

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA DOPRAVNÍ

Ústav dopravních systémů

Bc. Jan Novák

Model intenzit a posouzení kvality dopravy na dálnici D1

Diplomová práce

2016



K612..... Ústav dopravních systémů

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

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Bc. Jan Novák

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

N 3710 – DS – Dopravní systémy a technika

Název tématu (česky): **Model intenzit a posouzení kvality dopravy na dálnici D1**

Název tématu (anglicky): Model of Traffic Flow and Assess the Quality of Traffic on the D1 Highway

Zásady pro vypracování

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

- Na základě dat ze senzorů na úseku 14 dálnice D1 vytvořte historické modely intenzity dopravy typických dnů za údobí 2012 až 2015
- Vypočítejte toleranční pole typických dnů a přesnost modelu
- Vytvořte trendové a sezónní modely intenzit dopravy
- Na základě dvou parametrů dopravního proudu vytvořte klasifikátor kvality dopravy a posuďte vývoj kvality dopravy v daném úseku
- Vyhodnoťte nehodovost v daném segmentu a její vliv na parametry dopravy

- Rozsah grafických prací: Výkresová dokumentace obou variant a další grafy vyplývající z řešení
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 55 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury: Příbyl P., Mach R.: Řídicí systémy silniční dopravy, ČVUT, Praha, 2003, ISBN 80-01-02811-9
Mannering L.: Highway engineering and traffic analysis, 2009, ISBN 978-0-470-29075-0
Garber N.: Traffic and highway engineering, 1988, West Publishing Company, ISBN 0-314-60176-7

Vedoucí diplomové práce: **prof. Ing. Pavel Příbyl, CSc.**

Datum zadání diplomové práce: **30. června 2015**

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

Datum odevzdání diplomové práce: **1. června 2016**

- a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
- b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia

prof. Ing. Pavel Příbyl, CSc.
vedoucí
Ústavu dopravních systémů



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

Potvrzuji převzetí zadání diplomové práce.

Bc. Jan Novák
jméno a podpis studenta

V Praze dne 30. června 2015

PROHLÁŠENÍ O SAMOSTATNÉM VYPRACOVÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci zpracovanou na Fakultě dopravní ČVUT v Praze.

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

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

V Praze dne 31.5.2016


.....
Podpis

Poděkování

Děkuji vedoucímu této diplomové práce panu prof. Ing. Pavlovi Příbylovi CSc. za čas, který mi věnoval během psaní této práce, a za jeho ochotu, se kterou mi předával své cenné rady a připomínky. Dále bych chtěl poděkovat panu Karlovi Marečkovi, který mi poskytl rady ohledně zpracování velkého množství dat v Microsoft Excel s využitím VBA. Za velkou podporu během studia patří poděkování i mým rodičům.

Jan Novák

Model intenzit a posouzení kvality dopravy na dálnici D1

ČVUT v Praze

Fakulta dopravní

31. 05. 2016

ABSTRAKT

Předmětem této práce je zpracování a analýza dopravních dat naměřených na dálnici D1 na modernizovaném úseku číslo 14 Větrný Jeníkov – Jihlava. Jsou zde vytvořeny historické, sezónní a trendové modely a několik modelů „rychlost – intenzita“. Pro možnost porovnávání modelů byl naprogramován jejich prohlížeč.

KLÍČOVÁ SLOVA

modernizace D1, intenzita dopravy, historické modely, trendové modely, sezónní modely, kvalita dopravy

Jan Novák

**Model of traffic flow and assess the quality of traffic on the D1
Highway**

ČVUT v Praze

Fakulta dopravní

31. 05. 2016

ABSTRACT

Subject of this diploma thesis is processing and analysis of traffic data which were measured on the D1 highway on the modernized section number 14 Větrný Jeníkov – Jihlava. There are created historical, seasonal, trend line and „speed – intensity“ models in this thesis. There is also programmed a browser of the models for possibility to compare them.

KEY WORDS

D1 modernization, traffic volume, historical models, trend models, seasonal models, level of service

Obsah

Obsah	3
1 Úvod.....	7
2 O modernizaci.....	9
2.1 Shrnutí důvodů k modernizaci, její průběh a přínosy	9
2.2 Aktuální stav modernizace k 01/2016.....	10
2.2.1 Stav úseku 14 Větrný Jeníkov - Jihlava.....	10
3 Zpracování dopravních dat	13
3.1 Sběr dat.....	13
3.1.1 Technologie použita pro měření dopravních dat	13
3.1.2 Formát dat	14
3.2 Předzpracování dat	17
3.2.1 Čištění dat	17
3.2.2 Filtrace dat	20
3.2.3 Integrace dat.....	23
3.2.4 Redukce dat.....	24
3.2.5 Shrnutí.....	24
4 Tvorba historických modelů intenzity dopravy	25
4.1 Intenzita dopravy.....	25
4.2 Postup tvorby historických modelů.....	27
4.2.1 Krok 1.	29
4.2.2 Krok 2.	30
4.2.3 Krok 3.	30
4.2.4 Krok 4.	31
4.2.5 Krok 5.	31
4.2.6 Krok 6.	31

4.2.7	Krok 7.....	32
4.3	Variace intenzit dopravy	33
4.3.1	Denní variace dopravy	33
4.3.2	Týdenní variace dopravy	33
4.3.3	Roční variace dopravy	34
4.4	Vyhodnocení historických modelů	34
4.5	Statistika vážených odchylek	38
4.6	Shrnutí	41
5	Trendové a sezónní modely intenzit dopravy	42
5.1	Postup tvorby trendových modelů	42
5.2	Vyhodnocení trendových modelů	42
5.3	Postup tvorby sezónních modelů	48
5.4	Vyhodnocení sezónních modelů	48
5.5	Shrnutí	50
6	Hodnocení kvality dopravy	51
6.1	Shrnutí	57
7	Interpretace výsledků	58
7.1	Prohlížeč modelů	58
8	Vyhodnocení nehodovosti	64
9	Závěr	66
10	Seznam použité literatury	68
11	Seznam obrázků a grafů a tabulek	70
11.1	Seznam obrázků	70
11.2	Seznam grafů	71
11.3	Seznam tabulek	72
12	Seznam příloh	73

12.1	Historické modely	73
12.2	Sezónní modely	87
12.3	Trendové modely.....	92

Seznam použitých symbolů, zkratk a odborných termínů	
Termín / zkratka	Význam
Pracovní den	dny pondělí až pátek, pokud na ně nepřipadá státní svátek.
Běžný pracovní den	úterý, středa nebo čtvrtek, pokud jsou pracovními dny a pokud jim předchází i po nich následuje pracovní den.
Běžný pátek	pátek, který je pracovním dnem, pokud i čtvrtek je pracovním dnem.
Běžná neděle	neděle, pokud je následující pondělí pracovním dnem.
Běžný týden	týden, ve kterém jsou všechny dny pondělí a pátek pracovními dny a nenastává významná událost ovlivňující intenzitu dopravy.
Intenzita dopravního proudu	počet silničních vozidel nebo chodců, který projede nebo projde určitým příčným řezem pozemní komunikace nebo jeho částí za zvolené časové období v jednom směru.
Hodinová intenzita dopravy	intenzita dopravy za 60 minut.
Denní intenzita dopravy	intenzita dopravy za 24 hodin (0:00-24:00)
Intenzita dopravy špičkové hodiny	nejvyšší hodinová intenzita dopravy
Variace intenzit dopravy	průběh intenzit dopravy v čase
Denní variace intenzit dopravy	průběh intenzity dopravy během 24 hodin (0:00-24:00), vyjadřuje se jako změna hodinových intenzit.
MÚK	mimoúrovňová křižovatka
SDP	střední dělicí pás
Checkbox	zaškrtačací pole
Combo box	pole s rozevíracím seznamem

1 Úvod

Tato práce navazuje na mou bakalářskou práci s názvem „Dopravní model dálnice D1“, ve které jsem se zabýval převážně tématem modernizace D1. Popsal jsem v ní podrobně historický vývoj dálnice, co vedlo k modernizaci a její přínosy. V práci jsem popsal i dopravní režim během přestavby a telematické vybavení dálnice. Na dálničním oddělení Policie České republiky jsem za pomoci živého přenosu z videokamer sledoval chování řidičů v úseku s dopravním omezením. Praktickou částí práce bylo zpracování dat z dopravních detektorů na modernizovaném úseku číslo 14 Větrný Jeníkov – Jihlava a vytvoření denních variací intenzit dopravy. Pracoval jsem primárně s intenzitou. Šlo tedy o tvorbu variací intenzit dopravy pro jednotlivé roky, dny, směry a jízdní pruhy dálnice. Zpracována byla data ze tří let – 2012, 2013 a 2014. Rok 2012 byl ještě neovlivněn modernizací, další dva roky již ano. Ve všech třech letech byla zpracována data z intervalu 1. 3. – 30. 6. Pro každý den v týdnu byl vytvořen graf ze všech těchto dní ve zmíněném intervalu, variace byly vykresleny přes sebe a následně pomocí klouzavého průměru došlo k vytvoření typického průběhu intenzity v daném dni, směru a jízdním pruhu. Nepočítal jsem zde ovšem s vysokými odchylkami hodnot intenzit jednotlivých dní. Dále byla sledována i rychlost. Cílem bylo zjištění, zda je dodržována nejvyšší povolená rychlost v úseku s dopravním omezením. Došlo i k porovnání s rychlostmi z doby před modernizací. V závěru práce byl vyhodnocen vývoj nehodovosti ve zmíněných letech.

Cílem této diplomové práce je získat ucelený pohled na změny v dopravě v modernizovaném úseku číslo 14 Větrný Jeníkov – Jihlava, jehož modernizace byla dokončena v roce 2015. Pro získání uceleného pohledu bylo zapotřebí zpracovat velké množství dat, proto v práci popisuji, jak vypadá celý proces zpracování dopravních dat. Tento proces se dá rozložit do několika bloků, které postupně popisují a vysvětlují, co je jejich cílem. Některé z nich však pro zpracování dat v této práci nebyly zapotřebí, a tak jsou jen okrajově zmíněny, nebo úplně vypuštěny.

Dozvíme se něco o technologii sběru dat v místě sledovaného úseku, jak nasbíraná data vypadají a v jakém jsou formátu. Dále si řekneme o aproximaci dat, která spadá do bloku čištění dat. Podíváme se i na filtraci dat a jaké metody se při ní užívají. Zmíním

metodu klouzavého průměru, které se někdy říká plovoucí okénko, nebo metodu exponenciálního zapomínání.

Klíčovou úlohou této práce je vytvoření historických, trendových a sezónních modelů.

Z historických modelů je možné vyčíst typické chování dopravy v jednotlivých dnech v týdnu, a zdali v průběhu sledovaných let 2012 až 2015, během kterých modernizace úseku probíhala, došlo k nějaké změně v chování dopravy v jednotlivých dnech. Historické modely těchto dní jsou vykresleny přes sebe do jednoho grafu pro získání názorného pohledu na vývoj dopravy v těchto letech. Při tvorbě modelů rozlišuji pouze směr dálnice, nikoli však pravý a levý jízdní pruh. Důležité je zde ještě zmínit, že při zpracování modelů počítám s váženou odchylkou hodnot intenzit některých dní.

Z trendových modelů je možné vyčíst, jak se vyvíjely průměrné denní intenzity celého čtyřměsíčního období v průběhu 4 let. Zjistím, jestli celkový počet vozidel, který projel úsekem, se v průběhu těchto let zvyšoval, nebo snižoval.

Ze sezónních modelů vyčteme, který z měsíců ve sledovaném období byl nejvíce zatížen, a jaký vliv měla dopravní omezení na intenzity dopravy v jednotlivých měsících.

Vzhledem k množství zpracovaných modelů je důležité tyto výsledky nějakou sofistikovanou formou interpretovat, jelikož při analýze pomocí těchto modelů jde zejména o komparativní vyhodnocování. Z tohoto důvodu jsem vytvořil program na prohlížení a porovnávání všech modelů. Program obsahuje veškeré výsledky práce.

V závěru práce představuji ucelený pohled na změny v dopravě v modernizovaném úseku číslo 14 Větrný Jeníkov - Jihlava v průběhu let 2012 - 2015.

2 O modernizaci

2.1 Shrnutí důvodů k modernizaci, její průběh a přínosy

Když 9. května roku 2013 začínala modernizace prvního úseku nejstarší a nejdelší dálnice u nás, bylo to již 46 let od otevření prvního jejího úseku. Jelikož dálnice D1 je, a vždy byla, nejvytíženější pozemní komunikací na území České republiky, její stav tomuto faktu musel patřičně odpovídat. Nutno podotknout, že dálnice byla již dávno na konci své plánované životnosti.

Problémem dálnice byla například skutečnost, že při opravách, které probíhaly neefektivní metodou dílčích oprav, bylo možné vést dopravu jen ve 3 pruzích, což vyvolávalo dopravní omezení a kongesce. Po tak dlouhé době provozu byl i velmi špatný technický stav mostů. Za 46 let se pochopitelně vyvinuly i technické požadavky a normy na výstavbu rychlostních komunikací, a tak zde nevyhovovaly například odbočovací a připojovací pruhy nebo záchytná zařízení, která byla buď zastaralá, nebo na některých místech dokonce chyběla. Byly zde i problémy návrhových prvků, jako například úzké krajnice zvyšující nebezpečí v dopravě při odstavení autobusů nebo nákladních vozidel, chybějící odstavné zálivy v místech stoupání vozovky nebo zastaralý systém odvodnění dálnice, což způsobovalo nebezpečí v případě deště nebo námrazy. [1]

Modernizovaný úsek dálnice mezi Mirošovicemi a Kývalkou je 160,8 km dlouhý a je rozdělený na 21 mezikřižovatkových úseků, přičemž součástí každého z úseků je mimoúrovňová křižovatka. Po dobu uzavírky jednoho jízdního pásu je každý úsek provozován jako čtyř pruhový v režimu 2+2 jízdní pruhy v jednom směru. Modernizací dojde k úpravě kategorie ze stávající D26,5 na kategorii D27,5 s rozšířeným dělicím pásem o 0,5 m. Šířka jízdního pásu po modernizaci bude 11,5 m s rozšířenou zpevněnou krajnicí na každé straně dálnice o 0,75 m. Rozšířená krajnice by měla zaručit větší bezpečnost v případě odstavení vozidla. [2]

Modernizace vyřeší problémy dálnice, které jsou zmíněny o dva odstavce výše. Dojde k opravě konstrukce vozovky a jejímu pokrytí novým moderním betonovým povrchem odpovídajícím normám v silniční dopravě v 21. století, úpravě odbočovacích a

připojovacích jízdnicích pruhů, rozšíření dálničních mostů a nadjezdů, opravě kanalizace a jejímu doplnění o bezpečnostní prvky a výměně svodidel v celém úseku. Dále dojde k doplnění telematických zařízení a výměně veškerých kabelových vedení ve SDP, čímž se zlepší prevence a dohled nad bezpečností dopravy a informovanost řidičů o dopravních nehodách a kongescích. Dojde i k modernizaci stávajícího systému tísňového volání SOS. [2] a [3]

Rekonstrukcí dálnice dojde k celkovému zlepšení dopravního komfortu (úspora času řidičů), což bude mít pozitivní vliv na ekonomiku a hospodářství, které je závislé na silniční dopravě. Zvýší se i finanční úspory díky snížení provozních nákladů v dopravní infrastruktuře (menší počet dílčích oprav) a snížení počtu likvidací dopravních nehod. Modernizace bude mít pozitivní vliv i z ekologického pohledu, dojde k sanaci okolních skal díky rekonstrukci odvodňovacích zařízení a ke snížení hlukového zatížení v okolí dálnice díky vybudování protihlukových stěn. [3]

2.2 Aktuální stav modernizace k 01/2016

Z celkových 25 stavebních úseků jsou momentálně 4 z nich zrekonstruované a zprovozněné, 3 úseky jsou momentálně ve stavu realizace. V průběhu roku 2016 by mělo dojít k zahájení prací na 6 dalších úsecích. V roce 2017 pak dojde k realizaci dalších 4 úseků a v roce 2018 bude realizována stavba na posledních 4 úsecích. Tento plán je pouze předpoklad, v případě komplikací může dojít k jeho změně. Níže je uvedena *Tabulka 1: Jednotlivé stavební úseky*, ve které jsou uvedeny všechny stavební úseky a jsou barevně rozděleny dle fáze prací, ve které se nacházejí (zprovozněné úseky, úseky v realizaci, případně předpoklad, kdy je realizace plánována). [4]

2.2.1 Stav úseku 14 Větrný Jeníkov - Jihlava

Úsek byl plně zprovozněn 25. září 2015 a jde již o čtvrtý zprovozněný úsek. Jak uvádí zdroj [5], *“Hlavním předmětem modernizace úseku bylo jednak rozšíření stávající dálnice a také kompletní rekonstrukce cementobetonového a asfaltového krytu. Součástí stavby bylo rovněž doplnění odstavných zálivů a zálivů SOS hlásek v místech, kde je zpevněná krajnice užší než 2,50 metru, úprava a doplnění přejezdů středního dělicího pásu a přídatných pruhů, modernizace mostních objektů, úpravu odvodnění, inženýrských sítí a dopravního značení. V rámci řešeného úseku byla také*

modernizována mimoúrovňová křižovatka Jihlava. Upravena byla pouze výšková napojení v jednotlivých větvích a dopravní značení v rámci celé křižovatky. Dále se modernizace dotkla jedenácti mostních objektů (z toho dvou nadjezdů nad dálnicí), osmi propustků, šesti stávajících přejezdů středního dělicího pásu a dvou odpočivek.“



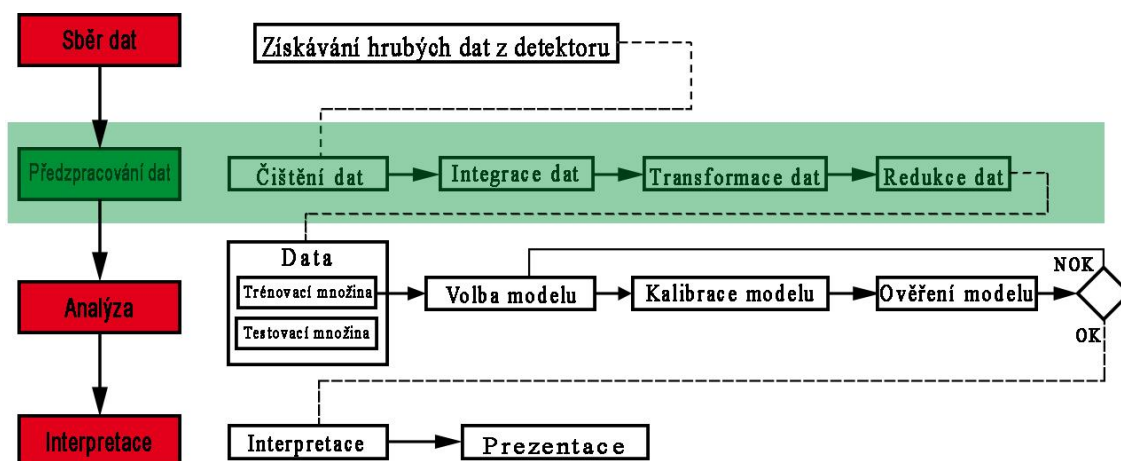
Obrázek 1: Schématické znázornění polohy úseku 14

Tabulka 1: Jednotlivé stavební úseky

Aktuální stav modernizace k 01/2016		
Číslo úseku	Úsek	Délka úseku [km]
1	most Šmejalka	
2	Exit 21 Mirošovice - Exit 29 Hvězdovice	8.8
3	Exit 29 Hvězdovice - Exit 34 Ostředek	4.6
4	Exit 34 Ostředek - Exit 41 Šternov	7.24
5	Exit 41 Šternov - Exit 49 Psáře	7.25
6	Exit 49 Psáře - Exit 56 Soutice	7.71
7	Exit 56 Soutice - Exit 66 Loket	10.02
9	Exit 66 Loket - Exit 75 Hořice	9.6
10	Exit 75 Hořice - Exit 81 Kaberovice	5.98
11	Exit 81 Kaberovice - Exit 90 Humpolec	9
12	Exit 90 Humpolec - Exit 104 Větrný Jeníkov	13.9
14	Exit 104 Větrný Jeníkov - Exit 112 Jihlava	8.54
15	Exit 112 Jihlava - Exit 119 Velký Beranov	5.96
16	Exit 119 Velký Beranov - Exit 134 Měřín	14.7
18	Exit 134 Měřín - Exit 141 V. Meziříčí západ	7.2
19	Exit 141 V. Meziříčí západ - Exit 146 V. Mez. Východ	5.9
20	Exit 146 V. Meziříčí východ - Exit 153 Lhotka	6.62
21	Exit 153 Lhotka - Exit 162 Velká Bítěš	9.03
22	Exit 162 Velká Bítěš - Exit 168 Devět křížů	5.42
23	Exit 168 Devět křížů - Exit 178 Ostrovačice	10.33
25	Exit 178 Ostrovačice - Exit 182 Kývalka	3
Legenda		
zprovozněné úseky		
úseky v realizaci		
předpoklad zahájení v roce 2016		
předpoklad zahájení v roce 2017		
předpoklad zahájení v roce 2018		

3 Zpracování dopravních dat

V této kapitole se zabývám převážně procesem zpracování dopravních dat. Na *obrázku 2* je celý tento proces znázorněn. Primárně se zaměřuji na zeleně zvýrazněný blok předzpracování dat. Další bloky jsem v práci buď vypustil, nebo jen stručně popsal, jelikož ne všechny části procesu jsou pro účely této práce využity.



Obrázek 2: Schéma procesu zpracování dopravních dat. Zdroj [7]

3.1 Sběr dat

Název této části kapitoly je zvolen tak, aby zapadl do celého procesu zpracování dat. Data jsem totiž sám neměřil, nýbrž obdržel od Ředitelství silnic a dálnic ČR. Popíši tedy, jak dochází ke sběru dat ve sledovaném úseku č. 14 dálnice D1 a jak naměřená data vypadají.

3.1.1 Technologie použité pro měření dopravních dat

Pro měření dopravních dat se na řezu dálnice na konci úseku číslo 14 používá několik technologií najednou. Je zde mikrovlnný radar, pasivní infračervené detektory a ultrazvukové detektory. Mikrovlnný radar detekuje v mikrovlnném pásmu projíždějící vozidla a pořizuje údaje o rychlosti každého zaznamenaného vozidla. Ultrazvuková část funguje na frekvenci přibližně 50 kHz. Pro detekci přítomnosti nebo klasifikaci vozidla jsou impulzy ultrazvuku vyzařovány, ale rovněž přijímány. Čas odrazu impulzu a jeho návrat do přístroje podává informaci o pohybujícím se nebo stojícím objektu, který se dostal do detekční zóny a detektor poté zaznamená přítomnost, výšku a délku vozidla.

Pasivní infračervený detektor pracuje na principu detekce rozdílu mezi pohybujícím se vozidlem, které vyzařuje tepelné záření, a okolím. Jedním z jeho úkolů je spouštět funkci ultrazvukového měření. Nejdůležitější funkcí tohoto detektoru je však detekovat vozidla, který přejíždějí z jednoho pruhu do druhého a vozidla jedoucí po střední dělicí čáře.

Použité detektory jsou neintrusivní, tudíž jen úpravou polohy detektoru je možné měřit dopravní data i během modernizace úseku v režimu provozu 2+2 jízdní pruhu.

3.1.2 Formát dat

Základní databáze dat je ve formátu XLS, čili v souboru programu Microsoft Excel. Jak databáze vypadá a jaké veličiny obsahuje, ukazují na obrázcích níže.

ID	DeviceID	Timestamp	ReadingsCount	Detector
131452003	14	2013-03-01 00:01:00.000	60	21
131452004	14	2013-03-01 00:01:00.000	60	22
131452001	14	2013-03-01 00:01:00.000	60	11
131452002	14	2013-03-01 00:01:00.000	60	12

Obrázek 3: Základní informace o zaznamenaných datech

- Ve sloupci ID jsou uvedeny jedinečné identifikátory záznamu. Každý záznam má tedy své specifické ID.
- Sloupec DeviceID je identifikátor řezu
- Sloupec Timestamp označuje datum a čas záznamu (formát Y-M-D H:M:S)
- Sloupec ReadingsCount označuje počet sekund, po které se provádělo čtení dat. Pokud je hodnota < než nastavený interval agregace, znamená to, že data nebyla z nějakého důvodu čtena po celou dobu (například při restartu jednotky atd.).
- Sloupec Detector nese označení konkrétního detektoru/jízdního pruhu (11 a 12 jsou pravý a levý jízdní pruh ve směru Praha-Brno. Detektory 21 a 22 jsou pravý a levý jízdní pruh ve směru Brno-Praha).

Cat1	Cat2	Cat3	Cat4	Cat5	Cat6
4	0	0	1	0	0

Obrázek 4: Intenzita dopravy dle kategorií vozidel

Ve sloupcích „Cat1“ až „Cat6“ je uvedena informace o minutové intenzitě vozidel dle jednotlivých kategorií vozidel. Definice jednotlivých kategorií jsou níže.

- Cat1 - Osobní automobil, motocykl, malá dodávka
- Cat2 - Osobní automobil s přívěsem
- Cat3 - Nákladní automobil
- Cat4 - Nákladní automobil s přívěsem, kamion
- Cat5 – Autobus
- Cat6 – Ostatní, neidentifikovatelné vozidlo

Speed1	Speed2	Speed3	Speed4	Speed5	Speed6
110	0	0	99	0	0

Obrázek 5: Průměrná rychlost vozidel jednotlivých kategorií

Sloupec „Speed“ je střední profilová (bodová) rychlost za každou měřenou minutu. Je to průměrná rychlost z rychlostí všech vozidel měřených v jednom profilu (bodě) komunikace. Čísla 1-6 opět odpovídají kategoriím vozidel uvedeným výše. Střední profilová rychlost se dá vypočítat dle vztahu (1).

$$\bar{v} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n v_i \text{ [km/h]} \quad (1)$$

kde n je počet vozidel, která projela daným profilem za 1 minutu, v_i je rychlost i -tého vozidla ve sledovaném čase. [6]

Occupancy1	Occupancy2	Occupancy3	Occupancy4	Occupancy5	Occupancy6
0	0	0	0	0	0

Obrázek 6: Obsazenost detektoru dle kategorií vozidel

Sloupec „Occupancy“ je obsazenost detektoru jednotlivými kategoriemi vozidel. Obsazenost je obecně definována jako poměr celkové doby obsazenosti detektoru za dobu měření k celkové době měření. Vypočítat lze dle vztahu (2).

$$\kappa = \frac{\sum_{i=1}^n t_{oi}}{T} \quad (2)$$

kde T je celková doba (perioda) měření [s] a t_{oi} je doba obsazenosti detektoru i -tým vozidlem na detektoru [s]. [6]

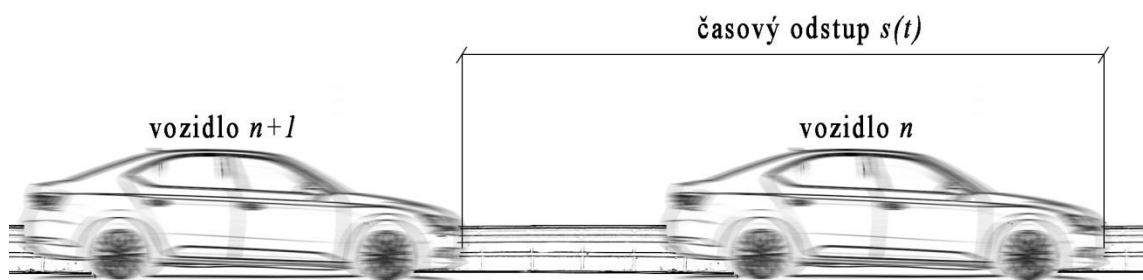
Gap1	Gap2	Gap3	Gap4	Gap5	Gap6
23	0	0	2	0	0

Obrázek 7: Časový odstup vozidel

Sloupec „Gap“ je průměrný časový odstup (mezera) vozidel. Časový odstup vozidel je obecně definován jako doba mezi průjezdy čelních nárazníků dvou po sobě následujících vozidel v měřeném profilu. Vypočítat lze dle vztahu (3).

$$\bar{h} = \frac{\sum_{i=1}^n h_i}{n} \quad (3)$$

kde n je počet vozidel, která projela daným profilem za 1 minutu a h_i jednotlivé časové odstupy. [6]



Obrázek 8: Ilustrace časového odstupu

3.2 Předzpracování dat

Po sběru dat následuje takzvané předzpracování dat, jehož cílem je odstranění chyb v datech a jejich úprava tak, aby mohla být použita přímo pro vstup do dalších algoritmů. Předzpracování dat se skládá ze čtyř kroků uvedených níže:

- Čištění dat
- Filtrace dat
- Integrace dat
- Transformace dat
- Redukce dat

3.2.1 Čištění dat

V tomto bloku jde o identifikaci, případně náhradu chybějících dat a odstranění extrémních výchylek vzniklých chybou přístrojů. [7]

Identifikace extrémních výchylek

K identifikaci extrémních výchylek a chyb v datech se používá několik metod. Jednou z používaných metod je kontrola oboru přípustných hodnot. Metoda spočívá v tom, že se stanoví obor přípustných hodnot, kterých mohou data z detektoru nabývat. Například u intenzity dopravy by se mohl stanovit maximální počet vozidel, která mohou projet daným profilem komunikace za časový interval. [7]

Další metody, které se používají, jsou:

- Shlukování
- Regrese
- Histogram
- Porovnání s typickými hodnotami

Oprava chyb v datech

Chybě v datech se dá rozumět například tak, že nějaká část dat chybí (například z důvodu krátkodobého výpadku detektoru), nebo je nějaký údaj chybný. Je však třeba rozlišit dva problémy:

Buďto zpracováváme databázi, ve které je u určitého vzorku k dispozici více atributů, nebo časovou řadu (data jsou měřena z jednoho detektoru v pravidelných intervalech).

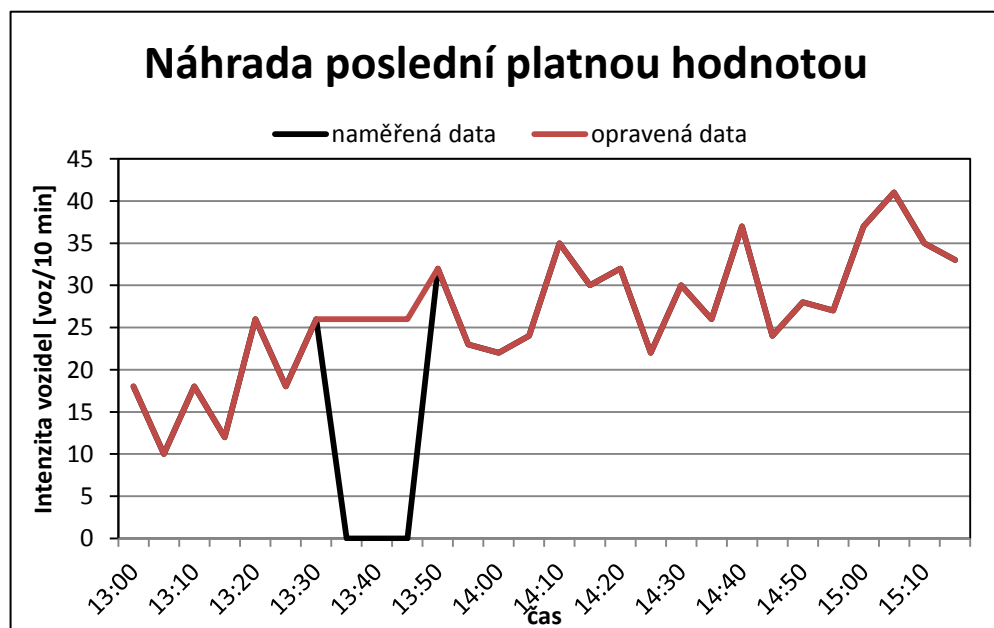
V prvním případě se používají následující metody:

- Ignorování vzorku
- Vyplnění globální konstantou
- Vyplnění střední hodnotou
- Vyplnění střední hodnotou ze vzorku dat
- Využití matematických modelů

Podoba dat, která zpracovávám v této práci, odpovídá druhému případu, tedy jde o časovou řadu. Je zde několik metod opravy chyb v datech, které budou graficky znázorněny a popsány. Konkrétní popis chyb ve zpracovávaných datech uvedu později v kapitole 4 o zpracování historických modelů.

3.2.1.1 Náhrada poslední platnou hodnotou

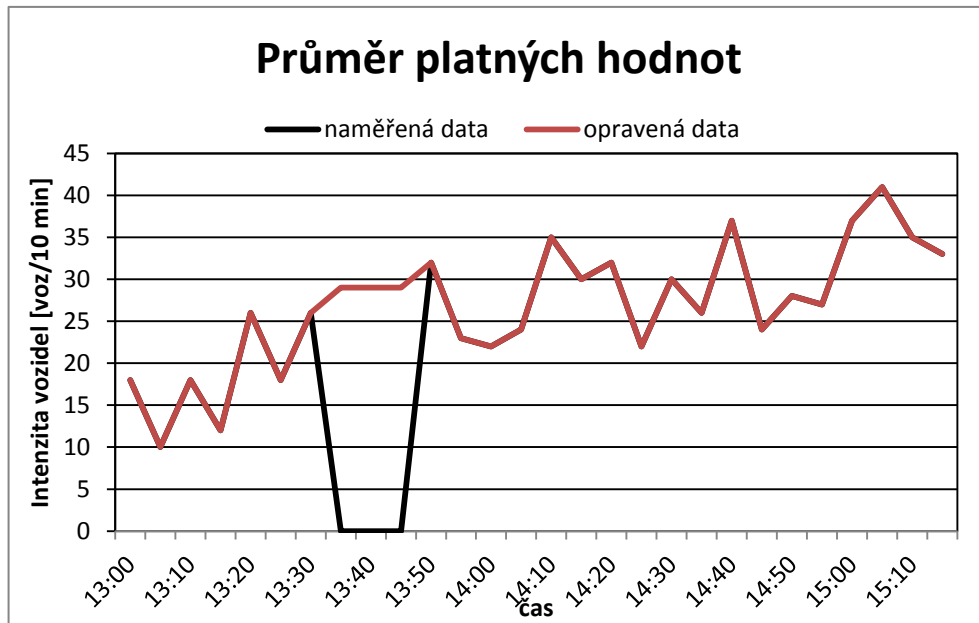
Tato metoda využívá náhrady chybějící hodnoty poslední platnou hodnotou před výpadkem detektoru. Metoda je znázorněna na *grafu 1*.



Graf 1: Metoda náhrady poslední platnou hodnotou

3.2.1.2 Průměr platných hodnot

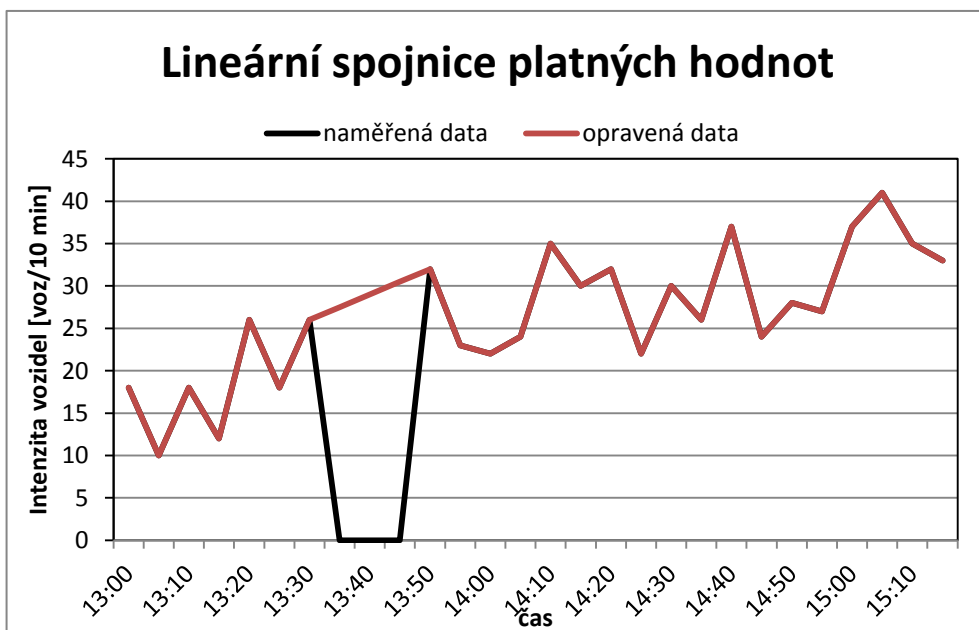
Při použití této metody se použije poslední platná hodnota před výpadkem detektoru a první platná hodnota po výpadku a vypočítá se jejich průměr, kterým se následně nahradí všechna chybějící data. Tato metoda je použita na *grafu 2*.



Graf 2: Metoda průměru platných hodnot

3.2.1.3 Lineární spojnice platných hodnot

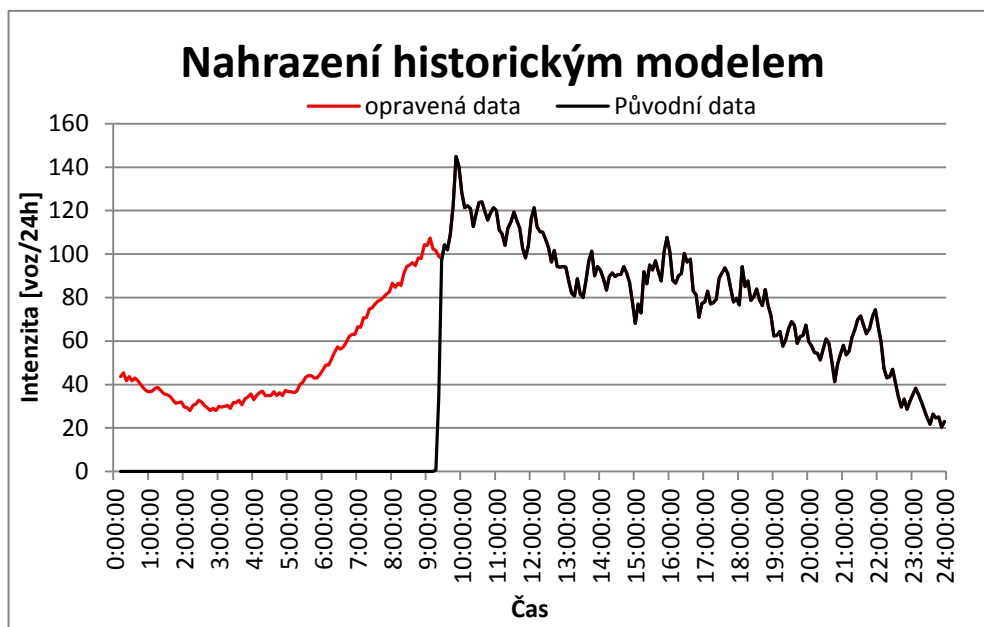
Tato metoda opět využívá poslední platnou hodnotu před výpadkem detektoru a první platnou hodnotu po výpadku. Použije se ovšem lineární spojnice těchto hodnot. Metoda je použita na *grafu 3*.



Graf 3: Metoda lineární spojnice platných hodnot

3.2.1.4 Nahrazení dle historického modelu

Tato metoda je založena na náhradě chybějících hodnot statickým modelem (například historickým modelem). Chybějící hodnoty jsou tak nahrazeny typickým průběhem intenzity dopravy v daném čase a místě. Nahrazená data jsou v grafu červenou barvou. Metoda je použita na *grafu 4*.



Graf 4: Metoda nahrazení dle historického modelu

3.2.2 Filtrace dat

Důležitým úkolem filtrování dat je odstranění náhodné složky (šumu) z dat. Filtr by měl fungovat tak, že odebere irelevantní složky s minimálním poškozením relevantního signálu.

Filtrace se dá rozdělit do dvou oblastí. První je filtrace ve frekvenční oblasti, kterou se v této práci budu zabývat, a filtrace v časové oblasti. Při filtraci v časové oblasti se používají nástroje dle typu dat, která potřebujeme zpracovat. Níže jsou popsány metody jak filtrovat signály s konstantní hodnotou, pomalu se měnící hodnotou a rychle se měnící hodnotou. [7]

3.2.2.1 Veličiny s konstantní hodnotou

Jde o nejjednodušší situaci, kdy má veličina konstantní hodnotu. Filtrace se pak provádí jednoduchým průměrováním hodnot dle vztahu (4).

$$\widehat{x}_n = \frac{\widehat{x}_{n-1} * (n-1) + x_n}{n} \quad (4)$$

Ideálním cílem této metody je proložit naměřenými daty vodorovnou přímkou. [7]

3.2.2.2 Veličiny s pomalu se měnící hodnotou

Toto je případ, který odpovídá typu dat, která zpracovávám. Je zde několik metod, které se dají použít pro filtraci tohoto typu signálu a níže je popíši.

3.2.2.2.1 Plovoucí průměr

Metodě plovoucího průměru se občas říká také „plovoucí okénko“. Tato metoda spočívá v prokládání přímkou (počítání průměru) pouze několika posledními hodnotami. Šířku okénka (tedy počet posledních hodnot, ze kterých se průměr počítá) je potřeba si zvolit. Všeobecně platí, že čím širší okénko, tím více je průběh vyhlazený a naopak.

Dle [7] můžeme plovoucí průměr z k posledních v intervalu n vypočítat dle rovnice (5).

$$\widehat{x}_n = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k x_{(n-i)+1} \quad \text{kde} \quad k \leq n \quad (5)$$

Nevýhodou této metody je zpoždění průběhu v případě náhlé změny dat. Je proto třeba hledat kompromis mezi mírou filtrace a rychlostí reakce na změny v datech.

3.2.2.2.2 Vážený plovoucí průměr

Tato metoda se používá v případě, kdy chceme jednotlivým měřením přiřadit jejich váhu. Využít můžeme rovnici (6).

$$\widehat{x}_n = \frac{\sum_{i=1}^k w_i * x_{(n-i)+1}}{\sum_{i=1}^k w_i} \quad \text{kde} \quad k \leq n \quad (6)$$

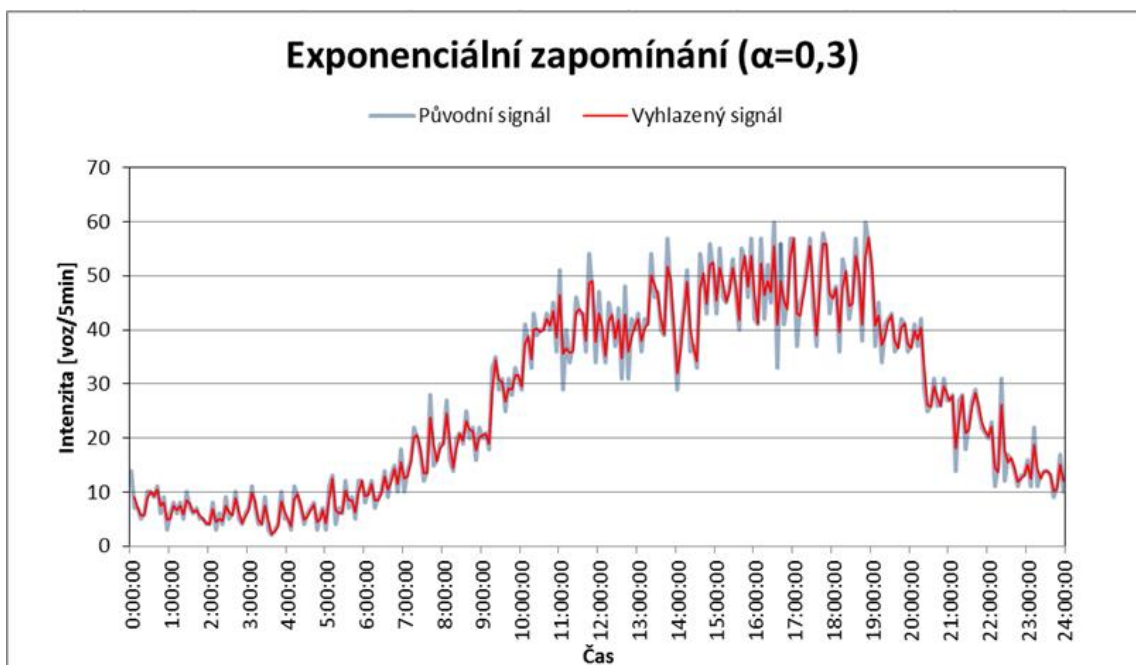
Pokud v nějakém čase n potřebuji odhadnout následující hodnotu $n+1$, většinou se váhy volí tak, že hodnotě v čase $n-1$ se přiřadí například hodnota 5 (následující hodnotu ovlivňuje nejvíce), hodnotě v čase $n-2$ se přiřadí hodnota 3 a hodnotě v čase $n-3$ se přiřadí hodnota 1. Starším hodnotám se pak může přiřadit hodnota 0, čili tyto hodnoty pak novou hodnotu nijak neovlivňují.

3.2.2.3 Exponenciální zapomínání

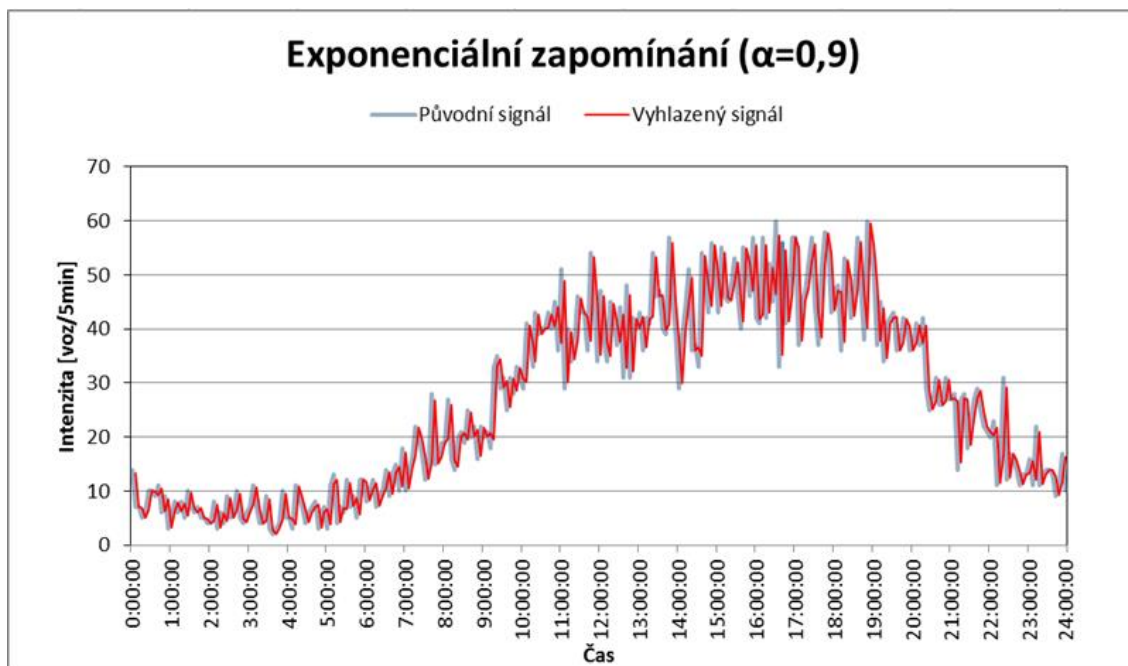
Jde o metodu, kdy nový vzorek je vážen hodnotou koeficientu α . Výpočet nového (vyfiltrovaného) vzorku probíhá dle vztahu (7)

$$y_t = (1 - \alpha)y_t^* + \alpha * y_{t-1} \quad (7)$$

kde α je koeficient filtrace a volí se z intervalu $\langle 0,1 \rangle$, y_t^* je aktuální hodnota a y_{t-1} je předešlá hodnota. Na dvou grafech níže je vidět rozdíl ve filtraci pro rozdílné hodnoty koeficientu α . Je patrné, že hodnota 0,3 signál filtruje více a hodnota 0,9 méně.



Graf 5: Filtrace metodou exponenciálního zapomínání pro hodnotu $\alpha=0,3$



Graf 6: Filtrace metodou exponenciálního zapomínání pro hodnotu $\alpha=0,9$

3.2.3 Integrace dat

Jelikož data, se kterými v rámci této práce pracuji, pocházejí pouze z jednoho zdroje (detektoru) není potřeba provádět krok integrace dat. Tento krok se aplikuje tehdy, když se data získávají z více zdrojů a je potřeba je zkombinovat a vyřešit konflikty v datech tak, aby nedocházelo k nekonzistentním stavům.

Nejdůležitějším úkolem v tomto kroku je správné ošetření redundantních dat (dat, která nesou stejnou informaci). Jde například o situaci, kdy stejná informace přijde do systému z různých detektorů a liší se pouze svým označením (např. intenzita/int/intensity).

Dalším příkladem je situace, kdy do systému nevstupují dvě stejné veličiny, ale jedna je odvozená od druhé. Typickým příkladem je třeba věk a datum narození. K nalezení takových veličin se využívají metody korelační analýzy a jedna ze vstupních veličin se pak odstraní.

Problém může nastat, pokud existují data z více detektorů popisující stejnou veličinu, ale jejich hodnota se částečně liší a data jsou tak inkonzistentní. V tomto případě se musí zvolit jeden ze zdrojů jako důvěryhodnější a informace z druhého zdroje vypustit.

[7]

3.2.4 Redukce dat

Často se můžeme setkat, zejména ve velkých městech, se situací, kdy se sbírají data například z detektorů v jedné dopravní linii (např. dvě následné křižovatky). Takto rozmístěné detektory často podávají stejné, nebo velmi podobné informace o dopravním proudu a data tak silně korelují. Data z jednoho z těchto detektorů jsou tedy nadbytečná. Jedním z praktických důvodů proč provádět redukci dat je ten, že při velkém množství vstupních dat může docházet k zahlcení automatických algoritmů, které data zpracovávají.

Při redukci množství vstupních dat je však důležité, aby zároveň došlo k zachování co nejvíce původní informace v datech obsažené. Mezi metody redukce dat patří například hierarchická agregace dat. [7]

Hierarchická agregace dat

Hierarchická agregace dat je jediná metoda, která byla v rámci této práce použita pro redukci dat. Výchozí data byla v minutových intervalech a následně došlo k jejich agregaci do pětiminutových nebo hodinových intervalů.

Některé další metody, které se pro redukci dat používají, jsou:

- Snížení dimenze
- Komprese dat
- Redukce počtu vzorků
 - Parametrické metody (lineární regrese)
 - Neparametrické metody (shlukování, histogram)

3.2.5 Shrnutí

V této kapitole jsem popsal jednotlivé části procesu zpracování dat a vysvětlil, jaké metody se při zpracování dat používají. Některé části procesu předzpracování dat byly vypuštěny, například transformace dat, jelikož tato část procesu v práci není ani okrajově použita. Analýzou dat a jejich interpretací se budu zabývat v dalších kapitolách.

4 Tvorba historických modelů intenzity dopravy

Po kapitole o procesu zpracování dopravních dat přichází na řadu kapitola tvorby historických modelů intenzity dopravy. V podstatě jde stále o zpracování dat, ale data již nejsou v surové podobě tak, jak byla obdržena přímo z detektoru, ale jsou již předzpracovaná a připravená k další analýze. Historický model je interpretace typického průběhu intenzity dopravy v čase pro nějaký den v týdnu nebo pro delší období. Postup tvorby takového modelu bude popsán v této kapitole.

4.1 Intenzita dopravy

Intenzita dopravy je jednou ze tří hlavních dopravně inženýrských charakteristik provozu na pozemních komunikacích. Vztah mezi těmito třemi veličinami lze matematicky vyjádřit vztahem (8)

$$q = v * k \quad (8)$$

kde q je intenzita dopravy, v je rychlost vozidel a k je hustota dopravního proudu.

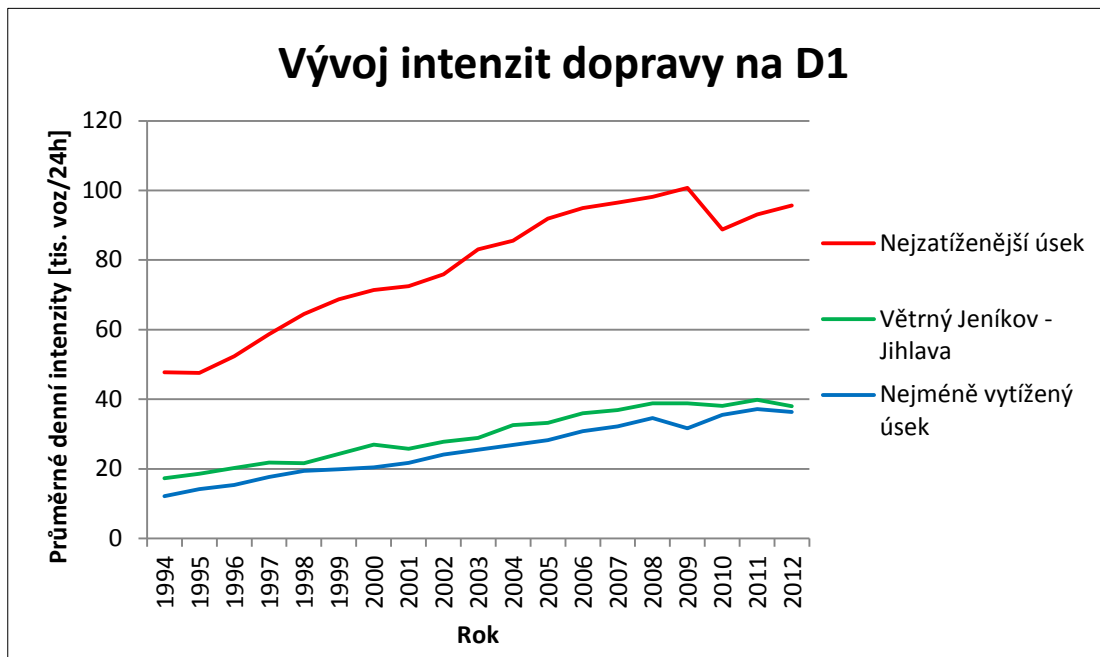
Intenzita dopravy udává počet vozidel, která projedou určitým profilem komunikace za jednotku času. Zjistit se dá více způsoby. Jedním z nich je její dopočet pomocí základního vztahu (8). Pro toto řešení však musíme znát zbylé dvě veličiny, rychlost a hustotu.

Vhodnějším řešením je tedy provést dopravní průzkum. Průzkum může být proveden manuálně nebo pomocí technických zařízení – detektorů. Automatické průzkumy se provádějí většinou na komunikacích vyššího dopravního významu, zejména na dálnicích, silnicích I. třídy nebo ve městech. Ve specifických případech i na silnicích II. a III. třídy. Výsledky takovýchto průzkumů se nejčastěji uvádí pomocí odhadu ročního průměru denních intenzit (RPDI). Odhad RPDI se provádí přepočtem intenzity dopravy získané během průzkumu pomocí přepočtových koeficientů, které zohledňují denní, týdenní a roční variace intenzit dopravy.[8]

Ovšem takto získaný odhad je zatížen chybou, která vyplývá z proměnnosti intenzit dopravy. Pokud chceme získat přesné hodnoty intenzity dopravy v nějakém období, musíme v tomto období provést nepřetržitý průzkum. To ovšem díky automatickým detektorům v dnešní době není problém.

Jelikož doba, ve které se průzkum provádí, má velký vliv na průběh intenzity v čase, měly by se průzkumy provádět v běžné pracovní dny a nejlépe v měsících duben, květen, červen, září a říjen. Později si ukážeme, proč je tento fakt důležitý.

Na *grafu 7* je pro zajímavost ukázáno, jak se na různých úsecích dálnice D1 vyvíjí intenzita dopravy z dlouhodobého hlediska. Úseky jsou popsány v popisku grafu. Graf zobrazuje data pouze do roku 2012, jelikož aktuálnější data jsem nedokázal dohledat.



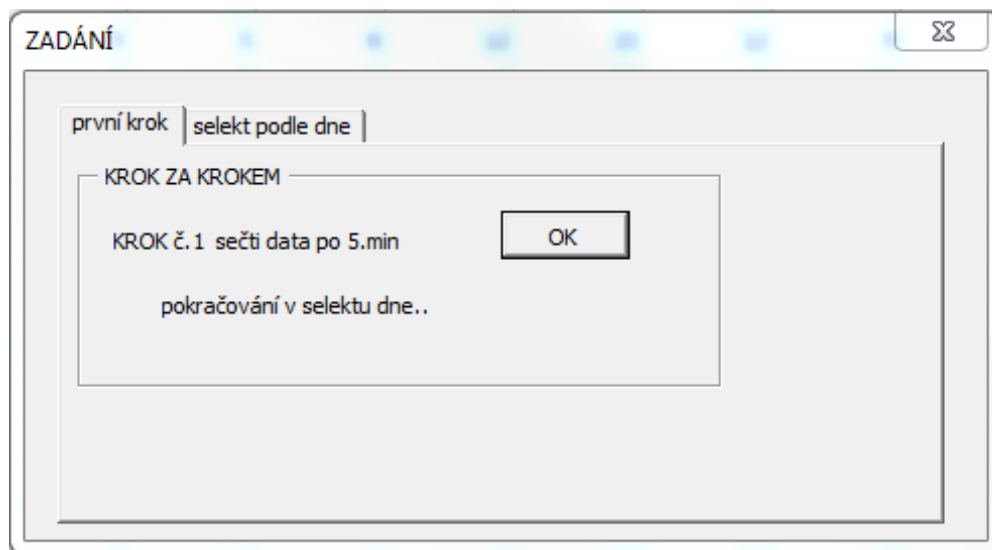
Graf 7: Dlouhodobý vývoj intenzit dopravy na D1. Nejzatíženější úsek je Spořilov – Chodov, a nejméně zatížený úsek je Vyškov západ – Vyškov východ.

4.2 Postup tvorby historických modelů

Historický model vytváříme proto, abychom se dozvěděli, jak se v nějakém místě a nějakém určeném období vyvíjela intenzita dopravy v čase. V této práci je snahou zjistit, jak se chovala intenzita dopravy v jednotlivých dnech v týdnu v období 1. 3. - 30. 6. v letech 2012 až 2015. Snahou bude porovnat jednotlivé roky mezi sebou a zjistit, jaký dopad měla modernizace dálnice D1 na dopravní proud.

V prvním kroku tvorby historického modelu bylo potřebné vyčistit surová data. Databáze dat obsahovala velké množství chyb. Například databáze roku 2015 obsahovala asi 2705 chyb. Z toho bylo 1227 duplicitních hodnot, zbytek byly výpadky detektoru. Doba výpadků detektoru se pohybovala od 1 minuty až do 6 hodin. Duplicitní hodnoty tedy bylo potřeba vymazat a chybějící data nahradit. Pokud šlo o krátkodobý výpadek v rámci minut, nahrazování dat jsem provedl metodou průměru poslední platné hodnoty před výpadkem a první platnou hodnotou po výpadku detektoru. Pokud však byl výpadek v rámci hodin, nahrazení dat jsem provedl metodou dosazení historického modelu, viz kapitolu 3.2.1.2.

V dalším kroku jsem musel minutové záznamy intenzity agregovat do pětiminutových. Pro tento úkol jsem ve Visual Basic (programovacím jazyku Excelu) vytvořil soubor maker, která mi tuto práci zjednodušila.



Obrázek 9: uživatelské okno pro zpracování dat

Pro účely historických modelů jsem nerozlišoval kategorie vozidel, tudíž jsem musel sečíst i data jednotlivých kategorií vozidel (CAT1 – CAT6). Stejně tak jsem nerozlišoval pravý a levý jízdní pruh, musel jsem tedy ještě sloučit data jednotlivých jízdních pruhů v daném směru.

Na *obrázku 10* je vidět krátká ukázka kódu makra.

```
lLastRow = Ma.Cells(Rows.Count, 1).End(xlUp).Row

For i = 2 To lLastRow

Mb.Cells(1, 1) = i 'pocitadlo
'cData - den v týdnu
'dData - detektor

cData = Ma.Cells(i, 2)
dData = Ma.Cells(i, 5)

If (volba = cData) And ((dData = nn11) Or (dData = nn12) Or (dData = nn21) Or (dData = nn22)) Then

Mb.Cells(j, 1).ColumnWidth = 15
Mb.Cells(j, 1) = Ma.Cells(i, 1) 'datum
Mb.Cells(j, 1).Font.Size = 8

If dData = nn11 Then                                '--je-li det. 11 true
If nc1 = 6 Then                                     '--je-li volba CAT 1
Mb.Cells(4, radek11A) = "CAT1"

Mb.Cells(j, radek11A) = Ma.Cells(i, 6)              '--CAT1
'Mb.Cells(j, radek11A + 6) = Ma.Cells(i, 12)        '--SP1
End If

If nc2 = 7 Then                                     '--je-li volba CAT 2
Mb.Cells(4, radek11B) = "CAT2"

Mb.Cells(j, radek11B) = Ma.Cells(i, 7)              '--CAT2
```

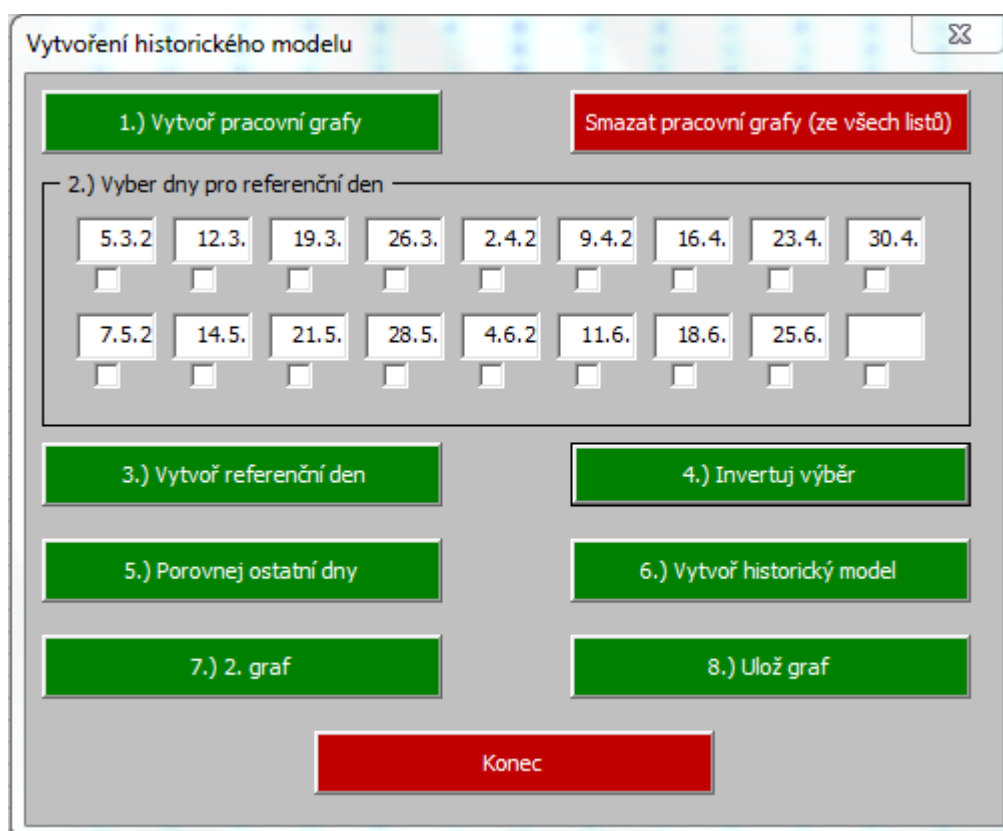
Obrázek 10: Ukázka malé části VBA kódu

Pro další postup tvorby historických modelů jsem si opět připravil soubor maker, kterými jsem se snažil celý proces co nejvíce zautomatizovat. Celý proces se mi však naprogramovat nepodařil, při tvorbě historického modelu je totiž v určité fázi potřeba lidského faktoru pro vyhodnocení určitých okolností. Pro vytvoření programu, který by pracoval zcela samostatně, by byla zapotřebí vyšší úroveň programování.

Jak jsem již zmínil na začátku kapitoly, vytvářel jsem modely jednotlivých dní v týdnu. V další fázi jsem si tedy musel seskupit pětiminutové intenzity jednotlivých dní k sobě (všechny pondělky, všechny úterky atd.). Potřeboval jsem zjistit, jak vypadají průběhy intenzity v čase, a tak jsem si musel vytvořit denní variace dopravy pro každý z těchto dní. Každý den v týdnu se v období 1. 3. – 30. 6. vyskytuje 17krát nebo 18krát. Šlo tedy

o poměrně velké množství grafů, které bylo potřeba vytvořit, abych viděl, jak časové řady vypadají. Vzhledem k tomu, že grafy byly jen „pomocné“, bylo by opravdu nevhodné vykreslovat tyto grafy manuálně po jednom. Proto opět přišlo na řadu VBA (Visuall Basic).

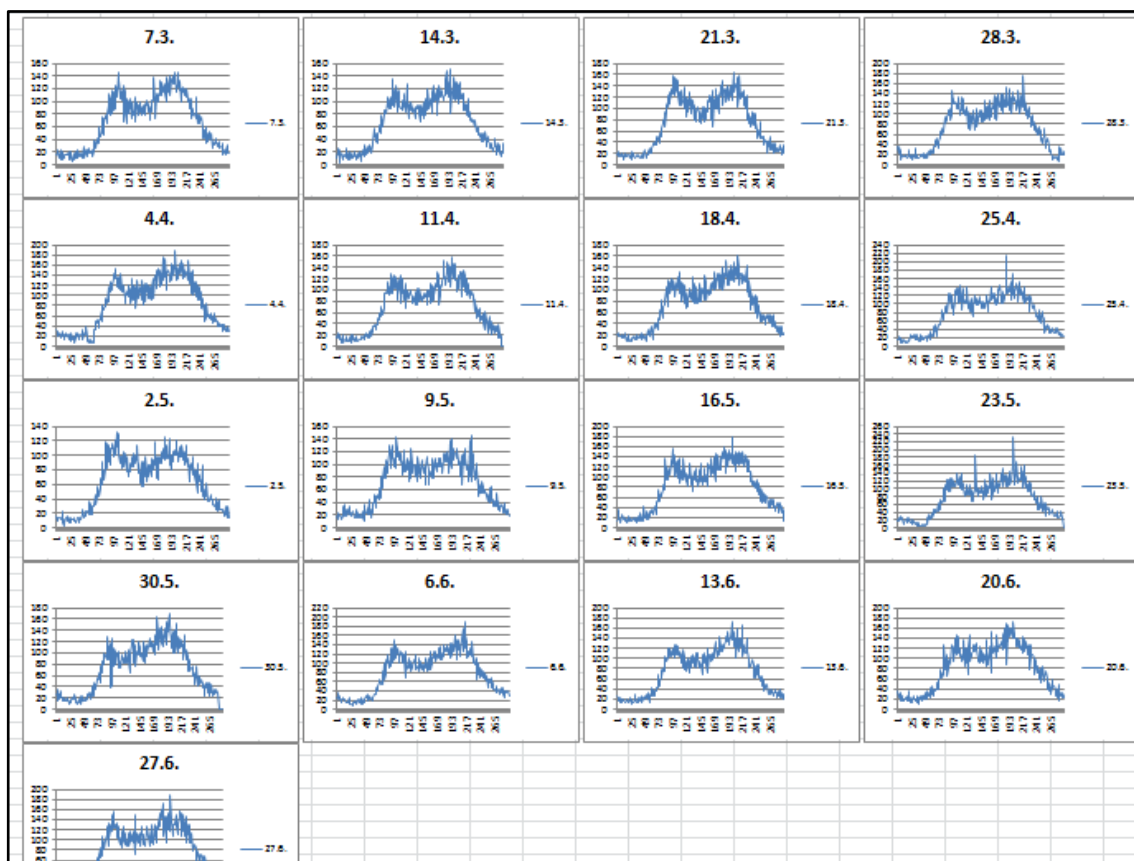
Na *obrázku 11* je vidět, jak vypadá uživatelské rozhraní programu pro tvorbu historického modelu, které jsem vytvořil. Dále po jednotlivých krocích popíši, jak program funguje a zároveň jak se historický model vytváří.



Obrázek 11: Uživatelské rozhraní pro vytvoření historického modelu

4.2.1 Krok 1.

Tlačítko „1.) Vytvoř pracovní grafy“ slouží k tomu, že zobrazí variace dopravy jednotlivých dní, viz *obrázek 12*. Tyto grafy jsem vytvářel proto, abych identifikoval dny s pokud možno co nejpodobnějšími variacemi dopravy a pokud možno bez nějakých anomálií (tzn., nevyskytují se zde nějaké extrémní odchylky, které mohou být důsledkem klimatických podmínek, nehody, nebo jiných nepředvídatelných okolností).



Obrázek 12: ukázka „pracovních“ grafů

4.2.2 Krok 2.

Nejprve je důležité vysvětlit, co znamená referenční den. Měl by to být den, který má hodnoty typického průběhu intenzit dopravy pro konkrétní den v týdnu za celé sledované období.

V kroku „2.) Vyber dny pro referenční den“ je 18 checkboxů s textovými poli, do kterých se plní data jednotlivých dní. V tomto kroku tedy pomocí checkboxů označuji jednotlivé dny, které jsem dle grafů zvolil jako nejtypičtější s podobnými průběhy intenzit.

4.2.3 Krok 3.

Poté co jsem označil dny vhodné pro vytvoření referenčního dne, mohu použít tlačítko „3.) Vytvoř referenční den“. To pracuje tak, že vybere dny označené jednotlivými checkboxy a vypočítá jejich průměr, který se vypíše do tabulky vedle. Dále vytvoří graf referenčního dne obdobný těm pracovním.

4.2.4 Krok 4.

Tlačítko „4.) Invertuj výběr“ slouží jen k tomu, aby invertovalo výběr jednotlivých checkboxů. S těmi dny, které nebyly vybrány pro referenční den, budu dále pracovat.

4.2.5 Krok 5.

Pro tvorbu historického modelu jsem se rozhodl počítat s váženou odchylkou dle vztahu (9)

$$\sigma_i = \frac{|\bar{q}_i - q_i|}{\bar{q}_i} * 100 \quad [\%] \quad (9)$$

kde \bar{q}_i je hodnota pětiminutové intenzity referenčního dne, q_i je hodnota pětiminutové intenzity porovnávaného dne a i nabývá hodnot 1 až 288 (1 den má 288 hodnot pětiminutových intenzit)

Rozhodl jsem se prověřit, jak velké množství porovnávaných dní bude možné připočítat k referenčnímu dni, pokud maximální přípustná hodnota vážené odchylky σ bude 15 %. Řekl jsem si, že k referenčnímu dni připočítám ty porovnávané dny, které budou mít méně než 40 % hodnot s odchylkou větší než 15 %. Tato podmínka je znázorněna pomocí vývojového diagramu na *obrázku 13*.

K tomuto kroku slouží tlačítko „5.) Porovnej ostatní dny“. Pro všechny dny, které jsem v předchozím kroku označil pomocí tlačítka „invertuj výběr“, spočítá odchylku jednotlivých pětiminutových hodnot od pětiminutových hodnot referenčního dne. Poté mi v tabulce zeleně označí dny, které splňují výše zmíněnou podmínku.

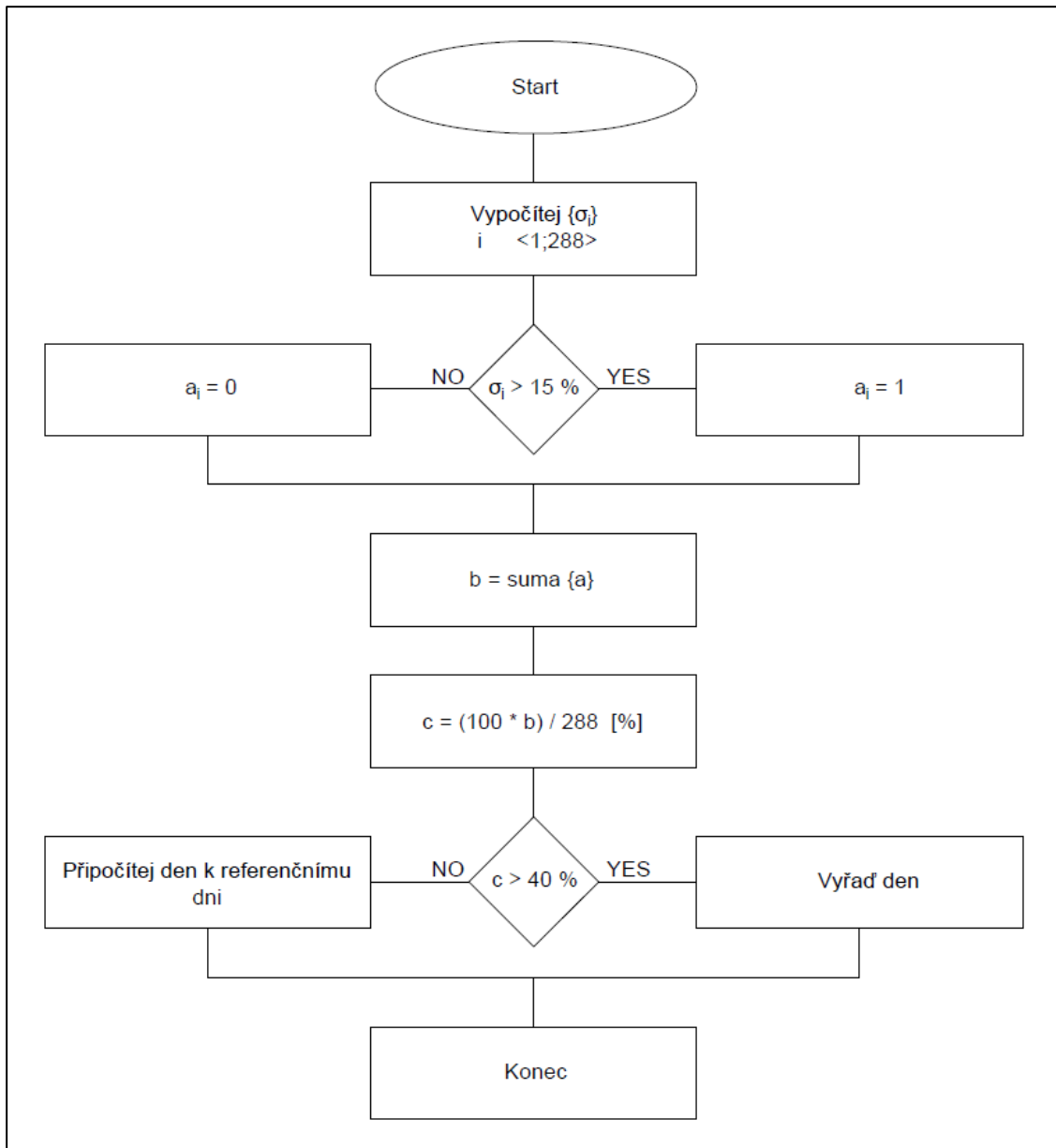
4.2.6 Krok 6.

Pokud nějaké dny splnily podmínku z odstavce 4.2.5, zprůměroval jsem jejich hodnoty s hodnotami dnů, které byly vybrány pro referenční den. Následně se tato data vyfiltrovala pomocí plovoucího okénka, které má šířku 3 (tzn., počítá se plovoucí průměr ze tří posledních hodnot). Pokud nějaký z porovnávaných dní nesplňuje stanovenou podmínku, je vyřazen.

Tlačítko „6.) Vytvoř historický model“ tedy provede výše zmíněnou operaci a následně z vyfiltrovaných dat vytvoří výsledný graf historického modelu.

4.2.7 Krok 7.

Tlačítko „7.) 2. Graf“ je pro další typ grafu, který v další kapitole bude zmíněn. Tlačítko „8.) Ulož graf“ exportuje z Excelu graf jako obrázek s názvem grafu ve formátu GIF, PNG, nebo JPEG.



Obrázek 13: Schématický vývojový diagram pro vyhodnocení podmínky vážené odchylky

4.3 Variace intenzit dopravy

Než se dostanu k vyhodnocení historických modelů, je potřeba si připomenout jeden zásadní termín, který nás bude během vyhodnocování doprovázet. Tím termínem jsou variace intenzit dopravy. Pro začátek bych uvedl, že rozlišujeme denní, týdenní a roční variace intenzit dopravy. Dále vysvětlím, co jednotlivé pojmy znamenají.

4.3.1 Denní variace dopravy

Denní variace dopravy nám interpretují změny hodnot intenzity dopravy v čase v konkrétním dni. Denní variaci dopravy nějakého dne si můžeme představit tak, že hodnoty intenzity dopravy se mění podle denní doby, která ovlivňuje pohyb vozidel na pozemních komunikacích. Obecně by se dalo říci, že brzy ráno začnou intenzity stoupat a nastává ranní špička, ta je následována poledním sedlem, kdy jsou hodnoty intenzit nižší a poté hodnoty opět stoupají a nastává odpolední špička. Po odpolední špičce intenzita plynule klesá na noční nízké hodnoty. Základní odůvodnění může znít takto. V ranní špičce začnou lidé jezdit za prací, jakmile se tam dostanou, začnou intenzity klesat a v tu dobu začíná dopolední sedlo. Odpoledne, kdy se lidé začínají z práce vracet, nastává odpolední špička.

Pokud bychom vykreslili variace dopravy jednotlivých dní v týdnu, pozorovali bychom, že každý den má své specifické variace dopravy. Nastává otázka, proč nemají všechny dny stejné variace dopravy. Na tu existuje jednoduchá odpověď. Důvod, proč nemají všechny dny v týdnu stejné variace dopravy je ten, že jsou ovlivněny týdenními variacemi dopravy.

4.3.2 Týdenní variace dopravy

Týdenní variace dopravy si můžeme představit tak, že v průběhu týdne dochází ke změně množství vozidel i cíle jejich cest, a tím jsou ovlivňovány denní variace dopravy konkrétních dní v týdnu.

Pokud se zaměříme například na dálnici D1, bude hrát roli i to, jaký jízdní směr dálnice budeme popisovat, jestli půjde o směr z Prahy do Brna, nebo naopak. Denní variace dopravy v těchto směrech budou pravděpodobně odlišné, i přesto, že půjde o totožný

den. Nutno dodat, že tento jev neplatí pouze pro dálnici D1, pro většinu silničních komunikací. Záleží však na tom, jaké cílové destinace konkrétní komunikace spojuje.

Dalo by se tak očekávat, že například v pondělí budou ve směru na Prahu intenzity nabývat vysokých hodnot zejména v ranní špičce, kdy pravděpodobně cílem většiny cest bude dojezd mimopražských obyvatel za prací. Jako další příklad bych uvedl pátek, a to ve směru na Brno. V pátek pravděpodobně budou intenzity nabývat nejvyšších hodnot odpoledne, kdy velké množství obyvatel Prahy odjíždí pryč na víkend. V neděli se pak budou vracet, a z toho důvodu budou nejvyšší hodnoty intenzit opět odpoledne, ale tentokrát ve směru na Prahu.

4.3.3 Roční variace dopravy

Pojem roční variace dopravy si můžeme vysvětlit tak, že množství vozidel na pozemních komunikacích se odvíjí i podle ročního období. Můžeme předpokládat, že například v létě, v období letních prázdnin, bude na pozemních komunikacích odlišné množství vozidel než třeba v zimních měsících.

Ještě bych rád okrajově zmínil, že variace dopravy nemusí být ovlivňovány pouze pravidelnými a očekávatelnými událostmi. Mohou být ovlivněny i nahodilejšími událostmi, jako jsou třeba některé státní svátky, kdy se na cesty výjimečně vydávají i takzvaní „sváteční jezdci“.

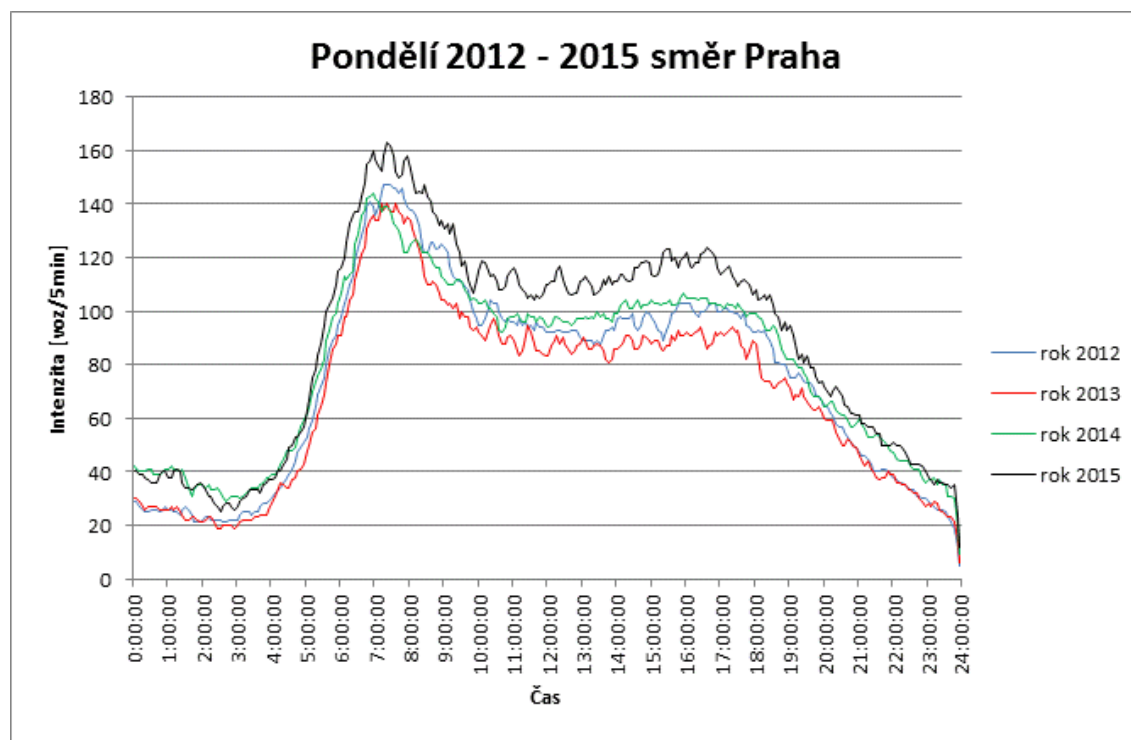
4.4 Vyhodnocení historických modelů

Výsledkem výpočtů je celkem 56 historických modelů, 14 pro každý ze čtyř sledovaných roků. Z modelů lze vyčíst typický průběh intenzity dopravy během konkrétních dnů v týdnu v období 1. 3. – 30. 6. ve směru Praha - Brno nebo Brno – Praha. Do textové části práce budou vybrány modely význačných dní v týdnu a to ve směru, pro který se dá v daném dni předpokládat vyšší zatížení. Snahou bude objasnit některé jevy, které budou na grafech pozorovatelné.

Jelikož historické modely v této práci slouží pro komparativní vyhodnocení rozdílů v jednotlivých letech, byl za účelem přehlednějšího vyhodnocení zredukován počet grafů tak, že do jednoho grafu jsou přes sebe vykresleny historické modely všech čtyř roků.

Níže na *grafu 8* je historický model pro pondělí ve směru na Prahu. Směr na Prahu jsem vybral z toho důvodu, že tento směr je v pondělí vystaven vyšším náporům vozidel. Na grafu můžeme pozorovat, že pro pondělí byly ve sledovaném období typické vysoké hodnoty intenzit v ranní špičce, v roce 2015 dosahovaly až 160 vozidel za 5 minut. Naplnil se tak předpoklad zmíněný v odstavci 4.3.2, že v pondělí budou intenzity nabývat nejvyšších hodnot ráno.

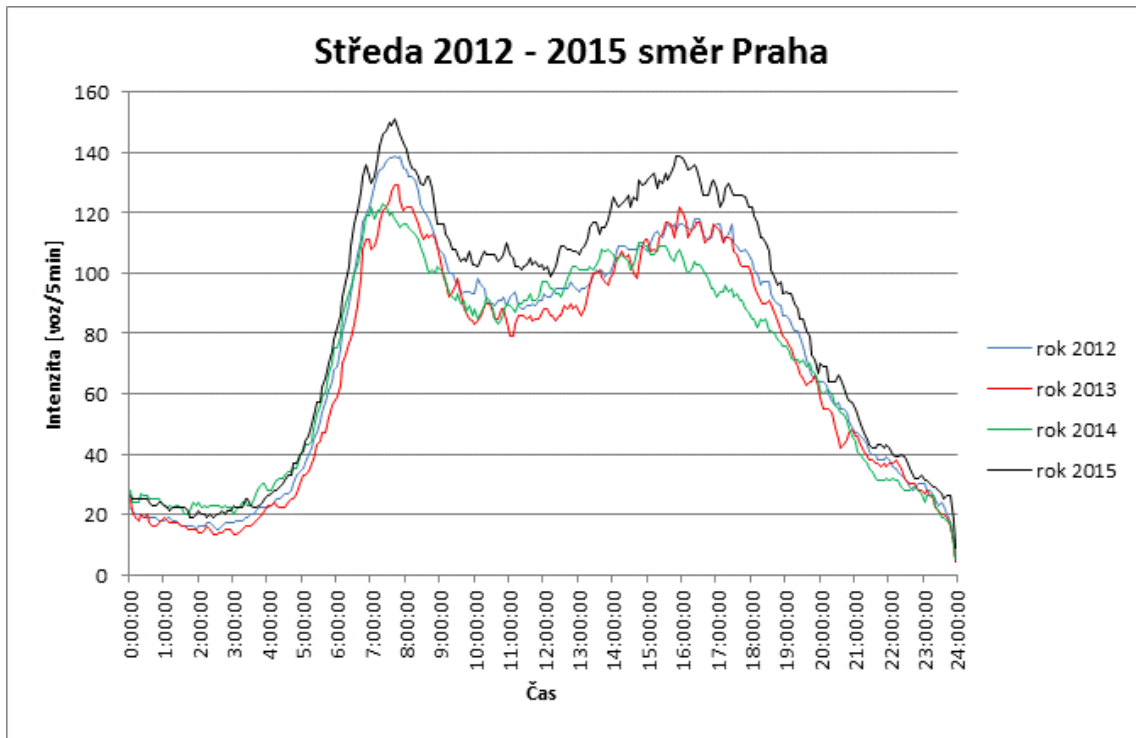
Na tomto modelu je však důležité, že ve všech čtyřech letech jsou variace dopravy v tomto dni téměř stejné, liší se jen maximální hodnoty, kterých intenzity dosahují. Z grafu je patrné, že v roce 2013, kdy započaly první práce na modernizaci úseku, byly intenzity během dne nejnižší ze všech čtyř let. V letech 2014 a 2015 byly intenzity dokonce vyšší než v roce 2012, což byl rok neovlivněný modernizací.



Graf 8. Historický model pondělí 2012 - 2015 ve směru na Prahu

Na *grafu 9* je historický model pro středu ve směru na Brno. Je zřejmé, že intenzita v ranní špičce již nabývá o něco nižších hodnot, maximální hodnoty v období čtyř let dosahovaly asi 150 vozidel za 5 minut. Je zde také výraznější dopolední sedlo než v pondělí a hodnoty intenzit v ranní a odpolední špičce jsou si bližší. Co se rozdílů mezi jednotlivými roky týče, můžeme pozorovat, že rok 2015 má opět nejvyšší hodnoty intenzit. Nejnižších hodnot nabývá rok 2013, tentokrát společně s rokem 2014.

Dny úterý, středa a čtvrtek jsou považovány za typický pracovní den a v běžné praxi se průměrují do jednoho dne, jelikož variace dopravy v těchto dnech jsou si velice podobné. Zde v textové části tyto dny zprůměrovány nejsou, ale v příloze je přiložen i model společný pro všechny tři dny.



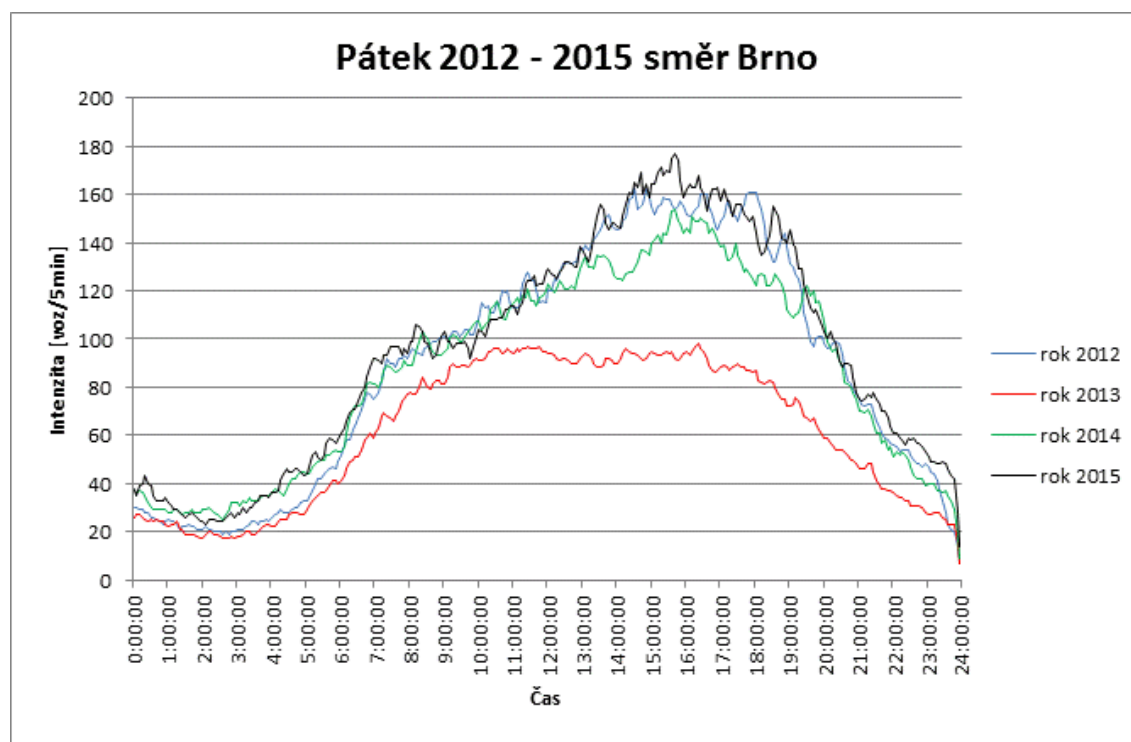
Graf 9. Historický model středa 2012 - 2015 ve směru na Prahu

Na grafu 10 je historický model pro pátek, zde jsem vybral jízdní směr na Brno, jelikož tento směr dálnice bývá v pátek odpoledne většinou více zatížený a dají se zde čekat větší komplikace než ve směru na Prahu. Na grafu je vidět, že v roce 2013 nastal velmi výrazný pokles intenzit oproti ostatním rokům, a to hlavně v odpoledních hodinách. Hodnoty intenzit zde nepřesahovaly ani 100 vozidel za 5 minut. Další roky se od sebe výrazně neliší a hodnoty intenzit v odpolední špičce činily asi 170 vozidel za 5 minut.

Na grafu je také dobře vidět, že je zde potlačené polední sedlo, které bylo dobře pozorovatelné ve středu. Intenzity zde plynule rostou od ranních hodin až do odpolední špičky, kde nabývají nejvyšších hodnot z celého dne.

Opět se zde potvrdilo tvrzení z odstavce 4.3.2, že v pátek budou intenzity nabývat nejvyšších hodnot právě v odpolední špičce. Způsobeno je to odlivem lidí, kteří do Prahy jezdí za prací a výjezdy obyvatel Prahy na víkendové rekreace.

Je dobré si ale uvědomit, že data byla naměřena až u Jihlavy, a to již není zanedbatelná vzdálenost od Prahy. Dá se tedy předpokládat, že obyvatelé Prahy zde již nemusejí mít majoritní vliv. Předpokládám, že pokud by data pocházela z profilu poblíž Prahy, vzhled variací všech dní by se ještě více podobal předem předpokládanému vzhledu.

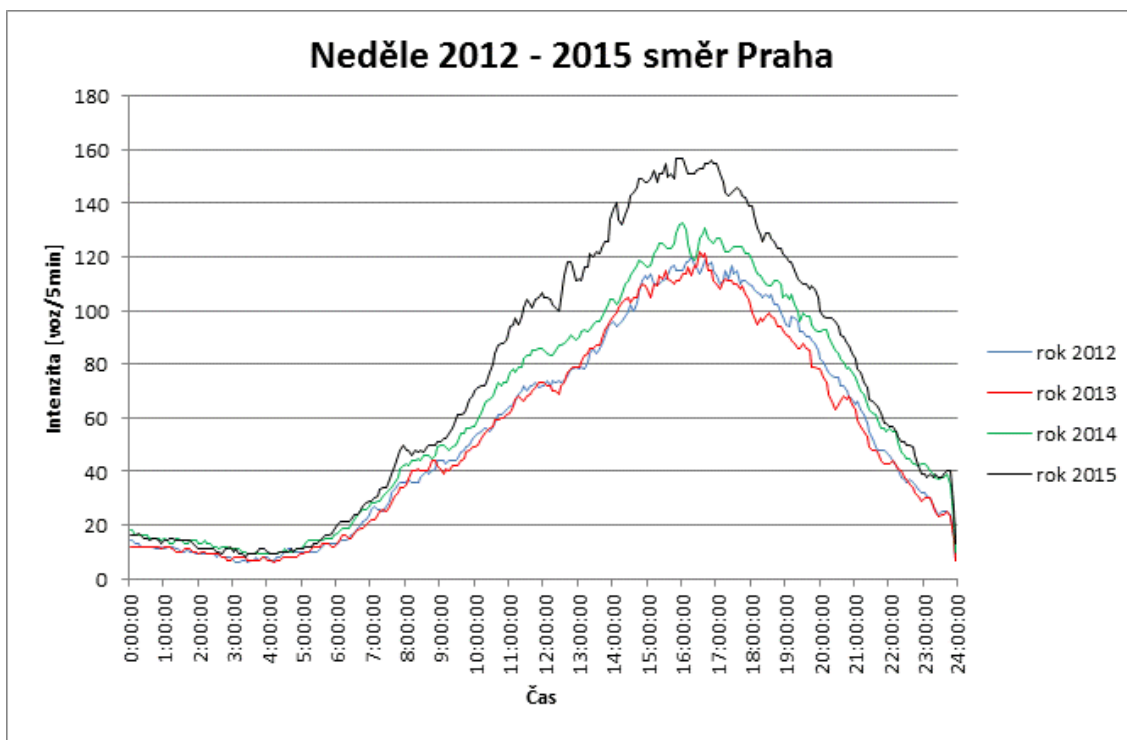


Graf 10: Historický model pátek 2012 – 2015 ve směru na Brno

Na grafu 11 je historický model pro neděli, v tomto případě ve směru na Prahu, jelikož jde opět o směr, který v tento den čelí vyššímu náporu vozidel. V tento den v roce 2013 nedocházelo k takovým propadům intenzit oproti ostatním rokům, jako třeba v pátek. Opět můžeme pozorovat, že intenzita plynule roste od ranních hodin až do odpolední špičky, kde nabývá svých maximálních hodnot a poté zvolna klesá na noční minimální hodnoty. Opět se tak naplnilo očekávání z odstavce 4.3.2.

Na tomto modelu můžeme dále pozorovat zatím nejvýraznější rozdíl mezi hodnotami intenzit v roce 2015 od ostatních let. V roce 2015 dosahovaly maximální intenzity hodnoty téměř 160 vozidel za 5 minut. V ostatních letech to bylo okolo 120 vozidel za 5min.

Nad tímto jevem bych se rád zamyslel v další kapitole, až vyhodnotím i trendové modely dopravy.



Graf 11: Historický model neděle 2012 – 2015 směr Praha

Do této kapitoly jsem vybral historické modely dní pondělí, středa, pátek, neděle. Tyto jsem vybral z toho důvodu, že jsou vzájemně značně odlišné a z pohledu týdenních variací dopravy zajímavé. V příloze je možno prohlédnout zbylé historické modely, které nejsou uvedeny v hlavní textové části. K této práci je přiloženo i doprovodné CD, na kterém je nahrán naprogramovaný prohlížeč všech modelů, které v rámci této práce vznikly. Pomocí něj se dají jednotlivé modely přehledně porovnávat. Tomuto prohlížeči bude dále v práci věnována samostatná kapitola.

4.5 Statistika vážených odchylek

Jak jsem uvedl v odstavci 4.2.5, při tvorbě historických modelů jsem počítal váženou odchylku jednotlivých dní, které jsem porovnával s referenčním dnem. Nyní tedy na závěr kapitoly shrnu výsledky, kterých jsem dosáhl.

Pro připomenutí, den byl posouzen při porovnání s referenčním dnem jako vyhovující, pokud z celého dne bylo méně než 40 % hodnot s váženou odchylkou větší než 15 %. Hodnota 40 % je stanovena na základě expertního odhadu a podložena následující úvahou. Pokud bychom za vyhovující považovali den, který by měl například polovinu

hodnot z celého dne mimo toleranční pole, mohlo by dojít ke zkreslení historického modelu.

Níže je uvedena *tabulka 2* a *tabulka 3*. V tabulkách můžeme vidět výsledné statistiky vážených odchylek. V první tabulce je v procentech vyjádřený počet dní, které byly porovnávány s referenčním dnem a vyhověly dříve zmíněné podmínce. Dále jsem sledoval, kolik hodnot v daném dni mělo váženou odchylku větší než 15 %. Maximum bylo nastaveno na 40 % hodnot z celého dne. Tyto výsledky jsou ve druhé tabulce.

Tabulka 2: Celkový počet dní splňujících podmínku

Množství porovnávaných dnů splňujících podmínku vážené odchylky	
směr Brno	3%
směr Praha	6%

Tabulka 3: Množství odchylek větších než 15% (přípustné maximum bylo stanoveno na 40 %)

Průměrný počet hodnot z celého dne s odchylkou > 15 %	
směr Brno	67%
směr Praha	64%

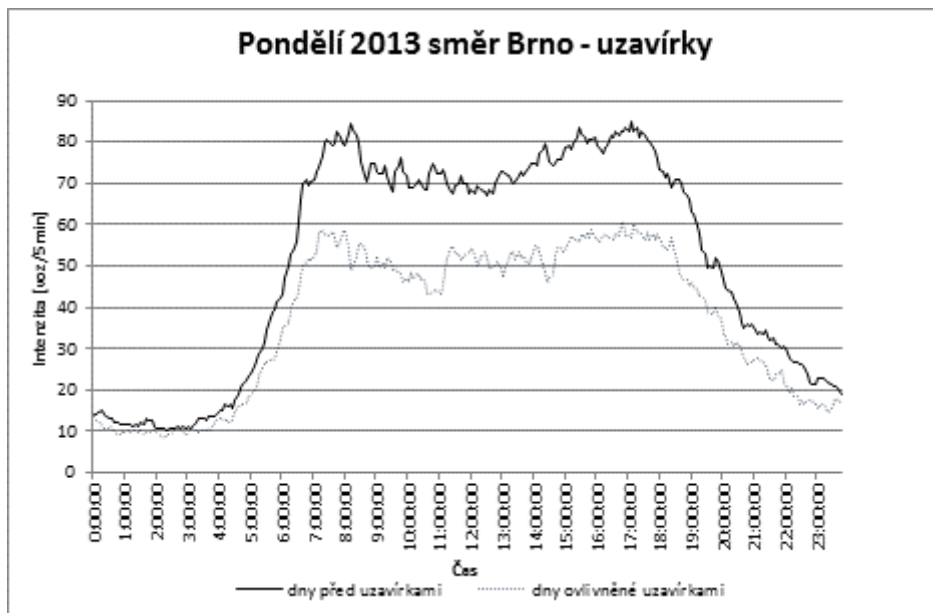
Ve směru na Brno vyhověly podmínce jen 3 % dní. Pro širší představu to je 5 dní z celkových 195 dní, pro které byla počítána vážená odchylka.

Ve směru na Prahu vyhovělo podmínce 6 %. To je 11 vyhovujících dní z celkových 184, pro které byla počítána vážená odchylka.

Tato nízká čísla bych zdůvodnil tak, že při výběru dní, které byly zvoleny pro referenční den, jsem volil dny, které měly variace dopravy skutečně co nejpodobnější. Pokud se mi zdály některé dny svými variacemi intenzit dopravy odlišné, byl to často velmi podstatný rozdíl. To si vysvětluji dopravními omezeními v modernizovaném úseku. Potvrzuje to i fakt, že v roce 2012 byl zdaleka nejvyšší počet dní, které splňovaly podmínku vážené odchylky.

Z tohoto závěru by se dalo vyvodit, že pokud byl v úseku v době modernizace nějaký dopravní problém, většinou byl z tohoto pohledu celkem zásadní. Pokud bychom chtěli,

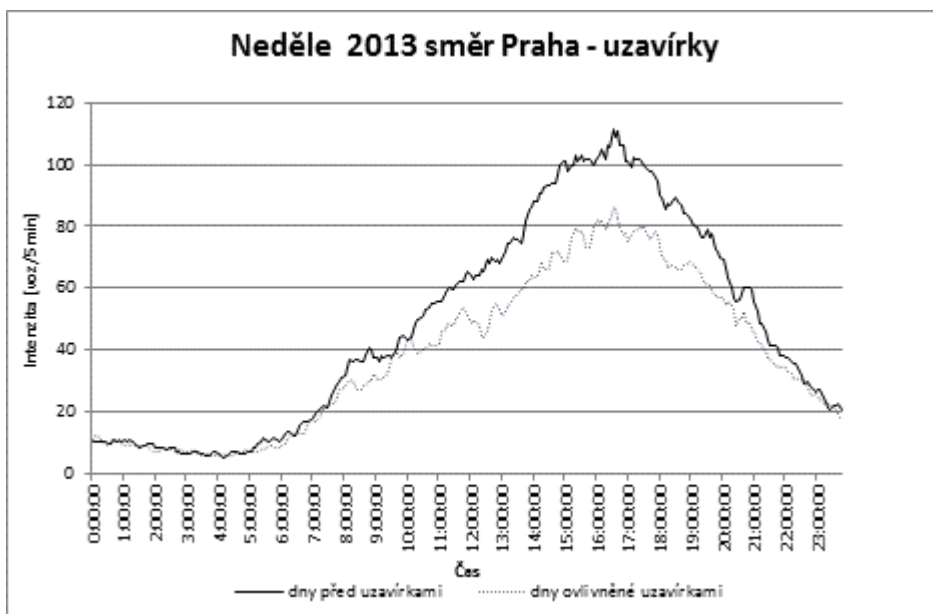
aby výsledný počet dní splňujících danou podmínku byl vyšší, museli bychom zvýšit hodnotu tolerančního pole. Z tohoto pohledu by tedy mohlo být zajímavé otestovat dny pro maximální přípustnou hodnotu vážené odchylky například 25 %.



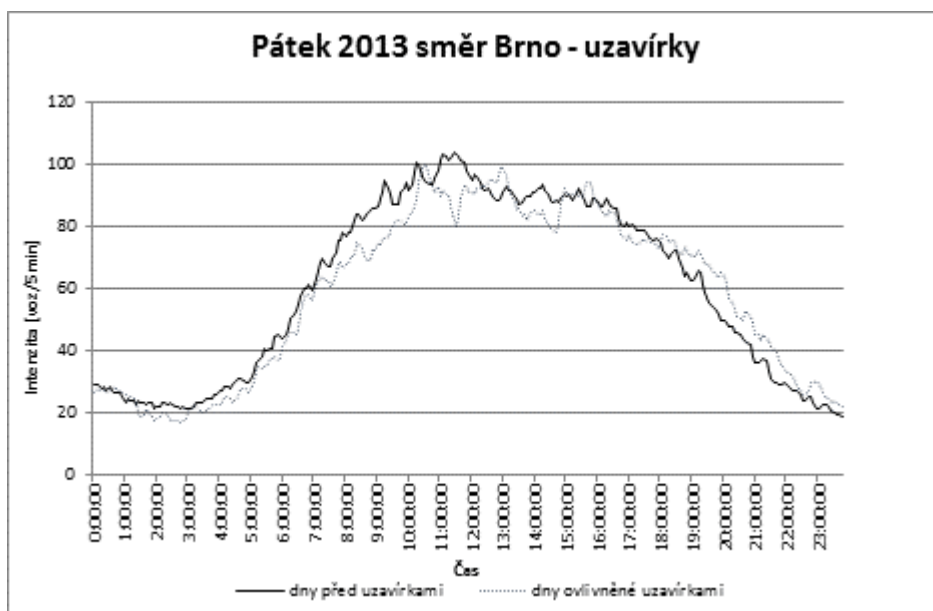
Graf 12: Porovnání variací intenzit dopravy v roce 2013 před a po začátku prvních uzavírek

Pro zajímavost jsem se ještě pokusil zjistit, jaký vliv měl na variace intenzit dopravy začátek modernizace. V roce 2013, konkrétně 9. května, začaly první práce na modernizaci úseku. Vzal jsem tedy všechny dny, například všechna pondělí, jejichž datum bylo nižší než 9. 5., jejich hodnoty zprůměroval a vytvořil tak průměrnou denní variaci intenzit dopravy pro tyto dny. Do stejného grafu jsem poté vykreslil obdobným způsobem získané hodnoty pro dny, které měly datum vyšší než 9.5. Z těchto grafů můžeme pozorovat, k jakým změnám došlo po začátku modernizace. Výše na *grafu 12* jsou takto znázorněna pondělí ve směru na Brno

Na tomto grafu můžeme zejména vidět, že po 9. květnu došlo ke snížení intenzit dopravy. Rozdíl je 20 vozidel za 5 minut. Rozdíl na tomto grafu je ze všech grafů největší. Dále ještě uvádím neděle ve směru na Prahu a pátky ve směru na Brno. Z grafů je vidět, že ne vždy jsou rozdíly tak velké. Zbylé grafy je možné prohlédnout v příloze.



Graf 13: Porovnání variací intenzit dopravy v roce 2013 před a po začátku prvních uzavírek



Graf 14: Porovnání variací intenzit dopravy v roce 2013 před a po začátku prvních uzavírek

4.6 Shrnutí

Před analýzou historických modelů bylo zapotřebí podrobněji vysvětlit pojmy jako variace dopravy a intenzita dopravy. V kapitole jsem popsal tvorbu historických modelů dle vytvořeného programu v Excelu. Dále jsem vysvětlil, co se z jednotlivých modelů dá vyčíst a zabýval se i statistikou vážené odchylky, kterou jsem při tvorbě modelů počítal. Pro hlubší analýzu chování dopravy však budou důležité i další typy modelů, kterými se zabývám v následujících kapitolách.

5 Trendové a sezónní modely intenzit dopravy

Stejně jako jsem v minulé kapitole popsal postup tvorby historických modelů, tak v této kapitole budu popisovat, jak a k čemu se tvoří trendové a sezónní modely. Pokud máme připravená data tak, jak potřebujeme, je potom tvorba trendových a sezónních modelů o mnoho jednodušší, než tvorba historických modelů. Dále se zde pokusím vyjasnit některé jevy, které jsme mohli pozorovat na historických modelech a některé další, které budeme pozorovat na trendových modelech.

5.1 Postup tvorby trendových modelů

Jak plyne z významu slova „trend“, jde o modely, které ukazují dlouhodobý vývoj. Nebudeme zde tedy sledovat vývoj intenzit v rámci jednoho dne, jako tomu bylo u historických modelů, ale průměrné 24 hodinové intenzity jednotlivých dní v týdnu v období březen – červen v letech 2012-2015. Samozřejmě opět budu sledovat oba jízdní směry dálnice.

Snahou je pomocí těchto grafů zjistit, jak modernizace dálnice D1 z dlouhodobého hlediska ovlivnila intenzitu dopravy, tedy počet vozidel, která projela touto komunikací za den.

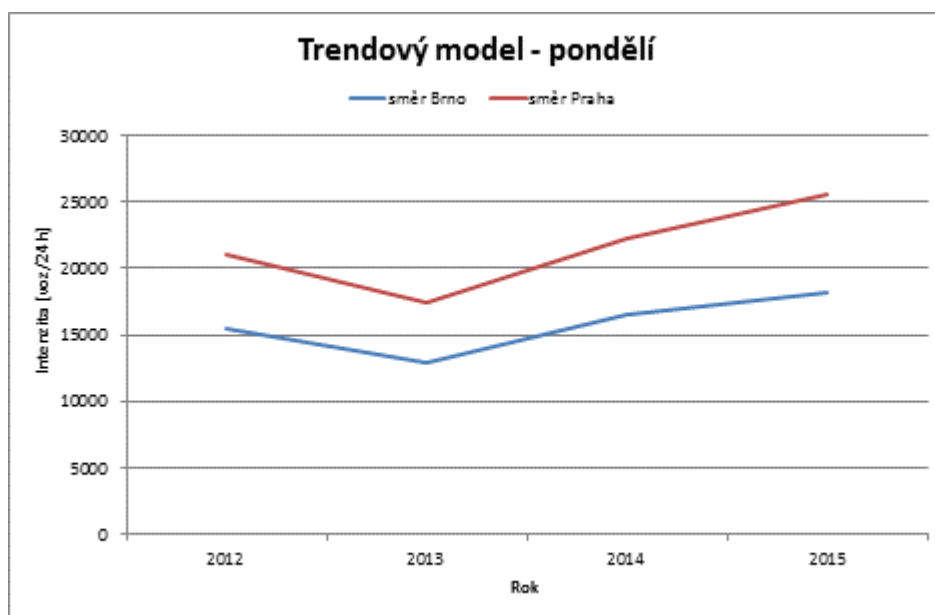
Jak jsem zmínil v úvodu kapitoly, postup vytvoření modelu je poměrně jednoduchý. Stačí zjistit celkový počet vozidel, která projela úsekem v daném dni v týdnu (např. v pondělí), takto zjistit celkové počty vozidel pro všechny tyto dny ve sledovaném čtyřměsíčním období a všechny výsledné hodnoty poté zprůměrovat. Tímto způsobem je nutné získat hodnoty pro všechny čtyři sledované roky a všechny dny v týdnu. Celkem je vytvořeno 7 grafů, a navíc jeden, kde je zprůměrovaný celý týden a nerozlišuje dny v týdnu.

5.2 Vyhodnocení trendových modelů

V tuto chvíli je důležité připomenout, že první fáze modernizace začala 9. 5. 2013. V této fázi došlo hlavně k vybudování přejezdů SDP, rozšíření levé poloviny vozovky o 0,75 m a bourání nadjezdů. V roce 2014 pak probíhala modernizace pravé poloviny

vozovky a doprava byla vedena v režimu 2+2 jízdní pruhy. V roce 2015 pak byla rekonstruována levá polovina vozovky.

Na *grafu 15* je znázorněn vývoj průměrných denních intenzit v letech 2012 – 2015 pro pondělí. Je patrné, že mezi roky 2012 a 2013 je trend křivky výrazně klesající. Průměrná denní intenzita ve směru na Prahu dosahovala v roce 2012 hodnoty 21 019 voz/den. V roce 2013 to bylo 17 468 voz/den. V roce 2013 tedy úsekem projelo asi o 3 500 vozidel za den méně než v roce 2012. V roce 2014 však hodnota průměrné denní intenzity opět poměrně výrazně vzrostla, její hodnota činila 22 204 voz/den. To je oproti roku 2013 nárůst o 4 736 vozidel za den. Trend křivky do roku 2015 je opět rostoucí, hodnota průměrné denní intenzity v tomto roce činila 25 550 voz/den.



Graf 15: Trendový model - pondělí

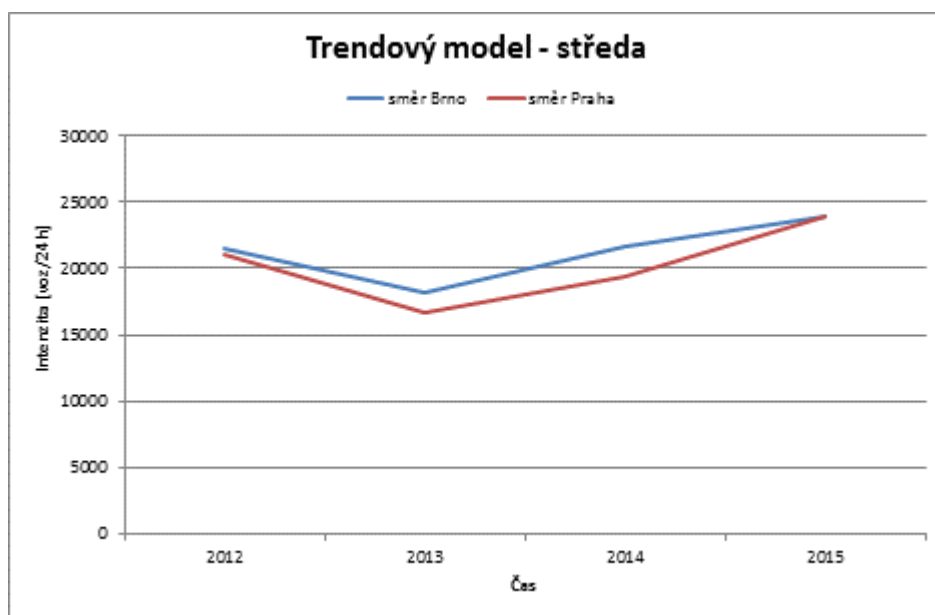
Graf nám ukazuje, že jednotlivé směry dálnice mohou být rozdílně zatížené. V minulé kapitole jsem dospěl k tomu, že v pondělí jsou vyšší intenzity ve směru na Prahu z důvodu velkého množství pracovních cest s cílem v Praze. Tento graf nám tedy toto tvrzení potvrzuje. Průměrné hodnoty denních intenzit v pondělí ve směru na Prahu jsou zhruba o 6 000 vozidel za den vyšší než ve směru na Brno. Tento rozdíl je obdobný pro všechny 4 roky.

Zároveň nám graf potvrzuje jev, který jsme viděli na historickém modelu pro pondělí na *grafu 8*. Mohli jsme vidět, že hodnoty intenzit byly v roce 2015 nejvyšší, což můžeme pozorovat i na tomto trendovém modelu.

Na *grafu 16* je trendový model pro středu. Je vidět že trend jednotlivých křivek je podobný jako v pondělí, čili z roku 2012 průměrná intenzita klesá do roku 2013 a poté stoupá. Rozdíl v hodnotách intenzit mezi jednotlivými směry dálnice již není tak znatelný, jako tomu bylo v pondělí. To je dáno tím, že středa je uprostřed pracovního týdne a je nejméně ovlivněna začátkem nebo koncem pracovního týdne.

Oproti pondělí se ve všech letech znatelně zvýšila průměrná intenzita ve směru na Brno, její hodnoty jsou v tento den již vyšší než ve směru na Prahu. Denní intenzita ve směru Brno vzrostla oproti pondělku v průměru o 5 521 vozidel za den. Rozdíl intenzit mezi jednotlivými směry ve všech 4 letech je v průměru pouze 1034 vozidel za den.

Opět můžeme pozorovat, že intenzity byly nejvyšší v roce 2015, stejně jako na historickém modelu na *grafu 9*.



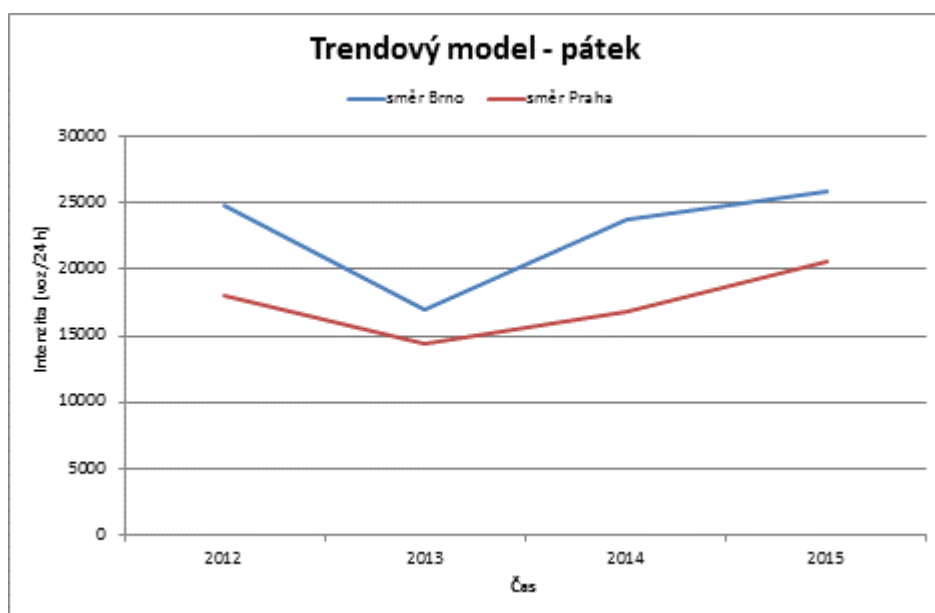
Graf 16: Trendový model - středa

Níže na *grafu 17* je trendový model pro pátek. Na něm můžeme mezi roky 2012 a 2013 ve směru na Brno pozorovat mnohem strmější pokles hodnot intenzit než v předchozích dnech. Rozdíl mezi průměrnými hodnotami 24 hodinové intenzity zde tvoří asi 7 800 vozidel. Zároveň je znatelný i strmější nárůst intenzit mezi roky 2013 a 2014. Průměrná hodnota intenzity zde vzrostla skoro o 6 700 vozidel. Trend křivky pro směr na Prahu je

obdobný jako v předešlých dnech. Zároveň v jednotlivých letech můžeme pozorovat i podstatně větší rozdíly intenzit mezi jednotlivými jízdními směry dálnice.

To je opět způsobeno tím, že v pátek odpoledne odjíždí velké množství automobilů pryč z Prahy. Jejich počet je podstatně vyšší než počet těch, které míří v pátek odpoledne do Prahy.

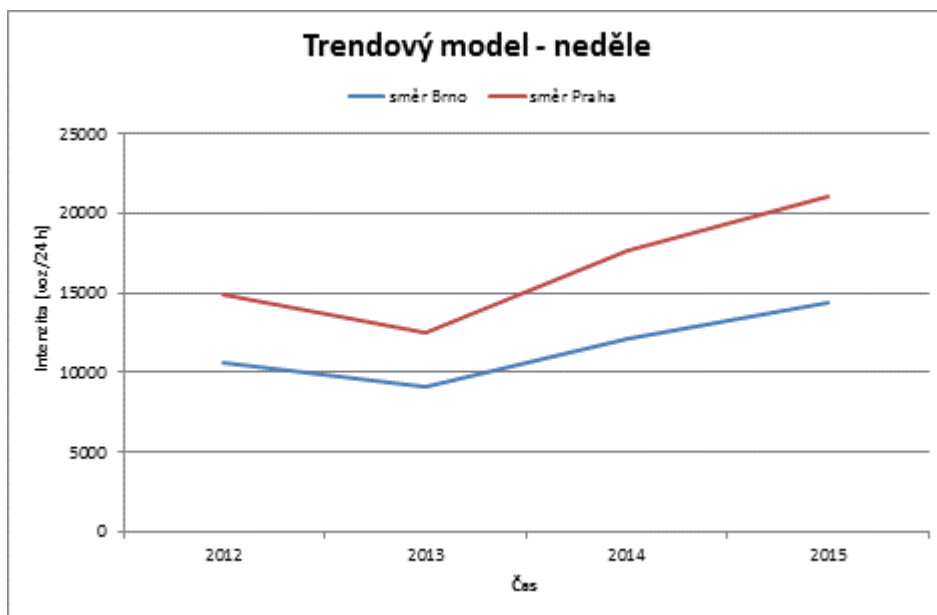
Zajímavé bude zjistit, proč právě v pátek můžeme pozorovat nejstrmější pokles křivky mezi prvními dvěma roky a proč následně došlo pro změnu k relativně prudkému růstu křivky. Tento jev se pokusím objasnit v závěru kapitoly.



Graf 17: Trendový model - pátek

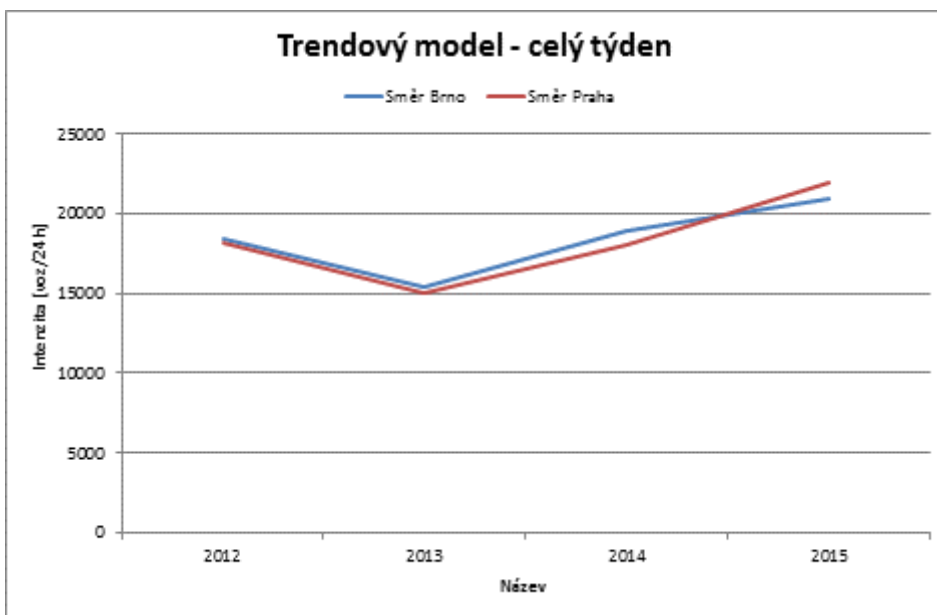
Na *grafu 18* je trendový model pro neděli. Zde můžeme vidět podobný vývoj intenzit mezi jednotlivými roky, jako tomu bylo například v pondělí. Jsou zde opět viditelné poměrně značné rozdíly mezi hodnotami intenzit v jednotlivých směrech dálnice.

Tento den je zajímavý také tím, že je zde vidět největší nárůst průměrné denní intenzity mezi lety 2012 – 2015 ve směru na Prahu. Nárůst činí asi 6 120 vozidel za den. To je další jev, nad kterým bude zajímavé se dále zamyslet.



Graf 18: Trendový model - neděle

Pro zajímavost ještě uvedu trendový model, který reprezentuje vývoj průměrné 24 hodinové intenzity celého týdne, nikoliv některého konkrétního dne. Vidět ho můžeme na *grafu 19*. Zde jen zmíním, že rozdíl intenzit mezi jednotlivými pruhy je minimální. Ačkoliv denní variace v jednotlivých směrech jsou v některých dnech výrazně odlišné, díky týdenním variacím pak hodnoty v obou směrech vyjdou v průměru téměř totožné.



Graf 19: Trendový model – celý týden

V této části kapitoly se dostávám k objasnění toho, co jsme mohli pozorovat na jednotlivých modelech. Pokusím se objasnit, proč můžeme mezi roky 2012 a 2013 sledovat klesající trend hodnot průměrných 24 hodinových intenzit.

Jedním z hlavních cílů této práce bylo dospět k závěru, jak se vyvíjela doprava během stavebních prací na modernizovaném úseku. Tento vývoj pozorujeme právě na trendových modelech.

V roce 2013, konkrétně 9. května, započaly stavební práce v úseku číslo 14 Větrný Jeníkov - Jihlava. Ovšem ovlivňování dopravy začalo již nějakou dobu před datem, kdy došlo k prvním dopravním opatřením. Došlo k tomu zejména formou médií. Modernizace byla v médiích velmi intenzivně diskutované téma, ať se jednalo o diskuse ohledně zvolených technických postupů stavebních prací modernizace, nebo o diskuse ohledně dopravně inženýrských opatření.

Přáním dopravních inženýrů a projektantů bylo snížit počet vozidel projíždějících modernizovaným úsekem, aby se preventivně předešlo možným kongescím v místech s dopravním omezením. Jelikož modernizace dálnice D1 je velice rozsáhlým a dlouhodobým projektem, který v České republice dosud neměl obdoby, nedalo se s jistotou předpovědět, zda navržená dopravně inženýrská opatření budou kapacitně vyhovovat.

Proto tedy bylo žádoucí pomocí médií apelovat na veřejnost, aby se inkriminovaným místům dálnice preventivně vyhýbala, zejména v potenciálně nebezpečných dobách. Za takovou dobu se dá považovat třeba pátek nebo neděle odpoledne.

Jak lze vidět z historických a trendových modelů, počet vozidel v modernizovaném úseku skutečně v roce 2013 poklesl. Řidiči tedy zřejmě z důvodu vyhnutí se případným kongescím preventivně volili jiné trasy svých cest. Pomocí modelu „rychlost – intenzita“ v další kapitole se pokusím ověřit, že nešlo o snížení intenzity dopravy z důvodu vysokých hustot dopravního proudu, ale o snížení celkového počtu vozidel projíždějících tímto úsekem.

Dále je potřeba objasnit, proč po roce 2013 došlo pro změnu k relativně prudkému nárůstu průměrných intenzit. Dá se předpokládat, že dopravně inženýrská opatření

kapacitně vyhovovala a kvalita dopravy v úseku byla únosná. Řidiči se zřejmě přestali obávat cesty po D1 a začali ji pro své cesty opět více využívat.

Je důležité pokusit se ověřit, zda realizovaná dopravně inženýrská opatření skutečně kapacitně vyhovovala. To se pokusím vyhodnotit v další kapitole pomocí modelu „rychlost – intenzita“.

5.3 Postup tvorby sezónních modelů

Hned v úvodu je potřeba uvést, že nejde o sezónní modely v tom pravém smyslu. Pomocí sezónních modelů zjišťujeme vývoj intenzit dopravy v rámci jednotlivých ročních období během celého roku. V praxi se zjišťují rozdíly v celkových intenzitách v jarních, letních, podzimních a zimních měsících. Díky intervalu, pro který vyhodnocuji data, (1. 3. – 1. 6.) mohu vyhodnotit pouze jarní a letní měsíce. Ačkoliv model neodpovídá přesné definici, budu ho přesto nazývat sezónním modelem.

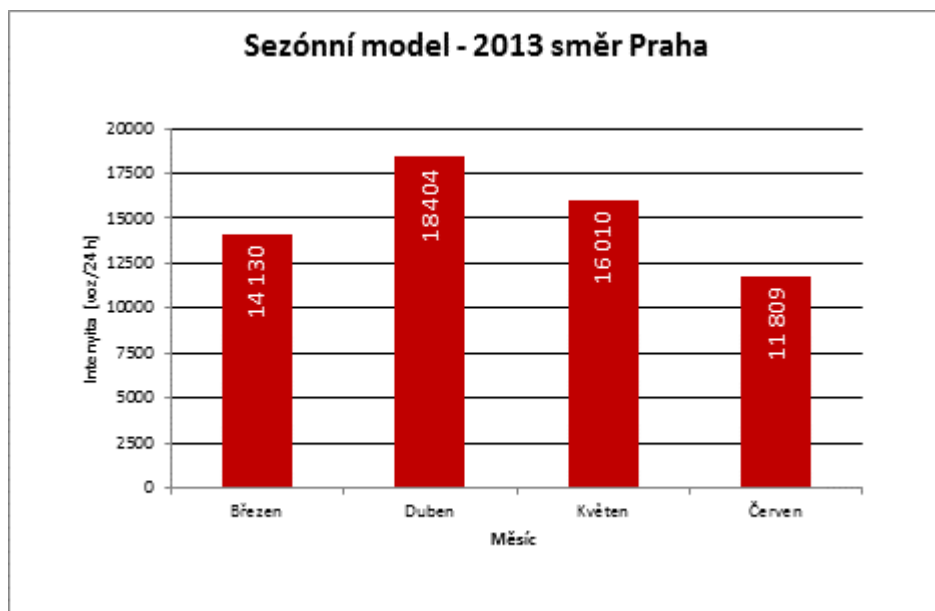
Jak jsem napsal v odstavci 4.1, je vhodné provádět průzkumy v určitých měsících v roce. To je dáno právě rozdílem v hodnotách intenzit v měsících, které jsou ovlivněny sezónními vlivy, tedy ročními variacemi intenzit dopravy. Mému intervalu odpovídají měsíce březen, duben, květen, červen. V tomto případě budu za jarní měsíce považovat březen, duben a květen, červen budu považovat za letní měsíc. Cílem bude zjistit, jak se vyvíjí průměrná 24 hodinová intenzita dopravy v jednotlivých měsících ve zmíněném intervalu.

Pro tento model je tedy potřebné zjistit průměrnou 24 hodinovou intenzitu dopravy pro každý měsíc ze sledovaného intervalu. Toho dosáhneme tak, že zjistíme počty zaznamenaných vozidel ve všech dnech celého měsíce, a tyto hodnoty pak zprůměrujeme.

5.4 Vyhodnocení sezónních modelů

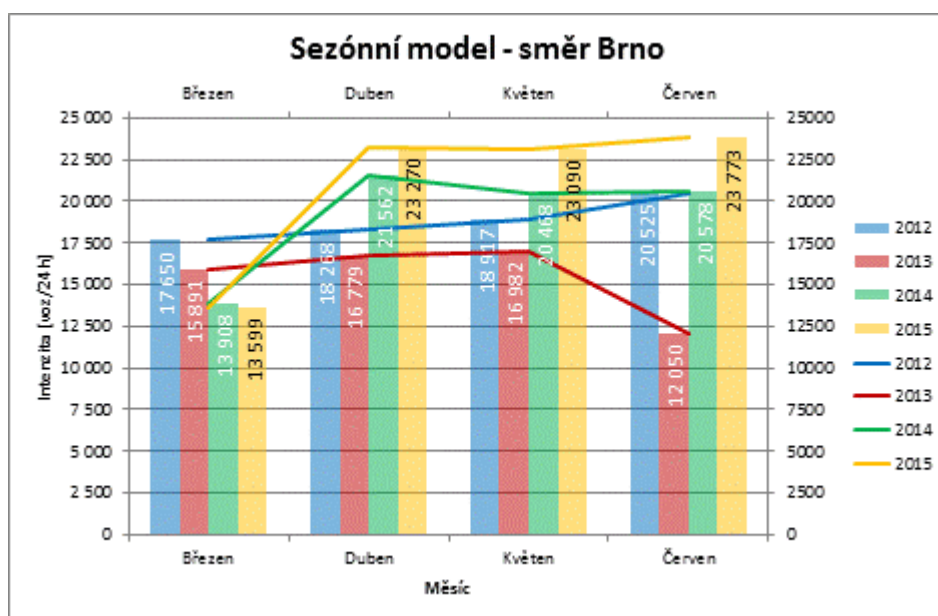
V této úloze budu opět rozlišovat oba směry dálnice. Výsledkem je 8 sloupcových grafů. Pro účely lepšího porovnání mezi jednotlivými roky jsem vytvořil dva grafy, ve kterých jsou znázorněny všechny čtyři roky dohromady.

Na *grafu 20* můžeme vidět sezónní model pro rok 2013. Mezi březnem a dubnem je vidět relativně vysoký nárůst počtu vozidel, nicméně poté hodnoty opět klesají a v červnu jsou nejnižší. Zde bych připomněl, že podobný jev jsme mohli pozorovat na grafech v odstavci 4.5, kde jsem porovnával průběhy intenzit před a po počátku modernizace. Také jsme na nich mohli pozorovat, že v květnu začaly intenzity klesat.

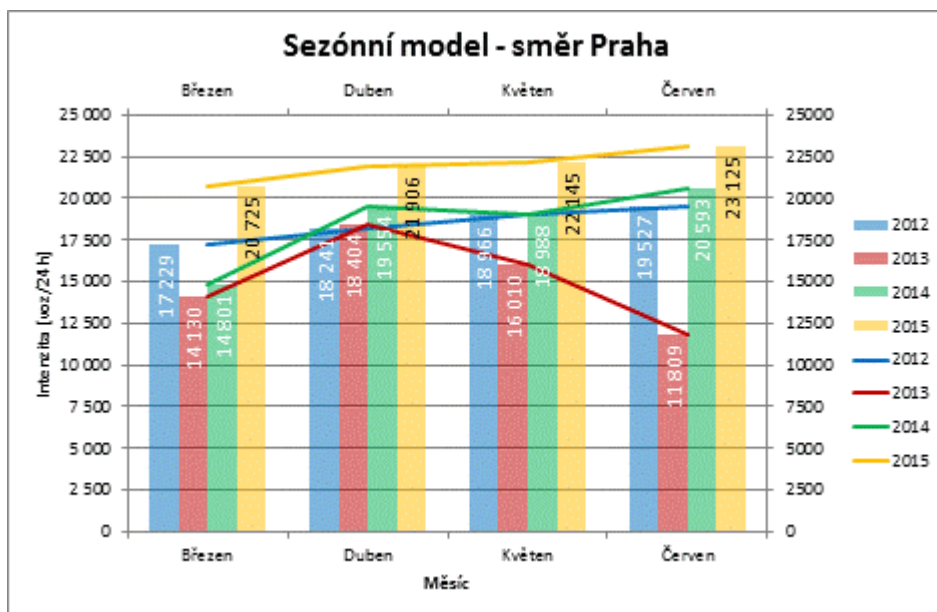


Graf 20: Sezónní model pro rok 2013

Na dalších dvou grafech níže jsou již vidět sezónní modely všech čtyř let v jednom grafu.



Graf 21: Sezónní modely roků 2012-2015 ve směru na Brno



Graf 22: Sezónní modely roků 2012-2015 ve směru na Brno

Zde bychom si měli uvědomit, že pouze v roce 2013 začínala modernizace až v květnu. V letech 2014 a 2015 v úseku začaly práce vždy za začátku jara, většinou ke konci března, pochopitelně to záleželo na klimatických podmínkách.

Z grafů je patrné, že v jarních měsících jsou intenzity nižší než v letních měsících, kromě roku 2013. Proč ale intenzity v prvním roce modernizace tolik poklesly, jsme si vysvětlili již dříve.

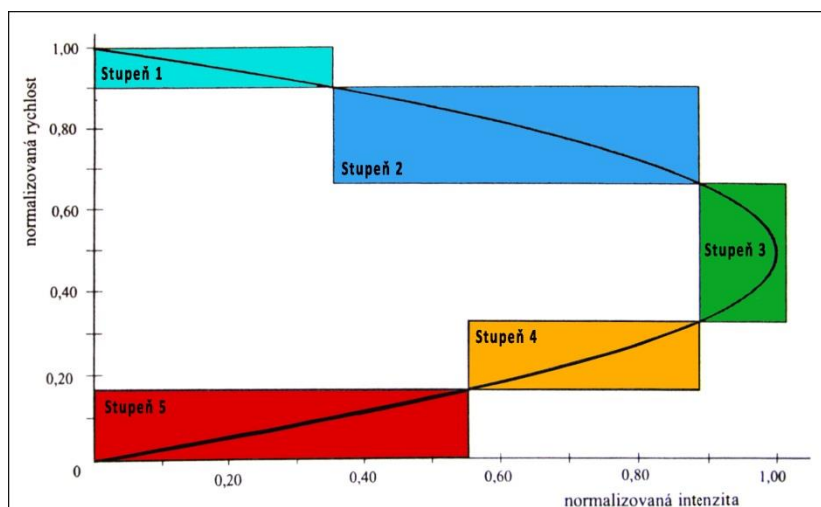
5.5 Shrnutí

V této kapitole jsem vysvětlil, jak se tvoří trendové a sezónní modely. Oproti tvorbě historických modelů byl postup o mnoho jednodušší. V závěrečné části kapitoly o trendových modelech jsem už dosáhl některých zjištění a dosáhl částečných cílů práce. Objasnili jsme zde, proč nastal znatelný pokles intenzit v roce 2013 a jejich následný nárůst. Ze sezónních modelů jsme vyčetli vývoj intenzit ve 4 měsících v rámci jednotlivých roků. Model pro rok 2013 mi potvrdil, že se začátkem modernizace skutečně nastal výrazný pokles intenzit. V další kapitole se budu zabývat hodnocením kvality dopravy.

6 Hodnocení kvality dopravy

Vztah mezi třemi základními charakteristikami dopravního proudu jsem již popsal rovnicí (8) v odstavci 4.1. Pro popis vztahu mezi těmito třemi charakteristikami však můžeme využít i makroskopický model dopravního proudu. Jelikož jde o třídimenzionální model, je obvyklejší zobrazovat závislosti mezi q , v a k ve 2D rovině. Pro tyto účely slouží dobře známé grafy zobrazující vztahy „rychlost – hustota“, „intenzita – hustota“, „rychlost – intenzita“. Hodnocení kvality dopravy jsem v této kapitole prováděl na základě modelu rychlost – intenzita. [10]

V této kapitole vytvořím 2D model „rychlost – intenzita“ a ověřím tak, zda se komunikace ve sledovaném úseku během stavebních prací nacházela na mezi kapacity či nikoliv. Model „rychlost – intenzita“ má při odvození z Greenshieldova lineárního modelu „rychlost – hustota“ parabolický tvar závislosti. Ilustrace modelu s ukázkou principu klasifikace dopravy je níže na *obrázku 14*.



Obrázek 14: ukáзка modelu „rychlost-intenzita“ s ukázkou principu klasifikace dopravy, Zdroj [10]

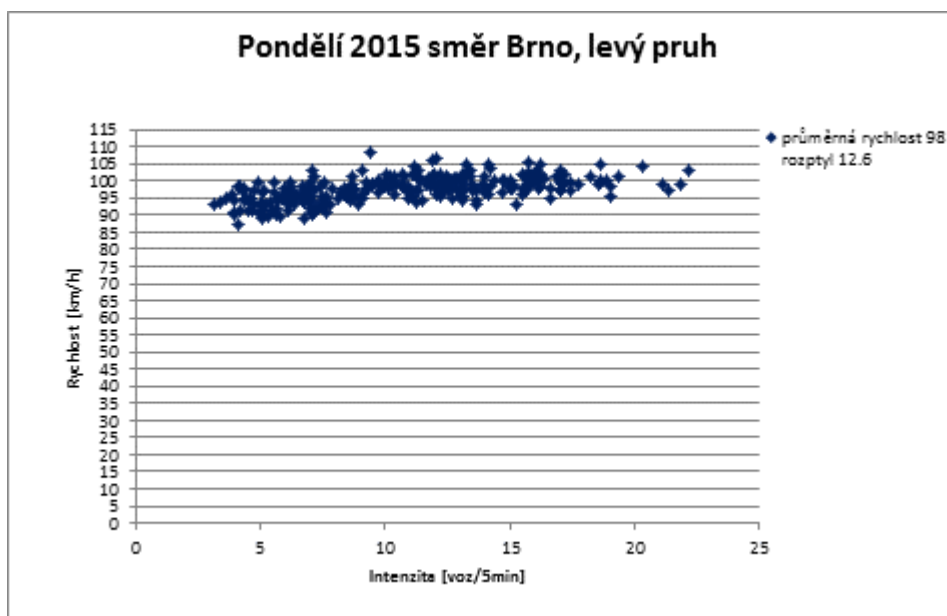
V tomto modelu jsou dva body s nulovou intenzitou. V prvním případě bude nulová intenzita při maximální rychlosti. K tomuto stavu dochází při nulové hustotě provozu. Dále je zde nulová intenzita při nulové rychlosti, k tomuto stavu dochází naopak při maximální hustotě provozu. Ve vrcholu paraboly je potom maximální intenzita a komunikace je v tomto bodě na mezi své kapacity. Pomocí tohoto modelu lze provádět klasifikaci dopravy (Level of Service). V České republice rozlišujeme 5 stupňů dopravy, čísla 1 – 5. Rozložení jednotlivých stupňů dopravy je schematicky barevně naznačeno na *obrázku 14*.

Rozhodl jsem vytvořit model „rychlost – intenzita“ pro některé dny v roce 2015, kdy se na dálnici jezdilo v režimu 2+2 jízdní pruhy na jednom jízdním pásu. Vybral jsem ty dny v týdnu, na kterých jsem ukazoval i historické a sezónní modely. Tedy pondělí, středu, pátek a neděli. Tyto dny z toho důvodu, že bývají v rámci týdenních variací intenzit dopravy vystaveny největším náporům vozidel a potenciálně je zde možné očekávat problémy. V roce 2014 byl stejný typ dopravního omezení a v roce 2013 byla dopravní omezení až od května, a měla proměnný charakter. Proto je zde zkoumán hlavně rok 2015. Pro rok 2013 jsem ověřil pouze pátek, jelikož v tento den jsme na historických modelech mohli pozorovat největší propady intenzit.

Jelikož na dálnici jezdí kromě osobních automobilů i velké množství nákladních vozidel, nechová se celý dopravní proud v profilu stejně. Sledovat tedy budu pouze levý jízdní pruh, jelikož nákladní automobily měly v úseku zakázané předjíždění. Nákladní vozidla by se zde tedy neměla vůbec nacházet.

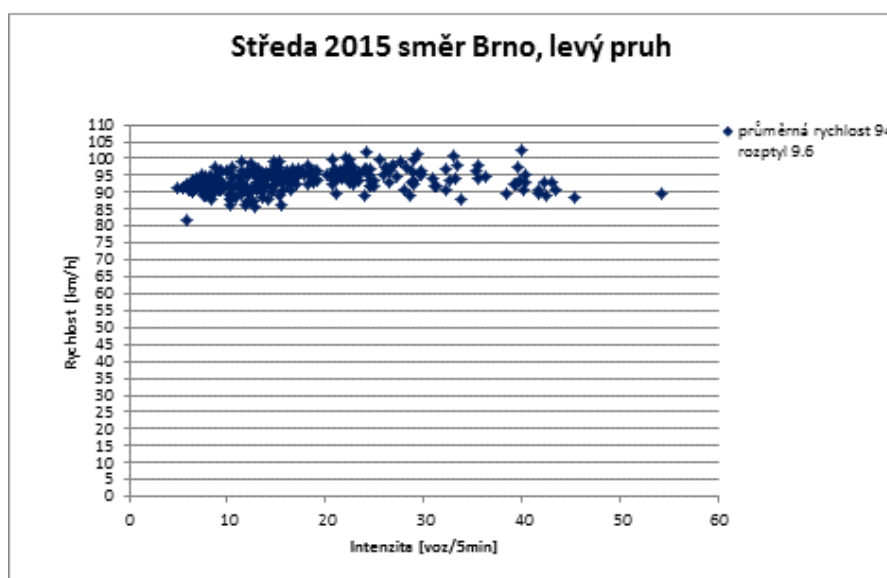
Model jsem tvořil vždy pro průměrné hodnoty konkrétního dne od data, kdy v březnu začaly stavební práce po zimní pauze. Pro rok 2015 to bylo 19.3. Průměroval jsem tedy dny po tomto datu do 30. 6. 2015. Na stejném principu jsou vytvořeny i další dny.

Níže na *grafu 23* je uveden model pro pondělí. Modely jsou tvořeny z pětiminutových hodnot. V pravé části grafu je uvedena průměrná rychlost všech hodnot a jejich rozptyl.

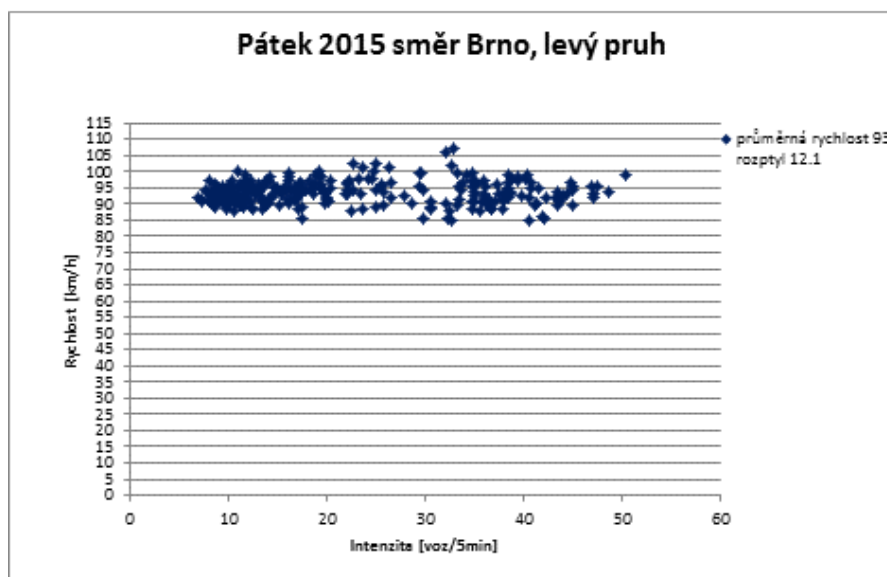


Graf 23: Model Rychlost – Intenzita pro průměrné pondělí 2015 ve směru na Brno

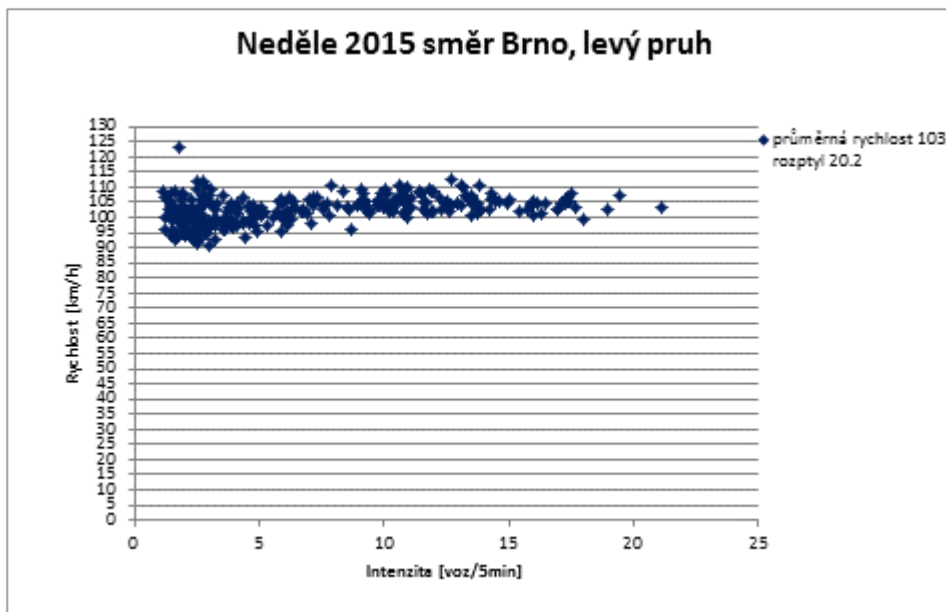
Z grafu je dobře vidět, že hodnoty rychlostí většiny vozidel jsou v intervalu 95 – 110 km/h, což je poměrně úzký interval odpovídající stupni 1, kdy vozidla jedou ve volném proudu. Jednotlivými body by se měla proložit parabola, jako je vidět na *Obrázek 14*. V tomto případě je to ale nemožné, jelikož rozptyl rychlostí je velmi nízký. Teoretický vrchol paraboly by představoval 3. stupeň dopravy. Další stupně bychom stanovili tak, že bychom stanovili toleranci 5 km/h na každou stranu od vrcholu paraboly, kdy hodnoty pod vrcholem by představovaly 4. a 5. stupeň dopravy a hodnoty nad vrcholem 2. a 1. stupeň dopravy. Je také zajímavé si uvědomit, že v úseku s dopravním omezením byla maximální povolená rychlost omezena na 80 km/h. Vzhledem k tomu, že všechny hodnoty jsou nad 80 km/h, dá se usoudit, že komunikace kapacitně vyhovovala. Dále jsou uvedeny grafy pro zbylé dny.



Graf 24: Model Rychlost – Intenzita pro průměrnou středu 2015 ve směru na Brno



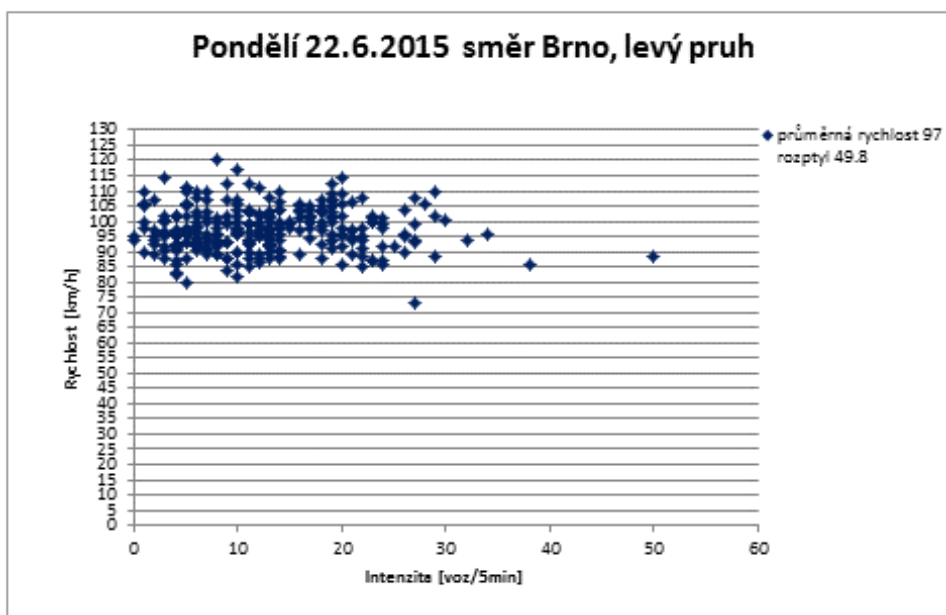
Graf 25: Model Rychlost – Intenzita pro průměrný pátek 2015 ve směru na Brno



Graf 26: Model Rychlost – Intenzita pro průměrnou neděli 2015 ve směru na Brno

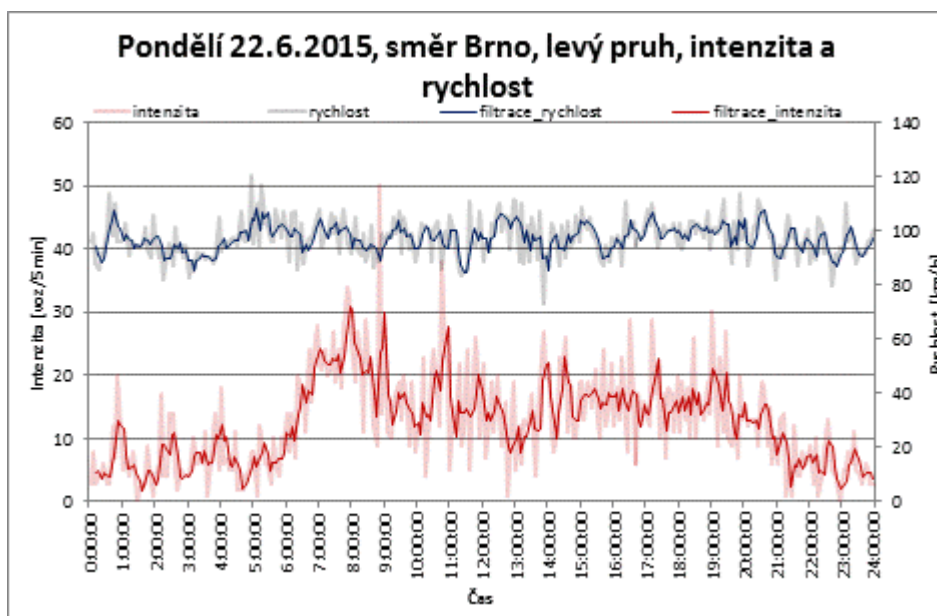
Je patrné, že v ostatních dnech je situace velmi obdobná. Kdybychom vytvořili tyto modely pro nějaké konkrétní dny, pravděpodobně by výsledky nevycházely takto pěkně. Zde je vidět průměr všech dní za celé sledované období, tudíž je výsledek trochu idealizován.

Na *grafu 27* je pro ukázkou model náhodně vybraného pondělí ze sledovaného období. Můžeme vidět, že v jednom bodě klesla rychlost přibližně na 73 km/h. Pro lepší představu jsem do *grafu 28* vykreslil průběh rychlostí a intenzit celého dne. Slabě červená křivka v něm představuje průběh intenzit, a slabě modrá průběh rychlostí.



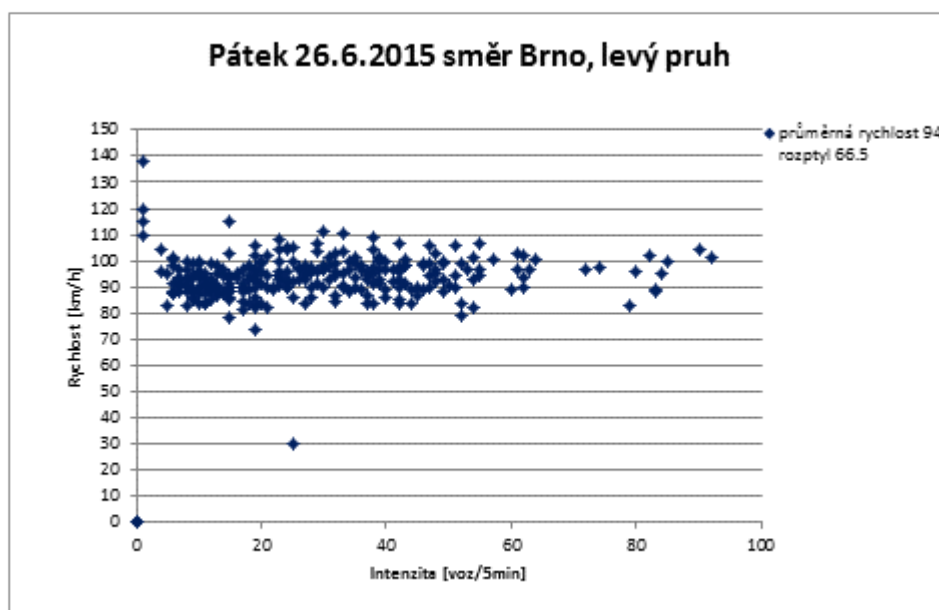
Graf 27: Model Rychlost – Intenzita, pondělí 22. 6. 2015, směr Brno, levý pruh

Výraznější křivky jsou hodnoty vyfiltrované klouzavým průměrem z 3 posledních hodnot. Nejnižší hodnotu rychlosti 73 km/h vidíme v čase 14:00. Ve stejném čase můžeme u průběhu intenzity pozorovat lokální nárůst zhruba o 30 vozidel za 5 minut. Zřejmě tedy sledovaný bod znamenal zvýšení hustoty provozu.



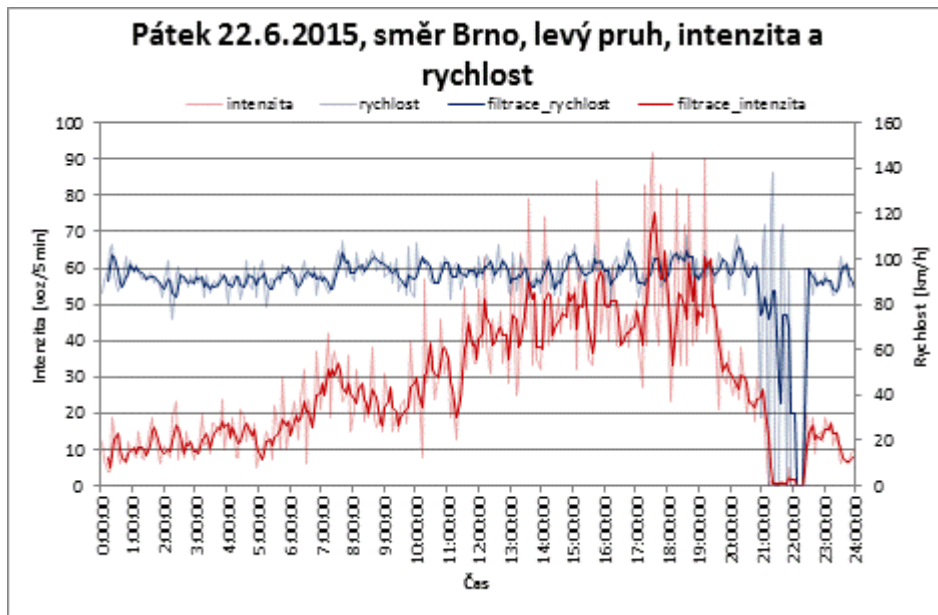
Graf 28: Intenzita (červená křivka) se vztahuje k levé svislé ose, rychlost (modrá) k pravé ose

Jako další den jsem vybral pátek 26. 6. 2015 ve směru na Brno, který můžeme vidět na grafu 29. Jde o pátek před prvním prázdninovým víkendem. Zde nás opět bude zajímat odchýlený bod s hodnotou rychlosti 30 km/h.



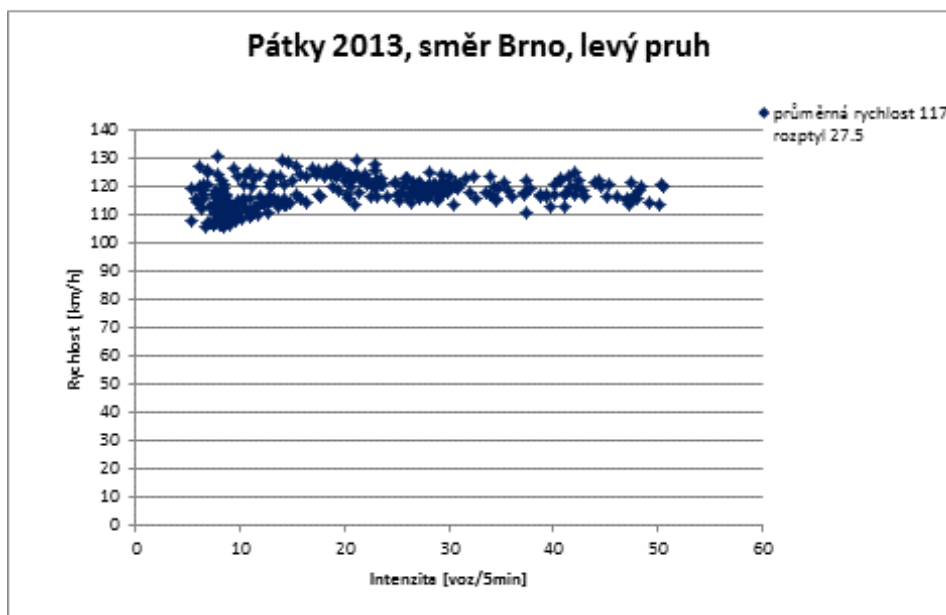
Graf 29: Model Rychlost – Intenzita, pátek 26. 6. 2015, směr Brno, levý pruh

Opět jsem pro tento den udělal graf s průběhem rychlosti a intenzity, viz *graf 30*.



Graf 30: Intenzita (červená křivka) se vztahuje k levé svislé ose, rychlost (modrá) k pravé ose

Na něm můžeme v čase 21:00 až 22:00 vidět poměrně výraznou anomálii, kdy začaly jednotlivé záznamy rychlostí i intenzit klesat na nulu. Hodnota rychlosti 30 km/h nastala v čase asi 21:00. Důležité je vzít v potaz, jak vypadá nevyfiltrovaný průběh rychlostí. Jednotlivé rychlosti zde střídavě nabývaly hodnoty mezi 0 km/h a 120 km/h, z čehož usuzuji, že jde o šum způsobený detektorem, a nikoliv o kongesci, která by zapříčinila zvýšení hustoty provozu.

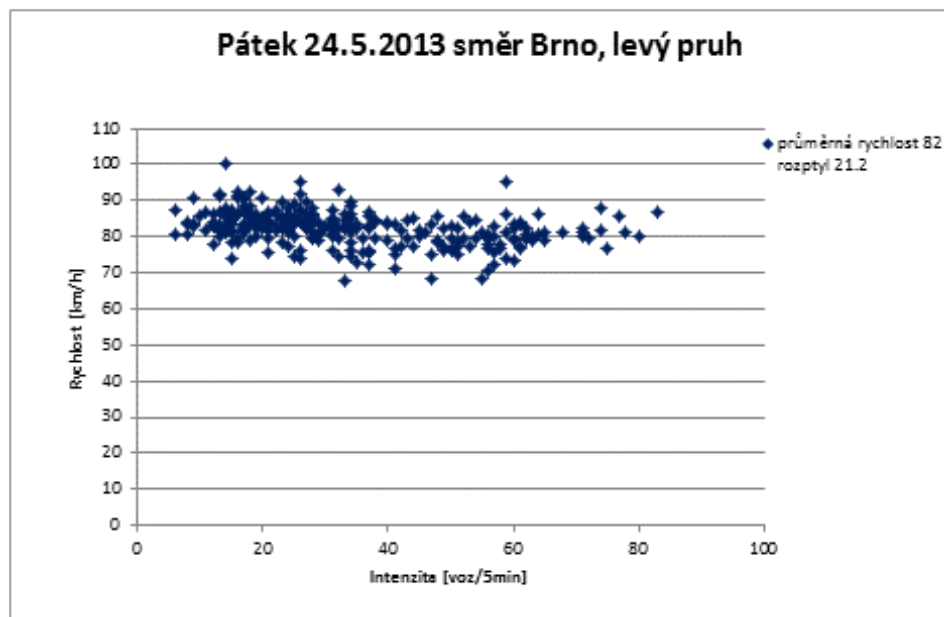


Graf 31: Model Rychlost – Intenzita, pátek 2013, směr Brno, levý pruh

Na *grafu 31* je model pro všechny pátky v intervalu 1. 3. 2013 až 1. 6. 2013. Pátek jsem vybral z toho důvodu, že v historických modelech měl největší propad intenzity.

Chtěl bych tedy ověřit, zda propad intenzity způsobily časté kongesce, nebo se řidiči zejména v tento den dálnici skutečně vyhýbali.

Stavební práce ve sledovaném období v roce 2013 neprobíhaly celou dobu. Z toho důvodu jsem ještě vytvořil model pro jeden konkrétní pátek, kdy zde stavební práce probíhaly. Vidět ho můžeme na *grafu 32*.



Graf 32: Model Rychlost – Intenzita, pátek 24. 5. 2015, směr Brno, levý pruh

Pokud by v úseku vznikaly kongesce, rozptyl rychlostí by byl mnohem větší a většina hodnot by se nepohybovala kolem 80 km/h. Z toho usuzuji, že v pátek v roce 2013 došlo ke snížení intenzit skutečně z důvodu nižšího množství vozidel, která úsekem projela, a nikoliv díky častým kongescím.

6.1 Shrnutí

V rámci této kapitoly již bylo dosaženo většiny hlavních cílů práce. Hodnotil jsem kvalitu dopravy pomocí modelů rychlost – intenzita a k některým jsem vytvořil grafy s časovými průběhy intenzity a rychlosti. V závěru kapitoly jsem dospěl k výsledku, že komunikace v průběhu modernizace neměla zásadní kapacitní problémy, samozřejmě za předpokladu, že nedošlo k nějakému dopravnímu excesu.

7 Interpretace výsledků

Jak vyplývá z *obrázku 2* na začátku 3. kapitoly, po zpracování a analýze dat je potřeba výsledky nějakým způsobem interpretovat. Tímto krokem se budu zabývat v této kapitole.

K interpretaci výsledků částečně došlo v předešlých kapitolách, nebyly však použity všechny výsledné modely. Jak jsem již zmínil, zbylé grafy se dají prohlédnout i v příloze v této práci. Vzhledem k tomu, že jde o typ výsledků, které je potřebné mezi sebou porovnávat, nemyslím si, že je vhodné, aby k prohlížení grafů docházelo pouze v příloze této práce.

Rozhodl jsem se tedy z tohoto důvodu naprogramovat prohlížeč historických, trendových i sezónních modelů. V této kapitole popíši, jak prohlížeč vznikl a jak funguje.

7.1 Prohlížeč modelů

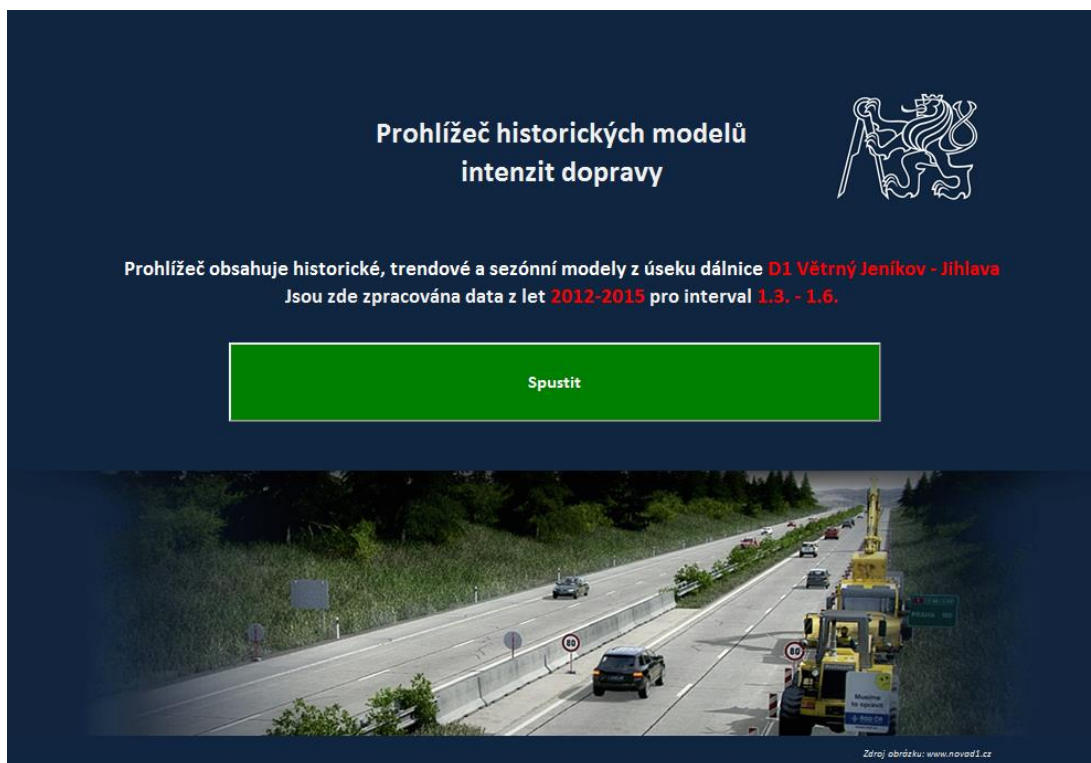
Prohlížeč funguje na principu výběru dvou konkrétních grafů a možnosti jejich vizuálního porovnání. Prohlížeč je naprogramován opět v softwaru Microsoft Excel v prostředí Visual Basic.

Úvodní obrazovka prohlížeče je na klasickém listu v Excelu, vidět ji můžeme na *obrázku 15*. Je na ní uvedena informace jaká data se v programu dají prohlížet.

Tlačítko spustit je vytvořeno jako klasický ovládací prvek ActiveX. Je mu přiřazeno makro, které při kliknutí spustí program a zobrazí první uživatelské okno. První uživatelské okno se jmenuje „Výběr modelu“ a je vidět na *obrázku 16*.

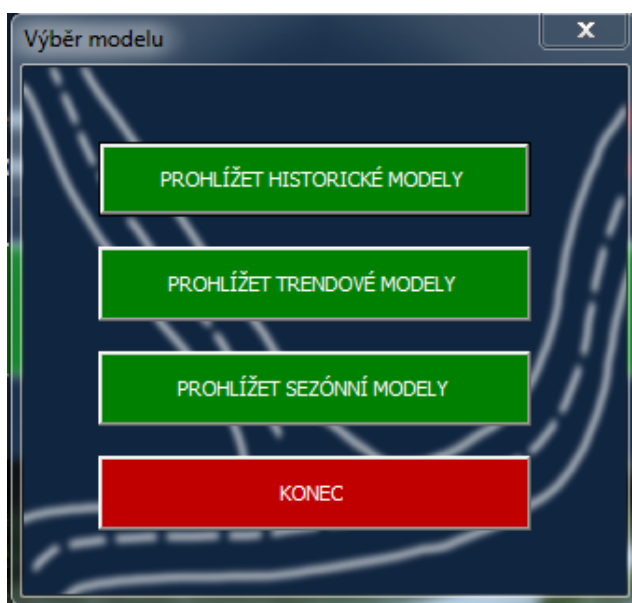
Toto uživatelské okno je již vytvořeno ve Visual Basic jako UserForm. Funguje to tak, že si v uživatelském rozhraní UserForm nadefinujeme, jak by uživatelské okno mělo vypadat. Definovat zde můžeme velké množství atributů. Základním atributem je nastavení velikosti budoucího uživatelského okna, do kterého poté můžeme přidávat jednotlivé prvky. Na výběr jsou zde tlačítka, checkboxy, combo boxy, textová pole a

různé přepínače. Pokud má být prvek nějakým způsobem funkční, je třeba mu přiřadit makro.



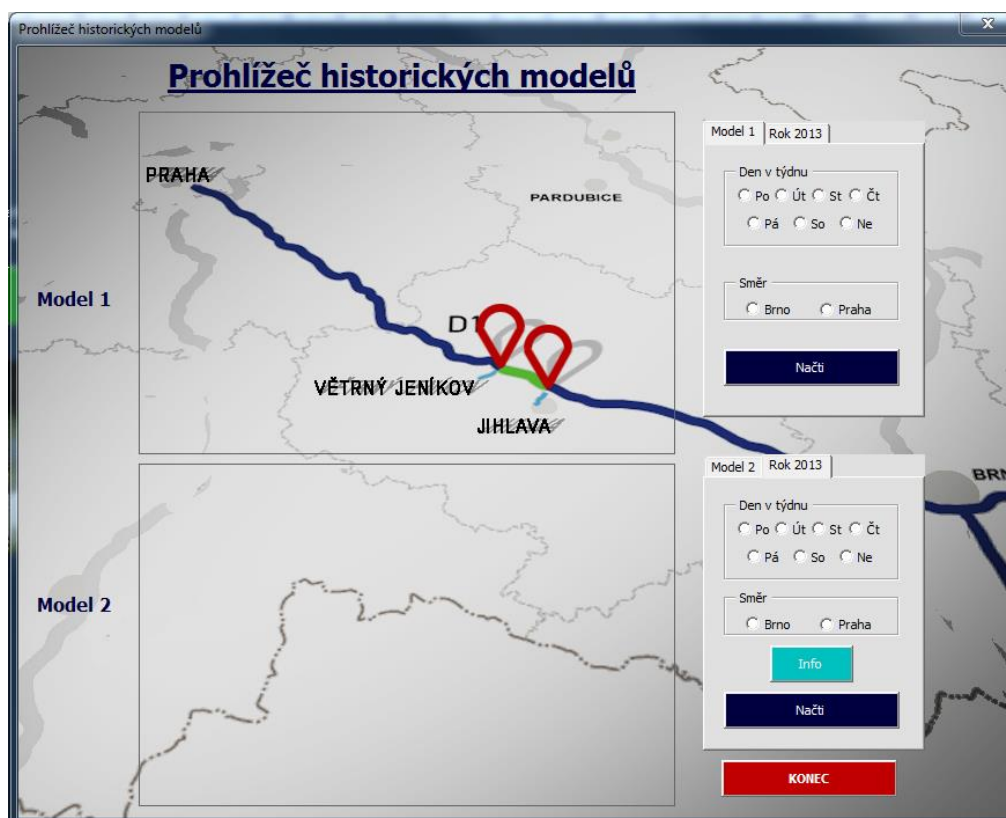
Obrázek 15: Úvodní obrazovka prohlížeče modelů

Na prvním uživatelském okně z obrázku 16 jsou definována 4 tlačítka, kterým jsou přiřazena jednoduchá makra. První tři tlačítka po kliknutí spustí příslušné uživatelské okno. Podle toho, jaký typ modelů chceme prohlížet, se nám otevře uživatelské okno přizpůsobené vybranému typu modelu. Poslední tlačítko vypne prohlížeč.



Obrázek 16: uživatelské okno s volbou typu modelu

Po kliknutí na tlačítko „Prohlížet historické modely“ se otevře uživatelské okno, které můžeme vidět na *obrázku 17*. Na jeho pozadí je na mapce ilustrativně naznačena poloha úseku, pro který jsou modely vytvořeny. V prostřední části jsou dva rámečky, do kterých se dále načte příslušný graf. V pravé části uživatelského okna jsou přepínače, pomocí kterých si můžeme zvolit, jaký historický model chce načíst. Jak jsem psal ve dřívější kapitole, sloučil jsem všechny roky do jednoho grafu, to je důvod proč se zde nedá vybrat rok. Vybírat tedy můžeme den v týdnu a jízdní směr dálnice. V rámečku pro výběr modelu se můžeme přepnout mezi dvěma záložkami. Na záložkách Model 1



Obrázek 17: Uživatelské rozhraní pro prohlížení historických modelů

nebo Model 2 vybíráme historické modely. Na záložce rok 2013 vybíráme modely zmíněné na konci odstavce 4.5. Po kliknutí na tlačítko „Načti“ se do rámečku vedle načte příslušný graf.

Měl jsem na výběr dvě možnosti, jak naprogramovat zobrazování grafů. Buď by se grafy v reálném čase tvořily dle zvoleného výběru z dat na nějakém listu v Excelu, nebo jsem mohl načítat hotové grafy jako obrázky z nějaké složky. Zvolil jsem druhou variantu a to z jednoduchého důvodu. Grafy jsem již měl z Excelu vyexportované jako obrázky za účelem jejich vložení do textové části této práce. Další důvod je, že první

způsob by byl z programátorského hlediska o mnoho složitější a časově náročnější, navíc, jak jsem se přesvědčil při zpracování hrubých dat pro tvorbu těchto grafů, Excel ani zdaleka není nejvhodnějším nástrojem pro zpracovávání velkého množství dat.

Způsob, jakým se tedy grafy do prohlížeče načítají je následující. Všechny grafy, které jsem vytvořil, mají logickou syntaxi svých názvů. Skládají se z názvu dne, intervalu roků, pro který jsou zpracované a z popisu směru dálnice. Jakmile tedy aktivuji přepínač „Po“, načte se mi do příslušné proměnné název „Pondělí“. Obdobně je to u volby směru, zde se do proměnné načítá „směr Praha“ nebo „směr Brno“.

```
' den
If OptionButton5.Value = True Then
den = "Pondělí"
End If

If OptionButton6.Value = True Then
den = "Úterý"
End If

If OptionButton7.Value = True Then
den = "Středa"
End If

If OptionButton8.Value = True Then
den = "Čtvrtek"
End If

If OptionButton9.Value = True Then
den = "Pátek"
End If

If OptionButton10.Value = True Then
den = "Sobota"
End If

If OptionButton11.Value = True Then
den = "Neděle"
End If

' Směr
If OptionButton12.Value = True Then
smer = "směr Brno"
End If

If OptionButton13.Value = True Then
smer = "směr Praha"
End If

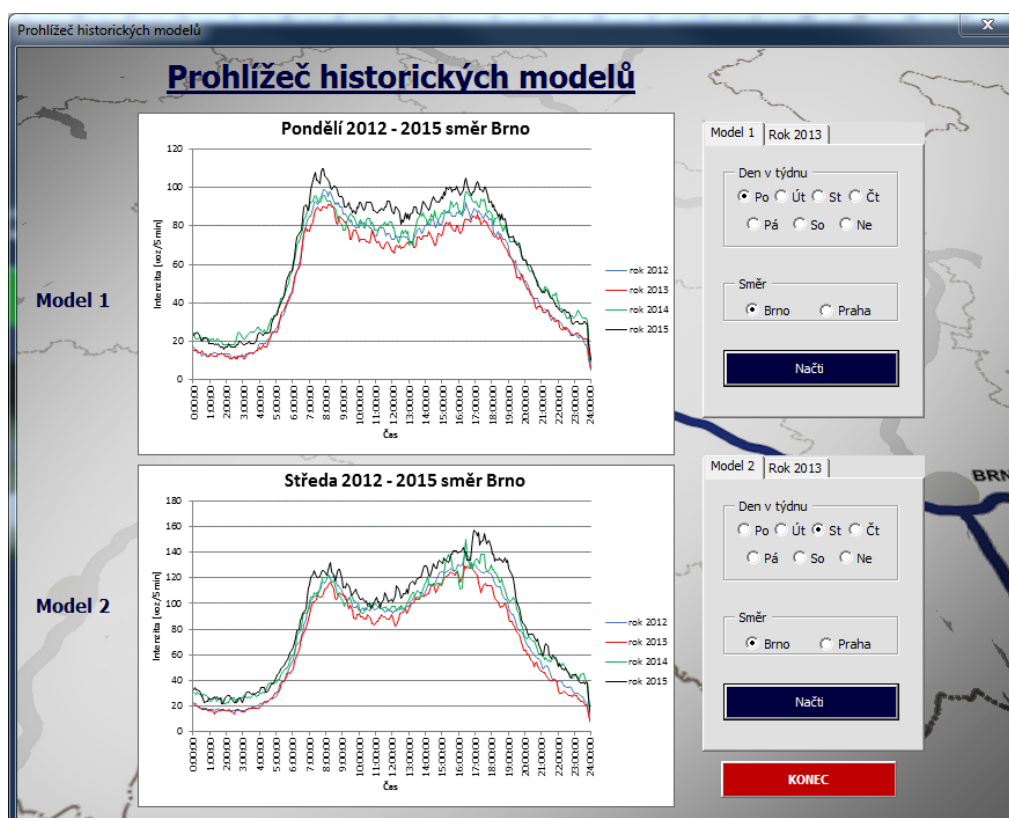
' cesta

slozka = ActiveWorkbook.Path
jmeno = den & " " & "2012 - 2015" & " " & smer & ".gif"
umistení = slozka & "\" & "Historické modely" & "\" & jmeno
Historické_modely.Image1.Picture = LoadPicture(umistení)
```

Obrázek 18: Ukázka kódu pro načtení grafu

Jelikož interval roků je zde pevně daný, nemusí se volit. Poté se tyto proměnné načtou v přesně určeném pořadí do jiné proměnné, která již nese přesný název grafu a v mém případě i název souboru s grafem ve formátu GIF. Program poté vyhledá v nastavené složce soubor s tímto názvem a graf načte do připraveného rámečku. Výše na *obrázku 18* je ukázka tohoto kódu.

Uživatelské okno po načtení grafů je vidět na *obrázku 19*.

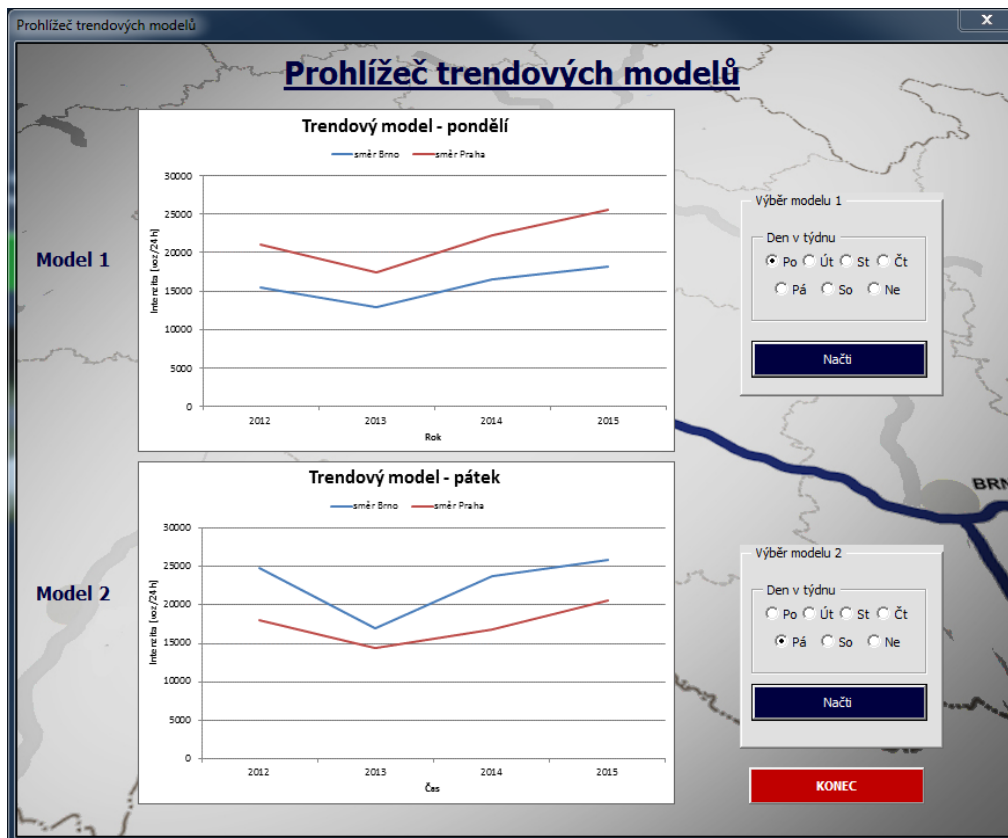


Obrázek 19: Ukázka uživatelského okna po načtení historických modelů

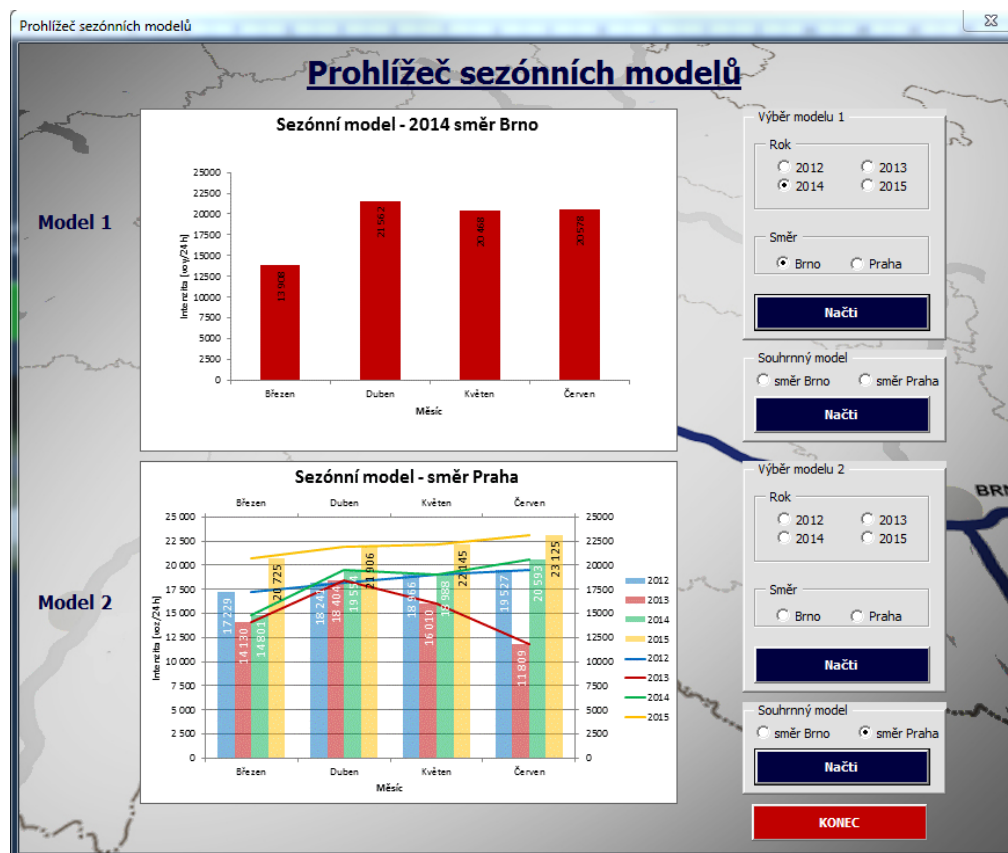
Pokud uživatelské okno zavřeme, můžeme z prvního uživatelského okna zvolit jiný typ modelů pro prohlížení. Program pracuje s dalšími typy modelů na stejném principu, jako jsem popsal výše.

Na *obrázku 20* je ukázka uživatelského okna pro prohlížení trendových modelů. Jediný rozdíl oproti prohlížeči historických modelů je pouze v redukci možností volby grafu. Volit můžeme jen příslušný den v týdnu, jelikož směry dálnice jsou vykresleny do jednoho grafu.

Na *obrázku 21* je ukázka uživatelského rozhraní pro prohlížení sezónních modelů. Jsou zde opět nastaveny jiné možnosti výběru. Pro načtení grafu se vybírá požadovaný rok a směr dálnice. Můžeme zde vybrat i souhrnný model.



Obrázek 20: Ukázka uživatelského okna prohlížeče trendových modelů



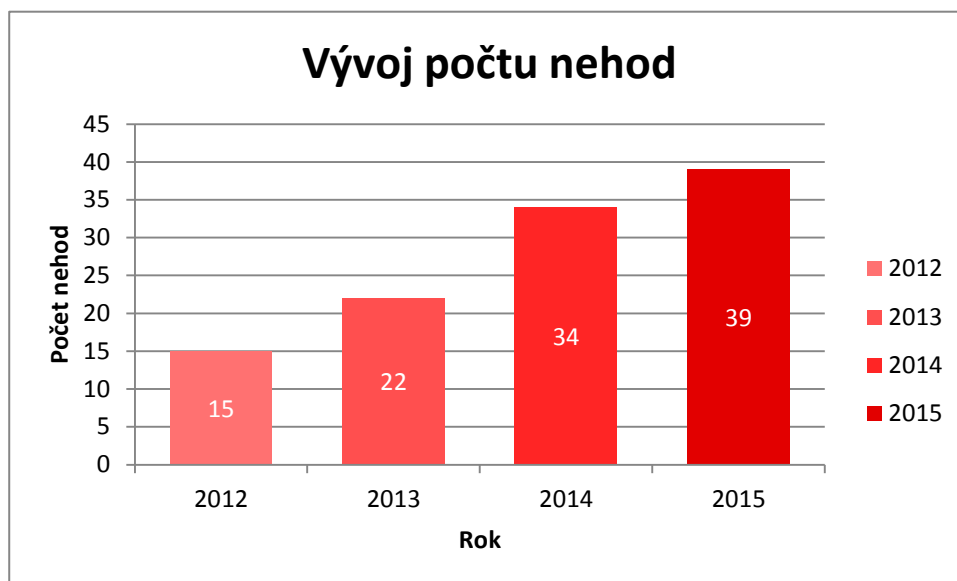
Obrázek 21: Ukázka uživatelského okna prohlížeče sezónních modelů

8 Vyhodnocení nehodovosti

V této kapitole se budu stručně zabývat vyhodnocením nehodovosti na D1, konkrétně na modernizovaném úseku číslo 14 Větrný Jeníkov – Jihlava. Snahou bude v této kapitole zjistit, jak se vyvíjela nehodovost od roku 2012, což je rok před zahájením modernizace, až do roku 2015. Pokusím se zjistit, jestli modernizace mohla zvýšit počet nehod v úseku.

Vyhodnocovat budu interval od 1. 3. do 30. 6., tedy stejný interval, kterým se zabývám v celé práci. Data pro tuto úlohu jsem čerpal z jednotné dopravní vektorové mapy [9], která je spravována Ministerstvem dopravy.

Na *grafu 33* je vidět graf s vývojem počtu nehod v úseku v intervalu 1. 3. – 30. 6.



Graf 33: Vývoj počtu nehod v úseku Větrný Jeníkov – Jihlava v letech 2012 - 2015

Zkoumat vliv nehod v úseku 14 například pomocí denních variací dopravy by bylo ovlivněné faktem, že data pocházejí z řezu komunikace na konci úseku 14. To znamená, že veškeré nehody, které se staly v úseku 14 ve směru na Brno, se nacházejí před místem sběru dat. Díky tomu by se mohlo stát, že některé nehody by nemusely být ve variacích intenzit dopravy takřka pozorovatelné. Pokud by se však jednalo o vážnější nehodu, kdy dojde k výraznému omezení dopravy před místem sběru dat, měla by tato situace být pozorovatelná, jelikož by došlo ke snížení intenzity.

Teď již stručně něco k výsledkům. Z grafu je patrné, že počet nehod mezi roky 2012 až 2015 vzrostl. Celkový nárůst je 24 nehod. V roce 2012 byly z 15 nehod dvě s lehkým zraněním, jinak pouze s materiálními škodami.

V roce 2013 se v úseku stalo celkem 22 nehod. Z toho jich 6 mělo následky na zdraví. 4 osoby utrpěly lehké zranění, 1 osoba utrpěla těžké zranění a 1 osoba byla usmrcena (do 24 hodin od nehody).

V roce 2014 se v úseku stalo 34 nehod. Z tohoto počtu měly jen 2 nehody následky na zdraví ve formě lehkého zranění.

V roce 2015 se počet nehod vyšplhal až na 39. Z tohoto počtu ovšem jen 1 nehoda měla následek na zdraví ve formě lehkého zranění. Níže ještě přikládám tabulku s dalšími statistikami.

Tabulka 4: Statistika nehod

	2012	2013	2014	2015
Podle hlavní příčiny nehody				
Řidič se nevěnoval řízení	5	9	12	10
Nepřízpůsobení rychlosti stavu vozovky	4	1	1	2
Podle druhu nehody				
Srážka s pevnou překážkou	4	6	7	12
Podle stavu komunikace				
Stav vozovky dobrý bez závad	15	19	30	36
Přechodná uzavírka jízdního pruhu	0	2	4	2

Součty nehod v tabulce nemusí sedět s celkovým součtem nehod v daném roce, jde pouze o výběr některých pohledů na nehody z celkových statistik.

Zajímavé je sledovat, že se zvyšoval počet nehod s příčinou, kdy se řidič plně nevěnoval řízení. Zde bychom se mohli domnívat, že tento jev je následkem tzv. „rubbernecking efektu“, ve volném překladu „efektu čumilů“. Tento efekt se projevuje neočekávaným snížením rychlosti a pozorováním okolí, zde například pozorování probíhající modernizace. Tento jev může vyvolávat šokové vlny, které mohou být nositeli potenciálních nehod. Dále také můžeme pozorovat, že vzrostl počet nehod, při kterých došlo se srážkou s pevnou překážkou. V letech 2013 až 2015 se také stalo několik nehod při uzavírce jízdního pruhu. [11]

9 Závěr

V této práci jsem se zabýval převážně změnami dopravy v souvislosti s modernizací dálnice D1 a vyhodnocením dat z jednoho dálničního úseku, která byla naměřena před a v průběhu modernizace. Vybral jsem si modernizovaný úsek číslo 14 Větrný Jeníkov – Jihlava.

V úvodu práce jsem krátce shrnul důvody a přínosy modernizace dálnice a popsal jsem aktuální stav k lednu 2016.

Další kapitola se týkala procesu zpracování dopravních dat. Zde jsem rozdělil celý proces do bloků a následně jsem popsal, co se v jednotlivých blocích odehrává. Některé části procesu, které nebyly při zpracování dat pro tuto práci potřeba, byly vypuštěny. V této kapitole jsem popsal, jaká technologie je použita pro sběr dat ve sledovaném úseku a jaký formát data mají. Dále v části kapitoly předzpracování dat jsem popsal, jak se data čistí a opravují v případě, že nějaké záznamy chybí. Popsal jsem zde například metodu náhrady dat poslední platnou hodnotou, metodu lineární spojnice nebo metodu nahrazení chybějících dat historickým modelem. V odstavci filtrace dat jsem popsal, jak se filtrují data v časové oblasti. Zmíněna byla metoda plovoucího průměru nebo exponenciálního zapomínání. Při zpracování dat jsem pracoval s metodou plovoucího průměru, které se také říká metoda plovoucího okénka. Bloky integrace a redukce jsem popsal jen okrajově.

Stěžejní kapitolou práce je tvorba historických modelů intenzit dopravy. Pro tvorbu těchto modelů jsem si vytvořil soubor maker, která byla přiřazena jednotlivým tlačítkům vytvořeného uživatelského rozhraní. Pomocí jednotlivých kroků, které bylo nutné provést pomocí tohoto rozhraní, jsem popsal celý proces tvorby historických modelů. Z modelů jsem vyčetl zejména to, že s počátkem modernizace v roce 2013 počet vozidel v některých dnech v týdnu výrazně klesl. Nejznatelnější pokles intenzit dopravy se dá pozorovat v pátek. V roce 2015 naopak intenzity dopravy ve všech dnech vzrostly. V kapitole je uvedena i statistika, která vyhodnocuje váženou odchylku, kterou jsem počítal při tvorbě historických modelů.

V 5. kapitole jsem se zabýval trendovými a sezónními modely. Z trendových modelů jsem vyčetl, že průměrná denní intenzita v jednotlivých dnech v týdnu po zahájení

modernizace skutečně znatelně poklesla. V dalších letech ale opět začala narůstat a v některých dnech v týdnu hodnoty v roce 2015 dokonce převyšovaly hodnoty v roce 2012. Nejznatelnější pokles intenzit byl opět v roce 2013 v pátek ve směru na Brno. Dále jsem vysvětlil co je příčinou rozdílů v intenzitách mezi jednotlivými směry dálnice.

Sezónní modely mi ukázaly, jak se vyvíjely hodnoty průměrných denních intenzit jednotlivých měsíců ve sledovaném období. Zde jsem například mohl pozorovat, že v roce 2013 mezi měsíci březen a duben hodnoty narůstaly, ale v květnu a červnu začaly znatelně klesat. To bylo způsobeno počátkem modernizace. Z dalších modelů jsem pak vyčetl, že v ostatních letech počet vozidel od jarních měsíců směrem k blížícímu se létu spíše vzrůstal.

V další kapitole jsem s cílem hodnotit kvalitu dopravy vytvořil modely rychlost – intenzita. Modely jsem tvořil pro vybrané dny v roce 2015 v dálničním směru Praha – Brno. V této úloze jsem sledoval pouze levý pruh, jelikož se v něm z důvodu zákazu předjíždění v úseku nemohla vyskytovat nákladní vozidla. V kapitole jsem vysvětlil, že pokud se hodnoty nacházejí v oblasti nízké rychlosti a intenzity, je zde vysoká hustota provozu. Díky tomu můžeme určit, zda na komunikaci vznikaly nějaké kongesce či nikoliv. Na téměř všech grafech je patrné, že kvalita dopravy se pohybovala na stupni 1, případně 2.

Z dosažených výsledků usuzuji, že pokud v místě modernizovaného úseku nedošlo k nějaké dopravní nehodě, tak komunikace i přes prvotní obavy v počátcích modernizace kapacitně vyhovovala. Tohoto stavu se podařilo dosáhnout i díky apelování na řidiče v počátcích modernizace, kdy byla snaha je přesvědčit, aby se dálnici D1 vyhýbali, zejména v kritických dnech a hodinách. Pro detailnější vysvětlení viz konec kapitoly 5.2.

V poslední krátké kapitole jsem vyhodnotil nehodovost v úseku v průběhu modernizace a zjistil jsem, že počet nehod v letech 2012 - 2015 průběžně vzrůstal z 15 na 39 nehod.

Jako výstup této práce jsem v programu Microsoft Excel naprogramoval prohlížeč vytvořených modelů. Program je možné spustit na přiloženém CD.

10 Seznam použité literatury

- [1] ŘEDITELSTVÍ SILNIC A DÁLNIC ČR. *Nová DI* [online]. © 2013 [cit. 2016-02-15]. Dostupné z: <http://www.novad1.cz/proc-modernizujeme/>
- [2] ŘEDITELSTVÍ SILNIC A DÁLNIC ČR. *Nová DI* [online]. © 2013 [cit. 2016-02-15]. Dostupné z: <http://www.novad1.cz/o-projektu/>
- [3] ŘEDITELSTVÍ SILNIC A DÁLNIC ČR. *Nová DI* [online]. © 2013 [cit. 2016-02-16]. Dostupné z: <http://www.novad1.cz/prinosy/>
- [4] ŘEDITELSTVÍ SILNIC A DÁLNIC ČR. *Nová DI* [online]. © 2013 [cit. 2016-02-16]. Dostupné z: <http://www.novad1.cz/wp-content/uploads/2016/01/Modernizace-d%C3%A1lnice-D1-01-2016.pdf>
- [5] ŘEDITELSTVÍ SILNIC A DÁLNIC ČR. *Nová DI* [online]. © 2013 [cit. 2016-02-16]. Dostupné z: <http://www.novad1.cz/reditelstvi-silnic-a-dalnic-zprovoznuje-modernizovany-usek-dalnice-d1-mezivetnym-jenikovem-a-jihlavou/>
- [6] TEPR L02 Parametry dopravního proudu. Ing. Zuzana Čarská, Ph.D. [cit. 2016-02-18].
- [7] PŘIBYL, Pavel. *Inteligentní dopravní systémy a dopravní telematika II*. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2007. ISBN 978-80-01-03648-8. [cit. 2016-02-19].
- [8] TP189. *Technické podmínky: Stanovení intenzit dopravy na pozemních komunikacích*. 2. vyd. 2012. [cit. 2016-03-10].
- [9] Jednotná dopravní vektorová mapa. [online]. [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: <http://maps.jdvm.cz/cdv2/apps/nehodynalokalite/Search.aspx>
- [10] PŘIBYL, Pavel a Radim MACH. *Řídící systémy silniční dopravy*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003. ISBN 80-01-02811-9.
- [11] MASINICK, Jonathan, Hualiang TENG a Nesley OROCHENA. The Impact of Rubbernecking on Urban Freeway Traffic. *Journal of Transportation Technologies* [online]. 2014, **04**(01), 116-125 [cit. 2016-05-30]. DOI: 10.4236/jtts.2014.41012. ISSN

2160-0473. Dostupné z:

<http://www.scirp.org/journal/PaperDownload.aspx?DOI=10.4236/jtts.2014.41012>

11 Seznam obrázků a grafů a tabulek

11.1 Seznam obrázků

<i>OBRÁZEK 1: SCHÉMATICKÉ ZNÁZORNĚNÍ POLOHY ÚSEKU 14</i>	11
<i>OBRÁZEK 2: SCHÉMA PROCESU ZPRACOVÁVÁNÍ DOPRAVNÍCH DAT. ZDROJ [7]</i>	13
<i>OBRÁZEK 3: ZÁKLADNÍ INFORMACE O ZAZNAMENANÝCH DATECH</i>	14
<i>OBRÁZEK 4: INTENZITA DOPRAVY DLE KATEGORIÍ VOZIDEL</i>	15
<i>OBRÁZEK 5: PRŮMĚRNÁ RYCHLOST VOZIDEL JEDNOTLIVÝCH KATEGORIÍ</i>	15
<i>OBRÁZEK 6: OBSAZENOST DETEKTORU DLE KATEGORIÍ VOZIDEL</i>	15
<i>OBRÁZEK 7: ČASOVÝ ODSTUP VOZIDEL</i>	16
<i>OBRÁZEK 8: ILUSTRACE ČASOVÉHO ODSTUPU</i>	16
<i>OBRÁZEK 9: UŽIVATELSKÉ OKNO PRO ZPRACOVÁNÍ DAT</i>	27
<i>OBRÁZEK 10: UKÁZKA MALÉ ČÁSTI VBA KÓDU</i>	28
<i>OBRÁZEK 11: UŽIVATELSKÉ ROZHRANÍ PRO VYTVOŘENÍ HISTORICKÉHO MODELU</i>	29
<i>OBRÁZEK 12: UKÁZKA „PRACOVNÍCH“ GRAFŮ</i>	30
<i>OBRÁZEK 13: SCHÉMATICKÝ VÝVOJOVÝ DIAGRAM PRO VYHODNOCENÍ PODMÍNKY VÁŽENÉ ODCHYLKY</i>	32
<i>OBRÁZEK 14: UKÁZKA MODELU „RYCHLOST-INTENZITA“ S UKÁZKOU PRINCIPU KLASIFIKACE DOPRAVY, ZDROJ [10]</i>	51
<i>OBRÁZEK 15: ÚVODNÍ OBRAZOVKA PROHLÍŽEČE MODELŮ</i>	59
<i>OBRÁZEK 16: UŽIVATELSKÉ OKNO S VOLBOU TYPU MODELU</i>	59
<i>OBRÁZEK 17: UŽIVATELSKÉ ROZHRANÍ PRO PROHLÍŽENÍ HISTORICKÝCH MODELŮ</i>	60
<i>OBRÁZEK 18: UKÁZKA KÓDU PRO NAČTENÍ GRAFU</i>	61
<i>OBRÁZEK 19: UKÁZKA UŽIVATELSKÉHO OKNA PO NAČTENÍ HISTORICKÝCH MODELŮ</i>	62
<i>OBRÁZEK 20: UKÁZKA UŽIVATELSKÉHO OKNA PROHLÍŽEČE TRENDOVÝCH MODELŮ</i>	63
<i>OBRÁZEK 21: UKÁZKA UŽIVATELSKÉHO OKNA PROHLÍŽEČE SEZÓNŇNÍCH MODELŮ</i>	63

11.2 Seznam grafů

GRAF 1: METODA NÁHRADY POSLEDNÍ PLATNOU HODNOTOU	18
GRAF 2: METODA PRŮMĚRU PLATNÝCH HODNOT	19
GRAF 3: METODA LINEÁRNÍ SPOJNICE PLATNÝCH HODNOT	19
GRAF 4: METODA NAHRAZENÍ DLE HISTORICKÉHO MODELU	20
GRAF 5: FILTRACE METODOU EXPONENCIÁLNÍHO ZAPOMÍNÁNÍ PRO HODNOTU $A=0,3$	22
GRAF 6: FILTRACE METODOU EXPONENCIÁLNÍHO ZAPOMÍNÁNÍ PRO HODNOTU $A=0,9$	23
GRAF 7: DLOUHODOBÝ VÝVOJ INTENZIT DOPRAVY NA D1. NEJZATÍŽENĚJŠÍ ÚSEK JE SPOŘILOV – CHODOV, A NEJMÉNĚ ZATÍŽENÝ ÚSEK JE VYŠKOV ZÁPAD – VYŠKOV VÝCHOD.	26
GRAF 8. HISTORICKÝ MODEL PONDĚLÍ 2012 - 2015 VE SMĚRU NA PRAHU	35
GRAF 9. HISTORICKÝ MODEL STŘEDA 2012 - 2015 VE SMĚRU NA PRAHU	36
GRAF 10: HISTORICKÝ MODEL PÁTEK 2012 – 2015 VE SMĚRU NA BRNO	37
GRAF 11: HISTORICKÝ MODEL NEDĚLE 2012 – 2015 SMĚR PRAHA	38
GRAF 12: POROVNÁNÍ VARIACÍ INTENZIT DOPRAVY V ROCE 2013 PŘED A PO ZAČÁTKU PRVNÍCH UZAVÍREK	40
GRAF 13: POROVNÁNÍ VARIACÍ INTENZIT DOPRAVY V ROCE 2013 PŘED A PO ZAČÁTKU PRVNÍCH UZAVÍREK	41
GRAF 14: POROVNÁNÍ VARIACÍ INTENZIT DOPRAVY V ROCE 2013 PŘED A PO ZAČÁTKU PRVNÍCH UZAVÍREK	41
GRAF 15: TRENDOVÝ MODEL - PONDĚLÍ	43
GRAF 16: TRENDOVÝ MODEL - STŘEDA	44
GRAF 17: TRENDOVÝ MODEL - PÁTEK	45
GRAF 18: TRENDOVÝ MODEL - NEDĚLE	46
GRAF 19: TRENDOVÝ MODEL – CELÝ TÝDEN	46
GRAF 20: SEZÓNŇÍ MODEL PRO ROK 2013	49
GRAF 21: SEZÓNŇÍ MODEL ROKŮ 2012-2015 VE SMĚRU NA BRNO	49
GRAF 22: SEZÓNŇÍ MODEL ROKŮ 2012-2015 VE SMĚRU NA BRNO	50
GRAF 23: MODEL RYCHLOST – INTENZITA PRO PRŮMĚRNÉ PONDĚLÍ 2015 VE SMĚRU NA BRNO	52
GRAF 24: MODEL RYCHLOST – INTENZITA PRO PRŮMĚRNOU STŘEDU 2015 VE SMĚRU NA BRNO	53
GRAF 25: MODEL RYCHLOST – INTENZITA PRO PRŮMĚRNÝ PÁTEK 2015 VE SMĚRU NA BRNO	53
GRAF 26: MODEL RYCHLOST – INTENZITA PRO PRŮMĚRNOU NEDĚLI 2015 VE SMĚRU NA BRNO	54
GRAF 27: MODEL RYCHLOST – INTENZITA, PONDĚLÍ 22. 6. 2015, SMĚR BRNO, LEVÝ PRUH	54
GRAF 28: INTENZITA (ČERVENÁ KŘIVKA) SE VZTAHUJE K LEVÉ SVISLÉ OSE, RYCHLOST (MODRÁ) K PRAVÉ OSE)	55
GRAF 29: MODEL RYCHLOST – INTENZITA, PÁTEK 26. 6. 2015, SMĚR BRNO, LEVÝ PRUH	55
GRAF 30: INTENZITA (ČERVENÁ KŘIVKA) SE VZTAHUJE K LEVÉ SVISLÉ OSE, RYCHLOST (MODRÁ) K PRAVÉ OSE)	56

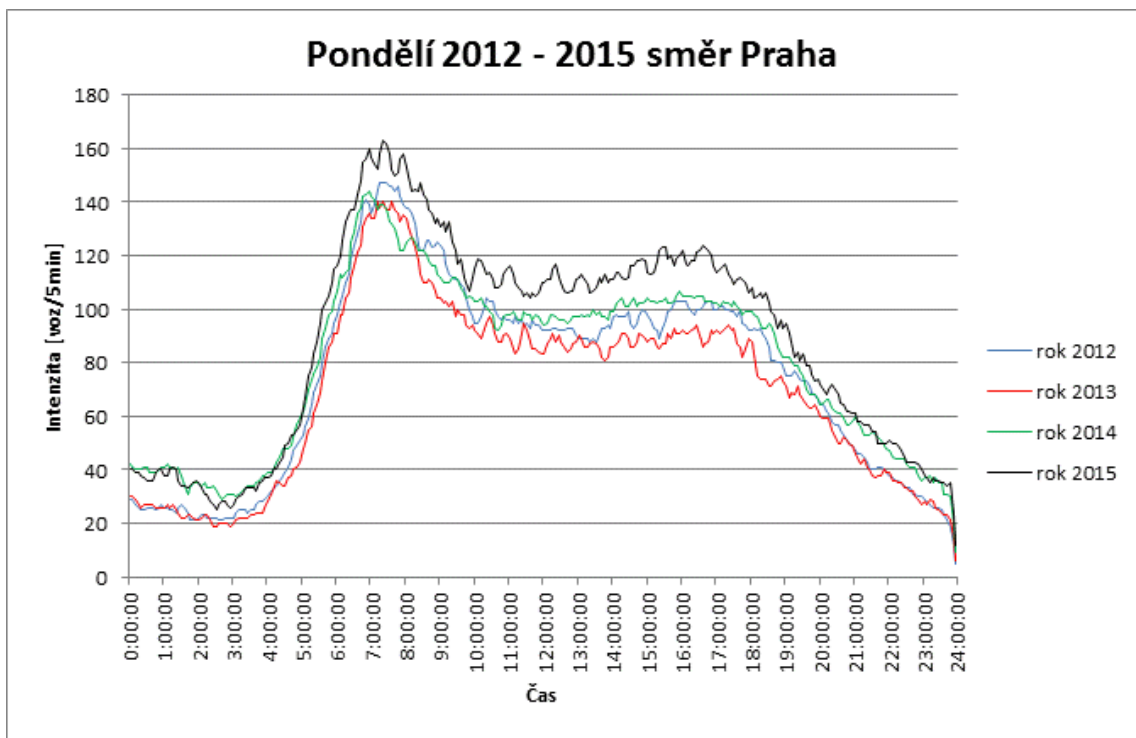
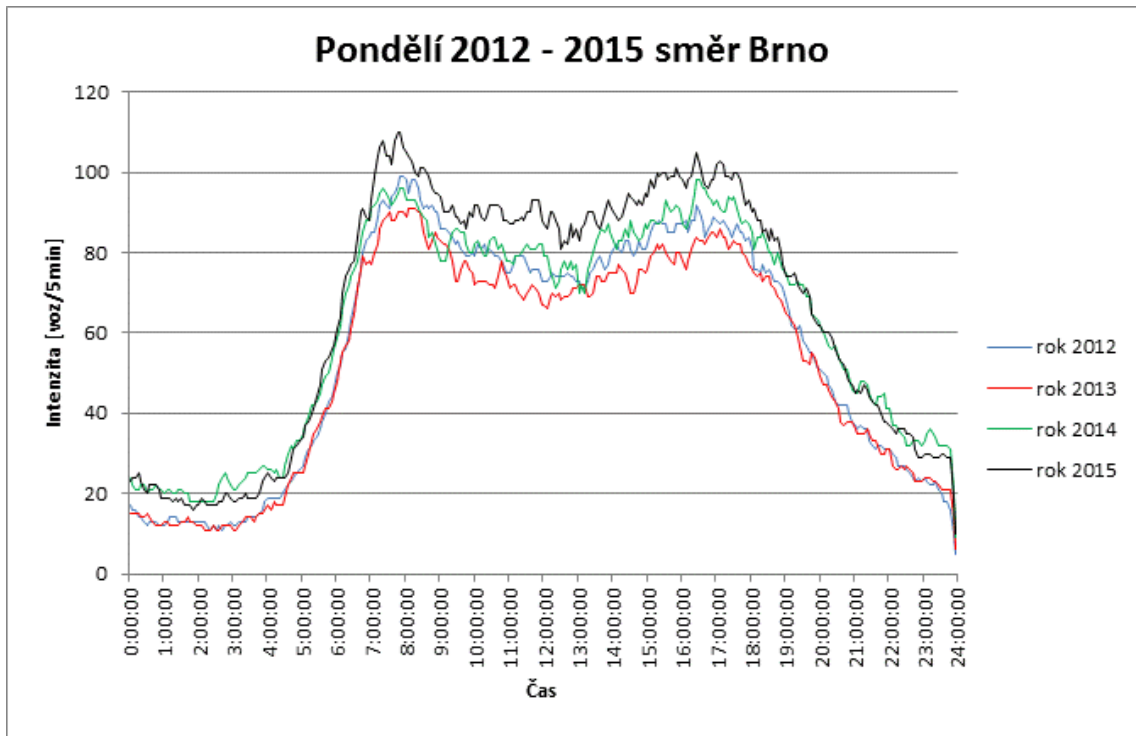
<i>GRAF 31: MODEL RYCHLOST – INTENZITA, PÁTKY 2013, SMĚR BRNO, LEVÝ PRUH</i>	56
<i>GRAF 32: MODEL RYCHLOST – INTENZITA, PÁTEK 24. 5. 2015, SMĚR BRNO, LEVÝ PRUH</i>	57
<i>GRAF 33: VÝVOJ POČTU NEHOD V ÚSEKU VĚTRNÝ JENÍKOV – JIHLAVA V LETECH 2012 - 2015</i>	64

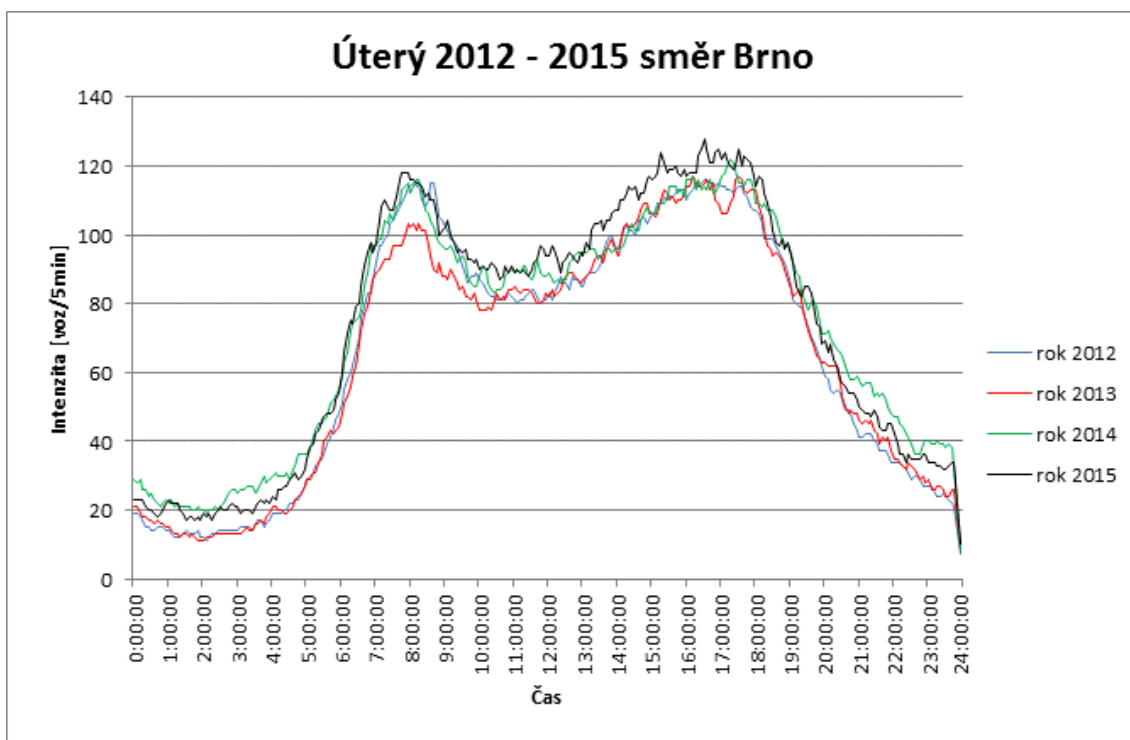
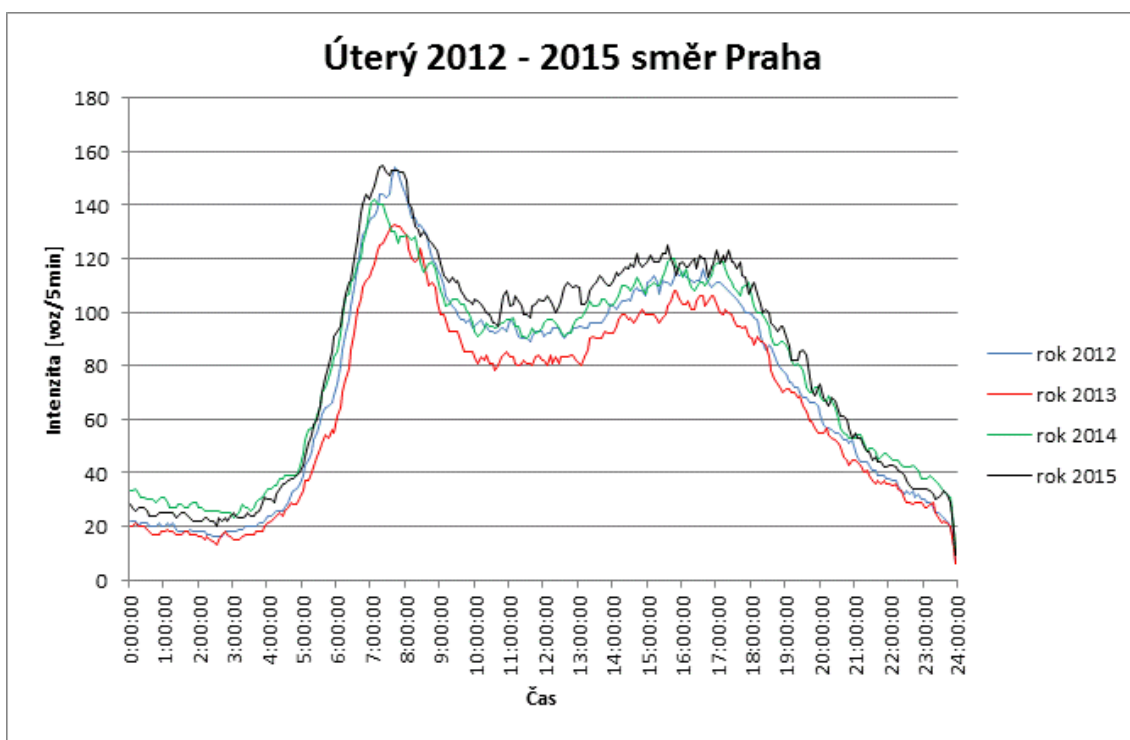
11.3 Seznam tabulek

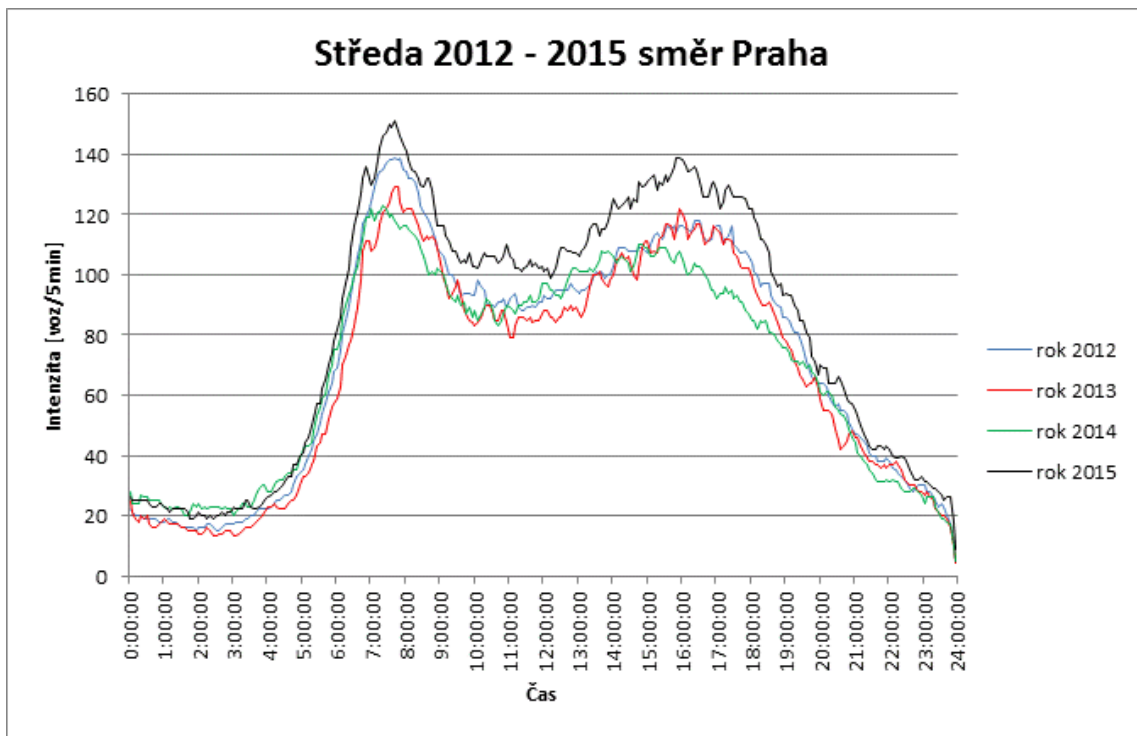
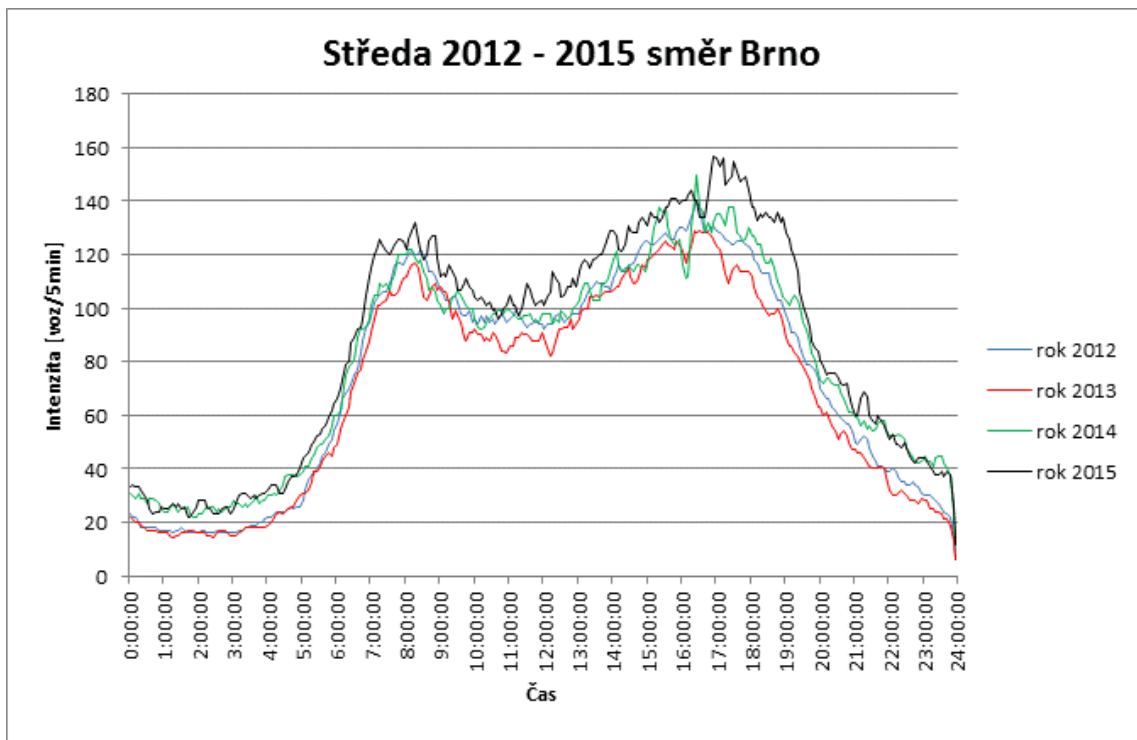
<i>TABULKA 1: JEDNOTLIVÉ STAVEBNÍ ÚSEKY</i>	12
<i>TABULKA 2: CELKOVÝ POČET DNÍ SPLŇUJÍCÍCH PODMÍNKU</i>	39
<i>TABULKA 3: MNOŽSTVÍ ODCHYLEK VĚTŠÍCH NEŽ 15% (PŘÍPUSTNÉ MAXIMUM BYLO STANOVENO NA 40 %)</i>	39
<i>TABULKA 4: STATISTIKA NEHOD</i>	65

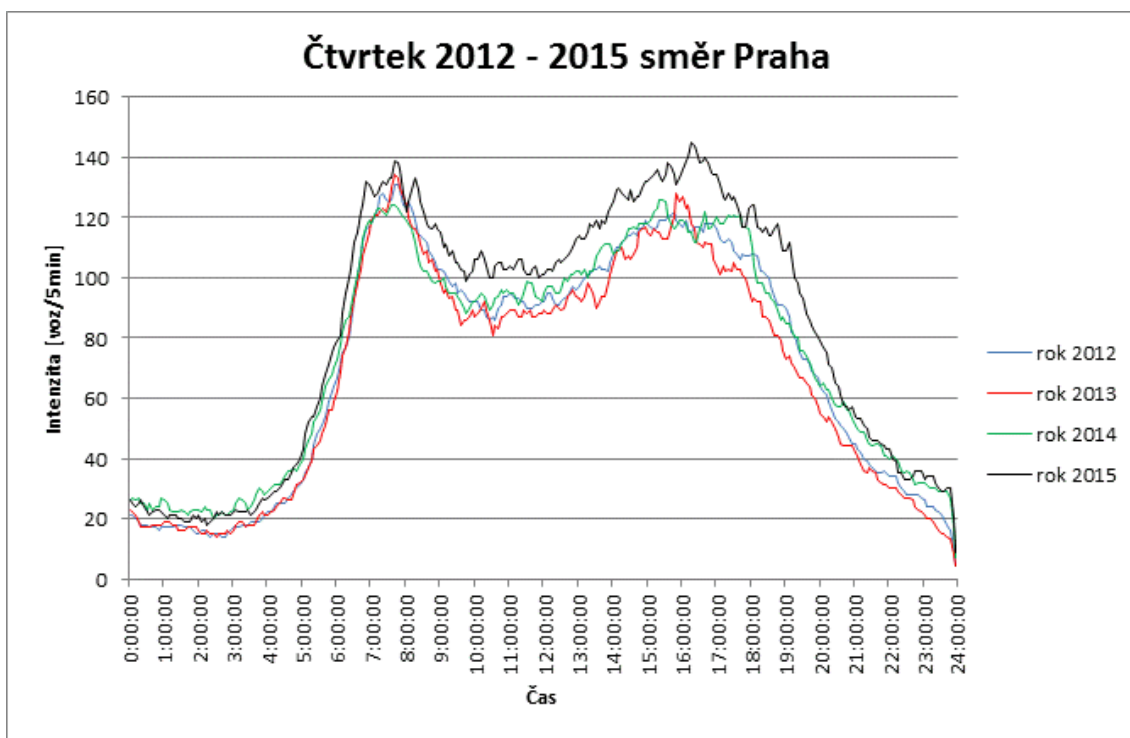
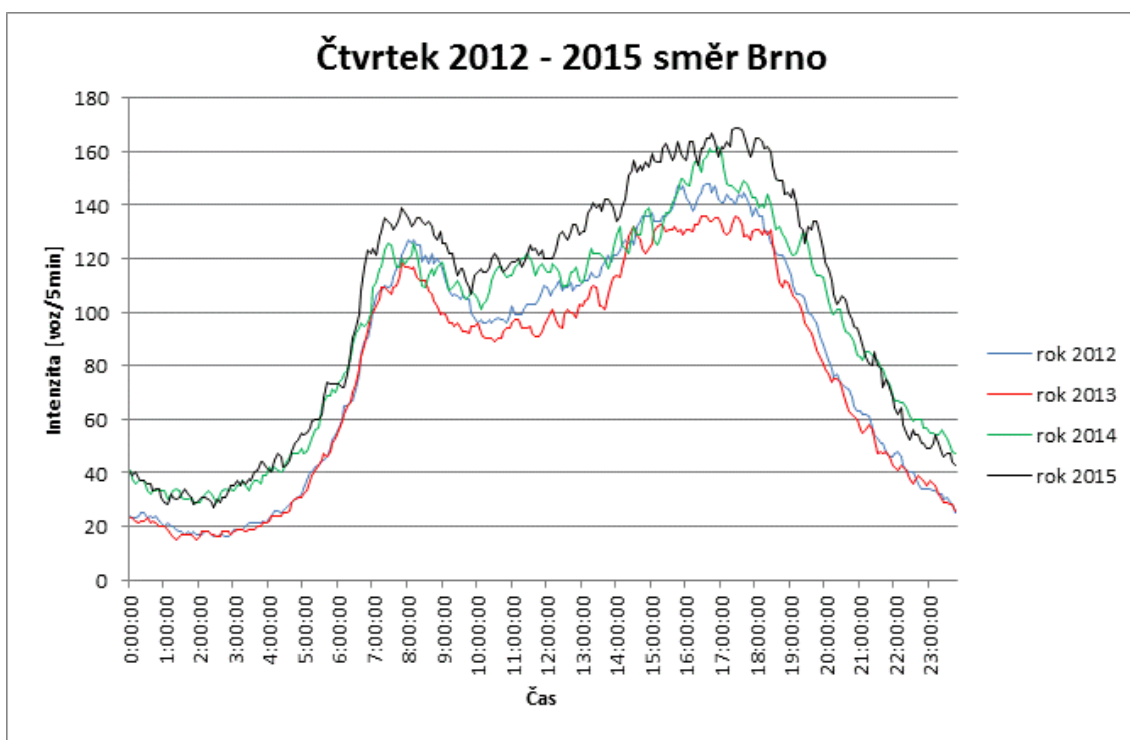
12 Seznam příloh

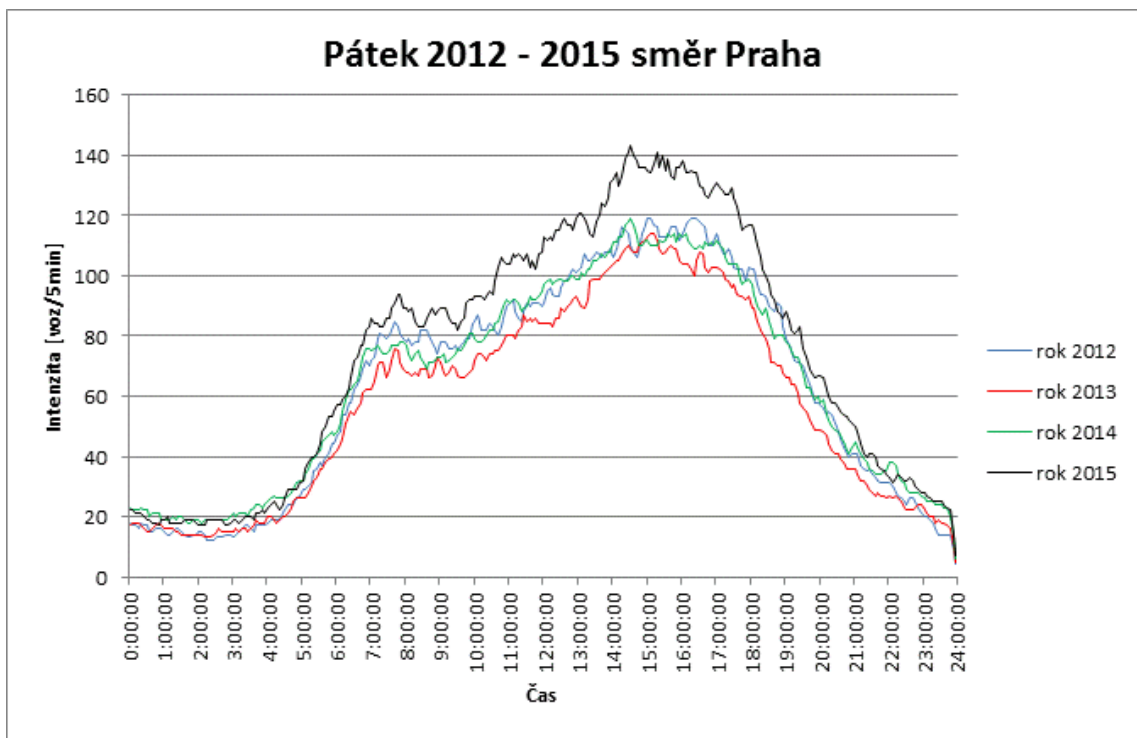
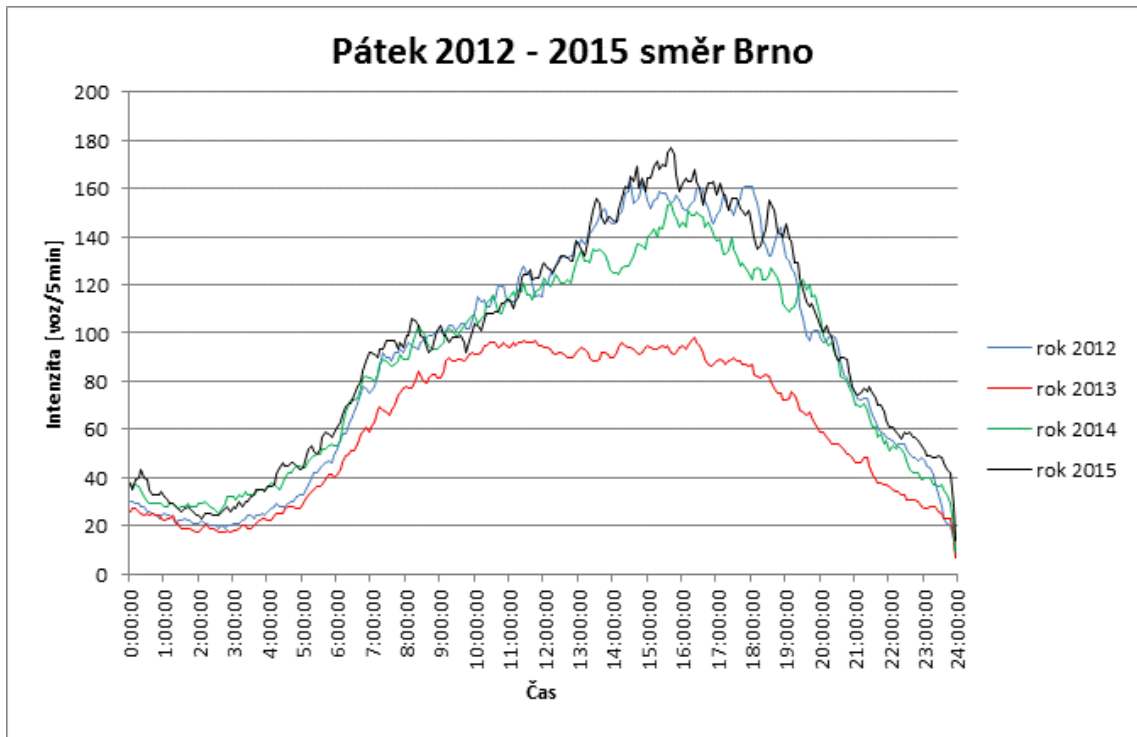
12.1 Historické modely

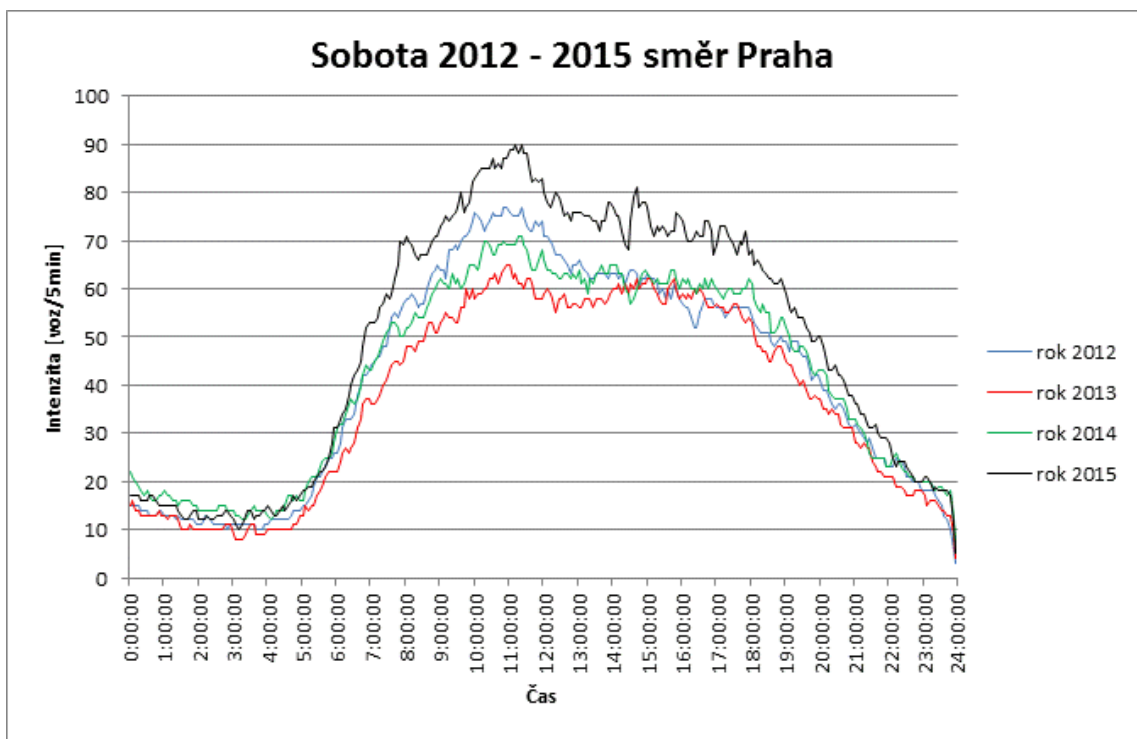
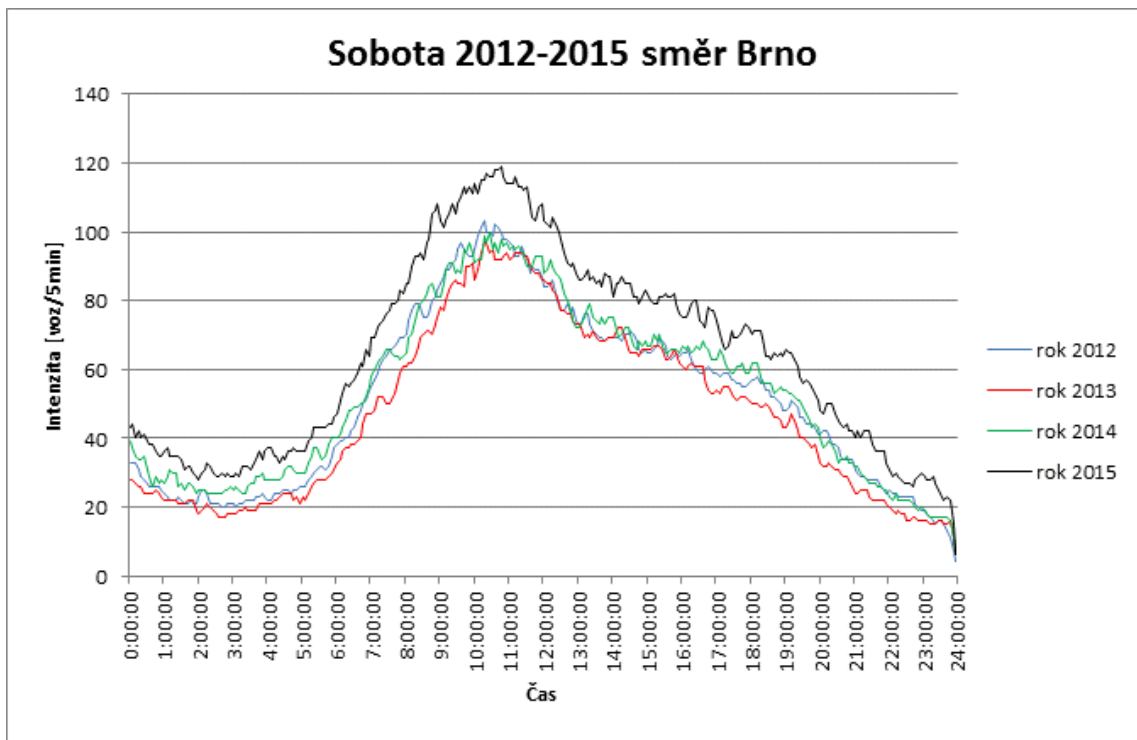


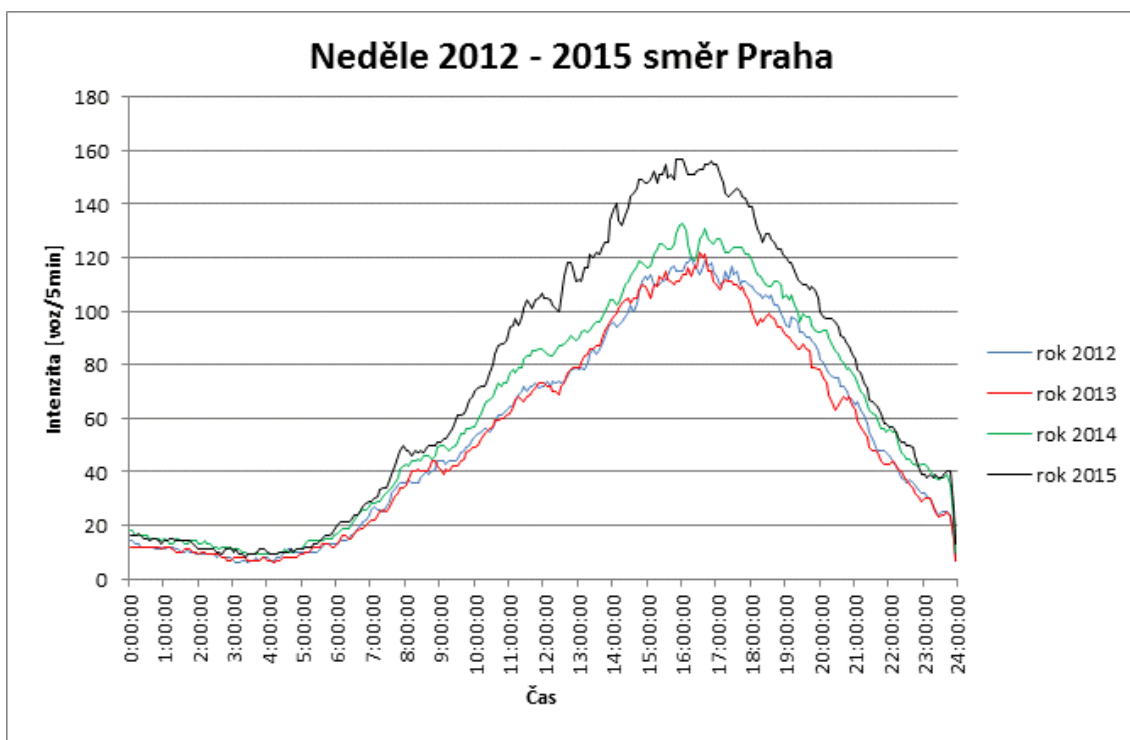
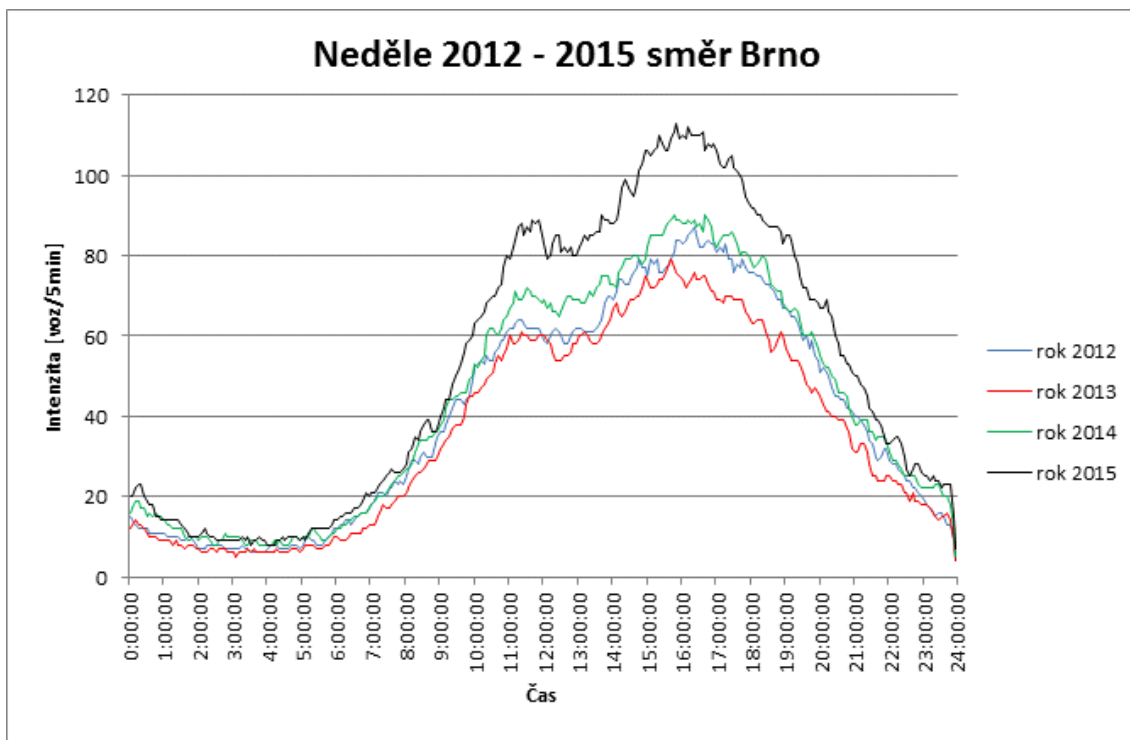


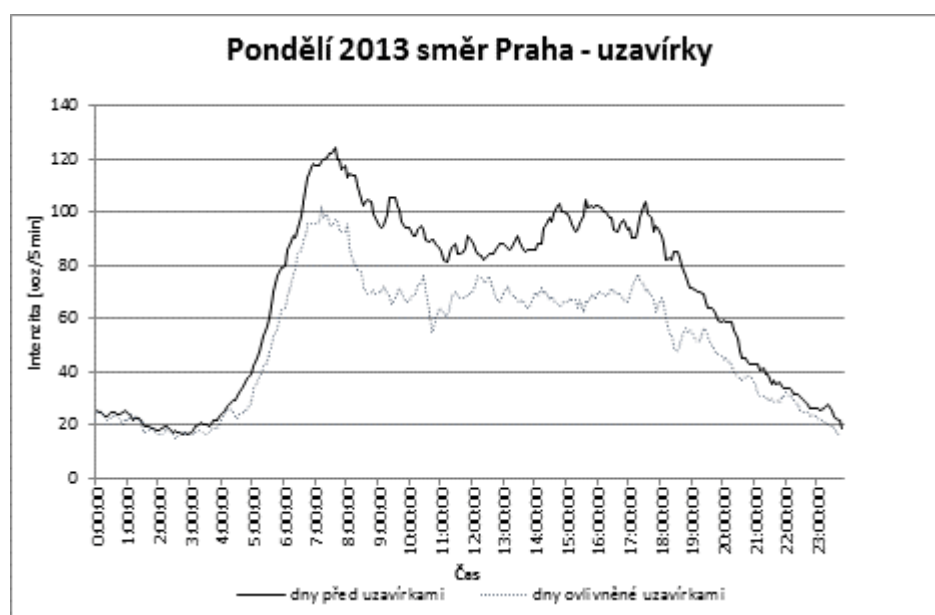
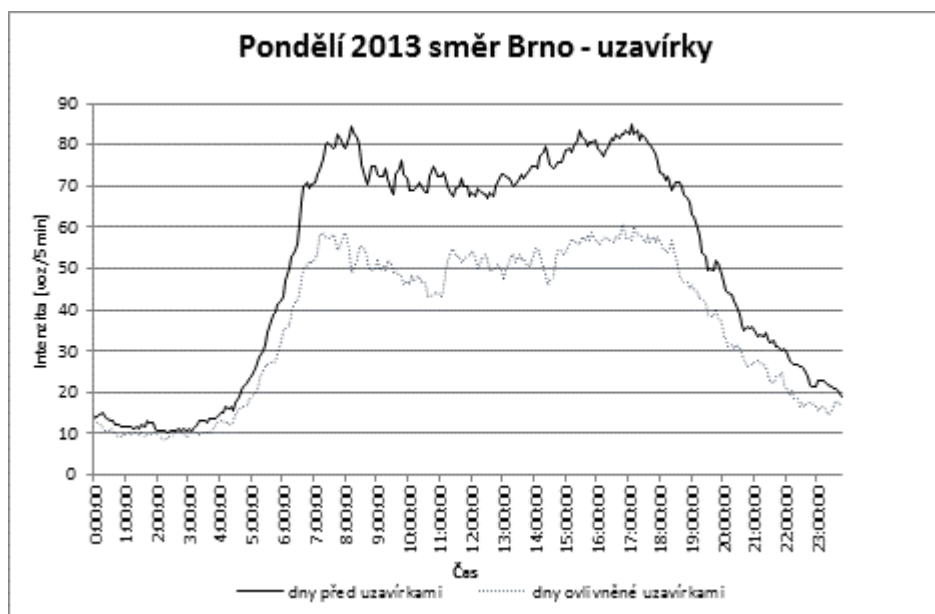


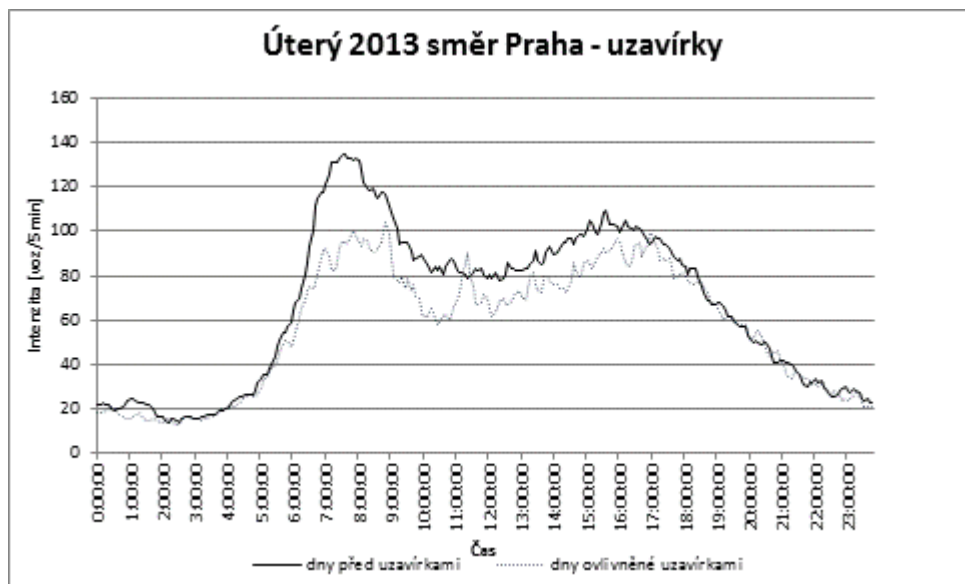
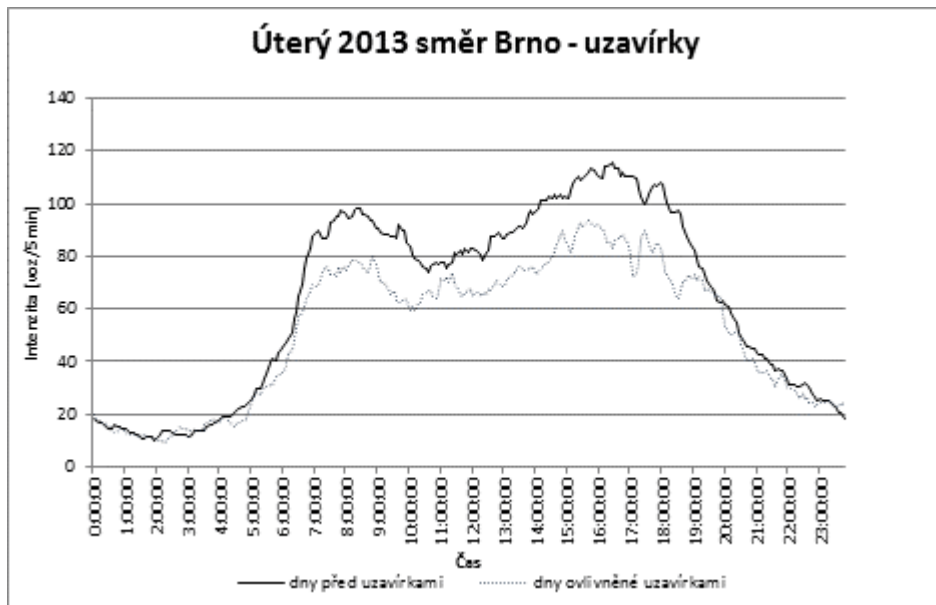


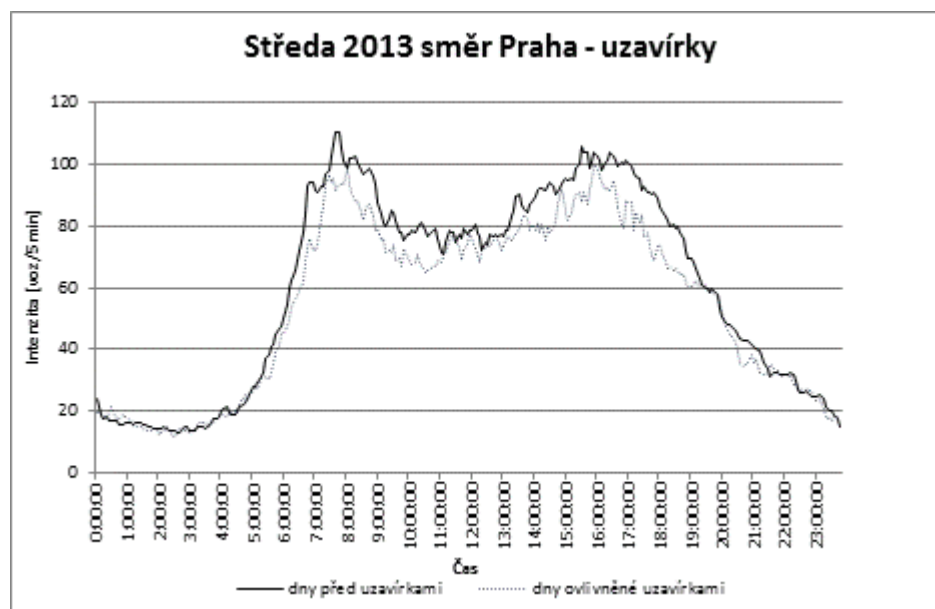
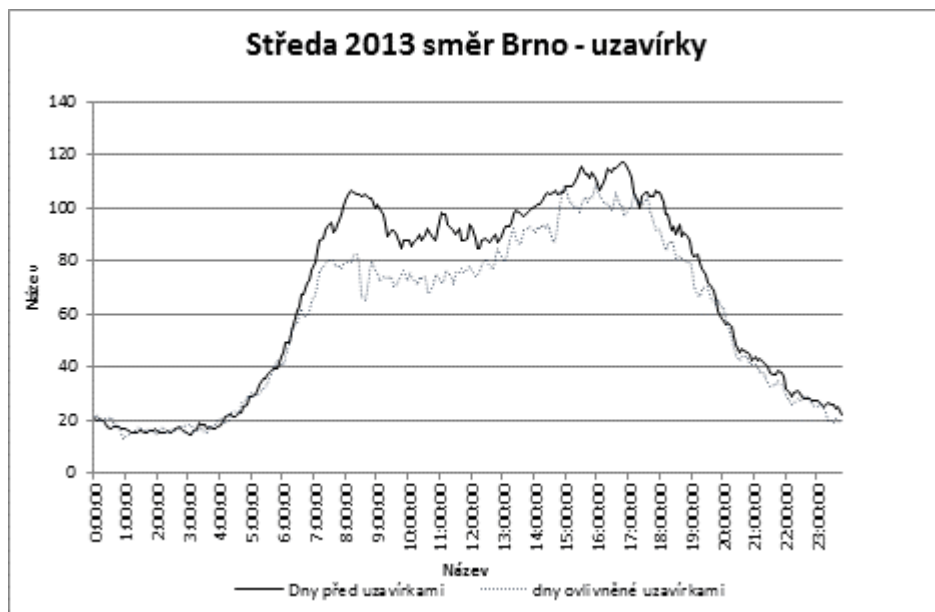


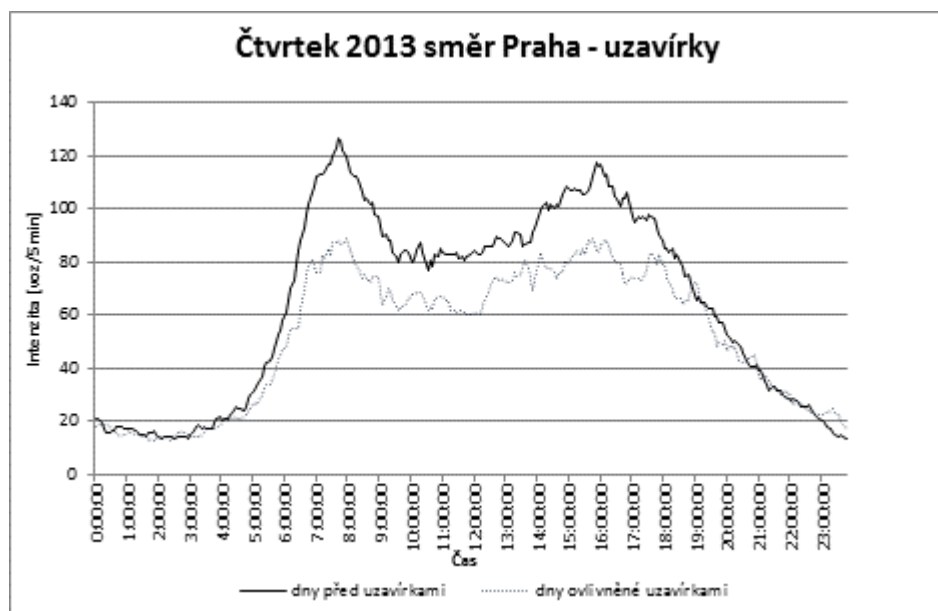
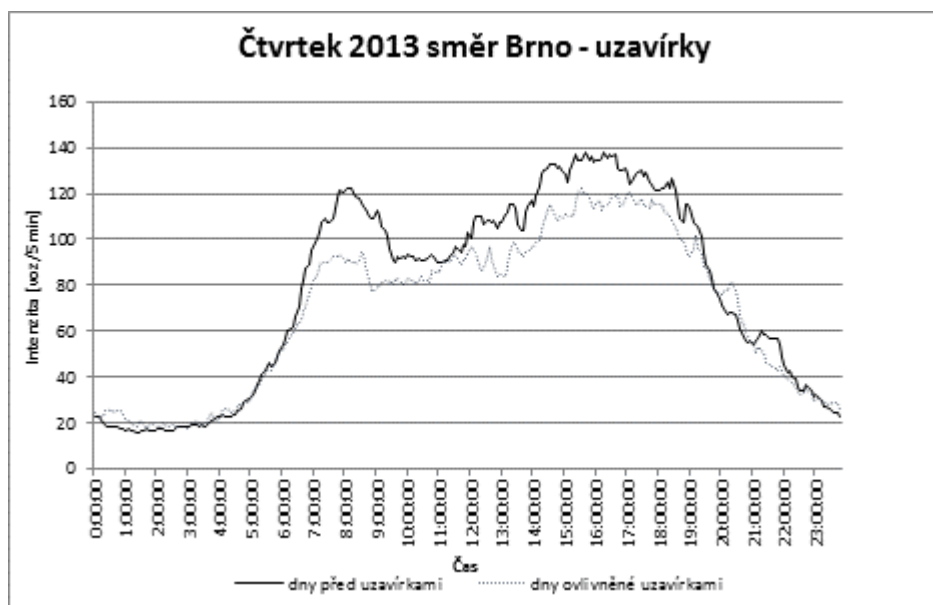


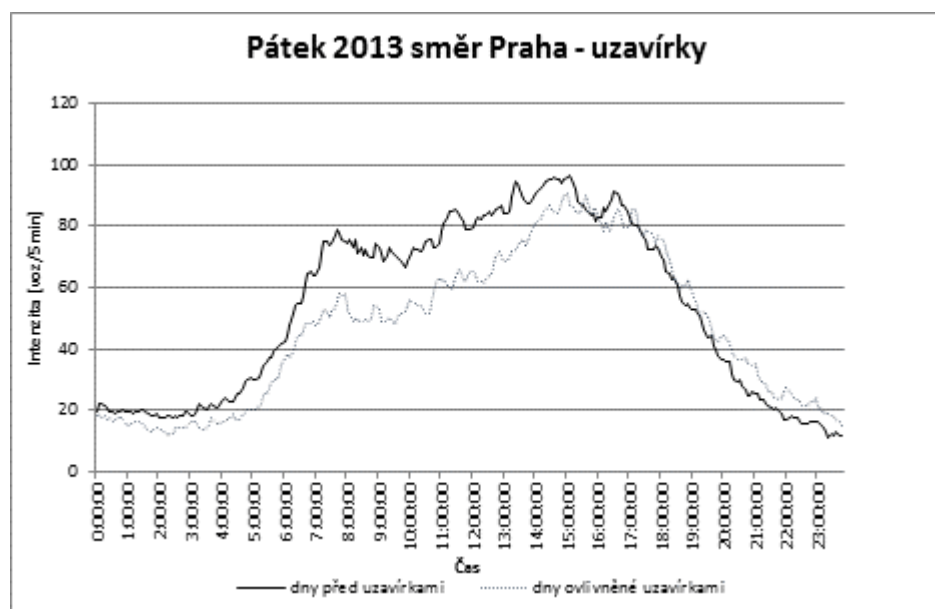
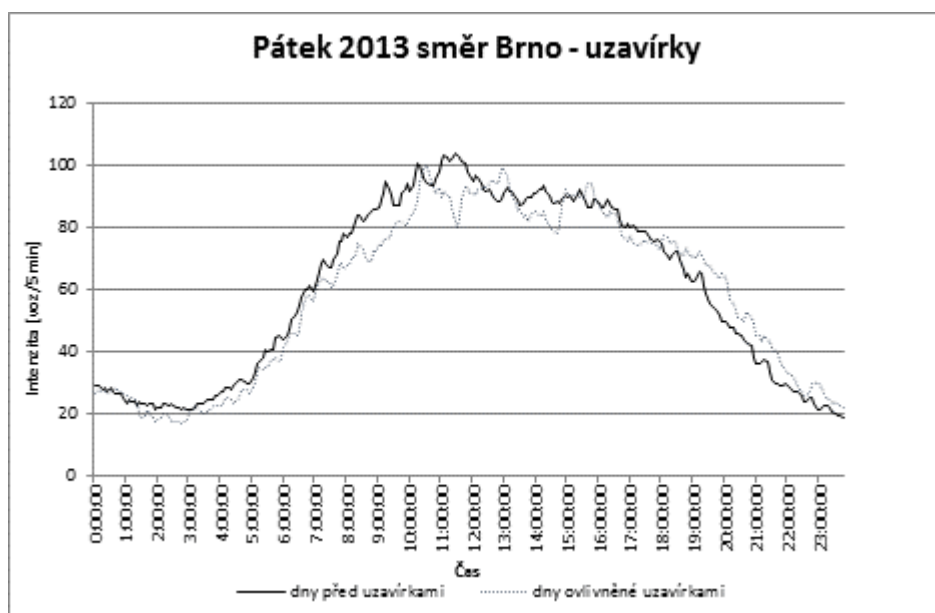


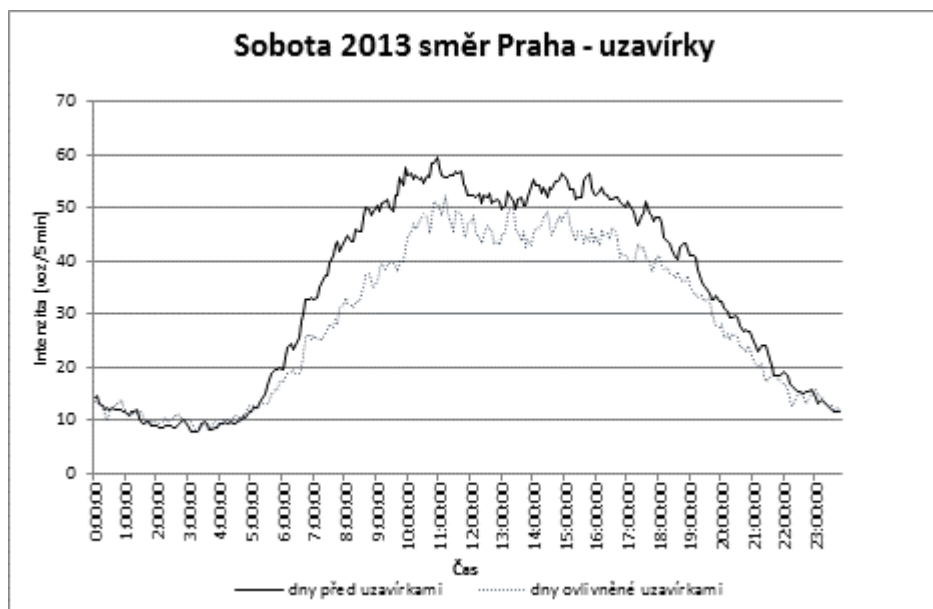
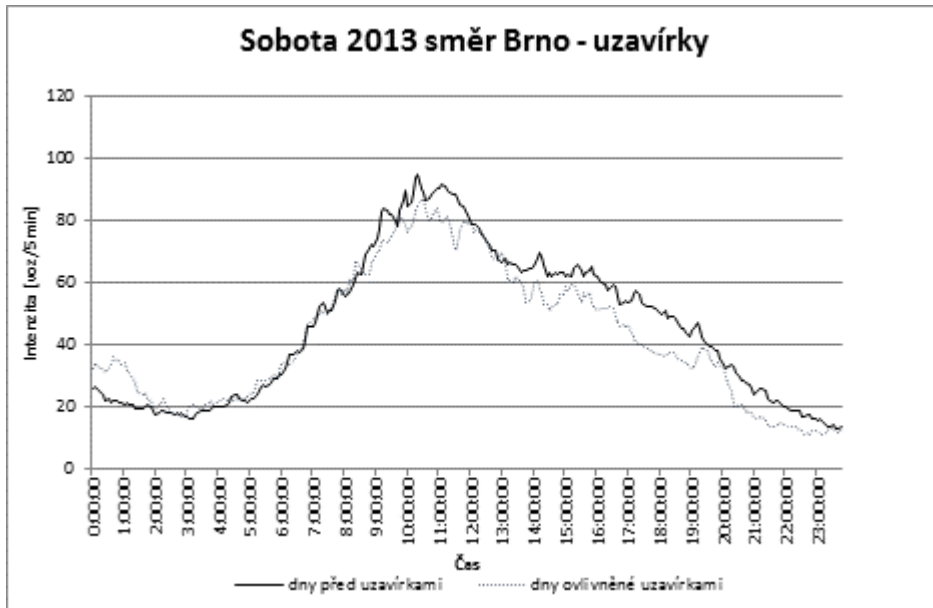


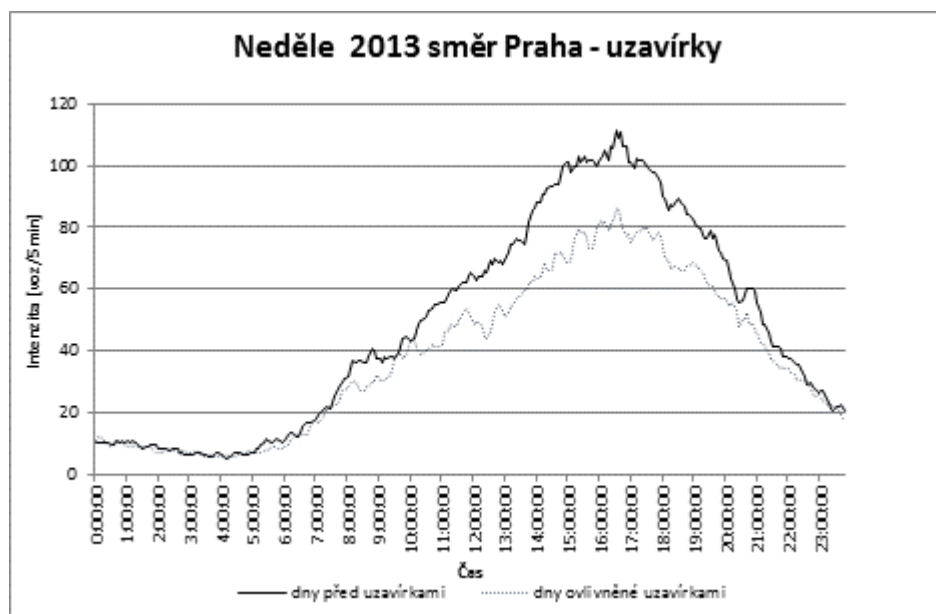
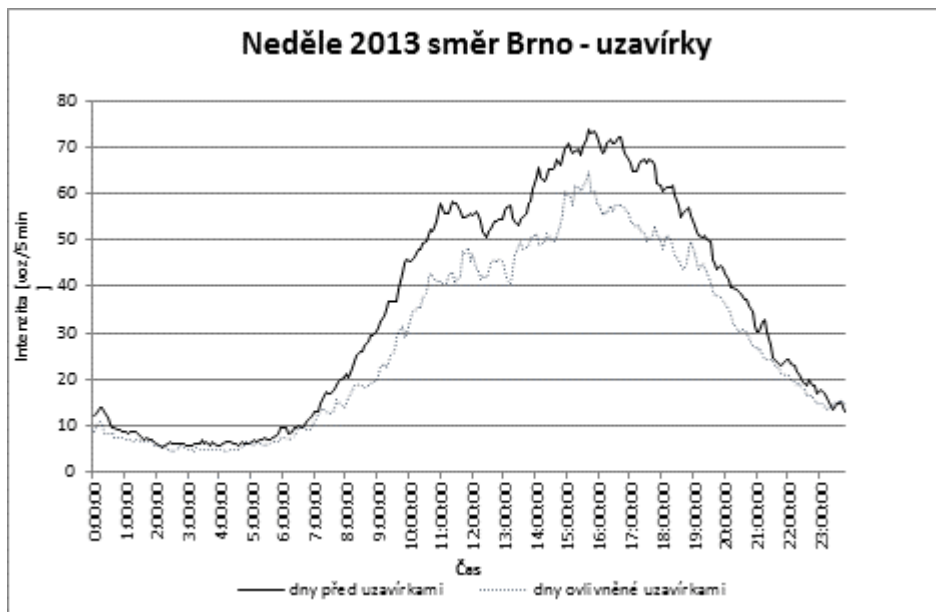




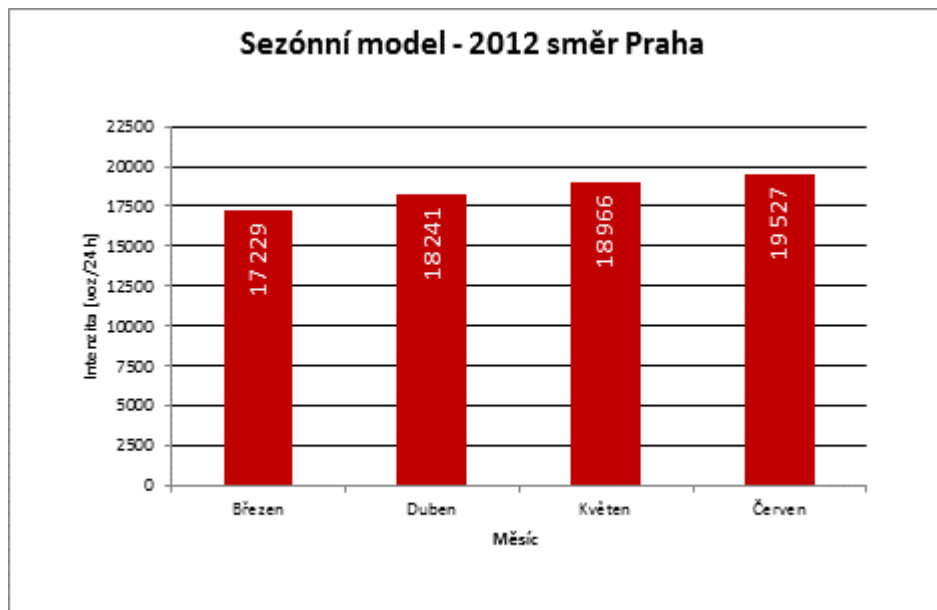
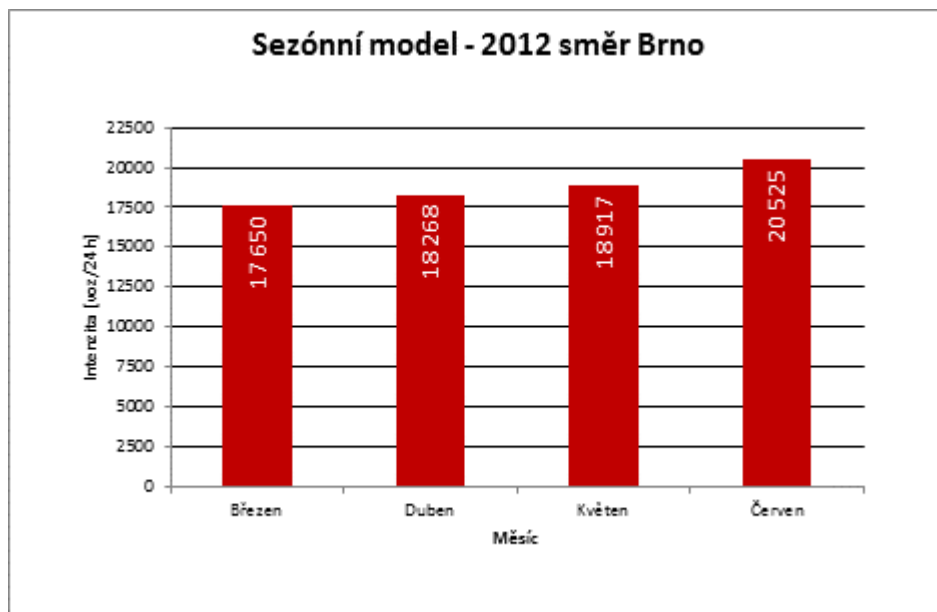


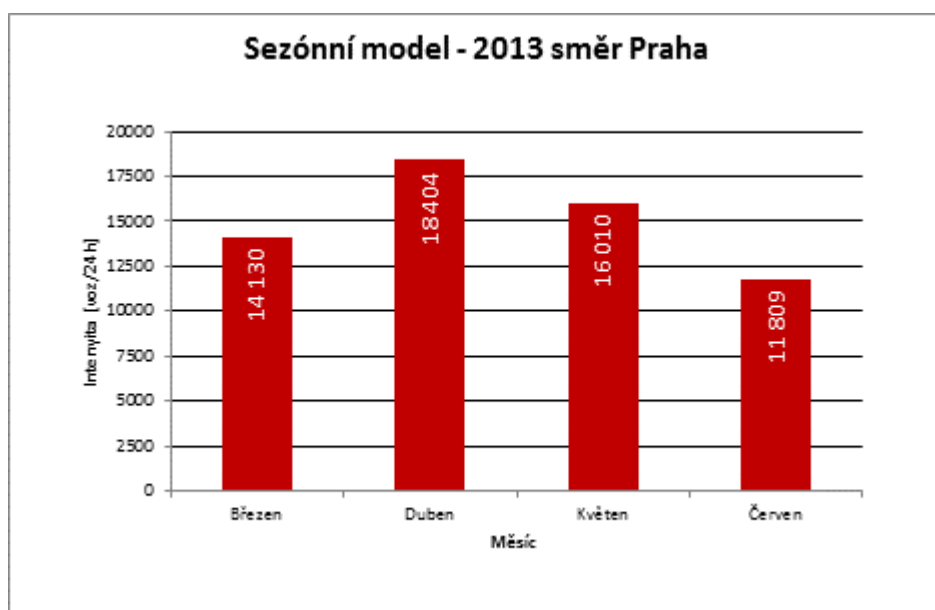
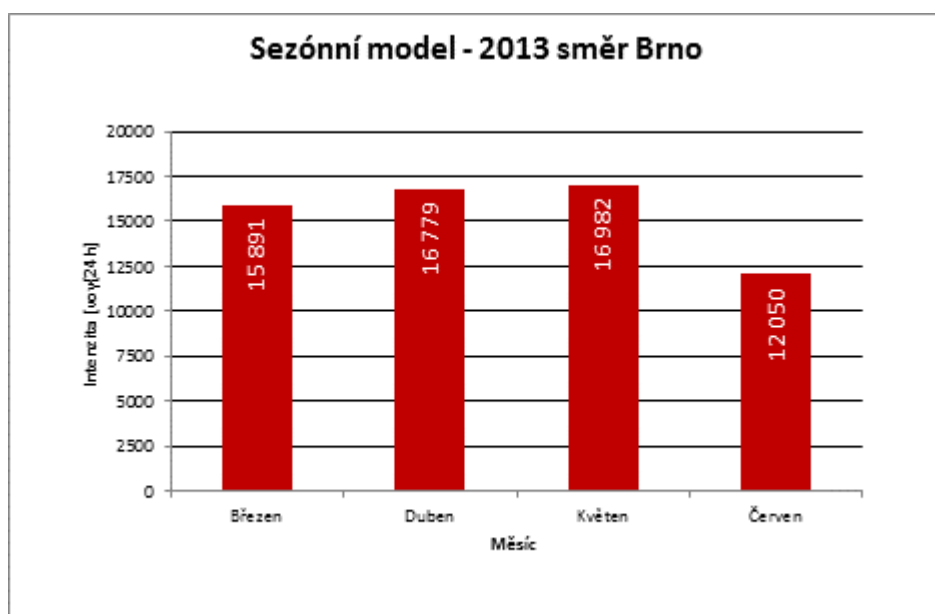


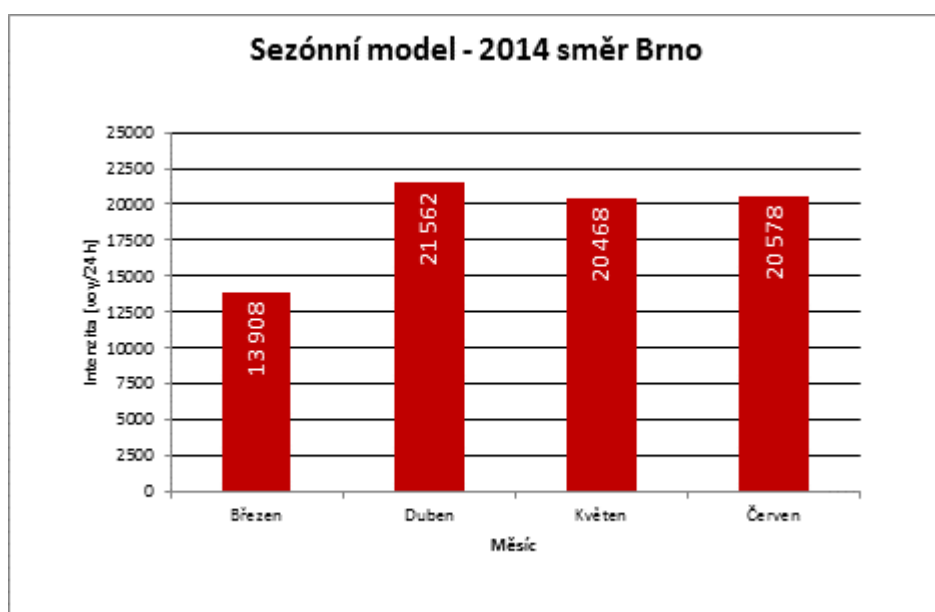
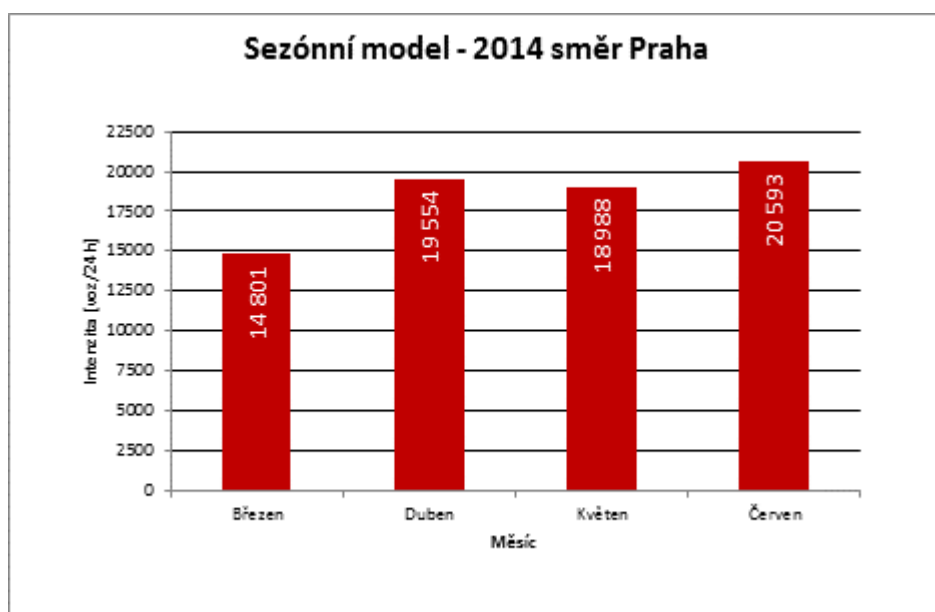




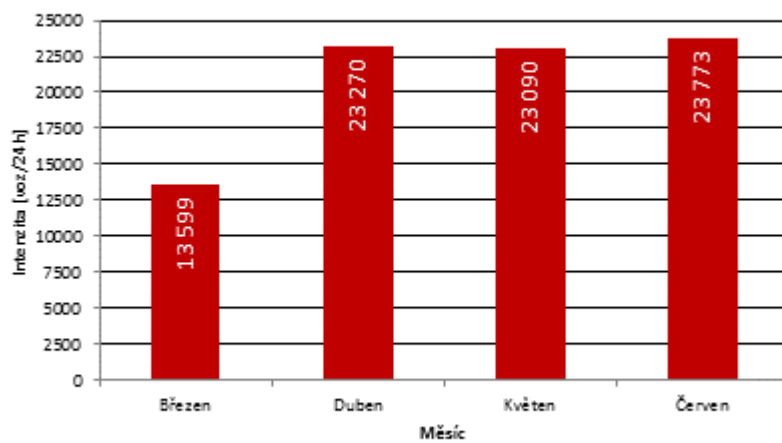
12.2 Sezónní modely



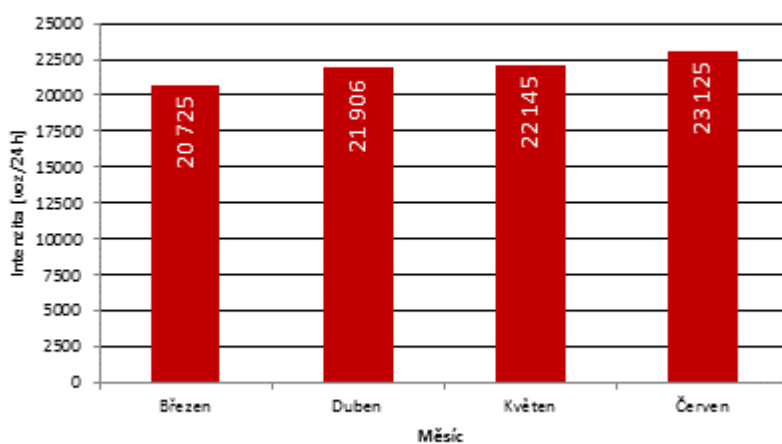


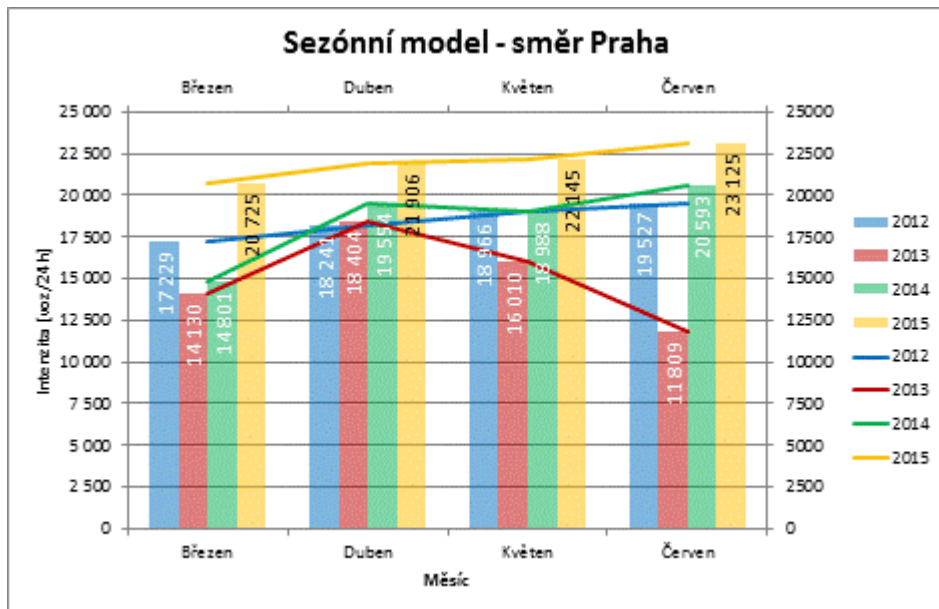
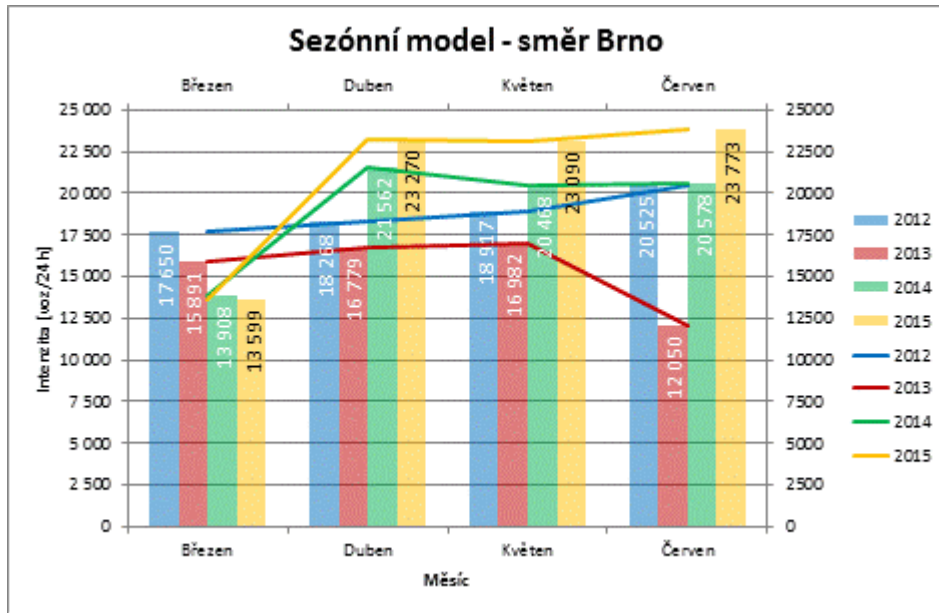


Sezónní model - 2015 směr Brno



Sezónní model - 2015 směr Praha





12.3 Trendové modely

