



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA DOPRAVNÍ

Bc. Michal Šlapák

Navržení a realizace systému pro provozování
bikesharingu mezi budovami fakulty

Diplomová práce

2017

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

děkan

Konviktská 20, 110 00 Praha 1



K616..... Ústav dopravních prostředků

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Bc. Michal Šlapák

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

N 3710 – DS – Dopravní systémy a technika

Název tématu (česky): **Navržení a realizace systému pro provozování bikesharingu mezi budovami fakulty**

Název tématu (anglicky): Design and implementation of the bikesharing system between buildings of faculty

Zásady pro vypracování

Při zpracování diplomové práce se řiďte osnovou uvedenou v následujících bodech:

- Návrh a stavba dokovací stanice
- Návrh a realizace přístupu k elektrokolům pomocí přístupových údajů
- Výpočet jízdních odporů na daných trasách mezi fakultami
- Teoretické výpočty spotřebované energie
- Návrh a realizace součástky pro nabíjení chytrých zařízení a cyklopříslušenství



Rozsah grafických prací: Dle pokynů vedoucího

Rozsah průvodní zprávy: minimálně 55 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)

Seznam odborné literatury: Bc. Michal Šlapák: Optimalizace výkonu elektrokola pro použití v provozu v Praze, 2015

Jan Vobecký, Vít Záhlava: Elektronika - Součástky a obvody, principy a příklady, 2005

Ing. Jiří First: Energetická analýza pozemní dopravy, 2014

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Petr Bouchner, Ph.D.**

Datum zadání diplomové práce: **15. července 2016**

(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání diplomové práce: **30. května 2017**

a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia

b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia

doc. Ing. Petr Bouchner, Ph.D.
vedoucí
Ústavu dopravních prostředků



prof. Dr. Ing. Miroslav Svítek, dr. h. c.
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání diplomové práce.

Bc. Michal Šlapák
jméno a podpis studenta

V Praze dne 15. července 2016

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval všem, kteří mi poskytli podklady pro vypracování této práce. Zvláště pak děkuji vedoucímu projektu, kterým je doc. Ing. Petr Bouchner, Ph.D. za odborné vedení a konzultování práce a za rady, které mi po celou dobu studia poskytoval. Dále bych chtěl poděkovat kolegovi Lukáši Jánešovi za pomoc při měření důležitých dat. Velice děkuji Joranu Timmermanovi, za odborné konzultace a pomoc při programování a grafických návrzích ve 3D. Další osobou, které velice děkuji a byla mi k dispozici při výrobě převodníku napětí, je ing. Vladimír Beránek. V neposlední řadě rád poděkuji svým rodičům a kamarádům za morální a materiální pomoc, které se mi dostávalo po celou délku studia.

Prohlášení

Tímto předkládám k posouzení a obhajobě diplomovou práci zpracovanou na závěr studia na ČVUT v Praze Fakultě Dopravní.

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

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne: 8. 2. 2017

Podpis

.....

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA DOPRAVNÍ

Navržení a realizace systému pro provozování bikesharingu mezi budovami fakulty

Diplomová práce

Únor 2017

Bc. Michal Šlapák

Abstrakt

Předmětem mé diplomové práce na téma „Navržení a realizace systému pro provozování bikesharingu mezi budovami fakulty“ je především vytvoření dokovací stanice pro uložení elektrokola včetně nabíjení. Vytvoření zámku, který bude v základu využívat připojení do databáze uživatelů pomocí přihlašovacích údajů. Další náplní je upravení cyklistických periferií pro jednodušší užívání a další práci s výstupním proudem z baterie. V závěru práce se věnuji výpočtu jízdních odporů a SWOT analýze projektu.

Abstract

The subject of my thesis named "Design and implementation of a system for operating bikesharing between the buildings of the faculty" is the creation of a docking station for storing the electric bikes, including charging. Creating lock that will basically use the connection to the database using the user login data. Another activity is to adapt a cycling accessories for easy use and better work with current output from the battery. In conclusion I count driving resistances and make SWOT analyse.

Klíčová slova

elektrokola, optimalizace, databáze, PHP, stavebnice arduino, bikesharing, převod napětí, dokovací stanice, zámek pro bikesharing

Key words

electric bikes, optimization, database, PHP, arduino, bikesharingu, voltage converter, docking station, bikesharing lock

Obsah

Seznam zkratk.....	9
Seznam obrázků.....	11
Seznam tabulek.....	13
Úvod.....	14
1 Výběr elektrokola.....	17
1.1 Baterie.....	17
1.2 Motor.....	19
1.3 Rám.....	20
1.4. Vhodné a povinné příslušenství.....	22
2 Bikesharing v Praze.....	26
2.1 Společnosti a jejich systémy.....	26
2.2 Bikesharing elektrokol v zahraničí.....	30
3 Cestování mezi budovami.....	33
3.1 Cestování pomocí MHD.....	34
3.2 Zhodnocení cestování pomocí MHD.....	39
3.3 Výhody a přínos bikesharingu a cestování na elektrokole.....	40
4 Návrh a výroba dokovací stanice a porovnání variant.....	42
4.1 Box s příslušenstvím na zdi a přístupem přes hlavní dvířka.....	42
4.2 „U“ dokovací stanice.....	46
4.3 Konkrétní dokovací stanice pro budovy fakulty.....	49
5 Vypůjčení a vrácení elektrokola.....	52
5.1 Programovací jazyk PHP.....	52
5.2 Přihlašování a ukázka formulářů.....	53
5.3 Vracení elektrokola pomocí RFID karty/samolepky.....	56
6 Stavebnice Arduino.....	57
6.1 O značce Arduino.....	57

6.2	Využité komponenty	57
7	Mechanismus zámku	62
8	Součástka pro nabíjení chytrých zařízení a cyklopříslušenství	63
8.1	Použité součástky	63
8.2	Postup výroby	68
9	Výpočet jízdnicích odporů na trasách mezi fakultami	70
9.1	Odpor vzduchu	70
9.2	Odpor stoupání	71
10	SWOT analýza Inteligentní dokovací stanice	74
10.1	Silné stránky	74
10.2	Slabé stránky	74
10.3	Příležitosti	75
10.4	Hrozby	75
11	Závěr	76
12	Reference	78
13	Přílohy	82
13.1	Naměřené hodnoty převýšení	82
13.2	Technické specifikace součástek použitých při výrobě převodníku napětí	85

Seznam zkratek

MHD	Městská hromadná doprava	
MTB	Mountbike	
NiCd	Níkl-Cadmium	
NiMH	Níkl-metal-hydrid technologie baterie	
Li-Ion	Lithium-Iontová baterie	
USB	Universal serial bus	
ρ	Hustota vzduchu	[kg/m ³]
G	Tíhová síla působící v těžišti	[N]
O _v	Odpor vzduchu	[N]
ρ	Hustota vzduchu	[kg*m ⁻³]
S _x	Čelní plocha vozidla	[m ²]
v	Rychlost proudícího vzduchu	[m*s ⁻¹]
c _x	Součinitel odporu vzduchu	[-]
ČVUT	České Vysoké Učení Technické	
QR	Quadratic residue code	
NFC	Near field communication	
SWOT	strengths, weaknesses, opportunities, threats	
Al	Aluminium	
GPS	Global Positioning System	
CPSC	U.S. Consumer Product Safety Commission	
iOS	iPhone OS	
HTML	Hypertext Markup Language	

xHTML	Extensible Hypertext Markup Language
WML	Website Meta Language
PHP	general-purpose programming language
http	Hypertext Transfer Protocol
C++	cee plus plus
GPL	General Public License
OP	Občanský průkaz
RFID	Radio-frequency identification
LED	Light-emitting diode
LC	LC filter

Seznam obrázků

Obrázek 1: Zácpy jsou na Národní Třídě na denním pořádku (blesk.cz, 2016).....	15
Obrázek 2: Použité baterie s výstupem 36V	17
Obrázek 3: Umístění v zadním náboji je spolehlivé řešení (iTest, 2015).....	20
Obrázek 4: Výsledek ankety v průzkumu oblíbenosti elektrokol (Vítězslav Peter, 2017)	21
Obrázek 5: Zvolené elektrokolo (<i>Elektrokola Spiritbike.cz</i> [online]. 2014)	21
Obrázek 6: GPS lokátor (TrackR, 2017)	23
Obrázek 7: Jednoduchá oprava a plnění píchlé duše (Espresso - Effetto Mariposa, 2016)	23
Obrázek 8: Papírová helma Eco-helmet (EcoHelmet, 2017)	24
Obrázek 9: Potah na sedlo (eBay, 2017)	25
Obrázek 10: Flotila Rekolo (REKOLA Bikesharing, 2017)	26
Obrázek 11: Aktuální rozmístění dokovacích stanic (REKOLA Bikesharing, 2017).....	27
Obrázek 12: Dokovací stanice Homeport (HOMEPORT, 2017).....	28
Obrázek 13: Princip vypůjčení a vrácení kola (HOMEPORT, 2017).....	29
Obrázek 14: Rozmístění parkovacích stání v Karlíně (HOMEPORT, 2017).....	29
Obrázek 15: Ceník Homeport (HOMEPORT, 2017)	30
Obrázek 16: Dokovací stanice BiciMad (BiciMAD, 2017)	31
Obrázek 17: Tablet GoBike (Go Bike, 2016).....	32
Obrázek 18: Rozložení fakult	33
Obrázek 19: Mapa Horská – Florenc (<i>Mapy.cz</i> [online]. 2010).....	37
Obrázek 20: Mapa Horská – Konvikt (<i>Mapy.cz</i> [online]. 2010).....	38
Obrázek 21: mapa Florenc – Konviktská (<i>Mapy.cz</i> [online]. 2010)	39
Obrázek 22: Protiteroristický odpadkový koš (Portál hlavního města Prahy, 2009)	40
Obrázek 23: Nákres "L" profilu.....	43
Obrázek 24: Dvířka k boxu	44
Obrázek 25: Zadní stěna boxu	45
Obrázek 26: Boční stěna boxu.....	45
Obrázek 27: 3D pohled rámu.....	46
Obrázek 28: Čelní pohled na rám	47
Obrázek 29: Boční pohled	47
Obrázek 30: Pohled shora na rám.....	48
Obrázek 31: Prostor pro umístění dokovací stanice u budovy Horská.....	49
Obrázek 32: Prostor pro umístění dokovací stanice u budovy Konviktská.....	50

Obrázek 33: Prostor pro umístění dokovací stanice v budově na Florenci	51
Obrázek 34: Ideální umístění kol v budově na Florenci.....	51
Obrázek 35: Formulář pro registraci	54
Obrázek 36: Úvodní obrazovka.....	54
Obrázek 37: Přihlášení.....	55
Obrázek 38: Výběr destinací	55
Obrázek 39: Po vybrání destinace	55
Obrázek 40: Vracení probíhá pomocí zasunutí do stojanu.....	56
Obrázek 41: NFC čtečka s kartou a klíčenkou (Amazon, 2016).....	58
Obrázek 42: Arduino Ethernet Rev3 (Amazon, 2016).....	60
Obrázek 43: Arduino Projekt Starter Kit (Amazon, 2016).....	61
Obrázek 44: Mechanismus zámku (Amazon, 2016)	62
Obrázek 45: Schéma součástky	63
Obrázek 46: Vysokonapětový regulátor (GES-ELECTRONICS, 2017).....	65
Obrázek 47: Usměrňovací dioda (GES-ELECTRONICS, 2017).....	67
Obrázek 48: Hotový převodník 36V / 5V	68
Obrázek 49: Odpor stoupání.....	72

Seznam tabulek

Tabulka 1: Vlastnosti Li-Iontové baterie (<i>Optimalizace výkonu elektrokola pro použití v provozu v Praze</i> . Praha, 2015).....	19
Tabulka 2: Doba cesty mezi budovami ve špičce.....	34
Tabulka 3: Doba cesty mezi budovami mimo špičku.....	35
Tabulka 4: Rozdíl v době cesty pro skupinu 2-51	35
Tabulka 5: Rozdíl v době cesty pro skupinu 3-51	35
Tabulka 6: Seznam součástí.....	64
Tabulka 7: Odpor vzduchu závislý na rychlosti	71
Tabulka 8: Odpor vnikající na nejvyšších extrémech trasy Albertov - Florenc	72
Tabulka 9: Odpor vnikající na nejvyšších extrémech trasy Albertov - Konviktská.....	72
Tabulka 10: Odpor vnikající na nejvyšších extrémech trasy Konviktská - Florenc.....	73
Tabulka 11: SWOT analýza	74

Úvod

Praha je metropolí uprostřed Evropy s přibližně 1,2 miliony obyvatel a hustotou zalidnění 20539 ob/km². Do dnešní podoby se město vyvíjelo přes 1100 let od vzniku v devátém století. Jedná se o členité území s nadmořskou výškou 177 m n. m. – 399 m n. m. s nejvyšším bodem mezi Sobínem a Chrást'any, nejnižší bod je Hladina Vltavy u Suchdola v 177m n. m. Plocha, kterou ukrajuje z mapy ČR, je 496 km². (Wikimedia Foundation, 2001)

V Praze se po Sametové revoluci velice rozmohla integrovaná automobilová doprava, která před rokem 1990 nebyla tak intenzivní jako ve vyspělejších městech převážně západní Evropy. Automobilová doprava rychle rostla, což způsobilo rychlé zhoršení dopravní situace ve městě. Výrazně poklesl i počet cestujících v MHD. Klesající trend uživatelů MHD byl zastaven a karta se velice pomalu obrací, ikdyž automobilová doprava je ve městě stále velice oblíbená a prakticky po celý den jsou v centru stupně dopravy na nekomfortních číslech 3-5. V ranní a odpolední špičce jsou dopravní kongesce navíc na „výpadovkách“ z a do okolních vesnic a přilehlých měst. (Wikimedia Foundation, 2001)

Nachází se zde spousta škol s budovami umístěnými mimo jeden kampus jako celek a právě tento problém mi byl inspirací pro vytvoření diplomové práce, jejímž cílem je vytvoření ebikesharingového systému mezi třemi budovami fakulty Dopravní Českého Vysokého Učení Technického v Praze s důrazem na použití moderních technologií a na maximální komfort pro uživatele, aby mohl konkurovat systému městské hromadné dopravy v Praze. Ten je na velmi dobré úrovni a patří mezi špičku v Evropě, ne jen ze subjektivního pohledu, ale i z objektivního.

Problém s umístěním fakult mimo kampus je jednoduchý, ale o to hůře řešitelný. Časové vzdálenosti mezi budovami bývají delší než mezera mezi hodinami přednášek a cvičeních, z čehož plyne vždy nedobrovolné zdržení. Pokud je v Praze dobrá dopravní situace, lze se mezi budovami pohybovat dvaceti minutami a už tato doba je o pět minut vyšší než dovolená doba mezi vyučováním, která je patnáct minut. Ne každý ovšem volí cestu pomocí MHD, někteří cestují autem a drtivá menšina chodí pěšky či jezdí na kole.



Obrázek 1: Zácpy jsou na Národní Třídě na denním pořádku (blesk.cz, 2016)

Hlavním bodem práce je proto navržení a realizování dokovací stanice, kde bude elektronický zámek spojený s databází uživatelů. Databáze bude obsahovat základní údaje o uživateli. Po přihlášení do webové aplikace pomocí vlastního telefonu a čtečky QR kódu se zámek stojanu sám otevře. Vracení elektrokola probíhá ještě jednodušším způsobem a to načtením identifikačních údajů z rámu kola pomocí NFC technologie. Ovšem podrobnější popis fungování systému naleznete na následujících stranách v praktické části.

Další částí práce je kromě dokovací stanice jistá optimalizace příslušenství. Velice na kole chybí nabíjení mobilního telefonu, které bude řešeno přes USB pomocí převodníku stejnosměrného napětí z 36V na 5V a 1A, jako naleznete v každé USB zdírce například na počítači.

Dalším tématem pro posouzení byl výpočet jízdních odporů, které při jízdě na elektrokole nejsou zanedbatelné a mají největší vliv na spotřebu baterie. V závěru práce jsem systém shrnul do SWOT analýzy.

1 Výběr elektrokola

Ze své bakalářské práce jsem získal informace o ideálním elektrokole do Prahy. Z těchto informací jsem čerpal při nákupu vhodného elektrokola.

1.1 Baterie

Baterie je základní stavební prvek elektrokola. Nyní je na trhu několik základních druhů a technologií. Některé jsou zastaralé, jiné zakázané, další jsou drahé. Jakou vybrat je proto celkem problém, který se ale za nás snaží vyřešit výrobci a prodejci. Jelikož je to významná investice i pro nás, protože hodnota baterie vytváří asi třicet procent ceny elektrokola, musíme být při výběru opatrní a za každou cenu nešetřit. Základní rozdíl je v použitých stavebních prvcích. Nejznámější typy jsou: olověné, nikl-kadmiové (NiCd), nikl-metal-hybride (Ni-MH), lithium-iontové (Li-Ion), lithium-polymerové, lithium-železo-fosfátové (Li-Fe-Po). (*Optimalizace výkonu elektrokola pro použití v provozu v Praze*. Praha, 2015)



Obrázek 2: Použité baterie s výstupem 36V

Ze studie, kterou jsem prováděl v bakalářské práci, mi vyšla jako nejlepší varianta baterie Lithium-Iontové, které jsou nejrozšířenějšími akumulátory dnešní doby. Používají se téměř ve všem, s čím přijdeme v každodenním životě do styku. Ať už se jedná o mobilní telefon, notebook, fotoaparát či elektrokolo. Jeho výhody jsou očekávané. Nízká váha a vysoká hustota energie vzhledem k objemu. Jedná se o moderní baterie, které je potřeba dobíjet speciální nabíječkou určenou pouze pro onu baterii. Baterie jsou vybaveny čipem, který hlídá její stav a nabíjení. Je zde ovšem třeba dát pozor na udržení baterie v nabitém stavu. Životnost baterie v tomto případě závisí hlavně na uživateli, jak s ní zachází. Baterie by se neměly přebíjet ani příliš vybíjet.

- + Vysoká hustota energie
- + Nízké samovybíjení do 50% při pokojové teplotě (s klesající teplotou roste)
- + Baterie nemají žádný paměťový efekt
- + Vysoká životnost
- + vysoce universální
- + vysoké výstupní napětí 3,7 V
- Stárnutí baterie bez ohledu na využívání
- Při nesprávném dobíjení hrozí nevratná deformace baterie
- Vysoká škodlivost úplného vybití
- bateriím škodí vysoké teploty a extrémní proudové zátěže

(Optimalizace výkonu elektrokola pro použití v provozu v Praze. Praha, 2015)

Tabulka 1: Vlastnosti Li-Iontové baterie (*Optimalizace výkonu elektrokola pro použití v provozu v Praze. Praha, 2015*)

Síla/hmotnost	200-500 W/kg
Samovybití	do 5% měsíčně
Životnost v cyklech	500-1200 cyklů
Nominální napětí článku	3,6 V

Zvolil jsem dostačující kapacitu 10,5Ah a typ baterie Li-Ion.

1.2 Motor

Elektromotor je velmi důležitá část elektrokola, která podporuje fyzicky náročné úkony a dělá bicykl příznivější i pro méně fyzicky zdatné uživatele, kteří si jedním tlačítkem mohou nastavit pomoc elektromotoru. Aktuální legislativa dovoluje používat na veřejných komunikacích motory do výkonu 250 W a s maximální rychlostí 25km/h za pomoci elektromotoru. Tento výkon rychlost je při optimálním nastavení a využívání plně dostačující. Výrobci sportovnějších kol a MTB kol používají někdy k pohonu motory o výkonu 350 W se silničním příškrčením a možností otevřít všechnu výkon na nezpevněných cestách. Vyšší výkon také teoreticky snižuje opotřebení motoru, který při nastavení 250 W nevyužívá celý svůj potenciál. Motory rozdělujeme podle umístění, výkonu a využívaného napětí. (*Optimalizace výkonu elektrokola pro použití v provozu v Praze. Praha, 2015*)

Elektrokolo, které jsme si zvolili jako testovací pro bikesharing, má motor umístěn v zadním náboji. Toto uložení motoru se využívá například u MTB elektrokola v dospělých velikostech a u dalších elektrokol, u kterých dbáme na stabilitu jízdy a vyšší bezpečnost uživatele, protože u těchto kol předpokládáme časté využívání v terénu, mimo zpevněné cesty nebo například na mokrých dlažebních kostkách, kde by hrozilo podklouznutí předního pohonu při rozjezdu. Dalším faktorem je zvýšení namáhání přední vidlice, které by zkracovalo její životnost. Na „zadním“ pohonu se využívá několik verzí uchycení převodových koleček. Mezi nejvýhodnější se jeví „kasetové motory“, u kterých je možnost relativně snadné výměny převodových koleček.

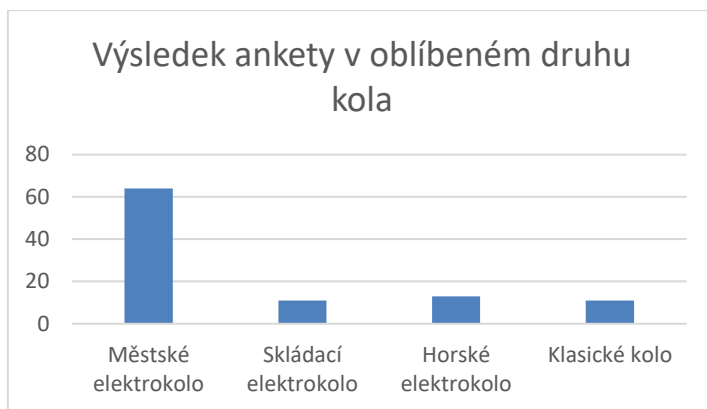


Obrázek 3: Umístění v zadním náboji je spolehlivé řešení (iTest, 2015)

Dalším důležitým faktorem při výběru vhodného kandidáta na pozici testovacího elektrokola bylo výstupní napětí z baterie. Díky předchozím analýzám jsme pro testování zvolili napětí 36V, které je jako zlatý střed nejpoužívanějším typem. Poměrně vysoké napětí dopomáhá k slušnému tahu. Že je to opravdu univerzální systém dokazuje i použití napříč všemi typy elektrokol. Objevuje se od silničních městských po horská i některá sportovní kola. Je zde už možnost přizpůsobit výkonovou křivku danému povrchu. Na silnici je náběh pomalejší, u horských a sportovněji naladěných kol jde výkon do prvotní akcelerace. Tato kola jsou vhodná pro městský provoz i pro provoz mimo zpevněné komunikace.

1.3 Rám

Po delší úvaze a analýze možností jsme zvolili městský tvar skládacího elektrokola. Pro tento typ hrála hlavní roli cena, dále váha a v neposlední řadě anketa, která ukázala, že městská kola jsou nejoblíbenější nejenom v Praze a větších městech, ale pro svoji skladnost její volí lidé napříč republikou. V anketě hlasovalo do dnešního dne (18. 4. 2017) 3956 zákazníků potenciálních zákazníků s výsledkem, který vysvětluje následující graf. Vidíme v něm jasnou převahu městských kol s procentuálním zastoupením 64%. Skládací elektrokolo a horské kolo klasické konstrukce mají po jedenácti procentech a horské elektrokolo si z ankety odneslo 13%. (*Optimalizace výkonu elektrokola pro použití v provozu v Praze. Praha, 2015*)



Obrázek 4: Výsledek ankety v průzkumu oblíbenosti elektrokol (Vítězslav Peter, 2017)

Nejčastěji používaným materiálem jsou slitiny hliníku s hořčíkem, křemíkem a zinkem. Jejich nejlepší vlastnost je nízká hmotnost, na druhé straně není ale pevnost hliníkových slitin velká. S ní se snaží výrobci bojovat jejich zušlechťováním (tepelným zpracováním). Na horská a krosová kola se používají hliníky řady 6000, která je na bázi slitiny hliníku, křemíku a hořčíku a řady 7000 na bázi slitiny hliníku, hořčíku a zinku. Dural je jedním z nejrozšířenějšího materiálu na výrobu rámu i přes svoje negativní vlastnosti včetně náročnějšího spojování.



Obrázek 5: Zvolené elektrokolo (Elektrokola Spiritbike.cz [online]. 2014)

Na kole je použit právě speciálně odlehčený rám z hliníkové slitiny Al 6061. Její výhodou je její nízká hmotnost při zachování velmi dobré pevnosti a právě proto se nejčastěji objevuje na komponentech u většiny jízdních kol. Tato slitina vykazuje nejen výborné mechanické vlastnosti, ale její výhodou je i tzv. samovytvrditelnost. To v praxi znamená, že svařováním

slitina „změkne“, ale během krátkého času se její mechanické vlastnosti znovu vrátí zpět. (*Elektrokola Spiritbike.cz* [online]. 2014)

1.4. Vhodné a povinné příslušenství

Cestování na elektro kolech mezi fakultami musí být nejen pohodlné, ale i bezpečné a maximálně uživatelsky přívětivé. Právě tyto faktory rozhodují o úspěchu či neúspěchu projektu při nasazení proti reálné konkurenci, kterou je MHD. Systém musí být konkurenceschopný ve všech směrech. Proto jsem navrhl pár drobných úprav.

1.4.1 Košík

Ano, i taková drobnost jako bezpečný košík může hrát při výběru dopravního systému roli. Navrhl jsem umístění na očích řidiče bicyklu, aby o něm měl řidič za každých okolností přehled. Je nutné, aby byl košík neprůhledný a vyplněný inteligentní pěnou pro komfort převážených věcí. Samozřejmostí je zámek, který bych umístil na jezdce zámku. Do brašny by se měl vejít i menší až středně velký laptop včetně základního příslušenství. Další varianta je umístění speciálního záchytného systému po běžný batoh. Toto řešení by zlevnilo projet elektrokola a zjednodušilo by cestování a přehazování věcí z tašek.

V nabídce jsou zatím jen tašky podobných tvarů, které úplně neodpovídají mým požadavkům ani požadavkům systému na sdílení elektrokol pro bikesharing mezi fakultami pro studenty.

1.4.2 GPS lokátor

Elektrokolo je relativně drahá hračka, kterou je potřeba chránit nejen, pokud je uzamčená a ve statické poloze. Je vhodné ji v případě nouze sledovat či jinak lokalizovat, pokud se v určitém časovém horizontu nepřihlásí do cílové destinace. Pro tento účel se nabízí jako ideální využití součástka, která nabízí jednoduché sledování čehokoli. Jde vlastně jen o aktivní GPS modul, který umožňuje další dodatkové funkce, které ovšem nejsou pro náš systém důležité. TrackR Bravo je název použité součástky, jejíž cena se výrazně liší v počtu odebraných jednotek. Jedno zařízení vychází na 30\$, což je cca 750Kč. Ovšem v balíčku 3 + 2 zdarma vychází jeden GPS lokátor na 18\$ (450Kč) a v balíčku 4 + 6 zdarma dokonce jen na 12\$, což je v přepočtu v kurzu dolaru za 25Kč necelých 300Kč. (TrackR, 2017)



Obrázek 6: GPS lokátor (TrackR, 2017)

1.4.3 Servisní brašna

Ani na krátkých cestách se nemůžeme vyhnout různým defektům či poruchám. Výhoda elektrokola je, že v nouzovém režimu je možné dojet pouze za pomoci pedálů. O to lépe, když je mezi fakultami pouze několikakilometrová vzdálenost. Přesto je nutné mít s sebou základní vybavení, které bude umístěné v servisní brašničce na boku elektrokola.

Nejčastějším problémem bude nejspíše defekt pneumatiky, který lze řešit pomocí jednoduchého spreje pro rychlou opravu defektu, který nejen díru zalepí, ale i pomocí oxidu uhličitého dofoukne pneumatiku do potřebné tuhosti. Negativním dopadem těchto sprejů je následná nutnost výměny duše. Využití jde k tomuto případu například EFFETTO MARIPOSA – ESPRESSO s cenou kolem dvou set korun. (Espresso - Effetto Mariposa, 2016)



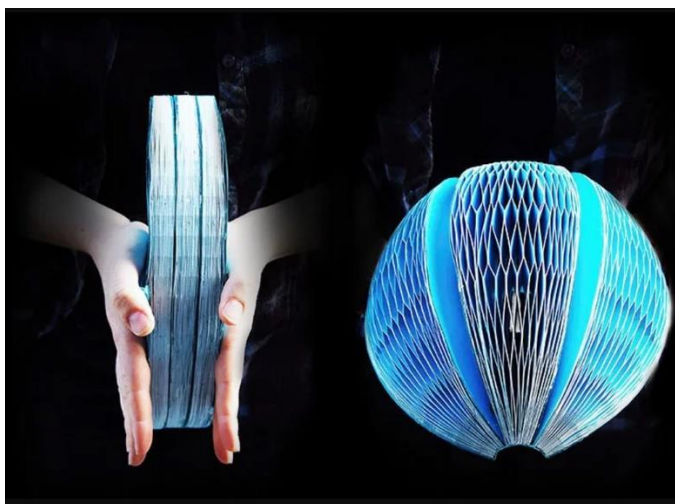
Obrázek 7: Jednoduchá oprava a plnění píchlé duše (Espresso - Effetto Mariposa, 2016)

1.4.4 Eco-Helmet

Snad ani není potřeba vysvětlovat, že bezpečnost by měla být vždy na prvním místě. Jak ovšem nejlevněji a nejjednodušeji zajistit helmy pro desítky uživatelů? S velmi dobrým nápadem přišla Isis Shiffer, která přinesla na trh papírové cyklistické helmy, které využívají základních fyzikálních zákonů.

Papírové helmy využívají jedinečné konstrukce včelích pláství, které absorbují nárazy tím, že v případě havárie rovnoměrně rozvedou kinetickou energii kolem hlavy. Pokud se nevyužívá, tak se složí do velmi úzké destičky.

Před nástupem produktu do trhu absolvovaly helmy úspěšně testy, které absolvují všechny ostatní helmy, které chtějí být prodávány na americkém trhu. Jedná se o certifikát CPSC. (EcoHelmet, 2017)



Obrázek 8: Papírová helma Eco-helmet (EcoHelmet, 2017)

1.4.5 Potah na sedlo

Pro některé účastníky bikesharingového systému může být nepříjemné využívání kol po cizích lidech. Vylo by proto vhodné využít v systému hygienické potahy na sedlo, které dostane každý při registraci do systému a nahrání prvních peněz na účet. Jedná se o potah na sedlo v hodnotě kolem šedesáti korun v různých barvách. Dostupné je například na aliexpress.com či ebay.com.



Obrázek 9: Potah na sedlo (eBay, 2017)

2 Bikesharing v Praze

V Praze a dalších městech České republiky se již několik let setkáme s více či méně úspěšnými projekty pro sdílení kol. Ať už jde o menší půjčovny s jedním či dvěma místy pro zaparkování kol, tak zde máme i rozsáhlé systémy, které se inspirovaly v zahraničních projektech a podle jejich zakladatelů se už dostávají do zelených čísel.

2.1 Společnosti a jejich systémy

2.1.1 Rekola

Rekola je český projekt sdílení jízdních kol (bikesharing), který vznikl díky iniciativě programátora Vítka Ježka v roce 2014 nejdříve v Praze a postupně se rozšířil do Brna, Pardubic, Hradce Králové, Olomouce a Českých Budějovic. Už za rok fungování jej využívalo celkem 2000 lidí a např. v hlavním městě, kde projekt získal také podporu magistrátu, bylo pro rok 2016 připraveno již 300 kol. V Hradci Králové byl projekt v září 2016 pro nedosažení dlouhodobé udržitelnosti projektu ukončen a není jisté, zda neskončí pro nezájem i v dalších městech, v Praze se ale těší stále větší popularitě a převážně v teplých dnech bývají všechna kola v provozu. (REKOLA Bikesharing, 2017)

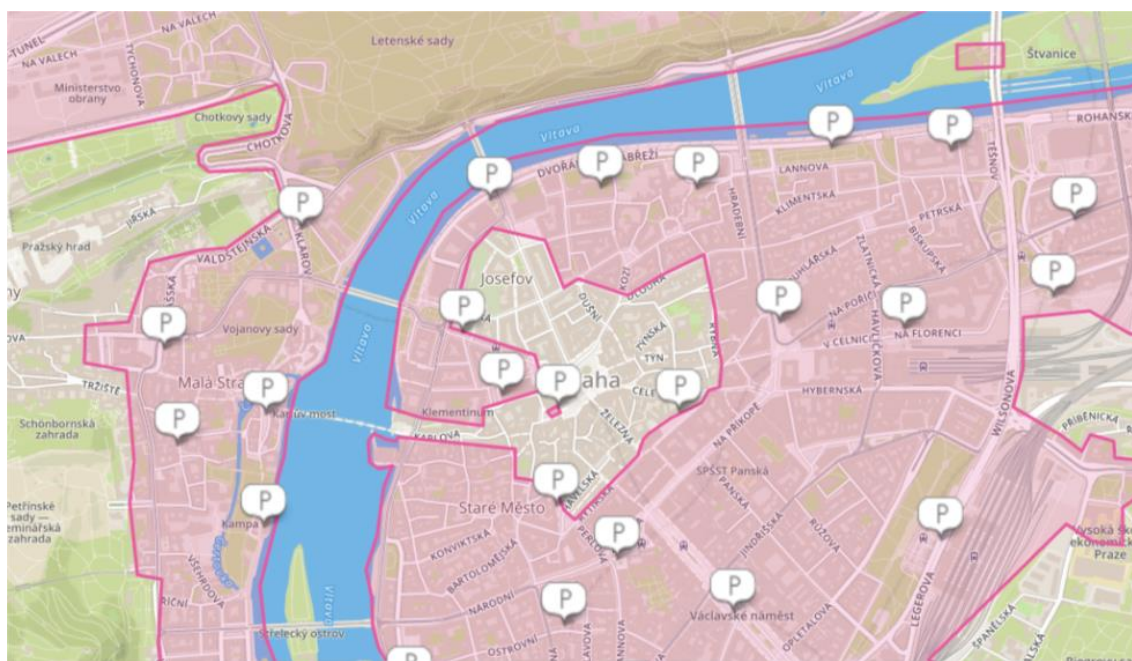


Obrázek 10: Flotila Rekolo (REKOLA Bikesharing, 2017)

Projekt Rekola ale nemůže využívat každý. Funguje na systému členství v místním nebo centrálním spolku, vznikajícího zaplacením členského příspěvku, který je nyní 320Kč na měsíc, nebo 1199Kč na rok. Až pak je možné zjistit přes mobilní aplikaci nejbližší kolo,

prostřednictvím získaného kódu jej odemknout a začít využívat. Následně je třeba kolo zase zamknout a v mobilní aplikaci ho označit jako vrácené spolu s místem vrácení, v Praze a Brně k tomu fungují navíc parkovací Repointy. Kola a koloběžky zapojená do systému jsou charakteristická svou růžovou barvou, která má odradit zloděje od odcizení a je v městském provozu velmi nápadná. Dalším důležitým bodem proti krádeži je i stáří kol, které se pohybuje mezi dvaceti až patnácti lety. (REKOLA Bikesharing, 2017)

Vypůjčení kola přes Rekolo je velice snadné. Přes mobilní aplikaci, která je k dispozici na platformách Android a iOS si v mapě zobrazíte dostupná kola. Kolo je také možné najít pomocí smsky, kterou můžete zaslat na číslo 774 635 656 ve tvaru: NAJIT + adresa kde se zrovna nacházíte. Např.: NAJIT Jungmannovo náměstí, Praha 1. Odemknutí kola je také pomocí smsky, tentokrát ve tvaru PUJCIT + šestimístný kód kola, nebo zadáním do mobilní aplikace. Obratem přijde pomocí sms kód zámku a můžete vyrazit. (REKOLA Bikesharing, 2017)



Obrázek 11: Aktuální rozmístění dokovacích stanic (REKOLA Bikesharing, 2017)

Kolo se vrací jednoduchým způsobem. Buď je možné jej vrátit do tzv. Repointů, což jsou místa označená v aplikaci Rekola modrým P, nebo pokud není Repoint v blízkosti, tak je

potřeba Rekolo uzamknout k nejbližšímu stojanu, lampě či zábradlí a upřesnit popiskem. Kolo lze vrátit i pomocí sms ve tvaru např.: VRATIT Jungmannovo náměstí, Praha 1; stojan

2.1.2 HOMEPORT

Homeport je česko-britská firma s působností po celém světě. V pražském Karlíně testuje svá řešení na sedmi stanicích s dvaceti koly. Města, ve kterých v současnosti fungují jejich technologie, jsou Liverpool, Reading, Lincoln, Northampton, Oxford, Petrohrad a Štětín. (Prahou na kole, 2016)



Obrázek 12: Dokovací stanice Homeport (HOMEPORT, 2017)

Je to další možnost, jak si v Praze půjčit kolo, která nabízí podobné služby jako Rekolo ovšem je zde zásadní rozdíl ve vracení kol. Kola je nutné vracet do předem definovaných dokovacích stanic. Jen ve výjimečných případech je možné na předem zkontrovaná místa uložit kolo pouze na cyklozámek.

Princip vypůjčení a navrácení kola je následující:

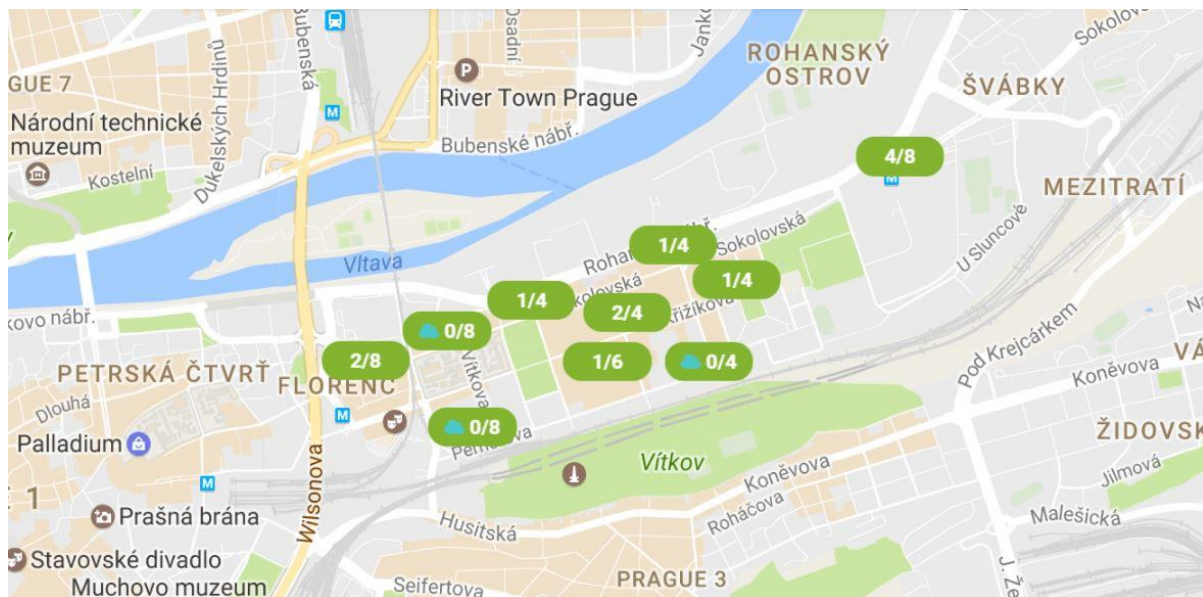
Vyberete si tarif a vyplníte kontaktní informace, poté je nutné zaplatit kartou nebo přes PayPal. Po těchto prvotních úkonech obdržíte v řádech minut pomocí sms a emailem login

a PIN. Na stanici se přihlásíte a budete následovat instrukce na displeji pro vypůjčení kola. Vracení kola do jakékoli stanice se provádí jednoduchým zasunutím do volného zámku. (HOMEPORT, 2017)





Obrázek 13: Princip vypůjčení a vrácení kola (HOMEPORT, 2017)

Homeport má své parkoviště umístěné hlavně v Karlíně.



Obrázek 14: Rozmístění parkovacích stání v Karlíně (HOMEPORT, 2017)

Ceník mají také nastavený trochu odlišně a více složitě než Rekola.

DETAILY	NÁZEV TARIFU	INTERVAL ZDARMA	MINIMÁLNÍ ZŮSTATEK	CENA	ZAREGISTROVAT
	1 den 1 kolo	24 h	0 Kč	200 Kč	ZAREGISTROVAT
	1 den 2 kola	24 h	0 Kč	350 Kč	ZAREGISTROVAT
	1 den 3 kola	24 h	0 Kč	450 Kč	ZAREGISTROVAT
	1 den 4 kola	24 h	0 Kč	500 Kč	ZAREGISTROVAT
	1 týden 1 kolo	24 h	0 Kč	800 Kč	ZAREGISTROVAT
	1 týden 2 kola	24 h	0 Kč	1 400 Kč	ZAREGISTROVAT
	1 týden 3 kola	24 h	0 Kč	1 500 Kč	ZAREGISTROVAT
	1 týden 4 kola	24 h	0 Kč	1 600 Kč	ZAREGISTROVAT
	1 rok 1 kolo	2 h	0 Kč	300 Kč	ZAREGISTROVAT
	1 rok 2 kola	2 h	0 Kč	550 Kč	ZAREGISTROVAT
	1 rok 3 kola	2 h	0 Kč	750 Kč	ZAREGISTROVAT
	1 rok 4 kola	2 h	0 Kč	900 Kč	ZAREGISTROVAT

Obrázek 15: Ceník Homeport (HOMEPORT, 2017)

2.2 Bikesharing elektrokol v zahraničí

2.2.1 BiciMad

Jedná se o jeden z největších projektů, který se týká sdílení elektrických kol. Byl zahájen v létě roku 2014 ve Španělském Madridu. Zahrnuje celkem 1560 elektrokol, k nimž přísluší 3120 stojanů na 123 stanicích. Cena je určena zaprvé tarifem, který je 25€ na rok (což dělá asi 650 Kč) a 15€ (400Kč) pro držitele permanentky na městskou hromadnou dopravu. Dále se zákazníkovi účtuje 50 eurocentů za prvních 30 minut vypůjčení a dalších 60 eurocentů za každou další půlhodinu do doby dvou hodin od započetí výpůjčky. Poté cena roste na 4€ za každou započatou hodinu. Kola jsou k dispozici non-stop po celý rok. Vypůjčení je realizováno na terminálu u stojanu a doprovodné aplikace slouží pouze pro zobrazení stanic na mapě, případně kontrolu konkrétního uživatelského účtu. Kola jsou konstruována tak, že zámek do stojanu (podobně jako v řešení firmy Homeport) je zároveň kontaktem pro nabíjení baterie. (BiciMAD, 2017)



Obrázek 16: Dokovací stanice BiciMad (BiciMAD, 2017)

2.2.2 Gobike

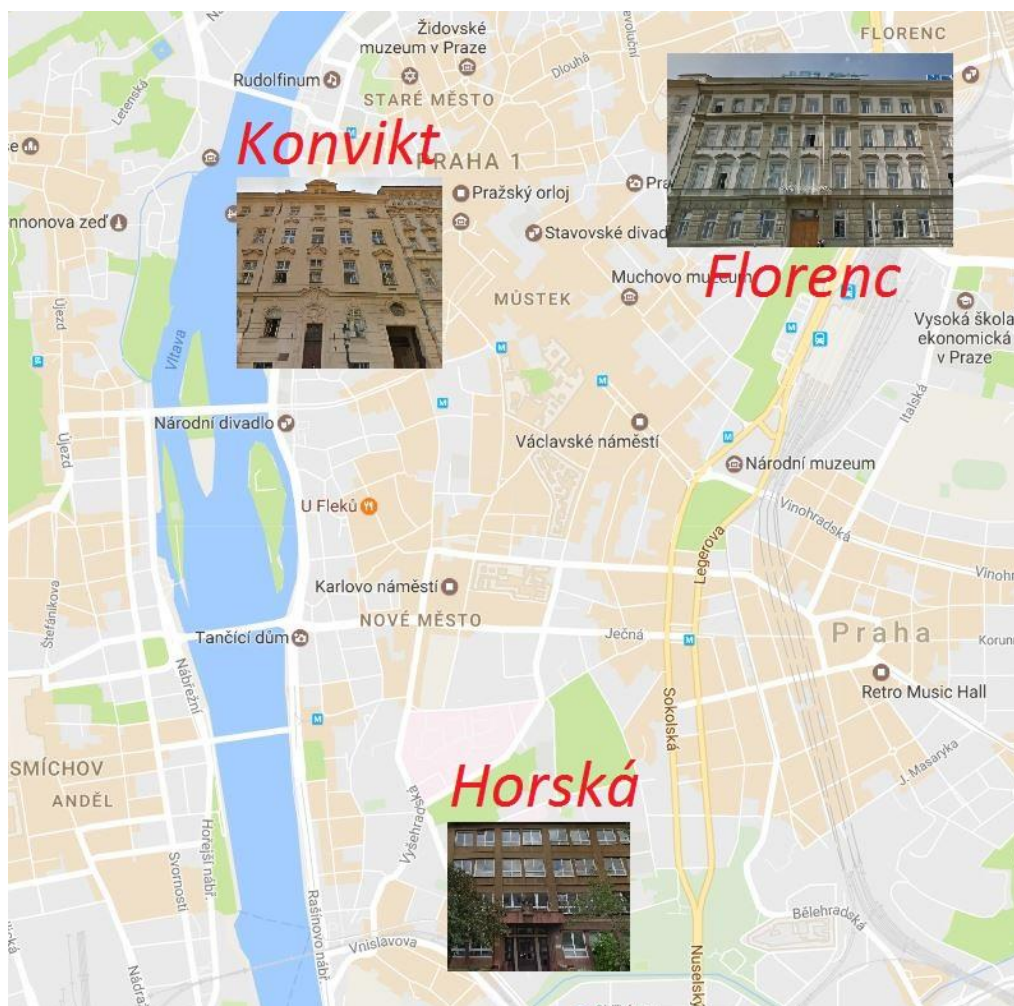
Gobike je v technologické hierarchii nejvýše nasazeným hráčem. Podzim roku 2013 přinesl do společnosti Gobike pilotní testování s padesáti koly, aby v dubnu následujícího roku mohlo být přidáno dalších 200 kol a projekt mohl být rozjet na plné čáře širší veřejnosti. V tu dobu bylo v provozu 20 stanic v Kodani a Frederiksbergu, na kterých si bylo možné elektrokola vypůjčit. Počet kol i stanic je průběžně navyšován a nyní čítá přes 1860 elektrokol, 100 stanic a 2790 stojanů. Systém Gobike vyhrál výběrová řízení také ve Stavangeru, Rotterdamu a v Barceloně. V těchto městech v současnosti probíhá pilotní provoz a očekává se brzké spuštění ostrého provozu. Nabíjení je řešeno ze stojanu přes přední náboj kola. Mezi řídítky je umístěn odolný tablet s vyspělou aplikací, která zprostředkovává komunikaci uživatele se systémem od vlastní registrace přes výpůjčku a on-line navigaci až po nastavení úrovně asistence elektromotoru, kterou si uživatel volí pro každý typ terénu a která se ukládá do systému. (Go Bike, 2016)



Obrázek 17: Tablet GoBike (Go Bike, 2016)

3 Cestování mezi budovami

Téma diplomové práce jsem si zvolil nejen z důvodu blízkosti dopravy a elektřiny, kterou jsem studoval. Ani z důvodu ekologie, která mi je také díky mým koníčkům blízká. Hlavním motorem vytvořit sdílení elektrických kol mezi budovami byl školní rozvrh a umístění předmětů, které je časově velmi náročné. Studenti se přesouvají především pomocí MHD, které zabere od dvaceti do třiceti minut na jednu cestu. Je to škoda nevyužitého času. Je pravda, že se rozvrháři snaží problém řešit a situace se rozhodně zlepšuje, ale nebylo by na škodu přesuny více zjednodušit. Respektive umístění budov, ve kterých se předměty nacházejí. Jsou bohužel běžné přesuny mezi budovami v řádech desítek minut i několikrát denně.



Obrázek 18: Rozložení fakult

3.1 Cestování pomocí MHD

Jak jsem v předchozím článku zmínil, je možné cestovat víc druhy dopravy a v následujících odstavcích je porovnám a zhodnotím jejich plusy. Jak je asi zřejmé, měla by z výsledků nejlépe dopadnout jízda na kole, respektive elektrokole za pomoci bikesharingu.

Úsporu času jsem se rozhodl prezentovat na náhodně vybraných dvou rozvrzích bakalářského studia, kde je cestování mezi budovami nejčastější a nejvíce ovlivňuje náladu mezi studenty. Jedná se o rozvrh pro letní semestr studijní skupiny číslo 2-51 a 3-51 s předpokladem, že student bude navštěvovat všechny přednášky a nebude opakovat žádný předmět z předchozího ročníku a není v něm započítán žádný povinně volitelný předmět, který by statistiku zkresloval.

Cestování jsem si rozdělil na dobu během špičky (ranní i odpolední) a na dobu dopravním sedle, abych co nejlépe změřil dobu cesty. Všechny hodnoty v následujících dvou tabulkách jsou uvedeny v minutách a popisují ideální cestu pomocí MHD.

Tabulka 2: Doba cesty mezi budovami ve špičce

Destinace	Špička							Celkem
	Cesta na MHD	Střední doba čekání 1	Cesta MHD 1	Mezi MHD	Střední doba čekání 2	Cesta MHD 2	Cesta od MHD	
Albertov - Florenc	4	1	3	3	1	5	2	19
Albertov - Konviktská	4	3,25	7	x	x	x	4	19
Konviktská - Florenc	4	1	5	x	x	x	2	12

Tabulka 3: Doba cesty mezi budovami mimo špičku

Destinace	Mimo špičku							Celkem
	Cesta na MHD	Střední doba čekání 1	Cesta MHD 1	Mezi MHD	Střední doba čekání 2	Cesta MHD 2	Cesta od MHD	
Albertov - Florenc	4	2	4	3	2	5	2	22
Albertov - Konviktská	4	5	7	x	x	x	4	20
Konviktská - Florenc	4	2	5	x	x	x	2	13

A v následujících tabulkách je uvedeno, kolik minut celkově ušetří studenti skupiny 2-51 a skupiny 3-51 na cestách mezi fakultami. Celkem razantně je zde vidět velká výhoda jízdy na elektrokole. U Skupiny 2-51 je rozdíl téměř půl hodiny týdně na jednoho studenta. U skupiny 3-51 je rozdíl dokonce více jak hodinu.

Tabulka 4: Rozdíl v době cesty pro skupinu 2-51

2-51	Doba špičky			Doba sedla			Počet cest
	MHD	Elektrobike	Autem	MHD	Elektrobike	Autem	
pondělí	x	x	x	22+13	21+7	19+18	2
úterý	x	x	x	13	7	18	1
středa	x	x	x	x	x	x	0
čtvrtek	12	8	22	20+20	9+9	17+17	2
Rozdíl (+MHD)	+4		+14	+25		+33	+29

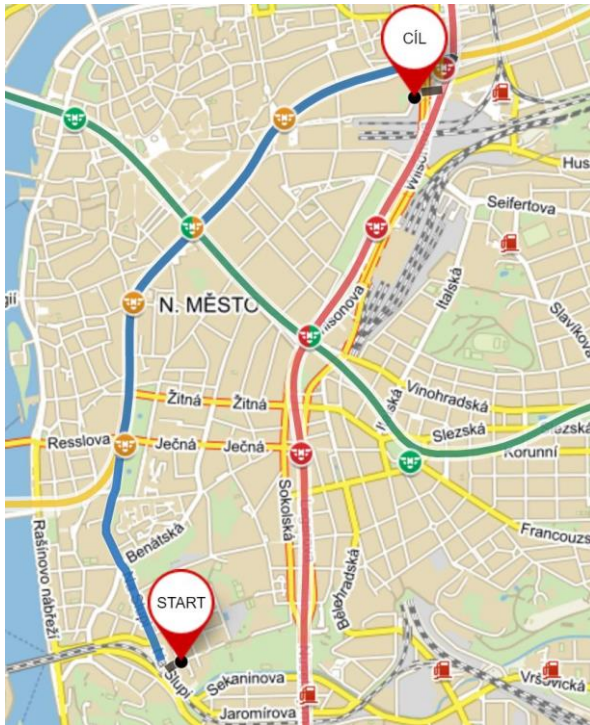
Tabulka 5: Rozdíl v době cesty pro skupinu 3-51

3-51	Doba špičky			Doba sedla			Počet cest
	MHD	Elektrobike	Autem	MHD	Elektrobike	Autem	
pondělí	x	x	x	x	x	x	0
úterý	x	x	x	20+20+20	9+9+9	17+17+17	3
středa	19	10	D	19+19	9+9	18+18	2
čtvrtek	x	x	x	x	x	x	0
Rozdíl (+MHD)	+9			+53		+42	+62

3.1.1 Trasa z budovy Horská na Florenc

V ulici Horská, konkrétně v budově číslo dvě, se nachází Ústav dopravních systémů, jazyků a společenských věd, dopravních prostředků, logistiky a managementu dopravy, letecké dopravy a Ústav soudního znalectví v dopravě. Jedná se o budovu s největším počtem ústavů a studentů a stává se z ní čím dál více středobod celé fakulty Dopravní Českého Vysokého Učení Technického, proto je časová a dopravní dostupnost této budovy stěžejní pro většinu studentů. Dá se říci, že pokud budete studovat na Dopravní fakultě, čeká vás pendlování mezi Horskou a ostatními budovami minimálně jednou denně. V budově na Florenci 25 se nachází Ústav aplikované matematiky a Ústav mechaniky a materiálů. Tyto ústavy protkávají celé bakalářské a magisterské studium na Fakultě dopravní a jsou proto opět hojně navštěvovány.

Pokud se podíváme na blízké dopravní stanice, zjistíme, že zde jezdí pouze tramvajová doprava, ale v dochozí vzdálenosti kolem deseti až patnácti minut je i metro zastávka Vyšehrad, která je na stejné lince metra, jako je budova na Florenci, ovšem málokomu se chce směrem z Florence na Albertov zdolávat nadmořskou výšku z 230 metrů nad mořem na 180 metrů nad mořem, natož tento rozdíl vystoupat opačným směrem. Cesta poté trvá směrem dolů kolem dvaceti pěti minut. Směrem vzhůru na Vyšehrad trvá cesta ovšem i o pět minut déle v závislosti na fyzické kondici jednotlivce.



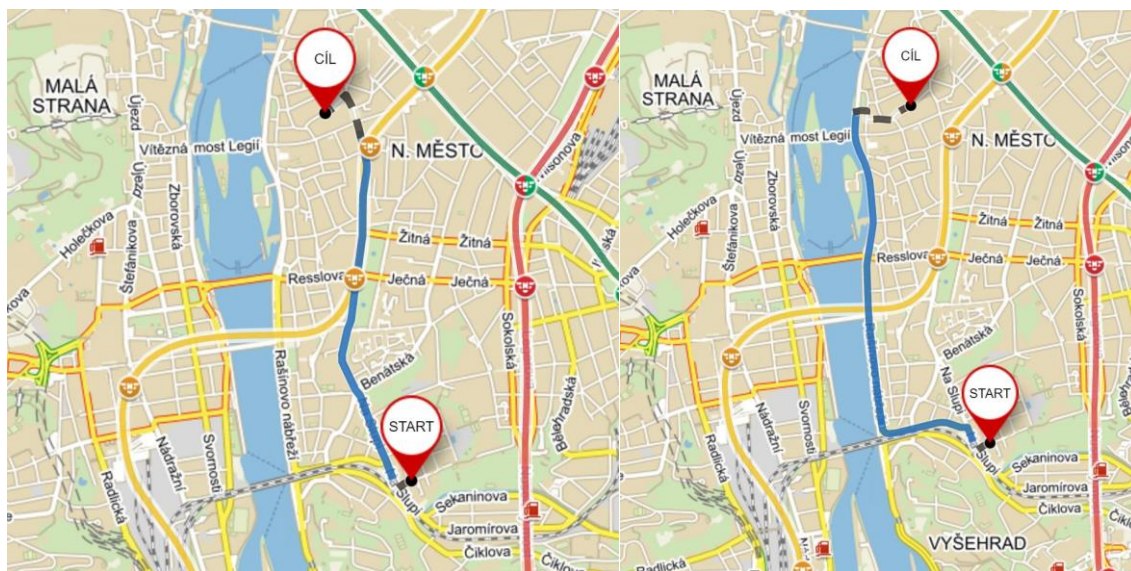
Obrázek 19: Mapa Horská – Florenc (Mapy.cz [online]. 2010)

Další varianta je cestování tramvají a následně metrem, kterou volí drtivá většina studentů. Dokonce i internetové mapy volí tuto trasu jako nejrychlejší spojení pomocí MHD. Ze směru od Albertova na Florenc je nutné dojít asi 400metrů na tramvajovou zastávku Albertov, kde ve směru Karlovo náměstí jezdí tramvaje číslo 14, 18 a 24. Cesta tramvají trvá za ideálního provozu kolem čtyř minut, protože se jedná jen o dvě zastávky. Pokud je ale centrum Prahy ucpané, může se cesta protáhnout i na dvojnásobek. Následuje přestup na metro „B“ a zastávku Karlovo náměstí, který trvá kolem čtyř až šesti minut a konkrétní cesta metrem trvá čistého času bez čekání na spoj dalších 6 minut. S čekáním na spoje a menším zdržením z důvodu dopravních kongescí je cesta dlouhá asi dvacet až dvacet pět minut, ovšem za ideálních podmínek jde stáhnout i těsně pod dvacet minut. Ovšem i zde se nevejdeme do požadovaných patnácti a cesta na elektrokole by byla rychlejší.

3.1.2 Trasa z budovy Horská do budovy Konviktská

O budově v ulici Horská, jsem se rozepsal již v předchozím odstavci, takže není potřeba se k ní nějak více vracet, ale budu se soustředit na budovu v Konviktské, kde se mimo jiné nachází Děkanát a studijní oddělení. Dále zde nalezneme Ústav aplikované informatiky v dopravě, Ústav dopravní telematiky a Ústav bezpečnostních technologií a inženýrství. Opět

sem cestují převážně studenti bakalářského studia často a je proto i na tuto budovu třeba klást důraz. Navíc je zde velký problém s parkováním a nechat zde odstavené auto je sázka na jistotu, že jej zde bez parkovací kartičky pro Prahu 1 již po hodně nenajdete.



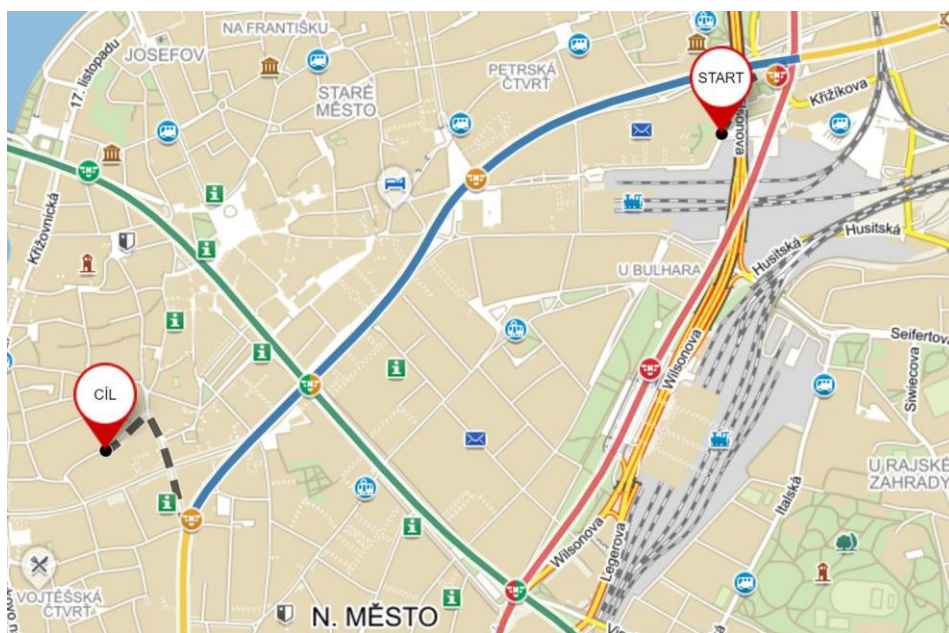
Obrázek 20: Mapa Horská – Konvikt (Mapy.cz [online]. 2010)

Naštěstí se vzdálenost mezi těmito budovami dá vcelku bezbolestně překlenout pomocí tramvají ze zastávky Albertov do zastávky Národní třída bez přestupování. Mezi těmito místy vás spojí přímo ovšem pouze tramvaje číslo 18, která má přes den interval 10 minut a ve špičce 8 minut. Další možností je svést s tramvají číslo 7 na Výtoň a od řeky dojít pěšky, což zabere asi 6 minut – dohromady tedy něco přes 20minut. Tramvají číslo osmnáct jste nejrychleji v místě určení za 15 minut, ale po započítání střední hodnoty čekání na spoj se opět dostáváme k dvaceti minutám, které opět neodpovídají patnáctiminutové pauze.

3.1.3 Trasa z budovy Florenc do budovy Konviktská

Z vlastních zkušeností mohu říci, že cestování mezi těmito objekty nebylo na denním pořádku a navíc probíhá po stabilní síti metra, která je až na sebevraždy velice spolehlivá a drží se téměř vždy daných intervalů, které jsou i mimo špičku krátké a plně dostačující. Ovšem i zde se dostáváme do střetu s časem a často i komfortem cestování. Na metro je potřeba nejdříve dojít pěšky. Celá doba chůze z metra i na metro zabere minimálně osm minut, dalších pár minut čekání na spoj a cesta metrem trvá čistého času kolem pěti minut. Dostáváme se zde tedy k hodnotě mezi patnácti až dvaceti minutami za cestu mezi budovami

v ulici na Florenci a v Konviktské. Cestování centrem města v metru B ovšem není po celý den komfortní z důvodu velkého počtu turistů a nesympatických jedinců.



Obrázek 21: mapa Florenc – Konviktská (Mapy.cz [online], 2010)

Cestování mezi budovami není tedy nikterak jednoduchá věc a je náročné především časově, a pokud nedisponujete Lítačkou či Opencard se studentským tarifem, tak je věcí i finančně náročnou.

3.2 Zhodnocení cestování pomocí MHD

Nevýhodou MHD je tedy hlavně její rychlost. Prostředky MHD na rozdíl od cyklistů a uživatelů elektrokol zastavují v zastávkách a ne vždy mají preferenci v kolonách. V hustém městském provozu je často MHD omezována svojí konkurencí a to hlavně individuální dopravou. Ta je totiž prostorově náročnější a častěji v ní dochází ke kongescím. MHD je pak často nespravedlivě zdržována auty.

Poslední dobou se stalo hodně aktuálním a omílaným tématem nebezpečí terorismu. Dopravní prostředky, kde se shromažďuje velké množství lidí, jsou ideálním terčem pro teroristy. I když Praha není zatím rozhodně centrem útoků a v nejbližší době se, doufejme, změna nechystá, tak se Praha snaží zabezpečit alespoň zastávky metra. Byly zde v minulosti odstraněny odpadkové koše i za cenu výrazného snížení kultury prostředí a v nedávné době byly do některých stanic odpadkové koše vráceny, avšak jedná se o koše, které by měly zamezit či alespoň výrazně snížit újmy na životech, zdraví či majetku způsobené potenciálními teroristy.



Obrázek 22: Protiteroristický odpadkový koš (Portál hlavního města Prahy, 2009)

Další problém spočívá také ve vysoké koncentraci lidí. Právě masová doprava je dokonalým místem pro přenos nemocí mezi velkou část populace, což u cyklistiky nehrozí. Jsou zde ale jiné rizikové faktory.

3.3 Výhody a přínos bikesharingu a cestování na elektrokole

Díky automatizovaným stanicím v těsné blízkosti budov je bike sharing skvělý a nejen doplňující článek mezi způsoby dopravy ve městě a mezi určitými body může městskou dopravu zcela nahradit. Vzhledem k nízké ceně služby doplňuje chybějící článek mezi chůzí, osobní automobilovou a veřejnou dopravou. Drtivá většina fungujících systémů sdílení kol

umožňuje jednosměrné cesty a představuje tak velmi flexibilní způsob dopravy na krátké až střední vzdálenosti.

Stanoviště jsou umístěna na atraktivních lokalitách, jejich stavy stále rostou a odpadají tak starosti s hledáním parkování a navíc se člověk dostane až na místa, které jsou ostatními dopravními prostředky nedosažitelná. Pokud jsou elektrokola napájena energií z obnovitelných zdrojů, např. pomocí solárních panelů, jedná se o velmi ekologický způsob dopravy a v ideálním případě lze dosáhnout energeticky soběstačného systému. Uživatelé bikesharingu odpadají starosti s vlastnictvím kola, od pořizovací ceny, údržby a servisu až po hledání vhodného místa k odložení kola. Tento dopravní systém přináší uživatelům řadu výhod.

Výhodou bikesharingu oproti klasické půjčovně kol je, že vypůjčení probíhá automatizovaně, samoobslužně a v jakoukoliv denní či noční dobu a stanice s koly jsou velmi jednoduché na obsluhu a čas vypůjčení, který je velmi malý. Bikesharing je skvělý zejména v případě, kdy se tvoří kolony a je možné se na kole po městě pohybovat velmi rychle a zkrátit tak přepravní čas.

4 Návrh a výroba dokovací stanice a porovnání variant

Návrh designu a uspořádání dokovací stanice spolu se systémem zámku bylo jedno z hlavních témat k zamyšlení. Ze zkušenosti a od testerů předchozích bikesharingových systémů a ze zkušeností bikesharingových projektů ať už komerčních či nekomerčních je jasně vidět, že největší důraz je nutné klást na jednoduchost systému. Dále samozřejmě na kvalitu zpracování a použité materiály, které musí zaručovat maximální funkčnost za co možná nejnižší možný rozpočet. Dalším aspektem samozřejmě byla možnost realizace, abychom byli schopni dokovací stanici vyrobit se základním nářadím a bez pokročilých znalostí například sváření, frézování či obrábění kovů. Vznikly proto dva základní návrhy, mezi nimiž jsme se rozhodovali. Jedním z nich byla „skříňka“ s veškerým příslušenstvím skrytým v jejích útrokách a další byla pokročilejší dokovací stanice podobná systému, který využívají komerční bikesharingové projekty.

4.1 Box s příslušenstvím na zdi a přístupem přes hlavní dvířka

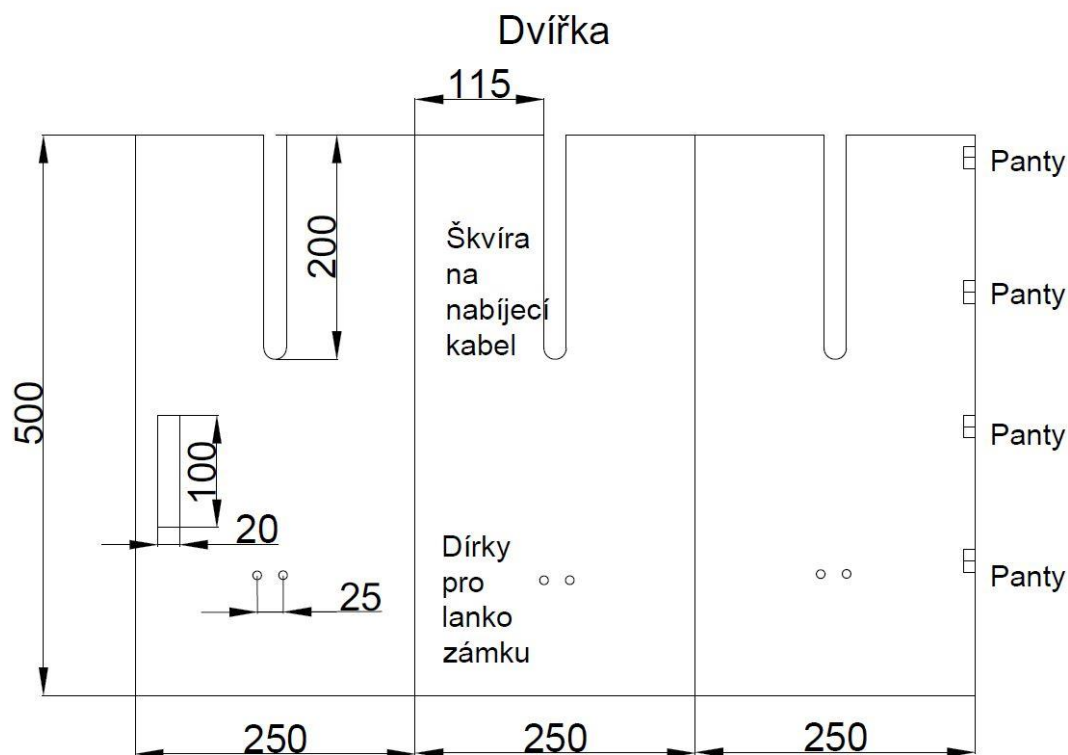
Jedna ze dvou finálních variant je tedy box, který obsahuje všechno příslušenství uvnitř. Box byl navržen tak, že se uživateli po zadání hesla a uživatelského jména na počítači v blízkosti kola otevře zámek boxu a uživatel může odháknout ocelové lanko z karabiny, která je navrtána ve zdi. Ve dvířkách k tomu slouží díry pro lanko zámku. Nabíjecí kabel je umístěn také v boxu na stěně a je před použitím vytažen škvírou na nabíjecí kabel.

Skládá se z devíti základních částí, které jsou navrženy z hliníkového plechu o tloušťce 2,5mm, který je na takovéto použití vhodný zejména pro svoji tloušťku a odolnost. Navíc se s tímto materiálem mnohem lépe pracuje, než s ocelovým plechem. Při vrtání, stříhání a řezání není potřeba tolik chladit použité nářadí a celkově je lépe ohebný a tvárný. Jeho problém je ovšem ve sváření, které je potřeba provádět nejlépe v ochranné atmosféře. Z tohoto důvodu bylo navrženo spojení pomocí hliníkových „L“ profilů o tloušťce 3mm a pomocí šroubů. Základní části jsou tyto: dvířka, dvakrát boční plech, horní plech a spodní plech, zadní panel, přepážka oddělující tři komory pro tři elektrocola a přepážka oddělující upínací systém pro uzamknutí kola a nabíjecí část.



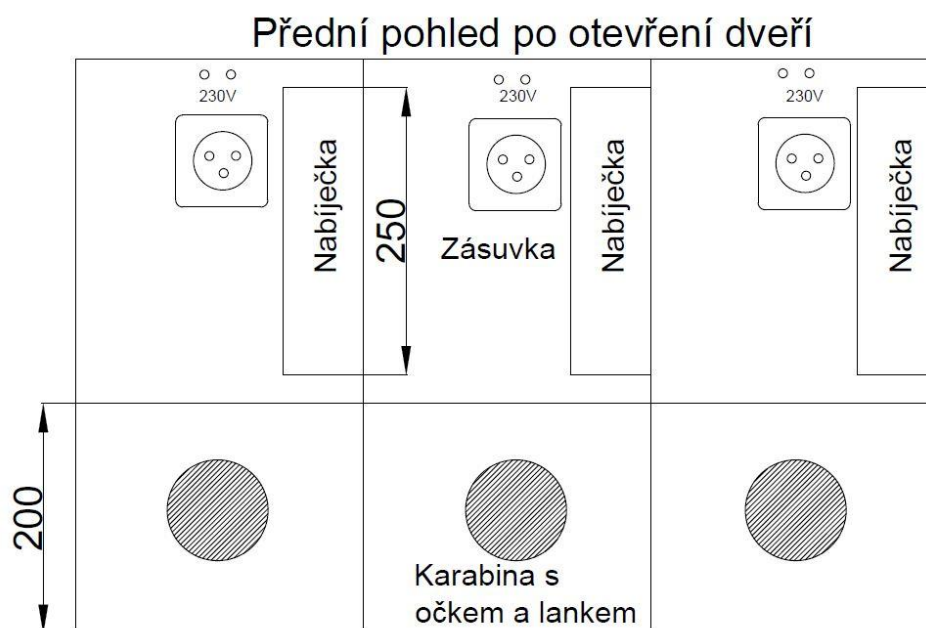
Obrázek 23: Nákres "L" profilu

Dvířka byla navržena tak, aby co nejlépe a nejjednodušeji navedla uživatele k nabíjení a odemknutí. Proto obsahují následující prvky. Jejich základní rozměr je 750mm na šířku a 500mm na výšku a jsou rozdělena do tří částí pro tři jednotlivá elektrokola. Každá část obsahuje škvíru na nabíjecí kabel, která je dlouhá 200mm od horní hrany dvířek a je dostatečně široká pro pohodlné zaháknutí kabelu pro nabíječku baterií. Dále jsou zde umístěny třikrát dvě dírky pro protažení lanka kvůli pohodlnému zamknutí elektrokola, které jsou dostatečně velké pro protažení očka, ale na druhou stranu nemohou být moc široké, aby karabina nešla odepnout bez otevření dveří. Samozřejmě se zde nacházejí také panty, jimiž jsou dveře upnuty k boční stěně a madlo pro otevření.



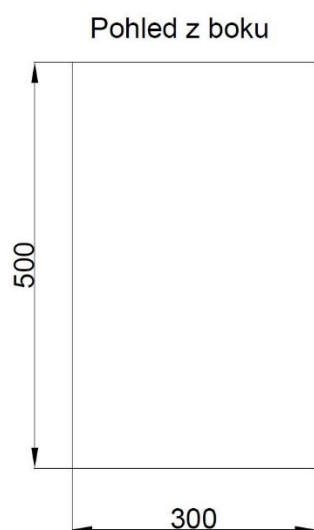
Obrázek 24: Dvířka k boxu

Po otevření dvířek se objeví důležitější zadní stěna, která je navržena opět maximálně prakticky, jednoduše a s ohledem na komfort a přehlednost. Její hlavní rozměry jsou opět 750mm na šířku a 500mm na výšku. Zadní stěna je rozdělena na šest prostorů ve dvou řadách. Každý horní prostor obsahuje zásuvku pro nabíjení ze sítě, dvě díry pro uchycení na zeď. Dále obsahuje prostor pro nabíječku, který je definován na výšku 250mm a obsahuje suchý zip pro pohodlné uchycení nabíjecího zařízení. V dolní části je umístěn zamykací mechanismus ve formátu karabiny, která je uchycena do stěny a ocelového lanka o průměru 4mm.



Obrázek 25: Zadní stěna boxu

Obě boční stěny byly navrženy jako totožné a to o rozměrech 300mm na šířku a 500mm na výšku. Stejně tak byla navržena stěna horní a spodní, které mají rozměr 750mm na délku a 300mm na šířku. Spodní stěna byla navržena tak, aby bylo možná její odejmutí. A to tím způsobem, že její uchycení k „L“ profilům bylo částečně realizováno šrouby s bezpečnostní hlavičkou.



Obrázek 26: Boční stěna boxu

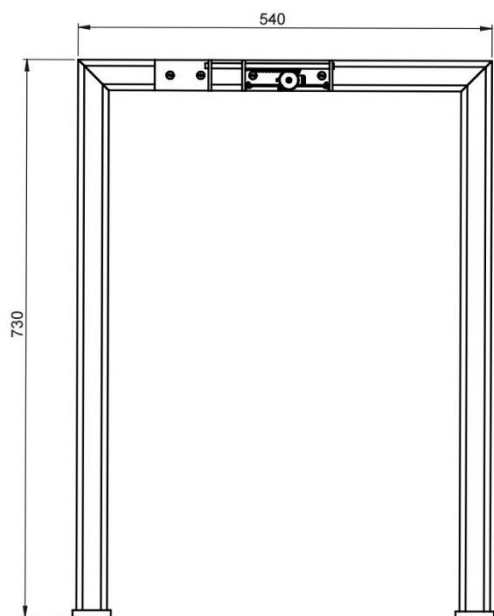
4.2 „U“ dokovací stanice

Druhá varianta dokovací stanice padla na tvar obráceného „U“. Tento tvar lépe odpovídá představám o jednoduchém použití a intuitivním ovládním. Základem je rám ze čtvercových hliníkových profilů o tloušťce materiálu 2,5mm. Hrana profilu je dlouhá 40mm, což je pro stabilitu a bezpečnost systému dostačující a navíc se s profilem velice dobře pracovalo. I z tohoto důvodu byl zvolen hliník místo železa.



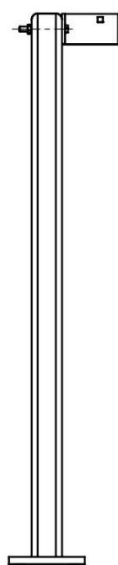
Obrázek 27: 3D pohled rámu

Rozměry rámu jsou 730mm na výšku a 540mm na šířku, což je plně dostačující pro námi zvolený druh kola.



Obrázek 28: Čelní pohled na rám

Samotné sestavení nebylo v podmínkách málo vybavené dílny jednoduchým oříškem. Všechny komponenty jsem nakoupil v surovém stavu v obchodě Bauhaus a museli jsme si vše upravit sami.

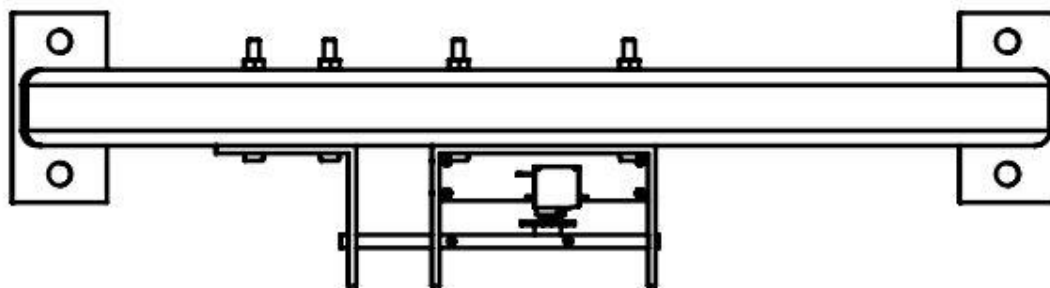


Obrázek 29: Boční pohled

Nejprve přišlo na řadu řezání hliníkového profilu, který je z měkkého materiálu, takže práce měla být snadná. Dopustili jsme se ovšem začátečnické chyby, když jsme začali řezat tupým kotoučem určeným na řezání železa. Hliník se taval pod rukama, ale po chvíli byl řez dokonán. Problém nastal při následném očišťování řezů, které bylo potřeba provádět ručně za pomoci pilníků různých hrubostí. Na řezech bylo nataveno velké množství materiálu, což nás zdrželo o desítky minut, ikdyž jsme na nich usilovně pracovali ve třech lidech.

Následně bylo za potřebí tři hlavní díly spojit dohromady, což je vyřešeno ocelovými profily do tvaru „L“ o rozměrech 70x70mm s výškou 40mm a šířkou materiálu 2,5mm. Tyto profily mají v sobě již předvrtané díry, což nám ulehčilo práci. Bylo ovšem potřeba navrtat do hliníkových nosných profilů vždy osm děr pro spojení dvou dílů. Díry mají průměr 4mm. Spojení „L“ profilů s nosnou částí bylo vytvořeno pomocí odpovídajících šroubů, podložek a matic pro maximální stabilitu a spolehlivost. Dále je nosný rám připojen k podložce z dřevotřísky opět za pomoci „L“ profilů. V tomto případě by bylo ale mnohem jistější celý rám ukotvit do země.

Zamykací mechanismus se nachází ve středu horní části a je umístěn mezi dvěma „L“ profily z vytvrzené oceli o tloušťce 2,5mm. Další informace o zamykacím mechanismu naleznete v kapitole věnované tomuto tématu.



Obrázek 30: Pohled shora na rám

4.3 Konkrétní dokovací stanice pro budovy fakulty

Oříškem bylo, kam umístit dokovací stanici na konkrétní místa budov. Byla nutná konzultace se správci budov a potýkal jsem se také s problémy s únikovými cestami a protipožárním zabezpečením. Nakonec jsem se rozhodl zvolit následující místa.

4.3.1 Budova Horská

Budova Horská je nejfrekventovanější budovou fakulty Dopravní a směřuje se i nejvíce předmětů.



Obrázek 31: Prostor pro umístění dokovací stanice u budovy Horská

V budově ovšem není místo pro dostatek dokovacích stanic, proto jsem zvolil umístění vně budovy na chodníku před hlavním vstupem. Je ovšem nutné využít dokovací stanici s příslušenstvím pro nepřízeň počasí.

4.3.2 Budova Konviktská

Budova v ulici Konviktská je na tom s místem nejhůře, nenabízí odpovídající zázemí ani uvnitř budovy, ani u hlavního vchodu.



Obrázek 32: Prostor pro umístění dokovací stanice u budovy Konviktská

Je proto nutné zřídit stání pro elektrokola na místě jednoho parkovacího stání, které patří ČVUT.

4.3.3 Budova Na Florenci

Budova na Florenci nabízí nejlepší zázemí pro umístění dokovací stanice pro elektrokola. Jsou zde dvě místa, která jsou pro naše řešení vhodná. Jedním je umístění v interiéru, kde je ovšem problém se stálým umístěním kol, která mohou být často špinavá a mokrá.



Obrázek 33: Prostor pro umístění dokovací stanice v budově na Florenci

Další místo je na dvoře, kde již je umístěn stojan na klasická kola. Toto místo se mi jeví jako naprosto ideální a bylo by skvělé, kdyby se časem našla podobná místa i na dalších budovách.



Obrázek 34: Ideální umístění kol v budově na Florenci

5 Vypůjčení a vrácení elektrokola

5.1 Programovací jazyk PHP

PHP je skriptovací programovací jazyk, který je určený hlavně pro programování dynamických internetových stránek a webových aplikací například ve formátu HTML, XHTML či WML. PHP je možné použít i k tvorbě konzolových a desktopových aplikací a her. Pro desktopové použití existuje kompilovaná forma jazyka. (php.net, 2015)

Při použití PHP pro dynamické stránky jsou skripty prováděny na straně serveru, to znamená, že je k uživateli přenášén až výsledek jejich činnosti. Interpret PHP skriptu je také možné volat pomocí příkazového řádku, dotazovacích metod HTTP nebo pomocí webových služeb. Syntaxe jazyka je inspirována několika základními programovacími jazyky (Perl, C, Pascal a Java). Jazyk PHP je nezávislý na platformě a rozdíly v různých operačních systémech se omezují na několik systémově závislých funkcí. Skripty lze většinou mezi operačními systémy přenášet bez jakýchkoli úprav. (php.net, 2015)

V PHP jsou napsány i velké internetové projekty, včetně Wikipedie nebo Facebooku (Facebook používá PHP transformované do C++ pomocí aplikace HipHop pro PHP a to především kvůli vyšší rychlosti). (php.net, 2015)

Výhody PHP

- PHP je specializované pro webové stránky.
- Nabízí rozsáhlý soubor funkcí v základní knihovně PHP (přes pět a půl tisíce)
- Má nativní podporu mnoha databázových systémů
- Multi-platformnost (zejména Linux a Microsoft Windows)
- Nabízí využití nativních funkcí operačního systému (možná nekompatibilita s jiným OS)
- Má strmou křivku učení.
- PHP je fakticky standardem, který najdeme všude

- Obrovské množství projektů a kódů, které lze zdarma využít (WordPress, phpBB a další).
 - Poměrně slušná dokumentace
 - Velmi svobodná licence, která (v protikladu k např. GPL) neobsahuje copyright
- (php.net, 2015)

Nevýhody PHP

- Jazyk PHP byl dlouho definován pouze svou implementací, oficiální specifikace jazyka byla oznámena až na konci července 2014
 - Nekonzistentní pojmenování funkcí
 - Nejednotné pořadí parametrů, např.: `array_map()` vs. `array_filter()`
 - Ač jazyk podporuje výjimky, jeho knihovna je používá jen zřídka
 - Slabší podpora Unicode, pouze přes PHP knihovnu (ve verzích po PHP 5 bude Unicode řetězec jako základní typ)
 - Ve standardní distribuci chybí ladící (debugovací) nástroj
- (php.net, 2015)

5.2 Přihlašování a ukázka formulářů

Pro přihlášení do systému bikesharingu je nejdříve nutná registrace ve webovém prohlížeči. Uživatel vyplní své základní údaje, jako je jméno a příjmení, vyplní si heslo a následně mu přijde potvrzovací email. Dalším krokem je osobní návštěva, kde ověříme totožnost zájemce pomocí jeho identifikační karty (pas, OP, ISIC...).

Na portálu jsem se podílel spolu s Joranem Timmermanem. On měl na starosti engine a já se staral o interface, uživatelské rozhraní a design.

Fill out all fields:

First name:

Last name:

email:

Username:

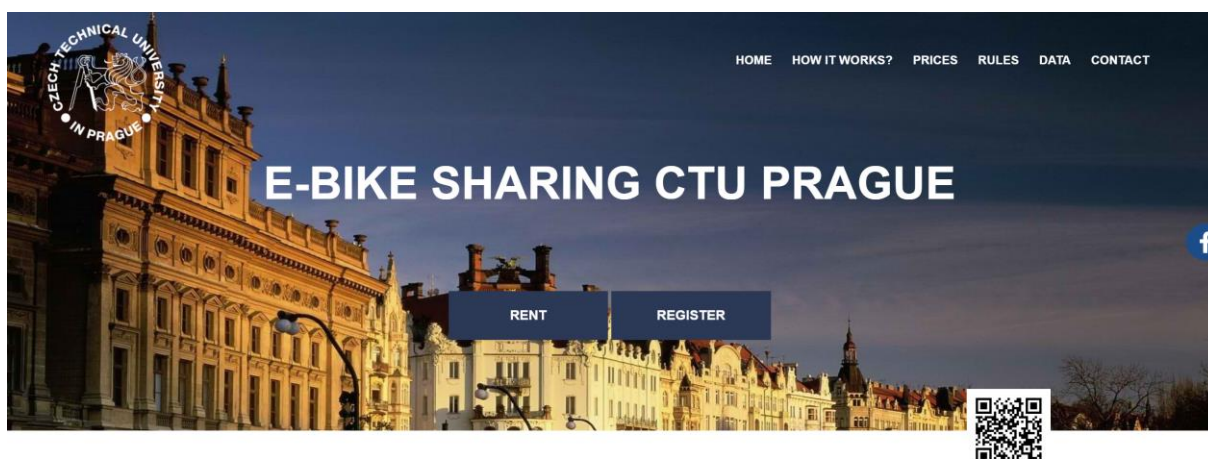
Password:

Confirm password:

submit

Obrázek 35: Formulář pro registraci

Vypůjčit si elektrokolo je pak velice jednoduché. Naskenováním QR kódu přejdete na webovou stránku <http://ebikes.bexair.be/>, kde pokračujete v přihlášení. Po kliknutí na políčko RENT systém přeskočí do přihlašovacího okna, kde uživatel vyplní svoje uživatelské jméno a heslo.



Obrázek 36: Úvodní obrazovka



LOG IN

Username:

Password:

Obrázek 37: Přihlášení

Následně je třeba zvolit výchozí destinaci a destinaci, kam se uživatel chystá. Po potvrzení se zobrazí potvrzující hláška o vypůjčení elektrokola, případně hláška, která odůvodňuje nemožnost vypůjčení. Jsou dva stavy, kdy k tomuto může dojít. Zprvé je zde varianta, kdy v aktuální destinaci není žádné elektrokolo, případně je zde možnost, že v cílové destinaci není volný zámek.

Welcome slapeto , are you ready for the trip ?

Choose current station.

FROM:

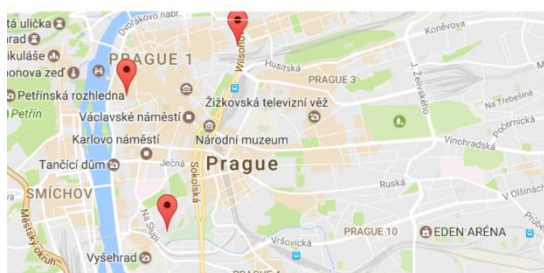
Choose destination station.

TO:



TAKE BIKE 300

STATION MAP



Obrázek 38: Výběr destinací

Obrázek 39: Po vybrání destinace

5.3 Vracení elektrokola pomocí RFID karty/samolepky

Vracení elektrokola je také velice jednoduché. Funguje na principu přenosu informace na krátkou vzdálenost, kdy je v čipu, umístěném na kole, nesena informace o elektrokole. Přes NFC čtečku je informace přenesena do dokovací stanice. Následně je informace odeslána do databáze, která provede kontrolu informací a dodá impuls k uzavření zámku.



Obrázek 40: Vracení probíhá zasunutím do stojanu

6 Stavebnice Arduino

6.1 O značce Arduino

Arduino je open source, počítačová hardwarová a softwarová společnost. Je to také projektová a uživatelská komunita, která navrhuje a vyrábí sady mikrokontrolérů pro vytváření digitálních zařízení a interaktivních objektů, které mohou regulovat a řídit objekty ve fyzickém světě. (Arduino.cc, 2015)

Desky Arduino používají řadu mikroprocesorů a radičů. Jsou vybaveny sadami digitálních a analogových vstupních / výstupních pinů, které mohou být propojeny s různými rozšiřujícími deskami a jinými obvody. Jsou také vybaveny sériovými komunikačními rozhraními, včetně sériové sběrnice Universal Serial Bus (USB). Některé modely využívají načítání programů z osobních počítačů. Mikrokontroléry jsou typicky programovány pomocí dialektu funkcí z programovacích jazyků C a C++. Kromě využití tradičních kompilátorů nabízí projekt Arduino integrované vývojové prostředí (IDE) založené na projektu Language Processing. (Arduino.cc, 2015)

Projekt Arduino byl zahájen v roce 2003 jako program pro studenty Interakčního designového institutu Ivrea v italském městě Ivrea, jehož cílem bylo poskytnout levnější a snadnější způsob, jak začátečníkům, tak odborníkům vytvářet zařízení, která interagují s jejich prostředím pomocí senzorů a pohonů. Mezi běžné příklady takových zařízení určených pro začátečníky patří například jednoduší roboti, termostaty či detektory pohybu. (Arduino.cc, 2015)

6.2 Využité komponenty

Pro vytvoření systému pro otevírání a zavírání zamykacího systému byly použity následující komponenty. Všechny komponenty byly objednány na Amazon.com a jejich finální cena nepřesáhla 2000 Kč včetně poštovného. (Amazon, 2016)

6.2.1 Arduino RFID čtečka

Jedná se o modul RFID čtečky pro mikrokontroléry s čipem a kartou.

Technické specifikace:

- Typ MF RC522 s podporovanou frekvencí 13.56 MHz
- Detekce chyb v přenosu ISO14443A
- Podpora šifrování CRYPTO1
- Obousměrná rychlost přenosu dat až 424 kbit/s
- SPI komunikační sběrnice
- Integrovaná anténa
- Provozní proud: 13 až 26 mA
- Klidový proud: 10 - 13 mA
- Provozní teplota: -20 až 80 °C?
- Kompatibilita
- Platforma Arduino, Raspberry Pi a další
- Napájení 3.3 VDC
- Rozměry 40 × 60 mm
- Součástí balení je:
 - 1ks modul RFID čtečky karet
 - 1ks RFID čipový přívěsek na klíče
 - 1ks RFID čipová karta

(Amazon, 2016)



Obrázek 41: NFC čtečka s kartou a klíčenkou (Amazon, 2016)

6.2.2 Arduino Ethernet Rev3 bez PoE

- Arduino UNO s ethernet rozhraním
- Dodatečně lze připájet modul A Power-over-Ethernet (PoE), který slouží k napájení z běžné kroucené dvoulinky Cat5
- Je plně kompatibilní s IEEE802.3af a pracuje se všemi kompatibilními PoE injektory.
- Mikrokontroler: ATmega328
- Ovládací napětí: 5V
- Napájecí napětí: 7-12V
- Digital I/O Piny: 14
- PWM Digital I/O Piny: 4
- Analogové Piny: 6
- DC proud skrze I/O Piny: 40 mA
- Flash paměť: 32 KB
- Flash paměť pro Bootloader: 0.5 KB
- SRAM 2 KB
- EEPROM 1 KB
- Frekvence procesoru: 16 MHz
- Délka 68.6 mm
- Šířka 53.3 mm
- Váha 28 g
- Kompatibilní s PoE Modulem 12V (X000002)

(Amazon, 2016)



Obrázek 42: Arduino Ethernet Rev3 (Amazon, 2016)

6.2.3 Arduino Projekt Starter Kit

Rozšířená naučná sada UNO R3, která je plně kompatibilní s populární vývojovou deskou Arduino UNO R3. Tento Arduino Starter Kit je velmi dobrý pro "doučení se" pokročilejších periférií. Set je vhodný pro seznámení se se základními pojmy tlačítek, rezistorů, čidel, IR přenosu dat, jak používat senzory pro detekci prostředí (tj. světlo, teplo) a jak používat čip 74HC595 pro rozšíření Arduino digitálních portů. K dispozici je PDF ke stažení s výukovým materiálem obsahující příklady se schématy, zdrojovým kódem a vysvětlením. (Amazon, 2016)

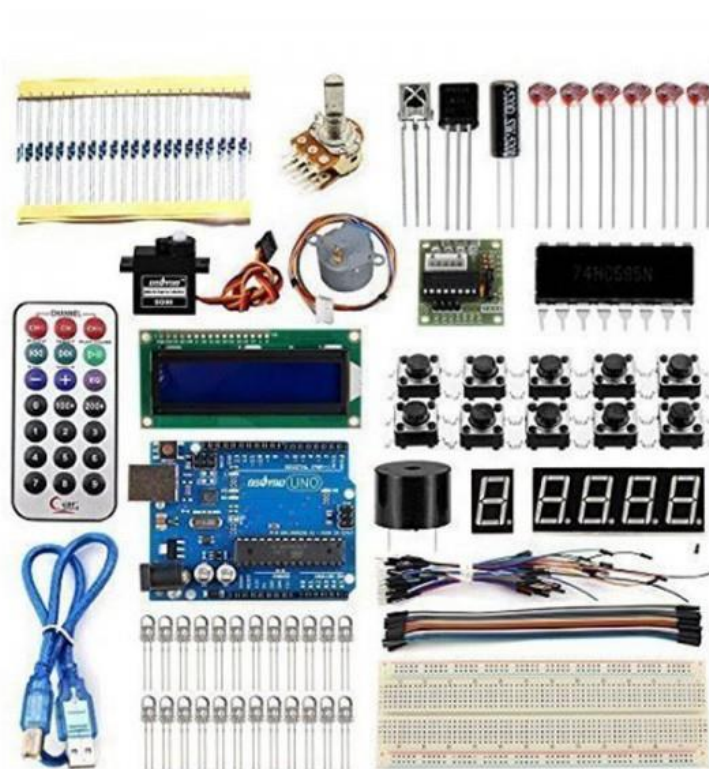
Tato sada obsahuje:

- 1x Arduino UNO + USB kabel
- 1x 4x7 segment LED displej
- 1x 1x7 segment LED displej
- 1x krokový motor + budič
- 1x servo motor
- 1x piezzo budič
- 1x IR dálkové ovládání + přijímač
- 1x LCD displej 16x2, I2C sběrnice
- 1x 74HC959 posuvný registr

- 1x bezkontaktní pole
- 3x 10k potenciometr
- 10x mikropsínač
- 1x teplotní čidlo (TMP36/LM35/2N3904)
- 1x otřesové čidlo
- 1x foto odpor

(Amazon, 2016)

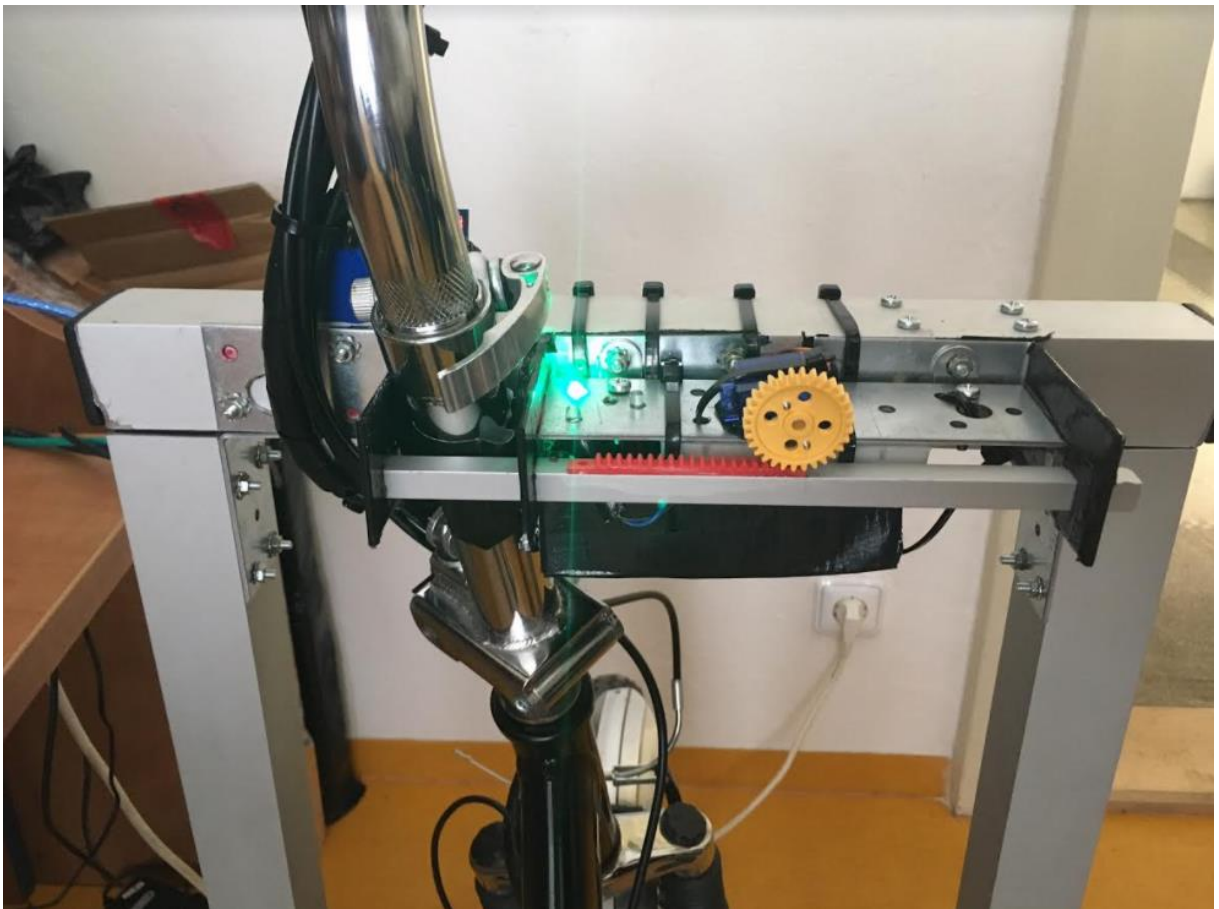
Dále obsahuje sadu propojovacích kabelů, rezistorů a LED diod.



Obrázek 43: Arduino Projekt Starter Kit (Amazon, 2016)

7 Mechanismus zámku

Hlavní součástí mé práce je vytvoření zamykacího mechanismu, který bude jednoduchý a spolehlivý. Jednoduchý musí být hlavně pro uživatele. Prototyp zámku je vyroben ze stavebnice Arduino, kde je využit sériový servo motor pro otáčení s ozubeným kolečkem. Ozubené kolečko jezdí po hliníkové tyči, na které je nalepen ozubený pás. Tato tyčka funguje jako západka, která zajistí rám elektrokola proti odcizení. Systém nejlépe popíše přiložený obrázek, na kterém je vidět umístění konkrétních využitých součástek.



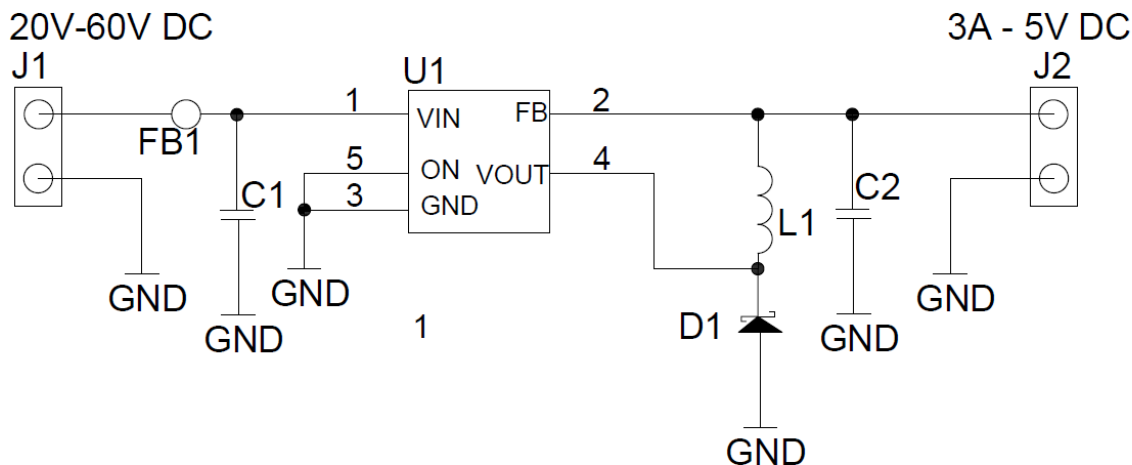
Obrázek 44: Mechanismus zámku (Amazon, 2016)

8 Součástka pro nabíjení chytrých zařízení a cyklopříslušenství

V dnešní době si bez chytrých zařízení nedokážeme již téměř představit ani jízdu na kole. Zvláště pokud patříme k mladší generaci, je pro nás využívání převážně mobilních telefonů při jakýchkoliv činnostech nezbytnou věcí. Nejinak je tomu při jízdě na kole, kde můžeme mobilní telefon využít především jako navigaci, tachometr či sport tester. Z tohoto důvodu jsem se rozhodl realizovat nabíjení pomocí konvertoru, který převádí napětí 36V na výstup USB, kde se nachází 5V a až 3A pro rychlé nabíjení. Ano, v USB výstupu u osobních počítačů je e verzi USB 2.0 výstupní proud 1A, dnešní mobilní telefony upřednostňují 2.1A a některé tablety dokonce 3A. Proto jsem zvolil 3A výstup. Mobilní zařízení si vezme tolik proudu, kolik potřebuje. Mnohem horší je pro nabíjení vyšší než dovolené napětí, které zničí baterii na 100%.

8.1 Použité součástky

Na schématu jsou vidět všechny použité součástky. Všechny jsou k zakoupení v běžné distribuční síti. Schéma jsem vytvořil po konzultaci s ing. Beránkem a inspirací mi byly i schémata ze zahraničních webů.



Obrázek 45: Schéma součástky

Tabulka 6: Seznam součástek

Seznam součástek		
Značka	Název	Hodnota
U1	Vysokonapěťový regulátor	OUT - 3A,5V
C1	Kondenzátor	100Uf
C2	Kondenzátor	470Uf
D1	Usměňovací dioda	60V,3A
FB1	Feritový korálek	X
L1	Toroidní tlumivka	100Uh
J1	Šroubovací svorkovnice	X
J2	USB A	X

8.1.1 Vstupy a výstupy

Vstup je v obrázku označen zkratkou J1. K tomuto účelu využívám šroubovací svorkovnici do DPS v modré barvě. Počet kontaktů, které nabízí, jsou dva. Potřebuji jen pro plus a minus. Mohl bych v tuto chvíli použít libovolnou svorkovnici, ale bylo by nutné správně zvolit upnutí do desky a správné rozmístění kontaktů. Rozteč jejich kontaktů je 3,5mm. Maximální jmenovité napětí je 300V a maximální jmenovitý proud je 8A. Tyto hodnoty mi bohatě stačí, neboť výstupní napětí je z baterie 36V. Součástka umožňuje pouze horizontální umístění vodiče.

Jako výstup J2 byly zvoleny dvě takzvané samice USB typu A, které mají dostačující parametry pro přenos požadovaného napětí a proudu. (GES-ELECTRONICS, 2017)

8.1.2 Kondenzátory

Kondenzátor je velmi důležitá pasivní elektrotechnická součástka, bez které si nedokáží představit žádný obvod. Jeho charakteristickou vlastností je kapacita. Bohužel každý reálný (neideální) kondenzátor kromě toho vykazuje další parazitní vlastnosti, jako je indukčnost a vnitřní odpor, čímž se odlišuje od kapacitoru, což je ideální součástka, která má pouze kapacitu stálou a nezávislou na okolních podmínkách. (Grada, 2005)

Princip kondenzátoru je jednoduchý, skládá se ze dvou vodivých desek (slouží zde jako elektrody) oddělených dielektrikem. Na každou z desek jsou přiváděny elektrické náboje opačné polarity, které se vzájemně přitahují elektrickou silou. Dielektrikum mezi deskami nedovolí, aby se částice s nábojem dostaly do kontaktu, a tím došlo k neutralizaci neboli vybití elektrických nábojů. Přitom dielektrikum svou polarizací zmenšuje sílu elektrického pole

nábojů na deskách a umožňuje tak umístění většího množství náboje. Vzhledem k elektrostatické indukci je velikost náboje na obou deskách stejná. (Grada, 2005)

Pro převodník napětí z 36V na 5V 3A jsou potřeba dva kondenzátory. Jedná se o Elektrolytický kondenzátor s označením CE 100uF/50VIT CAP-GL 8x16 RM3,5. Jedná se o elektrolytický radiální Low ESR. (GES-ELECTRONICS, 2017)

8.1.3 Vysoko napěťový regulátor

Nejdůležitější součástí našeho převodníku je jistě spínaný regulátor napětí v pevném provedení. Mezi hlavní nevýhody tohoto obvodu patří, že na sériovém regulačním prvku (tranzistoru) se ztrácí výkon rovný součinu výstupního proudu a rozdílu vstupního a výstupního napětí. Tento výkon se přeměňuje na nežádoucí teplo, které je nutné odvést ze zařízení objemnými chladiči. (Grada, 2005)

Ve spínaném stabilizátoru sériový regulační prvek pracuje ve spínacím režimu - proud prochází při minimálním napětí (stav saturace) a napětí je na regulačním prvku při minimálním proudu (rozeprnutý stav). Rozptylovaný tepelný výkon má minimální hodnotu. Nevýhodou spínaného stabilizátoru je vznik zvlnění výstupního napětí způsobeného principem činnosti. Uvedenou nevýhodu je nutné účinně potlačit výstupním LC filtrem. (Grada, 2005)



Obrázek 46: Vysokonapěťový regulátor (GES-ELECTRONICS, 2017)

Spínaný stabilizátor umožňuje rozměrově menší a lehčí konstrukci zařízení než sériový stabilizátor napětí. Vyskytuje se v různých obměnách v moderních elektronických zařízeních.

Součástka je složitá na realizaci, proto je mnohem jednodušší ji koupit už vytvořenou. Je zde nutná ovšem vysoká opatrnost při pájení, která nejspíše (s jistotou hraničící 100%) stojí za neúspěchy při výrobě převodníku. Součástka se označuje LM2576HVT-05 TO220-5 TEXAS INSTRUMENTS. (GES-ELECTRONICS, 2017)

8.1.4 Feritové korálky

V elektronice je feritové jádro magnetickým jádrem z feritu, na kterém jsou vytvořena vinutí elektrických transformátorů a dalších komponentů, jako jsou například induktory. Používá se pro své vlastnosti s vysokou magnetickou permeabilitou, která je spojena s nízkou elektrickou vodivostí (což pomáhá předcházet vířivým proudům). Vzhledem k jejich poměrně nízkým ztrátám při vysokých frekvencích se používají v jádrech vysokofrekvenčních transformátorů a induktorů v místech, jako jsou napájecí zdroje se spínaným režimem nebo například smyčkové antény pro amplitudovou modulaci. (Grada, 2005)

Feritová jádra používaná pro výkonové transformátory pracují v nízkofrekvenčním rozsahu (obvykle 1 až 200 kHz) a mají poměrně velký rozměr, mohou být toroidní, skořepinové nebo tvarované do písmena "C", "D" nebo "E". Používají se ve všech typech elektronických spínacích zařízení - zejména napájecích zdrojů od 1W do 1000W. V převodníku napětí jsou umístěna proto, aby eliminovaly vířivé proudy, ale nejsou jeho nezbytnou součástí. U výstupu je možné eliminovat vířivé proudy těsně před zařízením. (Grada, 2005)

8.1.5 Usměrňovací dioda

Pro usměrnění proudu bylo třeba zvolit vysokorychlostní Schottkyho diodu, která využívá usměrňujících účinků dotyku polovodiče a kovu, kde bývá polovodičem v nejčastějších případech křemík nebo GaAs typu N, kovem zlato nebo hliník. Schottkyho diody jsou nejčastěji vyráběny pomocí planárně epitaxní technologií. (Grada, 2005)

Princip těchto diod je jednoduchý. Vedení proudu se v Schottkyho diodě účastní pouze hlavní nosiče a při difúzi se na okrajích hradlové vrstvy neakumulují minoritní nosiče, proto je doba mezi vznikem a zánikem hradlové vrstvy značně menší. Z tohoto důvodu jsem zvolil Schottkyho diodu, protože pracují ve vysokých frekvencích. (Grada, 2005)

Základní část krystalu tvoří destička tloušťky asi 0,2 mm s velkou koncentrací příměsí s vodivostí typu N⁺, na níž je vytvořena vrstva polovodiče stejného typu vodivosti tloušťky několik mikro-metrů. Koncentrace příměsí je mnohem menší než v základní destičce. Povrch vrstvy je očištěn a pokryt oxidem, ve kterém je vyleptán otvor pro napaření kovové elektrody diody.

Tato jednoduchá konstrukce diod má však nevýhodu v tom, že umožňuje vznik elektrických polí velké intenzity v okrajových oblastech ochuzené vrstvy (strmé okraje, existence kladných

nábojů na rozhraní SiO₂), což vede k nárůstu proudu v těchto oblastech, nízkým průrazným napětím a špatným šumovým vlastnostem diod.



Obrázek 47: Usměrňovací dioda (GES-ELECTRONICS, 2017)

Tento nedostatek odstraňuje konstrukce diody s kovovou elektrodou překrývající oxidovou vrstvu. Ochuzená vrstva je pod kondenzátorem zaoblena a její ostré okraje způsobující měkký průraz jsou eliminovány. Oblasti překrytí oxidové vrstvy musí být malé, aby se vlivem přídavné kapacity nezhoršovaly kmitočtové vlastnosti diody. Konkrétně jsem využil Schottkyho diodu s označením SB360.

8.1.6 Toroidní tlumivka

Tlumivka vlastně cívka ve tvaru toroidu neboli prstence. Může v ní být vloženo jádro z feromagnetického materiálu, které zvýší indukčnost cívky. Tlumivka akumuluje ve svém magnetickém obvodu elektrickou (elektromagnetickou) energii.

Tato cívka využívá spodní propusti. Vodiči cívky prochází snadněji ty složky proudu, které mají nižší kmitočet, a vyrovnává tím průběh proudu při skokových změnách napájecího napětí. Obvykle je vinutí cívky tlumivky zhotoveno z vodivého materiálu s minimálním odporem. Vzduchovou tlumivku není téměř možno magneticky přesytit. Průběh závislosti magnetického toku na proudu je téměř lineární v celém rozsahu. Indukčnost cívky s feromagnetickým jádrem je lineární jen do oblasti plného nasycení. Po dosažení kolene hysterezní křivky indukčnost téměř neroste. (Grada, 2005)

Indukčnost je v elektrickém obvodu používána k blokování signálů vyšší frekvence a blokování rychlé změny proudu. Pro vyšší frekvence a rychlé změny má indukčnost zvýšenou reaktanci.

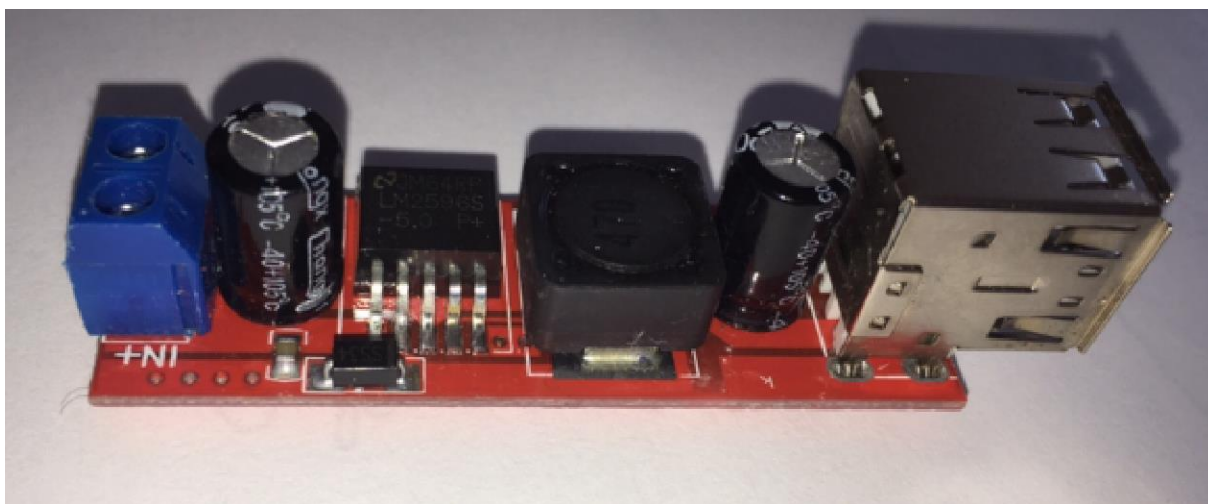
Pro signály nižších frekvencí má reaktanci nižší. Pro ustálený stejnosměrný proud tlumivkou se uplatňuje jen rezistence vinutí. (Grada, 2005)

Pro naše použití jsem zvolil tlumivku s označením Tlumivka toroidní vertikální DPO100A3 TALEMA.

8.2 Postup výroby

Postup výroby byl složitější, že se mi na první pohled zdálo. Nejprve bylo potřeba odhadnout zhruba komponenty, k tomu mi pomohli články na internetu. Ale jednalo se pouze o hrubý odhad, protože přímo na 5V a 3A nikdo převodník napětí nedělal. Po odhadnutí součástek jsem byl proto nucen zajít do SPŠE Ječná, kde jsem situaci konzultoval s několika elektrotechniky, kteří mi řekli, že nejsnadnější a nejspolehlivější způsob bude pomocí vysokonapěťového regulátoru, který je v dnešní době již možno sehnat jako miniaturní součástku ovšem citlivou na teplo. Poté již nebyl velký problém dopočítat součástky, většina funguje v rozsahu desítek voltů, takže i výpočty vycházely ze základních vzorců a nebylo potřeba jít více do hloubky.

Po vypočtení rozsahů jednotlivých součástek již nebyl problém je objednat a zakoupit na ges.cz, kde semnou zkonzultovali i další postup. Po nastrkání dílů do desky, která simuluje pájecí desku, vše fungovalo stabilně. Problém ovšem nastal při pájení. Bohužel se mi nepovedlo ani na třetí pokus zprovoznit napájenou krabičku nejspíše z důvodu přehřátí vysokonapěťového regulátoru, který je, jak jsem již předeslal na začátku, citlivý na teplo a ani s maximálním soustředěním se mi jej bez poškození nepodařilo připájet a tak jsem zvolil také z nedostatku času variantu, kde mi součástku vyrobili profesionálové na stroji, podle mého zadání. Výsledkem je tedy kompaktní krabička, která nabízí přesně to, co jsem od ní očekával.



Obrázek 48: Hotový převodník 36V / 5V

9 Výpočet jízdních odporů na trasách mezi fakultami

Odpory, které vznikají jízdou, jsou nezanedbatelnou součástí dopravy a je na ně kladen čím dál tím větší důraz. Je tomu tak i v dopravě cyklistické. Největší roli zde hraje konstrukce bicyklu, použité materiály, příslušenství a řidič. Konkrétně bych vypíchl váhu a kontaktní plochu s vozovkou. Je těžké najít vhodné uspořádání materiálů a příslušenství, abychom dostali ideální poměr cena/váha/pevnost u rámu a poměr bezpečnost/stabilita/styková plocha u použitých pneumatik. Základní odpory, které se vyskytují v dopravě, jsou: odpor vnitřního tření, odpor valení, odpor vzduchu, odpor stoupání a odpor proti zrychlení, který ale téměř neovlivníme. V práci jsem se věnoval nejdůležitějším odporům. Odporu vzduchu a odporu stoupání.

9.1 Odpor vzduchu

Rychlost vzduchu je vzhledem k jezdcovi rozdílná před ním a za ním, což vede k rozdílu tlaků a s tím spojenému vzniku odporové síly. Exponenciálně do její velikosti promlouvá rychlost proudícího vzduchu. Další významný faktor je hustota vzduchu a přední plocha. Ta závisí na rozměrech cyklisty, opět je tedy hmotnost a velikost cyklisty jako nejdůležitější část při výpočtu odporu, závisí také na kolech a jejich tvaru. Běžná hodnota plochy se pohybuje okolo 0,4 m², při zvednutém trupu kolem 0,6 m². Hodnotu hustoty vzduchu budeme počítat jako 1,25 kg*m⁻³. Rozdělení odporu vzduchu mezi jezdce a jízdní kolo je asi 7:3, takže pokud chceme snižovat odpor vzduchu, je nejlepší začít u jezdce, jeho posedu, oblečení atak dále. Vylepšení kola z aerodynamického hlediska je navíc velice nákladnou záležitostí, takže se jím nebudeme při stavbě kola příliš zabývat a použijeme raději konvekční tvary z lehčích materiálů.

Celkový odpor vzduchu je součtem několika odporů, které cyklista v atmosféře musí překonat. Hlavní ze složek je čelní odpor vozidla, dalšími složkami je odpor vzduchu rotujících kol a další blíže nespecifikované odpory. K výpočtu vynaložené energie představující odpor vzduchu platí následující vztah: (First, 2014)

$$O_v = \frac{1}{2} * \rho * c_x * S_x * v_r^2$$

O_v Odpor vzduchu [N]

ρ Hustota vzduchu, používá se hodnota 1,25 [kg*m⁻³]

S_x Čelní plocha vozidla [m²], získává se řezem nebo projekcí a planimetrií

v Rychlost proudícího vzduchu [m*s⁻¹]

c_x Součinitel odporu vzduchu [-], Poměrné číslo, které sdružuje jak tvarový, tak povrchový profil tělesa a jeho vliv na obtok vzduchu. Zjišťuje se experimentálně nejčastěji v aerodynamickém tunelu, u cyklisty se používá 0,7

V následující tabulce je uvedeno, jak podle Newtonova vzorce ovlivňuje rychlost odporovou sílu.

Rychlost [km/h]	Odpor vzduchu [N]
6	7,56
9	17,01
12	30,24
15	47,25
18	68,04
21	92,61
24	120,96
27	153,09
30	189
33	228,69
36	272,16
39	319,41
42	370,44
45	425,25
48	483,84
51	546,21

Tabulka 7: Odpor vzduchu závislý na rychlosti

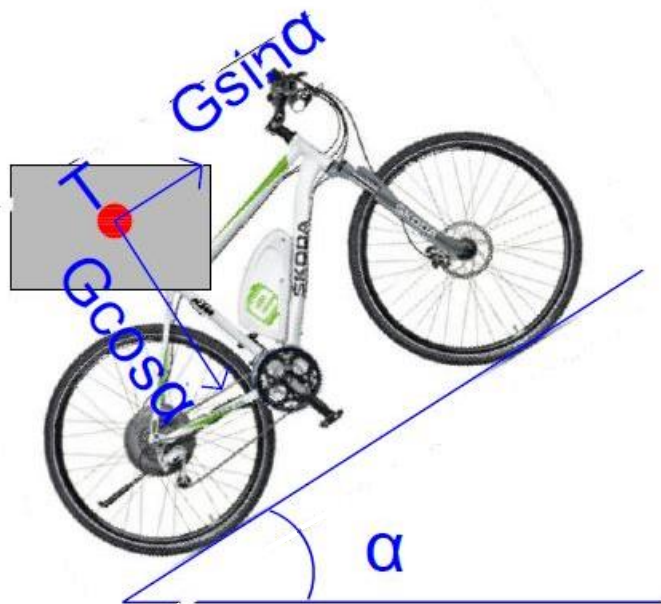
9.2 Odpor stoupání

Odpor stoupání O_s působí při jízdě v podélném sklonu vozovky. Při jízdě po rovině je nulový a při jízdě z kopce záporný, to znamená, že nás při jízdě urychluje. Zde je nejvýraznějším prvkem váha jízdní jednotky a samozřejmě úhel stoupání. Převážně váha cyklisty se podílí na odporu stoupání podle vzorce. (First, 2014) NEJNÁROČNĚJŠÍ STOUPÁNÍ

$$O_s = \pm G * \sin \alpha$$

G je tíha cyklisty s bicyklem [N]

α je úhel stoupání vozidla



Obrázek 49: Odpor stoupání

Vzhledem k umístění fakult a výsledkům naměřeného převýšení jsem se rozhodl tento odpor zanedbat. Všechny cesty jsou téměř po rovině, viz příloha o naměřených hodnotách nadmořských výšek. Hodnoty jsem měřil pomocí GPS modulu každých 100m optimální trasy pro jízdu mezi budovami.

Z tras jsem vybral největší extrém stoupání a vypočetl odpory stoupání, které zde vznikají.

Tabulka 8: Odpory vnikající na nejvyšších extrémech trasy Albertov - Florenc

Albertov - Florenc		
Staničení (m)	delta nadmořské výšky (m)	Odpor (N)
1600-1700	5	15991,98
1900-3000	7	10956,57

Tabulka 9: Odpory vnikající na nejvyšších extrémech trasy Albertov - Konviktská

Albertov - Konviktská		
Staničení (m)	delta nadmořské výšky (m)	Odpor (N)
1700-1900	5	16655,49
2400-2600	3	14033,21

Tabulka 10: Odpory vnikající na nejvyšších extrémech trasy Konviktská - Florenc

Konviktská - Florenc		
Staničení (m)	delta nadmořské výšky (m)	Odpor (N)
800-1400	3	6494,33
1800-1900	3	16277,93

10 SWOT analýza Inteligentní dokovací stanice

SWOT analýza dodává důležité podklady pro formulaci rozvojových směrů a aktivit, podnikových strategií a strategických cílů obecně. Spočívá v rozboru a hodnocení současného stavu organizace (vnitřní prostředí) a současné situace okolí organizace (vnější prostředí).

Není možné, aby jeden identifikovaný faktor byl zároveň silnou a slabou stránkou nebo příležitostí a hrozbou. Analýza SWOT má smysl pouze v případě, že se z ní získané výsledky budou dále využívat, a to v podobě navazujících opatření, která vyplývají z definovaných strategií. (mindtools.com, 2014)

Tabulka 11: SWOT analýza

Vnitřní vlivy	Silné stránky Inovativní projekt Jednoduchá obsluha Minimální prostorové požadavky Nenáročná registrace	Slabé stránky Zabezpečení Špatná reakce na počasí Složitě umístění dokovací stanice
Vnější vlivy	Příležitosti Urychlení přesunu studentů Zepšší zdraví studentů Podnět k rozvoji cyklistické infrastruktury Snížení emisí Zvýšení zájmu o alternativní dopravu	Hrozby Nezájem o službu Zranění studentů Nepřízeň počasí Poškození Odcizení

10.1 Silné stránky

Projekt spojený s ČVUT vyvolá určitě zájem, protože se jedná o jediný projekt ohledně bikesharingu mezi fakultami vysoké školy na poli České republiky. Studenti se budou chtít seznámit s novou technologií. Další silná stránka je rozhodně velmi jednoduchá obsluha z hlediska uživatele. K obsluze stačí jednoduché přihlášení a další dva jednoduché úkony spočívající ve vytažení kola ze stojanu a při vracení check pomocí NFC karty. I registrace uživatelů obsahuje pouze vyplnění základních identifikačních údajů a složení finanční částky na účet uživatele.

10.2 Slabé stránky

Není v našich silách systém dokonale ochránit a zabezpečit. Ať už z hlediska bezpečnosti či zabezpečení. Další slabou stránkou je téměř nulová reakce na počasí, které silně ovlivňuje hustotu cyklistů v Praze. Samotné umístění dokovací stanice je závislé na internetovém připojení a napájení ze sítě. Dále je třeba systém ochránit proti nepřízni počasí a to především proti vodě.

10.3 Příležitosti

Využívání elektrokol může přinést velmi pozitivní důsledky. Především si od něj slibuji urychlení přesunu studentů mezi budovami, což může pozitivně ovlivnit i studentský prospěch a celkově pozitivně ovlivnit vnímání fakulty. Dále se každý sport může projevit na zlepšení zdraví studentů, kteří budou pravidelně jezdit. I tento malý projekt může podnítit stát, respektive Prahu pro další rozvoj a zlepšení cyklistické infrastruktury. A pokud někoho cyklista zaujme i když za pomoci elektrokol, tak je vysoká pravděpodobnost, že se jí bude věnovat i v soukromém čase.

10.4 Hrozby

Největší hrozba projektu je, že nepřekleneme pilotní testování a pilotní provoz. Hlavně z důvodu nezájmu o službu. Jako další důležitá hrozba je pro mě určitě možnost zranění studentů, které je v pražském provozu opravdu reálné.

11 Závěr

V začátku jsem zvolil ideální elektrokolo. Informace jsem čerpal v bakalářské práci, kterou jsem vypracovával před dvěma lety. Za tuto dobu se trh příliš nezměnil. Proto jsem zvolil elektrokolo s 10,5Ah, motorem o napětí 36V a umístěním v zadním náboji. Rám kola je vyroben z hliníkové oceli a je zvolen tvar malého, skládacího a městského typu.

Zvolil jsem prvky výbavy elektrokola, které jsou rázu jak praktického, tak bezpečnostního. Před říditka bude doplněn praktický košík či taška pro bezpečné usazení notebooku a poznámkového bloku, na zadním nosiči bude brašna se základní sadou na opravu, která bude obsahovat i zalepení a dofouknutí duše ve spreji. Na kole bude připevněn GPS lokátor, kdyby se jej zloděj rozhodl odcizit, případně když se kolo z jiného důvodu nepřihlásí do cílové stanice. Z bezpečnostních prvků vyzdvihuji především helmu Eco-helmet, která využívá technologie včelích pláství pro roznesení deformační energie. S firmou jsem v kontaktu. Hygienickým doplňkem, který vyfasuje každý účastník systému, je voděodolný potah na sedlo.

V další části jsem pojednával o konkurenčních systémech převážně v Praze a o funkcionalitách zahraničních projektů, které jsou o roky napřed před českými. Největší český bikesharing je společnost Rekola, která provozuje síť půjčoven a dokovacích stanic ve větších městech. Největší hráči na světovém trhu v Bikesharingu jsou společnosti BiciMad a GoBike, u nichž se mohu rozhodně inspirovat.

Důležitým prvkem práce je také porovnání cestovních časů mezi fakultami třemi způsoby dopravy. Nejprve jsem jezdil ve špičce a v dopravním sedle pomocí MHD, z čehož jsem vytvořil údaje s dostatečnou přesností, dalším dílem byly naměřené časy, které jsem získal od Lukáše Jáneše. Třetí vstupní veličinou byly časy, které jsem naměřil automobilem. Do cesty autem jsem započítal i čas parkování, respektive hledání místa a platbu v automatu na parkovací lístky. Z měření vyplynula jasná převaha elektrokola. Kdy se často blížil rozdíl 100%. Automobil dopadl v součtu časů velice podobně jako MHD, přestože nemá žádné plánované zastávky.

Nejdůležitějším prvkem práce je ovšem návrh a výroba dokovací stanice. Nejprve jsem vybíral ze dvou typů. Prvním typem byla krabice umístěná na zdi, z tohoto návrhu nakonec sešlo a věnoval jsem se variantě, která je bližší moderním systémům na sdílení kol. Jedná se o obrácené U, do něhož kolo zajede. Veškeré propriety jsou umístěny na rámu, takže se systémem dobře pracuje a je i spolehlivý. Rám je vyroben z hliníku a pospojován ocelovými L. Pro snadnou

manipulaci je testovací rám umístěn na dřevotřískové desce. Jedná se ovšem pouze o prototyp, na kterém ukazují funkčnost systému. V budoucnu je potřeba rám minimálně svařit, případně přidat výztuhy pro lepší stabilitu. V sériové výrobě bude lepší použití oceli. Na všech budovách je potřeba zřídit dokovací stanice se zastřešením a bočními díly, aby byly alespoň částečně chráněny před povětrnostními podmínkami.

Vypůjčení kola se provádí před webovou aplikací, na kterou se uživatel dostane pomocí čtečky QR kódů. Systém po dvou klinutích dokáže odemknout zámek a umožnit výpůjčku kola. Vrácení se provádí ještě jednodušším způsobem a to nasunutím elektrokola do dokovací stanice. Čtečka NFC si načte z NFC čipu informace a uzavře zámek. V tomto bodě jsem se dostal ke komplikaci z důvodu velkého rušení signálu kovovým rámem. Bylo potřeba jej alespoň provizorně olepit silnou izolepou. Celkově zámek, který je vytvořený z komponent stavebnice Arduino není ideálně spolehlivý. Byl by za potřebí rozhodně silnější elektromotor se samostatným napájením a tyčka zámku by měla běhat v ložiskách či alespoň ložiskových pouzdrech.

Z výpočtu odporů je jasně vidět, že nejdůležitější článek je zde samotná hmotnost jezdce a hmotnost kola. Výpočet odporu proudění vzduchu je zde velmi složitá, protože zde hraje velkou roli jezdec, jeho posed, usazení ale třeba i jeho účes.

V každém případě je bikesharing mezi budovami skvělá alternativa k MHD i v dopravně náročném městě jakým je Praha. Těším se na budoucnost, kdy bude na fakultě Dopravní fungující systém sdílení elektrokol a pevně věřím, že k tomu má diplomová práce přispět.

12 Reference

Bike Saddle and Covers: eBay. In: *Electronics, Cars, Fashion, Collectibles, Coupons and More: eBay* [online]. USA, California: eBay, 2017 [cit. 2017-04-30]. Dostupné z: https://www.ebay.co.uk/b/Bike-Saddle-and-Covers/177838/bn_1676372

Elektronika -- Součástky a obvody, principy a příklady. 3rd. Praha: Grada, 2005. ISBN 978-80-247-1241-3.

SWOT Analysis (Strengths, Weaknesses Opportunities, Threats). In: *Management Training and Leadership Training - Online* [online]. USA, Seattle: mindtools.com, 2014. Dostupné z: https://www.mindtools.com/pages/article/newTMC_05.htm

E-Shop: GES-ELECTRONICS. In: *E-Shop: GES-ELECTRONICS* [online]. Praha: GES-ELECTRONICS, 2017. Dostupné z: <https://www.ges.cz/en/>

Amazon.com: Arduino Uno Ultimate Starter Kit Includes 12 Circuit Learning Guide: Computers & Accessories. In: *Amazon* [online]. USA, Seattle: Amazon, 2016. Dostupné z: <https://www.amazon.com/Arduino-Ultimate-Starter-Circuit-Learning/dp/B00BT0NDB8>

Arduino - Introduction. In: *Arduino* [online]. Kokosové Ostrovy: Arduino.cc, 2015. Dostupné z: <https://www.arduino.cc/en/guide/introduction>

Go Bike. *Go Bike* [online]. Velká Británie, Glasgow: Go Bike, 2016. Dostupné z: <http://www.gobike.org/about-us>

BiciMAD. In: *BiciMAD* [online]. Španělsko, Madrid: BiciMAD, 2017. Dostupné z: <https://www.bicimad.com/>

HOMEPORT bike sharing. In: *HOMEPORT bike sharing* [online]. Praha: HOMEPORT, 2017. Dostupné z: <https://www.homeport.cz/>

EcoHelmet. In: *EcoHelmet* [online]. USA, Los Angeles: EcoHelmet, 2017. Dostupné z: <https://www.ecohelmet.com/>

Espresso - Effetto Mariposa. In: *Effetto Mariposa - Technical cycling products* [online]. Switzerland, Lugano: Espresso - Effetto Mariposa, 2016. Dostupné z: <http://www.effettomariposa.eu/en/products/espresso/>

TrackR bravo: Use your phone to find your important items. Track your phone, wallet, keys & anything else with TrackR [online]. USA. Santa Barbara: TrackR, 2017. Dostupné z: <https://www.thetrackr.com/bravo>

PHP: History of PHP and Related Projects - Manual. PHP: Hypertext Preprocessor [online]. San Francisco: php.net, 2015. Dostupné z: <http://www.php.net/history>

Historical trends in the usage of server-side programming languages, April 2017. W3Techs - extensive and reliable web technology surveys [online]. USA: W3Techs, 2017. Dostupné z: https://w3techs.com/technologies/history_overview/programming_language

Do pražského metra se vracejí odpadkové koše. S nálepkou "protiteroristický": (Portál hlavního města Prahy). Portál hlavního města Prahy [online]. Praha: Portál hlavního města Prahy, 2009. Dostupné z: http://www.praha.eu/jnp/cz/o_meste/zivot_v_praze/bezpecnost/v_metru_jsou_instalovany_protiteroristic.html

FD Kontakty: ČVUT v Praze Fakulta dopravní. FD hlavní stránka: ČVUT v Praze Fakulta dopravní [online]. Praha: ČVUT, 2016. Dostupné z: <https://www.fd.cvut.cz/o-fakulte/kontakty.html>

The Bike. Gobike [online]. Kodaň: <http://gobike.com>, 2017. Dostupné z: <http://gobike.com/solution/the-bike/>

File:BiciMAD.jpg: Wikimedia Commons. Wikimedia Commons [online]. Alabama, USA: wiki, 2016. Dostupné z: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:BiciMAD.jpg>

Homeport: karlínský bikesharing: Prahou na kole. Prahou na kole [online]. Praha: Prahou na kole, 2016. Dostupné z: <http://prahounakole.cz/2016/04/homeport-karlinsky-bikesharing/>

Už nejenom bikesharing.: Rekola se dala i na cykloterapii. Forbes.cz [online]. Praha: Business Consulting & Media, 2016. Dostupné z: <http://www.forbes.cz/uz-nejenom-bikesharing-rekola-se-dala-i-na-cykloterapii/>

Elektrokolo Apache ENERGY 20 NEXUS černá 2015: 24.990,- : www.DeltaSport.cz, eshop. In: www.DeltaSport.cz: eshop [online]. Česká Lípa: deltasport.cz/, 2017. Dostupné z: http://deltasport.cz/index.php?main_page=product_info&cPath=178_182&products_id=1005&zenid=659618f7bebab1c3ecfb2a4363cb3cf0

Komfort nemusí být drahý,; aneb „zelektřizujte“ si své kolo | iTest. In: ITest: Testujeme pro Vás [online]. Virtuální svět: iTest, 2015. Dostupné z: <http://www.itest.cz/sport-a-zdravi/komfort-nemusi-byt-drahy-aneb-zelektřizujte-si-sve-kolo/>

E Bike 36v 10ah 12ah 15ah Li Ion Battery Electric Bicycle 36v10ah Lithium Battery 36v 10a Batteries 37v 10ah Ecig Batteries Variable Voltage Lr44 Button Battery From Annpower: \$230.66| Dhgate.Com. In: DH Gate [online]. China: dhgate.com, 2017. Dostupné z: <https://m.dhgate.com/product/e-bike-36v-10ah-li-ion-battery-36v-electric/176526254.html>

Šílené kolony v centru Prahy: „Stihl jsem si jít i nakoupit,“ říká řidič v zácpě. Blesk.cz: zprávy, celebrity, sport, zábava [online]. Praha: blesk.cz, 2016. Dostupné z: <http://www.blesk.cz/clanek/regiony-praha-praha-zpravy/425696/silene-kolony-v-centru-prahy-stihl-jsem-si-jit-i-nakoupit-rika-ridic-v-zacpe.html>

Elektrokola levně: Moto kola, Aku čtyřkolky pro děti. Elektrokola levně: Moto kola, Aku čtyřkolky pro děti [online]. Bohumín: Vítězslav Peter, 2017. Dostupné z: <http://www.elektrokola-levne.cz/>

Bikesharing Praha - Homeport - systém automatické půjčovny kol. Prahakola [online]. Praha: HOMEPORT, 2017. Dostupné z: <https://www.prahakola.cz/>

Rekola: zkušenost s českým bikesharingem - Prahou na kole. Prahou na kole [online]. Praha: Prahou na kole, 2015. Dostupné z: <http://prahounakole.cz/2014/10/rekola-zkusenost-s-ceskym-bikesharingem/>

Rekola - Pohodlná a spolehlivá jízda po městě. Rekola [online]. Praha: REKOLA Bikesharing, 2017. Dostupné z: <https://www.rekola.cz/>

ŠLAPÁK, Michal. Optimalizace výkonu elektrokola pro použití v provozu v Praze. Praha, 2015. Bakalářská práce. České Vysoké Učení Technické v Praze. Vedoucí práce Doc., Ing. Petr Bouchner, Ph.D.

FIRST, Jiří. ČVUT. *Energetická analýza pozemní dopravy*. Praha: České vysoké učení v Praze, 2014. ISBN 978-80-01-05664-6.

Mapy.cz [online]. 2010. Dostupné z: <http://www.mapy.cz>

Elektrokolo Spirit JOY2 "skládačka". *Elektrokola Spiritbike.cz* [online]. 2014. Dostupné z: <http://www.spiritbike.cz/elektrokolo-spirit-joy2-skladacka-20-zelena-pastelova-250w-36v-10ah-d1412>

Praha. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001.
Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Praha>

[online]. In: . [cit. 2016-03-13]

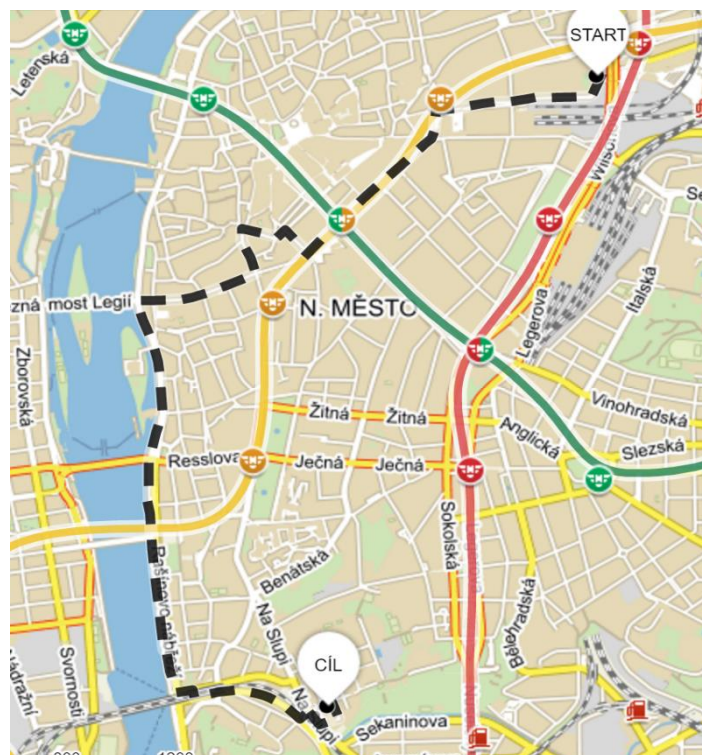
13 Přílohy

13.1 Naměřené hodnoty převýšení

13.1.1 Trasa Horská – Florenc

map with itinerary	http://1url.cz/4t3PE			
distance	4,4	km	4400	m
time	18	min	0,3	h
average speed	14,67	km/h		

Distance (m)	altitude (m)
0	196
100	194
200	193
300	193
400	193
500	193
600	193
700	192
800	191
900	189
1000	188
1100	189
1200	189
1300	189
1400	188
1500	188
1600	188
1700	193
1800	191
1900	190
2000	192
2100	193
2200	194
2300	194
2400	195
2500	195
2600	196
2700	196
2800	196
2900	196
3000	197
3100	195
3200	195

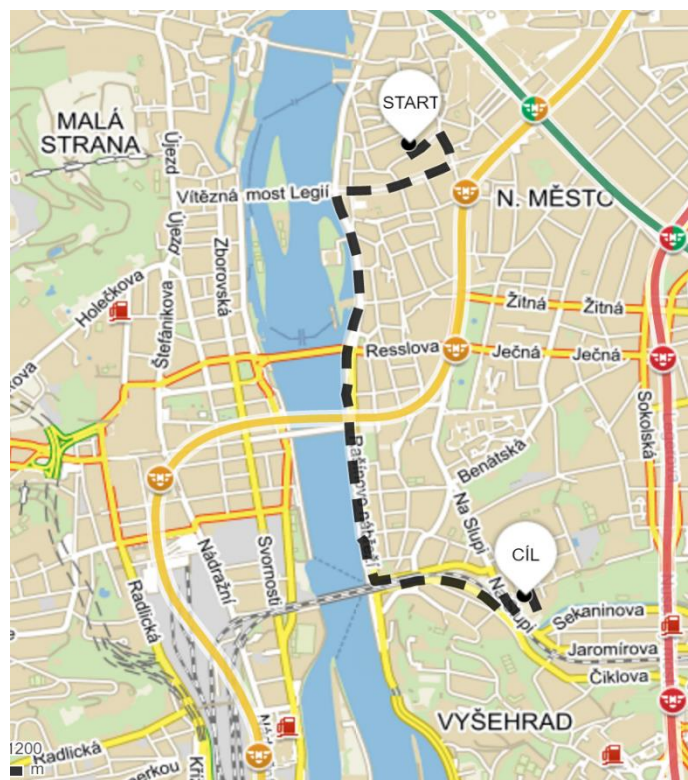


3300	195
3400	195
3500	195
3600	195
3700	195
3800	194
3900	194
4000	194
4100	194
4200	194
4300	194
4400	194

13.1.2 Trasa Horská – Konviktská

map with itinerary	http://1url.cz/ot3Pi			
distance	2,6 km	2600 m		
time	11 min	0,183 h		
avarage speed	14,182 km/h	3,939444 m/s		

Distance (m)	altitude (m)
0	196
100	194
200	194
300	193
400	194
500	193
600	193
700	192
800	192
900	190
1000	189
1100	188
1200	188
1300	188
1400	189
1500	188
1600	187
1700	187
1800	189
1900	192
2000	191
2100	190
2200	190

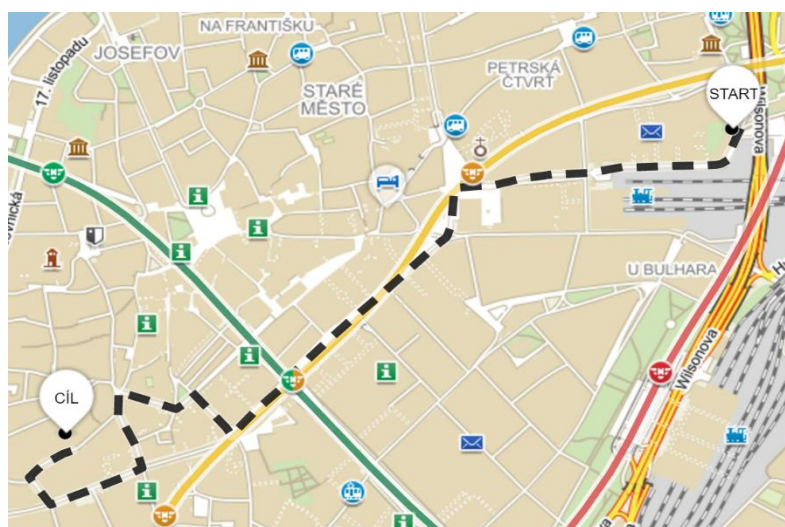


2300	190
2400	190
2500	191
2600	193

13.1.3 Trasa Florenc – Konviktská

map with itinerary	http://1url.cz/zt3Pl			
distance	2,3 km	2300	m	
time	10 min	0,167	h	
average speed	13,8 km/h	3,833333	m/s	

Distance (m)	altitude (m)
0	194
100	194
200	194
300	194
400	194
500	194
600	194
700	195
800	194
900	195
1000	195
1100	195
1200	195
1300	196
1400	197
1500	196
1600	194
1700	192
1800	191
1900	194
2000	196
2100	195
2200	194
2300	193



13.2 Technické specifikace součástek použitých při výrobě převodníku napětí

13.2.1 Vstupy a výstupy

Technické specifikace	
Váha	0,000480Kg
Teplotní rozsah:	-25 / +85 °C
Orientace vodiče:	horizontální
Barva krytu:	modrá
Jmenovité napětí:	300V
Materiál kontaktu:	Pocínovaná mosaz
Typ:	Šroubovací
Vidlice/zásuvka:	zásuvka
Jmenovitý proud:	8A
Průměr otvoru v DPS:	1mm
Rozteč:	3,5mm
Možnost spojování:	ano
Průřez kabelu:	0,13-0,8mm ²
Materiál krytu:	Polyamid
Počet kontaktů:	2
Materiál upevňovacího prvku:	Poniklovaná ocel

13.2.2 Kondenzátory

Technické specifikace	
Váha	0,001250Kg
Výrobce:	CAPXON
Typ:	Low ESR
Průměr:	8mm
Kapacita:	100uF
Délka:	16mm
Napětí:	50V
Max. Teplota:	105°C
Tolerance:	20%
Série:	GL
RM:	3,5mm

Technické specifikace	
Váha	0,008950Kg
Tolerance:	20%
Série:	SK
RM:	7,5mm
Výrobce:	JAMICON
Typ:	Standardní
Průměr:	16mm
Balení:	BULK
Kapacita:	470uF
Délka:	32mm
Napětí:	100V
Max. Teplota:	85°C

13.2.3 Vysoko napěťový regulátor

Technické specifikace	
Váha	0,005800 Kg
U _{in} max:	63V
Frekvence:	52 kHz
Provedení:	Vývodové
Účinnost:	75%
U _{out} :	5V
Provozní teplota:	-40-125°C
I _{out} :	3A
Pouzdro:	TO220-5

13.2.4 Feritové korálky

Technické specifikace	
Výrobce	Laird-Signal Integrity Products
Druh součástky	Aktivní
Typ	Kruhový
Impedance a frekvence	81Ohm a 100MHz
Materiál	Ferit
Vnitřní průměr	5.08mm
Vnější průměr	9.52mm
Uchycení	Volně pohybující
Délka	4.83mm

13.2.5 Usměrňovací dioda

Technické specifikace	
Váha:	0,001200Kg
U _{rrm} :	60V
I _f :	3A
U _{fm} :	0,7V
I _{fsm} :	80A
Pouzdro:	DO201AD

13.2.6 Toroidní tlumivka

Technické specifikace	
Váha:	0,021120Kg
Tolerance ±:	15%
Pouzdro:	Toroidní Vertikální
Výrobce:	TALEMA
Indukčnost:	100uH
Rozměry/průměr pouzdra:	25mm
R _{dc} (max):	0,08Ohm
Délka pouzdra:	12mm
I _{dc} :	3A