

Česká zemědělská univerzita v Praze  
Technická fakulta

## **Elektronické mýtné na bázi družicových navigačních systémů**

Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Bohuslav Peterka, Ph.D.

Autor bakalářské práce: Aleš Hrobský

PRAHA 2011

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Katedra jakosti a spol. strojů

Akademický rok 2009/2010

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

**Aleš Hrobský**

obor Informační a řídicí technika v agropotravinářském komplexu

Vedoucí katedry Vám ve smyslu Studijního a zkušebního řádu ČZU v Praze  
čl. 16 určuje tuto bakalářskou práci.

Název práce: **Elektronické mýtné na bázi družicových  
navigačních systémů**

### Osnova bakalářské práce:

1. Úvod
2. Cíl práce a metodika
3. Literární rešerše
4. Závěr
5. Seznam literatury
6. Přílohy

Rozsah hlavní textové části: 30 - 40 stran

Doporučené zdroje:

ŠTEINER, Ivo. GPS ad A do Z.1.Vydání. Praha: Garda Publishing, 2003. 193 s. ISBN 80-239-0228-8

ŠVÁBENSKÝ, Otakar – FIXEL, Jan - WEIGEL, Josef. Základy GPS a jeho praktické aplikace.Brno: Vysoké učení technické, 1995, 123 s. ISBN 80-214-0620-8

ŠUNKEVIČ, Martin. Komunikační pásma a struktura signálů družicové navigace. Sdělovací technika. Roč. 55, č. 10, s. 3-5, 2007, 55 s.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Bohuslav Peterka, Ph.D.**


Termín zadání diplomové práce: listopad 2009

Termín odevzdání bakalářské práce: duben 2011



.....  
Vedoucí katedry



  
.....  
Děkan

V Praze dne: 30. 11. 2009

---

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením Ing. Bohuslava Peterky, Ph.D. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal. Další informace mi poskytl Ing. Ondřej Šváb z Ministerstva dopravy.

V Praze dne

.....

Aleš Hrobský

**Poděkování:**

Zde bych chtěl poděkovat za ochotu a vstřícnost za poskytnuté informace Ing. Ondřeji Švábovi z Ministerstva dopravy. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Bohuslavu Peterkovi, Ph.D., vedoucímu mé bakalářské práce za trpělivost a podporu při vytváření této práce.

**Abstrakt:**

Cílem této bakalářské práce bylo seznámení se zpoplatněním pozemních komunikací. Popisuje informační a telekomunikační technologie v dopravním inženýrství. Ve světě se používají dvě základní technologie výkonového zpoplatnění komunikací. Tato práce podrobně popisuje princip mikrovlnné i satelitní technologie a porovnává tyto systémy použité v Evropě. Jedna kapitola je věnována systému elektronického výběru mýta v České republice. V závěru této bakalářské práce jsem zhodnotil systémy výběru elektronického mýta.

**Klíčová slova:**

Telematika, EFC, OBU, DRCS, GNSS, GPS, Galileo, Glonass

**Abstrakt:**

The aim of this bachelor thesis was familiar with the road fee establishment. It describes information and telecommunications technology in traffic engineering. In the world is employs mainly two primary road-toll technologies. This work describes the principle of microwave and satellite technologies and compares these systems used in Europe. One chapter is devoted to electronic toll collection system in the Czech Republic. At the end of this thesis, I reviewed the electronic toll collection systems.

**Key words:**

ITS, EFC, OBU, DRCS, GNSS, GPS, Galileo, Glonass

## Obsah

1. Úvod .....	1
2. Cíl práce a metodika .....	2
3. Úvod do dopravní telematiky .....	3
3.1. Evropské a světové organizace .....	3
3.1.1. ERTICO .....	4
3.2. Definice dopravního řetězce .....	4
3.3. Definice dopravní telematiky .....	5
3.4. Funkce dopravní telematiky .....	6
4. Doprava .....	7
4.1. Dopravní komunikace a jejich rozdělení .....	7
4.2. Nákladní doprava v Evropě .....	7
4.3. Nákladní doprava v ČR .....	10
5. Mýtné .....	12
5.1. Dálniční známky .....	12
5.2. EFC .....	12
5.3. OBU .....	13
5.4. DSRC .....	15
5.4.1. Formát datové komunikace .....	16
5.5. GNSS .....	16
5.5.1. Algoritmus rozpoznávání mýtných úseků .....	16
5.5.2. Virtuální brány .....	17
5.5.3. Určení poloměru kruhové virtuální brány .....	18
5.5.4. Princip družicové navigace .....	19
5.5.5. Čas .....	20
5.5.6. Výkon signálu .....	20
5.5.7. PRN Code .....	21

5.5.8.	Přesnost určení polohy .....	22
5.6.	Systémy.....	23
5.6.1.	GPS .....	23
5.6.2.	GLONASS .....	24
5.6.3.	Galileo .....	25
5.6.4.	Beidou / Compass .....	27
5.6.5.	IRNSS .....	28
5.7.	Hybridní systém elektronického mýtného .....	28
6.	Elektronické mýtné v Evropě .....	29
5.1.	Německo .....	29
5.2.	Rakousko .....	29
5.3.	Itálie .....	30
5.4.	Francie .....	31
5.5.	Slovensko.....	31
5.6.	Velká Británie .....	32
5.6.1.	Londýn .....	32
5.7.	Polsko.....	32
5.8.	Švýcarsko.....	33
6.	Mýtné v ČR .....	34
7.	Závěr.....	36
8.	Seznam použitých zkratk .....	37
9.	Použitá literatura.....	37
10.	Seznam příloh .....	40
11.	Seznam obrázků .....	41
12.	Seznam tabulek .....	41



## 1. Úvod

Výběr mýtného má dlouhou historii. Zpoplatnění vybraných silničních úseků se používalo už před 2700 lety v Babylonu. Poplatky čile vybírali Arabové a Indové, germánské kmeny zpoplatnily průsmyky v Alpách a i dnes se na těchto místech platí. Kvalitní dlážděné dálkové trasy mohli nabídnout až Římané zhruba před 2200 lety.

Výběr poplatků z historického hlediska byl určen k získání prostředků pro údržbu a opravy dané komunikace. Proto se již v dřívějších dobách začalo vybírat mýtné. Nejprve šlo o běžný výběr poplatků při vstoupení nebo vjezdu na mosty. Později se začaly budovat cesty a silnice s vybíráním mýtného. Platí se jen za tolik kilometrů, kolik opravdu automobil po zpoplatněné komunikaci ujede.

Za posledních deset let vzrostly výkony silniční nákladní dopravy v ČR o polovinu. Nevedly k tomu rostoucí objemy přepravovaného zboží, ale zvyšování průměrné přepravní vzdálenosti. Nemalý podíl na tom má i rostoucí tranzitní doprava přes území České republiky. Cenou za intenzivnější dopravu jsou poškozené vozovky, větší riziko nehod, hluk a znečištěné ovzduší ve městech a vesnicích.

Zásadní otázkou již od počátku bylo, jaký technologický systém výběru mýtného zvolit. V případě České republiky přicházely v úvahu 2 systémy - mikrovlnný nebo satelitní. Vyhranění zastánci mikrovlnného systému tvrdí, že satelitní systém je nevyzkoušená technologie. Naopak skalní příznivci satelitního systému vidí implementaci mikrovlnného systému za vyhození miliard korun.

Velmi důležitá součást systému je kontrola výběru poplatků, tzv. enforcement. Základem je technologie, která má za úkol neplatiče co nejrychleji odhalit. Potřebné je ovšem i optimální zvolení dohlízejících subjektů a následně také postihů. Zda jsou vozidla podléhající mýtnému skutečně vybaveny palubní jednotkou a řádně platí. Mýtné kontroluje v České republice 25 speciálních aut Celní správy ČR přímo na dálnicích a rychlostních silnicích.

S výběrem mýtného se setkáváme hlavně na dálnicích, rychlostních silnicích a vybraných úsecích silnic 1. třídy.

## **2. Cíl práce a metodika**

Cílem mé bakalářské práce na téma „Elektronické mýtné na bázi družicových navigačních systémů“ bylo zjistit, jaké jsou systémy elektronického mýtného. Jak pracují a jaké jsou mezi nimi rozdíly.

Informace jsem čerpal z odborné literatury zabývající se satelitními a mikrovlnnými technologiemi a z internetových zdrojů. Následující práce je rozdělena do pěti částí. První se zabývá tím, co to telematika je a jak je důležitá v elektronickém mýtném. Zde také shrnu jednotlivé napojení na celý svět. V druhé části se budu zabývat dopravou, jak se zvyšuje počet vozidel v Evropě a vliv tranzitní dopravy na silniční komunikace. Další část popisuje jednotlivé systémy elektronického mýtného. Jaké jsou druhy a jak komunikují. Ve čtvrté části zjišťuji používané elektronické mýtné v Evropě. Na tuto část navazuje poslední část věnovaná mýtnému v České republice.

### 3. Úvod do dopravní telematiky

Od počátku šedesátých let se prakticky současně v USA, Japonsku a v Evropě začínají ověřovat dopravní systémy, které byly v USA a v Japonsku pojmenovány „Intelligent Transportation Systems“ – ITS, zatímco v Evropě složením slov „Telekomunikace“ a „Informatika“ vznikl název „Telematika“.

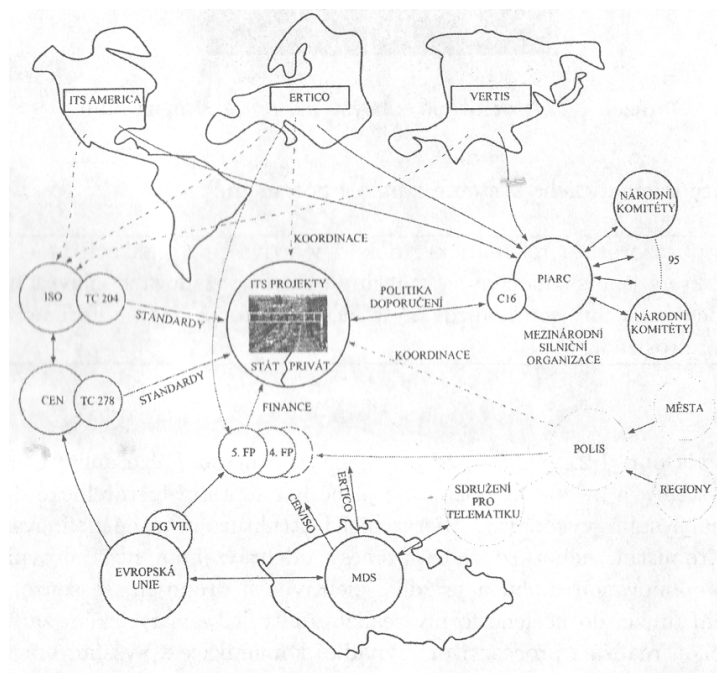
Základní myšlenky, které provázely vznik těchto dopravních systémů:

- Poskytování globálních informací;
- Zlepšení stylu života a zvýšení účinnosti ekonomiky;
- Zvýšení bezpečnosti provozu a zlepšení ekologie.

#### 3.1. Evropské a světové organizace

Na Obr. 1 Principální organizace telematiky ve světovém kontextu je znázorněna celosvětová organizace telematiky. Nejedná se o formalizované uspořádání, ale o organizaci a vztahy vzniklé v průběhu let. V zásadě, vždy jedna nadnárodní organizace tvořená organizacemi veřejného i soukromého sektoru koordinuje telematické úrovně kontinentu. V Evropě je to organizace ERTICO, v Asii ITS Japan a v Americe ITS USA. [2]

Obr. 1 Principální organizace telematiky ve světovém kontextu



Zdroj: [2]

### 3.1.1. ERTICO

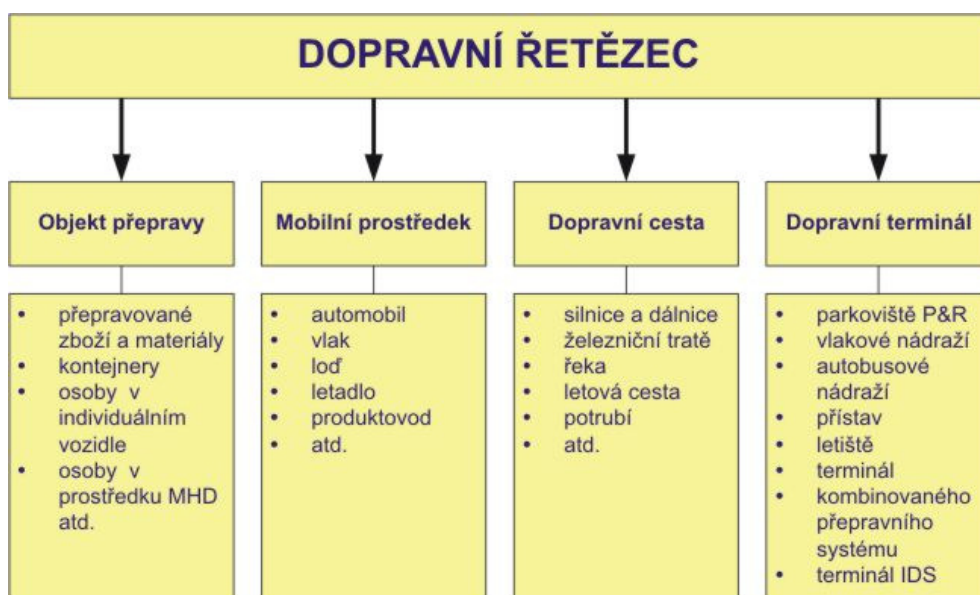
ERTICO sdružuje více než sedmdesát evropských institucí, jako jsou ministerstva dopravy, radnice velkých měst, většinu telekomunikačních operátorů apod. Dále určuje trendy rozvoje telematiky v Evropě a udržuje úzké kontakty s ITS Japan a ITS USA.

Momentálně koordinuje a implementuje největší evropský projekt v oblasti telematiky, GALILEO: Global Navigation Satellite System.

### 3.2. Definice dopravního řetězce

Pro definování dopravní telematiky je nutno nejprve popsat celý přepravně - dopravní řetězec (viz. Obr. 2):

Obr. 2 Definice přepravně – dopravního řetězce



Zdroj: [5]

**Objekt dopravy** – proces, při kterém se přemísťuje osoby a zboží.

**Objekt přepravy** - definuje souhrnný pohyb pro přepravované materiály, zboží a osoby. Podle charakteru objektu přepravy lze dělit dopravu na osobní a nákladní. Z hlediska telematiky a pro další část řešení úkolu je nutné zmínit, že přepravní jednotka může být vybavena globálním, lokálním i veřejným informačním systémem, který provádí identifikaci druhu nákladu, směru přepravy, ale i určení reálné polohy nákladu.

**Dopravní prostředek** - definuje dopravní prostředek (vozidlo, loď, letadlo, vlak, atd.), který se pohybuje po dopravní cestě. Podle charakteru dopravního prostředku a dopravní cesty dělíme dopravu na silniční, železniční, leteckou a vodní. Dopravní prostředek též může obsahovat globální, lokální i veřejnou logiku, která identifikuje přesně polohu, typ a další parametry konkrétního dopravního prostředku.

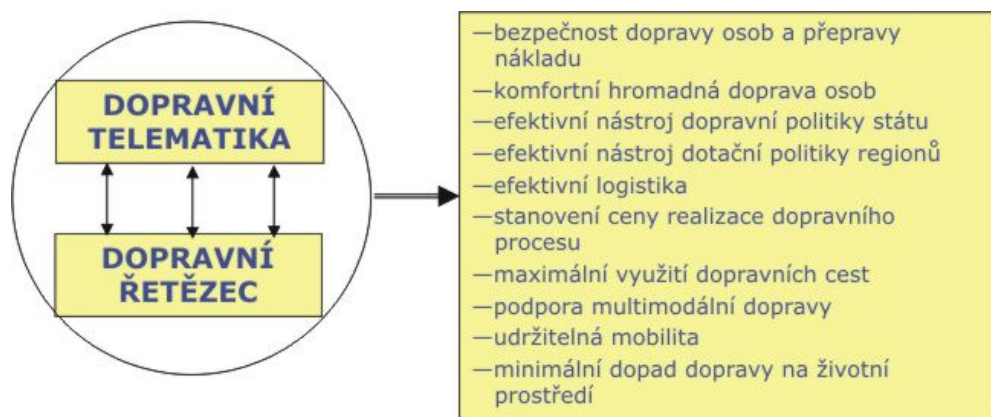
**Dopravní cesta** - definuje prostor, na kterém se pohybují dopravní jednotky nebo dopravní komplety. Dopravní cestu lze rozdělit dle druhů dopravy případně podle dalších charakteristik dopravní cesty. Silniční dopravu lze dělit na dopravu v extravilánu (dálnice, silnice 1, 2 a 3 třídy) a v intravilánu (města, zastavěné obce). Železniční dopravu lze dělit na tratě celostátní (koridory a objízdne trasy koridorů, které jsou z hlediska hustoty provozu definovány jako tratě typu A a B) a regionální (z hlediska hustoty provozu definovány jako tratě typu C, D, E). Leteckou dopravu lze dělit dle typu vzdušného prostoru, v němž je provozována a vodní dopravu lze dělit dle povoleného ponoru vodní cesty podle klasifikačních tříd. Presentované rozdělení dopravních cest sehraje klíčovou roli ve výběru systémů dopravní telematiky, protože použitá technologie ITS musí být v souladu s charakteristikou dopravní cesty.

**Dopravní terminál** - definuje prostor, kde dochází k nakládce, vykládce či překládce objektu přepravy, nebo ke změně druhu dopravy. Jako terminál lze uvažovat v individuální automobilové dopravě např. parkoviště, ve veřejné dopravě osob lze pod terminál zahrnout např. nádraží. Typickým terminálem letecké dopravy je letiště, vodní dopravy přístav, železniční dopravy železniční stanice, překladiště ale i vlečka. [2]

### 3.3. Definice dopravní telematiky

Dopravní telematika integruje informační a telekomunikační technologie s dopravním inženýrstvím za podpory ostatních souvisejících vědních oborů (ekonomika, teorie dopravy, systémové inženýrství, atd.) tak, aby se při dané infrastruktuře zvýšily přepravní výkony a efektivita dopravy, stoupla bezpečnost a zvýšil se komfort přepravy. Následující obrázek ukazuje souvislost dopravní telematiky s výše definovaným přepravně - dopravním řetězcem (Obr. 3).

Obr. 3 Vazba dopravní telematiky a přepravně - dopravního řetězce



Zdroj: [5]

### 3.4. Funkce dopravní telematiky

Prvním projevem řízení dopravy byla automatizace světelně řízených křižovatek. Řízení světelných křižovatek je však pouze jednou částí telematiky.

Možné způsoby využití aplikací telematiky:

**Omezení dopravních kongescí** – Podstatného pokroku bude dosaženo v oblasti řízení provozu, neboť vozidla budou komunikací na krátké vzdálenosti – DSRC (Dedicated Short Range Communication) informovat řídicí centrum o své poloze.

**Zvýšení bezpečnosti** - Proměnné dopravní značky informují řidiče o délkách kolon, navigují vozidla na alternativní trasy, budou omezovat rychlost v závislosti na povětrnostních podmínkách, hustotě provozu nebo v nebezpečných místech na komunikaci.

**Přínosy pro životní prostředí** – Prostředky městské hromadné dopravy budou mít prioritu na řízených křižovatkách, přičemž každý prostředek bude trvale sledován např. pomocí GPS.

**Efektivnost přepravy zboží** – Nákladní vozidla budou vybavena elektronickým pasportem, charakterizujícím převážené zboží. Pomocí majáků podél trasy bude sledována celá trasa nákladu. [5]

## **4. Doprava**

### **4.1. Dopravní komunikace a jejich rozdělení**

Pozemní komunikace je dopravní cesta určená k užití silničními a jinými vozidly a chodci, včetně pevných zařízení nutných pro zajištění tohoto užití a jeho bezpečnosti.

Pozemní komunikace se dělí na kategorie:

Dálnice

Silnice: I. Třídy

II. Třídy

III. Třídy

Místní komunikace

Účelová komunikace

### **4.2. Nákladní doprava v Evropě**

V roce 1953 vznikla Evropská konference ministrů dopravy (CEMT), která se zaměřila na usnadnění mezinárodní pozemní dopravy a integraci mezinárodních trhů. CEMT byl zaveden 1. ledna 1974. Cílem jeho vzniku byla snaha postupně liberalizovat silniční nákladní dopravu a sjednocovat konkurenční podmínky mezi silničními dopravci jednotlivých zemí. [8]

V silniční nákladní dopravě se obvykle člení dopravní prostředky podle přepravy:

- valníkovými,
- sklápěčovými,
- speciálními automobily

dále na přepravu:

- návěsy
- přívěsy

Nákladní doprava dosáhla během posledních desetiletí obrovského vývoje. Z důvodu faktorů: ekonomický vývoj, zlepšení infrastruktur a technologické inovace. Obecně řečeno je nákladní doprava ovládána rytmem vývoje ekonomické činnosti. [9]

V Tab. 1 Počet nákladních vozidel v Evropě vidíme počet silničních nákladních vozidel ve vybraných státech Evropy.

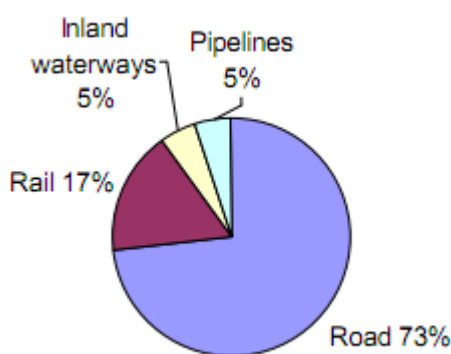
Tab. 1 Počet nákladních vozidel v Evropě

	1995	1998	2000	2005	2007
Belgie	403 167	484 179	502 979	604 437	642 687
Česká republika	184 278	260 276	275 617	415 101	533 916
Dánsko	312 687	347 136	373 293	*	*
Francie	3 606 037	4 984 586	5 194 817	5 417 502	5 569 683
Itálie	*	3 171 494	3 377 573	4 179 659	4 437 638
Německo	*	*	2 610 885	2 573 077	2 323 064
Polsko	1 002 575	1 484 575	1 783 008	2 177 901	2 345 068
Rakousko	283 157	309 630	326 784	338 888	354 000
Slovenská republika	147 954	111 081	149 902	*	215 124
Spojené Království	2 472 296	2 656 000	2 861 463	3 618 108	3 618 108

Zdroj: [10]

Zdokonalování infrastruktur a technologické inovace učinily nákladní dopravu efektivnější a produktivnější v otázkách ceny, doby přepravy, bezpečnosti a přesnosti. V roce 2006 byl podíl silniční dopravy 73 % (Obr. 4 Podíl vnitrozemské dopravy v EU (tkm), rok 2006). Nejzajímavější je, že podíl železniční dopravy je pouze 17 %.

Obr. 4 Podíl vnitrozemské dopravy v EU (tkm), rok 2006



Zdroj: [9]

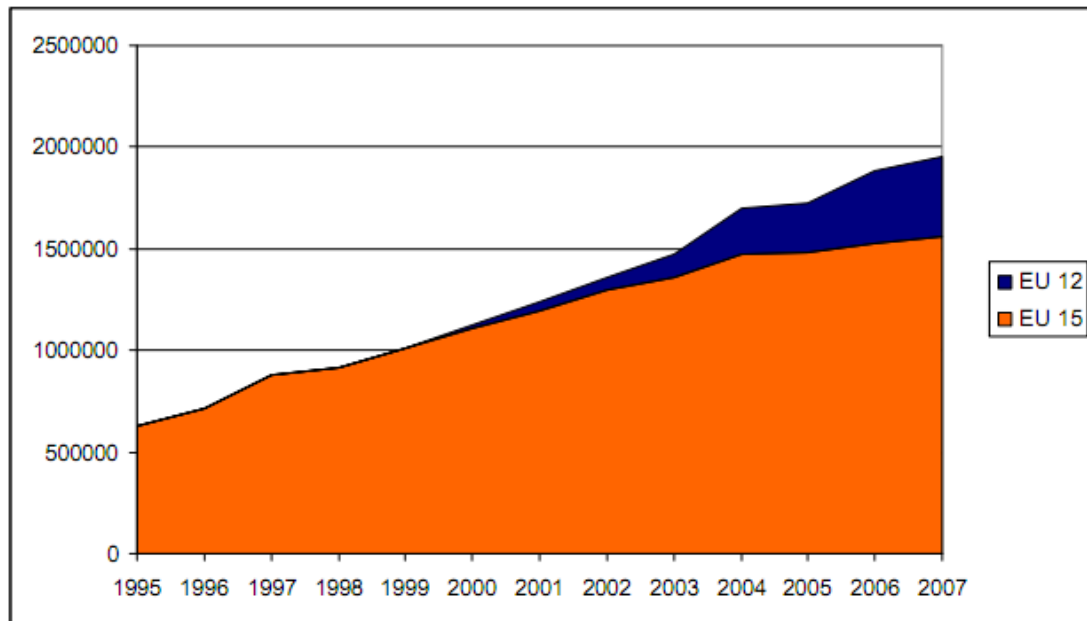
Překlad: Road – silnice, Rail – železnice, Pipelines – potrubí,  
Inland waterways – vnitrozemské vodní cesty

V roce 1926 byla poprvé aplikována metoda „Just in Time“ v závodech Toyota Company. Jedná se o metodu, která redukuje nadbytečné zásoby. Tím jsou snižovány i náklady, které vznikají s držetím zásob. Tím se zvyšuje efektivnost výroby. Nové zboží



se objednáva ve chvíli, kdy množství zboží na skladě dosáhne předem stanovené hladiny. Hlavní nevýhodou této metody je zvyšující se nároky na přepravu zboží. Navíc se v roce 2004 rozšířila Evropská unie o tři další státy. Jak můžeme vidět na Obr. 5 je zobrazeno množství převáženého zboží v Evropské unii. Také je zde zvyšující se podíl nových členských států EU.

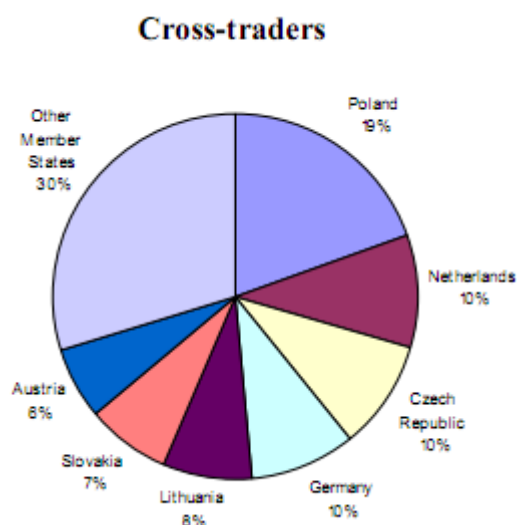
Obr. 5 Růst nákladní dopravy v EU (tkm)



Zdroj: [9]

Mnoho nových metod na snižování nákladů zapříčinily, že velké množství tranzitní dopravy pouze projíždí danými zeměmi. Jak je vidět na **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**, Polsko má největší podíl a to celých 19 %. Dalšími zeměmi s 10 % jsou Česká republika, Německo a Nizozemsko.

Obr. 6 Množství tranzitní dopravy (2006)



Zdroj: [9]

### 4.3. Nákladní doprava v ČR

Zdokonalování infrastruktur a technologické inovace učinily nákladní dopravu efektivnější a produktivnější v otázkách ceny, doby přepravy, bezpečnosti a přesnosti.

Sledujeme-li podíl jednotlivých druhů dopravy (Tab. 2), lze konstatovat jasnou dynamiku silničního sektoru. Hlavní důvody jsou:

- rychlost, služba z domu do domu a přesnost silniční dopravy,
- vstřícnější tarify, pružnost procedur, průbojnější komerční politika silnice,
- nedostatek konkurenceschopnosti a adekvátních opatření ze strany jiných druhů dopravy, zejména železnice.

Tab. 2 Přeprava věcí na území ČR

	1995	1998	2000	2005	2008	2009
Přeprava věcí celkem (tis. tun)	686 429	586 582	523 249	560 037	540 731	458 328
železniční doprava	108 871	104 788	98 253	85 613	95 073	76 715
Silniční doprava	566 017	470 887	414 724	461 144	431 855	370 115
Ostatní doprava	11 541	10 907	10 272	13 280	13 803	11 498

Zdroj: [10]

Tato expanze silnice nezůstala bez následků pro životní prostředí a společnost. Externí náklady (Tab. 3) nepřestávaly růst, silnice se přitom podílela 92,2 % na celkových externích nákladech.

Tab. 3 Kvalifikace externích nákladů

Druh dopravy	Náklady (miliardy eur, rok 1991)	% každého druhu dopravy
Silnice	250,1	92,2
Železnice	4,6	1,7
Letecká doprava	16	5,8
Vnitrozemská plavba	0,7	0,3

Zdroj: [8]

## 5. Mýtné

### 5.1. Dálniční známky

Na území České republiky je již od roku 1995 užívání dálnic a rychlostních silnic zpoplatněno pro motorová vozidla. Podle právní úpravy obsažené v zákoně č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích, se zpoplatnění stanoví podle typu vozidla a ujeté vzdálenosti po zpoplatněné pozemní komunikaci (mýtné) nebo podle časového období užívání zpoplatněné pozemní komunikace (časový poplatek). Zpoplatněné pozemní komunikace lze užít silničním motorovým vozidlem, jehož největší povolená hmotnost činí nejvýše 3,5 tuny. Pro určení hmotnostní kategorie vozidla je rozhodující celková hmotnost vozidla, uvedená v jeho technickém průkazu. Při připojení přívěsu nebo návěsu k vozidlu se jejich hmotnost nesčítá. Zaplacení časového poplatku se prokazuje platným dvoudílným kupónem. [11]

Časový poplatek lze uhradit na kalendářní rok, jeden měsíc nebo na deset dnů prostřednictvím zakoupení ročního, měsíčního nebo desetidenního kupónu.

### 5.2. EFC

V současné době se využívá systém elektronických plateb EFC (Electronic Fee Collection) v silniční dopravě pro platby za přepravu. Používá se také pro platby za vjezd do oblastí, ale lze také využívat i při zabezpečení automobilů pomocí individuálních čipových karet, elektronické rezervování parkovacího místa apod. Uživateli je automaticky odečtena peněžní hodnota za použitou službu z jeho čipové karty. [2]

Možnosti tohoto elektronického systému je např. zvýšení poplatků za parkování v dané lokalitě a za daný čas. Rozlišujeme dva základní typy systémů:

**Otevřený** – zařízení umístěné ve vozidle komunikuje s výběrovou stanicí pouze jednou po vjezdu do placené zóny nebo parkovací plochy

Obr. 7 Otevřený systém



Zdroj: [12]

**Uzavřený** – komunikace vozidla s výběrovou stanicí nastává ve dvou případech vjezdu a výjezdu ze zóny či parkovací plochy

Obr. 8 Uzavřený systém



Zdroj: [12]

Platba se provádí využitím přeplacených elektronických karet nebo platba může být provedena zpětným zúčtováním. Výběrovou stanicí se rozumí zařízení umístěné vedle komunikace v místě považovaném za hranici vstupu do placené zóny.

Automatická platba je zprostředkována při vstupu do placené zóny. Komunikace mezi výběrovou stanicí a vozidlem probíhá bezdrátově. Systém DSRC je zařízení, které vysílá v pásmu mikrovln nebo IR, dále je zde užit kamerový dohled umožňující detekci a lokalizaci vozidel v placené zóně. V případě použití GNSS komunikační zařízení používá mobilní datovou službu GPRS. [2]

### 5.3. OBU

OBU čili „On Board Unit“ je elektronické technické zařízení, které zprostředkovává komunikaci mezi vozidlem a výběrovou stanicí. Umožňuje jednoznačnou identifikaci a polohu vozidla. Obvykle se používají u vozidel s hmotností nad 12 tun, ale v některých zemích i od 3,5 tuny. Palubní jednotka musí být instalovaná ve vozidle, nejčastěji za předním sklem. Provozovatel vozidla je povinný OBU používat po vymezených úsecích cest podléhajícím mýtné povinnosti. Nejčastěji se OBU pouze půjčuje, proto odpadávají náklady spojené s koupí jednotky.

Před počátkem jízdy se do OBU zadá několik údajů jako počet náprav, přípustná celková hmotnost a v případě potřeby také nákladové středisko. Poté jsou všechny ujeté trasy automaticky evidovány.

Přenos dat probíhá vždy bezdrátově, ale velmi zde záleží na zvoleném systému mýtného, které mezi sebou nejsou kompatibilní. Prvním typem systému je DSRC. Na Obr. 9 OBU v ČR je jednotka používaná v ČR, která pracuje na frekvenci 5,8 GHz. Výhodou tohoto způsobu je cena a hlavně nízká energetická náročnost. Nevýhodou je nutnost stavět mýtné brány, které jsou nutné pro příjem dat.

Obr. 9 OBU v ČR



Zdroj: [13]

Druhým způsobem je GNSS. Tento systém zjišťuje polohu vozidla pomocí satelitní navigace. Která dokáže určit polohu s přesností na 5-10 metrů (s pravděpodobností 98%). Následně se data posílají pomocí mobilní datové sítě. Oproti mikrovlnnému systému, u kterého je nutnost stavět mýtné brány, jsou zde brány pouze virtuální. Kdykoli jde změnit, či rozšířit o nové úseky silnic. Bohužel energetická náročnost je vysoká, proto jednotka musí být trvale připojena do elektrické sítě, nebo rovnou nainstalována do automobilu. Na Obr. 10 OBU na Slovensku je vyobrazena palubní jednotka používána od ledna 2010 na Slovensku.

Obr. 10 OBU na Slovensku



Zdroj: [14]

## 5.4. DSRC

Zkratka DSRC znamená „Dedicated Short Range Communication“. Toto se dá přeložit jako vyhrazená komunikace krátkého dosahu. Komunikující v pásmu mikrovlnného záření 5,8 GHz nebo v infračerveném. Tato technologie je založena na pozemní infrastruktuře, na budování bran.

Obr. 11 Mýtná brána



Zdroj: [20]

Mikrovlnné přenosy jsou velmi rozšířené v Evropě. Používají se směrové antény se směrovými charakteristikami zaměřenými na vozovku, kde vytváří elipsovité tvar, ve kterém se odehrává komunikace s vozidlem. Signál lze zaměřit do několika desítek metrů na jeden jízdní pruh. Výška antén je obvykle zvolena na 5,5 m, aby se omezilo stínění vysokými vozidly. Charakteristiky antény jsou na povrchu vozovky v ploše přibližně 3,5 x 4,5 m, aby byla konstantní kvalita přenosu. Protože při rychlosti 100 km.h<sup>-1</sup> musí být celá komunikace realizována asi za 160 ms. Problémem této technologie je útlum způsobený metalizovanými skly. Ty mohou tlumit až o 20 dB. [15]

Využití infračervených přenosů (IR) pro systémy elektronického mýta naráží v Evropě na problém, že zde není zpracován žádný standard. Ve světě se však IR pro systémy plateb velmi používá. Z technického hlediska totiž převažují výhody IR nad mikrovlnami. Infračervený přenos má vyšší datovou rychlost (až 10 Mbit/s, zatímco mikrovlny jen 0,5 Mbit/s) a také zde odpadá problém s metalizovanými skly.

Systém DSRC je spolehlivý pro přenos dat mezi palubní jednotkou a zařízením infrastruktury. Komunikace je uskutečňována v úzkém paprsku vysílače a přijímače po několik desítek milisekund. Tudíž je možno přenést pouze základní informace. A to jsou identifikace vozidla, typ vozidla a počet náprav. Architektura systému je centralizována. Informace jsou přeposílána do centra, kde jsou prováděny další operace.

### 5.4.1. Formát datové komunikace

Veškerá komunikace v DSRC probíhá v rámcích. Každý rámec musí vyhovovat struktuře na Obr. 12. Veškeré části tohoto rámce jsou definovány ve standardu EN 12795.

Obr. 12 Formát komunikace DSRC

Flag	Link Address Field	MAC Control Field	LPDU	Frame Check Sequence	Flag
------	-----------------------	----------------------	------	-------------------------	------

Zdroj: [16]

## 5.5. GNSS

Rádiové určování polohy a rádiová navigace využívající umělých družic Země patří k nejmladším odvětvím radiotechniky.

*Rádiová navigace* se zabývá rádiovým určováním polohy pro potřeby navigace. Kde navigace je vedení dopravního prostředku (letadlo, loď, vozidlo) po požadované dráze. Ta může být dána např. tím, že je třeba, aby se dopravní prostředek pohyboval po nejkratší spojnici mezi výchozím a koncovým bodem, nebo po určené dopravní cestě. *Rádiové systémy* určování polohy nezabezpečují na rozdíl od rádiových navigačních systémů vedení po trati, ale zůstávají pouze u určení polohy bodu v daném souřadném systému a jsou tedy obecnější než rádiové navigační systémy. [1]

Navigační systémy ve vozidlech využívají následující tři subsystemy:

- Určení polohy vozidla,
- výpočet optimální nebo možné trasy
- předání doporučení řidiči v závislosti na momentální poloze vozidla.

### 5.5.1. Algoritmus rozpoznávání mýtných úseků

Důležitou součástí všech mýtných systémů využívajících GNSS je algoritmus rozpoznávání mýtných úseků. Implementace algoritmu probíhá buď přímo v OBU, nebo na straně centrálního serveru. Jedná se o koncept tenkého nebo tlustého klienta.

V případě **tenkého klienta** se algoritmus rozpoznává v centrálním systému. Naměřená polohová data se odesílají prostřednictvím telekomunikační sítě. Posílaná data obsahují následující informace: čas, zeměpisné souřadnice, rychlost a směr jízdy, počet

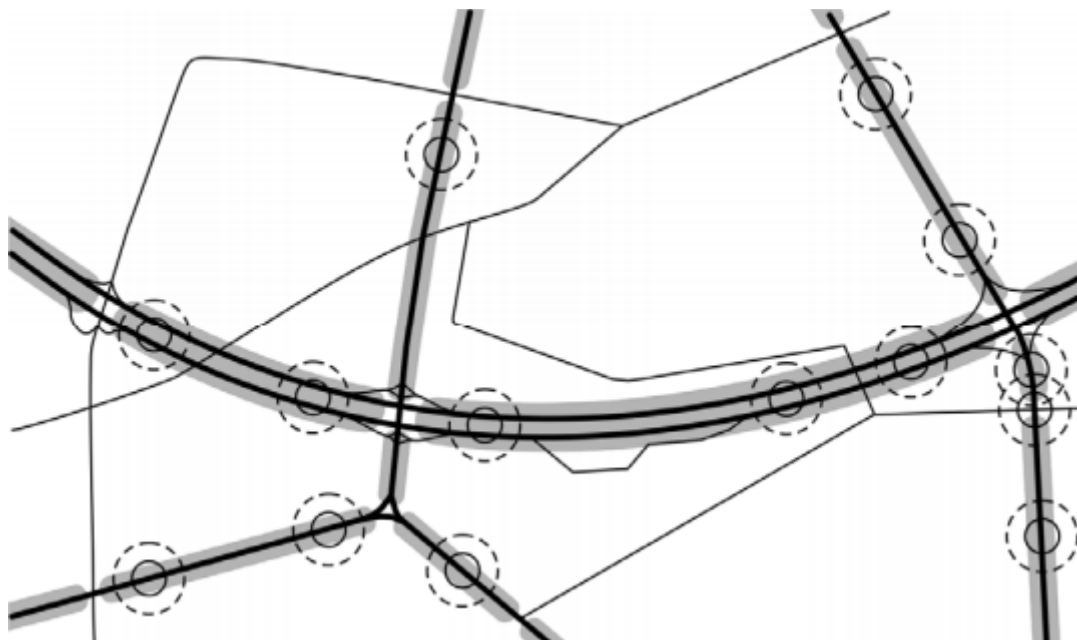


přijímaných satelitů, odhad přesnosti určení pozice. Všechny tyto informace nemohou být posílány každých pár vteřin, protože by se zahltilo pásmo.

U **tlustého klienta** pracuje algoritmus uvnitř jednotky. Naměřená polohová data se nemusí nikam odesílat, ale v jednotce musí být uložena databáze zpoplatněných úseků (tzv. geo-data). Bohužel algoritmus má uloženy horší mapové podklady, ale zase více informací o poloze.

Na Obr. 13 je možné si všimnout způsobu vyhodnocování geo-dat a také, že každý zpoplatněný úsek začíná i končí křižovatkou nebo dálničním sjezdem. Dále jsou zde vidět virtuální brány. Druhou možností je použití digitální silniční mapy. Výhodou je úplný přehled o vozidle, ale je zde velký datový objem.

Obr. 13 Příklad zpoplatnění silnic a umístění virtuálních kruhových bran



Zdroj: [18]

### 5.5.2. Virtuální brány

Virtuální brána představuje bod na zpoplatněném úseku silniční sítě. Pracují na podobném principu jako brány použité v systémech elektronického mýta postavených na mikrovlnné technologii. Průjezd je detekován virtuální bránou porovnáním aktuální polohy vozidla s databází všech virtuálních bran. Vždy se platí za projetí celého úseku.

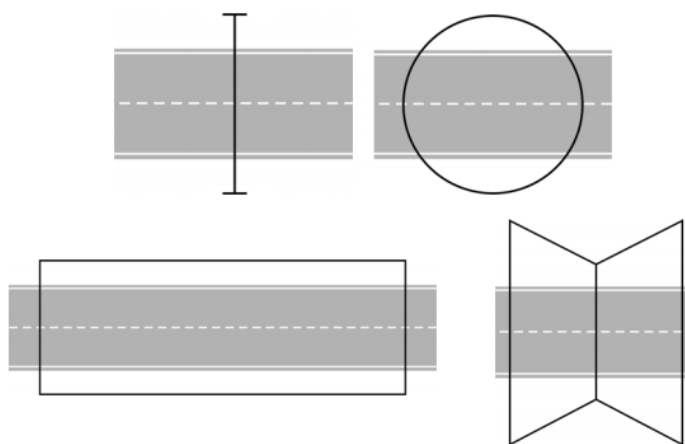
Mezi základní parametry bran patří:

- 1) Tvar a metoda detekce

- 2) Velikost
- 3) Poloha

Tvar (Obr. 14) ovlivňuje především citlivost na směr průjezdu. Brána musí být tak velká, aby i při nepřesném určení polohy bylo možné průjezd detekovat. Velikost ale nesmí být příliš velká, protože tím roste riziko náhodné detekce při pohybu v okolí. Také musí být umístěná na zpoplatněném úseku, kde je zaručeno kvalitní pokrytí signálem GNSS. Dále zde nesmí být jiný úsek silnice.

Obr. 14 Příklady tvarů virtuálních bran

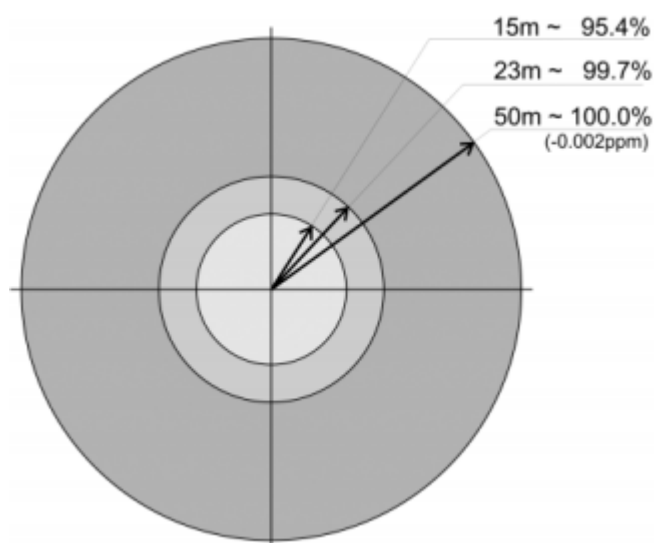


Zdroj: [18]

### 5.5.3. Určení poloměru kruhové virtuální brány

Pokud bude virtuální brána větší, zvýší se i pravděpodobnost, že průjezd branou bude detekován. Na Obr. 15 je znázorněna pravděpodobnost detekce při směrodatné odchylce měření polohy 7,5m. Zároveň ale roste i pravděpodobnost, že vozidlo, které se pohybuje v blízkosti brány, detekuje průjezd branou.

Obr. 15 Pravděpodobnost detekce



Zdroj: [18]

#### 5.5.4. Princip družicové navigace

Rádiové navigační systémy tvoří maják a palubní zařízení. U družicových navigačních systémů je majákem družice.

Tento systém je tzv. globální, tj. systém, který umožňuje určit polohu kdekoli na Zemi. Hlavní předností je, že poloha se určuje v souřadném systému, který je společný pro celou zeměkouli. To umožňuje globálně koordinovat polohy všech objektů vybavených navigačním systémem.

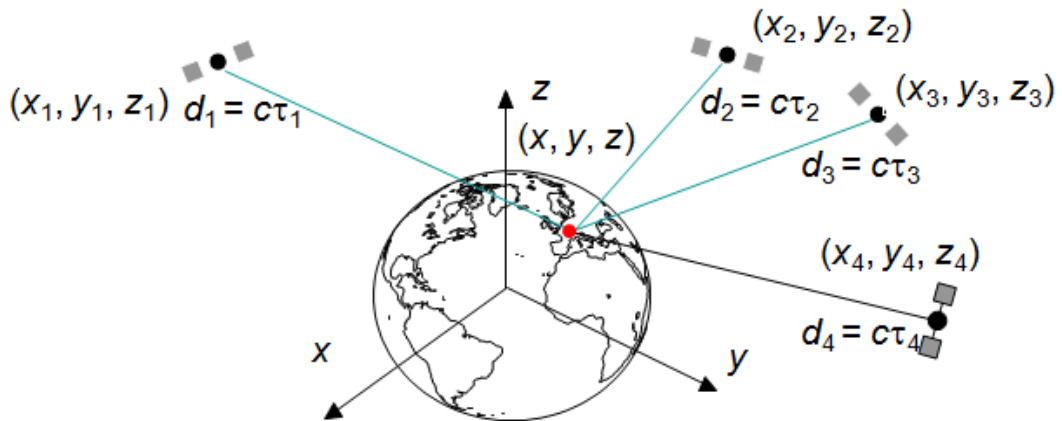
Při určování polohy zpracováním signálů družic se používají metody:

- 1) Metoda úhломěrná
- 2) Metoda dopplerovská
- 3) Metoda dálkoměrná
- 4) Metoda interferometrická

Moderní satelitní navigace zjišťují polohu pomocí metody dálkoměrné. Systém určuje polohu uživatele z jeho vzdáleností  $d_i$  od jednotlivých navigačních družic (Obr. 16). Vzdálenost je převedena na měření dob  $\tau_{mi}$ , které jsou potřebné k tomu, aby signály vyslané z družic dosáhly přijímač. Známe-li souřadnice družic, můžeme polohu určit jako řešení soustavy tří rovnic pro tři neznámé

$$(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2 + (z_i - z)^2 = [c (\tau_{mi} - \tau_0)]^2 \quad i = 1, 2, 3, 4 \quad (1)$$

Obr. 16 Dálkoměrné systémy



Zdroj: [Autor]

### 5.5.5. Čas

Určování polohy se provádí primárně pomocí času. Proto družice na oběžné dráze musí obsahovat velmi přesné atomové hodiny. Používají se na bázi cesia a rubidia. Bohužel družice obíhají Zemi ve vzdálenosti kolem 23 000 km a při rychlosti kolem 3,9 km/s se musí počítat ještě s teorií relativity. Když Američané 22. února 1978 vyslali na oběžné dráhy první navigační satelity, atomové hodiny na jejich palubách nebyly vybaveny korekcemi. Výsledek byl, že během jednoho dne narostla chyba na více než jedenáct kilometrů.

Čas satelitních hodin je dán frekvencí kmitání atomů. Gravitace ve výši přes 20 000 km představuje jen asi čtvrtinu pozemské tíže. Na palubě satelitu GPS se čas jeví zkrácený o 53 miliardtin procenta.

Chyba 1 mikrosekundy v synchronizaci se při rychlosti světla 299 792 458 m/s rovná chybě téměř 300 metrů. Při kódovém měření je nutné synchronizovat na 100 a méně nanosekund (chyba 3 metry).

### 5.5.6. Výkon signálu

Satelit vysílá kódovaný časový signál, ten umožní přijímači vypočítat polohu. Satelit vysílá velmi slabý signál, který má výkon pouze 27 W, což je jen těsně nad hladinou základního šumu přijímače, a proto přijímač musí přijímat signál několik period.

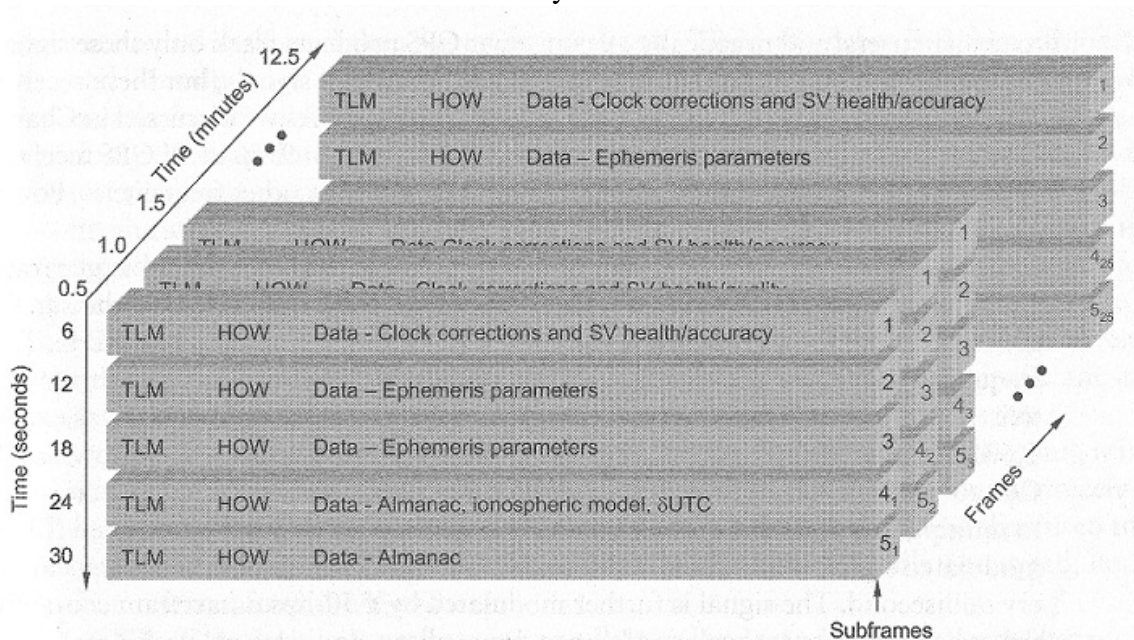
Síla signálu na Zemi se rovná přibližně  $1,41 \times 10^{-16}$  W. To má za následek, že signál mizí v tunelech, nebo za vysokými budovami.

### 5.5.7. PRN Code

Výpočet polohy přijímačem je realizován na základě signálů vysílaných družicemi. Tento signál se nazývá PRN code, je složen z částí kódů a vysílán každých 6 vteřin (Obr. 17). V první řadě je nutné znát souřadnice vysílající družice. Ty se počítají na základě parametrů její dráhy, které družice ve formě dat vysílá tzv. navigační zprávu. Obsahuje následující informace:

- Čas vysílání počátku zprávy
- Keplerovské efemeridy
- Údaje umožňující korigovat přesně čas vysílání družice
- Almanach
- Koeficienty ionosférického modelu
- Stav družice

Obr. 17 Data vysílaná z družice



Zdroj: [3]

Navigační zpráva je rozdělena do 25 rámců. Každý rámec trvá 30 sekund, má 1500 bitů a 5 podrámce. Podrámce se skládají ze slov, každé slovo má 30 bitů, z nichž 24 je využito pro přenos zprávy a 6 bitů slouží k zabezpečení přenosu pomocí Hammingova kódu, který umožňuje opravu jedné chyby a indikaci nejvýše tří chyb.

Začátek každé navigační zprávy se skládá z TLM a HOW jsou složeny z 30 bitů. TLM znamená telemetry word. Prvních osm bitů je synchronizační slovo 10001011, pomocí kterého se určuje začátek. Dalších 14 bitů je vyhrazeno pro diagnostickou zprávu řídicího segmentu. Bity 23 a 24 jsou rezervované. Druhé slovo označováno HOW (handover word), kde prvních 17 bitů se nazývá z-count a pohybuje se mezi 0 až 100 799. Bit 18 a 19 indikuje nenulovou hodnotu. Následující tři bity jsou číslo podrámce (tj. číslo od 1 do 5). [3]

Ve druhém podrámci je uvedeno pořadové číslo podrámce v týdnu. Zbývající slova prvního podrámce nesou informace potřebné k získání času. Slova ve druhém a třetím podrámci jsou určena pro přenos keplerovských efemerid s harmonickými perturbacemi vysílající družice.

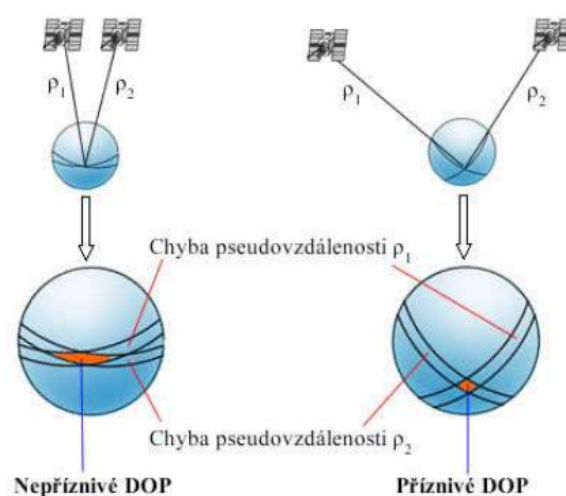
Ve čtvrtém a pátém podrámci je přenášen almanach. Ten nese informace o poloze ostatních satelitů. Zatímco podrámce 1, 2, 3 se při přenosu rámců opakují, podrámce 4 a 5 mají vždy jiný obsah a mohou se opakovat až při přenosu další zprávy (po 12,5 minuty). Celková navigační zpráva za 12,5 minuty vyšle 37 500 bitů.

### **5.5.8. Přesnost určení polohy**

Při určování polohy na Zemi má zásadní vliv konstelace družic neboli rozestavení (Obr. 18). Při nevhodném rozestavení může být DOP, vyjadřující poměr chyb mezi polohou na Zemi a pozicí satelitu. Optimální velikost je menší než 4, pokud hodnota DOP překročí hodnotu 7 je schopnost určit přesnou polohu nemožná.

Záleží na úhlu či velikosti křížení. Při ostrém úhlu vzniká velká nejistota určení průsečíku. Optimální křížení je pod úhlem 90°. K určení přesné polohy je potřeba minimálně čtyři viditelné satelity.

Obr. 18 Vliv geometrie družic na přesnost měření



Zdroj: [37]

## 5.6. Systémy

### 5.6.1. GPS

Program družicové navigace byl vyvinut v Ministerstvu obrany Spojených Států Amerických na počátku šedesátých let. Oficiální název je NAVSTAR GPS (NAVigation Signal Timing And Ranging Global Positioning System). GPS je prvním funkčním navigačním systémem. A dnes nejpoužívanějším.

GPS se dělí na tři hlavní segmenty. Jsou to:

- kosmický segment (Space Segment),
- řídicí segment (Control Segment),
- uživatelský segment (User Segment).

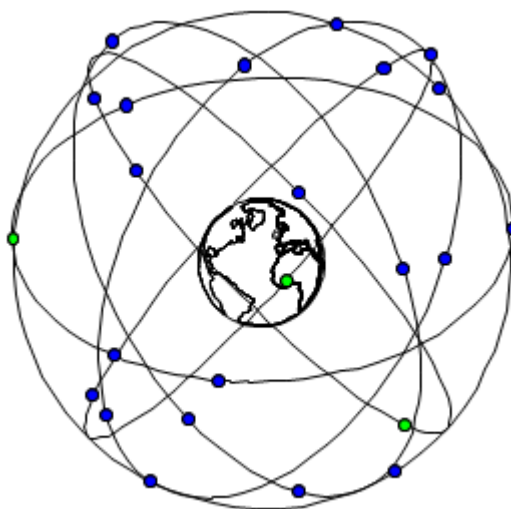
*Kosmický segment* je tvořen družicemi. V šesti oběžných rovinách bylo na počátku rovnoměrně rozloženo 24 družic (Obr. 19), z nichž 3 jsou záložní. Na konci roku 2007 už zde vysílalo 31 operačních satelitů. Některé satelity jsou blízko jiným, ale ty pouze nahrazují staré. Roviny mají sklon k rovníku (inklinaci) 55°. Družice obíhají ve výšce 20 180 km, rychlost družic je 3,8 km/s. Každá družice oběhne svou dráhu za 11 hodin 58 minut a dráhy jsou navrženy tak, že alespoň šest družic je vždy viditelných téměř kdekoli na Zemi.

V řídicím segmentu jsou sledovány dráhy letu monitorovacími stanicemi. Data jsou posílány do hlavní řídicí stanice, která se nachází na Letecké základně Schriever v Colorado Springs. Odtud se pravidelně posílá každé družici aktualizace navigačních dat. Tyto aktualizace synchronizují družicové atomové hodiny s přesností do jedné mikrosekundy.

Uživatelský segment tvoří přijímače uživatelů. GPS přijímač se skládá z antény, procesoru přijímače a vysoce stabilních hodin. U GPS přijímače se často uvádí počet kanálů, které značí počet družic od kterých je přijímač najednou schopen přijímat signál.

GPS vysílá na dvou frekvencích L1 ( $1227,6 \text{ MHz} \pm 12 \text{ MHz}$ ) a L2 ( $1575,42 \text{ MHz} \pm 12 \text{ MHz}$ ). Na rok 2015 je plánována nová frekvence L5 s kmitočtem  $1176,45 \text{ MHz}$ . V roce 2004 stál přijímač přes 2000 \$, dnes stojí méně než 5 \$.

Obr. 19 Konstelace družic GPS



Zdroj: [Autor]

## 5.6.2. GLONASS

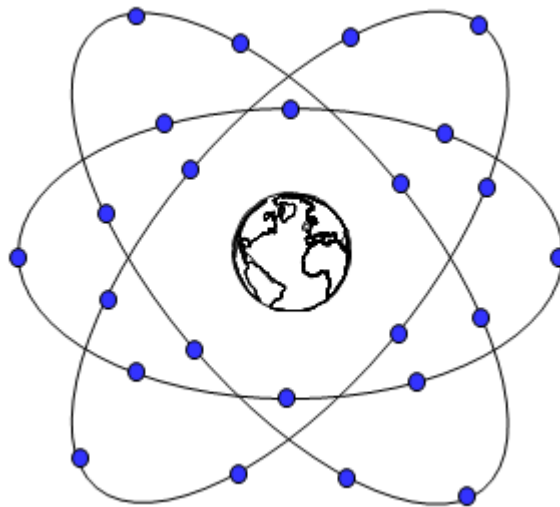
Druhým navigačním systémem, který vysílá je ruský GLONASS. Je provozován ruskou vládou skrze Úřad ruských vojenských vesmírných sil. Plán pro vývoj systému byl schválen v roce 1976. Plná provozuschopnost systému byla plánována na rok 1991, nicméně konstelace byla dokončena až v roce 1995. Díky špatné ekonomické situaci v Rusku však bylo v dubnu 2002 v provozu pouze osm družic. Na konci roku 2009 bylo v provozu 19 družic.



Plně funkční systém předpokládá 24 družic (Obr. 20), který je plánován na rok 2011. V provozu bude 21 družic a 3 budou záložní. Družice obíhají ve výšce 19 100 km při rychlosti 3,9 km/s. Oběžná doba je 11 hodin 15 minut s inklinací 64,8°.

GLONASS je specifický tím, že každá družice vysílá s kmitočtovým dělením v pásmu  $L1 = 1602 \text{ MHz} + 0,5625n \text{ MHz}$ , kde  $n$  je číslo frekvenčního kanálu družice ( $n=0,1,2\dots$ ).

Obr. 20 Konstelace družic GLONASS



Zdroj: [Autor]

### 5.6.3. Galileo

Plánovaný navigační systém Galileo by měl být obdobou americkému systému NAVSTAR GPS a ruskému GLONASS. Evropský systém se nejvíce odlišuje tím, že není vojenský a je primárně navržen jako projekt řízený a spravovaný civilní správou. V současné době systém není kompletní, i když původně plánované spuštění mělo být od roku 2010. Podle nových plánů je nejbližší rok spuštění 2014. Plně funkční systém bude zahrnovat služby:

- **Open Service** – veřejná služba, bez poplatků, běžně dostupná, jednoduché měření polohy a času
- **Commercial Service** – komerční služba, vysoká přesnost, zašifrovaná, garantovaná

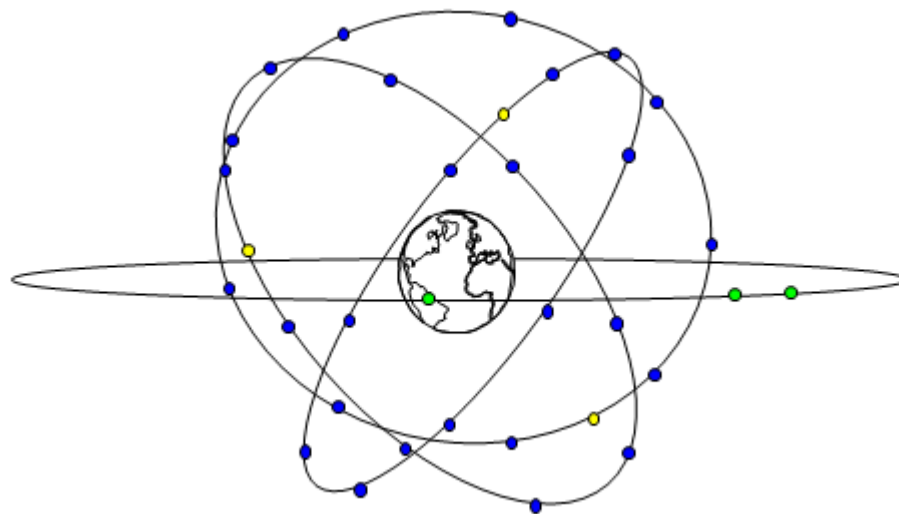
- **Safety of Life** – služba pro kritické aplikace, signál zahrnující integrovanou funkci, která během několika vteřin varuje uživatele v případě chybné funkce
- **Public Regulated Service** – neveřejný signál, dva šifrované signály určené pro státem vybrané uživatele
- **Search and Rescue** – služba nouzové lokace

Plný systém bude sestávat z 30 satelitů (Obr. 21), skládající se ze 27 operačních a 3 záložních. Obíhají ve třech rovinách na středním orbitu ve výšce 23 222 km. Každá rovina bude svírat s rovinou rovníku  $56^\circ$ . Oběžná doba je 14 hodin 21 minut. Galileo umožní určit polohu s přesností lepší než jeden metr.

Družice vysílají na frekvencích E5 (1164 MHz – 1215 MHz), E6 (1260 MHz – 1300), E2 (1559 MHz – 1563 MHz), L1 (1575,42 MHz) a E1 (1587 MHz – 1591 MHz).

Dne 12. prosince 2010 Evropská unie se rozhodla umístit centrum světové navigační sítě Galileo do Prahy. Odtud se bude řídit systém. Systém Galileo je také zatím nejdražším projektem Evropské unie.

Obr. 21 Konstelace družic Galileo



Zdroj: [Autor]

#### 5.6.4. Beidou / Compass

Třetím navigačním systémem je Beidou. Je to projekt Čínské lidové republiky, jehož cílem je vyvinout nezávislý družicový navigační systém. Později byl systém přejmenován na Compass. Od září 2003 začala Čína spolupracovat na evropském projektu Galileo.

Oproti systémům GPS, Glonass, Galileo, které využívají družice pohybující se vzhledem k zemskému povrchu, Compass používá i geostacionární družice. To znamená, že družice zůstává pořád na svém místě, tudíž signálem je pokryta pouze oblast, nad kterou je družice umístěna. Compass je tedy použitelný v oblasti vymezené těmito souřadnicemi: 70° až 140° východní délky a 5° až 55° severní šířky.

Do vesmíru bylo vypuštěno 5 geostacionárních družic. Družice vysílají ve výšce 35 786 km. Procedura při zjišťování polohy je následující:

1. Zařízení uživatele vyšle signál.
2. Družice přijmou signál.
3. Družice vyšlou informaci pozemní stanici. Informace se skládá z přesného času, kdy družice přijaly signál od uživatele.
4. Pozemní stanice spočítá zeměpisnou šířku a délku uživatele.
5. Pozemní stanice vyšle pozici družici.
6. Družice pošle informaci o pozici uživateli.

Z tohoto je zřejmé, že musí být použit aktivní neboli duální uživatelský přístroj. V roce 2008 byla Čínská lidová republika nespokojena s rolí v projektu Galileo, proto se rozhodla postavit globální navigační systém.

Nový systém bude tvořen 35 družicemi, včetně pěti geostacionárních, které budou svým signálem pokrývat celou zeměkouli. Budou poskytovány dva druhy služeb: bezplatná služba pro běžné uživatele a služba pro vojenské účely.

V roce 2009 už byli na středním orbitu tři satelity. Jsou ve výšce 21 500 km a oběžná doba je 12 hodin 55 minut. Bezplatná služba bude určovat polohu s přesností přibližně 10 metrů. Družice vysílají v pásmech E5b (1207,14 MHz), E6 (1268,52 MHz i 1278,75 MHz) a E2 (1561,098 MHz).

### **5.6.5. IRNSS**

Posledním velikým projektem v oblasti navigačních systémů je IRNSS. V květnu 2006 Indická vláda schválila projekt Indického regionálního navigačního satelitního systému. Očekávané spuštění je plánováno na rok 2014.

IRNSS zahrnují tři geostacionární družice a čtyři satelity v geostacionární výšce, ale s nakloněnými rovinami. Družice vysílají ve výšce 35 786 km a v pásmu L5 (1176,45 MHz) a S (2492,08 MHz).

### **5.7. Hybridní systém elektronického mýtného**

Projekt „Hybridní systém elektronického mýtného“ je čtyřletým projektem Výzkumného programu Ministerstva dopravy z let 2007 – 2011. Účelem projektu je navržení nové koncepce hybridního systému elektronického mýtného využívající kombinaci obou přípustných technologií (DSRC, GNSS/GPRS) s využitím telematiky.

Takto navržený systém by zároveň řešit problematiku bezpečného průjezdu mýtným úsekem. Zároveň zlepšuje parametry jako spolehlivost, bezpečnost, dostupnost a integritu. Kombinuje identifikátor vozidla, identifikátor projetého úseku stanoveného pomocí GNSS systému a identifikátoru umístěného na dopravní infrastruktuře komunikující prostřednictvím DSRC.

Projekt reaguje na aktuální problémy implementace elektronického mýtného. Umožňuje efektivnější dohled bez nutnosti výstavby dalších stacionárních bran s nákladným kamerovým systémem. Zároveň řeší nejslabší část systému GNSS, protože GPS lze rádiově rušit, neboť signál GPS je veřejně dostupný.

Satelit musí být kompatibilní s mikrovlnným systémem tak, aby bylo možno bez omezení přejíždět s jednou palubní jednotkou a jednou fakturou. Hybridní systém nemá žádný stát na světě, ale už se čtvrtým rokem testuje jeho provoz.

## **6. Elektronické mýtné v Evropě**

### **5.1. Německo**

Německá dálniční síť je největší v EU (přibližně 25 000 km), ale vzhledem ke svému rozsahu a nutnosti prakticky znovu postavit všechny dálnice na území bývalé NDR, nejsou některé dálnice na území bývalého západního Německa vždy ve skvělém stavu. Intenzita provozu v Německu je velmi značná, problémy velmi často bývají v okolí velkých měst, zejména Mnichova, Norimberku, Kolína a Porúří. Velmi vytížené jsou tahy ze severu na jih, tj. dálnice A1, A3, A7, A9 a dálnice spojující západ s východem Německa, tj. A2 a A6.

Německo je jedna z prvních zemí, která zavedla elektronický mýtný systém. Od 1. ledna 2005 bylo zahájeno vybírání mýta pro těžká nákladní vozidla na zpoplatněných silnicích pomocí systému společnosti Toll Collect GmbH, která je zároveň jeho provozovatelem. Mýto platí pouze těžká vozidla s přípustnou celkovou hmotností nad 12 tun. Dosud za výstavbu, údržbu silnic a dálnic platili obyvatelé Spolkové republiky Německa. Poplatky se vypočítávají podle délky po zpoplatněných úsecích, podle počtu náprav a emisní třídy.

Spolková republika Německo zvolila z hlediska množství převáženého zboží využít systém kombinující technologii satelitní navigace (GPS), která určuje polohu vozidla, s mobilními sítěmi. Na rozdíl od dálničních známek se platí pouze za skutečně ujetou vzdálenost.

### **5.2. Rakousko**

Elektronické mýtné v Rakousku bylo zavedeno již od 1. 1. 2004 pro nákladní automobily a autobusy nad 3,5t. Systém vybírání poplatků je použito na celkem 2070 km úsecích. Rakousko si vybralo mikrovlnný systém mýtného, který je založen na celoplošně instalované mýtné brány po celém Rakousku. Od ledna 2010 Rakousko změnilo podmínky členění poplatků podle emisí vozidel. Všechna vozidla nad 3,5t byla rozdělena podle EURO norem:

Kategorie A - EURO 6 a EEV

Kategorie B - EURO 4 a 5

Kategorie C - EURO 0-3

Investor, který byl zvolen pro vybudování elektronického mýta, se jmenuje firma Asfinag, provozovatelem je firma Europass a technické řešení realizovala firma Kapsch.

Úhradu mýtného lze provádět pouze prostřednictvím přístroje tzv. GO-BOXu. Samotná platba je realizována dvěma způsoby:

- Pre pay – tzv. platba předem, vložená částka se odečítá podle ujeté vzdálenosti
- Post pay – tzv. následná platba, účtováno prostřednictvím kartového systém

### 5.3. Itálie

Itálie má poměrně rozsáhlou síť dálnic. Nej hustší je na severu a ve střední části, jih a Sicílie jsou pokryty řídce. Je zde celkem 6500 km dálnic, z toho je 5584 km placených. Na rozdíl od jiných zemí jsou zde dva druhy dálnic. První je tzv. Superstrade (SS) a maximální rychlost na těchto komunikacích je omezena na 110 km/h. Jízda po těchto dálničních úsecích je bezplatná. Je označena dopravní značkou dálnice v modrém provedení.

Velká většina dálnic je však označena jako Autostrade (A). Tyto úseky jsou označeny dopravní značkou dálnice v zeleném provedení. Tento typ dálnic je zpoplatněn.

O provoz se stará 24 společností. Největší na trhu „Autostrade per l'Italia S.p.A.“ se podílí 61%. Z 98% se jedná o uzavřený systém, zbylá dvě procenta jsou systémem otevřeným. Platí se podle třídy vozidla a podle počtu ujetých kilometrů. Parametry, podle kterých dochází k rozdělení do jednotlivých tříd, jsou počet os vozidla a výška vozidla nad první nápravou.

Při návrhu mýtného systému bylo potřeba dodržet určité předpoklady:

- Jednotliví operátoři nesmí měnit výši poplatku,
- Dohledový systém se nesmí týkat jen části vozidel,
- Systém musí umožňovat platbu v hotovosti,
- Nově navržený systém musí být kompatibilní.

Navržený systém umožňuje celou řadu různých způsobů placení. V Itálii je možné mýtné zaplatit hotově, kde jsou jednotlivé jízdní pruhy rozděleny podle typu obsluhy na manuální a samoobslužný.

Dalším druhem platby za použití dálnic je tzv. TELEPASS. Jedná se o automatickou platbu mýtného, kde dojde k zaplacení pomocí DSRC. TELEPASS je v Itálii značně rozšířený, jehož dobrou vlastností je cena OBU, která je nižší než 20 EUR.

## **5.4. Francie**

Francie je velká země propojující Španělsko a Velkou Británii. Nachází se zde přes 8500 km dálnic. O financování a údržbu se zde stará 8 společností. Největší společností je ASF. Ale není dominantní. Proto byla v roce 1996 podepsána dohoda mezi jednotlivými společnostmi o společném vybírání poplatků. Nezáleží, s kterou společností uživatel uzavře smlouvu, protože společnosti jsou si rovni. Také OBU je kompatibilní v celé Francii.

Ve Francii jsou používány oba druhy systémů - otevřený i uzavřený. Pro vybírání mýtného se zde používá systém DSRC, ale není plně standardizován. Komunikace probíhá v pásmu 5,8 GHz.

## **5.5. Slovensko**

Slovensko je malá země na východ od České republiky. Nachází se zde několik dálnic (D1, D2, D3, D4), které jsou v různých stupních rozestavení, nebo v plánování. V současné době je v provozu přibližně 400 km dálnic. Slovensko je stejně jako Polsko a Česká republika tranzitní země. Pouze 16% z celkového počtu registrovaných nákladních vozidel je slovenských.

Slovensko je z technologického hlediska velice zajímavé, protože jako druhá země využívá elektronické mýtné na bázi satelitního systému. Systém byl spuštěn 1. ledna 2010. Mýtné platí vozidla s celkovou hmotností nad 3,5t. Satelitní mýtné provozuje společnost SkyToll.

Velkou zajímavostí této společnosti je, že jen za 16 dní dokázala tato společnost, aby zpoplatnila 252,2 km vybraných cest I., II., a III. třídy v České republice pomocí satelitní technologie. Tato technologie umožnila požadovanou infrastrukturu zpoplatnit za rekordní čas s nízkými investičními a provozními náklady. Výhodou tohoto řešení je interoperabilita mezi Českou republikou a Slovenskem. To umožňuje mít jednu palubní jednotku při cestě do zahraničí.

## **5.6. Velká Británie**

### **5.6.1. Londýn**

S dopravními problémy ve formě přeplněných ulic se potýká v dnešní době téměř každé velké město, proto se Londýn rozhodl pro radikální řešení, a to zpoplatnění vjezdu do centrální části města o rozloze 21 km<sup>2</sup> (4. ledna 2011 byla rozloha zmenšena asi na polovinu). Projekt byl oficiálně vyhlášen na jaře 2001 a spuštěn 17. února 2003. Systém je provozován společností Capita Group pomocí systému EFC. Hlavním cílem bylo snížit počet vozidel v centru o minimálně 15 % a zajistit lepší průjezdnost. Náklady na zavedení systému byly 200 milionů liber.

Povinnost zaplatit poplatek se týká téměř všech motorových vozidel, a to v pracovních dnech mezi 7 hodinou ránní a 18:30 večer. Poplatek byl stanoven na 5 liber za den. V roce 2011 je cena za vjezd 10 liber. Za první dva roky poklesla doprava v centru o 15 %.

Celá zóna je pozorována kamerami, většina je na vnitřním okruhu. Kamery zaznamenávají SPZ vozidel ve všech jízdnicích pruzích na vjezdu a výjezdu ze zóny. Záběry kamer jsou posílány do dispečinku. Každý den v půlnoci se uzavírají platby, poté počítač porovnává poznávací značky s databází plateb. Zkušební provoz ukázal, že je spolehlivě zachyceno 98 % vozidel.

Předností tohoto způsobu je jednoduchost, kdy není potřebná žádná OBU.

## **5.7. Polsko**

Polsko má oproti většině sousedů méně rozvinutou silniční a dálniční síť. Jedná se o tři hlavní tahy (A1, A2, A4) v různých fázích rozestavěnosti. Ale Polsko je z množství tranzitní dopravy na prvním místě v EU. V roce 2006 to bylo 19%. Celková délka dálnic bude přibližně 2160 km.

Téměř hotová dálnice A4 se nachází v jižní části země, po dostavbě bude propojovat německou dálnici od Drážďan až k hranicím Ukrajiny. Druhou dálnicí je A2, která vede od Berlína, přes Varšavu k hranicím s Běloruskem. Ze severu na jih budovaná dálnice A1 ve směru Gdaňsk – Bohumín.

Mýtný systém v Polsku je tzv. uzavřený typ a mýtné je vybíráno u výjezdu v mýtných branách. Mýtné stanice s výjimkou hlavního mýtného prostranství umístěného



v hlavním dálničním koridoru jsou umístěny na příjezdových a výjezdových cestách dálničních křižovatek.

Dne 5. Listopadu podepsalo polské Generální ředitelství silnic a dálnic smlouvu na výstavbu a provoz elektronického mýtného systému s rakouskou firmou Kapsch. Po Rakousku a České Republice to bude třetí mýtný systém používaný firmou Kapsch. Spuštění je plánováno na 1. července 2011. Elektronické mýto má začít platit nejprve na 1750 kilometrech silnic a dálnic. Poté má být rozšířen na čtyřnásobek.

## **5.8. Švýcarsko**

V roce 1997 byl zahájen projekt EFC. Švýcarsko zvolilo systém LSVA, který byl spuštěn do provozu k 1. 1. 2001. Poplatky byly zavedeny pro všechny nákladní automobily nad 3,5 tuny a jsou účtovány za každý ujetý km v kompletní silniční síti. Výše poplatku je dána součinem celkového počtu ujetých km, celkové hmotnosti vozidla a emisní kategorie vozidla.

Výběr poplatků pomocí EFC v systému LSVA představuje:

- výběr poplatků za vnitrostátní nákladní dopravu (pomocí OBU)
- výběr poplatků za zahraniční nákladní dopravu pomocí OBU
- výběr poplatků za zahraniční nákladní dopravu bez použití OBU
- řešení sporů a odvolání za nesprávně vyměřené poplatky
- řešení speciálních případů (např. neplatiči)
- zajištění provozu systému LSVA

Jednotka OBU přijímá pulsy z tachografu, kde se načítají ujeté km. Komunikace mezi OBU a ITS je realizována pomocí DSRC v mikrovlnném pásmu 5,8 GHz.

## 6. Mýtné v ČR

Česká republika leží ve středu Evropy. Geografickou polohou je tedy předurčena k významné roli evropské tranzitní země. Množství kamionové dopravy se každým rokem zvyšoval.

Proto Vláda ČR v květnu 2004 rozhodla, že zpoplatní užívání vybraných pozemních komunikací těžkými vozidly (nad 12t) výkonově. Výběr mýtného musí být zajišťován plně automaticky a kromě dálnic a rychlostních silnic by se měl rozšířit i na vybrané silnice I. třídy. V první fázi bylo rozhodnuto o zpoplatnění 970 km. Druhá fáze zpoplatnění se má rozšířit na více než 1100km. Systém výkonového zpoplatnění nákladní dopravy byl zaveden z následujících důvodů:

- Zavedení výkonového zpoplatnění v Rakousku a Německu, se ČR stala levnou tranzitní zemí;
- Bylo nutné reagovat na enormní nárůst kamionové dopravy a s tím spojené průvodní jevy (snížená bezpečnost, vyšší opotřebení komunikací) tak, aby se snížil nárůst těchto negativních jevů a náklady byly převedeny na jejich původce;
- Nárůst kamionové dopravy nebylo možné vhodným způsobem řešit zvýšením současných poplatků;
- Výkonové zpoplatnění umožňuje ve větším měřítku uplatňovat regulaci dopravních proudů;
- Zavedení výkonového zpoplatnění zvýší výhodnost železniční nákladní přepravy
- Cílem je dosáhnout vyššího příjmu z poplatků placených uživateli a reinvestování těchto prostředků do dopravní infrastruktury. [38]

Největší problém ovšem bylo, jaký zvolit systém. Základním požadavkem na elektronické systémy výběru mýtného jsou především spolehlivost, dokonalá vynutitelnost placení, zaručený výnos na údržbu a hlavně rozšiřování silniční infrastruktury. Rozhodovalo se hlavně mezi mikrovlnným a satelitním systémem. Se satelitním systémem vybírání mýtného byly v Evropě jen minimální zkušenosti a na příkladu Německa se ukázalo, že zprovoznění systému je velmi problematické. Spuštění mýtného v Německu bylo opožděno o skoro dva roky. Na druhou stranu, orgány Evropské unie preferovaly satelitní systém z důvodu zvyšující se tranzitní dopravy a možnou kompatibilitou mezi systémy jednotlivých zemí. Mikrovlnný systém takové problémy neměl. Bezproblémově

pracoval v několika evropských zemích. České republice nejbližší funkční systém mikrovlnného výběru mýtného byl spuštěn 1. ledna 2004 v Rakousku.

Po odsouhlasení základních parametrů bylo dne 11. července 2005 zveřejněno oznámení zadávacího řízení veřejné zakázky. Ministerstvo dopravy obdrželo nabídky společností A Way, Kapsch, Autostrade a sdružení firem Fela/Ascom, Damovo a ABD Group.

Tab. 4 Přehled návrhů cen v prvním kole výběrového řízení

Název obchodní firmy	Nabídková cena v Kč	
	bez DPH	včetně DPH
A-Way LKW –Maut Betriebsgesellschaft m. b. H.	28 323 120 705,-	33 704 513 639,-
Fela Management, Ascom, ABD Group, DAMOVO	12 675 771 447,-	15 084 168 022,-
Kapsch AG	18 566 406 373,-	22 094 023 584,-
Autostrade S. p. A.	14 729 353 678,-	17 527 930 877,-

Zdroj: [38]

Nakonec tuto státní zakázku vyhrála společnost Kapsch preferující mikrovlnnou technologii na bázi DSRC. Bylo vybudováno 178 mýtných bran za 22 miliard korun. Systém byl spuštěn 1. ledna 2007. Za první rok provozu vygeneroval tento systém příjmy v hodnotě více než 5,5 miliardy korun. Od února letošního roku byla zavedena platba i pro vozidla s hmotností nad 3,5 tuny. Od 1. ledna 2011 (Příloha A) je zpoplatněno 1321 km.

Na začátku listopadu 2010 se Ministerstvo dopravy rozhodlo, že rozšíří mýtný systém. Rozšíření se bude týkat 5500 km silnic první třídy. Předpokládaný termín dokončení je plánován na polovinu roku 2012. Největší konkurenční boj je očekáván mezi firmou Kapsch, která preferuje mikrovlnný systém a firmou SkyToll, která provozuje satelitní mýtný systém na Slovensku. Společnost Kapsch už třetím rokem testuje hybridní systém, ale je zde potřeba zvážit ekonomiku celého projektu. Maximální poměr nákladů k výnosům daná Evropskou unií by neměla překročit 30 procent.

## 7. Závěr

Jak se zvyšoval počet vozidel ve světě, začala se rozvíjet telematika, což je nová věda integrující informační technologie s dopravním inženýrstvím. Hlavní funkcí bylo zvýšení přepravního výkonu, efektivity dopravy, bezpečnosti a komfortu.

Nákladní doprava dosáhla za poslední desetiletí obrovský vývoj. Podíl silniční dopravy v roce 2006 byl 73%. Oproti tomu 13% náleží železniční dopravě. Oblíbenost silniční dopravy spočívala hlavně v rychlosti a v levnějším provozu. Po rozšíření evropské unie a otevřením hranic se podíl tranzitní dopravy ještě více prohloubil. Země s největším podílem tranzitní dopravy je Polsko s 19%. Na druhém místě je ČR a Německo s 10%. Jediné řešení bylo zpoplatnit silniční komunikace dle výkonového zpoplatnění. Nejčastěji je realizováno formou elektronického mýtného a to především z důvodu zaúčtování transakce. Většina technologií je užívána zejména ve smyslu zisku finančních prostředků na obnovu a rozvoj infrastruktury.

Pro výběr mýtného se používají dvě technologie. První pracuje na bázi mikrovlnného pásma, kde je vysoká přesnost, ale zase se musí stavět mýtné brány. Tento systém má menší počáteční investice. Tento systém se jmenuje DSRC. Druhá technologie využívá satelitní navigaci. Největší předností je neomezená rozšiřitelnost. První investice je mnohem dražší, ale pokud dojde k rozšíření, není zde tak vysoká další investice a rychlost zprovoznění je vysoká. Také je zde možnost propojení mezi státy. Tuto možnost velice podporuje Evropská unie. Protože zatím není garantovaná přesnost. Tu nabízí až evropský systém Galileo, kde nejbližší možný start je plánován v roce 2015. Ano je i třetí způsob vybírání mýtného, hybridní systém. Ten propojuje obě technologie, ale je velmi drahý a v České republice asi nemá budoucnost.

Pokud porovnáme systémy v Evropě, zjistíme, že se používají stejné protokoly. Takže v budoucnu budeme moct s jednou jednotkou projet celou Evropu a zaplatit všechny projeté země najednou.

## 8. Seznam použitých zkratk

CEMT – Evropská konference ministrů dopravy  
DOP - Dilution of Precision  
DSRC – Dedicated Short-Range Communications  
EEV - Enhanced Environmentally friendly Vehicle  
EU – Evropská unie  
Geo-data - Databáze zpoplatněných úseků  
GPRS – General Packet Radio Service  
GPS – Global Positioning System  
HOW – Hand-Over Word  
IR - Infrared  
ITS - Intelligent Transportation Systems  
NAVSTAR – První polohový systém  
OBU – On Board Unit  
TLM – Telemetry Word

## 9. Použitá literatura

- [1] HRDINA, Zdeněk; PÁNEK, Petr; VEJRAŽKA, František. Rádiové určování polohy : (Družicový systém GPS). Vyd. 1. Praha : ČVUT, 1995. 267 s. ISBN 80-01-01386-3..
- [2] PŘIBYL, Pavel. Inteligentní dopravní systémy a dopravní telematika. Vid. 1. Praha : ČVUT, 2005. 182 s. ISBN 80-01-03122-5.
- [3] DIGGELEN, Frank van. A-GPS: Assisted GPS, GNSS, and SBAS. Vid. 1. London : Artech House, 2009. 380 s. ISBN 978-1-59693-374-3.
- [4] BEVLY, David M. GNSS for vehicle control. Norwood : Artech House, 2010. 266 s. ISBN 978-1-59693-301-9.
- [5] VESELÝ, Jaroslav. Úvod do teorie chaosu v dopravě a dopravní telematice. Vyd. 1. Praha : ČVUT, 2006. 120 s. ISBN 80-01-03448-8.
- [6] *Ředitelství silnic a dálnic* [online]. 2011 [cit. 2011-02-23]. Pozemní komunikace, jejich rozdělení a správa. Dostupné z WWW: <<http://www.rsd.cz/Udrzba-komunikaci/Rozdeleni-komunikaci-a-sprava>>.
- [7] *International Transport Forum* [online]. 2010 [cit. 2011-03-12]. About the ITF. Dostupné z WWW: <<http://www.internationaltransportforum.org/>>.

- [8] *Vývoj a restrukturační dopravy v Evropě* [online]. [s.l.] : [s.n.], 2001 [cit. 2011-03-19]. Dostupné z WWW: <[http://www.datis.cdail.cz/edice/IZD/izd1\\_02/vyvoj.pdf](http://www.datis.cdail.cz/edice/IZD/izd1_02/vyvoj.pdf)>.
- [9] *Road Freight Transport Vademecum* [online]. [s.l.] : [s.n.], March 2009 [cit. 2011-03-18]. Dostupné z WWW: <[http://ec.europa.eu/transport/road/doc/2009\\_road\\_freight\\_vademecum.pdf](http://ec.europa.eu/transport/road/doc/2009_road_freight_vademecum.pdf)>.
- [10] KASTLOVÁ, Olga; BRIC, Milan. *Ročenka dopravy České republiky 2009* [online]. [s.l.] : Ministerstvo dopravy, 2010 [cit. 2011-04-03]. Dostupné z WWW: <[https://www.sydos.cz/cs/rocenka\\_pdf/Rocenka\\_dopravy\\_2009.pdf](https://www.sydos.cz/cs/rocenka_pdf/Rocenka_dopravy_2009.pdf)>. ISBN 1801-309.
- [11] *Státní fond dopravní infrastruktury* [online]. Státní fond dopravní infrastruktury, 2008 [cit. 2011-03-13]. Úvod. Dostupné z WWW: <<http://www.sfdi.cz/CZ/2011dk-uvod.php>>.
- [12] PLIŠKA, Zdeněk. *Elektronický výběr poplatků* [online]. Prosinec, 2003 [cit. 2011-03-20]. AUTOMA. Dostupné z WWW: <[http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id\\_document=29025](http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=29025)>.
- [13] *MYTO CZ* [online]. 2011 [cit. 2011-03-25]. Obecná architektura systému elektronického mýtného. Dostupné z WWW: <<http://www.premid.cz/>>.
- [14] *MYTO SK* [online]. 2010 [cit. 2011-03-27]. Funkcia a opis palubnej jednotky. Dostupné z WWW: <[www.emyto.sk](http://www.emyto.sk)>.
- [15] MICHÁLÍK, Jan. *AUTOMATIZACE* [online]. Praha : Duben 2005 [cit. 2011-03-19]. Elektronické platby mýtného: komunikace a interoperabilita. Dostupné z WWW: <<http://www.automatizace.cz/article.php?a=633>>.
- [16] *VYHRAZENÁ KOMUNIKACE KRÁTKÉHO DOSAHU ( DSRC ) : DSRC – DATOVÁ VRSTVA* [online]. Praha : ČVUT, 2000 [cit. 2011-03-28]. Dostupné z WWW: <[http://www.lt.fd.cvut.cz/its/rok\\_2003/prilohy/6/WG09\\_12795\\_Datova%20vrstva.pdf](http://www.lt.fd.cvut.cz/its/rok_2003/prilohy/6/WG09_12795_Datova%20vrstva.pdf)>.
- [17] *Space Technologies and Satellite Systems Department* [online]. 2009 [cit. 2011-03-26]. GNSS - Global Navigation Satellite System. Dostupné z WWW: <[http://www.spacedepartment.cz/wiki/NKB\\_GNSS\\_systemy](http://www.spacedepartment.cz/wiki/NKB_GNSS_systemy)>.
- [18] SVÍTEK, Miroslav, et al. *Hybridní systém elektronického mýtného* [online]. Praha : [s.n.], Leden 2009 [cit. 2011-04-03]. Dostupné z WWW: <[www.mdcr-vyzkum-infobanka.cz/DownloadFile/4606.aspx](http://www.mdcr-vyzkum-infobanka.cz/DownloadFile/4606.aspx)>.
- [19] *TOLL COLLECT* [online]. 2010 [cit. 2011-03-27]. Truck toll system. Dostupné z WWW: <<http://www.toll-collect.de>>.

- [20] *Kapsch TrafficCom* [online]. 2011 [cit. 2011-03-27]. ITS Solution. Dostupné z WWW: <[www.kapsch.at](http://www.kapsch.at)>.
- [21] *Autostrade per l'Italia* [online]. 2006 [cit. 2011-03-28]. Routes and Tolls. Dostupné z WWW: <<http://www.autostrade.it/>>.
- [22] *Questions techniques* [online]. 2010 [cit. 2011-03-28]. Télépéage Poids Lourds France. Dostupné z WWW: <<http://www.tis-pl.com>>.
- [23] *French Motorway companies association* [online]. 2011 [cit. 2011-03-29]. Automatic toll payment system. Dostupné z WWW: <<http://www.autoroutes.fr/en/homepage.html>>.
- [24] *Autoroutes du Sud de la France* [online]. 2011 [cit. 2011-03-30]. ASF, France's leader. Dostupné z WWW: <<http://www.asf.fr/control/index.aspx?alias=Internet2007Anglais.home>>.
- [25] *Elektronic Tolling Systems* [online]. 2009 [cit. 2011-03-31]. Skytoll. Dostupné z WWW: <<http://www.skytoll.sk/>>.
- [26] *Dálnice na Slovensku* [online]. 2011 [cit. 2011-04-03]. Výstavba dálnic, rychlostních cest a tunelov. Dostupné z WWW: <<http://dialnice.php5.sk>>.
- [27] SPOUSTA, Jan. *Společnost pro veřejnou dopravu* [online]. 2005 [cit. 2011-03-28]. Londýnské mýto. Dostupné z WWW: <[http://www.spvd.cz/?p=svet/gb/london/london.html&m=menu\\_ruzne.html](http://www.spvd.cz/?p=svet/gb/london/london.html&m=menu_ruzne.html)>.
- [28] *Transport for London* [online]. 2011 [cit. 2011-04-03]. Congestion Charging. Dostupné z WWW: <<http://www.tfl.gov.uk/roadusers/default.aspx>>.
- [29] *E15* [online]. 5.11.2010 [cit. 2011-03-29]. Kapsch bude mýtné vybírat i v Polsku. Dostupné z WWW: <<http://zpravy.e15.cz/byznys/doprava-a-logistika/kapsch-bude-mytne-vybirat-i-v-polsku>>.
- [30] GRUBL, Zdeněk; FENCL, Ivan. *ITS Revue : Informace o dopravní telematice* [online]. 2004 [cit. 2011-03-31]. Systém LSVA elektronický výběr mýtného ve Švýcarsku. Dostupné z WWW: <<http://www.itsrevue.cz/index.php?its=archiv-clanku/system-lsva-elektronicky-vyber-mytneho-ve-svycarsku>>.
- [31] *Schweizerische eidgenossenschaft* [online]. 2011 [cit. 2011-04-01]. Leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe (LSVA). Dostupné z WWW: <[http://www.ezv.admin.ch/zollinfo\\_firmen/steuern\\_abgaben/00379/index.html](http://www.ezv.admin.ch/zollinfo_firmen/steuern_abgaben/00379/index.html)>.

- [32] ŠUBRT, Milan. *AUTOMATIZACE* [online]. Zář 2005 [cit. 2011-03-05]. Zaostřeno na elektronické mýtné systémy. Dostupné z WWW: <<http://www.automatizace.cz/article.php?a=820>>.
- [33] *Dopravní noviny* [online]. 2001 [cit. 2011-03-03]. Ministerstvo dopravy zveřejnilo statistické údaje za loňský rok. Dostupné z WWW: <<http://www.dnoviny.cz/dopravni-politika/ministerstvo-dopravy-zverejnilo-statisticke-udaje>>.
- [34] MICHAL, Jiří. *E15* [online]. 10.11.2010 [cit. 2011-04-05]. Začíná boj o rozšíření mýtného - nabídky vylétly až k 20 miliardám. Dostupné z WWW: <<http://zpravy.e15.cz/byznys/doprava-a-logistika/zacina-boj-o-rozsireni-mytneho-skytoll-se-pre-s-kapschem-o-cenu>>.
- [35] ŠINDELÁŘ, Jan. *E15* [online]. 11.3.2011 [cit. 2011-04-05]. Stát zpoplatní všech 5500 kilometrů jedniček. Dostupné z WWW: <<http://zpravy.e15.cz/byznys/doprava-a-logistika/stat-zpoplatni-vsech-5500-kilometru-jednicek>>.
- [36] ŠINDELÁŘ, Jan. *E15* [online]. 2.3.2011 [cit. 2011-04-05]. Hybridní mýto je připraveno. Dostupné z WWW: <<http://zpravy.e15.cz/byznys/doprava-a-logistika/hybridni-myto-je-pripraveno-hlasi-kapsch>>.
- [37] ŠVÁB, Ondřej. *Satelitní určování polohy : Současný stav*. ČZU, 2009. 36 s. Přednáška. ČZU.
- [38] BRZOBOHATÝ, Tomáš. *ANALÝZA VLIVŮ MÝTNÉHO NA INTENZITU SILNIČNÍ NÁKLADNÍ DOPRAVY V ČESKÉ REPUBLICE* [online]. Praha : [www.dopravnifederace.cz](http://www.dopravnifederace.cz), 2008 [cit. 2011-04-08]. Dostupné z WWW: <[http://www.dopravnifederace.cz/\\_files/file/Analyza%20dopadu%20zavedeni%20myta\\_final4.pdf](http://www.dopravnifederace.cz/_files/file/Analyza%20dopadu%20zavedeni%20myta_final4.pdf)>.

## 10. Seznam příloh

Příloha A: Zpoplatněné úseky silnic a dálnic v ČR od 1. 1. 2011



## **11. Seznam obrázků**

- Obr. 1 Principální organizace telematiky ve světovém kontextu
- Obr. 2 Definice přepravně – dopravního řetězce
- Obr. 3 Vazba dopravní telematiky a přepravně - dopravního řetězce
- Obr. 4 Podíl vnitrozemské dopravy v EU (tkm), rok 2006
- Obr. 5 Růst nákladní dopravy v EU (tkm)
- Obr. 6 Množství tranzitní dopravy (2006)
- Obr. 7 Otevřený systém
- Obr. 8 Uzavřený systém
- Obr. 9 OBU v ČR
- Obr. 10 OBU na Slovensku
- Obr. 11 Mýtná brána
- Obr. 12 Formát komunikace DSRC
- Obr. 13 Příklad zpoplatnění silnic a umístění virtuálních kruhových bran
- Obr. 14 Příklady tvarů virtuálních bran
- Obr. 15 Pravděpodobnost detekce
- Obr. 16 Dálkoměrné systémy
- Obr. 17 Data vysílaná z družice
- Obr. 18 Vliv geometrie družic na přesnost měření
- Obr. 19 Konstelace družic GPS
- Obr. 20 Konstelace družic GLONASS
- Obr. 21 Konstelace družic Galileo

## **12. Seznam tabulek**

- Tab. 1 Počet nákladních vozidel v Evropě
- Tab. 2 Přeprava věcí na území ČR
- Tab. 3 Kvalifikace externích nákladů
- Tab. 4 Přehled návrhů cen v prvním kole výběrového řízení

## Příloha A

Zpoplatněné úseky silnic a dálnic v ČR od 1. 1. 2011, lit. [13]

