k měnícímu se WACC. Pro obě dvě varianty bylo ověřeno, že vypočtené hodnoty rámcově korespondují s pozorovanými sektorovými daty pro rok 2019 [38].

8.1 Stanovení ceny a odhadnutí poptávky

Cena zařízení byla stanovena jednotně na 11.500 Kč bez DPH pro sériovou i kusovou výrobu na základě průzkumu tržní konkurence a zároveň na základě informací ze strany curlerů. O stanovení ceny dále pojednává podnikatelský plán v závěru této diplomové práce. Poptávka po zařízení byla stanovena jednotně jak pro kusovou, tak sériovou výrobní variantu a vychází především z vlastního průzkumu, který byl proveden v roce 2019 mezi českými hráči curlingu.

Na základě provedeného průzkumu byly při stanovené ceně ochotny si zařízení pořídit tři z deseti oslovených týmů na různých úrovních. Oslovené týmy měly v průměru pět hráčů. Lze tedy uvažovat, že na světě je dle informací Světové curlingové federace o počtu hráčů cca 300.000 curlingových týmů. Pokud by byl zájem o zařízení ve světě stejný jako v České republice, potenciálně by o zařízení mělo zájem až 90.000 týmů. Vzhledem k tomu, že v České republice neexistuje čistě rekreační curling, narozdíl od Kanady, lze očekávat, že toto číslo by bylo mnohem nižší, jelikož by o zařízení měli největší zájem profesionální curleři. Horní hranice je tak stanovena na 50.000 týmů.

Jako nejvíce vypovídající údaje o poptávce můžeme použít databázi Světové curlingové tour, která v současnosti obsahuje 354 aktivních ženských týmů a 657 aktivních mužských týmů na té nejvyšší úrovni. Startovné v jednom turnaji světové curlingové tour se pohybuje okolo € 1.000, což je násobně více, než je uvažovaná cena zařízení. Lze tedy předpokládat, že by téměř všechny tyto týmy měly o takové zařízení zájem, a to z toho důvodu, že nevlastnit jej by představovalo značnou sportovně-konkurenční nevýhodu. Jako spodní hodnotu zájmu můžeme tak uvažovat číslo 1.000 prodaných kusů během doby porovnání projektu (pět let). Je však vysoce pravděpodobné (na základě provedeného výzkumu), že o zařízení by mělo zájem i mnoho týmů nezapojených do Světové curlingové tour. V realitě se tak počet prodaných kusů bude pohybovat mezi 1.000 a 50.000 během pěti let. V rámci konzervativního přístupu byl jako základní údaj stanoven prodej o výši 1.500 ks během pěti let. Vzhledem k prvotní nedostupnosti informací o existenci zařízení je stanoveno, že v prvních pěti letech bude průběh poptávky následující. V první roce pět procent, v druhém roce 10 %, v třetím roce 20 %, ve čtvrtém roce 35 % a v pátém roce 30 %. Tato úvaha vychází z toho, že o zařízení zpočátku nebude příliš hráčů vědět, naopak ke konci období porovnání bude docházet k saturaci trhu a zájem o zařízení nebude již růst tak rychle. Zařízení bude mít průměrnou dobu života cca pět let, takže v rámci ekonomického hodnocení nebude počítáno s obnovou u týmů během doby životnosti. Ostatní data se již liší pro kusovou a sériovou výrobu a budou tak probrána zvlášť.

8.2 Kusová výroba

Varianta kusové výroby zařízení spočívá v tom, že se nepředpokládá pořízení forem na plastové díly, či nakupování velkého množství komponentů na sklad pro snížení jednotkové ceny. Naopak se očekává, že výroba bude kopírovat aktuální poptávku a bude spoléhat na výrobní postupy „on demand“ a „just in time“. Největší výhodou této varianty jsou úspory z počáteční investice a možnost dynamicky měnit design výrobku. Oproti tomu největší nevýhodou jsou vyšší náklady na výrobu jednoho kusu a náročnost montážního

postupu.

Pro variantu kusové výroby byla uvažována výroba šasi zařízení pomocí 3D tisku metodou Fused Deposition Modeling (FDM). Tato metoda je velice nenákladná na údržbu, nevyžaduje pokročilé znalosti pro obsluhu a zároveň dokáže vyrábět velice složité tvary při zachování pevnosti. Elektronická část by byla kupována po jednotlivých komponentech a spojována pomocí běžně dostupného elektromateriálu. V rámci této varianty byly rovněž zaneseny náklady na marketingového pracovníka a provoz webových stránek, o kterých pojednává v detailu podnikatelský plán v závěru této diplomové práce.

V rámci finančního modelu varianty kusové výroby byla provedena numerická optimalizace výše úvěru vzhledem k maximalizaci NPV.

8.2.1 Přijaté předpoklady pro kusovou výrobu

Pro kusovou variantu výroby byly přijaty následující předpoklady.

- Zaměstnanci pracují ročně 200 pracovních dní, osm hodin denně. Tento údaj vychází z průměrného počtu pracovních dní v roce, dovolené ve výši pěti týdnů a rezervě v podobě čerpané nemocenské.
- Výroba a kompletace jednoho zařízení trvá pět hodin a zvládá je pracovník kategorie 82122 - „Montážní dělníci elektronických zařízení“ dle CZ-ISCO. Tento údaj byl stanoven na základě zkušeností z montáže prototypu.
- Jedna 3D tiskárna je schopna vyrobit 250 šasi zařízení ročně. Tento údaj vychází z doby tisku prototypu a zkušeností z přípravy a náročnosti obsluhy 3D tiskárny.
- Údržba jedné 3D tiskárny stojí 1.000 Kč bez DPH ročně. Tento údaj byl stanoven na základě dlouhodobé zkušenosti s 3D tiskem.
- Materiálové náklady na výrobu jednoho setu jsou 6.221 Kč bez DPH a to včetně obalového materiálu¹.
- Pro ověření správného sestavení zařízení je třeba vysokorychlostní kamera a tester baterií.

¹Podrobný rozpis komponent je uveden v příloze B

typ nákladu	částka	periodicita
investiční náklady	161.173 Kč	jednorázově
mzdové náklady	1.307.232 Kč	ročně
provozní náklady	75.800 Kč	ročně

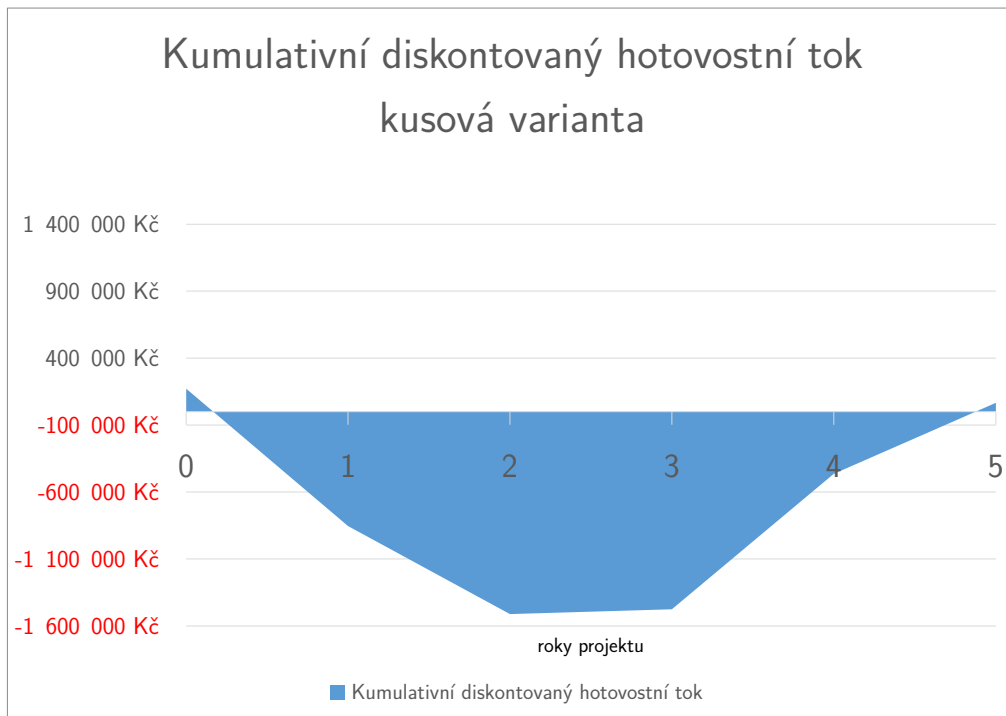
Tabulka 5: Přehled nevýrobních nákladů pro kusovou variantu výroby. Ceny jsou uvedeny bez DPH.

- Pro marketingové účely je třeba jeden pracovník zajišťující zákaznickou podporu a provoz webových stránek, který spadá do kategorie 33391 - „Pracovníci v oblasti marketingu, propagace a reklamy“ dle CZ-ISCO.
- Počáteční investice do e-shopu a webových stránek byla stanovena na 70.000 Kč bez DPH dle osobních zkušeností autora.
- Na reklamu je v plánu vynakládat 50.000 Kč ročně bez DPH a dalších 16.800 Kč bez DPH na údržbu webu. Tyto údaje byly stanoveny na základě komunikace s firmami poskytující služby v oblasti webových stránek a marketingu.
- Daňové odpisy jsou prováděny rovnoměrně, jelikož na začátku není očekáván velký zisk.

V [tabulce 5](#) je uveden přehled nákladů, kromě přímých materiálových nákladů na výrobu zařízení, které se liší dle skutečné výroby v daném roce. Kompletní přehled nákladů lze nalézt v [příloze B](#).

8.2.2 Ukazatele ekonomické efektivity

Na základě provedené analýzy byly vypočteny ukazatele ekonomické efektivity uvedené v [tabulce 6](#). Průběh kumulativních diskontovaných peněžních toků je vidět na [obrázku 17](#). Citlivostní analýzu popisující změnu chování investičního projektu při změně vstupních parametrů lze vidět na [obrázku 18](#).



Obrázek 17: Průběh kumulativního diskontovaného peněžního toku projektu v rámci kusové varianty výroby.

Citlivostní analýza pro kusovou výrobu

Změna poptávky (ceteris paribus)	-4%	-2%	0%	2%
NPV	- 157 467 Kč	- 45 578 Kč	66 311 Kč	178 200 Kč
mod. IRR	3,6%	5,0%	6,4%	7,7%

Růst mezd - reálný (ceteris paribus)	3%	4%	5%	6%
NPV	66 311 Kč	- 31 288 Kč	- 130 773 Kč	- 232 172 Kč
mod. IRR	6,4%	5,2%	3,9%	2,7%

Obrázek 18: Citlivostní analýza ukazatelů ekonomické efektivity na základě změny poptávky a růstu reálných mezd v rámci kusové varianty výroby.

ukazatel	hodnota
NPV	66.311 Kč
mod. IRR	6,4 %
diskontovaná doba návratnosti	5 let
čerpaný úvěr	333.000 Kč
potřebný vlastní kapitál	1.607.600 Kč

Tabulka 6: Hlavní ekonomické ukazatele projektu pro kusovou variantu výroby. Hodnoty jsou uvedeny bez DPH.

8.3 Sériová výroba

Varianta sériové výroby zařízení spočívá v tom, že se předpokládá pořízení forem na plastové díly a nakupování velkého množství komponentů na sklad pro snížení jednotkové ceny. Stejně tak sériová výroba analyzovaná v této variantě počítá s vývojem vlastní elektroniky (do úrovně vlastní desky plošných spojů), což efektivně snižuje náklady. Největší výhodou této varianty jsou úspory na jednom kusu výrobku, a to jak do materiálu, tak do jednoduchosti montáže. Nevýhodou jsou mnohonásobně vyšší počáteční náklady a zároveň nemožnost měnit design výrobku v průběhu výrobního procesu.

Pro variantu sériové výroby byla uvažována výroba šasi zařízení pomocí vstřikovacího lisování do obráběné formy. Tato metoda je velice nákladná na počáteční investici, jelikož výroba vstřikolísové formy je náročná jak na čas, tak na materiál. Výhodou jsou však velmi nízké výrobní náklady na jeden výlisek a zároveň stejná pevnost výlisku v porovnání s 3D tiskem při zachování menší tloušťky materiálu. Elektronická část byla v sériové variantě uvažována jako zakázkový návrh vlastní elektronické platformy a následná výroba osazené desky plošných spojů. V rámci této varianty byly rovněž zaneseny náklady na marketingového pracovníka a provoz webových stránek, o kterých pojednává v detailu podnikatelský plán v závěru této diplomové práce.

V rámci finančního modelu byla u varianty sériové výroby provedena optimalizace výše úvěru vzhledem k maximalizaci NPV.

■ 8.3.1 Přijaté předpoklady pro sériovou výrobu

Pro sériovou variantu výroby byly přijaty následující předpoklady.

- Zaměstnanci pracují ročně 200 pracovních dní, osm hodin denně. Tento údaj vychází z průměrného počtu pracovních dní v roce, dovolené ve výši pěti týdnů a rezervě v podobě čerpané nemocenské.
- Kompletace jednoho zařízení trvá jednu hodinu a zvládá je pracovník kategorie 82122 - „Montážní dělník elektronických zařízení“ dle CZ-ISCO. Tento údaj byl stanoven na základě zkušeností z montáže prototypu a následném odhadu úspor ze sériového prototypu.
- Materiálové náklady na výrobu jednoho setu jsou 5.522 Kč bez DPH a to včetně obalového materiálu. Úspory oproti kusové variantě výroby jsou dosaženy díky použití specializovaných komponent, které jsou levnější než komponenty univerzální. Značnou úsporu na kusu představuje cena výtisku, která je řádově nižší než výroba pomocí technologie 3D tisku².
- Pro ověření správného sestavení zařízení je třeba vysokorychlostní kamera a tester baterií.
- Pro výrobu šasi je třeba zakoupení vstříkolisových forem v celkové hodnotě 760.000 Kč bez DPH. Tato částka byla stanovena na základě rozhovorů s českými výrobci vstříkových forem³.
- Pro návrh a vytvoření matrice zakázkového elektronického tištěného spoje je třeba investovat částku 150.000 Kč. Tento údaj byl konzultován s několika českými výrobci elektroniky⁴.
- Pro marketingové účely je třeba jeden pracovník zajišťující zákaznickou podporu a provoz webových stránek, který spadá do kategorie 33391 - „Pracovníci v oblasti marketingu, propagace a reklamy“ dle CZ-ISCO.
- Počáteční investice do e-shopu a webových stránek byla stanovena na 70.000 Kč bez DPH dle osobních zkušeností autora.
- Na reklamu je v plánu vynakládat 50.000 Kč ročně bez DPH a dalších 16.800 Kč bez DPH na údržbu webu. Tyto údaje byly stanoveny na základě komunikace s firmami poskytující služby v oblasti webových stránek a marketingu.

²Podrobný rozpis komponent je uveden v příloze B

³Tito výrobci si nepřáli být v této práci jmenováni pro zachování důvěrnosti jejich cenové politiky.

⁴Vizte poznámku pod čarou 3.

- Daňové odpisy jsou prováděny rovnoměrně, jelikož na začátku není očekáván velký zisk.

V [tabulce 7](#) je uveden přehled nákladů kromě přímých materiálových nákladů na výrobu zařízení, které se liší dle skutečné výroby v daném roce. Kompletní přehled nákladů lze nalézt v [příloze B](#).

typ nákladu	částka	periodicita
investiční náklady	1.004.255 Kč	jednorázově
mzdové náklady	916.188 Kč	ročně
provozní náklady	66.800 Kč	ročně

Tabulka 7: Přehled nevýrobních nákladů pro sériovou variantu výroby. Ceny jsou uvedeny bez DPH.

8.3.2 Ukazatele ekonomické efektivity

Na základě provedené analýzy byly vypočteny ukazatele ekonomické efektivity uvedené v [tabulce 8](#). Průběh kumulativních diskontovaných peněžních toků je vidět na [obrázku 19](#). Citlivostní analýzu popisující změnu chování investičního projektu při změně vstupních parametrů lze vidět na [obrázku 20](#).

ukazatel	hodnota
NPV	1.661.266 Kč
mod. IRR	22,5 %
diskontovaná doba návratnosti	3 roky
čerpaný úvěr	1.904.623 Kč
potřebný vlastní kapitál	625.500 Kč

Tabulka 8: Hlavní ekonomické ukazatele projektu pro sériovou variantu výroby. Hodnoty jsou uvedeny bez DPH.



Obrázek 19: Průběh kumulativního diskontovaného hotovostního toku projektu v rámci sériové varianty výroby.

Citlivostní analýza pro seriovou výrobu

Změna poptávky (ceteris paribus)	-25%	-4%	-2%	0%	2%
NPV	0 Kč	1 400 548 Kč	1 530 907 Kč	1 661 266 Kč	1 791 625 Kč
mod. IRR	6,0%	20,1%	21,3%	22,5%	23,8%

Růst mezd - reálný (ceteris paribus)	3%	4%	5%	6%
NPV	1 661 266 Kč	1 590 590 Kč	1 518 538 Kč	1 445 091 Kč
mod. IRR	22,5%	21,9%	21,3%	20,7%

Obrázek 20: Citlivostní analýza ukazatelů ekonomické efektivity na základě změny poptávky a růstu reálných mezd v rámci kusové varianty výroby.

Kapitola 9

Závěr finanční analýzy

Finanční analýza porovnávala dvě varianty výroby zařízení – automatických stopek pro použití v curlingu. První zkoumaná varianta byla výroba v kusovém formátu, který využívá technologii 3D tisku pro výrobu šasi a univerzální vývojovou desku Arduino pro řídicí elektroniku. Oproti tomu zkoumaná sériová varianta výroby využívá pro výrobu vstřikolísovou technologii, která produkuje levné výlisky. Sériová varianta výroby stejně tak počítá se zakázkovou elektronikou, jež obsahuje pouze ty komponenty, které zařízení skutečně potřebuje.

Na základě provedeného modelování lze jednoznačně stanovit, že sériová varianta výroby je značně ekonomicky efektivnější, a to ve všech parametrech. Provedené citlivostní analýzy ukázaly, že sériová varianta výroby je podstatně méně citlivá na vnější vlivy. Oproti tomu varianta kusové výroby se stává neefektivní již při malých výkyvech.

V absolutním měřítku je pak sériová varianta výroby zajímavým investičním projektem, nabízející slušné zhodnocení v krátkém časovém horizontu. Dle provedené finanční analýzy lze investici doporučit a to právě v sériové variantě výroby.

Kapitola 10

Podnikatelský plán

Jak uvádí Tomáš Orlík, „Podnikatelský plán je písemný dokument, který popisuje všechny podstatné vnější i vnitřní okolnosti související s podnikatelským záměrem. Je to formální shrnutí podnikatelských cílů, důvodů jejich reálnosti a dosažitelnosti a shrnutí jednotlivých kroků vedoucích k dosažení těchto cílů.“ [53] V rámci této diplomové práce bude představen podnikatelský plán, který představuje ucelený dokument o realizaci podnikatelského záměru, v tomto případě výroby a prodeje specializovaného elektronického zařízení – automatických stopek pro použití v curlingu. Tvorba podnikatelského plánu vychází především z publikace doc. Jitky Srpové *Podnikatelský plán a strategie*, 2011.

Na základě zkušeností autora bylo vyhodnoceno, že podnikatelský záměr nemá šanci být úspěšný, pokud by byl realizován nově založenou dedikovanou obchodní společností s nově zakládanou výrobní kapacitou. Naopak dává smysl, pokud by výrobu a prodej zařízení realizovala již fungující výrobně obchodní společnost, která by pouze rozšířila svoje produktové portfolio. Díky přijetí tohoto předpokladu bylo možné zanedbat náklady na základní chod firmy (jako je například zaměstnávání účetní, zázemí pro nábor nových pracovníků, pronájem výrobních prostor a pod.), jelikož zkoumaný produkt nepředstavuje z tohoto hlediska významnou dodatečnou zátěž. Níže představený podnikatelský plán vychází především z detailní technické znalosti zařazení vlastního návrhu, vypracované finanční analýzy, provedených průzkumů trhu i výzkumu zákaznických potřeb zákazníků a užitých analytických nástrojů (SWOT analýza, analýza rizik).

10.1 Manažerský souhrn

Podnikatelským záměrem je výroba a prodej specializovaného elektronického zařízení – automatických stopek pro použití v olympijském sportu curlingu. Tento produkt umožní profesionálním a pokročilým amatérským hráčům curlingu zlepšovat klíčovou část hry – odhoz kamene takovým způsobem, který není bez použití nabízeného produktu možný. Podnikatelský plán reaguje na zvyšující se profesionalizaci sportu a počítá se skutečností, že ve chvíli, kdy několik týmů bude vlastnit tento produkt, budou ostatní týmy nuceny si jej rovněž pořídit, aby zabránily konkurenčním týmům získat významnou sportovní výhodu. V době sepsání tohoto podnikatelského plánu existuje na světovém trhu pouze velmi omezená konkurence, která spoléhá na složitá řešení. Cena konkurenčních produktů je vyšší, a to přestože nenabízí žádné podstatné výhody oproti navrhovanému produktu. Podnikatelský plán počítá s cílenou marketingovou snahou v online prostoru a v prostoru specializovaných prodejen curlingového vybavení a rovněž dedikovaných curlingových hal.

Podnikatelský plán zkoumá možnost zařazení výroby a prodeje produktu do již existující firmy. Finanční analýza projektu zkoumala kusovou a sériovou variantu výroby pro pětileté období. Sériová varianta se ukázala jako ekonomicky výhodnější. V [tabulce 9](#) jsou uvedené klíčové ekonomické parametry projektu.

ukazatel	hodnota
NPV	1.661.266 Kč
mod. IRR	22,5 %
diskontovaná doba návratnosti	3 roky
čerpaný úvěr	1.904.623 Kč
potřebný vlastní kapitál	625.500 Kč

Tabulka 9: Hlavní ekonomické ukazatele projektu.

10.2 Popis podnikatelské příležitosti

Podnikatelským záměrem tohoto plánu je výroba a prodej specializovaného elektronického zařízení – automatických stopek pro použití v curlingu, které bude sloužit profesionálním a pokročilým amatérským hráčům pro podstatné zlepšování se ve hře. Vyvinuté zařízení umožňuje automaticky měřit

rychlost odhozených kamenů, čímž poskytuje hráčům zpětnou vazbu o provedeném odhozu. Díky tomu se můžou hráči zásadně posouvat a zlepšovat svoje dovednosti.

Podnikatelská příležitost představovaného podnikatelského záměru vychází z několika skutečností, které přispívají k jeho celkové hodnotě. Hlavním faktorem pro vysokou míru atraktivitu záměru se stala skutečnost, že curling byl regulérně zařazen na olympiádu až v roce 1998 v Naganu a jeho profesionalizace se tak rozmáhá teprve v posledních letech [1, 2]. V době zahájení olympiády v Pchjongčchangu v roce 2018 se dokonce jednalo o nejrychleji rostoucí zimní sport na světě [4]. V mnohých olympijských sportech představují technologické vymoženosti zásadní způsob dosahování excelence, nicméně v curlingu toto období teprve začíná [5]. Význam tohoto elektronického zařízení umocňuje fakt, že v roce 2015 zakázala Světová curlingová federace používání vysoceabrazivních košťat, které snižovaly význam konzistentních odhozů, jelikož bylo možné dráhu kamene velmi výrazně měnit zametáním. Od roku 2015 jsou povoleny pouze schválené materiály, jejichž vliv na dráhu kamene je mnohem menší [6, 7]. Z toho důvodu enormně vzrostl zájem týmů o pokročilé metody trénování bezchybných odhozů.

V současnosti existují na světě pouze tři firmy, které nabízejí podobný produkt. Ani jedna z nich však nedisponuje všemi funkcemi a vlastnostmi, kterými disponuje navrhovaný produkt. Detailně jsou rozdíly rozebrány v kapitole 10.4 – [Analýza konkurence](#).

10.3 Potenciální trhy

Jedno zařízení – automatické stopky pro měření odhozů v curlingu – vystačí pro jeden tým. Z toho důvodu představují zákazníci právě curlingové týmy, a to na celém světě. Existují dvě hlavní cílové skupiny zákazníků tvořící jednotlivé segmenty, týmy profesionálních hráčů a týmy pokročilých amatérů. Pro obě dvě tyto skupiny budou uvedeny hlavní charakteristiky.

10.3.1 Týmy profesionálních hráčů

Za týmy obsahující profesionální hráče curlingu můžeme považovat vrcholové týmy, pro které představuje curling značnou část života jejich členů, a zároveň do tohoto sportu týmy investují velké finanční částky a stejně tak

získávají z výher významné finanční odměny. Tato skupina je dobře definovaná díky šňůře mezinárodních soutěží – World curling tour. Tato světová curlingová tour sdružuje turnaje a soutěžní týmy na nejvyšší světové úrovni. Pouze profesionální hráči ochotni zaplatit vysoké startovné (často až 30.000 Kč za jeden turnaj) se jí mohou zúčastnit a zároveň všechny vrcholové týmy se jí účastní. Tyto týmy představují primární skupinu zákazníků. **Tabulka 10** uvádí přehled hlavních parametrů segmentu trhu – týmů profesionálních hráčů.

ukazatel	hodnota
velikost segmentu	692 subjektů
potenciál růstu segmentu	vysoký
shoda produktu a potřeb zákazníků	úplná
možnost vymezení se vůči konkurenci	ano
síla konkurence	malá

Tabulka 10: Trh týmů profesionálních hráčů curlingu.

Velikost segmentu trhu byla stanovena na základě žebříčků WCT – 427 mužských týmů [54] a 265 ženských týmů [55]. Potenciál růstu segmentu je považován za vysoký vzhledem k rostoucímu zájmu o curling, rozšíření olympijských sportů o kategorii Mixed Doubles a rostoucí počet členských asociací [4, 3]. Zařízení je specificky vyvinuto pro potřeby vrcholových sportovců, tudíž shoda potřeb týmů profesionálních hráčů curlingu a vlastností zařízení je prakticky úplná. Vymezení vůči konkurenci je možné, jelikož zařízení nabízí lepší vlastnosti za nižší cenu. Zároveň existuje velmi limitovaný počet konkurenčních subjektů (jak je blíže rozebráno v kapitole 10.4 – [Analýza konkurence](#)).

10.3.2 Týmy pokročilých amatérů

Za týmy obsahující pokročilé amatérské hráče curlingu můžeme považovat takové týmy, pro které je curling převážně zábavně-rekreační aktivitou, ale zároveň mají potřebu se zlepšovat. Nežřídkakdy se stávají z pokročilých amatérských hráčů profesionálové. Určit velikost tohoto segmentu trhu je značně složitější než u segmentu předcházejícího. Bylo vycházeno především z odhadu celkového počtu týmů. Autor na základě osobní zkušenosti odhaduje, že cca jedna pětina všech hráčů jsou pokročilí amatéři. Právě týmy pokročilých amatérů představují druhý výrazný segment trhu. Tyto týmy mohou být ochotny si zařízení koupit, aby získaly oproti svým soupeřům výhodu. **Tabulka 11** uvádí přehled hlavních parametrů segmentu trhu týmů pokročilých amatérů.

ukazatel	hodnota
velikost segmentu	50.000 subjektů
potenciál růstu segmentu	nízký
shoda produktu a potřeb zákazníků	částečná
možnost vymezení se vůči konkurenci	částečná
síla konkurence	malá

Tabulka 11: Trh týmů pokročilých amatérských hráčů curlingu.

Velikost segmentu trhu byla stanovena na základě odhadu vycházejícího z informací Světové curlingové federace [10]. Potenciál růstu segmentu je považován za nízký vzhledem k relativní stabilitě velikosti tohoto segmentu (hlavní zvýšení zájmu je pozorováno u vrcholových sportovců a u úplných nováčků). Zařízení není specificky vyvinuto pro potřeby pokročilých amatérských týmů, nicméně jejich potřeby se často překrývají s potřebami profesionálních týmů, tudíž i amatérské týmy mohou z používání zařízení těžit. Vymezení vůči konkurenci je sice možné, ale již značně obtížnější než v předchozím případě, jelikož pro pokročilé amatérské hráče existuje mnoho jiných levnějších pomůcek, díky kterým se mohou zlepšovat, a to často za nižší cenu. Nicméně i zde existuje pouze velmi limitovaný počet konkurenčních subjektů.

10.4 Analýza konkurence

Na základě rozhovorů s českými vrcholovými curlery a na základě internetové rešerše byly nalezeny tři přímo konkurující produkty. Americko-kanadský produkt **Chronocurl** [56], americký produkt **TCi Timing System** of firmy Brower Timing Systems [57] a kanadský produkt **RockHawk** [58]. Mezi základní vlastnosti definující produkt patří cena¹, schopnost určovat nejen čas, ale i rychlost kamene a potřeba externího zařízení (tabletů s operačním systémem iOS či Android) pro zobrazování dat. V [tabulce 12](#) jsou tyto parametry přehledně uvedeny.

Jak je vidět z níže uvedené tabulky, zařízení, které jsou schopny měřit rychlost kamene, neobsahují vestavěný displej. Zákazník tak musí k zařízení dokoupit relativně drahý tablet, který navíc musí nešikovně stabilizovat na ledové ploše (například pomocí dodatečně dokoupeného stativu). Zařízení

¹Cena je uvažována vč. displeje. Pro zařízení které neobsahují displej je uvažován doporučený Apple iPad v hodnotě 10.000 Kč

od americké firmy Brower sice má svůj vlastní displej, ale neumožňuje měřit rychlost kamene a zároveň je dvojnásobně draží než ostatní varianty.

	Chronocurl	TCi Timing System	RockHawk
měření rychlosti	ANO	NE	ANO
obsahuje displej	NE	ANO	NE
cena bez DPH	19.700 Kč	46.837 Kč	22.886 Kč

Tabulka 12: Přehled konkurenčních výrobků.

Nepodařilo se dohledat konkrétní právní subjekty vyrábějící zařízení Chronocurl a RockHawk, na základě dostupných informací z webové prezentace však plyne, že se jedná o podnikající fyzické osoby. Zařízení TCI Timing System vyrábí firma Brower Timing Systems, jež je zavedenou firmou v oboru sportovního časování, především v oblasti atletiky a sjezdového lyžování, nicméně z hlediska curlingu přináší nejmenší užitek, a to přestože se jedná o nejdražší řešení [59]. Vzhledem k vysoké ceně zařízení a nutnosti dokupovat příslušenství (displej od třetí strany, případně stativ) nejsou zařízení příliš rozšířená. Na základě proběhlých rozhovorů s českými curlery byly v roce 2019 v České republice používány vrcholovými týmy dvě zařízení Chronocurl a jedno zařízené TCI Timing System.

10.5 Marketingová strategie

Marketingová strategie představuje ucelený přístup k zákazníkovi. Tento podnikatelský plán využívá tzv. marketingového mixu 4P.

- Product (Produkt)
- Price (Cena)
- Place (Distribuce)
- Promotion (Propagace)

Každý jednotlivý bod bude rozebrán zvlášť a budou v něm prezentovány klíčové aspekty dané části marketingové strategie.

10.5.1 Produkt

Vzhledem k velmi specializovanému použití zařízení je vhodné produkt nabízet pod dedikovaným vlastním jménem/značkou. V současné první verzi produktu se bude jednat o jediný set skládající se ze čtyř měřících a jednoho zobrazovacího modulu. Set bude představen jako napájený na baterie s dlouhou výdrží. Set bude prodáván v jednom obale a bude obsahovat přenosnou tašku pro jednoduchý transport. Produkt bude moderního nadčasového jednoduchého designu. Na produkt se bude vztahovat dvouletá záruka. Životnost zařízení se očekává při pravidelném používání na pět let.

10.5.2 Cena

Na základě analýzy konkurence, odhadu poptávky a nákladů na výrobu jednoho setu byla stanovena cena na 11.500 Kč bez DPH. Vzhledem k tomu, že tato cena je výrazně nižší než u konkurenčních produktů, byla v rámci marketingové strategie zvolena politika orientace na co největší podíl na trhu. Takováto cenová politika předpokládá, že firma s většinovým tržním podílem dokáže minimalizovat náklady na výrobu a maximalizovat zisk prodejem mnoha kusů. Je důležité si uvědomit, že nižší cena umožní zatraktivnit produkt i pro skupiny pokročilých amatérů, kteří by si konkurenční produkty spíše nekoupili, především kvůli limitovaným vlastnostem a výrazně vyšší ceně.

10.5.3 Distribuce

Hlavním distribučním kanálem bude přímý internetový prodej koncovým zákazníkům pomocí e-shopu, a to z toho důvodu, že curlingové komunita je značně rozprostřená po celém světě a je zvyklá objednávat curlingové pomůcky přes internet. Doprava bude probíhat pomocí přepravní služby, kterých je v dnešní době velké množství. Doplnkově bude zařízení distribuováno do specializovaných prodejen curlingu třetích stran, které jsou populární především v Kanadě.

10.5.4 Komunikace

Kromě optimalizované webové prezentace a e-shopu, které jsou v dnešní době samozřejmostí, je třeba implementovat i specificky cílenou reklamu. Vzhledem k provedené segmentaci trhu je nutné tuto specifickou reklamu zacílit především na profesionální hráče curlingu. Tito hráči se nejčastěji pohybují na turnajích WCT, které svým partnerům umožňují relativně levně propagovat svoje produkty. Další cestou je propagace přímo formou oslovení konkrétního mistrovského týmu, jenž by produkt zhodnotil a v případě pozitivní reakce používal a propagoval. Další uvažovanou komunikační strategií je pěstování public relations - darování zařízení do dětských skupin či hráčům pocházejícím ze znevýhodněných podmínek.

10.6 Finanční plán

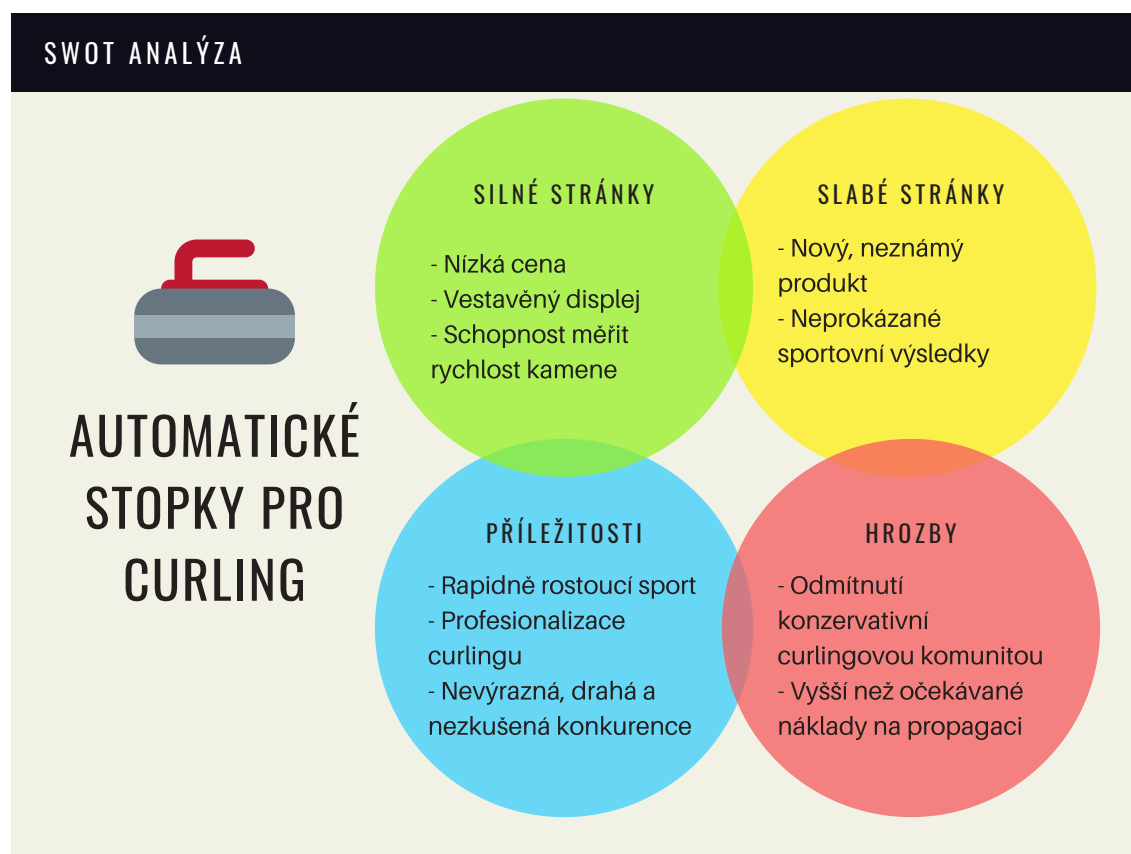
Finanční plán projektu vychází z rozsáhlé finanční analýzy provedené v kapitole 8 – [Finanční analýza](#). Na základě této analýzy bylo vyhodnoceno, že nejvhodnější je výrobu realizovat v sériové variantě. Tato varianta počítá s jedním dedikovaným marketingovým pracovníkem, který bude mít na starost komunikaci se zákazníky a partnery a jedním technickým pracovníkem, který bude montovat a kompletovat zařízení.

Finanční plán počítá s počáteční investicí ve výši 1.004.255 Kč. Na její pokrytí v prvních letech počítá plán s čerpáním úvěru ve výši 1.904.623 Kč při úrokové sazbě 4,9 % p.a. po dobu pěti let². Projekt zároveň vyžaduje investici vlastního kapitálu ve výši 625.500 Kč pro pokrytí provozních ztrát v prvních třech letech. Finanční plán počítá s poptávkou ve výši 1.500 ks během prvních pěti let a zároveň očekává, že v prvním roce dosáhne poptávka pěti procent, v druhém roce 10 %, v třetím roce 20 %, ve čtvrtém roce 35 % a v pátém roce 30 %. Tato úvaha vychází z toho, že o zařízení z počátku nebude příliš hráčů vědět, naopak, ke konci období porovnání bude docházet k saturaci trhu a zájem o zařízení nebude již růst tak rychle. Zařízení bude mít průměrnou dobu života cca pět let, takže v rámci ekonomického hodnocení nebude počítáno s obnovou u týmů během doby životnosti. [Tabulka 9](#) v oddílu [10.1 – Manažerský souhrn](#) shrnuje hlavní ekonomické ukazatele finančního plánu.

²Výše úvěru byla stanovena na základě numerické simulace pro dosažení maximální hodnoty NPV. Podmínky úvěru byly odhadnuty jako obvyklé, z referenčního produktu „firemní FÉR úvěr“ od banky Sberbank.

10.7 Hlavní předpoklady úspěšnosti a rizika projektu

Pro zhodnocení hlavních předpokladů úspěšnosti projektu byla využita metoda SWOT analýzy a analýzy rizik. Tyto dvě analýzy přehledným způsobem prezentují hlavní faktory ovlivňující úspěšnost projektu. Na [obrázku 21](#) je vidět SWOT analýza zobrazující silné a slabé stránky, hlavní rizika a příležitosti.



Obrázek 21: SWOT analýza podnikatelského záměru.

Na základě výše uvedené SWOT analýzy a detailního hodnocení projektu byly vyhodnoceny hlavní rizika projektu. Tyto rizika jsou přehledně uvedena na [obrázku 22](#). Ke každému riziku je zároveň uvedeno řešení, jak je minimalizovat.

ANALÝZA RIZIK	
RIZIKA	OPATŘENÍ
Zákazník se o zařízení nedozví	Cílená intenzivní reklama
Zájem o zařízení bude vyšší než se čekalo	Vytvoření dostatečných zásob
Výpadek v zásobování	Existence záložních dodavatelů
Požadavky zákazníků na změny	Monitorování zpětné vazby
Nedostatek kvalifikovaných zaměstnanců	Vysoká standardizace procesů



AUTOMATICKÉ STOPKY PRO CURLING

Obrázek 22: Analýza rizik podnikatelského záměru.

10.8 Závěrečné shrnutí realizovatelnosti

Projekt automatických stopek pro použití v curlingu má za cíl nejenom nabídnout širšímu okruhu zákazníků kvalitnější zařízení za nižší cenu, ale rovněž se podílet na profesionalizaci a technologizaci olympijského sportu curlingu, díky kterým bude moci sport růst v kompetici s jinými, již etablovanými, disciplinami. Zařízení bylo vyvinuto s ohledem na specifické sportovní potřeby vrcholových hráčů, i přesto však dokáže nabídnout užitečnou funkcionalitu i pro pokročilé amatéry. Podnikatelský plán čerpá z mnoha osobních zkušeností, detailních rozhovorů s předními českými hráči a hráčkami curlingu a především z pečlivě provedené finanční analýzy. Za podstatnou konkurenční výhodu oproti ostatním produktům lze považovat přítomnost dedikovaného displeje a schopnosti měřit okamžitou rychlost kamene na Hog-Line při zachování nejnižší ceny. Je evidentní, že zájem o zařízení existuje a při správném technologickém návrhu a chytře nastavené ceně mohou být jeho výroba a prodej komerčně úspěšné.

Kapitola 11

Shrnutí druhé části

Druhá část diplomové práce se zabývala vytvořením finanční analýzy výroby a prodeje automatických stopek pro použití v curlingu. V rámci této analýzy byl brán největší zřetel na porovnání varianty kusové a sériové výroby. Pro úspěšné vytvoření životaschopného modelu byla přijata řada předpokladů. Zároveň byla v této části diplomové práce uvedena hlavní východiska ekonomické teorie, se kterými finanční analýza počítá. Sériová výroba se nakonec ukázala i přes vyšší počáteční investic při daných předpokladech jako ekonomicky efektivnější.

V druhé polovině druhé části této diplomové práce byl představen podnikatelský plán popisující implementaci výroby a prodeje automatických stopek pro použití v curlingu do již existujícího výrobně obchodního podniku. Podnikatelský plán byl vytvořen v souladu s platnými zvyklostmi a obsahuje klíčové informace o produktu, jeho ceně, marketingové strategii či analyzuje jeho předpoklady úspěšnosti a uvádí existující rizika a způsoby jejich remediace.

Jak již bylo uvedeno v úvodu k této části a také v přijatých předpokladech, ekonomické hodnocení záměru počítá s implementací výroby produktu do již existující výrobně-obchodní firmy. Do budoucna by bylo možné na tuto práci navázat a zpracovat detailnější finanční analýzu i podnikatelský plán, byla-li by vybrána konkrétní společnost, která by se výrobou zabývala. V takovém případě by byly výsledky přesnější a hodnotnější.



Část III

Závěr a přílohy



Závěrečné shrnutí

Diplomová práce měla za cíl popsat návrh a vývoj automatických stopek pro použití v curlingu a následně zpracovat podnikatelský plán výroby. První část diplomové práce se zabývala především technickými aspekty návrhu a vývoje. V práci bylo rozebráno, jaké požadavky existují v olympijském sportu curlingu na takové zařízení. Zároveň byl problém převeden do technického formalismu. Dále byl navrhnout prototyp zařízení, na kterém byla ověřena funkčnost zařízení a který umožnil stanovit klíčové vstupy pro druhou část diplomové práce, především finanční analýzu.

Druhá část diplomové práce rozpracovávala ekonomicko-provozní aspekt výroby a prodeje vyvinutých automatických stopek pro použití v curlingu. Stěžejním bodem druhé části této práce byla finanční analýza vycházející z moderní ekonomické teorie. Finanční analýza měla za cíl především porovnat kusovou a sériovou variantu výroby a rozhodnout, která je ekonomicky efektivnější. Sériová výroba, která se dle modelu ukázala jako ekonomicky efektivnější, pak byla následně zakomponována do podnikatelského plánu, jenž popsal hlavní aspekty přerodu produktu v podnikatelský záměr.

Diplomová práce končí v první části vytvořením funkčního prototypu, který disponuje všemi nezbytnými vlastnostmi a byl úspěšně otestován na ledové ploše, při reálném curlingové tréninku. Nebylo však v rozsahu této práce rozpracovat konkrétní výrobně-technický návrh pro masovou výrobu. Do budoucna by tak bylo možné na tuto práci navázat a prototyp přetavit do finálního produktu, který může být vyráběn skutečně masovou cestou. Stejně tak druhá část diplomové práce přijala řadu předpokladů a omezení, které částečně výsledky práce zkreslují. Jedná se například o předpoklad

implementace programu výroby automatických stopek do již existující firmy. Fungování této firmy ale analýza nezpracovává a dopouští se tak značných zjednodušení. I zde by bylo možné práci v budoucnu rozšířit.

Závěrem lze uvést, že diplomová práce se snažila pokrýt všechny podstatné body uvádění produktu na trh. Od návrhu, přes vývoj až po podnikatelský plán. Díky tomu je tato závěrečná práce dobrým příkladem multioborového bádání, které se pohybuje v oblasti sportu a tělovýchovy, aplikované elektrotechniky, ale zároveň finanční analýzy a marketingu. Právě tento mnohaoborový přístup je klíčový pro působení v řadě oborů vyžadující inovativní řešení ve všech životních fázích produktu.

Příloha A

Literatura

1. GRASSIE, Julia. *Olympic Anniversary: Curling at the 1998 Nagano Olympics* [online]. 2018 [cit. 2020-03-15]. Dostupné z: <https://www.wrcbtv.com/story/37451902/olympic-anniversary-curling-at-the-1998-nagano-olympics>.
2. STRONG, Gregory. *Simmering Issues Appear to Have Elite Curling Approaching a Crossroads* | *National Post* [online]. 2019 [cit. 2020-03-15]. Dostupné z: <https://nationalpost.com/pmn/sports-pmn/simmering-issues-appear-to-have-elite-curling-approaching-a-crossroads>.
3. WCF. *Curling's Mixed Doubles Discipline Set for Historic Olympic Debut* [online]. 2018 [cit. 2020-03-15]. Dostupné z: <http://worldcurling.org/2018/02/owg2018-preview-one/>.
4. BALDWIN, Alan. Rocking from Scotland to Saudi Arabia, Canada to Qatar. *Reuters* [online]. 2018 [cit. 2020-03-15]. Dostupné z: <https://www.reuters.com/article/us-olympics-2018-curl-growth-idUSKBN1F51JV>.
5. FRIDELL, Ron. *Sports Technology*. Minneapolis, Minn: Lerner Publications, 2009. Cool Science. ISBN 978-0-7613-4299-1. OCLC: ocn184982481.
6. SPENCER, Donna. *World Curling Federation Bans the 'Frankenbroom'* [online]. 2016 [cit. 2020-03-15]. Dostupné z: <https://www.thestar.com/sports/curling/2016/10/18/world-curling-federation-bans-the-frankenbroom.html>.

7. THE CANADIAN PRESS. *'Frankenbrooms' Temporarily Banned by World Curling Federation / CBC Sports* [online]. 2015 [cit. 2020-03-15]. Dostupné z: <https://www.cbc.ca/sports/olympics/winter/curling/frankenbrooms-banned-1.3307866>.
8. ČESKÝ SVAZ CURLINGU. *Sezóna byla ukončena* [online]. 2020 [cit. 2020-03-21]. Dostupné z: <http://curling.cz/sezona-byla-ukoncena/>.
9. WCF. *History of Curling* [online]. 2020 [cit. 2020-03-21]. Dostupné z: <http://worldcurling.org/about/history/>.
10. WCF. *World Curling Federation, Annual Review, 2018-2019*. Perth, United Kingdom, 2020. Výroční zpráva.
11. TÁBORSKÝ, František. *Cílové sporty: základní pravidla, organizace, historie*. Praha: Grada, 2007. ISBN 978-80-247-1637-4. OCLC: 85709661.
12. KIRKLAND LAKE CURLING CLUB. *About Kirkland Lake Curling Club - KL Gold Curling Centre* [online]. 2020 [cit. 2020-04-17]. Dostupné z: <https://www.kirklandlakecurlingclub.com/curling.html>.
13. MYCURLING.COM. *The Curling Sheet* [online]. 2005 [cit. 2020-04-17]. Dostupné z: <http://mycurling.com/Articles/curlingsheet.html>.
14. OXFORD UNIVERSITY PRESS (ed.). *A Dictionary of Biology*. 6th ed. Oxford ; New York: Oxford University Press, 2008. Oxford Paperback Reference. ISBN 978-0-19-920462-5.
15. HUMAN BENCHMARK. *Human Benchmark - Reaction Time Statistics* [online]. 2020 [cit. 2020-03-14]. Dostupné z: <https://www.humanbenchmark.com/tests/reactiontime/statistics>.
16. FAUX, David A.; GODOLPHIN, Janet. Manual Timing in Physics Experiments: Error and Uncertainty. *American Journal of Physics* [online]. 2019, vol. 87, no. 2, s. 110–115 [cit. 2020-03-14]. ISSN 0002-9505, 1943-2909. ISSN 0002-9505, 1943-2909. Dostupné z DOI: 10.1119/1.5085437.
17. HETZLER, Ronald K; STICKLEY, Christopher D; LUNDQUIST, Kelly M; KIMURA, Iris F. Reliability and Accuracy of Handheld Stopwatches Compared With Electronic Timing in Measuring Sprint Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. 2008, vol. 22, no. 6, s. 1969–1976 [cit. 2020-03-14]. ISSN 1064-8011. Dostupné z DOI: 10.1519/JSC.0b013e318185f36c.
18. JAMES, Daniel A; PETRONE, Nicola. *Sensors and Wearable Technologies in Sport Technologies, Trends and Approaches for Implementation*. Singapore: Springer Singapore, Imprint: Springer, 2016. ISBN 978-981-10-0992-1. OCLC: 1050007827.

19. EARP, Jacob E.; NEWTON, Robert U. Advances in Electronic Timing Systems: Considerations for Selecting an Appropriate Timing System. *Journal of Strength and Conditioning Research* [online]. 2012, vol. 26, no. 5, s. 1245–1248 [cit. 2020-01-21]. ISSN 1064-8011. Dostupné z DOI: 10.1519/JSC.0b013e3182474436.
20. ALTMANN, Stefan; SPIELMANN, Max; ENGEL, Florian Azad; RINGHOF, Steffen; ORIWOL, Doris; HÄRTEL, Sascha; NEUMANN, Rainer. Accuracy of Single Beam Timing Lights for Determining Velocities in a Flying 20-m Sprint: Does Timing Light Height Matter? *Journal of Human Sport and Exercise* [online]. 2018, vol. 13, no. 3 [cit. 2020-03-14]. ISSN 1988-5202. Dostupné z DOI: 10.14198/jhse.2018.133.10.
21. MARYLAND), Japanese Technology Evaluation Center (Loyola College in; MARYLAND), World Technology Evaluation Center (Loyola College in; SME, Rapid Prototyping Association of (eds.). *JTEC/WTEC Panel on Rapid Prototyping in Europe and Japan: Final Report*. Baltimore, MD: Published and Distributed by Rapid Prototyping Association of the Society of Manufacturing Engineers, in cooperation with International Technology Research Institute, Loyola College in Maryland, 1997. ISBN 978-1-883712-44-0.
22. LIOU, Frank W. *Rapid Prototyping and Engineering Applications: Dekker Mechanical Engineering*. [online]. Hoboken: Taylor & Francis Ltd., 2007 [cit. 2020-05-03]. ISBN 978-1-4200-1410-5. Dostupné z: <http://public.ebookcentral.proquest.com/choice/publicfullrecord.aspx?p=311070>. OCLC: 437188627.
23. SIMPLIFY3D. *Ultimate 3D Printing Material Properties Table* [online]. 2020 [cit. 2020-05-09]. Dostupné z: </support/materials-guide/properties-table/>.
24. AUTOMATION CREATIONS. *Overview of Materials for PETG Copolyester* [online]. 2020 [cit. 2020-05-09]. Dostupné z: http://www.matweb.com/search/datasheet_print.aspx?matguid=4de1c85bb946406a86c52b688e3810d0.
25. COLBACH, G. *The WiFi Networking Book: WLAN Standards: IEEE 802.11 Bgn, 802.11n, 802.11ac and 802.11ax*. Independently Published, 2019. ISBN 978-1-07-332842-0. Dostupné také z: <https://books.google.cz/books?id=Q06xxgEACAAJ>.
26. BREALEY, Richard A.; MYERS, Stewart C.; MARCUS, Alan J. *Fundamentals for Corporate Finance*. Tenth Edition. Dubuque, IA: McGraw-Hill Education, 2019. ISBN 978-1-260-01396-2.
27. FISHER, Irving. *Appreciation and Interest: A Study of the Influence of Monetary Appreciation and Depreciation on the Rate of Interest with Applications to the Bimetallic Controversy and the Theory of Interest*. New York: Pub. for the American economic association by the Macmillan company; [etc., etc.], 1896. Publications of the

- American Economic Association. [Monographs], no. v. 11, no. 4. OCLC: 1039948705.
28. REEKIE, W. Duncan; CROOK, Jonathan N. *Managerial Economics: A European Text*. 4th ed. New York: Prentice Hall, 1995. ISBN 978-0-13-100520-4.
 29. ERHARDT, Michael; FOX, Roland; BRIGHAM, Eugene. *FINANCIAL MANAGEMENT: Theory and Practice*. Place of publication not identified: CENGAGE LEARNING EMEA, 2019. ISBN 978-1-4737-6021-9. OCLC: 1050586801.
 30. TREYNOR, Jack L. Market Value, Time, and Risk. *SSRN Electronic Journal* [online]. 1961 [cit. 2020-03-29]. ISSN 1556-5068. Dostupné z DOI: 10.2139/ssrn.2600356.
 31. FRENCH, Craig W. Jack Treynor's 'Toward a Theory of Market Value of Risky Assets'. *SSRN Electronic Journal* [online]. 2002 [cit. 2020-03-29]. ISSN 1556-5068. Dostupné z DOI: 10.2139/ssrn.628187.
 32. DAMODARAN, Aswath. Estimating Risk Parameters. 1999, s. 31.
 33. DAMODARAN, Aswath. Equity Risk Premiums: Determinants, Estimation and Implications - The 2020 Edition. *SSRN Electronic Journal* [online]. 2020 [cit. 2020-03-22]. ISSN 1556-5068. Dostupné z DOI: 10.2139/ssrn.3550293.
 34. DAMODARAN, Aswath. *Damodaran on Valuation: Security Analysis for Investment and Corporate Finance*. 2nd ed. Hoboken, N.J.: John Wiley & Sons, 2006. Wiley Finance Series. ISBN 978-0-471-75121-2. OCLC: ocm63808097.
 35. KOLB, Burton A.; DEMONG, Richard F. *Principles of Financial Management*. 2nd ed. Plano, Tex: Business Publications, 1988. ISBN 978-0-256-03699-2.
 36. KRISHNAMURTI, C.; VISHWANATH, S.R. *Mergers, Acquisitions and Corporate Restructuring*. SAGE Publications, 2008. ISBN 978-81-7829-973-0. Dostupné také z: <https://books.google.cz/books?id=E6KHAwAAQBAJ>.
 37. OGIER, T.; RUGMAN, J.; SPICER, L. *The Real Cost of Capital: A Business Field Guide to Better Financial Decisions*. Pearson Education Limited, 2012. Financial Times Series. ISBN 978-0-273-74825-0. Dostupné také z: <https://books.google.cz/books?id=48TCBRK10xYC>.
 38. CASTEDELLO, Marc; SCHÖNIGER, Stefan. Cost of Capital Study 2019. *Cost of Capital*. 2019, s. 48.
 39. VALACH, Josef. Internal Rate of Return or Modified Internal Rate of Return. *Český finanční a účetní časopis* [online]. 2013, vol. 2013, no. 3, s. 114–121 [cit. 2020-04-11]. ISSN 18022200, 18022200, 18022200. Dostupné z DOI: 10.18267/j.cfuc.375.

40. BHANDARI, Shyam B. Discounted Payback Period-Some Extensions. *Journal of Business and Behavioral Sciences*. 2009, vol. 21, no. 1, s. 28–38.
41. DAMODARAN, Aswath. Country Risk: Determinants, Measures and Implications – The 2019 Edition. *SSRN Electronic Journal* [online]. 2019 [cit. 2020-03-22]. ISSN 1556-5068. Dostupné z DOI: 10.2139/ssrn.3427863.
42. ECHO24; ČTK. *Česko má historicky nejlepší rating. I mezi zeměmi východního bloku - Echo24.cz* [online]. 2019 [cit. 2019-11-09]. Dostupné z: <https://echo24.cz/a/Sa2ZC/cesko-ma-historicky-nejlepsi-rating-i-mezi-zememi-vychodniho-bloku>.
43. DAMODARAN, Aswath. *Country Default Spreads and Risk Premiums* [online]. 2020 [cit. 2020-03-22]. Dostupné z: http://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/ctryprem.html.
44. DAMODARAN, Aswath. *Useful Data Sets* [online]. 2020 [cit. 2020-03-22]. Dostupné z: http://people.stern.nyu.edu/adamodar/New_Home_Page/datacurrent.html#discrate.
45. ČNB. *Aktuální prognóza ČNB - Česká národní banka* [online]. 2020 [cit. 2020-03-22]. Dostupné z: <https://www.cnb.cz/cs/menova-politika/prognoza/>.
46. ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD. *Průměrné mzdy - 4. čtvrtletí 2019* [online]. 2020 [cit. 2020-03-22]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/cri/prumerne-mzdy-4-ctvrtleti-2019>.
47. HOVORKA, Jiří. *Průměrná mzda stoupla nad 36 tisíc, firmy už ale brzdí* [online]. 2020 [cit. 2020-03-22]. Dostupné z: <https://www.penize.cz/mzda-a-plat/413247-prumerne-mzda-stoupla-nad-36-tisic-firmy-uz-ale-brzdi>.
48. ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD. *Struktura mezd zaměstnanců - 2018* [online]. 2019 [cit. 2020-03-22]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/struktura-mezd-zamestnancu-2018>.
49. ČESKÁ NÁRODNÍ RADA. *Zákon č. 586/1992 Sb. o daních z příjmů*. 1992.
50. DĚRGEL, Martin. *Při uplatnění daňové ztráty nestačí jen hlídat pět let - Portál POHODA* [online]. 2018 [cit. 2019-11-20]. Dostupné z: <https://portal.pohoda.cz/dane-ucetnictvi-mzdy/dan-z-prijmu/pri-uplatneni-danove-ztraty-destaci-hlidat-pet-let/>.
51. SRPOVÁ, Jitka. *Podnikatelský plán a strategie*. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-247-4103-1. OCLC: 768557300.
52. WORLD HEALTH ORGANISATION. *Coronavirus Disease (COVID-19) Pandemic* [online]. 2020 [cit. 2020-03-22]. Dostupné z: <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019>.
53. ORLÍK, Tomáš. *Tvorba, Hodnocení a Financování Podnikatelských Projektů*. 2011.

54. WCT. *World Curling Tour, Men* [online]. 2019 [cit. 2020-04-25]. Dostupné z: <https://www.worldcurl.com/rankings.php?task=week&oomid=21&eventyear=2019>.
55. WCT. *World Curling Tour, Women* [online]. 2019 [cit. 2020-04-25]. Dostupné z: <https://www.worldcurl.com/rankings.php?task=week&oomid=51#>.
56. CHRONOCURL.COM. *Chronocurl: Two Chronocurl Combo* [online]. 2020 [cit. 2020-03-14]. Dostupné z: <https://chronocurl.com/store/chronocurl/chronocurl-18-detail>.
57. HAB INTERNATIONAL LTD. *Timing, Speed, Power* [online]. 2020 [cit. 2020-03-14]. Dostupné z: <https://www.habdirect.co.uk/product-category/fitness/fitness-testing-and-sports-performance/timing-speed/>.
58. HAWK, Rock. *Rock Hawk - The Ultimate Curling Timer* [online]. 2020 [cit. 2020-03-14]. Dostupné z: <http://www.rockhawk.ca/>.
59. BROWER TIMING SYSTEMS. *About* [online]. 2018 [cit. 2020-04-25]. Dostupné z: <https://browertiming.com>.



Příloha B

Výpočetní soubor k finanční analýze

Výpočetní soubor k finanční analýze je dostupný pouze v elektronické podobě. Lze jej nalézt v elektronickém repositáři Českého vysokého učení technického – *ČVUT DSpace* či si jej vyžádat na domovské katedře na adrese:

Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd

Fakulta elektrotechnická

České vysoké učení technické

Jugoslávských partyzánů 3

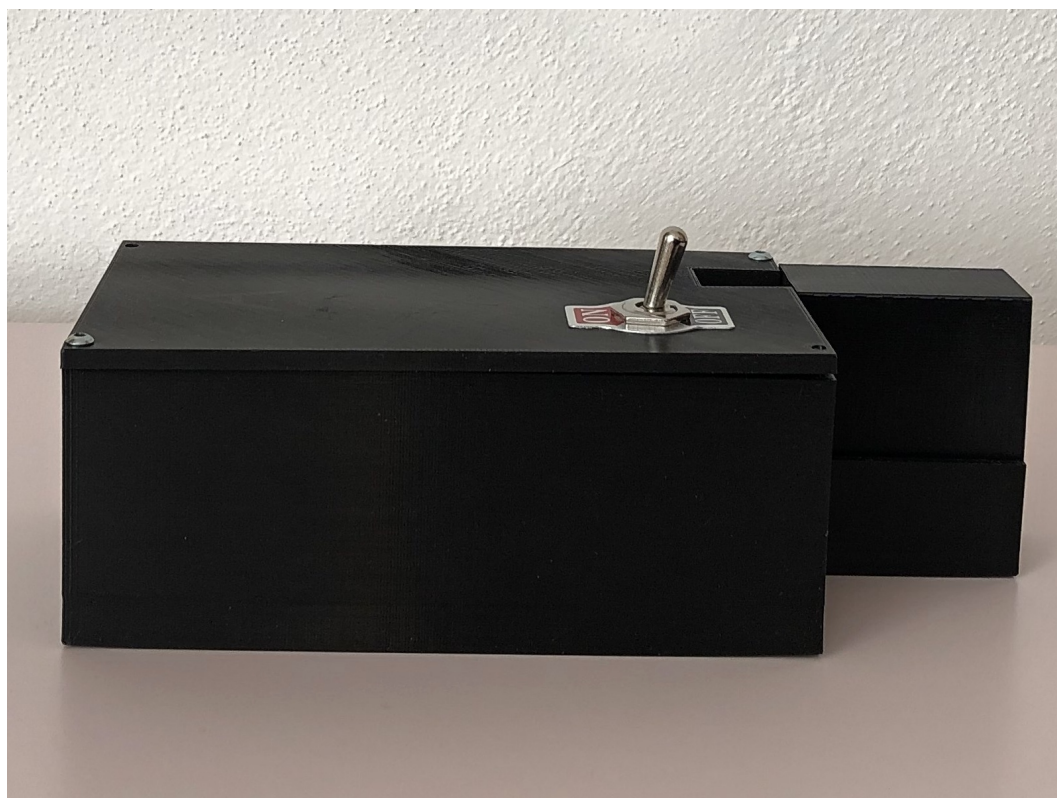
160 00 Praha 6

Příloha C

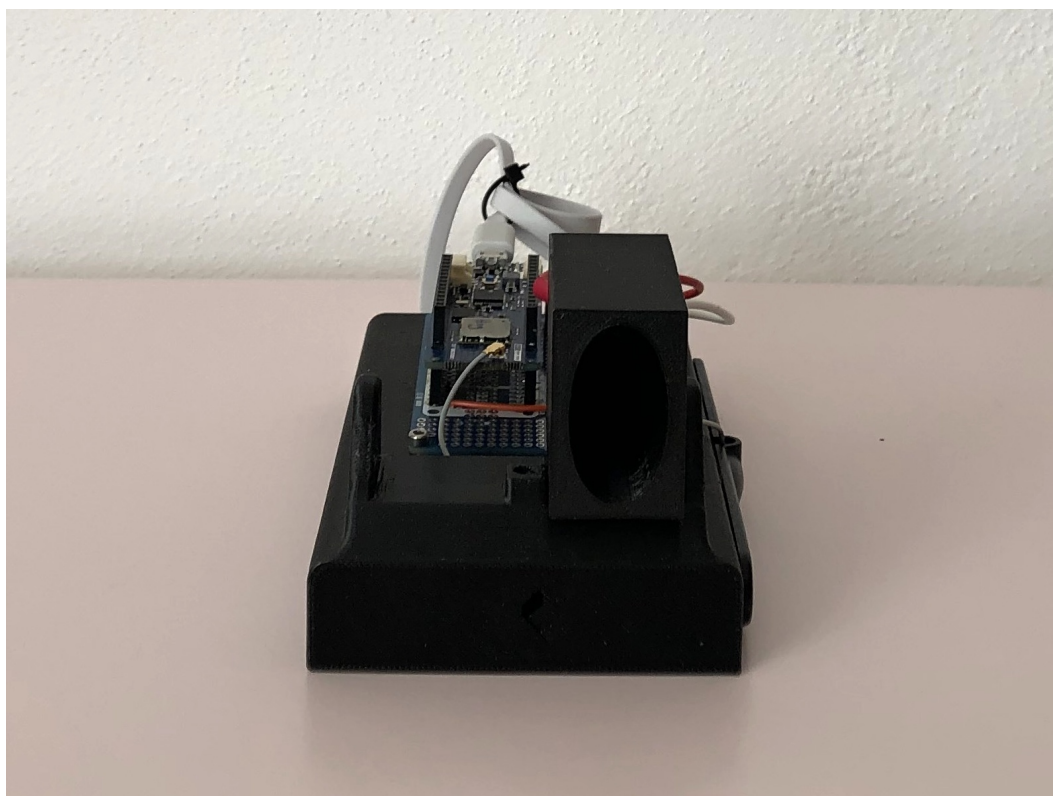
Dodatečné fotografie prototypu



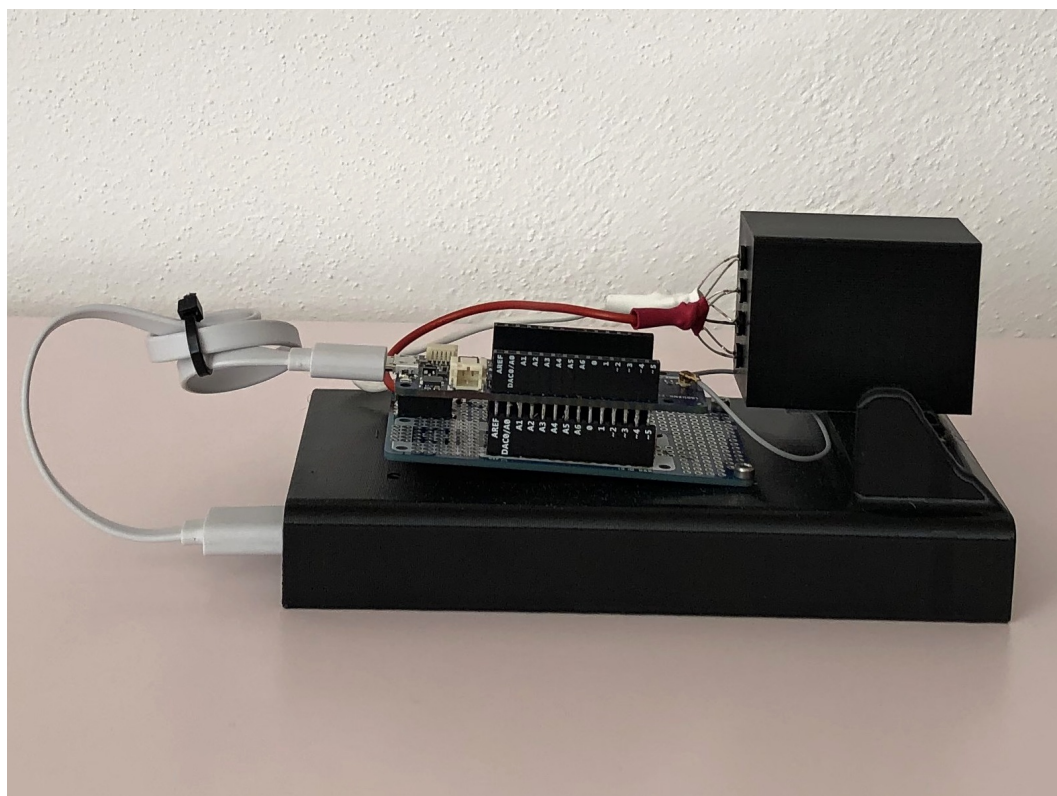
Obrázek 23: Fotografie modulu A1/A2. Přední pohled.



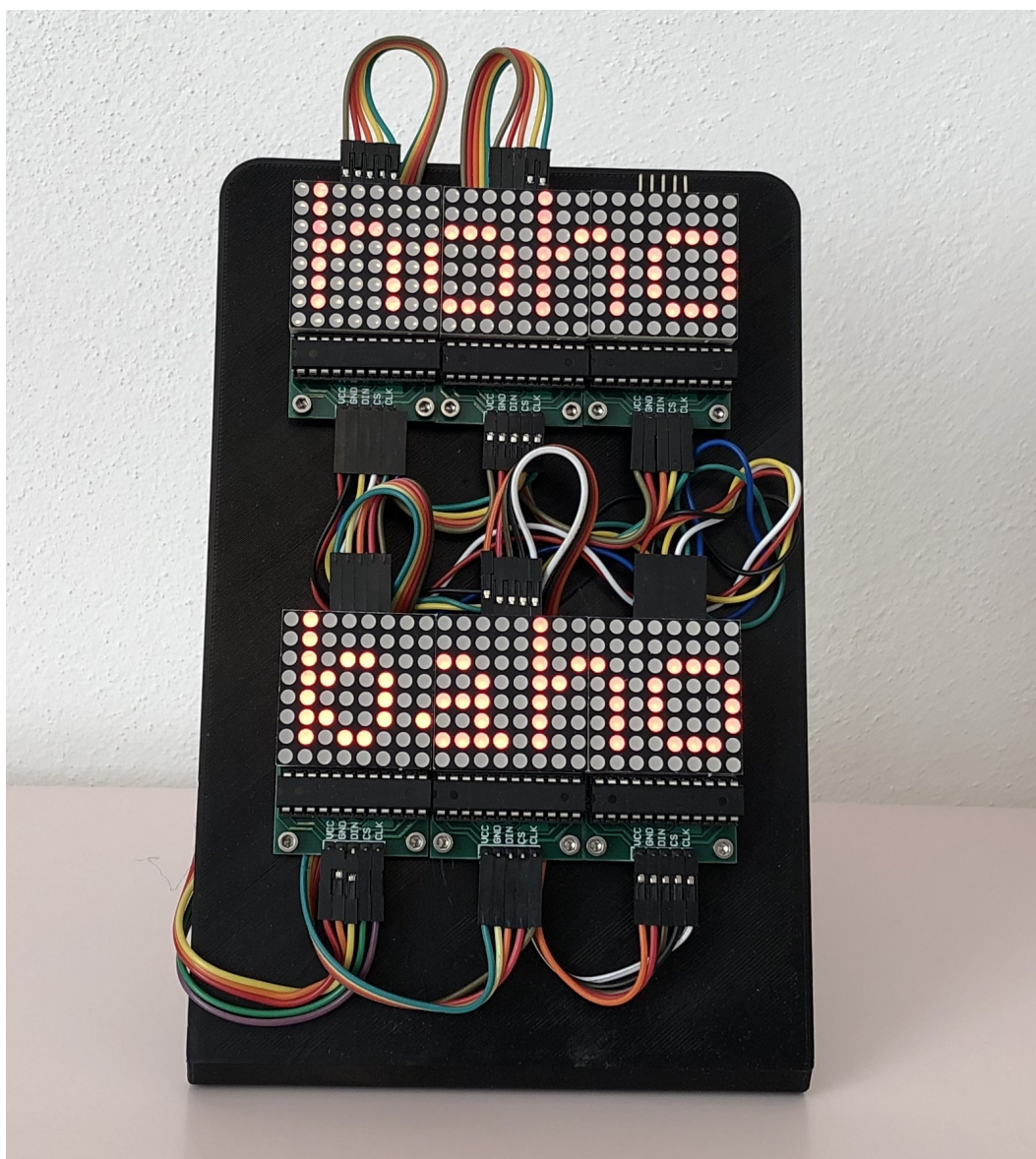
Obrázek 24: Fotografie modulu A1/A2. Boční pohled.



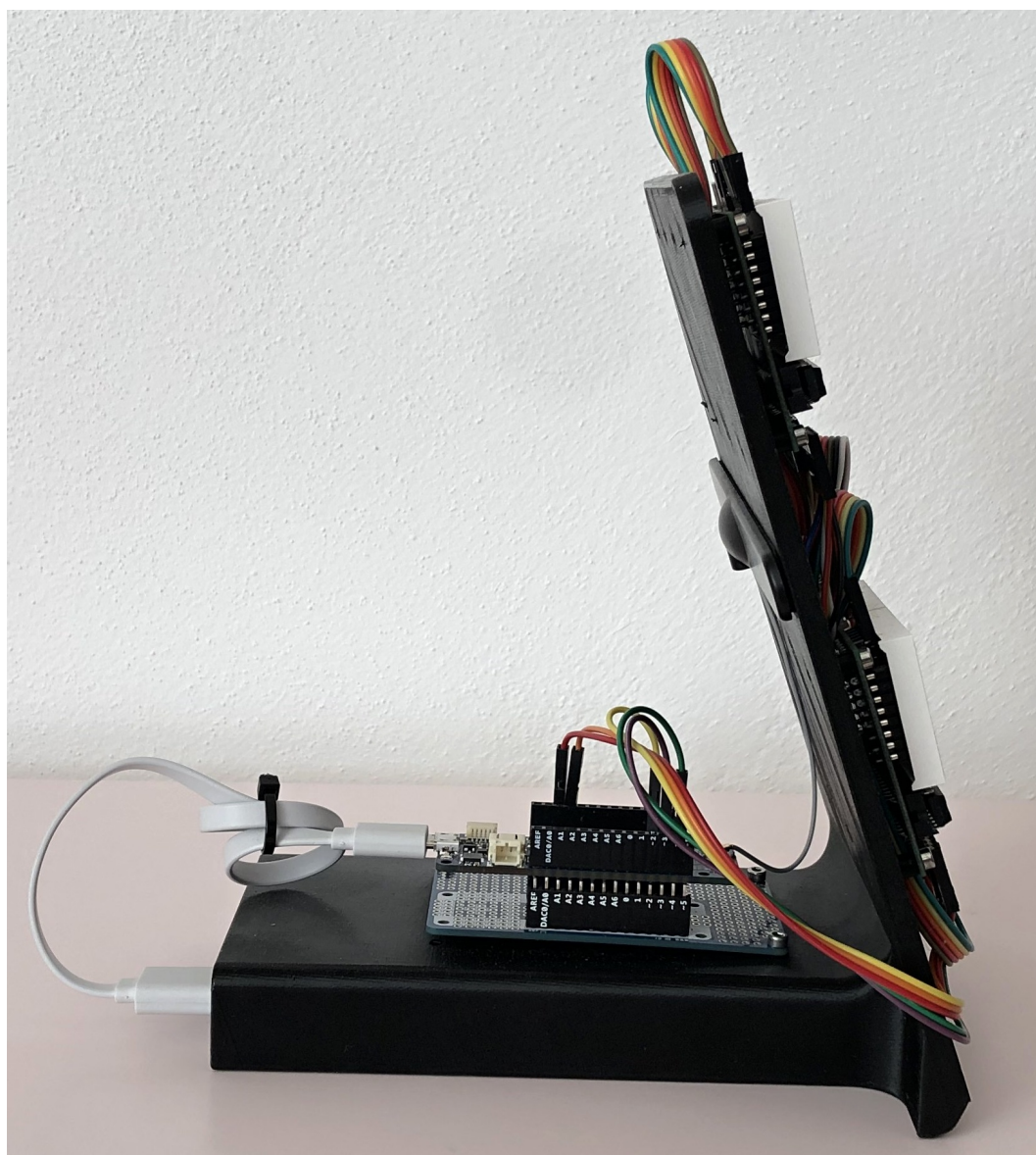
Obrázek 25: Fotografie modulu B1/B2. Přední pohled.



Obrázek 26: Fotografie modulu B1/B2. Boční pohled.



Obrázek 27: Fotografie modulu C. Přední pohled.



Obrázek 28: Fotografie modulu C. Boční pohled.



Příloha D

Stanovení chyby měření pomocí kamery

Stanovení chyby měření pomocí vysokorychlostní kamery

Čas vypočtený z fps [s]	Čas vypočtený z fps [ms]	Čas udaný zařízením [s]	Čas udaný zařízením [ms]	Absolutní chyba [ms]	(odchylka od střední hodnoty) ²
0,25	246	0,24	240	-5,80	0,86
0,10	104	0,09	90	-14,20	87,05
0,33	333	0,34	340	6,70	133,86
0,35	354	0,35	350	-4,10	0,59
0,45	451,20	0,43	430,00	-21,20	266,67
0,82	819,50	0,82	820,00	0,50	28,84
0,88	884,80	0,88	880,00	-4,80	0,00
0,95	954,70	0,94	940,00	-14,70	96,63
1,12	1119,60	1,11	1110,00	-9,60	22,37
1,51	1511,50	1,53	1530,00	18,50	546,16

střední hodnota chyby [ms]	-4,87		nejistota typu A [ms]	3,63
Maximální chyba kladná [ms]	18,50		nejistota typu B [ms]	2,41
Maximální chyba záporná [ms]	-21,20		nejistota měření [ms]	4,35
			rozšířená nejistota měření; $k=3$ [ms]	13,053



Příloha E

Závislost dojezdu kamene na rychlosti

Měření dojezdu curlingového kamene v závislosti na rychlosti na Hog Line

Back Line - Hog Line ruční stopky [s]	Back Line - Hog Line automat [s]	rychlost na Hog Line [m/s]	Kam kámen dojel [zóna]
3,90	4,09	2,04	1
4,00	4,07	2,11	2
3,87	3,91	2,18	2,5
3,81	3,86	2,20	3
3,85	3,82	2,20	3
3,60	3,74	2,27	3,5
3,69	3,74	2,27	3,5
3,78	3,75	2,27	3,5
3,69	3,77	2,29	7
3,70	3,81	2,29	7
3,66	3,70	2,29	7
3,72	3,70	2,36	9
3,54	3,60	2,38	10
3,65	3,69	2,38	10
3,75	3,70	2,38	10



Příloha F

Detailní seznam použitých komponent

Podrobný seznam komponent jednotlivých modulů

modul	položka - název	počet jednotek	jednotka	odkaz na obchod
A1/A2	baterie typu 18650	2	ks	https://www.laskard
A1/A2	držák baterie 18650	2	ks	https://www.laskard
A1/A2	Infra LED 5MM 55mW/15° OSI5CA5111A	3	ks	https://www.gme.cz
A1/A2	Boost Step Up Měníč napětí	1	ks	https://arduino-shop
A1/A2	nabíječka baterií s ochranou TP4056	1	ks	https://robotdyn.com
A1/A2	Vypínač/přepínač	1	ks	https://www.gme.cz
B1/B2	Arduino MKR WAN 1310	1	ks	https://store.arduino
B1/B2	Arduino MKR proto shield	1	ks	https://store.arduino
B1/B2	Arduini LoRa anténa	1	ks	https://store.arduino
B1/B2	IR Fotodioda BPV10NF	4	ks	https://www.gme.cz
B1/B2	Power Banka Xiaomi Mi Power Bank 2S 10000mAh	1	ks	https://www.mall.cz
B1/B2	Vypínač/přepínač	1	ks	https://arduino-shop
C	Arduino MKR WAN 1310	1	ks	https://store.arduino
C	Arduino MKR proto shield	1	ks	https://store.arduino
C	Arduini LoRa anténa	1	ks	https://store.arduino
C	Maticový displej s řadičem MAX7219	6	ks	https://www.laskard
C	Power Banka Xiaomi Mi Power Bank 2S 10000mAh	1	ks	https://www.mall.cz
C	Vypínač/přepínač	1	ks	https://arduino-shop

Příloha G

Zdrojový kód

G.1 Zdrojový kód modulu B1

```
// MODUL B1 — automatizovane stopky pro pouziti v
    curlingu

// VLOZENI KNIHOVEN

#include <SPI.h> // knihovna pro komunikaci se zarizeni
    po SPI interface
#include <LoRa.h> // knihovna pro bezdratovou
    komunikaci na platforme LoRa

// UZIVATELSKE PROMENNE
bool kamen_detekovan, true_detekce_odeslana,
    false_detekce_odeslana = false; // promenne priznaku
int hodnota_ze_senzoru, hodnota_ze_senzoru1,
    hodnota_ze_senzoru2 = 0; // promenne pro ukladani
    hodnoty z fotodiody
int citlivost = 300; // citlivost fotodiody

void setup() {

    // prirazeni funkci pinum
    pinMode(A0, INPUT);

    // cekani na inicializaci bezdratoveho modulu na
```

```

    frekvenci 866 MHz
    if (!LoRa.begin(866E6)) {
        while (1);
    }
}

void loop() {

    // nacteni hodnoty z fotodiody
    hodnota_ze_senzoru = analogRead(A0);
    delay(1);
    hodnota_ze_senzoru1 = analogRead(A0);
    delay(1);
    hodnota_ze_senzoru2 = analogRead(A0);

    // vyhodnoceni preruseneho paprsku
    if (kamen_detekovan == false && hodnota_ze_senzoru <=
        citlivost && hodnota_ze_senzoru1 <= citlivost &&
        hodnota_ze_senzoru2 <= citlivost)
    {
        kamen_detekovan = true;
        true_detekce_odeslana = false;
    }

    // vyhodniceni detekovaneho paprsku
    if (kamen_detekovan == true && hodnota_ze_senzoru >=
        citlivost && hodnota_ze_senzoru1 >= citlivost &&
        hodnota_ze_senzoru2 >= citlivost) {
        kamen_detekovan = false;
        false_detekce_odeslana = false;
    }

    // odeslani informace o preruseni paprsku
    if (kamen_detekovan == true && true_detekce_odeslana
        == false) {
        LoRa.beginPacket();
        LoRa.write((uint8_t *)&kamen_detekovan, sizeof(
            kamen_detekovan));
        LoRa.endPacket();
        LoRa.beginPacket();
        LoRa.write((uint8_t *)&kamen_detekovan, sizeof(
            kamen_detekovan));
        LoRa.endPacket();
        LoRa.beginPacket();
        LoRa.write((uint8_t *)&kamen_detekovan, sizeof(

```

```

        kamen_detekovan));
    LoRa.endPacket();
    true_detekce_odeslana = true;
}

// odeslani informace o detekci paprsku
if (kamen_detekovan == false &&
    false_detekce_odeslana == false) {
    LoRa.beginPacket();
    LoRa.write((uint8_t *)&kamen_detekovan, sizeof(
        kamen_detekovan));
    LoRa.endPacket();
    LoRa.beginPacket();
    LoRa.write((uint8_t *)&kamen_detekovan, sizeof(
        kamen_detekovan));
    LoRa.endPacket();
    LoRa.beginPacket();
    LoRa.write((uint8_t *)&kamen_detekovan, sizeof(
        kamen_detekovan));
    LoRa.endPacket();
    false_detekce_odeslana = true;
}
}
}

```

■ G.2 Zdrojový kód modulu B2

```

// MODUL B2 — automatizovane stopky pro pouziti v
    curlingu

// VLOZENI KNIHOVEN

#include <SPI.h> // knihovna pro komunikaci se zarizeni
    po SPI interface
#include <LoRa.h> // knihovna pro bezdratovou
    komunikaci na platforme LoRa

// POMOCNE PROMENNE
int packetSize = 0;
unsigned long previous_millis, previous_millis_rychlost
    = 0;
bool odpocet_zacal, backline_senzor, hogline_senzor,
    data_k_odeslani = false;

```

```

bool probiha_mereni_odeslano = false;
bool kamen_detekovan_this, kamen_detekovan_that,
    probiha_mereni_rychlosti_kamene,
    back_hog_cas_k_odeslani, rychlost_kamene_k_odeslani
    = false;
int hodnota_ze_senzoru, hodnota_ze_senzoru1,
    hodnota_ze_senzoru2 = 0;

// UUZIVATELSKE PROMENNE
float prumer_kamene = 0.279; // prumer curlingoveho
    kamene v metrech
float vzdalenost_back_line_hog_line = 8.469; //
    vzdalenost Back Line a Hog Line v metrech
int citlivost = 300; // citlivost fotodiody

// vytvoreni strukturovane promenne muj_cas
struct cas {
    float backhog;
    float prepocteno;
};
struct cas muj_cas = {0, 0};

// vytvoreni strukturovane promenne mereni
struct mereni {
    float mereni1;
    float mereni2;
};
struct mereni moje_mereni = {0, 0};

void setup() {

    // prirazeni funkci pinum
    pinMode(A0, INPUT);

    // cekani na inicializaci bezdratoveho modulu na
    frekvenci 866 MHz
    if (!LoRa.begin(866E6)) {
        while (1);
    }

}

void loop() {

    // nacteni hodnoty z fotodiody

```

```

hodnota_ze_senzoru = analogRead(A0);
delay(1);
hodnota_ze_senzoru1 = analogRead(A0);
delay(1);
hodnota_ze_senzoru2 = analogRead(A0);

// vyhodnoceni preruseneho paprsku na Hog Line
if (hodnota_ze_senzoru <= citlivost &&
    hodnota_ze_senzoru1 <= citlivost &&
    hodnota_ze_senzoru2 <= citlivost)
{
    kamen_detekovan_this = true;
}
// vyhodnoceni detekovaneho paprsku na Hog Line
if (hodnota_ze_senzoru >= citlivost &&
    hodnota_ze_senzoru1 >= citlivost &&
    hodnota_ze_senzoru2 >= citlivost) {
    kamen_detekovan_this = false;
}

// detekce preruseneho paprsku na Back Line
packetSize = LoRa.parsePacket();
if (packetSize) {
    while (LoRa.available()) {
        LoRa.readBytes((uint8_t *)&kamen_detekovan_that,
            packetSize);
    }
}
packetSize = 0;

// zahajeni odpoctu mezi Back Line a Hog Line
if (odpocet_zacal == false && back_hog_cas_k_odeslani
    == false && kamen_detekovan_that == true) {
    previous_millis = millis();
    odpocet_zacal = true;
}

// ukonceni odpoctu mezi Back Line a Hog Line
if (odpocet_zacal == true && kamen_detekovan_this ==
    true)
{
    muj_cas.backhog = ((millis() - previous_millis) +
        32) / 1000.0;
    if (muj_cas.backhog >= 10.00) {
        muj_cas.backhog = 9.99;
    }
}

```

```

    odpocet_zacal = false;
    back_hog_cas_k_odeslani = true;
}

// zahajeni odpoctu casu na Hog Line pro stanoveni
// rychlosti kamene
if (probiha_mereni_rychlosti_kamene == false &&
    back_hog_cas_k_odeslani == true &&
    kamen_detekovan_this == true) {
    previous_millis_rychlost = millis();
    probiha_mereni_rychlosti_kamene = true;
}
// ukonceni odpoctu casu na Hog Line pro stanoveni
// rychlosti kamene a prepocet na positive release
if (probiha_mereni_rychlosti_kamene == true &&
    back_hog_cas_k_odeslani == true &&
    kamen_detekovan_this == false) {
    muj_cas.prepocteno = ((millis() -
        previous_millis_rychlost - 2) / 1000.0);
    muj_cas.prepocteno = ((prumer_kamene / muj_cas.
        prepocteno) / (vzdalenost_back_line_hog_line /
        muj_cas.backhog) * 100);
    if (muj_cas.prepocteno >= 999) {
        muj_cas.prepocteno = 999;
    }
    probiha_mereni_rychlosti_kamene = false;
    rychlost_kamene_k_odeslani = true;
}

// Odeslani informaci do displeje (do Modulu C) na
// frekvenci 915 MHz o probihajicim mereni
if ((probiha_mereni_rychlosti_kamene == true ||
    odpocet_zacal == true) && probiha_mereni_odeslano
    == false) {
    LoRa.setFrequency(915E6);
    LoRa.beginPacket();
    LoRa.write((uint8_t*)&moje_mereni, sizeof(
        moje_mereni));
    LoRa.endPacket();
    LoRa.setFrequency(866E6); // vraceni na frekvenci
        866 MHz pro prijem preruseni na Back Line
    probiha_mereni_odeslano = true;
}

// Odeslani informaci do displeje (do Modulu C) na
// frekvenci 915 MHz o vysledcich mereni

```



```

if (back_hog_cas_k_odeslani == true &&
    rychlost_kamene_k_odeslani == true) {
    LoRa.setFrequency(915E6);
    LoRa.beginPacket();
    LoRa.write((uint8_t*)&muj_cas, sizeof(muj_cas));
    LoRa.endPacket();
    back_hog_cas_k_odeslani = false;
    rychlost_kamene_k_odeslani = false;
    probiha_mereni_odeslano = false;
    LoRa.beginPacket();
    LoRa.write((uint8_t*)&muj_cas, sizeof(muj_cas));
    LoRa.endPacket();
    LoRa.beginPacket();
    LoRa.write((uint8_t*)&muj_cas, sizeof(muj_cas));
    LoRa.endPacket();
    LoRa.setFrequency(866E6); // vraceni na frekvenci
        866 MHz pro prijem preruseni na Back Line
    }
}

```

■ G.3 Zdrojový kód modulu C

```

// MODUL C — automatizovane stopky pro pouziti v
    curlingu

// VLOZENI KNIHOVEN

#include <MD_MAX72xx.h> // knihovna ovladajici maticove
    displeje
#include <MD_Parola.h> // knihovna ovladajici maticove
    displeje — pokrocile funkce
#include <SPI.h> // knihovna pro komunikaci se zarizeni
    po SPI interface
#include <LoRa.h> // knihovna pro bezdratovou
    komunikaci na platforme LoRa
#include "Font_Data.h" // zahrnuti souboru s definici
    pisem pro displej

// NASTAVENI HARDWARE
#define HARDWARE_TYPE MD_MAX72XX::GENERIC_HW // typ
    displeje
#define MAX_DEVICES 6 // pocet segmentu

#define CLK_PIN 3 // clock pin

```

```

#define DATA_PIN 2 // data pin
#define CS_PIN 4 // chip select pin

MD_Parola P = MD_Parola(HARDWARE_TYPE, DATA_PIN,
    CLK_PIN, CS_PIN, MAX_DEVICES); // vytvoreni instance
    zarizeni

// UZIVATELSKE PROMENNE

// vytvoreni strukturovane promenne cas
struct cas {
    float backhog;
    float prepocteno;
};
struct cas muj_cas = {1, 1};

// vytvoreni pomocnych promennych
String backhog_string, prepocteno_string;
String mezera = "  ";
int packetSize = 0;
bool vypsano = false;

void setup()
{
    // cekani na inicializaci bezdratoveho modulu na
    // frekvenci 915 MHz
    if (!LoRa.begin(915E6)) {
        while (1);
    }

    // prirazeni funkci pinum
    pinMode(3, OUTPUT);
    pinMode(2, OUTPUT);
    pinMode(4, OUTPUT);
    delay(1000);

    // inicializace displeje
    P.begin();
    P.setFont(numeric7Seg);
    P.setZoneEffect(0, 1, PA_FLIP_UD);
    P.setZoneEffect(0, 1, PA_FLIP_LR);
    P.print("bahohoho"); // vypsani defaultni hlasky
    vypsano = true;
}

void loop()
{

```

```

// cteni dat z bezdratoveho modulu
packetSize = LoRa.parsePacket();
if (packetSize) {
    while (LoRa.available()) {
        LoRa.readBytes((uint8_t *)&muj_cas, packetSize);
    }
    vypsano = false;
}

// vypsani znaku pro indikaci probihajiciho mereni,
// pokud je domereno, vypsani casu repsketive
// positive realse
if (muj_cas.backhog == 0 && muj_cas.prepoceno == 0
    && vypsano == false)
{
    P.print("oooooooo");
    vypsano = true;
}
else if (vypsano == false) {
    backhog_string = String(muj_cas.backhog, 2);
    prepoceno_string = String(muj_cas.prepoceno, 2);
    P.print(mezera + backhog_string + mezera +
        prepoceno_string + mezera);
    vypsano = true;
}
}

```