



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

Štěpán Zaoral

Rešerše datových zdrojů satelitních dat s důrazem na
aplikace v dopravě

Bakalářská práce

2017

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

děkan

Konviktská 20, 110 00 Praha 1



K620..... Ústav dopravní telematiky

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

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Štěpán Zaoral

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

B 3710 – ITS – Inteligentní dopravní systémy

Název tématu (česky): **Rešerše datových zdrojů satelitních dat s důrazem na aplikace v dopravě**

Název tématu (anglicky): Review of Satellite Data Sources with Emphasis on Transportation Domain

Zásady pro vypracování

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

- Utvořte katalog dostupný zdrojů satelitních dat
- Dle svého úsudku a rešerše literatury vyberte zdroje vhodné pro aplikace v oblasti dopravy
- Popište detailněji vybrané datové zdroje
- Navrhněte konkrétní aplikace a využití satelitních dat
- Proveďte shrnutí a doporučení pro využití satelitních dat na Fakultě dopravní



- Rozsah grafických prací: standardní
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 35 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury: Thematic Mapping from Satellite Imagery: a Guidebook,
Edited by: J. Denègre
ISBN: 978-0-08-042351-7

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Pavel Hrubeš, Ph.D.**
Ing. Jiří Růžička

Datum zadání bakalářské práce: **27. října 2016**
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání bakalářské práce: **28. srpna 2017**
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. Pavel Hrubeš, Ph.D.
vedoucí
Ústavu dopravní telematiky



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

Potvrzuji převzetí zadání bakalářské práce.

.....
Štěpán Zaoral
jméno a podpis studenta

V Praze dne 27. října 2016

Poděkování

Rád bych poděkoval panu Doc.Ing.Pavlu Hrubešovi, Ph.D, za jeho vedení a pomoc při tvorbě této bakalářské práce. Zároveň bych tímto rád poděkoval i PhDr. Viktoru Fuglíkovi, Ph.D, za předání cenných informací. Rád bych poděkoval kolegovi Janu Červenému za spolupráci a morální podporu při psaní bakalářské práce.

A hlavně bych chtěl tímto poděkovat rodině za podporu během studia a také za to, že mi dali možnost studovat na této škole.

Prohlášení

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

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

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

V Praze dne 12. června 2017..... Podpis:

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

Rešerše datových zdrojů satelitních dat s důrazem na aplikace v dopravě

Bakalářská práce

Červen 2017

Štěpán Zaoral

Abstrakt

Předmětem mé bakalářské práce „**Rešerše datových zdrojů satelitních dat s důrazem na aplikace v dopravě**“ je popsat a zjednodušit přístup k satelitním datům všem možným uživatelům, která jsou na ČVUT nově dostupné prostřednictvím systému EUMETCast. Dále má tato práce za cíl osvětlit čtenářům, jak se dané zdroje satelitních dat již využívají ve světě a také jakým způsobem lze dané produkty satelitního systému využít v dopravě. Záměrem této práce je také poukázat na přínos a užitečnost tohoto zdroje dat pro Fakultu dopravní ČVUT.

Abstract

The subject of bachelor thesis „**Review of satellite data sources with emphasis on transportation domain**“ is to describe and to simplify the access to satellite data, which are on ČVUT newly available through system EUMETCast, to all users. Furthermore to describe how are the data sources used in all over the world and how to use them in traffic. Its purpose is also to refer the benefits and usefulness of this system on ČVUT Faculty of traffic.

Klíčová slova

Satelit, EUMETSAT, NOAA, Meteosat druhé generace, formát, srážky, počasí, doprava, datový zdroj, produkt, vítr, oblačnost, satelitní snímek, meteorologie, MPE

Key words

Satellite, EUMETSAT, NOAA, Meteosat second generation, format, precipitation, weather, traffic, data source, product, wind, cloudiness, satellite image, meteorology, MPE

Obsah

Obsah.....	5
Seznam použitých zkratek.....	6
1 Úvod do projektu a problematiky satelitních dat.....	8
2 Technologie dálkového průzkumu země.....	10
2.1 Geostacionární satelity.....	11
2.2 Polární satelity.....	11
2.3 Meteosat druhé generace - MSG.....	12
3 Rešerše zdrojů satelitních dat.....	14
3.1 Práce s datovými zdroji.....	15
3.2 Organizace zprostředkující datové zdroje.....	16
3.2.1 EUMETSAT.....	16
3.2.2 Národní úřad pro oceán a atmosféru – NOAA.....	19
4 Výběr a využití datových zdrojů v dopravě na základě rešerše.....	22
4.1 Detekce aerosolu - Polar Multi-Sensor Aerosol Optical Properties -Metop.....	23
4.2 Teplota povrchu země - Land surface temperature - LST.....	25
4.3 Anomálie hladiny moře - Sea Surface Height Anomaly - Jason-2.....	25
4.4 Směr a síla větru - Atmospheric Motion Vectors -MSG.....	27
4.5 Porovnání dat z družice a z radaru.....	29
5 Výběr produktů využitelných v dopravě a návrhy využití satelitních dat v této oblasti.....	31
5.1 Sledování srážek - Multi -Sensor Precipitation Estimate (GRIB) - MSG.....	33
5.1.1 Využití ve vozidlech.....	33
5.1.2 Využití ve vozidlech s podporou AMV a LST.....	35
5.1.3 Využití dat s podporou AMV.....	35
5.1.4 Využití v zimní údržbě silnic.....	36
5.2 Výkon vegetace - Fractional Vegetation Cover - MSG.....	37
5.3 Využití dat aerosolu.....	40
5.4 Využití dat o stavu půdy.....	40
5.5 Směr a síla větru.....	40
6 Závěr.....	42
Seznam použité literatury.....	44
Seznam obrázků.....	46
Seznam tabulek.....	47
Seznam příloh.....	48

Seznam použitých zkratk

ESA	European Space Agency <i>Evropská vesmírná agentura</i>
EUMETSAT	European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites <i>Evropská organizace pro výzkum meteorologickými satelity</i>
MTG	Meteosat Third Generation <i>Meteosat třetí generace</i>
MSG	Meteosat Second Generation <i>Meteosat druhé generace</i>
MFG	Meteosat First Generation <i>Meteosat první generace</i>
SEVIRI	Spinning Enhanced Visible and Infrared Imager <i>Rotující Zdokonalený infračervený pořizovač snímků</i>
SAF	Satellite Application Facilities <i>Využití satelitních zařízení</i>
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration <i>Národní úřad pro oceány a atmosféru</i>
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
GOES	Geostationary Operational Environmental Satellite <i>Geostacionární přírodovědný satelit</i>
NESDIS	National Environmental Satellite, Data, and Information Service <i>Národní orgán pro satelity, data a informace</i>
MHD	Městská Hromadná Doprava
RLTC	Road Line Traffic Control <i>Liniové řízení dopravy</i>
CO ₂	Oxid uhličitý
O ₂	Kyslík
SCP	Secure Copy Protocol <i>Bezpečnostní protokol</i>
AVHRR	Advanced Very High Resolution Radiometer <i>Zdokonalený radiometr s vysokým rozlišením</i>

MPE	Multi – sensor Precipitation Estimate <i>Sledování srážek sensory</i>
LST	Land surface temperature <i>Teplota povrchu země</i>
AMV	Atmospheric Motion Vectors <i>Síla větru</i>
FD	Fakulta dopravní

1 Úvod do projektu a problematiky satelitních dat

První umělá družice vypuštěná na oběžnou dráhu v roce 1957 z kosmodromu v kazašském Bajkonuru znamenala zásadní průlom v oblasti kosmonautiky. Družice „Sputnik“ byla uzavřená koule o průměru 58 cm a nebyla vybavena žádnými solárními panely. U této družice byly použity pouze chemické baterie, které při vybití způsobily to, že se družice přibližovala více a více Zemi až ji 26. října 1958 pohltila atmosféra a první družice se tak stala minulostí. Stihla 1800 krát obletět Zemi [1].

Dnes obíhá zemi kolem 29 000 velkých objektů, ze kterých je v provozu zhruba jen třetina. Zbytek tvoří tzv. kosmické smetí [1] [2]. V této práci se budu věnovat především meteorologickým družicím.

Ke zpracování a zkoumání satelitních snímků jsem se dostal poprvé díky účasti na semináři u příležitosti zajištění přenosu satelitních dat a jejich zpřístupnění na FD ČVUT. Data jsou distribuována mezivládní organizací EUMETSAT prostřednictvím serveru EUMETCast. Cílem této organizace je zprostředkovávat a zpracovávat satelitní data o počasí a klimatu.

O tom, že by se toto téma mohlo stát předmětem méj bakalářské práce, jsem se rozhodnul v březnu loňského roku, kdy jsem se zúčastnil úvodního seznámení s tímto systémem. Setkání vedl pan doktor Fuglík z Akademie věd České republiky.

Přístup k satelitním snímkům a datům je na ČVUT k dispozici na stránkách Product navigator, který zprostředkovává data satelitním systémem EUMETCast, který spolupracuje se systémem GEONETCast. Mezi těmito dvěma servery probíhá neustálá výměna dat. Satelity, které poskytují meteorologická data, jsou řízeny z centrály v německém Darmstadtu a FD ČVUT můžeme tato data pomocí paraboly umístěné na střeše budovy přijímat a ukládat na uložistiště o velikosti 8TB. Signál zpracovává instalovaný DVB-S2 přijímač Novra S300E. Data jsou uchovávána zpravidla po dobu dvou měsíců, s možností délku uložení prodloužit, pokud chceme daný zdroj dat zkoumat hlouběji. Přístup k datům je možný prostřednictvím SCP protokolu.

Jelikož tato technologie je na ČVUT velmi krátce, bylo pro mne velmi obtížné uchopit celou tuto problematiku a porozumět tomu, jak konkrétně pracuje. Systém byl na ČVUT v testovacím režimu spuštěn teprve 24. března 2016, v provozu je tedy o něco málo více než jeden rok.

Díky zařazení do tohoto projektu jsem se seznámil s několika novými kolegy, také jsem měl možnost zúčastnit se několika konferencí. V té době jsem také začal spolupracovat na projektu pro město Plzeň ohledně snižování emisí CO_2 . Tohoto výzkumu bych se určitě nezúčastnil, kdyby se mi nedostalo příležitosti podílet se na práci s touto nově dostupnou technologií na ČVUT.

Server GEONETCast sdružuje velké množství dat získávaných od řady organizací. ČVUT k nim má následně přístup pomocí serveru EUMETCast. Cílem této práce je popsat čtenářům konkrétní postupy, jak data ze serveru GEONETCast získat, členit a dále zpracovávat pro další účely užití. Dalším cílem mé práce je popsat, jak se aktuálně data ze satelitů v dopravě využívají. Posledním úkolem této práce je zamyslet se nad dalšími možnostmi využití těchto dat v dopravě.

Předmětem druhé kapitoly bude popis základní charakteristiky zkoumaných satelitů, vývoj satelitů v čase, druhů satelitů a jejich využití v daných státech. Dále detailněji objasním, jak satelity fungují. Zároveň představím satelity Meteosat Second Generation, které jsou jedny z nejvyužívanějších v Evropě. Následně osvětlím metodu, kterou se data distribuují a způsob, jak k nim získávají přístup koncoví uživatelé.

V třetí kapitole čtenáře seznámím se zpracováním rešerše a všemi problémy, které při její tvorbě nastaly. Podám také informace o řadě mých úspěchů, které se po nějaké době přece jen také dostavily. Dále v této kapitole popíšu dvě nejznámější organizace zprostředkující data, EUMETSAT a NOAA.

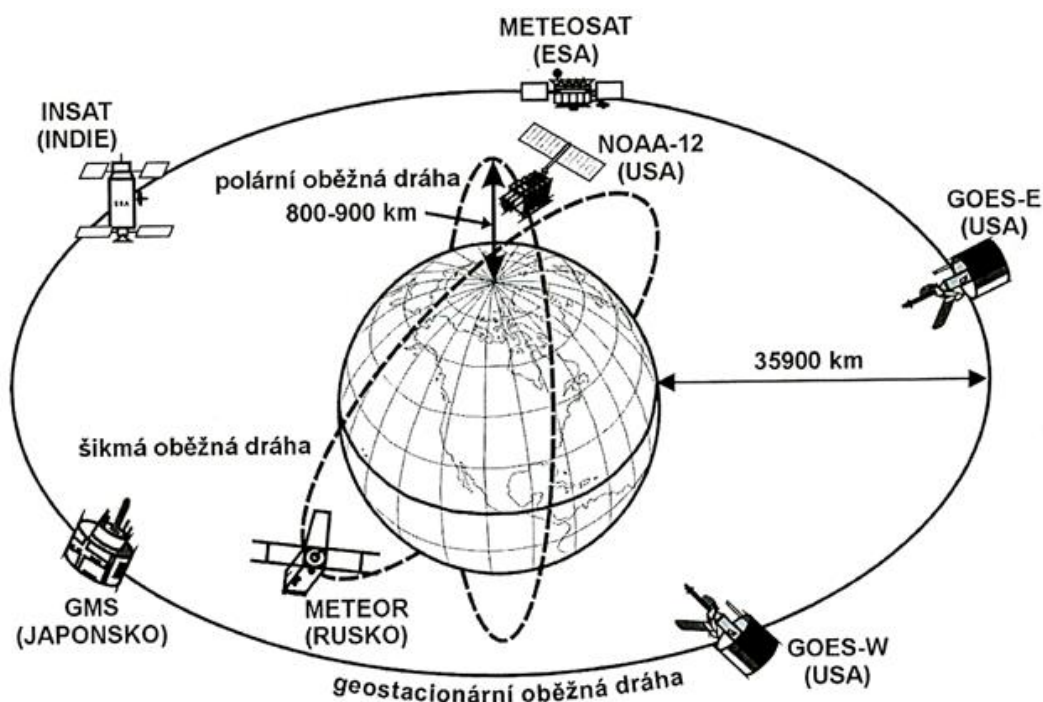
Ve čtvrté kapitole se již budu plně věnovat datovým zdrojům, kde každý sledovaný produkt podrobně popíši. Dozvíte se zde také, jak jsou konkrétní produkty v současnosti v praxi využívány.

V páté kapitole se zamyslím nad možnostmi využití dostupných dat v dopravě a nad přínosem pro FD ČVUT.

2 Technologie dálkového průzkumu země

První družicí, která byla v roce 1960 vypuštěna na oběžnou dráhu za účelem zkoumání meteorologických podmínek na Zemi, byla americká družice TIROS 1. Tehdy byl také poprvé pořízen snímek oblačnosti na naší planetě. Od té doby se dostalo na oběžnou dráhu Země celá řada satelitů, jejichž využití je různorodé. Za dob studené války je využívali Američané pro odposlouchávání východního bloku. V současné době jsou družice nepostradatelnou součástí moderního života na Zemi. Díky družicím můžeme sledovat televizi, komunikovat s rodinou na druhé straně planety nebo také, a tomu se zde budu věnovat nejvíce, sledovat meteorologické změny na Zemi. Dnes už je možné s pomocí dat z nejvyspělejších satelitů předpovědět počasí s vysokou spolehlivostí a včas tak informovat obyvatelstvo a příslušné organizace o blížícím se nebezpečí. Všechny tyto procesy jsou podporovány tzv. Meteorologickými satelity.

Meteorologické družice dělíme do dvou hlavních skupin. Družice geostacionární a polární [2]. Na obrázku 1 je schéma popisující rozmístění jednotlivých satelitů kolem planety Země. Je zde patrný základní rozdíl mezi polárními a geostacionárními družicemi. Samozřejmě se jedná pouze o ilustrativní obrázek a je zde znázorněno opravdu jen nepatrné množství družic. Celkově jich na oběžné dráze rotuje mnohonásobně víc. Proces distribuce dat z družic je znázorněn obrázkem 4 a popsán níže.



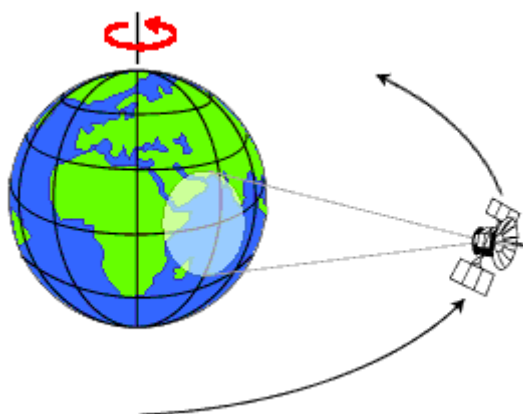
Obrázek 1 – Schéma orbitálních drah družic

Zdroj: https://is.muni.cz/do/rect/el/estud/pdf/ps14/fyz_geogr/web/pages/01-uvod.html

2.1 Geostacionární satelity

Geostacionární družice na obrázku 2 se pohybují ve výšce cca 36 000 km nad Zemí. Pohyb v této výšce způsobí, že se družice pohybuje stejnou rychlostí, jako planeta Země. Je tedy schopna sledovat planetu v reálném čase. Stacionární družice je umístěna nad určitým bodem rovníku a dokáže snímat zhruba třetinu zeměkoule. Pro snímání celé planety je tak třeba tří a více družic. Jedinou nevýhodou těchto satelitů je, že jejich rozsah nezachytí polární oblasti a je tedy nutné používat i polární satelity. Geostacionární satelity jsou rovněž neustále přitahovány gravitačním polem naší planety a je potřeba jejich pohyb korigovat motory, tak aby se příliš nepřibližovaly k Zemi. Pokud je nějaká družice již zastaralá, zajistí se její řízený sestup na nižší dráhu, kde ji pohltí atmosféra. Tam družice shoří [1] [2].

Geostacionární družice využívají USA (družice – GOES), evropský EUMETSAT (Meteosat - MSG), Japonsko (MTSAT), Rusko (GOMS) nebo Čína (Fengyun-2). [3] Všechny tyto družice produkují data pro potřeby svých teritorií, a graficky jsou znázorněny na obrázku 1.

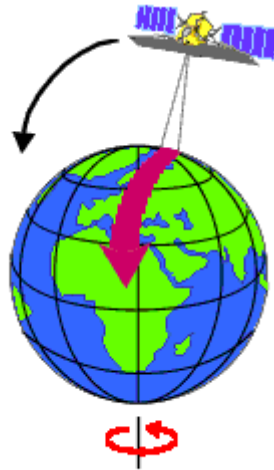


Obrázek 2 - Geostacionární družice

Zdroj: <http://metmladez.wz.cz/metdeti/i17.html>

2.2 Polární satelity

Polární satelity na obrázku 3 se na rozdíl od geostacionárních družic pohybují jen ve výšce 700 – 900 km nad zemí. Jejich hlavní výhodou je, že dokáží snímat celou Zemi a není jim potřeba takové množství jako těch geostacionárních. Nejsou ovšem schopny planetu snímat v reálném čase. Doba oběhu daného satelitu je zhruba 100 minut a za jeden den tak přelétne 4 krát nad jedním místem.



Obrázek 3 – polární družice

Zdroj: <http://metmladez.wz.cz/metdeti/i17.html>

Nejznámějšími polárními satelity jsou americké družice NOAA, evropský Metop, ruský Meteor a čínský Fengyun – 1 [3]. Konkrétně americká NOAA využívá několik polárních satelitů, které při severojižním oběhu snímají naši planetu. Tyto satelity jsou schopny podávat informace o povrchu, o oblačnosti nebo dopadajícím záření od Slunce.

Tyto satelity nám poskytují data, díky kterým můžeme sledovat různé klimatické změny. Data jsou dodávána buď v reálném čase jednou za hodinu, anebo jen jednou za den. V reálném čase jsou nám geostacionárními družicemi dodávána data, díky kterým můžeme sledovat vše, co se děje právě na konkrétním místě a v konkrétním čase. Například pro předpověď počasí jsou tato data naprosto nezbytná. Abychom dokázali předpovědět pohyb oblačností, teplých nebo studených front, musíme mít přehled o tom, co se právě teď odehrává na naší planetě. Na druhou stranu data, která se nevyplatí vyhodnocovat tak často, se dodávají jen jednou za den. Například celkové množství srážek na jednom místě, výkon vegetace nebo teplota moří.

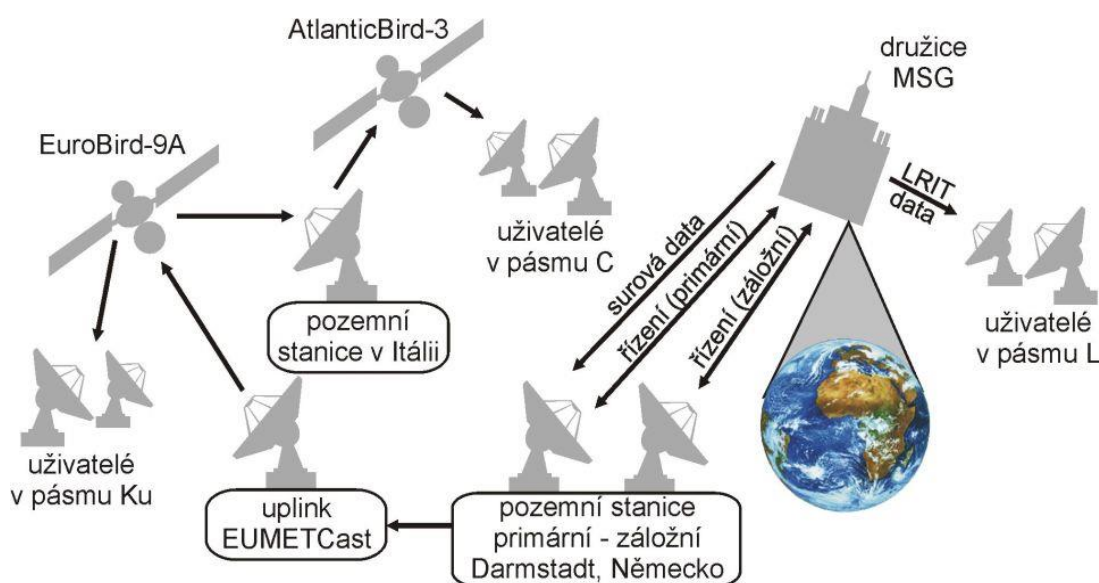
2.3 Meteosat druhé generace - MSG

Geostacionární družice MSG (Meteosat Second Generation) jsou umístěny na poledníku 0° a na $9,5^\circ$ v.d. a žádná fronta nebo vytvoření hurikánů jí už dnes neunikne. Díky těmto vlastnostem dnes zachráníme tisíce životů, protože dostaneme od příslušných orgánů včasné varování a obyvatelé možných postižených oblastí mohou být evakuováni, nebo alespoň lépe připraveni na nejhorší. Program MSG dnes zahrnuje celkem 4 satelity – Meteosat 8,9,10 a 11.

Hlavním nástrojem MSG je nástroj SEVIRI, jehož volný překlad je rotující zdokonalený infračervený pořizovač snímků. Jeho úkolem je pořizovat snímky Země v 11 úzkopásmových

spektrálních kanálech a jednom širokopásmovém s vysokým rozlišením. Všechny tyto kanály fungují na vlnové délce v rozsahu od 0,56 μm do 14,40 μm [4]. Díky těmto kanálům můžeme sledovat různé meteorologické stavy na naší planetě. SEVIRI je umístěn v ose družice, váží cca 260 kg a v průměru má 1 m. Například v leteckém průmyslu jsou pozorovány situace jako tvorba mlhy nebo množství prachu ve vzduchu (při erupci sopky), tedy informace naprosto nezbytné pro letecký provoz. Jakmile se například v okolí letišť kvůli mlze sníží viditelnost, přistání na přistávací dráze se stává obtížnějším a tento manévr s sebou přináší řadu rizik. V roce 2010, kdy vybuchla islandská sopka a zastavila provoz na letištích po celé Evropě, se situace sledovala mimo jiné satelitními snímky z tohoto nástroje. [5] Dalšími pozorovanými parametry nástrojem SEVIRI jsou:

- Teplota zemského povrchu
- Sníh a oblačnost
- Hladina ozónu v troposféře
- Rozlišení mraků
- Pozorování oblačnosti



Obrázek 4 – zjednodušený model snímání družicí MSG a přenosu dat k uživatelům

Zdroj: http://www.urel.feec.vutbr.cz/MSDS/index.php?page=digital_info

Všechna tato data jsou na ČVUT dostupná a máme tak možnost je všechna získat, zpracovávat a následně vyhodnocovat. Na obrázku 4 vidíme zjednodušený model přenosu dat z družice MSG. Družice MSG nám ve většině případů dodává data každých 15 minut. Tato data jsou přijímána na pozemní stanici, která má sídlo v německém Darmstadtu. Následně tato data poskytuje prostřednictvím serveru EUMETCast přes satelity jako např. EuroBird – 9A. Uživatelé se k nim potom dostanou ve třech pásmech – Ku, L nebo C.

3 Rešerše zdrojů satelitních dat

Rešerši jsem zpracovával společně s kolegou Janem Červeným ještě předtím, než jsem si toto téma zvolil jako téma mé bakalářské práce. Úkol zněl, plně zanalyzovat server GEONETCast, ke kterému jsme jako studenti ČVUT získali přístup. I přes počáteční zaškolení panem Fuglíkem a úvodní přednášku, které jsem se zúčastnil, jsem byl bezradný. Vůbec jsem z počátku netušil, jak s tímto serverem pracovat a co mi vlastně nabízí. Když jsem do tohoto programu vstoupil, měl jsem za to, že okamžitě uvidím nějaká data, se kterými budu moci pracovat. Otevřel jsem si pár zdrojů dat, u kterých jsem zřídka kdy věděl, co vlastně obsahují, a doufal jsem, že narazím na záznam v podobě obrázku či animace, který by mi při rozboru tohoto serveru napověděl. To se bohužel nestalo.

Práci jsme si s kolegou Červeným rozdělili na dvě poloviny. Datových zdrojů bylo celkem 439, tedy každý měl za úkol projít polovinu, tedy zhruba 220. Jako základní kritérium pro výběr konkrétního zdroje jsme si zvolili podmínku, aby se daný produkt soustředil buď na celý svět, nebo Evropu. Dále jsem musel ovšem také posoudit zda jsou dané produkty vůbec použitelné. Některé z nich například nebyly ještě v provozu nebo k nim prostřednictvím serveru EUMETCast nebyl přístup. Rovněž jsem z překladu informací o produktu popsal jeho základní charakteristiku. Dále jsem se věnoval tomu, v jaké četnosti jsou nám data daného produktu dodávána. Tato základní kritéria jsem zhodnotil, vybral daná data, která těmto kritériím odpovídala a vložil je do přehledné tabulky (viz příloha 1 - rešerše dat GEONETCast). Celkem jsme s kolegou Červeným vybrali 196 produktů, které splňovaly základní kritéria zmíněná výše. Po vložení dat do tabulky jsem podle vlastního uvážení rozhodoval, jestli je daný zdroj dat využitelný v dopravě a příslušná data jsem označil zelenou barvou, jak je vidět v tabulce 1.

Tabulka 1 - příklad z rešerše dat GEONETCast

Category/Social Benefit	Název	Provider	Popis	Použití v dopravě	Četnost snímů	Pokrytí	Stav
Weather	ATMS Regional Data Service - Suomi-NPP	EUMETSAT	Teplota a vlhkost vzduchu, přepověď počasí	Informace, statistika, bezpečnost	40 denně	Severní polokoule	?

Tímto byl úkol rešerše splněn a já se následně rozhodl, že se tomuto tématu budu věnovat i v bakalářské práci. V tu dobu jsem ještě neměl tušení, jak je práce s daty náročná a tak jsem si stanovil různé cíle, kterých jsem chtěl dosáhnout. Ovšem časem se ukázalo, že tyto první cíle jsou naprosto nereálné. Předpokládal jsem, že u jednotlivých produktů jsou ať datové, nebo grafické výstupy snadno k nahlédnutí. Myslel jsem si, že získat takový výstup nemůže být nic složitého. Bohužel jsem se mýlil. Vůbec jsem nevěděl jak se k datům dostat a postupem času jsem z toho byl čím dál tím víc frustrovaný. K problematice není dostatek literatury a jen těžko se získávaly informace od lidí, kteří již s takovými daty pracují. Nedařilo se to hodně dlouhou dobu. Několikrát jsem i koketoval s myšlenkou, že bych snažení na této práci zanechal

a začal pracovat na něčem jiném.. Hlavním problémem byl fakt, že jsem v tomto tématu neviděl žádný další možný postup. Vedením katedry mi bylo tedy nabídnuto několik jiných variant, na kterých bych mohl pracovat. Zároveň jsem si ale stále uvědomoval, že by byla škoda takovou příležitost hodit za hlavu, právě proto, že se jedná o novou technologii na ČVUT a mohl bych být jedním z mála, komu se v této oblasti otvírají dveře poznání. V prosinci 2016 jsem se opět sešel s panem doktorem Fuglíkem na Akademii věd České republiky a seznámil ho s tím, jak jsem se zpracování tématu pokročil, jaké jsou moje největší problémy a jaké jsou moje plány pro budoucí práci s těmito zdroji dat.

3.1 Práce s datovými zdroji

Na základě několika rad doktora Fuglíka jsem následně začal usilovat o to, abych došel k nějakým konkrétním výsledkům či závěrům, neustále jsem procházel server GEONETCast a metodou pokus/omyl jsem se snažil něčeho dosáhnout. Začal jsem systematicky vyhledávat návody na internetu. Bohužel jsem ani takto žádného velkého pokroku nedosáhl a stále jsem nezískal dostatek informací k tomu, jak snadno data stahovat a následně s nimi pracovat. Časem jsem přece jen pokročil a získal od pana Fuglíka instrukce pro přihlášení do databáze dat. Tehdy jsem si stáhl první data z datového zdroje, který jsem si už dříve náhodně vybral v rámci rešerše. V tu chvíli jsem se ani tak nevěnoval tomu, o čem budu bakalářskou práci psát, ale mým hlavním zájmem bylo vidět konečně nějaké výsledné zobrazení čehokoliv.

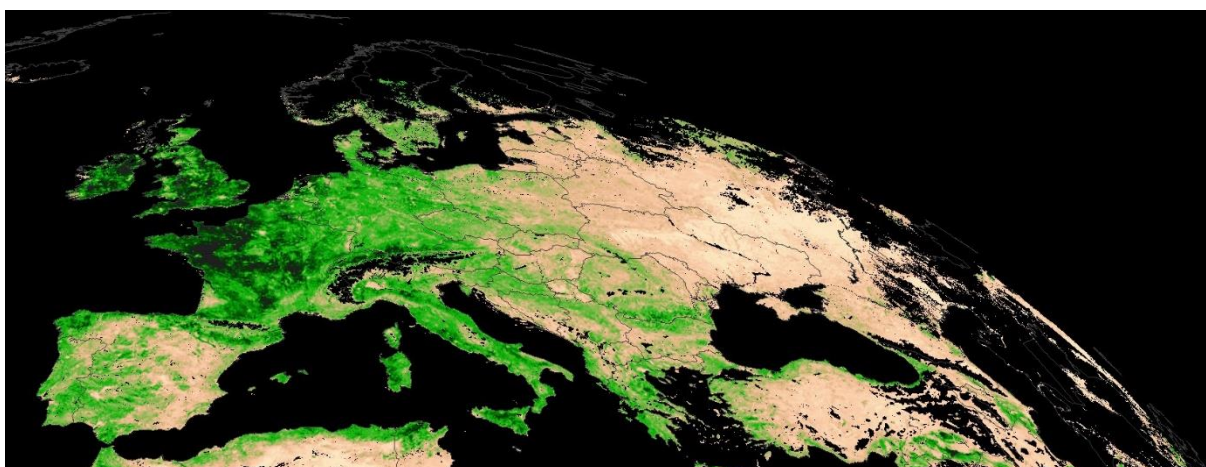
Po další návštěvě na AV ČR mne pan doktor Fuglík nasměroval, kde hledat zobrazovací aplikace získaných dat, takzvané „viewery“¹ dat. Tehdy jsem poprvé pochopil, jak celý systém funguje. Zjistil jsem, kde je možné hledat pomoc a poté už šlo vše poměrně snadno, i když mým výstupem byla jen jednoduchá zobrazení. V tu chvíli jsem se na výstupy rešerše začal již dívat úplně jinak a nevybíral jsem si data podle toho, co mi zprostředkují, ale podle toho která organizace je poskytuje a také samozřejmě v jakém formátu jsou distribuována. Pro budoucí práci s daty bylo zjištění těchto atributů naprosto zásadní. Existují totiž i typy dat, které systém poskytuje v takovém formátu, pro které dosud nejsou dostupné prohlížeče. V takovém případě i zkušenému programátorovi, který se v této problematice věnuje, zabere alespoň dva týdny práce, než se vůbec dobere k nějakému základnímu výsledku. Je tedy nutné hledat a zjistit si všechny potřebné informace o tom, v jaké formě nám data přijdou a jak je zpracovat. Jaká data je třeba si vybírat a podle jakých kritérií je zvolit, popíši v kapitole 4.

S datovými zdroji se mi po pár měsících zkoumání pracuje poměrně dobře a už vím, kde hledat. Objevil jsem několik nástrojů pro zobrazování dat a také jsem se konečně se dočkal

¹ Viewer. Tzv. zobrazovač dat, který nám vizualizuje data. Např. GRIB Viewer nebo HDF Viewer

reálného vykreslení konkrétního snímku družice MSG. Byla to neobyčejná radost a hned jsem začal hledat další možnosti a snažil se otevírat další a další zdroje dat.

Na obrázku 5 je k nahlédnutí první obrázek, který jsem zpracoval. Jedná se o zdroj dat z LSA SAF (viz. EUMETSAT – LSA SAF). Tento zdroj nám poskytuje data o výkonu vegetace. Popravdě, ani nevím, proč zrovna tento snímek byl mým prvním, který jsem dokázal zobrazit. Po několika měsících hledání nějakého souboru, který bych dokázal otevřít, jsem ale byl neskutečně šťastný, že vidím takto zajímavý snímek. Tento zdroj dat si ukládám dodnes.



Obrázek 5 - můj první zpracovaný obrázek

Zdroj – HDF Viewer

3.2 Organizace zprostředkující datové zdroje

Organizací, přes které jsou data zprostředkovávána, je opravdu velké množství. Potenciální zájemce o tato data je dostane ve většině případů zdarma a může s nimi nakládat dle svého uvážení. Samozřejmě je na každém, kterou organizaci si pro svoji práci zvolí. Pro obyvatele Evropy se nabízí využívat data evropské organizace EUMETSAT, případně také americké NOAA. Tyto dvě organizace jsou u nás také nejvyužívanější a budu se jim věnovat i já v této práci.

3.2.1 EUMETSAT

Organizace EUMETSAT, sídlí v Darmstadtu nedaleko Frankfurtu nad Mohanem. Je to organizace, která pracuje nepřetržitě, a aktualizovaná data jsou nabízena 24 hodin denně. Tato organizace byla založena v roce 1986. Česká republika se stala jejím členem v roce 2010 a zastupuje ji Český hydrometeorologický ústav. Dnes do organizace EUMETSAT patří téměř všechny evropské státy včetně Turecka, ale zastoupeny zde nejsou státy bývalé Jugoslávie, Ukrajiny a Běloruska. Členů je tedy celkem 26. Historicky jako první byl, v 70. letech, spuštěn program nazvaný Meteosat. Tento program měla na starost společnost ESA. Jakmile program

Meteosat – 1 zaznamenal svoje první úspěchy a prokázal svoji spolehlivost a také svoji nepostradatelnost, byla založena společnost EUMETSAT, aby převzala kontrolu nad programem Meteosat a řídila jeho rozvoj. Prvním programem firmy EUMETSAT byl tzv. MFG – Meteosat First Generation. Ten začal pracovat v roce 1977, kdy byla vypuštěna první družice Meteosat – 1 a skončil v roce 1997, kdy byla vypuštěna družice Meteosat – 7. [6]

Družice, které jsou dnes nejvíce využívány a které nám poskytují nezbytné informace, jsou generačně nejnovější družice MSG. Jsou celkem 4, Meteosat 8, 9, 10 a 11. [7] Vzhledem k tomu, že tato organizace má dlouhou praxi a jejími členy jsou nejvyspělejší státy Evropy, je zřejmé, že i data, která tato organizace produkuje, jsou nejspolehlivější. Při tvorbě rešerše jsem nevynechal jediný produkt, který je zprostředkováván organizací EUMETSAT. Data dodávaná novým systémem jsou v běžných formátech, to usnadňuje práci firmám i řadě nadšenců. Díky tomu již existuje spousta návodů a manuálů jak s daty pracovat, také prohlížečů – tzv. „viewerů“, které pomáhají data zobrazovat atd.

Meteosat druhé generace nám skutečně poskytuje nebývalou škálu možností, jak sledovat změny klimatu, počasí a řady přírodních jevů. EUMETSAT spravují tzv. SAFs, které nám umožňují lépe sledovat daná odvětví klimatologie a meteorologie. Jednotlivé orgány EUMETSAT se soustředí na danou oblast výzkumu. Všechny tyto SAFs využívají data od EUMETSAT přijatá, jak z geostacionárních tak z polárních satelitů. Dnes je těchto orgánů vytvořeno celkem 8 a každý z nich je v jiné fázi vývoje a věnuje se jinému odvětví. Všechny orgány EUMETSAT jsou stručně popsány níže [8].

- NWC SAF – The SAF on Support to Nowcasting and Very Short Range Forecasting – Podpora a výzkum krátkodobé předpovědi počasí až na 12 hodin. Slouží pro včasné varování obyvatel před blížícím se nebezpečím jako tornáda, hurikány atd.
- OSI SAF – The SAF on Ocean and Sea Ice – Výzkum moří, oceánů a zalednění. Více než dvě třetiny naší planety jsou pokryty právě oceány a je tudíž potřeba i toto odvětví bedlivě sledovat. Informace o mořských proudech, teplotě moří a o počasí nad oceány jsou důležité pro zjištění vlivu na znečištění Země. Tyto informace jsou také zásadní pro různé sektory průmyslu. OSI SAF pracuje jak na regionální, tak i na globální úrovni.
- CM SAF – The SAF on Climate Monitoring – Sledování změn klimatu. V posledních desetiletích jsou změny klimatu velmi probírané téma, a tak není divu, že se zřídil výzkumný tým i pto tuto oblast. Zde se soustředí na dlouhodobý výzkum skleníkových plynů atd.
- NWP SAF – The SAF for Numerical Weather Prediction - Numerická předpověď počasí – využití velmi výkonných počítačů pro předpověď počasí až na 10 dnů. Poskytuje řadu nástrojů pro využití těchto dat.

- LSA SAF – The SAF on Land Surface Analysis – Analýza povrchu Země. Informace jako teplota povrchu, výkon vegetace, schopnost odrážet záření nebo pokrytí sněhem, jsou nezbytné pro modelování a simulaci počasí, klimatu, předpovědi, analýzy přírodních katastrof nebo monitoring ekologických a vodních systémů.
- O3M SAF – The SAF on OZONE and Atmospheric Chemistry Monitoring – Sledování Ozónu a vrstev atmosféry. Sledování vrstev ozonu je podstatné pro život na Zemi. Především v létě, kdy je vrstva ozonu nižší, se musí lidé chránit před přímým slunečním zářením. V poslední době byl zaznamenán velký úbytek ozónu nad severní polokoulí, což má za následek vzrůst počtu onemocnění rakovinou kůže nebo problémy se zrakem.
- GRAS SAF – The SAF on Global Navigation Satellite System (GNSS) Receiver for Atmospheric Sounding Meteorology – nástroj, který je na družici METOP, který využívá rádiové signály, kterými doručí data o tlaku, vlhkosti nebo teplotě. Tato data pak poskytuje NWP SAF pro numerické predikce.
- H SAF – The SAF on Support to Operational Hydrology and Water Management – Výzkum hydrologie a vody. Soustředí se na výzkum a dodání geofyzikálních produktů, které se týkají srážek, vlhkosti půdy, sněhu a využití těchto podkladů v modelech a v NWP SAF.

Všechny orgány EUMETSAT nám dnes poskytují data, která jsou pro současnou dobu velmi potřebná. Například současné sílící debaty o suchu v ČR a o neschopnosti půdy zadržovat vodu jsou dokládány daty z H SAF. Díky H SAF je k dispozici velké množství dat, která slouží k analýze, a k návrhům možných opatření. Díky tomu mohou být výzkumy sucha snáze řešitelné a může dojít k rychlejším nápravám a přijetí konkrétních řešení, které poskytnou ochranu při současné změně klimatu. Běžný čtenář a divák v ČR se dozví všechny potřebné informace díky ČHMÚ, který vydává upozornění a výstrahy před nebezpečnými jevy. Například před velmi silnými dešti, silnými bouřkami či před vysokou hodnotou UV indexu. Dále denně informuje o hrozbě sucha, vlhkosti půdy nebo teplotě moří. ČHMÚ také poskytuje krátkodobou předpověď a vydává měsíční výhledy počasí pro celou ČR.

Tabulka 2 – přehled produktů z rešerše GEONETCast

Orgán	EUMETSAT	CM SAF	O3M SAF	H- SAF	LSA SAF	OSI SAF	NOAA	Zbytek
Počet zdrojů	72	2	5	13	12	25	17	50
Celkem	129						67	
	196							

Z tabulky 2 zjišťujeme, že hned 129 nám dostupných zdrojů dat pochází z EUMETSAT nebo od jimi spravovaných orgánů. Z celkového počtu 196 zdrojů nám tedy hned 66 % zdrojů spadá pod tuto organizaci a všechny tyto zdroje dat jsou dlouhodobě ověřené a v podstatě ihned připravené k použití. Dalším velkým zdrojem dat je americká instituce NOAA. Dle tabulky 2 nám nabízí celkem 17 zdrojů dat, tedy necelých 9 % z celkového počtu. Zbýlých 25 % dat patří ostatním zdrojům dat, které zprostředkovává přibližně 15 dalších organizací.

3.2.2 Národní úřad pro oceán a atmosféru – NOAA

Předmět činnosti této organizace je velmi podobný jako u EUMETSAT. Tato organizace především monitoruje oblast Severní Ameriky, v menší míře pak sleduje i ostatní kontinenty. Například při předpovědi počasí v České televizi můžeme každý den pozorovat snímky z polárních družic NOAA, které slouží především pro dlouhodobé předpovědi. Tato organizace využívá geostacionární satelity GOES. Jedná se o tři satelity (GOES – 13, 14 a GOES – 15), které jsou pro analýzy krátkodobých předpovědí v časovém horizontu do 6 hodin. NOAA dále vlastní 5 polárních satelitů (NOAA – 19, 18, 17, 16 a 15), které používá pro dlouhodobou předpověď.

Hlavním orgánem NOAA je NESDIS², ten eviduje a zpracovává obrovské masy dat, které následně zprostředkovává televizím společnostem, rádiím nebo soukromým subjektům. Všechna tato data jsou také poskytována vládním organizacím, jako například Ministerstvu zemědělství, Ministerstvu dopravy či Ministerstvu obrany. Díky stále novějším technologiím a vyšším spektrálním rozlišením je NESDIS schopen včas varovat před blížícím se nebezpečím. Například v období tornád nebo při zimních „blizardech“, kdy za jeden den napadne i 1,5 m sněhu. Těžko si lze dnes představit, že by občany USA nikdo neinformoval o blížícím se bouři takového rozsahu. Díky satelitům a jejich stále větší přesnosti snímání, se po varování od daných organizací může obyvatelstvo USA připravit na blížící se pohromu. [9]

² National Environmental Satellite, Data, and Information Service – Národní orgán pro satelity, data a informace

- **GOES – Geostacionární environmentální satelity**

Stejně jako u EUMETSAT, i GOES se jedná o geostacionární satelity, které se nachází přibližně ve stejné výšce nad Zemí (35 800 km). Tyto satelity absolvovaly několik fází vývoje. Poprvé byly vypuštěny v roce 1975. Dnes jsou na oběžné dráze tři a aktuálně jsou provozu satelity GOES – 13 (GOES – East), který je umístěn na 75° západní délky, a GOES - 15 (GOES -West), který je umístěn na 135° západní délky. Společně tak pokrývají plochu zhruba od 20° západní délky do 165° východní délky. GOES - 14 je připraven v záloze pro případ poruchy dvou zmíněných družic. [9]

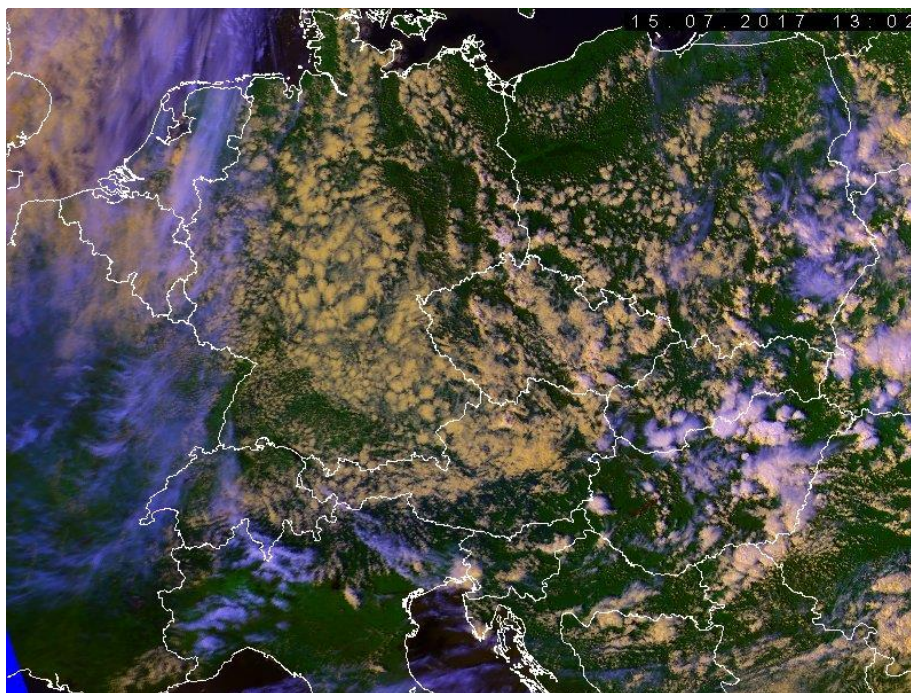


Obrázek 6 - GOES West a GOES East

Zdroj: <http://noaasis.noaa.gov/NOAASIS/ml/genlsatl.html>

- **Polární satelity TIROS -N (NOAA)**

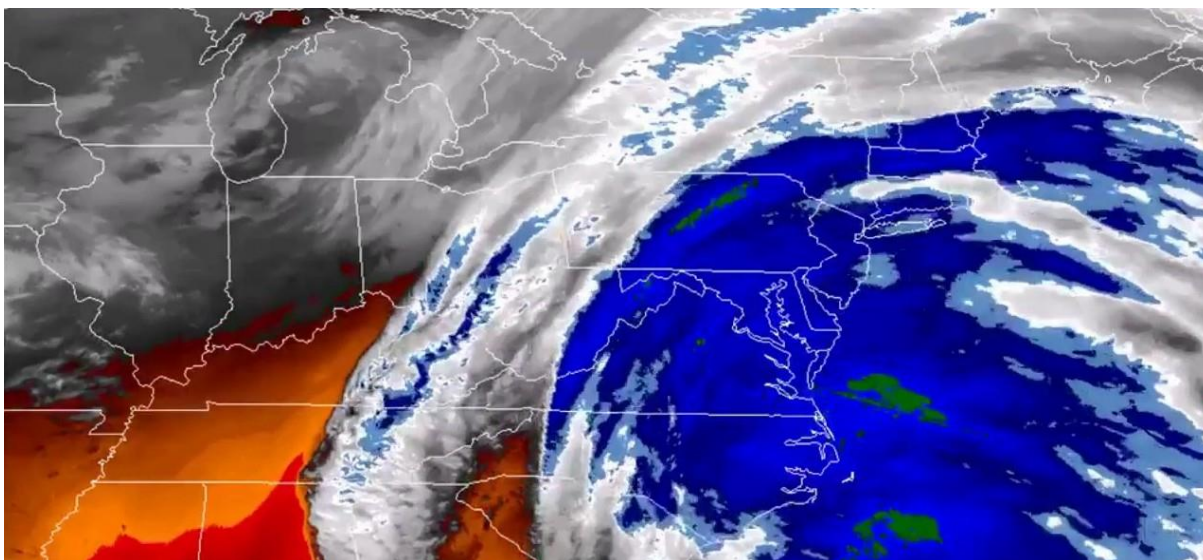
Satelity TIROS -N, neboli „Pozorovací infračervené televizní satelity“, obíhají ve výšce 830 - 870 km nad Zemí a dokáží pokrýt celý povrch Země, včetně obou pólů. Celá škála nástrojů těchto družic dokáže sledovat opět velký počet údajů o zemské atmosféře, povrch, pokrytí Země oblačností nebo intenzitu slunečního záření. Hlavním nástrojem je AVHRR – „Zdokonalený radiometr s vysokým rozlišením“, který zpracovává snímky ve velmi vysokém rozlišení. Díky tomuto nástroji je tato organizace schopna pozorovat například vývoj ozonové díry nad Antarktidou, která se zde pravidelně tvoří. [9]



Obrázek 7 - Snímek z polární družice NOAA 15.7.2017

Zdroj:

http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/sat/noaa_avhrr/201707151302_NOAA19



Obrázek 8 - březen 2017 - zimní bouře Stella -USA -družice NOAA

Zdroj: <http://time.com/4700653/winter-storm-stella-latest-location-update/>

4 Výběr a využití datových zdrojů v dopravě na základě rešerše

Na základě výstupů z rešerše jsem se postupně začal zabývat využitím dat a následně způsobem, jak s nimi nakládat. Při prohledávání informací na internetu jsem narazil na řadu datových zdrojů, které jsou již v dopravě využívány. Velké množství produktů z rešerše se týká vegetace a u těch je využití v dopravě poměrně komplikované. Využití dat je samozřejmě velice individuální a záleží na tom, co konkrétně chce uživatel sledovat.

Velmi zajímavý náhled na využití dat ze satelitů jsem získal při návštěvě Ministerstva dopravy. Zde se konala konference na téma aplikace dat ze satelitu Sentinel, jehož data jsou využívána společností GISAT. Celá přednáška se týkala využití surových dat z této družice. Tato firma nabízela sledování dopravních staveb, jako mostů či jiných konstrukcí, pomocí referenčních bodů umístěných na daném objektu. Pomocí těchto bodů je schopna sledovat možný pohyb staveb. Referenční body slouží jako odražeče. Když družice přelétá nad konkrétním místem, snímá a zkoumá odraz od těchto bodů a na základě získaných hodnot se vyhodnocuje případný pohyb konstrukcí. Lze sledovat i pohyby náspů či různých opěrných zdí. Jedná se především o sledování svislých pohybů konstrukcí, na pozorování vodorovných pohybů je potřeba korekcí, které se provádějí geodetickým měřením. Na tyto objekty se umístí odražeč a je zajištěna nepřetržitá kontrola pohybu. Při posunu dané konstrukce, v řádu mm je vydáno varování o případném nebezpečí. V ČR byly v roce 2016 umístěny referenční body na dálnici D1 v Ostravě pro sledování problematických mostů, které jsou v havarijním stavu.

Bohužel tato data nejsou v naší databázi dostupná a je nutné za ně data platit. Proto jsem je nemohl blíže ani studovat. Výše uvedená konference byla spíše orientovaná na investory, kteří vznášeli desítky dotazů na přednášející ohledně spolehlivosti této technologie. Než jsem na tuto konferenci zavítal, doufal jsem, že se bude týkat něčeho, co máme v naší databázi a co je distribuováno pomocí systému EUMETCast, bohužel to tak nebylo. I přesto bylo velmi zajímavé slyšet, co všechno je možné pomocí satelitů kontrolovat, posuzovat a jak se tyto technologie dají využít. Zjistil jsem, že systém EUMETCast, nabízí takováto data, která posuzují stacionární objekty, ale nelze jich již použít pro pohyb objektů v řádu desítek kilometrů, tedy sledovat pohyb dopravních prostředků. Ve velké míře zde máme zastoupena data týkající se meteorologie a klimatologie, která se v dopravě dají využít jen nepřímo. Avšak stále se najde řada zdrojů, které nám mohou poskytnout data vhodná pro využití v dopravě. V následujících kapitolách tyto zdroje rozeberu podrobněji.

4.1 Detekce aerosolu - Polar Multi-Sensor Aerosol Optical Properties -Metop

Data Polar Multi-Sensor Aerosol Optical Properties -Metop (dále jen PMAp) informují o prachu, sopečném popelu a také výšce mraků a jejich teplotě v téměř reálném čase. Data jsou dodávána 480 krát za den. Tyto parametry jsou snímány polární družicí Metop, která patří EUMETSAT, a jsou sledovány pomocí instrumentu AVHRR. PMAp pokrývá celou Zemi, tudíž je možno ho využít na všech kontinentech. Data jsou distribuována ve formátu netCDF.

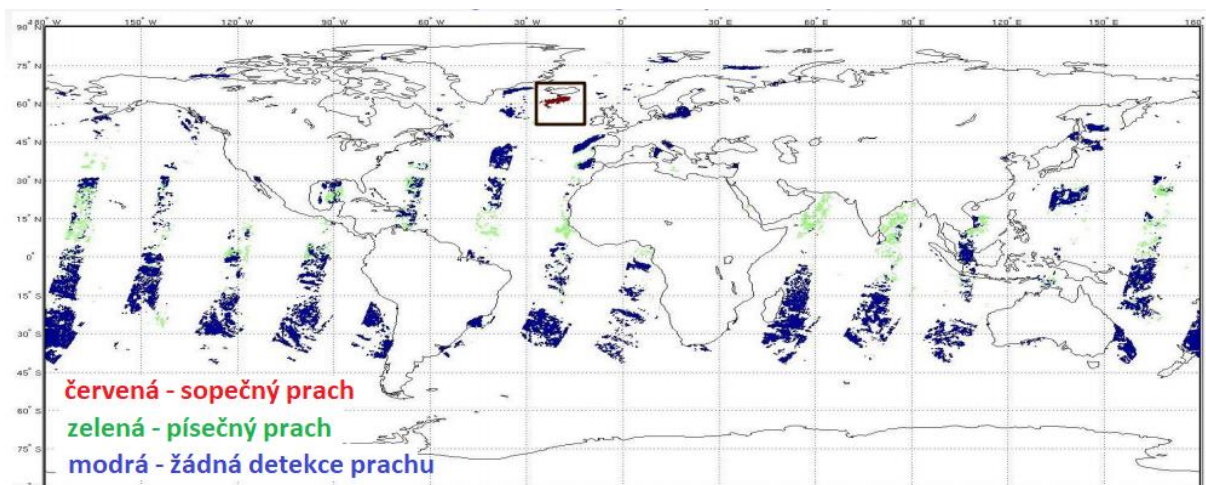
Na první pohled význam takových dat může být nedoceněn, ale několik informací může ozřejmit jejich velký význam. Proto malý vhled do historie. 24. června 1982 se letadlo společnosti British Airways č. 009, dostalo do situace, která změnila celé pojetí civilního letectví. Stroj, který letěl z anglického Londýna do australského Perthu s mezipřistáním v Kuala Lumpur, se dostal do vážných problémů, když se pohyboval nad ostrovy státu Indonésie. Piloti zpozorovali ve výšce 10 km záhadné světélkování kolem letadla, podobné jevu zvanému Eliášův oheň³, a postupně začali ztrácet tah všech 4 motorů. Na meteorologickém radaru se ovšem nic nezobrazovalo. V kabině měli cestující problémy s dýcháním, protože se klimatizací dostával do kabiny kouř, který podle cestujících a posádky připomínal zápach podobný pálícím se elektrickým obvodům. Po ztrátě tahu všech čtyř motorů, se přestal vyrovnávat tlak v kabině a musely být použity kyslíkové masky. Kapitán se rozhodl začít urychleně klesat, aby co nejméně ohrozil cestující a posádku. Jakmile se letadlo dostalo do nižších letových hladin, zhruba do výšky 4000 m. n. m., tak všechny motory naběhly a opět získaly tah a záhadná světélka zmizela. Pilot se rozhodl opět vystoupat výše, aby se vyhnul vysokým horám na cestě k nouzovému přistání v Jakartě. Hned poté, co se dostali do výšky cca 5000 m. n. m, záhadný světélkující jev se opět objevil a vysadil motor č. 3.

Pilotům se i přes velké komplikace nakonec podařilo v pořádku přistát. Povrch letadla byl silně poničen a ohoblován téměř až na kov. Po technické analýze a po prozkoumání motorů se přišlo na stopy po sopečném prachu v motorech. Po konzultaci s vulkanology se zjistilo, že v den, kdy bylo letadlo ve vzduchu, došlo k erupci sopky Galunggung⁴. Dým vystoupal až do výšky 15 km a vítr zavál tento prach přímo do oblasti letové dráhy. Meteorologický radar umístěný v letadle nedokázal tuto oblačnost snímat kvůli tomu, že sopečný prach je suchý a radar jej není schopen zachytit. Od tohoto leteckého incidentu, při kterém naštěstí nikdo nepřišel o život, začaly aerolinky, které operují v oblastech s vysokým rizikem výbuchu sopky, spolupracovat s odborníky, vulkanology. [10]

³ Eliášův oheň je elektrický jev generovaný bouřkou nebo sopečným popelem.

⁴ Sopka na ostrově Jáva

Po této nově zavedené spolupráci se začala v letectví používat satelitní data právě z družice Metop. Díky zkušenostem, které letecký průmysl získal v roce 1982, byly letecké společnosti připraveny na události z dubna a května roku 2010, kdy se probudila islandská sopka. V polovině dubna došlo k výbuchu islandské sopky Eyjafjallajökull a popel se kvůli nepříznivým povětrnostním podmínkám začal rychle šířit nad celou západní Evropu. Díky zpracovaným satelitním datům se okamžitě vydalo doporučení, dle kterého se měl zastavit provoz ve vzdušném prostoru nad zasaženými oblastmi.



Obrázek 9 - PMAp - 23. 5. 2011

Zdroj: http://www.wmo.int/aemp/sites/default/files/P-24_HOLMLUND.pdf

Na obrázku č. 9 vidíme červenou barvu, která znázorňuje přítomnost sopečného prachu při výbuchu islandské sopky Grímsvötn. Tento zdroj dat funguje jako multi –sensor, což znamená, že tento produkt využívá více instrumentů pomocí kterých, se dané parametry zjišťují. Aerosoly jsou částicové hmoty, které jsou nesený vzduchovými masami. Částice mohou být pevné nebo kapalné a velikost těchto částic se pohybuje mezi 0,05 μm a 100 μm . Tato rozmanitá velikost částic nám poskytuje mnoho možností, jak dané částice monitorovat. [11]

Sopečný prach se dostal díky proudění nad celou Západní Evropu a na pár dní zastavil provoz i na pražském letišti. Cesta do USA trvala místo 7 hodin, hodin 50, jelikož let musel být veden přes Afriku, Jižní Ameriku a až poté zamířil do Spojených Států. Výsledkem těchto erupcí bylo více než 67 000 zrušených letů, které se týkaly více než 5,5 miliónů lidí. Logicky došlo k velkým finančním ztrátám, které činily jen pro aerolinky více než 1,3 miliardy euro. [12] Poškozeno bylo také více než 90 letadel, která nechtěně proletěla tímto mrakem sopečného prachu.

4.2 Teplota povrchu země - Land surface temperature - LST

Tento produkt je také datovým zdrojem z EUMETSAT, konkrétně LSA SAF. Tedy sektor pro výzkum povrchu Země. Povrch je snímán každých 15 minut a data jsou dodávána ve formátu HDF5, který je vhodný pro začátečníka, jenž má v plánu s daty pracovat. Například vizualizační program HDFViewer od Davida Taylora je velmi užitečný a jednoduchý i pro naprostého laika. Tento produkt je velmi důležitý z hlediska fyzikálních vlastností Země, a to pro sledování procesů výměny vody mezi povrchem Země a atmosférou. Je užitečný pro výzkumné laboratoře, které se zabývají tvorbou meteorologických a klimatických modelů. Tento produkt je také velmi důležitý pro zjišťování tvorby mlh. Na základě velkých teplotních rozdílů je rozpoznáno, zda se na daném místě mohou následující den mlhy tvořit. Tuto vlastnost využívají především na letištích, kde je pro bezpečné přiblížení, přistávání a vzletání letadel, nezbytné, aby byly sledovány veškeré parametry, které by mohly ohrozit bezpečnost provozu a cestujících. [13] O tom, jaké následky může mít přítomnost mlhy na letišti, svědčí událost z roku 1977, kdy se na letišti na Kanárských ostrovech srazily na runwayi dva Boeingy 747. Tato největší letecká katastrofa v dějinách civilního letectví stála život 583 lidí.

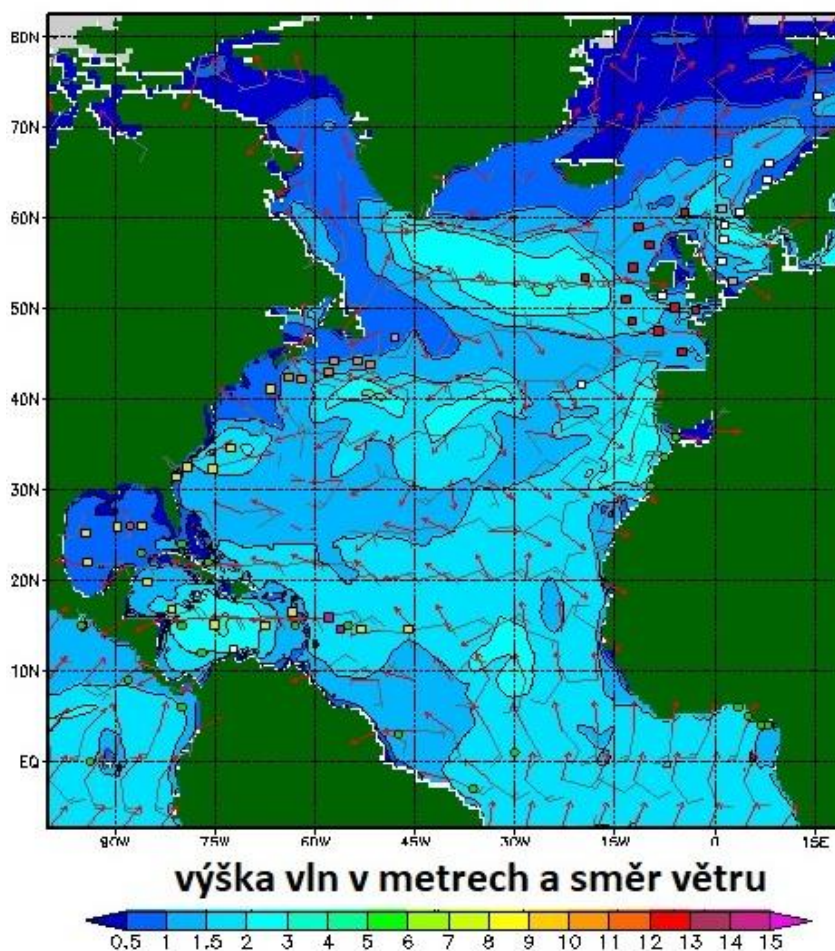
4.3 Anomálie hladiny moře - Sea Surface Height Anomaly - Jason-2

Umělá družice Jason - 2 se zabývá zkoumáním povrchu oceánů. Vzhledem k tomu, že povrch Země je ze 71 % pokryt oceánem a zhruba dvě třetiny obyvatel planety žijí v maximální vzdálenosti 60 km od pobřeží, jsou data z této družice důležitá pro velkou část populace. Oceány a moře nás ovlivňují skrze změny počasí a samozřejmě mají i velký vliv na námořní dopravu, která zajišťuje přepravu potravy, paliva a spotřebního zboží. Družice Jason - 2 je programem 4 organizací: NASA, NOAA, EUMETSAT a CNES. Všechny tyto organizace data zpracovávají a poskytují je dalším firmám. [14]

Co se týče tohoto produktu, jeho doslovný překlad zní: Anomálie výšky mořské hladiny. Družice zpracovává samozřejmě daleko větší množství dat, ale tento produkt jsem vybral, protože má naprosto zásadní vliv na lodní dopravu. V podstatě to znamená, že lodním společnostem a lodím samotným poskytuje informace o tom, jak vysoké vlny se na jejich plánované trase objevují. Data jsou dodávána 12 krát denně, tedy jednou za dvě hodiny, a jsou ve formátu netCDF. Družice je polární, tudíž pokrývá celou Zemi. [15]

Využití tohoto zdroje dat nám k nahlédnutí poskytuje například organizace NOAA.

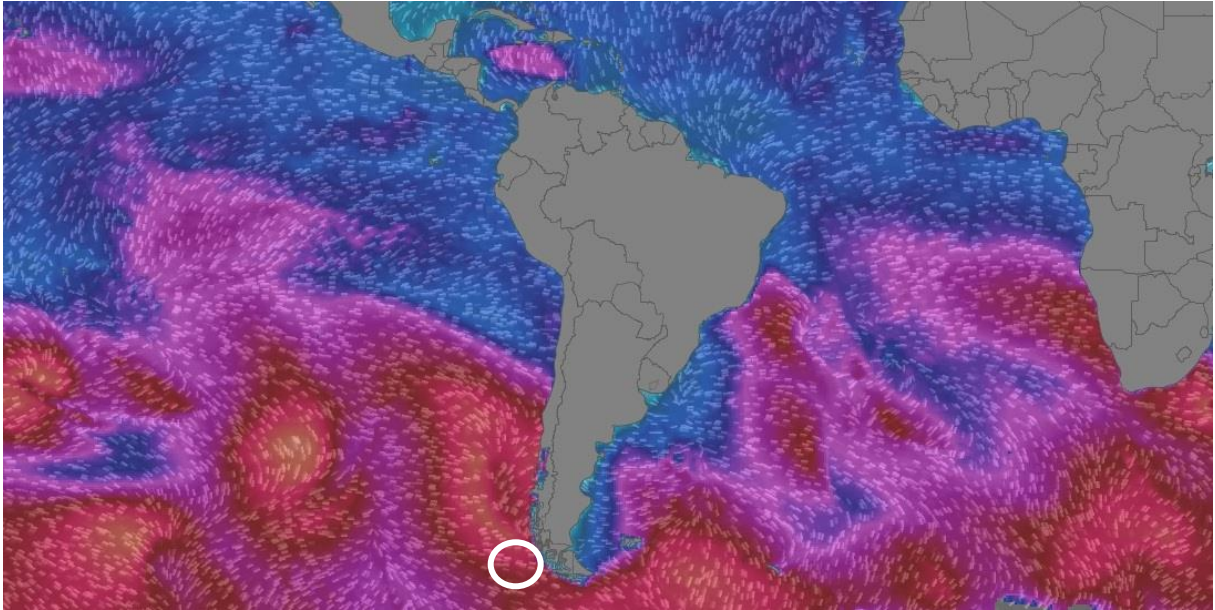
5.8.2017 - 20:00



Obrázek 10 - situace nad atlantským oceánem

Zdroj: http://polar.ncep.noaa.gov/waves/viewer.shtml?-multi_1-latest-hs-N_atlantic-

Na obrázku 10 můžeme vidět využití těchto dat v praxi. Zde nám model organizace NOAA nabízí k nahlédnutí situaci nad Atlantským oceánem. Vidíme zde směr větru, ale především výšku vln. K těmto datům mají lodě a lodní společnosti přístup a mohou tak lépe plánovat své trasy napříč oceány a moří. NOAA využívá tato data k tvorbě modelů a poskytuje předpověď na 144 hodin dopředu. Modelů je celkem 6 a každý zpracovává výstupy pro konkrétní část světa. Jelikož je družice Jason - 2 polární, je schopna poskytovat modely pro všechny moře a oceány.



Obrázek 11 - výška vln 8. 5. 2017 -14:00

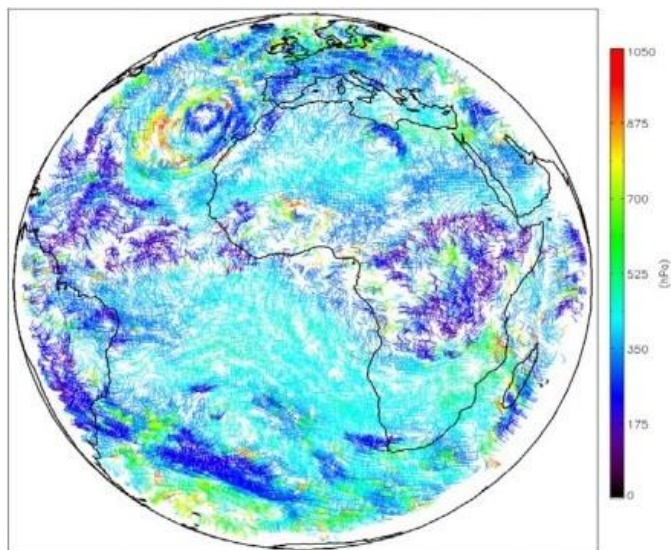
Zdroj: <https://www.windy.com/>

Další využití těchto dat můžeme posoudit i z aplikace Windy, která nabízí předpověď výšky vln a zároveň informace o směru a rychlosti větru. Tato aplikace poskytuje předpověď až na jeden týden dopředu, i když předpověď na takto dlouhou dobu dopředu není moc spolehlivá. Ideální je sledovat předpovědi jeden, max. dva dny dopředu. Na obrázku 11 můžeme sledovat, že u jižních břehů Jižní Ameriky je velikost vln velmi vysoká a vplutí lodí do těchto míst je opravdu velmi nebezpečné. Z obrázku 11 lze vyzorovat, že pro lodní dopravu je daleko bezpečnější využít při cestě z Tichého oceánu do Atlantského, Panamský průplav, jehož využití je sice podmíněno vysokými poplatky, ale není potřeba riskovat při cestě kolem mysu Horn (bílý kroužek) u Jižní Ameriky, kde vlny v danou chvíli (8. 5. 2017 -14.00) dosahují výšky až 6,5 metru.

4.4 Směr a síla větru - Atmospheric Motion Vectors -MSG

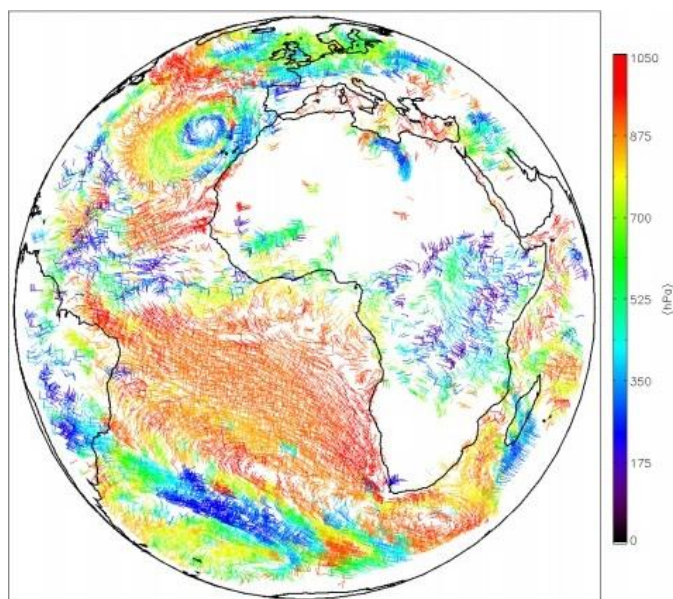
Atmospheric Motion Vectors (dále jen AMV) je produkt, který je denně využíván a letecká doprava je díky tomuto produktu bezpečnější. Družice MSG poskytuje data o síle větru každou hodinu a ve verzi Rapid Scan AMV jsou data k dispozici každých 15 minut. V této verzi je ovšem kapacita omezena na menší prostor a nejde tak využívat po celém území snímání družice MSG. Nicméně pro Střední Evropu je to výborný zdroj dat a tedy i vhodný způsob, jak zajistit maximální bezpečnost v letecké dopravě. Zdroj je složen z 5 kanálů, které jsou snímány nástrojem SEVIRI, a ty jsou poté složeny v 1 konkrétní produkt, který nám poskytuje data o síle a směru větru pod vrstvou tropopauzy. Data přicházejí ve formátu BUFR, který je velmi složitý na zpracování. Kvůli důležitosti monitorování síly větru, je k tomuto produktu několik dostupných manuálů, které popisují, jak vizualizaci provádět [16]. Podobných produktů je na

GEONETCast mnoho, tento jsem vybral z důvodu velkého množství kladně hodnocených odkazů popisujících jeho využití.



Obrázek 12 - kanál 5

Zdroj: AMV Product Guide.pdf



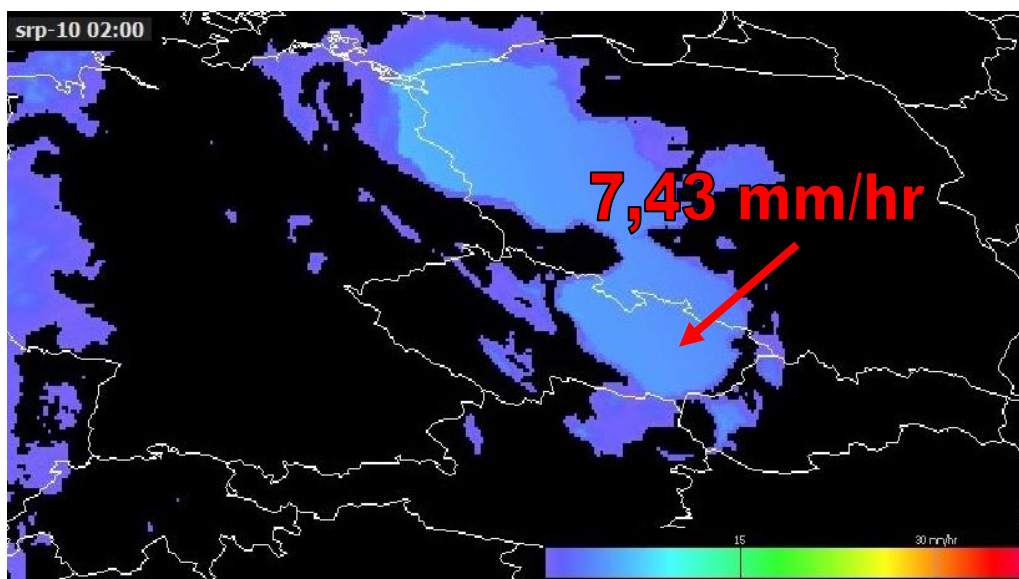
Obrázek 13 - kanál 2

Zdroj: AMV Product Guide.pdf

Na obrázcích 12 a 13 vidíme znázornění směru a síly větru v různých výškách, které zjistíme podle barvy, která udává sílu tlaku v hPa. Oba dva obrázky zachycují stejný čas různými kanály, které snímají pohyb vektorů v různých výškách, takže tímto můžeme snímat nebezpečné jevy jako je například stříh větru. Při tomto jevu dochází k opačnému směru větru v jiných výškách, což je velmi nepříznivá situace pro přistávání letadel. Tento produkt využívá i aplikace Windy.com zmíněná v kapitole 4.3.

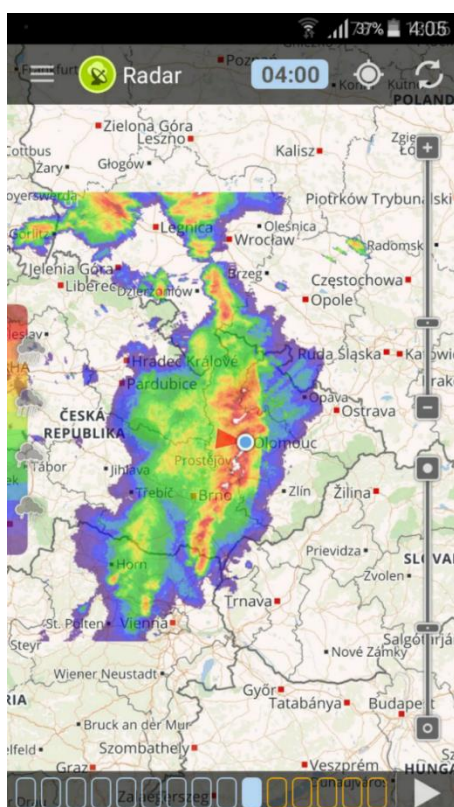
4.5 Porovnání dat z družice a z radaru

Porovnejme situaci z 10. srpna 2017 ve 4:00 ráno popsanou dvěma různými aplikacemi. Obrázek 14 pochází z družice MSG (čas 02:00 je zde protože je čas programem MSG Data Manager uváděn v mezinárodním čase UTC, pro Českou republiku platí v letním čase UTC + 2, v zimě UTC +1) a obrázek 15 je z mobilní aplikace Radar a zachycuje odrazy od mraků a srážek. Jak už jsem zmiňoval, MSG nám dodává data jednou za 15 minut a Radar nám zobrazuje snímky po 10 minutách. V tomto případě se data víceméně shodují. Ve stejný čas nám snímek ze satelitu ukazuje srážky v úhrnu 7,43 mm/hr a Aplikace Radar nám pro město Olomouc ukazuje bílou barvu, což odpovídá 100 mm/hr. Zde tedy dochází k poměrně zásadnímu rozdílu, kde se zjevují lokální a velmi intenzivní bouřky, které satelit z oběžné dráhy není v některých případech schopen zachytit. Zde by tedy bylo potřeba ověřit spolehlivost satelitních dat. Nicméně i v případě monitorování srážek radarem dochází k chybám. Velmi často se stává, že se objevují na místě, kde radar detekuje déšť v úhrnu 5 mm/h a přitom vůbec neprší.



Obrázek 14 - družice MSG, produkt MPE - situace v 02:00 UTC -> 04:00 SELČ

Zdroj: MSG Data Manager



Obrázek 15 – situace 04:00 SELČ

Zdroj: aplikace Radar

5 Výběr produktů využitelných v dopravě a návrhy využití satelitních dat v této oblasti

V této kapitole představím své návrhy na využití satelitních dat v dopravě, a to především v silniční dopravě. Na silnicích má na řidiče velký vliv počasí. Tento prvek výrazně ovlivňuje bezpečnost a plynulost provozu. Při nepříznivých podmínkách v zimě jako je silné sněžení nebo silný vítr je v mnoha případech výsledek vznik sněhových jazyků a závějů. Ty vystavují řidiče nepříjemným situacím, kdy mohou na komunikacích zapadnout atd. Naopak v létě jsou často silné deště doprovázeny bouřkami a krupobitím. V takových situacích dochází k nehodám, protože řidiči podcení situaci a nesníží dostatečně rychlost. V jarních nebo podzimních dnech je zase velkým rizikem tvorba mlh, které snižují viditelnost.

V současné době již máme k dispozici řadu informací, o počasí, teplotě, srážkách atd. Každá informace je ale dostupná jinak. Některé najdeme na internetu, některé nalezneme prostřednictvím aplikací v mobilním telefonu atd. Dostupnost a pohotovost takových informací je ale pro řidiče velmi těžkopádná a v provozu velmi těžko využitelná. Coby řidič si vždy při plánování cesty zjišťuji fakta o počasí předtím, než vyjedu. Hlášení v rádiu jsou sice zajímavá, ale meteorologické výrazy jako občasný déšť na většině území nebo sněhové přehánky na jihu země řidiči přesně neřeknou, kde se co děje. Když nastoupíme do auta a chystáme se na nějakou dlouhou cestu, tak nás samozřejmě zajímá, jaké je na naší trase počasí, abychom například nevjížděli do silných sněhových bouří nebo do míst, kde je velmi silný vítr.

Tabulka 3 - přehled produktů

Typ dat	Použitelnost v silniční dopravě	Dostupnost dat
Satelitní snímky oblačnosti	ano	ano
Detekce aerosolu	ano	ano
Teplota povrchu země	ano	ano
Anomálie hladiny moře	ne	ano
Směr a síla větru	ano	ano
Sledování srážek	ano	ano
Výkon vegetace	ano	ano
Vlhkost půdy	ano	ano
Sledování pohybu konstrukcí	ano	za poplatek
Sledování kvality osvětlení	ano	za poplatek

Z mého zkoumání dostupných dat vyplývá, že ne všechna data získávaná ze satelitů jsou pro naše účely použitelná. Vybral jsem tedy několik produktů, se kterými bych dále pracoval, ty jsou zobrazeny v tabulce 3.

S uvedenými daty již celá řada aplikací pracuje. Například aplikace windy.com, dostupné jak na Internetu, tak také pomocí aplikace na mobilním telefonu zpracovává řadu dat, která by šla ve vozidlech uplatnit. Sleduje srážky, rychlost větru, sněhovou pokrývku nebo teplotu. Podobně například mobilní aplikace Radar, nám zobrazuje nynější situaci nad Českou republikou. V současnosti si tedy může každý řidič zanalyzovat situaci na plánované trase, kterou chce absolvovat. Není ale vhodné, aby řidič sledoval takové aplikace při řízení.

Pro řidiče je důležitý způsob předání informací, bezpečnou formou, během jízdy. Vizualizace či jiná grafická znázornění nejsou vhodná, protože snižují řidičovu pozornost při řízení. Naopak jako bezpečnější, se jeví předávání informací v hlasové formě. Tohoto způsobu předávání informací v současnosti, využívají pouze navigační systémy. Jiné aplikace zaměřené na počasí, které mohou hlasovou informaci předávat, nejsou. Proto vidím jako jednu z možností, vývoj konkrétního produktu, konkrétně mobilní aplikace, která by dokázala zpracovávat příchozí data a zpracovávat je do hlasové formy. Například by měl řidič nastavený plán cesty na navigaci a souběžně by mobilní aplikace hlásila například „pozor blížíte se do oblasti přívalových dešťů“. V budoucnu bude pravděpodobně možné takové aplikace nainstalovat přímo do palubního počítače v automobilu.

Problémem je, že většina vozidel nedisponuje připojením k internetu a nemají tak žádnou možnost data získávat nebo řidičům poskytnout náhled některých vhodných aplikací. To už ale za pár let nemusí platit, a zde se nabízí obrovská možnost, jak satelitní data provázat s osobními nebo nákladními vozidly. Dnes firma Audi a Volvo zkouší nový koncept, tzv. Android Auto. To znamená, že veškeré vymoženosti chytrých telefonů nám bude moci v budoucnu poskytnout tzv. chytré vozidlo. Pro vývojáře je dobrou zprávou, že už nebudou muset vyvíjet žádné nové aplikace pro další platformy, protože toto prostředí je plně kompatibilní s mobilními verzemi androidu. [17]

Dle mého názoru se jedná o nevyhnutelnou modernizaci a spoustu lidí by ji bezpochyby uvítalo. Z dostupných informací víme, že aktuálním plánem této technologie je zatím ovládní hudby z velmi populární aplikace Spotify nebo zviditelnění aktuální komplikace na naší trase dle Google Maps, jak je tomu nyní na telefonech. [17] Z pohledu bezpečnosti se zatím neočekává, že by se například tento systém mohl využívat pro sledování TV, zpravodajství, přímých přenosů sportu, zpravodajství nebo čehokoliv jiného, co by řidiče rušilo a ovlivňovalo jeho pozornost. Nicméně pro jednoduché zobrazení satelitních dat, nebo hlasové informace, které by varovaly řidiče při jízdě je projekt, který má dle mého názoru velký potenciál.

Koncept Android Car by určitě mohl využít dostupnosti těchto dat a informovat tak řidiče o tom, zda se blížíme do míst, kde právě prší či sněží. Pro poskytování těchto informací by mohla

sloužit aplikace s pracovním názvem PCM – Precipitation in Car Monitoring (Monitoring srážek v autě). Tato aplikace by byla plně provázána s palubním počítačem v automobilu a byla by aktivní vždy, když by byla spuštěna navigace, která by řidiče naváděla na určité místo.

Dále se budu věnovat detailně jednotlivým produktům, u kterých jsem posoudil, že jsou v oblasti dopravy využitelné.

5.1 Sledování srážek - Multi -Sensor Precipitation Estimate (GRIB) - MSG

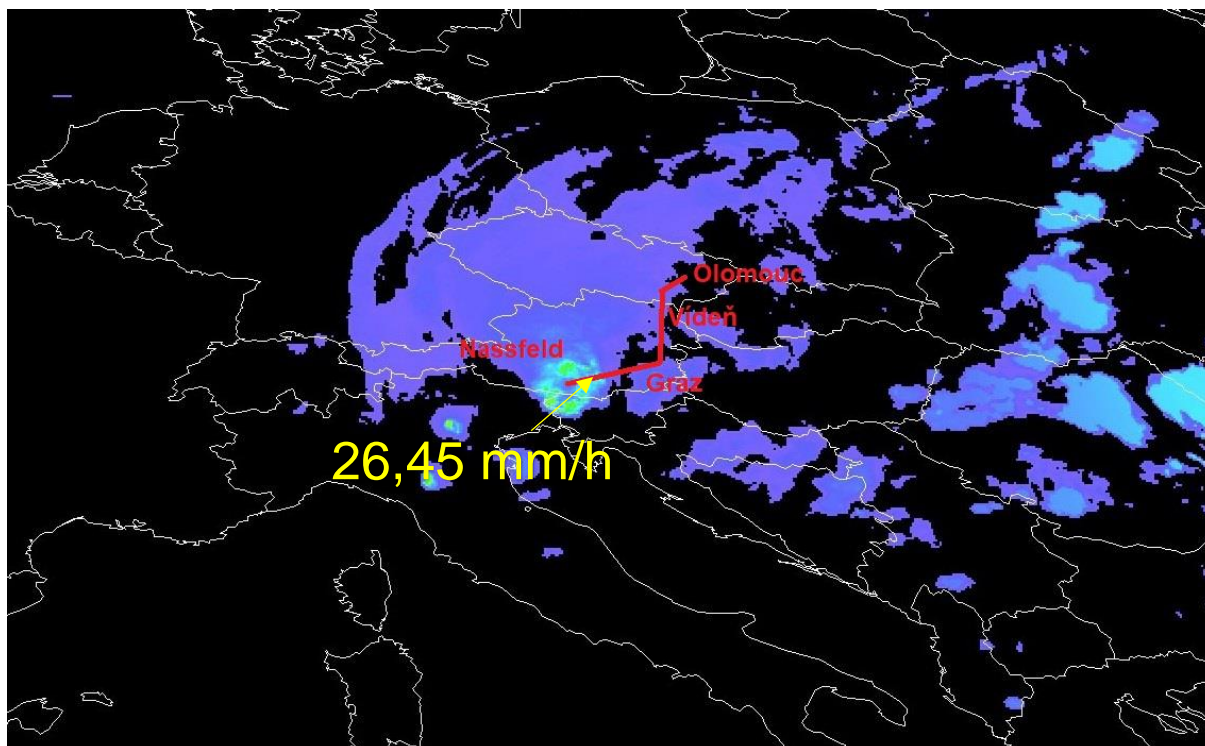
Díky datovému zdroji Multi -Sensor Precipitation Estimate GRIB (dále jen MPE), který detekuje všechny srážky díky nástroji SEVIRI na družici MSG, můžeme sledovat srážky v čase na konkrétním místě. Tento datový zdroj nám poskytuje data ve formátu GRIB, tedy formátu, který zvládne zpracovat zaškolený uživatel. Ke zpracování je spousta návodů. Pro jednoduché zobrazení je nejvhodnější program GRIB Viewer od Davida Taylora, který v tuto chvíli používám. Nástroj SEVIRI nám poskytuje data tohoto produktu každých 15 minut, což nám tedy dává 96 snímků týkajících se srážek denně. To je dostatečná doba pro aktualizaci informací o počasí na trase. Produktů, které se věnují sledování srážek, je velké množství, je tedy v celku jedno, který si uživatel vybere. Já, díky jednoduchosti a jednoznačným instrukcím okolo družice MSG, jsem si vybral právě tento produkt. Data se skládají z typů pěti souborů (každý cca 550 kB), které v tuto chvíli zpracovávám programem MSG Data Manager, a který z těchto 5 souborů zpracuje jeden soubor formátu GRIB (1,5 MB). Tento soubor si nyní dokáži zobrazit v programu GRIB Viewer, ve kterém je možné výsledný obrázek uložit do formátu JPEG, PNG apod. Ve formátu JPEG má obrázek velikost cca 3,5 MB a rozlišení 3712 x 3712 pixelů. Samozřejmě v tuto chvíli nejsem schopen data zpracovat přes jiné programy, protože je to příliš složité a pro ne-meteorologa nevýznamné. Později bych se ale určitě rád tomuto tématu věnoval více. Prozatím se musím spokojit s kvalitou snímku, kterou mi poskytne GRIB Viewer a která pro amatérské uživatele stačí.

5.1.1 Využití ve vozidlech

Hlavním cílem je varovat řidiče před událostmi spojené se silným deštěm, bouřkami, sněžením. Aplikace by byla provázána s navigací a srážkové oblačnosti by byly jednoduchou formou zobrazeny na trase, kterou bychom si před jízdou zvolili. Na obrázku 16 je zjednodušený model trasy, kterou každoročně projede tisíce Čechů směrem do Alp.

Nacházíme se před žlutou šipkou a na navigaci se nám objeví srážková mapa. Vozidlo nám podá zvukové výstražné ohlášení o nebezpečném počasí na trase. To by nastalo při situaci, kdy by aplikace podle satelitních dat detekovala srážky s úhrnem srážek nad 3 mm/h. při nižších úhrnech totiž může jít o chybu a ve skutečnosti pršet vůbec nemusí. Tato idea by se

musela ověřit pomocí testování a ověření spolehlivosti. Při úhrnech od 3 mm/h do 15 mm/h by aplikace vydala už zmíněnou zvukovou výstrahu, která by řidiči doporučila snížit rychlost a přizpůsobit se situaci na komunikaci. Při úhrnech nad 15 mm/h by bylo řidiči zvukově doporučeno, aby zvážil přerušování jízdy na nejbližším odpočívadle a počkal na uklidnění situace. Při těchto úhrnech je většinou déšť doprovázen bouřkami a v takových podmínkách je řízení velmi nebezpečné.



Obrázek 16 – 6. 8. 2017 - velmi zjednodušený model MPE v navigaci

Zdroj: MSG Data Manager

Právě taková situace je zobrazena na obrázku 16, dne 6. 8. 2017 ve 14:00, srážkový úhrn 26,45 mm/h je už krajně nebezpečný. Komunikace nestačí odvádět vodu a hrozí aquaplaning⁵. Brždění v rychlosti kolem 130 km/h má v řadě případů fatální následky. Letos bylo v období od 1. 1. 2017 do 1. 7. 2017 v ČR evidováno celkem 2 635 nehod zaviněných špatnou viditelností (mlha, déšť nebo sněžení). Z celkového počtu 49 613 nehod je tedy více než 5 % zapříčiněno špatnými podmínkami. Když se zaměřím jen na dálnice, tak z celkového počtu 1 420 nehod je hned 185 nehod odůvodněno deštěm, tedy více než 13 % nehod. [18] Je tedy jasné, že tyto podmínky mají na bezpečnost na komunikacích bezprostřední vliv.

Situace, která se stala v roce 2015 v polovině srpna u města Florencie v Itálii je typickým příkladem toho, jak by mi aplikace mohla pomoci v praxi. Jel jsem s rodinou po dálnici směrem

⁵ Ztráta přilnavosti pneumatik na mokré vozovce

na Neapol, když najednou všechna italská auta začala zastavovat pod mosty, sjíždět na čerpací stanice a všemožně se schovávat. Já, neznalý situace v těchto krajích jsem pokračoval v cestě. Výsledkem bylo kolem 150 promáčklých děr způsobených kroupami v karoserii auta, jehož oprava stála více než 80 tisíc. Naštěstí se nestalo nic horšího. Nicméně kdybych v tuto chvíli měl aplikaci v autě, která by mě před tímto varovala, tak bych určitě jednal jinak.

5.1.2 Využití ve vozidlech s podporou AMV a LST

V zimních měsících by se aplikace mohla zabývat sněhovými přeháňkami. Při cestách do alpských středisek je velmi časté, že se člověk dostane do situace, kdy je na dálnici na hranicích Itálie a Rakouska u Brennerského průsmyku úplně jiné počasí na několika kilometrech. Projedete 5 km tunelem pod vysokými horami, kde se mraky drží, a za tunelem je najednou úplně jiné počasí. Pokud do těchto míst, kde je dálnice například pokryta sněhem, řidič vjede velkou rychlostí a prudce zabrzdí, dopravní nehoda je hned pravděpodobnější. Aplikace by například řidiče varovala, že má po výjezdu z tunelu očekávat sněhové přeháňky, a on by tak ještě před výjezdem z tunelu mohl přizpůsobit jízdu a snížit rychlost. Při zobrazení dat jako je tomu například u aplikace windy.com by se mohly spojit informace o síle větru (produkt AMV), teplotě (produkt LST) a srážkách. Podle nich by poté řidič dostal výstrahu o možných sněhových jazycích či závějích na své trase, či silném sněžení. Při teplotách kolem nuly by rovněž byl upozorněn na výskyt možné ledovky.

5.1.3 Využití dat s podporou AMV

Dalším příkladem je monitorování síly větru, ve spojení MPE s produktem AMV by to určitě bylo možné. Při cestách směrem do Chorvatska, do Splitu, se většinou jede vnitrozemím po nově vybudované dálnici. Jakmile se ale přiblížíte k tunelu Sveti Rok, který měří necelých 6 km, objeví se zde liniové řízení dopravy, které v konkrétních případech řidiče varují, že mají po vyjetí z tunelu očekávat velmi silný vítr. Po projetí tohoto tunelu se totiž dostanete na stranu moře, kde v určitých situacích dochází k specifickému atmosférickému jevu, kdy se studený vzduch z hor dostává pod ten teplý na moři, tím narůstá proděnění vzduchu po svazích kopců a za takové situace mohou nárazy větru u výjezdu z tunelu dosáhnout, pro auta, nebezpečných rychlostí. V extrémnějších situacích se průjezd tunelem uzavírá a vozidla jsou uvězněna na dlouhé hodiny na dálnici. Při výjezdu z domova, by nás na tohle mohla aplikace okamžitě upozornit. Určitě je lepší variantou vyjet o den později, než zůstat 10 hodin uvězněný na dálnici v chorvatském vnitrozemí. Data AMV by se mohla využít ve vozidlech, které by vydávalo varování před silným větrem na naší trase.

5.1.4 Využití v zimní údržbě silnic

S příchodem každé zimy jsem znovu překvapen tím, jak je v České republice v zimních měsících naprosto tragická údržba silnic. Snažím se vždy před jízdou autem zjistit předpověď počasí, abych věděl, jestli se mám připravit na komplikace nebo jestli bude cesta bez problémů. V Olomouckém kraji v zimních měsících rok co rok nastává stejný problém. V předpovědi počasí každý večer důrazně varují před blížícím se hustým sněžením. Jenže když se vyjede z Olomouce do hor, tak sněží a vozidla zimní údržby nikde. Ze zprávy zimní údržby pro rok 2016/2017 Olomouckého kraje vyplývá, že informace o počasí čerpají od firmy CROSS, která dodává 9 krát denně tříhodinové předpovědi počasí, denní, třídenní a týdenní. Také se řídí výstrahami ČHMÚ, oficiálními předpověďmi České televize a Českého rozhlasu [19]. Řídit se v prvé řadě informacemi z předpovědí je značně rizikovou záležitostí, poněvadž ve dnech kdy se mají objevit sněhové přeháňky, nemusí být předpověď stejná pro všechny regiony a srážkové úhrny se mohou velmi lišit na několika kilometrech.

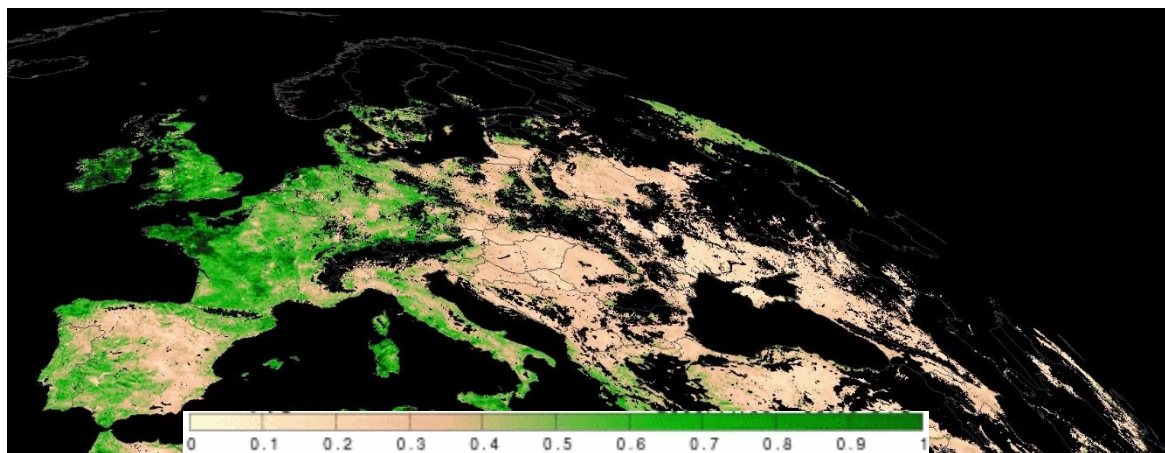
Zde je naprosto jasný potenciál lepšího využití satelitních dat, které mohou poskytovat informace o blížících se sněhových přeháňkách a sledovat blížící se srážky. Model by mohl varovat například už půl hodiny předem a vozy zimní údržby by už dávno mohly preventivně povrch vozovek chránit před padajícím sněhem. Samozřejmě pokud se jedná o extrémní situace, jako například silný vítr doprovázený silným sněžením, je veškerá chytrá technika v podobě satelitních dat zbytečná, protože žádný kraj nemá k dispozici tolik vozidel, aby mohly jezdit za sebou v intervalu 5 minut. To jednoduše není v silách údržby. Cílem je být v terénu dříve, než začne sněžit a nikoliv tehdy, až je na komunikacích souvislá pokrývka sněhu.

Soudím, že FD ČVUT by mohla tento projekt zanalyzovat a posoudit jeho přínosnost. Hlavním cílem by tedy bylo vydat doporučení, aby se údržbová centra soustředila hlavně na tato meteorologická data. V zimě pravidelně slycháváme výstrahy meteorologů, kteří varují technické služby, že bude sněžit. Právě v momentech, kdy je sníh očekáván nejméně, jako je třeba polovina listopadu, je potřeba tato data monitorovat velmi pečlivě a důrazně technické služby varovat. Například ve spojení s produktem LST můžeme dobře předpovědět, jestli se bude jednat o srážky sněhové nebo dešťové. Největším rizikem je situace, kdy se teplota vzduchu pohybuje nad nulou, teplota povrchu vozovky je pod bodem mrazu a přijde déšť. V tu chvíli vzniká ledovka, kterou bychom mohli v kombinaci s LST a MPE dopředu odhadnout. Stejně jako v bodu 5.1.3. lze určitě tento produkt spojit s produktem AMV, kde můžeme sledovat případný vznik sněhových jazyků a závějů a posílit na dané trase případně počet vozidel údržby.

5.2 Výkon vegetace - Fractional Vegetation Cover - MSG

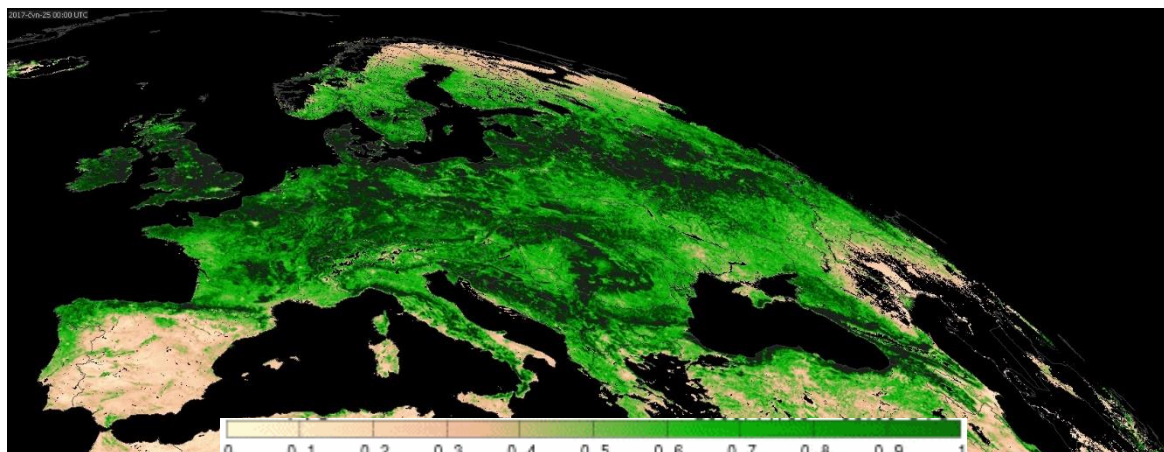
Satelitní data nemusíme nutně provázet jen s vozidly. Může se sledovat řada souvislostí vlivu klimatologie a meteorologie na dopravu, jako je například produkt Fractional Vegetation Cover (dále jen FVC). Ten je nám k dispozici prostřednictvím družice MSG a je spravován orgánem LSA SAF, který má sídlo v portugalském Lisabonu. Je distribuován ve formátu HDF5, který jsem otevřel pomocí programu HDF Viewer. Data přicházejí v intervalu 24 hodin. Vývoj tohoto produktu není důležité sledovat častěji. Soubor má velikost cca 10 MB a výsledný obrázek má rozlišení 1700*560 a velikost cca 350 kB. Tohle jsou samozřejmě výstupy, které mi poskytne program HDF Viewer, u ostatních tomu může být jinak. Obsahem výstupu FVC je zobrazení Evropy a další dva snímky zachycující Severní a Jižní Afriku.

Při pohledu na obrázky 17 a 18 vidíme velkou změnu v průběhu roku. Na jaře je patrné, že výkon vegetace je takřka minimální a rostliny při pohledu na situaci ve střední Evropě neprodukují žádný kyslík, protože jsou v tuto chvíli buď zakryty sněhem (černá barva) nebo ještě jsou v období vegetačního klidu (okrová barva). Naopak na začátku léta je výkon vegetace na svém maximu.



Obrázek 17 - 15.3.2017 -FVC

Zdroj: HDF Viewer

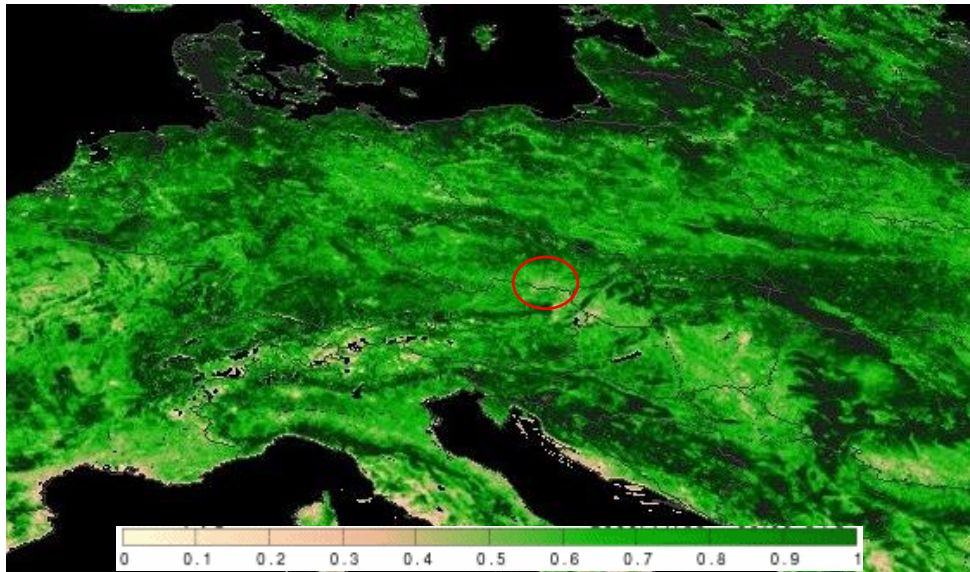


Obrázek 18 - 25.6.2017 -FVC

Zdroj: HDF Viewer

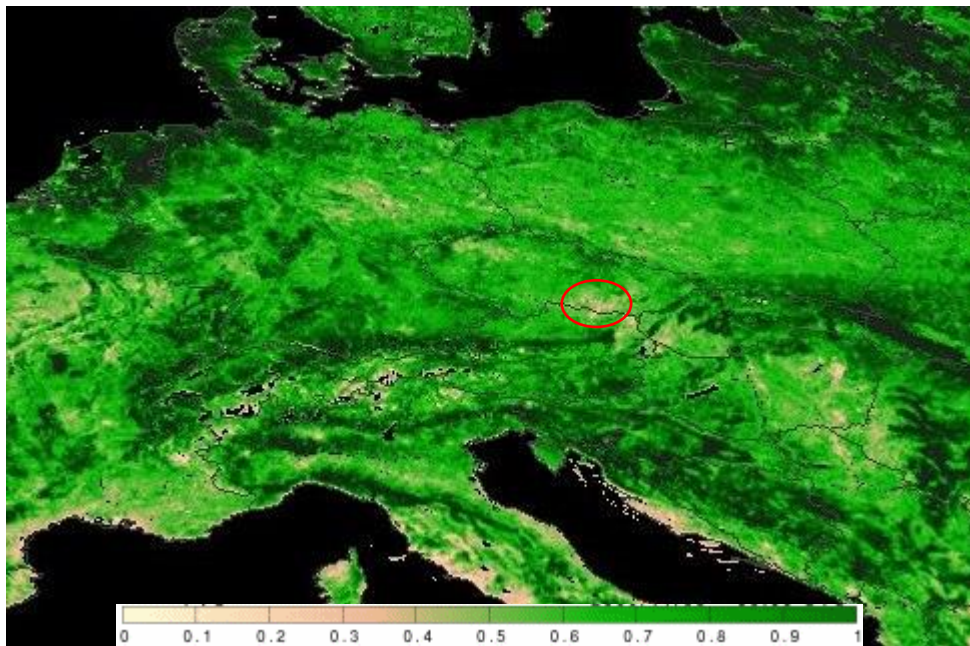
Při pohledu na obrázek 20, který byl pořízen 10. 7. 2017, je zřejmé, že v danou chvíli měla vegetace vysoký výkon téměř po celé střední Evropě. Po tomto dni ovšem přišla vlna velmi vysokých teplot, která během 14 dní snížila výkon vegetace v této oblasti téměř o polovinu. Situace ze dne 25. 7. 2017 na obrázku 19 nám ukazuje, že výkon vegetace na jižní Moravě (červený kruh) je na hodnotě 0,3, což znamená, že zde panuje sucho a velmi se zvyšuje riziko vzniku požárů. Požáry mají na dopravu vliv z hlediska bezpečnosti. V polovině srpna 2017 byla například uzavřena dálnice A1 v Chorvatsku kvůli riziku nehod z hlediska špatné viditelnosti, která byla způsobena kouřem z požáru. Další možností, jak tento produkt využít, je výzkum kvality ovzduší ve městech v závislosti na výkonu vegetace. Z obrázků 19 a 20 je patrné, že v okolí a uvnitř velkých měst, je výkon vegetace velmi nízký. Možností je tedy zasadit se o větší výskyt zeleně ve městech, aby se zlepšily životní podmínky obyvatel, protože s čím dál tím houstnoucí dopravou se kvalita ovzduší rapidně zhoršuje.

Využití tohoto produktu je pro mne velmi zajímavým tématem a mohlo by být předmětem mého dalšího zkoumání. Například by bylo možné zabývat se tím, jestli při velmi horkých obdobích, kdy je výkon vegetace velmi nízký, neomezit dopravu ve městě a například doporučit městům vybudování zelených zón nebo zavést poplatek pro vjezd do centra atd. Díky FD bych například mohl spolupracovat s odborníky na životní prostředí a zabývat se tímto tématem hlouběji.



Obrázek 20 - 10. 7. 2017

Zdroj: HDF Viewer



Obrázek 19 - 25. 7. 2017

Zdroj: HDF Viewer

5.3 Využití dat aerosolu

Při nalezení vhodného produktu, který by dokázal s větší přesností sledovat prachové částice, tedy výskyt smogu, koncentraci oxidu uhličitého, případně prach či sopečný popílek atd., by se dala pozorovat situace ve větších městech ohledně znečištění ovzduší. V tuto chvíli nejsem schopen posoudit, jestli je produkt PMAp, zmíněný v kapitole 4.1 vhodný. V příloze GEONETCast je ale mnoho produktů, které se detekcí aerosolů zabývají. Tuto vlastnost bychom určitě také mohli využít v automobilech a aplikace by opět varovala před výjezdem řidiče, že se nachází v prostředí, kde je vysoká koncentrace smogu. Řidič/ka by takto mohl zvážit, jestli nezmění typ přepravy a ušetřit tak naši planetu Zemi před tvorbou dalších skleníkových plynů. Příležitost pro FD ČVUT je zkoumání těchto dat a zjistit jejich spolehlivost a využitelnost v dopravě. Jestli jsou například spolehlivější než meteorologické stanice atd.

5.4 Využití dat o stavu půdy

Produktů věnujících se povrchu Země a vegetaci je velké množství. FD ČVUT se může například zaměřit na data od orgánu H SAF, který zkoumá povrch a půdu. Zde je dostupný produkt, který se zabývá vlhkostí půdy. Ten by mohl být využíván při stavbě silnic a dálnic. Ve spojení s produktem MPE by se dalo zjišťovat, jaký vliv má na daném místě déšť na vlhkost půdy. Na základě těchto parametrů by se mohlo posuzovat, jestli se zde vyplatí komunikaci stavět nebo ne. V této souvislosti se lze také zabývat průměrným srážkovým úhrnem a díky tomu již při stavbě komunikace navrhnout, jak se bude silnice odvodňovat atd. Nemuselo by tedy docházet k situaci, která nastala při dostavbě dálnice D8 z Prahy do Ústí nad Labem v Českém středohoří. Zde by bylo také dobré uvažovat nad spoluprací FD ČVUT se společností GISAT, která může umístit na konstrukce odražeče a sledovat jejich případný pohyb. Tento produkt se dá využít i při detekci možných požárů, v nejspíš oblastech toto riziko značně stoupá.

5.5 Směr a síla větru

Elektřinu, kterou dnes získáváme pro provoz MHD je z 46 % závislá na spalování černého a hnědého uhlí. Z větrných a slunečných elektráren je podíl jen 3,12 %. [20] Naproti tomu spolková země Dolní Rakousy v sousední zemi Rakousku, která hraničí s jihomoravským krajem je více než 26 % právě z větrných elektráren. Vyžádalo si to obrovské investice, nicméně ve spojení s vodními elektrárnami dnes Rakušané produkují více než 75 % elektřiny z obnovitelných zdrojů energie. [21] Proto jsem vybral produkt AMV, který zkoumá rychlost a směr větru. Tento produkt by se využil při stavbě nových větrných elektráren. Vezmeme-li si, kolik uhlí je třeba spálit pro výrobu 1 kWh elektřiny, vychází pro ČR při srovnání s dalšími

evropskými státy téměř nejhorší přepočten spotřeby⁶ elektrické energie na emise CO_2 . V tu chvíli je pro ČR méně ekologické využívat tramvaje než autobusovou dopravu. S touto situací jsem se setkal, když jsem zpracovával výzkum pro město Plzeň ohledně emisí a analýzy provozu ve městě. [22] Opět toto je další produkt, kterým by se FD ČVUT mohla zabývat a vypracovat projekty, které by zvýšili % obnovitelných zdrojů v ČR a využít takto vyrobenou elektřinu na provoz MHD a meziměstské dopravy.

⁶ V ČR dle dokumentu Covenant of Mayors, tedy úmluvy starostů Evropské Unie, se jedná o koeficient 0,95. Oproti tomu například Francie má koeficient 0,056.

6 Závěr

Součástí výsledku této práce je zpracovaná rešerše (viz. příloha 1 rešerše GEONETCast), která nabízí přehled všech dat, která jsou na ČVUT přístupná. Při vyhodnocování serveru GEONETCast jsem si vytyčil 4 základní kritéria, podle kterých jsem jednotlivé produkty filtroval. Podle místa, četnosti snímků, korektnosti a jejich dostupnosti. Z celkem 440 produktů jsem vybral 196 produktů, které jsem následně posoudil, jestli je lze využít v dopravě. Největším poskytovatelem dat je organizace EUMETSAT, díky které máme k dispozici 129 produktů.

Uvedl jsem, že hlavním uživatelem těchto dat je letecká doprava, která musí mít zajištěnou co největší plynulost a bezpečnost provozu, produkty jako LST, PMAp a AMV jsou pro letecký provoz nezbytné. Aplikace Windy.com dostala několik nabídek od leteckých společností. Jejich znázornění směru a síly větru je velmi přehledné a může ušetřit palivo, ale hlavně zvýší bezpečnost v okolí letišť. Přiblížil jsem rovněž čtenářům, jaké informace potřebuje lodní doprava pro plynulý provoz. Díky datům PMAp z družice Jason - 2 je dnes provoz bezpečnější a firmy mohou ušetřit peníze při plánování tras, tak aby nedošlo k zdržení nebo v nejhorších případech i poškozením lodí díky vysokým vlnám.

Na základě mých zkoumání jsem také doporučil několik produktů, kterými by se FD ČVUT mohla zabývat. Produkty zabývající se detekcí aerosolu, které by poskytovaly informace o znečištění ve městech. Na základě tohoto by se mohl regulovat například počet aut ve městech regulovaný mýtem za vjezd atd. FD by rovněž mohla spolupracovat s odborníky na životní prostředí a zjistit tak vliv výkonu vegetace na kvalitu ovzduší spojenou s provozem na komunikacích ve městech. Dalším doporučeným produktem pro FD je monitorování míst kde je častý silný vítr a při objevení takových míst se zasadit o prosazování výstavby větrných elektráren, které by mělo za výsledek vyšší % energie získaných z obnovitelných zdrojů energie, kde oproti sousednímu Rakousku výrazně zaostáváme. Tato energie by se využila pro provoz MHD či vlakové přepravy. A nakonec také data o vlhkosti půdy jsou rovněž pro FD dopravní velice zajímavá z hlediska plánování výstavby komunikací či železnice. Ve spojení s daty monitorující srážky by se mohly lépe plánovat odvodňovací systémy.

Další možností výzkumu pro FD ČVUT je zabývat se mnou navrženou aplikací PCM, která by zpracovávala data MPE, AMV a LST, a byla by provázána s palubním počítačem automobilu. Fakulta vlastní vozidlové simulátory, tudíž by se zde dalo ve spojení s katedrou K616 spolupracovat na vývoji této aplikace. Samozřejmě je nejprve nutné ověřit spolehlivost dat přicházejících z družice MSG a určit pravděpodobnost jejich chybovosti. Dále by bylo třeba zorganizovat průzkum řidičů, jestli by měli o takovou aplikaci vůbec zájem. Další variantou

využití dat MPE je vývoj systému, který by dokázal včas varovat centra pro údržbu silnic a dálnic a aby byli schopni rychle reagovat na aktuální situaci podle satelitních dat.

Zmínil jsem data, ke kterým máme prostřednictvím systému EUMETCast přístup a která jsou bez poplatku. EUMETSAT zároveň poskytuje i širokou škálu služeb, které jsou placené. Je na zvážení, jestli by se Fakultě dopravní nevyplatilo zajistit data a snímky, díky kterým by se nabídla spousta dalších možností. Jako například u společnosti GISAT sledování pohybu konstrukcí, kvality osvětlení ve městech apod.

V závěru této práce bych rád zmínil, že najít si cestu k porozumění této problematice není vůbec jednoduché. Samotný postup při vyhledávání na serveru GEONETCast byl náročný a trvalo dlouhé dny, než jsem pochopil, jak se na této stránce orientovat. Věřím, že díky mé práci usnadním využití těchto dat dalším uživatelům. V příloze 2 naleznete uživatelskou příručku GEONETCast, jak se na serveru orientovat a postupovat při hledání konkrétních produktů. Postup pro stahování a otevírání dat v příslušných programech je k dispozici v bakalářské práci kolegy Jana Červeného. Uživatel si musí pečlivě vybrat, jaký formát bude zpracovávat. Kvalita návodů se totiž velmi výrazně liší podle organizací, které je zprostředkovávají. Po mých zkušenostech musím jednoznačně doporučit data od EUMETSAT a NOAA, která mají dlouhou historii a tradici. Můžete si být jisti tím, že jakmile budete stahovat data od neznámých organizací, tak hledání manuálů a různých návodů vám zabere týdny a většinou bez výsledku. Meteorologové jsou velmi otevřená skupina odborníků, a když potřebujete odbornou radu, tak na různých fórech a internetových diskuzích vám všichni ochotně poradí. Tato technologie má na ČVUT určitě velký potenciál a jde jen o to, jak ji fakulta bude chtít dále využít. Já bych se tomuto tématu určitě rád věnoval i na magisterském studiu.

Seznam použité literatury

1. **edu.techmania.** Umělé družice. *edu.techmania*. [Online] edu.techmania. [Citace: 16.. červen 2017.] <http://edu.techmania.cz/cs/encyklopedie/fyzika/gravitace/kosmonautika/umele-druzice>.
2. **J.Denégre.** *Thematic Mapping from Sattelite Imagery:a Guidebook*. Paris : Elsevier Science Ltd, 1994. 978-0-08-042351-7.
3. **allmetsat.** Meteorologické družice. *allmetsat*. [Online] [Citace: 16. červen 2017.] <http://cs.allmetsat.com/meteorologicke-druzice.php>.
4. **ČHMÚ.** ČHMÚ. *portal.chmi.cz*. [Online] [Citace: 15.. červenec 2017.] <http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/sat/info/SEVIRI.html>.
5. **Barbora Říhová, ČTK.** idnes.cz. *zpravy.idnes.cz*. [Online] 9.. květen 2010. [Citace: 15.. červenec 2017.] http://zpravy.idnes.cz/do-ceska-dorazil-sopecny-mrak-uzavrel-vzdušny-prostor-nad-jihem-zeme-12z-/zahranicni.aspx?c=A100509_124733_zahranicni_mad.
6. **EUMETSAT.** Past Satellites - EUMETSAT. *EUMETSAT*. [Online] [Citace: 15.. červen 2017.] <https://www.eumetsat.int/website/home/Satellites/PastSatellites/index.html>.
7. —. Meteosat - EUMETSAT. *EUMETSAT*. [Online] [Citace: 15.. Červen 2017.] <https://www.eumetsat.int/website/home/Satellites/CurrentSatellites/Meteosat/index.html>.
8. **COOPERATION, EUMETSAT.** *EUMETSAT*. [Online] Září 2010. [Citace: 28.. červen 2017.] https://www.eumetsat.int/website/wcm/idc/idcplg?IdcService=GET_FILE&dDocName=PDF_BR_COP01_EN&RevisionSelectionMethod=LatestReleased&Rendition=Web.
9. **NOAA.** <http://noaasis.noaa.gov/NOAASIS/ml/genlsatl.html>. *NOAA satelitní systémy*. [Online] NOAA, 5.. březen 2014. [Citace: 15.. červenec 2017.] <http://noaasis.noaa.gov/NOAASIS/ml/genlsatl.html>.
10. **Stephen Bogaert, Jonathan Aris.** *Letecké katastrofy*. Cineflix Productions, 2014.
11. **EUMETSAT.** *EUMETSAT*. [Online] 30. Listopad 2015. [Citace: 19.. srpen 2017.] <https://www.eumetsat.int/website/home/Data/Products/Atmosphere/index.html>. EUM/TSS/SPE/14/739904.
12. **Copernicus.** copernicus.eu. [Online] Září 2013. [Citace: 19.. červenec 2017.] http://www.copernicus.eu/sites/default/files/documents/Copernicus_Briefs/Copernicus_Brief_Issue18_AshCloud_Sep2013.pdf.
13. **Klemen Zaksek, Marion Schroedter - Homscheid.** Researchgate. [Online] červenec 2009. [Citace: 28.. červenec 2017.] https://www.researchgate.net/publication/222140614_Parameterization_of_air_temperature_in_high_temporal_and_spatial_resolution_from_a_combination_of_the_SEVIRI_and_MODIS_instruments.
14. **EUMETSAT.** eumetsat.com. *Jason - 2 - EUMETSAT*. [Online] [Citace: 4.. srpen 2017.] <https://www.eumetsat.int/website/home/Satellites/CurrentSatellites/Jason2/index.html>.
15. **GEONETCast.** GEONETCast Product Navigator. [Online] 29.. září 2010. [Citace: 4.. srpen 2017.] http://147.32.101.75/product-navigator/details/EO_EUM_DAT_JASON_OGDR-SSHA.html.

16. **EUMETSAT**. [Online] 9. duben 2015. [Citace: 15. červenec 2017.] eumetsat.com. EUM/TSS/MAN/14/786435.
17. **Fitzsimmons, Michelle**. techradar.com. [Online] 17.. květen 2017. [Citace: 6. srpen 2017.] <http://www.techradar.com/news/android-in-the-car-this-is-googles-phone-free-vision-for-connected-driving>.
18. **republiky, Policie České**. Statistické vyhodnocení nehod v mape. [Online] Centrum dopravního výzkumu. [Citace: 6. srpen 2017.] <http://maps.jdvm.cz/cdv2/apps/nehodyvmape/Search.aspx>.
19. **Babnič, Ing. Drahomír**. Olomoucký kraj. [Online] 1. listopad 2016. [Citace: 8. srpen 2017.] <https://www.kr-olomoucky.cz/sprava-silnic-olomouckeho-kraje-cl-256.html>.
20. **elektrina.cz**. Výroba elektřiny v ČR: Nejvíc energie stále získáváme z uhelných elektráren. *Vše o elektřině*. [Online] 4. duben 2014. [Citace: 16. srpen 2017.] <http://www.elektrina.cz/vyroba-elektřiny-v-cr-nejvic-energie-stale-ziskavame-z-uhelných-elektřaren>.
21. **ekobonus.cz**. Část Rakouska vyrábí elektřinu 100% z obnovitelných zdrojů. *ekobonus.cz*. [Online] 23. listopad 2015. [Citace: 16. srpen 2017.] <https://www.ekobonus.cz/obnovitelne-zdroje/cast-rakouska-vyrabi-elektřinu-100-z-obnovitelných-zdroju>.
22. Příprava metodiky výpočtu dopravních emisí CO₂ pro město Plzeň“. *Dopravní studie*. Praha : FD ČVUT, 2017. 78/2017.
23. **NOAA**. NOAA Satellite Information System. *NOAA's Geostationary and Polar-Orbiting Weather Satellites*. [Online] 14. březen 2017. [Citace: 18. červenec 2017.] <http://noaasis.noaa.gov/NOAASIS/ml/genlsatl.html>.

Seznam obrázků

Obrázek 1 – Schéma orbitálních drah družic.....	10
Obrázek 2 - Geostacionární družice.....	11
Obrázek 3 – polární družice.....	12
Obrázek 4 – zjednodušený model snímání družicí MSG a přenosu dat k uživatelům	13
Obrázek 5 - můj první zpracovaný obrázek.....	16
Obrázek 6 - GOES West a GOES East.....	20
Obrázek 7 - Snímek z polární družice NOAA 15.7.2017.....	21
Obrázek 8 - březen 2017 - zimní bouře Stella -USA -družice NOAA.....	21
Obrázek 9 - PMAp - 23. 5. 2011	24
Obrázek 10 - situace nad atlantským oceánem.....	26
Obrázek 11 - výška vln 8. 5. 2017 -14:00.....	27
Obrázek 12 - kanál 5.....	28
Obrázek 13 - kanál 2.....	28
Obrázek 14 - družice MSG, produkt MPE - situace v 02:00 UTC -> 04:00 SELČ	30
Obrázek 15 – situace 04:00 SELČ	30
Obrázek 16 – 6. 8. 2017 - velmi zjednodušený model MPE v navigaci.....	34
Obrázek 17 - 15.3.2017 -FVC	37
Obrázek 18 - 25.6.2017 -FVC	38
Obrázek 19 - 25. 7. 2017.....	39
Obrázek 20 - 10. 7. 2017.....	39

Seznam tabulek

Tabulka 1 - příklad z rešerše dat GEONETCast	14
Tabulka 2 – přehled produktů z rešerše GEONETCast	18
Tabulka 3 - přehled produktů.....	31

Seznam příloh

1. Rešerše dat GEONETCast
2. Uživatelská příručka GEONETCast