



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA DOPRAVNÍ

Bc. Matěj Petržílka

**SYSTÉM PRO SLEDOVÁNÍ A MONITOROVÁNÍ
NEBEZPEČNÝCH ZÁSILEK V NÁMOŘNÍ PŘEPRAVĚ**

Diplomová práce

2016



K617 Ústav logistiky a managementu dopravy

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

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Bc. Matěj Petržílka

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

N 3710 – LO – Logistika, technologie a management dopravy

Název tématu (česky): **Systém pro sledování a monitorování
nebezpečných zásilek v námořní přepravě**

Název tématu (anglicky): System for Tracking and Monitoring of Dangerous
Shipments in Maritime Transport

Zásady pro vypracování

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

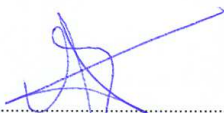
- Námořní přeprava a její význam - historie, současnost, ekonomické dopady
- Analýza současných podmínek a přístupů k přepravě nebezpečných zásilek námořní přepravou - legislativa, definice a klasifikace nebezpečných látek, logistické zabezpečení
- Návrh systému pro sledování a monitorování nebezpečných zásilek v námořní dopravě - popis navrhovaného systému se zaměřením na maximální spolehlivost přenosu senzorických dat pomocí šíření elektromagnetických vln rozptylem na meteorických stopách (Meteor Scatter)
- Ekonomické posouzení - náklady na zřízení a údržby navrhovaného systému ve srovnání s alternativními systémy
- Vyhodnocení navrhovaných řešení - celkové zhodnocení navrhovaného systému s poukazem na důležitost faktoru spolehlivosti a robustnosti systému


- Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucího diplomové práce
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 55 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury: INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION: Volume 1-2. London, 2002
BARTLOVÁ, I. Nebezpečné látky. Ostrava, Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2000
Meteor Burst Communications: Theory and Practice. Wiley 1993

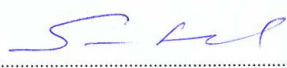
Vedoucí diplomové práce: **prof. Dr. Ing. Otto Pastor, CSc.**
Ing. Pavel Zdvořák

Datum zadání diplomové práce: **30. června 2015**
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)


Datum odevzdání diplomové práce: **1. června 2016**
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia


.....
doc. Ing. Lukáš Týfa, Ph.D.
vedoucí
Ústavu logistiky a managementu dopravy


L. S.


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

Potvrzuji převzetí zadání diplomové práce.


.....
Bc. Matěj Petržílka
jméno a podpis studenta

V Praze dne30. června 2015

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval všem, kteří mě při studiu podporovali. Zvláště pak děkuji Ing. Pavlovi Zdvořákovi a prof. Dr. Ing. Ottu Pastorovi, CSc. za odborné vedení, konzultování diplomové práce a jejich cenné rady.


V neposlední řadě je mou milou povinností poděkovat svým rodičům a blízkým za morální a materiální podporu během mého studia.

Prohlášení

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

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

V Praze dne 31. května 2016


.....
podpis

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA DOPRAVNÍ

**SYSTÉM PRO SLEDOVÁNÍ A MONITOROVÁNÍ NEBEZPEČNÝCH ZÁSILEK
V NÁMOŘNÍ PŘEPRAVĚ**

diplomová práce

červen 2016

Bc. Matěj Petržílka

ABSTRAKT

Předmětem diplomové práce „Systém pro sledování a monitorování nebezpečných zásilek v námořní přepravě“ je zpracování analýzy podmínek a přístupů k přepravě nebezpečných zásilek námořní přepravou s cílem návrhu systému pro jejich sledování a monitorování. Diplomová práce zkoumá a ověřuje realizovatelnost záložního systému pro přenosu sensorických dat, který je založený na technologii využívající dálkové šíření elektromagnetických vln pomocí rozptylu a odrazu na meteorických stopách.

Klíčová slova:

námořní přeprava, nebezpečné zboží, IMGD code, SWOT analýza

ABSTRACT

The subject of master's thesis "System for Tracking and Monitoring of Dangerous Shipments in Maritime Transport" is the analysis of conditions and approaches to the carriage of dangerous goods in maritime transportation with the aim of designing a system for their monitoring and tracking. This thesis examines and verifies the feasibility of a backup system for the transmission of sensory data, which is based on technology using electromagnetic wave propagation through the scattering and reflection on the meteor trails so as to ensure the maximum reliability of the transmitted data.

Key words:

maritime transport, dangerous shipments, IMGD code, SWOT analysis

Osnova:

Obsah.....	5
1. Úvod.....	6
2. Námořní intermodální přeprava a její význam.....	8
2.1 Vymezení pojmů.....	8
2.2 Historie intermodální přepravy.....	13
2.2.1 Počátky kontejnerové přepravy.....	14
2.2.2 Vznik moderního kontejnerové přepravy - M. McLean.....	16
2.3 členění kontejnerů.....	18
2.4 Kontejnery podle normy ISO.....	20
2.5 Značení kontejnerů.....	22
2.6. Význam intermodální námořní přepravy.....	24
3. Analýza přístupů a podmínek k přepravě nebezpečného zboží po moři.....	26
3.1 Legislativa.....	26
3.2 Klasifikace nebezpečných látek podle IMDG.....	32
3.3 Logistické zabezpečení.....	38
3.4 Distribuční námořní cesty.....	40
3.5 Logistické technologie pro sledování přepravy nákladu.....	41
3.6 Zhodnocení třetí kapitoly.....	50
4. Návrh systému pro sledování a monitorování nebezpečných zásilek.....	51
4.1 Posouzení hrozby výpadku satelitního systému.....	51
4.2 Posouzení alternativních možností přenosu dat na velké vzdálenosti.....	54
4.3 Přenos dat prostřednictvím šíření typu MS.....	56
4.4 Popis navrhovaného systému „MS“.....	71
5. Ekonomické posouzení.....	77
6. Závěr.....	80
7. Seznam použité literatury.....	81
8. Seznam použitých zkratk.....	87
9. Seznam obrázků.....	89
10. Seznam grafů.....	91
11. Seznam tabulek.....	92

1. Úvod

Přeprava nákladů po moři je jedním z nejstarších druhů přepravy. Bouřlivý nárůst nicméně přišel až po druhé světové válce, kdy světová ekonomika začala významně růst, čímž narůstala i potřeba efektivní přepravy zboží na velké vzdálenosti. Začala se tak uplatňovat i intermodální přeprava, která pro přepravu zboží využívá unifikovaných přepravních jednotek - kontejnerů. Díky standardizovaným rozměrům bylo možné zpřehlednit a urychlit transport zboží a to i za pomoci více druhů přepravy a efektivněji zboží skladovat, čímž došlo k významnému poklesu přepravních nákladů. V době po druhé světové válce tedy začínají vznikat další podpůrné logistické technologie, dochází ke standardizaci rozměrů kontejnerů dle normy ISO a výstavbě velkých přístavních center vybavených pro manipulaci s kontejnery. V současné době činí objem přepravovaných nákladů pomocí intermodální kombinované kontejnerové přepravy až 90% všech přepravených nákladů na světě.

Speciální druh přepravovaného zboží jsou nebezpečné látky, které ohrožují zdraví lidí a životní prostředí. Není bez zajímavosti, že nárůst objemu přepravených nebezpečných látek roste i v České republice, zvláště pak v posledních letech, kdy po oživení české ekonomiky dochází k zvýšení exportu do zahraničí. K moři je zpravidla zásilka přepravena po silnici nebo pomocí železnice, což vyžaduje po logistickém operátorovi znalost nejen námořních předpisů IMDG Code, ale také dohod ADR a RID. Na místě je jistě otázka, jestli by přeprava nebezpečného nákladu nebyla výhodnější pomocí nákladních letadel. I když v některých případech, zejména v armádě, k tomuto druhu přepravy dochází, velká většina přepravy nebezpečných látek se stále děje prostřednictvím přepravy po moři. Je to z toho důvodu, že letecká přeprava nebezpečných látek je finančně nákladnější a především v letectví platí přísnější právní a bezpečnostní normy. *"Obecně lze říci, že předpisy pro leteckou přepravu ICAO-TI jsou značně přísnější než řád IMDG-CODE pro přepravu námořní."*[1].

Při nakládání a vykládání nebezpečného nákladu v tranzitních přístavech je důležitý čas, proto se rejdaři snaží o co největší urychlení nakládky a vykládky, což většinou bývá realizováno do sedmi dnů. Pokud totiž dojde k zdržení, je nutné uhradit poměrně vysoké poplatky.

Časová tíseň, nedbalé dodržování předpisů ADR a IMDG a obecně nedostatek kvalifikovaných bezpečnostních expertů z důvodu ekonomické optimalizace (což je mnohdy významným faktorem ohrožující bezpečnost i v dalších druzích přepravy - viz případ havárie letu UPS Airlines Flight 6 z 3. září 2010 [2], [3]) pak zvyšuje celkové nebezpečí, že dojde k úniku nebezpečných látek, které mohou ohrozit nejen posádku lodi, ale které také mohou

způsobit ekologickou katastrofu. V posledních letech navíc dochází k dalšímu ohrožení, které představují teroristické útoky, zejména pak v oblasti Indického oceánu [4], [5].

Komplexnost a vysoké požadavky na bezpečnost při přepravě nebezpečných látek proto vyžadují i vývoj speciálních logistických technologií, zejména pokud je o zjišťování aktuální pozice a monitorování přepravovaného nebezpečného nákladu v rámci intermodální přepravy. V ČR až do roku 2016 neexistoval funkční a ucelený systém sledování přeprav nebezpečných věcí, první pilotní systém ChemLog T&T se začal realizovat až v letech 2013-5 [6]. Tento systém používá pro přenos souřadnic o poloze kontejneru a jeho stavu běžnou komerční GSM síť, konkrétně datový přenos prostřednictvím GPRS modemu, poloha kontejneru se ale zjišťuje na základě dat z GPS družic. Tento systém ačkoli se snaží o monitoring kombinované intermodální dopravy, ovšem opomíjí možnost sledovat polohu a stav nákladu kontejneru mimo oblast dosahu GSM sítě, tedy na moři, čímž je ohrožena jeho interoperabilita.

Cílem této diplomové práce je zpracování analýzy podmínek a přístupů k přepravě nebezpečných zásilek námořní přepravou s cílem zhodnocení, analýzy a návrhu systému pro jejich sledování a monitorování. Diplomová práce zkoumá a ověřuje realizovatelnost záložního (redundantního) systému přenosu senzorických dat i dat o poloze, který je založený na technologii využívající šíření elektromagnetických vln pomocí rozptylu a odrazu na meteorických stopách, což je způsob komunikace, jenž je nezávislý na funkčnosti ostatních, v lodní přepravě běžně používaných technologiích.

Tato diplomová práce je zaměřena na řešení účelného propojení úkolů v oblasti přepravy nebezpečných látek v dopravě, tak i oblast spadající do logistiky a telematiky.

2. Námořní intermodální přeprava a její význam

Název diplomové práce obsahuje termín "námořní přeprava nebezpečných zásilek", ve významu intermodální přepravy. Dříve, než budu v této práci hodnotit, jakým způsobem lze monitorovat přepravované kontejnery v námořní přepravě, je nezbytné v teoretické části definovat i termíny s tématem související, zejména pak z oblasti logistiky a telematiky včetně metod použitých pro analýzu systémů, kterými se tato diplomová práce zabývá.

Druhá kapitola tedy začíná částí, kde jsou definovány pojmy, dále pokračuje částí věnované historii intermodální kontejnerové přepravy, na což navazuje část, která se zabývá členěním kontejnerů nejen podle velikosti, ale i podle oblastí použití. Dále jsou v kapitole popsány kontejnery podle normy ISO (zejména se zaměřím na třídu 1, která je nejvíce rozšířená) a značení kontejnerů. Konec druhé kapitoly uzavírá část, věnovaná významu intermodální námořní přepravy zboží na začátku 21. století, uvádím zde statistická čísla, grafy a snažím se přinést ucelený obrázek o tomto významném odvětví světového obchodu, bez kterého by bylo velmi ztíženo, ne-li zcela znemožněno fungování současné lidské civilizace.

2.1 Vymezení pojmů

Intermodální přepravní systém

Intermodální přepravní systém je způsob dopravy využívající při přepravě nákladu více druhů dopravy. Podle definice Ministerstva dopravy ČR pojem intermodální doprava znamená nákladní dopravu, při níž nákladní automobil, přívěs, návěs, snímatelná nástavba nebo kontejner použije silnice pro počáteční nebo koncový úsek cesty a jsou přepravovány, s tažným vozidlem nebo bez něho, ve zbývajícím úseku cesty po železnici, po vodní cestě nebo po moři.

Kombinovaná přeprava

Je intermodální přeprava, kdy převážná část trasy se uskutečňuje po železnici, vnitrozemskou vodní cestou nebo na moři a přičemž počáteční svoz a rozvoz a/nebo závěrečný rozvoz probíhá po silnici a je z pravidla nejkratší [8]

Multimodální přeprava

Je přeprava zboží nejméně dvěma různými druhy dopravy [8]

Kontejner

Kontejner je standardizovaná přepravní jednotka, která se používá v intermodální dopravě, především s využitím lodní, železniční a silniční dopravy. Jedná se o velký, pevný a uzavřený přepravní obal technicky uzpůsobený ke stohování do několika vrstev nad sebou. Kontejnery mají stanoveny 3 běžné délky: 20 stop (6,1 m), 40 stop (12,2 m), 45 stop (13,7 m).

Výška standardního kontejneru činí 8 stop a 6 palců (2,59 m), šířka je 8 stop (2,44 m). Specifický je pak tzv. High-cube kontejner, který je vysoký 2,9 m.

Objem kontejnerové přepravy se udává v jednotkách TEU (zkratka z anglického Twenty-foot Equivalent Unit), přičemž 1 TEU je ekvivalentem jednoho dvacetistopého kontejneru. [10].

Mezinárodní standard ISO 668 definuje kontejner jako přepravní jednotku, která musí vykazovat následující znaky:

- mít trvalý charakter a dostatečnou pevnost pro opakované použití,
- mít takovou konstrukci, která umožňuje přepravu zboží v této jednotce uložené jedním nebo několika druhy dopravy bez překládky jejího obsahu,
- být upravená pro okamžitou překládku, zejména pro přemístění z jednoho druhu dopravního prostředku na druhý,
- být konstruovaná tak, aby jí bylo možno snadno plnit a vyprazdňovat,
- mít takovou tuhost rámu, aby jí bylo možno stohovat (tj. ukládat na sebe do vrstev),
- mít vnitřní objem minimálně 1 m³. [24]

Logistický terminál:

Je místo, kde se provádí změna způsobu dopravy s lepším technickým vybavením, případně s poskytováním dalších služeb.

System

System je definován jako soubor veličin spojených s procesem a jejich a jejich vzájemné vztahy, který obsahuje vstup (Ut), výstup (Yt), externí vstup (Vt) a do kterého zasahuje šum či porucha (Et). V této diplomové práci jde pak o system, který je použit v rámci intermodálního přepravního logistického řetězce.

Logistický řetězec

Pojem logistický řetězec je vůbec nejdůležitějším pojmem logistiky a proto nelze jeho definici v této diplomové práci vynechat. Podle pramenu [13] je chápán jako řetězec hmotných vztahů, poněvadž zahrnuje jednotlivé hmotné toky, avšak od tohoto pojetí nelze oddělovat stránku nehmotnou, kdy jsou obsahem řetězce především informační toky. Logistický řetězec je obecně systémově provázaná posloupnost všech činností (aktivit), jejichž uskutečnění je nutnou podmínkou k dosažení daného konečného efektu synergické povahy.

Logistický informační tok

Pernica uvádí, že „Jedním z nejdůležitějších faktorů, které ovlivňují efektivnost logistiky v jakékoliv organizaci, je proces komunikace. Pokud ve firmě neexistuje dobrá komunikace, pak ve firmě nelze efektivně zavádět logistické strategie a postupy a nemůže rovněž fungovat zpětná vazba – přenos informací o úspěchu či neúspěchu těchto strategií. Komunikační toky v oblasti logistiky probíhají buď shora dolů (vedoucí – pracovník), zdola nahoru (pracovník – vedoucí) nebo horizontálně (vedoucí – vedoucí, pracovník – pracovník). [12]

Elektronická výměna dat v logistických systémech - EDI

EDI (Electronic Data Interchange) lze definovat jako elektronickou výměnu obchodních a jiných dokumentů v podobě strukturovaných zpráv mezi dvěma počítači nezávislých subjektů provozovaných na oddělených výpočetních systémech, které nejsou přerušovány ručními operacemi. [13]

Telematika

Pojem telematika byl poprvé použit v r. 1978 a skládá se ze slov TELEkomunikace and inforMATIKA. V této podobě se používá zejména v Evropě, zatímco v Americe je vžit pojem Inteligentní dopravní systémy (ITS). Definice telematiky zní: " Telematika je systémově inženýrský obor, zabývající se tvorbou a účelným využitím informačního prostředí pro homeostatické procesy (kompenzace rušivých vlivů pro zachování silných procesů dle definovaných kritérií, např. komfort, ekonomika, atd.) územních celků až po globální síťová odvětví. Telematika je nutnou podmínkou rozvoje intermodální a multimodální dopravy. " [14]

Základní požadavky na telematické systémy logistických center jsou :

- informační vazby na systémy v evropském prostoru
- zabezpečení informační interoperability v jednotlivých dopravních modech

- postavení logistických center v národní legislativě
- city logistika a centra multimodální dopravy
- telematika nákladní dopravy na transevropských koridorech
- postavení v architektuře města, kraje, dopravců, správců cest atd. "

SWOT analýza

SWOT analýza je metoda, pomocí níž lze přehledně identifikovat silné a slabé stránky, příležitosti a hrozby spojené s určitým typem podnikání, politikou, či zamýšleným projektem. Tato analýza byla vyvinuta týmem Alberta Humphreyho, který vedl v 60. letech 20. století výzkumný projekt na Stanfordově univerzitě, při němž byla využita data od 500 nejvýznamnějších společností v USA a Velké Británii. *„Úkolem SWOT analýzy je, aby přiměla manažery a zaměstnance organizace se nad těmito prvky zamyslet, a ještě lépe, vyvodit z nich příslušné důsledky.“* [9]

Základ metody spočívá v ohodnocení jednotlivých faktorů, které jsou rozděleny do čtyř základních skupin, a vzájemnou interakcí lze následně získat nové kvalitativní informace.

Multikriteriální analýza (MCA)

MCA je analýza, *„která se zabývá hodnocením možných alternativ podle několika kritérií, přičemž alternativa hodnocená podle jednoho kritéria zpravidla nebývá nejlépe hodnocená podle kritéria jiného. Metody vícekriteriálního rozhodování poté řeší konflikty mezi vzájemně protikladnými kritérii. Jde o metodu, která má za cíl shrnout a utřídit informace o variantních projektech. Vícekriteriální rozhodování vzniká všude tam, kde rozhodovatel hodnotí důsledky své volby dle několika kritérií, a to kritérií kvantitativních, která se zpravidla vyjadřují v přirozených stupnicích (hovoříme také o číselných kritériích) nebo kritérií kvalitativních, kdy zavádíme vhodnou stupnici, např. stupnice klasifikační nebo stupnice:*

velmi vysoký – vysoký – průměrný – nízký - velmi nízký

a současně definujeme směr lepšího hodnocení, tj. zda lepší je maximální nebo minimální hodnota (klesající nebo stoupající hodnoty).“ [11]

Definice a charakterizace významných subjektů, které se podílejí na přepravě:

Odesílatel

Odesílatel je ten, který podává věci k přepravě a je zodpovědný za poskytnutí informace, že zásilka obsahující nebezpečné zboží bude odeslána leteckou, námořní nebo pozemní cestou do svého místa určení (destinace) a také, že obsah zásilky bude náležitě zabalen a zabezpečen. Odesílatel má také povinnost uvést své jméno a kontaktní údaje v příslušném přepravním dokladu, vizuálně zkontrolovat zásilku během nakládky, zajistit školení osob účastnící se nakládky a jednat podle platných předpisů.

Příjemce

Příjemce má na starost příjem zboží, jeho jméno obsahuje přepravní smlouva. V případě, že neexistuje tato smlouva, je jako příjemce chápána přepravní firma přijímající zboží při vykládce. Povinností příjemce je kromě převzetí i dekontaminace a vyčistění kontejnerů včetně odstranění bezpečnostních značek.

Dopravce

Dopravce zajišťuje přepravu zboží v časoprostoru. V nákladní dopravě „je dopravce jedním z účastníků přepravní smlouvy o přepravě věci, jde-li o obchodní závazkový vztah (smlouvy o přepravě věci ve smyslu § 2555 a následujících Občanského zákoníku 89/2012 Sb. č), nebo o smlouvu o přepravě nákladu (§ 765 a násl. občanského zákoníku)“. [43] Mezi jeho povinnosti a věci, za které zodpovídá patří: „ověření relace mezi dokladem a přepravovaným nákladem, ověření celistvosti kontejneru a jeho váhy dle jeho parametrů, instalace označení na kontejneru, zajištění přístupu k přepravovanému nákladu pouze povolaným a vyškoleným osobám s platnými dokumenty“ [44].

Bezpečnostní poradce

„Každý podnik, jehož činnosti zahrnují přepravu nebezpečných věcí nebo s touto přepravou související, jako je operace balení, nakládky, plnění nebo vykládky nebezpečných věcí, musí jmenovat jednoho nebo více bezpečnostních poradců (BP) odpovědných za pomoc při zabránění rizik při těchto činnostech s ohledem na osoby, majetek a životní prostředí.

Vybrané činnosti bezpečnostního poradce: Radit podniku v oblasti přepravy a zařazování nebezpečných věcí, pořizování dopravních prostředků, školení osob a sledovat postupy v těchto oblastech. Navrhovat nouzové postupy při nehodách a následně navrhnout nápravná opatření. Kontrolovat existenci a dodržování pracovních postupů. Zpracovávat zprávy o činnostech podniku v oblasti nakládání s nebezpečnými věcmi (roční zpráva, zprávy o nehodách). „[35].

2.2 Historie intermodální přepravy

Dříve, než se začal pro přepravu komodit používat unifikovaný systém kontejnerů, bylo zboží přepravováno jako volně ložený náklad za pomoci manuální vykládky a nakládky. Zboží bylo nakládáno na vozidlo v objektu továrny, odkud bylo převezeno do přístavního skladiště, kde vyložené čekalo na příplutí příslušné lodi. Po příplutí plavidla do přístavu bylo zboží připraveno pro naložení do nákladního prostoru spolu s dalším nákladem. Přístavní dělníci toto zboží tedy balili až na palubě. Než loď odplula na širé moře, pro maximální využití přepravní kapacity mnohdy navštívila i několik dalších přístavů. Celková doba pro naložení i vyložení zboží tedy zabrala spoustu času a mnohdy tento proces trval i déle, než samotná plavba. Dlouhá doba pro nalodění navíc představovala i riziko, že dojde k poškození nákladu, zejména pokud přepravovaným nákladem byla zelenina, či jiné zboží s nižší trvanlivostí.



Obrázek č. 1. – nakládání zboží na začátku 20. století [86]

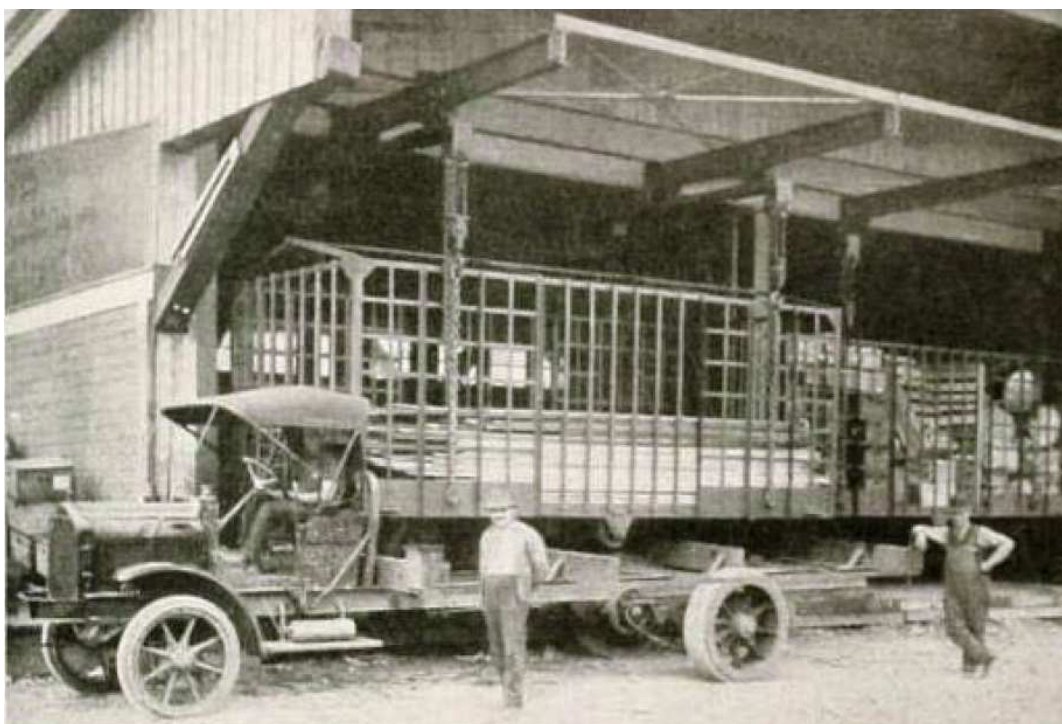
Dlouhá doba pro naložení nákladu byla také způsobena tím, že nebyly dostatečně či vůbec sdíleny informace, kdy by měla transportní loď dorazit, čímž se zvyšovala i pravděpodobnost krádeže zboží a jeho znehodnocení.

2.2.1 Počátky kontejnerové přepravy

V době průmyslové revoluce v 18. a 19. století bylo hlavní světovou mocností Spojené království, které vlastnilo i nejvíce zámořských kolonií, jeho loďstvo dominovalo světovým mořím a není tedy překvapením, že první pokusy o zjednodušení přepravy zboží v kontejnerech byly podniknuty právě zde.

Dle zdroje [15] již v roce 1766 britský inženýr James Brindley jako první navrhnul nákladní loď "Starvationer" s deseti přepravními kontejnery ze dřeva pro přepravu uhlí z lomu Worsley Delph do Manchesteru, které spojoval plavební kanál Bridgwater. V roce 1795 Benjamin Outram koupil přípravnu Little Eaton, přes kterou byla realizována přeprava vozů s uhlím pomocí koněspřežné dráhy. Jednotlivé kolejové vozy měly podobu kontejnerů, které byly po svém naložení dále přepravovány v člunech po kanálu Derby.

V 30. letech 19. století se pro převoz kontejnerů začala používat železnice a počet přepravovaných nákladů rostl. Existuje záznam, že na železnici mezi Liverpoolem a Manchesterem byly použity "jednoduché obdélníkové dřevěné bedny, v počtu 4 beden an vůz, který se používaly pro přepravu uhlí z dolů v Lancashiru do Liverpoolu, kde byly ze železnice přeloženy za pomoci jeřábu na loď" [16]. Ve 40. letech 19. století pak byly dřevěné kontejnery nahrazeny železnými. Na začátku 20. století pak byly využívány první železné kontejnery pro překládku zboží z železnice na nákladní vozy.



Obrázek č. 2. – kontejnerová přeprava B. F. Fitche z roku 1917 [87]

17. května 1917 jistý Benjamin Franklin Fitch v americkém státě Ohio odborné veřejnosti představil experimentální kontejnerový systém nazvaný v překladu "demontovatelná těla", který během dvou let využíval více než 200 normovaných kontejnerů, které byly přepravovány z 21 železničních stanic 14 nákladními automobily.[17]

V Evropě bylo průkopníkem kontejnerové přepravy polský inženýr Stanilaw Rodowicz, který první kontejnerový systém představil již v roce 1919. Slibný vývoj tohoto druhu přepravy ovšem v Polsku zhatila Polsko-Ruská válka na začátku 20. let.[18]

Další kontejnerové systémy na železnici se začaly prosazovat po roce 1926, ať již šlo kontejnerovou přepravu zavazadel pasažérů na trati Londýn - Paříž nebo v roce 1928 v Itálii podle návrhu senátora Silvio Crespiho.

V září roku 1929 dochází ke známému Černému pátku na New Yorkské burze a následné velké hospodářské krizi, což ochromilo mezinárodní přepravu a mělo pozitivní efekt na využívání kontejnerové přepravy. 30. září 1931 došlo pod záštitou Pařížské Mezinárodní obchodní komory ke konferenci v Benátkách, které měla za cíl nalezení nejefektivnějšího kontejnerového systému pro evropské železnice. Ve stejném roce Benjamin F. Fitch v USA navrhuje největší a nejtěžší kontejnery své doby. Největší měl rozměry 20x8x8 stop (6x 2,4 x 2x4 m) s kapacitou 50 000 liber (22,67 t) a 1000 kubických stop. V listopadu 1932 Pensylvánská železniční společnost (PPR) otevřela ve městě Enola prvního kontejnerový terminál na světě. V terminálu se používaly pro nakládku kontejnerů jeřáby s háky podle systému B. J. Fitch. [19]

Pozadu nezůstávala ani Evropa, kde byl pod záštitou mezinárodní obchodní komory založen Úřad mezinárodní kontejnerové dopravy (Bureau International des Conteneurs B.I.C.), později doplněn do názvu "pro intermodální přepravu". V červnu 1933 BIC rozhodl o povinných mezinárodních normách pro kontejnery v mezinárodní přepravě, které začaly platit 1. července 1933. Šlo o kontejnery typu 41,52 a 61,62, u nichž nepřekračovala užitečnou hmotnost 5 t a u nižší kategorie 2,5t. V dubnu roku 1935 BIC založila závazný standard pro evropskou kontejnerovou přepravu, kde největší typ kontejnerů "62" měl rozměry 3,25 x 2,15 x 2,55m. [20]

Zatímco BIC během druhé světové války přerušila svoji činnost a obnovila ji až v roce 1948, vývoj kontejnerové přepravy v USA pokračoval a významný vliv měla hlavně armáda Spojených států, která v kontejnerech přepravovala zbraně s cílem urychlit jejich dodání do bojů na evropském kontinentě. V roce 1948 oddělení americké armády "transportation corps" vyvinula standardizovaný ocelový kontejner s nosností 4,1 t (9 000 lb), jehož rozměry byly 2,59 x 1,91 x 2,08 m. Tento kontejner byl namontovaný na lyžinách a měl v každém rohu

kroužky pro usnadnění zvedání. Tento systém se později osvědčil začátkem 50. let během Korejské války.

V roce 1952 americká armáda pak vyvinula přepravní modulární systém CONEX (CONTainer Expres).[21] Během americké války ve Vietnamu byla většina amerického vojenského materiálu přepravována právě tímto kontejnerovým systémem. V roce 1967 dosáhl počet použitých kontejnerů systému CONEX množství až 200 000 kusů, což z něho činilo první opravdu globální široce rozšířený intermodální systém.

Po obnovení činnosti BIC došlo v dubnu 1951 k schválení prvního evropského poválečného standartu pro kontejnerovou přepravu v západní Evropě s označením UIC 590 [22], který se stal známým pod přezdívkou "pa-Behälter". Normu podpořili zástupci USA, Francie, Belgie, Itálie, Velké Británie, Švýcarska, Německa a Nizozemí. Systém používal "válečkové kontejnery" pro přesun po železnici a lodní přepravou, maximální kapacita byla až 5500kg a rozměry kontejneru byly 3,1 x 2,3 x 2 m. Postupem doby byl ale tento systém vytlačen díky kontejnerům ISO a poslední období, kdy byly tyto kontejnery byly používány, byl začátek 70. let, a to zejména pro převoz odpadu.

2.2.2 Vznik moderního kontejnerové přepravy - M. McLean



Obrázek č. 3. - Malcolm McLean v přístavu Newark v roce 1957 [88]

26. dubna 1956 vyplula loď SS Ideal X vyplula z přístavu Newark-Elizabeth Marine Terminal v New Jersey do Houstonu v Texasu. Loď vezla 58 kamionových návěsů, kde každý z nich

měl délku 11 m. Po několika dnech loď doplula do přístavu v Hustonu, kde byly kamionové návěsy připojeny na podvozky a zboží pokračovalo dál na místo určení po silnici.

Dle zdrojů [23],[24], [25] byl Malcom Purcell McLean (1913-2001) americký podnikatel, který vyvinul moderní intermodální přepravní kontejner, který posléze znamenal revoluci v mezinárodním obchodu v druhé polovině 20. století.

Historie moderní kontejnerové přepravy začíná v roce 1935, kdy M. McLean založil se svými sourozenci firmu McLean Trucking Co., která se zpočátku zabývala převozem prázdných sudů. Nicméně na začátku roku 1950 již firma prosperovala a to i díky tomu, že McLean se rozhodl komerčně rozšířit kontejnerovou přepravu po silnici a následně po moři.

V roce 1955 Mc Lean prodal svojí přepravní firmu za 25 milionů dolarů, které hned investoval do koupi Pan-atlantické paroplavební společnosti a společnosti Gulf Florida Terminal. Myšlenka byla využití práv a licencí, které tyto firmy měly k vybudování komerční společnosti pro hromadnou kontejnerovou přepravu. Vznikla tak nová firma McLean Industries, která později změnila název na Sea-Land Service as. Po zajištění bankovního úvěru 500 milionů dolarů McLean zakoupil v lednu 1956 dva tankery T2 z druhé světové války, které nechal přestavět na pro přepravu kontejnerů.



Obrázek č. 4 – nakládání kontejnerů na palubu lodi SS Ideal X v roce 1956 [89]

V roce 1957 nechal McLean přestavět nákladní loď z 2. světové války, Gateway City, čímž se stala první výhradní soukromou kontejnerovou lodí na světě. Tato loď již měla kapacitu pro 226 kontejnerových přívěsů. Flotila McLeanových lodí se postupně rozrůstala.

V rámci přepravy kontejnerů ve své firmě McLean vyvinul svůj systém kontejnerů o délce (jednoho kontejneru) 10,67 m, které se stal základní normou pro moderní podobu kontejnerů, zejména pak nejrozšířenějšího typu ISO řady 1. Na konci 60. let pak uveřejnila Mezinárodní Námořní Organizace 4 základní normy ISO pro kontejnery: ISO 668, R-790, R-1161 a R-1897.

2.3 členění kontejnerů

Kontejnery mohou být rozděleny podle několika kritérií. Můžeme je rozdělit podle toho, v jakém druhu nákladní dopravy se používají. Podle oblasti použití se kontejnery dělí následovně:

Kontejnery po pozemní přepravu – má upravené rozměry a konstrukci pro kontinentální přepravu a umožňuje tak např. lepší využití pro europalety

Odvalovací - V rámci ACTS, což je přepravní systém pro kombinovanou přepravu silnice-železnice, jsou používány speciální odvalovací kontejnery, které jsou přepravovány na speciálních železničních vozech nebo na automobilových nosičích. Kontejnery jsou přepravovány na čtyřnápravových plošinových vozech, které umožňují současnou přepravu až tří kontejnerů. Samotné kontejnery jsou na voze umístěny na otočných nosičích. Překládku kontejneru z/na tento vůz zabezpečuje automobilový překladač.

Letecké – Předpisy IATA (International Air Transport Association) pokrývají kompletně problematiku speciálních leteckých přepravních obalů, které IATA shrnuje pod označení ULD – Unit Load Devices. Standardizace stanovená organizací IATA pokrývá v první řadě rozměry, ale zároveň i nosnost a pevnost, nezbytné k zajištění bezpečnosti při přepravě samotné i při manipulaci s obaly. Rozměry kontejnerů nejsou voleny náhodně, respektují šířku, výšku o tvar trupu letadla. Jde přitom o snahu využít maximálně objem nákladového prostoru, a to ať se již jedná o osobní letadlo, kde k převozu nákladu slouží pouze spodní paluba, nebo o letadlo, u kterého se pro náklad využívá i horní paluby. Ne všechna letadla jsou ovšem uzpůsobena pro ULD. Ta, ve kterých lze palety a kontejnery použít, můžeme členit do dvou skupin podle šířky trupu. Skupinu menších strojů tvoří převážně letouny Airbus - A319, A320 a A321.

Do druhé skupiny tzv. širokotrupých letadel patří především Airbus A300, 310, 330 i 340, dále Boeing 747, 767, 777 nebo DC-10. Pro tyto dvě kategorie přitom existuje nejvíce typů kontejnerů. Konstrukteři nových letadel se snaží přizpůsobit tvar trupu těmto osvědčeným typům, aby bylo možné využívat stávajících kontejnerů a palet. Nejčastěji používané kontejnery jsou 20 a 40'. [26] [27] [28]

Námořní kontejnery – jsou nejrozšířenějším typem přepravních kontejnerů na světě. Námořních kontejnerů existují různé druhy, jejichž vlastnosti jsou definovány normou ISO. Zde stojí za připomenutí, že každý rok je při přepravě kontejnerů po moři převráceno do moře asi 10 000 kontejnerů, z toho asi 10 % z nich obsahuje nebezpečný toxický náklad, který ohrožuje mořský život. [29]

Dále se nabízí dělení kontejnerů podle toho, k čemu jsou používány.

Podle druhu a použití tedy dělíme kontejnery na :

1. Kontejnery pro všeobecné použití (tzv. univerzální kontejnery) - Nejrozšířenější je typ kontejner ISO 1 A, což je plně uzavřený kontejner splňující požadavky na vodotěsnost

2. Kontejner s otevřeným vrchem (opentop) - Vyrábějí se 20' i 40'. Patří do univerzálních kontejnerů, mají odnímatelnou střechu, nejčastěji ve formě plachty, která se upevňuje k nosné konstrukci ocelovým lankem. Používají se především k přepravě a skladování sypkých substrátů.

3. Kontejnery plošinové a s plošinovým spodkem

Vyrábějí se 20' i 40' rozměry. Tyto kontejnery se skládají z plošinového spodku, který má příčný spoj mezi rohovými prvky. Obě čelní stěny kontejneru lze sklápat. Podlaha v místě bočních stěn má otvory pro klanice, které jsou součástí tohoto kontejneru a lze je při sklopení čel umístit do vyčleněného prostoru kontejneru.

4. Kontejnery pro sypký materiál - Tyto kontejnery se vyrábějí jako dvacetistopé. Jsou podobné konstrukce jako univerzální kontejnery, ve střeše však mají navíc nejčastěji tři násypné otvory (mohou být kruhového, čtvercového nebo obdélníkového průřezu), které mají pryžové těsnění.

5. Kontejnery nádržkové - Rozsah pracovní teploty je $-30 +70^{\circ}\text{C}$, objem 20 m³. Vhodný pro skladování volně loženého sypkého materiálu jako je cement, mletý vápenec, vápno, kaolín, kapaliny – oleje, kosmetické přípravky, chemické látky, alkohol, atd.

6. Kontejnery termické - Určen pro skladování předem zchlazeného nebo zmrazeného zboží podléhající zkáze (potraviny, nápoje, ovoce, atd.).

Podle rozměrů, respektive vnitřního objemu se dělí na:

Velké kontejnery - Velké kontejnery mají vnitřní objem větší, než 15 m³ K manipulaci s těmito velkými kontejnery slouží manipulační stroje a zařízení, která se dělí na: ISO kontejnery, odvalovací kontejnery a výměnné nástavby

Střední kontejnery - Kontejnery této velikosti mají objem od 3 m³ do 15 m³.

Malé kontejnery – Jsou kontejnery, které mají vnitřní objem 1 m³ až 3 m³. Lze s nimi manipulovat bez manipulačního zařízení (pomocí valivého pojízdného zařízení). [31]

V mezinárodní přepravě jsou nejpoužívanější a nejrozšířenější velké námořní kontejnery ISO třídy 1, které budou popsány v kapitole 2.4.

2.4 Kontejnery podle normy ISO

Základní rozměry a přípustná celková hmotnost intermodálních kontejnerů jsou do značné míry určovány dvěma normami ISO 668 a ISO 1496-1. Kontejnery lze rozdělit do tří tříd:

třída 1 - kontejnery o celkové hmotnosti od 10 do 30 tun (typy 1E a 1F i méně)

třída 2 - kontejnery o celkové hmotnosti od 5 do 7 tun

třída 3 - kontejnery s nosností do 5 tun včetně

Míry		20 'kontejneru		40 'kontejneru		40 'high-cube kontejner		45 'high-cube kontejner	
		imp.	metrická	Imp.	metrická	Imp.	metrická	Imp.	metrická
externí rozměry	délka	19							
		"10.5"	6,058m	40 '0 "	12,192 m	40 '0 "	12,192 m	45 '0 "	13,716 m
	šířka	8 '0 "	2,438m	8 '0 "	2,438m	8 '0 "	2,438m	8 '0 "	2,438m
	výška	8 '6 "	2,591m	8 '6 "	2,591m	9 '6 "	2,896m	9 '6 "	2,896m
interiér rozměry	délka	19 '3 "	5,867m	39 '5 "	12,032 m	39 '4 "	12,000 m	44 '4 "	13,556 m
	šířka	7 '8 "	2,352m	7 '8 "	2,352m	7 '7 "	2,311m	7 '8 "	2,352m
	výška	7 '9 "	2,385m	7 '9 "	2,385m	8 '9 "	2,650m	8 '9 "	2,698m
dveřní otvor	šířka	7 '8 "	2,343m	7 '8 1/8 "	2,343m	7 '6 "	2,280m	7 '8 "	2,343m
	výška	7 '5 "	2,280m	7 '5 3/4 "	2,280m	8 '5 "	2,560m	8 '5 "	2,585m
vnitřní objem		1,169 ft	33.1 m ³	2,385 ft	67,5 m ³	2,660 ft	75,3 m ³	3,040 ft	86.1 m ³
maximální Celková hmotnost		66,139 lb	30,400 kg	66,139 lb	30,400 kg	68,008 lb	30,848 kg	66,139 lb	30,400 kg
hmotnost prázdného užitečná hmotnost		4.850 lb	2200 kg	8,380 lb	3.800 kg	8,598 lb	3,900 kg	10,580 lb	4.800 kg
		61,289 lb	28,200 kg	57,759 lb	26,600 kg	58,598 lb	26,580 kg	55,559 lb	25,600 kg

Tabulka 1. (zkratka imp. je značení v tzv. imperiálních jednotkových mírách) [90]

V ČR i na moře se v drtivé většině vyskytuje pouze kontejnery ISO řady 1 - dvacetistopý a čtyřicetistopý. Hmotnosti a rozměrů nejběžnějších standardizovaných typů nádob jsou uvedeny v tabulce 1.

Hodnoty uvedené v tabulce se v praxi mohou mírně lišit podle výrobce, ale musí zůstat v rámci tolerancí uvedených norem. Prázdná hmotnost (hmotnost obalu) není určena normami, ale konstrukce kontejneru, a je proto pouze orientační, , což znamená, že pro přepravu prázdných kontejnerů je nutné vypočítat jejich hmotnost odečtením povolené užitečné hmotnosti od hmotností.celkové.

kontejnery řady 1

V praxi se v 95 % používá pouze řada 1, v oblastech mimo Evropu v menší míře i řada 3.. Kontejnery řady 1 měly největší kapacitu a již v počátcích byly nejrozšířenější. Dokonce i v rámci států RVHP byly považovány za základ budoucího systému a tím byl jejich celosvětový nástup zajištěn dokonale. Původně měly mít jednotné příčné rozměry s čtvercovým průřezem o výšce a šířce 2438 mm, ale záhy byl dodatečně mezi ně zařazen i první ze zvýšených kontejnerů 1AA, který již počátkem 70. let připlouval i do evropských přístavů. Ve všech osmi rozích měly (a stále mají) normalizované rohové prvky a je možné je v plně loženém stavu stohovat až do výšky šesti vrstev. Délky byly voleny v násobcích základního modulu, takže kontejnery bylo možné společně stohovat (vždy větší na příslušném počtu menších, protože vnější síly se smí přenášet pouze rohovými prvky), ale také aby bylo vždy možné úplně zaplnit ložnou plochu vozů (v Evropě obvykle v délce dvou nebo tří kontejnerů 1C).



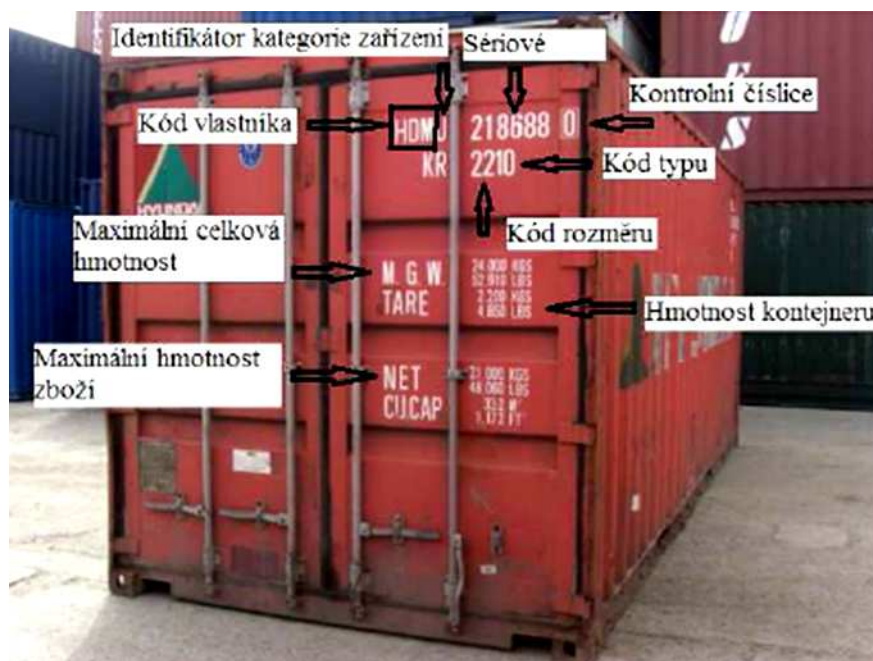
Obrázek č. 5. Standardní kontejner ISO řady 1 [91]

kontejner	Výška [mm]	šířka [mm]	délka [mm]	maximální brutto hmotnost [kg]
1A	2438	2438	12192	30480
1AA	2591	2438	12192	30480
1B	2438	2438	9125	25400
1C	2438	2438	6058	20320
1D	2438	2438	2991	10160
1E	2438	2438	1968	7110
1F	2438	2438	1460	5080

Tabulka 2 [30]

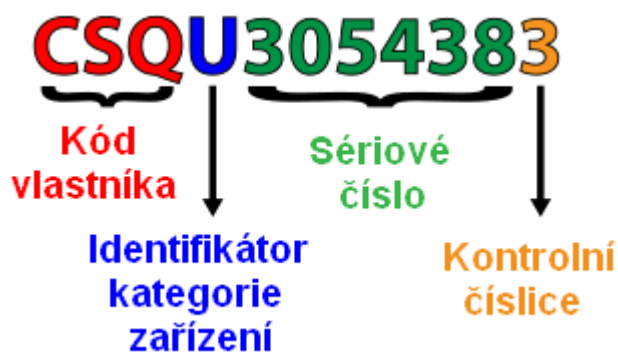
V USA byly ještě před uveřejněním doporučení ISO zavedeny také kontejnery délky 27 a 35 stop. Provedení rohových prvků, šířka a výška odpovídaly řadě ISO1 (používaly se obě výšky 2438 i 2591 mm), takže manipulace s nimi nepůsobila nepřekonatelné problémy. Pravděpodobně se v omezené míře používají dosud. [30]

2.5 Značení kontejnerů



Obrázek č. 6 – příklad značení kontejneru [92]

Pro transport zboží musí být kontejner řádně označen. Identifikační údaje kontejneru jsou uvedeny na všech stranách kontejneru. Pokud má kontejner i pevnou střechu, pak je i na střeše a uvnitř kontejneru. Identifikační číslo je definováno mezinárodním standardem ISO 6346 [50] a je pro každý kus kontejneru unikátní.



Obrázek č. 7 – další názorný příklad značení kontejneru podle ISO-6346 [50]

Kód vlastníka – se skládá se ze tří velkých písmen latinské abecedy, musí být jediný a musí být zaregistrován u Mezinárodního úřadu pro kontejnery (BIC), buď sesterské národní registrační organizace, nebo u BIC.

Identifikátor kategorie zařízení - skládá se z jednoho písmene latinské abecedy.

J - pro odnímatelná zařízení U - pro všechny kontejnery Z - pro tahače

Sériové číslo - musí se skládat ze šesti arabských číslic. Pokud řada platných číslic není složena z celkem ze šesti číslic, musí být zleva opatřena dodatečnými nulami.

Kontrolní číslice - zajišťuje kontrolu platnosti a přesnosti přenosu kódu vlastníka a sériového čísla a musí být dána dle přílohy A v ČSN EN ISO 6346 - 26 9342. Kontrolní číslice je zobrazena na kontejneru buď za pomlčkou anebo v rámečku.

Kód státu - značí zemi registrace vlastníka dle normy ISO, pro ČR je tento kód "CSX".

Dalšími důležitými údaji uvedenými na dveřích kontejneru jsou údaje o hmotnosti. Jsou potřebné zejména proto, aby nebyla překročena nosnost kontejneru. Ta se liší v závislosti na použitých materiálech, konstrukčních prvcích a dalším nainstalovaném zařízení a vybavení kontejneru. Na každém kontejneru jsou uvedeny následující tři údaje a to jak v kilogramech, tak v librách:

TARE – vlastní hmotnost prázdného kontejneru (veškerého vybavení i zařízení)

max. payload – udává maximální hmotnost užitečného nákladu,

max. gross – udává součet položek Tare a Max. payload,

Kontejnery musí pravidelně procházet technickými kontrolami a prohlídkami. Poprvé je to do 5 let od data výroby a poté minimálně jednou za 30 měsíců. I tyto informace nesou boční stěny kontejneru. Je zde vyznačeno v předepsané velikosti a barvě datum nejbližší technické

kontroly a také by tu měla být značka toho, kdo poslední kontrolu prováděl. Kromě tohoto štítku jsou na čelních dveřích umístěny i další, které osvědčují, že daný kontejner skutečně odpovídá všem předepsaným technickým, bezpečnostním a jiným normám.

Mezi tyto štítky patří například:

Štítek ACEP - je většinou na rejdářských kontejnerech. Toto značení je vyžadováno u kontejnerů, které jsou používány dle schváleného průběžného programu prohlídek předepsaného v Mezinárodní úmluvě KBK.

Štítek KBK - prokazuje, že kontejner odpovídá podmínkám "Úmluvy KBK" po technické stránce. Na štítku KBK je vyraženo výrobcem datum první technické prohlídky od data výroby a dále se na štítku nacházejí data následných technických prohlídek.

Celní štítek - zde jsou uvedena celní schvalovací data.

Štítek výrobce - zde je uveden název výrobce nebo logotyp a někdy i další údaje.

Štítek tlakové nádrže (u nádržkových kontejnerů) - na něm jsou uvedena data vztahující se k nádrži kontejneru, včetně samolepky a výstražné značky popsané v předpisech IMDG.

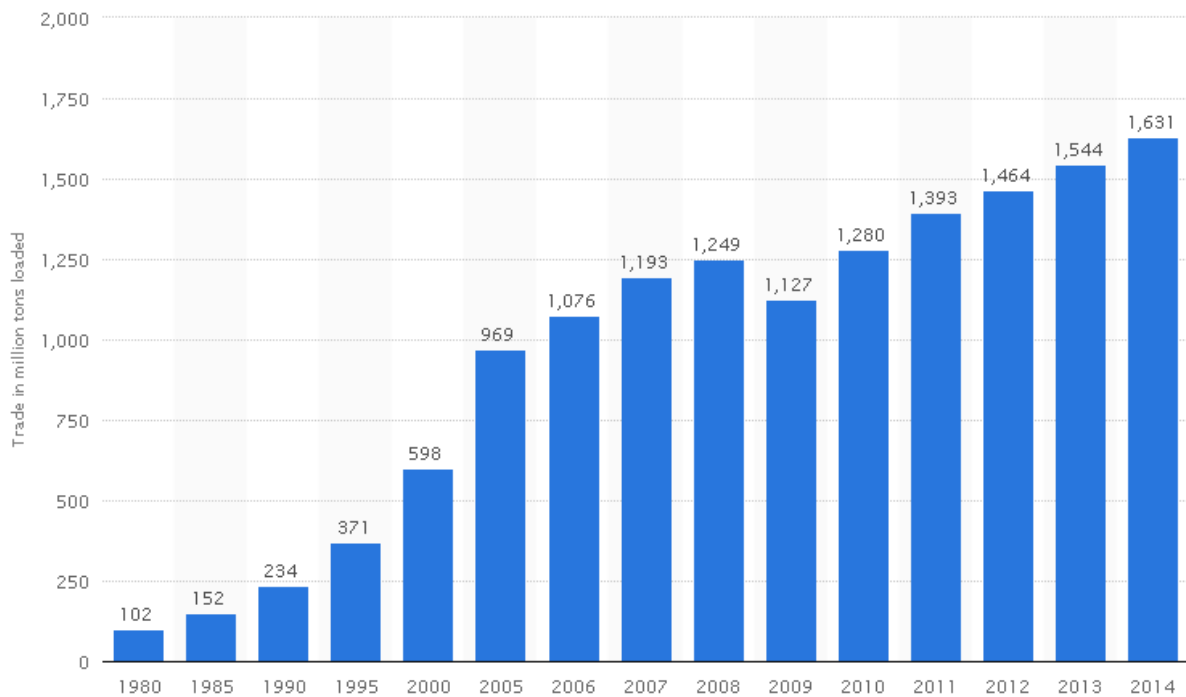
Štítek vlastníka (nepovinný údaj) - zde je uveden vlastník kontejneru a někdy i jeho sídlo.

Chemické ošetření dřeva (pokud ošetření bylo provedeno) - na štítku jsou vyznačena data vztahující se ke karanténním procedurám dřevěných dílů kontejneru.

Deska pro nálepky nákladu (není povinná) - deska, nejčastěji černě natřený štítek, pro nálepky nákladu (zboží). Deska je vylepena na obou bočních stěnách kontejneru.

2.6. Význam intermodální námořní přepravy

Ač se to zdá téměř neuvěřitelné, velký počet věcí v našem každodenním životě, ať již je to komodita, produkty nebo surovina, byl k nám přepraven na vzdálenosti několika tisíců km pomocí námořní intermodální kontejnerové přepravy. Přes 90 procent světového obchodu je realizováno pomocí lodní přepravy. Na intermodální kontejnerové přepravě se také podílí železnice, nákladní auta, sklady a telekomunikační technologie. Světový růst přepravy kontejnerová přeprava nákladů je dobré vidět na následujícím grafu, kde jsou uvedeny na ose x roky a na ose y přepravený náklad po moři za pomoci kontejnerů počítaný v milionech tun.



Graf 1 – Vývoj přepraveného nákladu kontejnerovou přepravou v milionech tun [93]

Jak je v grafu vidět, v roce 2013 překročil počet zboží přepraveného v kontejnerech množství 1,5 miliardy tun. V grafu je také vidět přechodné snížení růstu přepraveného zboží v roce 2009, kdy vrcholila celosvětová hospodářská krize.

V současné době se očekává [32] mezi lety 2014 až 2017 růst trhu kontejnerové přepravy o 5,3 %. Množství celkového přepraveného nákladu v námořní kontejnerové přepravě mezi lety 1970 až 2014 je 9842 miliardy tun. Souhrnná kapacita všech lodí na světě, které jsou schopné přepravovat náklad po moři, dosáhla v roce 2012 celkem 15 406 610 jednotek TEU. Největší provozovatel flotily kontejnerových lodí na světě dánská podnikatelská skupina A.P.M. Maersk Group, která k 17. květnu 2016 měla v provozu 616 lodí, což je 15 % všech kontejnerových lodí. Příjmy této firmy byly v účetním roce 2015 celkem 47 569 milionů dolarů. Největší světový přístav je Šanghaj s 32,28 milionem TEU. Čína vlastní 7 z 10 největších přístavů na světě.

3. Analýza přístupů a podmínek k přepravě nebezpečného zboží po moři

3.1 Legislativa

Dle publikace Doc. Ing. Uhříčka [33] lze nebezpečné věci „*charakterizovat podle mezinárodních a národních předpisů jako látky a předměty, u průběhu jejichž přepravy vzhledem k jejich nebezpečným chemickým a fyzikálním vlastnostem (výbušnost, hořlavost, vznětlivost, toxicita, infekčnost, radioaktivita a ekologická škodlivost) může dojít v případě nedodržení předepsaných podmínek nebo při nehodě k ohrožení zdraví a života lidí či zvířat a k ohrožení životního prostředí.*“

Z doporučení OSN a předpisů Mezinárodní agentury pro atomovou energii (IAEA) vycházejí konkrétní mezinárodní předpisy pro přepravu nebezpečných věcí:

- a) po železnici - řád RID
- b) vnitrozemskou vodní přepravou - dohoda ADN
- c) po moři - IMDG Code
- d) letecky - ICAO Technical Instructions, IATA DGR
- e) po silnici - dohoda ADR [33]

V posledních letech je vyvíjeno velké úsilí k dosažení harmonizace jednotlivých předpisů, nicméně i tak má každý předpis své specifika, kterými se proti jiným předpisům v něčem liší. Z toho důvodu je nutné si dát pozor na návaznost jednotlivých druhů dopravních cest.

„Klasickým příkladem multimodální přepravy, která se v České republice uskutečňuje, je přemístění kontejneru od českého odesilatele do přímořského přístavu, kde je kontejner naložen na nákladní loď a k příjemci pokračuje dále po moři. Pojdme si na tomto vzorovém příkladu ukázat povinnosti, ale také úskalí multimodální přepravy. Jako při každé přepravě, musí být odesilatelem stanovena klasifikace nebezpečné věci. Někdy to je poměrně jednoduchá záležitost, zejména pokud se jedná o přesně definované látky (jako je například benzín, nafta, motorové oleje, síra, a podobně). V některých případech se ale odesílatel již při tomto zdánlivě jednoduchém kroku může dostat do úzkých. Může se tak stát například při klasifikaci roztoků či směsí, kde složení nemusí být přesně známo. K úplné klasifikaci patří

UN číslo, oficiální pojmenování, třída, klasifikační kód (jen podle ADR) a obalová skupina (pokud je stanovena). Musíme si být tedy vědomi, že IMDG-CODE nestanovuje klasifikační kódy jako dohoda ADR. Například můžeme uvést přepravu benzínu v ocelových sudech. Podle dohody ADR musí být na tomto sudu základní tři symboly: UN kód obalu, bezpečnostní značka (v tomto případě č. 3 – červený podklad, v horní polovině sudu symbol plamene, v dolní polovině sudu číslice 3) a UN číslo látky – identifikační číslo látky (v tomto případě UN 1203). Podle dohody ADR by to bylo naprosto dostačující, ale IMDG-CODE vyžaduje umístit na sud navíc oficiální pojmenování (benzín, resp. v anglickém jazyce např. „petrol“). [34]

Jelikož se intermodální přeprava nebezpečných věcí realizuje více druhy přepravy, před uvedením předpisů pro námořní přepravu se budu krátce věnovat i předpisům upravujícím přepravu nebezpečných věcí po silnici a železnici.

Právní úprava pro mezinárodní silniční přepravu nebezpečných věcí

S rostoucím hustotou, intenzitou a rychlostí silničního provozu postupně roste i riziko silniční přepravy nebezpečných věcí. Pro omezení rizik je zásadní stanovení a dodržování konkrétních podmínek pro činnost všech účastníků dopravního procesu, tedy odesílatelů, dopravců, příjemců, ale také i výrobců vozidel. Za tímto účelem byla 30. září 1957 v Ženevě uzavřena Evropská dohoda o mezinárodní dohoda o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných věcí – ADR (Accord Dangereuses Route). Československo k této dohodě přistoupilo v roce 1986 s právní platností od roku 1987 dle vyhlášky č. 64/1987 Sb.

Dle pramene [34] České i anglické znění věcných příloh A a B dohody ADR obsahují změny, které vstoupily v platnost od 1. ledna 2005, bylo publikováno ve Sbírce mezinárodních smluv ČR v části 16 Sdělením Ministerstva zahraničních věcí pod č. 33/2005 Sb.m.s. dne 22.března 2005. Činnost bezpečnostního poradce v silniční dopravě dle právních předpisů a technických norem – činnost a podmínky ustavení bezpečnostního poradce ADR pro přepravu nebezpečných věcí po silnici je ustanovena dle § 23 zákona č. 111/1994 Sb., o silniční dopravě, ve znění pozdějších předpisů. Další změny příloh byly provedeny v rámci Sbírky mezinárodních smluv č.14/2007 Sb, č. 13/2009, č.17/2011 Sb.m.s.

Kompletní znění příloh A a B dohody ADR se všemi změnami a doplňky, platné od 1.1.2015, bylo uveřejněno v anglickém originálu a jeho českém překladu ve Sbírce mezinárodních smluv, částce 5, jako sdělení Ministerstva zahraničních věcí 11/2015 Sb.m.s.

Samotná dohoda ADR obsahuje jen základní a procedurální ustanovení. Věcné podmínky pro mezinárodní přepravu nebezpečných věcí silniční dopravou jsou rozděleny ve dvou obsáhlých přílohách.

Příloha A „Ustanovení o nebezpečných látkách a předmětech“ zařazuje jednotlivé látky a předměty podle jejich vlastností do tříd a stanoví podmínky pro jejich balení, značení kusů, společné balení a používání a vyplňování původních dokladů. Úprava těchto podmínek je v převážné míře společná pro všechny druhy dopravy a proto příloha A je téměř totožná s Řádem RID mezinárodní železniční úmluvy COTIF.

Příloha B „Ustanovení o dopravních prostředcích a o přepravě“ upravuje provozní a přepravní podmínky, technické požadavky na vozidla, vybavení, označení, manipulaci apod.

Ustanovení dohody ADR se netýká: „*přepřav nebezpečných věcí soukromými osobami pro jejich potřebu v malospotřebitelském balení, přepřav nebezpečných věcí v rámci první pomoci a ochrany životního prostředí, přepřav nebezpečných věcí zásahovými službami nebo pod jejich dozorem. Dále přepřavy plynů (v nádržích vozidel, v has. přístrojích, v pneumatikách, v potravinách a nápojích), Kapalných pohonných látek (v nádržích do 1500 l a u příp. vozidla do 500 l, v přenosných nádobách 60l na dopravní jednotku.), alkoholických nápojů (24-70%) a prázdných obalů (opatření vylučující všechna nebezpečí)*“. [35]

Právní úprava pro mezinárodní železniční přepravu nebezpečných věcí

Mezinárodní železniční přepravu nebezpečných věcí upravuje řád RID (Règlement concernant le transport international ferroviaire des marchandises dangereuses obsažený v dodatku C Úmluvy o mezinárodní železniční přepravě (COTIF) [36]. Oblast působnosti 39 členských států Úmluvy COTIF se rozprostírá od břehů Severního moře k Středozemnímu moři a od pobřeží Atlantického Oceánu po Černé moře. Úmluva COTIF byla podepsána v Bernu v roce 1980, ratifikována o 3 roky později a stala se právním předpisem - platným i pro ČSSR vyhláškou ministra zahraničních věcí č. 8/1985 Sb. „*Vláda České republiky svým usnesením č. 343 z dubna 1999 souhlasila s postupem delegace České republiky na Valném shromáždění Mezivládní organizace pro mezinárodní železniční přepravu (OTIF), která se konala v litevském Vilnius.*“ [37] Úmluva COTIF je v plném rozsahu ke stažení na oficiální internetové stránce [38].

Právní úprava pro přepravu nebezpečných věcí vnitrozemskou vodní cestou

Tuto přepravu upravuje dohoda o mezinárodní přepravě nebezpečných věcí po vnitrozemských vodních cestách ADN (European Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Inland Waterways). Přijata byla 26. května 2000 v Ženevě a s dohodou vyslovil souhlas Parlament ČR.

Pro ČR vstoupila úmluva v platnost podle odst. 2 téhož článku dne 21. října 2011. „Evropská dohoda o mezinárodní přepravě nebezpečných věcí po vnitrozemských vodních cestách byla publikována ve Sbírce mezinárodních smluv v části č. 53/2011 Sb.“ [39]

Právní úprava pro mezinárodní námořní přepravu nebezpečných věcí

Hlavní vliv na mezinárodní námořní předpisy má IMO - Mezinárodní námořní organizace fungující jako specializovaná agentura OSN, která zajišťuje pomocí mezinárodních námořních úmluv bezpečnost provozu po moři, minimalizuje znečišťování moře a upravuje požadavky a certifikaci posádek.

Hlavní námořní úmluvy [40] jsou:

- **MARPOL** - mezinárodní úmluva o zabránění znečištění mořského prostředí z lodí
- **STCW** - mezinárodní úmluva o normách výcviku, certifikace a strážní službě námořníků
- **IMDG Code** - Předpis o přepravě nebezpečného zboží po moři (Příloha úmluvy SOLAS)
- **COLREG** - úmluva o mezinárodních pravidlech pro zabránění srážkám na moři
- **SOLAS**: nejdůležitější mezinárodní námořní úmluva o bezpečnosti lidského života na moři.

Jelikož úmluva **SOLAS** (International Convention for the Safety of Life at Sea) má pro téma této diplomové práce klíčový význam, proto se jí budu věnovat poněkud detailněji. První verze této úmluvy vznikla již v roce 1914 [41] jako reakce na potopení lodě RMS Titanic a upravovala počet záchranných člunů a další bezpečnostní předpisy, jako je například nepřetržitě rádiové sledování lodí. Postupně byly vydány další 4 verze a v roce 1960 vznikla první moderní dohoda SOLAS, na jejímž vzniku se podílela Mezinárodní Námořní organizace - **IMO**. V roce 1974 vznikla poslední verze úmluvy SOLAS. Tato verze je dodnes závaznou a od roku 1974 byla doplněna v roce 1988, kdy byl nahrazen radiový telegrafní provoz v případě nouze systémem GMDSS (Global Maritime Distress Safety System), což vešlo v účinnost 1. února 1982. K březnu roku 2016 ratifikovalo úmluvu 162 států, což pokrývá 99 % všech velkotonážních lodí na světě.

Úmluva SOLAS se dělí na 12 samostatných kapitol.

Kapitola II-1 – Všeobecná ustanovení

- Popisuje různé druhy lodí a potvrzuje, že splňují závazky úmluvy

Kapitola II-1 – Konstrukce lodí – rozdělení, stabilita, stroje a elektrické instalace

- Zabývá se rozčleněním osobních lodí na vodotěsné oddíly tak, aby po při poškození trupu zůstalo plavidlo na hladině a stabilní.

Kapitola II-2 - Požární ochrana, detekce požáru a protipožární opatření

- Zabývá se požárně bezpečnostní předpisy pro všechny lodě s podrobnými opatřeními pro osobní lodě, nákladní lodě a tankery.

Kapitola III - Záchrané prostředky a zařízení

- Kapitola upravuje záchrané prostředků a zařízení na lodích, včetně požadavků na záchrané čluny, záchrané čluny a záchrané vesty podle typu lodi.

Kapitola IV - Radiokomunikace

- Tato kapitola se zabývá systémem GMDSS, kde se vyžaduje, aby osobní a nákladní lodi na mezinárodních námořních linkách byly vybaveny tímto radiokomunikačním zařízením, včetně satelitních tísňových polohových rádiových majáků (EPIRB) a záchranými transpondéry (SART). Kapitola se zabývá systémem GMDSS, kde se vyžaduje, aby osobní a nákladní lodi na mezinárodních námořních linkách byly vybaveny tímto rádiovým zařízením, včetně satelitních tísňových polohových rádiových majáků (EPIRB) a záchraných transpondérů (SART).

Kapitola V - Bezpečnost navigace

- V této kapitole SOLAS vyžaduje na signatářských vládách, aby zajistily, že všechna plavidla jsou dostatečně osazena kvalifikovanou posádkou tak, aby byla zajištěna maximální bezpečnost. Tato kapitola klade požadavky na všechna plavidla z hlediska pečlivého posouzení plavební cesty. Je nutné vzít v úvahu všechna potenciální nebezpečí, která se mohou během cesty vyskytnout, předpověď počasí, přílivové předpovědi, kompetenci posádky a všechny další relevantní faktory. Tato kapitola také stanovuje povinnost kapitána nabídnout pomoc lidem v nouzi a upravuje používání tísňových signálů. Kapitola V. je jedinou kapitolou v úmluvě SOLAS, která se vztahuje na všechna plavidla na moři včetně soukromých jachet a malých plavidel

Kapitola VI – Přeprava nákladu

- V této kapitole se úmluva zabývá požadavkem na upevnění a zajištění všech typů nákladů a nákladních kontejnerů s výjimkou kapalin a plynů.

Kapitola VII – Přeprava nebezpečných věcí

- V této kapitole úmluva upravuje přepravu všech druhů nebezpečných věcí v souladu s Předpisem o přepravě nebezpečného zboží po moři (IMDG Code). Tento předpis je novelizován každé 2 roky.

Kapitola VIII – Lodě s jaderným pohonem

- Tato kapitola se zabývá předpisy pro lodě s jaderným pohonem, zejména pokud jde o nebezpečí z ozáření v souladu s Kodexem bezpečnosti jaderných obchodních lodí.

Kapitola IX – Management pro bezpečný provoz lodí

- V této kapitole úmluva vyžaduje, aby jakýkoliv vlastník lodě nebo zodpovědná osoba za její provoz jednal v souladu s Mezinárodním kodexem řízení bezpečnosti (ISM).

Kapitola X - Bezpečnostní opatření pro vysokorychlostní plavidla

- Tato kapitola upravuje Mezinárodní předpis bezpečnosti pro vysokorychlostní plavidla (HSC Code).

Kapitola XI-1 - zvláštních opatření ke zvýšení bezpečnosti na moři

- Kapitola upravuje provádění prohlídek a inspekcí, vylepšené průzkumy, apod.

Kapitola XI-2 - zvláštních opatření ke zvýšení bezpečnosti námořní dopravy

- Upravuje Mezinárodní bezpečnostní kód lodí a přístavních zařízení (ISPS). Řídí zejména pozdržení, zadržení, omezení nebo vypovězení lodě z přístavu.

Kapitola XII – Další bezpečnostní opatření pro přepravu volně loženého nákladu

- V této části úmluva specifikuje požadavky na konfiguraci trupu lodí v případě požadavku pro přepravu volně loženého nákladu na lodích přesahujících délku 150m.

Nyní k vlastnímu předpisu, který přímo upravuje přepravu nebezpečných látek.

IMDG Code - Předpis o přepravě nebezpečného zboží po moři

Tento předpis je přijat jako vodítko k bezpečné přepravě nebezpečného zboží nebo nebezpečných látek po moři. V souladu s IMDG Code se ke každému nákladu s nebezpečným charakterem zabezpečuje dokumentace ve formě zvláštního prohlášení.

Předpis IMDG lze rozdělit na 3 části.

- I. První část obsahuje rozdělení nebezpečných věcí do tříd, pravidla pro konstrukci nádob a balení nebezpečného zboží a jejich označení
- II. Druhá část obsahuje seznam všech nebezpečných nákladů přepravovaných po moři. Seznam je založený na normách Organizace spojených národů a obsahuje správný název látky, třídu zabezpečení, požadavky na balení a dopravu
- III. Třetí část je přílohou k předchozím dvou bodů a obsahuje následující podbody:
 - harmonogram postupu v případě požáru nebo úniku nebezpečné látky
 - postup při poskytování první pomoci v případě vystavení lidí nebezpečné látce
 - postupy pro hlášení nehod vzniklých v důsledku nehod u nebezpečných látek
 - pokyny pro správné upevnění nebezpečných látek uvnitř kontejnerů
 - pokyny pro bezpečné používání pesticidů na lodích
 - ustanovuje povinnost Mezinárodního předpisu pro bezpečnou přepravu vyhořelého jaderného paliva, plutonia a vysoce radioaktivního odpadu na palubě

3.2 Klasifikace nebezpečných věcí podle IDMG

OSN člení nebezpečné věci podle druhu nebezpečí do následujících 9. tříd a jejich podtříd. Ke každé položce v různých třídách je přiřazeno UN číslo.

UN 1001 ACETYLÉN, ROZPUŠTĚNÝ

UN 1072 KYSLÍK, STLAČENÝ

UN 1170 ETHANOL (ETHYLALKOHOL)

UN 1202 NAFTA MOTOROVÁ

UN 1203 BENZÍN

UN 1231 METHYLACETÁT

UN 1263 BARVA

UN 1789 KYSELINA CHLOROVODÍKOVÁ

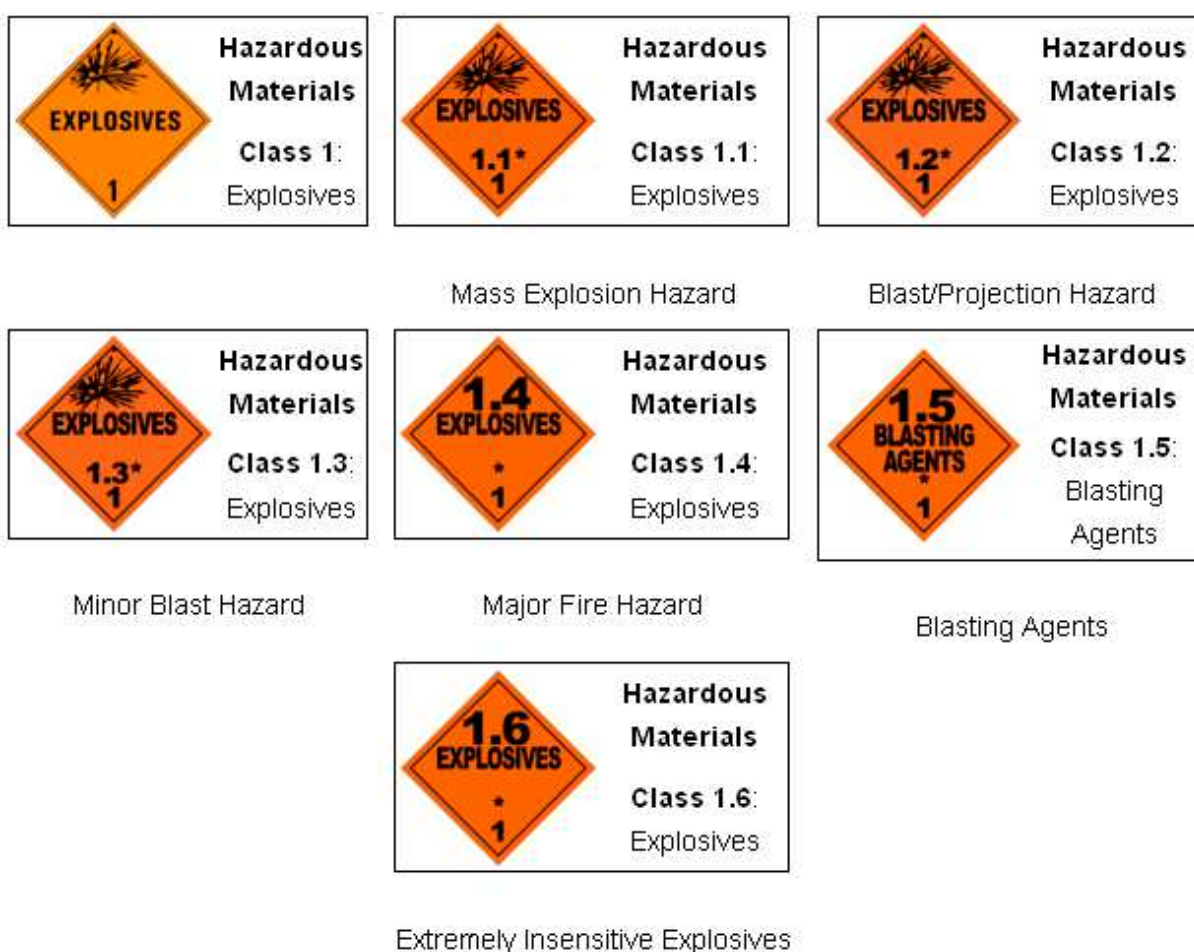
UN 1813 HYDROXID DRASELNÝ, TUHÝ

UN 1965 UHLOVODÍKY, PLYNNÉ, SMĚS, ZKAPALNĚNÁ, J.N. (propan – butan)

Jednotlivé třídy nebezpečných věcí podle IDMG [45], [46]

Třída 1 – Výbušné látky a předměty

- 1.1 Látky a předměty, u kterých hrozí masivní výbuch
- 1.2 Látky a předměty, u kterých hrozí nebezpečí menšího výbuchu
- 1.3 Látky a předměty, u kterých je nebezpečí požáru nebo nebezpečí odpálení, ale u kterých nehrozí masivní výbuch
- 1.4 Látky a předměty, které nepředstavují žádné významné nebezpečí.
- 1.5 necitlivé látky, u kterých hrozí nebezpečí velkého výbuchu
- 1.6 extrémně necitlivé předměty, u kterých nehrozí nebezpečí velkého výbuchu.



Obrázek č. 8 - Vzory bezpečnostních značek pro třídu 1 [45], [46]

Na obrázku 8 jsou vedeny jednotlivé bezpečnostní značky pro třídu 1 a její jednotlivé podtřídy. Výbušné látky se vyznačují oranžovým podkladem, černými číslicemi, výškou jednotlivých číslic 30 mm a tloušťkou čáry 5 mm u bezpečnostní značky o rozměrech 100 x 100 mm, číslice označující třídu je v dolním rohu.

Třída 2 - Plyny: stlačené, zkapalněné nebo rozpuštěné pod tlakem

2.1 Hořlavé plyny

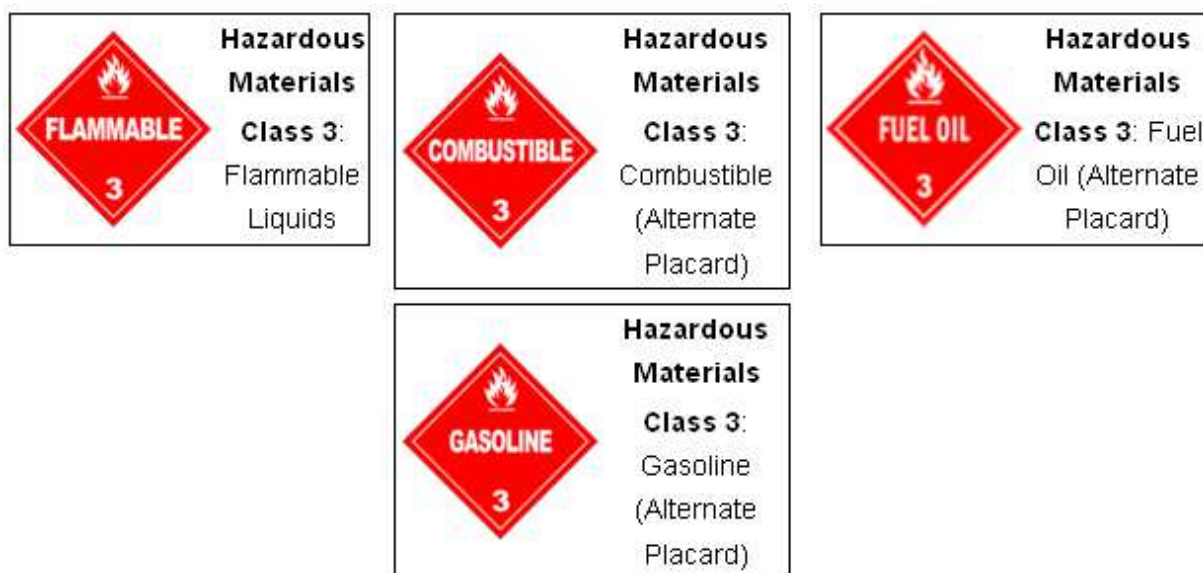
2.2 Nehořlavé plyny

2.3 Toxické plyny



Obrázek č. 9 - Vzory bezpečnostních značek pro třídu 2 [45], [46]

Třída 3 – Samozápalné kapaliny



Obrázek č. 10 - Vzory bezpečnostních značek pro třídu 3 [45], [46]

Třída 4 - Hořlavé tuhé látky

4.1 Hořlavé tuhé látky

4.2 Látky samozápalné

4.3 Látky, které při styku s vodou uvolňují hořlavé plyny

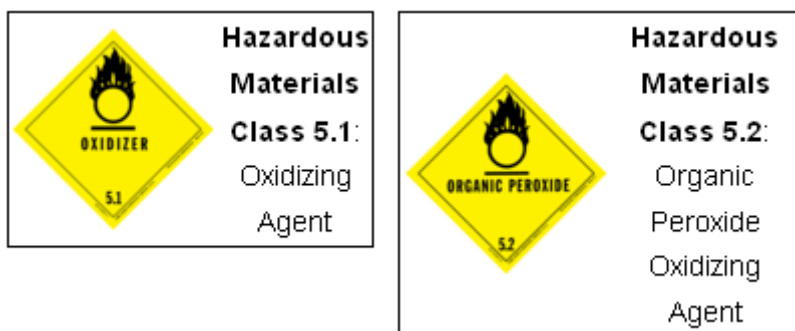


Obrázek č. 11 - Vzory bezpečnostních značek pro třídu 4 [45], [46]

Třída 5 - látky podporující hoření, organické peroxidy

5.1 Látky podporující hoření - uvolňováním kyslíku zvyšují riziko a intenzitu požáru

5.2 Organické peroxidy – často jsou rychle-hořící a jsou citlivé na náraz a tření



Obrázek č. 12 - Vzory bezpečnostních značek pro třídu 5 [45], [46]

Třída 6 - Toxické a infekční látky

6.1 Toxické látky (jedy)

6.2 Infekční látky



Obrázek č. 13 - Vzory bezpečnostních značek pro třídu 6 [45], [46]

Třída 7 - Radioaktivní látky

Třída 8 - Žíraviny

Třída 9 - Různé nebezpečné látky a předměty



Obrázek č. 14 - Vzory bezpečnostních značek pro třídu 7, 8 a 9 [45], [46]

MARINE POLLUTANT
Mark



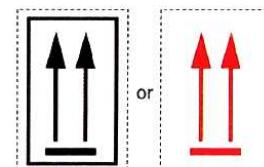
TEMPERATURE
Mark



FUMIGATION
WARNING
Sign



ORIENTATION
Label



Obrázek č. 15 - Další bezpečnostní značky, které definuje IMDG. [45], [46]

Poznámka k obrázku 15: První značka zleva značí látky, které by mohly znečistit oceán, v druhé značka látky, které jsou citlivé na změnu teploty. Značka s nápisem „fumigation warning“ označuje zaplňované kontejnery a jedná se o chemické látky, která za určitých podmínek přejdou do plynného stavu a v dostatečné koncentraci působí toxicky. Doba působení fumigantu je od několika hodin až po několik dnů v závislosti na meteorologických podmínkách (teplotě, vlhkosti vzduchu, apod.). Poslední bezpečnostní značka udává doporučenou orientaci nákladu.

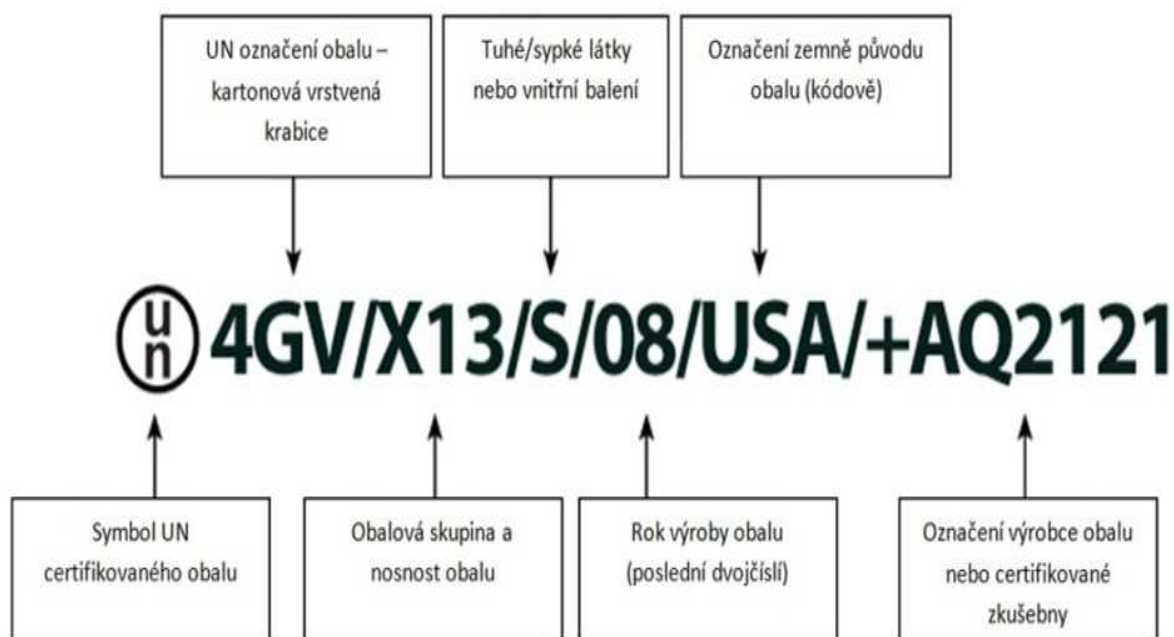
Třídy nebezpečných věcí z hlediska obalových skupin:

Obalová skupina I: látky velmi nebezpečné – označení X

Obalová skupina II: látky středně nebezpečné – označení Y

Obalová skupina III: látky málo nebezpečné - označení Z

UN kódy pro obaly



Obrázek č. 16 - Struktura kódu UN používaných v námořní přepravě [48]

„**UN kód** - číslo, mezinárodně smluvené číselné označení nebezpečných látek používaných zejména v oblasti přepravy.

Maximální nosnost obalu - U vnějších obalů určených pro balení tuhých/sypkých látek tento symbol uvádí maximální hmotnost v kilogramech, na který byl obal testován. Hodnota uvádí maximální hmotnost zásilky včetně hmotnosti přepravního obalu.

Rok výroby obalu - Tento číselný údaj rok výroby přepravního obalu.

Původ výrobce obalu - Tento údaj označuje zemi výrobce obalu

Kód výrobce - Posledním údajem na UN kódu je číselné označení výrobce obalu případně schválené národní zkušebny. „ [48]

Druhy obalů

- 1 — Sudy/Plechovky/kbelíky
- 2 — Kanistry
- 3 — Krabice
- 4 — Vaky
- 5 — Kompozitní obaly – IBC kontejnery

Konstrukční materiál obalů

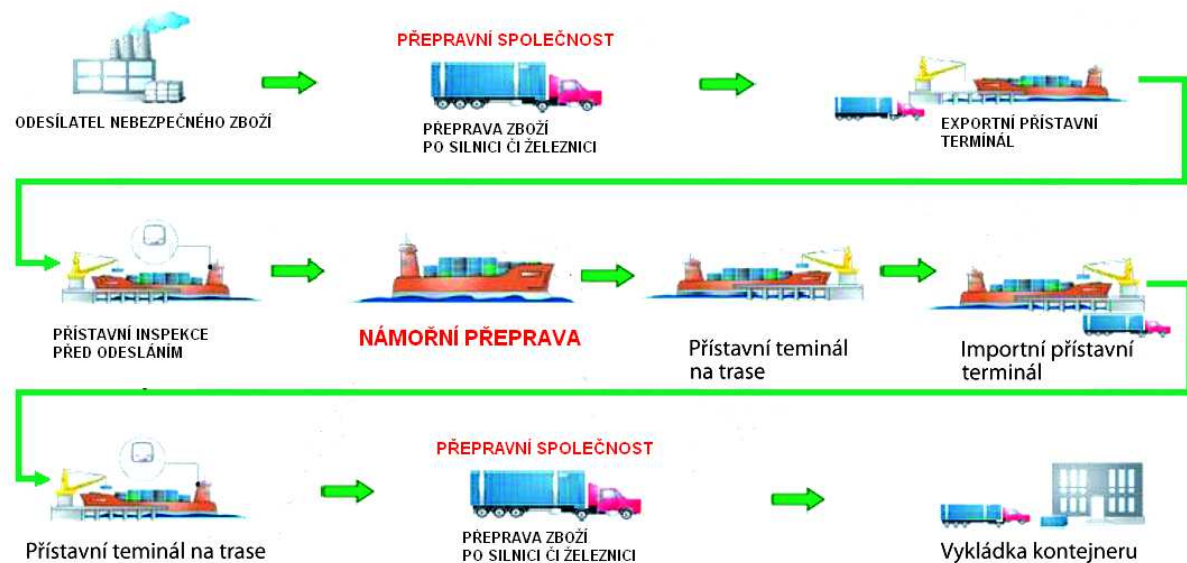
- A — Ocelové
- B — Hliníkové
- C — Dřevěné
- D — Překližkové
- F — Dřevotřískové, dřevovláknité
- G — Vrstvený karton
- H — Plastové
- L — Textilní
- M — Papírové, mnohvrstvé
- N — Kovové (ostatní kovové materiály mimo ocel a hliník)
- P — Skleněné, porcelánové, kameninové

3.3 Logistické zabezpečení

Tato diplomová práce se kromě analýzy podmínek a přístupů k přepravě nebezpečných látek zejména zaměřuje na návrh systému pro sledování a monitorování těchto zásilek, proto v popisu logistického řetězce autor nechce zacházet do přílišných podrobností, které jsou definované v rámci předpisů IMDG a logistický proces v následující části proto popisuje v přehlednější zjednodušené formě se zaměřením pochopení souvislostí a vztahů v logistickém řetězci, které použití navrhovaného systému v další kapitole ovlivňují.

Proces logistické přepravy nebezpečných věcí

Logistické zabezpečení přepravy nebezpečných věcí po moři je třeba zajistit ve všech článcích logistického řetězce, mezi jeho články a za dodržení právních ustanovení s cílem co nejrychlejší přepravy zboží mezi odesílatelem a příjemce, což znamená, že všechny činnosti během přepravy na sobe musí věcně a časově navazovat.



Obrázek č. 17 - Zjednodušené schéma přepravního logistického řetězce přepravy nebezpečných věcí, jehož částí je u přepravy nebezpečného nákladu po moři (provedené na základě pramene [49])

Proces přepravy začíná obdržením objednávky od zákazníka u přepravní společnosti, nebo podpisem smlouvy o přepravě věcí. Objednávka (smlouva) musí obsahovat všechny náležitosti, jako je jméno a adresa odesílatele i příjemce, datum vykládky a nakládky, Incotems, způsob balení podle IMDG, atd.

Přepravce zvolí dopravce, který bude realizovat převoz zásilky do přístavu a dále po moři. Mezi jeho kompetence patří výběr přepravní jednotky. Ve většině případů to bude přeprava prostřednictvím celokontejnerové zásilky FCL, ale je také možné, že vybere kusovou zásilku LCL.

Následuje výběr lodní společnosti, která bude zásilku s nebezpečným nákladem přepravovat po moři, v případě FcL je nutné zaslat lodní společnosti takzvaný "Booking Letter", což by se dalo volně přeložit jako "rezervační požadavek", ve kterém jsou rejdaři poskytnuty uvedené informace o povaze látky - čísla UN, velikost kontejneru atd. V případě nebezpečného nákladu se často uplatňuje požadavek na uskladnění kontejneru na zvlášť pro to vyhrazené místo na palubě lodi. V případě kusové zásilky musí přepravce podle pravidel IMDG rozhodnout, jestli bude bezpečné zboží skladovat spolu s jinou látkou ve skladu a dále jí bude přepravovat v rámci FCL, nebo jestli bude kusová zásilka dále přepravována do přístavu, kde se o ní postará přepravní partner.

Dle pramene [47] v přístavu před provedením nakládky je nutné provést kontrolu rezervovaného prostoru, jestli je dostatečná velikost vyhrazeného přepravního prostoru, jestli

manipulační zařízení splnilo předepsané revize a zkoušky. V případě, že je nebezpečné zboží přepravováno v rámci vojenské techniky, je v přístavu soustředěno v uzavřené zóně.

Během procesy nakládky přístavní agent vydává pokyn k nakládce a provede poučení pověřených osob pro pohyb po lodi. Upevnění nákladu se provádí po nalodění přepravovaného nákladu při dodržování BOZP. V případě, že nebezpečná zásilka není řádně označena, zabalena nebo pokud je místo nakládky nedostatečně osvětleno, nelze v nakládce pokračovat.

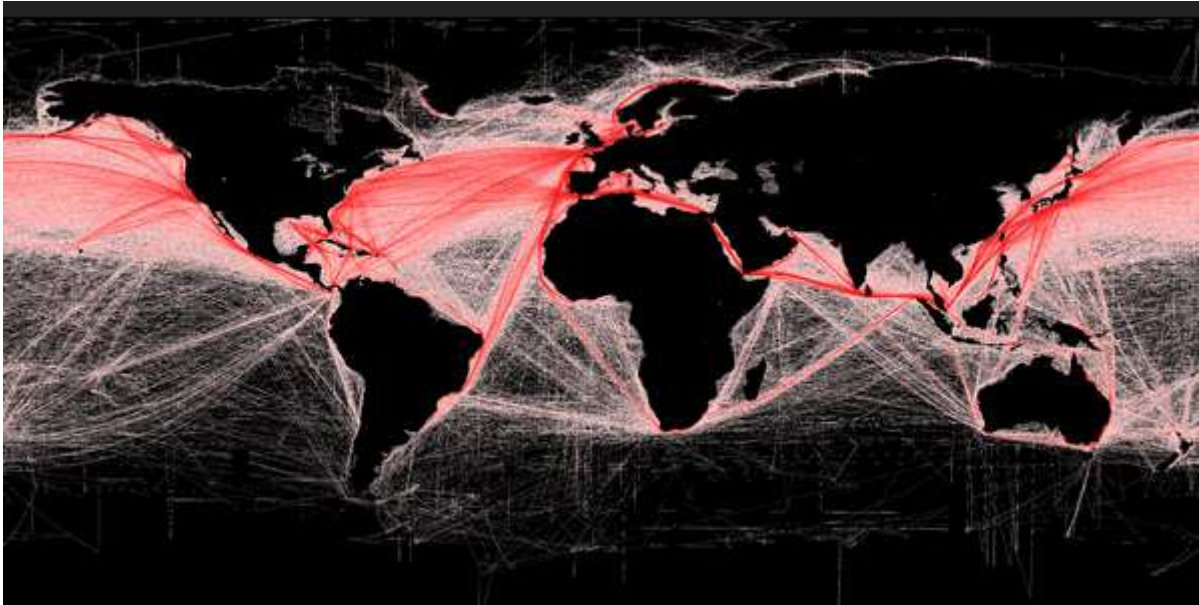
Během přepravy náklad doprovázejí písemné dokumenty, mezi které patří Průvodní listina, Bezpečnostní a nákladní list, pokyny pro řidiče. Jak již bylo uvedeno v podkapitole 3.1, v případě námořní dopravy je nutné postupovat podle úmluv MARPOL a SOLAS. „U přepravního dokladu jsou na výběr dvě řešení. Prvním z nich je vyplnění tiskopisu pro multimodální přepravu, který je možno použít současně na silnici i na moři. Druhé řešení představuje přepravní doklad rozdělený podle druhu dopravní cesty na nákladní list CMR na silnici a IMO deklaraci na moře. Druhá varianta (zásilku doprovází dva doklady) je z mého pohledu lepší.

Přestože je z hlediska vyplňování a času náročnější, předejdeme tak případným nesrovnalostem při kontrolách. Dále je nutné dodržet požadavky, které na přepravní doklad kladou jednotlivé předpisy (pořadí klasifikačních údajů, množství nebezpečných věcí, zápis pro látky ohrožující životní prostředí, resp. moře, a podobně).“ [52]

Při přepravě nebezpečného zboží ne každý přepravce nabízí k přepravě všech 9 tříd nebezpečného zboží. Například známá firma FedEx [51] nepřijímá k přepravě třídu 2.3 Jedovaté plyny, třídu 7 Radioaktivní materiály a z třídy 1 přejímá pouze podtřídu 1.4.

3.4 Distribuční námořní cesty

Dříve než budu moci přikročit k následující kapitole, je třeba alespoň stručně se zmínit o námořních cestách kontejnerových lodí. Asi nikoho nepřekvapí, že nejvytíženější cesty budou mezi největšími světovými ekonomikami. Dobře jsou tyto cesty patrné na obrázku 18 na následující straně. Jak je na obrázku vidět, většina obchodních tras probíhá v blízkosti břehů s výjimkou přepravy z Evropy do Ameriky a z Číny a Japonska do USA



Obrázek č. 18 - Námořní cesty kontejnerových lodí [94]

3.5 Logistické technologie pro sledování přepravy nákladu

Přestože riziko přepravy nebezpečných látek v intermodální kombinované kontejnerové přepravě neustále narůstá, a to jak z důvodů zvyšování objemu přepravovaných věcí a tím i vyšší pravděpodobnosti vzniku havárií, tak i z hlediska bezpečnostního ohrožení daného terorismem, je s podivem, že dosud neexistuje ucelený systém pro monitorování jak polohy, tak i z hlediska vlastní kontroly stavu nákladu. "Navíc žádné vnitrostátní ani mezinárodní předpisy nenařizují, aby se odesílatelé, dopravci či příjemci nebezpečných věcí registrovali do monitorovacích databází, nebo odevzdávali informace o přepravovaném nákladu kontrolním orgánům s dostatečným předstihem před přepravou." [53]

Situace se ale začala v poslední době měnit, vliv na změnu uvažování měla bezesporu u železniční nehoda ve Studénce 8. srpna 2008, když před projíždějící vlak EC 108 na trase Krakov - Praha (pohybující se rychlostí 140 km/h) spadl silniční most, což vyústilo v úmrtí 8 cestujících.[54] Tato tragédie tehdy otřásla celou veřejností, nicméně pokud by se podobná nehoda tehdy udála například v případě přepravy obzvláště nebezpečného toxického nebo jaderného materiálu, dopady na lidských životech mohly být veliké.

Projekt ChemLog T&T

V návaznosti na potřebu kompatibilního systému pro sledování polohy a stavu přepravovaného nebezpečného nákladu s napojením na orgány státní správy vzniknul projekt s názvem ChemLog T&T. "Za cíl byla stanovena podpora ve vývoji a používání informačních a telekomunikačních technologií pro účinné sledování a řízení mezinárodní

přepravy nebezpečných látek na základě „tracking and tracing“ (T&T), tedy sledování pohybu a polohy potenciálně nebezpečného nákladu.”[55] Do projektu se zapojila 15 partnerů ze střední i východní Evropy za podpory Svazu chemického průmyslu České republiky. V letech 2013 až 2014 proběhl pilotní projekt, při kterém se testovaly použité technologie. V rámci projektu se monitoroval poloha a stav nákladu jednotlivých kontejnerů na trase dlouhé 9342,14 km, z čehož 6736,34 km bylo s využitím železniční přepravy, 1254,32 km s využitím silniční přepravy a 1351,48 s využitím říční přepravy. Systém byl navržen tak, že na každém kontejneru byla použita univerzální jednotka OBU (On Board Unit), která na základě dat z GPS získávala každých 20 vteřin polohu. Data o poloze kontejneru a stavu nákladu byla posílána prostřednictvím sítě GSM pomocí GPRS modemu. Každá jednotka byla napájena interní baterií s kapacitou 2x 1300 mAh bez nutnosti jejich dobíjení. Nabíjecí akumulátory ovšem vyhovovaly testovacímu provozu na pilotních trasách, nicméně projekt počítá i s využitím další možnosti nabíjení baterií, např. kinetickou energii nebo sluneční energie, ale vždy v kombinaci s akumulátory. Jednotka OBU [56] mohla v případě potřeby zajistit informace o teplotě a tlaku v nákladovém prostoru kontejneru, i když primárním zaměřením bylo monitorování jeho polohy. Vlastní připojení OBU jednotky ke kontejneru bylo provedeno prostřednictvím magnetů, který byly součástí ochranného pouzdra. Optimální umístění OBU jednotky bylo testováno během pilotního programu na celkem 3 trasách.



Obrázek č. 19 - Umístění jednotky OBU na v rámu cisternového kontejneru [6]

Výjimku tvořilo pouze umístění OBU jednotky do prostor kormidelny tlačného remorkéru. OBU jednotka nebyla během pilotního projektu poškozena a dostatečná se jevila i kvalita baterií.



Obrázek č. 20 - Umístění jednotky OBU v prostoru kormidelny remorkéru [6]

Vlastní pohyb kontejneru byl následně sledován v aplikaci Positrex a údaje o nákladu se evidovaly prostřednictvím aplikace ConRad, obě zmíněné aplikace jsou přístupné přes webové stránky.

Systém Positrex

"Princip systému spočívá v instalaci komunikační jednotky LEVEL GSM/GPS, která zaznamenává v reálném čase polohu, rychlost, napájení, stav svých vstupů / výstupů a další. Získaná data jsou ukládána v paměti komunikační jednotky a přenášena prostřednictvím GSM sítě jako GPRS pakety na server systému Positrex, který je instalován na páteřní síti internet. Není tedy třeba instalovat žádný speciální software, vše je dostupné z jakéhokoli počítače s připojením na internet. V případě roamingu jsou z ekonomických důvodů veškerá data a pozice uchovávány v paměti komunikační jednotky a odeslány až při návratu jednotky do domácí GSM sítě, případně při zaplnění paměti jednotky (cca 3000 až 5000 ujetých kilometrů). Veškerá data a informace jsou po celou dobu přenosu chráněna šifrou. Mezi jednotkou a operačním centrem jsou data chráněna šifrou s délkou klíče 128 bitů, při prohlížení informací webovým prohlížečem jsou data chráněna pomocí SSL. Dodavateli vysoce kvalitních mapových podkladů jsou Central European Data Agency, a.s. a Google Czech Republic, s.r.o." [57]

Výstupem programového vybavení jsou tyto údaje; [56]

- Kontrola rychlosti jízdy a další.
- Zobrazování stavu kapacity baterií (i ve formě grafu);
- Zobrazení historie jízd;
- Geofencing - vkládání uživatelských bodů zájmu;
- Kontrola ujetých kilometrů;
- Přenos pozic na vyžádání SMS zprávou pro vozidla v roaming;

Aplikace ConRad

Aplikace ConRad přijímá, shromažďuje a odesílá přesně definovaná data související s přepravovaným nákladem:

Přijímaná data:

1. data o poloze zasílaná OBU jednotkou;
2. informace o havárii kontejneru zasílaná OBU jednotkou.

Shromažďovaná data:

1. data o přepravovaném nákladu - UN číslo, oficiální pojmenování látky pro přepravu, čísla vzorů bezpečnostních značek, obalová skupina (pokud existuje), kód omezení pro tunely (silniční přeprava), identifikační číslo nebezpečnosti (železniční přeprava) atd.;
2. přepravní informace - jméno a adresa odesilatele, dopravce a příjemce, místo nakládky/vykládky, plánovaný přepravní modus (silniční, železniční, říční přeprava) a jeho změna, místo a doba skladování, případně další specifikata;
3. případné další požadované informace. Odchozí data: informace o místě a času havárie kontejneru s údajem o posledním známém směru jízdy (důležité při jízdě po dálnici) pro složky integrovaného záchranného systému.

Ekonomické posouzení systému ChemLog T&T

Cena celé OBU jednotky a jejího provozu se skládá z následujících dílčích cen:

- cena baterií;
- fixní pořizovací cena zařízení;
- náhradní baterie;

- softwarové řešení (provozování sledovací aplikace se všemi funkcionalitami);
- provozní náklady.

Vzhledem k tomu, že pro pilotní trasy nebyly využity jednotky určené pro sledování kontejnerů s integrovaným hlášením havárie, nelze ani řádově určit konečné náklady na pořízení a provoz OBU jednotky. Pořizovací cena OBU jednotky využívané při pilotních projektech (bez shock senzoru) je cca 6000 Kč a měsíční náklady na její funkčnost je cca 200 Kč. „Náklady na provoz aplikace ConRad prozatím nelze určit. Aplikace je ve stádiu vývoje“.[56]

Výrobu OBU jednotky zajišťovala firma LEVEL s.r.o. a správcem aplikace ConRad byla firma DEKRA CZ a.s.

SWOT analýza systému ChemLog T&T

Pilotní projekt systému ChemLog T&T prokázal dobrou praktickou realizovatelnost. Systém, který je využíván v rámci projektu ChemLog T&T je v ČR unikátní, protože narozdíl od ostatních podobných systému umožňuje sledování a monitorování kontejnerových zásilek nebezpečného zboží v rámci intermodální dopravy. Silnou stránkou projektu je unikátní řešení, minimální konkurence a úspěšné zvládnutí pilotního projektu. Slabou stránkou je ovšem závislost na přenosu dat prostřednictvím sítí GSM, které mají omezený dosah zejména v případě námořní dopravy, což tento systém pro použití v námořní přepravě bohužel vylučuje. Navíc systém je koncipován pouze pro použití v Evropě, neboť systém GSM není celosvětově sjednocený. Z hlediska příležitostí je pravděpodobné rozšíření projektu díky dotačnímu programu Evropské unie a neexistence konkurenčního projektu v rámci ČR a střední Evropy. Z hlediska hrozeb je to možná ztráta důvěry státních orgánů v tento systém, protože nemá za sebou delší historii, zavádí se teprve od března roku 2016 a tak se v něm mohou vyskytnout různé chyby. V rámci ČR je také problematická jak neexistující nebo nedostatečná legislativa a velké požadavky na vyjednávání v rámci jednotlivých zemí v rámci střední Evropy.

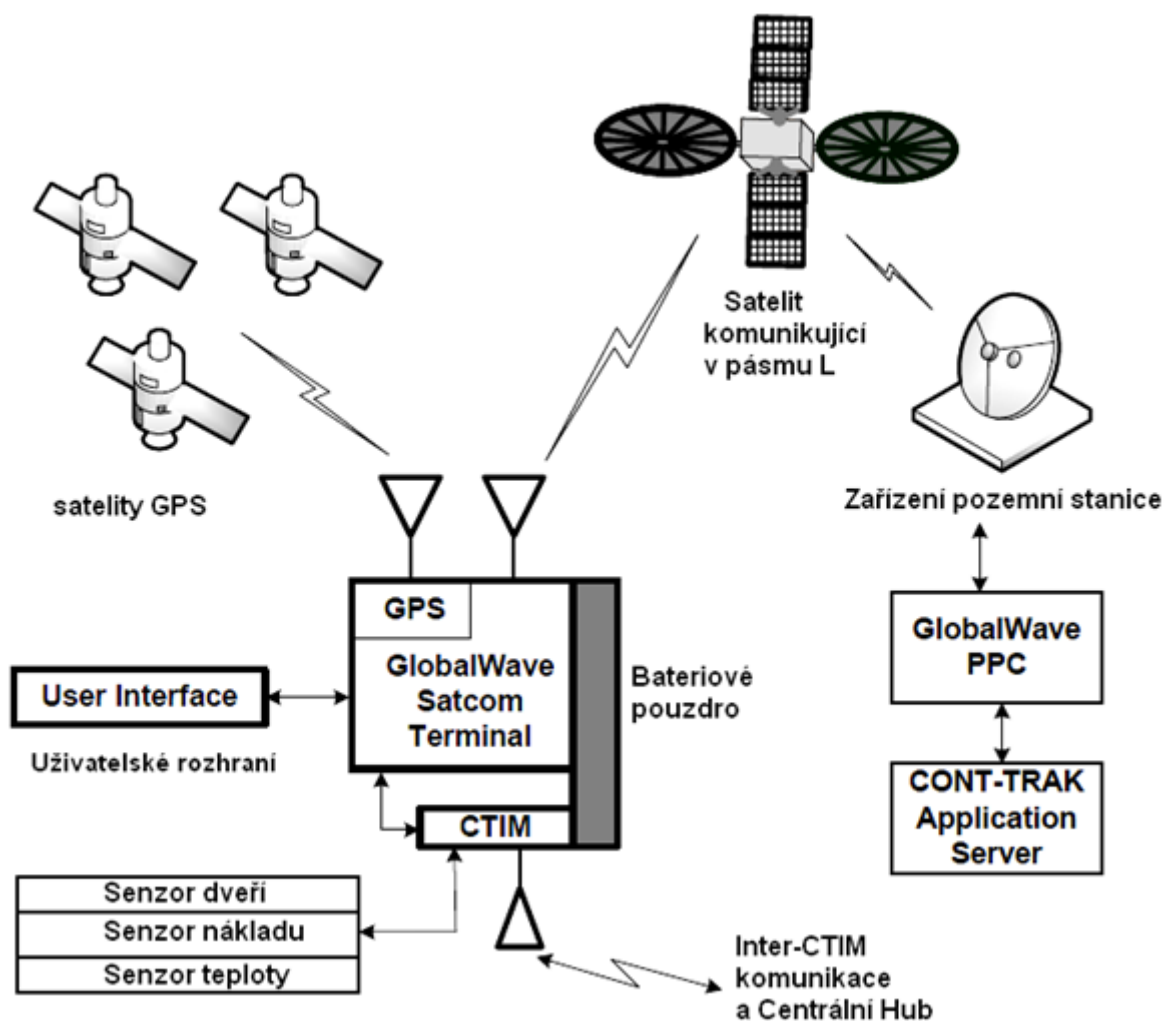
Alternativní systémy - Cont-Trak

Jak již vyplývá ze SWOT analýzy, velkou slabinou systému ChemLog T&T je závislost tohoto systému na přenos dat o stavu a poloze kontejneru v případě námořní přepravy, kde jsou kontejnery mimo dosah sítí GSM. Tento problém řeší systém Evropské vesmírné agentury ESA s názvem Cont-Trak. Pilotní ověření tohoto systému již proběhlo v roce 2011 v kontejnerovém skladišti v Halifaxu, další testy proběhly na lince z Evropy do Severní Ameriky a v praxi se již systém používá. Během testů se podařilo úspěšně vyzkoušet bezvýpadkové

pokrytí a plynulý přechod mezi oblastí, konkrétně mezi oblastí severoamerickou a evropskou. Data byla vysílána z kontejnerů, které byly umístěny jak v lodích kotvících v přístavech, tak z návěsů železničních vagonů a během celé doby nebyl zaznamenán výpadek. Největší problém při návrhu systému bylo vyřešit problém s vysíláním signálu při stohování kontejnerů na sebe. Tento problém byl nakonec vyřešen funkcí HUB, kdy každá jednotka dokáže předávat informace následné jednotce na způsobu převaděče.

Systém Cont-Trak se skládá ze dvou částí:

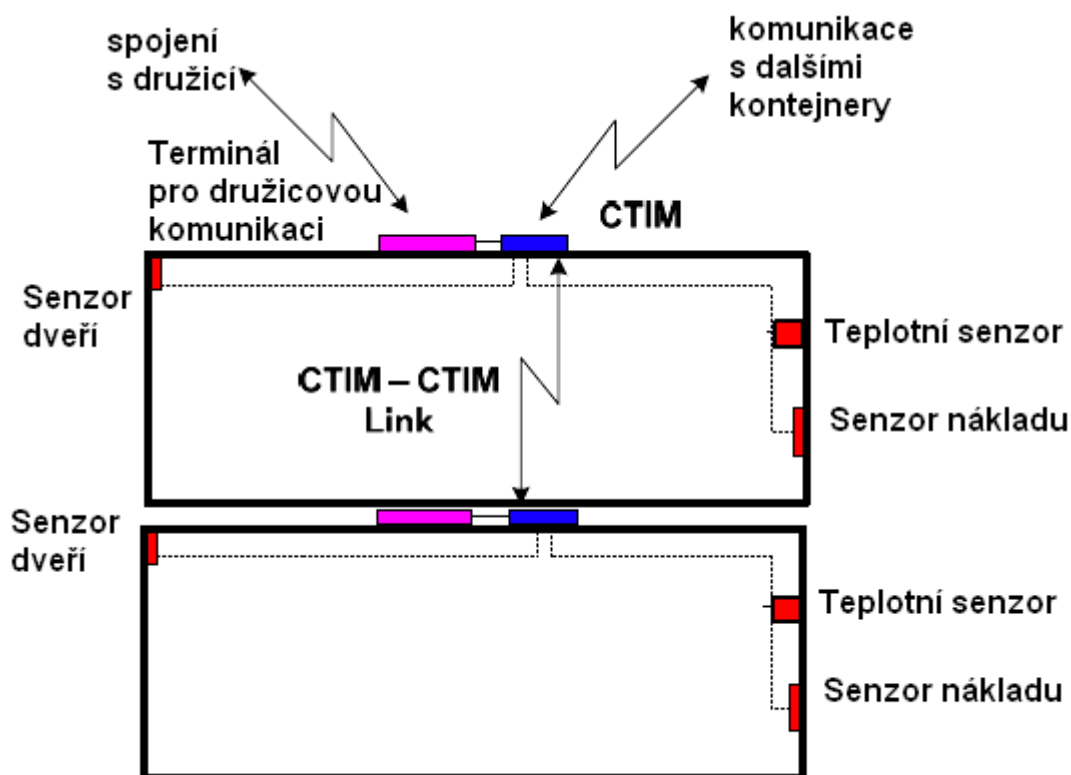
První část - je terminálová jednotka, která je umístěna na vnějším plášti kontejneru. Tato jednotka sbírá data o pozici kontejneru prostřednictvím systému GPS a následně posílá do vlastního družicového systému data o poloze kontejneru a o naměřených datech, jak patrné na následujícím obrázku 21.



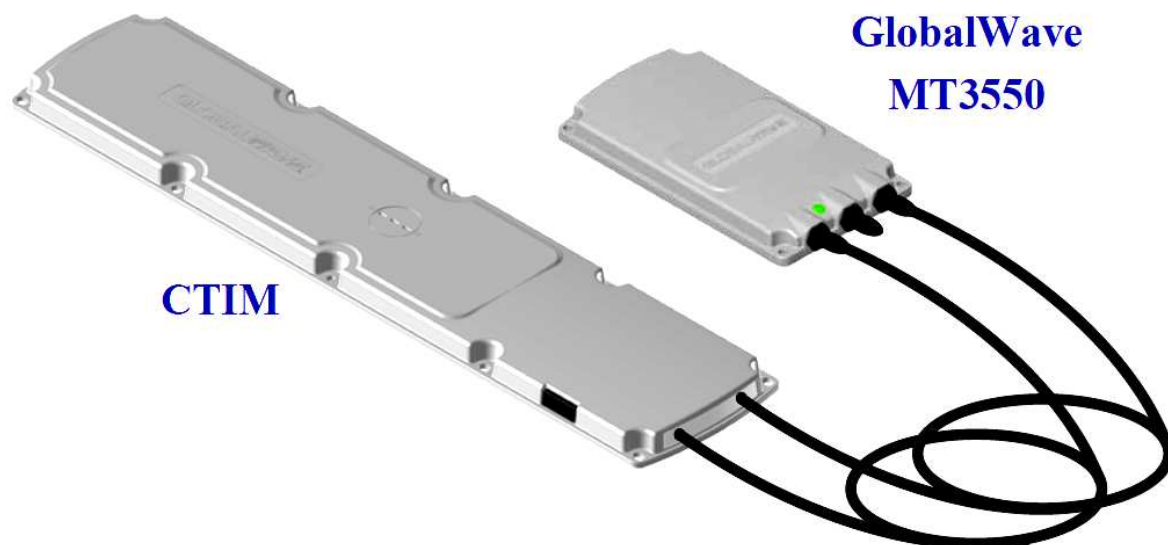
Obrázek č. 21 - Schéma systému Cont-Trak [85]

Druhá část - obsahuje modul CTIM (Container Tracking Interface modul.). Modul CTIM komunikuje s družicovým terminálem i se senzory v kontejneru a může komunikovat i s kontejnery, které díky svému uskladnění nemají přímou viditelnost na telekomunikační družici. Na základě doporučení ITU (Mezinárodní telekomunikační Unie) je komunikace provedena na jedné frekvenci v pásmu 2,4 GHz a dvou frekvencích 868/915 MHz. V praxi se ukázalo, že rozdíly v šíření mezi stohovanými kontejnery nejsou tak špatné, jako předpovídal model a problém není ani s nežádoucími odrazy. Dosah systému na základě citlivosti přijímače -98 dBm dosahuje více jak 200 m. Zvolení frekvence 2,4 GHz zajišťuje, že je možné tento systém používat celosvětově bez hrozby kmitočtové kolize mezi jednotlivými kmitočtovými plány pro regiony ITU. „Do zkušebního provozu se zapojila za evropskou stranu družice Inmarsat I-3, komunikaci na druhé straně Atlantiku zajistil satelit MSAT-01 (Mobile Services Venture).“ [58] Označení L band pro komunikační kanál, přes který probíhá komunikace s družicí je definován podle IEEE („Institut pro elektrotechnické a elektronické inženýrství“) pro rozmezí frekvencí od 1 do 2 GHz.

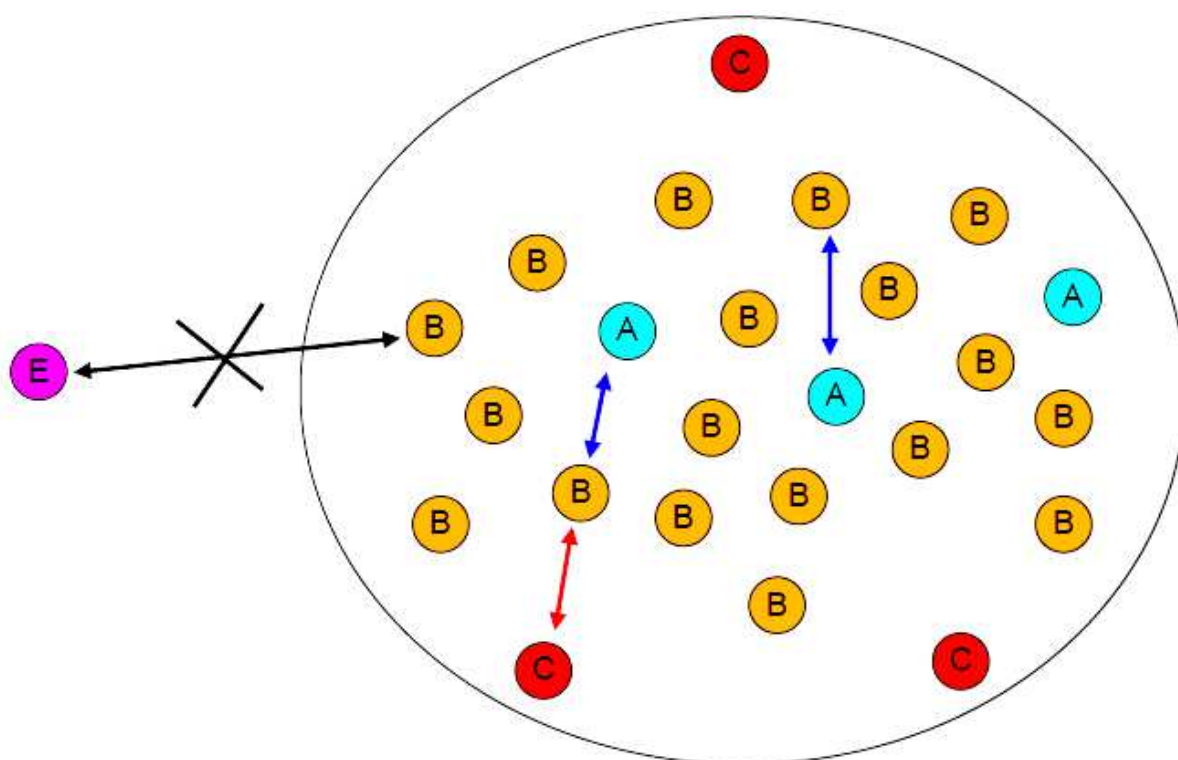
Systém komunikace mezi kontejnery je pro větší přehlednost zobrazen na následujícím obrázku 22. Na obrázku 23 jsou vidět obě komunikační jednotky systému Cont-Trak.



Obrázek č. 22 - Schéma systému Cont-Trak pro komunikaci mezi kontejnery



Obrázek č. 23 - Fyzická realizace jednotky CTIM a satelitního terminálu MT3550 [85]



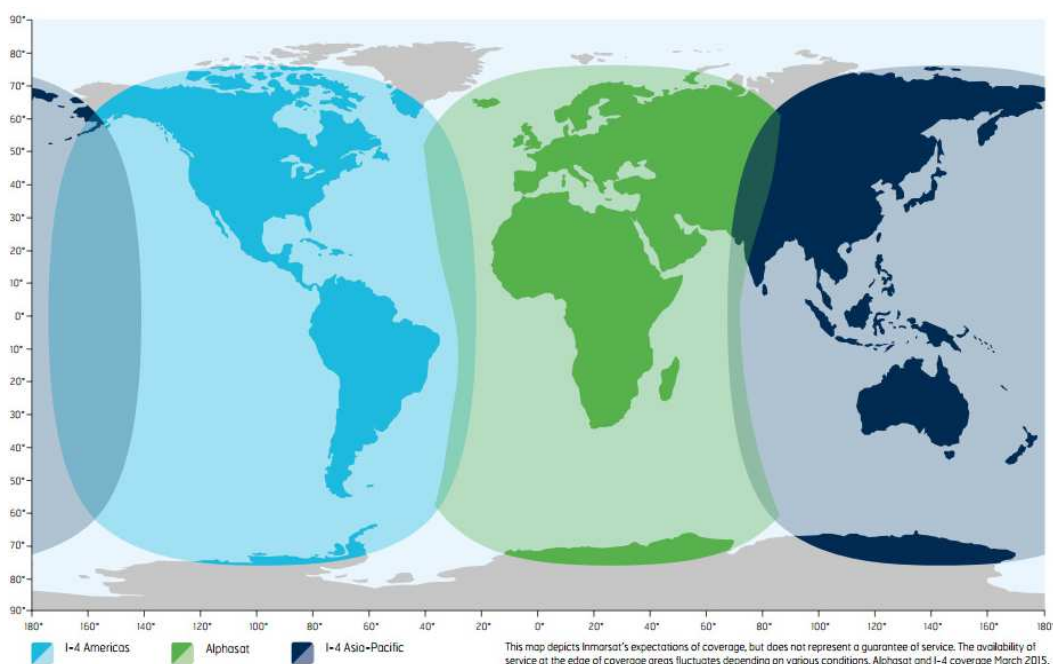
Obrázek č. 24 - Zjednodušené schéma sítě Cont-Trak [85]

Na obrázku 24 je vidět zjednodušené schéma sítě Cont-Trak na jedné kontejnerové lodi. Typ A zde reprezentuje Satelitní terminál spolu s jednotkou CTIM v jednom kontejneru, která má spojení s družicí. Písmeny B a C jsou označeny kontejnery v různých vrstvách uložení, které mohou komunikovat s družicí prostřednictvím jednotky A. Pokud jednotka úrovně C

nemůže komunikovat s dalšími kontejnery, je blokována a na obrázku se z ní stává podmnožina E. V systému bývá na jedné lodi přes 30 jednotek typu A, která každá komunikuje přes 19 jednotek typu B. Při komunikaci nižších vrstev kontejneru je doba navázání spojení s kontejnerovou jednotkou typu A kratší než 0,5 sekund. Komunikace probíhá na různých kanálech o šířce pásma 60 MHz.

Na základě praktických měření bylo zjištěno, že přepokládaná životnost jednoho bateriového pouzdra na kontejnerovou jednotku s kapacitou 19 Ah je 2,8 let. Největší spotřebu má jednotka typu E (60%), která pokud nevidí ostatní články sítě, je ve vyhledávacím módu a tedy častěji vysílá. Díky poměrně časté komunikaci s družicí a to i za jednotky typu B a C má jednotka typu A střední spotřebu (20%) a nejmenší spotřebu mají jednotky typu B a C (po 10%). V případě umístění jednotky typu A, jejichž antény nejsou stíněné a nacházejí se v otevřeném prostoru, je na základě praktických zkoušek dosah kolem 280 m, v případě jednotek B a C, které musí překonávat překážky, kolem 110 m.

Dokud přenos dat probíhal přes družice ISATM2M a GlobaWave, docházelo v systému Cont-Trak k výpadku sledovaných dat, protože družice měly takzvaná hluchá místa na povrchu země, kde byl jejich signál pro malé antény příliš slabý. V třetí polovině roce 2011 byla proto vypuštěna firmou Inmarsat flotila družic IsatDataPro, která 2x snížila latenci, zajistila rychlejší přenos dat a která měla citlivější přijímače, takže již nebylo nutné pro vysílače na lodích používat tak vysokého výkonu, čímž se i prodloužila výdrž baterií kontejnerových jednotek. Přenos dat na tuto družici je 4 až 18 sekund pro přenesení dat o velikosti 100 Bytů a 38 až 48 sekund pro přenesení dat o velikosti 1 kB.



Obrázek č. 25 - Pokrytí Země družicovou sítí IsatDataPro [59]

Jako zajímavost lze uvést, že služby této družicové sítě využívají i pomalu se rodící konkurenční sítě, jako je například IDP 800 od firmy Orbcomm. Jak je na obrázku 25 zřejmé, družice nepokrývá oblast severního pólu, což by se na první pohled mohlo zdát jako nevýznamné, ale vzhledem ke globálnímu oteplování (otázku antropogenní příčiny ponechme stranou) a i postupnému tání polárního ledu je nejen možné, ale i pravděpodobné, že brzy se otevřou nové přepravní cesty podél severního pobřeží Ruska, což zkrátí i zefektivní dobu přepravy nákladu z Číny do Evropy. V tomto případě zřejmě pokrytí satelitem IsatDataPro stačit nebude a bude třeba vyslat další satelit. Projektovaná životnost družic sítě IsatDataPro je odhadována do poloviny 20. let 21. století.

3.6 Zhodnocení třetí kapitoly

Základní sensorická data je ovšem možné přenášet i bez pomoci družicové komunikační sítě. Tato myšlenka se nabízí na základě vyhodnocení rizik, souvisejících s přepravou nebezpečného nákladu, kdy může dojít k situaci, že je potřebná komunikační záloha pro případ výpadku družicového systému. Autor této diplomové práce věří, že potřeba záložního systému pro monitorování nebezpečného nákladu kontejnerové přepravy po moři je nejen důležitá, ale i nezbytná. Otázku, jestli je možné takový systém zrealizovat se snaží autor této diplomové práce zodpovědět v následující 4. kapitole, která se zabývá návrhem záložního systému, který by uměl ve spolupráci se systémem ESA Cont-Trak výpadek družicové komunikace všech kontejnerů na lodi z větší části možných krizových situací pokrýt.

4. Návrh systému pro sledování a monitorování nebezpečných zásilek

4.1 Posouzení hrozby výpadku satelitního systému

Telekomunikační družice využívané pro globální přenos dat jsou ve většině případů umístěny na geostacionární dráze kolem Země (GEO), která se nachází ve výšce 35 786 km nad rovníkem. Družice v této výšce oběhne Zemi jednou za 23h a 56min a 4,09s, což znamená, že se otáčí vůči zemské ose stejnou úhlovou rychlostí, jako jakýkoliv bod na Zemi.

Výhoda družice na dráze GEO tedy je, že družice vzhledem k povrchu Země setrvává nehybně na jednom místě oblohy, což minimalizuje problém s dopplerovským posunem a samozřejmě umožňuje družici pokrýt větší část zemského povrchu. Další výhodou je, že na geostacionární dráze stačí k pokrytí celého povrchu Země pouze 3 družice (jak již v roce 1945 popsal vizionář A.C Clarke), čehož mimochodem úspěšně využívá i systém družic IsatDataPro, který je v rámci projektu ESA Cont-Trak představený ve druhé kapitole. *"Každý rok je na nejpoužívanější geostacionární oběžnou dráhu umístěno 10 až 15 umělých satelitů s obvyklou dobou životnosti 15 let"* [61].

Tato výhoda je ovšem "vykoupena" potřebou silnější rakety, než je doprava družice na nízkou oběžnou dráhu (LEO), což znamená zvýšení ceny družicového projektu a vyšší zpoždění přenášených dat, protože elektromagnetickému signálu trvá překonání vzdálenosti k družici v GEO 119 ms a dalších 119 ms je potřebných pro přenos signálu pro cestu z družice zpět k Zemi.

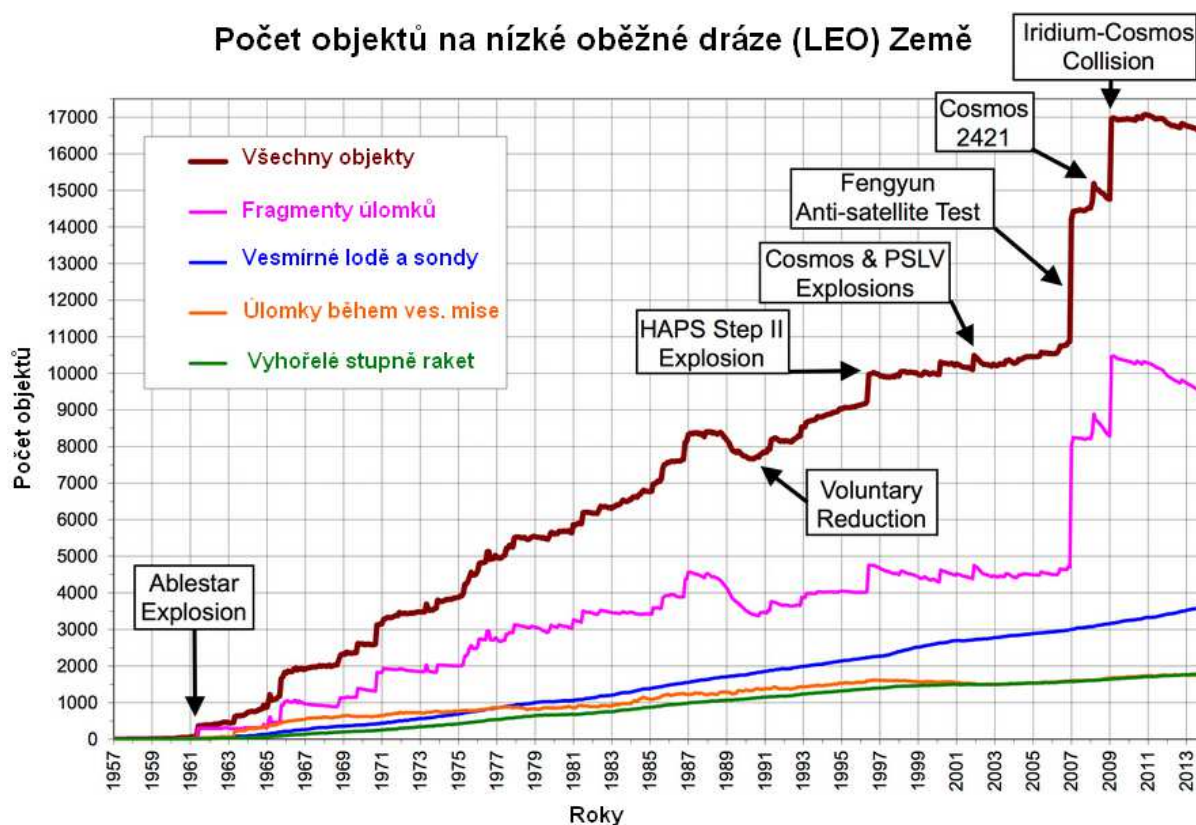
Další nevýhodou je útlum signálu na trase. V pásmu L, které využívá systém IsatDataPro činní útlum pro GEO při použití frekvence $f = 1,5$ GHz

$$FSPL_{GEO} = 20 \log_{10} (35786) + 20 \log_{10} (1500) = 185 \text{ dB}$$

Skutečný útlum je ovšem ještě vyšší, protože je do něj třeba započítat útlum atmosféry, zvláště pak, pokud signál nepřichází k družici ve vysoké elevaci. Pro porovnání útlum pro družici na nízké oběžné dráze ve výšce kolem 300 km by byl útlum až o 40 dB menší, tedy asi 10 000 krát.

Mezi další nevýhody patří nestálost družice na místě geostacionární dráhy, která je vyvolaná působením slunečního větru a dalších gravitačních těles. Z tohoto důvodu je nutné družici v

tomto bodě čas od času stabilizovat pomocí manévrovacích trysek, což po několika letech může způsobit, že dojde palivo a družice tak ukončí svojí činnost. Pro snížení spotřeby paliva pro orientaci družice se tak již několik let používá elektromagnetický systém "Magnetorquer", který funguje na principu vytváření magnetického pole v cívkách, které interagují s okolním magnetickým polem Země a dodává tak tažnou sílu. Nevýhoda tohoto systému je ovšem v nižší účinnosti na vysoké oběžné dráze a tak se hlavně používá u menších družic na dráze LEO. Navíc magnetické pole Země je vysoce variabilní (zvláště v období vyšší Sluneční aktivity), což činí řízení družice tímto systémem dosti náročné. Dalším nebezpečím je kosmické smetí, které je tvořeno tisíci úlomků nefunkčních družic a dalších těles, vypuštěných do vesmíru lidmi. Se čtvercem rychlosti mají i ty nejmenší úlomky velkou kinetickou energii [70] dle zákona $k = 1/2 m \cdot v^2$ a mohou tak vážným způsobem narušit konstrukci a polohovou stabilitu družice. Jak se vyvíjí počet vesmírného smetí je dobře vidět na obrázku 26.



Obrázek č. 26 - Vývoj kosmického smetí v letech 1957 – 2014 [95 + vlastní úprava]

Kosmický odpad se hromadí zejména na nízké oběžné dráze LEO, nicméně družice pro vyšší oběžné dráhy musí oblast s vysokým rizikem nárazu překonat. Pokud se během těchto manévřů změny oběžné dráhy setkají s kosmickým odpadem, který může družici v extrémním případě i zničit, dojde k další produkci kosmického smetí. Menší úlomky na nízké oběžné dráze sice postupně klesají z orbity díky interakci s molekulami horních vrstev

atmosféry, které úlomky brzdí, tento efekt je ovšem pomalý a na vyšších oběžných drahách (přes 1000 km od Země) je zcela nepatrný. Navíc počet interagujících molekul vzduchu na nízké orbite závisí na sluneční činnosti, takže v období slunečního minima vydrží kosmické smetí na své oběžné dráze podstatně delší dobu. Jelikož právě končící 24. sluneční cyklus byl jedním z nejslabších za posledních 100 let a vědci předpovídají, že následující sluneční cyklus, který se střídá po 11 letech, bude taktéž velmi nízký, může to být v kombinaci se vzrůstem kosmického smetí významný faktor, který ohrozí životnost družic.

Dále bych se chtěl zmínit o negativním vlivu na družice na vysoké oběžné dráze a GEO z hlediska průletu oblastí známou jako Van Allenovy radiační pásy.

"Van Allenovy pásy – jsou tvořeny nabitými částicemi (elektrony, protony a ionty O+, He+) zachycenými magnetickým polem Země ve vzdálenosti 1,2 až 7 RZ. V polárních oblastech se odrážejí efektem magnetického zrcadla. Pásy existují dva, vnější složený především z elektronů a vnitřní obsahující kromě elektronů i hmotnější částice, především protony s vysokou energií. Částice v pásách pronikavě září. Jejich energie je od 1 keV do 100 MeV. Nejenenergetičtější elektrony se nazývají zabijácké elektrony (killer electrons) a mechanismus jejich vzniku není zcela jasný. Vnitřní pás objevil James Van Allen z Univerzity v Iowa na základě měření družic Explorer 1 a 3, vnější detekovala sonda Luna 1. Oba pásy jsou mimořádným nebezpečím jak pro kosmické sondy, tak pro člověka."[64]

Negativní vliv Van Allenových radiačních pásů na elektroniku na palubě družice může být značný zejména v době slunečních erupcí koronální hmoty (CME) či při výbuchu jaderné bomby ve vysoké atmosféře, což se mimojiné potvrdilo již v roce 1962, kdy exploze americké vodíkové bomby 9. července 1962 o síle 1,4 megatuny TNT ve výšce 400 km nad Johnsonovým ostrovem v Tichém oceánu [65] způsobila selhání prvního telekomunikační družice Telstar 1, Ariel 1 a dalších, neboť zvýšená radiace z jaderného testu zachycená ve Van Allenových pásách poškodila jejich palubní vybavení.

Na závěr je nutné se ještě zmínit o ohrožení družic v důsledku nepředvídatelného "kosmického počasí" [66]. Sluneční erupce jsou velmi těžko předvídatelné, a pokud dojde k výronu koronální hmoty, vliv na magnetosféru Země lze předvídat jen krátce před vypuknutím magnetické bouře, když oblak slunečního větru dorazí k družici ACE (Advanced Composition Explorer), která změří jeho magnetickou polaritu a rychlost. Pokud má magnetické pole jižní orientaci a vysokou rychlost, může takováto erupce způsobit sluneční bouři, která dokáže zničit nejen elektroniku družic, ale poškodit i pozemské rozvodné energetické sítě a transformáty na Zemi. Družice ACE je umístěna v Lagrangeově bodě L1, který se nachází pouze 1 500 000 km od Země, takže při rychlosti slunečního větru přes 1000 km .s⁻¹ je doba, než dorazí k Zemi, pouze 25min. Za tak krátkou dobu nelze většinou

přijmout potřebná rozhodnutí k ochraně družice, jako je třeba uvedení palubní elektroniky do SAFE modu. Vliv slunečních erupcí se projevil například 13. března v roce 1989 [67],[68], kdy došlo k poškození družic TDRS-1 a GEOS.

K poslednímu významnému incidentu došlo 4. listopadu roku 2003, kdy vrcholil 23 sluneční cyklus. Na základě zkušeností z předchozích slunečních cyklů je nicméně jasné, že silná geomagnetická bouře může přijít a mít zničující dopad i během cyklu, který se jeví jako velmi slabý. Příkladem je událost z 13 - 15. května roku 1921 [69] v době trvání slabého 15. slunečního cyklu (svou aktivitou velmi podobnému slunečnímu cyklu současnému), kdy 2 roky před příchodem slunečního minima, kdy je výskyt slunečních erupcí nejmenší, došlo k jedné z nejsilnějších geomagnetických bouří 20. století. Tato bouře měl v té době zničující vliv na infrastrukturu telegrafní sítě.

Celkově se tedy dá říci, že satelit určený pro přenos dat čelí mnoha nebezpečným a potenciálně destruktivním faktorům, které jej mohou vyřadit z provozu. Z hlediska maximální spolehlivosti monitorovacího systému, který spoléhá na satelity, je také třeba vzít v potaz fakt, že náhrada satelitu na vysoké oběžné dráze je nejen drahá, ale i pomalá. Není to dáno jen dobou potřebnou k jeho konstrukci, ale i dobou k přepravě na kosmodrom, testovacím procedurám, které zpravidla trvají několik měsíců a nutností čekat na vhodný nosič, jelikož jednotlivé lety jsou smluvně zamluveny v předstihu několik měsíců až let.

4.2 Posouzení alternativních možností přenosu dat na velké vzdálenosti

Jak již vyplývá z kapitoly 4.1, pro alternativní záložní systém přenosu dat není vhodné se spoléhat na další satelitní systém, ale na takový systém, který by byl na stávajícím komunikačním systému nezávislý.

Při jeho návrhu je třeba vycházet z požadavků maximalizace dosahu přenosového systému, datové rychlosti, nákladů a zejména spolehlivosti. Požadavek na šíření radiových vln ve VKV části spektra (kmitočty vyšší, než 30 MHz) na velké vzdálenosti v řádu stovek až tisíců km je nedosažitelný s ohledem na podmínky šíření elektromagnetické energie troposférou, protože dosah takového radiového přenosu je i při vysokém vyzářeném výkonu omezen pouze na vzdálenost standardního radiového horizontu (dosah je větší, než u optického horizontu, ale nikoli násobně) tedy pouze do několika desítek km, v případě instalace vysílače na vyvýšeném bodě až několika stovek km. Například samotný systém GSM, který je pro monitorování nebezpečného nákladu rozšířen v Evropě, má teoretický dosah limitován pouze 35 km radiusem (byť z jiných důvodů).

Přenos dat na velké vzdálenosti v pásmu Krátkých vln

Jedním z možných systémů pro přenos dat na velké vzdálenosti je šíření signálů v pásmu Krátkých vln (3-30 MHz). Vysílač bývá poměrně jednoduché konstrukce a proto pro přenos na velké vzdálenosti i několika tisíc km stačí velmi malý výkon. Tento systém má ovšem řadu podstatných nevýhod, kterého jeho použití pro námi zamýšlený systém předem vylučuje. Předně radiové vlny se šíří odrazem a lomem na ionosférických vrstvách, zejména pak na vrstvách E, Es a F1,F2. Ionosférou rozumíme horním vrstvám atmosféry ve výšce 60 až 700 km. V ionosféře dochází k ionizaci, jehož hlavním zdrojem je Slunce. V ionosféře probíhá proces ionizace a zpětné rekombinace. Množství volných elektronů a kladných iontů jednotlivých plynů závisí na intenzitě ultrafialového záření a kosmického záření, jehož intenzita je mimo jiné i funkcí výšky a zenitové vzdálenosti Slunce. Zcela zásadní vliv na šíření krátkých vln má i průběh 11-ti letého slunečního cyklu slunce. V případě náhlého výskytu geomagnetické bouře může dojít i k Mögel-Dellingerovu efektu [76], který způsobuje značný ionosférickým útlum v nižší ionosférické vrstvě D a E po dobu několika minut až hodin, čímž znemožní šíření zejména prostřednictvím výše položené vrstvy F2.

Předpověď podmínek šíření KV je poměrně komplikovaná vědecká disciplína, která by vydala na několik stran analýzy [71]. Ve stručném shrnutí lze říci, že pásma KV jsou z hlediska šíření na velké vzdálenosti obtížně předpověditelná, tedy nespolehlivá a přenos dat v těchto pásmech je příliš pomalý, protože uživatelé jsou limitováni malou šířkou případného přenosového kanálu.

Přenos dat na velké vzdálenosti exotickými způsoby šíření

Kromě krátkovlnného přenosu dat lze data na velké vzdálenosti přenášet i prostřednictvím dalších způsobů šíření. Tyto způsoby šíření, jako jsou například superrefrakce (vlnovodné kanály) vzniklé na inverzních vrstvách vzduchu, či rozptyl signálů na nehomogenitách během výskytu Radiové polární záře, rozptyl radiových vln v mikrovlnném oboru frekvencí na hydrometeorech nebo výskyt Sporadické vrstvy E jsou ovšem nahodilé, těžko předpověditelné a přenášený signál může být různým způsobem zdeformovaný, což se pro přenos dat nehodí.

Jedna ze zajímavějších alternativ by teoreticky mohl být přenos dat prostřednictvím odrazu radiových signálů od povrchu Měsíce (šíření EME - Earth Moon Earth). Takovýto datový link může umožňovat poměrně vysokou přenosovou rychlost. Nevýhoda je ale v nutnosti překonat velký útlum trasy, který je ještě umocněný tím, že povrch Měsíce odráží nazpět k zemi pouze kolem 6% dopadajícího signálu. Útlum na trase lze vypočítat podle empirického vztahu platného pro Měsíc v nejbližší vzdálenosti od Země (Perigeu):

$$b = 207 + 20,5 \log f \quad [\text{dB, MHz}]$$

Útlum trasy je například v případě pásma WiFi IEEE 802.11g 2,4 GHz $b = 276$ dB. Takto vysoký útlum je možné překonat pouze použitím velkého vyzářeného výkonu, což vyžaduje výkony v řádech stovek Wattů a paraboly o průměrech přes 6m [72]. Vysoké vyzářené výkony pro přenos dat prostřednictvím šíření EME jsou legislativně velmi problematické a z hlediska celosvětové frekvenční koordinace jen velmi obtížně realizovatelné. Další problémy jsou i praktického rázu, protože sledování pohybu Měsíce po obloze vyžaduje přesné směřování parabolických antén, která mají na frekvenci 2,4 GHz při 6m průměru paraboly šířku hlavního anténního laloku pro pokles 3dB pouze $1,1^\circ$. Zásadní omezení je také možnost přenosu dat tímto druhem šíření pouze v době, kdy se Měsíc nalézá v dosahu stanice na obloze. Je možné předpokládat, že v druhé polovině 21. století při vybudování Měsíční základny a snížení ceny nákladu bude Měsíc sloužit jako místo pro instalaci retranslačních stanic, což by významným způsobem eliminovalo potřebu překonávat nevýhodu 94% ztráty signálu daným odrazem vln do kosmického prostoru. I když byly podobné transpondéry prakticky vyzkoušeny během programu Apollo, podobné systémy pokud budou někdy realizovány, jsou spíše vzdálenou vizí budoucnosti.

4.3 Přenos dat prostřednictvím šíření typu MS

Jedním z velice zajímavých způsobů přenosu dat na velké vzdálenosti je možnost využití šíření prostřednictvím rozptylu a odrazu signálů na meteorických stopách (MS - Meteor Scatter). Tento způsob přenosu dat nemá velikou přenosovou rychlost, protože pracuje na principu využívání krátkých "komunikačních oken" vhodných pro přenos paketů, nicméně má maximální dosah až 2100 km, vysokou spolehlivost, odolnost proti rušení a zejména nízkou finanční náročnost. Tento druh šíření je veřejnosti znám především jako nahodilé bursty příjmu vzdálených FM rozhlasových stanic v době maxima některého z pravidelných meteoritických rojů, ale v zemské atmosféře zanikají v minutových intervalech zrníčka mezihvězdné hmoty kdykoli, tedy i mimo čas známých meteoritických rojů a takto stále se vytvářející a po jednotkách, či desítkách vteřin zase zanikající plazmatické stopy jsou schopny s poměrně malým útlumem efektivně odrážet elektromagnetické vlny na spodním části VKV radiového spektra – zejména mezi 40 a 100 MHz. Nevýhodou tohoto typu šíření ovšem je, že radiový kanál mezi vysílačem a přijímačem se otvírá vždy jen na dobu existence ionizované stopy, tedy na jednotky až desítky vteřin a to omezuje efektivní přenosovou rychlost.

I přes tento nedostatek jsem si tento druh dálkového šíření elektromagnetických vln vybral jako zajímavou alternativu pro přenos dat o poloze stavu monitorovaných kontejnerů s

nebezpečným nákladem, protože má jiné pozitivní vlastnosti a nízká přenosová rychlost datového radiového kanálu není pro tento případ použití příliš omezující.

Dle pramenu [77], [78] popíší, jak k uvedenému druhu šíření dochází:

V meziplanetárním prostoru se pohybují meteoroidy, což jsou tělesa vzniklé obvykle fragmentací planetek hlavního planetkového pásu mezi Marsem a Jupiterem, které se pohybuje v meziplanetárním prostoru. Při vstupu meteoridu do zemské atmosféry vzniká světelná stopa, kterou nazýváme meteor. Pokud těleso neshoří při průletu atmosférou a dopadne na její povrch, hovoříme o meteoritu

Částičky kosmického prachu různých rozměrů a většinou kometárního původu, s nimiž se potká Země na své oběžné dráze kolem Slunce, vnikají velkou rychlostí do vysokých vrstev atmosféry a v naprosté většině ve výšce 70 - 140 km shoří. Přitom za sebou zanechávají sloupec ionizované atmosféry. Ten působí jako vhodné medium, o které se může rozptýlit nebo odrážet radiová vlna. Ionizovaný sloupec existuje relativně krátkou dobu, ionty rekombinují, difundují, ionizovaný válec zředěného plynu se rozpíná a ionizace klesá na hodnotu, nepostačující k odrazu a dále až k nule. Koncentrace dostatečná k odrazu nebo k rozptýlu radiové vlny je proto časově omezená a jedná se o časy o délce řádově 1 s., ovšem jsou také případy, že ionizovaná stopa vydrží minutu i déle.

Meteory lze rozdělit na sporadické a meteory rojové.

Meteory sporadické

Dle pramenu [77] se Země na své dráze kolem Slunce pohybuje střední rychlostí $29,765 \text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$. Meteory v místě oběžné dráhy Země mohou mít nejrůznější rychlosti podle toho, jakou mají dráhu. Dráhová rychlost tělesa v ve sluneční soustavě je vázána s velkou poloosou jeho dráhy a a s okamžitou vzdáleností od Slunce r vztahem

$$v^2 = \frac{2}{r} - \frac{1}{a}$$

Vyjadřujeme-li r a a v astronomických jednotkách ($= 149,5 \cdot 10^6 \text{ km}$), vyjde v v jednotkách průměrné rychlosti Země ($= 29,765 \text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$). Heliocentrická rychlost jakéhokoliv tělesa, které prochází místem Země, kde $r = 1$, je tedy dána vztahem

$$v^2 = 2 - \frac{1}{a}$$

Pro převrácenou hodnotu velké poloosy máme tedy vztah

$$\frac{1}{a} = 2 - v^2$$

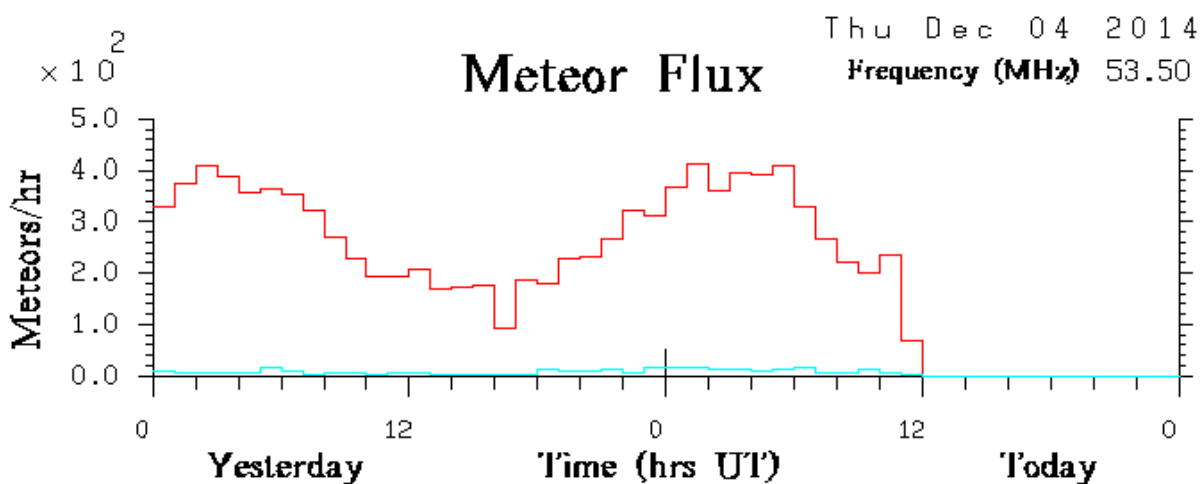
Z toho je možné vidět, že když $v^2 < 2$, je velká poloosa kladná a dráha je eliptická. Těleso, které se tedy pohybuje v blízkosti Země rychlostí menší než $42,1 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1} = 29,765 \cdot \sqrt{2}$, pohybuje se po elipse. Když se pohybuje právě rychlostí $42,1 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$, je jeho dráha parabola. Při ještě větší rychlosti se už pohybuje po hyperbole. Zjistíme-li, že meteorid měl při setkání se Zemí rychlost rovnou nebo větší nežli $42,1 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$, nepatřil již ke sluneční soustavě. Ve skutečnosti však meteorid do zemské atmosféry nevlétá heliocentrickou rychlostí. Jeho rychlost se skládá s rychlostí Země, takže meteor, který se pohybuje heliocentrickou rychlostí např. $40 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$, může mít geocentrickou rychlost přibližně mezi $11 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$ až $70 \text{ km} \cdot \text{s}^{-1}$, podle toho, ze kterého směru vzhledem k Zemi přilétá. Pro přesnost je třeba se zmínit, že výsledná geocentrická rychlost meteoridu nevzniká pouze sčítáním heliocentrické rychlosti Země a meteoru. Je nutno brát v úvahu i to, že meteorid v těsné blízkosti Země podléhá jejímu gravitačnímu působení. Jeho dráha se zakřivuje a rychlost se mění. Tyto změny jsou sice poměrně malé, ale přesto při výpočtech drah meteorů je nutno je brát v úvahu. Rychlost meteoru je mimoto nutno opravit o tzv. denní aberaci. Ta vzniká tím, že pozorovatel není ve středu Země, nýbrž na jejím povrchu, který se otáčí vlivem rotace Země, a rychlost meteoru se tedy skládá i s rotační rychlostí Země.

Nyní známe tedy zhruba škálu rychlostí, jakými vletují meteoridy do naší atmosféry. Jsou to rychlosti z pozemského hlediska neobyčejně vysoké, desítky km za vteřinu, takže i nadzvukové letadlo pohybující se rychlostí $2000 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ má rychlost přibližně o dva řády nižší. Ačkoli jsou hmotnosti meteorů, které na obloze zazáří tak jasně jako viditelné hvězdy, pouze desetiny až tisíce gramů, jsou jejich kinetické energie neobyčejně vysoké. Energie, kterou meteorid při vstupu do atmosféry má, se postupně přeměňuje v jiné formy energie - v tepelnou, světelnou a ionizační.

Denní variace sporadických meteorů

Jelikož se Země otáčí kolem své osy při své cestě kolem Slunce, mění se i směr jejího pohybu vesmírem vzhledem k místu, odkud pozorujeme. V šest hodin ráno (vždy místního času) letí zeměkoule kupředu místním poledníkem. Kdybychom stáli na rovníku, letíme směrem přímo vzhůru. V této době je proto četnost setkání s mimořádnými meteority nejvyšší. Naopak v osmnáct hodin letíme napřed protilehlou polokoulí, to znamená, že určité části meteoritů unikáme. V poledne se pohybujeme směrem západního obzoru a budou převládat meteority potkané ze západních směrů a celková četnost bude mít střední hodnotu stejně jako o půlnoci, kdy budou převládat směry z východu.

Četnost sporadických meteorů je poměrně nízká, alespoň těch, které lze vizuálně pozorovat. Jejich četnost je asi 3 - 5 meteorů /hod. Meteorický radiový spoj nicméně může využívat i meteory, který by byly pro vizuální pozorování příliš slabé. Denní variaci v počtu meteorických stop lze pozorovat na obrázku 27, který je výstupem z meteorického radaru SKIYMET.



Obrázek č. 27 – Denní variace sporadických meteorů [73]

Meteory rojové

Druhou skupinu tvoří meteory rojové. Na své oběžné dráze kolem Slunce, po ekliptice, Země prochází během roku celou řadou meteorických proudů. Meteorické proudy se obvykle nacházejí na orbitálních drahách komet, případně již dřívějších komet, které se již do dnešní doby třeba úplně rozpadly. Podle toho jak rovnoměrně jsou částice rozptýleny po eliptické dráze mateřské komety, může se projevat činnost meteorického roje jako pravidelná, tj. každoročně stejná, nebo proměnná, nepravidelná, s vyjádřenými maximy po několika letech. Hodinová frekvence při průchodu Země takovým proudem meteorů značně narůstá a dosahuje např. u nejčetnějšího roje prosincových Geminid četnosti asi 50 meteorů . hod⁻¹. Ovšem průchod Země takovouto oblastí trvá jen velmi krátkou dobu, řádově max. hodinu. Podle mohutnosti meteorického proudu, s kterým se kříží dráha Země, může být meteorický roj různě dlouho v činnosti. Ve většině případů se činnost meteorického roje pohybuje v rozmezí několika málo dní, např. ± 3 dny kolem data, na něž je ohlášeno maximum roje. Odchyly jsou na obě strany, tak např. celkem spolehlivý meteorický roj (lednové) Kvadrantidy mají délku trvání přibližně ± 8 hod. Na druhé straně např. letní roje Perseidy a Arietidy mají dobu aktivity přibližně ± 15 dní.

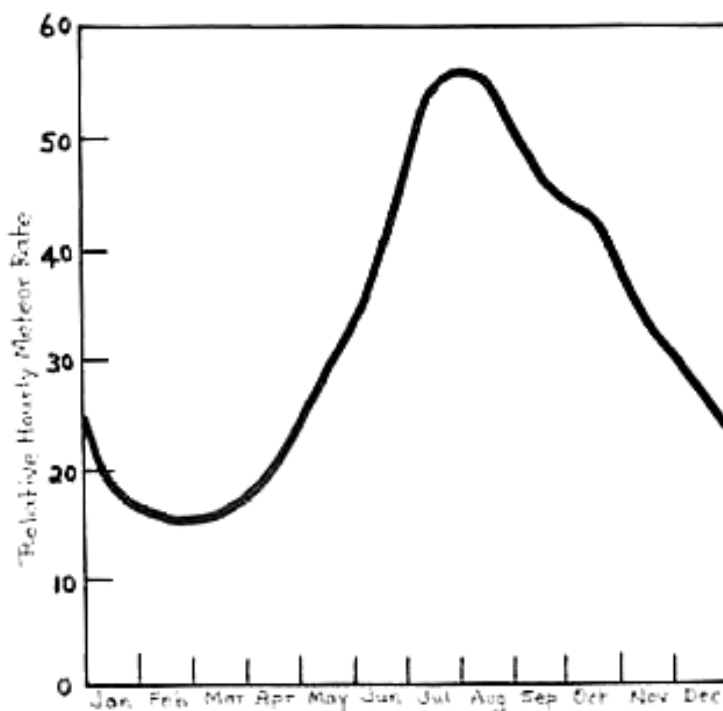
Název roje	Datum maxima	Souhvězdí	Maximální frekvence (meteorů za hodinu - ZHR)	Mateřské těleso
Kvadrantidy	3. ledna	Pastýř	100	Kometa 96P/Machholz 1
Lyridy	22. dubna	Lyra	20	kometa Tchatcher (1861 I)
η Aquarids	4. května	Vodnář	50	Kometa 1P/Halley
δ Aquarids	1 – 5. srpna	Vodnář	20	Kometa Machholz 1
Perseidy	12. srpna	Perseus	100	Kometa 109P/Swift-Tuttle
Drakonidy	10. října	Drak	proměnlivá	21P/Giacobini-Zinner
Orionidy	21. října	Orion	25	Kometa 1P/Halley
Tauridy	5 – 10. listopadu	Býk	20	Kometa Encke
Leonidy	18. listopadu	Lev	25 – proměnlivá	Kometa 55P/Tempel-Tuttle
Geminids	14. prosince	Blíženci	120	PLanteka (3200) Phaeton
Ursidy	23. prosince	Malý Medvěd	až 50 proměnlivá	Kometa Tuttle

Tabulka 3 [30] - Nejmhutnější meteorické roje během roku

U meteorických rojů je důležitý pojem zvaný radiant roje. Meteory v meteorickém proudu se pohybují po drahách navzájem rovnoběžných a tak také zasahují zemskou horní atmosféru. Pozorovateli, stojícímu na zemském povrchu se pak v důsledku perspektivy zdá, jakoby všechny meteory vyletovaly z jediného místa na obloze. Je to zcela analogické tomu, jak se nám jeví následkem perspektivy kolejiště na velkém nádraží. Koleje, které jsou navzájem rovnoběžné, se nám zdánlivě sbíhají na obzoru v jediném bodu, v úběžníku. A právě tento bod, do něž se nám protínají všechny stopy nebo jejich prodloužení na obloze, se nazývá radiant roje.

Poloha radiantu na hvězdném pozadí se nemění, denní posuv je zcela zanedbatelný a z toho důvodu radianty jednotlivých meteorických rojů se nazývají podle souhvězdí, v jejichž blízkosti se nacházejí. A odtud jsou potom pojmenovány jednotlivé meteorické roje jako Kvadrantidy, Orionidy, Geminidy, Perseidy atd. Jediný pohyb, který radiant na obloze vykazuje, je zdánlivý pohyb, způsobený rotací Země. To znamená, že radiant v jistou dobu vychází, v jistou dobu vrcholí a v jistou dobu zapadá. Jsou ovšem také některé radianty těch souhvězdí, které jsou cirkumpolární, tj. nikdy nezapadají, které jsou potom nad obzorem v kteroukoliv denní či noční dobu. Znalost polohy radiantu je pro modul návrh MS spojení velmi

důležitá. Spojení lze nejnázne uskutečnit tehdy, je-li radiant ve výši 30 - 60° nad obzorem a je-li jeho azimut kolmý na směr trasy, tj. spojnicí mezi stanicemi.



Obrázek č. 28 – Roční variace meteorů [74]

K uskutečnění spojení lze pochopitelně použít obou druhů meteorů, jak meteorů sporadických, tak meteorů rojových. Samozřejmě při průchodu meteorickým proudem, tzn. v době činnosti meteorického roje je pravděpodobnost úspěšného přenosu dat daleko vyšší než při užití pouhých sporadických meteorů, ale to neznamená, že i v čase zcela mimo tato období není možné spojení uskutečnit, jen může přenos dat trvat poněkud déle - v extrémním případě i desítky minut, přesto je však tento druh komunikace poměrně spolehlivý, protože je nezávislý na poloze komunikujících stanic na povrchu Země a ostatních pozemských vlivech, jako je např. počasí.

Fyzikální podstata vzniku zionizované meteorické stopy

Meteority, ať již sporadické, nebo přilétající v rojích rychlostí 10 – 80 km/s zasáhnou atmosféru a svou kinetickou energií ionizují vzduch ve výšce vrstvu E (okolo 100km). Takováto ionizovaná stopa může být dlouhá desítky kilometrů, zpočátku asi o průměru 0,7 m, ale rychle se rozepínající a rozptylující. Ionizovaná stopa (plazma) a ionizovaný kužel okolo hlavy meteoritu jsou schopny odrážet, nebo rozptylovat (back nebo forward scatter) radiový signál až do cca 1 GHz. Hustota a délka ionizace může způsobit různé druhy rozptylu, nebo odrazu radiového signálu.

Dle pramene [77], [80] lze typy radarových ozvěn (meteorických stop) rozlišit na 3 základní druhy - nasycené, nenasycené a čelní odrazy. Pro přenos dat je nejdůležitější ozvěny nenasycené. Jestli dojde k vzniku nasycené nebo nenasycené ozvěny je přímo závislé na hustotě elektronů ve stopě a vlnové délce dopadající elektromagnetické vlny. Dielektrická konstanta K ionizovaného plynu závisí na počtu elektronů v jednotkovém objemu m^3 a na frekvenci podle vzorce:

$$\kappa = 1 - \frac{N\lambda^2}{\pi} r_e \simeq 1 - 81 \frac{N}{f^2},$$

Kde λ je vlnová délka elektromagnetické vlny, f je frekvence elektromagnetické vlny v Hz a r_e je poloměr elektronu $r_e = e^2 / (e_0 m_0 c^2) = 2,8 \cdot 10^{-15} m$.

Nenasycené stopy (underdense)

Typ stopy (ozvěny) se nazývá nenasyceným, pokud je $K > 0$, což znamená, že radiové vlny se na meteorické vlně rozptylují. Na běžně používaných frekvencích pro systémy využívajících meteor-scatter (40 – 50 MHz) dochází k vzniku nenasycené ozvěny dokonce tehdy, pokud je podélná hustota elektronů nižší než $10^{14} m^{-1}$. V tomto případě každý elektron rozptyluje příchozí vlny nezávisle a signál přijatý stanicí je součtem příspěvků všech volných elektronů [81].

Přijatý výkon při šíření signálu na nenasycených meteorických stopách lze určit podle následující rovnice [71]:

$$\Delta P_R = \frac{P_T G_T}{4\pi R^2} \cdot \frac{\sigma_{eff}}{4\pi R^2} \cdot \frac{G_R \lambda^2}{4\pi} = \frac{P_T G_T G_R \lambda^2 \sigma_{eff}}{64\pi^3 R^4}$$

Kde

P_T = přenášený výkon ve wattech

G_T = zisk antény vysílače v dBi

G_R = zisk antény přijímače v dBi

σ_{eff} = průřez elektronu, $4\pi r_e \approx 1 \cdot 10^{-28} m^2$

R = vzdálenost přijímače a vysílače od meteorické stopy

$\frac{P_T G_T}{4\pi R^2}$ = výkonový tok ($W/2$) dopadající vlny ve vzdálenosti R

$\frac{\sigma_{eff}}{4\pi R^2}$ = část rozptýleného výkonu přítomného v přijímači

$\frac{G_R \lambda^2}{4\pi}$ = efektivní absorční plocha antény přijímače

Pro shrnutí příspěvků od všech dosažitelných elektronů, je stopa aproximována podélnou hustotou q elektronů na metr dráhy. Při zohlednění sčítání vln je třeba dbát na rozdíly ve fázi mezi příspěvky z různých částí stopy. Z tohoto důvodu je nutné provést integraci po celé délce stopy spíše s amplitudou vektorového pole, než s výkonovým tokem. Fáze přijaté vlny z různých částí stopy v čase t závisí na velikosti R (vzdálenost vlny $2R$) jako $\sin(2\pi(f t_1 - 2R/\lambda))$. Velikost amplitudy je vzhledem k rozptylu jednoho elektronu $(2r \Delta P_R)^{1/2}$, kde r je impedance vstupu přijímače (zpravidla 50Ω). Celkové pole přijaté díky rozptylu všech elektronů mezi dvěma libovolnými body s_1 a s podél stopy může být vyjádřeno jako:

$$E = (2r \Delta P_R)^{1/2} \cdot \int_{s_1}^s q \sin\left(2\pi\left(ft_1 - \frac{2R}{\lambda}\right)\right) ds$$

Pro vypočtení tohoto integrálu platí dva předpoklady: q je považováno za konstantní podél celé stopy a R je aproximován podle $R \approx R_0 + s^2 / 2 R_0$, což je zobrazeno i na obrázku 29. Předchozí rovnici lze na základě těchto předpokladů rozložit zavedením dvou rozdílných transformací $\chi = 2\pi(ft - 2R_0/\lambda)$ a $2s = x(R_0\lambda)^{1/2}$. Pokud z vnitřku integrálu odstraníme proměnné, které jsou konstantní po celé délce stopy, dostaneme:

$$E = \frac{(2r \Delta P_R R_0 \lambda)^{1/2}}{2} \cdot q \cdot \int_{x_1}^x \sin\left(\chi - \frac{\pi x^2}{2}\right) dx$$

Což lze za pomoci trigonometrie převést do tvaru [80], [82]:

$$\sin\left(\chi - \frac{\pi x^2}{2}\right) = \sin \chi \cdot \cos \frac{\pi x^2}{2} - \cos \chi \cdot \sin \frac{\pi x^2}{2}$$

A Fresnelovy integrály [80]:

$$C = \int_{x_1}^x \cos \frac{\pi x^2}{2} dx \quad \text{a} \quad S = \int_{x_1}^x \sin \frac{\pi x^2}{2} dx$$

převést do tvaru:

$$E = \frac{(2r \Delta P_R R_0 \lambda)^{1/2}}{2} \cdot q \cdot (C \sin \chi - S \cos \chi)$$

Fresnelovy integrály se liší mnohem méně s časem než s radiovou frekvencí (f) a s parametrem χ . Vyjádření $C \sin \chi - S \cos \chi$ může být zapsáno jako $-\sqrt{C^2 + S^2} \cdot \cos(\chi - \arctan(C/S))$ a okamžitý přijatý výkon P_R přijatý od všech elektronů ve stopě je potom brán jako časový průměr na intervalu, který je krátký ve srovnání s periodou fluktuace Fresnelových integrálů. P_R je pak možné určit podle vzorce:

$$P_R = \frac{E^2}{2r} = \frac{\Delta P_R R_0 \lambda}{2} \left(\frac{C^2 + S^2}{2} \right) q^2$$

Použitím definice výkonu ΔP_R přijatého vzhled k rozptylu jednoho elektronu v předchozích rovnicích je výsledkem rovnice [80]:

$$P_R = \frac{P_T G_T G_R \lambda^3 \sigma_{eff}}{128 \pi^3 R_0^3} \left(\frac{C^2 + S^2}{2} \right) q^2$$

$$\simeq 2.5 \cdot 10^{-32} P_T G_T G_R \left(\frac{\lambda}{R_0} \right)^3 \left(\frac{C^2 + S^2}{2} \right) q^2$$

Výrazy v závorkách této rovnice mohou být odvozeny z Eulerovy spirály (klotoidy), která se často používá v difrakční optice, kde je vyšetřována v oboru *s náleží intervalu* $(-\infty, \infty)$. Na obrázku 29 je meteorická stopa rozdělena na bílé a černé pruhy, které odpovídají Fresnelovým zónám. Fáze rozptýlené vlnoplochy v přijímači se mění na každou část zóny méně než $\pm \pi/2$. Přijímané echo dosáhne maximální síly, když meteorid mine první zónu. Síla oscilací se pak mění na základě jednotlivých minim a maxim fází Fresnelových zón. Tato je zřejmé podle tabulek Fresnelových integrálů C a S a je to uvedeno v každé knize, která se věnuje základům optiky [82].

Jeden způsob jak určit rychlost (V) meteoroidu je měřit čas $\Delta \tau_{mn}$ mezi m th a n th cykly oscilací popsaných výše podle vzorce [82]

$$V = \sqrt{R_0 \lambda} \frac{\sqrt{n} - \sqrt{m}}{\Delta \tau_{mn}}$$

Dalším způsobem, jak odhadnout rychlost meteoroidu na základě nenasycené ozvěny je změřit čas τ_r potřebný k dosažení maximální amplitudy podle vzorce

$$V \simeq \frac{e}{2} \cdot \frac{\sqrt{R_0 \lambda}}{2 t_r}$$

stopy. Zóny, kde jsou meteory jsou detekovatelné je proto omezena nahoru. Nejvyšší úroveň se obvykle nazývá strop nenasycených ozvěn. Výška této hranice klesá se zvyšováním použité frekvence. Rychlost difúze meteorických iontů a elektronů po počátečním poloměru je určena ambipolární difúzním koeficientem D_a , který lze určit podle rovnice:

$$D_a \simeq 10^{0.067H-5.6} \text{ m}^2/\text{s}$$

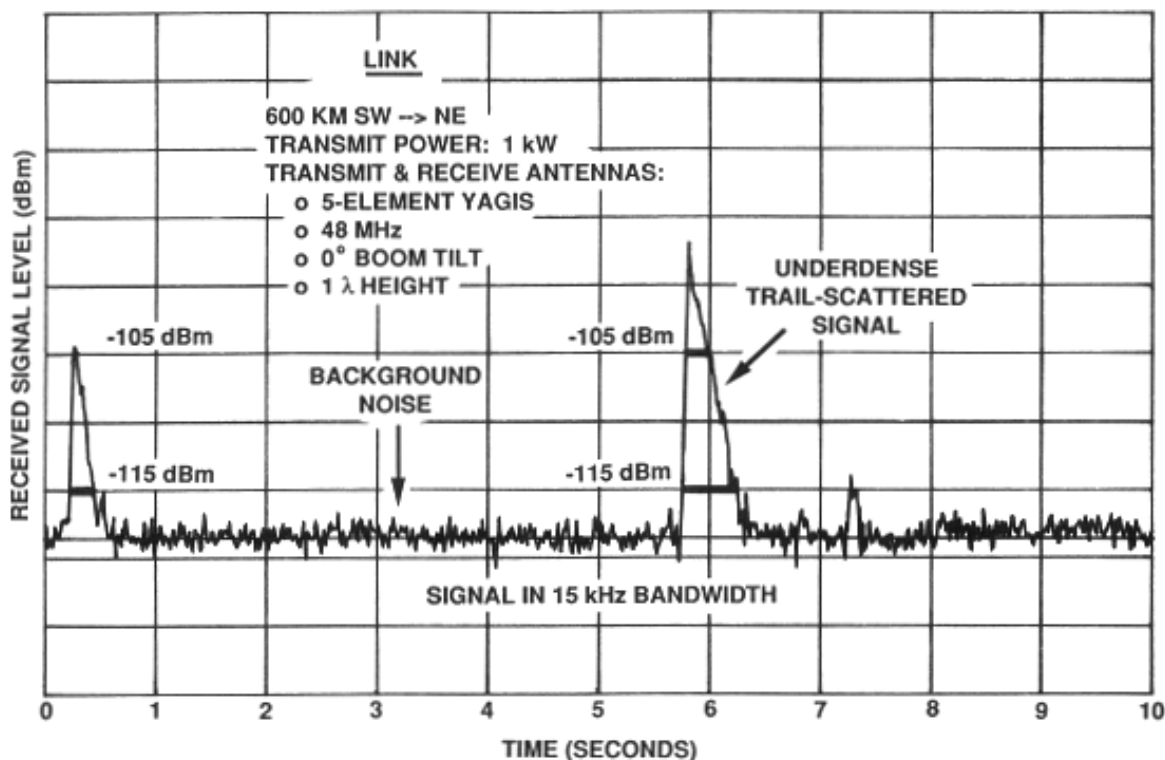
Hodnotou H je myšlena výška meteorické stopy využitelná k rozptylu a odrazu signálu a který se pohybuje mezi 80 až 120 km. Poloměr (r) meteorické stopy roste s časem t podle rovnice

$$r = \sqrt{r_0^2 + 4D_a t}$$

Výraz pro P_R v předchozích rovnicích získaný za předpokladu podélné hustoty elektronů je utlumen konečným poloměrem. Pro odvození výrazu pro útlum je tak možné stopu považovat za válec s částmi o různé hustotě elektronů. Pokud budeme integrovat přes část odrazné plochy stopy, bylo zjištěno, že přijatý výkon klesá exponenciálně s časem podle rovnice

$$P_{att}(t) = P_R \cdot e^{-(8\pi^2 r^2 / \lambda^2)} = P_R \cdot e^{-(8\pi^2 r_0^2 / \lambda^2)} \cdot e^{-(32\pi^2 D_a t / \lambda^2)}$$

První exponenciální část v této rovnici $e^{-(8\pi^2 r_0^2 / \lambda^2)}$ popisuje pokles v důsledku počátečního poloměru ve srovnání podélnou hustotou elektronů. Druhý faktor $e^{-(32\pi^2 D_a t / \lambda^2)}$ představuje pokles amplitudy ozvěny s časem. Doba poklesu amplitudy meteorických ozvěn je systematicky používána k určení ambipolárního difúzního koeficientu v atmosféře (při ambipolární difúzi je hustota toku elektronů shodná s hustotou toku kladných iontů a shodné jsou i jejich driftové rychlosti). Na obrázku 29 je znázorněno, jak by vypadal pokles přijatého výkonu bez efektu započítání efektu difúze. V případě skutečné ozvěny klesá výkon exponenciálně s časem v důsledku ambipolární difúze. Příklad nenasycené ozvěny je uveden na obrázku 30.



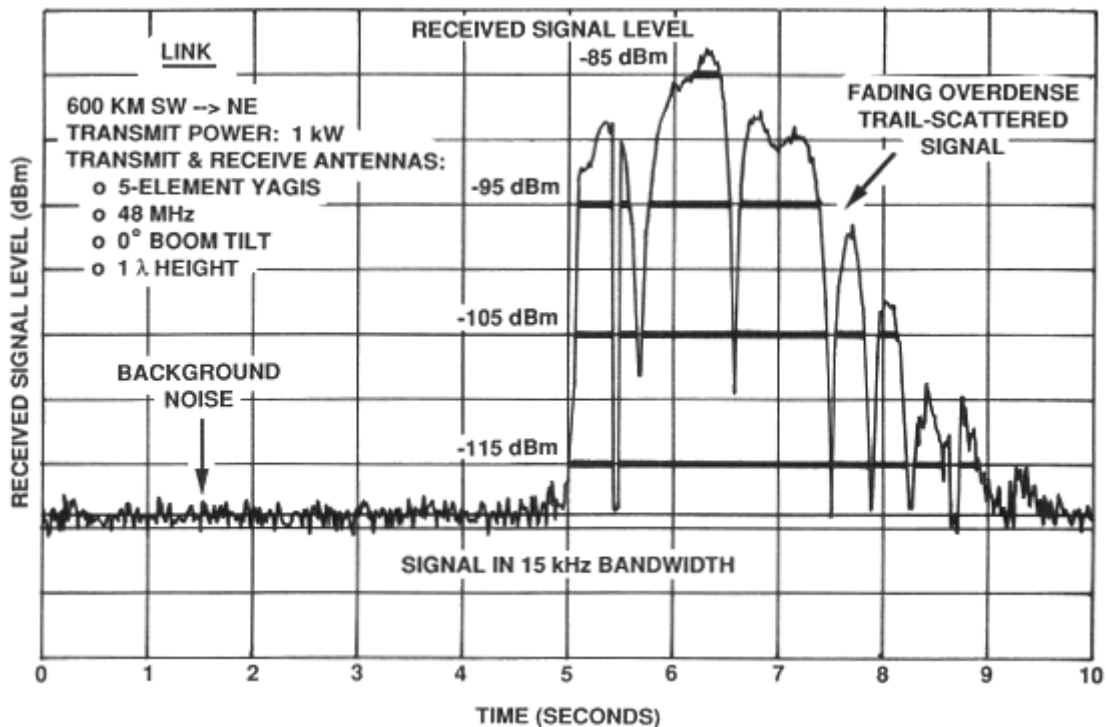
Obrázek č. 30 – Nenasycená ozvěna [83]

Zánik meteorické stopy není ovlivněn pouze difúzí. Délka velmi dlouhých odrazů je ovlivněna rekombinačním procesem kladných iontů a přimknutí elektronů k neutrálním atomům či molekulám, jedná se o efekty, které jsou, v případě krátkotrvajících ozvěn zanedbatelné. Jedním z dalších faktorů, které ovlivňují dlouhotrvající stopy, jsou turbulence díky mezoférickým stříhovým větrům.

Ozvěny od nasycené stopy (overdense)

Tento typ odrazů nastává podstatně méně často, než je to mu u nenasycených odrazů. U těchto stop je hustota elektronů větší - nadkritická (při $\lambda = 6 \text{ m}$ je hustota elektronů 10^{14} m^{-3}). Elektronová hustota plazmy je tak velká, že tento druh stopy odráží rozptýlenou radiovou vlnu stejným způsobem, jako by se vlna odrážela od kovového sloupce.

Tyto ozvěny mají delší dobu trvání, náběh amplitudy je ve srovnání s nenasycenou ozvěnou pomalý a pokles po dosažení maximální amplitudy je exponenciální z důvodu poklesu hustoty elektronů, což mění typ nasycené ozvěny na ozvěnu nenasycenou, jak lze názorně vidět na obrázku 31.



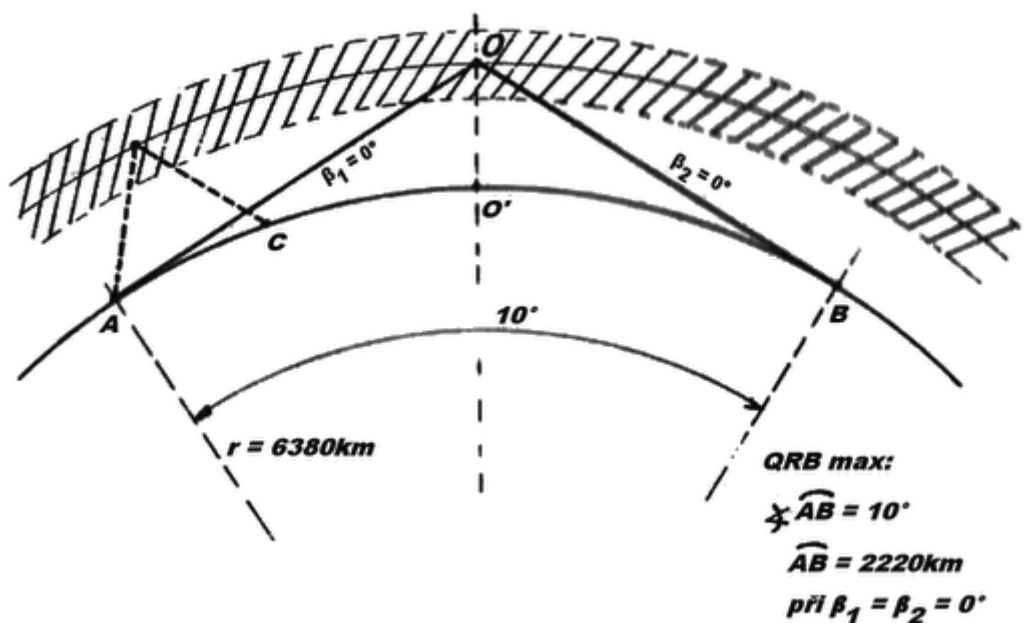
Obrázek č. 31 - Nasycená ozvěna [83]

Čelní ozvěny (head echo)

Specifický typem meteorických rádiových ozvěn jsou čelní ozvěny. Jedná se patrně o rozptyl a odraz od zionizované plazmy, která se rychle tvoří před tělem meteoritu. Tento druh ozvěn se vyznačuje vysokým dopplerovským posuvem, který činí tento druh ozvěn pro přenos dat zcela nevhodným. Tyto ozvěny trvají jen krátce v řádu 100 ms a nejsou ještě zcela probádané. Výhoda těchto stop je zejména pro měření četností poloh denních radiantů v meteorické radioastronomii, jelikož jejich intenzita z důvodů vysoké lokální ionizace umožňuje jejich pozorování až po frekvence kolem 1 GHz.

Dosah meteorického spoje

Názornou představu o geometrii odrazu a z něho i plynoucí dosah nám dává obr. 32. Rádiová vlna, vyslaná např. ze stanice A pod nulovým elevačním úhlem, tj. tečně, rovnoběžně se zemským povrchem dosáhne bodu ve výšce, řekněme 100 km, tj. bodu 0, odkud se odráží nebo rozptyluje dále ke stanici B. Lze celkem snadno vypočítat, že terestriální, tj. pozemní vzdálenost mezi stanicí A a středním bodem trasy, tzn. do bodu 0' při výšce bodu 0, tzn. středu odrazné vrstvy 100 km je přibližně 5° . Znamená to, že největší možná vzdálenost, tj. když oba anténní svazky jak u stanice A, tak u stanice B jsou skloněny pod nulovým elevačním úhlem, dosahuje úhlově 10° a poněvadž $1^\circ = 111,3$ km, max. teoretická vzdálenost, překlenutá meteorickým spojem při odrazu ve výšce 100 km je zhruba 2220 km.



Obrázek č. 32 - Dosah meteorického spoje [97]

Všeobecně se udává, že MS spoj je vhodný pro vzdálenosti zhruba 800 - 2300 km. U vzdáleností menších než 800 km, je potřebný elevační úhel antény, větší než 45° a pod tímto úhlem obvykle užívané antény, umístěné vodorovně, již prakticky nevyzařují a také pod ním nepřijímají. Jistou pomoc při spojení na velmi krátkou vzdálenost skýtá sklonění antén ve směru optimálního elevačního úhlu, tj. zmíněných 45°, ale i v tomto případě je spojení obtížnější než spojení třeba na vzdálenost 1500 km. Je to způsobeno tím, že anténami ozářená společná oblast je při krátké vzdálenosti podstatně menší než při spojení na vzdálenosti kolem 1000 - 1500 km. Je zřejmé, že použijeme-li stejných antén je při spojení na krátkou vzdálenost ozářená oblast podstatě menší. Znamená to tedy, že je také menší pravděpodobnost, že meteor zasáhne právě tuto účinnou oblast a z toho tedy vyplývá, že si signály při spojení na krátkou vzdálenost budou méně časté než při větších vzdálenostech. Na druhé straně z toho také vyplývá, že pro spojení na krátkou vzdálenost jsou vhodnější antény se širšími vyzařovacími diagramy. Naopak pro maximální vzdálenosti je žádoucí vysílat co nejužší svazek ve vertikální rovině.

Pro pozemní vzdálenost mezi stanicemi ve stupních platí:

$$\cos d = \sin \varphi_1 \sin \varphi_2 + \cos \varphi_1 \cos \varphi_2 \cos (\lambda_1 - \lambda_2)$$

kde

d - vzdálenost ve stupních

φ_1 - zeměpisná šířka vlastní

φ_2 - zeměpisná šířka protistanice

λ_1 - zeměpisná délka vlastní

λ_2 - zeměpisná délka protistanice

Azimut trasy, tj. směr spojnice stanic vůči zeměpisnému severu je určen:

$$\sin a = \cos \varphi_2 \sin (\lambda_1 - \lambda_2) / \sin d$$

kde

a - azimut je ve stupních

φ_2 - zeměpisná šířka protistanice

$\lambda_{1,2}$ - zeměpisná délka vlastní a protistanice

d - vzdálenost ve stupních

Při výpočtu vzdálenosti, když vypočítáme vzdálenost ve stupních, získáme skutečnou vzdálenost vynásobením tak, že $1^\circ = 11,3$ km, případně $1' = 1,855$ km pro naše zeměpisné šířky.

Požadavky na komunikační zařízení

Na závěr stati o MS bude vhodné shrnout stručně požadavky na zařízení. Výkon vysílače má být co největší (stovky W vyzářeného výkonu) a to zejména tehdy, usilujeme-li o spolehlivé spojení na velké vzdálenosti, tj. kolem 2000 km. Při práci na kratší vzdálenosti postačí k úspěšnému provozu výkon řádu desítek W. Přijímač musí být samozřejmě citlivý, aby zachytil i slabé odrazy a je dobré, aby šumové číslo bylo menší než 2dB, což je požadavek snadno splnitelný. Protože není možné predikovat polohu lodi vůči přijímacímu stanovišti, je pro tento druh komunikace vhodná všesměrová anténa, pokud možno s hlavním vyzařovacím lalokem (v souladu s předchozími závěry) zvednutým cca o 20° vzhůru.

K úspěšnému provozu je rovněž vhodná dobrá poloha stanoviště antény, ideálně na nejvyšším bodě kontejnerové lodi.

Modulace – rychlost přenosu

Moderními druhy modulace speciálně navržené Joseph Hooton Taylorem (2001) [84] pro přenos dat v blízkosti pásma 50 MHz jsou:

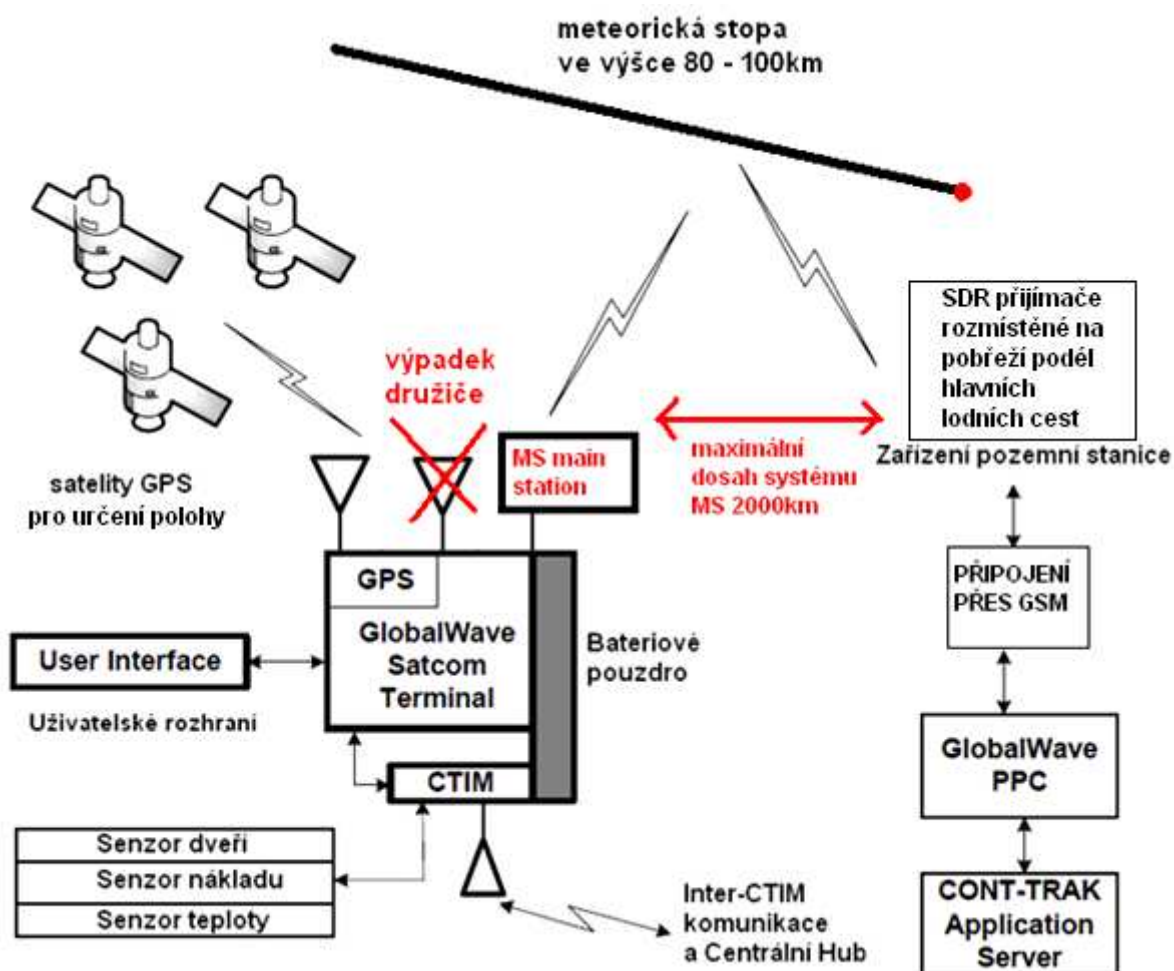
JTMS - Používá typ FSK "minimum-shift keying"(MSK) (MSK) při 1378,125 Baud, s přenosovou rychlostí znaku 197 cps (znaků / s), šířka pásma 1378 Hz

FSK441 – Systém navržený pro MS v pásmu 50 MHz. Používá 4 tón klíčování frekvenčním posuvem (4-FSK) při 441 Bd, charakter přenosové rychlosti 147 cps, šířka pásma 1764Hz

ISCAT 2 Systém navržený pro MS v pásmu 50 MHz. Používá 42-FSK 43.07 Baud, charakter přenosové rychlosti 32,3 CPS, šířka pásma 1809 Hz

JT6M - Systém navržený pro MS v pásmu 50 MHz. Používá 44-FSK na 21,53 Baud, charakter přenosové rychlosti 14,4 cps, šířka pásma 947 Hz

4.4 Popis navrhovaného systému „MS“

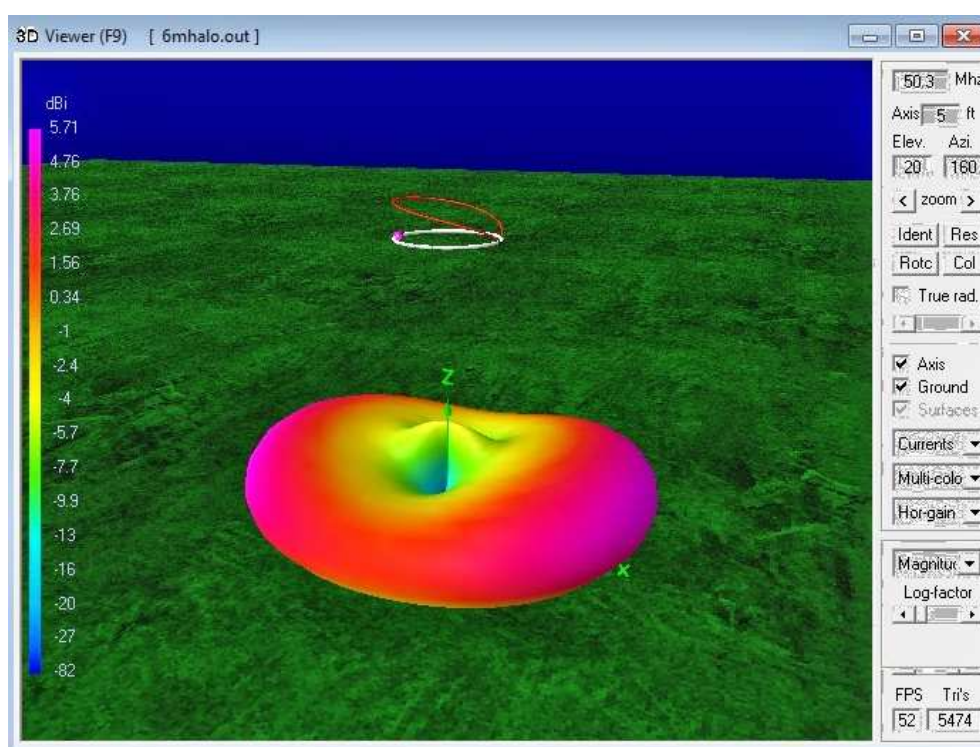


Obrázek č. 33 - Navrhovaný systém MS pro záložní přenos dat

Po zvážení zjištěných faktů v předcházejících stranách své diplomové práce jsem rozhodl navrhnout systém pro posílání dat o poloze a datech následujícím způsobem:

Systém MS (pojmenovaný podle druhu šíření Meteor Scatter), který navrhuji, by měl využívat předností již zavedeného systému ESO Cont-Trak, jenž by mohl být doplněn záložní komunikační jednotkou. Pokud systém Cont-Trak ztratí spojení s družicovou sítí IsatDataPro, přejde na záložní systém MS. Hlavní stanice MS by byla pouze jedna umístěná na kontejnerové lodi na pokud možno vyvýšeném místě a obsahovala by vysílač pracující v pásmu 49 MHz, ve kterém jsou světově pro tento způsob přenosu telemetrických dat

alokovány koordinované radiové kanály. Systém by musel být připojen do napájecí sítě lodi z důvodů využívání většího vysílaného výkonu. Při šířce jednoho kanálu 20 kHz a za použití modulace ISCAT2 je v případě výskytu odrazného média – meteorické stopy - maximální rychlost 476 bitů za sekundu. Modulace ISCAT2 má oproti například rychlejší modulaci JTMS výhodu lepšího přenosu dat při kombinaci signálu šířícího se troposférou se signálem přijímaným pomocí odrazu od meteorických stop. Lze tak využít i přenos dat na kratší vzdálenosti, než 500 km, při kterých již vzhledem k šířce anténního systému systém MS jinak ztrácí účinnost.



Obrázek č. 34 – Vyzařovací charakteristika antény typu HALO

Výkon vysílače bych koncipoval na výkon 27 dBW tedy 500W. Vzhledem k drsnému mořskému prostředí nelze uvažovat o úzce směrovém anténním systému, který by se dotácel vzhledem k pobřeží. Na druhou stranu všesměrová anténa typu Ground Plane také není vhodná, protože má nízký zisk a všesměrovou charakteristiku. Z těchto důvodů jsem se rozhodl zvolit anténu typu „HALO“, který má všesměrový diagram v horizontální rovině. Pro potlačení vertikální složky a zvýšení výkonu antény o 2,5 dB bych uvažoval o sloučení těchto dvou antén při vertikálním řazením. Vyzařovací diagram této antény je zobrazen na obrázku 33 a jedná se o výstup ze softwaru 4nec2, který se pro modelování antén využívá [75]. Zisk uvažované jedné antény HALO ve volném prostoru je kolem 5 dBi.



Obrázek č. 35 – Praktická realizace antény typu HALO [96]

Anténa se skládá z kruhu v jednom místě přerušeným s mezerou velkou 100mm (zde se pro lepší stabilitu umísťuje fixovací spoj z vhodného dielektrika, např. teflonu), pro navrhovaný systém MS má tyto rozměry: průměr vnější tyče 2780mm o tloušťce vodiče 12 mm. Vnitřní přizpůsobovací člen typu gamma-match je vzdálen od vnějšího kruhu o vzdálenost 40mm, je dlouhý 360 mm a má tloušťku rovněž 12 mm. Anténa má po transformaci impedanci 50 mm, Vzdálenost dvou antén při vertikálním řazení vychází 3,8 m.

Zesilovač pro výkon 500 W pracující v pásmu 49 MHz lze zakoupit u řady firem. Vlastní vysílač lze koncipovat na systému SDR – Softwarově definovaného rádiu, které by bylo připojené k jednoduchému počítači a jednotce umožňující bezdrátovou komunikaci s částmi systému Contr-Trak.

Ucelený systém není v praxi pro navrhovaný účel zatím dle dostupných informací používán, ale autor této práce na základě své praxe a provedených průzkumů na trhu věří, že cena vysílací jednotky by se mohla pohybovat v řádu 3000 Euro s možným snížením ceny v případě sériové výroby. Pro větší stabilitu těchto volném prostoru je kolem 5 dBi. Anténa se skládá z kruhu v jednom místě přerušeným s mezerou velkou 100 mm (zde se pro lepší stabilitu umísťuje fixovací spoj z teflonu), pro navrhovaný systém MS má tyto rozměry: průměr vnější tyče 2780mm o tloušťce drátu 12 mm. Vnitřní přizpůsobovací člen typu gamma-match je vzdálen od vnějšího kruhu o vzdálenost 40mm, je dlouhý 360mm a má tloušťku drátu 12mm. Anténa má po transformaci impedanci 50 mm, Vzdálenost dvou antén při vertikálním řazení vychází 3,8m.

Zesilovač pro výkon 500 W pracující v pásmu 49 MHz lze zakoupit u řady firem. Vlastní vysílač lze koncipovat na systému SDR – Softwarově definovaného rádiu, které by bylo připojené k jednoduchému počítači a jednotce umožňující bezdrátovou komunikaci s částmi systému Contr-Trak. Ucelený systém není v praxi pro navrhovaný účel používán, ale autor této práce na základě své praxe a provedených průzkumů na trhu věří, že cena této jednotky by se mohla pohybovat v řádu do 2000 Euro s možným snížením ceny v případě sériové výroby.

Popis přijímací stanice systému MS

Systém MS bych koncipoval jako systém pracující na principu datového broadcastu, tedy jednosměrného radiového přenosu základních dat o poloze a stavu nákladu z paluby kontejnerové lodě do přijímacích stanic, které by byly umístěny pro snadnou obsluhu podél pobřeží rozestupu po 1500 km. Pro názornost v případě plavby z jednoho z největších světových přístavů v Singapuru do největšího evropského přístavu v Rotterdamu je potřeba po moři překonat vzdálenost kolem 16 000 km. Tuto plavební trasu by dokázalo monitorovat 11 přijímacích jednotek. Každá přijímací jednotka by se skládala z jedné HALO antény. Jelikož tato jednotka data pouze v pásmu 49 MHz přijímá, nemusí provozovatel řešit žádné speciální povolení. Data by se z přijímací jednotky posílaly do centrálního serveru prostřednictvím datového přenosu s využitím místní sítě GSM. Výhodou takto koncipovaných přijímacích stanic je velmi nízká pořizovací cena v řádu do 150 Euro, levná a spolehlivá technologie, která pro svůj provoz nepotřebuje žádné lokální povolení. Přijímač by byl koncipovaný na principu SDR a velikost této jednotky bez antény by byla velikosti notebooku, takže by nebyl problém s jejím umístěním.

Při umístění těchto jednotek na Azorských, Kapverdských a Bermudských ostrovech by systém mohl jednoduše pokrývat rovněž podstatnou část nákladních plavebních cest mezi Evropou a USA.

Provoz systému během nouzového stavu

Objem přenášených dat a jejich strukturu nelze jednoduše určit bez ověření v rámci pilotního projektu, nicméně vzhledem k nízké přenosové rychlosti by jistě nebylo účelné monitorovat veškeré kontejnery, ale pouze kontejnery s nebezpečným nákladem a jejich závažné změny. Při umístění sledovaných kontejnerů s nebezpečným nákladem například není nutné přenášet zvlášť polohu každého kontejneru, ale jen polohu lodi a u jednotlivých kontejnerů stačí přenášet jejich kódovou adresu, kód nebezpečné látky a stavové údaje, jako je teplota, poloha nákladu, případně alarmové signály.

V případě veškerého výpadku družicové komunikace, kterou by například bylo i zničení systému GPS, Galileo, atd. v případě velké přírodní katastrofy by bylo dobré zvážit, jestli by navrhovaný systém MS na palubě kontejnerové lodi neměl mít sekundární navigační systém na principu gyroskopu. Tento systém by monitoroval změnu pohybu tankeru od poslední určené polohy na základě systému GPS a na základě měření rychlosti lodi by extrapoloval aktuální předpokládanou polohu.

Systémy pracující na principu přenosu dat prostřednictvím meteorických stop

V USA tyto systémy pracují již od poloviny 50. let. Příkladem je systém SNOTEL na Aljašce pro monitorování meteorologických dat, různé systémy Americké armády, systém pro monitoring amerického vládního úřadu FEMA, monitorovací síť kontejnerové silniční přepravy v USA na středozápadě a monitorování stavu ropných potrubí.

Výzkum šíření zpráv prostřednictvím rozptylu a odrazu radiových vln na meteorických stopách začal již v období po druhé světové válce. Jelikož ale v té době nebyly k dispozici tranzistorové mikropočítače a cena hardwaru byla vysoká, systém přenosu zpráv využívajících meteory se nezdál být praktický vzhledem k nízké rychlosti přenosu. Velký rozmach proto nastal až na začátku 80. let.

První pokusný systém se jmenoval JANET a byl v 50. letech nainstalován mezi americkým přístavem Port Artur a kanadským Torontem. Na začátku 70. let byl uveden do provozu na Aljašce systém SNOTEL (SNOWPACL Telemetry System) , který sbíral data z meteorostanic z odlehlých a těžce dostupných oblastí. Systém SNOTEL obsahoval malé transceivery napájené bateriemi a instalované v meteorologických stanicích, které byly na místo určení vysazovány pomocí helikoptéry. Tento systém zasílal data ohledně aktuální teploty, vlhkosti a rychlosti větru.

V roce 1980 vrchní velení amerického letectva zřídilo nové systémy velení na letecké základně Emendorf AFB. Armáda totiž systém MS vyhodnotila jako velice vhodný v případě vypuknutí války, jelikož satelitní komunikace mohla být rušena a hrozilo, že Sovětský svaz dokáže americké vojenské družice sestřelit. Jejich systém využívající meteorických stop vysílal v pásmu 40 - 50 MHz s vyzářeným výkonem 5kW. Přenosová rychlost byla 8kb/s, takže při krátkém odrazu o délce 180 ms mohlo být přeneseno až 6 zpráv. Průměrná doba čekání na meteorický odraz byla 0,03 s. Při snížení výkonu z 5 kW na 500 W doba čekání na jeden odraz byla snížena na z 0,03 s na 6 s. Systém byl nainstalován pro komunikaci s radarovými stanicemi velkého dosahu, které monitorovaly případný start sovětských raket. Systém byl uveden do provozu jako half-duplexní přenos v roce 1985. Systém byl postavený tak, že v případě výpadku družicové komunikace mohly být přenášeny zprávy pro posádky

letadel prostřednictvím meteorických stop ve formě textu, který mohl být v případě nutnosti počítačově syntetizován do hlasu, který mohl být posílán pilotům skrz běžnou hlasovou linku.

System postavený na této technologii využíval NORAD, americká národní garda, systém se používal i pro přenos z odloučených ropných plošin v severním moři, existoval systém MBWCS amerického vládního úřadu FEMA pro přenos dat v případě velkých přírodních pohrom, v 90. letech začala fungovat monitorovací síť kontejnerové silniční přepravy v USA. Jednou z uvažovaných aplikací bylo i monitorování stavu potrubí.

Systemy postavené na této technologii byly postupně vytlačeny kvůli nízké datové rychlosti zejména systémy GSM, nicméně jejich význam z hlediska přenosu dat z odlehlých oblastí a v jednoduchých telemetrických aplikacích i nadále přetrvával.

5. Ekonomické posouzení

Provést kompletní ekonomickou analýzu navrhovaného řešení je komplikované, protože jde o návrh záložního systému pro sledování námořní přepravy nebezpečného nákladu. Zatímco na jednu stranu (investiční a provozní náklady) lze vložit relativně přesné údaje, na stranu druhou by bylo zapotřebí položit náklady na škody v případě znehodnocené přepravy, ohrožení života a zdraví, případně poškození životního prostředí. Mimo to ovšem mohou být na stranu výnosů vloženy úspory z pojištění vlastního nákladu, ale také lodi, která by mohla být nebezpečným nákladem poškozena. Určení ceny takových škod a případným úsporám při jejich řešení, či slevám na pojištění mezinárodní lodní přepravy nebezpečných věcí, se vymyká zaměření této práce. Proto se v dalším vyčíslení soustředím jen na přibližné investiční a provozní náklady a výpočet celé ekonomické analýzy musím ponechat na odbornících na lodní přepravu nebezpečných nákladů.

Předpokládané investiční náklady:

Zařízení na lodi: jak již bylo uvedeno v kapitole 4, zařízení by mělo být jednotkou záložní datové komunikace k systému družicového přenosu dat ESO Cont-Trak, jenž komunikuje s družicovou sítí IsatDataPro. Z toho vyplývá, že náklady na sběr dat o stavech jednotlivých kontejnerů s nebezpečným nákladem, jakož i informace o poloze lodi mohou být sdíleny s jednotkou Cont –Trak a jednotka záložní komunikace je nemusí zpracovávat sama o sobě. Přesto však v záložní jednotce musí být řídicí mikropočítač, který z datové komunikace systému Cont-Trak vytřídí zájmové informace o kontejnerech s nebezpečným nákladem a polohou lodi, sestaví kompletní datovou zprávu včetně servisních dat, sloužících pro radiový přenos (FEC, synchronizace apod) a jenž bude schopen obsluhovat vlastní vysílač záložního MS systému na 49 MHz a hlídat jeho provozní parametry.

Další částí systému bude modulátor, výkonový vysílač, výkonový zdroj, chladicí jednotka výkonového vysílače a anténní systém. Cenu takového modulu by zřejmě bylo možné při opakované výrobě dostat na hranici 3000 Euro.

Ovšem tím investiční náklady na palubním zařízení lodi nekončí, protože také instalaci systému je nutno započítat do investičních nákladů. Při instalaci je nutno u stávajícího systému Contr-Trak zajistit gateway pro přenos dat záložnímu systému MS, zajistit jeho montáž, napájení elektrickou energií, chlazení a monitoring jeho stavu se dá odhadnout na jednorázových cca 3000 Euro. Dalším nákladem bude pořízení a montáž anténního systému, a to včetně koaxiálního napáječe, což se dá odhadnout na dalších 1000 Euro.

Celkové investiční náklady na zajištění záložního systému na námořní lodi lze tedy odhadnout na cca 7 tisíc Euro, což je cena ve srovnání s jakoukoli ekologickou škodou zcela marginální.

Zařízení na pobřeží: Jak již bylo uvedeno v této práci, pro reálný provoz systému, sledujícího například námořní trasu přes Indický oceán a dále kolem západního pobřeží do Evropy by bylo zapotřebí zhruba 11 pozemních přijímacích stanic. Předpokládejme, že pro pokrytí Středozemního moře a Atlantické trasy Evropa – sev. Amerika by bylo zapotřebí dalších 6 stanic, pro monitoring trasy do Latinské Ameriky a podél severního pobřeží Ruska potom dalších cca 16 stanic. To je celkem 32 stanic, které by mohly zajistit záložní přenos dat z většiny tras námořní dopravy, na které jsou státy Evropské unie ekonomicky závislé. Náklady na jednu přijímací stanici jsou přitom marginální:

Řídící počítač, zajišťující obsluhu systému a datové zpracování přijímaných dat by se mohl pohybovat i s radiokomunikačním vybavením na úrovni 2000 Euro, dalších cca 1000 Euro by stála anténní systém a instalace celého přijímacího zařízení. Tedy celkem 3000 Euro x 32 přijímacích stanic by se dalo pořídit za částku okolo 100 tisíc Euro, což je ovšem investice, jenž by mohla současně sloužit desítkám a možná i více než stovce lodí, přepravující současně nebezpečné náklady.

Předpokládané provozní náklady:

Uvedené zařízení je možno při dnešním stavu techniky realizovat jako velmi spolehlivé a de facto bezúdržbové, se střední dobou mezi poruchami v oblasti cca 3 let. Provozní náklady se tedy omezí na platby za zásobování systému elektrickou energií, pronájem míst, kde jsou instalovány přijímače systému a ceny za datové připojení do místní datové mobilní sítě. To lze pro uvedených 30 stanic (a 2 záložní) odhadnout na cca 25 tisíc Euro (tedy cca 700 tisíc Kč) ročně. Vyšší provozní náklady budou na pracovníky, kteří budou systém monitorovat – pro nepřetržitý provoz je nutno počítat s 6-ti pracovníky monitoringu, dvěma středními manažery, jedním top manažerem a dvěma techniky, což včetně nákladů na provoz monitorovacího střediska a zákonné zdravotní a sociální pojištění pracovníků (+ cestovní náklady techniků, udržujících technologii doma, na lodích i v zahraničí) by mohl být náklad ve výši cca 10 mil Kč. Pokud však předpokládáme, že tento zálohový systém by mohl sledovat například 100 nákladních lodí najednou, tak by (i se započtením šestiletých odpisů na investiční technologie) bylo zapotřebí zajistit roční výnos:

Provozní náklady na přijímače a přenos dat (ročně)	700 000 Kč
Provozní náklady na 24/365 monitoring vč. mezd a odvodů (ročně):	10 000 000 Kč
Odpisy (ročně)	3 600 000 Kč
Potřebné roční výnosy (včetně 30% marže)	17 700 000 Kč
Cena na zálohované monitorování jedné lodi (ročně):	177 000 Kč
Cena na zálohované monitorování jedné lodi měsíčně (bez DPH)	14 750 Kč
investiční náklady 100 lodí	18 900 000 Kč
investiční náklady přijímače	2 700 000 Kč
celkem	21 600 000 Kč

Tabulka 4. - Tabulka nákladů

To je podle mého názoru cena, která by mohla být pro rejdaře více, než přijatelná

SWOT analýza systému

Projekt nouzového monitorování nebezpečné lodní přepravy	
SILNÉ STRÁNKY	SLABÉ STRÁNKY
<ul style="list-style-type: none"> Rostoucí zájem lidské společnosti o monitoring nebezpečných nákladů, například zbraní a nebezpečných chemických látek K dispozici je již základní komunikační infrastruktura družicové komunikace, na kterou může systém zálohové monitoring navázat Nezávislost na družicové komunikaci Zanedbatelná cena provozních nákladů ve srovnání se škodami, kterým může systém zabránit Možnost dojednat snížení ceny pojistného lodi a přepravovaných nákladů 	<ul style="list-style-type: none"> Nedostatečné pokrytí lodní dopravy systémem družicové komunikace Cont-Trak, na kterou systém navazuje Nedůvěra rejdařů a zavedených lodních pojišťoven k navrženému systému komunikace Nespolehlivý provoz mobilních datových sítí v málo rozvinutých afrických státech Obtížná možnost financování a managementu provozu při používání neobsluhovaných radiokomunikačních zařízení v málo rozvinutých afrických státech
PŘÍLEŽITOSTI	HROZBY
<ul style="list-style-type: none"> Zvýšení bezpečnosti mezinárodní nákladní přepravy Vznik nových pracovních příležitostí Možnost expanze systému na nákladní lodní dopravu obecně Zvýšení konkurenceschopnosti lodí, vybavených takovým systémem snížení pojistných nákladů 	<ul style="list-style-type: none"> Nedostatečná bezpečnost provozu přijímacích stanic Nezájem rejdařů o monitoring citlivých nákladů, zejména zbraní Konkurenční vlivy jiných technologií, například použití přenosu dat pomocí družic na nízké oběžné dráze, které jsou Van Allenovy radiačními pásy částečně chráněny proti výpadku satelitní komunikace

Tabulka 5 - SWOT analýza systému „MS“

6. Závěr

Tato Diplomová práce měla za cíl zpracování analýzy podmínek a přístupů k přepravě nebezpečných zásilek námořní přepravou s cílem zhodnocení, analýzy a návrhu systému pro jejich sledování a monitorování. Diplomová práce zkoumala a ověřovala realizovatelnost záložního (redundantního) systému přenosu sensorických dat i dat o poloze, který je založený na technologii využívající dálkového šíření elektromagnetických vln pomocí rozptylu a odrazu na meteorických stopách.

Během vypracování této diplomové práce a analýzy současných řešení překvapila jejího autora koncepční neprovázanost používaných systémů pro monitorování intermodální kontejnerové přepravy nebezpečných věcí a to jak na domácím, tak na světovém trhu. V rámci ČR i Evropské Unie je alarmující zejména chybějící legislativa, která by upravovala povinnost na vlastní monitorování nebezpečného nákladu, zejména pak k přihlídnutí velkého a neustále rostoucího objemu přepravovaných zásilek tohoto druhu. Soudobé systémy používané ve světě, zejména pak v Evropě příliš spoléhají na systém GSM, GNSS (Globální Navigační satelitní systémy), což snižuje interoperabilitu zejména pak v případě, že se kontejner s nebezpečným nákladem dostane mimo dosah monitorovacího systému.

Při návrhu záložního systému pro přenos sensorických dat bylo zjištěno, že i přes jeho nevýhody, jako je pomalý přenos dat, což limituje počet sensorických systémů ve sledovaných kontejnerových jednotkách, je možno považovat takový záložní automatizovaný systém za přínosný, protože v současné době žádný podobný systém, který by dokázal v případě poruchy satelitního systému varovat pověřené orgány, neexistuje.

Z hlediska ekonomického posouzení projektu může být diskutabilní vývoj a instalace navrhovaného systému, nicméně je potřebné si uvědomit, že tento systém dokáže zabránit ekologickým katastrofám, jejichž odstranění by představovalo částku přesahující náklady na zavedení záložního monitoringu o několik řádů. Příkladem může být známý případ ropného tankeru Exxon Valdez u pobřeží Aljašky, z kterého uniklo 41 milionů litrů ropy, což znamenalo vynaložení částky 2 miliard dolarů na likvidaci škod. Uvažované náklady na vytvoření navrhovaného záložního systému jsou z tohoto hlediska marginální.

Na základě posouzení celé diplomové práce je její autor přesvědčen, že všech požadovaných cílů této diplomové práce bylo uspokojivým způsobem dosaženo na základě posouzení celé diplomové práce její autor může konstatovat, že všech požadovaných cílů této diplomové práce bylo dosaženo.

7. Seznam použité literatury

- [1] Jiří Kokeš. Multimodální přeprava nebezpečných věcí. Nebezpečný náklad. [online]. 30.8.2011 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: http://www.nebezpecnynaklad.cz/inc/clanky/1104_multi.pdf
- [2] Vicky Kapur. UPS Dubai crash: GCAA final report links accident to lithium batteries. Emirates247.com. [online]. 25.7.2013 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: <http://www.emirates247.com/news/emirates/ups-dubai-crash-gcaa-final-report-links-accident-to-lithium-batteries-2013-07-25-1.515438>
- [3] General Civil Aviation Authority of the United Arab Emirates. FINAL AIR ACCIDENT INVESTIGATION REPORT. UAE general civil aviation authority GCAA. [online]. 03.09.2010 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: <https://www.gcaa.gov.ae/en/ePublication/admin/iradm in/Lists/Incidents%20Investigation%20Reports/Attachments/40/2010-2010%20-%20Final%20Report%20-%20Boeing%20747-44AF%20-%20N571UP%20-%20Report%2013%202010.pdf>
- [4] UN united UNITED nations NATIONS office on drugs and crime. MARITIME PIRACY – TOCTA Report 2010. UN united UNITED nations NATIONS office on drugs and crime. [online]. 10.06.2010 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: https://www.unodc.org/documents/data-and-analysis/tocta/9.Maritime_piracy.pdf
- [5] ICC Commercial Crime Service. ICC Commercial Crime Service. ICC Commercial Crime Service. [online]. 1.5.2016 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: <https://www.icc-ccs.org/>
- [6] Svaz chemického průmyslu ČR. Shrnutí výsledků pilotních projektů ChemLog T&T (ČR). ICC Commercial Crime Service. [online]. 10.07.2014 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: http://www.schp.cz/images/Soubory/Infoservis/Projekty/ChemLog_TT/14_06_25_ChemLog_TT_Varava/Shrnut_vsledk_pilotnho_testovn_ChemLog_TT__k_pekladu.pdf
- [7] Ministerstva dopravy. Kombinovaná doprava. Oficiální stránky Ministerstva dopravy. [online]. 1.5.2016 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: http://www.mdcr.cz/cs/Drazni_doprava/Kombinovana_doprava/Kombinovana_doprava.htm
- [8] Petr Nejedlý. MULTIMODÁLNÍ PŘEPRAVNÍ SYSTÉMY. ČVUT Fakulta dopravní. [online]. 26.3.2010 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: <https://www.fd.cvut.cz/projects/k612x1mp/pojmy.html>
- [9] Kde se vzala a k čemu všemu je vlastně SWOT analýza [online]. 2010 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: <http://www.businessvize.cz/planovani/kde-se-vzala-a-k-cemu-vsemu-je-vlastne-swot-analyza>
- [10] HALL, P. V. a Markus HESSE. Cities, regions and flows. New York, NY: Routledge, 2012. ISBN 9780415682190.
- [11] SKULINOVÁ, Darja. Vícekriteriální rozhodování při stanovení využitelnosti budov z hlediska stavebně energetické koncepce na územích se zvýšenou průmyslovou činností. Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské - Technické univerzity Ostrava. Řada stavební b. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2009, 9(1), 97-106. ISSN 1213-1962.
- [12] PERNICA, Petr. Logistický management: teorie a podniková praxe. Praha: Radix, 1998. ISBN 80-86031-13-6.

- [13] Svoboda, V.: Faktor dopravy na logistickém systému. Logistika. 1995, roč. 1, č. 4, s. 49-51. ISSN 1211-0957.
- [14] Telematické systémy v železniční dopravě: Zuzana Bělinová. Telematické systémy a služby [online]. [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: <http://www.iss.fd.cvut.cz/vyuka/tss/soubory/12-telematika-na-zeleznici-ertms.pdf>
- [15] Containerization. Wikipedia [online]. [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/Containerization>
- [16] ESSERY, R. J., D. P. ROWLAND a W. O. STEEL. British goods wagons from 1887 to the present day. Newton Abbot: David & Charles, 1970. ISBN 071534739X.
- [17] Lewandowski, Krzysztof (2015). "Benjamin Franklin Fitch the forgotten developer of the container system in US of America". Global Journal of Human Social Science. H, Interdisciplinary. 15 (8): 39–48. ISSN 0975-587X.
- [18] Lewandowski, Krzysztof (2014). "Stanisław Rodowicz, Eng. The Forgotten Pioneer of Containerization in Poland". Logistics and Transport 23 (3): 73–78. ISSN 1734-2015.
- [19] CALDWELL, Janet. Bedford and Bedford Township. Charleston, S.C.: Arcadia Publishing, c2012. Images of America. ISBN 0738593699.
- [20] BIC HISTORY. BIC - Bureau International des Containers - Bic code [online]. 01.01.2016 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: <https://www.bic-code.org/history.html>
- [21] History & Development of the Container — The "Transporter", predecessor to the CONEX. The U.S. Army Transportation Museum [online]. 2014 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: <http://www.transportation.army.mil/museum/transportation%20museum/CONEX.htm>
- [22] FOSTER, Randy E. M. a Peter DENNIS. Vietnam firebases, 1965-73: American and Australian forces. New York: Osprey, 2007. ISBN 1846031036.
- [23] CUDAHY, Brian J. The containership revolution. TR News [online]. 2006, no. 246, [cit. 2016-05-01]. Dostupný z WWW: http://www.worldshipping.org/pdf/container_ship_revolution.pdf.
- [24] ŠUBERT, Miroslav. Doprava námořní konveční a kontejnerová. Praha : Knižnice Svazu spedice a skladování ČR, květen 1995
- [25] LEVINSON, Marc. The box: how the shipping container made the world smaller and the world economy bigger. Princeton: Princeton University Press, 2006. ISBN 0-691-12324-1.
- [26] Nákladní doprava. Nákladní doprava [online]. Praha, 2014 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: <http://www.nakladni-doprava.info/druhy-kontejneru/>
- [27] Dopravní noviny. Dopravní noviny [online]. Praha, 2016 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: <http://www.dnoviny.cz/letecka-doprava/najem-leteckych-kontejneru-prinasi-uspory>
- [28] Nákladní doprava. Nákladní doprava [online]. Praha, 2014 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: <http://www.nakladni-doprava.info/rozmary-leteckych-kontejneru/>
- [29] Scientists to study effects of shipping containers lost at sea [online]. USA: phys.org, 2016 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: <http://phys.org/news/2011-03-scientists-effects-shipping-lost-sea.html>

- [30] Rozměry kontejnerů [online]. Praha: litomysky.cz, 2009 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: <http://www.litomysky.cz/drahy/kontroz.htm>
- [31] Nákladní doprava. Nákladní doprava [online]. Praha, 2014 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: <http://www.nakladni-doprava.info/druhy-kontejneru/>
- [32] Statistics and Facts about Container Shipping. Statista.com [online]. statista.com [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: <http://www.statista.com/topics/1367/container-shipping/>
- [33] Doc. Ing. Vladimír UHŘÍČEK CSC. Mezinárodní a vnitrostátní silniční doprava nebezpečných věcí. Praha: NEOSET, 2011.
- [34] Multimodální přeprava nebezpečných věcí [online]. [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: <http://www.nebezpecnynaklad.cz>
- [35] PŘEDPISY ADR A RID - LEGISLATIVA PRO PŘEPRAVU NEBEZPEČNÝCH VĚCÍ [online]. [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: http://www.ekomonitor.cz/sites/default/files/file/eminare/2010-05-25/prezentace/24_Cwikova_Rucky.pdf
- [36] Accession to the Intergovernmental Organisation for International Carriage by Rail (OTIF) [online]. EUR-Lex.europa.eu, 2016 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/AUTO/?uri=uriserv:l24011>
- [37] Úmluva COTIF ve znění Vilniuského protokolu [online]. Praha: Ministerstva dopravy, 2016 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: http://www.mdcz.cz/cs/Legislativa/Legislativa/Legislativa_CR_drazni/umluvaCOTIF.htm
- [38] ORGANISATION INTERGOUVERNEMENTALE POUR LES TRANSPORTS INTERNATIONAUX FERROVIAIRES [online]. OTIF, 2016 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: <http://www.otif.org>
- [39] Vnitrozemské vodní cesty (ADN)[online]. Praha: Ministerstva dopravy, 2016 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: http://www.mdcz.cz/cs/Vodni_doprava/Preprava_nebezpecnych_veci/Preprava_nebezpecnych_veci.htm
- [40] Lodní doprava [online]. ČVUT FD, 2016 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: <https://zolutarev.fd.cvut.cz/tdl/ctrl.php?act=show,file,2393>
- [41] Text of the Convention for the Safety of Life at Sea, Signed at London, January 20, 1914 [with Translation.], London: His Majesty's Stationery Office by Harrison and Sons, 1914 ISBN-13: 978-1332384914
- [42] IMDG code: International maritime dangerous goods code : including amendment 31-02. 2002 ed. London: International Maritime Organization, 2002. ISBN 928015141X.
- [43] Občanský zákoník [online]. ČVUT FD, 2012 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: <http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/ViewFile.aspx?type=z&id=24084>
- [44] CEMPÍREK, Václav a Rudolf KAMPF. Nebezpečné zboží v logistických systémech. Pardubice: Institut Jana Pernera, 2004. ISBN 80-86530-22-1.
- [45] IMDG CONDE VOLUME 1 [online]. 2006 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: <https://law.resource.org/pub/us/cfr/ibr/004/imo.imdg.1.2006.pdf>
- [46] Dangerous goods [online]. 2016 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Dangerous_goods

- [47] Vojenská doprava [online]. 2015 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: https://moodle.unob.cz/pluginfile.php/45167/mod_resource/content/1/T%C3%A9ma%205.5%20P%C5%99%C3%ADprava%20techniky%20a%20materi%C3%A1lu%20na%20n%C3%A1mo%C5%99n%C3%AD%20p%C5%99pravy.pdf
- [48] UN kód a jeho význam [online]. 2015 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: <http://www.baleni.info/index.php/predpisy/un-kod-na-obalech-a-jeho-vyznam>
- [49] Centrum dopravního výzkumu [online]. 2016 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: <https://www.cdv.cz/image/smart-cm/>
- [50] ISO 6346 [online]. 2016 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/ISO_6346
- [51] Přeprava nebezpečného zboží – služba Fedex Dangerous Goods [online]. 2014 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: <http://www.fedex.com/cz/shipping-services/service-options/dangerous-goods.html>
- [52] NEBEZPEČNÝ NÁKLAD [online]. 2016 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: <http://www.nebezpecnynaklad.cz>
- [53] SCHP ČR - Svaz chemického průmyslu České republiky [online]. 2016 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: www.schp.cz
- [54] Železniční nehoda ve Studénce 2008 [online]. 2016 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/%C5%BDelezni%C4%8Dn%C3%AD_nehoda_ve_Stud%C3%A9nce_2008
- [55] Využití satelitního systému GPS v dopravním sektoru: Čermák, Jan. Praha, 2015. Bakalářská práce. Vysoká škola ekonomická v Praze. Vedoucí práce Zelený, Lubomír.
- [56] Shrnutí výsledků pilotních projektů ChemLog T&T (ČR) [online]. [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: http://www.schp.cz/images/Soubory/Infoservis/Projekt_y/ChemLog_TT/14_06_25_ChemLog_TT_Varava/Shrnut_vsled_k_pilotno_testovn_ChemLog_TT__k_pekladu.pdf
- [57] Elektronický systém Positrex [online]. [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: www.positrex.eu
- [58] Cont-Trak_nabizi_spolehlive_sledovani_kontejneru_pomoci_druzic [online]. 2016 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: http://www.esa.int/cze/ESA_in_your_country/Czech_Republic/Cont-Trak_nabizi_spolehlive_sledovani_kontejneru_pomoci_druzic
- [59] IsatData Pro [online]. 2016 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: <http://www.orbcomm.com/en/networks/satellite/isatdata-pro>
- [60] DARRIN, M. Ann Garrison. a Beth Laura. O'LEARY. Handbook of space engineering, archaeology, and heritage. Boca Raton: CRC Press, c2009. Advances in engineering (Boca Raton, Fla.). ISBN 1420084313.
- [61] RICHTER, Tomáš. Technologie pro moderní komunikaci [online]. 2009 [cit. 2016-05-01]. Oběžné dráhy družic. Dostupné z: <http://tomas.richtr.cz/mobil/sateo.htm>
- [62] Monthly Number of Objects in Earth Orbit by Object Type [online]. 2016 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: <http://i.kinja-img.com/gawker-media/image/upload/s--VgRauNgm--/yecmzhpi70akxqqevo0w.jpg>

- [63] Van Allenovy radiální pásy [online]. 2016 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: http://ihy2007.astro.cz/index.php/souvislosti/van_allen_belts/
- [64] Objev třetího Van Allenova pásu - Petr Kulhánek [online]. Praha, 2013 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: http://www.aldebaran.cz/bulletin/2013_09_ale.php
- [65] HARLAND, David M. a Ralph LORENZ. Space systems failures: disasters and rescues of satellites, rockets and space probes. Chichester, UK: In association with Praxis Publishing, c2005. ISBN 0387215190.
- [66] Letecké a kosmické systémy [online]. Praha, 2016 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: http://measure.feld.cvut.cz/groups/lis/edu_LeKS.php
- [67] The Day the Sun Brought Darkness [online]. NASA, 2009 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: http://www.nasa.gov/topics/earth/features/sun_darkness.html
- [68] Impacts of Strong Solar Flares [online]. NASA, 2013 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: https://www.nasa.gov/mission_pages/sunearth/news/flare-impacts.html
- [69] Archive of the most severe solar storms [online]. 2016 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: <http://www.solarstorms.org/SRefStorms.html>
- [70] SMIRNOV, Nickolay N. Space debris: hazard evaluation and mitigation. New York: Taylor & Francis, 2002. Earth Space Institute book series on public and private sector interest in space, v. 6. ISBN 0415279070.
- [71] MILOŠ MAZÁNEK, Pavel Pechač. Šíření elektromagnetických vln a antény. Vyd. 2., přeprac. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004. ISBN 9788001030325.
- [72] MAŠEK, Vladimír. Země-Měsíc-Země. Sdělovací technika. 1976(8), 3.
- [73] SKIYMET meteor radar - Meteor flux [online]. 2016 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: <http://maarsy.rocketrange.no/SKIYMET/flux.htm>
- [74] THE MACROSCOPIC PARTICLES OF SPACE WEATHER [online]. 2009 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: <http://www.spaceacademy.net.au/env/spwx/macropwx.htm>
- [75] 50 MHz Halo Antenna [online]. 2016 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: http://www.qsl.net/kp4md/50_mhz_halo.htm
- [76] DAVIES, Kenneth. Ionospheric radio. London, U.K.: P. Peregrinus on behalf of the Institution of Electrical Engineers, 1989. ISBN 086341186X.
- [77] BUDĚJICKÝ, Zdeněk, Zdeňka PLAVCOVÁ a Miroslav PLAVEC. Radioastronomie. 1. Praha: Nakladatelství československé akademie věd, 1962.
- [78] ŠOLC, Martin a Miroslav BROŽ. Fyzika sluneční soustavy. 1. Praha: Matfyzpress, 2013. ISBN 978-7378-236-8.
- [79] SCHILLING, Donald L. Meteor burst communications: theory and practice. New York: Wiley, 1993. Wiley series in telecommunications. ISBN 0-471-52212-0.
- [80] KERO, Johan. High-resolution meteor exploration with tristatic radar methods. Kiruna, Sw, 2008. Disertační práce. Swedish Institute of Space Physics. Vedoucí práce Dr. Sigrid Close.
- [81] Theory of Meteor Reflection [online]. 2016 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: <http://www.imo.net/radio/reflection>

- [82] SUGAR, G.R. Radio Propagation by Reflection from Meteor Trail, Proc. IEEE, 52:116-136 (1964)
- [83] SCHILLING, Donald L. Meteor burst communications: theory and practice. New York: Wiley, 1993. Wiley series in telecommunications. ISBN 0-471-52212-0.
- [84] WSJT User Guide [online]. 2016 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: <http://physics.princeton.edu/pulsar/k1jt/doc/wsjt/>
- [85] ContTrak - ESA Contract AO/1-5153/06/NL/AD [online]. 2011 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: [https://artes-apps.esa.int/sites/default/files/1.6.2 %20-%20McPherson%20-%20CONT-TRACK.pdf](https://artes-apps.esa.int/sites/default/files/1.6.2%20-%20McPherson%20-%20CONT-TRACK.pdf)
- [86] Loading assorted break bulk cargo onto ships manually [online]. 2016 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: <http://collections.slsa.sa.gov.au/resource/B+4433>
- [87] Benjamin Franklin Fitch the Forgotten Developer of the Container System in US of America [online]. 2016 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: https://globaljournals.org/GJHSS_Volume15/5-Benjamin-Franklin-Fitch.pdf
- [88] Malcolm McLean at railing, Port Newark, 1957 [online]. 2016 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: <http://www.flickr.com/photos/maerskline/7312751706/>
- [89] The Container Revolution [online]. 2016 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: <http://legacy.sname.org/newsletter/SeaHistoryContrS hps.pdf>
- [90] Containerization [online]. 2016 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: <https://en.wikipedia.org/wiki/Containerization>
- [91] Construction of a Container [online]. 2016 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: <http://bbcontainer.com/container-specs/>
- [92] Kontejnerová silniční nákladní doprava [online]. 2016 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: oppa-smad.tf.czu.cz/?q=system/files/TSND_05.ppt
- [93] International seaborne trade carried by container ships from 1980 to 2014 (in million tons loaded) [online]. 2016 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: <https://www.statista.com/statistics/253987/international-seaborne-trade-carried-by-containers/>
- [94] Ship transport [online]. 2016 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Ship_transport
- [95] ESA_makes_space_debris_software_available_online [online]. 2016 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: http://www.esa.int/Our_Activities/Operations/Space_Debris/ESA_makes_space_debris_software_available_online
- [96] Antena Halo 50 MHz. [online]. 2016 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: [https://ce4wjk.wordpress.com/50-mh/antena-halo-50-mh z/](https://ce4wjk.wordpress.com/50-mh/antena-halo-50-mh-z/)
- [97] Ing. Karel Jordán, poznámky v semináři během VKV semináře v Krkonoších, 1971

8. Seznam použitých zkratek

ACE – družice pro výzkum Slunce (Advanced Composition Explorer)

ADN – Evropská dohoda o mezinárodní přepravě nebezpečných věcí po vnitrozemských vodních cestách

ADR - Evropská dohoda o mezinárodní silniční přepravě nebezpečných látek (Accord Dangereuses Route)

CEN – normalizační institut (Comité Européen de Normalisation)

COLREG - úmluva o mezinárodních pravidlech pro zabránění srážkám na moři

ČSN – Česká státní norma

DGR - Dangerous Goods Regulations - předpis vydávaný IATA, stanovující podmínky pro leteckou přepravu nebezpečných látek.

CME – výron koronální hmoty (Coronal Mass Ejection)

CTIM - univerzální monitorovací kontejnerový modul (Container Tracking Interface modul.).

DG - Dangerous Goods - nebezpečné zboží nebo látka.

EME - šíření radiových vln odrazem od měsíčního povrchu (Earth Moon Earth)

ESA - Evropská kosmická agentura (European Space Agency) jejíž členem je i ČR

FEMA - americká federální agentura pro zvládání krizových situací (Federal Emergency Management Agency)

GMDSS - globální námořní tísňový a bezpečnostní systém (Global Maritime Distress and Safety System)

GNSS - Globální družicový polohový systém (anglicky Global Navigation Satellite System)

GEO - geostacionární dráze kolem Země (35 786km)

GPS – globální poziční systém (Global Positioning System)

GSM – globální mobilní digitální systém (Global System for Mobile Communication)

IATA - International Air Transport Association - mezinárodní organizace sdružující letecké přepravce sídlící v Montrealu (Kanada).

ICAO - Mezinárodní organizace pro civilní letectví (ICAO, International Civil Aviation Organization)

IMO - Mezinárodní námořní organizace, která spravuje IMDG Code (International Maritime Organization)

IMDG Code - International Maritime Dangerous Goods Code - předpis vydávaný IMO, stanovující podmínky přepravy nebezpečných látek po moři.

KV – zkratka pro Krátké vlny (3-30 MHz)

LEO – Nízká oběžná dráha Země (Low Earth Orbit), výška 160 – 2000 m nad Zemí

MARPOL - mezinárodní úmluva o zabránění znečištění mořského prostředí z lodí

MS – Meteor Scatter – šíření radiových vln rozptylem na meteorických stopách

NORAD - Severoamerické velitelství protivzdušné obrany (North American Aerospace Defense Command)

OBU – univerzální monitorovací jednotka (On Board Unit),

RID - Obdoba dohody ADR, ale upravující podmínky přepravy nebezpečných látek po železnici.

SNOTEL - americký meteorologický systém pro sběr dat (SNOWPACL Telemetry System)

SOLAS - nejdůležitější mezinárodní námořní úmluva o bezpečnosti lidského života na moři

STCW - mezinárodní úmluva o normách výcviku, certifikace a strážní službě námořníků

TARE – vlastní hmotnost prázdného kontejneru (veškerého vybavení i zařízení)

UN-Code - UN kód - číslo, mezinárodně smluvené číselné označení nebezpečných látek používaných zejména v oblasti přepravy.

WiFi – bezdrátová počítačová síť LAN (též Wireless LAN, WLAN)

9. Seznam obrázků

Obrázek č. 1. – nakládání zboží na začátku 20. století [86].....	13
Obrázek č. 2. – kontejnerová přeprava B. F. Fitcha z roku 1917 [87].....	14
Obrázek č. 3. - Malcolm McLean v přístavu Newark v roce 1957 [88].....	16
Obrázek č. 4 – nakládání kontejnerů na palubu lodi SS Ideal X v roce 1956 [89].....	17
Obrázek č. 5. Standardní kontejner ISO řady 1 [91].....	21
Obrázek č. 6 – příklad značení kontejneru [92]	22
Obrázek č. 7 – další názorný příklad značení kontejneru podle ISO-6346 [50].....	23
Obrázek č. 8 - Vzory bezpečnostních značek pro třídu 1 [45], [46].....	33
Obrázek č. 9 - Vzory bezpečnostních značek pro třídu 2 [45], [46].....	34
Obrázek č. 10 - Vzory bezpečnostních značek pro třídu 3 [45], [46].....	34
Obrázek č. 11 - Vzory bezpečnostních značek pro třídu 4 [45], [46].....	35
Obrázek č. 12 - Vzory bezpečnostních značek pro třídu 5 [45], [46].....	35
Obrázek č. 13 - Vzory bezpečnostních značek pro třídu 6 [45], [46].....	36
Obrázek č. 14 - Vzory bezpečnostních značek pro třídu 7, 8 a 9 [45], [46].....	36
Obrázek č. 15 - Další bezpečnostní značky, které definuje IMDG. [45], [46].....	36
Obrázek č. 16 - Struktura kódu UN používaných v námořní přepravě [48].....	37
Obrázek č. 17 - Zjednodušené schéma přepravního logistického řetězce přepravy nebezpečných věcí, jehož částí je u přepravy nebezpečného nákladu po moři (provedené na základě pramene [49])	39
Obrázek č. 18 - Námořní cesty kontejnerových lodí [94]	41
Obrázek č. 19 - Umístění jednotky OBU na v rámu cisternového kontejneru [6].....	42
Obrázek č. 20 - Umístění jednotky OBU v prostoru kormidelny remorkéru [6].....	43
Obrázek č. 21 - Schéma systému Cont-Trak [85].....	46

Obrázek č. 22 - Schéma systému Cont-Trak pro komunikaci mezi kontejnery	47
Obrázek č. 23 - Fyzická realizace jednotky CTIM a satelitního terminálu MT3550 [85] ..	48
Obrázek č. 24 - Zjednodušené schéma sítě Cont-Trak [85].....	48
Obrázek č. 25 - Pokrytí Země družicovou sítí IsatDataPro [59].....	49
Obrázek č. 26 - Vývoj kosmického smetí v letech 1957 – 2014 [95 + vlastní úprava].....	52
Obrázek č. 27 – Denní variace sporadických meteorů [73].....	59
Obrázek č. 28 – Roční variace meteorů [74]	61
Obrázek č. 29 – Meteorická stopa s vyznačenými Fresnelovými oscilacemi [80].....	65
Obrázek č. 30 – Nenasycená ozvěna [83].....	67
Obrázek č. 31 - Nasyčená ozvěna [83]	68
Obrázek č. 32 - Dosah meteorického spoje [97].....	69
Obrázek č. 33 - Navrhovaný systém MS pro záložní přenos dat.....	71
Obrázek č. 34 – Vyzařovací charakteristika antény typu HALO.....	72
Obrázek č. 35 – Praktická realizace antény typu HALO [96].....	73

10. Seznam grafů

Graf 1 – Vývoj přepraveného nákladu kontejnerovou přepravou v milionech tun [93]25

11. Seznam tabulek

Tabulka 1. (zkratka imp. je značení v tzv. imperiálních jednotkových mírách) [90]	20
Tabulka 2 [30].....	22
Tabulka 3 - Nejmhutnější meteorické roje během roku.....	60
Tabulka 4. - Tabulka nákladů.....	79
Tabulka 5 - SWOT analýza systému „MS“Tabulka.....	79