

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická
Katedra materiálů a technologií

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Smart city a IoT technologie

Autor práce: **Bc. Filip Bajcár**
Vedoucí práce: **Ing. et. Ing. Petr Kašpar Ph.D.**

2022

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická
Akademický rok: 2021/2022

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Filip BAJCÁR**
Osobní číslo: **E20N0001P**
Studijní program: **N0713A060011 Materiály a technologie pro elektrotechniku**
Téma práce: **Smart city a IoT technologie**
Zadávací katedra: **Katedra materiálů a technologií**

Zásady pro vypracování

1. Zmapujte aktuální problematiku Smart City a Internet of Things (IoT).
2. S ohledem na aktuální problematiku proveďte návrh řešení technologie IoT.
3. Navržené řešení realizujte.
4. Proveďte zhodnocení navrženého řešení.

Rozsah diplomové práce: **40 – 60**
Rozsah grafických prací: **dle doporučení vedoucího**
Forma zpracování diplomové práce: **elektronická**

Seznam doporučené literatury:

- Olivier Hersent, David Boswarthick, Omar Elloumi: The Internet of Things: Key Applications and Protocols, 2nd Edition ISBN: 978-1-119-99435-0
- Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. et Ing. Petr Kašpar, Ph.D.**
Katedra materiálů a technologií

Datum zadání diplomové práce: **8. října 2021**
Termín odevzdání diplomové práce: **26. května 2022**



L.S.

Prof. Ing. Zdeněk Peroutka, Ph.D.
děkan

Doc. Ing. Aleš Hamáček, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 8. října 2021

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá problematikou Smart City a Internet of Things (IoT), jejího aktuálního zmapování, návrhu řešení technologie IoT, které by bylo možné realizovat a následně její implementace. Úvodní část je zaměřená na typy a důvody použití IoT a Smart City, které jsou v současnosti nejčastěji používané na trhu s digitálními technologiemi. Další část práce se zabývá zmapováním aktuální sensoriky v kampusu Západočeské univerzity v Plzni. Na základě tohoto sledování bylo navrženo komunikační rozhraní pro zpracování a odesílání dat na integrační platformu od společnosti OMEXOM GA Energo s.r.o. Závěr diplomové práce je zaměřen na zhodnocení vizualizovaných dat a ověření jejich relevantnosti.

Klíčová slova

Smart City, Internet of Things (IoT), senzory, REST API, AXIOM,

Abstract

This thesis deals with the issue of Smart City and Internet of Things (IoT), its current mapping, the design of IoT technology solutions that could be implemented and its subsequent implementation. The introductory part focuses on the types and reasons for using IoT and Smart City, which are currently the most commonly used in the digital technology market. The next part of the thesis deals with the mapping of current sensor technology on the campus of the University of West Bohemia in Pilsen. Based on this observation, a communication interface for processing and sending data to the integration platform from OMEXOM GA Energo s.r.o. was designed. The conclusion of the thesis is focused on the evaluation of the visualized data and verification of its relevance.

Key Words

Smart City, Internet of Things (IoT), sensors, REST API, AXIOM,

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. et. Ing. Petrovi Kašparovi Ph.D. za odborné vedení, poskytnuté konzultace a profesionální rady v průběhu zpracování diplomové práce.

Obsah

Úvod.....	- 1 -
1 Internet of Things (IoT).....	- 2 -
1.1 Definice IoT	- 2 -
1.2 Inovace v oblasti IoT.....	- 2 -
1.3 Architektura IoT	- 3 -
1.4 Komunikace v IoT.....	- 3 -
1.4.1 Místní odběrné místo	- 3 -
1.4.2 Zahájení komunikace	- 3 -
1.5 Technologie používané pro IoT	- 4 -
1.6 Převodníky dat IoT.....	- 4 -
1.7 Gateway IoT.....	- 4 -
1.8 Platformy IoT	- 5 -
1.8.1 Raspberry Pi.....	- 5 -
1.8.2 Základní modely Raspberry Pi	- 6 -
1.8.3 Rozšíření pro Raspberry Pi	- 6 -
1.8.4 Wi-Fi monitorovací zařízení.....	- 6 -
1.9 IoT zařízení	- 7 -
1.9.1 Senzory	- 7 -
1.10 Edge Computing.....	- 7 -
1.11 Cloud computing	- 8 -
1.11.1 Odesílání dat.....	- 8 -
1.11.2 Ukládání dat	- 9 -
1.11.3 Streamování dat.....	- 9 -
1.12 Smart City.....	- 10 -
1.12.1 Definice Smart City.....	- 10 -
1.12.2 Technologie používané ve Smart City	- 10 -
1.12.3 Procesy ve Smart City	- 10 -
1.12.4 Vlastnosti a využití Smart City	- 11 -
2 Zmapování sensoriky v kampusu ZČU	- 13 -

2.1	Společnost OMEXOM GA Energo s.r.o.....	- 13 -
2.2	Smart City Polygon	- 13 -
2.2.1	Aplikační platforma	- 14 -
2.2.2	Bezpečnost osob a majetku.....	- 14 -
2.2.3	Dopravní infrastruktura.....	- 14 -
2.2.4	Veřejný prostor	- 14 -
2.3	Společnost Axians redtoo s.r.o.....	- 14 -
2.4	AXIOM integrační platforma.....	- 15 -
2.4.1	Chytrý parkovací systém a naváděcí systémy	- 15 -
2.4.2	Přehlednost informací na platformě AXIOM	- 15 -
2.4.3	Chytrý systém pro správu budov	- 16 -
2.4.4	Inteligentní bezpečnostní služba.....	- 16 -
2.5	Smart Parking.....	- 17 -
2.5.1	Indikace volného prostoru	- 17 -
2.5.2	Pokyny pro parkování.....	- 17 -
2.5.3	Analýza dat o parkování	- 17 -
2.6	Původní návrh řešení inteligentního parkovacího systému.....	- 18 -
2.7	Zmapování současných senzorů pro měření energetické vytiženosti budov -	18 -
2.7.1	Hlavní elektroměr budovy FEL	- 19 -
2.7.2	Dílčí elektroměry budovy FAV	- 19 -
2.7.3	Kalorimetr budovy FEL.....	- 20 -
2.7.4	Vodoměr budovy FEL	- 20 -
2.8	Příprava pro odesílání naměřených dat	- 21 -
2.9	Zmapování současných senzorů umístěné na parkovišti před budovou FEL-	22 -
2.9.1	Technická specifikace průjezdového detektoru.....	- 23 -
3	Návrh a realizace REST API „bajcarAPI“	- 24 -
3.1	Požadavky	- 24 -
3.1.1	Požadovaný výstup	- 24 -
3.1.2	Vstupní data	- 25 -
3.1.3	Zpracování přijatých dat	- 26 -
3.2	Nástroje	- 26 -

3.2.1	Server test.loratech.cz	- 26 -
3.2.2	Debian na ket-one.fel.zcu.cz.....	- 27 -
3.2.3	Integrační platforma AXIOM	- 27 -
3.3	Možná řešení	- 27 -
3.3.1	REST API	- 28 -
3.3.2	Datová lopata	- 28 -
3.3.3	Jednorázový skript na zpracování všech dat za určité období.....	- 28 -
3.4	Návrh řešení REST API	- 29 -
3.4.1	Vstupy REST API.....	- 29 -
3.4.2	Zpracování dat	- 31 -
3.4.3	Výstup pro AXIOM	- 31 -
3.4.4	Odpovědi REST API	- 33 -
3.4.5	Volba nástroje REST API.....	- 34 -
3.4.6	Model nasazení	- 34 -
3.5	Implementace	- 34 -
3.5.1	Uložení konfiguračních proměnných aplikace	- 34 -
3.5.2	Zpracování dat	- 35 -
3.5.3	Konfigurace Callbacků na serveru test.loratech.cz.....	- 36 -
3.5.4	Konfigurace přijímaných dat na integrační platformě AXIOM	- 36 -
3.5.5	Konfigurace událostí na integrační platformu AXIOM.....	- 37 -
3.5.6	Metoda endpointu	- 38 -
3.5.7	Zpracování a odeslání na AXIOM.....	- 39 -
4	Vizualizace a zhodnocení naměřených dat.....	- 40 -
4.1	Vizualizace dat pomocí aplikace Grafana.....	- 40 -
4.2	Požadavky na zobrazení naměřených dat.....	- 41 -
4.3	Určení počtu vjezdů a odjezdů	- 41 -
4.3.1	Snímek týdne	- 43 -
4.3.2	Počet průjezdů osobních vozidel, dodávek a nákladních vozidel.....	- 45 -
4.3.3	Rozdíl naměřených dat u vnějšího vjezdu a vjezdové závory	- 47 -
4.3.4	Délka parkování/průměrná doba stání	- 48 -
4.3.5	Rozdělení počtu vozidel podle rychlostních kategorií.....	- 50 -

4.3.6	Odhadem zjistit vytíženost parkoviště během týdne	- 52 -
4.3.7	Ověření relevantnosti naměřených dat.....	- 55 -
5	Závěr.....	- 58 -
6	Seznam literatury a informačních zdrojů.....	- 59 -
7	Seznam příloh.....	- 62 -

Seznam symbolů a zkratk

Značka	Popisek	Jednotka
<i>IoT</i>	Internet of Things	
<i>FEL</i>	Fakulta elektrotechnická	
<i>FAV</i>	Fakulta aplikovaných věd	
<i>RFID</i>	Radiofrekvenční systémy	
<i>API</i>	Application programming interface	
<i>REST</i>	Architektura API fungující na principu klient-server	
<i>GUI</i>	Grafické uživatelské rozhraní	
<i>HTTP</i>	Hypertext transfer protokol	
<i>HTTPS</i>	Hypertext transfer protokol secure	
<i>MQTT</i>	MQ Telemetry Transport	
<i>ZTP</i>	Průkaz mimořádných výhod	

Úvod

Předkládaná práce je zaměřena na zmapování aktuální problematiky v oblasti Internet of Things (IoT) a Smart City v kampusu Západočeské univerzity v Plzni.

V první části diplomové práce je rešerše věnována základním informacím ohledně IoT, jejím způsobům komunikace a Smart city. S ohledem na aktuální problematiku jsou zmapovány senzory a technologie IoT v kampusu Západočeské univerzity v Plzni. Dále jsou zde popsány senzory používané na parkovišti a senzory pro měření energie na budovách FEL a FAV.

Po analýze sensoriky v kampusu jsou v další části diplomové práce navrženy možná řešení odesílání a zpracování dat z průjezdových sensorů na integrační platformu partnerské společnosti OMEXOM GA Energo s.r.o. V závěru je provedeno ověření a zhodnocení naměřených dat dle stanovených požadavků, které byly vizualizovány z databáze integrační platformy.

1 Internet of Things (IoT)

1.1 Definice IoT

Internet of things (IoT) označuje dle [1] systém vzájemně propojených objektů připojených k internetu, které jsou schopny shromažďovat a přenášet data prostřednictvím bezdrátové sítě bez sebemenšího zásahu člověka. Obchodní nebo osobní možnosti IoT jsou nekonečné.

Označení “Things“ může znamenat připojený transpondér, solární panel, lékařský přístroj, připojený automobil se senzory, které upozorní řidiče na nečetné množství možných problémů (množství paliva, tlak v pneumatikách, nutná údržba apod.). Zkratka se jedná o jakýkoliv objekt vybavený senzory, které mají schopnost shromažďovat a přenášet data prostřednictvím internetové sítě.

Veškeré dnešní podniky jsou motivovány IoT dle [1] a vyhlídkami na zvýšení příjmů, snížení provozních nákladů a zvýšení efektivity ať už práce, či vyrobených produktů.

IoT mění dle [1] způsob, jakým podniky a lidé komunikují se zbytkem propojeného světa, avšak jako u každé technologie i zde u IoT existují problémy. Tyto obavy se týkají pořizovacích nákladů, konektivity, bezpečnosti apod. Vzhledem k tomu, že do této oblasti vstupuje mnoho nových uživatelů, tak se dále stanovují nové standardy. V dnešní době se na trh dostávají ještě novější technologie a strategie připojení, proto bude potřeba jednotlivé nové standardy neustále zavádět. Inovace v oblasti IoT se bude dále vyvíjet a prohlubovat přeměnu nepřipojených objektů na chytrá připojená zařízení. Tento trend ovlivňuje jednotlivá průmyslová odvětví, a i náš osobní život.

1.2 Inovace v oblasti IoT

Podstatnou inovací v oblasti IoT je dle [1] charakterizována kombinací fyzických a digitálních prvků. Komponentů k vytvoření nových produktů a umožnění nových obchodních aktivit. Díky stále účinnějšímu řízení spotřeby energie, širokopásmové komunikaci, spolehlivé paměti a pokrokům v mikroprocesorových technologiích, se stala možnost digitalizovat funkce a klíčové schopnosti jednotlivých výrobků.

1.3 Architektura IoT

Navzdory velkému množství možných použití IoT a souvisejících technologií dle [1] jsou připojené objekty vždy spojené se stejným typem architektury: data, která je třeba přenášet, ukládat, zpracovávat a zpřístupňovat. Tato architektura je znázorněna na obr. 1

- Lokální prostředí obsahuje připojené objekty a lokální odběrná místa. Tyto prvky komunikují prostřednictvím kabelových technologií (Ethernet, optické vlákno apod.), nebo pomocí bezdrátových spojů (Bluetooth, či Wi-Fi). Lokálními odběrnými místy mohou být chytré telefony, malé počítače.
- Transportní úroveň umožňuje objektům nebo místním odběrným místům komunikovat s příkazovými servery.
- Ukládání a vytěžování dat obvykle probíhá v cloudu a umožňuje zpracování dat.
- Nakonec může uživatel nebo jiné systémy využít přístup k datům prostřednictvím API nebo GUI.

1.4 Komunikace v IoT

1.4.1 Místní odběrné místo

Na obr. 1 je odběrné místo součástí místního prostředí. Pro objekty, které jsou k němu připojeny, představuje bránu do ostatních částí architektury. Použití místního odběrného místa může mít vliv na životnost baterie, výpočetní výkon a náklady objektu, protože ten nemusí používat náročné protokoly/adresářové systémy (díky místnímu odběrnému místu nemusí komunikovat se stroji na internetu) a nepotřebuje tedy k tomuto účelu velký výpočetní výkon. [2]

1.4.2 Zahájení komunikace

Komunikaci může iniciovat dle [2] buď objekt, nebo odběrné místo, a to má vliv na způsob použití komunikačních rozhraní. Dle [2] existují tři možnosti:

- *Objekt* – V tomto případě nemusí být jeho rozhraní stále zapnutá. To znamená, že objekt bude moci šetřit energii v době, kdy nekomunikuje, vypnutím svých komunikačních rozhraní.
- *Bod vyzvednutí* – V tomto režimu musí tento objekt čekat na bod vyzvednutí, aby mohl zahájit komunikaci. Znamená to, že na rozdíl od předchozího režimu nemůže objekt vypnout svá komunikační rozhraní, a že musí být zaregistrován v bodě vyzvednutí.

- *Objekt a bod vyzvednutí* – Komunikaci může zahájit buď objekt, nebo bod vyzvednutí. Objekt se musí registrovat k bodu vyzvednutí.

1.5 Technologie používané pro IoT

Klíčovými součástmi, které tvoří IoT jsou dle [3] tzv. RFID (radiofrekvenční systémy), které se skládají ze čteček, jež spouštějí přenos signálů a tagů. Jsou vybaveny identifikátory v objektech, tagy, senzory a akčními členy. Výhodou RFID je to, že zlepšují sledovatelnost a viditelnost výrobků v podnicích tím, že zvyšují přesnost, efektivitu a rychlost procesů.

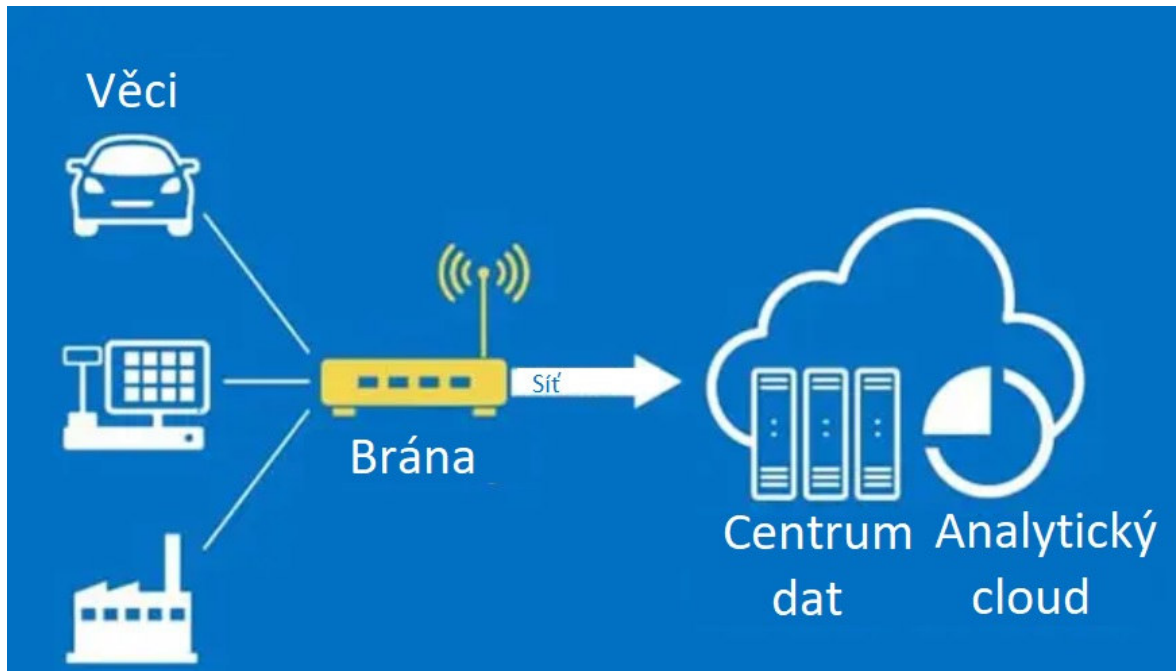
1.6 Převodníky dat IoT

Mezi jednotlivá zařízení IoT patří tzv. převodníky, jako jsou např. senzory, akční členy a neskutečné množství „chytrých“ objektů (připojené ventily, čerpadla, chytré žárovky, měniče, propojená auta, nebo také chytré propojení budov apod.). Tyto jednotlivá zařízení bývají dle [4] *první vrstvou* technologie IoT.

1.7 Gateway IoT

Mezi *druhou vrstvou* patří dle [5] tzv. brány IoT a průmyslové brány IoT. Ty lze popsat jako most, který propojuje věci internetu a sítě na jedné straně cloudu (směrovače, základnové stanice apod.) a na straně druhé infrastrukturu datových center. Dnešní problematikou ve stále složitější realitě IoT, spoustou komunikačních protokolů, průmyslových a IoT standardů a mnoha typů senzorů a dat ze senzorů je potřeba, aby brány plnili tyto funkce:

- Přemostit potřebná data a umožnit komunikaci objektům (navzdory tomu, že každý je naprogramován na jiný jazyk).
- Dát tomu všemu nějaký smysl, než všechna tato data pošleme někam jinam, kde povedou ke skutečnému smyslu, použitelným poznatkům a opatřením, ať už v jakékoli podobě.



Obr. 1 Funkce Brány, překresleno z [5]

Brána může být jak hardwarová, tak i softwarová [5]. Brány IoT přicházejí v mnoha podobách právě proto, že mohou plnit několik úkolů najednou. Jedná se tedy o širokou vrstvu s mnoha zařízeními, technologiemi, řešeními a funkcemi.

1.8 Platformy IoT

Mezi *třetí vrstvu* patří dle [6] platformy IoT. Ty spojují zařízení IoT s bránami IoT. Umožňují realizovat projekty a budovat IoT řešení rychleji a levněji. V současnosti se setkáváme na trhu se dvěma odlišnými typy platform, Arduino a Raspberry Pi. Zásadním rozdílem mezi nimi je to, že Arduino je dle [7] jednodeskový mikropočítač složený z mikrokontrolérů a je vhodný pro řízení menších zařízení (motory, senzory, osvětlení) na rozdíl od Raspberry Pi, který dle [8] má svůj operační systém a může poskytovat informace a data k protokolům. Mezi jejich základní vlastnosti patří konektivita, správa sítě, správy zařízení, sběr dat, analýza a vizualizace zpracování, integrace, úložiště a řízení aplikací.

1.8.1 Raspberry Pi

Za Raspberry Pi se považuje [9] počítač o velikosti platební karty, který je připojen k počítačovému monitoru a k ovládání se používá standardně klávesnice a myš. Umožňuje uživatelům programovat v programovacích jazycích jako je Python, který je univerzální a vysokoúrovňový, používaný k vývoji aplikací grafického uživatelského rozhraní (GUI), či webových stránek. Raspberry Pi má možnost [9] interakce s vnějším světem a je využíváno

v široké škále digitálních projektů a není zde potřeba mít hluboké odborné znalosti v operačním systému Linux nebo programovacím jazyce Pythonu.

Operačním systémem všech produktů Raspberry Pi je dle [10] Linux. To je pro tento mikropočítač výhodné, protože Linux je psán s otevřeným zdrojovým kódem, který zajišťuje rozhraní mezi hardwarem počítače a softwarovými programy.

1.8.2 Základní modely Raspberry Pi

Jednodeskový počítač Raspberry Pi je možné použít na rozdíl od platformy Arduino k ovládání různých zařízení a k samotnému vývoji příslušných aplikací.

1.8.3 Rozšíření pro Raspberry Pi

K jednodeskovému levnému počítači existuje na trhu celá řada rozšíření ve formě rozšiřujících desek, dodatečných modulů, případně celých setů, které jsou složeny z několika modulů od konkrétního výrobce. Na výběr je i několik samotných modulů od Raspberry Pi.

1.8.3.1 Raspberry Pi Camera Module V2

Kamerový modul kompatibilní [11] se všemi modely Raspberry Pi používá snímač Sony IMX219, díky kterému má opravdu solidní kvalitu obrazu, nahrává video v rozlišení až 1920x1080 pixelů při rychlosti 30 snímků za sekundu.

1.8.4 Wi-Fi monitorovací zařízení

Wi-Fi se stalo nezbytností pro naše každodenní úkoly, ať už v práci nebo doma. Surfování na internetu v dnešní době vyžaduje větší využití dat kvůli nárůstu počtu připojených zařízení a rychlému růstu multimediálních aplikací zahrnujících fotografie ve vysokém rozlišení a video obsah ve vysokém rozlišení. Bohužel většina poskytovatelů internetových služeb vyžaduje kvótu na množství dat, které může uživatel spotřebovat. Nadměrná spotřeba má dle [12] obvykle za následek další poplatky nebo snížení rychlosti.

Zajímavým uplatněním Raspberry Pi je v tomto případě pomoci uživatelům vizualizovat a kontrolovat spotřebu Wi-Fi bez nutnosti mít znalosti o nastavení routeru a bez potíží se stahováním nežádoucího softwaru. Navrhovaný design se skládá ze dvou komponent. První zařízení je dle [12] typu plug-and-play, nazvané PiMonitoring, založené na Raspberry Pi, které má schopnost připojit a sledovat všechna bezdrátová zařízení v domácnosti, či kanceláři, která se připojují k routeru. Druhé zařízení je mobilní aplikace, která umožňuje se uživateli připojit k PiMonitor a vizualizovat jeho spotřebu Wi-Fi, nastavovat cykly dat, konfigurovat upozornění a omezení, či hlásit individuální spotřebu každého zařízení.

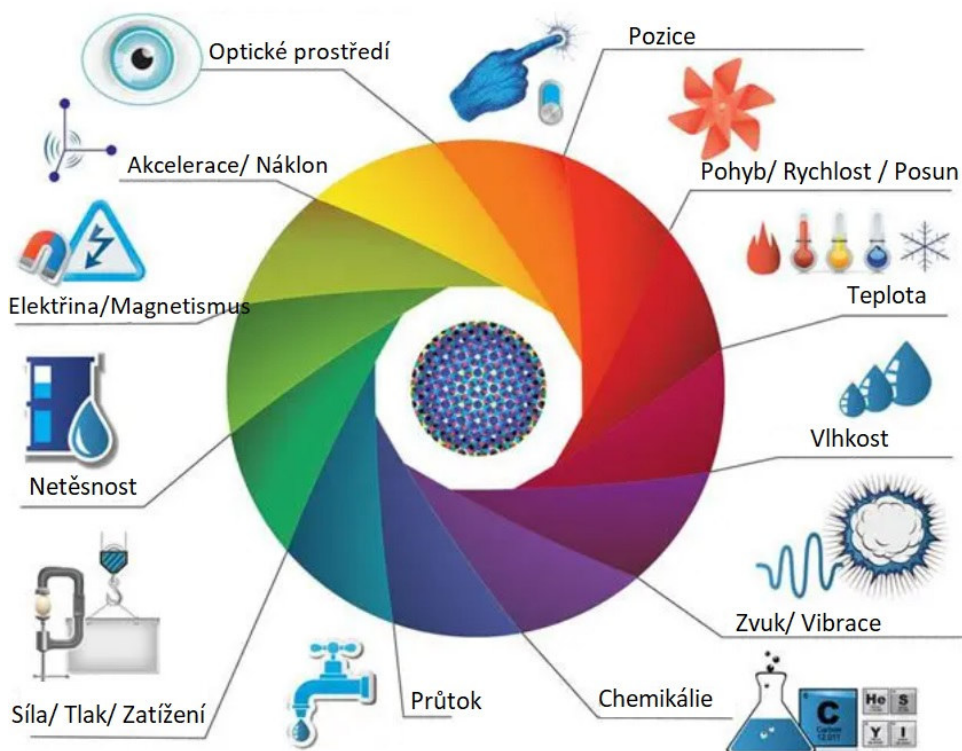
1.9 IoT zařízení

1.9.1 Senzory

Senzory jsou dle [13] v oblasti IoT nezbytnou součástí a jsou v současné době všudypřítomné, ať už v chytrých budovách, továrnách, energetice anebo v jiných odvětvích.

Ve veškerých případech jsou senzory součástí digitální datové páteře inteligentních řešení a cokoliv „chytrého“ a související s IoT je postaveno na senzorech a dalších typech převodníků.

Senzor je zařízení [13], který detekuje, indikuje nebo měří jakoukoli konkrétní fyzikální veličinu např. světlo, pohyb, teplo, vlhkost apod. a převádí je do podoby elektrického impulsu. Na světě existuje celá řada senzorů v různých velikostních provedeních a pro různé aplikace.

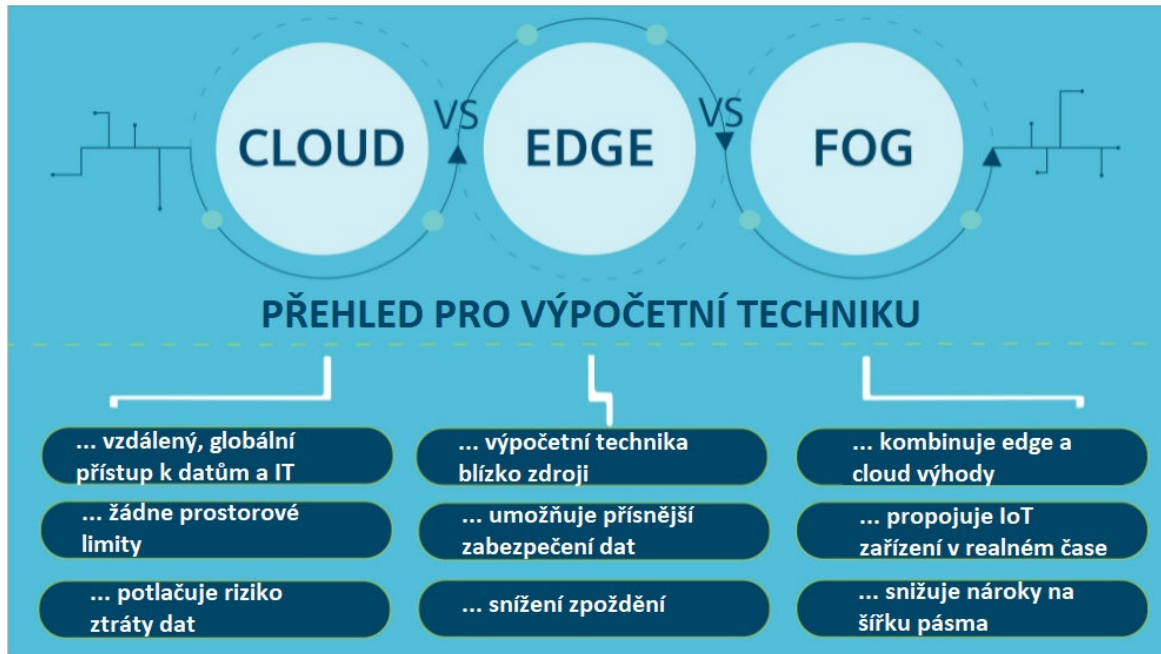


Obr. 2 Příklady senzorů a akčních členů, překresleno z [4]

1.10 Edge Computing

Edge computing se stará o to, že jsou výpočetní funkce dle [14] rozloženy do několika dílčích koncových zařízení, kde se analyzují data. Mezi uživatelem a serverem zde probíhá jen ta nejnutnější komunikace. Tímto způsobem dnešní podniky získávají velké množství dat a zajišťují tím analytickou koncepci v reálném čase pomocí přizpůsobeného datového

modelu. Tento model [15] přesouvá určitou část úložiště a výpočetních zdrojů z centrálního datového centra blíže ke zdroji samotných dat.



Obr. 3 Přehled výhod výpočetních technik, překresleno z [16]

1.11 Cloud computing

Cloud computing oproti Edge computing spoléhá na síť vzdáleného serveru pro používání a ukládání dat mimo pracoviště. [16] Hlavní výhodou tohoto systému je, že cloud nevyžaduje údržbu vlastní infrastruktury, tudíž zde nejsou žádné náklady na zaměstnance.

1.11.1 Odesílání dat

Centrální systém nashromáždí vytvořená data a následně je odesílá po internetové síti k uživateli. Pro doručování těchto dat zpět jsou nejběžněji používané standardní protokoly MQTT, nebo HTTP. Každý z nich má své výhody a případy použití. [17]

1.11.1.1 HTTP

Protokol HTTP dle [17] poskytuje vhodnou metodu pro posílání dat tam a zpět mezi zařízeními a centrálními systémy. Původně byl vyvinutý pro výpočetní model klient-server, ale dnes je používán na podporu každodenního procházení webu až po specializovanější služby týkající se IoT. Nicméně při práci v podmínkách s nízkou šířkou pásma může být HTTP nevhodný, protože tento protokol obsahuje v záhlaví zprávy mnohem více dat než v jejím těle.

V informatice existuje varianta zvaná HTTPS, která dle [18] umožňuje zabezpečenou komunikaci v počítačové síti a zajišťuje tak důvěryhodnost přenášených dat a jejich integritu.

1.11.1.2 MQTT

Tento protokol je dle [17] založen na modelu publikování, či odběru pro doručování zpráv ze zařízení zpět do centrálního systému, který je pak doručuje zpět do ostatních systému. Výhodou MQTT je, že pracuje na větší šířce pásma a není složité ho implementovat. Nová zařízení nebo služby se mohou jednoduše připojit přes centrální systém kdykoli budou potřebovat a mohou tím ovládat stroje přes IoT.

1.11.2 Ukládání dat

V celém IoT se dle [17] musí data odesílat přesně v daný okamžik, ať už v reálném čase, nebo po dávkách, a to z toho důvodu, že každá událost tvoří data, které je třeba uskladnit. Pokud by nebyly v přesný čas odeslány, pak by to ohrožovalo cíle jednotlivých aplikací.

Data časových řad se dle [19] vytvářejí, když se kolem zařízení odehrávají události a poté se data odesílají. Toto použití informací v reálném čase poskytuje kompletní záznam pro každé zařízení. Data odesílaná v dávkách jsou odesílána primárně u zařízení, u kterých je klíčovým požadavkem životnost baterie, kde není potřeba doručovat data v reálném čase.

Problematikou použití dat [19] v reálném čase je kapacita uložených dat odeslaných na cloudové systémy – síťové a výpočetní zdroje potřebné udržení přílivu dat IoT. Takové velké množství dat nemusí být pro uložení vhodné a je třeba velmi pečlivě vybrat jaké senzory připojíme, aby měřily v reálném čase. Zadáním správného časového intervalu pro odeslání dat a jeho třídění se v dnešní době stává výzvou.

1.11.3 Streamování dat

Pro odeslání dat jsou dle [19] zahrnuty standardní protokoly, jako jsou již výše zmíněné MQTT, HTTP apod. Účelem těchto protokolů je podporovat načítání aktualizací nebo jiných informací ze zařízení IoT za účelem jejich odeslání do daného centralizovaného umístění ke skutečnému zpracování. Následně je třeba rozhodnout, jak budou data uložena a roztríděna pro budoucí použití. Zde se pak zvolí přístup a určí se, zda se mají data odesílat v reálném čase nebo po dávkách.

1.12 Smart City

1.12.1 Definice Smart City

Chytrého město je dle [20] koncept digitálního, či inteligentního města, které využívá digitální, informační a komunikační technologie (ICT) za účelem efektivního využití své infrastruktury, snížení spotřeby elektrické energie, nebo zlepšení kvality služeb veřejné správy i blahobytu občanů.

Patří sem dle [21] celá řada společných prvků:

- inteligentní dopravní systémy, které umožňují rychlejší pohyb většího množství lidí
- chytré budovy - zbytečně neplýtvající elektrickou energií
- chytré zdravotnické služby, které zjednodušují a optimalizují registraci, diagnostiku a léčbu pacientů.
- iniciativa v oblasti životního prostředí
- infrastruktura založená na chytrých technologiích

1.12.2 Technologie používané ve Smart City

Chytrá města využívají dle [20] kombinaci zařízení internetu věcí (IoT), softwarových řešení, uživatelských rozhraní a komunikačních sítí. Internet věcí tvoří síť propojených zařízení, která spolu mohou komunikovat a vyměňovat si data (viz. kapitola 1.4). Pro ochranu, monitorování a řízení síťového provozu v rámci výpočetního systému je také nezbytný bezpečnostní systém firewall. Ty zajišťují, aby data neustále přenášena v rámci sítě chytrého města byla bezpečná tím, že zabraňují jakémukoli neoprávněnému přístupu do sítě IoT.

1.12.3 Procesy ve Smart City

Na základě IoT a dalších technologií k dosažení svých cílů, kterými jsou zlepšení kvality života a hospodářský růst se Smart City řídí dle [20] těmito čtyřmi kroky:

- *Sběr* – Shromáždění dat prostřednictvím senzorů v reálném čase, které jsou rozmístěné po celém městě.
- *Analýza* – Data shromážděná chytrými senzory, která jsou vyhodnocována s cílem získat smysluplné poznatky.
- *Komunikace* – Data získaná z analýzy jsou prostřednictvím komunikačních sítí sdělovány osobám s rozhodovací pravomocí.

- *Akce* – Města využívající poznatky získané z dat k vytváření řešení, optimalizaci provozu a správy majetku a zlepšování kvality života obyvatel.

1.12.4 Vlastnosti a využití Smart City

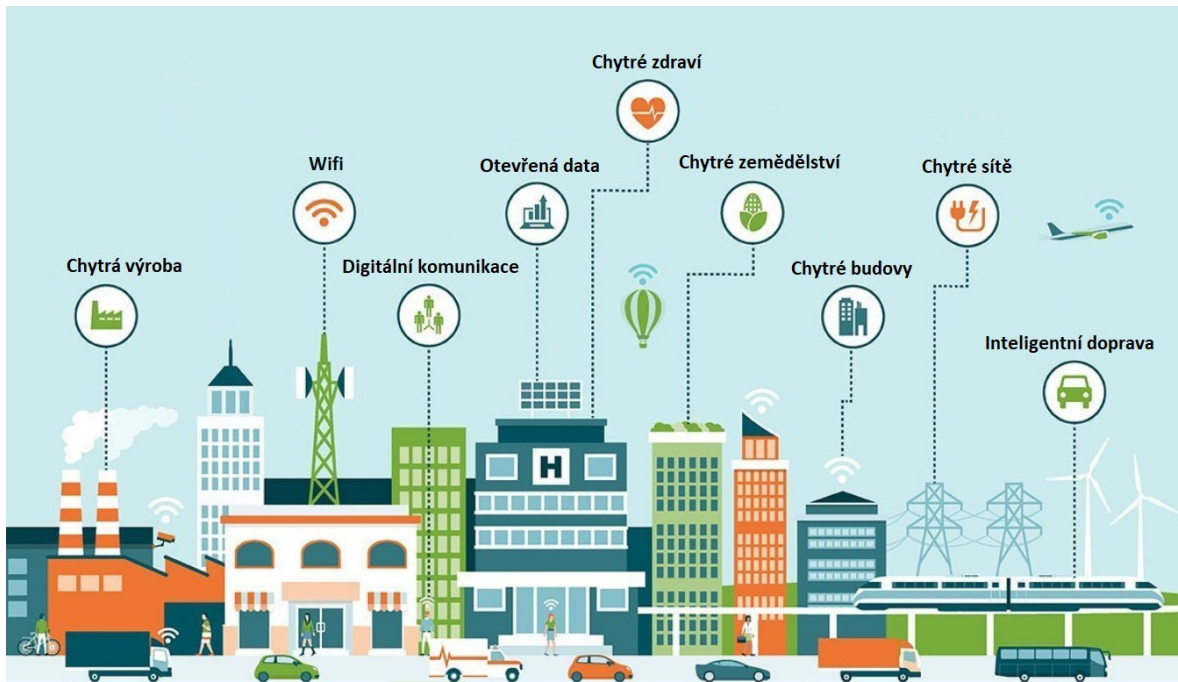
Nové trendy v dnešní době dle [20], jako je automatizace, nebo IoT, jsou hnací silou k zavádění chytrých měst.

Teoreticky lze do iniciativy chytrého města začlenit jakoukoli oblast správy města. Klasickým příkladem je chytrý parkovací automat, který pomocí aplikace pomáhá řidičům najít volná parkovací místa bez zdlouhavého objíždění přeplněných městských bloků. Chytrý parkovací automat také umožňuje digitální platby, takže nehrozí, že by vám v automatu chyběly mince.

Dále se také inteligentní řízení v oblasti dopravy dle [20] používá k monitorování a analýze dopravních toků s cílem optimalizovat pouliční osvětlení a zabránit přílišnému zahlcení vozovek na základě denní doby nebo rozpisu dopravních špiček. Dalším aspektem chytrých měst je inteligentní veřejná doprava. Chytré dopravní podniky jsou schopny koordinovat služby a uspokojovat potřeby cestujících v reálném čase, čímž zvyšují efektivitu a spokojenost cestujících.

Chytrá města se zaměřují na technologie, které zajišťují úspory elektrické energie a její účinnost. Chytré pouliční osvětlení se pomocí inteligentních senzorů ztlumí, pokud se na vozovce nenachází auta nebo chodci. Technologie chytrých sítí lze využít ke zlepšení provozu, údržby a plánování a k dodávkám energie podle potřeby a monitorování výpadků energie.

Tyto iniciativy se rovněž zaměřují na monitorování a řešení problémů životního prostředí ve městech, jako jsou změna klimatu a znečištění ovzduší. Pomocí nich lze také zlepšit nakládání s odpady a hygienu, ať už jde o využití odpadkových košů připojených k internetu a systémů správy vozového parku s podporou IoT pro sběr a svoz odpadu, nebo o využití senzorů pro měření znečištění vody a zaručení kvality pitné vody na konci systému a s řádným odváděním odpadních vod.



Obr. 4 Smart City komponenty – překresleno z [20]

Technologie chytrých měst dle [20] se stále častěji využívá ke zlepšení veřejné bezpečnosti, od monitorování oblastí s vysokou kriminalitou až po zlepšení připravenosti na mimořádné události pomocí senzorů. Chytré senzory mohou být například důležitou součástí systému včasného varování před suchem, povodněmi, nebo vichřicemi.

Chytré budovy jsou dle [20] také často součástí tohoto projektu. Starší infrastruktura může být modernizována a nové budovy mohou být osazeny senzorikou, která nejen poskytuje správu prostoru v reálném čase a zajišťuje bezpečnost veřejnosti, ale také monitoruje stav konstrukce budov. Senzory mohou detekovat opotřebení a upozornit úředníky na nutnost oprav. Senzory lze také použít k detekci úniků vody ve vodovodním potrubí a dalších potrubních systémech, což pomůže snížit náklady a zvýšit efektivitu práce veřejných pracovníků.

Technologie chytrých měst přinášejí také zefektivnění průmyslové výroby, zemědělství, energetické účinnosti a správy prostor

2 Zmapování senzoričky v kampusu ZČU

V rámci spolupráce Západočeské Univerzity v Plzni, firmou OMEXOM GA Energo s.r.o. a firmou Axians redtoo s.r.o. je cílem data z průjezdových senzorů umístěných na parkovišti u budovy FEL v kampusu Západočeské univerzity v Plzni pravidelně odesílat a rozparsovat ze sítě LORATECH (viz. kapitola 2.9) na integrační platformu AXIOM.

2.1 Společnost OMEXOM GA Energo s.r.o.

Společnost OMEXOM GA Energo se zabývá dle [22] elektromontáží pro výrobce a distributory elektrické energie a návrhem SMART řešení, které pokrývá svou dodávkou kompletní realizaci systému Smart City – počínaje od studie proveditelnosti, přes projektovou přípravu, instalaci, zaškolení, až po následný servis a údržbu. Tyto chytré technologie zajistí:

- Větší bezpečnost
- Umožní lepší průjezd městem
- Úsporu energii
- Ochranu veřejného prostoru

Smart City řešení od společnosti OMEXOM GA Energo s.r.o. dle [22] provozuje jejich unikátní projekt Smart City Polygon, ve kterém jsou na jednom místě nainstalovány nejnovější chytré technologie.

2.2 Smart City Polygon

Jedná se dle [22] o unikátní projekt společnosti OMEXOM GA Energo s.r.o. popisující, jak chytré technologie fungují v praxi. Systémy nainstalovány na jednom místě zvyšují bezpečnost obyvatel, díky moderním kamerovým senzorům, zlepšují ochranu majetku a pomocí chytrých senzorů koordinují průjezd lokalitou a zajišťují bezpečnost chodců. Budovám nacházející se ve Smart City Polygonu podléhají inteligentnímu řízení, které zajišťuje regulaci osvětlení v budovách a regulaci teploty v jednotlivých místnostech.

V integrační platformě samotného Smart City Polygonu se dle [23] sbíhají výstupy jednotlivých technologií a vyhodnocují data, díky kterým vzniká následná analýza celého systému.

2.2.1 Aplikační platforma

Aplikační platforma Smart City Polygonu zajišťuje integrační platforma AXIOM, která dle [24] propojuje všechny výrobní a provozní technologie bez ohledu na jejich výrobce do jednoho snadno použitelného prostředí.

2.2.2 Bezpečnost osob a majetku

Bezpečnost je zabezpečena pomocí inteligentních kamerových systémů, které jsou implementovány na parkovišti ve Smart City Polygonu. Senzory zde šetří elektrickou energii ve veřejných osvětleních a zajišťují perimetrický zabezpečovací systém.

2.2.3 Dopravní infrastruktura

Senzorika zabývající se dopravní infrastrukturou určuje příjíždějícímu uživateli do polygonu parkovací místo, které se uživateli zobrazí na LED panelu nacházející se za závorou. Následně se zde nachází nabíjecí stanice pro elektromobily a senzory zabudované v silnici u přechodu pro chodce. Zde pomocí barevných signálů upozorňují řidiče, zda se na přechodu nachází chodec.

2.2.4 Veřejný prostor

Jako poslední součástí Smart City Polygonu jsou inteligentní zařízení nacházející se v polygonu dle [25]. Mezi tato zařízení patří:

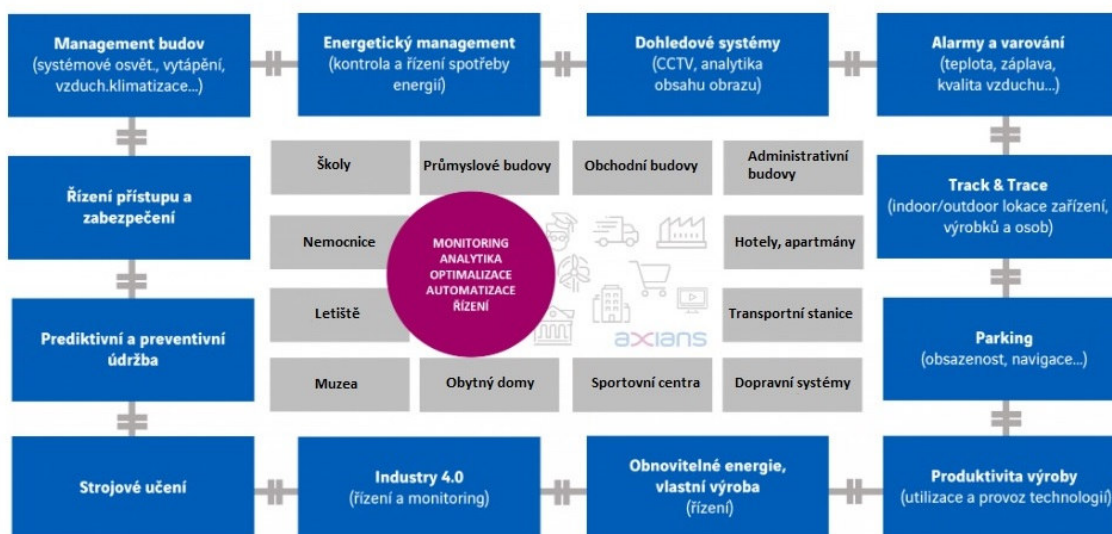
- Fotovoltaika
- IoT
- Závlahový systém
- Cyklostojan
- Chytré odpadkové koše

2.3 Společnost Axians redtoo s.r.o.

Společnost Axians redtoo s.r.o. poskytuje dle [26] informační a komunikační technologie (ICT) jednotlivým firmám a zaměřuje se na rozvoj digitální transformace společnosti – od plánování a návrhů změn přes implementaci až po následný rozvoj firmy. Flexibilně posiluje jednotlivé podnikové procesy klientských firem, a tím zvyšuje jejich konkurenceschopnost a rozšiřuje tržní potenciál.

Společnost Axians redtoo s.r.o. ve spolupráci se společností OMEXOM GA Energo s.r.o. se zabývá integrační platformou AXIOM.

2.4 AXIOM integrační platforma



Obr. 5 Přehled inteligentních prvků seskupené do integrační platformy AXIOM – překresleno z [27]

Tato integrační multifunkční platforma byla navržena společností Axians redtoo s.r.o. a zabývá se řízením všech inteligentních prvků dle [27] seskupených do jedné platformy, která pomocí senzorů měří, komunikuje, vyhodnocuje stav a využití zdrojů, řídí efektivitu procesů a optimalizuje provoz zařízení (viz. obr. 5). Díky tomuto uspořádání nedochází k výpadkům platformy a ta dosahuje nejlepších možných výsledků daného systému a splňuje potřeby průmyslu 4.0.

2.4.1 Chytrý parkovací systém a naváděcí systémy

Při příjezdu do areálu se po zvednutí závory vyhodnotí platforma AXIOM obsazenosti parkovacích míst a ukáže na LED displeji SPZ vozidla a číslo parkovacího místa, na které je vozidlo přiřazeno a řidič tak nemusí zdlouhavě hledat volné místo na parkovišti.

2.4.2 Přehlednost informací na platformě AXIOM

Platforma AXIOM umí dle [27] vizualizovat naměřená data pro libovolné časové období a pro aktuální snímané senzory, jako jsou např. nejčastější denní obsazenost parkoviště, týdenní, či měsíční spotřeba elektrické energie v budovách, nebo v místnostech a kontroluje dovolenou spotřebu energie v budově. V případě překročení limitu nastavený uživatelem, zašle uživateli upozornění prostřednictvím emailu, či SMS.



Obr. 6 Přehled informací zobrazené na platformě AXIOM – převzato z [24]

2.4.3 Chytrý systém pro správu budov

Jednotlivá zařízení v budově, jako jsou klimatizace, osvětlení, topení a další systémy od různých, nebo stejných výrobců dle [27] dokáže platforma AXIOM propojit pomocí inteligentních systémů, či sítí, které si zákazník vybere sám podle svých požadavků, a to v jednoduchém uživatelském rozhraní.

2.4.4 Inteligentní bezpečnostní služba

Pomocí inteligentních monitorovacích systémů umožňuje dle [27] platforma AXIOM jednoduché dálkové monitorování nebo vytvoření centrálního velínu s monitorovací stěnou. Dispečer tak má přehled o vizuální kontrole nad celým parkovištěm a platforma AXIOM mu pomáhá s detekcí rozpoznání trajektorie osob, či podezřelým chováním osob a vozidel na parkovišti.

2.5 Smart Parking

Technologie chytrého parkování je dle [28] způsob, jak rychle navést řidiče k volnému místu a ušetřit mu čas s hledáním volného místa, pokud není parkoviště plně vytížené. Toto řešení je realizováno pomocí produktů, které lze snadno kombinovat, integrovat a získat tak jednoduché a efektivní řešení, díky kterému zefektivňuje plynulost provozu a to, jak u vjezdů/odjezdů, tak i v rámci celého parkoviště a potenciálně rychleji uvolňuje místa pro další obsazení. Poskytuje také další vrstvy bezpečnosti, což přináší klid řidičům i provozovatelům.

2.5.1 Indikace volného prostoru

Parkovací naváděcí kamery dle [28] detekují vozidlo v prostoru a automaticky zobrazují jeho dostupnost pomocí barevných světél, takže řidiči snadno zjistí, kde mají možnost zaparkovat. Například červená barva znamená obsazené místo a zelená barva volné místo. Dále lze také použít jiné barvy ke kategorizaci míst, např. pro parkování pro osoby se zdravotním postižením.

2.5.2 Pokyny pro parkování

Tento systém přebírá data z vjezdových/odjezdových kamer dle [28] a zobrazuje obsazenost parkoviště na obrazovkách. Na nich se vedle počtu míst zobrazují šipky, které ukazují kolik míst je v dané parkovací oblasti a poskytují řidičům navigační pokyny, kudy se do jednotlivých oblastí dostat.

2.5.3 Analýza dat o parkování

Pomocí statistik mohou provozovatelé parkovišť [28] maximalizovat svou efektivitu a výnosy pomocí statistik správy ze systému, jako jsou podrobné záznamy o vstupech a výstupech ukazující obsazenost.

2.6 Původní návrh řešení inteligentního parkovacího systému

Navrhovaný systém řeší hlídání obsazenosti na veřejném parkovišti. V prostoru parkoviště před budovou Fakulty Elektrotechnické Západočeské Univerzity v Plzni bude umístěno 8 kamer. Ty budou umístěny na stávajících sloupech veřejného osvětlení. Dále bude systém doplněn o jednu LPR kameru umístěnou na vjezdu parkoviště. Ta bude snímat registrační značku vozidel. Kamerový systém bude doplněn o vyhodnocovací jednotku, která bude hlídat obsazenost každého parkovacího stání parkoviště.

Parkovací systém bude napojen na metropolitní síť města, kde se využije přípojný místo v budově městské policie. Datový rozvod v prostoru parkoviště bude řešen přes Wi-Fi pojitka. Napájení kamer bude řešeno ze sloupů veřejného osvětlení. Na nich budou umístěny rozvaděče pro napájení kamer a vyhodnocovací jednotku.

Všechny prvky tohoto systému budou zapojeny do aplikační platformy, která bude sloužit pro vyhodnocování a řízení parkoviště. Tato platforma bude umístěna v dohledovém centru správce parkoviště. Ten bude mít informace o skutečném čase zaparkovaného vozidla na konkrétním parkovacím stání včetně registrační značky (RZ) vozidla. Parkovací systém přiřadí RZ vozidel s konkrétním č. parkovacího stání. Tuto informaci je možné automaticky kontrolovat s mobilní aplikací a s parkovacím automatem, který je doplněn o zadání RZ vozidel.

Informace o obsazenosti parkoviště se budou zobrazovat na třech nových proměnných dopravních tabulích. Ty budou umístěny v blízkosti vjezdu. Napájení proměnných dopravních značení bude řešeno také ze sítě veřejného osvětlení, proto je nutné toto značení umístit na sloupy veřejného osvětlení. Přenos informace o obsazenosti daného parkoviště na toto značení bude přes GSM routery.

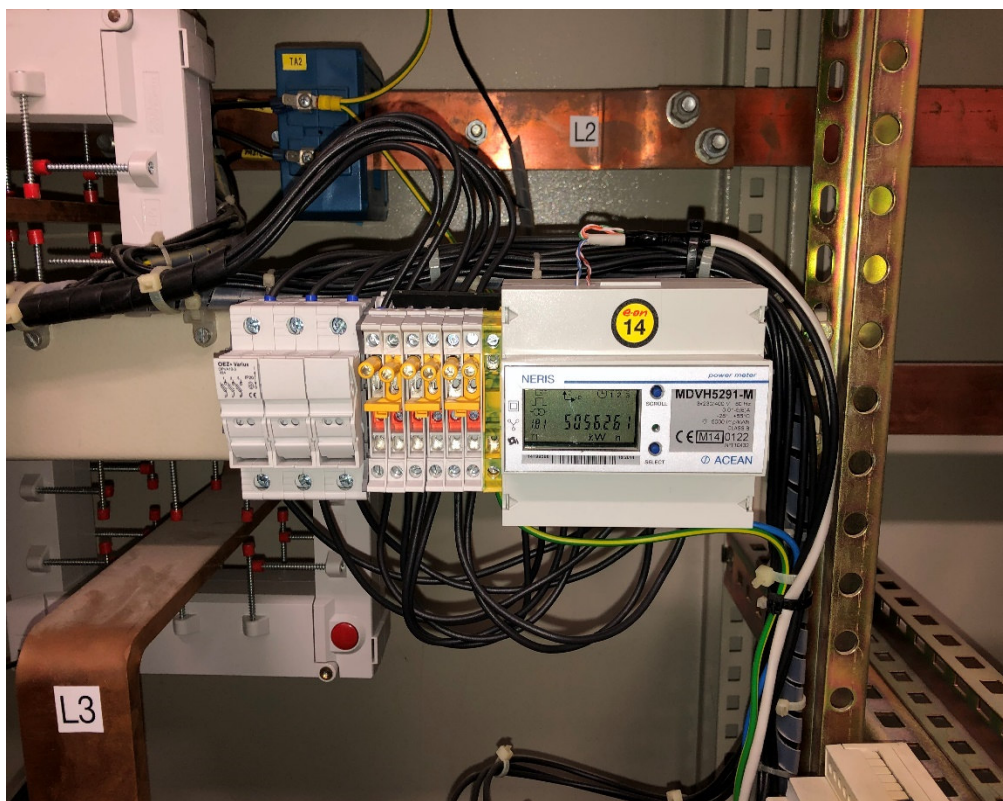
Tato realizace však není v současné době možná jednak z důvodu příliš zdlouhavé implementace kamer, senzorů a LED displejů na parkoviště a připojení kamer k veřejnému osvětlení a také z důvodu rekonstrukce parkoviště v následujících několika letech.

2.7 Zmapování současných senzorů pro měření energetické vytíženosti budov

Bylo potřeba zmapovat aktuální senzorku budov, aby bylo možné na výstupu vidět, jak moc jsou energeticky budova FEL, či FAV v daný moment vytížena. Všechny tyto měřiče jsou propojeny telemetrickou sítí, ke které má správce Západočeské univerzity přístup (Měření spotřeby elektrické energie, vody a tepla v budovách ZČU).

2.7.1 Hlavní elektroměr budovy FEL

Hlavní elektroměr budovy FEL je umístěn v budově s trafostanicemi vedle budovy FEL. Jedná se o elektroměr od společnosti NERIS a je umístěn v rozvaděči (viz. obr. 7) bez optočlenu. Elektroměr má možnost komunikace přes M-bus komunikační protokol, přes který by bylo možné elektroměr připojit k aplikační platformě AXIOM.



Obr. 7 Hlavní elektroměr budovy FEL umístěný v rozvaděči

2.7.2 Dílčí elektroměry budovy FAV

K dílčím elektroměrům na budově FEL není možný přístup, tudíž by nebylo možné měřit spotřebu elektrické energie v jednotlivých patrech budovy FEL, nicméně by to bylo možné v budově FAV, kde je implementováno 47 dílčích elektroměrů od společnosti KMB systems s.r.o. typu PA144, jejichž technický popis je dle [29] popsán níže:

„PA 144 je navržen pro jednoduché monitorování spotřeby energie a skutečných dalších veličin bez funkce záznamu dat. Design bez displeje na DIN lištu s mnoha možnostmi komunikace je vhodný pro široké spektrum automatizačních úkolů v moderních budovách, vzdálený dohled nad infrastrukturou a také vzdálenou správu spotřeby. Absence ovládacích prvků na místním panelu (displej a klávesnice) omezuje možnosti nežádoucí interakce.

- čtyři napěťové a proudové vstupy (4x1p, 3p-wye, 3p-delta, ...)
- Proudové vstupy $X / 100 \text{ mA}$ pro snadnou a univerzální instalaci, vstupy v provedení Snnn / Pnnn pro nízkonákladová řešení.
- třídy přesnosti pro měřené veličiny určené podle 61557-12
- kategorie měření CATIII / 300 V podle podle IEC 61010 pro průmyslové aplikace
- elektroměr podporuje 3 tarify, jednofázové a třífázové měření ve čtyřech kvadrantech
- možnost nasazení v NN i VN aplikacích (přímé připojení nebo připojení PTN)
- měří a registruje průměrnou spotřebu i maxima
- vyhodnocení celkového harmonického zkreslení (THD), až 50 harmonických od 0 do 2,5 kHz
- pulzní nebo reléový výstup, dva volitelné digitální / pulzní vstupy
- dálková komunikace RS 485, Mbus a Ethernet“

K těmto elektroměrům jsou připojeny proudové transformátory typu J3CT-100A-75F s převodem 100A/100mA od výrobce J&D metering (v současnosti se už nevyrábí).

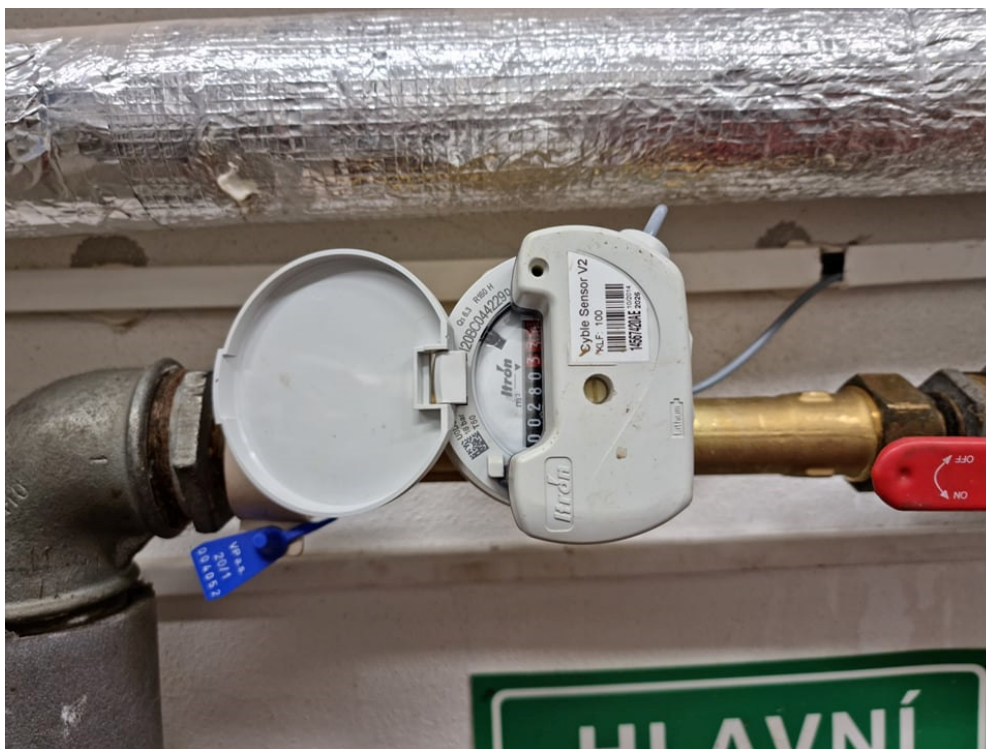
Dílní elektroměry jsou umístěny v rozvaděčích v budově FAV a jejich data jsou stahována pomocí datových koncentrátorů vytvořených z mikropočítačů typu Raspberry Pi a následně přes LAN síť odeslána do databázových serverů typu MySQL.

2.7.3 Kalorimetr budovy FEL

Měřič tepla, který se nachází s hlavním elektroměrem v samostatné budově vedle budovy FEL od společnosti SIEMENS s.r.o umožňuje odečítání dat z Mbus komunikačního modulu [30], pomocí kterého by bylo možné se připojit k platformě AXIOM.

2.7.4 Vodoměr budovy FEL

Hlavní vodoměr je umístěn vedle budovy FEL spolu s kalorimetrem a hlavním elektroměrem (viz. obr. 8), který měří průtok studené vody do budovy FEL. Výrobce vodoměru je společnost Itron a je osazen modulem pro dálkový odečet s DC výstupem [31]. Měření skrze tento modul realizovat nelze, proto bude modul využit pouze pro vyčítání dat do platformy AXIOM.

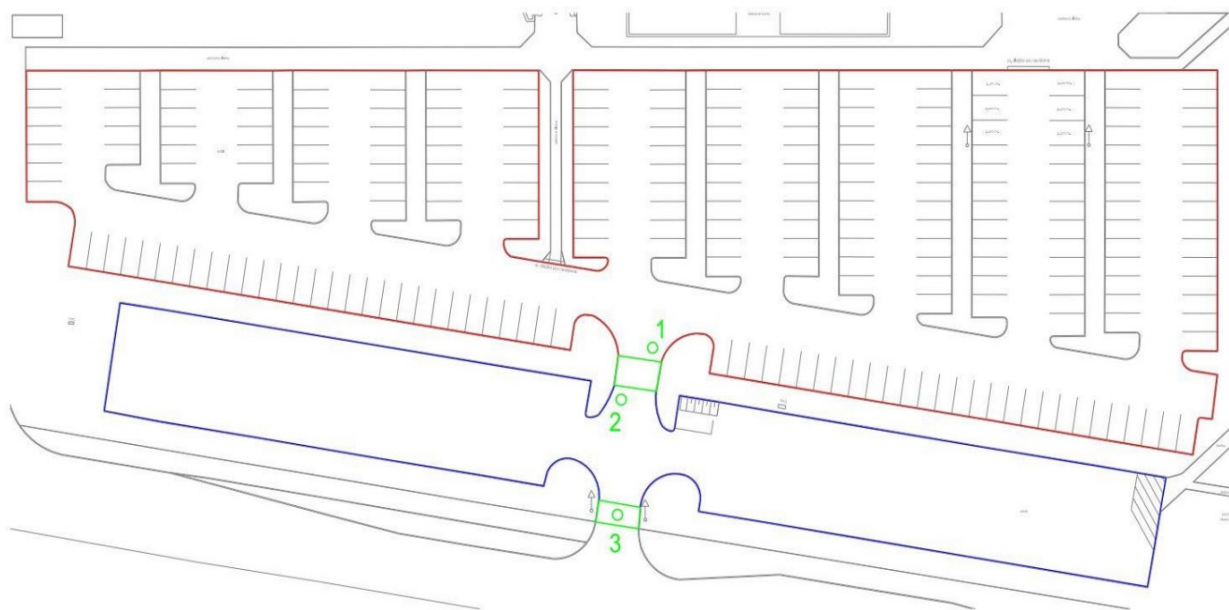


Obr. 8 Hlavní vodoměr umístěný vedle budovy FEL

2.8 Příprava pro odesílání naměřených dat

Senzory z hlavního vodoměru, elektroměru budovy FEL a tři průjezdové senzory umístěné na parkovišti u budovy FEL (viz. obr. 9) budou odesílat data z IoT sítě do integrační platformy AXIOM. Pomocí integrační platformy AXIOM bude možné nadále vizualizovat data připojených senzorů, energetickou vytíženost budovy a obsazenost parkoviště v daném časovém horizontu. Toto řešení nebylo dle vedení FEL a firmy OMEXOM GA Energo s.r.o. kvůli časové vytíženosti a přípravám vybráno za vhodné, a proto se řešení omezilo na vizualizaci dat z průjezdových senzorů na parkovišti u budovy FEL v kampusu Západočeské univerzity.

2.9 Zmapování současných senzorů umístěné na parkovišti před budovou FEL



Obr. 9 Současné umístění 3 průjezdových senzorů na parkovišti FEL ZČU – převzato z [32]

Na parkovišti před budovou FEL se v současné době nachází tři průjezdové senzory. Jejich rozmístění je znázorněno na obr. 9. Parkoviště je rozděleno na dvě části. Na vnitřním parkovišti je dle [32] celkem 234 míst k parkování - 218 parkovacích míst vyhrazeno pro osobní automobily, 8 parkovacích míst je určeno pro motocykly a 10 míst k parkování je vymezeno pro držitele průkazu ZTP. Veřejná část je vyznačena modře, do té má přístup kdokoliv. Na druhou stranu do uzavřené části (na obrázku vyznačená červeně) mohou projet pouze studenti a zaměstnanci univerzity.

V rámci projektu SmartCAMPUS ZČU dle [33] je celý kampus pokrytý sítí LoRaWAN – gateway zapojený do sítě LORATECH. Níže je převzatý technický popis ze stránek [34]:

„LORATECH Outdoor Gateway je venkovní gateway pro profesionální budování IoT sítí na technologii LoRaWAN – 868MHz. Plně outdoorová jednotka zajišťuje pokrytí signálem v rádiu několika kilometrů a s vhodnou anténou lze pokrýt jednu jednotkou menší obec. Veškerá elektronika je osazena v kovovém pouzdře s krytím IP66. Gateway je založena na koncentrátoru od firmy IMST IC880A, který používá chip firmy Semtech SX1301. Koncentrátor komunikuje přes SPI rozhraní s Raspberry PI3. Jako mezičlánek je použita redukční deska, speciálně vyvinutá firmou RVTech s.r.o. pro použití GW na přístupových bodech ISP. Přes gateway prochází data šifrovaně, a proto je komunikace bezpečná“.

2.9.1 Technická specifikace průjezdového detektoru

Instalace magnetického detektoru byla provedena přímo do vozovky. Podrobná specifikace detektoru byla přímo převzata z webových stránek společnosti CITIQ dle [35].
Technické údaje magnetického detektoru:

„Magnetický detektor DM-21xxx (viz. obr. 10) využívaný k monitoringu parkování. Detektor je určen pro měření přítomnosti vozidla ať už na parkovišti, nebo na daném parkovacím místě.

- Princip detekce: kontinuální měření geomagnetického pole
- Napájení: baterie, lithium-thionyl chlorid (Li-SOCl₂)
- Komunikace: RF 868/916 MHz (všeobecné oprávnění č. VO-R/10/09.2010-11),
- LoRA, SIGFOX
- Provozní teplota: -40 °C / +85 °C

Instalace do vozovky pomocí jádrového vývrtu o průměru 100 mm.



Obr. 10 Magnetický detektor instalovaný pod povrch vozovky – převzato z [35]

Zašifrovaná data odeslaná na server test.loratech.cz, kde je potřeba prostřednictvím parseru dešifrovat. Parser je pomocí skriptu naimplementován na serveru ket-one.fel.zcu.cz odkud posílá rozparsovaná data na aplikační platformu AXIOM.

3 Návrh a realizace REST API „bajcarAPI“

Po zmapování aktuální sensoriky v kampusu ZČU bylo zapotřebí vymyslet způsob zpracovávání dat a zvolit vhodné nástroje pro jeho realizaci. Zadavatelem byla jako vizualizační nástroj poskytnuta platforma AXIOM.

Zdrojem dat je server Loratech, kam data ze senzorů pravidelně přicházejí. Tento server umožňuje definovat callback funkce, které se spustí po přijetí nových dat na jednotlivých zařízeních (senzory příjezdu, průjezdu, odjezdu). To by přirozeně mohlo vést ke zvolení webového API jako prostředníka, které tento callback přijme a zpracuje. Je ale nutno zvážit více možných řešení a zvolit nejvhodnější.

Pro výběr nejvhodnějšího řešení je dobré se blíže podívat na požadavky řešení a nástroje, které byly k řešení poskytnuty.

3.1 Požadavky

3.1.1 Požadovaný výstup

Na základě podkladů od kvestora bylo zapotřebí získat a vizualizovat následující data:

- Určení počtu vjezdů a odjezdů za celkové měřené období.
- Vytvoření snímku týdne – časové rozložení vjezdů/výjezdů za jednotlivé dny v týdnu.
- Zjištění počtu průjezdů malých/osobních vs. velkých/nákladních aut.
- Stanovení, jak se shodují data ze senzorů hlavního vjezdu na parkoviště a vjezdové závory.
- Délka parkování / průměrná doba stání.
- Ověření rychlostních kategorií a zjištění počtu aut za danou kategorii.
- Zjištění, jak je parkoviště zaplněné.

3.1.2 Vstupní data

3.1.2.1 Celá zpráva

Data ze senzoru přicházejí na konkrétní zařízení v následující podobě:

(*klíč* : příklady hodnoty)

čas : 2022-04-16T13:56:08+02:00

RSS : -113

SNR : -16

Port : 2

Počet gateway : 1

Sekvenční číslo : 979

base64 data: S6E2AwAA4EAdEDAAF2AAC8AA1AEAAIUwBwowSA==

TX info: {'frequency': 868100000, 'dataRate': {'modulation': 'LORA', 'bandWidth': 125, 'spreadFactor': 12}}

Pro zpracování práce je důležitý *čas*, kdy data přišla. Podle zařízení, na které data dorazí lze rozpoznat, zda se jedná o příjezd, průjezd nebo odjezd. Informace o konkrétních čítačích průjezdů je zakódována v **BASE64** poli dat.

3.1.2.2 BASE64 data

Data jsou zašifrovaná do bytové podoby. Nyní se nebude zkoumat způsob rozšifrování bytů, ale pouze, co se rozklíčování získá. V procesu rozšifrování se pozná, o jaký typ dat se jedná (každý typ dat obsahuje jiné atributy). Pro tuto práci je důležitý pouze následující typ dat, jehož atributy odpovídají následujícím hodnotám čítače:

- *len0_speed0_cnt12* = počet osobních aut, jakákoliv rychlost - protisměr
- *len0_speed1_cnt12* = počet osobních aut, rychlost < 40 km/h
- *len0_speed2_cnt12* = počet osobních aut, rychlost 40 km/h – 60 km/h
- *len0_speed3_cnt12* = počet osobních aut, rychlost > 60 km/h
- *len1_speed0_cnt12* = počet dodávek, jakákoliv rychlost - protisměr
- *len1_speed1_cnt12* = počet dodávek, rychlost < 40 km/h
- *len1_speed2_cnt12* = počet dodávek, rychlost 40 km/h – 60 km/h
- *len1_speed3_cnt12* = počet dodávek, rychlost > 60 km/h
- *len2_speed0_cnt12* = počet nákladních vozidel, jakákoliv rychlost - protisměr
- *len2_speed1_cnt12* = počet nákladních vozidel, rychlost < 40 km/h
- *len2_speed2_cnt12* = počet nákladních vozidel, rychlost 40 km/h – 60 km/h

- *len2_speed3_cnt12* = počet nákladních vozidel, rychlost > 60 km/h
- *len3_cnt12* = počet vozidel nerozeznanych dle předchozích kategorií

Pro realizaci této práce lze všechny ostatní typy dat (než ukázané) zahazovat. Neobsahují žádné informace, které by byly pro vyřešení problému relevantní.

3.1.2.3 Čítač

Data jsou měřena na 12 bitovém (*cnt12*) čítači, který počítá do délky 212 bitů. Následně data přetečou a čítač počítá vozidla, které projely danou rychlostí opět od 0.

3.1.3 Zpracování přijatých dat

Z přijatých dat se tedy dá získat *čas* a *stav čítačů* pro jednotlivé kategorie. Počet projetých vozidel, lze tak získat jedinečně odečtením dvou různých přijatých zpráv ze dvou různých časů. Výsledkem pak bude počet projetých vozidel za dané období od času č.1 do času č.2. Je však potřeba odečítat časově, co nejbližší data, aby nedošlo k nesmyslnému výsledku z důvodu přetečení čítače viz. minulá kapitola.

Stav přetečení se musí ošetřit a zpracování dat v ideálním případě proběhne vždy ve dvou po sobě jdoucích záznamech.

3.2 Nástroje

Po definování požadovaného vstupu a výstupu a navržení metody zpracování, je potřeba prozkoumat nástroje, které jsou k řešení poskytnuta, a zjistit co umožňují. V případě nutnosti je potřeba nalézt další nástroj, který k řešení přispěje.

3.2.1 Server test.loratech.cz

Data z průjezdových senzorů jsou odesílána na testovací server test.loratech.cz (viz. kapitola 2.9)

3.2.1.1 Získání dat metodou GET

Tento server mimo jiné umožňuje čtení dat metodou GET, kdy dovoluje v jednom dotazu získat až 250 posledních přijatých záznamů, z daného zařízení. Případá tak v úvahu získat data většího rozsahu a zpracovat je najednou. Možné je i dotazovat pouze poslední záznamy a zpracovávat je jednotlivě.

3.2.1.2 Konfigurace CALLBACKu

Pro tuto práci je také velmi důležité, že server umožňuje nastavit callback volání po přijetí nových dat. Data tak lze přeposlat na nástroj zpracování a neplýtvat požadavky navíc. To by umožnilo nejefektivnější možný způsob práce, kdy by odcházel minimální počet požadavků vždy jen v případě, kdy přišla nová data. Tento fakt svědčí, že by mohlo být vhodné callback využít a nakonfigurovat rozhraní, které ho umí zpracovat.

3.2.2 Debian na ket-one.fel.zcu.cz

Prostředí, které bylo obdrženo pro zpracování této práce je virtuální linux server Debian.

3.2.2.1 Aplikace přijímající HTTP požadavky

Server má veřejnou IP adresu a umožňuje tak nakonfigurovat poslouchání HTTP požadavků zvenčí. Požadavky by bylo možné předávat aplikaci uvnitř, která by je zpracovala a případně přeposlala dále, kam bude potřeba.

3.2.2.2 Skript překopávající data

Debian běží bez zastavení a přichází tak v úvahu i scénář, kdy by na něm běžel v nekonečném cyklu program, který by sám dotazoval nová data ze serveru test.loratech.cz a zpracovával je na základě algoritmu.

3.2.3 Integrovaná platforma AXIOM

Na integrovanou platformu AXIOM je možné zaregistrovat data, která budou přijímána. Tímto způsobem lze posléze odesílat libovolně specifikovaná data o příjezdu, průjezdu a odjezdu dle vlastního uvážení polí a hodnot, která budou odesílána.

Integrovaná platforma AXIOM by pak měla umožnit pomocí aplikace Grafana data dle požadavků snadno zobrazit, nebo je vyexportovat do CSV souborů, který může posloužit samostatně jako zdroj pro zobrazení dat.

3.3 Možná řešení

Analýza nástrojů dala vzniknout třem základním možnostem řešení.

3.3.1 REST API

Na debian serveru běží aplikace přijímající HTTP požadavky. Přijme data ke zpracování a po zpracování je pošle dále. Nakonfigurované callbacky loratechu jí data obstarávají a aplikace je zpracovaná posílá na AXIOM.



Obr. 11 Datový tok - REST API

K tomuto řešení je potřeba nadefinovat REST API (viz. příloha 13) a nakonfigurovat callbacky ze serveru test.loratech.cz na toto REST API. Následně je potřeba, aby program obsloužil a zpracoval požadavky a ve vizualizovatelné podobě odeslal na AXIOM.

3.3.2 Datová lopata

Na serveru debian serveru běží v nekonečném cyklu aplikace, která v časových intervalech dotazuje server test.loratech.cz. V případě, že se vyskytnou na serveru test.loratech.cz nová data, zpracuje je a odešle na AXIOM.

Pro toto řešení je potřeba nadefinovat časovou prodlevu, kdy aplikace čeká. Po uplynutí doby se dotáže aplikace serveru test.loratech.cz na poslední přijatá data. Pokud se jedná o nová data, zpracuje je a opět v žádané podobě odešle na AXIOM.

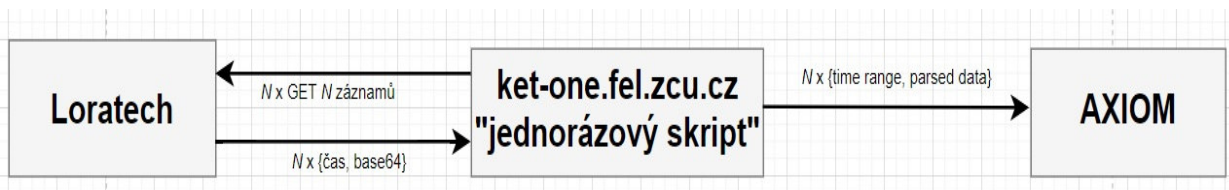


Obr. 12 Datový tok – datová lopata

3.3.3 Jednorázový skript na zpracování všech dat za určité období

GET metoda serveru test.loratech.cz umožňuje dotazovat i velké množství dat. Připadá tak v úvahu i vytvoření aplikace, která získá data za specifikované časové období (např. v řádu měsíců). Získaná data následně všechna zpracuje a opět posílá na AXIOM. Nemusí pak běžet neustále a může se zapínat jednou za čas.

V tomto případě by aplikace nejprve postupnými požadavky získala všechna data za specifikované období. Následně by všechna nahraná data postupně zpracovala a v definované podobě přeposlala na AXIOM.



Obr. 13 Datový tok – jdnorázový skript na zpracování všech dat za určité období

3.4 Návrh řešení REST API

S ohledem na požadavky se jako nejvhodnější a nejpřirozenější jeví zvolit jako řešení implementace REST API. Cílem zadavatele je data vizualizovat hned jak přijdou. Řešení datovou lopatou by poskytlo to samé, ale probíhalo by o několik požadavků více než je potřeba. V případě řešení Rest API se jedná o minimální zatížení zdrojů, protože tok dat je v tomto případě jednosměrný (viz. obr. 11).

3.4.1 Vstupy REST API

Adresa serveru **debian** je <http://ket-one.fel.zcu.cz/> a aplikace bude poslouchat na URL [/bajcarAPI/data/<dev_euid>](http://ket-one.fel.zcu.cz/bajcarAPI/data/<dev_euid>) metodou **POST** (viz obr. 14). Všechny datové atributy budou přijímány v těle požadavku ve formátu JSON:

```
{“login”: string, “password”: string, “payload”: string, “time”: string}
```

3.4.1.1 Zařízení

Pro zpracování je potřeba rozlišit zařízení, které událost vyvolalo (odjezd, příjezd, průjezd). Na serveru test.loratech.cz jsou zařízení rozlišena v proměnné URL svým identifikátorem. I u vytvářeného endpointu dává smysl přenést identifikátor zařízení do URL: [/bajcarAPI/data/<dev_euid>](http://ket-one.fel.zcu.cz/bajcarAPI/data/<dev_euid>). V případě volání neznámého zařízení dojde samozřejmě k návratu chybového hlášení. Známé zařízení budou uložena buď přímo v aplikaci, v textovém souboru nebo v případě nutnosti i v databázi, s kterou bude umět zařízení, na kterém aplikace poběží, pracovat.

3.4.1.2 Autorizace

Je potřeba zajistit, aby nemohl požadavky zahlcovat server AXIOM kdokoliv. Do těla metody je tak nutno přidat přihlašovací údaje v klíčích *login* a *password*. Známé přihlašovací údaje mohou být uloženy přímo v aplikaci, v textovém souboru nebo v případě nutnosti i v databázi, s kterou bude umět zařízení, na kterém aplikace poběží, pracovat.

3.4.1.3 Čas

Čas vzniku události je kromě samotných dat nejdůležitější, protože výsledná hodnota vzniká zpracováním určitého období podle časů. Hodnota času se posílá v klíči *time*. API umožňuje přijmout čas v podobě časového otisku nebo standardního řetězce datum a čas.

3.4.1.4 Data

Data jsou posílána v avizované *base64* podobě. A jejich zpracování bude blíže popsáno v další části. Jsou obsažena v klíči *payload*.

The screenshot shows a REST API documentation interface for 'bajcarAPI' on the domain 'ket-one.fel.zcu.cz'. The API version is 1.0.0. The base URL is 'http://ket-one.fel.zcu.cz/bajcarAPI'. A note states: 'This is a testifie server to send data from loratech (passage/departute/entrance) to ket-one.fel.zcu.cz'. Under 'Schemes', 'HTTP' is selected. The endpoint '/bajcarAPI' is shown with a 'POST' method for the path '/data'. The description is 'POST data to ket-one.fel.zcu.cz server'. A 'Try it out' button is present. The 'Parameters' section shows a required 'body' parameter. The description for 'body' is 'Body that need to be set up'. Below this, an 'Example Value' is provided as a JSON object:

```
{  "login" : "bajcar",  "password" : "loratech123axiom",  "time" : "2022-04-11T22:55:00",  "payload" : "3WBoBBAAw5CqNFAAYdBKDbEDrQQAAImFHUADAADb1"}
```

 The 'Parameter content type' is set to 'application/json'.

Obr. 14 Vizualizace definovaného REST API a příklad vstupních hodnot

3.4.2 Zpracování dat

Přijímaná data je třeba ukládat do mezipaměti. Jeden přijatý záznam sám o sobě nepřidává žádnou informaci o počtu projetých vozidel. Je potřeba porovnat nový záznam s předešlým. Pro vytvoření informace o projetých vozidlech za časové období se jeví vhodné ukládat i čítače týdne, dne a hodiny. Do nich se bude přičítat informace za dané časové období.

3.4.3 Výstup pro AXIOM

Pro integrační platformu AXIOM tedy musíme odeslat data v podobě, která uchová i počet projetých vozidel podle kategorie a času. Definice výstupních dat:

```
{ "elemId": elementID,  
  "stime": dateTimeNow,  
  "data": {  
    // aktualni časové období  
    "time_range_begin" : string,  
    "time_range_end" : string,  
    "protismer" : string,  
    "do_40_kmh" : string,  
    "40_az_60_kmh" : string,  
    "vice_nez_60_kmh" : string,  
    "osobni_auto" : string,  
    "dodavka" : string,  
    "nakladni_auto" : string,  
    "nerozeznane_vozidlo" : string,  
    // tuto hodinu  
    "protismer_hodina" : string,  
    "do_40_kmh" : string,  
    "40_az_60_kmh" : string,  
    "vice_nez_60_kmh" : string,  
    "osobni_auto" : string,  
    "dodavka" : string,  
    "nakladni_auto" : string,  
    "nerozeznane_vozidlo" : string,
```

// tento den

"protismer_den" : string,
"do_40_kmh" : string,
"40_az_60_kmh" : string,
"vice_nez_60_kmh" : string,
"osobni_auto" : string,
"dodavka" : string,
"nakladni_auto" : string,
"nerozeznane_vozidlo" : string,

// tento týden

"protismer_tyden" : string,
"do_40_kmh" : string,
"40_az_60_kmh" : string,
"vice_nez_60_kmh" : string,
"osobni_auto" : string,
"dodavka" : string,
"nakladni_auto" : string,
"nerozeznane_vozidlo" : string,

// tento mesic

"protismer_mesic" : string,
"do_40_kmh" : string,
"40_az_60_kmh" : string,
"vice_nez_60_kmh" : string,
"osobni_auto" : string,
"dodavka" : string,
"nakladni_auto" : string,
"nerozeznane_vozidlo" : string,

}

}

ElemId popisuje zařízení, ze kterého data přišla. To musí být zaregistrované na integrační platformě AXIOM. Tedy příjezd/průjezd/odjezd.

STime je čas vzniku události, tedy v tomto případě čas, kdy poslalo zařízení data o průjezdu. Následně odesíláme počet nových průjezdů automobilů jednotlivých kategorií, který se získá odečtením nového záznamu od předešlého. Aplikace zároveň může uchovávat proměnné jednotlivých hodin, týdnů a dnů, jejichž čítač se také počítá a odesílá obdobných způsobem pro všechny různé časy a kategorie.

3.4.4 Odpovědi REST API

Definované REST API reaguje na specifikované požadavky a poskytuje volajícímu zařízení odpověď, která popisuje průběh celého požadavku. Odpovědi jsou definované podle standardních HTTP kódu, kterým byla věnována kapitola 1.11.1.1.:

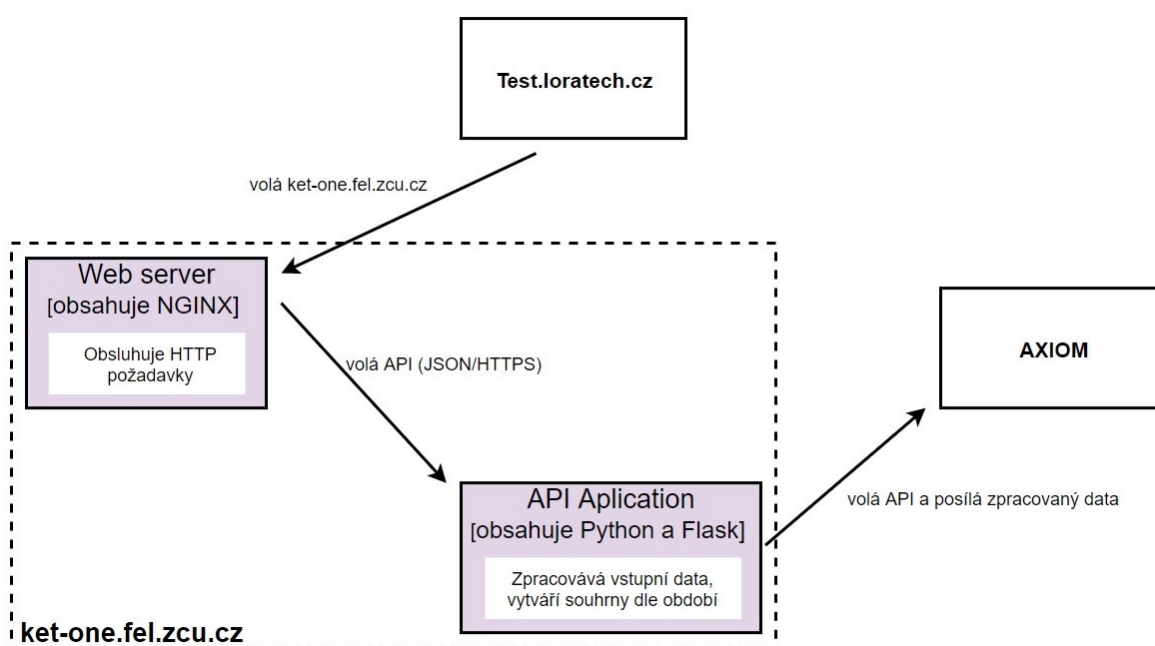
- **Code 200** - First data-entry loaded to API
 - Do aplikace byl nahrán první záznam, ale v paměti neexistuje žádný jiný, se kterým by se dal porovnat.
- **Code 201** - Posted last two entries difference to API
 - Rozdíl dvou posledních zpracovaných záznamů byl úspěšně odeslán na integrační platformu AXIOM, která ho úspěšně přijala.
- **Code 301** - Data not a part 1 type of data, not sending to AXIOM
 - Předaná base64 data neodpovídají požadovanému typu dat. To znamená, že neobsahuje relevantní informace pro úkol programu.
- **Code 401** - Unknown DEV_EUI
 - Dotazované zařízení v rámci aplikace není známo.
- **Code 402** - Authorization fail
 - Přihlašovací údaje chybí, nebo nebyly vůbec poskytnuty.
- **Code 403** - Invalid time value
 - Hodnota času není ve validní podobě.
- **Code 500** - Success, but callback to AXIOM failed
 - Zpracování proběhlo, ale nepodařilo se předat data AXIOMU. V těle odpovědi je předána chybová hláška serveru AXIOM.

3.4.5 Volba nástroje REST API

Protože aplikace nebude nijak robusní a bude zpravidla obsluhovat pouze jeden endpoint, je potřeba zvolit co nejjednodušší nástroj. Jako vhodné se jeví použití jazyka *python*, pro který je zpracování dat přirozenou záležitostí. V tomto jazyce pak lze nalézt mnoho REST API knihoven, kdy jednou z těch oblíbených a snažších je například knihovna *Flask*.

3.4.6 Model nasazení

REST API aplikace poběží na ket-one.fel.zcu.cz serveru a operačním systémem Debian. HTTP požadavky může zvenku přijímat skrze webový server NGINX, který je předá flask aplikaci.



Obr. 15 Model nasazení aplikace

3.5 Implementace

3.5.1 Uložení konfiguračních proměnných aplikace

Z důvodu aktuální jednoduchosti programu nevypadá, že je třeba tvořit pro konstantní proměnné zbytečně databázi. Vše, co je potřeba pro konfiguraci programu lze tak nalézt hned na začátku pythonového skriptu. Konfiguraci by bylo možné přesunout do jednoduchého textového souboru, ale takového řešení prozatím bohatě stačí.

V této části nás zajímají převážně autorizační přihlašovací údaje, pro které je vytvořen slovník *allowed_logins* ve formátu “login” : “heslo”.

```
# VARIABLES
#
#

PORT_NUMBER = 50001

debug_mode = False

api_name = "/bajcarAPI"

# my API allowed logins
allowed_logins = {
    "bajcar" : "loratech123axiom",
}
```

Obr. 16 Konfigurační proměnné

Dále zde lze nalézt číslo portu, na kterém REST API poběží v proměnné *PORT_NUMBER* a indikátor *debug_mode*, kterým lze zapnout podrobnější výpis do konzole aplikace pro zvětšení povědomí o tom, co se v aplikaci děje.

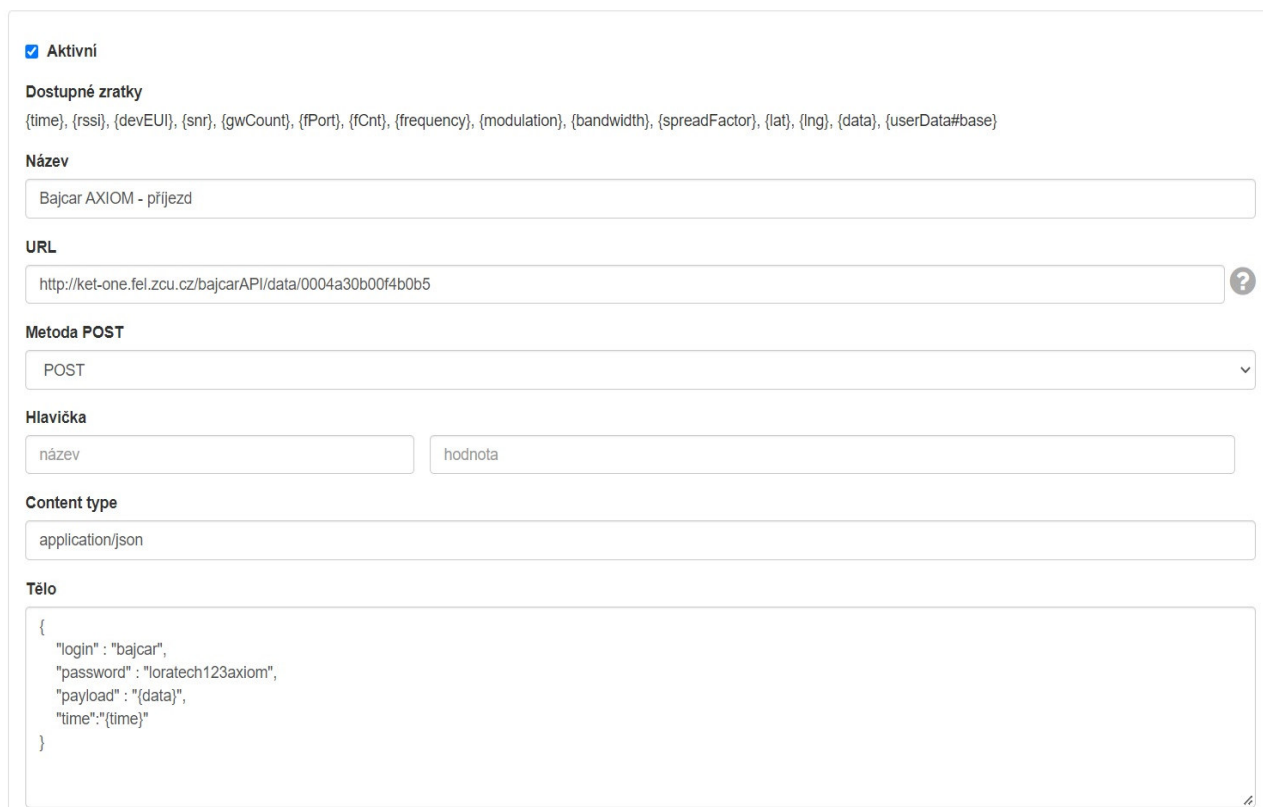
3.5.2 Zpracování dat

K zpracování *base64* dat nebylo od zadavatele poskytnuto nic jiného, než existující javascriptový program. Ten byl tedy přepsán do jazyka Python, ve kterém bylo rozhodnuto práci implementovat. V programu se jedná o metodu *def parseData(data)*, která používá několik pomocných metod pro bitové operace.

Přepsání z části objasnilo, co se při zpracovávání děje a vznikly následující poznatky - o typu dat rozhoduje pouze z *base64* převedená délka celé zprávy. Zpracování umí získat například telemetrické data o senzoru (stav baterie, teplotu desky, relativní vlhkost uvnitř detektoru, interní informace a referenční hodnotu 1). Jelikož telemetrické data o senzoru není potřeba zasílat do integrační platformy AXIOM, nemusíme se jimi nadále vůbec zaobírat. Pro práci je tak důležité pouze zpracování dat o délce 28 znaků, což je jediný typ zprávy, který je potřeba.

3.5.3 Konfigurace Callbacků na serveru test.loratech.cz

Server test.loratech.cz umožňuje pro jednotlivá zařízení nadefinovat callbacky pomocí přívětivého uživatelského webového rozhraní. Podobně bylo učiněno pro všechny tři zařízení (příjezd, průjezd, odjezd).



Aktivní

Dostupné zkratky
{time}, {rssi}, {devEUI}, {snr}, {gwCount}, {fPort}, {fCnt}, {frequency}, {modulation}, {bandwidth}, {spreadFactor}, {lat}, {lng}, {data}, {userData#base}

Název
Bajcar AXIOM - příjezd

URL
http://ket-one.fel.zcu.cz/bajcarAPI/data/0004a30b00f4b0b5

Metoda POST
POST

Hlavička
název hodnota

Content type
application/json

Tělo

```
{
  "login": "bajcar",
  "password": "loratech123axiom",
  "payload": "{data}",
  "time": "{time}"
}
```

Obr. 17 Nastavení callbacku na serveru test.loratech.cz

3.5.4 Konfigurace přijímaných dat na integrační platformě AXIOM

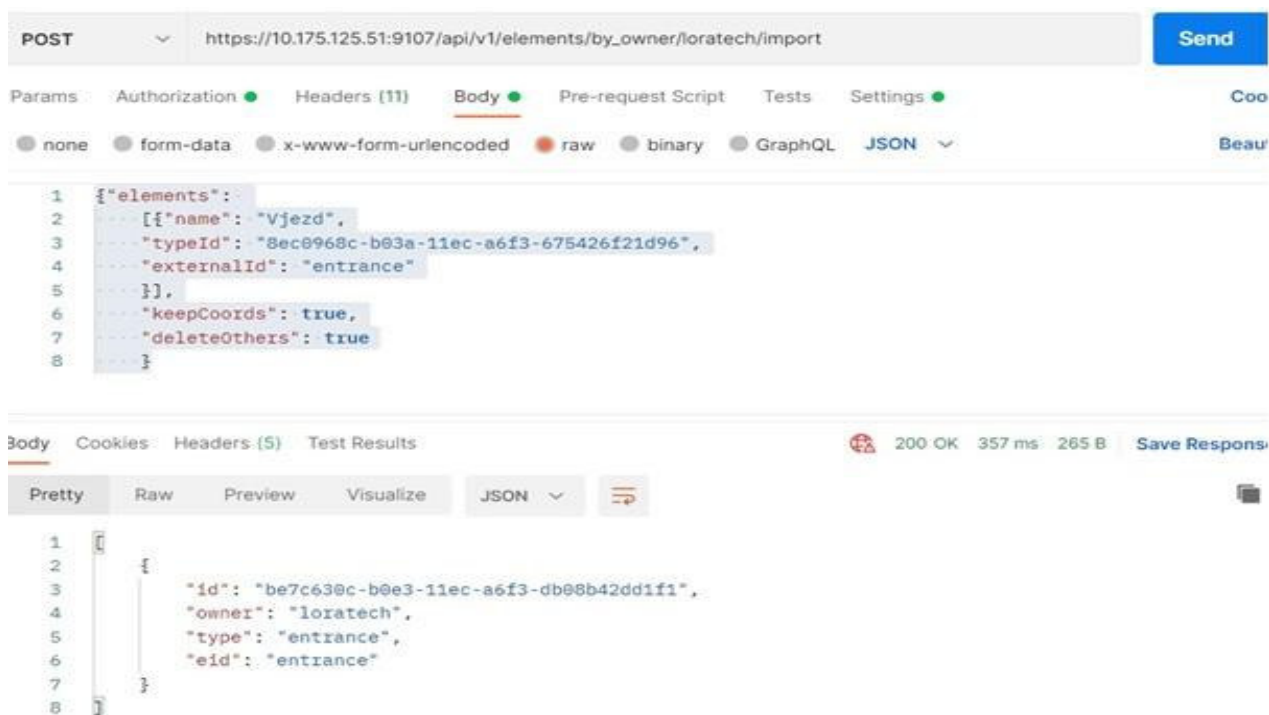
Aby mohla integrační platforma AXIOM přijímat programem zpracovaná data, je nutné zaregistrovat na AXIOM daná zařízení. K tomu existuje API, které to pomocí POST metod umožňuje. Dané zařízení představuje prvek ve stromu prvků databáze iVISEC. Prvky jsou základní entity, kterými je možné reprezentovat reálná zařízení připojená do databáze iVISEC.

Pro externí systém byl potřeba zvolit speciální identifikátor, pod kterým budou provedeny všechny registrace do iVISEC. Tento identifikátor byl vyplněn do pole “owner“ (viz. obr. 18). Před samotným importem prvků bylo zapotřebí zaregistrovat typ prvků (tzv. Set elements), které daný externí systém využívá. Jména prvků byla nastavena pro každý senzor – Vjezd, Odjezd, Průjezd, pole owner jako loratech, pole externalID pro Vjezd – entrance, pro odjezd – departure, a pro průjezd – passage a nakonec pole icon hodnota 1000.

```
{ "types": [ { "name": "Vjezd", "owner": "loratech", "externalId": "entrance", "icon": 1000 } ] }
```

Obr. 18 zaregistrování typu prvků

Přidání prvků bylo provedeno metodou POST na adresu – https://10.175.125.51:9107/api/v1/elements/by_owner/loratech/import, na kterou byly zaregistrovány jednotlivé id senzorů, pole owner – loratech, type a eid podle toho o jaký senzor se jedná. (viz. obr. 19).

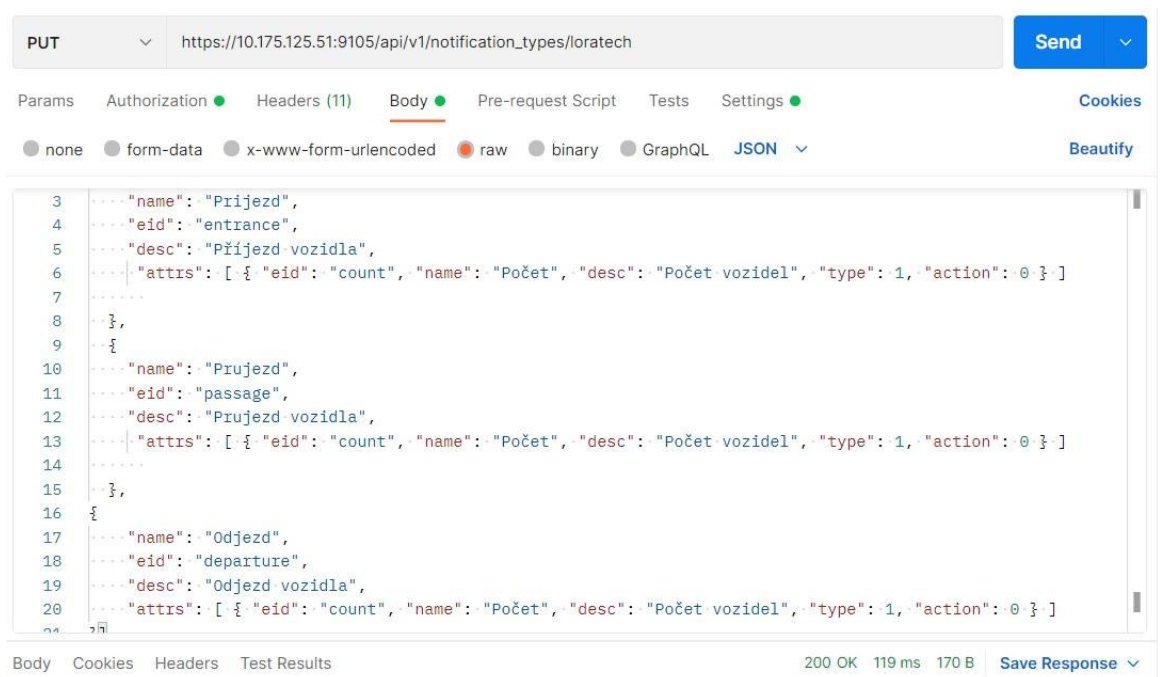


Obr. 19 Přidání prvku na integrační platformu AXIOM

3.5.5 Konfigurace událostí na integrační platformu AXIOM

Události patří mezi systémové objekty reprezentující změnu v některém z integrovaných systémů. Na tyto změny lze potom v iVISEC navázat automatizované reakce. S událostmi je úzce spojený systém reakcí, který umožňuje pro všechny typy událostí definovat automatické akce. Hlavním stavebním blokem reakcí jsou komponenty. Pro externí systémy je důležitá možnost definovat si vlastní komponenty, které mohou reprezentovat akce v externím systému. Import komponent externího systému proběhl pomocí metody PUT na adrese https://10.175.125.51:9105/api/v1/notification_types/loratech. Tímto definují integrační platformě AXIOM, jaké data bude přijímat (viz. obr. 20). Tato konfigurace událostí byla potřeba udělat pro všechny 3 senzory a v poli attrs nadefinovat dané atributy typu událostí, měnící v průběhu funkce svůj stav:

```
"attrs": [ { "eid": "count", "name": "Počet", "desc": "Počet vozidel", "type": 1, "action": 0 } ]
```

Obr. 20 Nakonfigurované nahrávání dat na integrační platformu AXIOM

Po úspěšné konfiguraci dat na AXIOM bylo potřeba vložit jednotlivé události na adresu <https://10.175.125.51:9105/api/v1/notifications/loratech/Entrance>, kde endpoint se mění na základě jeho typu senzoru (Entrance/Departure/Passage) a do pole data byl vložen data object, který zobrazí data v dané události.

3.5.6 Metoda endpointu

Hlavním bodem aplikace je tedy jediná funkce, která obsluhuje definovaný endpoint:

```
@app.route(api_name + '/data/<dev_euid>', methods=['POST'])
def post_data(dev_euid):
```

Metoda tedy zkontroluje zařízení, na které požadavek přišel. Pokud zařízení existuje, pokračuje dále a kontroluje přihlašovací údaje, formát času a typ dat. Pokud se jedná o požadovaný typ dat (part 1), data přidává do porovnávacího objektu *summaries_dictionary* a předává ho zpracovávací a odesílací metodě *postParsedData*.

3.5.7 Zpracování a odeslání na AXIOM

Metoda `postParsedData`:

```
def postParsedData(url, dateTimeNow, dateTimePrevious,
parsedDataNEW, parsedDataPrevious, elementID, login, password,
summaries_dictionary):
```

Metoda porovná poslední přijaté záznamy a spočítá jejich rozdíl. Po sečtení přičte danou hodnotu do čítače odpovídající hodiny, dne, týdne a měsíce. Celé pole souhrnu `Summaries_dictionary` pak konečně odesílá na integrační platformu AXIOM.

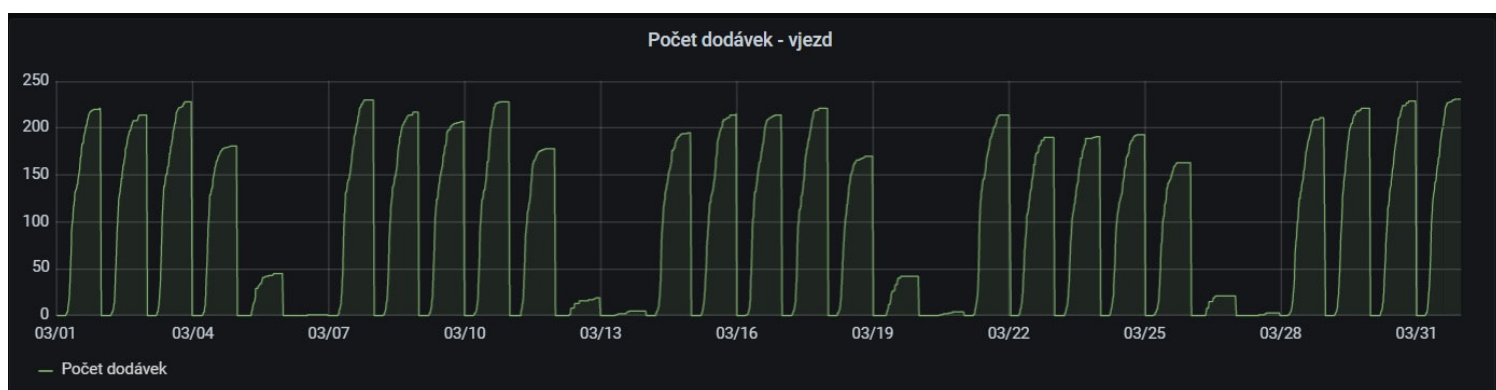
4 Vizualizace a zhodnocení naměřených dat

4.1 Vizualizace dat pomocí aplikace Grafana

Vizualizace naměřených dat byla provedena pomocí webové aplikace Grafana, která je dle [36] vizualizační dashboard systém umožňující na základě IP adresy (10.175.125.51:3000) a připojené databáze z data source vizualizovat naměřená data dle libovolného časového horizontu a libovolného typu grafu.

Dále bylo zapotřebí nakonfigurovat data source, přes která je lze zobrazit v aplikaci Grafana. Data source byl vytvořen pomocí Posgres databázového serveru, který je dostupný na IP adrese 10.175.125.51. Aby je bylo možné vizualizovat, bylo zapotřebí zjistit událost (event), kterou chceme zobrazit, type_id senzoru v databázi ivisec a schéma events v tabulce event_type:

- 10209 – příjezdový senzor
- 10210 – průjezdový senzor
- 10211 – odjezdový senzor



Obr. 21 Počet dodávek, které vjely na parkoviště v měsíci březen v časovém rozložení – den

Příkladem vizualizace dat je obr. 21, kde na základě SQL dotazu byly zobrazeny data “dodávka_den“ – počet dodávek, které projely přes vjezdový senzor za den od 01/03/2022 do 31/03/2022. Výhodou aplikace Grafana je snadné nastavení časového horizontu, výběr typu grafu, zobrazení legendy (minimum, maximum, průměrná hodnota apod.). Na druhou stranu se zde nedají zobrazit data z jiných proměnných do jednoho grafu. Obtížně se porovnávají a nedají se zobrazit ve sloupcích, spíš jen jako spojitá čára dat.

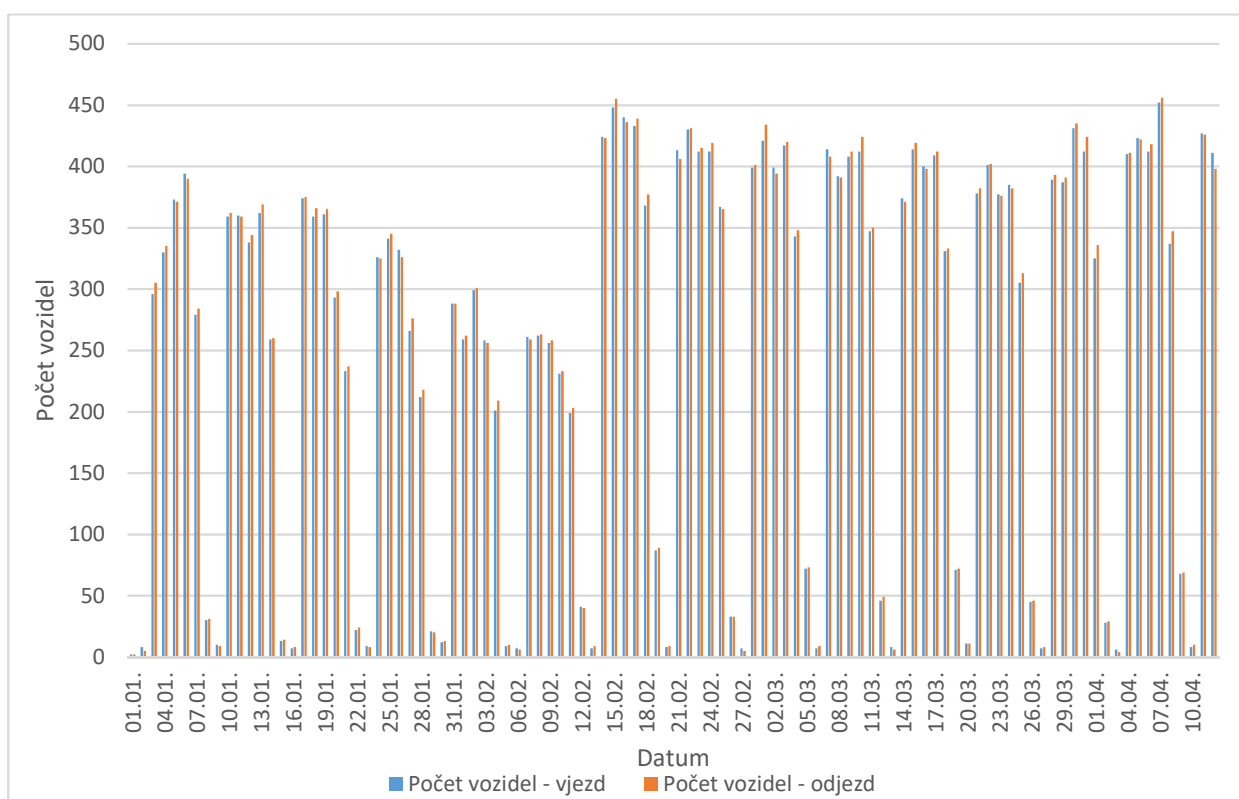
Na základě takto zobrazených informací jsem usoudil za vhodné vizualizovat data v tabulkovém procesoru Microsoft Excel, protože se zde dají z různých proměnných vizualizovat pro porovnání do jednoho grafu a data jsou víc přehlednější.

4.2 Požadavky na zobrazení naměřených dat

Měření a sběr dat z průjezdových senzorů na parkovišti u budovy FEL probíhalo od 1.1. 2022 do 12.04.2022, kdy senzory přestaly z technických důvodů měřit a jejich výměna proběhla 17.5.2022. Data byly pomocí REST API posílána na integrační platformu AXIOM, kde byla ve formátu CSV převedena do tabulkového procesoru Microsoft Excel.

Na základě podkladů od kvestora (viz. kapitola 3.1.1) bylo zapotřebí získat a vizualizovat následující data, která jsou popsána v následujících kapitolách.

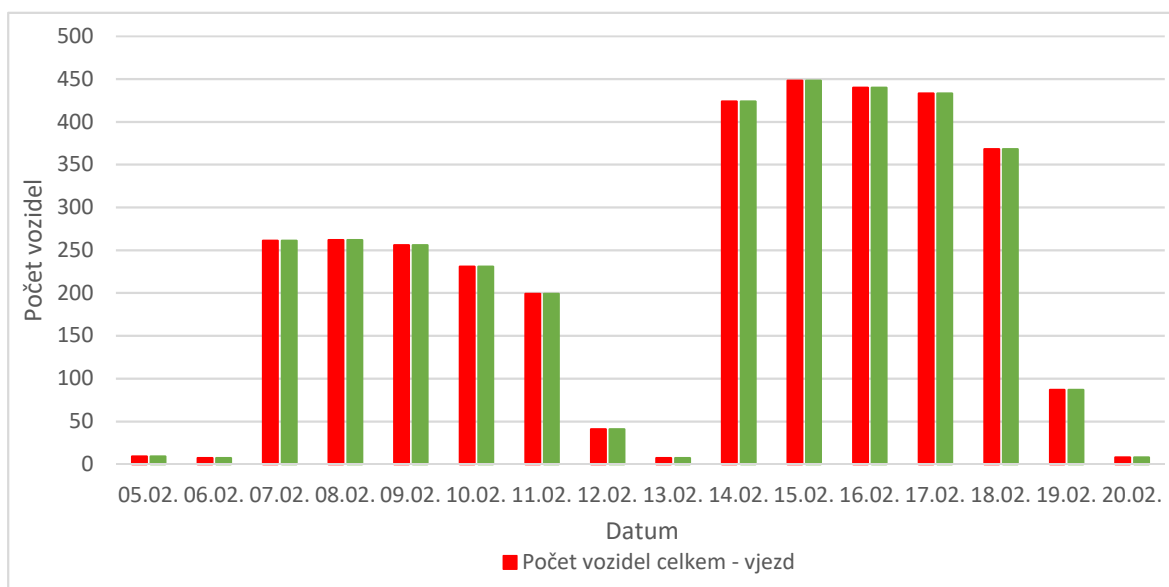
4.3 Určení počtu vjezdů a odjezdů



Obr. 22: Počet vjezdů a odjezdů – viz. příloha 1

Z obr. 22 si lze zde všimnout, že v první polovině zkouškového období (od 1.1. do 21.1.) je parkoviště vytíženější než v druhé polovině zkouškového období, což je pravděpodobně způsobeno počtem absolvování zkoušek studentů a její úspěšností.

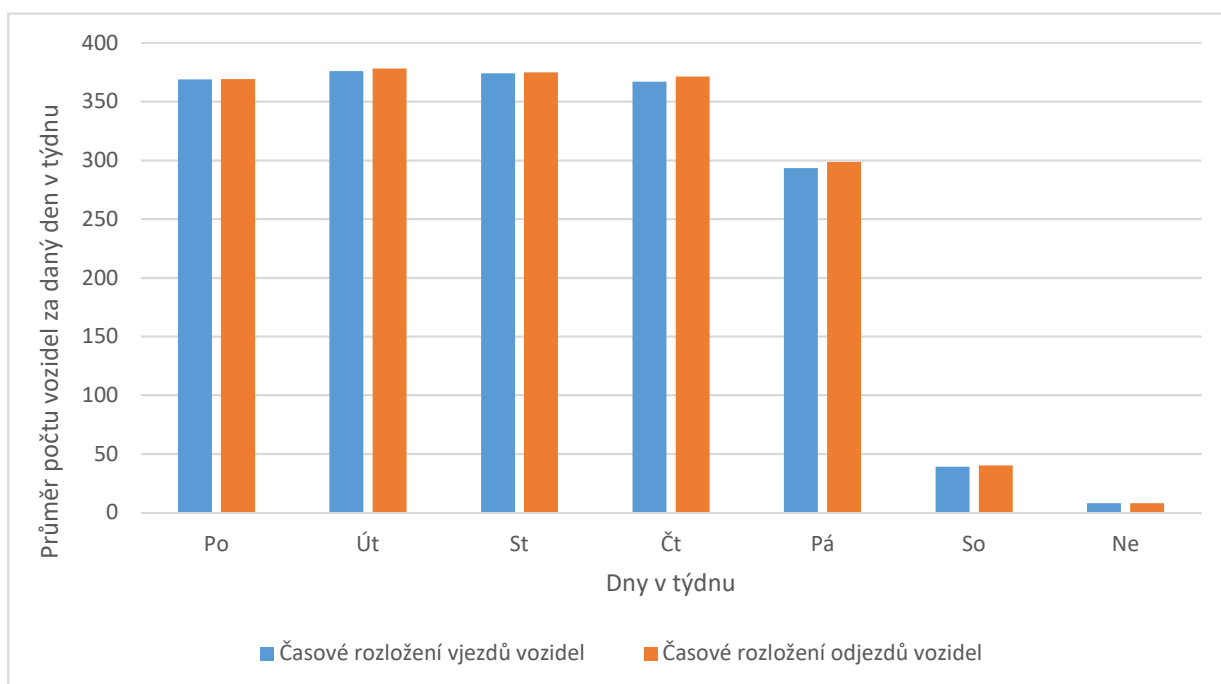
Během semestru je pak počet vjezdů a výjezdů ve všedních dnech o 30 % větší než během zkouškového, kdy během semestru už neplatili žádné protipandemická opatření vůči prezenční výuce na fakultách nacházející se v kampusu Západočeské univerzity a vytíženost parkoviště u budovy FEL byla během semestru vysoká.



Obr. 23 Počet vjezdů a odjezdů na přelomu zkouškového období a letního semestru – viz. příloha 1

Z obr. 23 lze vyzorovat výrazný nárůst počtu příjezdů a odjezdů všech typů vozidel na přelomu zkouškového období a letního semestru, který vzrostl ve všedních dnech zhruba o 75 % a zhruba o 95 % v sobotu, což svědčí také o větší vytíženosti parkoviště během semestru. Na obr. 23 je patrný stejný počet vjezdů a odjezdů za jednotlivé dny, nicméně na obr. 22 se počet vjezdů a odjezdů liší v jednotkách vozidel za jednotlivé dny. To může být např. způsobeno parkování vozidel přes noc.

4.3.1 Snímek týdne

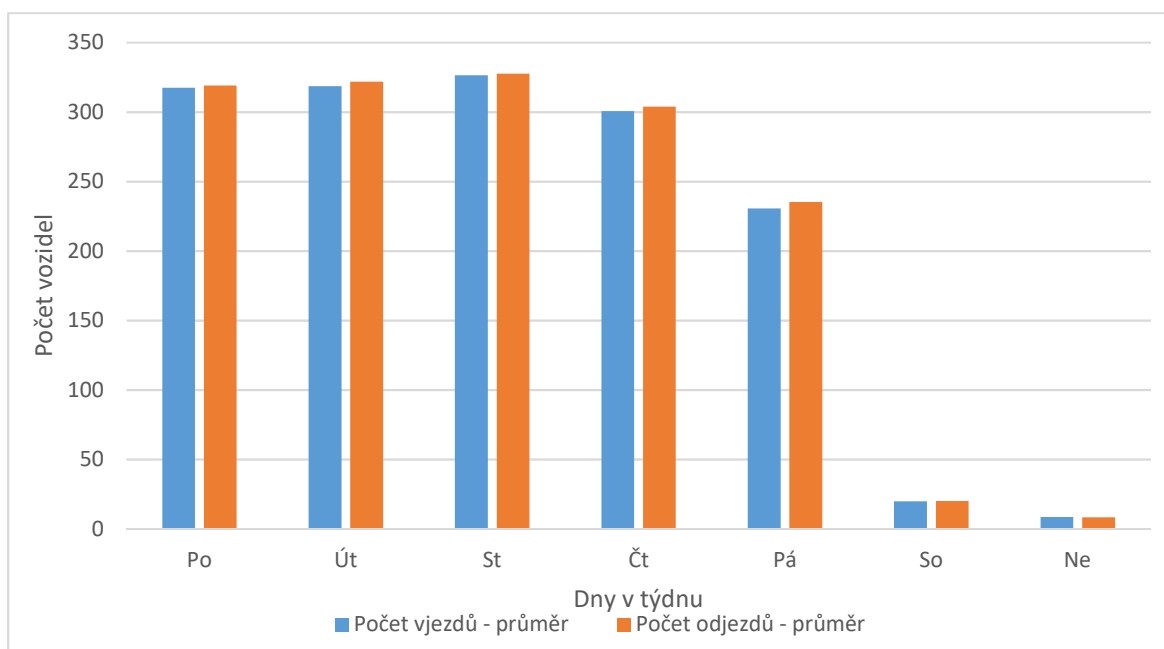


Obr. 24 Průměrný počet vjezdů a odjezdů za období 01.01.2022 – 12.04.2022 – viz. příloha 2

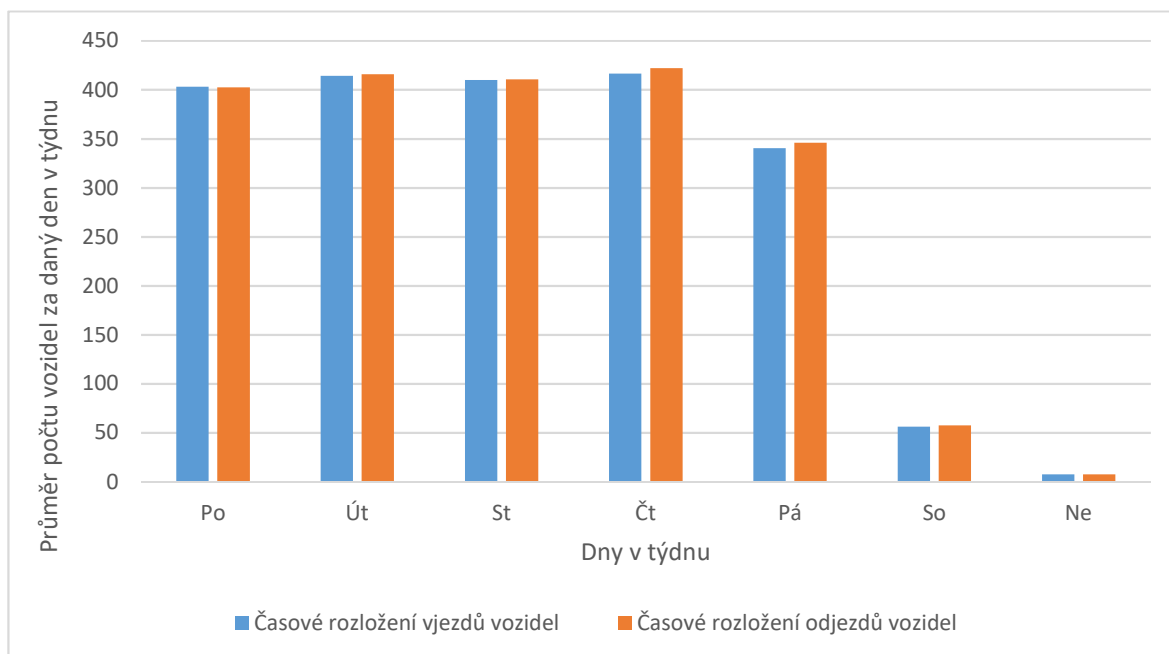
Dopočtené průměrné počty vjezdů a odjezdů v jednotlivých dnech v týdnu za měřené období (od 1.1.2022 do 12.04.2022) jsou vidět na obr. 24, kde největší počet vozidel vjelo a odjelo na parkoviště v úterý (viz. tab. 1). Počet odjezdů je v měřeném časovém období v průměru mírně vyšší (v řádu o 3 až 4 vozidla za den) než počet příjezdů, což může být způsobeno větším průměrným počtem vjezdů v předchozím období, nebo chybou měření průjezdových senzorů. O víkendu je počet vjezdů a odjezdů výrazně nižší a jejich hodnota se pohybuje v rozmezí od 8-40 vozidel za den.

Tab. 1: Průměrný počet vjezdů a odjezdů za celkové měřené období

Den	Počet vjezdů	Počet odjezdů
Pondělí	369	369
Úterý	376	378
Středa	374	375
Čtvrtek	367	371
Pátek	293	298
Sobota	39	40
Neděle	8	8



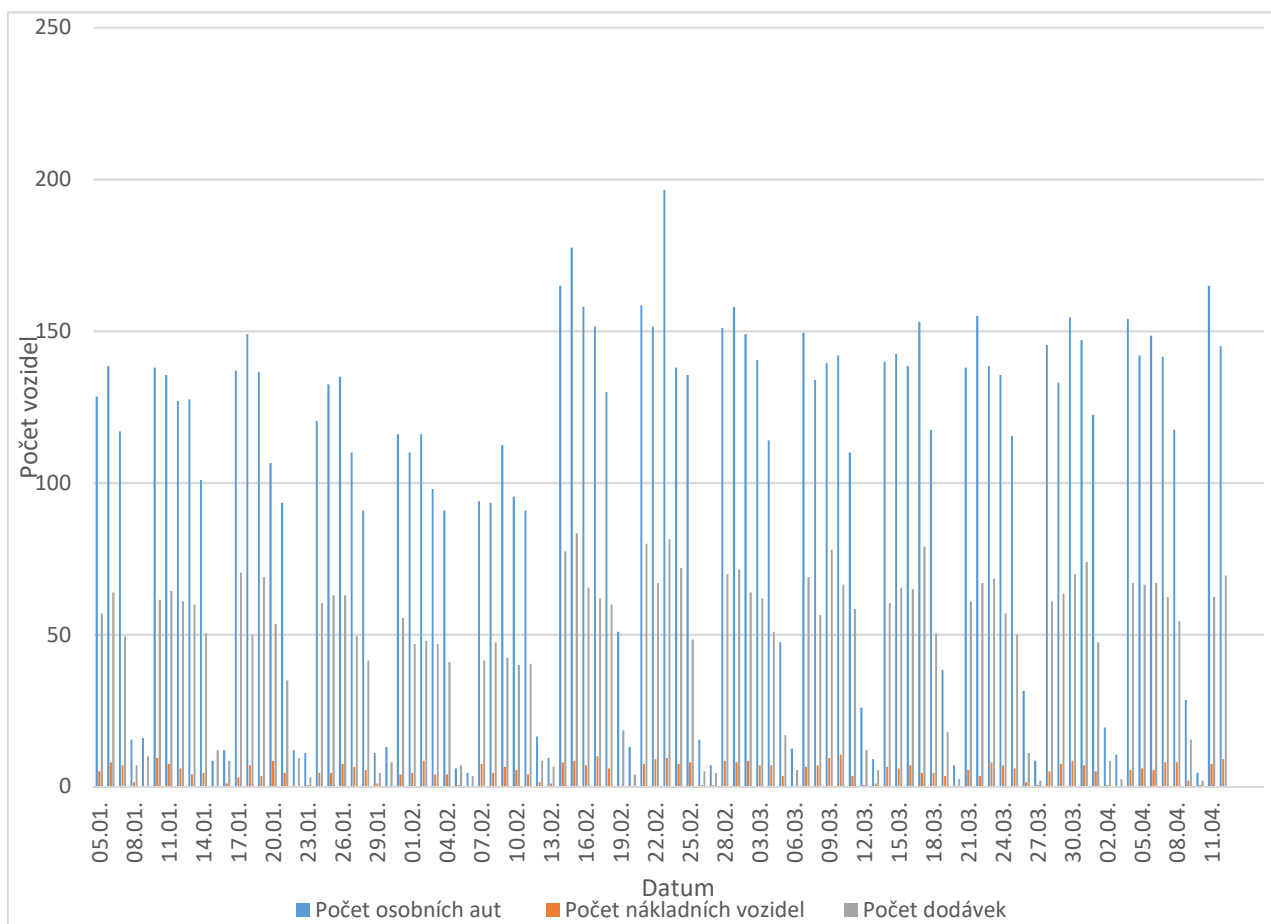
Obr. 25 Průměrný počet vjezdů a odjezdů za zkouškové období – viz. příloha 3



Obr. 26 Průměrný počet vjezdů a odjezdů během letního semestru – viz. příloha 4

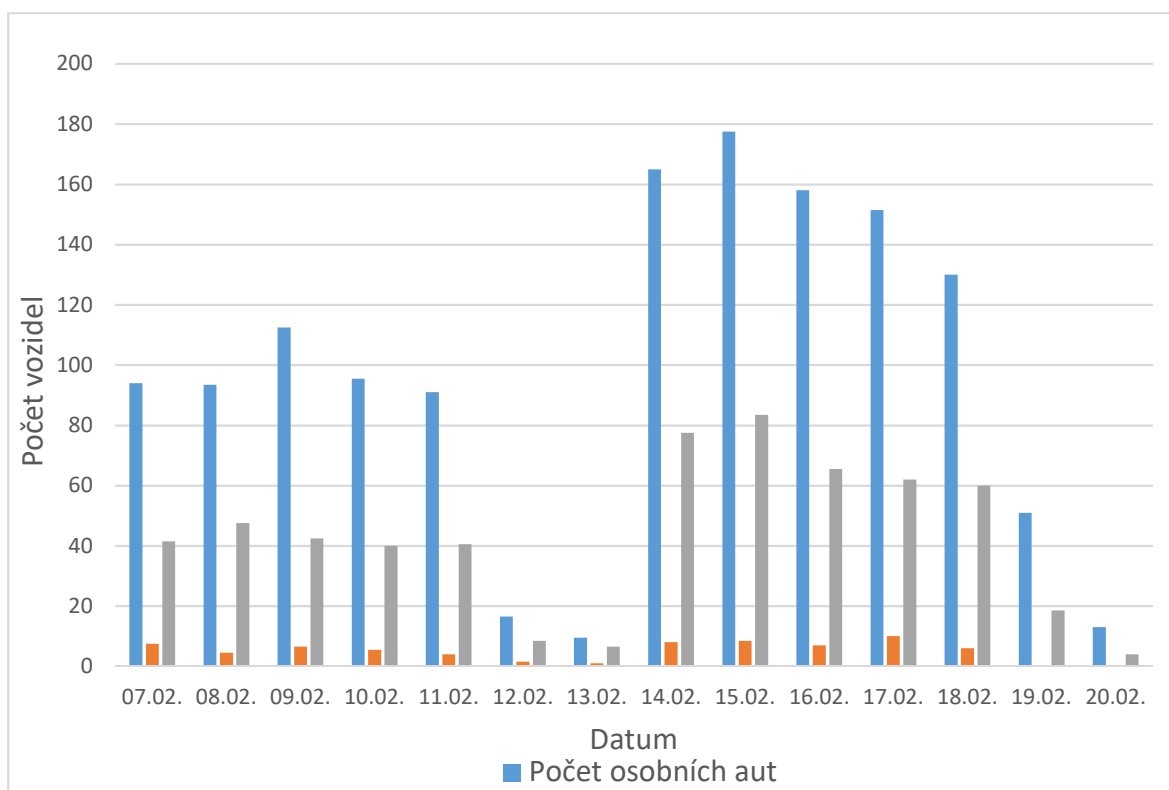
Porovnáním obr. 25 a obr. 26 si lze povšimnout, že průměrný počet vjezdů a odjezdů se během semestru ve všedních dnech zvýšil zhruba o 20 %. Studenti tak jezdí během semestru na výuku, což způsobuje větší vytíženost parkoviště. Na druhou stranu v neděli tak zůstává průměrný počet vjezdů a odjezdů jak během zkouškového období, tak během semestru téměř stejný. Nicméně v sobotu během semestru je nárůst průměrného počtu vozidel téměř o 100 %.

4.3.2 Počet průjezdů osobních vozidel, dodávek a nákladních vozidel



Obr. 27 Počet průjezdů osobních vozidel, dodávek a nákladních vozidel za celé měřené období viz. příloha 5

Z obr. 27 je patrné že počet osobních vozidel, která projela průjezdovým senzorem - umístěný ve vjezdu na vnější parkoviště u budovy FEL v kampusu Západočeské univerzity (viz. obr. 8) za jednotlivé dny, je několikanásobně větší, než počet dodávek a nákladních vozidel. Opět je na obr. 27 vidět, jak počet průjezdů osobních vozidel od začátku letního semestru vzrostl průměrně o 20 % než během zkouškového období stejně jako počet dodávek během semestru vzrostl o 100 % oproti v době zkouškového období. Nakonec počet nákladních vozidel zůstal téměř stejný po celou dobu měření.

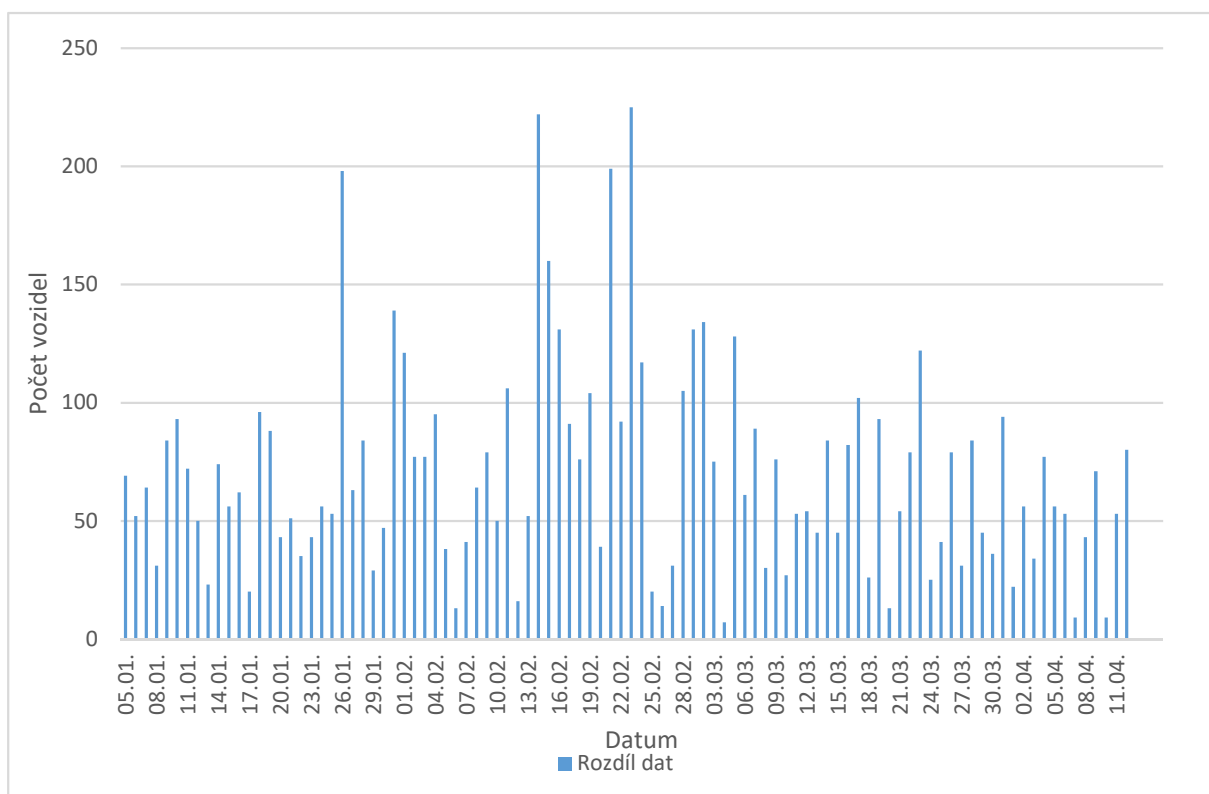


Obr. 28 Počet osobních aut, dodávek a nákladních vozidel ve vybraném časovém období – viz. příloha 5

Pro detailnější zobrazení (viz. obr. 28) jsem vybral časový horizont na přelomu zkouškového období a letního semestru, kde je vidět patrný nárůst počtu osobních aut a dodávek během semestru, které projely průjezdovým senzorem na parkoviště.

Kategorizace vozidel je dle kapitoly 4.3.7 chybná, protože vozidla, která stála nad průjezdovým senzorem několik sekund, tak byla automaticky často rozpoznána jako delší vozidlo a špatně tak kategorizována. Počet dodávek a nákladních vozidel zde není správný a je pravděpodobně nižší, až by se dalo říct minimální.

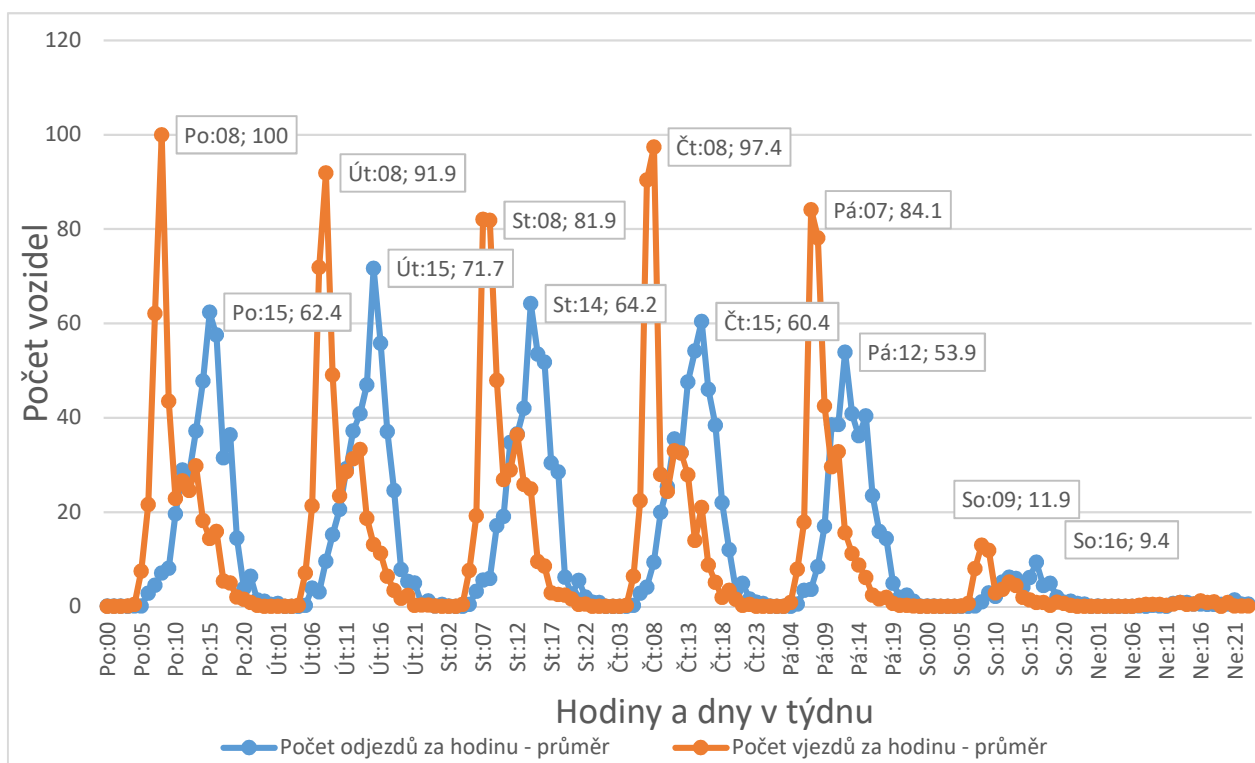
4.3.3 Rozdíl naměřených dat u vnějšího vjezdu a vjezdové závory



Obr. 29 Rozdíl naměřených dat u průjezdového a vjezdové závory – viz. příloha 6

Na obr. 29 byla zobrazena data rozdílu počtu vozidel, které projely přes průjezdový senzor a vjezdový senzor. Z obr. 29 je patrné, že největší rozdíl dat se pohybuje během začátku semestru, kdy je parkoviště nejvíc vytížené a studenti tak hledají volné parkovací místo na vnějším parkovišti, protože při zaplnění vnitřního parkoviště je u hlavního vjezdu student informován barevnou signalizací na semaforu, že vnitřní parkoviště plně obsazené. Zajímavý je také vysoký rozdíl naměřených dat v dni 26.1., kdy bylo parkoviště díky velké návštěvnosti plně vytížené, protože se jednalo o den otevřených dveří Západočeské univerzity.

4.3.4 Délka parkování/průměrná doba stání



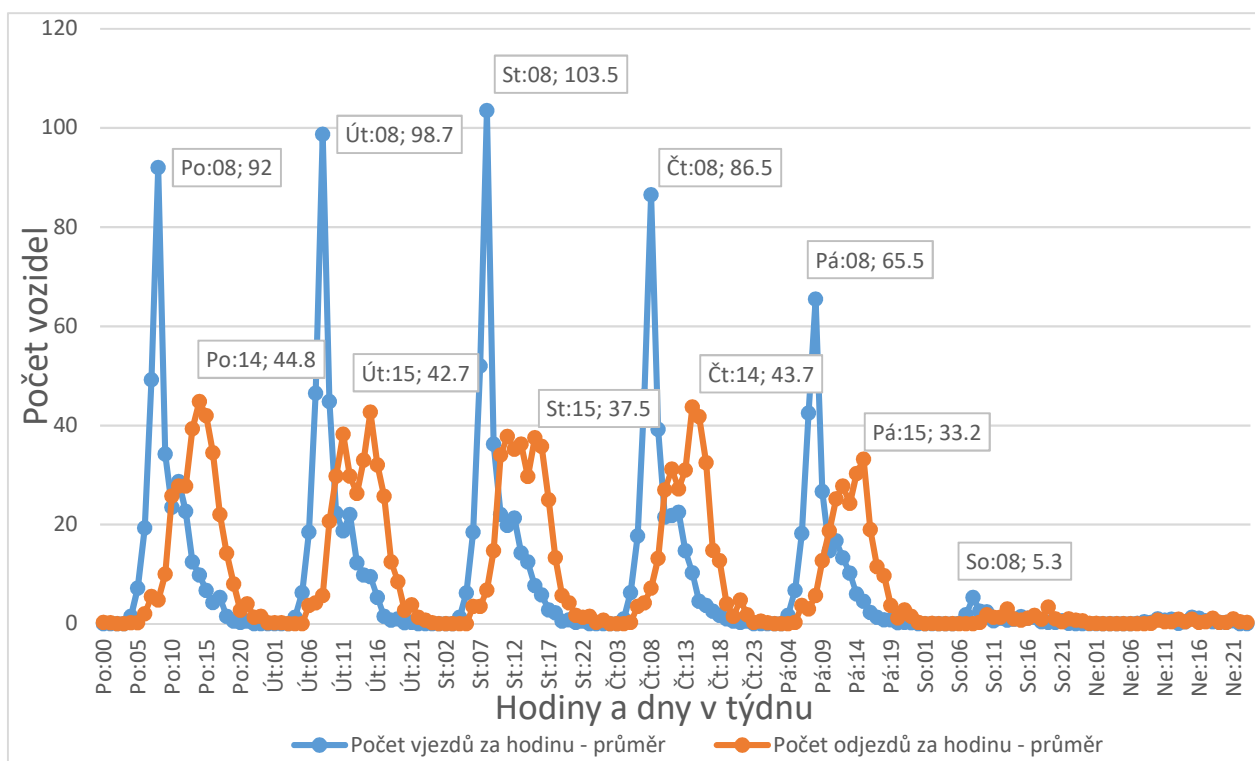
Obr. 30 Průměrný počet vjezdů a odjezdů v danou hodinu v týdnu – letní semestr – viz. příloha 7

Z obr. 30 je možné odhadem určit průměrnou dobu stání vozidel na parkovišti u budovy FEL. Časové období pro zprůměrování naměřených hodnot bylo v tomto případě vybráno v období letního semestru. Pro určení průměrné doby parkování lze provést rozdíl maximálních hodnot za den u vjezdového a odjezdového senzoru. Odhadem určena doba parkování za jednotlivé dny byla vypočítána v tab. 2.

Tab. 2 Odhadem vypočítána doba parkování vozidel v jednotlivém dni v týdnu během letního semestru

<i>Den</i>	<i>Hodina max. počtu vozidel - vjezd</i>	<i>Hodina max. počtu vozidel - odjezd</i>	<i>Prům. doba parkování [hod.]</i>
Po	08:00	15:00	7
Út	08:00	15:00	7
St	08:00	14:00	6
Čt	08:00	15:00	7
Pá	07:00	12:00	5
So	09:00	16:00	7
Ne	-	-	-

Z tab. 2 lze určit že průměrná doba parkování během semestru na parkovišti u budovy FEL je zhruba 6,5 hodiny za den.



Obr. 31 Průměrný počet vjezdů a odjezdů v danou hodinu v týdnu – zkuškové období – viz. příloha 8

Porovnáním obr. 30 a obr. 31 je na první pohled patrné menší počet aut, které vjely v dané dny na parkoviště. Během zkuškového období vjelo nejvíce vozidel kolem 8. hodiny ránní, ve všední dny najednou a nejčastěji odjíždělo kolem 12. až 15. hodiny. Délka parkování vozidel o víkendu z těchto grafů nelze přesně určit, protože se jejich hodnota pohybuje kolem 0. Podrobnější délka parkování na parkovišti u budovy FEL v kampusu Západočeské univerzity a jednotlivé dny je dopočítána v tab. 3.

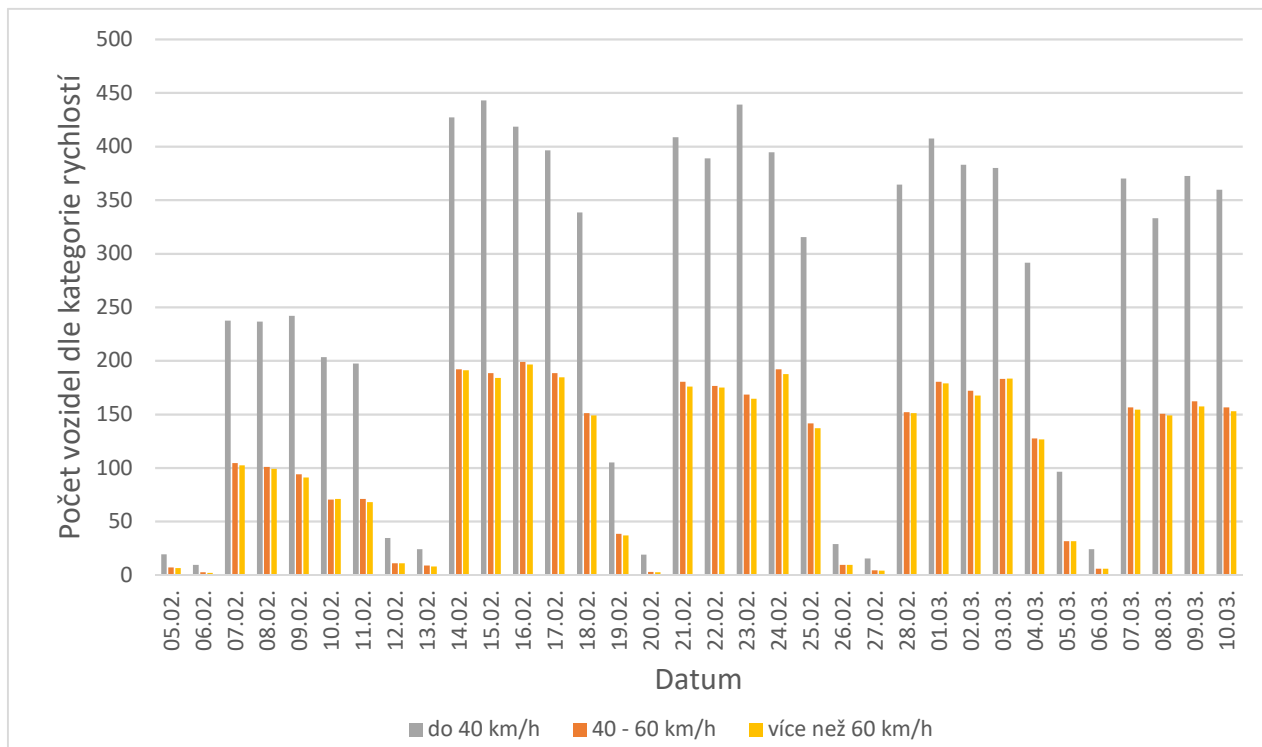
Tab. 3 Odhadem vypočítána doba parkování vozidel v jednotlivém dni v týdnu během zkuškového období

<i>Den</i>	<i>Hodina max. počtu vozidel - vjezd</i>	<i>Hodina max. počtu vozidel - odjezd</i>	<i>Prům. doba parkování [hod.]</i>
Po	08:00	15:00	7
Út	08:00	15:00	7
St	08:00	15:00	7
Čt	08:00	15:00	7
Pá	08:00	15:00	7
So	-	-	-
Ne	-	-	-

Z tab. 3 lze dopočítat, že průměrná doba parkování během semestru na parkovišti u budovy FEL je zhruba 7 hodiny za den.

Průměrná doba parkování vozidel za jednotlivé dny byla určena nepřímou metodou a není úplně přesná, ale z naměřených dat nešlo určit průměr doby parkování přesněji.

4.3.5 Rozdělení počtu vozidel podle rychlostních kategorií



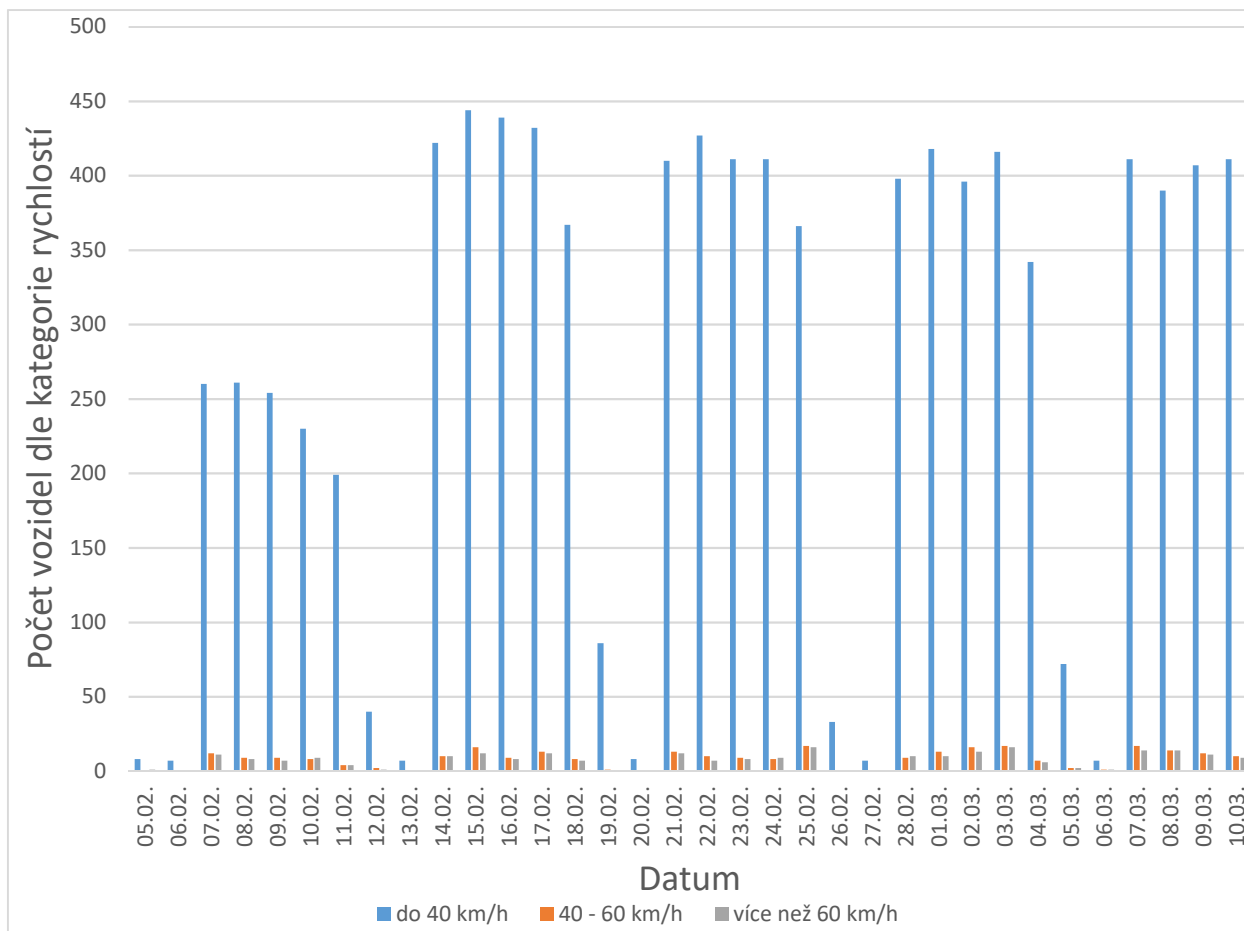
Obr. 32 Počet vozidel rozdělených dle rychlostních kategorií – průjezd – viz. příloha 9

Data ohledně počtu vozidel rozdělených dle rychlostních kategorií – do 40 km/h, 40-60 km/h, více než 60 km/h byly naměřeny pro každý průjezdový senzor zvlášť. Vysoký podíl vozidel ve vyšších rychlostních kategoriích může být způsoben nainstalováním detektoru v blízkosti magneticky měkkého materiálu nebo v blízkosti silového kabelu. Ty mohou ovlivnit tvar magnetického pole Země a také velikost prvků kalibrační matice daného detektoru. Může tak docházet k chybnému detekování rychlosti vozidla, což je na obr. 32, obr. 33 a obr. 34 patrné, protože je téměř nemožné projet nad průjezdovými senzory rychlostí větší jak 30 km/h.

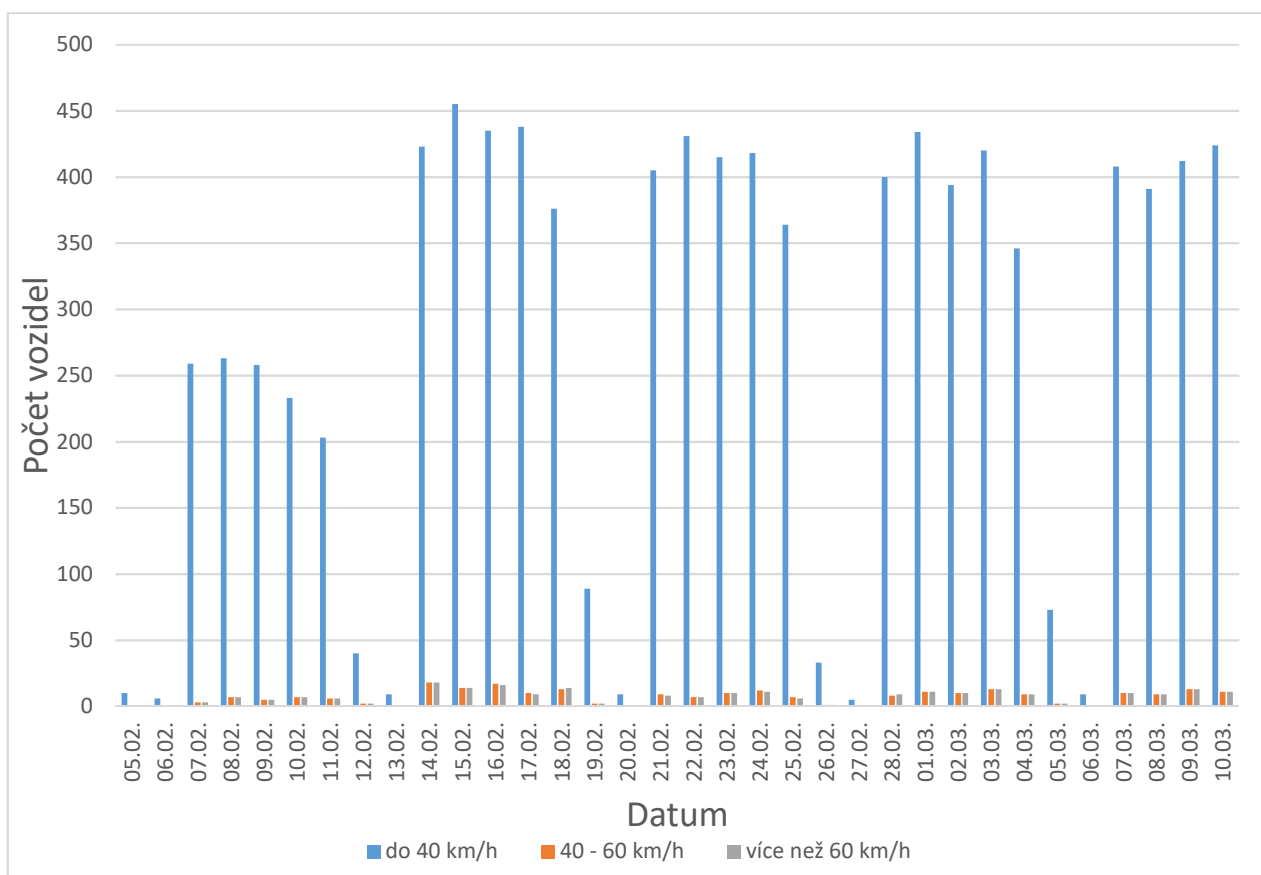
Na obr. 32 byly vyneseny data z průjezdového senzoru, z vybraného časového horizontu na přelomu zkouškového období a letního semestru, kde si lze povšimnout, že u všech dnů je největší naměřený počet vozidel v rychlostním rozmezí do 40 km/h a následně počty aut ve zbylých rychlostních kategoriích jsou ve všech dnech téměř stejné.

I zde jako v předchozím případě dochází na začátku letního semestru k prudkému nárůstu počtu vozidel (kdy se např. počet vozidel v rychlostní kategorii do 40 km/h přiblížil téměř

k 440 vozidlům za den) oproti počtu vozidel ve zkuškovém období (kdy se počet vozidel v rychlostní kategorii do 40 km/h přiblížil k 230 vozidlům za den).



Obr. 33 Počet vozidel rozdělených dle rychlostních kategorií – vjezd – viz. příloha 9

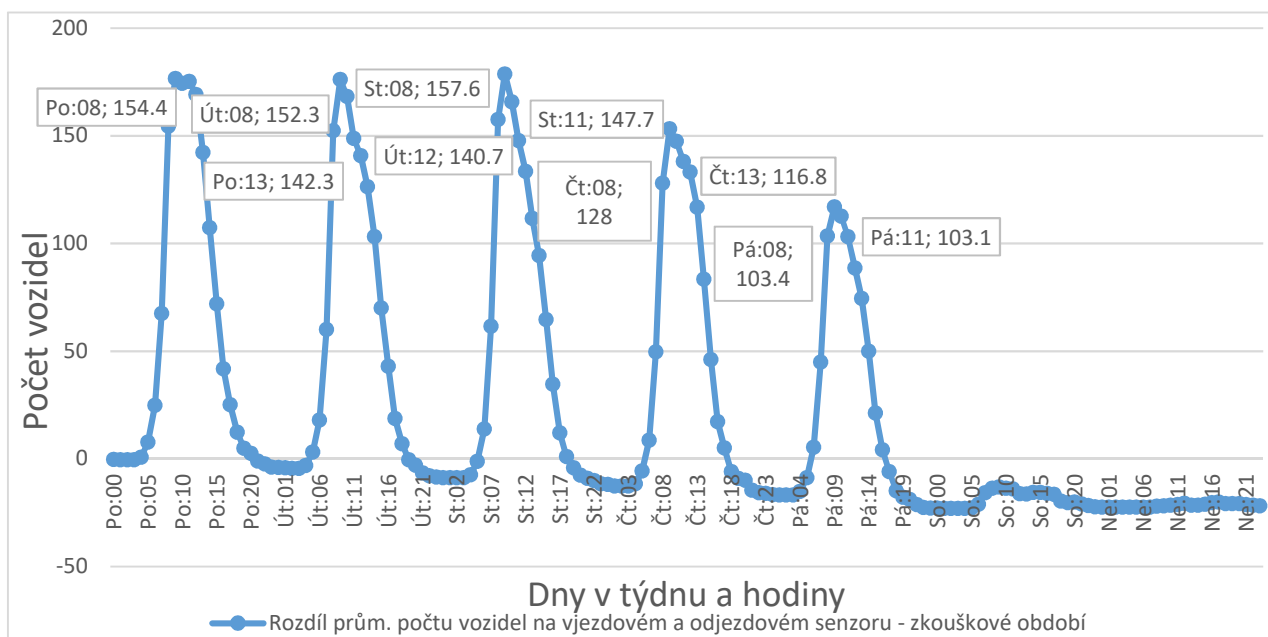


Obr. 34 Počet vozidel rozdělených dle rychlostních kategorií – odjezd – viz. příloha 9

Porovnáním dat z obr. 33 - z vjezdového senzoru a obr. 34 – z odjezdového senzoru, je počet vozidel v kategorii do 40 km/h opět několikanásobně větší než ve zbylých rychlostních kategoriích. Oproti ve zbylých dvou rychlostních kategoriích je u vjezdového a odjezdového senzoru jejich počet vozidel za den téměř zanedbatelný.

4.3.6 Odhadem zjistit vytíženost parkoviště během týdne

Pro splnění tohoto požadavku bylo zapotřebí vypočítat aritmetický průměr počtu projetých aut daným průjezdovým senzorem v danou hodinu a den v týdnu za měřenou dobu. Z kapitoly 2.9. víme, že na parkovišti u budovy FEL v kampusu Západočeské univerzity je dle [32] počet parkovacích míst ve vnitřním parkovišti celkem 234, z nichž je 218 parkovacích míst vyhrazeno pro osobní automobily, 8 parkovacích míst je určeno pro motocykly a 10 míst k parkování je vymezeno pro držitele průkazu ZTP.

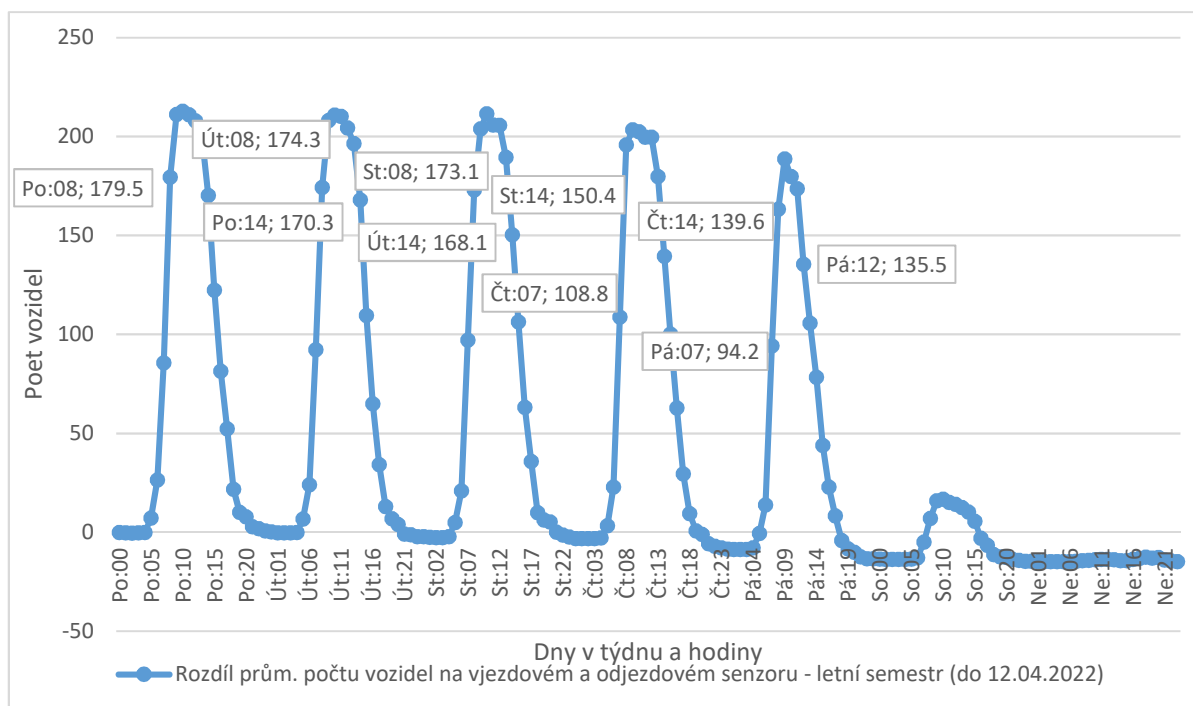


Obr. 35 Vytíženost parkoviště v týdnu během zkouškového období – viz. příloha 10

Pro výpočet vytíženosti parkoviště bylo nejprve v tabulkovém procesoru nutné vypočítat průměrný počet vjezdů/odjezdů za danou hodinu a následně je od sebe odečíst. Následně byl rozdíl vypočtených dat vyneseno do grafů (viz. obr. 35 a obr. 36). Z obr. 35 je patrné, že největší vytíženost parkoviště během zkouškového období bylo v rozmezí od 8. hodiny ranní do 12. hodiny v poledne (podrobnější popis tab. 4). Maximální vytíženost vozidel ve všední dny byla kolem 170 vozidel za den, což není maximální vytíženost parkoviště (dle kapitoly 2.9 je počet parkovacích míst ve vnitřním parkovišti 234). O víkendu je vytíženost parkoviště minimální. Největší vytíženost parkoviště během zkouškového období je odhadem v průměru čtyři hodiny za den.

Tab. 4: Odhadem vypočítána vytíženost parkoviště během zkouškového období

Den	Okrajová vytíženost v danou hodinu	Okrajová vytíženost v danou hodinu	Prům. vytíženost parkoviště během dne [hod.]
Po	08:00	13:00	5
Út	08:00	12:00	4
St	08:00	11:00	3
Čt	08:00	13:00	5
Pá	08:00	11:00	3
So	-	-	-
Ne	-	-	-



Obr. 36 Vytíženost parkoviště v týdnu během letního semestru – viz. příloha 11

Porovnáním obr. 35 a obr. 36 si lze povšimnout, že je parkoviště ve zkouškovém období ve všední dny o 30 % méně vytížené než parkoviště během letního semestru. Během letního semestru je parkoviště ve všední dny téměř plně vytížené. V sobotu je patrná výrazná vytíženost parkoviště oproti zkouškovému období, a to až od 8. hodiny ranní do 15. hodiny odpoledne. Největší vytíženost parkoviště během týdne v letním semestru až do 12.04.2022 je dle tab. 5 šest hodin za den.

Záporné hodnoty počtu vozidel na obr. 35 a obr. 36 mohou být způsobené vysokou vytížeností parkoviště v předchozím období, či chybovostí senzoru, nebo častým parkováním vozidel ve všedních dnech a odjížděním pouze přes víkendy.

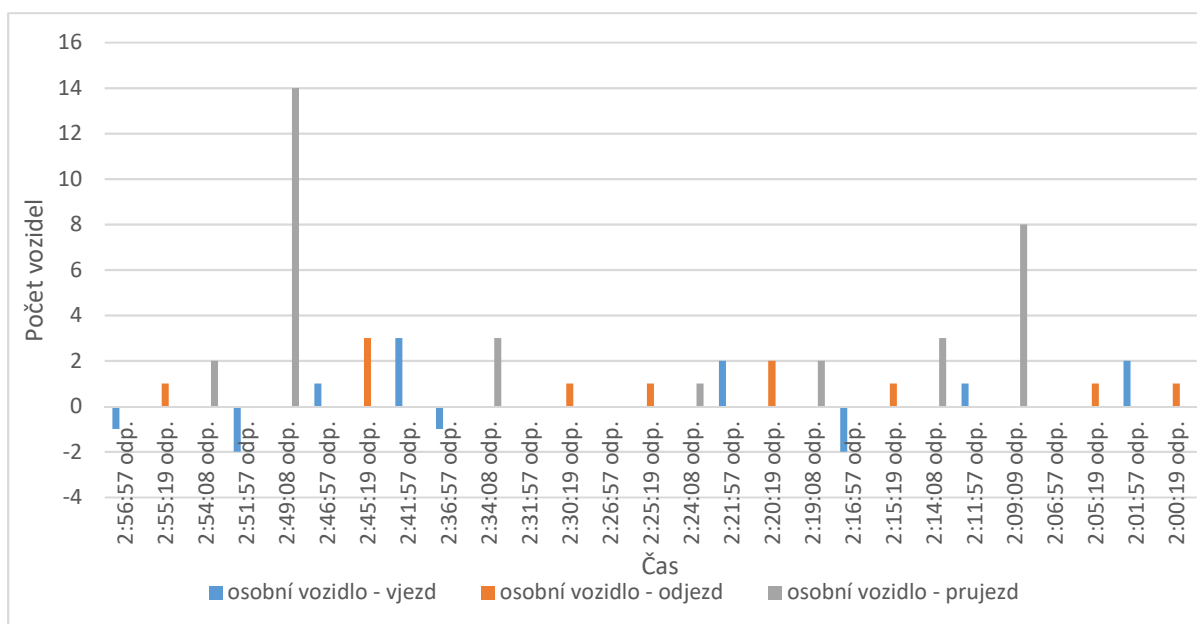
Tab. 5: Odhadem vypočítána vytíženost parkoviště během letního semestru

<i>Den</i>	<i>Okrajová vytíženost v danou hodinu</i>	<i>Okrajová vytíženost v danou hodinu</i>	<i>Prům. vytíženost parkoviště během dne [hod.]</i>
Po	08:00	14:00	6
Út	08:00	14:00	6
St	08:00	14:00	6
Čt	07:00	14:00	7
Pá	07:00	12:00	5
So	-	-	-
Ne	-	-	-

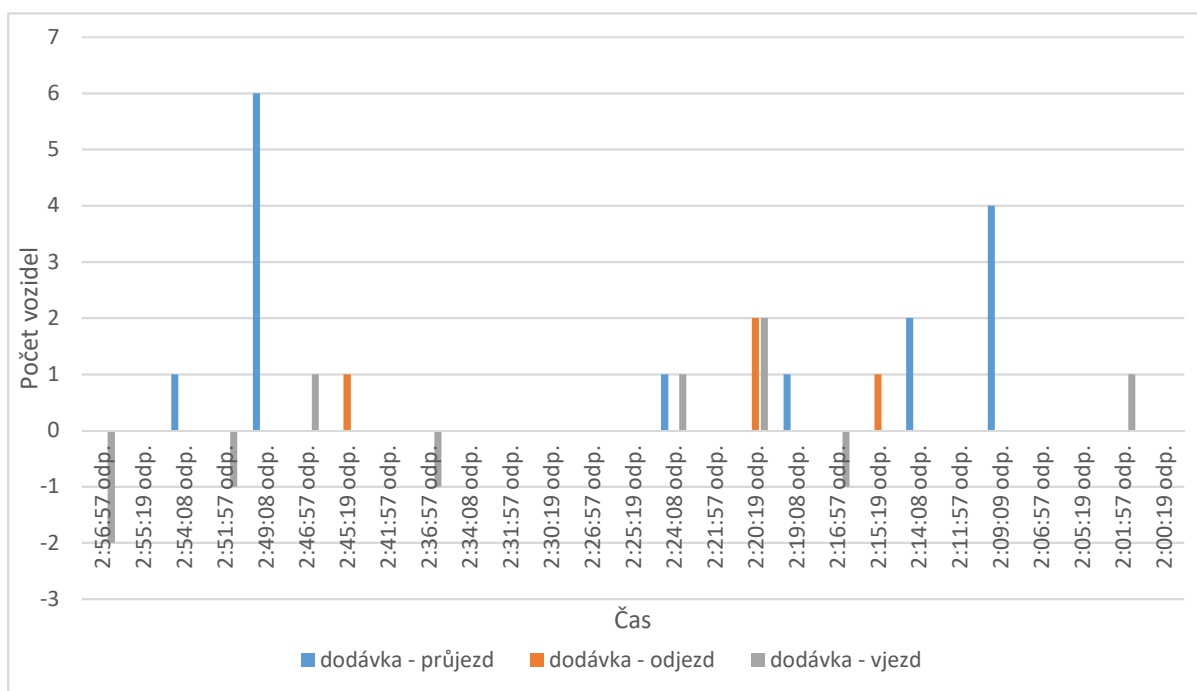
4.3.7 Ověření relevantnosti naměřených dat

Ověření naměřených dat proběhlo pod osobním dohledem, kdy jsem dne 19.5.2022 od 14:00 do 15:00 (kdy je pohyb vozidel na parkovišti během dne nejfrekventovanější) ověřoval data, které posílaly senzory na integrační platformu AXIOM, vůči těm, které jsem zaznamenal. Pravděpodobnost detekce vozidla, které projelo nad průjezdovým senzorem je výrobcem udávána nad 90 %, nicméně kategorizace rychlosti a typu vozidla je dle kapitoly 4.3.2 a kapitoly 4.3.5 chybná.

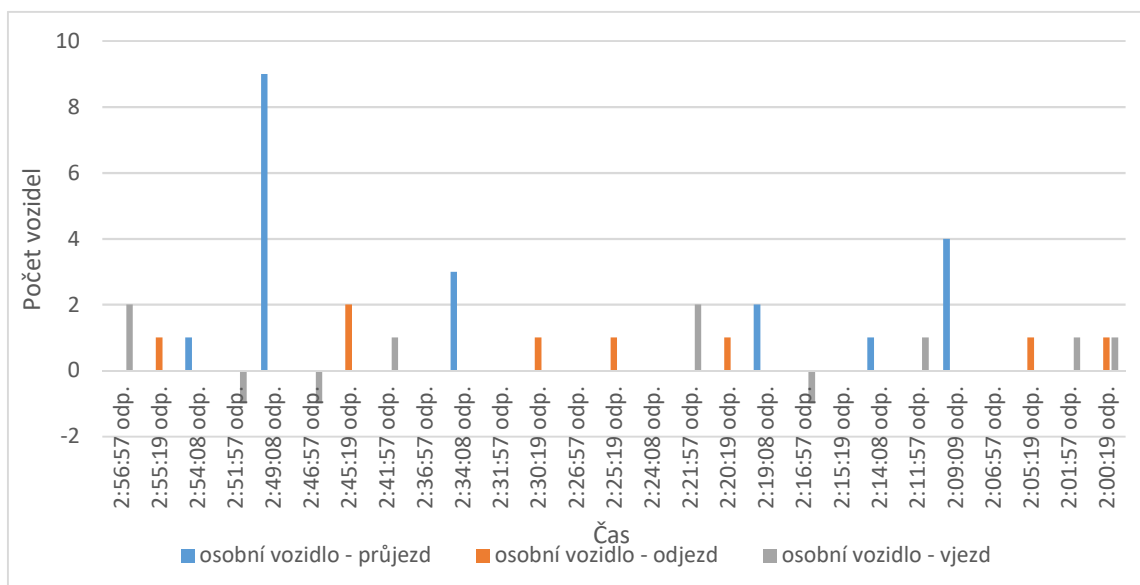
Průjezdové senzory posílají pakety dat každých 5 minut (pokud není parkoviště vytížené tak každou 1 hodinu, kvůli úspoře baterie senzorů) na server test.loratech.cz, odkud jsou data rozparsována a posílána na integrační platformu AXIOM, odkud byla data porovnávána s těmi fyzicky naměřenými.



Obr. 37 Počty vozidel pro ověření relevantnosti naměřených dat – viz. příloha 12



Obr. 38 Počet dodávek naměřené senzory – viz. příloha 12



Obr. 39 Počet osobních vozidel naměřených senzory – viz. příloha 12

Porovnáním dat z obr. 37, které byly naměřeny fyzicky u průjezdových senzorů a naměřených dat (viz. obr 38 a obr. 39) je patrné, že průjezdové senzory velmi špatně kategorizují vozidla. Důvodem je delší doba stání nad průjezdovým senzorem, kdy senzor po několika vteřinách vyhodnotí delší délku vozidla a špatně tak určí kategorii vozidla.

Rozdělení typů vozidel je chybné z důvodu častého stání vozidla nad průjezdovým senzorem v řádu jednotek sekund – naměřené vozidlo je zaznamenáno s větší délkou a tím pádem špatně kategorizováno. Tato největší chybovost se objevovala nad průjezdovým senzorem u vnějšího vjezdu, kdy vozidla při odjezdu z parkoviště během dne často stály delší dobu z důvodu vysoké frekvence na napojující se silnici.

Vysokým podílem rozdělení naměřených dat do vyšších rychlostních kategorií může být způsobeno nainstalování detektorů v blízkosti magneticky měkkého materiálu, či silového kabelu. Ty mohou ovlivnit magnetické pole Země a také velikost prvků kalibrační matice detektoru, tím pádem může tak docházet k chybné detekci rychlosti vozidla a jeho délky.

Počet vozidel, které projely nad detektory je téměř totožný s daty, které jsem zaznamenal, až kromě jednoho paketu, kdy se počet vozidel rozchází s mými daty o jedno vozidlo (viz. příloha 12), nicméně to může být způsobeno zpožděním odeslaných dat, tudíž naměřené vozidlo přišlo s daty až v dalším paketu dat. Také všechny naměřená vozidla byly přiřazeny do rychlostní kategorie do 40 km/h.

5 Závěr

Stanoveným cílem diplomové práce bylo zmapovat aktuální problematiku Smart City a IoT v kampusu Západočeské univerzity v Plzni. S jejím ohledem analyzovat možná řešení a navrhnout komunikační rozhraní pro vyčítání dat ze serveru test.loratech.cz na integrační platformu AXIOM od společnosti OMEXOM GA Energo s.r.o. odkud byla data podle požadavků vizualizována.

První část práce se věnovala popisu IoT, a jak důležitou pozici sběr dat zastává v této oblasti. Popisuje způsoby komunikace, platformy, a připojená zařízení jež jsou součástí systému a zároveň popisuje problematiku Smart City.

Ve druhé části diplomové práce byla podrobně popsána integrační platforma AXIOM od společnosti OMEXOM GA Energo s.r.o. Dále proběhlo mapování aktuální sensoriky používané pro měření energetické vytiženosti budov FEL a FAV a třech průjezdových senzorů na parkovišti u budovy FEL.

Třetí část se zabývala návrhem a realizací REST API, které bylo naimplementováno na testovací server ket-one.fel.zcu.cz, odkud posílá a zpracovává naměřená data ze serveru test.loratech.cz do požadované podoby na integrační platformu AXIOM.

Ve čtvrté části diplomové práce proběhlo měření dat, jejich vizualizace dle zadaných požadavků v tabulkovém procesoru Microsoft Excel. Dále proběhlo ověření přesnosti naměřených dat pomocí fyzicky zaznamenaných hodnot a z hodnot naměřené detektory. Porovnáním těchto dat bylo usouzeno, že průjezdové senzory na základě působících vnějších vlivů a doby stání vozidla nad senzorem špatně kategorizují typy a rychlosti vozidel, nicméně počty vozidel měří s vysokou přesností.

6 Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] *Defining Internet of Things* [online]. [cit. 2022-05-14].
Dostupné z: https://www.aeris.com/in/what-is-iot/?utm_source=adwords&utm_term=&utm_campaign=&utm_medium=ppc&hsm_t=b&hsm_ad=531325130802&hsm_net=adwords&hsm_src=g&hsm_kw=&hsm_tgt=dsa-613710192937&hsm_cam=13710371961&hsm_acc=4654494085&hsm_ver=3&hsm_grp=125037559580&gclid=EAIAIQobChMIkcCk9vyN9AIVIUQUGAB2UDgp4EAAAYAiAAEgL0mvD_BwE
- [2] *Komunikace v oblasti IoT* [online]. [cit. 2022-05-14].
Dostupné z: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7373221>
- [3] *Technologie používané v IoT* [online]. [cit. 2022-05-14].
Dostupné z: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8073787>
- [4] *Převodníky dat v oblasti IoT* [online]. [cit. 2022-05-14]. Dostupné z: <https://www.i-scoop.eu/internet-of-things-iot/iot-technology-stack-devices-gateways-platforms/>
- [5] *Gateway IoT* [online]. [cit. 2022-05-14]. Dostupné z: <https://www.i-scoop.eu/internet-of-things-iot/iot-gateways/>
- [6] *Platformy IoT* [online]. [cit. 2022-05-14]. Dostupné z: <https://www.i-scoop.eu/internet-of-things-iot/iot-platform-market-2017-2025/>
- [7] *Definice počítače Arduino* [online]. [cit. 2022-05-14].
Dostupné z: <https://arduinoinfo.mywikis.net/wiki/>
- [8] *Arduino vs Raspberry Pi* [online]. [cit. 2022-05-14]. Dostupné z: <https://cs.gadget-info.com/14053-arduino-vs-raspberry-pi-a-detailed-comparison>
- [9] *Raspberry Pi* [online]. [cit. 2022-05-14].
Dostupné z: <https://www.raspberrypi.org/help/what-%20is-a-raspberry-pi/>
- [10] *How Raspberry Pi works* [online]. [cit. 2022-05-14].
Dostupné z: <https://www.piday.org/whats-a-raspberry-pi-and-how-does-it-work/>
- [11] *Příslušenství pro Raspberry Pi* [online]. [cit. 2022-05-14].
Dostupné z: <https://www.tomshardware.com/best-picks/best-raspberry-pi-accessories>
- [12] *Wi-Fi monitorovací zařízení* [online]. [cit. 2022-05-14].
Dostupné z: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8460248>
- [13] *Senzorika v IoT* [online]. [cit. 2022-05-14].
Dostupné z: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8878771>

- [14] *Definice edge computing* [online]. [cit. 2022-05-14].
Dostupné z: <https://www.master.cz/blog/edge-computing-slibuje-nizsi-latenci/>
- [15] *Model edge computing* [online]. [cit. 2022-05-14].
Dostupné z: <https://www.techtarget.com/searchdatacenter/definition/edge-computing>
- [16] *Edge computing vs cloud computing* [online]. [cit. 2022-05-14].
Dostupné z: <https://www.siemens-advanta.com/blog/how-solve-edge-computing-vs-cloud-computing-debate>
- [17] *Odesílání dat pomocí HTTP a MQTT* [online]. [cit. 2022-05-14].
Dostupné z: <https://www.wired.com/insights/2015/03/internet-things-data-go/>
- [18] *Definice HTTPS* [online]. [cit. 2022-05-14].
Dostupné z: <https://www.mioweb.cz/slovnicek/https/>
- [19] *Ukládání a streamování dat* [online]. [cit. 2022-05-14].
Dostupné z: <https://www.record-evolution.de/en/data-collection-in-industrial-iot-contexts-methods-and-trends/>
- [20] *Smart city* [online]. [cit. 2022-05-14].
Dostupné z: <https://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/smart-city>
- [21] *Prvky ve Smart city* [online]. [cit. 2022-05-14].
Dostupné z: https://www.theexplorer.no/stories/smart-cities2/smart-cities-in-norway-enhance-quality-of-life-and-reduce-emissions/?gclid=EAIaIQobChMIjrnJp_CB9gIVz-F3Ch1rCQJSEAAAYASAAEgIn_PD_BwE
- [22] *SMART řešení* [online]. [cit. 2022-05-14].
Dostupné z: <https://www.gaenergo.cz/sluzby/smart-reseni/>
- [23] *Smart city polygon* [online]. [cit. 2022-05-14].
Dostupné z: <https://smarcitypolygon.cz/o-polygonu/>
- [24] *Aplikační platforma AXIOM* [online]. [cit. 2022-05-14].
Dostupné z: <https://smarcitypolygon.cz/nase-reseni/aplikacni-platforma/>
- [25] *Smart city polygon - veřejný prostor* [online]. [cit. 2022-05-14].
Dostupné z: <https://smarcitypolygon.cz/nase-reseni/verejny-prostor/>
- [26] *O firmě AXIANS* [online]. [cit. 2022-05-14].
Dostupné z: <https://www.axians.cz/cs/o-nas/>

- [27] *AXIANS - chytrá řešení* [online]. [cit. 2022-05-14].
Dostupné z: <https://www.axians.cz/cs/nase-reseni/chytra-reseni/>
- [28] *Chytré parkoviště* [online]. [cit. 2022-05-14].
Dostupné z: <https://www.hikvision.com/europe/solutions/solutions-by-scenario/parking-management-solution/>
- [29] *PA 144 datasheet* [online]. [cit. 2022-05-14].
Dostupné z: <https://www.kmb.cz/produkty/multimetry/pa-144>
- [30] *UH 50 - datasheet* [online]. [cit. 2022-05-14].
Dostupné z: https://www.bola.cz/admin/files/e_product_files/1/987/uh50_projektovani_11.pdf
- [31] *Cyble sensor - datasheet* [online]. [cit. 2022-05-14].
Dostupné z: <https://www.esl.cz/www/upload/products/documents/2018042712153823.pdf>
- [32] *Diplomová práce Jaroslava Podestáta* [online]. [cit. 2022-05-14].
Dostupné z: https://dspace5.zcu.cz/bitstream/11025/40683/1/DP_Podestat_Jaroslav_2020.pdf
- [33] *Smart campus* [online]. [cit. 2022-05-14].
Dostupné z: <https://www.smartcampus.cz/>
- [34] *LoRaWAN Gateway loratech* [online]. [cit. 2022-05-14].
Dostupné z: <http://chytra-obec.cz/services/lorawan-gateway-loratech/>
- [35] *Technické údaje magnetického detektoru od firmy CITIQ* [online].
[cit. 2022-05-14].
Dostupné z: <http://www.citiq.cz/technologie-doprava.html>
- [36] *Konfigurace aplikace Grafana* [online]. [cit. 2022-05-14].
Dostupné z: <https://eshop.foxon.cz/cs/59157-grafana-data-visualisation-dashboard-system.html>

7 Seznam příloh

Příloha 1	Počet vjezdů a odjezdů
Příloha 2	Snímek týdne za celé měřené období
Příloha 3	Snímek týdne za zkouškové období
Příloha 4	Snímek týdne během letního semestru
Příloha 5	Počet průjezdů osobních vozidel, dodávek a nákladních vozidel
Příloha 6	Rozdíl počtu vozidel u průjezdového senzoru a vjezdové závory
Příloha 7	Průměrná délka parkování během semestru
Příloha 8	Průměrná délka parkování během zkouškového období
Příloha 9	Kategorizace vozidel dle rychlostí
Příloha 10	Průměrná vytíženost parkoviště ve zkouškovém období
Příloha 11	Průměrná vytíženost parkoviště během letního semestru
Příloha 12	Ověření naměřených dat
Příloha 13	restAPI.py – Navržené REST API běžící na serveru ket-one.fel.zcu.cz
Příloha 14	loadDataFromLoratech.py – Datová lopata, která na základě zadaných devEUI zařízení přepoše data ze serveru test.loratech.cz do tabulkových procesorů Microsoft Excel do složky dataFromLoratech
Příloha 15	processDataToCSV.py – Datová lopata, která na základě zadaného období a devEUI zařízení rozparsuje data z tabulek ve složce dataFromLoratech do složky dataProcessed do tabulkových procesorů Microsoft Excel
Příloha 16	Utils.py - Parsovací skript