

Univerzita Pardubice
Fakulta ekonomicko-správní

Modelování environmentálních vlivů dopravy v České republice

Bc. Gabriela Petrovická

Diplomová práce
2009

ZADÁNÍ – ZE STAGU

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 24. 4. 2009

Petrovická Gabriela

Děkuji vedoucímu práce Ing. Robertovi Baťovi, Ph.D. za průběžnou kontrolu a podnětné připomínky k mé diplomové práci.

Mé poděkování též patří doc. PaedDr. Janě Kubanové, CSc. a Ing. Petrovi Benešovi za ochotu, vstřícnost a cenné rady.

ANOTACE

Práce se zaměřuje na charakteristiku jednotlivých druhů dopravy v České republice a také na popis negativních dopadů dopravy na životní prostředí a zdraví člověka. Zabývá se též regresními modely jednoduché lineární závislosti v oblasti dopravy a testováním souvisejících hypotéz. Na závěr je proveden výpočet, zhodnocení a grafické vyjádření poměrových čísel v dopravě.

KLÍČOVÁ SLOVA

doprava; životní prostředí; emise; regresní modely; poměrná čísla; testování hypotéz

TITLE

The simulation of environmental effects of transportation in the Czech Republic

ANNOTATION

This work is focusing on characteristic of individual sorts of transportation in the Czech Republic and description of negative impacts on the environment and human health too. It is also concerned with regression model of simple linear dependence in the sphere of transportation and testing related hypotheses. In conclusion there is a calculation, an assessing and a graphic formulation of index numbers of transportation.

KEYWORDS

transportation; environment; emission; regression models; index numbers; hypotheses testing

OBSAH

SEZNAM GRAFŮ	8
SEZNAM OBRÁZKŮ	8
SEZNAM TABULEK.....	9
SEZNAM ZKRATEK	10
ÚVOD	11
1 CHARAKTERISTIKA DOPRAVY V ČESKÉ REPUBLICE.....	13
1.1 HISTORICKÝ VÝVOJ DOPRAVY	13
1.2 JEDNOTLIVÉ DRUHY DOPRAVY	15
1.3 ROZVOJ DOPRAVNÍHO SEKTORU V ROCE 2007	17
1.3.1 <i>Infrastruktura</i>	17
1.3.2 <i>Dopravní park</i>	18
1.3.3 <i>Přeprava</i>	18
1.3.4 <i>Nehody</i>	19
1.4 CHARAKTERISTIKA JEDNOTLIVÝCH DRUHŮ DOPRAVY	22
1.4.1 <i>Silniční doprava</i>	22
1.4.2 <i>Železniční doprava</i>	25
1.4.3 <i>Vodní doprava</i>	27
1.4.4 <i>Letecká doprava</i>	30
1.4.5 <i>Cyklistická a pěší doprava</i>	32
1.4.6 <i>Multimodální doprava</i>	33
1.5 DÍLČÍ SHRNUTÍ	35
2 DOPRAVA A ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ.....	37
2.1 ZNEČIŠTĚNÍ OVZDUŠÍ.....	38
2.2 ZNEČIŠTĚNÍ VODY	43
2.2.1 <i>Povrchové vody</i>	44
2.2.2 <i>Podzemní vody</i>	45
2.3 ZNEČIŠTĚNÍ PŮDY	46
2.4 FLÓRA A FAUNA	48
2.5 KRAJINNÝ RÁZ	49
2.6 HLUKOVÁ ZÁTĚŽ A VIBRACE	51
2.6.1 <i>Hluk</i>	51
2.6.2 <i>Vibrace</i>	52
2.7 ODPADY Z DOPRAVY	53
2.8 DÍLČÍ SHRNUTÍ	55
3 REGRESNÍ MODELY	57
3.1 TEORETICKÉ ZÁKLADY REGRESNÍ ANALÝZY	57
3.2 REGRESNÍ MODEL ZÁVISLOSTI PRŮMĚRNÉHO HRUBÉHO PŘÍJMU NA JEDNOHO OBYVATELE A CELKOVÉ SPOTŘEBY POHONNÝCH HMOT	60
3.2.1 <i>Test významnosti pro parametr b regresní přímky</i>	62
3.2.2 <i>Spearmanův korelační koeficient</i>	63
3.3 REGRESNÍ MODEL ZÁVISLOSTI POČTU NÁKLADNÍCH A OSOBNÍCH AUTOMOBILŮ A SPOTŘEBY POHONNÝCH HMOT	65
3.3.1 <i>Test významnosti pro parametr b regresní přímky</i>	67
3.3.2 <i>Spearmanův korelační koeficient</i>	67
3.4 DÍLČÍ SHRNUTÍ	69
4 VÝPOČET POMĚRNÝCH ČÍSEL.....	70
4.1 SPOTŘEBA ENERGIE	71
4.1.1 <i>Friedmanův test</i>	79
4.2 SPOTŘEBA POHONNÝCH HMOT V DOPRAVĚ	82
4.2.1 <i>Wilcoxonův dvouvýběrový test</i>	87
4.3 CELKOVÉ EMISE Z DOPRAVY	90
4.4 DÍLČÍ SHRNUTÍ	99

ZÁVĚR	100
POUŽITÁ LITERATURA	103
SEZNAM PŘÍLOH	105
PŘÍLOHA 1	106
PŘÍLOHA 2	110

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 Zavinění dopravních nehod v roce 2007.....	20
Graf 2 Příčiny dopravních nehod v roce 2007.....	21
Graf 3 Počet silničních havárií s únikem látek v letech 2002-2004	47
Graf 4 Průměrné materiálové hmotnostní složení automobilů.....	55
Graf 5 Bodový graf závislosti a proložená regresní přímka $y = 2\,531,775 + 0,141x$	61
Graf 6 Bodový graf závislosti a proložená regresní přímka $\hat{y} = 0,0014x - 767,24$	66
Graf 7 Vývojový trend spotřeby energie v železniční dopravě.....	73
Graf 8 Bodový graf závislosti a proložená regresní přímka $y = 92,87x - 173\,203$	73
Graf 9 Vývojový trend spotřeby energie v silniční dopravě.....	75
Graf 10 Bodový graf závislosti a proložená regresní přímka $y = 1\,322,45x - 2\,624\,795$	76
Graf 11 Vývojový trend spotřeby energie v letecké dopravě.....	77
Graf 12 Bodový graf závislosti a proložená regresní přímka $y = 1\,437,62x - 2\,866\,585$	78
Graf 13 Vývojový trend spotřeby motorového benzínu.....	83
Graf 14 Bodový graf závislosti a proložená regresní přímka $y = 31,28x - 60\,676,2$	83
Graf 15 Vývojový trend spotřeby motorové nafty	85
Graf 16 Bodový graf závislosti a proložená regresní přímka $y = 118,67x - 234\,750,07$	86
Graf 17 Vývojový trend celkových emisí CO ₂	91
Graf 18 Bodový graf závislosti a proložená regresní přímka $y = 746,97x - 1\,480\,051,31$	91
Graf 19 Vývojový trend celkových emisí CO.....	93
Graf 20 Bodový graf závislosti a proložená regresní přímka $y = 25\,319,19 - 12,52x$	93
Graf 21 Vývojový trend celkových emisí NO _x	95
Graf 22 Bodový graf závislosti a proložená regresní přímka $y = 5\,592,4 - 2,74x$	96
Graf 23 Vývojový trend celkových emisí těkavých organických látek.....	98
Graf 24 Bodový graf závislosti a proložená regresní přímka $y = 5\,737,6 - 2,84x$	98
Graf 25 Emise oxidu uhelnatého (CO) za jednotlivé druhy dopravy (v tunách)	106
Graf 26 Emise oxidu dusíku (NO _x) za jednotlivé druhy dopravy (v tunách)	107
Graf 27 Emise těkavých organických látek za jednotlivé druhy dopravy (t).....	108
Graf 28 Emise pevných částic za jednotlivé druhy dopravy (t).....	109
Graf 29 Emise metanu (CH ₄) za jednotlivé druhy dopravy (t).....	110
Graf 30 Emise oxidu dusného (N ₂ O) za jednotlivé druhy dopravy	111

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Schéma tranzitních železničních koridorů	26
Obrázek 2 Splavné vodní cesty	29
Obrázek 3 Havárie tankeru Amoco Cádiz.....	44
Obrázek 4 Drtící linka	53

SEZNAM TABULEK

<i>Tabulka 1 Zavinění dopravních nehod v roce 2007</i>	20
<i>Tabulka 2 Příčiny dopravních nehod v roce 2007</i>	21
<i>Tabulka 3 Infrastruktura silniční dopravy (km)</i>	22
<i>Tabulka 4 Počet automobilů registrovaných v ČR</i>	23
<i>Tabulka 5 Počet nehod v silničním provozu podle místa a druhu nehody</i>	24
<i>Tabulka 6 Výkony letišť v osobní letecké dopravě</i>	31
<i>Tabulka 7 Výčet škodlivých látek produkovanych dopravou</i>	40
<i>Tabulka 8 Podíl dopravy na celkovém znečištění ovzduší (v %)</i>	42
<i>Tabulka 9 Regresní model závislosti průměrného hrubého příjmu na jednoho</i>	60
<i>Tabulka 10 Regresní model závislosti počtu nákladních a osobních automobilů</i>	65
<i>Tabulka 11 Výpočet poměrných čísel spotřeby energie v železniční dopravě</i>	72
<i>Tabulka 12 Odhad hodnot ve vybraných letech pro spotřebu energie</i>	74
<i>Tabulka 13 Výpočet poměrných čísel spotřeby energie v silniční dopravě</i>	74
<i>Tabulka 14 Odhad hodnot ve vybraných letech pro spotřebu energie</i>	76
<i>Tabulka 15 Výpočet poměrných čísel spotřeby energie v letecké dopravě</i>	77
<i>Tabulka 16 Odhad hodnot ve vybraných letech pro spotřebu energie</i>	78
<i>Tabulka 17 Výchozí data pro Friedmanův test</i>	80
<i>Tabulka 18 Určené pořadí pro hodnoty spotřeby energie</i>	81
<i>Tabulka 19 Výpočet poměrných čísel spotřeby motorového benzínu</i>	82
<i>Tabulka 20 Odhad hodnot ve vybraných letech pro spotřebu motorového</i>	84
<i>Tabulka 21 Výpočet poměrných čísel spotřeby motorové nafty</i>	84
<i>Tabulka 22 Odhad hodnot ve vybraných letech pro spotřebu motorové</i>	86
<i>Tabulka 23 Výchozí hodnoty pro dvouvýběrový Wilcoxonův test</i>	88
<i>Tabulka 24 Výpočet poměrových čísel celkových emisí CO₂</i>	90
<i>Tabulka 25 Odhad hodnot ve vybraných letech celkových emisí CO₂</i>	92
<i>Tabulka 26 Výpočet poměrových čísel celkových emisí CO</i>	92
<i>Tabulka 27 Odhad hodnot ve vybraných letech celkových emisí CO</i>	94
<i>Tabulka 28 Výpočet poměrových čísel celkových emisí NO_x</i>	94
<i>Tabulka 29 Odhad hodnot ve vybraných letech celkových emisí NO_x</i>	96
<i>Tabulka 30 Výpočet poměrových čísel těkavých organických látek</i>	97
<i>Tabulka 31 Odhad hodnot ve vybraných letech celkových emisí</i>	99
<i>Tabulka 32 Emise oxidu uhelnatého (CO) za jednotlivé druhy dopravy (v tunách)</i>	106
<i>Tabulka 33 Emise oxidu dusíku (NO_x) za jednotlivé druhy dopravy (v tunách)</i>	107
<i>Tabulka 34 Emise těkavých organických látek za jednotlivé druhy dopravy (t)</i>	108
<i>Tabulka 35 Emise pevných částic za jednotlivé druhy dopravy (t)</i>	109
<i>Tabulka 36 Emise metanu (CH₄) za jednotlivé druhy dopravy (t)</i>	110
<i>Tabulka 37 Emise oxidu dusného (N₂O) za jednotlivé druhy dopravy (t)</i>	111

SEZNAM ZKRATEK

BTX	xyleny
CO ₂	oxid uhličitý
Cd	kadmium
CH ₄	metan
CO	oxid uhelnatý
Cr	chrom
ČD	České dráhy
ČR	Česká republika
ČSA	České aerolinie
ČSÚ	Český statistický úřad
EU	Evropská unie
HDP	hrubý domácí produkt
CHKO	Chráněná krajinná oblast
IAD	individuální automobilová doprava
MHD	městská hromadná doprava
N ₂ O	oxid dusný
NH ₃	amoniak
Ni	nikl
NO _x	oxidy dusíku
O ₃	ozon
PAH	polyaromatické uhlovodíky
Pb	olovo
PCB	polychlorované bifenyly
PM	pevné částice
ŘSD	Ředitelství silnic a dálnic
ŘVC ČR	Ředitelství vodních cest ČR
SFDI	Státní fond dopravní infrastruktury
SO ₂	oxid siřičitý
TŽK	tranzitní železniční koridory
USA	Spojené státy americké
VOC	těkavé organické látky
ŽP	Životní prostředí

ÚVOD

Doprava je neoddělitelnou součástí života naší společnosti. Bez neustálé přepravy surovin, výrobků, zboží a informací by moderní společnost nemohla dnes již existovat. Lidé cestují z mnoha důvodů, ať už za nakupováním, prací či odpočinkem, nebo prostě proto, že se chtějí setkat s dalšími lidmi. Umožňuje lidem se vzájemně poznávat, setkávat a obohacovat navzdory velkým kulturním bariérám a vzdálenostem. Doprava tedy naplňuje potřeby lidí a zároveň plní významnou ekonomickou a společenskou funkci.

Na druhé straně se doprava stala velmi významným faktorem, který negativně ovlivňuje zdraví člověka a životní prostředí. Na této skutečnosti se nejvíce podílí doprava silniční, jejíž negativní vliv se projevuje zejména v produkci emisí škodlivých látek do vzduší. Rozvoj dopravy je také důsledkem změny vzhledu a morfologie krajiny, kdy dopravní cesty představují bariéry pro migrující volně žijící živočichy. Negativní je i působení vyšší hladiny vibrace, hluku a kontaminace vody, půdy a bioty v důsledku úniků škodlivých látek z dopravních prostředků a vlivem aplikace posypových solí při zimní údržbě silnic. V neposlední řadě je významný zábor půdy, při výstavbě nebo rekonstrukcích silniční a dálniční sítě. [2]

Trvalý nárůst automobilové a silniční nákladní dopravy je fenoménem posledních několika let. Největším problémem v současné době je stálý růst obsahu skleníkových plynů. Je patrné, že aplikovaná redukční opatření (preferenze cyklistické, hromadné a zejména na krátké vzdálenosti pěší dopravy apod.), která vedou ke snížení emisí nejsou dostatečně účinná a do budoucna bude nutnost je doplnit o opatření restriktivního a ekonomického charakteru (např. omezení provozu ve více exponovaných oblastech, vyčíslení externích nákladů a jejich postupné převedení na majitele a provozovatele vozidel, apod.) [1]

Tato diplomová práce se věnuje problematice dopravy a jejího vlivu na životní prostředí. Celý název práce nese název „Modelování environmentálních vlivů dopravy v České republice“.

Obsah je rozdělen do čtyř základních částí, které jsou níže stručně popsány.

První část práce se bude věnovat historickému vývoji dopravy a rozvoji dopravního sektoru v roce 2007, kde bude analyzována dopravní infrastruktura, dopravní park, přeprava a také vzniklé dopravní nehody. V této části bude dále zmíněna především charakteristika jednotlivých druhů dopravy jako je doprava silniční, železniční, vodní, letecká, cyklistická, pěší a multimodální.

Ve druhé části diplomové práce bude popsán vliv dopravy na životní prostředí a zdraví člověka. Práce se zde bude zaměřovat nejen na znečištění ovzduší, vody a půdy, ale také na faunu, flóru a krajinný ráz, na něž má doprava také velmi negativní vliv. Zároveň bude popsán problém hlukové zátěže a vibrací, které na každého z nás dopadají. V závěru kapitoly bude upřena pozornost jednomu z největších problémů dopravy, kterým jsou odpady zejména v podobě autovraků.

V další části práce budou provedeny dva výpočty regresních modelů jednoduché lineární závislosti. První model bude popisovat závislost průměrného hrubého příjmu na jednoho obyvatele a celkové spotřeby pohonných hmot a druhý model bude popisovat závislost počtu nákladních a osobních vozů a celkové spotřeby pohonných hmot. U každého modelu bude proveden test významnosti pro parametr b regresní přímky a Spearmanův korelační koeficient.

Poslední část práce bude zaměřena na výpočet, zhodnocení a grafické vyjádření poměrových čísel pro spotřebu energie ve vybraných druzích dopravy, pro spotřebu pohonných hmot a také pro celkové emise některých škodlivých látek. Navíc zde budou provedeny odhady koeficientů regresní přímky, pomocí nichž bude odhadnut vývoj v letech 2008, 2009, 2010, 2015 a 2020. Zároveň bude sestrojen bodový graf závislosti s proloženou regresní přímkou.

V této kapitole bude dále proveden Friedmanův test, jenž testuje hypotézu, že hodnoty spotřeby energie pro dopravu železniční, silniční a leteckou jsou shodné, tedy, že se jejich střední hodnoty rovnají.

Na úplný závěr bude aplikován dvouvýběrový Wilcoxonův test, díky kterému bude testována hypotéza, že hodnoty spotřeby motorového benzínu a nafty mají stejné střední hodnoty, tedy, že jsou shodné.

Pro tuto diplomovou práci byly stanoveny čtyři hlavní cíle. Jedním z nich je charakteristika jednotlivých druhů dopravy a také deskripce negativních dopadů na životní prostředí a zdraví člověka. Dalším cílem je výpočet regresních modelů jednoduché lineární závislosti, jejich grafické znázornění a ověření souvisejících hypotéz. Posledním a zároveň nejnáročnějším cílem je výpočet, zhodnocení, grafické vyjádření poměrových čísel a odhadnutí koeficientů regresní přímky jednoduché lineární závislosti pro spotřebu energie v dopravě železniční, silniční a letecké, dále pro spotřebu motorového benzínu a nafty a také pro celkové emise CO_2 , CO , NO_x a těkavých organických látek.

1 CHARAKTERISTIKA DOPRAVY V ČESKÉ REPUBLICE

V této části práce bude věnována pozornost historickému vývoji dopravy a následně rozvoji dopravního sektoru v roce 2007 se zaměřením na dopravní infrastrukturu, dopravní park, přepravu a také na vzniklé dopravní nehody. V této kapitole bude zmíněna především charakteristika jednotlivých druhů dopravy jako je doprava silniční, železniční, vodní, letecká, cyklistická, pěší a multimodální.

Doprava zaznamenala běh dějin výrazněji než kterékoliv jiné odvětví techniky v naší společnosti. Její rozvoj byl v každé epoše závislý na možnostech energetiky a podmíněný rozvojem několika technických a vědních oborů. Tento rozvoj se nejvíce projevil během posledních sta let. [1] Historickému vývoji dopravy je věnována následující podkapitola.

1.1 Historický vývoj dopravy

Historie dopravy má velmi úzkou vazbu na historický vývoj lidské společnosti. Úroveň dopravy v různých obdobích věrně odráží úroveň rozvoje lidské společnosti. Na stranu druhou se právě doprava podílela v mnohých obdobích na růstu společnosti. Technický pokrok při produkci dopravních prostředků umožňuje sledovat vyspělost mnohých výrobních odvětví v různých dobách.

V období sběračů a lovců si vystačilo lidstvo s pěší dopravou, jelikož nebylo potřeba dopravy na delší vzdálenosti. V okolí ploch a vodních toků se k plavbě využívaly primitivní dlabané kmeny (monoxyly) a vory. Později, s příchodem zemědělských kultur, se začalo využívat v dopravě také síly zvířat.

Starověk přinesl rozmach mnoha dopravních oborů. Spolu se společenskou dělbou práce vznikla nezbytnost dopravy na delší vzdálenosti, což kvůli neexistujícím kvalitním cestám, vedlo k rozvoji vnitrozemské plavby - v té době tvořily vodní plochy a toky nejlepší spojení mezi vzdálenějšími místy a také byly hojně využívány jako obchodní cesty. Starověké vyspělé civilizace (Čína, Egypt) dospěly až k budování umělých vodních cest - kanálů a průplavů. Vynalezly se technicky vyspělé lodě poháněné vesly a plachtami, které umožnily námořní plavbu, hlavně ve Středozezemním moři, Perském zálivu, Rudém moři a Žlutém moři.

K rozvoji pozemní dopravy došlo postupně. Poprvé se začaly používat kolové vozy a stezky byly nahrazeny silnicemi, jejichž dokonalejší síť vybudovali Římané.

Úpadek starověkých civilizací a následné období raného středověku znamenalo úpadek také v oblasti dopravy, kdy se snížil význam zejména dopravy pevninské. Obchod se rozšiřoval hlavně díky námořní plavbě, která se vyvíjela kupředu (Vikingové, Arabové). Už nebylo potřeba k pohonu lodí vesel, zkvalitnění lodních konstrukcí umožnilo používání plachet.

V dobách vrcholného středověku se vývoj námořní plavby urychloval, tak jak rostla potřeba a význam obchodu. Středozevní moře ovládly italské městské státy, v Baltském a Severním moři dominovala zase Hansa. Na jejich námořní tradice pak navázali Portugalci a Španělé, kteří získali převahu na světových mořích na přelomu 15. a 16. století a to díky velkým geografickým objevům (objevení cesty do Ameriky (Kryštof Kolumbus), objev námořní cesty do Indie (Vasco da Gama) a obeplutí zeměkoule (F. Magalhaes)). Tyto objevy vyvolaly novou kapitolu ve vývoji nejen dopravy, ale také celé společnosti. Koloniální obchod, který do Evropy přinesl nové suroviny a plodiny, začal vzkvétat právě díky těmto zámořským objevům. Zejména koření a drahé kovy se staly klíčovým dovozním artiklem. Od Portugalců a Španělů přebírali později vůdčí roli v námořním obchodě Nizozemci, Francouzi, a také Angličané.

Podnět daný koloniálním obchodem umožnil rozmach výrobních sil podněcující ve vyspělých částech Evropy rozvoj pevninské dopravy. Dochází k budování souvislé sítě komunikací, ve Francii a Anglii se vyvíjí hustá síť průplavů. Výstavba silnic má význam zejména obchodní, ale také vojenský, neboť umožňuje rychlé přesuny vojsk.

Objev parního stroje J. Watterem ve druhé polovině 18. století a další související objevy, přinesly největší revoluci v dopravě od vynálezu kola. Díky parnímu stroji vznikly začátkem 19. století parníky (prvně v USA) a poté lokomotiva (prvně v Británii). Železnice se velmi rychle především v Evropě, neboť umožňovala kapacitní a rychlou přepravu osob i nákladů, bez využívání vodních toků. Spolu s parníky, které mezitím na úkor plachetních lodí ovládly světová moře, se stala důležitým dopravním prostředkem na střední a velké vzdálenosti.

Další prudký rozvoj dopravy začal na přelomu 19. a 20. století po vynálezu spalovacího motoru, který umožnil rozvoj automobilismu a později i letectví. Již po I. světové válce se letecká a silniční doprava staly významnými konkurenty pro železnice, k jejich prudkému rozvoji došlo zejména v USA. Tímto doprava získala mezinárodní charakter, který si vynutil její nadnárodní koordinaci ve formě řady mezinárodních smluv.

Proudový pohon umožnil pravidelné transkontinentální lety s cestujícími a vznikl na počátku 2. poloviny 20. století. Rozvoj rychlé dopravy na velké a střední vzdálenosti zásadním způsobem ovlivnil ekonomický rozmach zejména vybraných míst v subtropických

oblastech, ze kterých se staly vyhledávané turistické destinace (např. Kanárské ostrovy, Nizozemské Antily, Maledivy, Thajsko, ...). Do této doby nebyla jakákoli zahraniční dovolená vůbec myslitelná.

Od konce 70. let 20. století se začínají ozývat hlasy o negativním působení dopravy, zejména v oblasti znečištění ovzduší a spotřeby neobnovitelných zdrojů. Svět se snaží postupně najít cestu trvale udržitelného rozvoje, což vede k hledání environmentálně šetrných forem dopravy, postupné renesanci železnic a k vývoji nových pohonů pro silniční dopravu. [1] [2]

1.2 Jednotlivé druhy dopravy

Doprava se nachází v mnoha formách, které lze charakterizovat například z pohledu prostoru, předmětu, způsobu, územního rozdělení přepravních potřeb a vztahu zdroje a cíle dopravy vzhledem k danému území. Zároveň můžeme definovat dopravní uzly, které poskytují dopravní služby pro své zázemí a které jsou propojeny pomocí dopravních cest a vytvářejí tak dopravní síť. Pohyb dopravních prostředků na dopravní síti je organizačně a technicky zajištěn za pomoci dopravní infrastruktury. U každého dopravního vztahu sledujeme jeho původ, tzv. zdroj a místo kam směřuje, tedy cíl. [1] [2]

Existuje mnoho různých způsobů jak dopravu klasifikovat. Nejrozšířenější druhy rozdělení dopravy jsou následující:

Podle prostoru, ve kterém se nachází dopravní cesta [2]:

- pozemní
 - silniční
 - železniční
 - nemotorová
- vodní
 - vnitrozemská
 - příbřežní
 - námořní
- letecká
- speciální

Podle předmětu a způsobu dopravy:

- osobní
 - individuální
 - veřejná (hromadná)
- nákladní
 - na vlastní účet
 - veřejná

Podle územního rozdělení přepravních potřeb

- městská, místní
- vnitrostátní, regionální
- mezinárodní

Podle vztahu zdroje a cíle dopravy vzhledem k danému území

- vnitřní
- vnější
- tranzitní

1.3 Rozvoj dopravního sektoru v roce 2007

1.3.1 *Infrastruktura*

Celkové výdaje do dopravní infrastruktury vzrostly v roce 2007 zhruba o 3,3 mld. Kč oproti předcházejícímu roku, což představuje v běžných cenách nárůst o více jak 5 %. Tyto výdaje tak tvoří 1,74 % HDP (kromě výdajů do místních pozemních komunikací a ostatní infrastruktury MHD). To je pokles o 0,06 % ve srovnání s rokem 2006. Většina finančních prostředků pocházela ze Státního fondu dopravní infrastruktury (SFDI), který se na této částce podílel téměř 86 %. Podíl SFDI na celkových investičních nákladech se v posledních letech výrazně zvyšuje a meziroční nárůst v roce 2007 činil 13 %. Celkově SFDI investoval do infrastruktury přes 52 mld. Kč. Tyto údaje tvoří skutečně čerpané finanční prostředky z rozpočtu SFDI, včetně předfinancování výdajů, které pak mají být hrazeny z příslušných fondů EU.

Celkové finanční investiční prostředky vložené do pozemních komunikací v roce 2007 mírně poklesly o 800 tis. Kč, což tvoří téměř 2 %. Z toho investiční výdaje do silnic ve vlastnictví krajů, tedy do silnic II. a III. třídy, činily skoro 13 %. Naopak rapidně vzrostly investiční výdaje do železniční infrastruktury v roce 2007. Nárůst činil bezmála 4 mld. Kč, což představuje zvýšení o 30 %.

V roce 2007 vzrostly výdaje na údržbu a opravu silniční infrastruktury o necelá 4 %. Oproti předchozímu roku zůstaly tyto výdaje na stejné úrovni. Výdaje na údržbu a opravu železniční infrastruktury vzrostly téměř o 6 %.

Správa železniční dopravní cesty se v tomto roce zaměřila zejména na investiční akce na přípravu a realizaci projektů GSM-R a ETCS, modernizaci tranzitních železničních koridorů, optimalizaci a rekonstrukci ostatních tratí, modernizaci rozhodujících železničních uzlů v trase koridorů a rovněž na zvýšení bezpečnosti na železničních přejezdech.

Přejezdům byla věnována zvýšená pozornost i v roce 2007. Přejezdy představují kritická místa střetů vozidel železniční a silniční dopravy. Pokračovalo se v přípravě celé řady staveb zaměřených především na zvýšení bezpečnosti na železničních přejezdech. Přípravované stavby postupně v průběhu roku přecházely do fáze realizace a byly průběžně dokončovány a předávány do užívání.

Všechny investiční akce spojené s modernizací a rozvojem dopravně významných vodních cest zajišťovalo v roce 2007 Ředitelství vodních cest ČR (ŘVC ČR). Celkové finanční

prostředky čerpané ŘVC ČR za rok 2007 činily 342,6 mil. Kč. Jednalo se o jmenovité akce financované z rozpočtu SFDI v plném rozsahu a dále o spolufinancování akcí z fondů EU.

1.3.2 Dopravní park

K 1. lednu 2008 bylo v Centrálním registru vozidel evidováno celkem 6 788 165 provozovaných motorových a přípojných vozidel všech druhů a kategorií, což je nárůst oproti předchozímu roku o téměř 5 %. Tempo nárůstu se mírně zvýšilo, neboť za předchozí rok 2006 se počet vozidel zvýšil o necelá 4 %. Počet osobních automobilů vzrostl za toto období rovněž více než v předcházejícím roce a sice o 4,2 %. Opět poměrně výrazný nárůst zaznamenal počet nákladních automobilů a meziročně činil 14 %. Centrální registr vozidel obsahuje podle nejpodrobnějšího členění vozidel 31 300 typů, z toho u 14 617 typů je zastoupeno pouze jedno vozidlo. U dalších více než 1 800 typů jsou vozidla dvě. Tedy více než polovina typů obsahuje maximálně dvě vozidla.

U nákladních vozidel se průměrné stáří mírně zvýšilo ze 7,3 na téměř 8 let. U osobních automobilů došlo rovněž k mírnému zvýšení. Stáří osobních vozidel dosáhlo 12,7 let a dostalo se tak na úroveň roku 2005. U kategorií ostatních motorových vozidel došlo ke stagnaci či mírnému nárůstu. V roce 2007 se průměrné stáří autobusů vyšplhalo na 13,4 let, nákladních přívěsů na necelých 7 let a tahačů na 6,7 let. Motocykly zůstávají stále nejstarší kategorií z běžně provozovaných vozidel. Je však třeba připomenout, že údaje o stáří vozidel mají omezenou vypovídající schopnost, což je dáno zejména kvalitou údajů u dříve evidovaných vozidel a i skutečností, že do výpočtu jsou zahrnuta také vozidla patřící spíše do kategorie veteránů. Tato vozidla jsou zaregistrována mezi provozovanými, a tím průměrný rok výroby poněkud zkresluje.

1.3.3 Přeprava

Vývojový trend přepravy u osobní i nákladní přepravy pokračoval bez mimořádných změn. K velmi mírnému nárůstu došlo u přepravního výkonu veřejné osobní dopravy v osobokilometrech a sice o méně než 1%, počet přepravených osob víceméně stagnoval. Výkon přepravy v železniční osobní dopravě v roce 2007 je téměř stejný jako v předchozím roce 2006. U veřejné autobusové dopravy přepravní objem poklesl téměř o 3%, u přepravních výkonů nedošlo k žádné změně. Také u přepravních výkonů městské hromadné dopravy nedošlo k žádnému významnému pohybu, ale počet přepravených osob mírně vzrostl asi o 1%. Co se týče vodní vnitrozemské dopravy, tak její objem již několik let prakticky stagnuje. Naproti tomu ve svém růstovém trendu pokračuje již tradičně letecká doprava s nárůstem počtu přepravených

osob téměř o 5% a s nárůstem přepravních výkonů o více než 2%. Poměrně výrazně však roste počet odbavených cestujících na letištích v ČR. Oproti roku 2006 vzrostl téměř o 7 % a dosáhl v roce 2007 již více než 13 milionů.

O necelá 2% vzrostl celkový objem přepravených věcí v roce 2007, naopak přepravní výkon poklesl o 2,7%. Jednotlivé druhy dopravy, železniční a vodní vnitrozemská nákladní doprava zaznamenaly nárůst jak u přepravních výkonů tak u objemu přepravených věcí. Po mnoha letech poprvé poklesly výkony i objem přepravy v letecké dopravě a rovněž výkony silniční nákladní dopravy se v roce 2007 snížily. O 2,3% vzrostl objem železniční nákladní přepravy, přepravní výkon se také zvýšil a to o 3,3%.

O téměř 4,5% poklesly výkony silniční nákladní dopravy v roce 2007. V tomto období mírně vzrostl objem přepravených věcí a činil asi 2%. Velmi významný byl pokles výkonů letecké nákladní dopravy a činil téměř 14%, objem přepravy poklesl jen o 2,5%. Výkony letišť víceméně stagnovaly.

1.3.4 Nehody

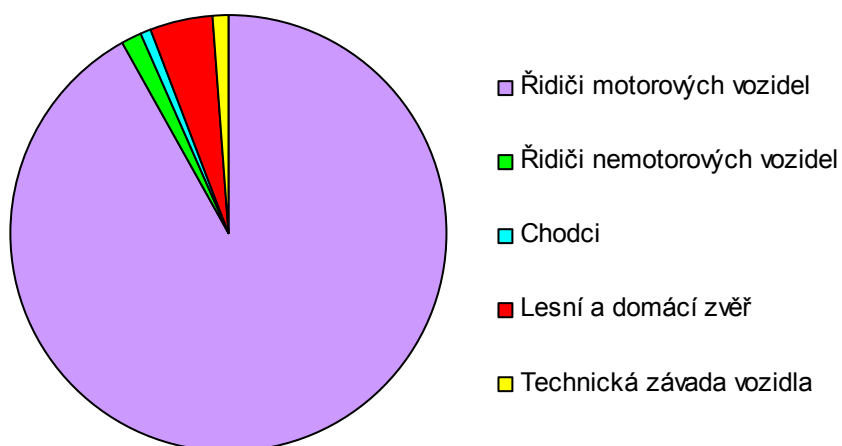
Oproti roku 2006 byl zaznamenán v roce 2007 pokles dopravních nehod o 2,8%. V tomto roce Policie České republiky vyšetřovala celkem 182 736 dopravních nehod. Počet usmrcených osob byl 2. nejnižší od roku 1990 a bylo usmrceno celkem 1 123 osob, počet lehce zraněných bylo 25 383 a 3960 bylo zraněno těžce. Odhad způsobené hmotné škody činil 8,5 mld. Kč, což je meziroční pokles o 7,2 %. Počet usmrcených osob se oproti roku 2006 zvýšil o 167, což činí 17,5 %, a z porovnání jednotlivých období roku vyplývá, že nejhorší situace byla ve 3. čtvrtletí roku 2007, kdy počet usmrcených byl o 100 osob vyšší, než v předchozím roce. Rovněž počet lehce zraněných osob se v tomto roce zvýšil o 4,8 %. Od roku 1990 bylo nejvíce usmrcených v roce 1994, kdy zahynulo 1 473 osob a tzn., že počet usmrcených v roce 2007 je oproti roku 1994 nižší o 350 osob. [15]

V tabulce 1 a grafu 1 je vidět přehled zavinění dopravních nehod v roce 2007.

Tabulka 1 Zavinění dopravních nehod v roce 2007

Viníci nehod	Procentuální vyjádření
Řidiči motorových vozidel	92 %
Řidiči nemotorových vozidel	1,3 %
Chodci	1 %
Lesní a domácí zvěř	4,6 %
Technická závada vozidla	1,1 %

Zdroj: [15]



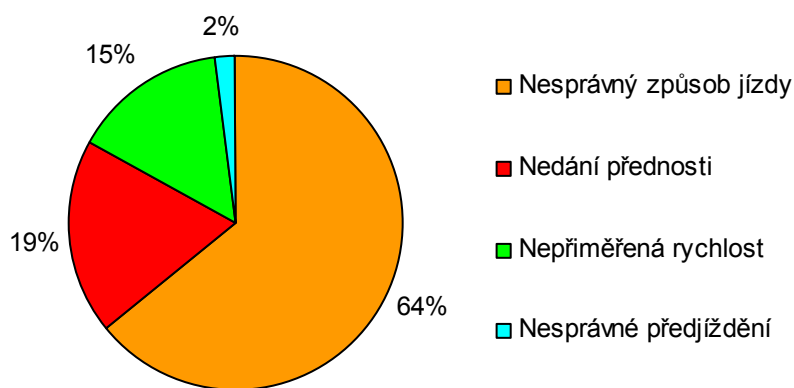
Graf 1 Zavinění dopravních nehod v roce 2007

Co patří k hlavním příčinám nehod řidičů motorových vozidel přehledně ukazuje tabulka 2. Grafické vyjádření poskytuje graf 2.

Tabulka 2 Příčiny dopravních nehod v roce 2007

Příčiny nehod	Procentuální vyjádření
Nesprávný způsob jízdy	64 %
Nedání přednosti	19 %
Nepřiměřená rychlost	15 %
Nesprávné předjíždění	2 %

Zdroj: [15]



Graf 2 Příčiny dopravních nehod v roce 2007

1.4 Charakteristika jednotlivých druhů dopravy

1.4.1 Silniční doprava

Součástí pozemní dopravy je doprava silniční a železniční. Silniční doprava zajišťuje ve světovém dopravním systému přepravu osob i nákladů a to zejména na krátké vzdálenosti. Tento druh dopravy má rozhodující podíl na světovém objemu přepravy osob i zboží. Ve většině vyspělých zemí získala silniční doprava majoritní podíl na přepravách v nákladní dopravě, zejména dopravě vnitrostátní. [2]

Pozice silniční dopravy se upevňuje díky budování kapacitních vícepruhových komunikací, jenž vytvářejí nové hlavní silniční sítě. Komunikace, které jsou hierarchicky uspořádané do kategorií na základě jejich významu z hlediska technického a funkčního, doplňují dálniční síť. Dálnice jsou charakteristické velkou robustností a také nízkou přizpůsobivostí členitosti terénu. Proto výstavba dálniční sítě klade velké nároky na příznivé sklonové a směrové poměry, a to zvyšuje zábor území, celkovou cenu a množství potřebných stavebních prací. [1]

V tabulce 3 je uvedena infrastruktura silniční dopravy v České republice v jednotlivých letech.

Tabulka 3 Infrastruktura silniční dopravy (km)

	2000	2003	2004	2005	2006	2007
<i>Délka silnic a dálnic celkem</i>	55 410	55 447	55 500	55 510	55 585	55 584
<i>z toho evropská silniční síť typu E</i>	2 596	2 599	2 601	2 601	2 599	2 595
<i>Dálnice v provozu</i>	501	518	546	564	633	657
<i>Rychlostní komunikace</i>	299	320	336	322	331	354
<i>Silnice</i>	54 909	54 929	54 953	54 945	54 952	54 927
<i>v tom silnice I. třídy</i>	6 031	6 121	6 156	6 154	6 174	6 191
<i>silnice II. třídy</i>	14 688	14 667	14 669	14 668	14 660	14 632
<i>silnice III. třídy</i>	34 190	34 141	34 128	34 124	34 118	34 104
<i>Místní komunikace</i>	72 300	72 927	72 927	72 927	72 927	72 927

zdroj: ŘSD, ČSÚ

Charakteristickým rysem vývoje individuální automobilové dopravy (IAD) v České republice je trvalý a velmi rychlý nárůst počtu osobních automobilů, což také uvádí tabulka 4.

Tabulka 4 Počet automobilů registrovaných v ČR

Rok (k 31.12.)	Počet osobních automobilů
1997	3 391 541
1998	3 49 2961
1999	3 439 745
2000	3 438 870
2001	3 529 791
2002	3 647 067
2003	3 706 012
2004	3 815 547
2005	3 958 708
2006	4 108 610
2007	4 280 081

Zdroj: [15]

Značná pozornost bezpečnosti dopravy je věnována v posledních několika letech, protože trend růstu automobilů a zároveň počtu ujetých kilometrů s sebou přináší vysokou nehodovost a s tím spojené hmotné škody, ale i ztráty na lidských životech.

Tento nárůst je dán zejména uvolněním trhu a rozšířením sítě dovozců a prodejců automobilů ze zahraničí. Dochází k neustálému nárůstu silničního provozu a vzhledem k růstu počtu motorových vozidel rostou úměrně i počty řidičů. Díky tomuto trendu jsou silniční a dálniční sítě přetíženy a často dochází ke vzniku nebezpečných situací a dopravních nehod.
[16]

Tabulka 5 obsahuje počet nehod v silničním provozu podle místa a druhu nehody pro jednotlivé roky.

Tabulka 5 Počet nehod v silničním provozu podle místa a druhu nehody

	2000	2003	2004	2005	2006	2007
<i>Nehodové události celkem</i>	25 445	27 320	26 516	25 239	22 115	23 060
Nehody na dálnicích	396	444	455	450	449	481
Nehody v obcích (mimo dálnice)	16 426	16 936	16 517	15 636	13 552	13 719
Nehody mimo obce (mimo dálnice)	8 623	9 940	9 544	9 153	8 114	8 860
Nehody mezi vozidlem a chodcem	4 923	4 515	4 553	4 156	3 859	3 982
Nehody jednotlivých vozidel	3 077	3 473	3 375	3 502	3 024	3 212
Nehody mezi vozidly	11 705	12 716	12 944	11 686	10 075	10 474
Nehody způsobené pod vlivem alkoholu	3 566	3 404	2 787	2 688	2 252	2 363

Zdroj: ŘSD, ČSÚ

Negativní účinky silniční dopravy na životní prostředí se až donedávna příliš neprojevovaly. Nicméně již několikrát zmíněný prudký růst automobilismu způsobil nárůst mnoha problémů. Mezi nejvýznamnější se zejména pro města řadí znečištění ovzduší emisemi. Mezi další negativní účinky patří hluk, vibrace, zábor území, bariérový efekt komunikací, odpady ze silniční dopravy, aj. Tyto uvedené důsledky silniční dopravy nazýváme environmentálními škodami.

Mezi škody společenské způsobené silniční dopravou můžeme řadit škody, jež vznikají v důsledku poškozování zdraví (vliv emisí, hluku), nehodovosti (úmrť a zranění a hmotné škody při nehodách) a ekonomických ztrát (například v důsledku kongescí).

Vedle environmentálních škod způsobuje silniční doprava také škody společenské, které vznikají zejména v důsledku poškozování zdraví (vliv emisí, hluku), nehodovosti (úmrť a zranění a hmotné škody při nehodách) a ekonomických ztrát (např. v důsledku kongescí). [2]

1.4.2 Železniční doprava

Železniční doprava vyžaduje vlastní dopravní cestu s kolejemi, po kterých se pohybují lokomotivy (hnací vozidla) a železniční vozy (vozidla tažená). Dopravní prostředky na železnici mají delší životnost než vozidla silniční, z čehož plyne, že dochází k jejich pomalejší obměně. Ve srovnání se silniční sítí je u železničních drah zjevná vyšší nepřímocárnost, která je daná nižší přilnavostí kolejových vozidel. Proto je železnice více ovlivněna geografickými podmínkami a zároveň má nižší schopnost překonávat výškové převýšení.

Hlavní výhodou tohoto druhu dopravy je rychlost a vysoká kapacita, takže se uplatňuje v osobní dopravě zejména v obsluze oblastí s vysokou hustotou zalidnění a v nákladní dopravě je nejefektivnější v přepravě hromadných substrátů – zejména zemědělských produktů a surovin (dřevo, uhlí, železná ruda nebo například stavební hmoty).

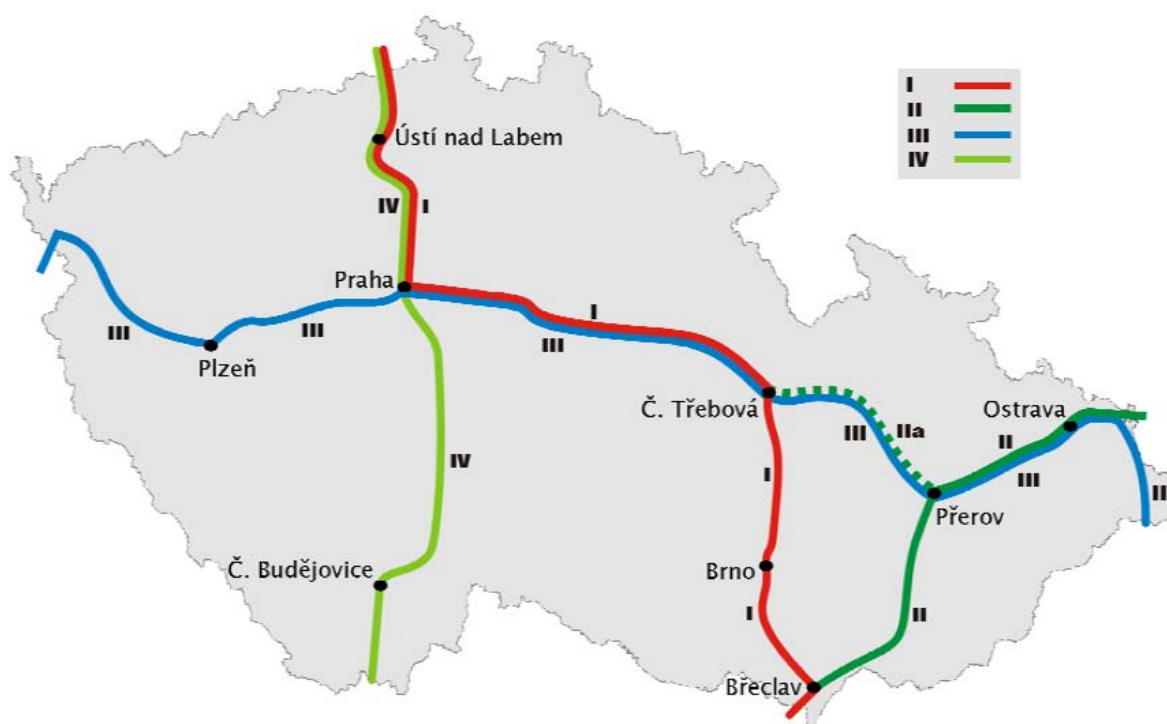
Podle druhu pohonu hnacího vozidla rozlišujeme trakci elektrickou a motorovou. Železniční doprava, zejména elektrická, je považována za environmentálně příznivý druh dopravy vzhledem k výrazně nižší spotřebě energie a menším emisím rizikových látek na jednotku přepraveného nákladu ve srovnání se silniční dopravou. Zejména proto se předpokládá její postupná renesance, ke které je však potřeba, aby se železniční doprava přizpůsobila požadavkům moderní ekonomiky a stále se konkurenceschopnou silniční dopravě zejména z hlediska rychlosti, přesnosti dodávek zboží a zapojení do multimodálních přeprav. [2] [1]

V současné době Česká republika disponuje velmi hustou sítí železničních tratí, která dosahuje 12 km na 100 km² rozlohy území. Celková provozní délka tratí v České republice byla v roce 2007 rovna 9 588km. Celková délka elektrizovaných železnic dosáhla v roce 2007 délky 3 060km, tj. přibližně 30%. [15]

Hustá síť tratí je velmi dobrým předpokladem k dalšímu rozvoji železniční dopravy. Proto bylo v roce 1993 přistoupeno k modernizaci vybraných významných železničních tratí na rychlost do 160 km/h s cílem zvýšení její atraktivity. Tyto tratě byly rozděleny do celkem čtyř tzv. tranzitních železničních koridorů (TŽK) pokrývajících hlavní přepravní proudy, zejména v mezinárodní dopravě. V roce 2004 byly dokončeny první dva koridory, modernizace pokračují pracemi na III. a IV. koridoru. [2] [1]

Trasy jednotlivých koridorů uvádí přehled a obrázek 1:

-
- I. (Německo -) Děčín – Praha – Česká Třebová – Brno – Břeclav (- Rakousko)
 - II. (Rakousko -) Břeclav – Přerov – Bohumín (- Polsko), odbočná větev: Přerov – Česká Třebová
 - III. (Německo -) Cheb – Plzeň – Praha – Č.Třebová – Přerov – Ostrava (- Slovensko)
 - IV. (Německo -) Děčín – Praha – Č.Budějovice – Dolní Dvořiště (- Rakousko)
-



Obrázek 1 Schéma tranzitních železničních koridorů [2]

Rozvoj železniční dopravy je předpokládán i v budoucnosti a to zejména v sektoru přepravy osob z hlediska obsluhy velkých městských celků a jejich blízkého zázemí, kde je možno železnici při použití vhodných vozidel kombinovat s pouliční tramvajovou sítí. Na střední vzdálenosti (do 1000 km) má železnice velkou šanci konkurovat letecké dopravě na trasách, kde budou vybudovány vysokorychlostní tratě, které umožní rychlost vyšší než 300 km/h. V sektoru dopravy nákladní je největší příležitostí zapojení železnice do multimodálních přeprav, při kterých by měla tvořit páteř logistických systémů na pevnině. [1]

Železniční dopravu provozují v České republice především **České dráhy, a. s.** Jedná se o podnik ve stoprocentním vlastnictví České republiky. Vedle ČD existuje několik drobnějších železničních dopravců, kteří zajišťují dopravu především na regionálních tratích. Za nejvýraznější z nich můžeme jmenovat společnost JHMD, a. s., provozující dvě

úzkorozchodné tratě v okolí Jindřichova Hradce. V okolí Karlových Varů zajišťuje dopravu společnost Viamont, a. s., na Bruntálsku jezdí společnosti OKD, Doprava, a. s. a Connex Morava, a. s. a na Liberecku společnost Railtrans s.r.o. [14]

1.4.3 Vodní doprava

Plavba patří k nejstarším druhům dopravy vůbec. Člověkem je využívána už od nepaměti. Vodní dopravou se rozumí plavba po vodních tocích (zejména řekách), přírodních i umělých jezerech, mořích, oceánech i umělých plavebních kanálech či průplavech, a to na vodní hladině či pod hladinou. Také jsou sem zařazena plavidla na vzduchovém polštáři, tedy vznášedla pohybující se nad vodní hladinou. Pojem plavidlo je souhrnný název pro vodní dopravní prostředky, kterým bývá nejčastěji loď, vor či ponorka.

Vodní (lodní) dopravu můžeme členit na:

- námořní – plavba po moři
- vnitrozemskou – plavba po jezerech a řekách
- osobní
- nákladní
- linkovou (pravidelnou)
- nepravidelnou

Mezi výhody vodní dopravy patří možnost využívání přirozených cest z čehož plyne, že vodní doprava nepotřebuje zbudovat žádnou zvláštní infrastrukturu.

Hlavní nevýhodou vodní dopravy je zejména ekologické riziko, protože vodní prostředí je velmi citlivé na znečištění ropnými látkami, které mohou unikat z lodí za provozu a zejména při haváriích. Fatální důsledky mají zejména havárie velkých tankerů, které dokáží znečistit rozsáhlé oblasti oceánu ropnými skvrnami a při zasažení pobřeží způsobit rozsáhlé ekologické škody. Mezi nejznámější havárie patří případy tankerů Exxon Valdez (rok 1989; najel na mělčinu u pobřeží Aljašky; největší ekologická katastrofa v historii USA) a Prestige (rok 2002; havaroval v bouři u španělských břehů; po jeho potopení vznikla na moři skvrna z mazutu, jež posléze zasáhla pobřeží v délce více než 100 km). [2]

Uzlovými body vodní dopravy jsou přístavy. Jedná se o rozsáhlá zařízení určená k nakládce, vykládce a ošetřování lodí, která bývají také napojena na pozemní dopravní cesty, po kterých je zboží dopravováno dál do vnitrozemí. Vnitrozemská vodní doprava využívá

splavných toků, jezer a uměle vybudovaných plavebních kanálů. Většina vodních toků byla pro potřeby vodní dopravy **kanalizována**.

Kanalizace zahrnuje například:

- zpevnění břehů,
- napřímení vodních toků,
- prohloubení koryt,
- vybudování zdymadla.

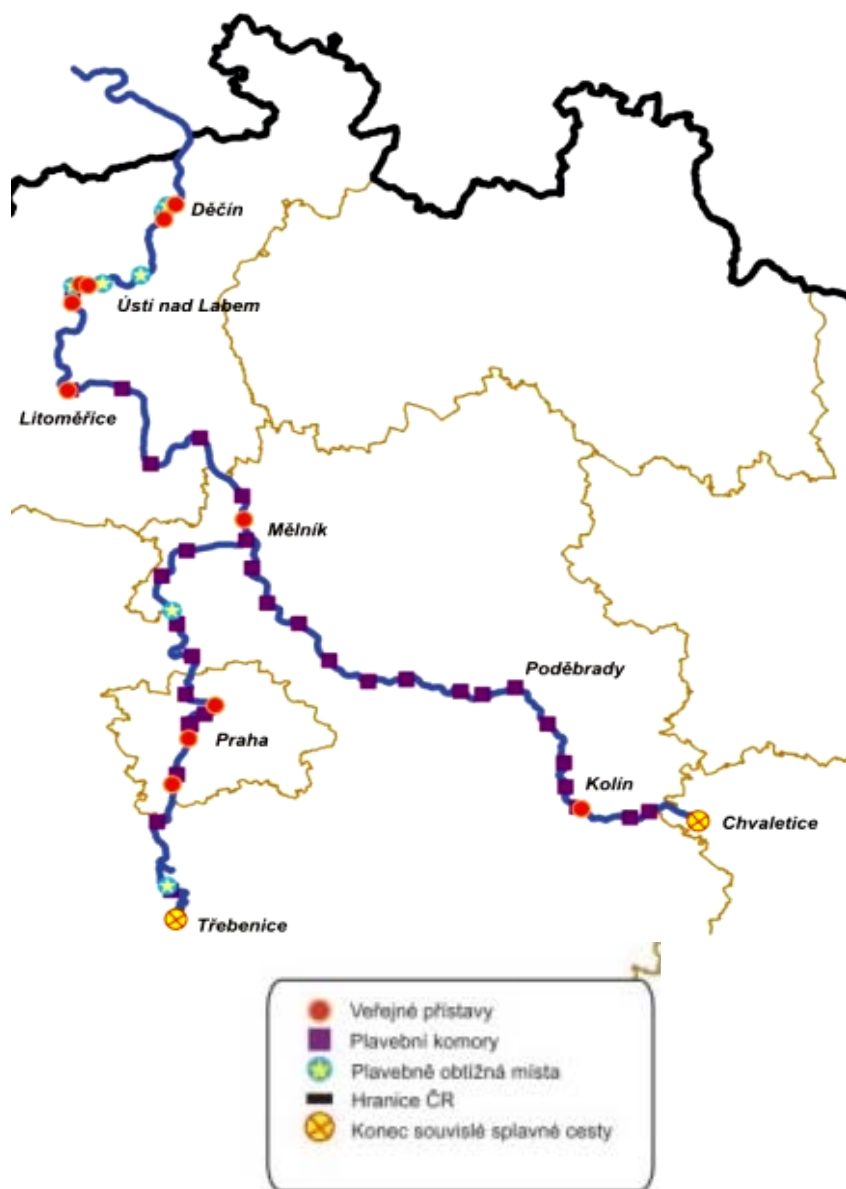
Kanalizace tak nenávratně změnila říční ekosystémy těchto toků, čímž došlo k celkovému poškození životního prostředí. [2] [1]

Podle ročenky dopravy z roku 2007 vydané Ministerstvem dopravy je v České republice celková délka splavných vodních cest 664 km. Hustota vodních cest je v naší republice tedy pouze necelých 9 km na 1000 km² území. Největší hustotu vodních cest mají v Evropě Nizozemí (123 km na 1000 km²) a Belgie (51 km na 1000 km²). Česká republika nemá k dispozici mohutné vodní toky, které by umožnily vhodné podmínky pro rozvoj vodní dopravy. Jedinou intenzivně využívanou řekou pro vodní cesty je Labe, společně s dolním tokem Vltavy, v celkové délce 303 km.

Celkový počet motorových nákladních lodí se od roku 2003, kdy bylo evidováno 71 lodí, postupně snižuje. V roce 2007 bylo evidováno pouze 49 motorových nákladních lodí, což je o 22 lodí méně. Vlečných a tlačných člunů a remorkérů¹ bylo celkem v roce 2007 registrováno 275 a celkově 66 lodí bylo v osobním vlastnictví. [1]

¹ Remorkér je malý vlečný parník užívaný k dopravě nákladních člunů po řekách a průplavech. Při úzkých průplavech užívá se remorkérů se zadním pohonem. Remorkér na moři je menší parník, vlekoucí velké námořní lodí ze širého moře do přístavu nebo z přístavu na moře. [20]

Na obrázku 2 jsou zmapovány splavné vodní cesty na území České republiky.



Obrázek 2 Splavné vodní cesty [2]

1.4.4 Letecká doprava

Letecká doprava je nejmladší, ale nejdynamičtěji se rozvíjející dopravní obor v oblasti přepravy osob a zboží. Dnes patří tento druh dopravy k nejrychlejším, nejpohodlnějším a nejbezpečnějším způsobům dopravy osob vůbec. [19] Letecká doprava není závislá na pozemních bariérách, protože největší podíl probíhá ve stratosféře. Má tedy malé nároky na zábor půdy. Základním prvkem infrastruktury jsou letiště. V jejich okolí však v důsledku leteckého provozu dochází k výraznému zhoršení hlukové situace. Letecká doprava je také jedním z nejvýznamnějších zdrojů vibrací, způsobovaných přelety proudových a zejména nadzvukových letadel.

Opravdový boom dosáhla letecká doprava koncem 50. a začátkem 60. let minulého století. Letectví umožňuje nejrychlejší přepravu osob a nákladů především na velké vzdálenosti. Její rychlost je však kompenzována velkou energetickou náročností a tvorbou skleníkových plynů přímo ve stratosféře.

V odlehlých oblastech (Sibiř, Afrika, náhorní plošiny Jižní Ameriky), které nemají rozvinutý systém pozemních cest, tvoří letectví základ dopravního systému.[1] [2]

České aerolinie (ČSA) je vlajkový letecký dopravce České republiky zajišťující spojení z hlavního města Prahy do většiny hlavních měst v Evropě a do významných míst v Severní Americe. ČSA patří mezi nejstarší letecké společnosti v Evropě a své služby poskytuje cestujícím od roku **1923**.

Rozsah služeb ČSA je velmi široký. Jako základní činností je zajišťování přepravy cestujících na pravidelných linkách do 104 destinací ve 44 zemích světa. Pro cestovní kanceláře zajišťuje nepravidelné (charterové) lety do turistických center celého světa, pro firmy přepravu nákladu a zboží. ČSA vzhledem k zaměření na přepravu osob, optimalizaci nákladů a posílení finanční stability učinila v roce 2006 kroky k odprodeji Cargo terminálu. Začátkem roku 2007 vyčlenili Cargo terminál a nákladní zavazadel (handling) do stoprocentního vlastnictví dceřiné společnosti Air Cargo Terminal.

K činnostem ČSA také mimojiné patří i pozemní služby jako údržba letadel, výcvik posádek, příprava občerstvení podávaného na palubě i bezcelní prodej (duty free) na letištích a během letu. [6]

V tabulce 6 jsou uvedeny výkony letišť v osobní letecké dopravě v jednotlivých letech. Z tabulky je patrný velmi rapidní nárůst počtu cestujících. Zatímco v roce 2003 cestovalo téměř 7,9 mil. osob, v roce 2007 cestovalo celkem přes 13 mil. osob. Rostoucí vývojový trend v letecké dopravě bude zřejmý i v dalších letech.

Tabulka 6 Výkony letišť v osobní letecké dopravě

	2003	2004	2005	2006	2007
<i>Cestující celkem</i>	7 851 236	10 125 143	11 433 269	12 367 097	13 313 865
z toho odlety	3 896 114	5 012 262	5 671 715	6 146 023	6 607 251
přílety	3 899 035	5 016 648	5 679 374	6 140 072	6 616 955
přímý tranzit	56 087	96 233	82 180	81 002	89 659
<i>Mezinárodní provoz</i>					
<i>Cestující celkem</i>	7 737 431	9 953 387	11 241 526	12 114 290	13 057 067
z toho odlety	3 853 548	4 930 200	5 578 507	6 022 220	6 479 984
přílety	3 830 778	4 928 797	5 581 987	6 012 492	6 488 135
přímý tranzit	53 105	94 390	81 032	79 578	88 948
<i>Vnitrostátní provoz</i>					
<i>Cestující celkem</i>	113 805	171 756	191 743	252 807	256 798
z toho odlety	42 566	82 062	93 208	123 803	127 267
přílety	68 257	87 851	97 387	127 580	128 820
přímý tranzit	2 982	1 843	1 148	1 424	711

Zdroj: Ministerstvo dopravy

Stejně jako ostatní druhy přepravy i létání s sebou přináší negativní dopady na životní prostředí. Od roku 2004 ČSA průběžně zavádí systém vedoucí ke snižování dopadů letecké přepravy na životní prostředí.

Hlavní zásady péče o životní prostředí (ŽP) společnosti ČSA jsou uvedeny níže [6]:

- dodržování platných právních předpisů týkajících se ochrany životního prostředí a plnění ostatních požadavků činností,
- usilování o snižování přímých i nepřímých vlivů na životní prostředí způsobených všemi aktivitami společnosti ČSA,
- zavádění a neustálé zlepšování systému environmentálního managementu a profilu společnosti,
- při strategických rozhodování se vždy posuzuje možný vliv na životní prostředí, aplikace principu prevence a předcházení znečištění ŽP,
- efektivní využívání kapacity letadel a ostatní techniky, provádění vyhodnocování provozu z hlediska jeho vlivu na ŽP,
- při rozvoji a obnově letadlové flotily se zohledňují emise a hluchnost letounu,

- při údržbě letadel a ostatní techniky se používají vhodné technologie a postupy, aby se předcházelo nebo trvale snižovalo znečišťování ŽP, včetně minimalizace vzniku odpadů,
- spolupráce na omezování vlivu na ŽP s dodavateli, orgány veřejné správy a dalšími partnery.

1.4.5 Cyklistická a pěší doprava

Nedílnou součástí dopravního systému je také pěší a cyklistická doprava. Využívá se především na kratší vzdálenosti (do 5 km) a dá se vhodně kombinovat i s jinými druhy dopravy, hlavně dopravou MHD v systémech bike and ride nebo dopravou železniční. [1]

Cyklistika se dělí z hlediska kompetencí do oblasti dopravní obsluhy (resort dopravy) a oblasti cykloturistiky (resort místního rozvoje). Cyklistika nabízí značnou flexibilitu při pohybu v městském prostředí a částečně řeší i dopravní obsluhu v regionech. Propojení cyklistické infrastruktury formou městských sítí cyklostezek a regionálních sítí cyklotras umožňuje současně plynulý pohyb cyklistů i cykloturistů. Cykloturistika se tak výrazně projevuje i v městském prostředí. Městské cyklotrasy nás mohou dovést bez dopravní zácpy a kolapsů na silnicích do historického jádra města, do městských parků, rezervací, rekreačních oblastí, na koupaliště apod.

Výhody cyklistické dopravy jsou následující:

- umožňuje mobilitu bez ohledu na stáří a výši příjmu,
- je cenově výhodná,
- je bezhlučná,
- přátelská k životnímu prostředí,
- má malé plošné nároky,
- nevyžaduje hledání parkovacích míst,
- vyhýbá se dopravním kolapsům a zácpám,
- kolo vychovává k ohleduplnosti a družnosti,
- cyklistika je prevencí proti civilizačním chorobám. [12]

Naopak mezi **nevýhody** cyklistické dopravy patří velká zranitelnost cyklistů v běžném silničním provozu. Z tohoto důvodu se v místech vysoké koncentrace cyklistů buduje specializovaná infrastruktura v podobě cyklistických stezek. Další nevýhodou a zároveň problémem je bezpečné uložení kol v místech nejčastějších cílů pravidelných cest, jako jsou místa zaměstnání, obchody nebo úřady, nacházející se zejména v centrech velkých měst.

Pěší doprava je každodenní součástí našeho života. Ze všech druhů dopravy je nejzdravější a nejšetrnější k životnímu prostředí, protože má minimální prostorové nároky, spotřebu energie, pozitivně ovlivňuje zdraví člověka a plní také významnou rekreační funkci. Ve městech souvisí zejména s veřejnými prostory, turistickými atrakcemi, veřejnou zelení a samozřejmě také městskou hromadnou dopravou. Na frekventovaných místech se zřizuje zvláštní infrastruktura pro chodce: stezky pro pěší a pěší zóny, a to obvykle a zejména v centrech velkých měst, odkud bývá vyloučena veškerá jiná doprava. Režim se však liší město od města. Z environmentálního hlediska je pozitivní povolení vjezdu cyklistů do pěší zóny, v mnoha městech je pěší zóna přístupná také tramvajím. [1]

1.4.6 Multimodální doprava

Multimodální doprava je moderní a dopravními politikami ČR i EU podporovaný způsob dopravy, jenž využívá výhod jednotlivých druhů dopravy a dopravních oborů. Za multimodální se proto považují takové přepravy, které využívají při cestě od zdroje k cíli alespoň dvou druhů dopravy, což umožňuje využívat pro každou část cesty nejvhodnější způsob dopravy z pohledu dopadů na zdraví a životní prostředí, tedy ten environmentálně nejšetrnější. Jedná se zejména o kombinaci těchto druhů dopravy: *silnice – železnice* nebo *železnice – vodní doprava*, nebo *silnice – vodní doprava*. Například přeprava zboží na velkou vzdálenost mezi logistickými centry je zajištěna železnicí a lokální distribuce do cílového místa určení silniční dopravou. Časté využívání multimodální dopravy při přepravě zboží mezi kontinenty se uskutečňuje v kombinaci *silnice – železnice – voda – železnice – silnice*. Problematickým místem kontejnerové dopravy je místo překládky zboží, kde dochází ke změně druhu dopravy. Řešením tohoto problému je vznik větších ložných jednotek, kontejnerů.

Progresivním systémem při přepravě zboží je intermodální přeprava. Intermodální přeprava znamená přepravu zboží v téže nákladové jednotce kombinované dopravy s využitím několika druhů dopravy, přičemž se překládá pouze nákladová jednotka kombinované dopravy, nikoliv samotné zboží. Speciální druh kombinované dopravy představuje systém doprovázené intermodální dopravy, tzv. RoLa (Rollande Landstrasse). Ten zajišťuje na vybraných trasách přepravu silničních nákladních automobilů po železnici. V České republice byly provozovány celkem dvě takové linky, první vedla z Lovosic do Dráždan v SRN a druhá z Českých Budějovic do rakouského Villachu. Z ekonomických důvodů (nízké využití, u prvně jmenovaného spojení zejména v důsledku odbourání celních bariér po vstupu do Evropské unie v r. 2004) však byl jejich provoz ukončen, i když v jiných zemích jsou tyto systémy i nadále provozovány. [1] [13] [21]

Myšlenka spolupráce mezi jednotlivými druhy dopravy je poměrně nová, protože dlouhou dobu byl dopravní trh přísně rozdělený a docházelo ke konkurenční soutěži mezi různými druhy doprav o přepravu osob a zboží. [1]

V České republice je v současnosti v provozu deset terminálů kombinované dopravy, které jsou napojeny na silnici i železnici. Celkem dva z nich navíc také umožňují překládku na lodě vnitrozemské plavby. Prakticky všechny doposud vzniklé terminály jsou ovšem v soukromém vlastnictví. [1] [13] [21]

Základní důvody pro zavedení a rozvoj systému multimodální dopravy jsou následující:

- nadměrný růst nákladní silniční dopravy, při přepravě zboží (růst přepravního objemu i přepravního výkonu),
- komplikace v určitých místech dopravní infrastruktury (silniční kongesce),
- zhoršování životního prostředí,
- ekonomický růst spojený s růstem přepravy zboží,
- nutnost snižování energetické náročnosti dopravy,
- zvyšování kvality a rychlosti přepravy zboží včetně komplexnosti přepravních služeb.

K hlavním **výhodám** multimodální dopravy patří:

- zrychlení přepravy zboží,
- snížení podílu manuální práce, pracovních úrazů,
- možnosti mechanizace a automatizace nakládkových prací, překládkových prací a vykládkových prací,
- ochrana životního prostředí,
- snížení spotřeby paliv a energií,
- úspory přepravních obalů,
- zvýšení bezpečnosti silničního provozu,
- snižování nákladů na údržbu pozemních komunikací. [21]

1.5 Dílčí shrnutí

Historie dopravy má velmi úzkou vazbu na historický vývoj lidské společnosti. Zatímco v období sběračů a lovců si lidstvo vystačilo s pěší dopravou, ve Středověku se začala rozvíjet vnitrozemská plavba a zároveň doprava pozemní. V dobách vrcholného středověku došlo k velkým geografickým objevům (např. objevení cesty do Ameriky), jenž vyvolaly novou kapitolu ve vývoji nejen dopravy, ale také celé společnosti. Koloniální obchod, který do Evropy přinesl nové suroviny a plodiny, začal vzkvétat právě díky těmto zámořským objevům. Postupně dochází k budování souvislé sítě komunikací, jenž má význam zejména obchodní a vojenský.

Největší revoluci v dopravě přinesl objev parního stroje J. Watem ve druhé polovině 18.století. Díky tomuto objevu vznikly parníky (prvně v USA) a poté lokomotivy (prvně v Británii), jenž se staly nezbytným dopravním prostředkem na střední a velké vzdálenosti.

Následoval další prudký rozvoj dopravy, který začal na přelomu 19. a 20. století po vynálezu spalovacího motoru. Ten umožnil rozvoj automobilismu a později letectví. Na počátku druhé poloviny 20. století vznikl proudový pohon, který umožnil pravidelné transkontinentální lety s cestujícími.

Od konce 70. let 20. století se začínají poprvé ozývat hlasy o negativním působení dopravy, především v oblasti znečištění ovzduší a spotřeby neobnovitelných zdrojů.

Co se týče analyzování dopravy jako celku v roce 2007, tak celkové výdaje do dopravní infrastruktury vzrostly v roce 2007 zhruba o 3,3 mld. Kč oproti předcházejícímu roku, což představuje nárůst o více jak 5 %. Tyto výdaje tak tvoří 1,74 % HDP. Většina finančních prostředků pocházela ze Státního fondu dopravní infrastruktury (SFDI), který se na této částce podílel téměř z 86 %. Celkově SFDI investoval do infrastruktury přes 52 mld. Kč.

Celkové finanční investiční prostředky vložené do pozemních komunikací v roce 2007 mírně poklesly a to o 800 tis. Kč, což tvoří téměř 2 %. Naopak vzrostly výdaje na údržbu a opravu silniční infrastruktury o necelá 4 % a železniční infrastruktury téměř o 6 %.

K 1. lednu 2008 bylo v Centrálním registru vozidel evidováno celkem 6 788 165 provozovaných motorových a přípojných vozidel všech druhů a kategorií, což je nárůst oproti předchozímu roku téměř o 5 %. Výrazný nárůst však zaznamenal počet nákladních automobilů a meziročně činil 14 %.

Průměrné stáří nákladních vozidel bylo v tomto roce 8 let, u osobních vozidel dosáhlo 12,7 let, u autobusů se vyšplhalo na 13,4 let, u nákladních přívěsů na 7 let a u tahačů na 6,7let.

Vývojový trend přepravy u osobní i nákladní přepravy pokračoval bez mimořádných změn. Naproti tomu ve svém růstovém trendu pokračuje letecká doprava s nárůstem počtu přepravených osob téměř o 5 % a s nárůstem přepravních výkonů o více než 2 %.

Co se týče dopravních nehod, byl zaznamenán v roce 2007 jejich pokles o 2,8 %, kdy bylo šetřeno Policií ČR celkem 182 736 nehod. Usmrceno bylo celkem 1 123 osob, lehce zraněných bylo 25 383 a 3 960 bylo zraněno těžce. Odhad způsobené hmotné škody činil 8,5 mld. Kč, což je meziroční pokles o 7,2 %.

V závěru této kapitoly byly charakterizovány jednotlivé druhy dopravy následovně.

Silniční doprava je součástí pozemní dopravy a má rozhodující podíl na světovém objemu přepravy osob i zboží. Její pozice se upevňuje díky budování kapacitních vícepruhových komunikací, které vytvářejí nové hlavní silniční sítě. Mezi negativní účinky silniční dopravy na životní prostředí a zdraví člověka se řadí znečištění ovzduší emisemi, hluk, vibrace, zábor území, bariérový efekt komunikací, odpady ze silniční dopravy a další.

Stejně jako silniční doprava i doprava železniční je součástí pozemní dopravy. Železniční doprava vyžaduje vlastní dopravní cestu s kolejemi, po kterých se pohybují lokomotivy a železniční vozy. Je ovlivněna geografickými podmínkami a zároveň má nižší schopnost překonávat výškové převýšení. V současné době Česká republika disponuje velmi hustou sítí železničních tratí, která dosahuje 12 km na 100 km². Celková délka elektrizovaných železnic dosáhla v roce 2007 délky 3 060 km.

Vodní doprava patří k nejstarším druhům dopravy vůbec. Mezi výhody vodní dopravy patří možnost využívání přirozených cest z čehož plyne, že vodní doprava nepotřebuje zbudovat žádnou zvláštní infrastrukturu.

Letecká doprava je nejmladší a nejdynamičtěji se rozvíjející dopravní obor v oblasti přepravy osob a zboží. Patří k nejrychlejším, nejpohodlnějším a nejbezpečnějším způsobům dopravy osob vůbec. Na druhou stranu je také jedním z nejvýznamnějších zdrojů vibrací, způsobovaných přelety proudových a zejména nadzvukových letadel.

Cyklistická a pěší doprava je nedílnou součástí dopravního systému. Ze všech druhů dopravy je nejzdravější a nejšetrnější k životnímu prostředí.

Multimodální doprava je moderní a dopravními politikami ČR a EU podporovaný způsob dopravy, jenž využívá výhod jednotlivých druhů dopravy a dopravních oborů.

2 DOPRAVA A ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

Tato část diplomové práce se zabývá deskripcí vlivu dopravy na životní prostředí a zdraví člověka. Kapitola se zaměřuje nejen na znečištění ovzduší, vody a půdy, ale navíc zmiňuje faunu, flóru a krajinný ráz, na něž má doprava také velmi negativní vliv. Dále je zde zmíněn problém hlukové zátěže a vibrací, které na každého z nás dopadají. V závěru kapitoly je věnována pozornost jednomu z největších problémů dopravy, kterým jsou odpady v podobě autovraků.

Každá krajina světa má jiný potenciál, a lidé tak nenacházejí ve svém nejbližším okolí všechno to, co potřebují k životu, a jsou proto nuceni přemísťovat své statky (suroviny, zboží, informace) i sebe sama.

Globalizace hospodářského systému a zvyšující se specializace jednotlivých regionů tuto potřebu ještě umocňuje. Doprava je tak jedním ze základních pilířů, na kterých stojí současná ekonomika. Zároveň ale ještě patří mezi její omezující faktory, neboť úroveň dopravního systému mnohé ekonomické procesy limituje.

Ačkoliv trend zvyšování nároků ekonomiky na dopravní systém můžeme zpětně vystopovat v období počátků industrializace, akceleroval od poloviny minulého století v souvislosti s postupným přechodem k volnému trhu a globální ekonomice. S dopravou přímo souvisejí mnohé hospodářské procesy od dojíždění za prací, přes dodávky surovin a energií až po distribuci výrobků směrem ke spotřebitelům.

Nezastupitelnou úlohu má doprava také v sociální sféře. Umožňuje lidem spolu vzájemně komunikovat, setkávat se a vyměňovat své myšlenky. Doprava a zvyky při jejím využívání jednotlivcem jsou už od nepaměti určitým symbolem postavení ve společenské hierarchii.

Proti pólem nesporných přínosů dopravy zůstávají její negativní dopady na zdraví člověka a na stav životního prostředí. Výstavba a provoz dopravních sítí ovlivňují krajinu, rostliny i živočichy v ní žijící, podílí se na zhoršení životních podmínek ve městech, kde je exponována škodlivinami značná část obyvatel, což se negativně projevuje na jejich zdravotním stavu. V současnosti proto stojí doprava před nelehkým úkolem najít rovnováhu mezi nezbytným rozvojem, ekonomickými a společenskými přínosy na straně jedné a ochranou zdraví a životního prostředí člověka na straně druhé.

Nejčastěji bývá za environmentálně **nejšetrnější** druh **osobní** dopravy považována doprava nemotorová, tedy pěší a cyklistická, příznivě bývá hodnocena také železnice. Jako problematická se jeví doprava letecká a největší zátěž pro životní prostředí představuje doprava silniční, zejména individuální.

V **nákladní** dopravě je považována za jednoznačně **nejšetrnější** k životnímu prostředí železniční doprava, naopak za nejvíce nepříznivou se považuje doprava silniční. Nejednoznačně vychází hodnocení vodní dopravy, neboť představuje riziko v případě provozních havárií a výstavba infrastruktury představuje výrazný zásah do krajiny a říčních ekosystémů. [1]

2.1 Znečištění ovzduší

Doprava je jeden z hlavních faktorů, který při svém rozvoji nepříznivě ovlivňuje kvalitu životního prostředí. Mezi nejzávažnější problémy dopravy, a to zejména v důsledku jejich významného rizika pro zdraví člověka, je produkce emisí znečišťující ovzduší. V posledních letech velmi výrazně vzrostl podíl především automobilové dopravy na tomto znečištění, což se projevuje zejména ve velkých městech s vysokou hustotou automobilové dopravy.

Výfukové plyny jsou příčinou emisí škodlivin z motorů vozidel do volného ovzduší. Tyto emise vznikají při spalování pohonných hmot a jsou to komplexní směsi, které obsahují stovky chemických látek v různých koncentracích přispívající k dlouhodobému oteplování atmosféry (tzv. skleníkový efekt) nebo často s toxickými, mutagenními i karcinogenními vlastnostmi pro člověka.

Nejvýznamnější škodliviny, které znečišťují ovzduší z dopravy je možné rozdělit na látky limitované, na které se vztahují emisní limity a látky nelimitované.

Mezi limitované škodliviny patří:

- **oxid uhelnatý (CO),**
- **oxidy dusíku (NO_x),**
- **těkavé organické látky (VOC)**
- **a pevné částice pro diesellová vozidla (PM).**

S výjimkou PM dochází sice u nových vozidel v důsledku přísnějších limitů, daných normami EURO, k jejich poklesu, ale vzhledem ke zvyšujícímu se objemu dopravy, zejména nákladní, však dochází k celkovému růstu emisí.

V příloze v tabulkách 32 - 35 a grafech 25 - 28 jsou uvedeny emise limitovaných látek za jednotlivé druhy dopravy.

Mezi nelimitované škodliviny se řadí:

- **metan (CH₄),**
- **a oxid dusný(N₂O).**

Tyto škodliviny mívají často závažnější dopady na zdraví člověka, ale pro nedostatek informací o látkách samotných a vzhledem k daleko vyšším nárokům na měřicí techniku není v současné době jejich produkce monitorována. Jsou to látky, které přispívají k dlouhodobému oteplování atmosféry.

V příloze v tabulkách 36, 37 a grafech 30, 31 jsou uvedeny emise těchto nelimitovaných látek za jednotlivé druhy dopravy.

Podle [1] se do této skupiny dále řadí **oxid uhličitý (CO₂)**. Ovšem dle názoru autorky této diplomové práce, by neměl být za škodlivinu považován, protože ve skutečnosti nebezpečný není a spíše naopak je pro život například rostlin naprosto nezbytný. Navíc je dáno zákonem č. 356/2003 Sb., že se jedná o látku, která není klasifikována jako nebezpečná.

Mezi další škodliviny, které vznikají především při nedokonalém spalování pohonných hmot a jsou nebezpečné pro zdraví člověka patří:

- **polyaromatické uhlovodíky (PAH)**
- **fenoly,**
- **ketony,**
- **dehet,**
- **1,3-butadien a benzen,**
- **toluen,**
- **xyleny (BTX).**

Při spalování pohonných hmot mohou vznikat také polychlorované polychlorované difenyly (PCB) a dibenzodioxiny/furany (PCDD/F) v případě přítomnosti chlóru ve spalovacím systému. [1] [2]

Stručný výčet škodlivin produkovaných dopravou, včetně jejich možného vzniku uvádí tabulka 7.

Tabulka 7 Výčet škodlivých látek produkovaných dopravou.

Škodlivá látka	Způsob vzniku v dopravě
Oxid uhelnatý (CO)	Spalováním pohonných hmot obsahujících uhlík za nedostatečného přístupu vzduch nebo za vysokých teplot. Benzinové osobní automobily produkují 18 až 168 g této škodliviny na kg paliva, dieselové 2,5 až 9 g.kg ⁻¹ paliva. Nákladní pak 7 až 221 g.kg ⁻¹ paliva. Vždy je to v závislosti na dodržovaném limitu EURO.
Oxid siřičitý (SO₂)	Spalováním pohonných hmot obsahujících síru, avšak v současné době je produkce vzhledem ke kvalitním palivům minimální.
Oxidy dusíku (NO_x)	Spalováním směsi paliva a vzduch oxidací vzdušného dusíku kyslíkem za vysokých teplot. Benzinové osobní automobily produkují 1 až 45 g této škodliviny na kg paliva, dieselové 4,3 až 18,3 g.kg ⁻¹ , nákladní pak 10 až 9303 g.kg ⁻¹ paliva.
Oxid dusný (N₂O)	Reakcí vzdušného dusíku se vzdušným kyslíkem, zejména za přítomnosti katalyzátorů ze skupiny platinových kovů. Benzinové osobní automobily produkují 0,3 až 1,1 g této škodliviny na kg paliva, dieselové 0,1 až 0,3 g.kg ⁻¹ a stejně tak nákladní.
Amoniak (NH₃)	Reakcí vzdušného dusíku s vodíkem obsaženým v palivu. Benzinové osobní automobily produkují až 1,4 g této škodliviny na kg paliva, dieselové a nákladní pak přibližně setiny g.kg ⁻¹ paliva.
Ozón (O₃)	Sekundárními řetězovými radikálovými reakcemi v přízemních vrstvách atmosféry z molekulárního kyslíku za přítomnosti složek výfukových plynů, oxidů dusíku a těkavých uhlovodíků vlivem slunečního záření.
Olovo (Pb)	V minulosti především spalováním olovnatých benzinů, ve kterých bylo přítomno jako tetraethylolovo. Antidetonátory na jeho bázi se od r.2001 nepoužívají. Nyní jsou jeho zdroji např. vyvažovací tělíska pneumatik, maziva, oleje a částice z opotřebování ložisek.
Kadmium (Cd)	Opotřebováním různých součástí automobilu.
Nikl (Ni)	Obrusem brzdového obložení a různých namáhaných spojů.
Chrom (Cr)	Mechanickou separací z rotujících částí motoru a z brzdového obložení.
Platinové kovy (platina Pt, rhodium Rh, palladium Pd)	Uvolňování z automobilových katalyzátorů.
Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAH)	Nedokonalé spalování pohonných hmot, případně obrusem povrchu vozovky. Dieselové a nákladní automobily produkují spálení 1 kg paliva setiny gramu této skupiny škodlivin, benzinové přibližně tisíce g.kg ⁻¹ paliva.

Metan (CH₄)	Nedokonalé spalování pohonných hmot. Benzinové osobní automobily produkují 0,1 až 0,9 g této škodliviny na kg paliva, dieselové setiny gramů a nákladní od 0,1 až 0,6 g.kg ⁻¹ paliva.
Těkavé organické látky (NM VOC)	Spalováním pohonných hmot a odpařováním pohonných hmot z automobilů. Benzinové osobní automobily produkují 1,3 až 40 g této škodliviny na kg paliva, dieselové 0,6 až 2,3 g.kg ⁻¹ , nákladní pak 3 až 42 g.kg ⁻¹ paliva.
Benzen (C₆H₆)	Spalováním pohonných hmot a vypařováním během jejich manipulace, distribuce a skladování. V Evropě je přítomen v automobilovém benzínu v podílu kolem 5 %, někdy i více než 10 %.
Toluen (C₆H₅-CH₃)	Spalováním pohonných hmot, v kterých je používán ve směsích s benzenem a xylenem jako příměs pro zvyšování oktanového čísla automobilových benzinů.
Styren (C₆H₅-CH=CH₂)	Nedokonalé spalovací procesy.
Formaldehyd (H₂C=O)	Nedokonalé spalování pohonných hmot.
1,3 – butadien (CH₂=CH-CH=CH₂)	Nedokonalým spalováním pohonných hmot, zejména s vysokým obsahem olefinů.
Suspendované částice (PM)	<p>PM₂₅₋₁₀(hrubá frakce) – převážně zvířením prachu z vozovek, oděrem pneumatik a při spalovacích procesech. Setrvává v blízkém okolí zdroje.</p> <p>PM₂₅(jemná frakce) – v důsledku chemických reakcí při spalování pohonných hmot.</p> <p>PM_{0,02}(ultrajemná frakce) – z plynných emisí při spalovacích procesech. Může se přenášet i na velké vzdálenosti.</p> <p>PM_{0,01}(nanočástice) – spalováním pohonných hmot zejména v benzinových motorech.</p> <p>Dieselové osobní automobily produkují 0,3 až 4,8 g této škodliviny na kg paliva, nákladní pak 0,4 až 6,3 g.kg⁻¹ paliva v závislosti na dodržovaném limitu EURO.</p>
Polychlorované dibenzodioxiny a dibenzofurany (PCDD/F)	Oxidací částic uhlíku ve spalinách při teplotách 250 – 350 °C za přítomnosti kyslíku, vodní páry a chlóru.
Polychlorované bifenylly (PCB)	Syntézou částic uhlíku, vodní páry za přítomnosti chlóru.

Zdroj: [1]

Nejvyšší růst, jak je možno vidět v příloze v tabulce 38, je zaznamenán u emisí skleníkového plynu N₂O, kde novější vozidla vykazují vyšší naměřené hodnoty než starší typy. U těchto emisí dochází k nárůstu z důvodu zavedení katalyzátorů². Některé organické škodliviny (PAH – polycyklické aromatické uhlovodíky) emitované dopravou, jenž jsou nebezpečné zejména díky svým toxickým, genotoxickým a mutagenním účinkům, vykazují podobný zvyšující trend.

Emise CH₄ naopak stále klesají, neboť nová vozidla musí splňovat přísnější limity EURO. Emise Pb, SO₂ jsou dány kvalitou spalovaných pohonných hmot. Jejich produkce dopravou je prakticky zanedbatelná vzhledem k legislativnímu zavedení bezolovnatých paliv na trh od roku 2001 a postupné regulaci obsahu síry v palivech od roku 2000.

V tabulce 8 je zachycen procentuální podíl dopravy na celkovém znečištění ovzduší. Jak je patrné, v roce 2005 se doprava podílela na celkovém znečištění ovzduší CO ze 46,82 %, což je nejvíce ze sledovaných druhů škodlivin. Dále NO_x přibližně z 36 % a těkavé organické látky (VOC) z 26 %. Významný nárůst emisí vzhledem k roku 1993 pak představují téměř všechny sledované škodliviny, zejména PM, který souvisí s nárůstem přepravních výkonů především v silniční nákladní dopravě. [1]

Tabulka 8 Podíl dopravy na celkovém znečištění ovzduší (v %)

Druh škodliviny	Rok											
	1993	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
CO	27,51	34,87	37,03	39,64	42,61	45,04	44,21	44,45	47,93	46,25	41,30	46,82
NO _x	19,34	28,91	32,76	35,13	36,39	38,12	36,60	32,88	31,37	32,70	29,28	36,61
N ₂ O	4,11	4,76	5,64	5,72	5,63	5,90	6,20	5,57	6,43	8,19	8,44	9,43
CH ₄	0,26	0,32	0,34	0,36	0,34	0,39	0,37	0,36	0,34	0,37	0,36	0,36
VOC	17,40	23,87	25,56	27,18	27,19	28,08	25,99	26,74	25,68	26,28	24,20	26,29
SO ₂	0,20	0,31	0,42	0,58	0,90	1,58	1,65	0,84	0,91	1,08	1,13	0,28
PM	0,62	1,77	2,46	3,43	5,20	6,49	7,89	7,22	8,71	7,23	7,41	9,78
Pb	81,14	78,55	79,93	77,33	75,40	74,47	63,39	25,52	17,41	11,69	4,57	4,20

Zdroj: [1]

² Katalyzátor, který se používá pouze u zážehových motorů, snižuje množství škodlivin ve výfukových plynech. [20]

2.2 Znečištění vody

Povrchové a podzemní vody jsou jedním ze základních surovinových zdrojů. Tvoří důležitou složku životního prostředí a slouží k zabezpečování hospodářských a ostatních celospolečenských potřeb.

Proto je nezbytné:

- všestranně chránit vody pro jejich nenahraditelnost a celospolečenský význam,
- plánovitě řídit jejich odběry a jiné nakládání s nimi tak, aby byla zabezpečena rovnováha mezi potřebou vody a kapacitou vodních zdrojů,
- pečovat o jejich čistotu a nejhospodárnější využití,
- zajišťovat ochranu před povodněmi a dbát přitom ochrany přírody, rekreace, plavby a ostatních důležitých zájmů společnosti.

Působením člověka dochází k neustálému snižování kvality vod, přičemž jedním z negativních faktorů ovlivňujících právě jejich kvalitu jsou nejrůznější druhy dopravy, zejména doprava silniční.

Množství kontaminace vod blízkosti komunikací způsobené silniční dopravou není tak závažné jako např. znečištění ovzduší, ale v žádném případě není zanedbatelné.

Ohrožení kvality vod okolí komunikací nastává v podstatě třemi způsoby:

- dlouhodobým znečištěním způsobeným běžným silničním provozem,
- sezónním znečištěním zejména vlivem posypových materiálů užívaných k zimní údržbě komunikací
- a náhodnými haváriemi vozidel, při nichž dochází k úniku látek škodlivých pro životní prostředí. [17]

Ke znečištění vod silniční dopravou dochází jednak při náhodných haváriích automobilů, kdy dochází k úniku pohonných hmot, motorových olejů, provozních kapalin a dalších škodlivin, ale také při dlouhodobém vlivu výfukových plynů, obrusů pneumatik a svrchní konstrukce vozovky a úkapů pohonných hmot.

V souvislosti se znečištěním vod, a to jak povrchových tak podzemních, můžeme hovořit také o dopravě železniční. Zdrojem znečištění jsou v tomto případě dopravní, napájecí a spínací stanice, místa mytí osobních vozů, tankovací stanice, v případě dieselové trakce rovněž samotná kolejová vozidla a jejich havárie na traťových úsecích.

Moře a oceány mohou být znečištěny při provozu lodí, a to zejména v důsledku havárií velkých tankerů, kdy do vod uniká značné množství ropy, nesoucí s sebou plošně rozsáhlá znečištění se závažnými dopady na životní prostředí. Mezi nejznámější havárie patří případy tankerů Amoco Cádiz (1978), Exxon Valdez (1989) a Prestige (2002). [1]

Havárie tankeru Amoco Cádiz u francouzského pobřeží 16.3.1978 patří k největším námořním ekologickým katastrofám. Z útrobu rozlomeného tankeru tehdy do moře uniklo 230 000 tun ropy. Dosud největší ropná skvrna způsobená ztroskotáním lodi zamořila pobřeží Bretaně v délce 360 kilometrů. Po čtrnácti letech od havárie vyčíslil soud v USA ekologické škody i s úroky na 192 milionů eur. [8]



Obrázek 3 Havárie tankeru Amoco Cádiz

Zdrojem dlouhodobého znečištění mohou být dále velké přístavy při manipulaci s přepravovaným materiálem nebo při opravě plavidel. [1]

2.2.1 Povrchové vody

Povrchové vody mohou být znečišťovány:

- splachy srážkových vod z povrchu zejména dálnic a rychlostních komunikací,
- materiály používaných k údržbě silnic, parkovišť a ploch odpočívadel (aplikace nemrznoucích směsí, rozmrazovacích prostředků v zimním období)
- úkapy a úniky pohonných hmot z motorových vozidel (uvolňování organických škodlivin například PAH, nepolární extrahovatelné látky – NEL a kovy)

Další významné riziko představuje provoz čerpacích stanic a přilehlá parkoviště, v jejichž blízkosti byly stanoveny nejvyšší koncentrace polycyklických aromatických uhlovodíků (PAH).

2.2.2 Podzemní vody

Příčinou kontaminace podzemních vod jsou škodliviny z materiálů, jež se používají na výstavbu silničních komunikací. Tyto škodliviny mohou mít negativní vliv na zdraví člověka a složky životního prostředí.

Hlavním problémem je voda migrující v tělese vozovky, jež je odváděna pomocí drenážních systémů a může být kontaminována škodlivinami, které se uvolňují z konstrukčních materiálů.

Tento proces však závisí na:

- charakteru podloží a okolního terénu a
- režimu podzemních vod, včetně kapilárního vzdouvání její hladiny a množství srážek, které mohou infiltrovat do tělesa komunikace, zejména v důsledku poškození její povrchové vrstvy (trhliny, praskliny).

Hlavním zdrojem znečištění podzemních vod se v posledních letech stávají havárie dopravních prostředků, při kterých dochází k úniku pohonných hmot, provozních kapalin, motorových olejů nebo přepravovaných nebezpečných věcí, kterými mohou být louhy, kyseliny a jiné chemikálie.

2.3 Znečištění půdy

Stejně jako znečištění vod, tak i ohrožení kvality půd v okolí komunikací nastává v podstatě třemi způsoby:

- dlouhodobým znečištěním způsobeným běžným silničním provozem,
- sezónním znečištěním zejména vlivem posypových materiálů užívaných k zimní údržbě komunikací
- a náhodnými haváriemi vozidel, při nichž dochází k úniku látek škodlivých pro životní prostředí [1]

Dlouhodobé znečištění je závislé:

- na intenzitě dopravy,
- skladbě a rychlosti dopravních proudů,
- druhu vozidel a jejich technickému stavu,
- na systému odvodnění komunikace a na jejím směrovém a výškovém vedení,
- na klimatických a hydrogeologických podmínkách.

Především dochází ke kontaminacím půd vlivem výfukových plynů a pevných částic, jež dopadají zpět na povrch vozovek, obrusů pneumatik, obrusů částic ze svrchní konstrukce vozovky a úkapů pohonných hmot, kdy jsou vody kontaminovány těkavými organickými látkami (TOL), polyaromatickými uhlovodíky (PAH), nitrovanými polyaromatickými uhlovodíky (nitro-PAH), nepolárními extrahovatelnými látkami (NEL) a také některými kovy.

Nejrozšířenějším zdrojem znečištění půd způsobené sezónním znečištěním jsou posypové materiály používané k údržbě silnic v zimním období. Ke kontaminaci půd dochází jednak při užívání chemických rozmrazovacích materiálů a jednak při používání zdrsňujících posypových materiálů.

Chemické rozmrazovací látky způsobují fyzikálně chemickou změnu ledu a sněhu, čímž dochází k tání na vozovkách. Používají se například chlorid vápenatý, chlorid sodný a jejich směsi ve formě posypů, postřiků nebo zvlhčovadel (zkrápěná sůl).

Při aplikaci těchto materiálů na vozovkách, kdy prakticky nelze zabránit jejich rozstříku mimo vozovku, dochází zejména ke kontaminaci chloridy, jež způsobují korozi kovových prvků vybavení komunikací a zvýšené uvolňování škodlivých látek z jejich ochranných nátěrů, což způsobuje následné kontaminace těžkými kovy. Z chemických rozmrazovacích látek však

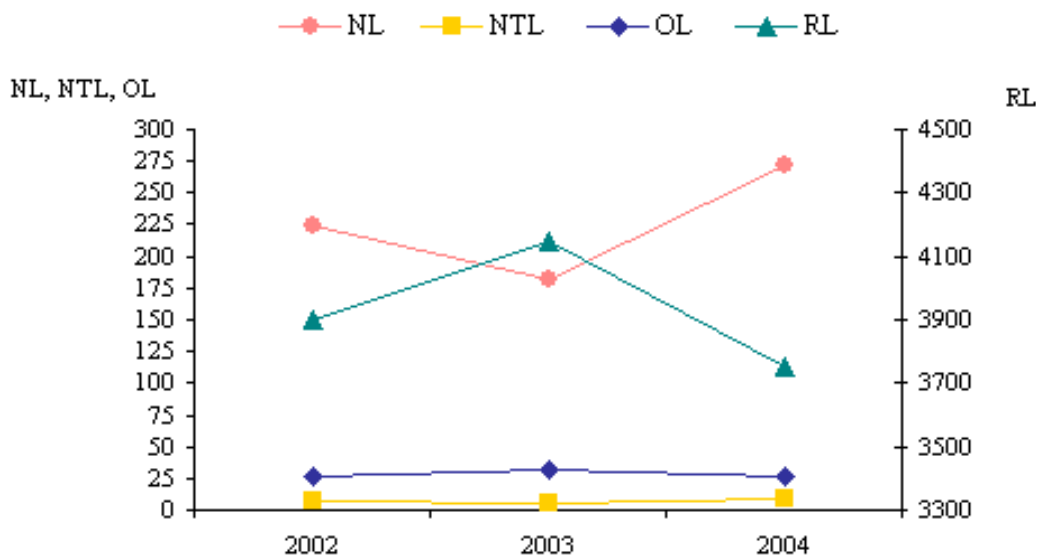
také dochází k uvolňování fluoridů, sulfidů, kyanidů, PAH, PCB, NEL a také As, Cr, Cd, Cu, Ni, Pb, Hg, Zn.

Zdršňující posypové materiály mechanickým způsobem zvyšují součinitel tření zledovatělé nebo ujeté sněhové vrstvy na vozovce. Mezi nejvíce využívané patří:

- přírodní kamenivo (těžené, drcené),
- umělé kamenivo (vyrobené ze strusky) a
- odpadní materiály (škvára z fosilních paliv).

Vlivem aplikace těchto látek na komunikacích dochází ke znečištění půd, z důvodu rozstříku materiálu při jeho použití a jeho splavování při táních sněhu z povrchu vozovky. Kontaminujícími prvky jsou As, Be, Ba, Cr, Cd, Co, Cu, Ni, Pb, Hg, V, Zn, fluoridy, sírany, PAH, PCB a radionuklidy.

Při náhodném znečištění, tedy při vzniku havárií, způsobuje kontaminaci půd únik pohonných hmot, motorového oleje, provozních kapalin, ale i chemikálie jako H_2SO_4 apod. Počet havárií v silniční dopravě, při nichž došlo k úniku nežádoucích látek do ŽP, je znázorněn na grafu 3. Údaje byly získány z centrální evidence Generálního ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR a charakterizují havárie, ke kterým došlo během let 2002 - 2004. [2]



Graf 3 Počet silničních havárií s únikem látek v letech 2002-2004 [2]

Z grafu 3 je patrné, že v rámci evidence rozlišujeme čtyři základní kategorie: ropné látky – RL, nebezpečné látky – NL, nebezpečné tuhé látky – NTL a ostatní látky – OL. [2]

2.4 Flóra a fauna

Mezi podstatné globální ekologické problémy patří mimo jiné také snižování biologické rozmanitosti (biodiverzity), tj. počtu druhů fauny i flóry. Tato skutečnost souvisí zejména s rozvojem dopravy a se zvýšenou stavební činností pozemních komunikací.

Biodiverzita, představuje rozmanitost živých organismů, přírodních zdrojů a ekosystémů, jejichž jsou součástí a je ohrožována několika faktory:

- snížením velikostí ploch ekosystémů,
- lovem ohrožených druhů živočichů,
- fragmentací lokalit. [1] [2]

Fragmentace je chápána podle [7] jako „*rozdělení přírodních lokalit s výskytem specifických druhů rostlin a živočichů na menší a více izolované jednotky.*“ Následkem fragmentace je izolace, která ohrožuje přežití zejména citlivějších druhů. Mezi hlavní důvody fragmentace lokalit se řadí především využívání lineární dopravní infrastruktury. Nejedná se jen o silniční komunikace, ale také železniční tratě a vodní cesty. Samotný provoz, který způsobuje usmrcování a rušení živočichů, znečištění okolí, efekt fragmentace dále zesiluje. Dopravní sítě rozčleňují přírodní lokality na menší, izolované segmenty, které jsou často menší, než potřebují některé druhy k přežití.

Mezi primární ekologické efekty fragmentace patří mimo jiné bariérový efekt. V tomto případě působí pozemní komunikace jako fyzická překážka pro živočichy a je velmi omezující zejména pro druhy, jenž potřebují ke svému životu velkou rozlohu území. Jestliže komunikace účinně oddělují populace živočichů po několik generací, může dojít k demografickým či genetickým změnám.

Úmrtnost živočichů na silnicích je nejznámější efekt fragmentace lokalit. Milióny živočichů jsou každoročně usmrceny při kolizích s dopravními prostředky, což nemusí nutně vést k ohrožení populace, ale spíše indikují, že zmíněný druh je velmi hojný a široce rozšířený.

Znečištění okolí pozemních komunikací chemickými škodlivinami také negativně ovlivňuje četnost a druhové zastoupení půdní mikrobioty fauny. [1] [2] [7]

2.5 Krajinový ráz

Ráz krajiny je před znehodnocením chráněn, protože je významnou hodnotou dochovaného přírodního a kulturního prostředí. Je dán specifickými rysy a znaky, jenž vytvářejí její odlišnost a jedinečnost.

Krajinový ráz vyjadřuje:

- přítomnost pozitivních jevů a znaků,
- kulturní dimenzi krajiny a
- duchovní dimenzi krajiny.

Výchozí předpis, zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny ve znění pozdějších změn vymezuje krajinový ráz následovně:

§ 12

(1) Krajinový ráz, kterým je zejména přírodní, kulturní a historická charakteristika místa či oblasti je chráněn před činností snižující jeho estetickou a přírodní hodnotu. Zásahy do krajinového rázu, zejména umísťování a povolování staveb, mohou být prováděny pouze s ohledem na zachování významných krajinových prvků, zvláště chráněných území, kulturních dominant krajiny, harmonického měřítko a vztahy v krajině.

(2) K umísťování a povolování staveb, jakož i jiných činnostech, které by mohly snížit nebo změnit krajinový ráz je nezbytný souhlas orgánu ochrany přírody. Podrobnosti ochrany krajinového rázu může stanovit ministerstvo životního prostředí obecně závazným právním předpisem.

(3) K ochraně krajinového rázu s významnými soustředěnými estetickými a přírodními hodnotami, který není zvláště chráněn podle části třetí tohoto zákona, může orgán ochrany přírody zřídit obecně závazným právním předpisem přírodní park a stanovit omezení takového využití území, které by znamenalo zničení, poškození nebo rušení stavu tohoto území.

Ochrana krajinového rázu platí na celém území státu, je tedy ochranou obecnou. Zvýšená pozornost je problematice věnována v chráněných krajinových oblastech, kde je zachování harmonického obrazu kulturní krajiny a omezení případných rušivých vlivů významným předmětem zájmu správy CHKO. [18]

Rychlá a kvalitní doprava znamená zkrácení „vnímané vzdálenosti“, neboť cíle jsou lépe dosažitelné než před lety, a dochází tak k dekoncentraci mnoha lidských aktivit, jenž byly dříve soustředěny.

V současné době je nejtypičtějším projevem proces suburbanizace, který je charakteristický prostorovým růstem města v periferní zóně, kterou umožnila díky snadné dostupnosti individuální automobilová doprava, a který místy přechází až do své nekontrolované podoby rozrůstání měst („urban sprawl“). V současnosti však tento proces probíhá nekoordinovaně, protože role územního plánování není natolik silná, aby zajistila příznivý rozvoj měst z hlediska dopravy a využívání krajiny. Města se tak setkávají každý den s velkým problémem, kterým je množství automobilů, jenž není schopen stávající komunikační systém města pojmout.

Nosiče reklamy, tzv. billboardy rovněž velmi výrazně negativně ovlivňují charakter krajiny. Billboardy se umisťují v blízkosti nejzatíženějších komunikací, zejména na úseků dálnic, kde dopravní proud přesahuje 15 000 vozidel za 24 hodin. Denně tak reklamní sdělení vidí desítky tisíc osob, a proto jsou tato místa velkým lákadlem pro reklamní průmysl.

Velký počet reklamních ploch, které jsou postaveny bez řádného povolení, stojí často na místech pro tuto reklamu nevyhovujících. V posledních letech je snahou Ředitelství silnic a dálnic České republiky (ŘSD) jako správce komunikací tento problém řešit a omezit počet billboardů v okolí silnic až o 80 %.[1]

2.6 Hluková zátěž a vibrace

2.6.1 Hluk

Důležité místo mezi faktory, které negativně působí na zdravotní stav obyvatel a životní prostředí zaujímá nadměrný hluk. Zdrojem hluku jsou zejména dopravní prostředky jako auta, vlaky, tramvaje, metra, letadla a další. [2]

Hluk definujeme jako nežádoucí zvuk, který vyvolává nepříjemný nebo rušivý vjem anebo škodlivý účinek na člověka. Má zdravotní, psychické, společenské i ekonomické důsledky. Hlukem přitom nejsou pouze zvuky intenzivní, ale například v případě spánku, to mohou být zvuky relativně nízkých intenzit zvuku. [2] [17]

Nežádoucí účinky hluku můžeme rozdělit na:

- **specifické (sluchové)**, jenž se projevují poškozením sluchu, klasifikovaným trvalým posunem sluchového prahu. Dochází k němu při hladinách převyšujících 80 dB. Jedná se zejména o akutní akustické trauma, dočasné či trvalé poškození sluchu, maskování a zhoršení zpracování a vštěpování poznatků.
- **nespecifické (nesluchové)**, které ovlivňují regulační procesy a projevují se poruchami srdečně-cévního systému, metabolismu, spánku, vegetativní rovnováhy, psychické výkonnosti a pohody. Účinek hluku je dominantní v oblasti hluku pod 80 dB.

Zdroje dopravního hluku tvoří hluk silniční, železniční a letecký.

Silniční hluk je při rychlosti jízdy do 60 km/h dán zejména hlukem převodové resp. hnací jednotky vozidla, až při rychlosti jízdy vyšší než 60 km/h začíná převládat hluk valení pneumatik po povrchu vozovky.

Železniční hluk je způsoben hlučností pohonné jednotky, odvalováním ráfku kola po kolejnici a přenosem vibrací z kola do vozidla a z kolejnice do trati. Je závislý na typu a technickém stavu, rychlosti jízdy a délce vlaku. Při rychlostech nad 250 km/h se kromě vysokého nárůstu hlučnosti zvětšuje zároveň podíl vysokých tónů ve zvukovém spektru a průjezd vlaku může být vnímán jako zvukový ráz podobný přeletu tryskového letadla. Ve srovnání s jízdou na volné trati je obvykle významnějším problémem hluk na železničních stanicích.

Letecký hluk způsobuje v posledních letech značné problémy z hlediska hlukové zátěže, a to především v souvislosti se zaváděním tryskových letadel a s rychle rostoucí hustotou letecké dopravy. Hluk je generován zejména turbulencí při míchání plynů z tryskového motoru s okolním vzduchem. Hluková zátěž pro okolí narůstá při startu a přistávání letadla. Vrtulníky jsou také významným zdrojem hluku. [2]

2.6.2 Vibrace

Dalším negativním vlivem dopravy na zdraví člověka a životní prostředí jsou vibrace, které lze charakterizovat jako mechanické kmitání, jenž se šíří v pružném tělese nebo prostředí. Na rozdíl od hluku, který se šíří vzduchem, vibrace jsou na člověka přenášeny převážně z kmitajících částí, dopravních prostředků, sedadel, různých strojů a zařízení apod.

Zdrojem kmitání při dopravě je dopravní prostředek a dopravní cesta. Vibrace tedy vznikají provozem vozidel na nerovné vozovce nebo na kolejích a přenášejí se do okolní zástavby. Vibrace a chvění mají nepříznivý vliv jak na samotné stavby, tak zároveň na člověka. Jsou závislé na konstrukci vozidel, jejich nápravových tlacích, rychlosti a zrychlení, na kvalitě krytu vozovky, na konstrukci a podloží vozovky a v případě kolejové dopravy styků kolejí s podložím. Hlavními zdroji vibrací způsobovaných dopravou je doprava kolejová (železniční, tramvajová), dále pak nákladní automobily s užitečným zatížením přes 5 tun a autobusy. Vibrace staveb jsou způsobovány i přelety tryskových letadel a podzemní drahou, pokud prochází zvodnělým územím. [2] [17]

2.7 Odpady z dopravy

Produkce velkého množství odpadů, které jsou výrazným zdrojem škodlivých látek, se stále zvyšuje v důsledku rostoucího počtu dopravních prostředků a obměny vozového parku. Prioritním problémem v každé vyspělé společnosti je množství odpadu ve formě autovraku. Autovraky jsou složeny až z 80% z recyklovatelných materiálů využitelných jako druhotné suroviny, který mi jsou například kovy nebo plasty. Na jejich skladbě se ale podílí druhy následujících odpadů:

- pneumatiky,
- olověné akumulátory,
- olejové filtry,
- brzdové a nemrznoucí kapaliny,
- součástky obsahující rtuť či PCB³,
- brzdové destičky obsahující azbest⁴,
- a další.[4] [1]



Obrázek 4 Drtící linka (zdroj: <http://www.wmrecycling.com/>)

³ PCB jsou **polychlorované bifenyly** jsou skupinou perzistentních látek vznikajících chlorací bifenyly. jsou chemicky stálé, tepelně odolné, přilnavé a nehořlavé. Zahrnují celkem 209 kongenerů (příbuzných látek) s alespoň 4 navázanými atomy chlóru. [20]

⁴ **Azbest** (též **osinek**) je světlý až tmavozelený minerál ze skupiny silikátů (křemičitanů), jenž se v přírodě vyskytují ve dvou hlavních skupinách a to buď jako amfiboly a nebo jako serpentiny. Typickou vlastností pro azbest je jeho sklon vytvářet dlouhé tenké vláknité struktury, které mají tendenci se odštěpovat po délce. Nebezpečnost azbestu pro lidský organismus tkví v malých rozměrech jeho vláknitých struktur. Ty jsou schopny se dostat do vzduchu a odtud do plic. V plicích se azbest zabodává do plicních komůrek a postupem času okolo nich může vzniknout rakovinné bujení. Jedná se tedy o silně karcinogenní látku. [20]

V České republice se na řešení tohoto problému vztahuje Zákon č. 185/2001 Sb., který definuje autovrak jako každé úplné nebo neúplné motorové vozidlo, určené k provozu na pozemních komunikacích pro přepravu osob, zvířat nebo věcí, jež se stalo odpadem. Každý, kdo se zbavuje autovraku, je povinen jej předat autovrak pouze osobám provozujících zařízení k využívání, odstraňování, sběru nebo výkupu autovraků.

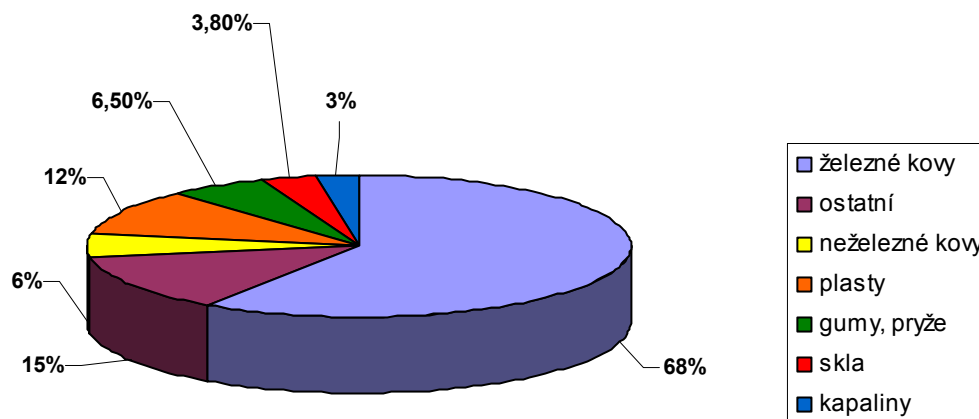
Tento zákon dále stanoví, že autovraky mohou být před využitím nebo odstraněním použity k nácviku záchranných prací.

Dále zákon říká, že před odstraněním autovraků z nich musí být vyjmuty součásti obsahující olovo, rtuť, kadmium a šestimocný chrom a součásti obsahující provozní náplně; tyto součásti musí být odstraněny samostatně nebo využity v souladu se zákonem a prováděcími právními předpisy k němu. Výsledná hmota z drcení autovraku nesmí vykazovat žádné nebezpečné vlastnosti. Za splnění těchto povinností odpovídá provozovatel zařízení k odstraňování autovraků. [17]

V České republice je každoročně vyřazeno z provozu kolem 160 tisíc automobilů a v celé Evropské unii až 9 milionu vozidel., přičemž průměrná hmotnost jednoho automobilu je kolem jedné tuny. [1] [4]

Nejvýznamnějším komponentem vozu jsou železné kovy(ocel a litina), jenž tvoří okolo 62-68 %, kovy neželezné (např. hliník, hořčík, měď) a jejich slitiny pak 3,5-6 %, ostatní komponenty jako např. nátěry, kůže, dřevo, lepenka tvoří 5-15 % hmotnosti autovraku. V současné době se však zvyšuje podíl plastů a tzv. lehkých kovů a to díky technologickému vývoji. [1].

Přehled průměrného materiálového hmotnostního složení automobilu je uvedeno v grafu 4.



Graf 4 Průměrné materiálové hmotnostní složení automobilů.

Oblast nakládání s odpadem je v současné době velmi diskutované téma z důvodu nárůstu počtu registrovaných vozidel a jejich průměrného stáří (13,5 let). Velmi důležitá je proto prevence a minimalizace odpadu, což bude směřovat ke zlepšování stavu životního prostředí. To souvisí s konstrukcí vozidel, které nebudou obsahovat nebezpečné materiály a budou uzpůsobeny k snadné demontáži a třídění. [1]

2.8 Dílčí shrnutí

Mezi nejzávažnější problémy dopravy, a to zejména v důsledku jejich významného rizika pro zdraví člověka, je produkce emisí znečišťující ovzduší. Výfukové plyny jsou příčinou emisí škodlivin z motorů vozidel do volného ovzduší. Nejvýznamnější škodliviny, jež znečišťují ovzduší je možné rozdělit na látky limitované a látky nelimitované.

Znečištění vody je dalším závažným problémem. Povrchové a podzemní vody jsou jedním ze základních surovinových zdrojů, které tvoří důležitou složku životního prostředí a slouží k zabezpečování hospodářských a ostatních celospolečenských potřeb. Proto je nezbytné vody všestranně chránit pro jejich nenahraditelnost a celospolečenský význam.

Znečištění půdy nastává v podstatě třemi způsoby. Jednak dlouhodobým znečištěním, jež je způsobeno běžným silničním provozem, jednak sezónním znečištěním, které

je způsobeno vlivem posypových materiálů užívaných k zimní údržbě komunikací a jednak náhodnými haváriemi, při nichž dochází k úniku látek škodlivých pro životní prostředí.

Doprava má také negativní vliv na flóru a faunu. Mezi podstatné globální ekologické problémy patří zejména snižování biologické rozmanitosti, tj. počtu druhů fauny i flóry. Tato skutečnost souvisí zejména s rozvojem dopravy a se zvýšenou stavební činností pozemních komunikací.

Nadměrný výskyt hluku je jedním z nejzávažnějších faktorů, který negativně působí na zdravotní stav obyvatelstva a vyvolává v lidském organismu řadu nežádoucích reakcí. Zdrojem hluku jsou především pohonné jednotky (motor), a to zejména při nízkých rychlostech vozidla.

Vibrace jsou dalším jevem, jenž negativně působí na zdraví člověka. Hlavními zdroji vibrací je doprava silniční a železniční.

V závěru této kapitoly byl zároveň zmíněn problém odpadů z dopravy. Produkce jejich velkého množství je výrazným zdrojem škodlivých látek. V důsledku rostoucího počtu dopravních prostředků a obměny vozového parku se produkce odpadů ještě zvyšuje.

3 REGRESNÍ MODELY

Tato část diplomové práce obsahuje dva výpočty regresních modelů jednoduché lineární závislosti. První model popisuje závislost průměrného hrubého příjmu na jednoho obyvatele a celkové spotřeby pohonných hmot a druhý model popisuje závislost počtu nákladních a osobních automobilů a celkové spotřeby pohonných hmot. Pro každý model bude následně proveden test významnosti pro parametr b regresní přímky a dále bude aplikován Spearmanův korelační koeficient.

3.1 Teoretické základy regresní analýzy

Jednoduchým modelem lineární regrese je nazýván takový lineární model, kdy **grafem regresní funkce je přímka**, která má tvar

$$\hat{y} = a + bx.$$

Odhady a, b parametrů α, β budou provedeny **metodou nejmenších čtverců**:

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i \cdot y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2}, \quad a = \frac{\sum_{i=1}^n x_i^2 \cdot \sum_{i=1}^n y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n x_i \cdot y_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2}$$

$$\text{neboli } a = \frac{\sum_{i=1}^n y_i - b \cdot \sum_{i=1}^n x_i}{n}.$$

Při zkoumání závislosti hraje podstatnou roli **index determinace**, jenž určuje, jakou část variability sledovaných hodnot je možné vysvětlit daným regresním modelem. Koeficient determinace nabývá hodnot z intervalu $\langle 0,1 \rangle$. Neobjasněná část rozptylu je tím menší, čím lépe vyjadřuje funkce $\hat{y} = a + bx$ závislost náhodné veličiny y na hodnotách x_i , to znamená, čím „blíže“ jsou body (x_i, y_i) , $i = 1, 2, \dots, n$ k přímce $\hat{y} = a + bx$, Pak se index determinace blíží 1.

Index determinace vyjadřuje podíl vysvětlené části rozptylu k celkovému rozptylu, a je dán vztahem

$$I^2 = \frac{S_t}{S_y},$$

kde S_t představuje vysvětlený součet čtverců odchylek charakterizující tu část celkové variability, která je vysvětlitelná regresním modelem. Celkový součet čtverců odchylek vyjadřuje S_y . [10]

Vysvětlený součet čtverců odchylek:

$$S_t = \sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - \bar{Y})^2 = \sum_{i=1}^n (A + Bx_i - \bar{Y})^2 = A \sum_{i=1}^n Y_i + B \sum_{i=1}^n x_i Y_i - \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n Y_i \right)^2$$

Součet čtverců S_e se nazývá **reziduální součet čtverců**:

$$S_e = \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2 = \sum_{i=1}^n (Y_i - A - Bx_i)^2 = \sum_{i=1}^n Y_i^2 - A \sum_{i=1}^n Y_i - B \sum_{i=1}^n x_i Y_i$$

$$\text{Platí } S_y = S_t + S_e = \sum_{i=1}^n (\hat{Y}_i - \bar{Y})^2 + \sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2 .$$

Odhadem parametru σ^2 je charakteristika nazvaná **reziduální rozptyl**:

$$S_{rez}^2 = \frac{S_e}{n-2} . \quad [10]$$

3.2 Regresní model závislosti průměrného hrubého příjmu na jednoho obyvatele a celkové spotřeby pohonných hmot⁵

Nyní bude proveden výpočet regresního modelu jednoduché lineární závislosti, kde celková spotřeba pohonných hmot bude vystupovat jako vysvětlovaná (závislá) proměnná a průměrný hrubý příjem na jednoho obyvatele bude vystupovat jako jediná vysvětlující (nezávislá) proměnná.

Tabulka 9 uvádí výchozí data, na kterých je daný model založen.

Tabulka 9 Regresní model závislosti průměrného hrubého příjmu na jednoho obyvatele a celkové spotřeby pohonných hmot

Rok	Průměrný hrubý příjem na jednoho obyvatele (Kč) = x_i	Celková spotřeba pohonných hmot (tis. t) = y_i
1997	10 802	4 261
1998	11 801	4 486
1999	12 797	4 413
2000	13 614	4 116
2001	14 793	4 403
2002	15 866	4 537
2003	16 917	4 783
2004	18 041	4 989
2005	19 024	5 375
2006	20 506	5 503
2007	21 692	5 744

Zdroj: vlastní

⁵ Spotřeba motorové nafty a benzínu.

Po dosazení byly získány následující koeficienty regresní přímky pro jednoduchou lineární závislost. Ověření správnosti výpočtů bylo provedeno pomocí programu Microsoft Excel.

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i \cdot y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2} = 0,141$$

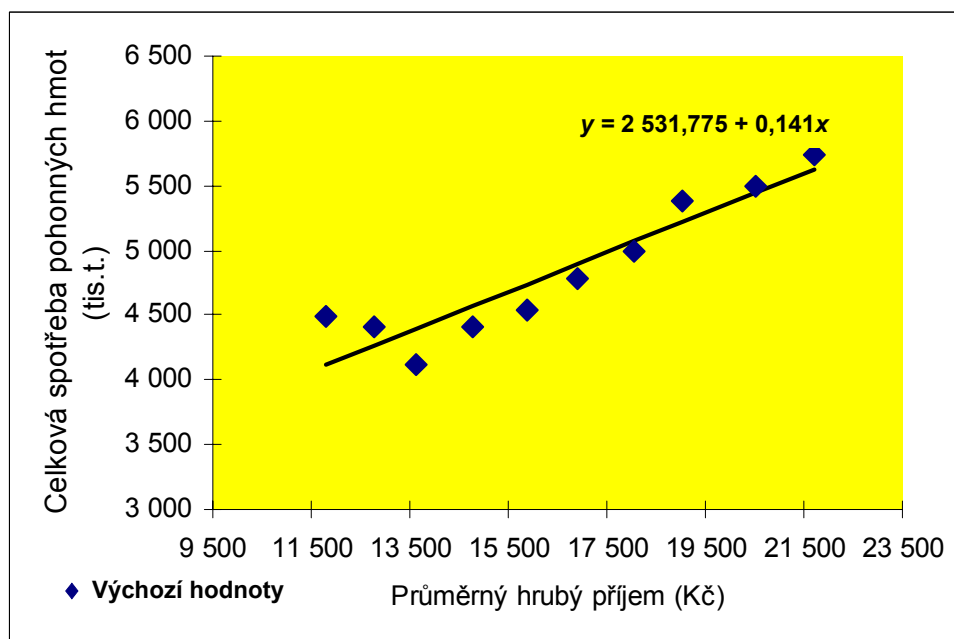
$$a = \frac{\sum_{i=1}^n y_i - b \cdot \sum_{i=1}^n x_i}{n} = 2\,531,775$$

Po dosazení do výše uvedených vzorců, pro výpočet koeficientů a , b při $n = 11$, má odhad regresní přímky tvar:

$$\hat{y} = 2\,531,775 + 0,141x$$

V tomto případě je index determinace $F^2 = 0,857$, tedy téměř **86 %**.

Daná závislost je uvedeným modelem velmi dobře popsána, což také dokazuje graf 5 jednoduché lineární závislosti. Volba obou proměnných byla správně a promyšleně provedena.



Graf 5 Bodový graf závislosti a proložená regresní přímka $y = 2\,531,775 + 0,141x$

S pomocí výše uvedeného modelu lze odhadnout celkovou spotřebu pohonných hmot v roce 2008, kdy se průměrná hrubá mzda na jednoho obyvatele zvýšila na 22 942 Kč.

Po dosazení do rovnice $y = 2\,531,775 + 0,141x$ tedy dostáváme, že se celková spotřeba pohonných hmot podle uvedeného modelu zvýšila na 5 766,6 tisíc tun.

Skutečnou celkovou spotřebu pohonných hmot v roce 2008 však zatím ministerstvo dopravy nezveřejnilo, nemůže tedy být zhodnocena přesnost tohoto modelu. Je však nutné brát vypočítané hodnoty s jistou rezervou, a to z důvodu existence mnoha dalších faktorů, jenž mají přímý i nepřímý vliv na spotřebu pohonných hmot v dopravě.

Podle prognóz analytiků ministerstva financí bude v letošním roce 2009 průměrný hrubý příjem na jednoho obyvatele zvýšen na 23 555 Kč. Zároveň by se tedy celková spotřeba pohonných hmot v tomto roce měla zvýšit, podle uvedeného modelu, dokonce až na 5 853 tisíc tun.

3.2.1 Test významnosti pro parametr b regresní přímky

Pro ověření správnosti tvrzení, že proměnná y (spotřeba pohonných hmot) závisí na proměnné x (příjem na jednoho obyvatele) bude proveden test významnosti pro koeficient b regresní přímky $\hat{y} = 2\,531,775 + 0,141x$.

Je testována hypotéza $H_0 : \beta = \beta_0$ proti alternativní hypotéze $H_1 : \beta \neq \beta_0$.

Testovací kritérium má tvar:
$$T = \frac{B - \beta_0}{S_{rez}} \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} .$$

Za předpokladu platnosti hypotézy H_0 má náhodná veličiny T Studentovo rozdělení pravděpodobností s $n - 2$ stupni volnosti.

Kritická oblast je definována jako množina $W = \{T : |T| > t_{\alpha, n-2}\}$ [10]

Řešení:

Po dosazení do testovacího kritéria dostáváme,

$$T = \frac{0,141}{217,6} \cdot 11354,73 = \underline{\underline{7,36}}$$

Závěr:

Kritická hranice $t_{\alpha, n-2}$ je rovna 2,201, z čehož plyne, že hodnota testovacího kritéria padla do kritické oblasti a hypotéza, že β je rovno nule ($\beta = \beta_0$) můžeme být zamítnuta. Výše uvedené tvrzení se tímto potvrzeno, náhodná veličina y skutečně závisí na náhodné veličině x .

3.2.2 Spearmanův korelační koeficient

Pro hodnocení **těsnosti vztahu náhodných veličin** bude aplikován test s názvem Spearmanův korelační koeficient, jenž lze použít v případě, když nejsou splněny předpoklady normality rozdělení pravděpodobností.

Je testována hypotéza, že X (průměrný hrubý příjem na obyvatele) a Y (celková spotřeba pohonných hmot) jsou nekorelované náhodné veličiny.

Testovací kritérium má tvar: $R_s = 1 - \frac{6}{n \cdot (n^2 - 1)} \sum_{i=1}^n (R_i - Q_i)^2$, kde R_i je pořadí prvků náhodné veličiny X a Q_i náhodné veličiny Y .

Kritická oblast je definována jako množina těch hodnot testovacího kritéria R_s , pro které platí: $W = \{R_s : |R_s| > r_\alpha\}$. [10]

Řešení:

Hladina významnosti $\alpha = 0,05$, $n = 11$.

Pro přehlednost jsou výchozí data uspořádána do nové tabulky:

Rok	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
x_i	10 802	11 801	12 797	13 614	14 793	15 866	16 917	18 041	19 024	20 506	21 692
y_i	4 261	4 486	4 413	4 116	4 403	4 537	4 783	4 989	5 375	5 503	5 744

Nyní následuje určení pořadí pro x_i a y_i . Výsledky jsou uvedeny v tabulce:

Rok	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
r_i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
q_i	2	5	4	1	3	6	7	8	9	10	11
$(r_i - q_i)^2$	1	9	1	9	2	0	0	0	0	0	0

Dosažením do testovacího kritéria dostáváme, že

$$r_s = 1 - \frac{6}{11(11^2 - 1)} \cdot 22 = \underline{\underline{0,9}}.$$

Kritická hodnota $r_\alpha = 0,609$.

Závěr:

Hodnota testovacího kritéria padla do kritické oblasti ($0,609 < 0,900$) a to je důvod k zamítnutí hypotézy H_0 . Platí tedy tvrzení, že mezi náhodnými veličinami X a Y je korelační závislost.

3.3 Regresní model závislosti počtu nákladních a osobních automobilů a spotřeby pohonných hmot

Následuje výpočet regresního modelu jednoduché lineární závislosti, kde celková spotřeba pohonných hmot⁶ (x_i) bude vystupovat jako vysvětlovaná (závislá) proměnná a počet registrovaných osobních a nákladních motorových vozidel v ČR (y_i) bude vystupovat jako jediná vysvětlující (nezávislá) proměnná.

Tabulka 10 Regresní model závislosti počtu nákladních a osobních automobilů a spotřeby pohonných hmot

Rok	Počet nákladních a osobních automobilů = x_i	Celková spotřeba pohonných hmot (tis. t) = y_i
1997	3 638 162	4 261
1998	3 753 237	4 486
1999	3 708 004	4 413
2000	3 714 390	4 116
2001	3 826 203	4 403
2002	3 970 501	4 537
2003	4 046 106	4 783
2004	4 186 984	4 989
2005	4 373 809	5 375
2006	4 576 892	5 503
2007	4 813 997	5 744

Zdroj: vlastní

Po dosazení do již zmíněných vzorců jsou získány následující koeficienty a , b pro jednoduchou lineární závislost. Ověření správnosti výpočtů bylo opět provedeno pomocí programu Microsoft Excel.

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i \cdot y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2} = 0,0014$$

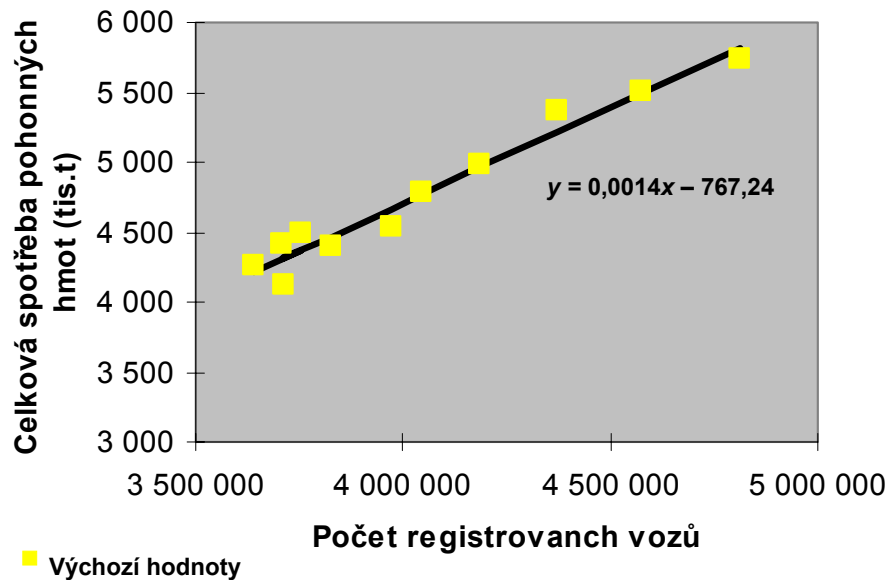
$$a = \frac{\sum_{i=1}^n y_i - b \cdot \sum_{i=1}^n x_i}{n} = - 767,24$$

⁶ Spotřeba motorové nafty a benzínu.

Po dosazení těchto koeficientů má odhad regresní přímky tvar:

$$\hat{y} = 0,0014x - 767,24.$$

V tomto případě je index determinace $I^2 = 0,9599$, tedy téměř **96 %**. Danou závislost velmi dobře vystihuje graf 6 jednoduché lineární regrese.



Graf 6 Bodový graf závislosti a proložená regresní přímka $\hat{y} = 0,0014x - 767,24$

S pomocí výše uvedeného modelu lze odhadnout celkovou spotřebu pohonných hmot ve vybraných letech. K tomu je nutné znát počet registrovaných osobních a nákladních vozů v těchto letech. Proto musel být proveden v programu Microsoft Excel další regresní model jednoduché lineární závislosti, kdy jako nezávisle proměnná y je zvolen počet osobních a nákladních vozů a závisle proměnná x počet let.

Potom má odhad regresní přímky tvar $y = 112\,148,19x - 220\,465\,379,6$. Po dosazení do této přímky dostáváme, že se počet vozů zvýšil v roce 2008 na 4 728 188. V letošním roce se počet zvýší dokonce na 4 840 336 vozů. A jen pro zajímavost v roce 2020 se tento počet bude pohybovat, podle uvedeného modelu, až kolem 6 073 966 registrovaných vozů, což je o 560 741 vozů více než v roce 2009.

Nyní je možné konečně odhadnout celkovou spotřebu pohonných hmot pro rok 2008, 2009 a 2020. Po dosazení do původního odhadu regresní přímky $y = 0,0014x - 767,24$ dostáváme, že v roce 2008 se tato spotřeba pohybovala podle regresního modelu kolem 5 852,22 tis.t, v roce 2009 se bude pohybovat kolem 6009,23 tis.t. a v roce 2020 až kolem 7 736,31 tis.t.

I v tomto případě je model a jím odhadnuté hodnoty brát ve skutečnosti s jistou nepřesností v důsledku působení dalších faktorů, které mají vliv na proměnnou y .

3.3.1 Test významnosti pro parametr b regresní přímky

Stejně jako u předchozího modelu bude analogicky proveden test významnosti pro parametr b regresní přímky $\hat{y} = 0,0014x - 767,24$.

Řešení:

Opět je testována hypotéza $H_0 : \beta = \beta_0$ proti alternativní hypotéze $H_1 : \beta \neq \beta_0$.

Po dosazení do testovacího kritéria dostáváme, že

$$T = \frac{0,0014}{115,33} \cdot 1236248 = \underline{\underline{15,007}}.$$

Závěr:

Kritická hranice $t_{\alpha, n-2}$ je rovna 2,201, z čehož plyne, že hodnota testovacího kritéria padla do kritické oblasti a hypotéza $\beta = \beta_0$ může být zamítnuta. Náhodná veličina y skutečně závisí na náhodné veličině x .

3.3.2 Spearmanův korelační koeficient

Pro hodnocení **těsnosti vztahu náhodných veličin** bude proveden, stejně jako u předchozího regresního modelu, Spearmanův korelační koeficient, jenž lze použít v případě, když nejsou splněny předpoklady normality rozdělení pravděpodobností.

Je testována hypotéza, že X (počet nákladních a osobních automobilů) a Y (celková spotřeba pohonných hmot) jsou nekorelované náhodné veličiny.

Řešení:

Hladina významnosti $\alpha = 0,05$, $n = 11$.

Nyní následuje určení pořadí pro x_i a y_i . Výsledky jsou uvedeny v tabulce:

Rok	Počet nákladních a osobních automobilů x_i	R_i	Celková spotřeba pohonných hmot (tis. t) = y_i	Q_i	$(r_i - q_i)^2$
1997	3 638 162	1	4 261	2	1
1998	3 753 237	4	4 486	5	1
1999	3 708 004	2	4 413	4	2
2000	3 714 390	3	4 116	1	2
2001	3 826 203	5	4 403	3	2
2002	3 970 501	6	4 537	6	0
2003	4 046 106	7	4 783	7	0
2004	4 186 984	8	4 989	8	0
2005	4 373 809	9	5 375	9	0
2006	4 576 892	10	5 503	10	0
2007	4 813 997	11	5 744	11	0

Dosažením do testovacího kritéria je zjištěno, že

$$r_s = 1 - \frac{6}{11(11^2 - 1)} \cdot 14 = \underline{\underline{0,9364}}.$$

Kritická hodnota $r_\alpha = 0,609$.

Závěr:

Hodnota testovacího kritéria padla do kritické oblasti ($0,609 < 0,9364$) a to je důvod k zamítnutí hypotézy H_0 . Mezi náhodnými veličinami X a Y je korelační závislost.

3.4 Dílčí shrnutí

V této části diplomové práce byly provedeny dva výpočty regresních modelů jednoduché lineární závislosti a následně bylo provedeno ověření souvisejících hypotéz.

První model jednoduché lineární regrese popisoval závislost průměrného hrubého příjmu na jednoho obyvatele (x - nezávisle proměnná) a celkové spotřeby pohonných hmot (y - závisle proměnná). Odhad regresní přímky má v tomto případě tvar $y = 2\,531,775 + 0,141x$ a index determinace je roven téměř 86 %. Díky tomuto modelu byla odhadnuta celková spotřeba pohonných hmot v roce 2008 a 2009.

Druhý model jednoduché lineární regrese popisoval závislost počtu nákladních a osobních vozů (x - nezávisle proměnná) a celkové spotřeby pohonných hmot (y - závisle proměnná). V tomto případě má odhad regresní přímky tvar $y = 0,0014x - 767,24$ a index determinace je roven dokonce 96 %. Opět byla odhadnuta celková spotřeba pohonných hmot v roce 2008, 2009 a jen pro zajímavost také v roce 2020. V každém modelu se odhad spotřeby pohonných hmot (nezávisle proměnná y) v letech 2008 a 2009 velmi lišil, což bylo způsobeno především výchozími daty.

Oba modely velmi dobře vystihuje následný bodový graf závislosti s proloženou regresní přímkou.

Na závěr kapitoly byl pro každý model proveden test významnosti pro parametr b regresní přímky, kde byla testována nulová hypotéza, že parametr b je roven nule. Hodnota testovacího kritéria padla v obou případech do kritické oblasti, proto byla nulová hypotéza zamítnuta. Dále byl pro každý model aplikován Spearmanův korelační koeficient, jenž je vhodný pro hodnocení těsnosti vztahu náhodných veličin. Zde byla testována nulová hypotéza, že X a Y jsou nekorelované náhodné veličiny. V obou případech padla hodnota testovacího kritéria do kritické oblasti, proto byla nulovou hypotézu opět zamítnuta. Náhodné veličiny X a Y jsou tedy korelované.

4 VÝPOČET POMĚRNÝCH ČÍSEL

Poslední a zároveň nejnáročnější část práce je zaměřena na výpočet, zhodnocení a grafické vyjádření poměrných čísel v letech 1997 až 2007 pro spotřebu energie v dopravě železniční, silniční, letecké, pro spotřebu pohonných hmot a také pro celkové emise CO₂, CO, NO_x a těkavých organických látek. Navíc jsou zde pro každou skupinu poměrných čísel provedeny odhady koeficientů regresní přímky, pomocí nichž bude odhadnut vývoj v letech 2008, 2009, 2010, 2015, 2020. Zároveň bude u každé skupiny sestaven bodový graf závislosti s proloženou regresní přímkou.

V této kapitole bude dále proveden Friedmanův test, jenž testuje hypotézu, že hodnoty spotřeby energie pro dopravu železniční, silniční a leteckou jsou shodné, tedy, že se jejich střední hodnoty rovnají.

Na úplný závěr bude aplikován dvouvýběrový Wilcoxonův test, díky kterému bude testována hypotéza, že hodnoty spotřeby motorového benzinu a nafty mají stejné střední hodnoty, tedy, že jsou shodné.

4.1 Spotřeba energie

V posledních letech spotřeba energie velmi roste, což je důsledkem nárůstu počtu vozidel a jejich kilometrických proběhů. Největší růst spotřeby energie je patrný u individuální automobilové dopravy, silniční nákladní dopravy a letecké dopravy. Naopak spotřebované energie výrazně klesá u dopravy železniční a vodní. Tento fakt je způsoben preferencí silniční nákladní dopravy u zákazníků. Spotřeba energie je úměrně závislá na spotřebě pohonných hmot, jejíž prodej se v posledních letech téměř dvojnásobil. U motorové nafty byl zaznamenán nejvýznamnější nárůst prodeje, což souvisí jednak s významným nárůstem nákladní dopravy a jednak s rostoucí oblibou naftových osobních vozidel v individuální automobilové dopravě. [1]

Pro sledování a popis dynamiky spotřeby energie v jednotlivých druzích dopravy za sledované období 1997 - 2007 bude využito vlastností vývojových poměrových čísel, která jsou níže popsána.

- a) L_i tj. bazické poměrné číslo charakterizující celkový vývoj spotřeby energie ke stejnému základu – bázi (rok 1997). Tento vývoj je vyjádřen v procentech.
- b) K_i tj. tempo růstu či poklesu spotřeby energie, a to vždy pro i -té srovnávané období s $i-1$ období (předchozí období). Tento vývoj je rovněž vyjádřen v procentech.
- c) Δ tj. absolutní přírůstek, který stanovuje absolutní hodnotu přírůstku či úbytku spotřeby energie daného i -tého období k období předcházejícímu ($i-1$ období).
- d) l_i tj. bazický poměrný přírůstek, který stanovuje kolikrát bylo menší či větší spotřebované množství energie v i -tém srovnávaném období oproti bázi, tedy oproti výchozímu období.
- e) k_i tj. tempo poměrového přírůstku jež charakterizuje kolikrát bylo menší či větší spotřebované množství energie v i -tém srovnávaném období oproti $i-1$ období čili období předcházejícímu.

* Železniční doprava

Tabulka 11 Výpočet poměrných čísel spotřeby energie v železniční dopravě

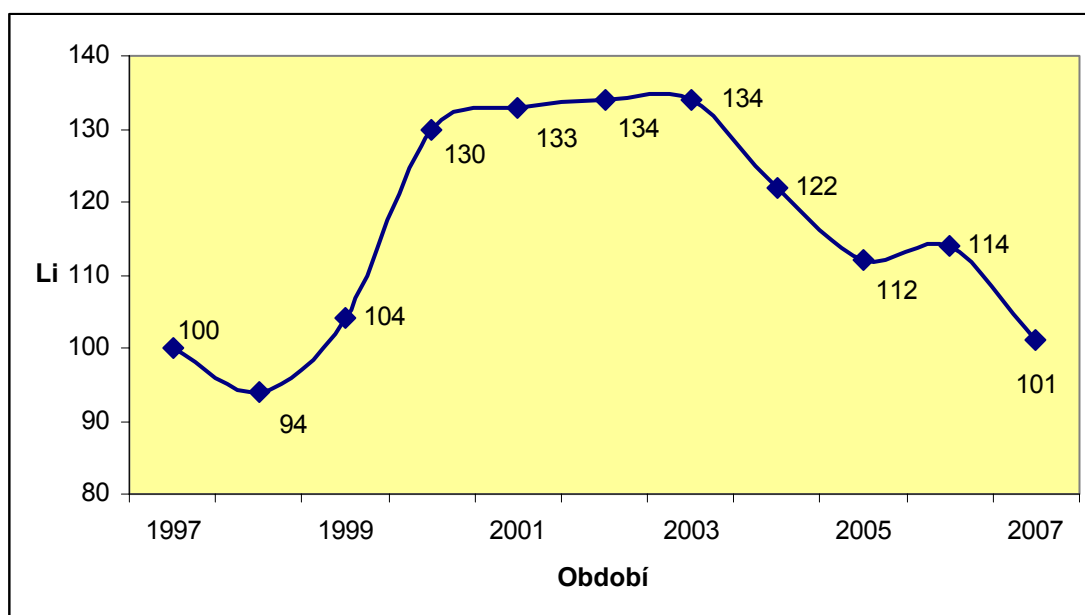
Období	Spotřeba energie celkem (TJ ⁷)	L _i	K _i	Δ	l _i	k _i
1997	10 945,00	100				
1998	10 305,20	94	94	-639	-0,06	-0,06
1999	11 364,60	104	110	1059	0,1	0,1
2000	14 260,40	130	125	2896	0,26	0,25
2001	14 578,60	133	102	318	0,03	0,02
2002	14 630,30	134	100	52	0	0
2003	14 635,10	134	100	5	0	0
2004	13 387,40	122	91	-1248	-0,11	-0,09
2005	12 222,20	112	91	-1165	-0,11	-0,09
2006	12 527,10	114	102	305	0,03	0,02
2007	11 033,90	101	88	-1493	-0,14	-0,12

Zdroj: vlastní

V současné době nejsou zatím učiněna žádná opatření pro snížení spotřeby energie v železniční dopravě. Strojvedoucí obvykle řídí železniční soupravu podle rychlostní tabulky, která většinou definuje doporučenou rychlost v závislosti na již uražené vzdálenosti. Nicméně k těmto změnám v rychlosti dochází bohužel bez ohledu na úsporu energie. Například strojvedoucí ostře brzdí bezprostředně před tunelem místo regeneračního brzdění od vhodné vzdálenosti od tunelu. Aby se ušetřila energie, klíčovou informací je poloha soupravy vzhledem k jejímu okolí. [5]

Z výše uvedené tabulky 11 vyplývá, že nejvyšší spotřeba energie v železniční dopravě byla zaznamenána v letech 2001, 2002 a 2003, kdy se pohybovala kolem 14 600 TJ. Největší skok byl v roce 2000, kdy se spotřeba energie zvýšila o 2 896 TJ, tedy o 25 %. Vývojovou linii trendu nám přehledně zobrazuje graf 7.

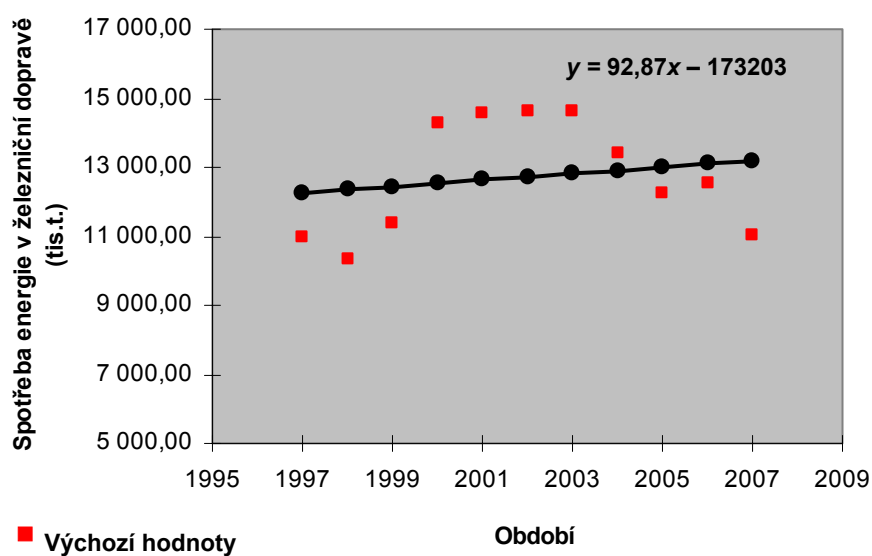
⁷ TJ = terra joule



Graf 7 Vývojový trend spotřeby energie v železniční dopravě

Regresní přímka modelu jednoduché lineární závislosti má tvar $y = 92,87x - 173203$, kde spotřeba energie železniční dopravy vystupuje jako závisle proměnná (y) a jednotlivé roky vystupují jako nezávisle proměnná (x). Index determinace je roven 0,034.

Na grafu 8 je zachycen vývojový trend spotřeby energie v železniční dopravě a proložená regresní přímka.



Graf 8 Bodový graf závislosti a proložená regresní přímka $y = 92,87x - 173203$

Po dosazení vybraných let do výše uvedené rovnice jsou zjištěny hodnoty spotřeby energie následující:

Tabulka 12 Odhad hodnot ve vybraných letech pro spotřebu energie v železniční dopravě

Rok	Spotřeba energie v železniční dopravě (TJ)
2008	13 274
2009	13 367
2010	13 460
2015	13 924
2020	14 388

Zdroj: vlastní

Z tabulky je patrné, že se spotřeba energie v železniční dopravě bude podle regresního modelu vyvíjet v neustále se zvyšujícím trendu.

* Silniční doprava

Tabulka 13 Výpočet poměrných čísel spotřeby energie v silniční dopravě

Období	Spotřeba energie celkem (TJ)	L_i	K_i	Δ	l_i	k_i
1997	17 144,80	100				
1998	18 939,20	110	110	1794	0,1	0,1
1999	17 812,70	104	94	-1127	-0,07	-0,06
2000	21 495,20	125	121	3683	0,21	0,21
2001	20 451,80	119	95	-1043	-0,06	-0,05
2002	21 751,60	127	106	1300	0,08	0,06
2003	21 517,00	126	99	-235	-0,01	-0,01
2004	23 185,70	135	108	1669	0,1	0,08
2005	26 576,30	155	115	3391	0,2	0,15
2006	30 274,10	177	114	3698	0,22	0,14
2007	31 023,30	181	102	749	0,04	0,02

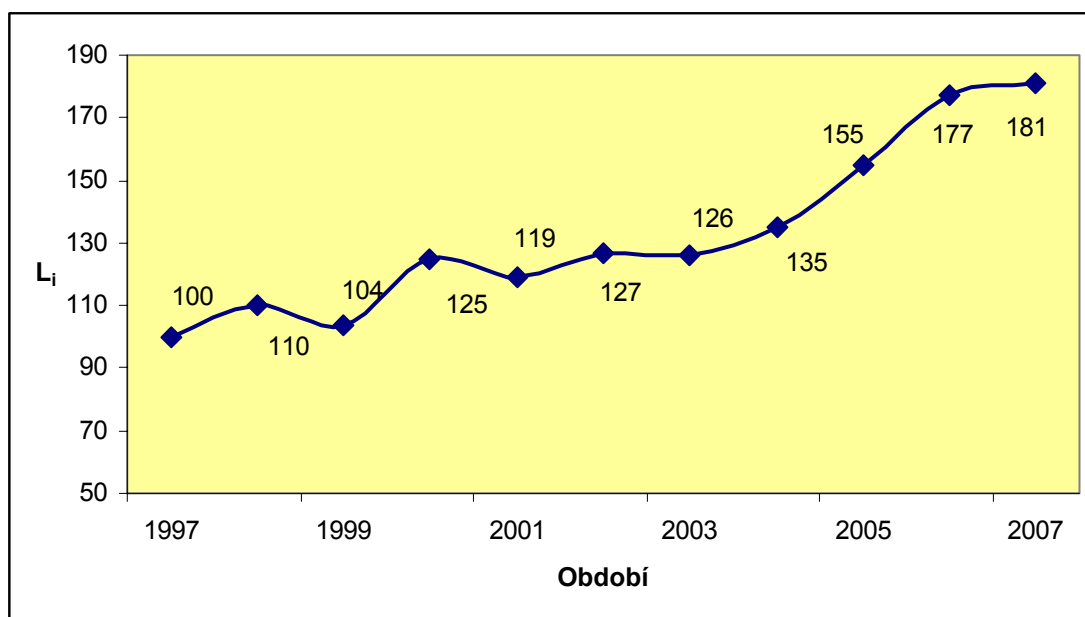
Zdroj: vlastní

V současnosti hraje silniční doprava hlavní úlohu v přepravě osob i nákladů, zejména na krátké a střední vzdálenosti. Oproti železnici má výhodu větší operativnosti a dostupnosti, nevýhodou je nižší stupeň organizace jejího provozu, vyšší negativní vliv na životní prostředí

a zejména nízká bezpečnost dopravy. Přesto silniční dopravě patří rozhodující část přepravního trhu ve většině vyspělých zemí, hlavně v sektoru nákladní dopravy.

Spotřeba energie u silniční dopravy postupně celkově vzrostla o 81 %, jak uvádí tabulka 10. Nejvyšší nárůst byl zaznamenán v roce 2006, kdy se spotřeba energie zvýšila o 3 698 TJ, tedy o 22 %.

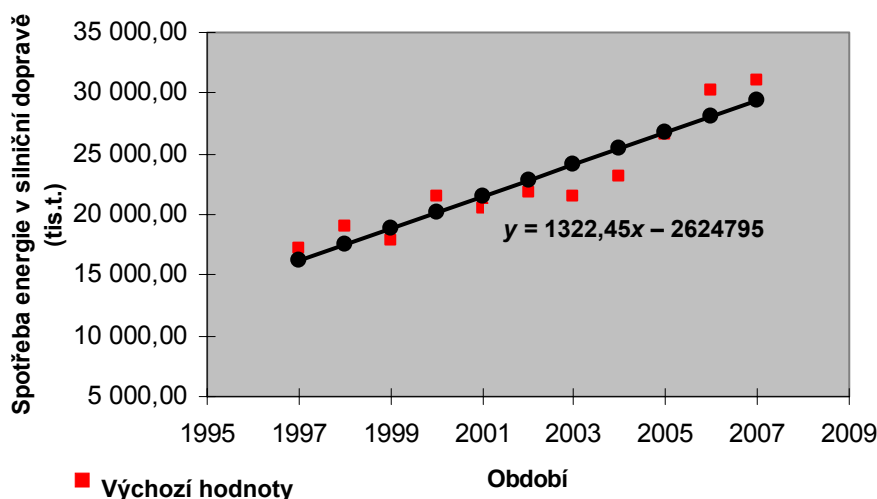
Vývojový trend spotřeby energie v silniční dopravě znázorňuje graf 9.



Graf 9 Vývojový trend spotřeby energie v silniční dopravě

Regresní přímka modelu jednoduché lineární závislosti má tvar $y = 1322,45x - 2624795$, kde spotřeba energie silniční dopravy vystupuje jako závisle proměnná (y) a jednotlivé roky vystupují jako nezávisle proměnná (x). Index determinace je roven 0,88.

V grafu 10 je zachycen vývojový trend spotřeby energie v silniční dopravě a proložená regresní přímka.



Graf 10 Bodový graf závislosti a proložená regresní přímka $y = 1\,322,45x - 2\,624\,795$

Po dosazení vybraných let do výše uvedené rovnice jsou zjištěny následující hodnoty spotřeby energie:

Tabulka 14 Odhad hodnot ve vybraných letech pro spotřebu energie v silniční dopravě

Rok	Spotřeba energie v silniční dopravě (TJ)
2008	30 677,56
2009	32 000,01
2010	33 322,45
2015	39 934,68
2020	46 546,92

Zdroj: vlastní

Z tabulky 14 je patrné, že se spotřeba energie v silniční dopravě bude podle regresního modelu vyvíjet v neustále se zvyšujícím trendu. **Je však nutné brát vypočítané hodnoty s jistou rezervou, a to z důvodu existence mnoha dalších faktorů, jenž mají přímý i nepřímý vliv na spotřebu energie v silniční dopravě. Tento fakt je nutné brát v úvahu i při následujících výpočtech.**

* Letecká doprava

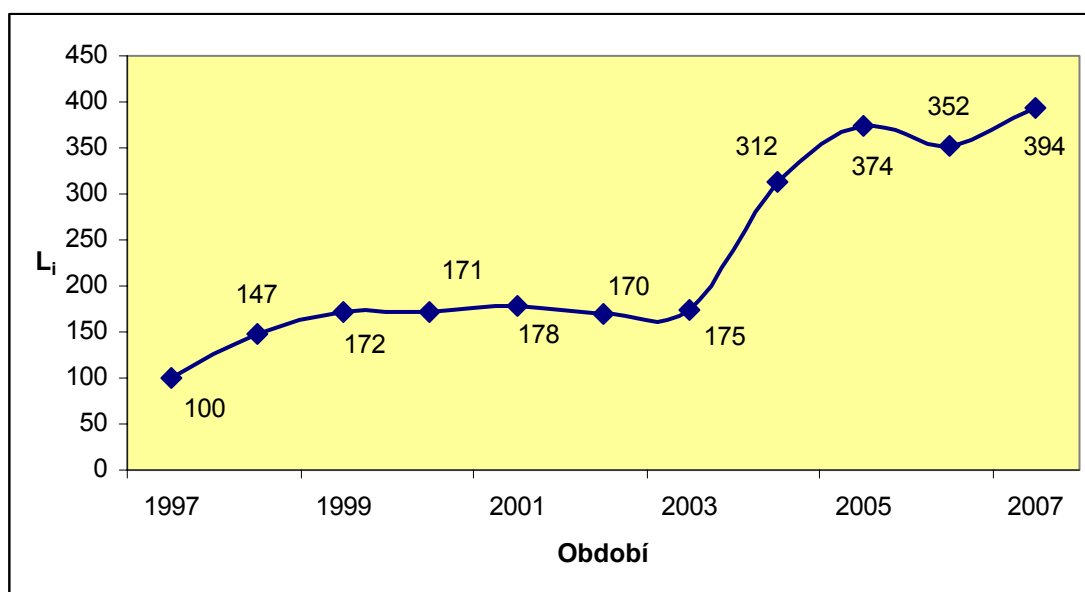
Tabulka 15 Výpočet poměrných čísel spotřeby energie v letecké dopravě

Období	Spotřeba energie celkem (TJ)	L_i	K_i	Δ	l_i	k_i
1997	4 982,00	100				
1998	7 340,30	147	147	2359	0,47	0,47
1999	8 575,30	172	117	1235	0,25	0,17
2000	8 515,50	171	99	-60	-0,01	-0,01
2001	8 858,40	178	104	343	0,07	0,04
2002	8 485,60	170	96	-373	-0,07	-0,04
2003	8 727,20	175	103	242	0,05	0,03
2004	15 555,60	312	178	6828	1,37	0,78
2005	18 654,00	374	120	3098	0,62	0,2
2006	17 543,60	352	94	-1110	-0,22	-0,06
2007	19 610,00	394	112	2066	0,41	0,12

Zdroj: vlastní

Z tabulky 15 je zřejmé, že spotřeba energie v letecké dopravě neustále rapidně stoupá. Od roku 1997 do roku 2007 vrostla o neuvěřitelných 294 %. Největší skokový nárůst byl zaznamenán v roce 2004, kdy se spotřeba energie zvýšila o 6 828 TJ, tedy o 137 %. Tento skok je zároveň patrný z vývojového trendu v grafu 11.

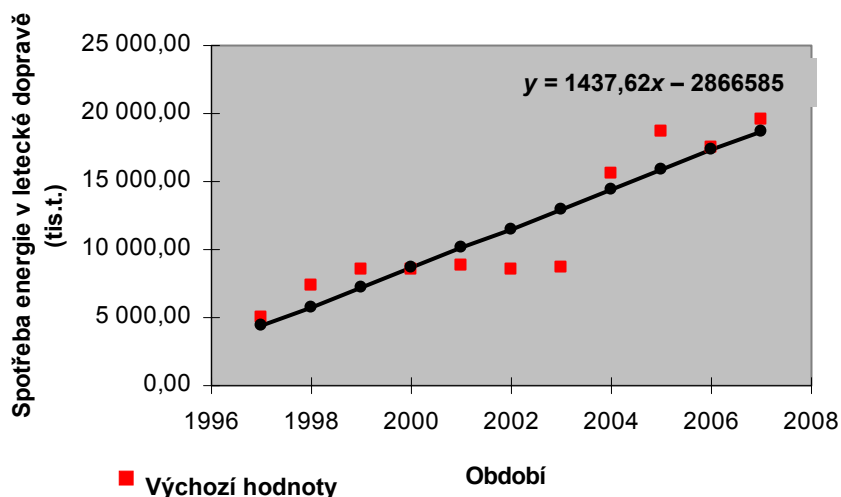
Poptávka po letecké dopravě bude i nadále pravděpodobně stoupat a proto se spotřeba energie bude dále zvyšovat.



Graf 11 Vývojový trend spotřeby energie v letecké dopravě

Regresní přímka modelu jednoduché lineární závislosti má tvar $y = 1437,62x - 2866585$, kde spotřeba energie letecké dopravy vystupuje jako závisle proměnná (y) a jednotlivé roky vystupují jako nezávisle proměnná (x). Index determinace je roven 0,84.

V grafu 12 je zachycen vývojový trend spotřeby energie v letecké dopravě a proložená regresní přímka.



Graf 12 Bodový graf závislosti a proložená regresní přímka $y = 1\,437,62x - 2\,866\,585$

Po dosazení vybraných let do výše uvedené rovnice jsou zjištěny hodnoty spotřeby energie následující:

Tabulka 16 Odhad hodnot ve vybraných letech pro spotřebu energie v letecké dopravě

Rok	Spotřeba energie v letecké dopravě (TJ)
2008	20 157,32
2009	21 594,94
2010	23 032,56
2015	30 220,66
2020	37 408,77

Zdroj: vlastní

Z tabulky 16 je patrné, že se spotřeba energie v silniční dopravě bude podle regresního modelu vyvíjet v neustále se zvyšujícím trendu.

4.1.1 Friedmanův test

Nyní bude proveden Friedmanův test, pomocí kterého bude ověřeno, že hodnoty spotřeby energie v dopravě silniční, železniční a letecké jsou různé, a tedy že výpočty v kapitole 4.1 byly smysluplné.

Friedmanův test je rozšířením Wilcoxonova jednovýběrového testu na případ tří a více výběrů. Jedná se o zobecnění dvojfaktorové analýzy rozptylu s jedním pozorováním v každé podtřídě. Friedmanův test nepředpokládá výběry z normálního rozdělení a shodu rozptylů ve skupinách, předpokládá pouze spojitost rozdělení.

Důležitý je zde předpoklad, že $Y_{ij}, i = 1, \dots, I; j = 1, \dots, J$ jsou nezávislé náhodné veličiny se spojitými distribučními funkcemi F_{ij} . Hypotéza, že distribuční funkce náhodných veličin $Y_{i1}, Y_{i2}, \dots, Y_{ik}$ jsou totožné, znamená, že distribuční funkce F_{ij} náhodné veličiny Y_{ij} nezávisí na j (čili že rozdělení pravděpodobností základních souborů jsou identická).

Testovací kritérium Q má tvar:

$$Q = \frac{12}{IJ(J+1)} \cdot \sum_{j=1}^J \left(\sum_{i=1}^I R_{ij} \right)^2 - 3I(J+1)$$

Za předpokladu platnosti testované hypotézy má náhodná veličina Q při $n \rightarrow \infty$ asymptoticky χ^2 rozdělení s $J - 1$ stupni volnosti.

Kritická oblast je vyjádřena vztahem $W = \{Q; Q > \chi_{J-1, \alpha}^2\}$.

Pro malé hodnoty I, J je vhodné hledat kritickou hodnotu v tabulkách kritických hodnot Friedmanova testu. [10]

V tabulce 17 jsou uvedeny hodnoty spotřeby energie v tisících tunách pro dopravu železniční, silniční a leteckou.

Tabulka 17 Výchozí data pro Friedmanův test

Období	Spotřeba energie (TJ)		
	železniční doprava	silniční doprava	letecká doprava
1997	10 945,00	17 144,80	4 982,00
1998	10 305,20	18 939,20	7 340,30
1999	11 364,60	17 812,70	8 575,30
2000	14 260,40	21 495,20	8 515,50
2001	14 578,60	20 451,80	8 858,40
2002	14 630,30	21 751,60	8 485,60
2003	14 635,10	21 517,00	8 727,20
2004	13 387,40	23 185,70	15 555,60
2005	12 222,20	26 576,30	18 654,00
2006	12 527,10	30 274,10	17 543,60
2007	11 033,90	31 023,30	19 610,00

Řešení:

Na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ je testována hypotéza, že hodnoty spotřeby energie pro dopravu železniční, silniční a leteckou jsou shodné, tedy, že se jejich střední hodnoty rovnají.

Nyní budou vyšetřeny hodnoty spotřeby energie pro každý druh dopravy. Každá hodnota, bude nahrazena pořadím a zároveň budou vypočítané součty pro jednotlivé druhy dopravy (viz. tabulka 18)

Tabulka 18 Určené pořadí pro hodnoty spotřeby energie

Období	Spotřeba energie		
	železniční doprava	silniční doprava	letecká doprava
1997	2	3	1
1998	2	3	1
1999	2	3	1
2000	2	3	1
2001	2	3	1
2002	2	3	1
2003	2	3	1
2004	1	3	2
2005	1	3	2
2006	1	3	2
2007	1	3	2
R_j	$\sum 18$	$\sum 33$	$\sum 15$

Následuje výpočet testovacího kritéria Q , přičemž $I = 11$, $J = 3$.

$$Q = \frac{12}{11 \cdot 3(3+1)} \cdot (18^2 + 33^2 + 15^2) - 3 \cdot 11(3+1) = 148,909 - 132 = \underline{\underline{16,909}}$$

Kritická hodnota pro $\alpha = 0,05$, $I = 11$, $J = 3$ je rovna **6,545**.

Závěr:

Hodnota testovacího kritéria padla do kritické oblasti, proto může být hypotéza, že hodnoty spotřeby energie pro dopravu železniční, silniční a leteckou jsou shodné, zamítnuta.

4.2 Spotřeba pohonných hmot v dopravě

Pro sledování a popis dynamiky spotřeby pohonných hmot v jednotlivých druzích dopravy za sledované období 1997 – 2007 budou využity analogicky vlastnosti vývojových poměrových čísel, která byla v podkapitole 4.1 popsána.

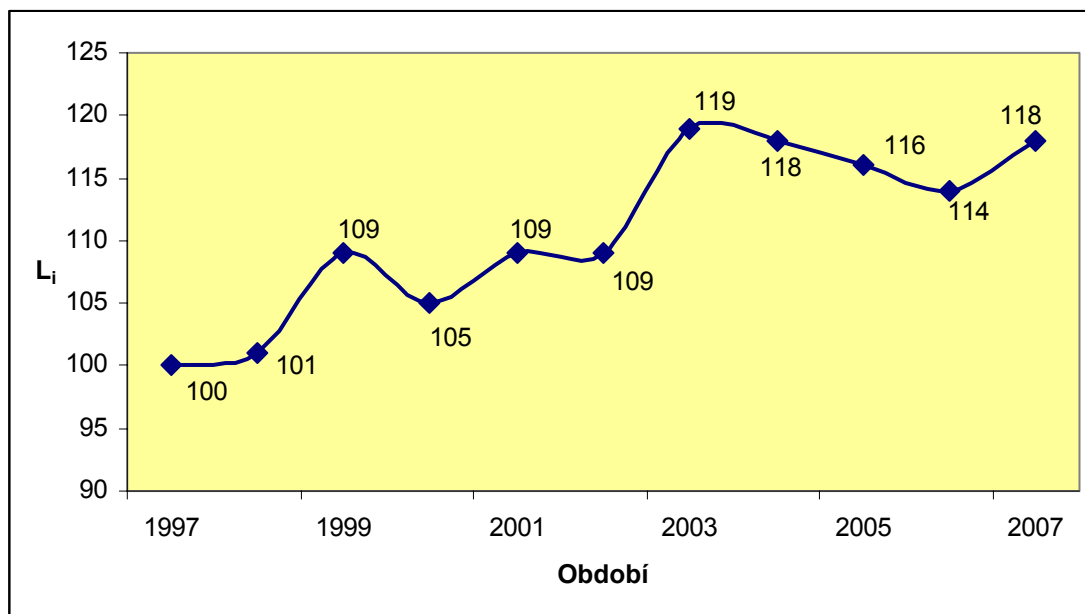
* Motorový benzin

Tabulka 19 Výpočet poměrných čísel spotřeby motorového benzínu

období	Spotřeba motorového benzínu (tis. t)	L_i	K_i	Δ	l_i	k_i
1997	1 760	100				
1998	1 783	101	101	23	0,01	0,01
1999	1 924	109	108	141	0,08	0,08
2000	1 845	105	96	-79	-0,04	-0,04
2001	1 925	109	104	80	0,05	0,04
2002	1 926	109	100	1	0	0
2003	2 088	119	108	162	0,09	0,08
2004	2 080	118	100	-8	0	0
2005	2 042	116	98	-38	-0,02	-0,02
2006	1 999	114	98	-43	-0,02	-0,02
2007	2 078	118	104	79	0,04	0,04

Zdroj: vlastní

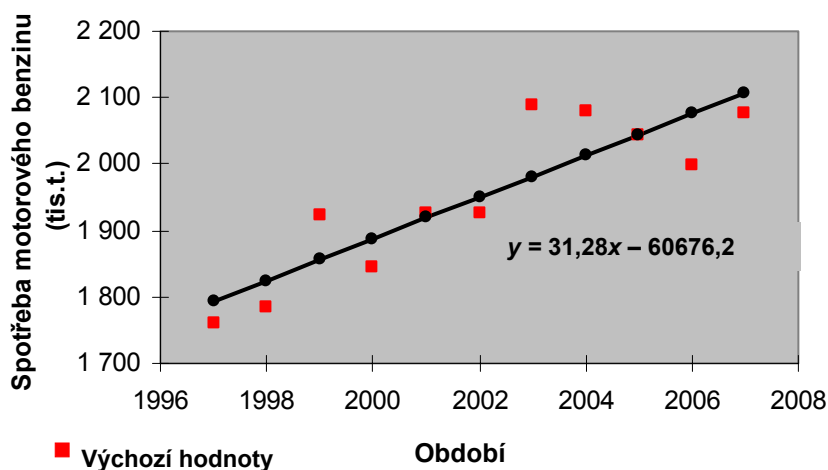
Spotřeba motorového benzínu stále roste stejně jako počet automobilů registrovaných na našem území. Za sledované období celkově vrostla o 18 %. Následující graf 13 zachycuje vývojovou linii této spotřeby motorového benzínu. Největší skok je zřejmý v roce 2003, kdy spotřeba vzrostla o 9 % oproti předchozímu období. V následujících letech docházelo opětovnému zvyšování spotřeby a v roce 2006 byl zaznamenán mírný pokles a to o 2 %.



Graf 13 Vývojový trend spotřeby motorového benzínu

Regresní přímka modelu jednoduché lineární závislosti má tvar $y = 31,28x - 60676,2$, kde spotřeba motorového benzínu vystupuje jako závisle proměnná (y) a jednotlivé roky vystupují jako nezávisle proměnná (x). Index determinace je roven 0,77.

Grafu 14 ukazuje vývojový trend spotřeby motorového benzínu a proloženou regresní přímku.



Graf 14 Bodový graf závislosti a proložená regresní přímka $y = 31,28x - 60\ 676,2$

Po dosažení vybraných let do výše uvedené rovnice jsou zjištěny hodnoty spotřeby benzínu následující:

Tabulka 20 Odhad hodnot ve vybraných letech pro spotřebu motorového benzínu

Rok	Spotřeba motorového benzínu (tis.t.)
2008	2 137,69
2009	2 168,97
2010	2 200,26
2015	2 356,66
2020	2 513,07

Zdroj: vlastní

Z tabulky 20 je patrné, že se spotřeba motorového benzínu bude podle regresního modelu vyvíjet v neustále se zvyšujícím trendu.

* Motorová nafta

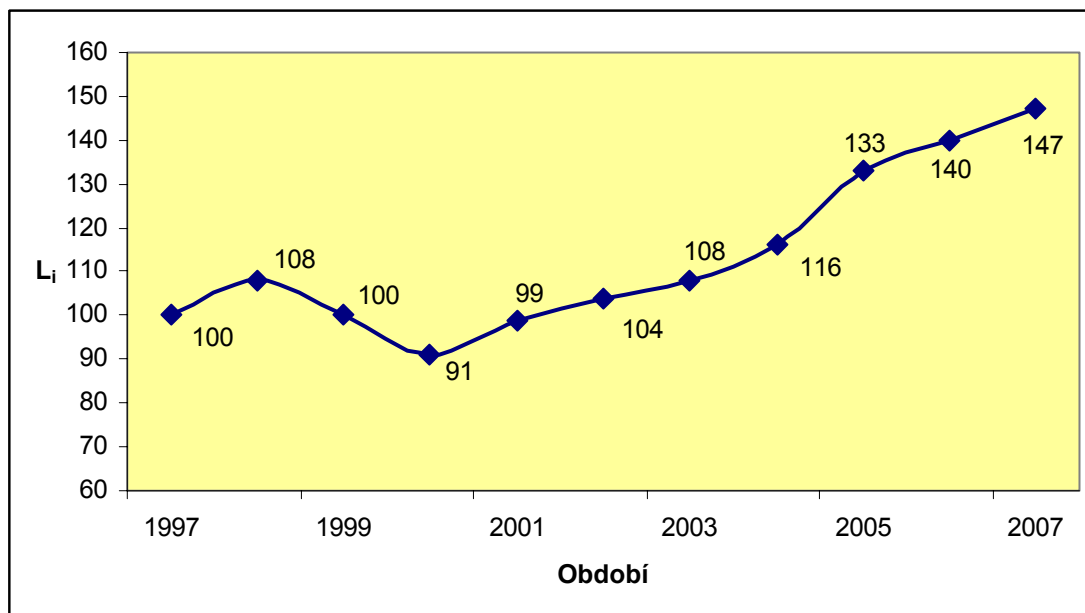
Tabulka 21 Výpočet poměrných čísel spotřeby motorové nafty

období	Spotřeba motorové nafty (tis. t)	L_i	K_i	Δ	l_i	k_i
1997	2 501	100				
1998	2 703	108	108	202	0,08	0,08
1999	2 489	100	92	-214	-0,09	-0,08
2000	2 271	91	91	-218	-0,09	-0,09
2001	2 478	99	109	207	0,08	0,09
2002	2 611	104	105	133	0,05	0,05
2003	2 695	108	103	84	0,03	0,03
2004	2 909	116	108	214	0,09	0,08
2005	3 333	133	115	424	0,17	0,15
2006	3 504	140	105	171	0,07	0,05
2007	3 666	147	105	162	0,06	0,05

Zdroj: vlastní

Spotřeba motorové nafty se zvýšila o něco více než spotřeba motorového benzínu, která byla popsána výše. Spotřeba motorové nafty se za sledovaná období zvýšila celkově o 47 %. Hlavní příčinou je neustále se rozšiřující sektor nákladní dopravy.

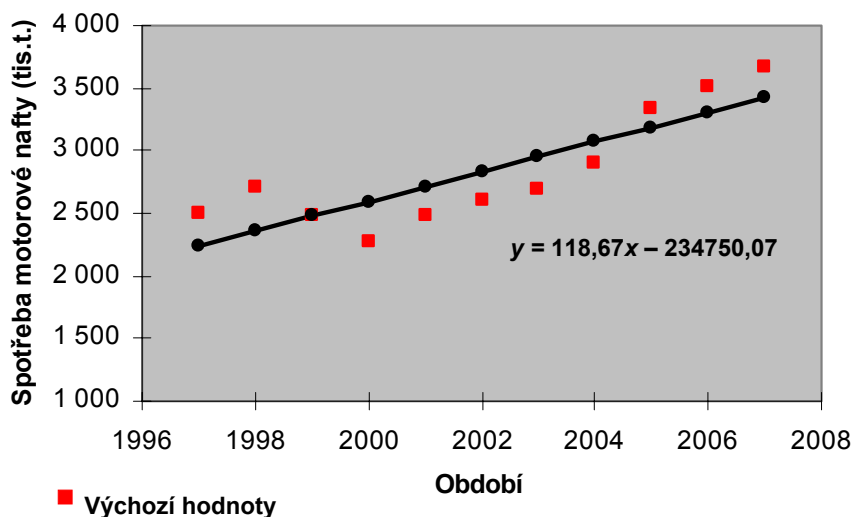
V roce 2000 byl zaznamenán mírný pokles spotřeby motorové nafty, oproti předchozímu období a to o 9 %. Od roku 2001 následuje neustále vzrůstající vývojový trend spotřeby, jak můžeme vidět na následujícím grafu 15.



Graf 15 Vývojový trend spotřeby motorové nafty

Regresní přímka modelu jednoduché lineární závislosti má tvar $y = 118,67x - 234750,07$, kde spotřeba motorové nafty vystupuje jako závisle proměnná (y) a jednotlivé roky vystupují jako nezávisle proměnná (x). Index determinace je roven 0,72.

V grafu 16 je zachycen vývojový trend spotřeby motorové nafty a proložená regresní přímka.



Graf 16 Bodový graf závislosti a proložená regresní přímka $y = 118,67x - 234\,750,07$

Po dosazení vybraných let do výše uvedené rovnice jsou zjištěny hodnoty spotřeby nafty následující:

Tabulka 22 Odhad hodnot ve vybraných letech pro spotřebu motorové nafty

Rok	Spotřeba motorové nafty (tis.t.)
2008	3 544,76
2009	3 663,44
2010	3 782,11
2015	4 375,47
2020	4 968,84

Zdroj: vlastní

Z tabulky 22 je patrné, že se spotřeba motorové nafty bude podle regresního modelu vyvíjet v neustále se zvyšujícím trendu.

4.2.1 Wilcoxonův dvouvýběrový test

Nyní následuje provedení dvouvýběrového Wilcoxonova testu, díky kterému bude ověřeno, že hodnoty spotřeby motorové nafty a motorového benzínu nejsou shodné. Jsou, a tedy že výpočty v kapitole 4.2 byly smysluplné.

Jedná se o test neparametrický, který nevyžaduje předpoklad o konkrétním typu rozdělení pravděpodobností.

Nechť (X_1, X_2, \dots, X_m) a (Y_1, Y_2, \dots, Y_n) jsou dva nezávislé výběry vytvořené ze základních souborů X a Y se spojitým rozdělením pravděpodobností. Testuje se hypotéza, že distribuční funkce obou rozdělení pravděpodobností jsou totožné.

Pro výpočet testovacího kritéria je nutné znát jednak součet pořadí hodnot X_1, X_2, \dots, X_m , který značíme T_1 , tak i součet pořadí hodnot Y_1, Y_2, \dots, Y_n , který bude značen T_2 .

Testovací kritérium má tvar: $U = \min(U_1 + U_2)$.

Je dáno, že je $U_1 = m \cdot n + \frac{m(m+1)}{2} - T_1$, $U_2 = m \cdot n + \frac{n(n+1)}{2} - T_2$.

Kritická oblast je definována vztahem: $W = \{U : U \leq w_{\alpha, m, n}\}$. [10]

V tabulce 23 jsou uvedeny hodnoty spotřeby motorového benzínu a motorové nafty.

Tabulka 23 Výchozí hodnoty pro dvouvýběrový Wilcoxonův test

Období	Spotřeba (tis.t.)	
	Motorový benzin	Motorová nafta
1997	1 760	2 501
1998	1 783	2 703
1999	1 924	2 489
2000	1 845	2 271
2001	1 925	2 478
2002	1 926	2 611
2003	2 088	2 695
2004	2 080	2 909
2005	2 042	3 333
2006	1 999	3 504
2007	2 078	3 666

Zdroj: vlastní

Řešení:

Na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ bude testována hypotéza, že jsou hodnoty spotřeby motorového benzínu a motorové nafty shodné, tedy, že se jejich střední hodnoty rovnají.

X_i - spotřeba motorového benzínu

Y_i - spotřeba motorové nafty

$m = 11, n = 11$

Všechny $n + m$ ($n + m = 22$) výběrových hodnot budou uspořádány vzestupně podle velikosti a bude určeno jejich pořadí. Červeně je označena spotřeba motorového benzínu, černě motorové nafty.

1760	1783	1845	1924	1925	1926	1999	2042	2078	2080	2088
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2271	2478	2489	2501	2611	2695	2703	2909	3333	3504	3666
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22

Součet pořadí prvního výběru:

$$T_1 = 1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6 + 7 + 8 + 9 + 10 + 11 = 66$$

Součet pořadí druhého výběru:

$$T_2 = 12 + 13 + 14 + 15 + 16 + 17 + 18 + 19 + 20 + 21 + 22 = 187$$

$$U_1 = 11 \cdot 11 + \frac{11 \cdot 12}{2} - 66 = 121$$

$$U_2 = 11 \cdot 11 + \frac{11 \cdot 12}{2} - 187 = 0$$

$$\text{Položíme } U = \min(U_1, U_2) = 0$$

$$\text{Kritická hranice: } w_{0,05,11,11} = 30$$

Závěr:

Hodnota testovacího kritéria padla do oblasti kritických hodnot, proto může být hypotéza, že jsou hodnoty spotřeby motorového benzínu a motorové nafty shodné, zamítnuta.

4.3 Celkové emise z dopravy

Pro sledování a popis dynamiky celkových emisí z dopravy pro sledované období 1997 až 2007 bude opět využito analogicky vlastností vývojových poměrových čísel, která již byla výše popsána.

× Emise oxidu uhličitého (CO₂)

Tabulka 24 Výpočet poměrových čísel celkových emisí CO₂

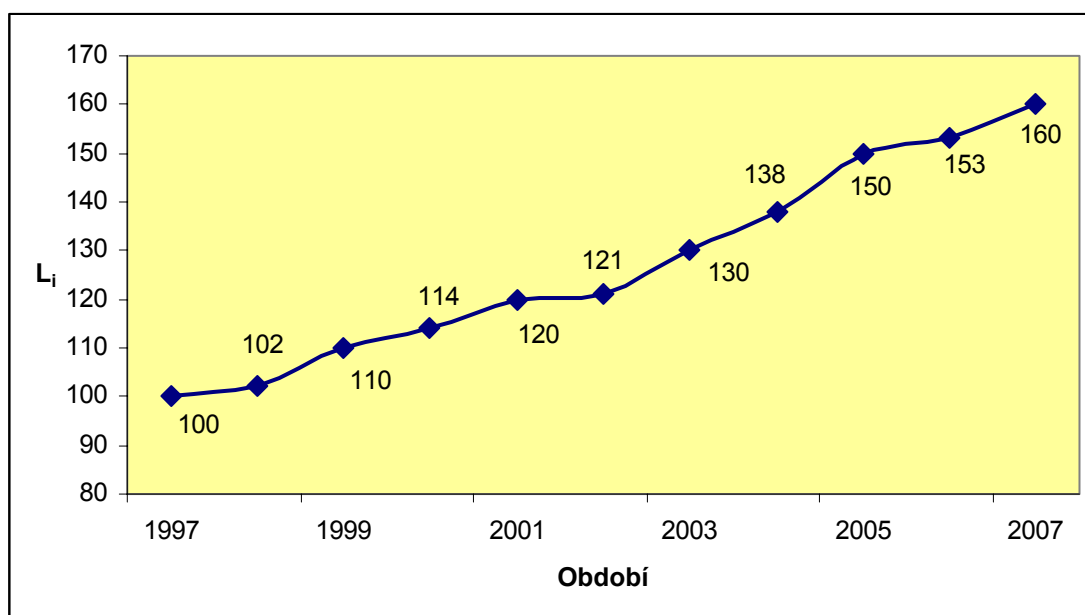
Období	Emise CO ₂ (tis.t)	L _i	K _i	Δ	l _i	k _i
1997	12 106	100				
1998	12 369	102	102	263,0	0,02	0,02
1999	13 359	110	108	990,0	0,08	0,08
2000	13 824	114	103	465,0	0,04	0,03
2001	14 483	120	105	659,0	0,05	0,05
2002	14 703	121	102	220,0	0,02	0,02
2003	15 687	130	107	984,0	0,08	0,07
2004	16 700	138	106	1 013,0	0,08	0,06
2005	18 191	150	109	1 491,0	0,12	0,09
2006	18 514	153	102	323,0	0,03	0,02
2007	19 333	160	104	819,0	0,07	0,04

Zdroj: vlastní

Oxid uhličitý vzniká dýcháním aerobních organismů⁸, což je přirozený jev. Jeho vysokou koncentrací v ovzduší ovšem výrazně ovlivňuje člověka, především spalováním uhlikatých fosilních paliv. Dnes je dobře znám jako jeden z nejdůležitějších skleníkových plynů, jenž přispívá ke globálnímu oteplování. Podstatný vliv na produkci tohoto plynu má silniční doprava. [9]

Celkové emise oxidu uhličitého jdou směrem neustále se zvyšujícího trendu. Od roku 1997 do roku 2007 se emise CO₂ zvýšily o celých 60 %. Nejprudší nárůst byl v roce 2005, kdy se emise zvýšily o 1 491 tis.t., tedy o 12 %.

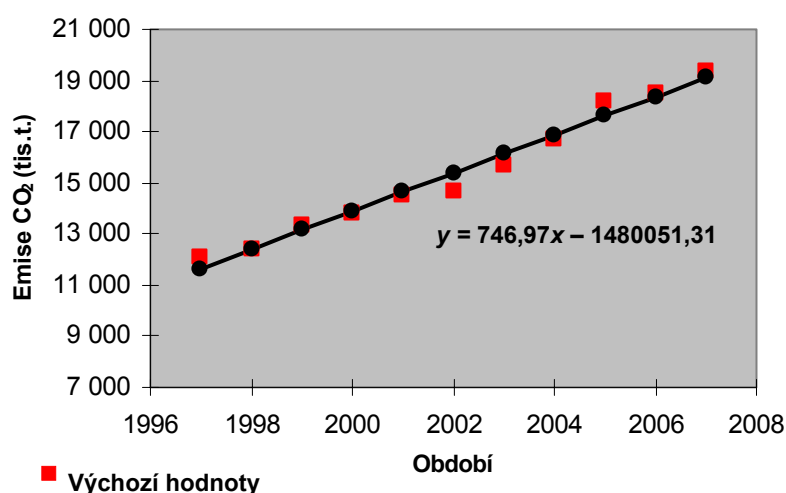
⁸ Aerobní organismy jsou organismy, které pro svůj metabolismus vyžadují kyslík jako konečný akceptor elektronů. [20]



Graf 17 Vývojový trend celkových emisí CO₂

Regresní přímka modelu jednoduché lineární závislosti má tvar $y = 746,97x - 1480051,31$, kde celkové emise CO₂ vystupují jako závisle proměnná (y) a jednotlivé roky vystupují jako nezávisle proměnná (x). Index determinace je roven 0,99.

V grafu 18 je zachycen vývojový trend celkových emisí CO₂ a proložená regresní přímka.



Graf 18 Bodový graf závislosti a proložená regresní přímka $y = 746,97x - 1\,480\,051,31$

Po dosazení vybraných let do výše uvedené rovnice jsou zjištěny následující hodnoty celkových emisí CO₂:

Tabulka 25 Odhad hodnot ve vybraných letech celkových emisí CO₂

Rok	Celkové emise CO ₂ (tis.t.)
2008	19 869,93
2009	20 616,90
2010	21 363,87
2015	25 098,74
2020	28 833,60

Zdroj: vlastní

Z tabulky 25 je patrné, že se hodnoty celkových emisí CO₂ budou podle regresního modelu vyvíjet v neustále se zvyšujícím trendu.

* Emise oxidu uhelnatého (CO)

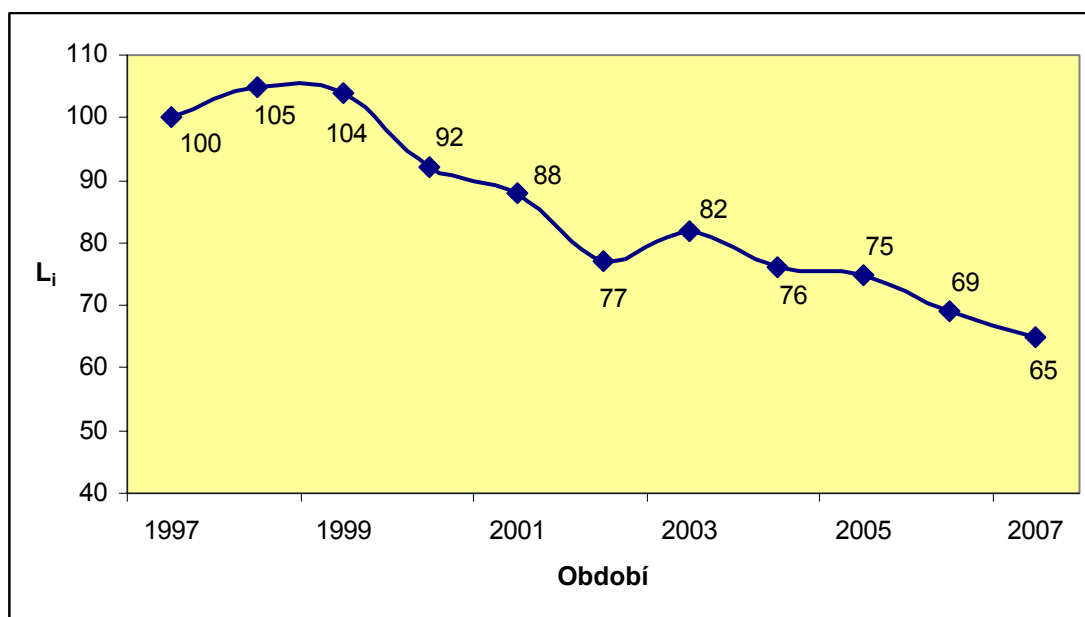
Tabulka 26 Výpočet poměrových čísel celkových emisí CO

období	Emise CO (tis. t)	L _i	K _i	Δ	l _i	k _i
1997	310,2	100				
1998	326,0	105	105	15,8	0,05	0,05
1999	322,5	104	99	-3,5	-0,01	-0,01
2000	286,5	92	89	-36,0	-0,12	-0,11
2001	272,5	88	95	-14,0	-0,05	-0,05
2002	238,1	77	87	-34,4	-0,11	-0,13
2003	255,8	82	107	17,7	0,06	0,07
2004	235,6	76	92	-20,2	-0,07	-0,08
2005	232,8	75	99	-2,8	-0,01	-0,01
2006	213,1	69	92	-19,7	-0,06	-0,08
2007	202,7	65	95	-10,4	-0,03	-0,05

Zdroj: vlastní

Oxid uhelnatý vzniká nedokonalým spalováním paliva v motoru. Díky povinnému zavedení řízených katalyzátorů u vozidel s benzínovými motory se emise oxidu uhelnatého v poslední době snižují. Za sledované období 1997 – 2007 byl zaznamenán pokles o 35 %. Největší propad byl v roce 2000, kdy se emise snížily o 12 % a vyprodukováno bylo o 36 tis.t. méně oxidu uhelnatého než v roce 1999.

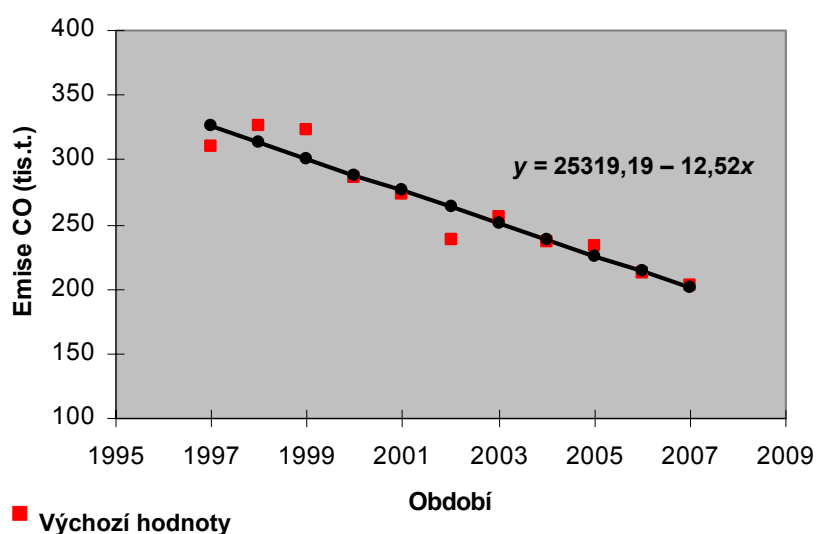
Klesající vývojový trend je znázorněn na grafu 19.



Graf 19 Vývojový trend celkových emisí CO

Regresní přímka modelu jednoduché lineární závislosti má tvar $y = 25319,19 - 12,52x$, kde celkové emise CO vystupují jako závisle proměnná (y) a jednotlivé roky vystupují jako nezávisle proměnná (x). Index determinace je roven 0,91.

V grafu 20 je zachycen klesající vývojový trend celkových emisí CO a proložená regresní přímka.



Graf 20 Bodový graf závislosti a proložená regresní přímka $y = 25\,319,19 - 12,52x$

Po dosažení vybraných let do výše uvedené rovnice jsou zjištěny následující hodnoty celkových emisí CO:

Tabulka 27 Odhad hodnot ve vybraných letech celkových emisí CO

Rok	Celkové emise CO (tis.t.)
2008	188,16
2009	175,65
2010	163,13
2015	100,55
2020	37,98

Zdroj: vlastní

Z tabulky 27 je patrné, že se hodnoty celkových emisí CO bude podle regresního modelu vyvíjet v neustále klesajícím trendu.

* Emise oxidů dusíku (NO_x)

Tabulka 28 Výpočet poměrových čísel celkových emisí NO_x

Období	Emise NO _x (tis. t)	L _i	K _i	Δ	l _i	k _i
1997	114,3	100				
1998	116,9	102	105	2,6	0,02	0,02
1999	119,3	104	99	2,4	0,02	0,02
2000	117,5	103	89	-1,8	-0,02	-0,02
2001	116,4	102	95	-1,1	-0,01	-0,01
2002	107,5	94	87	-8,9	-0,08	-0,08
2003	96,8	85	107	-10,7	-0,09	-0,1
2004	95,5	84	92	-1,3	-0,01	-0,01
2005	101,6	89	99	6,1	0,05	0,06
2006	97,1	85	92	-4,5	-0,04	-0,04
2007	93,2	82	95	-3,9	-0,03	-0,04

Zdroj: vlastní

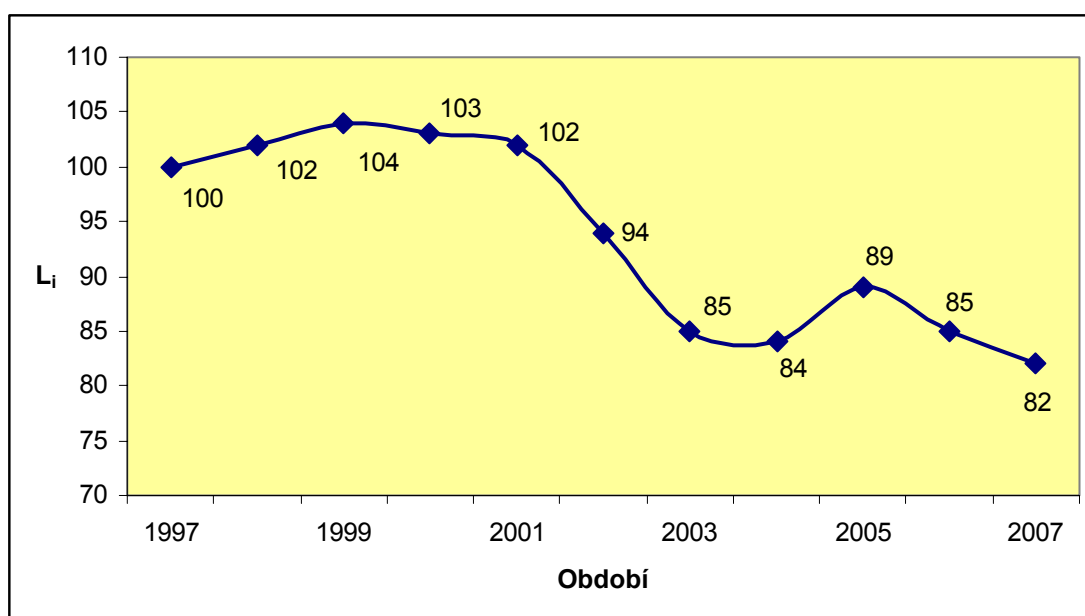
Hlavním zdrojem emisí NO_x (vytvářejícím až 55% antropogenních NO_x) jsou i přes využívání katalyzátoru motorová vozidla. Při spalování ušlechtilých paliv v motorových vozidlech je dosahováno vysoké teploty hoření, a proto zde dochází k oxidaci vzdušného dusíku (N₂) na takzvané vysokoteplotní NO_x.

Oxidy dusíku mohou způsobovat vážné zdravotní potíže. Je způsobeno především tím, že oxidy dusíku se aktivně váží na krevní barvivo a tím znesnadňují přísun kyslíku z plic do tkání.[9]

V průběhu sledovaných let 1997 až 2007 (viz. tabulka 28) došlo k pozvolnému poklesu emisí oxidů dusíku o 18 %.

V České republice se vyskytují značné regionální i lokální rozdíly, s určitým zjednodušením lze říci, že vyšší emise NO_x jsou obecně zastoupeny v městských okresech, kde je vysoká intenzita silniční dopravy, dále v okresech Ústeckého kraje a vůbec v severní polovině Čech, na střední Moravě, na Ostravsku a v některých dalších okresech. Nižší hodnoty jsou spíše typické pro jižní polovinu Čech, ale z tohoto pravidla existují četné výjimky.

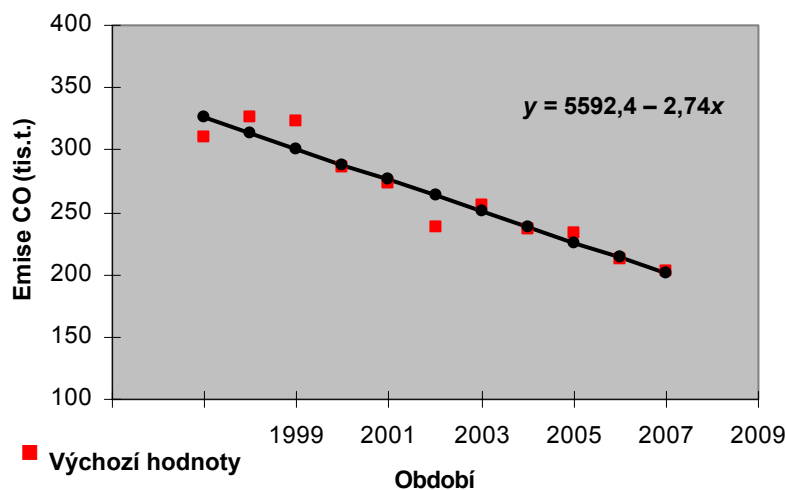
Grafu 21 zachycuje vývojovou linii trendu celkových emisí NO_x .



Graf 21 Vývojový trend celkových emisí NO_x

Regresní přímka modelu jednoduché lineární závislosti má tvar $y = 5592,4 - 2,74x$, kde celkové emise NO_x vystupují jako závisle proměnná (y) a jednotlivé roky vystupují jako nezávisle proměnná (x). Index determinace je roven 0,78.

V grafu 22 je zachycen klesající vývojový trend celkových emisí NOx a proložená regresní přímka.



Graf 22 Bodový graf závislosti a proložená regresní přímka $y = 5592,4 - 2,74x$

Po dosazení vybraných let do výše uvedené rovnice jsou zjištěny následující hodnoty celkových emisí NOx:

Tabulka 29 Odhad hodnot ve vybraných letech celkových emisí NOx

Rok	Celkové emise NOx (tis.t.)
2008	90,48
2009	87,74
2010	85,00
2015	71,30
2020	57,60

Zdroj: vlastní

Z tabulky 29 je patrné, že se hodnoty celkových emisí NOx bude podle regresního modelu vyvíjet v neustále klesajícím vývojovém trendu.

* Emise těkavých organických látek

Tabulka 30 Výpočet poměrových čísel těkavých organických látek

období	Emise těkavých organických látek (tis. t)	L_i	K_i	Δ	l_i	k_i
1997	67,3	100				
1998	65,8	98	98	-2	-0,02	-0,02
1999	65,7	98	100	0	0	0
2000	59,0	88	90	-7	-0,1	-0,1
2001	56,6	84	96	-2	-0,04	-0,04
2002	47,7	71	84	-9	-0,13	-0,16
2003	51,4	76	108	4	0,05	0,08
2004	47,8	71	93	-4	-0,05	-0,07
2005	47,3	70	99	-1	-0,01	-0,01
2006	42,3	63	89	-5	-0,07	-0,11
2007	40,2	60	95	-2	-0,03	-0,05

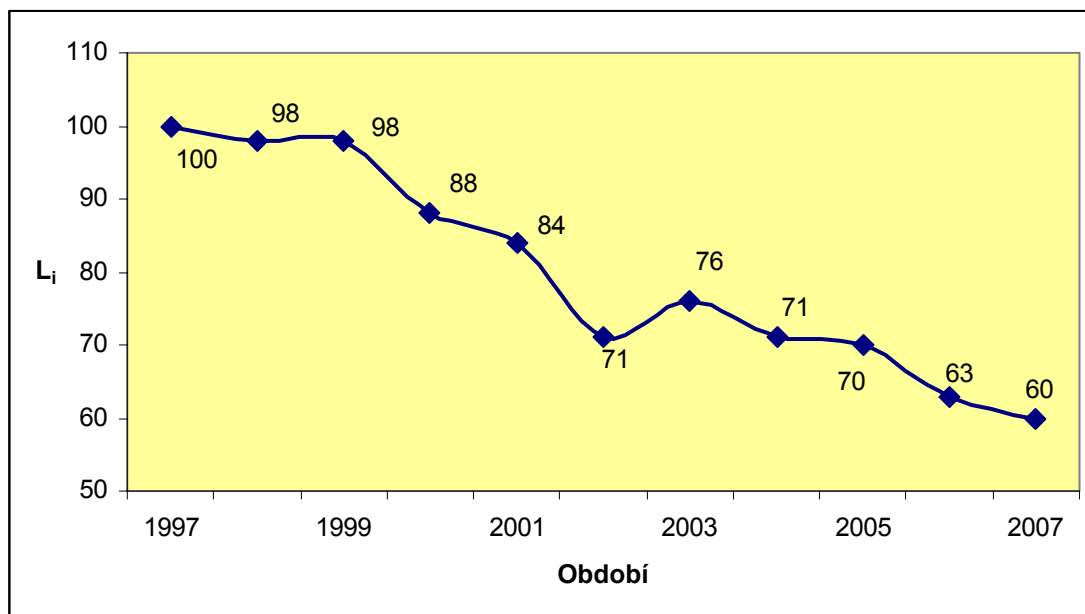
Zdroj: vlastní

Zavádění bezolovnatých benzinů, zaměřené na omezení škodlivého vlivu olova na životní prostředí a lidské zdraví, mělo bohužel za následek růst emisí jak prekurzorů⁹ fotochemického smogu, tak i těkavých organických látek, z nichž řada je považována za podezřelé či prokázané chemické karcinogeny. Mezi nejškodlivější těkavé organické látky obsažené v automobilových emisích patří **benzen**, který je prokázaným lidským karcinogenem vyvolávajícím zejména leukemii.

Z dalších těkavých organických látek obsažených v automobilových emisích lze jmenovat **toluen**, který se do automobilových benzinů přidává ve směsi s benzenem a xylenem pro zvyšování oktanového čísla, a **formaldehyd**, který je pravděpodobným chemickým karcinogenem. Vzhledem k menším emitovaným množstvím těchto látek jsou však zřejmě menší i jejich vlivy na životní prostředí a zdraví člověka [3]

Emise těchto těkavých organických látek se v posledních letech stále snižují. Od roku 1997 do roku 2007 se snížily dokonce o 40 %. Vývojový trend emisí můžeme vidět v grafu 23.

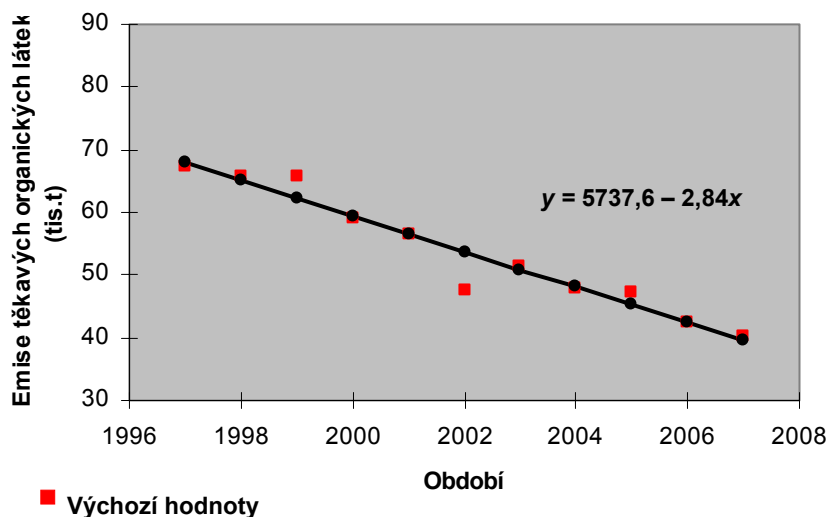
⁹ výchozí látka nebo meziprodukt, z něhož při metabolismu vzniká výsledný produkt. [20]



Graf 23 Vývojový trend celkových emisí těkavých organických látek

Regresní přímka modelu jednoduché lineární závislosti má tvar $y = 5737,6 - 2,84x$, kde celkové emise těkavých organických látek vystupují jako závisle proměnná (y) a jednotlivé roky vystupují jako nezávisle proměnná (x). Index determinace je roven 0,94.

Na následujícím grafu 24 je zachycen klesající vývojový trend celkových emisí těkavých organických látek a proložená regresní přímka.



Graf 24 Bodový graf závislosti a proložená regresní přímka $y = 5737,6 - 2,84x$

Po dosazení vybraných let do výše uvedené rovnice jsou zjištěny následující hodnoty celkových emisí těkavých organických látek:

Tabulka 31 Odhad hodnot ve vybraných letech celkových emisí těkavých organických látek

Rok	Celkové emise těkavých organických látek (tis.t.)
2008	36,70
2009	33,86
2010	31,02
2015	16,83
2020	2,63

Zdroj: vlastní

Z tabulky 31 je patrné, že se hodnoty celkových emisí těkavých organických látek budou podle regresního modelu vyvíjet v neustále klesajícím vývojovém trendu.

4.4 Dílčí shrnutí

Poslední a zároveň nejnáročnější část práce byla zaměřena na výpočet, zhodnocení a grafické vyjádření poměrových čísel v letech 1997 až 2007 pro spotřebu energie v dopravě železniční, silniční, letecké, pro spotřebu pohonných hmot a také pro celkové emise CO₂, CO, NO_x a těkavých organických látek. Navíc zde byly pro každou skupinu poměrových čísel provedeny odhady koeficientů regresní přímky, pomocí nichž byl odhadnut vývoj v letech 2008, 2009, 2010, 2015 a 2020. Zároveň byl u každé skupiny sestaven bodový graf závislosti s proloženou regresní přímkou.

V této kapitole byl dále proveden Friedmanův test, jenž testuje nulovou hypotézu, že hodnoty spotřeby energie pro dopravu železniční, silniční a leteckou jsou shodné, tedy, že se jejich střední hodnoty rovnají. Hodnota testovacího kritéria padla do oblasti kritických hodnot a proto byla nulová hypotéza zamítnuta.

Na úplný závěr byl aplikován dvouvýběrový Wilcoxonův test, pomocí kterého byla testována hypotéza, že hodnoty spotřeby motorového benzínu a nafty mají stejné střední hodnoty, tedy, že jsou shodné. Po provedení testu bylo zjištěno, že hodnota testovacího kritéria padla opět do oblasti kritických hodnot a bylo tedy nutné nulovou hypotézu zamítnout.

ZÁVĚR

Cíle práce na téma „*Modelování environmentálních vlivů dopravy v České republice*“ byly následující.

Charakteristika jednotlivých druhů dopravy

Silniční doprava je součástí pozemní dopravy a má rozhodující podíl na světovém objemu přepravy osob i zboží. Její pozice se upevňuje díky budování kapacitních vícepruhových komunikací, které vytvářejí nové hlavní silniční sítě. Mezi negativní účinky silniční dopravy na životní prostředí a zdraví člověka se řadí znečištění ovzduší emisemi, hluk, vibrace, zábor území, bariérový efekt komunikací, odpady ze silniční dopravy a další.

Stejně jako silniční doprava i doprava železniční je součástí pozemní dopravy. Železniční doprava vyžaduje vlastní dopravní cestu s kolejemi, po kterých se pohybují lokomotivy a železniční vozy. Je ovlivněna geografickými podmínkami a zároveň má nižší schopnost překonávat výškové převýšení. V současné době Česká republika disponuje velmi hustou sítí železničních tratí, která dosahuje 12 km na 100 km². Celková délka elektrizovaných železnic dosáhla v roce 2007 délky 3 060 km.

Vodní doprava patří k nejstarším druhům dopravy vůbec. Mezi výhody vodní dopravy patří možnost využívání přirozených cest z čehož plyne, že vodní doprava nepotřebuje zbudovat žádnou zvláštní infrastrukturu.

Letecká doprava je nejmladší a nejdynamičtěji se rozvíjející dopravní obor v oblasti přepravy osob a zboží. Patří k nejrychlejším, nepohodlnějším a nejbezpečnějším způsobům dopravy osob vůbec. Na druhou stranu je také jedním z nejvýznamnějších zdrojů vibrací, způsobovaných přelety proudových a zejména nadzvukových letadel.

Cyklistická a pěší doprava je nedílnou součástí dopravního systému. Ze všech druhů dopravy je nejzdravější a nejšetrnější k životnímu prostředí.

Multimodální doprava je moderní a dopravními politikami ČR a EU podporovaný způsob dopravy, jenž využívá výhod jednotlivých druhů dopravy a dopravních oborů.

Deskripce negativních dopadů dopravy na životní prostředí a zdraví člověka

Mezi nejzávažnější problémy dopravy, a to zejména v důsledku jejich významného rizika pro zdraví člověka, je produkce emisí znečišťující ovzduší. Výfukové plyny jsou příčinou emisí škodlivin z motorů vozidel do volného ovzduší. Nejvýznamnější škodliviny, jenž znečišťují ovzduší je možné rozdělit na látky limitované a látky nelimitované.

Znečištění vody je dalším závažným problémem. Povrchové a podzemní vody jsou jedním ze základních surovinových zdrojů, které tvoří důležitou složku životního prostředí a slouží k zabezpečování hospodářských a ostatních celospolečenských potřeb. Proto je nezbytné vody všestranně chránit pro jejich nenahraditelnost a celospolečenský význam.

Znečištění půdy nastává v podstatě třemi způsoby. Jednak dlouhodobým znečištěním, jenž je způsobeno běžným silničním provozem, jednak sezónním znečištěním, které je způsobeno vlivem posypových materiálů užívaných k zimní údržbě komunikací a jednak náhodnými haváriemi, při nichž dochází k úniku látek škodlivých pro životní prostředí.

Doprava má také negativní vliv na flóru a faunu. Mezi podstatné globální ekologické problémy patří zejména snižování biologické rozmanitosti, tj. počtu druhů fauny i flóry. Tato skutečnost souvisí zejména s rozvojem dopravy a se zvýšenou stavební činností pozemních komunikací.

Nadměrný výskyt hluku je jedním z nejzávažnějších faktorů, který negativně působí na zdravotní stav obyvatelstva a vyvolává v lidském organismu řadu nežádoucích reakcí. Zdrojem hluku jsou především pohonné jednotky (motor), a to zejména při nízkých rychlostech vozidla.

Vibrace jsou dalším jevem, jenž negativně působí na zdraví člověka. Hlavními zdroji vibrací je doprava silniční a železniční.

V závěru této kapitoly byl zmíněn problém odpadů z dopravy. Produkce jejich velkého množství je výrazným zdrojem škodlivých látek. V důsledku rostoucího počtu dopravních prostředků a obměny vozového parku se produkce odpadů ještě zvyšuje.

Výpočet regresních modelů jednoduché lineární závislosti, jejich grafické znázornění a ověření souvisejících hypotéz.

Byly provedeny dva výpočty regresních modelů jednoduché lineární závislosti.

První model popisuje závislost průměrného hrubého příjmu na jednoho obyvatele (x - nezávisle proměnná) a celkové spotřeby pohonných hmot (y - závisle proměnná). Odhad regresní přímky má tvar $y = 2\,531,775 + 0,141x$ a index determinace je roven téměř 86 %. Díky tomuto modelu mohla být odhadnuta celková spotřeba pohonných hmot v roce 2008 a 2009.

Druhý model popisuje závislost počtu nákladních a osobních vozů (x - nezávisle proměnná) a celkové spotřeby pohonných hmot (y - závisle proměnná). V tomto případě má odhad regresní přímky tvar $y = 0,0014x - 767,24$ a index determinace je roven dokonce 96 %. Opět byla odhadnuta celková spotřeba pohonných hmot v roce 2008, 2009 a jen pro zajímavost také v roce 2020.

V každém modelu se odhad spotřeby pohonných hmot (proměnná y) v letech 2008 a 2009 velmi lišil, což bylo způsobeno především výchozími daty.

Následně oba modely velmi dobře vystihuje bodový graf závislosti s proloženou regresní přímkou.

Pro každý model byl proveden test významnosti pro parametr b regresní přímky, kde byla testována nulová hypotéza, že parametr b je roven nule. Hodnota testovacího kritéria padla v obou případech do kritické oblasti, a to byl důvod k zamítnutí dané hypotézy. Následovala u každého modelu aplikace Spearmanového korelačního koeficientu, jenž je vhodný pro hodnocení těsnosti vztahu náhodných veličin. Zde byla testována nulová hypotéza, že X a Y jsou nekorelované náhodné veličiny. V obou případech padla hodnota testovacího kritéria do kritické oblasti, a proto mohla být nulová hypotéza opět zamítnuta. Náhodné veličiny X a Y jsou tedy korelované.

Výpočet, zhodnocení, grafické vyjádření poměrových čísel a odhadnutí koeficientů regresní přímky jednoduché lineární závislosti pro:

- spotřebu energie v dopravě železniční, silniční a letecké
- spotřebu motorového benzínu a nafty
- celkové emise CO₂, CO, NO_x a těkavých organických látek.

Poslední a zároveň nejobsáhlejší část práce byla zaměřena na výpočet, zhodnocení a grafické vyjádření poměrových čísel v letech 1997 až 2007 pro spotřebu energie v dopravě železniční, silniční, letecké, pro spotřebu pohonných hmot a také pro celkové emise CO₂, CO, NO_x a těkavých organických látek. Navíc zde byly pro každou skupinu poměrových čísel provedeny odhady koeficientů regresní přímky, pomocí nichž byl odhadnut vývoj v letech 2008, 2009, 2010, 2015 a 2020. Zároveň byl u každé skupiny sestaven bodový graf závislosti s proloženou regresní přímkou.

V této kapitole byl dále proveden Friedmanův test, jenž testuje nulovou hypotézu, že hodnoty spotřeby energie pro dopravu železniční, silniční a leteckou jsou shodné, tedy, že se jejich střední hodnoty rovnají. Hodnota testovacího kritéria padla do oblasti kritických hodnot a proto byla nulová hypotéza zamítna.

Na úplný závěr byl aplikován dvouvýběrový Wilcoxonův test, pomocí kterého byla testována hypotézu, že hodnoty spotřeby motorového benzínu a nafty mají stejné střední hodnoty, tedy, že jsou shodné. Po provedení testu bylo zjištěno, že hodnota testovacího kritéria padla opět do oblasti kritických hodnot a bylo tedy nutné nulovou hypotézu zamítnout.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] ADAMEC, Vladimír, a kol. *Doprava, zdraví a životní prostředí*. 1. vyd. Praha : Grada Publishing, 2008. 176 s. ISBN 978-80-247-2156-9.
- [2] ADAMEC, Vladimír, a kol. *Elektronický průvodce udržitelnou dopravou* [online]. Brno: Centrum dopravního výzkumu , 2005. s. 118. Dostupný z WWW: <www.cdv.cz/text/szp/clanky/pruvodce_beta.pdf>.
- [3] BAREK, Jiří, et al. *Chemické listy 92 : ZNEČIŠTĚNÍ ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ AUTOMOBILOVÝMI EMISEMI*. Praha : Univerzita Karlova, 1998. Dostupný z WWW: <http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/1998_10_794-798.pdf>. s. 4.
- [4] Božek, F., Urban, R., Zemánek, Z. *Recyklace*. Vyškov: MoraviaTisk, 2003, 238 s. ISBN 80-238-9919-8.
- [5] Czech Space Office . *Galileo v České republice* [online]. Praha : Česká kosmická kancelář, o.p.s. , 2006-2008 [cit. 2009-01-28]. Dostupný z WWW: <<http://www.czechspace.cz/cs/galileo/aplikace/zeleznice>>.
- [6] *České aerolinie, a.s. - ČSA portal* [online]. c1998-2009 [cit. 2009-02-12]. Dostupný z WWW: <http://www.csa.cz/cs/portal/homepage/cz_homepage.htm>.
- [7] Dufek, J., Jedlička, J., Adamec, V.: *Fragmentace lokalit dopravní infrastrukturou – ekologické efekty a možná řešení v projektu COST 341*. [online] Centrum dopravního výzkumu Ministerstva dopravy. Přístup z WWW: <<http://www.cdv.cz/text/szp/frag/frag-doprava.pdf>>
- [8] FAJFROVÁ , Jana . *Havárie tankeru Amoco Cádiz šokovala celou Francií*. *Ekolis.cz* [online]. 2008 [cit. 2009-03-18]. Dostupný z WWW: <<http://www.ekolist.cz/zprava.shtml?x=2082333>>.
- [9] HÁLEK, Josef. *Enviport : Otevřený portál o životním prostředí* [online]. Copyright, 2007 , 28.1.2009 [cit. 2009-01-28]. Dostupný z WWW: <<http://www.enviport.cz/emise-z-dopravy-znecistuji-7061.aspx>>.
- [10] KUBANOVÁ, Jana. *Statistické metody pro ekonomickou a technickou praxi*. 2. vyd. Bratislava: STATIS 2004. 247 s. ISBN 80-85659-37-9.
- [11] LOMBORG, Björn. *Skeptický ekolog*. 1.vyd. Cambridge University Press. 2001. 577 s. ISBN 80-7363-059-1.
- [12] Ministerstvo dopravy ČR. *Národní strategie rozvoje cyklistické dopravy ČR*. 1. vyd. 2005. 40 s. Dostupný z WWW: <<http://www.cyklostrategie.cz/download/cyklostrategie.pdf>>. ISBN 80-86502-11-2.
- [13] NOVÁK, Jaroslav. *Kombinovaná přeprava*. 1. vyd. [s.l.] : Institut Jana Pernera, o.p.s., 2006. 318 s. ISBN 80-86530-32-9.
- [14] *Obecný přehled o veřejné dopravě* [online]. 2005 [cit. 2007-03-14]. Dostupné z WWW: <<http://www.dopravni.net/view.php?navezvclanku=&cislocclanku=2006020704>>
- [15] *Ročenka dopravy 2007* [online]. Upravené vydání. Praha : Ministerstvo dopravy, 2008 , 11.11.2008 [cit. 2008-11-11]. Dostupný z WWW: <<http://www.sydos.cz/cs/rocenka-2007/index.html>>. ISSN 1801-309

- [16] ŠIROKÝ, Jaromír. *Provozování silniční dopravy II*. 1. vyd. Pardubice: Univerzita Pardubice 2006. 113 s. ISBN 80-7194-875-6.
- [17] ŠKAPA, P. *Doprava a životní prostředí I*. Skripta VŠB. 1 vyd. Ostrava: Technická univerzita Ostrava 2003. 113 s. ISBN 80-248-0433-6.
- [18] VIZIUS.CZ. *Agentura ochrany krajiny a přírody ČR* [online]. 2008 [cit. 2009-03-18]. Dostupný z WWW: <<http://www.ochranaprirody.cz/>>.
- [19] VONKA, Jaroslav, DRDLA, Pavel, BÍNA, Ladislav, ŠIROKÝ, Jaromír. *Osobní doprava*. Skripta DFJP. 2. vyd. Pardubice: Univerzita Pardubice 2004. 170 s. ISBN 80-7194-630-3.
- [20] *WIKIPEDIE : Otevřená encyklopedie* [online]. 2002 , 28. 2. 2009 [cit. 2009-04-07]. Dostupný z WWW: < http://cs.wikipedia.org/wiki/Hlavn%C3%AD_strana >.
- [21] ŽEMLIČKA, Zdeněk, MYNÁŘÍK, Jaroslav. *Doprava a přeprava*. 1. vyd. Praha : NADATUR, spol. s r.o., 2008. 161 s. ISBN 80-7270-030-8

SEZNAM PŘÍLOH

<u>Příloha 1:</u> Limitované škodliviny.....	106
<u>Příloha 2:</u> Nelimitované škodliviny.....	110

PŘÍLOHA 1

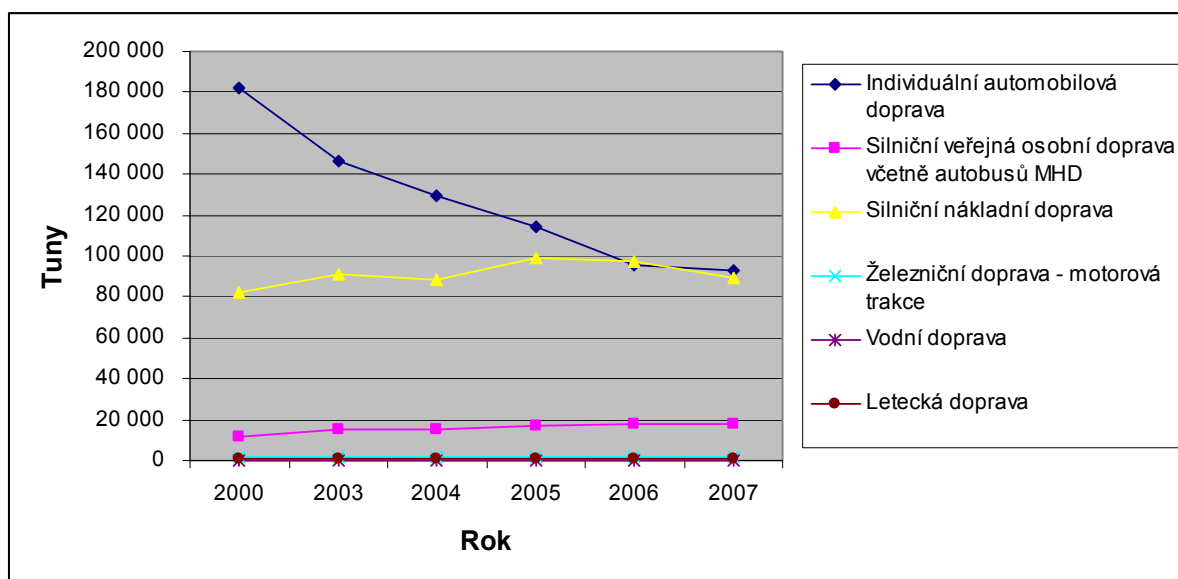
LIMITOVANÉ ŠKODLIVINY

- oxid uhelnatý (CO)

Tabulka 32 Emise oxidu uhelnatého (CO) za jednotlivé druhy dopravy (v tunách)

	2000	2003	2004	2005	2006	2007
<i>Doprava celkem</i>	278 382	255 778	235 649	232 772	213 074	202 714
Individuální automobilová doprava	182 409	146 852	129 077	114 123	95 383	93 069
Silniční veřejná osobní doprava včetně autobusů MHD	11 550	15 025	15 122	17 161	17 904	17 987
Silniční nákladní doprava	81 707	91 054	88 421	98 671	97 062	88 881
Železniční doprava - motorová trakce	2 052	1 815	1 795	1 697	1 638	1 618
Vodní doprava	99	79	118	99	118	138
Letecká doprava	565	953	1 116	1 021	969	1 021

Zdroj: Ministerstvo dopravy



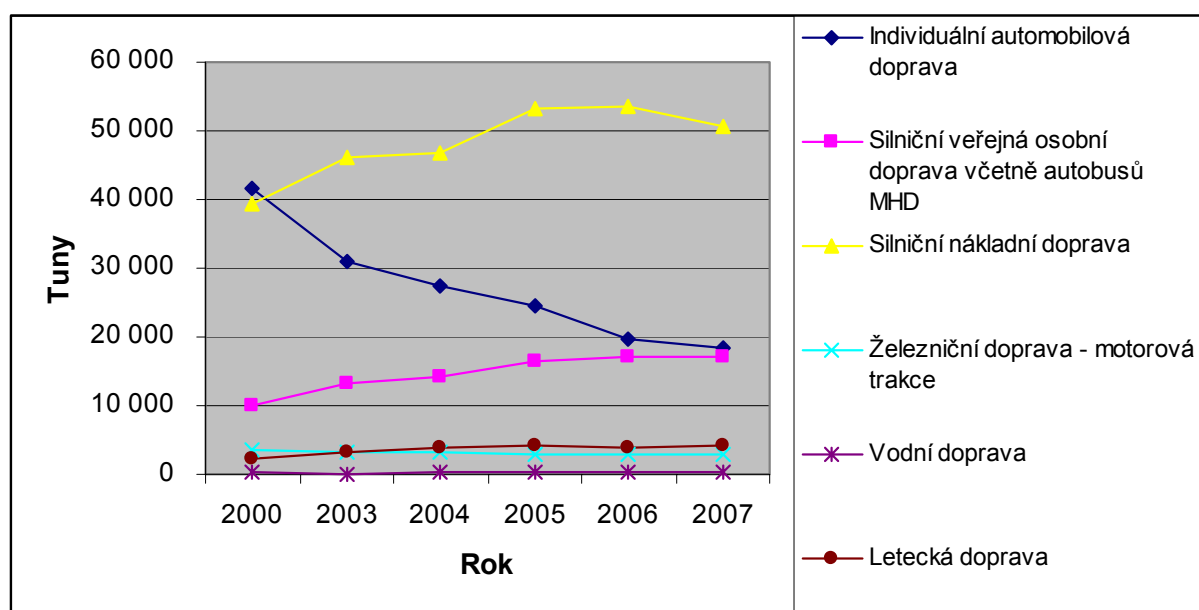
Graf 25 Emise oxidu uhelnatého (CO) za jednotlivé druhy dopravy (v tunách)

- oxid dusíku (NO_x)

Tabulka 33 Emise oxidu dusíku (NO_x) za jednotlivé druhy dopravy (v tunách)

	2000	2003	2004	2005	2006	2007
<i>Doprava celkem</i>	<i>96 791</i>	<i>96 811</i>	<i>95 490</i>	<i>101 560</i>	<i>97 103</i>	<i>93 196</i>
Individuální automobilová doprava	41 543	30 835	27 360	24 490	19 584	18 264
Silniční veřejná osobní doprava včetně autobusů MHD	9 943	13 354	14 094	16 507	17 163	17 249
Silniční nákladní doprava	39 274	46 277	46 802	53 385	53 524	50 576
Železniční doprava - motorová trakce	3 526	3 119	3 085	2 915	2 814	2 780
Vodní doprava	170	136	203	170	203	237
Letecká doprava	2 335	3 090	3 946	4 093	3 815	4 090

Zdroj: Ministerstvo dopravy



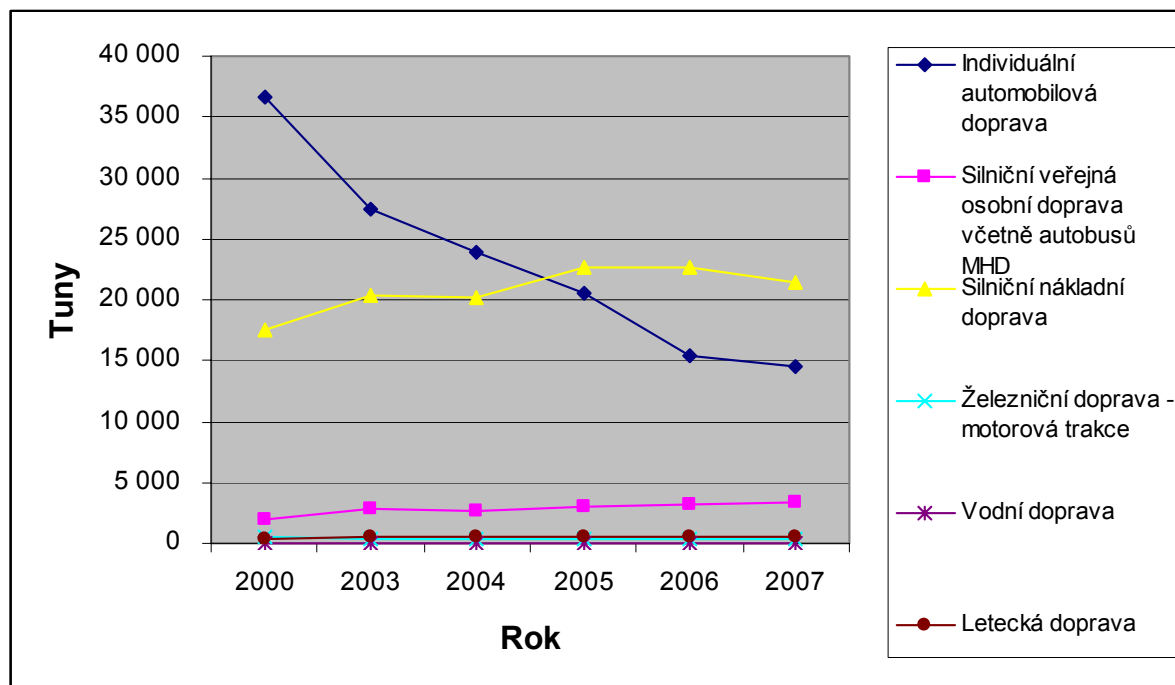
Graf 26 Emise oxidu dusíku (NO_x) za jednotlivé druhy dopravy (v tunách)

- **těkavé organické látky**

Tabulka 34 Emise těkavých organických látek za jednotlivé druhy dopravy (t)

	2000	2003	2004	2005	2006	2007
<i>Doprava celkem</i>	56 954	51 424	47 808	47 331	42 253	40 171
Individuální automobilová doprava	36 607	27 446	23 867	20 538	15 333	14 446
Silniční veřejná osobní doprava včetně autobusů MHD	2 020	2 750	2 724	3 075	3 242	3 307
Silniční nákladní doprava	17 486	20 301	20 173	22 706	22 711	21 415
Železniční doprava - motorová trakce	487	431	426	403	389	384
Vodní doprava	23	19	28	23	28	33
Letecká doprava	331	477	590	586	550	586

Zdroj: Ministerstvo dopravy



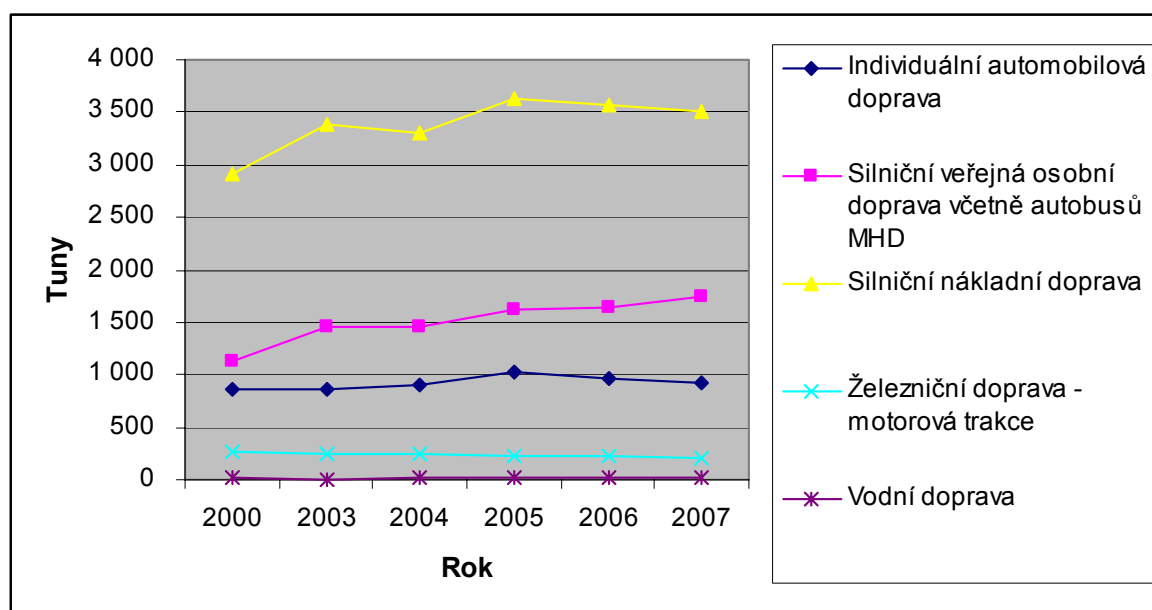
Graf 27 Emise těkavých organických látek za jednotlivé druhy dopravy (t)

- **pevné částice**

Tabulka 35 Emise pevných částic za jednotlivé druhy dopravy (t)

	2000	2003	2004	2005	2006	2007
<i>Doprava celkem</i>	5 193	5 947	5 927	6 521	6 403	6 423
Individuální automobilová doprava	861	858	912	1 024	958	924
Silniční veřejná osobní doprava včetně autobusů MHD	1 124	1 452	1 451	1 628	1 647	1 749
Silniční nákladní doprava	2 923	3 386	3 310	3 628	3 565	3 517
Železniční doprava - motorová trakce	272	241	238	228	217	215
Vodní doprava	13	10	16	13	16	18

Zdroj: Ministerstvo dopravy



Graf 28 Emise pevných částic za jednotlivé druhy dopravy (t)

PŘÍLOHA 2

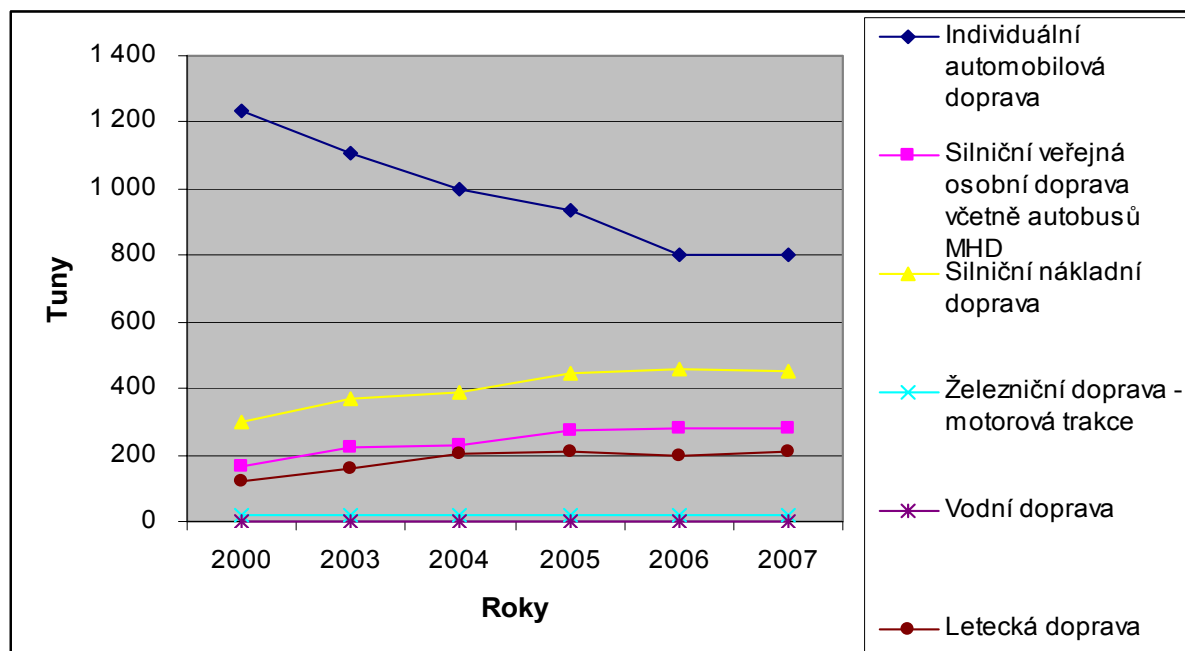
NELIMITOVANÉ ŠKODLIVINY

- metan (CH₄)

Tabulka 36 Emise metanu (CH₄) za jednotlivé druhy dopravy (t)

	2000	2003	2004	2005	2006	2007
<i>Doprava celkem</i>	1 842	1 874	1 844	1 884	1 754	1 762
Individuální automobilová doprava	1 237	1 105	1 002	933	799	801
Silniční veřejná osobní doprava včetně autobusů MHD	166	221	232	272	282	282
Silniční nákladní doprava	296	369	386	448	458	449
Železniční doprava - motorová trakce	20	18	18	17	16	16
Vodní doprava	1	1	1	1	1	1
Letecká doprava	122	160	205	213	198	213

Zdroj: Ministerstvo dopravy



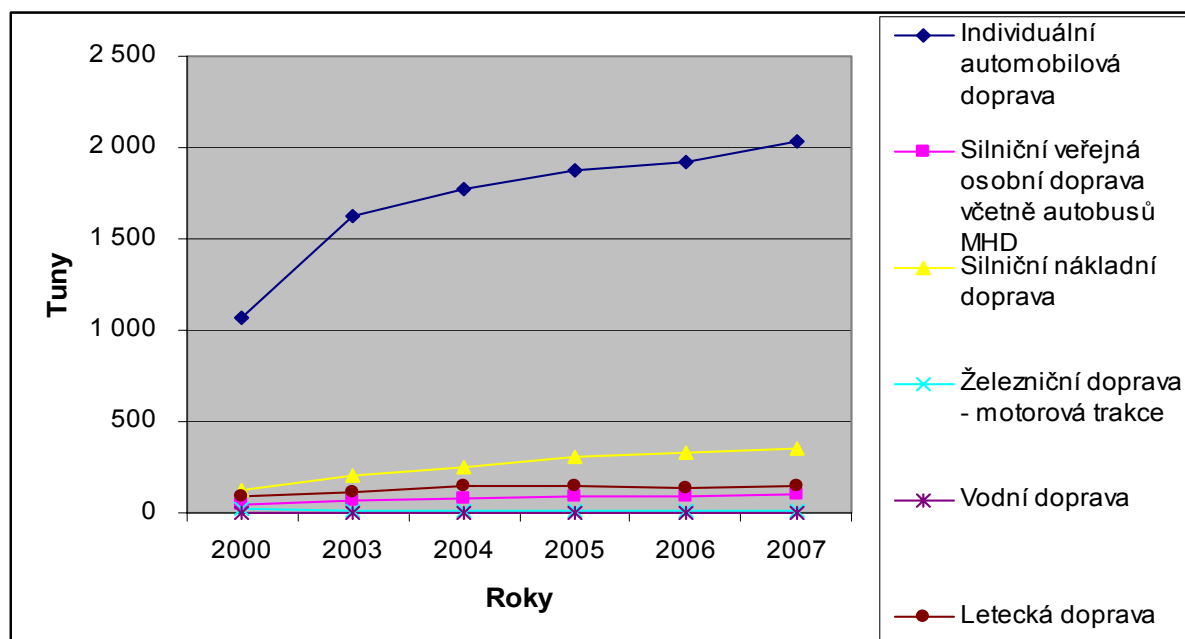
Graf 29 Emise metanu (CH₄) za jednotlivé druhy dopravy (t)

- oxid dusný (N₂O)

Tabulka 37 Emise oxidu dusného (N₂O) za jednotlivé druhy dopravy (t)

	2000	2003	2004	2005	2006	2007
<i>Doprava celkem</i>	1 352	2 028	2 264	2 446	2 508	2 652
Individuální automobilová doprava	1 067	1 620	1 775	1 876	1 923	2 038
Silniční veřejná osobní doprava včetně autobusů MHD	50	70	77	92	95	97
Silniční nákladní doprava	129	207	251	312	334	351
Železniční doprava - motorová trakce	19	17	16	15	15	15
Vodní doprava	1	1	1	1	1	1
Letecká doprava	86	113	144	150	140	150

Zdroj: Ministerstvo dopravy



Graf 30 Emise oxidu dusného (N₂O) za jednotlivé druhy dopravy