



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA DOPRAVNÍ

Yuriy Sherstnev

Nízkoemisní zóna v Almaty

Bakalářská práce

2020



K617 Ústav logistiky a managementu dopravy

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

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Yuriy Sherstnev

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

B 3710 – LOG – Logistika a řízení dopravních procesů

Název tématu (česky): **Nízkoemisní zóna v Almaty**

Název tématu (anglicky): Low emission zone in Almaty

Zásady pro vypracování

Při zpracování bakalářské práce se řiďte následujícími pokyny:

- Popis současné situace ve městě Almaty s důrazem na dopravu a životní prostředí
- Strategie města Almaty v oblasti udržitelné dopravy
- Analýza existujících nízkoemisních zón ve světových metropolích
- Srovnání jednotlivých přístupů a výběr modelu vhodného pro město Almaty
- Rámcový návrh nízkoemisní zóny pro město Almaty



- Rozsah grafických prací: podle pokynů vedoucího bakalářské práce
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 35 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury: City of Almaty Sustainable Transport Strategy (oficiální dokument města Almaty)
Air quality and urban traffic in the EU: Best practices and possible solutions (studie pro Evropský parlament)

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Tomáš Horák, Ph.D.**

Datum zadání bakalářské práce: **29. června 2019**
(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 bakalářské práce: **10. srpna 2020**
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia

doc. Ing. Tomáš Horák, Ph.D.
vedoucí
Ústavu logistiky a managementu dopravy



doc. Ing. Pavel Hrubeš, Ph.D.
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.

Yurij Sherstnev
jméno a podpis studenta

V Praze dne29. června 2019

PODĚKOVÁNÍ

V první řadě bych chtěl poděkovat vedoucímu bakalářské práce panu doc. Ing. Tomáši Horákovi Ph.D. za odborné vedení, profesionální přístup, vstřícnost při konzultacích a cenné rady během zpracování této práce. Dále bych chtěl poděkovat své rodině a přátelům za podporu a trpělivost po celé době mého studia.

PROHLÁŠENÍ

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na ČVUT v Praze Fakultě dopravní.

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

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

V Praze dne 09. srpna 2020


Yuriy Sherstnev
jméno a podpis studenta

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

Nízkoemisní zóna v Almaty

bakalářská práce

srpen 2020

Yuriy Sherstnev

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá možností zavedení nízkoemisní zóny na příkladu města Almaty. Úvodní část je věnována popisu současné situace ve městě Almaty s důrazem na dopravu a životní prostředí. Dále se práce zabývá problémy definovanými ve strategickém dokumentu v oblasti udržitelné dopravy, poté analýzou jednotlivých přístupů k nízkoemisním zónám ve světových metropolích, což vede k výběru modelu vhodného pro město Almaty. V závěrečné části je navržena zpoplatněná nízkoemisní zóna na okres Almaly s důrazem na znečištění ovzduší a dopravní kongesce v centrální části města.

KLÍČOVÁ SLOVA

Nízkoemisní zóny, znečištění ovzduší, nástroje regulace dopravy, dopravní kongesce, zpoplatnění, Almaty, okres Almaly

ABSTRACT

This bachelor's thesis deals with the possibility of introducing a low emission zone on the example of the city of Almaty. The first part of the thesis is devoted to the description of the current situation in the city of Almaty with emphasis on transport and the environment. Next part of the thesis deals with the problems defined in the strategic document in field of sustainable transport, then the analysis of individual approaches to low emission zones in world capitals, which leads to the selection of a model suitable for the city of Almaty. The last part is proposed a tolled low emission zone for Almaty district with an emphasis on air pollution and traffic congestion in the central part of the city.

KEYWORDS

Low emission zones, air pollution, regulation of traffic, traffic congestion, charge, Almaty, Almaty district

Obsah

Seznam použitých zkratk	9
Úvod	10
1. Popis současné situace ve městě Almaty s důrazem na dopravu a životní prostředí	11
1.1 Charakteristika města	11
1.2 Městská hromadná doprava	12
1.2 Cyklistická doprava	16
1.3 Osobní automobilová doprava	16
1.3.1 Analýza osobních automobilů v Almaty	17
1.4 Životní prostředí a ekologie	19
1.4.1 Nový index kvality ovzduší	20
1.4.2 Zdroj dopravních emisí a jejich vliv na lidské zdraví	21
1.5 Strategie rozvoje Almaty do roku 2050	22
1.5.1 Problémová místa Almaty	22
1.5.2 Budoucí cíle rozvoje Almaty	26
2. Strategie města Almaty v oblasti udržitelné dopravy	28
2.1 Obecné informace	28
2.2 Existující problémy	28
2.3 Shrnutí strategie města Almaty v oblasti udržitelné dopravy	30
2.3.1 Vlastní pohled na strategii	31
3. Analýza existujících nízkoemisních zón ve světových metropolích	33
3.1 Nízkoemisní zóny	33
3.2 Německo	35
3.2.1 Lipsko	36
3.2.2 Stuttgart	37
3.2.3 Berlín	38
3.3 Švédsko	39
3.3.1 Stockholm Congestion Charge Zone	40
3.3.2 Stockholm nízkoemisní zóny	41
3.4 Velká Británie	44
3.4.1 Londýn Congestion Charge Zone	44
3.4.2 Londýn LEZ	44
3.4.3 Londýn ULEZ	46
4. Srovnání jednotlivých přístupů a výběr modelu vhodného pro město Almaty	48
4.1 Systém kontroly	48

4.2 Druh omezení.....	51
4.3 Shrnutí variant a výběr modelu pro Almaty	51
5. Rámcový návrh nízkoemisní zóny pro město Almaty.....	53
5.1 Předpoklady pro zavedení nízkoemisních zón.....	53
5.2 Administrativní opatření pro zavedení NEZ.....	53
5.3 Výběr oblasti pro zavedení NEZ	54
5.4 Návrh nízkoemisní zóny pro okres Almaty	60
6. Závěr.....	65
Seznam použité literatury	66
Seznam obrázků.....	69
Seznam tabulek.....	71
Seznam grafů	72

Seznam použitých zkratk

HPH	Hrubá přidaná hodnota
QR	Quick Response
KZT	Kazachstánské tenge
BRT	Bus Rapid Transit
MHD	Městská hromadná doprava
LRT	Light Rail Transit
OECD	Organization for Economic Co-operation and Development
EURO	Emisní norma
AQLI	Air Quality Life Index
WHO	World Health Organization
PM _x	Particulate matter
CO ₂	Oxid uhličitý
NO _x	Oxidy dusíku
PAU	Polycyklické aromatické uhlovodíky
UNDP	United Nations Development Programme
NEZ	Nízkoemisní zóny
CCZ	Congestion Charge Zone
LEZ	Low emission zone
ULEZ	Ultra low emission zone
SEK	Švédská koruna
GBP	Britská libra
ANPR	Automatic Number Plate Recognition
DSRC	Dedicated Short Range Communication
P+R	Park and Ride

Úvod

Tématem mojí bakalářské práce je návrh nízkoemisní zóny pro město Almaty. Význam tématu vyplývá ze skutečnosti, že Almaty je největším městem Kazachstánu, které odpovídá úrovni průměrných světových metropolí. Podle ekologických ukazatelů Almaty výrazně zaostávají za úrovní vyspělých měst světa. Tento neuspokojivý stav souvisí především s rapidním nárůstem osobní automobilové dopravy, která má obrovský dopad na znečištění ovzduší. Z hlediska obyvatel města je osobní automobilová doprava považovaná za nejvhodnější dopravní prostředek, což způsobuje vznik různých problémů spojených s problematikou rozvoje měst a regionů, týkajících se zhoršení nejen ekologické situace. Skutečnost, že se smog hromadí ve městě kvůli unikátní poloze na úpatí hor, svědčí o tom, že by se město mělo aktivně zapojovat do moderních opatření již rozvinutých ve světových metropolích.

Období projektů zaměřených na vytváření příznivých podmínek pro automobilovou dopravu začíná ustupovat a musí ustoupit před širšími cíli, které stojí na hodnotách vytvoření efektivních metod ke zlepšení kvality životního prostředí a kvality života ve městech. Kvalita životního prostředí a kvalita života v městských oblastech jsou důležitými faktory pro všechny obyvatele měst. Řada studií ukazuje, že v současné době jedním z klíčových problémů, které ovlivňují tyto faktory, je intenzivní automobilová doprava. Vysoký stupeň motorizace negativně ovlivňuje kvalitu ovzduší, a také přispívá k ekonomickým nákladům, zvyšování hladiny hluku a dopravním kongescím atd.

V důsledku růstu osobní dopravy a s ní spojené negativní efekty se řeší ve městech zavedením nástrojů regulace dopravy. Existuje spousta nástrojů regulace dopravy jako např. mýtné, aukce poznávání značek, parkovací poplatky a nízkoemisní zóny.

Tato bakalářská práce se zabývá zejména jedním z existujících nástrojů regulace dopravy, který je již zaveden v řadě evropských států. Jedná se o nízkoemisní zóny, které byli úspěšně aplikovány např. v Německu, Rakousku, Nizozemsku, Francii, Švédsku a ve Velké Británii. Právě výsledný efekt nízkoemisních zón, který je vidět na zahraničních zkušenostech, by se mohl stát pro Almaty cestou k dosažení stanoveného cíle.

Cílem bakalářské práce je na základě analýzy jednotlivých přístupů k nízkoemisním zónám ve světových metropolích navrhnout možné řešení ekologického zatížení, které by způsobilo veřejnou diskusi na téma ekologické zatížení a doprava v kontextu města Almaty.

1. Popis současné situace ve městě Almaty s důrazem na dopravu a životní prostředí

1.1 Charakteristika města

Almaty je počtem obyvatel a rozlohou největší město na jihovýchodě unitárního státu Kazachstán. Kazachstán se nachází v centru Eurasijského kontinentu. Dále město leží na úpatí pohoří Zaili Alatau a má zhruba 1,9 milionů obyvatel. Rozloha města činí 683,5 km². Almaty je důležitým ekonomickým, regionálním, vědeckým a kulturním centrem Kazachstánu. [1]



Obrázek 1: Umístění Almaty na mapě. Zdroj:

<http://souvenirchronicles.blogspot.com/2018/01/almaty-kazakhstan-royal-tulip-hotel-and.html>

Almaty je ekonomicky nejsilnějším městem Kazachstánu, které z hlediska ukazatele HPH zaujímá vedoucí pozice mezi ostatními regiony země. Město je centrem rozvoje malých a středních podniků. Z hlediska indexů hodnotících ekonomické ukazatele Almaty odpovídá úrovni průměrných světových metropolí. Almaty jako největší město Kazachstánu zajišťují kolem 20 % vnějšího obrátu země. [1]

Historický kontext ukazuje, že město Almaty vždy hrálo důležitou roli hospodářského centra na Velké Hedvábné stezce. V současné době je Almaty velkým logistickým

uzlem na spojení „západní Evropa – západní Čína“, což představuje Novou Hedvábnou stezku (viz obrázek 2). Tento logistický uzel zároveň slouží jako spojnice pro hlavní meziměstské a mezinárodní silniční, železniční a letecké komunikace. [1]



Obrázek 2: Umístění Almaty na Nové Hedvábné stezce. Zdroj: <https://industryeurope.com/chinas-silk-road-supports-uk-just-in-time-manufacturing-strategy/>

1.2 Městská hromadná doprava

Ve městě Almaty je po realizaci řady projektů rozvinutá síť městské hromadné dopravy, která zahrnuje několik klasických druhů dopravy. V současné době se v Almaty přepravou cestujících zabývá 20 dopravců. [2]

Dále jsou rozebrány klíčové druhy městské hromadné dopravy.

Odbavovací systém

V Almaty je od roku 2015 zaveden automatizovaný elektronický systém odbavování cestujících „ONAY“. Odbavení ve vozidlech městské hromadné dopravy je založeno na samoobslužném odbavení cestujících s případnou možností prodeje jízdenek u řidiče. Platba za využití konkrétního druhu městské hromadné dopravy probíhá buď prostřednictvím systému „ONAY“ nebo v hotovosti. Pro zaplacení jízdného si obyvatelé Almaty mohou pořídit speciální bezkontaktní čipovou kartu, kterou je nutné přiložit k čtečce na validátoru ve vozidle, nebo na turniketu v případě volby cesty metrem. Další možností je instalace mobilní aplikace „ONAY Mobile“ do chytrého telefonu, kde poté cestující jen naskenuje QR kód nebo kód vozidla umístěné na validátoru. Poslední možností je zakoupení papírové jízdenky „ONAY“ u řidiče v autobusu nebo trolejbusu, kterou není třeba označovat. V případě metra je nutné zakoupit plastovou jízdenku a použít ji u turniketu při odbavení. Cena jízdného v jakémkoliv druhu městské hromadné dopravy činí 80 KZT v případě využití bezkontaktní čipové karty nebo mobilní aplikace. Při platbě v hotovosti je cena 150 KZT. [3]

Autobusová doprava

Autobusová doprava je hlavním a zároveň nepoužívanějším druhem městské hromadné dopravy. V současné době v Almaty jezdí 130 denních a 1 noční linka. Většina z 800 jednotek autobusů je nízkopodlažní a jsou poháněny stlačeným zemním plynem. [4]

V posledních letech se Almaty snaží přizpůsobit systém metropolitních autobusů BRT. První koridor rychlé autobusové dopravy prochází ulicemi Mustafina, Ryskulbekova a Sulejmanova, a byl uveden do provozu v roce 2017. Jeho délka sestává z 8,7 km. [5]

Podle informace z obrázku 3 nejčastěji systém metropolitních autobusů využívají školáci, studenti a senioři. Zavedením systému BRT se především očekává:

- přírůst cestujících na daném koridoru zhruba o 40 %,
- zkrácení jízdních dob na 32 %,
- v období dopravní špičky kapacita jednoho autobusu umožní přepravit až 100 cestujících,
- každodenní přeprava přes 200 tisíc cestujících.



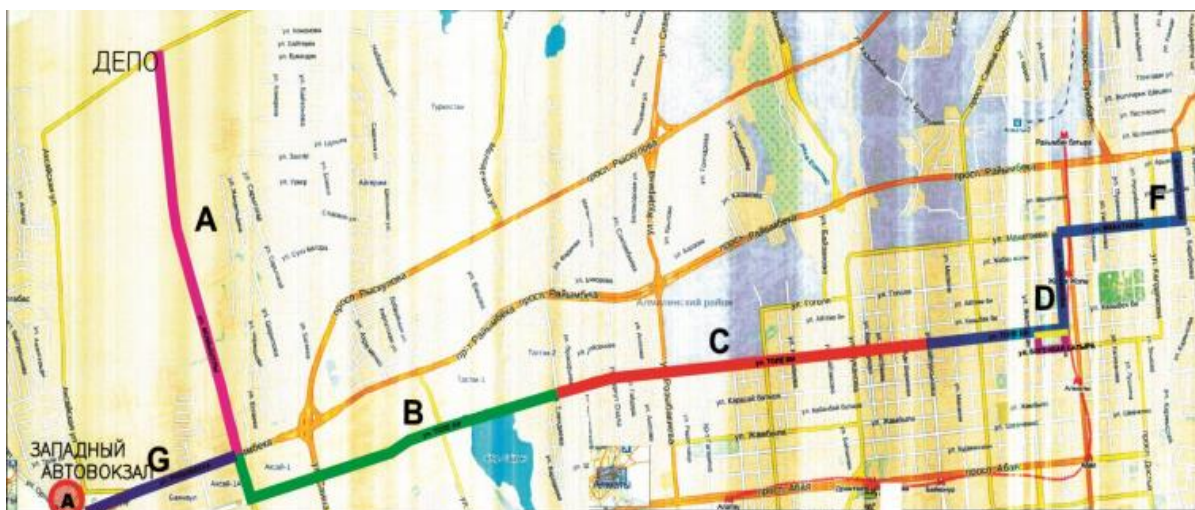
Obrázek 3: Schéma zastávky BRT. Zdroj:
<https://informburo.kz/novosti/brt-v-almaty-oboshyolsya-byudzhetu-v-42-mlrd-tenge.html>

Trolejbusová doprava

V Almaty se trolejbusová síť skládá z 8 denních linek, které zjišťují spojení pro západní, východní a jižní části města a s 2 železničními stanicemi „Almaty-1“ a „Almaty-2“. Všechna provazovaná vozidla na trolejbusových linkách jsou nízkopodlažní. [6]

Tramvajová doprava

V roce 2015 byl zrušen provoz tramvajové dopravy. Hlavními příčinami jsou nebezpečný stav kolejí a v posledních letech dokonce i nízký počet cestujících využívajících tento druh městské hromadné dopravy z důvodu velkých intervalů mezi spoji. Avšak od roku 2009 se plánuje moderní projekt pro tramvajovou dopravu ve formě městské rychlodrahy LRT (viz obrázek 4). Realizace projektu předpokládá výstavbu linky LRT o délce 22,9 km, která bude procházet od depa v okrese Alatau přes centrum města do náměstí Astana. Predikována rychlost bude dosahovat 24 km/h, což umožní překonat celkovou trasu s 35 zastávkami za 40 minut. Podle predikce přepravních výkonů bude počet cestujících dosahovat 77 až 106 tisíc denně. [7]



Obrázek 4: Schéma první linky LRT v Almaty. Zdroj: <https://alatransit.kz/ru/content/tramvailrt>

Podzemní doprava

Metro v Almaty je strategicky důležitým objektem, které je nejnovějším druhem městské hromadné dopravy. V době uvedení do provozu, což je rok 2011, Almatinské metro bylo tvořeno pouze jednou linkou, která obsahovala 7 stanic o délce 8,6 km. V současné době daná linka obsahuje celkem 9 stanic o délce 11,34 km. [8]

Výkon městské hromadné dopravy

V posledních letech v Almaty lze pozorovat výrazný nárůst počtu přepravovaných cestujících (viz tabulky 1 a 2). K růstu vysoké poptávky ze strany cestujících přispěl nárůst krajských obyvatel dojíždějících do města za účelem práce, studia, rekreace atd.

Uvedené tabulky 1 a 2 zahrnují objem přepravených cestujících všemi kategoriemi městské hromadné dopravy včetně objemu přepravy organizacemi a podnikateli, kteří se zabývají komerčními službami.

Tabulka 1: Přepravní výkon pro období 2014-2019 (v tis)

Rok	Počet cestujících (v tis)
2014	4 804 885
2015	4 983 757
2016	4 987 699
2017	5 098 649
2018	5 197 678
2019	5 584 632

Zdroj: Vlastní zpracování, hodnoty převzaté z <https://stat.gov.kz/>

Tabulka 2: Přepravní výkon pro období 2014-2019 (v mil. oskm)

Rok	Počet cestujících (v mil. oskm)
2014	27 313,5
2015	27 896,7
2016	29 224,6
2017	28 163
2018	29 962
2019	32 902

Zdroj: Vlastní zpracování, hodnoty převzaté z <https://stat.gov.kz/>

1.2 Cyklistická doprava

Před 11 lety město Almaty nebylo přizpůsobeno k tomu, aby obyvatelé mohli využít kolo jako alternativní dopravní prostředek klasickému MHD pro bezpečný pohyb ve městě. Hlavními příčinami tomu byly úplná absence cyklostezek, parkovacích stanic na jízdní kola a systému sdílení kol (Bike Sharing). Po vybudování první cyklostezky v roce 2008 o délce 2,5 km na ulici Abaya, došlo ke stále větší popularitě cyklistiky. V posledních letech se Almaty začalo postupně rozvíjet ve prospěch cyklistické dopravy, čemuž odpovídá poměrně velký počet cyklostezek, který činí přes 60 km. Druhy cyklostezek, které se vyskytují, jsou rozděleny na stezky pro cyklisty a cyklopruhy na silnicích. V Almaty se nachází kolem 200 parkovacích stanic na jízdní kola. Avšak současný stav cyklostezek nelze považovat za dokonalý, jelikož mezi nimi zatím neexistuje integrace do jednotlivé sítě. [9]

1.3 Osobní automobilová doprava

Osobní automobil dle OECD (2017) se postupně stává nejpoužívanějším dopravním prostředkem ve městech Kazachstánu. Studie uvádí, že k roku 1991, což je rok rozpadu Sovětského svazu, v Kazachstánu bylo poměrně malý počet osobních automobilů a rozsáhlá síť městské hromadné dopravy. Avšak od roku 2000 ekonomický vývoj země způsobil rapidní nárůst osobních automobilů. Přitom největší počet automobilů připadá na města Almaty a Nur-Sultan. [10]

Dopravní strategie, která je zaměřena na příznivé podmínky pro osobní automobily způsobila preference obyvatel města využívat tento druh dopravy jako dopravní prostředek při pohybu ve městě. V důsledku nadměrného využití došlo ke vzniku řady problémů jak ve městě, tak dokonce i v Almatinské oblasti.

Především jsou to:

- dopravní kongesce,
- znečištění ovzduší,
- dopravní nehody.

Dopravní kongesce mají negativní vliv na provoz ve městě. V období špičky rychlost osobních automobilů nepřesahuje 19 km/h, přičemž je to ještě horší s městskou hromadnou dopravou, jejíž průměrná rychlost činí 14 km/h. [10]

V Almaty je automobilová doprava považována za jeden z významnějších zdrojů znečištění. Podle OECD (2017) 80 % celkové produkce emisí vypouštějí právě osobní automobily, čemuž odpovídá vysoká úroveň onemocnění týkající se dýchacího systému. [10]

Posledním důležitým problémem z výše uvedených negativních důsledků jsou dopravní nehody. Dle OECD (2017) byl v Almaty naměřen celkový počet dopravních nehod, který je zhruba tři krát vyšší než v ostatních městech země. Na 100 tisíc obyvatel přichází 345 dopravních nehod, zatím co v ostatních městech připadá 118 nehod na 100 tisíc obyvatel. [10]

1.3.1 Analýza osobních automobilů v Almaty

Dle statistického úřadu bylo k 01.01.2020 na území Kazachstánu celkem registrováno 3 776 893 vozidel kategorie osobní automobil. V Almaty a Almatinské oblasti bylo k tomuto datu registrováno celkem 963 472 osobních automobilů (viz tabulka 3).

Z tabulky 3 je patrné, že počet osobních automobilů ve městě během zkoumaného období klesá, ale zároveň dochází k jejich nárůstu v Almatinské oblasti. Tento nárůst způsobuje vznik dopravních kongescí při dojíždění krajských obyvatel do města.

Tabulka 3: Počet osobních automobilů v Almaty a Almatinské oblasti (v ks)

Počet osobních automobilů (v ks)		
Rok	Almaty	Almatinská oblast
2011	525 729	410 260
2012	498 866	456 774
2013	505 202	463 110
2014	514 266	501 053
2015	468 337	459 465
2016	459 501	471 018
2017	462 494	474 298
2018	471 082	482 952
2019	469 983	493 489

Zdroj: Vlastní zpracování, hodnoty převzaté z <https://stat.gov.kz/>

Níže v tabulce 4 je uvedeno složení vozového parku osobních automobilů v Almaty a Almatinské oblasti k 01.01.2020.

Tabulka 4: Složení vozového parku osobních automobilů v Almaty a Almatinské oblasti (v ks)

Věkový interval osobních automobilů (v ks)		
Věkový interval	Almaty	Almatinská oblast
Mladší 3 let	71 564	22 572
3-7 let	89 659	47 560
7-10 let	43 777	24 665
Starší 10 let	250 186	393 303

Zdroj: Vlastní zpracování, hodnoty převzaté z <https://stat.gov.kz/>

Z tabulky 4 je vidět, že v Almaty a Almatinské oblasti z celkového počtu registrovaných osobních automobilů výrazně převažují automobily s rokem výroby starší 10 let, která spadají do nižších emisních norem EURO, stejně tomu tak je v celém území Kazachstánu.

Níže v tabulkách 5 a 6 je uvedeno rozložení osobních automobilů v Almaty a Almatinské oblasti podle použitého druhu paliva k 01.01.2020.

Tabulka 5: Rozložení osobních automobilů v Almaty podle použitého druhu paliva (v ks)

Almaty (v ks)					
Rok	Benzín	Diesel	Stlačený zemní plyn	Hybrid	Elektro
2011	515 625	8 678	539	753	134
2012	486 695	10 940	388	747	96
2013	492 393	11 471	393	849	96
2014	482 486	17 347	448	2 723	87
2015	440 336	17 160	503	3 246	101
2016	429 387	17 260	677	5 878	63
2017	431 548	17 277	648	9 378	78
2018	437 991	18 104	633	13 350	89
2019	431 928	19 225	540	16 746	66

Zdroj: Vlastní zpracování, hodnoty převzaté z <https://stat.gov.kz/>

Tabulka 6: Rozložení osobních automobilů v Almatinské oblasti podle použitého druhu paliva (v ks)

Almatinská oblast (v ks)					
Rok	Benzín	Diesel	Stlačený zemní plyn	Hybrid	Elektro
2011	408 235	1 864	85	67	9
2012	453 756	2 703	140	160	15
2013	459 966	2 812	147	170	15
2014	494 236	4 978	218	261	14
2015	452 828	4 751	234	402	12
2016	463 267	5 171	334	1 136	10
2017	463 035	6 536	328	3 502	5
2018	465 647	8 443	355	7 284	6
2019	467 898	11 272	367	11 793	3

Zdroj: Vlastní zpracování, hodnoty převzaté z <https://stat.gov.kz/>

Z tabulek 5 a 6 je patrné, že v Almaty a Almatinské oblasti k zajištění pohybu osobních automobilů v naprosto převládající míře jako druh paliva převažuje benzín.

1.4 Životní prostředí a ekologie

Ekologické problémy městských území v současnosti žádají stále větší pozornost. Podle odhadů odborníků kolem 50 % lidstva žije ve městech a jejich počet se neustále zvyšuje. V důsledku toho k roku 2050 tento ukazatel dosáhne 80 % ve vyspělých zemích a 70 % v méně vyspělých zemích.

Nárůst městské populace neboli rychlý růst míry úrovně urbanizace vede k negativnímu dopadu na životní prostředí a zdraví. Města způsobují 80 % celkové produkce emisí

vypouštěných do atmosféry a 3/4 celkového znečištění. Hlavními zdroji znečištění jsou především doprava a průmyslové podniky. Neméně důležitá kritéria, která ovlivňují znečištění ovzduší jsou geografická poloha a územní plánování města. [11]

1.4.1 Nový index kvality ovzduší

Vědci z „Energy Policy Institute at the University of Chicago“ stanovili nový index kvality ovzduší AQLI. Pomocí něj lze pozorovat, o kolik se zkracuje délka života kvůli špatné kvalitě ovzduší v závislosti na regionu. AQLI uvádí znečišťování ovzduší pevnými částicemi jako jednu z největších hrozeb, která zkracuje průměrnou celosvětovou délku života o 1,8 roku na osobu. Ve srovnání s tím kouření, drogy a ničivé přenosné nemoci v menší míře ovlivňují zkrácení doby života (viz obrázek 5). [12]

V současné době 75 % světové populace žije v regionech, kde úroveň znečištění ovzduší pevnými částicemi překračuje směrnice Světové zdravotnické organizace (WHO). Pokud by tato úroveň v nejvíce znečištěných regionech země vyhovovala pokynům směrnice WHO, tak by se v těchto regionech délka života zvýšila o 1 rok na osobu. [12]



Obrázek 5: Průměrná zkrácená délka života na osobu podle AQLI. Zdroj: <https://aqli.epic.uchicago.edu/news/new-index-finds-air-pollution-reduces-global-life-expectancy-by-nearly-2-years-making-it-the-single-greatest-threat-to-human-health/>

Podle AQLI při splnění pokynů směrnice WHO v Almaty potenciální změna délky života dosáhne 0,97 roku na osobu. [13]

1.4.2 Zdroj dopravních emisí a jejich vliv na lidské zdraví

Silniční doprava ve městech je považována za jeden z dominantních celosvětových zdrojů emisí znečišťující ovzduší. Koncentrace některých škodlivin v oblastech s hustou automobilovou dopravou má mírně rostoucí křivku. Podle studií WHO má znečištění ovzduší obrovský vliv na životní prostředí a lidské zdraví, což vede každoročně k předčasné smrti kolem 370 tisíc obyvatel Evropy a 9 tisíc obyvatel České republiky. Celkové množství vypouštěných emisí motorových vozidel závisí na několika faktorech. Především je to druh spotřebovaného paliva, typu a technický stav motoru, styl jízdy, stav dopravní infrastruktury a užití zařízení ke snížení emisí. [14]

Zdrojem dopravních emisí jsou výfukové plyny spalovacích motorů a pevné částice, které nejsou pouze součástí výfukových plynů. Pevné části mohou být produkovány například při procesů spalování, opotřebování součástí vozidel, obrušování vozovky, korozi zařízení komunikací a tak dále. Součástí výfukových plynů jsou obvykle vodní para, CO₂, NO_x, PAU, aldehydy, ketony, fenoly, saze, dehet, platinové kovy a mnohé další. [14]

Dále je krátce uveden přehled některých škodliviny ovlivňujících lidské zdraví.

Suspendované částice frakce PM_x

Jedná se o směs pevných částic o velikosti menší než $x \mu\text{m}$, které jsou snadno volně unášené vzduchem. Nebezpečnost pevných částic spočívá v hlubokém pronikání do dýchacích cest a následujícím snadném usazení, což vede ke snížení samočisticích schopností organismu a tím pádem zvyšují riziko vzniku infekce. Pevné částice mají schopnost vázat další škodlivé látky na svůj povrch, příkladem můžou být polycyklické aromatické uhlovodíky. Škodlivost a místo záchytu závisí na velikostech částic, tvaru a chemickém složení částic. Největší nebezpečí představují prachové částice o rozměrech 1- 2 μm . [14]

Oxid uhelnatý (CO)

Oxid uhelnatý (CO) je jedovatý bezbarvý plyn, který při vdechování zabraňuje přenosu kyslíku v organismu. Vzniká nedokonalém spalováním materiálů s obsahem uhlíku v uzavřených prostorech. Množství emise CO u zážehových i vznětových motorů závisí na rychlosti jízdy. [14]

Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU)

Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU) jsou látky, které vznikají při nedokonalém spalování organických materiálů. Tyto látky mají řadu nepříznivých účinků na živé organismy. Patří sem immunotoxicita, genotoxicita, karcinogenita, reprodukční toxicita. To může představovat pro populaci riziko zvýšení počtu nádorových onemocnění. PAU se transponují do organismu prostřednictvím pevných částic, jelikož mají schopnost se na ně vázat. [14]

Benzen

Benzen je organická sloučenina, která je součástí automobilových benzínů. Hlavní zdroje benzenu jsou vyfukované plyny automobilů při nedokonalém spalování a manipulace s pohonnými hmotami. Benzen způsobuje poškození krevetvorby a postihuje imunitní systém a centrální nervovou soustavu. [14]

Oxidy dusíku

Emise oxidů dusíku (NO_x) jsou produkovány při spalování paliv v závislosti na teplotě či tlaku, kdy dochází k oxidaci vzdušného dusíku. V závislosti na intenzitě provozu silniční dopravy se mění koncentrace NO_x . Při dlouhodobě zvýšené úrovni koncentrace NO_x v ovzduší dochází ke snížení odolnosti, což vede ke onemocnění dýchacích cest a plic a ke zvýšenému riziku astmatických záchvatů. [14]

1.5 Strategie rozvoje Almaty do roku 2050

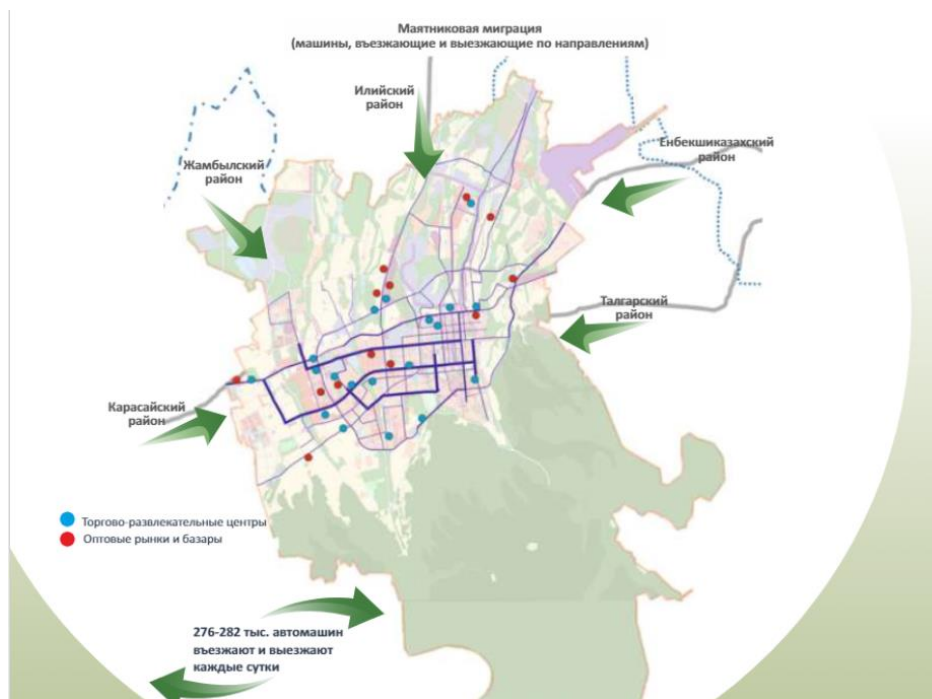
V této podkapitole se budu zabývat stručným popisem problémů spadajících do oblasti dopravy a majících vliv na ekologii a životní prostředí města. Následně se dostanu k popisu budoucích cílů rozvoje města, které jsou uvedené ve strategickém dokumentu „strategie Almaty - 2050“.

1.5.1 Problémová místa Almaty

Nedostatečně rozvinuté městské prostředí, rozdíl v životní úrovni mezi centrální částí města a okraji

Dle strategického dokumentu má město Almaty řádu nedostatků spojených s nedostatečně efektivními plánovacími řešeními a poměrně slabou regulací urbanistické politiky. Tyto nedostatky byly zjištěny na základě migračních toků a připojení území v posledním desetiletí, což způsobilo rychlý nárůst populace. Jelikož centrální část města je lépe zajištěna sociálními výhodami, což vede k tomu, že krajské a předměstské obyvatelé se snaží dostat do centra města za více kvalitními sociálními službami, vyšším platem, lepší infrastrukturou a tak dále. Vysoký rozdíl úrovně rozvoje mezi centrem metropole a okraji s předměstím je klíčovou příčinou kyvadlových jízd, které způsobují velké dopravní kongesce. Podle obrázku 6 takovým způsobem každodenně do města vjíždí kolem 276 až 282 tisíc osobních automobilů.

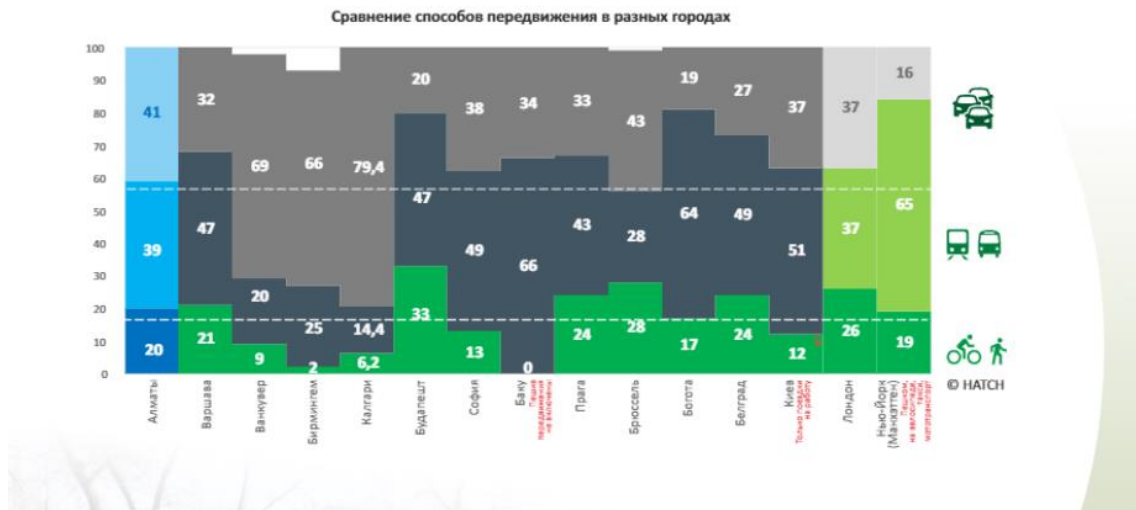
[15]



Obrázek 6: Kyvadlové jízdy v Almaty. Zdroj: <https://almaty-2050.kz/ru/document/1/>

Nesoulad rozvoje městské dopravy s potřebami města

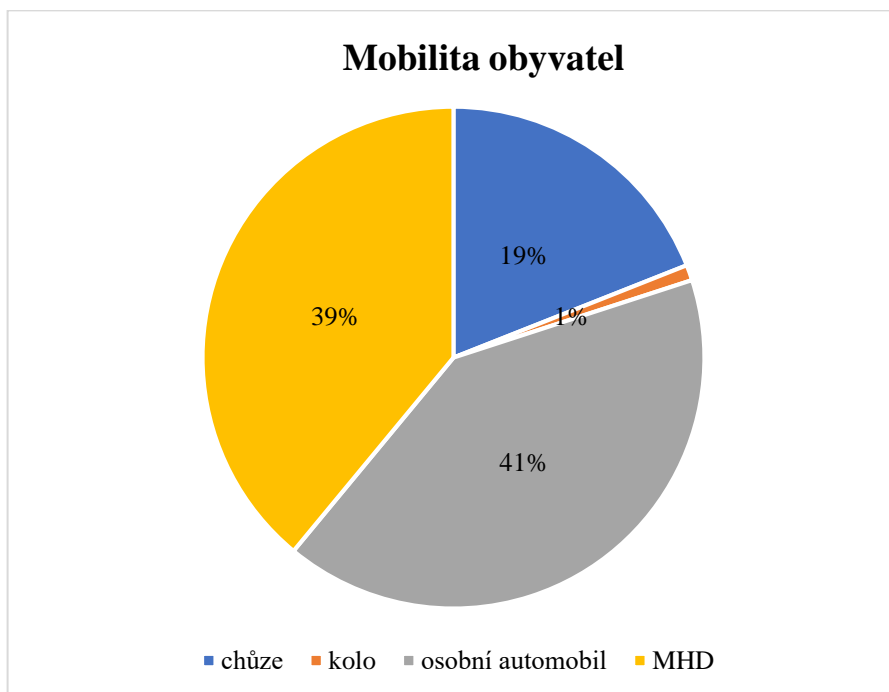
Městská hromadná doprava v Almaty je velmi přetížená. Každodenně se ve městě uskutečňuje kolem 1,2 milionu jízd. V případě srovnání s Moskvou, kde je, 6 krát více obyvatel, se uskutečňuje pouze 12 krát více jízd za den. [15]



Obrázek 7: Porovnání způsobů pohybu v různých městech. Zdroj: <https://almaty-2050.kz/ru/document/1/>

Podle výzkumu v roce 2016 obyvatelé města Almaty podnikají 41 % cest osobními automobily, což je ve srovnání s ostatními druhy většina (viz graf 1). Přebytek automobilů ve městě způsobuje zvýšení úrovně znečištění ovzduší a vznik dopravních kongescí. Hlavními příčinami tomu jsou mírné ceny pohonných hmot, rozšíření silniční infrastruktury a nevyhovující provoz MHD. [15]

Graf 1: Dělna přepravní práce za rok 2016 (v procentech)

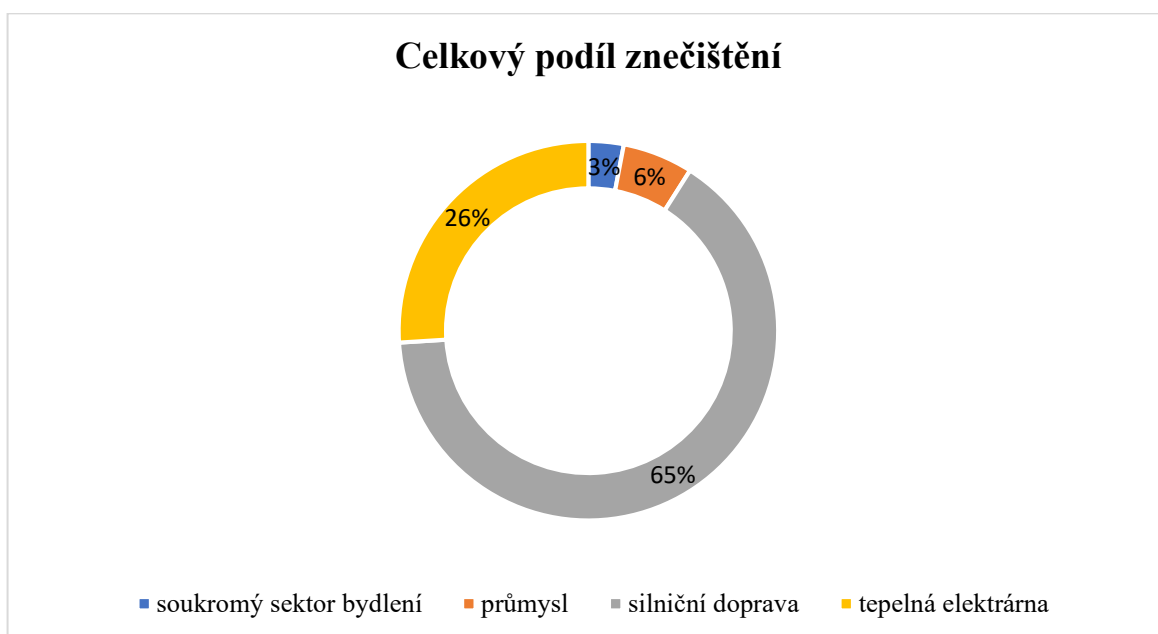


Zdroj: Vlastní zpracování, hodnoty převzaté z <https://almaty-2050.kz/ru/document/1/>

Složité ekologické situace

Almaty patří z hlediska znečištění ovzduší mezi oblasti se zhoršenou kvalitou ovzduší. Každoročně na území města množství emisí vypouštěných do atmosféry přesahuje 120 tisíc tun. Naprosto dominantním zdrojem ovlivňující znečištění ovzduší ve městě je silniční doprava, která produkuje 65 % celkového podílu emisí vypouštěných do ovzduší. Takové velké množství je vyvoláno zhruba 500 tisíci městskými automobily a k tomu ještě kolem 250 tisíci automobily vjíždějících z Almatinské oblasti. Významným znečišťovatelem je také městská tepelná elektrárna, na kterou připadá 26 % celkového objemu. Na znečištění ovzduší se také podílí průmysl a soukromý sektor bydlení (viz graf 2). [15]

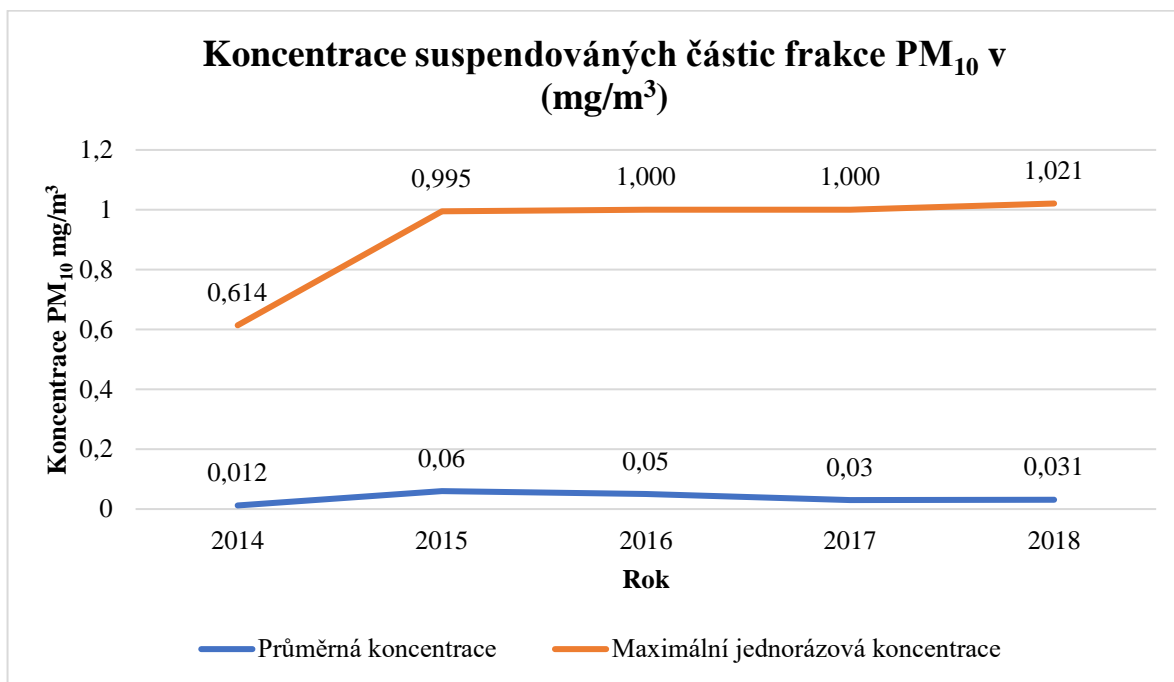
Graf 2: Zdroje znečištění ovzduší v Almaty (v procentech)



Zdroj: Vlastní zpracování, hodnoty převzaté z <https://almaty-2050.kz/ru/document/1/>

Koncentrace některých škodlivin v ovzduší Almaty přesahuje stanovené standardy směrnice WHO. K takovým škodlivým látkám patří pevné částice PM₁₀ (viz graf 3). Nejvyšší přípustná hodnota podle směrnice WHO pro pevné částice PM₁₀ z hlediska průměrné roční koncentrace za rok činí 20 µg/m³. [16]

Graf 3: Koncentrace pevných částic PM₁₀ v Almaty za období 2014-2018 (mg/m³)



Zdroj: Vlastní zpracování, hodnoty převzaté z <https://stat.gov.kz/>

Podle informace z Global Gridded Model of Carbon Footprints (GGMCF) ke dni zpracování je město Almaty na 95 místě mezi ekologicky nebezpečnými městy, každoroční vypouštění do atmosféry dosahuje $25,2 \pm 8,8$ megatun CO₂. [17]

1.5.2 Budoucí cíle rozvoje Almaty

Město bez okrajů

Město je plánováno rozvíjet tak, aby zástavba městských čtvrti byla více uspořádána z hlediska komfortu a měla denní nezbytné sociální služby v bezprostředním okolí. Takové městské části budou propojeny rozvinutou sítí městské hromadné dopravy, což umožní snížit dopravní zátěž a dopady na životní prostředí. „Žít a pracovat bude pohodlné v každé části města. Nebude nutné jet přes celé město, aby se člověk mohl dostat do práce, získat kvalitní zdravotní služby, nebo odvézt děti do dobré školy“. [15]

Chytré město

Město se plánuje aktivně zapojovat do konceptu chytrých měst. Almaty se v budoucnosti stane městem, které využívá chytré technologie v oblasti ochrany životního prostředí, dopravy, vzdělání, státních služeb a mnoho další. K tomu bude vytvořena jednotná

informační síť Big Data Almaty. Tento systém za pomoci umělé inteligence umožní efektivně regulovat rozvoj města. Také použití moderních technologií povede ke zvýšení bezpečností. [15]

Zelené město

Almaty budoucnosti bude čistým zahradním městem s velkým množstvím prostorných parků, pěších zón a alejí. Mnozí obyvatelé začnou častěji využívat pro pohyb ve městě trolejbusy, BRT a metro oproti benzinovým a dieselovým automobilům. Také obyvatelé města začnou preferovat cyklistiku a pěší procházky vzhledem k tomu, že cyklostezky a pěší zóny se protáhnou po celém městě do nepřetržité sítě a stanou se bezpečnými. Spotřeba energie ve městě se sníží na minimum s využitím moderních technologií. Teplo a elektřina budou produkovány pomocí obnovitelných zdrojů energie, což povede k nulovým emisím do atmosféry. [15]

2. Strategie města Almaty v oblasti udržitelné dopravy

Táto kapitola bude věnovaná popisu problémových míst, které jsou uvedené v strategickém dokumentu „Strategie udržitelné dopravy města Almaty“.

2.1 Obecné informace

Vláda města Almaty se rozhodla formulovat dlouhodobou strategii rozvoje své dopravní sítě a dopravní obslužnosti v souladu s přijatým národním konceptem přechodu na „zelenou“ ekonomiku. V strategickém dokumentu jsou projednávány širší spektra otázek v oblasti dopravy. Vývoj daného dokumentu byl zahájen vládou města Almaty ve spolupráci s UNDP v rámci projektu „Udržitelná doprava města Almaty“. [18]

2.2 Existující problémy

Dopravní systém města Almaty se skládá z různých druhů městské hromadné dopravy, navíc ještě existuje velké množství taxislužeb. Město má také nákladní železniční trať a mezinárodní letiště. Kromě toho dochází k stálému nárůstu osobní automobilové dopravy. S přibývajícím počtem osobních automobilů roste mezi obyvatelstvem města počet cest a délka cestovní doby prostřednictvím osobního automobilu, zároveň se mění i vztah k městské hromadné dopravě. Řízení takového dopravního systému představuje určitou složitost, která je v kontextu města stupňována v souvislosti s obrovským hospodářským růstem a sociálními změnami. [18]

Dále jsou rozebrány klíčové problémy v oblasti dopravy, které jsou uvedené ve strategickém dokumentu.

Absence strategie řízení dopravních toků

Osobní automobil je nejpoužívanějším dopravním prostředkem v Almaty. V současné době je jen v Almaty registrováno zhruba 500 tisíc vozidel, přičemž tento počet se neustále zvyšuje, takže se očekává, že se toto číslo během příštích 10 let zvýší na hodnotu 800 tisíc registrovaných vozidel. Každopádně problémem tedy není jen množství automobilů, ale i strategie řízení dopravních toků. Následující problém se projevuje v nepravidelném využití parkovacích prostorů, absence záchytných parkovišť a zvolené dopravní strategie. Ve městě existuje velké množství parkovacích ploch a městských komunikací, které mají vysokou propustnost. Akorát současná dopravní strategie je zaměřena na rozvoj soukromé motorizace, která umožňuje to, že na poměrně

velkém počtu ulic v centru města nejsou stanoveny normy a pravidla parkování, což vede k tomu, že řidiči mohou bezbariérově parkovat své automobily zadarmo během celého dne. Navíc na některých křižovatkách chybějí vyhrazené pruhy pro odbočení vlevo nebo samotný signál semaforu, což vede ke shluku automobilů. Evidentně to přispívá ke vzniku dopravních kongescí, které vedou k řadě problémů. [18]

Růst dopravních kongescí

Vzhledem k extrémnímu hospodářskému růstu, rozrůstání města, rozvoji předměstí v průběhu posledního desetiletí se úroveň motorizace obyvatel každoročně zvyšuje zhruba o 10 %, což vede ke zvýšení přetížení na městských komunikacích. Růst dopravních kongescí se stává klíčovým problémem na mnoha páteřních a vedlejších komunikacích nejen ve špičkách, ale i během celého dne. Také tento růst přetížení představuje vážné ekologické, ekonomické a sociální problémy. [18]

V současné době ve městě průměrná rychlost osobních automobilů ve špičce dosahuje 19 km/h a tento ukazatel bude dál klesat s dosažením maximálního zatížení. Při zachování stejného stavu dopravní kongesce se zcela zablokují všechny klíčové páteřní komunikace v období špiček, což způsobí značné problémy s dostupností různých míst ve městě. Takovým způsobem podle predikce průměrná rychlost osobních automobilů klesne pod 15 km/h. Kromě toho cestující městské hromadné dopravy se také nevyhnou dopravním kongescím a očekává se, že průměrná rychlost klesne na 12 km/h. [18]

Ekologické problémy

Ekologické problémy ve městě jsou způsobeny několika důvody. Patří mezi ně růst automobilizace a neustálé rozšiřování města, které vedou k rychlému zvýšení dopravního výkonu spolu s předpokladem, že v provozu jsou osobní automobily, které jsou ve větší míře silně zastaralé. Podle odhadu celkový roční počet najetých kilometrů automobilů činí 5,780 milionů kilometrů s nárůstem o 6,4 % ročně. Dále unikátní poloha města na úpatí hor navíc způsobuje blokování cirkulaci větru a zabraňuje rozptylu znečištěného vzduchu. [18]

V důsledku uvedených příčin obyvatelé města Almaty trpí silným znečištěním ovzduší, což snižuje jejich kvalitu života. Při zachování současné dopravní politiky, která podporuje rozvoj osobní automobilové dopravy, dojde k nárůstu znečišťujících látek

vypouštěných do ovzduší, což pro obyvatele města představuje vážné zdravotní problémy. [18]

Negativní dopad na ekonomiku

Růst dopravních kongescí negativně ovlivňuje nejen ekologickou situaci, ale i hospodářský růst ve městě, kde je centralizovaná většina aktivit. Tato podmínka ovlivňuje potřebu přepravy, což vede k rostoucí nutnosti mobility a vzniku kongescí. Případný vznik dopravních kongescí se především projevuje ve ztrátě času, kterou lze vyjádřit ve finančních hodnotách. Podle strategického dokumentu roční ztráta pasažérů a řidičů Almaty činí 220 milionů hodin. Tento vynaložený čas by mohl přispět k tomu, aby město získalo 140 miliard KZT ročně. [18]

Neatraktivní MHD

V posledních letech podíl využití městské hromadné dopravy na celkových přepravních výkonech však výrazně poklesl. Což přispělo k tomu, že v současné době jsou méně než 30 % všech jízd prováděny prostřednictvím městské hromadné dopravy. Příčinami tomu jsou zvýšení soukromé motorizace a nízká kvalita MHD služeb. [18]

Pro městskou hromadnou dopravu v Almaty je charakteristická řada problémů:

- Absence integrace,
- Nízká cestovní rychlost,
- Přeplněné autobusy,
- Krátký pracovní den,
- Zastaralé vozy s vysokými emisemi,
- Jednorázové jízdenky,
- Absence systému informování cestujících,
- Neoptimální provoz dopravní sítě,
- Absence priority na semaforech. [18]

2.3 Shrnutí strategie města Almaty v oblasti udržitelné dopravy

Podle strategického dokumentu přijatá politika udržitelné dopravy přinese výrazné změny městu a jeho obyvatelům. Pro realizaci strategie plánuje vláda města v nejbližších letech uskutečnit významné investice do zprovoznění dopravního systému v souladu s

evropskými normami. Výsledkem realizace nové strategie udržitelné dopravy bude zajištění do roku 2023 vysoké kvality života pro své obyvatele. Almaty bude vybaveno rozsáhlou a moderní dopravní sítí, která poskytuje pěší dostupnost nejbližších zastávek, možnost rychlé a bezpečné jízdy podle vyhrazených jízdních pruhů, a možnost použití jednotné a cenově dostupné jízdenky. Strategie se navíc zaměřuje na alternativní druhy pohybu ve městě. Pro obyvatele města i turisty tak bude zavedena možnost konečně se k cíli dostat přes pěší zóny, jízdní kola, carsharing i taxislužby. Také strategie je zaměřená na snížení počtu dopravních nehod. [18]

2.3.1 Vlastní pohled na strategii

V rámci strategie „Strategie udržitelné dopravy města Almaty“ jsou naplánovány rozsáhlé změny v systému městské hromadné dopravy. Tato strategie je z větší části zaměřená na zlepšení mobility ve městě a vybudování rozsáhlé moderní sítě MHD. Mezi změny například patří zahájení lehké železniční dopravy, vysokorychlostní tranzitní autobusy, výstavba nových linek metra a letiště, integrace provozu mezi příměstskými a městskými dopravními sítěmi, zvýšení kvality MHD, popularizace alternativních způsobu pohybu ve městě, modernizace městských komunikací, regulace dopravních toků a management parkování. Do roku 2023 město Almaty bude disponovat dopravním systémem poskytujícím vysoce kvalitní, integrované, bezpečné a udržitelné služby všem kategoriím obyvatelstva. Tento systém přispěje k ekonomickému a sociálnímu rozvoji města. Z tohoto pohledu je daná strategie, která je zaměřena na řešení zajištění mobility pro všechny skupiny obyvatelstva naprosto pokroková. Strategie umožní městu se stát více atraktivním pro život a podnikání a současně poskytovat vyšší úroveň kvality života. Avšak současná dopravní politika, která je zaměřena na příznivé podmínky pro rozvoj soukromé motorizace vyvolala závislost lidí na osobních automobilech. Ulice Almaty jsou už nyní okupovány automobilovou dopravou, která se neustále zvyšuje a město se dusí v emisích. V tomto dokumentu se dotýkají tématu kvality ovzduší a je považováno za globální problém, který je podstatnou mírou způsoben právě automobilovou dopravou. Z mého pohledu strategie pouze popisuje tento problém bez navrhnutí radikálních řešení. Almaty není prvním městem, které je spojeno s problémy způsobenými rozvojem masové motorizace obyvatelstva. Proto stávající možnosti změny na základě vzatí příkladu ze světových metropolí by už měly být využity dříve, než se tento současný vývoj stane nevratným. Pokud by však měla být dopravní politika zcela pozměněna, tak je potřeba hlubší pochopení občanů. Lidé si musejí uvědomit

skutečný stav problému, který souvisí s rozdílem mezi mobilitou obyvatelstva a mobilitou osobních prostředků. Podle mého subjektivního názoru se bude nová dopravní politika, která má za cíl řídit dopravní toky ve městě, těžko přizpůsobovat současnému trendu motorizace. Jelikož zlepšení dopravní infrastruktury ve městě, kde jsou levné pohonné hmoty, parkování zadarmo a prakticky každý občan je si schopen pořídit automobil s rokem výroby starší 10 let, přispívá k tomu, že nová skupina obyvatel preferuje osobní automobil, a to se stává uzavřeným cyklem. Proto si osobně myslím, že uvedení počtu mobilních zdrojů do souladu s rozvojem města, zůstává cílem, který je třeba řešit současně s plánovaným rozvojem sítě veřejné dopravy.

3. Analýza existujících nízkoemisních zón ve světových metropolích

V současnosti existuje v Evropské unii několik stovek nízkoemisních zón, které se liší podle rozsahu omezené oblasti, systému kontroly, druhu omezení atd. Tato kapitola se bude zabývat analýzou existujících nízkoemisních zón v některých zemích Evropské unie.

3.1 Nízkoemisní zóny

„Nízkoemisní zóny (NEZ) jsou oblasti, do kterých je omezen vjezd vozidel způsobujících větší znečištění. Vyhlášení nízkoemisních zón přispívá ke snížení znečištění ovzduší právě v lokalitách, kde jsou lidé škodlivinami v ovzduší nejvíce ohroženi a kde je nutné o to důrazněji zlepšovat celkovou kvalitu života“. [19]

Low emission zones neboli nízkoemisní zóny jsou účinným nástrojem k omezení znečištění ovzduší a regulaci dopravního toku v hustě obydlených oblastech. Ve většině případů světových metropolí rozlišují dva typy nízkoemisních zón:

- typ Německo
- typ Švédsko/Velká Británie

Úroveň emisí je určena pomocí stanoveného Evropského standardu neboli emisní normy EURO, kterou dané vozidlo dle hmotnosti a využití splňuje. Nízkoemisní zóny jsou důležitým opatřením, které vede k pozitivnímu ovlivnění kvality ovzduší dané oblasti. Cílem zavedení nízkoemisních zón je ochrana životního prostředí v dané oblasti vyvedením nejvíce znečišťujících mobilních zdrojů, resp. vozidel, jejichž emise přesahují požadované úrovně. Vedlejší cíl nízkoemisních zón je snížení hladiny hluku, změna skladby vozového parku dle emisních norem nebo snížení závislosti na soukromých vozidlech upřednostněním veřejné dopravy. [19]

Poprvé se nízkoemisní zóny objevily ve Švédsku. Jako první město ve Švédsku zavedlo zónu Göteborg v roce 1996. Zavedením dané zóny se podařilo snížit emise pevných částic frakce PM_x z nákladní dopravy zhruba o 40 % a dalším přínosem bylo také snížení hlučnosti. [20]

Jelikož v současné době všechna města Evropské unie musí splňovat stanovené normy v oblasti životního prostředí, řada evropských měst proto řeší problém kvality ovzduší

v důsledku velkého množství emisí způsobených osobní dopravou. K dosažení tohoto cíle je nevyhnutelné snížení emisí oxidů dusíku a pevných částic, a proto se zavedení nízkoemisních zón stává důležitým krokem. V současné době je tento nástroj uplatňován v řadě světových metropolí, kde existuje velké množství nízkoemisních zón. NEZ se zavádějí v různých oblastech a velikostí např. od měst s několika tisíc obyvatel až po velké aglomerace, kde se zóna vztahuje na centrum a širší okolí. Největší rozmach tohoto řešení zažívá Německo. Zde se zavedly nízkoemisní zóny ve zhruba 60 městech. Se zavedením NEZ se však lze setkat i mimo Německo například v jiných evropských městech, které jsou uvedené v následující tabulce (viz tabulka 7). [21]

Tabulka 7: Přehled států se zavedením NEZ

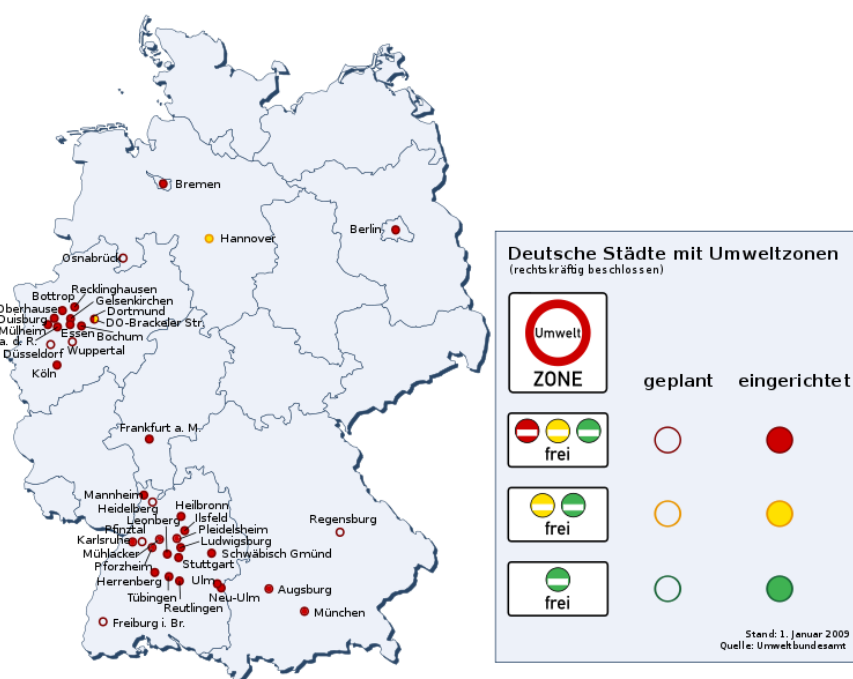
Stát	Počet NEZ
Německo	58 zón
Francie	28 zón
Maďarsko	17 zón
Nizozemsko	15 zón
Švédsko	8 zón
Velká Británie	8 zón
Rakousko	6 zón
Dánsko	4 zóny
Španělsko	4 zóny
Řecko	4 zóny
Belgie	3 zóny
Norsko	2 zóny
Portugalsko	2 zóny
Finsko	1 zóna

Zdroj: Vlastní zpracování, data převzatá z <https://www.green-zones.eu/cz.html>

V následujících podkapitolách budou popsány jednotlivé přístupy k nízkoemisním zónám ve zvolených evropských zemích.

3.2 Německo

V lednu 2008 byly nízkoemisní zóny zavedeny v několika městech Německa s cílem obnovení skladby vozového parku dle emisních norem a snížení zatížení ovzduší oxidem dusíku a pevnými částicemi. Německo patří mezi státy s největším počtem automobilů v přepočtu na obyvatele, ale zároveň patří také i mezi země potýkající se s problémem znečištěného ovzduší, a proto jsou NEZ považovány za jedno z důležitých opatření vztahující ke zlepšování kvality ovzduší a životního prostředí. Regulace NEZ v Německu probíhá na základě Federálního zákona o kontrole imisí a nařízení o standardech kvality ovzduší a emisních stopech. V následujících letech NEZ zavedly desítky německých měst (viz obrázek 8). [22]



Obrázek 8: Přehled měst se zaváděním NEZ v Německu a plaket pro vjezd. Zdroj: <https://suta.blog.respekt.cz/nizkoemisni-zony-diskriminace-smradochu-pro-cistejsi-ovzdusi-mest/>

Německý systém NEZ je založen na principu omezování vjezdů všech typů vozidel dané emisní kategorie. Do nízkoemisních zón je v Německu povolen vstup pouze vozidlům majícím na viditelném místě nalepenou plaketu udávající konkrétní emisní kategorii daného vozidla. V opačném případě je vozidlo v NEZ protizákonně, i když splňuje emisní normu, což odpovídá nedodržení pravidel, a v takovém případě viníkovi hrozí pokuta ve výši 80 eur. Zavedená pravidla platí pro všechna vozidla kromě výjimek

vztahujících na speciální typy vozidel přijatých na národní úrovni. Kontrola dodržování pravidel se provádí osobně prostřednictvím policie a regulačního orgánu. [22]

Vozidla kategorie M a N jsou rozdělena dle splnění norem EURO do 4 kategorií. Příslušnost do konkrétní kategorie se označuje různobarevnými plaketami (viz obrázek 8). Do nejhorší kategorie patří vozidla poháněná benzinovými motory bez katalyzátoru a vozidla s dieselovými motory splňující maximálně normu EURO 1. Taková vozidla nemají nárok na žádnou plaketu a zároveň nesmí do žádné z NEZ vjet. Všechna benzinová vozidla splňující normu EURO 1 získávají zelenou plaketu. Vozidla s dieselovými motory za splnění normy EURO 2 získávají červenou plaketu, EURO 3 získávají žlutou plaketu, EURO 4 a vyšší získávají zelenou plaketu. [22]

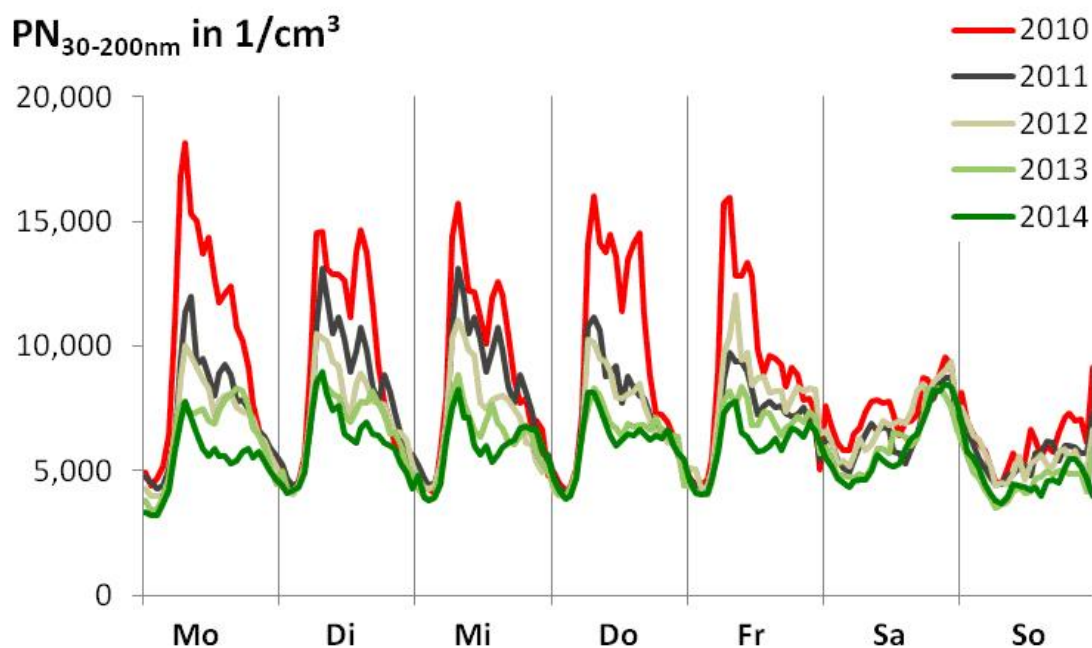
Začátek všech nízkoemisních zón je v Německu označen dopravní značkou s nápisem „Umwelt zone“ a dodatkovou tabulkou s barevnou plaketou (viz obrázek 9). V první fázi byl do většiny nízkoemisních zón povolen vjezd vozidlům s jakoukoliv plaketou, avšak v současné době bylo opatření změněno a vjezd povolen vozidlům s nejvyšší platnou zelenou plaketou.



Obrázek 9: Ukázka značení na vjezdu do NEZ, Německo. Zdroj: <https://cs.urbanaccessregulations.eu/countries-mainmenu-147/germany-mainmenu-61/berlin>

3.2.1 Lipsko

První nízkoemisní zóna byla zavedena v roce 2011 v obydlené oblasti města. V Lipsku se zákaz vjezdu do NEZ vztahuje na všechna vozidla s konvenčním pohonem mimo motocyklů a omezení v rámci NEZ mají celoroční platnost. [22]



Obrázek 10: Týdenní variace koncentrace částic sazí pro období 2010-2014. Zdroj: <https://www.brno-autem.cz/wp-content/uploads/2019/07/Nizkoemisni-zony-studie-proveditelnosti.pdf>

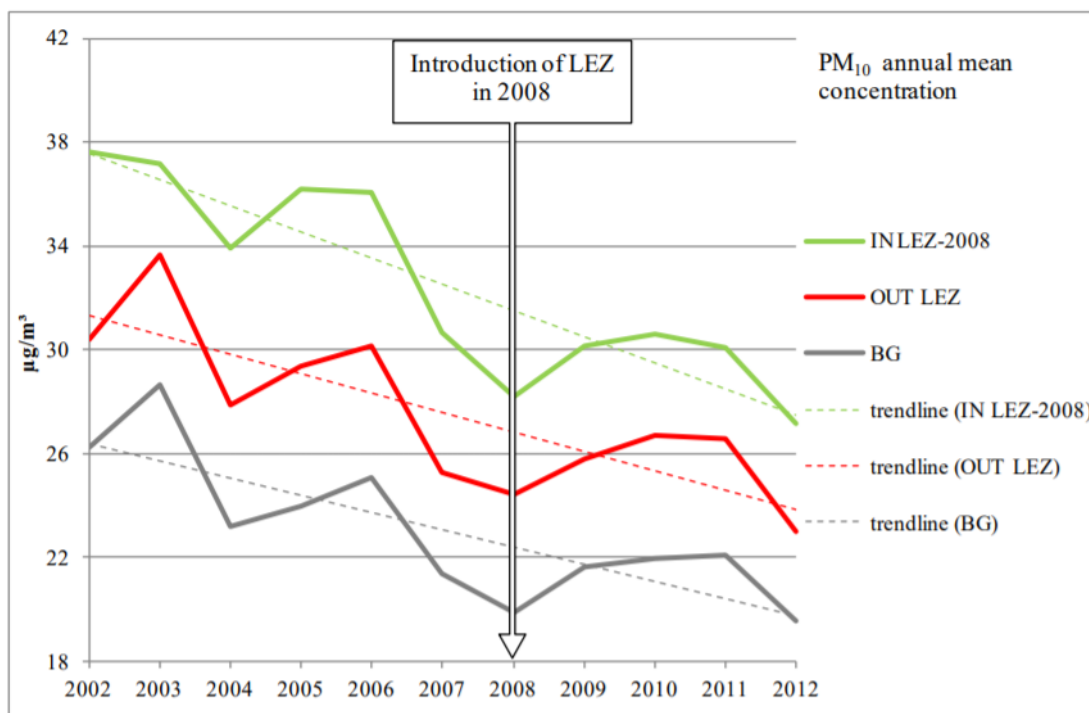
Z obrázku 10 je patrné, že týdenní variace koncentrace částic je téměř identická. Avšak z hlediska denní koncentrace je vidět, že hodnoty po zavedení NEZ mají klesající trend. Denní výkyvy koncentrace částic v roce 2014 snížili zhruba o polovinu oproti hodnotám z roku 2010.

Podle studie proveditelnosti během čtyř let funkčnosti NEZ v Lipsku došlo k výrazným zlepšením:

- redukce koncentrace vysoce toxických látek sazí o 47%,
- redukce koncentrace ultra jemných částic o 56 %. [22]

3.2.2 Stuttgart

NEZ ve městě Stuttgart byla zavedená v roce 2008 a je územně vymezená administrativními hranicemi města. Přijatá opatření zákazu vjezdu do NEZ postihuje všechna vozidla s konvenčním pohonem mimo motocyklů. Omezení v rámci NEZ mají celoroční platnost. [22]



Obrázek 11: Trend průměrné roční koncentrace PM₁₀ pro období 2002-2012. Zdroj: <https://www.brno-autem.cz/wp-content/uploads/2019/07/Nizkoemisni-zony-studie-proveditelnosti.pdf>

Obrázek 11 znázorňuje trend průměrné roční koncentrace pevných částic PM₁₀ měřených u tří skupin stanic označených různými barvami v letech 2002 až 2012. Z obrázku je vidět, že po zavedení NEZ v roce 2008 dochází k výraznému poklesu koncentrace pevných částic PM₁₀. [22]

3.2.3 Berlín

Nízkoemisní zóna byla v hlavním městě Německa zavedena dne 1.1.2018. Berlínská NEZ zahrnuje centrum města uvnitř železničního okruhu S-Bahn (viz obrázek 12), který pokrývá tarifní zóna MHD „A“. Tento program byl úspěšný a měl příznivé dopady na znečištění a přetížení. Koncentrace pevných částic PM₁₀ se snížila o 7 až 10 % a emise CO₂ a NO_x o 10 až 12 %. Dalším výrazným přínosem se stalo obnovení složení městského vozového parku. Složení vozidel se změnilo a přibližně 98 % osobních automobilů, stejně jako 85 % nákladních automobilů, které se pohybují v oblasti NEZ i mimo ni, mělo minimální standard EURO 4. [23]



Obrázek 12: NEZ Berlín. Zdroj: <https://cs.urbanaccessregulations.eu/countries-mainmenu-147/germany-mainmenu-61/berlin>

3.3 Švédsko

Švédsko bylo první zemí, která zavedla nízkoemisní zóny jako opatření ke snížení znečištění způsobené osobní dopravou. V současné době se v zemi nachází osm zón s nízkými emisemi. Vzhledem k tomu, že místní předpisy jsou stejné ve všech švédských městech, které mají NEZ, je švédský systém NEZ postaven na principu omezování vjezdu pouze těžkých vozidel s výjimkou platící pouze ve Stockholmu, kde se omezení týká i lehčích automobilů. Cílem regulace je nákladní doprava a autobusy nad 3,5 tuny. Do NEZ je ve Švédsku povolen vstup pouze vozidlům splňujícím stanovené podmínky emisní normy, aniž by museli mít plaketu. V opačném případě za porušení stanovených podmínek NEZ hrozí viníkovi pokuta ve výši 1000 SEK. Zavedená pravidla platí pro všechna těžká vozidla kromě výjimek vztahujících se na speciální typy vozidel přijatých na národní úrovni. Kontrola dodržování stanovených pravidel NEZ je prováděna buď kamerovým systémem, nebo náhodné silniční kontroly místní policií. [22]

Od roku 2020 vláda udělila obcím další pravomoci zavádět nové podmínky NEZ pro potenciální začlenění osobních automobilů. Proces se plánuje rozdělit do tří fází. V první

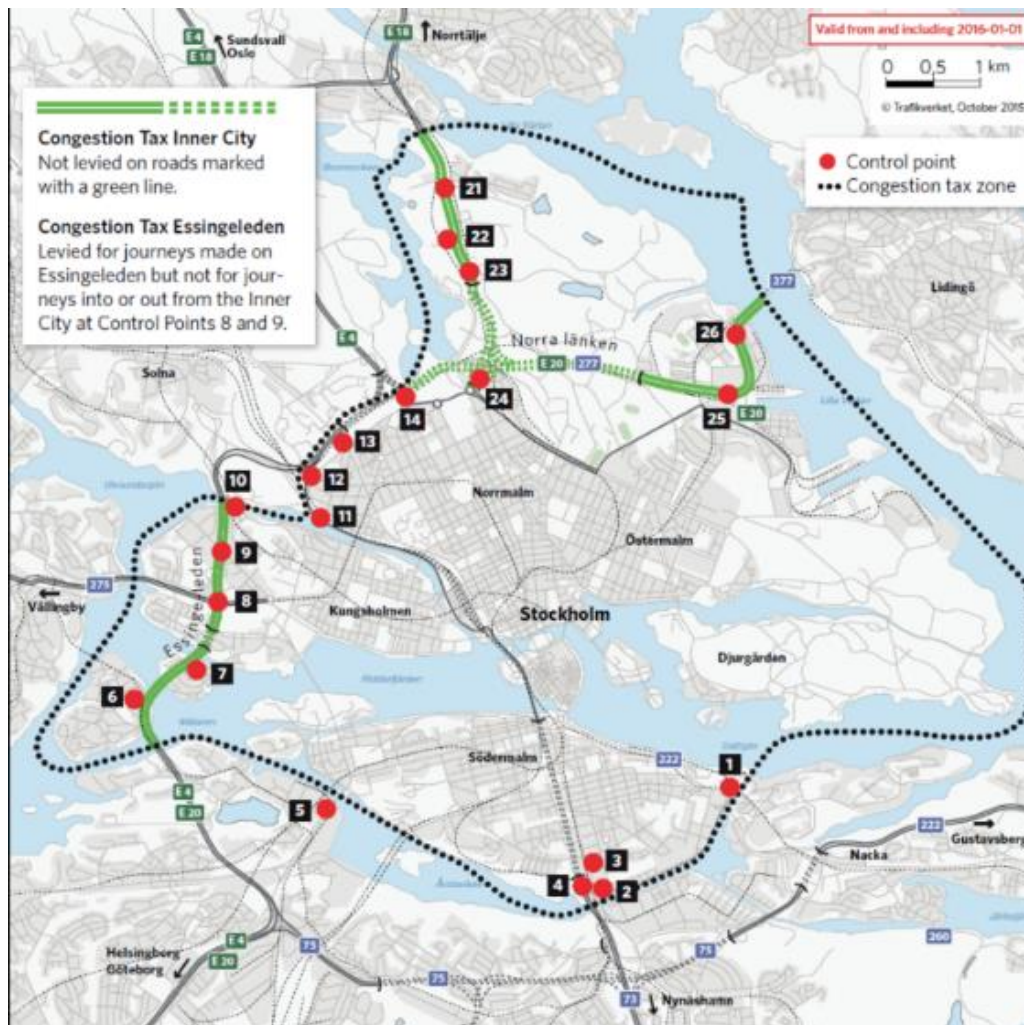
fázi bude od 1. ledna 2021 omezen vjezd těžkých vozidel nesplňujících normu EURO 6. Druhá etapa se dotkne lehčích vozidel, kde bude umožněn vjezd pouze vozidlům splňujících normu EURO 5 a od 1. července 2022 už jen dieselovým vozidlům splňujících normu EURO 6. Nejvyšší třetí fáze přinese obrovské změny systému Švédských NEZ. Ve třetí fázi bude omezen vjezd všem vozidlům, kromě elektromobily, vozidla poháněna palivovými články nebo vozidla spalující bioplyn a stlačený zemní plyn. [24]

3.3.1 Stockholm Congestion Charge Zone

Ve Stockholmu byl systém zpoplatnění silnic vedoucích do centra města zaveden v první polovině roku 2006. Systém je funkční pouze v pracovních dnech od 6:30 do 18:30, přičemž vozidla platí za každý průjezd kontrolními body, které tvoří okruh kolem města (viz obrázek 13). Poplatek se přitom vybírá buď automaticky z palubní jednotky umístěné ve vozidle přímo při průjezdu mytnými branami, nebo zpětně. Jednorázové poplatky činí 11 až 35 SEK v závislosti na denní době a maximální poplatek může tvořit 105 SEK za 24 hodin. Zpoplatněná oblast zahrnuje asi cca 30 km² a součástí systému je kamerový okruh napojený na technologii DSRC a ANPR. V případě nezaplacení ve stanovené lhůtě a průjezdu vozidla kontrolním bodem, hrozí viníkovi pokuta ve výši 500 SEK. Faktura přijde poštou. [23], [24]

Zkušební provoz systému byl umožněn na základě zákona, který švédský parlament schválil v roce 2004. Další rozvoj systému závisel na výsledku referenda konaného v září 2006, jelikož před zahájením zkušebního provozu se 55 % obyvatel vyslovovalo proti zpoplatnění. Nicméně v referendu po ukončení zkušebního provozu se 53 % obyvatel vyslovalo pro jeho trvalé zavedení. Výnosy ze systému zpoplatnění vjezdu byly následně investované do zlepšení systému veřejné dopravy. Zavedení zpoplatněné oblasti ve Stockholmu přineslo následující efekty:

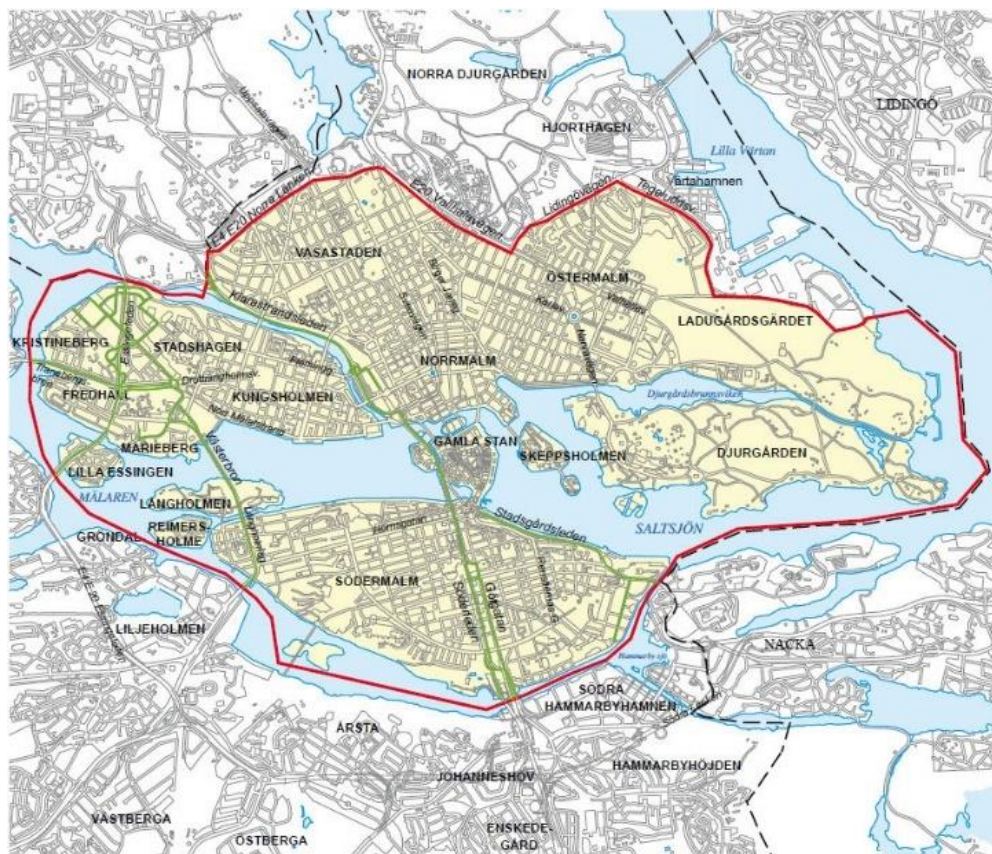
- snížení počtu vozidel o 9 až 26 %,
- pokles pevných částic o 12 až 13 %,
- redukce emisí oxidů dusíku o 8 až 9 %,
- zkrácení doby nutné pro cestu v době dopravní špičky v průměru o 30 %,
- příjmy do městské pokladny ve výši 36,5 milionu GBP během zkušebního provozu,
- posílení služeb MHD a rozšíření systému parkovišť P+R. [23], [24]



Obrázek 13: Zpoplatnění silnic vedoucích do centra města, Stockholm. Zdroj: <https://www.dropbox.com/s/yrnoco855dwbe5s/17LGT%20-%202009%20-%20City%20logistika.pdf?dl=0>

3.3.2 Stockholm nízkoemisní zóny

Stockholmské NEZ byly zavedeny v rámci dalších opatření ke zlepšení kvality ovzduší. Ve Stockholmu existují v současné době dvě NEZ třídy 1 a 2, které jsou do jisté míry doplňkem již existujícího systému zpoplatnění. Stockholmská NEZ třídy 1 tykající se omezení pouze těžkých nákladních automobilů nad 3,5 tun byla zavedena postupně v 5 fázích a pokrývá celé centrum města (viz obrázek 14). První fáze byla zřízena v lednu 1996 a vztahovala se na zákaz vjezdu do NEZ pouze u vozidel emisní normy EURO 0. Postupem času se, v rámci zavádění jednotlivých fází, zpřísnila kritéria pro vjezd do NEZ. V lednu 2016 byla spuštěna pátá fáze, která umožňuje vjezd vozidel splňujících alespoň normu EURO 5. [22]



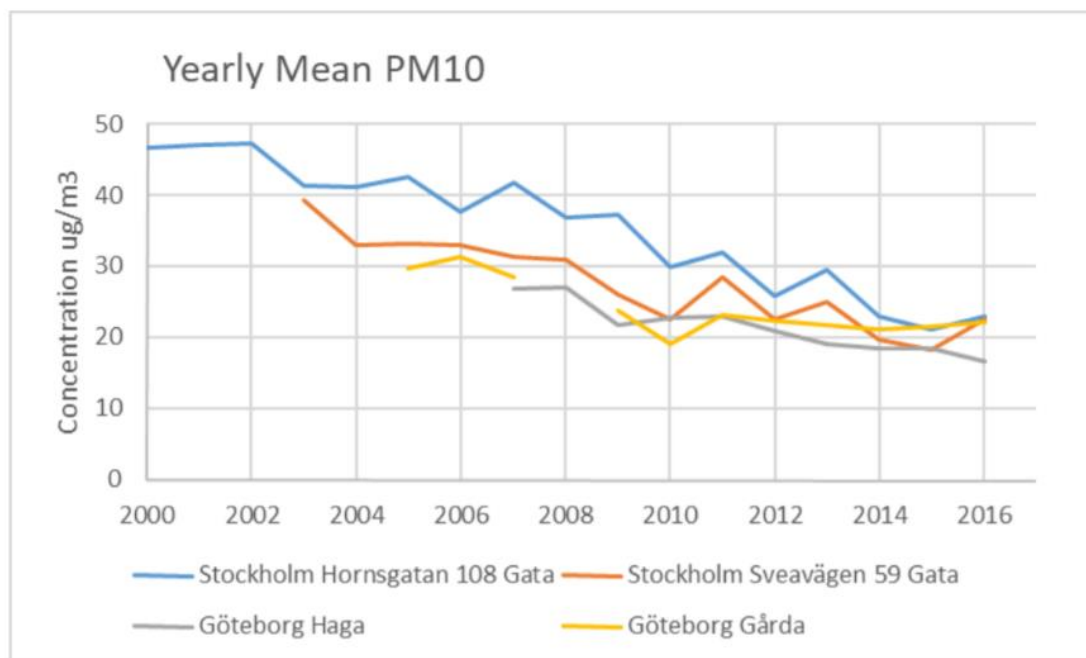
Obrázek 14: NEZ Stockholm třída 1. Zdroj: <https://cs.urbanaccessregulations.eu/countries-mainmenu-147/sweden-mainmenu-248/stockholm>

Nízkoemisní zóna třídy 2 byla zřízena na ulice Hornsgatan dne 15.01.2020 a pokrývá její větší část (viz obrázek 15). Důvodem zavedení je zlepšení kvality ovzduší na Hornsgatanu a blízkých ulicích. Omezení se vztahuje na starší osobní automobily, lehké autobusy a lehké nákladní automobily nespĺňující alespoň emisní normu EURO 5. Stanovené pravidlo je platné do 1. července 2022. Na Hornsgatanu je nyní k dispozici digitální městská informační tabule, která zobrazuje odhady hladin PM₁₀ a NO₂ ve vzduchu v reálném čase. [25]

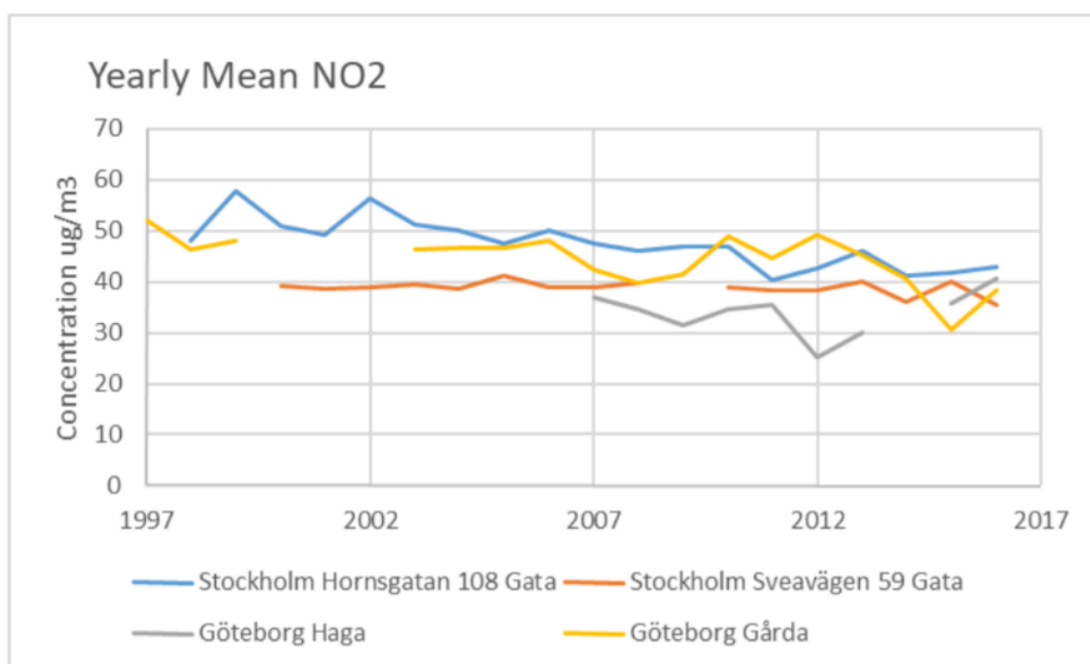


Obrázek 15: NEZ Stockholm třída 2. Zdroj: <https://cs.urbanaccessregulations.eu/countries-mainmenu-147/sweden-mainmenu-248/stockholm>

Na obrázcích 16 a 17 je možné vidět, že zavedení NEZ v Stockholmu a Göteborgu bylo úspěšným programem, který měl příznivé dopady na zlepšení ekologické situace v obou městech. Zavedení tohoto nástroje regulace dopravy přispělo k výraznému snížení pevných částic PM_{10} a také ke snížení emisí oxidu dusičitého NO_2 .



Obrázek 16: Koncentrace PM_{10} ve vybraných dopravních lokalitách ve Stockholmu a Gothenburgu. Zdroj: <https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=49204>



Obrázek 17: koncentrace NO_2 ve vybraných dopravních lokalitách ve Stockholmu a Göteborgu. Zdroj: <https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=49204>

3.4 Velká Británie

V hlavním městě Spojeného království byly zavedeny tři druhy oblasti, do kterých je omezen vjezd vozidel způsobujících větší znečištění ovzduší. V první fázi byl zřízen systém zpoplatnění vjezdu do centra města. Postupně se podmínky zpřísnily a byly zavedeny následující systémy v podobě environmentálních zón takzvané LEZ a ULEZ. V současnosti při vjezdu do centra Londýna platí všechny tři druhy systémů. Kromě toho vozidlo, které nespĺňuje podmínky emisní normy, musí platit za všechny tři systémy, nebo bude vynuceno uhradit citelnou pokutu. [24]

3.4.1 Londýn Congestion Charge Zone

Londýn byl prvním evropským městem, které začalo vybírat poplatky za vjezd do centra města v roce 2003. Jedná se o povinný poplatek při vjezdu motorovým vozidlem do centra metropole. Systém byl zaveden za účelem snížení množství osobních automobilů, která vjíždějí do centra města. Vyhodnocení systému ukázalo pozitivní dopad na zpoplatněnou oblast, především uvnitř zóny došlo ke:

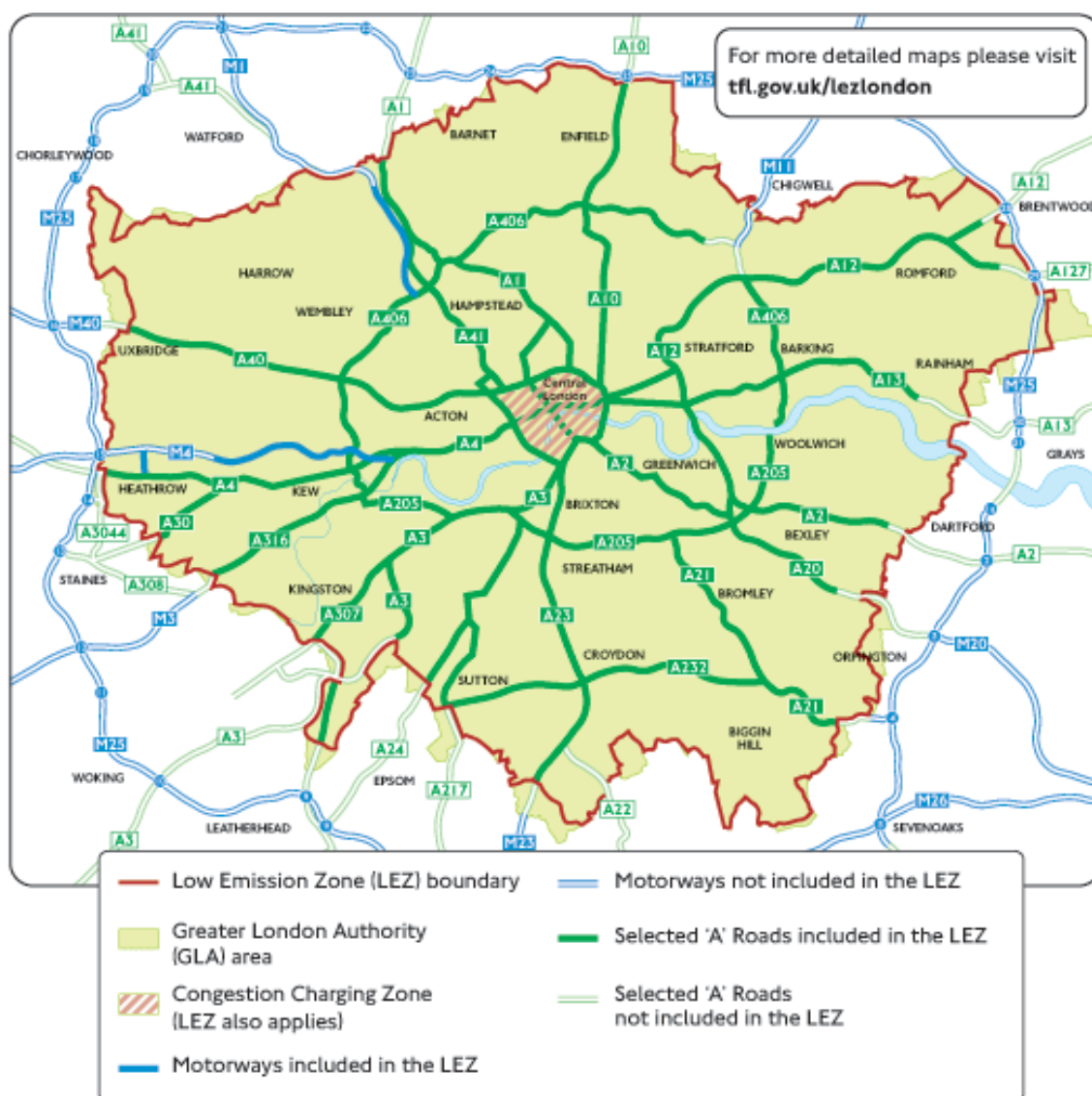
- snížení počtu vjíždějících automobilů zhruba o 30 %,
- snížení počtu ujetých vozokilometrů o 30 %,
- nárůstu cyklistické dopravy zhruba o 20 %,
- zkrácení cestovní doby asi o 14 %,
- zisk 136,8 milionů GBP v roce 2012. [23], [24]

V současné době se za vstup do centra města vybírají poplatky od pondělí do pátku mezi 7:00 - 18:00, fixní denní poplatek činí 11,50 GBP. Poplatky hradí i obyvatelé uvnitř zóny s 90 procentní slevou. Celý systém je založen na kamerovém dohledu s technologií ANPR. [26]

3.4.2 Londýn LEZ

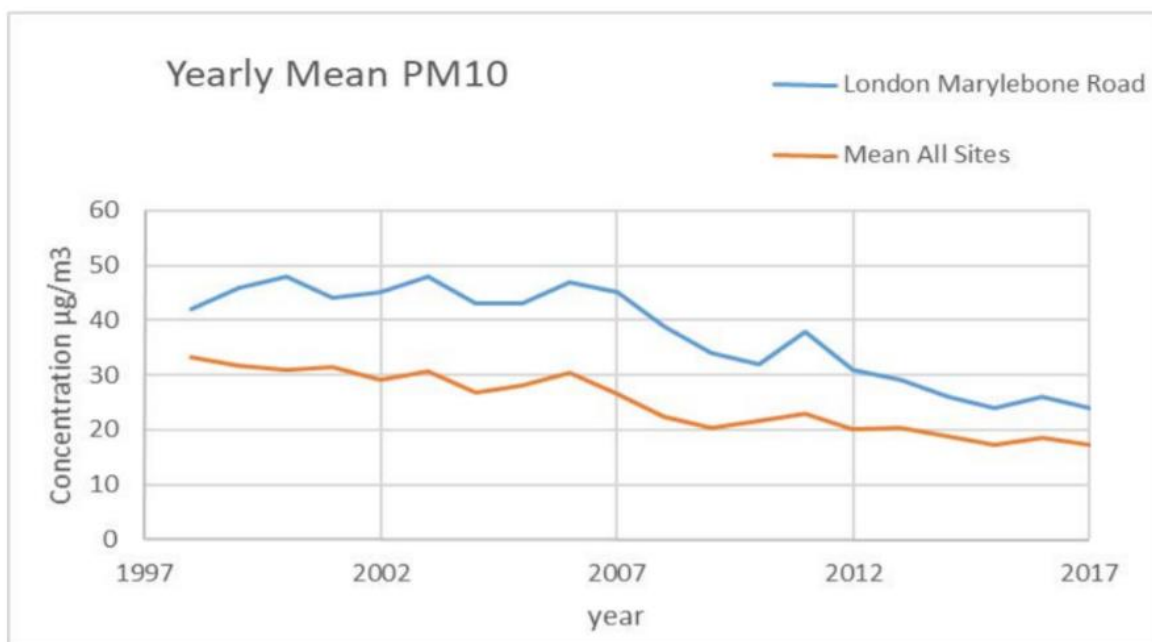
Nízkoemisní zóna byla zavedená v roce 2008 a pokrývá větší část Londýna (viz obrázek 18). Důvodem zřízení bylo snížení koncentrace pevných částic a úroveň emisí oxidu dusnatého. Nízkoemisní zóna tak doplnila již stávající systém zpoplatnění vjezdu do centra města. Londýnská LEZ je postavená na principu omezení vjezdu pouze těžkých nákladních automobilů o hmotnosti nad 12 tun. Tento systém se však liší od německého přístupu tím, že umožňuje vjezd do LEZ vozidel, která nespĺňují určitý emisní standard s možností zaplacení fixního denního poplatku za pohyb v environmentální zóně.

V současné době je do LEZ povolen vjezd vozidlům, která splňují alespoň normu EURO 4, nebo platí paušální denní poplatek za pohyb po zóně, který se lišil podle typu a nosnosti vozidel v rozmezí 100 až 200 GBP. Přičemž jsou stanovené vysoké sankce ve výši 500 až 1000 GBP pro případ nesplnění požadavku. Dodržování pravidel je řízeno systémem pevných a mobilních kamer na základě rozpoznávání registračních značek vozidel. [23], [24]

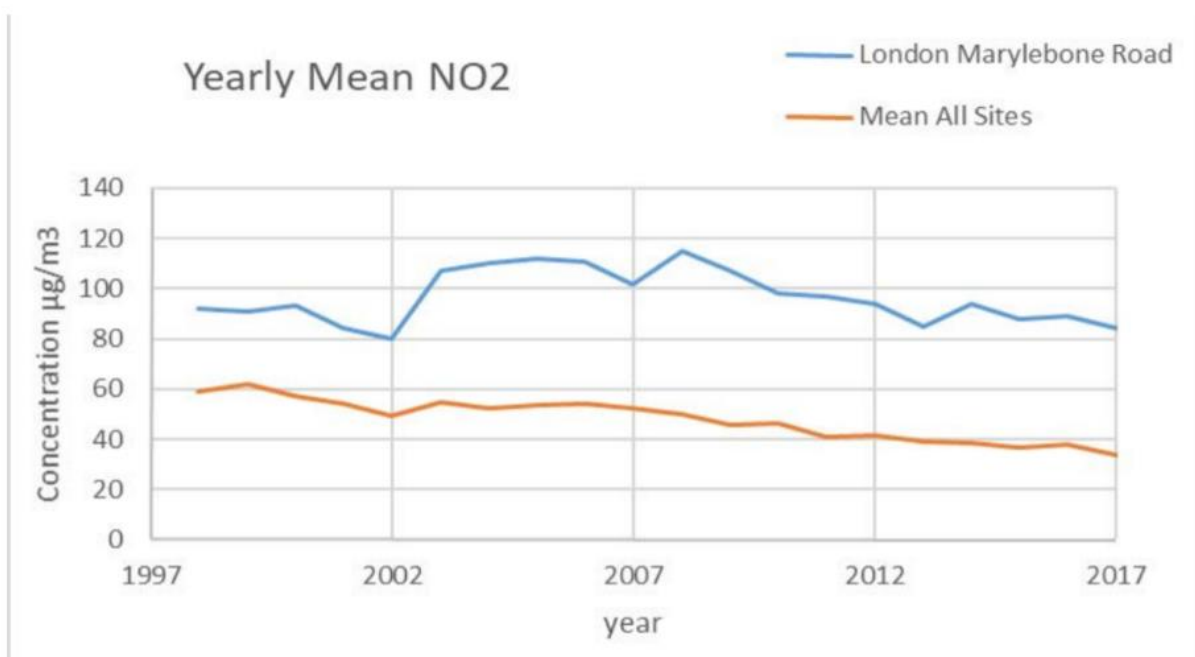


Obrázek 18: LEZ Londýn. Zdroj: <https://urbanaccessregulations.eu/countries-mainmenu-147/united-kingdom-mainmenu-205/London>

Následující obrázky 19 a 20 ukazují koncentrace pevných částic a oxidu dusičitého ve vybraných dopravních lokalitách ve Velké Británii. Z obrázků je patrné, že po zavedení LEZ v roce 2008 hladiny PM_{10} a NO_2 mají klesající trend.



Obrázek 19: Koncentrace PM_{10} ve vybraných dopravních lokalitách ve Velké Británii. Zdroj: <https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=49204>

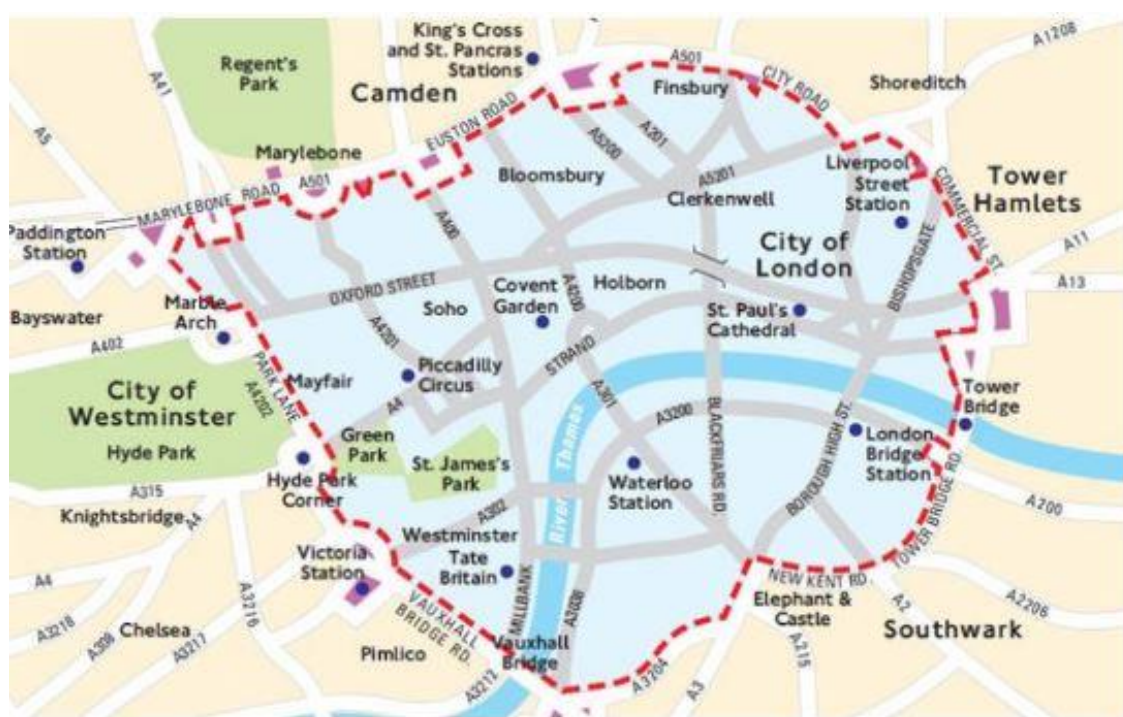


Obrázek 20: Koncentrace NO_2 ve vybraných dopravních lokalitách ve Velké Británii. Zdroj: <https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=49204>

3.4.3 Londýn ULEZ

V roce 2019 byla zavedená nova opatření označena jako Ultra Low Emission Zone neboli zóna s velmi nízkými emisemi, která pokrývá centrum města (viz obrázek 21).

Omezení se týká všech kategorií vozidel vstupujících do ULEZ. Na rozdíl od systému zpoplatnění vjezdu funguje ULEZ 24 hodin denně. Pro vjezd do ULEZ musí motocykly splňovat normu EURO 3, osobní vozidla s benzínovými motory normu EURO 4 a naftové vozy normu EURO 6. Nákladní automobily nad 3,5 tun musí splňovat alespoň normu EURO 6. Vozidla, která nespĺňují tyto podmínky, mají možnost vjet do ULEZ za fixní poplatek, přičemž v případě nákladních vozidel nad 3,5 tun činí 100 GBP, a pro ostatní vozidla do 3,5 tun činí 12,5 GBP. Zavedení ULEZ přispělo ke snížení počtu vozidel v centru města o 13 % a snížení emisí o 20 %. [23], [24]



Obrázek 21: ULEZ Londýn. Zdroj: <https://urbanaccessregulations.eu/countries-mainmenu-147/united-kingdom-mainmenu-205/London>

4. Srovnání jednotlivých přístupů a výběr modelu vhodného pro město Almaty

Ve městech uvedených v předchozí kapitole existují rozdíly v systémových opatřeních k ochraně ovzduší. Každopádně optimální varianta pro město, které chce NEZ zavést, bude záviset na více faktorech například velikost města, počet vozidel, skladba vozového parku, podíl tranzitní dopravy, kvalita veřejné dopravy, rozpočet města, národní pravidla ochrany osobních údajů, geografická poloha, počasí atd. Vzhledem k rozdílným podmínkám nebude při výběru modelu pro Almaty vhodné použít jako měřítko jenom ukazatel srovnání průměrné roční koncentrace škodlivých látek v období před a po zavedení opatření nebo roční příjmy. Tyto komponenty budou zohledněny jako ukazatel toho, že zahraniční systémy fungují a mohou provádět kolosální změny.

Kapitola bude zaměřena na srovnání efektivity odlišných přístupů, které jsou uvedené v tabulce níže, a poté na výběr modelu vhodného pro město Almaty.

Tabulka 8: Jednotlivé přístupy k nízkoemisním zónám ve zvolených státech

Země	Systém kontroly	Druh omezení	Omezení se týká
Německo NEZ	Policie, regulační organ, emisní plakety.	Zákaz	Všechna vozidla
Švédsko NEZ, CCZ	Policie, kamerový systém s DSRC a ANPR.	Zákaz + flexibilní denní poplatek	Všechna vozidla
Velká Británie LEZ, ULEZ, CCZ	Kamerový systém s ANPR, mobilní kamery.	Zákaz + denní fixní poplatek / součet poplatků.	Všechna vozidla

Zdroj: Vlastní zpracování

4.1 Systém kontroly

Ve městech, která byla probraná v předchozí kapitole, se k dodržování stanovených pravidel používá kamerový systém s ANPR, palubní jednotky umístěné přímo ve vozidlech nebo manuální kontrola prostřednictvím policie či regulačního orgánu, případně dle vyšší efektivity kombinace technik dozoru. [27]

Kamerový systém kontroly

Kamerový systém s ANPR má výhodu z hlediska kontroly většího počtu vozidel. Ovšem efektivita systému závisí na takových faktorech jako počet a poloha kamer. Kamery umístěné na hranicích NEZ jsou schopny kontrolovat pouze vozidla vjíždějící a opouštějící město, avšak doprava ve městě je tvořena i vozidly, které neopouštějí hranice města. Proto se v některých městech kamerový systém na hranici NEZ používá v kombinaci s mobilními kamerami, které se náhodně pohybují mezi ulicemi v omezené oblasti. Výhody takového systému se zvyšují s rostoucím počtem a typy vozidel zahrnutých do opatření a zároveň systém snižuje i riziko vzniku korupce. Nevýhodou je nemožnost interpretace snímků registračních značek u některých vozidel, ale tento zdroj chyb se snižuje, jak se technologie modernizuje. [27]

Realizace kamerového systému s ANPR je, že vyžaduje přístup k více typům databází. Databáze registrací vozidel v souladu s EURO normami, kontaktní údaje majitele, databáze vozidel osvobozených od poplatku, databáze upravených vozidel, databáze registrovaných zahraničních vozidel, databáze průkazů zaplacených na určitou dobu. Kromě toho musí být všechny databáze propojené mezi sebou. Vytvoření takového systému může trvat relativně dlouho. [27]

Manuální kontrola a systém plaket

Manuální kontrola se provádí prostřednictvím policie. Nevýhodou manuální kontroly v oblasti NEZ je zvýšená pravděpodobnost vzniku případů nedodržování stanovených pravidel a zvýšené riziko korupce. Při zařazení do opatření několika kategorií vozidel může být počet kontrolovaných vozidel tak velký, že bude možné provádět pouze selektivní kontroly. Další nevýhodou je, že v mnoha zemích je policie méně ochotná upřednostňovat tento druh kontrolních opatření ve srovnání s jinými přestupky, proto jednou z možností je udělení práva provádět kontroly jiným regulačním orgánům. Následně policie může zastavit a kontrolovat, jak pohybující se vozidla, tak i zaparkovaná vozidla. Zatímco jiné regulační orgány mohou pouze kontrolovat zaparkovaná vozidla. [27]

Zavedení systému plaket zefektivňuje manuální kontrolu, a proto vede ke snížení pravděpodobnosti vzniku nedodržování stanovených pravidel. Systém plaket je postaven na principu kontroly, zda obsahuje vozidlo plaketu na viditelném místě udávající konkrétní emisní kategorii, registrační číslo a některá další označení pro

snížení šance na padělání. Plaketa umožňuje také ověřit, zda patří kontrolovanému vozidlu. Realizace systému plaket vyžaduje, aby systém registrace vozidel pro získání plaket, mohl vydávat plakety správného typu na požadovaný typ vozidla. Kromě toho je nutné vyvinout systém registrace cizinců pro získání plaket. [27]

Kamerový systém vs manuální kontrola

Srovnání dvou metod kontroly ukazuje, že NEZ postavená na principu manuální kontroly se rychleji závadní, ale kamerový systém poskytuje vyšší rychlost detekce a tím přináší větší přínos kvalitě ovzduší.

Tabulka 9: Srovnání systémů kontroly

<p><u>Kamerový systém:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Kontrola většího počtu vozidel • Vyšší detekční rychlost <p><u>Manuální kontrola:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Rychlý proces zavedení • Méně náchylná k využití osobních údajů 	<p><u>Kamerový systém:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Spoléhá se na široké využití osobních údajů • Relativně dlouhý proces zavedení <p><u>Manuální kontrola:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Nižší míra detekce • Pouze selektivní kontroly
<p><u>Kamerový systém:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Vyšší detekční rychlost tedy větší přínos pro kvalitu ovzduší • Vývoj databáze pro použití v dalších systémech <p><u>Manuální kontrola:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Vznik regulačního orgánu 	<p><u>Kamerový systém:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Pravděpodobnost výskytu chyb • Výpadek kamer <p><u>Manuální kontrola:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Nedodržování stanovených pravidel • Pravděpodobnost vzniku korupce • Výskyt padělků • Neochota policie upřednostňovat tento druh kontrolních opatření

Zdroj: Vlastní zpracování, data převzata z <https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=49204>

4.2 Druh omezení

Dalším rozdílem v jednotlivých přístupech je druh omezení (viz tabulka 8). Z tabulky 8 je patrné, že ve zkoumaných zemích zavedené rozlišné typy systémů, které lze rozdělit na dva typy – typ Německo a typ Švédsko/Velká Británie, kde je vjezd do center měst navíc i zpoplatněn.

Cílem zavedení nízkoemisních zón typu Německo bylo obnovení skladby vozového parku dle emisních standardů a snížení zatížení ovzduší oxidem dusičitým a pevnými částicemi. Kromě toho systém typu Švédsko/Velká Británie zahrnoval cíl snížit dopravní kongesci v jeho centrální části a zlepšit nabídky veřejné dopravy.

4.3 Shrnutí variant a výběr modelu pro Almaty

Z níže uvedené tabulky 10 je vidět, že principiálně nízkoemisní zóny neovlivňují množství vozidel v regulované oblasti, avšak mají přímý vliv na složení vozového parku z hlediska stanovených emisních norem a redukce emisí znečišťujících látek. Proto, jak ukazují zahraniční zkušenosti, některá města kombinují nízkoemisní zóny se systémem zpoplatnění vjezdu do center měst, který naopak omezuje množství vozidel pohybujících se ve zpoplatněné oblasti.

Hlavní cíle Almaty, jak jsou vymezeny ve strategickém dokumentu v oblasti udržitelné dopravy, spočívají v řešení stávajících problémů. Na základě těchto problémů je systém typu Švédsko/Velká Británie, kombinující použití zpoplatnění vjezdu do center měst a nízkoemisní zóny, postavený na principu pevných kamer s technologií ANPR a mobilních kamer představuje pro město Almaty nákladově efektivní automatizovaný systém. Almaty má totiž podobné cíle jako Londýn a Stockholm na začátku zavádění stávajících opatření. Proto na základě zahraničních zkušeností lze očekávat, že v současné situaci dojde ke změnám.

Tabulka 10: Dopady zavedení nízkoemisních zón a systému zpoplatnění vjezdu

Město/Přístup	Druh omezení	Dopady
Lipsko/NEZ	Zákaz	47% redukce koncentrace vysoce toxických látek sazí 56% redukce koncentrace ultra jemných částic
Berlín/NEZ	Zákaz	7% - 10% redukce PM ₁₀ 10% - 12% redukce emisí CO ₂ a NO _x 98% osobních automobilů EURO 4+ 85% nákladních automobilů EURO 4+
Stockholm/CCZ	Denní flexibilní poplatek	9% - 26% redukce počtu vozidel 12% - 13% redukce pevných částic 8% - 9% redukce emisí oxidů dusíku 30% redukce průměrné cestovní doby ve špičce příjmy do městské pokladny ve výši 36,5 milionu GBP během zkušebního provozu posílení služeb MHD a rozšíření systému parkovišť P+R
Stockholm/NEZ	Zákaz	30% redukce prachových částic 5-9% redukce emise HC 1-8% redukce emise NO _x
Londýn/CCZ	Denní fixní poplatek	30% redukce počtu vjíždějících automobilů 30% redukce ujetých vozokilometrů 20% nárůst cyklistické dopravy 14% redukce cestovní doby zisk 136,8 milionů GBP v roce 2012
Londýn/LEZ/ULEZ	Zákaz/ součet poplatků	13% redukce počtu vozidel 20% redukce emisí

Zdroj: Vlastní zpracování, hodnoty převzaté z http://www.zelenykruh.cz/wp-content/uploads/2019/06/zneisteneni_doprava_fin02.pdf, <https://www.brno-autem.cz/wp-content/uploads/2019/07/Nizkoemisni-zony-studie-proveditelnosti.pdf>, <https://www.dropbox.com/s/yrnoco855dwbe5s/17LGT%20-%2009%20-%20City%20logistika.pdf?dl=0>

5. Rámcový návrh nízkoemisní zóny pro město Almaty

Poslední kapitola bakalářské práce se bude zabývat možným řešením stávajících problémů, které byly zjištěny na základě analýzy současné situace v Almaty a definovaných problémů ve strategickém dokumentu „Strategie udržitelné dopravy města Almaty“.

5.1 Předpoklady pro zavedení nízkoemisních zón

Almaty je město, kde různé aktivity nezastavují 24 hodin denně, proto existuje potřeba změnit řadu problémů, které obyvatelé města čelí každý den. Z analytické části bakalářské práce vyplývá, že se obyvatelé Almaty setkávají s následujícími nevyřešenými problémy:

- znečištění ovzduší,
- dopravní kongesce.

Návrh nízkoemisní zóny pro Almaty bude proveden ve dvou rovinách s důrazem na oblast, která je nejvíce náchylná k uvedeným problémům.

5.2 Administrativní opatření pro zavedení NEZ

V Kazachstánu se v současné době o návrhu zákona o možném zavedení nízkoemisních zón nejednalo. Existuje pouze „Ekologický kodex Republiky Kazachstán“ v němž jsou definovány objekty ochrany životního prostředí. Ekologický kodex stanoví, že atmosférický vzduch je chráněn před zničením, degradací, znehodnocením, znečištěním a dalšími škodlivými účinky. Proto je důležitým krokem návrh a přijetí zákona o ochraně ovzduší, který bude stanovovat podmínky zřízení nízkoemisních zón na území obcí a rozdělení vozidel do emisních kategorií. Zákon navíc umožní stanovovat podmínky pohybu vozidel, vjezdu a výjezdu z omezené oblasti, na kterou se vztahuje opatření. [28]

Následně lze modelovaný scénář rozdělit do následujících fází:

a) Postupné zpřísnování podmínek pro vjezd

Zákon o ochraně ovzduší tedy bude používán jako základ pro rozhodování o tom, která vozidla mohou vstoupit do omezené oblasti. S ohledem na zahraniční zkušenosti a kupní sílu obyvatel je zpočátku vhodné zakázat vjezd do omezené oblasti pouze vozidlům, která spadají do nižších emisních kategorií. Na základě toho a v souvislosti se zastaralým

vozovým parkem Almaty a Almatinské oblasti navrhuji povolit vjezd pouze vozidlům 3. a vyšší emisní kategorie, kromě těžkých nákladních vozidel, a také autobusů nad 5 tun, přičemž vjezd bude navíc i zpoplatněn. Dále postupem času bych zpříšňoval podmínky vjezdu do nízkoemisní zóny s konkrétními termíny zpřísnění. Postupné zpřísnění podmínek tedy umožní občanům přizpůsobit se těmto podmínkám a v budoucnu počítat s dalším zpřísněním, a to na základě předem stanovených termínů.

b) Stanovení výjimek pro vjezd

Na základě zákona o ochraně ovzduší omezení vjezdu budou postihovat všechna vozidla s konvenčním pohonem včetně vozidel s méně než čtyřmi koly. Zákon o ochraně ovzduší však umožní stanovit výjimky ze zákazu a zpoplatnění vjezdu pro osoby s trvalým pobytem uvnitř omezené oblasti. Automaticky budou platit výjimky ze zákazu a zpoplatnění vjezdu pro speciální typy vozidel například elektromobily a vozidel přijatých na národní úrovni, jako vozidla záchranného systému, vozidla pro armádu apod. Rovněž na žádost provozovatele vozidla bude moci okresní úřad dočasně poskytovat individuální výjimky. Omezení v rámci ekologické zóny budou mít celoroční platnost a vztahovat se také na zahraniční vozidla.

5.3 Výběr oblasti pro zavedení NEZ

Město Almaty je administrativně rozděleno do 8 okresů a každý z nich má vlastní název (viz obrázek 22). Administrativní funkce na území okresů vykonává okresní úřady, které jsou podřízeny městskému úřadu.



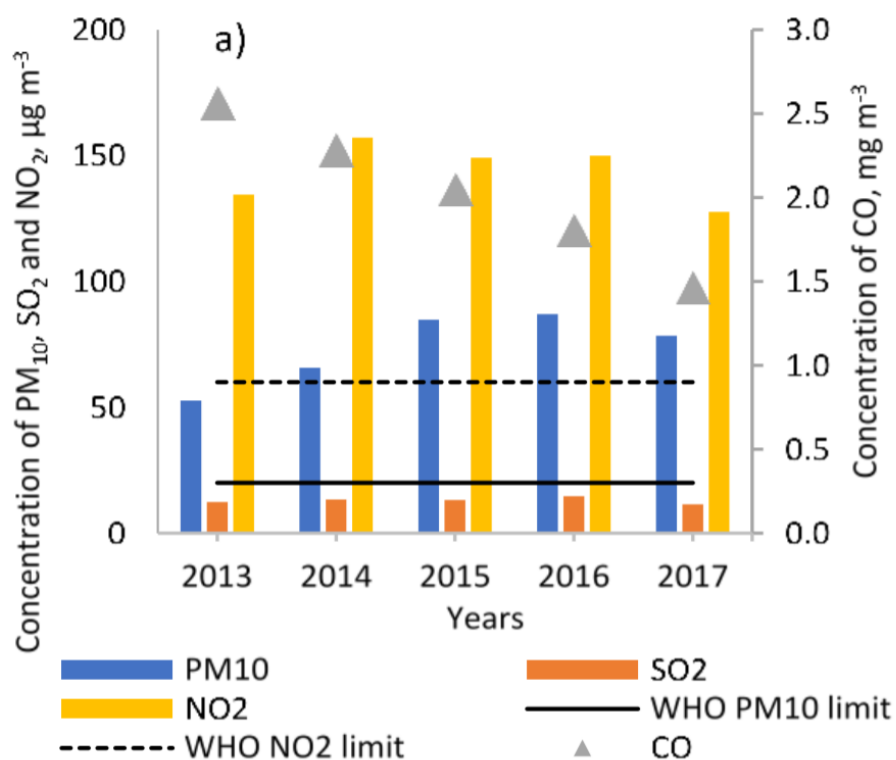
Obrázek 22: Okresy v Almaty, Kazachstán. Zdroj:
https://www.almaty.gov.kz/page.php?page_id=4130&lang=1

Před navrhováním nízkoemisní zóny v Almaty je nutné zdůvodnit výběr konkrétní oblasti a příslušného modelu. Proto se následně zaměřím na dva z mého pohledu nejdůležitější problémy - znečištění ovzduší a dopravní kongesce, které jsou především způsobeny rozmachem vlastnictví a používání osobních vozidel.

Problém znečištění ovzduší

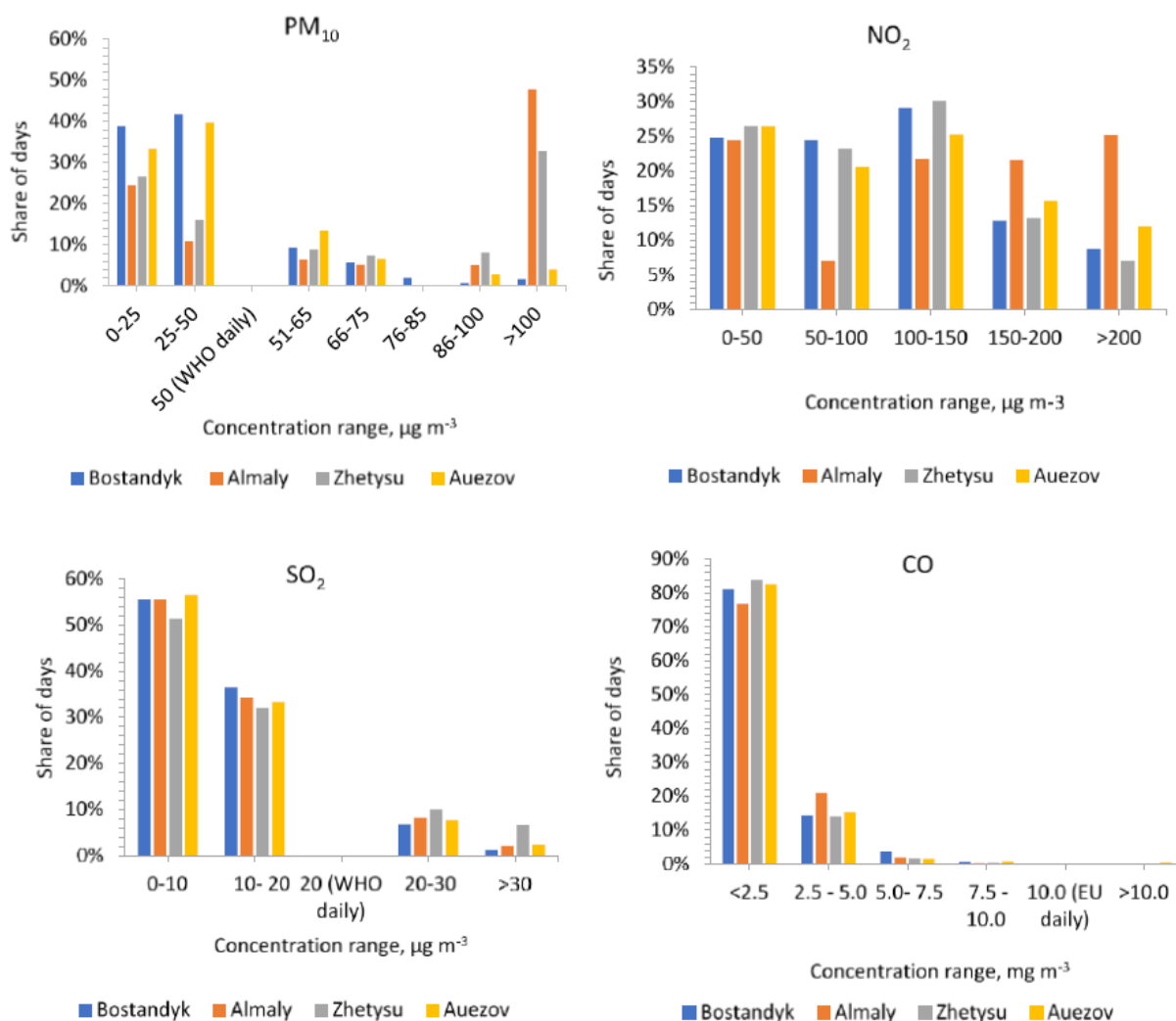
Dle studie „Spatiotemporal Variations and Contributing Factors of Air Pollutants in Almaty, Kazakhstan“ v největším městě Kazachstánu v období let 2013 až 2017 došlo k vážnému zhoršení kvality ovzduší (viz obrázek 23). Na základě údajů roční průměrné koncentrace NO_2 a PM_{10} překračovali naměřené mezní hodnoty stanovené WHO na všech stanicích během sledovaného období. Roční průměrná koncentrace PM_{10} přesáhla limitní hodnotu WHO o 3,9 krát. Rovněž průměrná koncentrace NO_2 měla kolísavou povahu, a tak v roce 2017 překročila roční limitní hodnotu WHO o 3,2 krát. Koncentrace

CO měla klesající trend a v roce 2017 se snížila na 43 procent. Roční koncentrace SO₂ se výrazně neměnila a v roce 2017 zůstala na úrovni roku 2013. [29]



Obrázek 23: Roční průměrné koncentrace znečišťujících látek v letech 2013-2017 v Almaty.
Zdroj: <https://aaqr.org/articles/aaqr-19-09-0a-0464.pdf>

Na obrázku 24 níže je uveden podíl dní v různých rozmezích průměrných koncentrací znečišťujících látek podle okresů Almaty v letech 2013 až 2017. Z grafů uvedených na obrázku 24 je patrné, že okres Almaty je oblastí s vysokým množstvím škodlivých látek v ovzduší, přičemž podle uvedených ukazatelů výrazně předstihuje ostatní okresy.

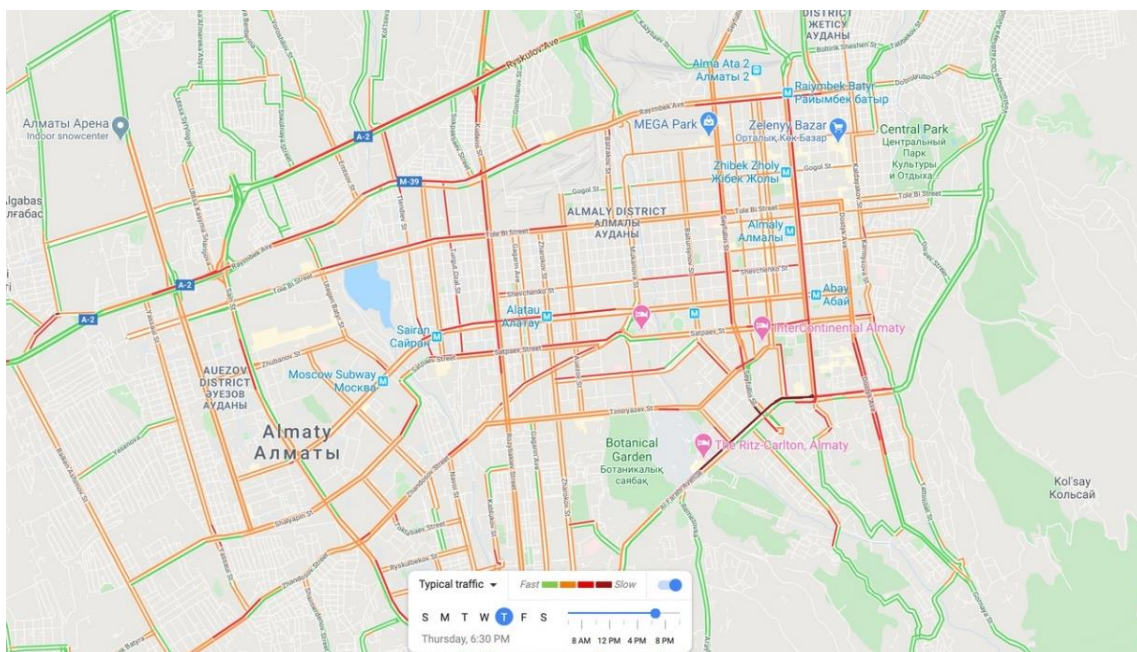


Obrázek 24: Podíl dní v různých rozmezi denních průměrných koncentrací PM₁₀, SO₂, NO₂ a CO podle okresů Almaty v letech 2013-2017. Zdroj: <https://aaqr.org/articles/aaqr-19-09-0a-0464.pdf>

Problém dopravních kongescí

Almaty se vyznačují vysokou úrovní dopravních kongescí, které jsou soustředěny převážně v centrální části města. Dopravní kongesce ve městě jsou způsobeny vysokým stupněm motorizace a kyvadlovými jízdami krajských obyvatel. Přibližně 276 až 282 tisíc osobních automobilů každodenně přijíždí do Almaty z Almatinské oblasti. Převažující část denní dopravní zátěže je v rozmezí 08:00 a 19:30. [16]

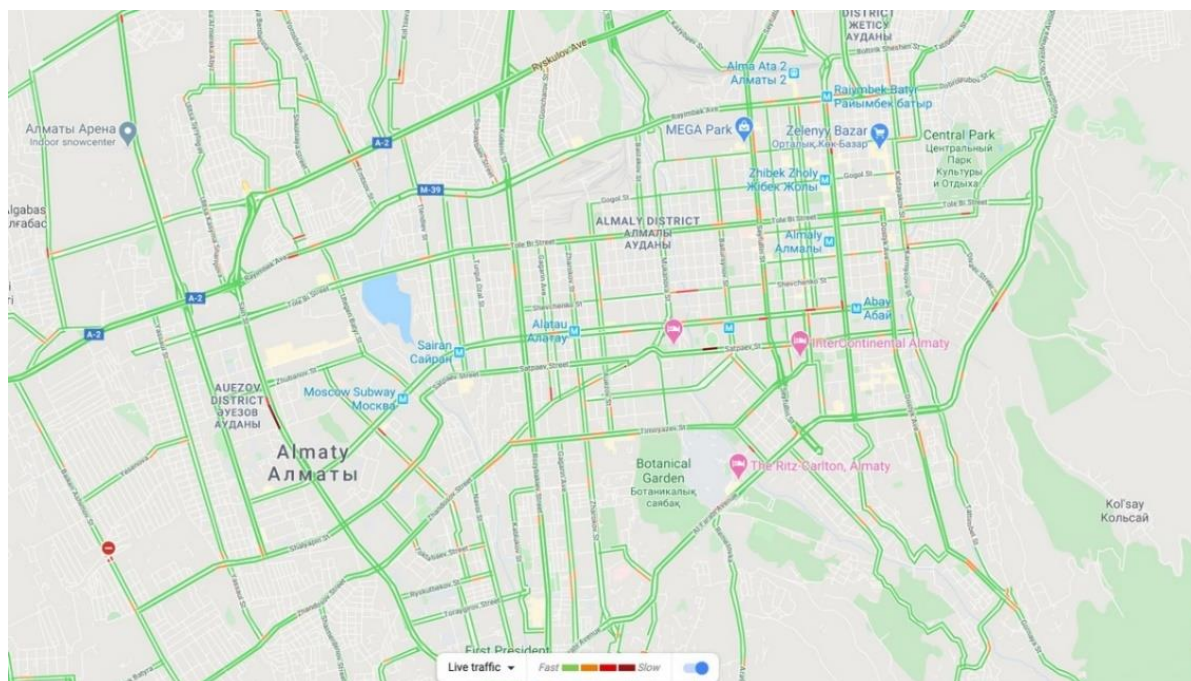
Z obrázku 25 níže je vidět klasickou dopravní situaci ve večerní špičce, kterou lze pozorovat ve všední dny. Stávající kapacita městské silniční sítě není schopna přiměřeně zvládnout takovou dopravní zátěž v centrální části města.



Obrázek 25: Typická dopravní situace v období večerní špičky, Almaty. Zdroj: <https://www.currenttime.tv/a/moscow-paris-new-york-traffic-no-more/30569815.html>

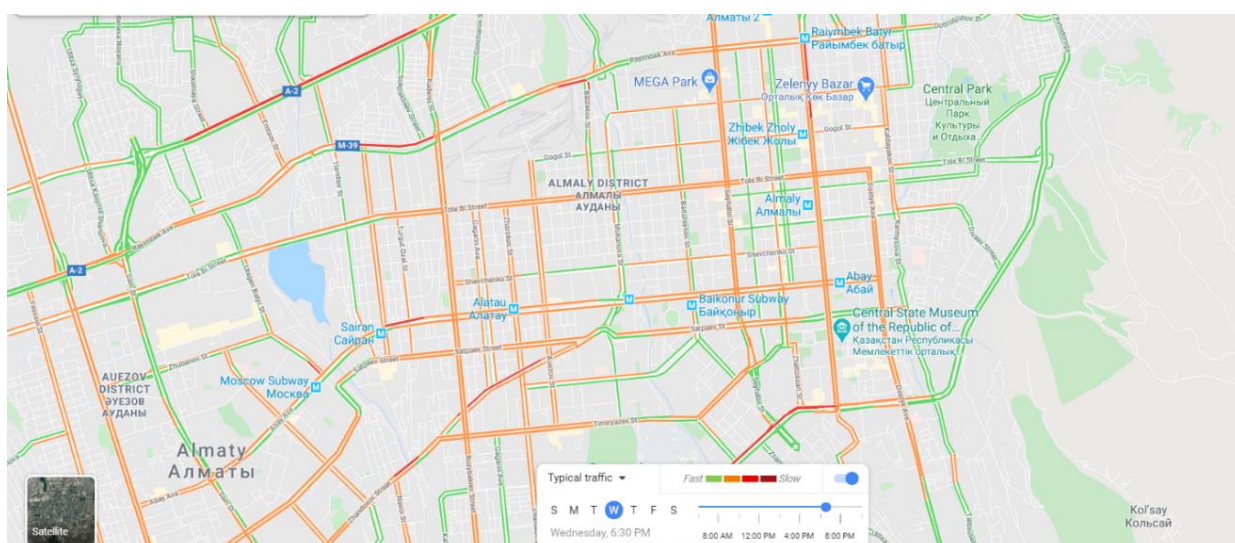
Vzhledem k celosvětové pandemii koronaviru se intenzita dopravy v Almaty snížila až o desítky procent. Dne 19. března roku 2020 v Almaty vyhlásili karanténu a v rámci opatření došlo k uzavření celého města. Pro kontrolu omezení vjezdu a výjezdu motorových vozidel bylo v ulicích města vystaveno 26 kontrolních bodů. Zanedlouho bylo v již uzavřeném městě zavedeno další opatření, které povoluje pohyb pouze vozidel, jejichž údaje jsou zahrnuty v elektronické databázi. Přičemž jednotlivá povolení byla poskytnuta pouze na žádost provozovatele vozidla. Zavedená opatření výrazně snížila přetížení na městských komunikacích. Podle údajů městské policie ke 02.04.2020 došlo k poklesu počtu vozidel na silnicích ve městě zhruba pětikrát. [30]

Na obrázku 26 níže lze pozorovat aktuální provoz ve čtvrtek 16. dubna 2020 v 18:30 již po zavedení opatření. Při porovnání dvou obrázků 25 a 26 za předpokladu stejného času a dne v týdnu je patrné, že zavedená opatření vzhledem k celosvětové pandemii koronaviru zcela zničila dopravní kongesce v Almaty.



Obrázek 26: Provoz po zavedení opatření v Almaty. Zdroj: <https://www.currenttime.tv/a/moscow-paris-new-york-traffic-no-more/30569815.html>

Od prvního července bylo rozhodnuto odstranit kontrolní body v Almaty, které splnily svou hlavní funkci, nebo omezily dopravní toky směr do města a z města. Automaticky to vedlo k tomu, že se doprava začala pomalu vracet do stavu před vyhlášením mimořádných opatření (viz obrázek 27). V Almaty je však stále složitá situace s koronavirem, která přímo ovlivňuje dopravu ve městě. Nicméně se da očekávat její návrat do stavu, kdy městská silniční síť bude opět přetížená, kvůli čemuž začnou vznikat dopravní kongesce.



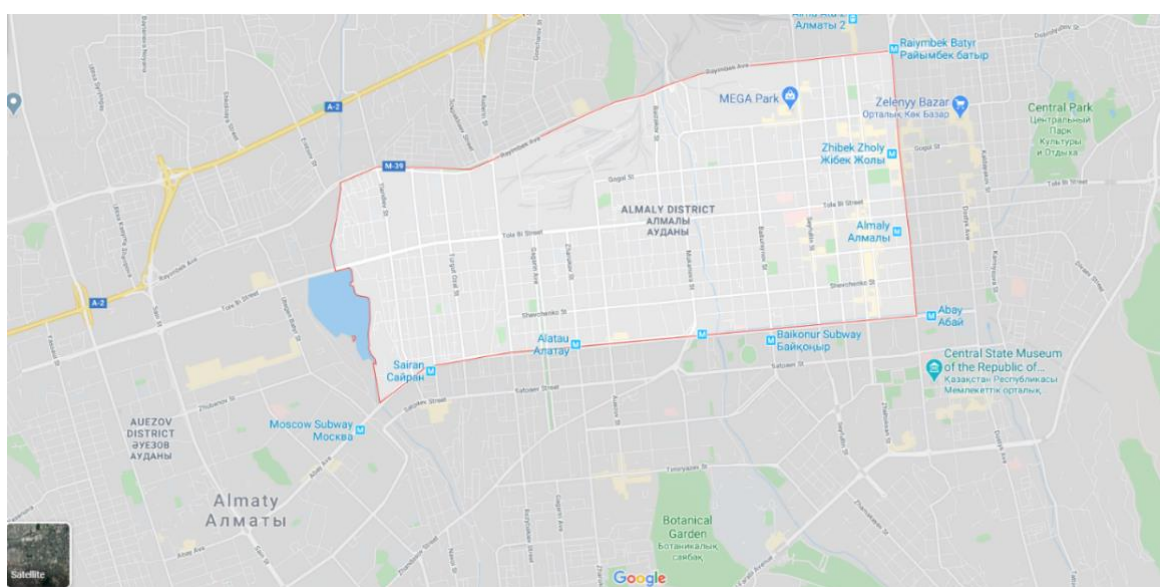
Obrázek 27: Provoz po zrušení opatření v Almaty. Zdroj: <https://goo.gl/maps/ePawVN2FdT9DbBgM9>

Zdůvodnění výběru oblasti a navrhovaného modelu

Z důvodu nejvyššího překročení imisních limitů pro PM₁₀, NO₂ a vysoké koncentrace SO₂ mezi ostatními zkoumanými oblastmi lze konstatovat, že okres Almaly spadá do oblasti se zhoršenou kvalitou ovzduší. Přitom centrální část města je nejvíce zatížená dopravními toky, což vede ke vzniku dopravních kongescí. Stávající kapacita městské silniční sítě není schopna přiměřeně zvládnout takovou dopravní zátěž právě v oblasti okresu Almaly. Na základě definice NEZ uvedené výše je okres Almaly lokalitou, „kde jsou lidé škodlivinami v ovzduší nejvíce ohroženi a kde je nutné o to důrazněji zlepšovat celkovou kvalitu života“. Z mého pohledu vyhlášení NEZ typu Německo na okres Almaly do určité míry přispěje ke zlepšení ekologické situace, protože sníží počet znečišťujících mobilních zdrojů, ale s velkou pravděpodobností poskytne pouze krátkodobý efekt na snížení kongescí. Proto systém typu Švédsko/Velká Británie, kde je vjezd do center měst navíc i zpoplatněn, poskytuje v dané situaci komplexnější řešení.

5.4 Návrh nízkoemisní zóny pro okres Almaly

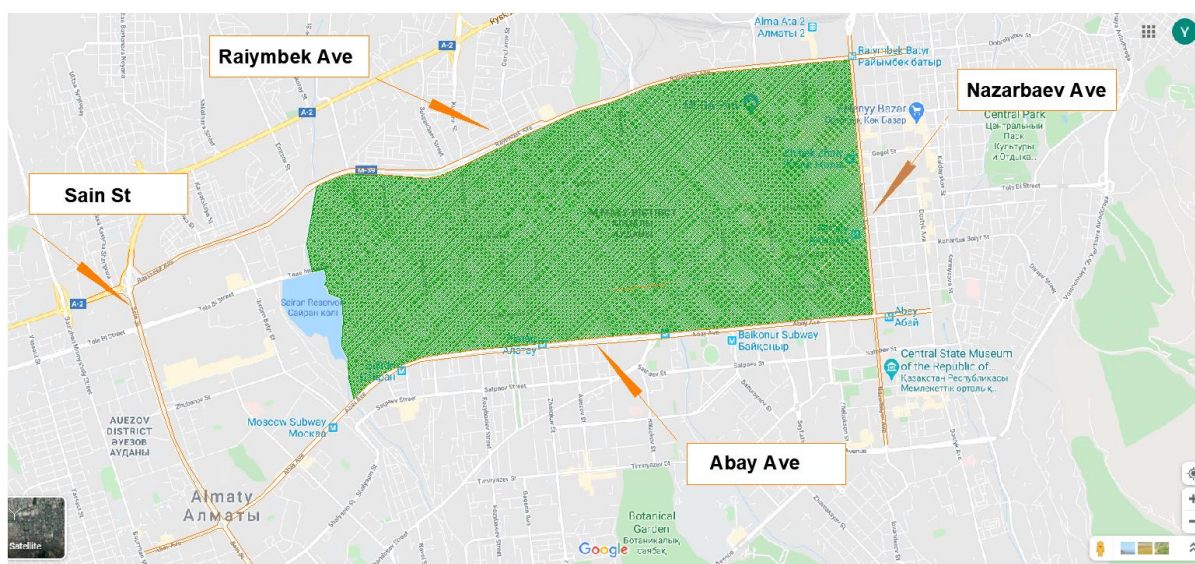
Lokalita okresu Almaly, v níž jsem se rozhodl navrhnout nízkoemisní zónu, se nachází v centru města Almaty. Tvoří ji hustě obydlená oblast s celkovou rozlohou 18,4 km² a žije tam zhruba 220 tisíc obyvatel. Okres Almaly se táhne od křižovatky osy řeky Bolshaya Almatinka s osou ulice Raiymbek a současně jižním směrem od křižovatky s osou ulice Abay. Hranice dále vedou východním směrem podél os ulic Raiymbek a Abay až do osy ulice Nazarbaev, kde se následně protínají (viz obrázek 28). [31]



Obrázek 28: Hranice okresu Almaly ve městě Almaty. Zdroj: <https://goo.gl/maps/Q4LSzwwk3EWmRDNs5>

1) Zavedení nízkoemisní zóny na okres Almaly

Imaginární nízkoemisní zóna na území města Almaty tvoří jednoduchý téměř obdélníkový tvar ohraničený ulicemi: Raiymbek, Nazarbaev, Abay a osou řeky Bolshaya Almatinka (viz obrázek 29). Návrh spočívá v tom, aby se do NEZ nezahrnuly městské komunikace spolu se silnicí Sain, které disponují větší propustností, a proto mohou být použity jako objízdná trasa. Z výše uvedených fiktivních administrativních opatření vyplývá, že se v první fázi předpokládá zákaz pohybu v zóně vozidlům všech kategorií, která nesplňují minimálně požadavky normy EURO 3. Navíc platí zákaz vjezdu těžkých nákladních vozidel a také autobusů nad 5 tun. Omezení v rámci NEZ platí 365 dní v roce a vztahuje se také na zahraniční vozidla.



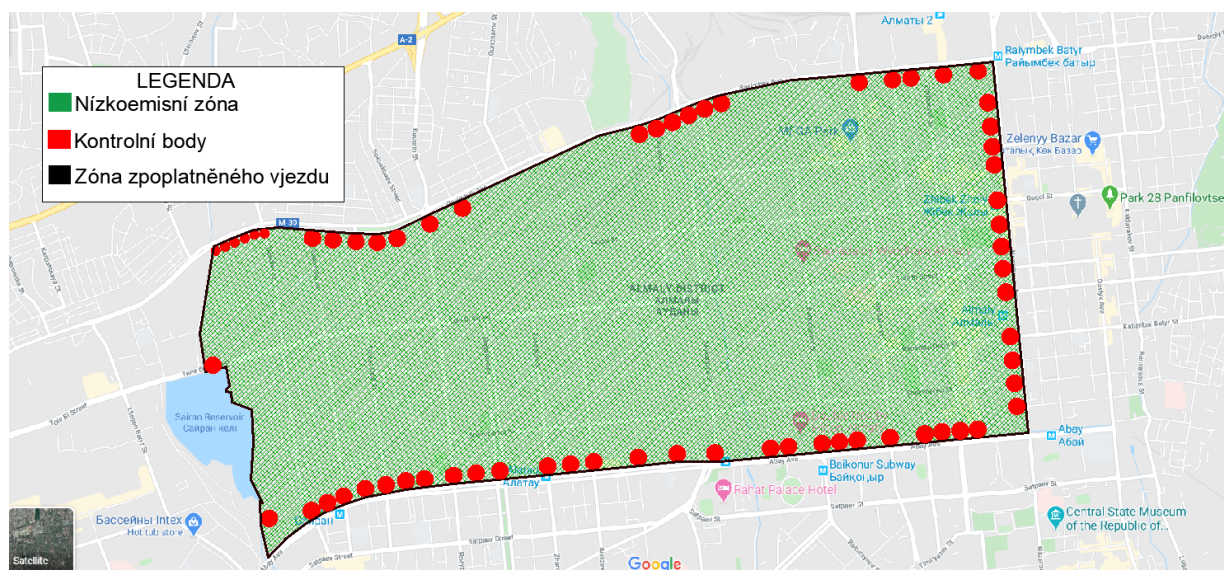
Obrázek 29: Vymezení nízkoemisní zóny v Almaty. Zdroj: vlastní zpracování, <https://goo.gl/maps/2ueb76s4DYQqmSak9>

V případě této bakalářské práce zvažují pouze návrh NEZ, respektive první fázi, tudíž nejsou předem stanovena konečná omezení. Cílem zavedení NEZ na okres Almaly je snížit emise z dopravy a ovlivnit proces omlazení složení vozového parku.

2) Zpoplatnění nízkoemisní zóny v okresu Almaly

Opatření týkající se zpoplatnění vjezdu do omezené oblasti je z hlediska hranic podobné imaginární nízkoemisní zóně (viz obrázek 30). Výsledný návrh spočívá v propojení dvou systémů, tedy nízkoemisní zóny a zpoplatnění vjezdu do centra města. Proto je tento nástroj regulace dopravy v případě města Almaty stanoven jako komponenta celkového systému.

Jedná se o moderní elektronický systém s flexibilními sazbami, které se mění v závislosti na denní době. Podstatou zpoplatněné zóny je vybírat denní poplatek za vjezd do nízkoemisní zóny bez ohledu na to, zda vozidla splňují minimální požadavky normy EURO 3. S cílem redukce dopravních kongescí v centru města a zlepšení pohybu MHD navrhuji účtovat poplatky pouze ve všední dny mezi 08:00 a 19:30, kdy je koncentrovaná převažující část denní dopravní zátěže. Poplatky by se měli také vztahovat na zahraniční vozidla i na obyvatele s trvalým bydlištěm uvnitř zóny s poskytnutím vysoké slevy. Ve zbytku času pro omezenou oblast platí pouze podmínky nízkoemisní zóny.



Obrázek 30: Model zpoplatněné nízkoemisní zóny v Almaty. Zdroj: vlastní zpracování, <https://goo.gl/maps/2ueb76s4DYQmSak9>

Kontrola celkového systému je stanovena na základě kamerového dohledu s technologií ANPR. Statické kamery jsou umístěny na 65 místech a monitorují všechny vjezdy a výjezdy v rámci zpoplatněné nízkoemisní zóny (viz obrázek 30). Pro podporu statických kamer se navíc předpokládá přítomnost mobilních jednotek náhodně pohybujiících se uvnitř omezené oblasti prostřednictvím mobilních kontrolních vozidel s funkcí videodetekce.

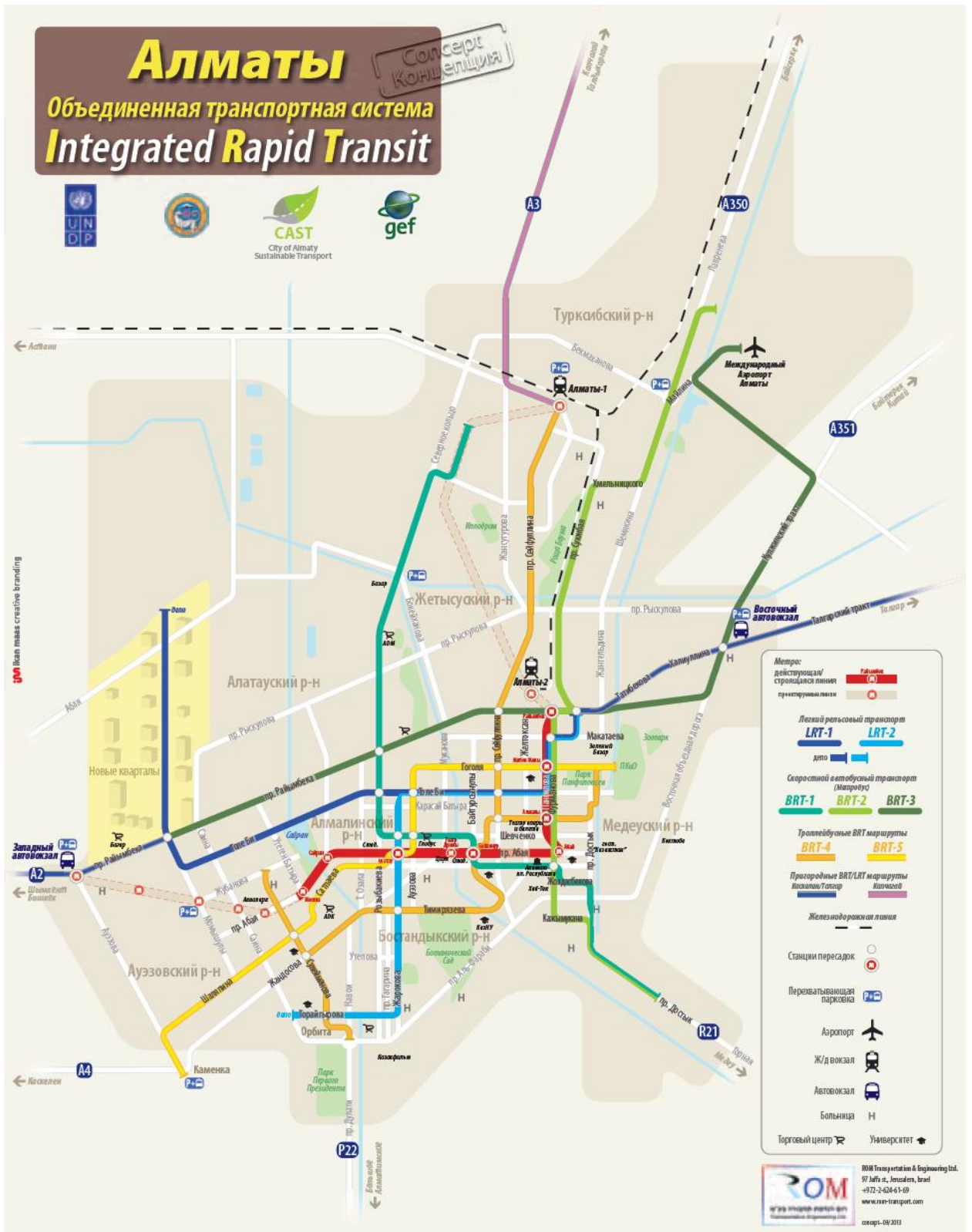
Vytvoření zpoplatněné nízkoemisní zóny pro městský úřad by navíc znamenalo označit vybranou lokalitu dopravními značkami ukazující přítomnost videokontroly a začátek a konec zóny, které varují řidiče před vstupem do zpoplatněné nízkoemisní zóny. V Kazachstánu v současné době není konkrétní značení legislativně regulováno. Proto v rámci svého konceptu uvažují s označením LEZ informativními provozními značkami na příkladu města Londýn (viz obrázek 31).



Obrázek 31: Ukázka značení na vjezd do LEZ a zóny zpoplatnění, Londýn. Zdroj: <https://cs.urbanaccessregulations.eu/countries-mainmenu-147/united-kingdom-mainmenu-205/london>

Řidiči vozidel, kteří nemají vjezd do zpoplatněné nízkoemisní zóny povolen nebo nechtějí hradit denní variabilní poplatek, musejí využít záchytná parkoviště a dopravit se do omezené oblasti alternativním způsobem např. MHD, pěší doprava nebo cyklistická doprava.

Obrázek 32 níže představuje koncept vysokorychlostního integrovaného dopravního systému Almaty do roku 2023, který zahrnuje pokračování stávající linky metra, 2 linky LRT a 5 linek BRT. Modelované linky mají radiální a diametrální vazby v souvislosti s napojením na záchytná parkoviště, což umožní řidičům vjíždějícím do města z Almatinské oblasti použít záchytná parkoviště a následně umožňují pokračovat vhodným způsobem v cíli cesty s důrazem na šetření ekologického prostředí.



Obrázek 32: Koncept integrovaného dopravního systému v Almaty do roku 2023. Zdroj: https://alatransit.kz/sites/default/files/city_of_almaty_sustainable_transport_strategy_0.pdf

6. Závěr

Mým cílem a cílem této bakalářské práce bylo vyvolat veřejnou diskuzi na téma ekologické zatížení a doprava ve městě Almaty. Obsah bakalářské práce jsem koncipoval, tak abych podal všeobecné informace o dané mateře tématu. Tyto informace jsem nadále analyzoval na světových metropolích, které jsem uvedl výše v textu. Jako hlavní cíl jsem si tedy nastolil podat přehled o dané problematice a také praktické řešení ekologického zatížení města Almaty. Mé řešení či koncept, který vychází ze systémů nízkoemisních zón a zpoplatnění vjezdu do center měst ve Velké Británii a Švédsku lze uplatnit v Almaty a mohl by být použit jako předloha pro budoucí změny, jelikož je plně funkční a vychází ze světových standardů. Samozřejmě v rámci zavedení NEZ a CCZ jsou spojeny vysoké počáteční náklady, které ale následně navráceny ve formě poplatků a mohou být investovány zpátky např. na rozvoj městské veřejné dopravy. V této problematice jde zejména o systém kontroly, který počítá s moderním kamerovým systémem, který ale sám o sobě nestačí na plnou kontrolu dodržování pravidel. Proto je nezbytné zavést i mobilní kontrolu ve formě policie či regulačního ad hoc orgánu. Je ale otázkou, zda tato přídatná kontrola bude efektivní, jelikož se musí počítat s vedlejšími vlivy, které jsou např. korupce či neochota policie se zaměřovat na danou problematiku. Tímto nechci vytvářet povědomí o korupci v Kazachstánu, jelikož s fenoménem do určité míry korupce se setkávají všechny uvedené státy výše. Proto bych upřednostnil moderní kamerový systém s technologií ANPR, který bude rovnoměrně rozmístěn na hranice zpoplatněné nízkoemisní zóny a může být doplněn možností mobilních kamer, které budou zajišťovat kontrolu podobnou systému ANPR, ale jejich výhoda spočívá ve mobilitě. Další aspekty této koncepce lze spatřovat ve použití předlohy pro ostatní města než Almaty. Dopravní situace v každém městě je individuální, ale koncepce lze v základě použít na více oblastí, i když je jejich dopravní situace odlišná a dále lze zmínit, že poplatky vyvstávající ze zpoplatnění nízkoemisní zóny v centrální části města lze zpátky využít na rozvoj městské infrastruktury, projektů koncepce Smart City a zejména městské veřejné dopravy. V případě města Almaty, které má svůj plán rozvoje udržitelné dopravy, lze využít tuto zpáteční investici právě pro rozvoj MHD.

Seznam použité literatury

1. *Almaty.gov.kz* [online]. Almaty: město Almaty, © 2005-2020 [cit. 2020-03-20]. Dostupné z: <https://www.almaty.gov.kz/page.php>
2. *Alatransit.kz* [online]. Almaty: DreamPRO, [2020] [cit. 2020-03-20]. Dostupné z: <https://alatransit.kz/ru>
3. *Onay.kz* [online]. Almaty: ТОО «Оңай Пау», © 2019 [cit. 2020-03-21]. Dostupné z: <https://onay.kz/#/>
4. *Alatransit.kz: avtobusy* [online]. Almaty: DreamPRO, [2020] [cit. 2020-03-21]. Dostupné z: <https://alatransit.kz/ru/content/avtobusy>
5. МАУЛЕТБАЙ, Серикжан. *Informburo.kz. Informburo* [online]. ТОО "Инфополис", ©2015 – 2020, 06.08.2018, , 1 [cit. 2020-03-21]. Dostupné z: <https://informburo.kz/novosti/brt-v-almaty-oboshyolsya-byudzhetu-v-42-mlrd-tenge.html>
6. *Alatransit.kz: trolleybusy* [online]. Almaty: DreamPRO, [2020] [cit. 2020-03-23]. Dostupné z: <https://alatransit.kz/ru/content/trolleybusy>
7. *Alatransit.kz: tramvailrt* [online]. Almaty: DreamPRO, [2020] [cit. 2020-03-23]. Dostupné z: <https://alatransit.kz/ru/content/tramvailrt>
8. *Metroalmaty* [online]. КГП "МЕТРОПОЛИТЕН", 2020 [cit. 2020-03-23]. Dostupné z: <http://metroalmaty.kz/?q=kk>
9. *Redbull.com: bike-ways-almaty* [online]. RED BULL, © 2020 [cit. 2020-03-23]. Dostupné z: <https://www.redbull.com/kz-kk/bike-ways-almaty>
10. OECD. *Urban Policy Reviews: Kazakhstan* [online]. OECD, © 2020, s. 276 [cit. 2020-03-24]. ISBN 9789264274624. Dostupné z: https://www.oecd-ilibrary.org/urban-rural-and-regional-development/oecd-urban-policy-reviews-kazakhstan_9789264274624-ru
11. ЕКАТЕРИНА, Будрейко. Экология городов. Загрязнение почв, воды и воздуха. *Образовательный портал «Слово»* [online]. <http://www.portal-slovo.ru>, 1 [cit. 2020-03-24]. Dostupné z: <https://www.portal-slovo.ru/impressionism/41495.php>
12. New Index finds air pollution reduces global life expectancy by nearly 2 years, making it the single greatest threat to human health. *Aqli.epic.uchicago.edu* [online]. AQLI, © 2020, 19.11.2018 [cit. 2020-03-25]. Dostupné z: <https://aqli.epic.uchicago.edu/news/new-index-finds-air-pollution-reduces-global-life-expectancy-by-nearly-2-years-making-it-the-single-greatest-threat-to-human-health/>
13. *Aqli.epic.uchicago.edu: the-index* [online]. AQLI, © 2020 [cit. 2020-03-26]. Dostupné z: <https://aqli.epic.uchicago.edu/the-index/>
14. *Stručný souhrn vlivů emisí z dopravy na životní prostředí a lidské zdraví: Ekologický právní servis 2008* [online]. BLOKOVY GRANT, © 2020, 13.6.2008, 5 [cit. 2020-03-27]. Dostupné z: <http://www.blokovygrant.cz/media/vystupy-projektu/>
15. *СТРАТЕГИЯ "АЛМАТЫ - 2050"* [online]. Алматы қаласының әкімдігі, © 2019 [cit. 2020-03-27]. Dostupné z: <https://almaty-2050.kz/ru/>
16. Ambient (outdoor) air pollution. Who.int [online]. WHO, © 2020, 02.05.2018 [cit. 2020-03-28]. Dostupné z: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
17. *Global Gridded Model of Carbon Footprints: (GGMCF)* [online]. Scientific American, [2020] [cit. 2020-07-02]. Dostupné z: <http://citycarbonfootprints.info/>
18. *CITY OF ALMATY SUSTAINABLE TRANSPORT STRATEGY* [online]. UNDP-GEF Project « City of Almaty Sustainable Transport», [2020], , 59 [cit. 2020-07-03]. Dostupné z:

- https://alatransit.kz/sites/default/files/city_of_almaty_sustainable_transport_strategy_0.pdf
19. *Nízkoemisní zóny* [online]. Magistrát hlavního města Prahy, © 2020, 29.05.2014, 1 [cit. 2020-07-06]. Dostupné z: [https://www.praha.eu/jnp/cz/doprava/automobilova/nizkoemisni_zony_1/index.html#:~:text=N%C3%ADzkoemisn%C3%AD%20z%C3%B3ny%20\(NEZ\)%20jsou%20oblasti,d%C5%AFrazn%C4%9Bji%20zlep%C5%A1ovat%20celkovou%20kvalitu%20%C5%BEivota](https://www.praha.eu/jnp/cz/doprava/automobilova/nizkoemisni_zony_1/index.html#:~:text=N%C3%ADzkoemisn%C3%AD%20z%C3%B3ny%20(NEZ)%20jsou%20oblasti,d%C5%AFrazn%C4%9Bji%20zlep%C5%A1ovat%20celkovou%20kvalitu%20%C5%BEivota).
 20. ŠUTA, Miroslav. *Nízkoemisní zóny: DISKRIMINACE SMRAĐOCHŮ PRO ČISTĚJŠÍ OVZDUŠÍ MĚST* [online]. *Economia*, [2020], 1 [cit. 2020-07-06]. Dostupné z: <https://suta.blog.respekt.cz/nizkoemisni-zony-diskriminace-smradochu-pro-cistejsi-ovzdusi-mest/>
 21. *Air Quality and urban traffic in the EU: best practices and possible solutions* [online]. European Parliament, [2020], 05.10.2018, 74 [cit. 2020-07-10]. Dostupné z: [https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document.html?reference=IPOL_STU\(2018\)604988](https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document.html?reference=IPOL_STU(2018)604988)
 22. *ZAVEDENÍ NÍZKOEMISNÍ ZÓNY NA ÚZEMÍ STATUTÁRNÍHO MĚSTA BRNA* [online]. Brněnské komunikace, 2017, 11.2017, 66 [cit. 2020-07-12]. Dostupné z: <https://www.brno-autem.cz/wp-content/uploads/2019/07/Nizkoemisni-zony-studie-proveditelnosti.pdf>
 23. HORÁK, Tomáš. *CITY LOGISTIKA: 17LGT* [online]. 2020 [cit. 2020-07-12]. Dostupné z: <https://www.dropbox.com/s/yrnoco855dwbe5s/17LGT%20-%202009%20-%20City%20logistika.pdf?dl=0>. Přednáška. FD ČVUT.
 24. ŠUTA, Miroslav. *Evropské zkušenosti s opatřeními v oblasti dopravy ke zlepšení kvality ovzduší* [online]. ClientEarth, 2019, 28 [cit. 2020-07-13]. ISSN 978-80-87417-14-0. Dostupné z: http://www.zelenykruh.cz/wp-content/uploads/2019/06/znecistení_doprava_fin02.pdf
 25. Trafik.stockholm/trafiksakerhet-trafikregler: Miljözon på Hornsgatan. *Trafik.stockholm* [online]. Stockholm: Stockholms stad, 16.06.2020 [cit. 2020-07-14]. Dostupné z: <https://trafik.stockholm/trafiksakerhet-trafikregler/miljozoner/miljozon-hornsgatan/>
 26. Urban Access Regulations in Europe: London. *Urbanaccessregulations.eu* [online]. European Union, © 2007 - 2020, 18.05.2020 [cit. 2020-07-18]. Dostupné z: <https://urbanaccessregulations.eu/countries-mainmenu-147/united-kingdom-mainmenu-205/London>
 27. AMUNDTSEN, Astrid H. a Ingrid SUNDVOR. *Low Emission Zones in Europe: Requirements, enforcement and air quality* [online]. Oslo, Norway: Institute of Transport Economics, 2018, 10.2018, , 76 [cit. 2020-07-20]. ISSN 2535-5104. Dostupné z: <https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=49204>
 28. РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН. КОДЕКС РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН: ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ КОДЕКС РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН. In: . Астана, Акорда, 2007, роčník 2020, Гл. 1, ст. 7. Dostupné také z: https://online.zakon.kz/document/?doc_id=30085593#pos=18;-50
 29. KERIMRAY, Aiyngul. Spatiotemporal Variations and Contributing Factors of Air Pollutants in Almaty, Kazakhstan. *Aaqr.org* [online]. The Author(s), ©2020, 24.04.2020 [cit. 2020-07-22]. Dostupné z: <https://aaqr.org/articles/aaqr-19-09-0a-0464#>

30. Ни людей, ни машин.: Коронавирус уничтожил пробки в самых загруженных мегаполисах мира. *Currenttime.tv* [online]. Настоящее Время, ©2020, 22.04.2020 [cit. 2020-07-22]. Dostupné z: <https://www.currenttime.tv/a/moscow-paris-new-york-traffic-no-more/30569815.html>
31. Аппарат акима Алмалинского района города Алматы: Паспорт Алмалинского района. *Almaly.almaty.kz* [online]. almaly.almaty.kz, © 2016, 2019 [cit. 2020-07-26]. Dostupné z: <http://www.almaly.almaty.kz/ourdistrict/pasport-almalinskogo-rayona/?lang=ru>

Seznam obrázků

Obrázek 1: Umístění Almaty na mapě. Zdroj: http://souvenirchronicles.blogspot.com/2018/01/almaty-kazakhstan-royal-tulip-hotel-and.html	11
Obrázek 2: Umístění Almaty na Nové Hedvábné stezce. Zdroj: https://industryeurope.com/chinas-silk-road-supports-uk-just-in-time-manufacturing-strategy/	12
Obrázek 3: Schéma zastávky BRT. Zdroj: https://informburo.kz/novosti/brt-v-almaty-oboshyolsya-byudzhetu-v-42-mlrd-tenge.html	14
Obrázek 4: Schéma první linky LRT v Almaty. Zdroj: https://alatransit.kz/ru/content/tramvailrt	15
Obrázek 5: Průměrná zkrácená délka života na osobu podle AQLI. Zdroj: https://aqli.epic.uchicago.edu/news/new-index-finds-air-pollution-reduces-global-life-expectancy-by-nearly-2-years-making-it-the-single-greatest-threat-to-human-health/	20
Obrázek 6: Kyvadlové jízdy v Almaty. Zdroj: https://almaty-2050.kz/ru/document/1/	23
Obrázek 7: Porovnání způsobů pohybu v různých městech. Zdroj: https://almaty-2050.kz/ru/document/1/	24
Obrázek 8: Přehled měst se zaváděním NEZ v Německu a plakety pro vjezd. Zdroj: https://suta.blog.respekt.cz/nizkoemisni-zony-diskriminace-smradochu-pro-cistejsi-ovzdusi-mest/	35
Obrázek 9: Ukázka značení na vjezdu do NEZ, Německo. Zdroj: https://cs.urbanaccessregulations.eu/countries-mainmenu-147/germany-mainmenu-61/berlin	36
Obrázek 10: Týdenní variace koncentrace částic sazí pro období 2010-2014. Zdroj: https://www.brno-autem.cz/wp-content/uploads/2019/07/Nizkoemisni-zony-studie-proveditelnosti.pdf	37
Obrázek 11: Trend průměrné roční koncentrace PM ₁₀ pro období 2002-2012. Zdroj: https://www.brno-autem.cz/wp-content/uploads/2019/07/Nizkoemisni-zony-studie-proveditelnosti.pdf	38
Obrázek 12: NEZ Berlín. Zdroj: https://cs.urbanaccessregulations.eu/countries-mainmenu-147/germany-mainmenu-61/berlin	39
Obrázek 13: Zpoplatnění silnic vedoucích do centra města, Stockholm. Zdroj: https://www.dropbox.com/s/yrnoco855dwbe5s/17LGT%20-%202009%20-%20City%20logistika.pdf?dl=0	41
Obrázek 14: NEZ Stockholm třída 1. Zdroj: https://cs.urbanaccessregulations.eu/countries-mainmenu-147/sweden-mainmenu-248/stockholm	42
Obrázek 15: NEZ Stockholm třída 2. Zdroj: https://cs.urbanaccessregulations.eu/countries-mainmenu-147/sweden-mainmenu-248/stockholm	42

Obrázek 16: Koncentrace PM ₁₀ ve vybraných dopravních lokalitách ve Stockholmu a Gothenburgu. Zdroj: https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=49204	43
Obrázek 17: koncentrace NO ₂ ve vybraných dopravních lokalitách ve Stockholmu a Göteborgu. Zdroj: https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=49204	43
Obrázek 18: LEZ Londýn. Zdroj: https://urbanaccessregulations.eu/countries-mainmenu-147/united-kingdom-mainmenu-205/London	45
Obrázek 19: Koncentrace PM ₁₀ ve vybraných dopravních lokalitách ve Velké Británii. Zdroj: https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=49204	46
Obrázek 20: Koncentrace NO ₂ ve vybraných dopravních lokalitách ve Velké Británii. Zdroj: https://www.toi.no/getfile.php?mmfileid=49204	46
Obrázek 21: ULEZ Londýn. Zdroj: https://urbanaccessregulations.eu/countries-mainmenu-147/united-kingdom-mainmenu-205/London	47
Obrázek 22: Okresy v Almaty, Kazachstán. Zdroj: https://www.almaty.gov.kz/page.php?page_id=4130&lang=1	55
Obrázek 23: Roční průměrné koncentrace znečišťujících látek v letech 2013-2017 v Almaty. Zdroj: https://aaqr.org/articles/aaqr-19-09-0a-0464.pdf	56
Obrázek 24: Podíl dní v různých rozmezích denních průměrných koncentrací PM ₁₀ , SO ₂ , NO ₂ a CO podle okresů Almaty v letech 2013-2017. Zdroj: https://aaqr.org/articles/aaqr-19-09-0a-0464.pdf	57
Obrázek 25: Typická dopravní situace v období večerní špičky, Almaty. Zdroj: https://www.currenttime.tv/a/moscow-paris-new-york-traffic-no-more/30569815.html	58
Obrázek 26: Provoz po zavedení opatření v Almaty. Zdroj: https://www.currenttime.tv/a/moscow-paris-new-york-traffic-no-more/30569815.html	59
Obrázek 27: Provoz po zrušení opatření v Almaty. Zdroj: https://goo.gl/maps/ePawVN2FdT9DbBgM9	59
Obrázek 28: Hranice okresu Almaty ve městě Almaty. Zdroj: https://goo.gl/maps/Q4LSszwk3EWmRDn5	60
Obrázek 29: Vymezení nízkoemisní zóny v Almaty. Zdroj: vlastní zpracování, https://goo.gl/maps/2ueb76s4DYQmSak9	61
Obrázek 30: Model zpoplatněné nízkoemisní zóny v Almaty. Zdroj: vlastní zpracování, https://goo.gl/maps/2ueb76s4DYQmSak9	62
Obrázek 31: Ukázka značení na vjezdu do LEZ a zóny zpoplatnění, Londýn. Zdroj: https://cs.urbanaccessregulations.eu/countries-mainmenu-147/united-kingdom-mainmenu-205/london	63
Obrázek 32: Koncept integrovaného dopravního systému v Almaty do roku 2023. Zdroj: https://alatransit.kz/sites/default/files/city_of_almaty_sustainable_transport_strategy_0.pdf	64

Seznam tabulek

Tabulka 1: Převážný výkon pro období 2014-2019 (v tis)	15
Tabulka 2: Převážný výkon pro období 2014-2019 (v mil. oskm)	16
Tabulka 3: Počet osobních automobilů v Almaty a Almatinské oblasti (v ks).....	18
Tabulka 4: Složení vozového parku osobních automobilů v Almaty a Almatinské oblasti (v ks).....	18
Tabulka 5: Rozložení osobních automobilů v Almaty podle použitého druhu paliva (v ks).....	19
Tabulka 6: Rozložení osobních automobilů v Almatinské oblasti podle použitého druhu paliva (v ks)	19
Tabulka 7: Přehled států se zavedením NEZ	34
Tabulka 8: Jednotlivé přístupy k nízkoemisním zónám ve zvolených státech	48
Tabulka 9: Srovnání systémů kontroly	50
Tabulka 10: Dopady zavedení nízkoemisních zón a systému zpoplatnění vjezdu	52

Seznam grafů

Graf 1: Dělbá přepravní práce za rok 2016 (v procentech)	24
Graf 2: Zdroje znečištění ovzduší v Almaty (v procentech)	25
Graf 3: Koncentrace pevných částic PM ₁₀ v Almaty za období 2014-2018 (mg/m ³)	26