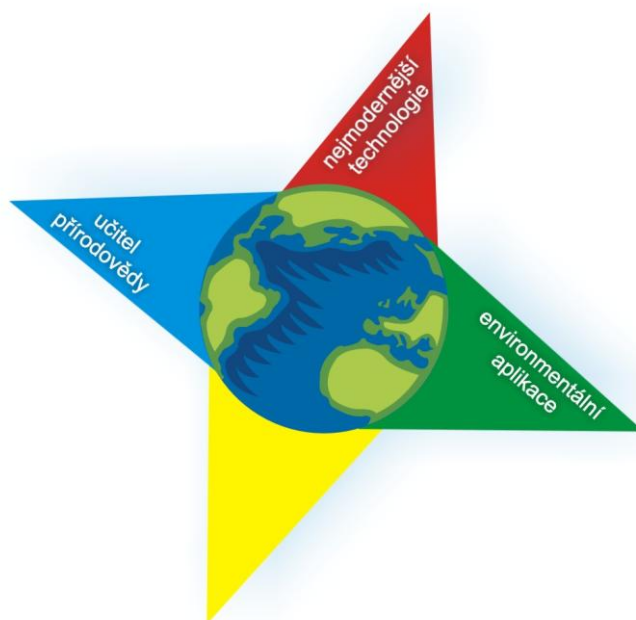


MASARYKOVA UNIVERZITA
PEDAGOGICKÁ FAKULTA

SVĚT A KRAJINA POHLEDEM Z VÝŠKY

- Materiál pro učitele -



Brno 2013

Materiál byl zpracován v rámci projektu CZ.1.07/1.3.41/02.0044 Učitel přírodovědy, nejmodernější technologie a environmentální aplikace.

Tento projekt je spolufinancován z Evropského sociálního fondu a státního rozpočtu České republiky.



Autoři textů:

PhDr. Hana SVATOŇOVÁ, Ph.D. (s. 5–41; 60–71, přílohy na CD)

RNDr. Jindřiška SVOBODOVÁ, Ph.D. (s. 42–59; 107–114, přílohy na CD)

Mgr. Irena PLUCKOVÁ, Ph.D. (s. 85–100, přílohy na CD)

RNDr. Hana SVOBODOVÁ, Ph.D. (s. 73–84, přílohy na CD)

RNDr. Aleš RUDA, Ph.D. (s. 101–106, přílohy na CD)

Mgr. Kateřina MRÁZKOVÁ (přílohy na CD)

PhDr. Marta ROMAŇÁKOVÁ, Ph.D. (příloha Pedagogicko-psychologické minimum I.)

Recenzenti:

Mgr. Jeanette MLČÚCHOVÁ

doc. PaedDr. Eduard HOFMANN, CSc.

Zdroj obrázků na úvodní straně: foto H. Svobodová, MrSID Image Server, ESA, EUMETSAT 2012

Materiály je možné kopírovat pro výukové účely.

© 2013 Masarykova univerzita

ISBN 978-80-210-6263-4

Obsah

| | |
|--|-----|
| Obsah..... | 3 |
| Úvodní slovo | 5 |
| Dálkový průzkum Země ve škole | 6 |
| Dálkový průzkum Země | 9 |
| Mapa, letecký snímek a družicový obraz stejného území..... | 20 |
| Letecké a družicové snímky a možnosti jejich využití..... | 26 |
| Úprava leteckých snímků pro vyhodnocování a interpretaci obsahu..... | 31 |
| Využití archivovaných snímků v geografii a ve výuce..... | 33 |
| Interpretace snímků DPZ..... | 36 |
| Historie a pohyb družic | 42 |
| Objekty v blízkosti Země | 44 |
| Zobrazení dráhy satelitu na mapě | 52 |
| Přístroje na palubě pro DPZ | 56 |
| Družice a družicové systémy | 60 |
| Využití snímků DPZ v praxi | 68 |
| Lidská sídla z ptačího pohledu | 73 |
| Zemědělství netradičně | 76 |
| Proměny průmyslu | 80 |
| Moderní technologie v dopravě | 82 |
| Chemické látky v atmosféře | 85 |
| Oxid dusičitý, aerosoly, smog..... | 91 |
| Methan CH ₄ | 96 |
| Formaldehyd – HCHO..... | 99 |
| Mapování vegetace | 101 |
| Vyhodnocení zemědělské úrody..... | 103 |
| DPZ v lesnictví | 104 |
| Oceánografie..... | 106 |
| Užití satelitních údajů o poloze | 107 |
| Sledování pohybu Země..... | 109 |
| Země jako těleso | 110 |
| DPZ a záření | 112 |
| Pohyb satelitu | 114 |
| Na závěr | 115 |
| Přílohy na CD-ROM..... | 116 |

Úvodní slovo

V posledních několika málo letech se pro svět **otevřel přístup k materiálům dálkového průzkumu Země – k leteckým a družicovým snímkům** zobrazujícím Zemi. Dříve přísně utajované letecké snímky z území České republiky z 50. let 20. století si můžeme prohlížet doma či ve škole stejně jako satelitní snímky z kterékoliv části světa. Brouzdání se po krajinách blízkých a vzdálených, pozorování jejich proměny v čase má své kouzlo i velké možnosti využití pro práci ve škole.

Pro usnadnění práce učitelům, kteří mají zájem zařadit do výuky dálkový průzkum Země, jsme s podporou projektu z Operačního programu vzdělávání pro konkurenceschopnost financovaného z Evropského sociálního fondu **„Učitel přírodovědy nejmodernější technologie“** připravili materiál **„Svět a krajina pohledem z výšky“**. Celý materiál má dvě základní části – text a CD.

Text „Svět a krajina pohledem z výšky“ obsahuje:

- a) základní informace o dálkovém průzkumu Země;
- b) tematické oddíly představující využití leteckých a družicových snímků či technologií DPZ v zeměpise, biologii, chemii a fyzice. U každé tematické kapitoly k výuce je odkaz i na příslušné pracovní a metodické listy uložené na CD.

CD „Svět a krajina pohledem z výšky – učitelův námětovník“ obsahuje soubor pracovních metodických listů pro jednotlivé předměty či integrovanou výuku přírodovědy, návrh školního environmentálního projektu využívajícího DPZ a složku s dalšími snímky, příp. jejich popisy.

Součástí materiálů je i příloha – **„Pedagogicko-psychologické minimum I. – Osobnost“**, která učitele stručně seznamuje se základními aspekty vývoje osobnosti. Brožura obsahuje i dva metodické listy pro práci se třídou – „Kdo jsem“ a „Mapa života“.

V rámci projektu budou dále pro učitele připraveny materiály: **„Mapujeme v krajině“** s ukázkami vlastního mapování v přírodě s tužkou a papírem či technologií GIS, s návrhy různých geografických, biologických, chemických, fyzikálních a environmentálních pokusů, aktivit a sběrů dat a jejich prostorovým zpracováním a vyhodnocením. Další technologii – GPS – využijeme jako navigaci pro hledání pokladů – environmentálních pokusů a aktivit v třetím textu **„Didaktické hry v přírodě“**

Za celý projektový tým, který tvoří učitelé katedry geografie, chemie a fyziky Pedagogické fakulty MU a partnery projektu – ZŠ Újezd u Brna a Gymnázium Křížkovského v Brně – Vám přejeme, aby text byl pro Vás užitečný, ulehčil náročnou práci učitele, přinesl i Vám osobně nové a zajímavé informace a podněty pro Vaši práci.

Hana Svatoňová, manažerka projektu a vedoucí

Katedry geografie Pedagogické fakulty MU

Dálkový průzkum Země ve škole

Technologie dálkového průzkumu Země se otevírá veřejnosti. Satelitní systémy dnes slouží k nevojenským účelům – pro navigace, záchranu lidí, předpovědi počasí, sledování změn v krajině, získávání informací o nalezištích surovin, pro environmentalistiku, geografii, ekologii, archeologii atd. Snímky jsou často poskytovány i bezúplatně prostřednictvím různých mapových serverů, webových stránek kosmických agentur apod. Evropská kosmická agentura (ESA) i NASA se věnují i vzdělávání dětí i dospělých.

Svět družicových a leteckých snímků se díky internetu otevřel v několika málo posledních letech nám všem. Satelity neustále krouží kolem Země a posílají tisíce záznamů. Část z nich si pak můžeme prohlížet a využívat. Klasické mapy se vyvíjely tisíce let, jsou i ve výuce mnoha předmětů tradičním materiálem. Snímky jsou zcela nové, své uplatnění ve škole si hledají. Veřejnost se materiálů dálkového průzkumu Země uchopila velmi rychle, tisíce lidí v České republice sleduje satelitní snímky pro předpovědi počasí, dívá se na ně jako alternativu topografických map, prohlíží si místa uskutečněných či plánovaných dovolených, kupují si lety balónem – i toto je dálkový průzkum Země.

Řada z nás učitelů neměla možnost se s dálkovým průzkumem seznámit v době studií, nemáme žádnou zkušenost v roli žáka s prací s leteckými a družicovými snímky. Je proto profesně i osobně obtížnější zařadit do výuky snímky ve srovnání např. s mapou, se kterou jsme konfrontováni od dětství. Přitom snímky poskytují některé informace, které mapa už ze své podstaty dát nemůže. Snímek není mapa, snímek zobrazuje situaci tak, jak byla zachycena přístroji na satelitech či letadlech. Je tedy na nás, abychom pro určitý úkol zvolili i vhodnější podklad, pomůcku. Nutno říci, že snímky jsou poměrně atraktivní, jsou nové, a pro svou novost ve škole a spojení s družicemi jaksí víc „in“. Mapa – zjednodušený model reality – má své nezastupitelné místo, a to i při interpretaci snímků.

Družicový snímek jako záznam dat z čidel umístěných na družici se nemusí využívat jen v zeměpise, u kterého se to jaksí z podstaty nabízí. Velmi zajímavé podněty nabízí i pro výuku chemie, biologie a fyziky. Snímek může dokumentovat stav, vývoj sledovaných dat (ozonu, znečištění chemickými látkami, teploty vody, vzduchu, chemického složení materiálů či fyzikálních vlastností atd.). Dálkový průzkum Země jako jednu z nejmodernějších technologií lze využít ve výuce více předmětů, vhodný je i pro integraci předmětů či environmentální projekty. V práci nad materiálem jsme v praxi viděli velké možnosti pro integraci výuky a spolupráci geografa, chemika, fyzika a biologa. Nad snímky přirozeně vznikne diskuse nejen o tom, jak vznikl NO_x či ozon, ale i proč je právě v určitých oblastech více kumulován a jak se na tom podílí vlastnosti přírody či činnost člověka. Interpretace snímků podporuje logické úvahy a dávání věcí do souvislostí. Výhodou je, že učivo „neplave“ volně prostoru, ale má i své konkrétní prostorové místo. Výsledkem vysvětlení chemických procesů vzniku ozonu není pak ve zjednodušení jen „ta rovnice“, ale i „ten flek“ na snímku. Pro fyzika a jeho žáky může být motivační už jen samotná problematika vynesení družice na oběžnou dráhu. Z mnoha možností jsme pro představení užitečnosti práce se snímky ve škole vybrali několik jako inspiraci.

V chemii můžeme vysvětlit procesy produkce oxidů dusíku a na družicové mapě ukázat výsledky měření přístrojů zaznamenávajících hustotu plynu v atmosféře na satelitech a představit oblasti světa se zvýšenou produkcí NO_x . Obdobně můžeme díky datům poskytnutým satelitním záznamem sledovat vývoj ozonové vrstvy, UV indexů během roku, rozložení formaldehydu a metanu v částech světa.

V biologii lze na snímcích sledovat vývoj zalednění Země, proměnu vegetačních indexů během roku, oblasti výskytu různých druhů zvířat a rostlin, pohyb zvířat, zdravotní stav lesů apod.

V zeměpise mohou žáci snímky popisovat, učit se rozpoznávat známé objekty, s mapou identifikovat objekty neznámé, všimnout si vzájemných prostorových vztahů, zdůvodňovat jevy zobrazené na družicových mapách (ozon, NO₂, formaldehyd, methan a další) z pohledu geografie – jako produkty lidské činnosti, porovnávat snímky pořízené v různých časových obdobích, sledovat vývoj krajiny a její proměny, připravit si animace snímků oblačnosti a pozorovat pohyb oblačnosti, popisovat vysychání jezer v čase a řadu dalších jevů na Zemi.

Tématy ve výuce **fyziky** může být problematika fyzikální podstaty vzniku a zhotovení snímku, elektromagnetického spektra, fyzikálních vlastností objektů a jejich zobrazování na snímku, vynesení družice na oběžnou dráhu, kosmické rychlosti.

ČTENÍ LETECKÝCH A DRUŽICOVÝCH SNÍMKŮ VE ŠKOLE

Práce s leteckými a družicovými snímky je poměrně atraktivní. Z didaktického hlediska je potřeba přihlídnout k některým obtížným částem čtení snímku: kolmost pohledu (při využití kolmých snímků) je pro čtenáře poměrně neobvyklá a náročná. Objekty vidíme opravdu jen jejich kolmým půdorysem, tj. např. u budov jen jejich střechy, zcela chybí pohled na boční stěny, ztrácí se informace o výšce budov. Šikmé snímky jsou pro interpretaci jednodušší, jsou přirozenější, obdobný pohled se nám naskytá např. při pohledu z rozhledny, z vysokého kopce apod. Na šikmém snímku lze porovnat i výšky objektů, příp. tvary reliéfu. Snímek však nemá všude stejné měřítko – objekty „blíže“ k záznamovému zařízení jsou méně zmenšeny. Šikmé snímky se proto nehodí k měření vzdáleností, ke kreslení půdorysu objektů nebo k aktualizaci map. S žáky, zejména mladšími, je vhodné pracovat nejprve se snímkem šikmým a následně přejít ke snímku kolmému, nejlépe z přibližně stejného území. Pro popis objektů na snímku – ulic, budov, řek, silnic apod. je potřeba pracovat s mapou odpovídajícího měřítka. Pokud pracujeme v oblasti, kterou žáci dobře znají – okolí školy, okolí místa bydliště apod., vystačí si obvykle s vlastními znalostmi. Popisování snímků s mapou je aktivní činností, žáci si velmi dobře začnou uvědomovat prostorové vztahy. Pokud před popisem snímku např. středu jejich města měli problémy s pojmenováním ulic či jiných objektů, pak po této aktivitě je výsledek dle zkušeností vždy významně lepší, žáci se celkově lépe orientují i v reálném terénu – práce se snímkem jim umožnila nahlédnout na známé prostředí „shora“ a uvědomit si některé vztahy, které při pohledu „zdola“ názorně vidět nelze.

Čtení družicových map a snímků zachycujících měření speciálních čidel (např. rozložení chemických látek či zobrazení fyzikálních jevů) připomíná práci s tematickou mapou – pro odečtení tematické informace (co a kolik?) vždy je potřeba mít dispozici legendu (u družicové mapy by měla být k dispozici) pro odečítání zobrazených hodnot. Pro odečtení prostorové informace (kde?) jsou zobrazeny kontinenty či hranice, často i zeměpisné souřadnice.

KDE DRUŽICOVÉ A LETECKÉ SNÍMKY HLEDAT?

Pro usnadnění práce s vyhledáváním zdrojů uvádíme přehled v praxi osvědčených zdrojů družicových obrazových záznamů a leteckých snímků. Národní geoportál Inspire je využit jako zdroj snímků pro řadu pracovních listů. Na portále najdeme i desítky dalších tematických a topografických map z území České republiky. Je uživatelsky přívětivý, obsahuje základní nástroje pro práci se snímky a mapami (přiblížení, oddálení, posuny, zapínání vrstev apod.). Na portálech Google maps a www.mapy.cz můžeme využívat podkladové satelitní snímky a zcela nově i detailní snímky šikmé. Na stránkách Českého hydrometeorologického ústavu lze nahlížet na aktuální snímky z družice METEOSAT a NOAA. Nej-

čerstvější snímky jsou staré cca 30 minut – tzv. “poslední snímek”. Snímky jsou denně využívány pro předpověď počasí – viz vysílání na v televizi. Pro dostupnost snímků z celého světa udělala snad nejvíce společnost Google. Práci s programem Google Earth (je potřeba jej stáhnout, návod na CD zvládnou i mladší žáci, program má řadu jednoduchých nástrojů pro prohlížení snímků, ale i ulic, fotografií z celého světa) lze měřit vzdálenosti, nastavit výšku pohledu, odečítat souřadnice, simulovat průlety, přepínat se do Google maps stejného území. Na snímky z družice LANDSAT v nepravých barvách lze nahlížet z <http://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/> – u tohoto serveru je potřeba vybrat snímek (snímky pokrývají celou souš na Zemi) a následně jej zobrazit a případně zvětšovat nastavením počtu pixelů nebo se přibližovat do zájmové oblasti na snímku.

Pro případné využití uvádíme i přehled dalších vybraných zdrojů s odkazy:

- Geoportál INSPIRE, <http://geoportal.gov.cz/web/guest/map>
- Mapy.cz, <http://www.mapy.cz>
- Google maps, <https://maps.google.cz>
- Český hydrometeorologický úřad – družicové snímky METEOSAT, animace snímků: http://www.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/sat/data_jsmsgview.html
- Český hydrometeorologický úřad – družicové snímky z družic NOAA, http://www.chmi.cz/files/portal/docs/meteo/sat/data_jsavhrrview.html
- Google Earth (virtuální glóbus, v roce 2004 zakoupen portálem Google, program, který umožňuje prohlížet Zemi jako ze satelitu), program lze stáhnout z <http://www.google.com/intl/cs/earth/index.html>
- Mapový portál Jihomoravského kraje, <http://mapy.kr-jihomoravsky.cz>
- NASA – snímky z družice LANDSAT, <http://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid>
- USGS Earth Explorer, <http://earthexplorer.usgs.gov/>
- EUMETSAT, http://www.eumetsat.int/Home/Main/Image_Gallery/index.htm?l=en
- Amapy.cz, <http://amapy.centrum.cz>
- Terra Server, <http://www.teraserver.com>



Dálkový průzkum Země

Co pod pojmem dálkový průzkum Země chápeme? Ze kterých dílčích částí se skládá dálkový průzkum Země? Co je jeho cílem – proč na ně vynakládáme velké finanční prostředky? Jaké metody v dálkovém průzkumu Země používáme? Proč vidíme barevně a jak to souvisí s dálkovým průzkumem Země? Kdy se stanu neviditelným?

DÁLKOVÝ PRŮZKUM ZEMĚ – DEFINICE:

Dálkovým průzkumem Země (DPZ) se rozumí **zkoumání, měření a zobrazování** objektů a jevů v krajině sféře **bez přímého fyzického kontaktu s nimi**. Výsledkem DPZ jsou zpravidla **letecké snímky a družicové obrazové záznamy** zpracované analogově nebo digitálně. DPZ obsahuje komplexní problematiku **od principu vzniku snímků** a obrazových záznamů z letadel a z družic po jejich interpretaci skládající se z:

1. zhotovování,
2. přenosu,
3. zpracování,
4. vyhodnocení,
5. analýzy,
6. využití.



Obr. 1 Celkový pohled na kosmické středisko Kourou Evropské kosmické agentury ve Francouzské Guyaně s raketou Ariane. Zdroj: <http://spaceimages.esa.int>.

METODY DPZ

Rozlišujeme dvě základní metody DPZ: 1. **konvenční metody**, které dříve převládaly a jejichž výsledkem jsou fotografie a 2. **nekonvenční metody** snímání zemského povrchu z přístrojů na družicích Země, kdy výsledkem je obrazový záznam na médiu. Snímání z velkých výšek si vynutilo zavedení nových technologií pro zobrazování, pro přenos získaných informací z družice na Zemi, jejich rychlé vyhodnocení a předání uživatelům. Stále více se v současné době uplatňují **digitální metody přenosu a zpracování družicových záznamů**.

PROSTOROVÉ INFORMACE

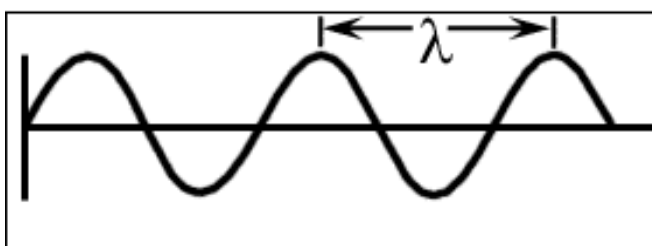
Prostorové informace o zemském povrchu poskytované **mapou a leteckým snímkem nebo obrazem z družice** mají dvě základní společné složky. Jsou to:

- **informace o poloze objektů**, jejich půdorysu (tvaru), velikostech a umístění vzhledem k objektům okolním,
- **informace o typických vlastnostech objektů** (informace **tematické**).

Rozsah zobrazeného území je ovlivněn parametry použitých snímačů a výškou letadla nebo družice nad snímanou oblastí.

FYZIKÁLNÍ PODSTATA DPZ

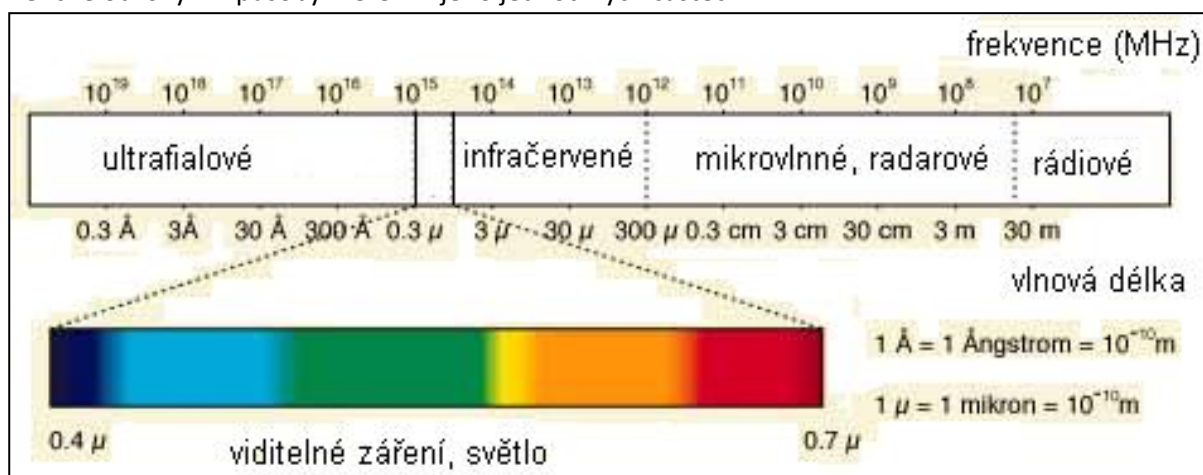
DPZ získává informace o objektech a jevech prostřednictvím **elektromagnetického záření**. Základem pro sběr dat je skutečnost, že **zkoumané předměty** určitý druh záření emitují nebo odrážejí. Základní charakteristikou elektromagnetického záření je **vlnová délka**, tj. vzdálenost dvou bodů ve stejné fázi (obr. 2).



Obr. 2: Schéma elektromagnetické vlny, λ – délka vlny. Zdroj: Svatoňová, H., Lauermann, L., 2010.

ELEKTROMAGNETICKÉ ZÁŘENÍ

S elektromagnetickým zářením v přírodě se setkáváme v širokém spektru o rozsahu téměř 20 řádů. Spektrum se podle vlnové délky dělí do několika základních oblastí, které jsou dány zpravidla konvenčně odlišnými způsoby měření v jeho jednotlivých částech.



Obr. 3: Základní oblasti dělení elektromagnetického spektra. Zdroj: <http://www.esa.int/images/02-spektrum.gif>, vlastní úprava.

PROČ VIDÍME BAREVNĚ?

Lidské oko je citlivé pouze na světlo – **viditelnou část spektra**, což je úzký interval vlnových délek záření. K ostatním vlnovým délkám je lidské oko necitlivé – čili pro člověka bez speciálních pomůcek „neviditelné“. Při interpretaci snímků DPZ je důležitý tak zvaný **efekt barvy**. Barvy vyskytující se ve světelném spektru, na které je citlivé lidské oko, se nazývají **spektrální barvy**. Odpovídají jim vždy konkrétní rozsahy vlnových délek a frekvence elektromagnetického záření (obr. 3). Objekt se jeví jako žlutý, odráží-li především žlutou část spektra, tj. naše oko zachycuje vlny délky 565 až 590 nm apod.



Obr. 4: Lidské oko. Zdroj: Google Images.

S technickým pokrokem se vyvíjely i technologie, které umožnily zaznamenat i jiné skupiny vlnových délek. Dnes se využívá **záření v intervalu vlnových délek zhruba od 0,1 mikrometrů do 1 metru**.



Tab. 1: Barvy a vlnová délka. Zdroj: <http://cs.wikipedia.org>.

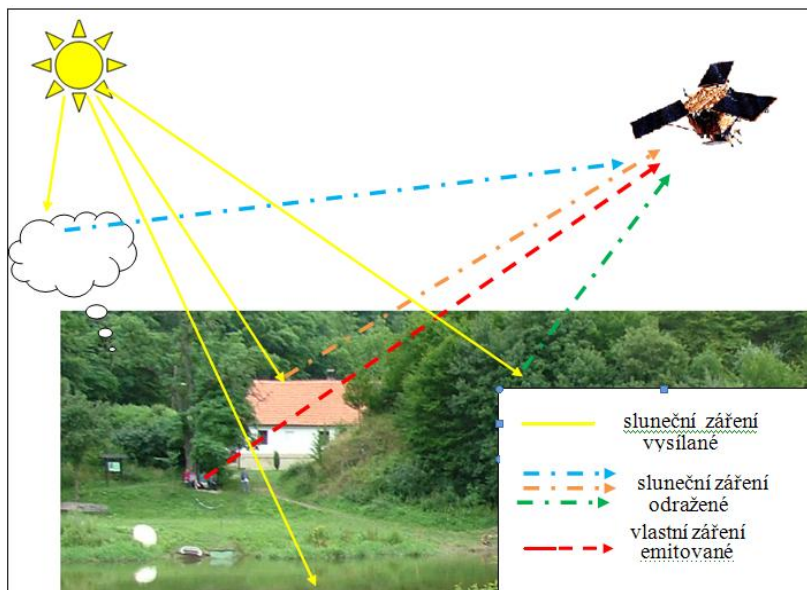
| Barva | červená | oranžová | žlutá | zelená | azurová | modrá | fialová |
|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Vlnová délka | ~ 625 až 740 nm | ~ 590 až 625 nm | ~ 565 až 590 nm | ~ 520 až 565 nm | ~ 500 až 520 nm | ~ 430 až 500 nm | ~ 380 až 430 nm |

Elektromagnetické záření dopadající na zemský povrch může být:

- odráženo,
- pohlcováno.

Pro dálkový průzkum má největší význam část elektromagnetické energie odražené povrchem. Ta může být zachycena přístroji na palubách letadel nebo družic.

Obr. 5: Zdroje elektromagnetického záření (sluneční paprsky nebo vlastní emitované, obvykle tepelné záření) a záření zaznamenávané přístroji na družici. Zdroj: Svatoňová, H., Lauer-mann. L. Dálkový průzkum Země – aktuální zdroj informací.

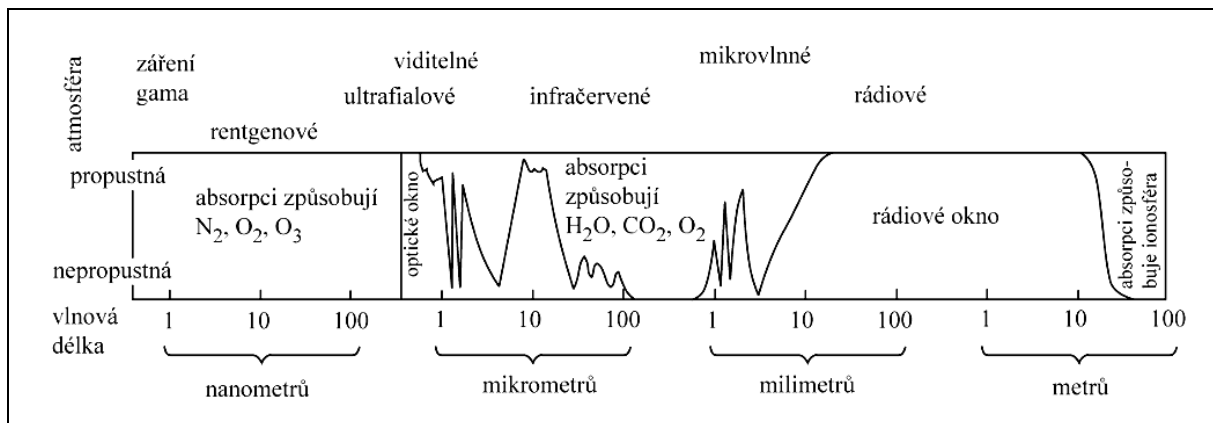


ATMOSFÉRA ZEMĚ – FILTR ZÁŘENÍ

Slunce je hlavním **zdrojem elektromagnetického záření** dopadajícího na Zemi. Po průchodu atmosférou se **odráží** od objektů na zemském povrchu nebo od spodních vrstev atmosféry. Toto záření může být zaznamenáno přístroji. Samy **objekty na zemském povrchu** jsou výrazně chladnější než Slunce. Vyzařují (emitují) vlastní infračervené **záření**. Všechna záření, přicházející z kosmu na zemský povrch, lze bez obtíží sledovat na všech vlnových délkách jen mimo zemskou atmosféru. **Ovzduší Země působí jako filtr**: propouští jen některé oblasti spektra – to jsou tzv. atmosférická okna. Záření v jiných oborech spektra nepropouští vůbec, jinde jenom zčásti.

ATMOSFÉRICKÁ OKNA ANEB „NEDOKONALOSTI FILTROVÁNÍ“

Nyní konkrétně: záření s nejkratšími vlnovými délkami (gama až ultrafialové) pohlcuje především atmosférický ozon. Po úzkém optickém oknu následuje infračervené okno, které propouští záření pouze zčásti a jen v některých oblastech vlnových délek. Značná část infračerveného a mikrovlnného záření se na povrch Země nedostane vůbec, je pohlcena v atmosféře zejména molekulami vody a kyslíku. Rádiové záření objektů s vlnovými délkami řádově milimetrovými až desetimetrovými pozorujeme v rádiovém oknu. Delší vlnové délky nepropouští zemská ionosféra.



Obr. 6: Atmosférická okna. Zdroj: <http://vademezum.hvezdarna.cz/new/pdf/03-2-10.pdf>.

ČLENĚNÍ ELEKTROMAGNETICKÉHO ZÁŘENÍ DLE VLNOVÉ DÉLKY

V úsecích atmosférických oken bylo vymezeno **šest základních oblastí elektromagnetického záření** jako nejvhodnějších pro získávání informací o zemském povrchu či atmosféře prostřednictvím distančního měření odraženého nebo vyzářeného elektromagnetického záření.

1. ultrafialové záření (vlnová délka 50 nm až 400 nm)
2. viditelné záření (vlnová délka 400 nm až 750 nm)
3. infračervené záření (vlnová délka 750 nm až 1mm)
 - a. infračervené záření blízké (vlnová délka 750 až 1400 nm)
 - b. infračervené záření střední (vlnová délka 1400 až 3000 nm)
 - c. tepelné záření (vlnová délka 3000 nm 1 mm)
4. mikrovlnné záření (vlnová délka 1 mm až 1m)

1. K zemskému povrchu je propouštěna pouze malá část **ultrafialového záření**, většinou je tato část spektra výrazně pohlcována atmosférou. Ultrafialového záření se v DPZ nejvíce využívá **v geologii**, protože mnoho minerálů vydává charakteristické záření v těchto vlnových délkách (např. pro vyhledávání ložisek zlata), v monitorování **rozsahu znečištění** (např. ropných skvrn). Toto záření částečně prochází vodním sloupcem.

2. **Viditelné záření** lze rozdělit na dílčí intervaly – na část modrého světla (0,4–0,5 μm), zeleného světla (0,5–0,6 μm) a červeného světla (0,6–0,7 μm). (Srovnej viz spektrální barvy.) Suchou a čistou atmosférou prochází bez významného ovlivnění (atmosférické okno). Je však značně rozptylováno a pohlcováno různými aerosoly, a proto **neprochází oblačností a mlhou**. Protože zdrojem tohoto krátkovlnného záření je Slunce, lze je zaznamenávat **pouze v denních hodinách**. Viditelné záření prochází vodním sloupcem do hloubky desítek metrů. Jeho modrá část prochází čistou vodou až do cca 30 m, červená část viditelného spektra je vodou výrazně pohlcována. To umožňuje studovat mnoho fyzikálních i biologických vlastností vodních objektů. V oblasti viditelného záření pracují konvenční metody pořizování obrazových dat i většina družicových systémů poskytuje také data ve viditelné části spektra. Nedá se dobře využít např. v geologických aplikacích. (Jednotlivé horniny, minerály ani půda odrážejí velmi podobné záření, nelze pak na snímku rozeznat povrch, který záření odrazil – viz spektrální chování objektů.) Vlnové délky viditelného záření jsou znečištěnou či „vlhkou“ atmosférou



rozptylovány a pohlcovány, což má za následek např. ztrátu kontrastu viditelných snímků pořízených ve viditelném záření.

3a. **Blízké infračerveného záření** navazuje na viditelnou část spektra. **Je méně ovlivňováno atmosférou**, proto jsou snímky **ostřejší a kontrastnější**. Díky tomu jsou vhodné k topografickým účelům. Blízké infračervené záření se uplatňuje při studiích zaměřených na vegetaci (lesnictví, zemědělství). **Voda** toto záření pohlcuje, neodráží tedy téměř nic a na snímcích **se jeví jako černá**.

3b. Oblast **středního infračerveného záření** pro DPZ se rozkládá ve dvou atmosférických oknech, která jsou využívána hlavně pro vegetační a geologické studie. Umožňuje dobré **rozdílení druhů vegetace** a jejího **zdravotního stavu**, rozpoznávání ledu a sněhu, odlišení oblačnosti, k rozlišení druhů minerálů.

3c. Zaznamenání tepelného infračerveného záření dovoluje získat poznatky o tepelné bilanci objektů, o povrchové teplotě oceánů, tepelném znečištění řek, jezer a krajiny, o lokalizaci lesních požárů.

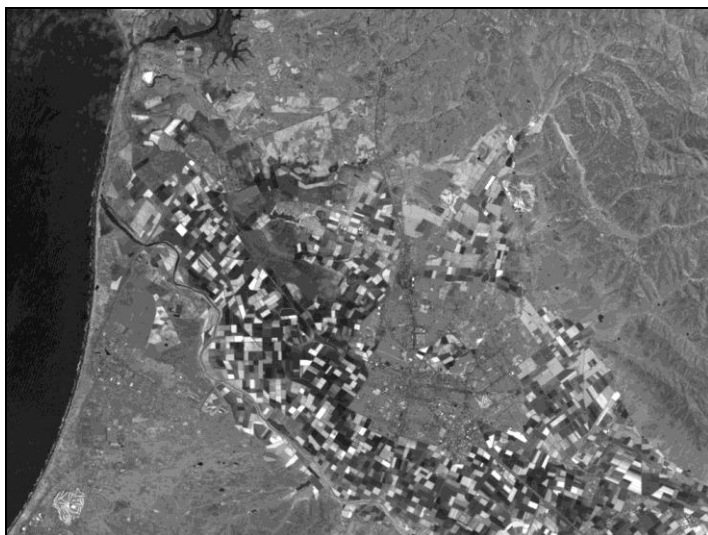
4. Mikrovlnné záření jen málo závisí na podmínkách počasí, výrazně je zeslabováno pouze v případě vydatného deště. Tohoto poznatku je využíváno v meteorologických aplikacích k zjišťování srážkových oblastí či intenzity srážek. Mikrovlnné záření je málo intenzivní, využívá se proto pomocí aktivních systémů (např. radarů), které jej vysílají a následně zaznamenávají (podle Dobrovolný, P. 1998).



Obr. 7: Snímek pořízený ve viditelné části spektra – vlnová délka (0,6–0,7 micronů, tj. očima vnímaná jako červená barva), je vhodný pro identifikaci zástavby, půd a vegetace.

Zdroj:

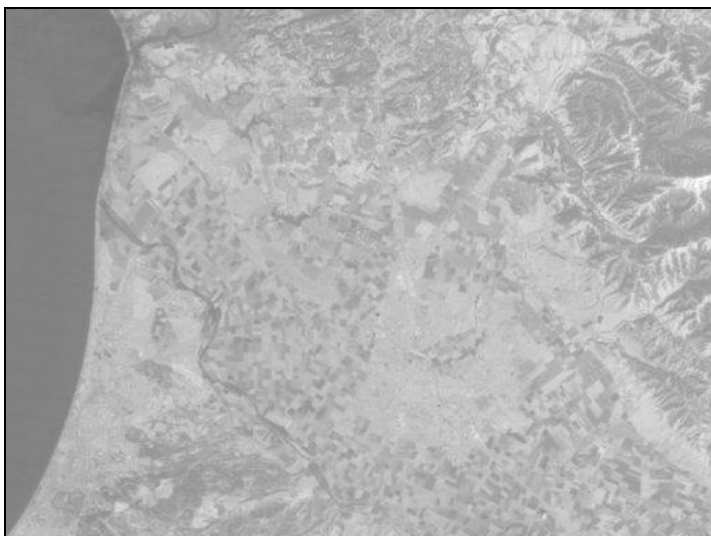
<http://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/tutorial/Landsat%20Tutorial-V1.html>.



Obr. 8: Snímek pořízený v blízkém infračerveném záření v intervalu (NIR, 0,7–1,2 micronů. Oko již tuto vlnovou délku nevidí.). Toto pásmo je velmi vhodné pro rozpoznávání vegetace, na obrázku lze velmi dobře odlišit různé druhy vegetace na polích

Zdroj:

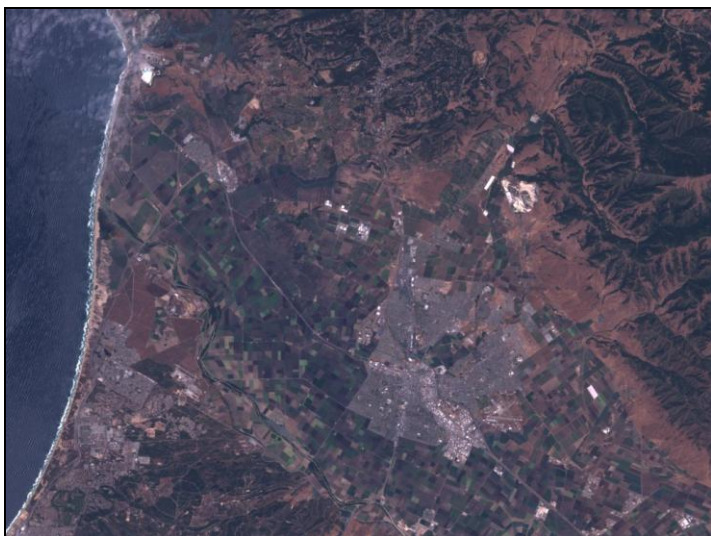
<http://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/tutorial/Landsat%20Tutorial-V1.html>.



Obr. 9: Snímek pořízený v tepelném záření (vlnová délka 5,0–14,0 micronů, tj. vlnová délka za hranicí viditelného záření) detekuje „teplé“ objekty, je užitečné především pro sledování teploty, tedy i denních či sezónních změn teplot.

Zdroj:

<http://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/tutorial/Landsat%20Tutorial-V1.html>



Obr. 10: Snímek pořízený v pravých barvách (družice Landsat).

Zdroj:

<http://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/tutorial/Landsat%20Tutorial-V1.html>



Obr. 11: Snímek pořízený v blízkém infračerveném záření. Dobře je patrný lepší kontrast oproti snímku v pravých barvách.

Zdroj:

<http://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/tutorial/Landsat%20Tutorial-V1.html>

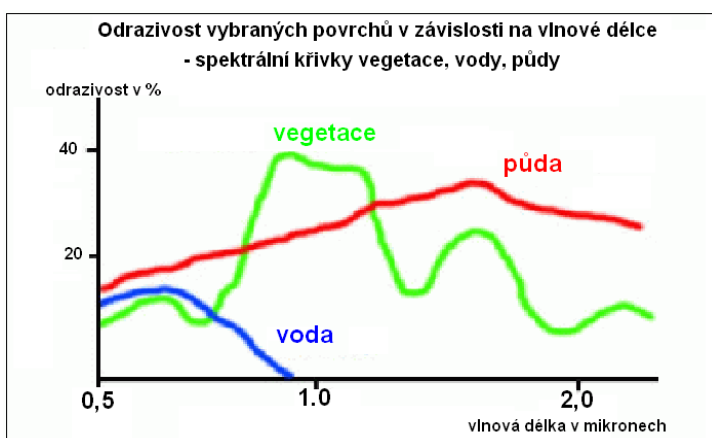


KDO JE VIDĚT ANEB SPEKTRÁLNÍ CHOVÁNÍ OBJEKTŮ

Intenzita odraženého či vyzařovaného (emitovaného) krátkovlnného záření závisí především na:

- na druhu látky či objektu (např. na jeho chemickém složení, apod.),
- na fyzikálním stavu objektu (teplotě obsahu vlhkosti, zhutnění povrchu, atd.),
- na stavu okolí objektu (např. na propustnosti atmosféry, apod.).

Spektrální chování objektu popisuje vztah mezi množstvím záření určité vlnové délky, který objekt (jeho povrch) odráží. Množství odraženého záření lze charakterizovat prostřednictvím spektrální odrazivosti. Pro daný objekt lze sestavit závislost mezi jeho odrazivostí a vlnovou délkou. Graficky ji lze znázornit tzv. spektrální křivkou odrazivosti. Pro dané podmínky a stejné povrchy objektů (holá půda, vegetace) má křivka typický průběh patrný z obrázku 12.



Obr. 12: Spektrální křivka odrazivosti pro vodu, půdu a vegetace.
Zdroj: http://www.sci.muni.cz/dobro/zemsky_povrch_vegetace.html.

Množství odraženého záření rozhoduje o tom, zda je objekt na snímku vidět. Objekt, který odráží jen **málo záření, se jeví jako tmavý**. K identifikaci každého objektu jsou také důležité vlastnosti sousedních objektů. Odráží-li **dva sousední rozdílné objekty stejné množství záření určité vlnové délky**, budou **na snímku splývat**. Díky tomu, že odrazivost objektů se mění s vlnovou délkou záření, lze najít intervaly vlnových délek, ve kterých se projeví rozdílná odrazivost povrchů. Pak bude možno tyto objekty snadno rozpoznat.

Zajímavost – Kdo je neviditelný?

Základem vidění je to, že se od předmětu odráží světlo, které pak zachytí lidské oko. Pokud se tedy světelné záření od věci neodrazí, ale "obteče" ji, nemůžeme ji zahlédnout. Totéž platí také pro vlny z radaru: Když objekt obejdou a nevrátí se zpět, radar jej nemůže zjistit.

Pokud bychom se tedy dívali na objekt, který stojí před zdí, ale je přikrytý neviditelným obalem, viděli bychom zeď, ale nikoli předmět, který by stál mezi ní a pozorovatelem.

Podstatou zkoumaného principu je, že předmět je přikrytý speciálním obalem. Světelné (či jiné) paprsky se od tohoto obalu neodrazí, nýbrž se zdeformují, projdou jeho vrstvami podél skrytého předmětu a pak se zase vrátí do své původní dráhy.

„Je to podobné, jako když voda obtéká hladký kámen, který jí stojí v cestě,“ popsal jeden z výzkumníků David Schurig z Dukeovy univerzity v Severní Karolíně v USA.

Převzato z: <http://aktualne.centrum.cz/veda/clanek.phtml?id=264926>.

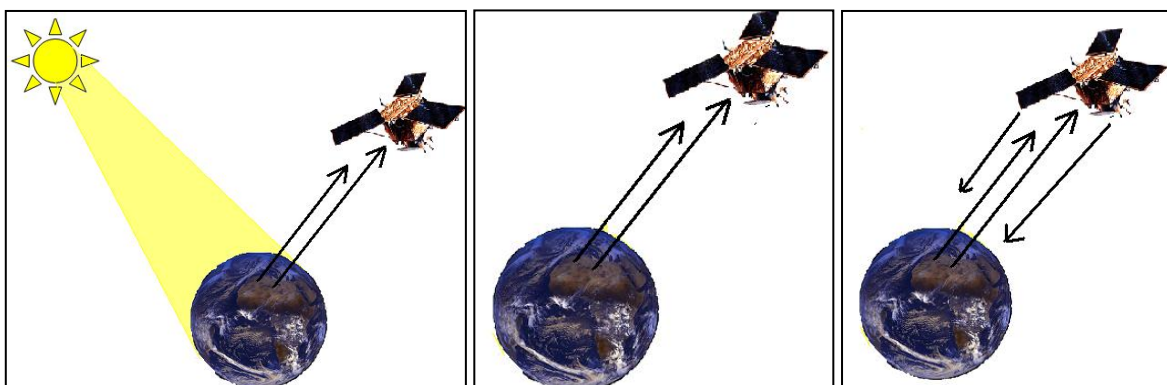
METODY DÁLKOVÉHO PRŮZKUMU ZEMĚ

Metody DPZ se dělí **podle zdroje** elektromagnetického záření na pasivní (přístroj svoje záření nevysílá, je v tomto ohledu pasivní) a aktivní (přístroj je aktivní, vysílá vlastní záření):

Pasivní metody mohou být:

- přímé – využívající odražené sluneční záření (obr. 13a),
- nepřímé – využívající odražené vlastní vyzařování objektu, např. termovize (obr. 13b).

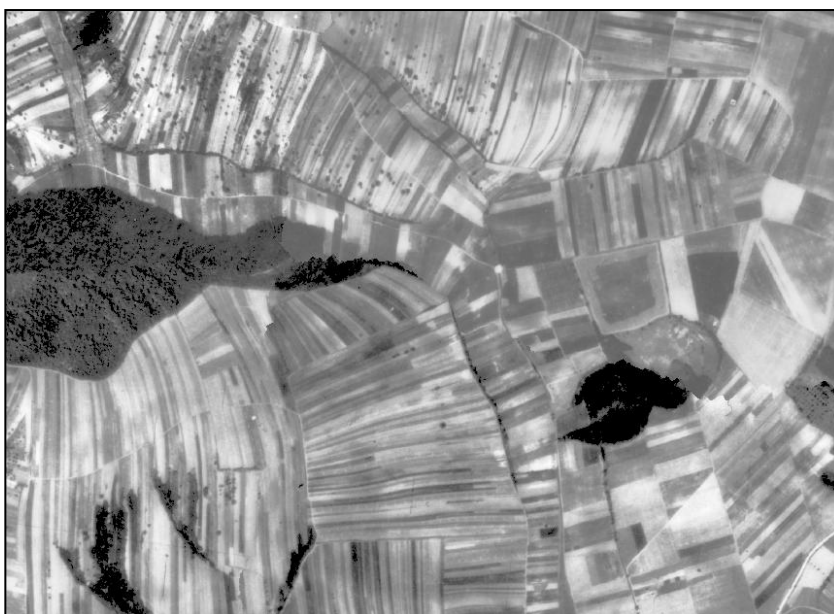
Aktivní metody pracují se zářením vysílaným ze zdroje umístěného na nosiči a jeho zpětným odrazem zachyceným na nosiči, např. radar (obr. 13c)



Obr. 13a: Pasivní přímé metody. Přístrojem na nosiči je zaznamenáváno odražené sluneční záření. Obr. 13b: Pasivní nepřímé metody – na nosiči je zaznamenáváno záření vyzařované vlastním objektem (např. jeho tepelné záření). Obr. 13c: Aktivní metody DPZ – záření je vysíláno ze zdroje na nosiči a opět jako odražené. Zdroj: Svatoňová, H., Lauermann, L. 2010.

ČERNOBÍLÁ, BAREVNÁ ČI MULTISPEKTRÁLNÍ FOTOGRAFIE – FOTOGRAFICKÉ KONVENČNÍ METODY DPZ

Kvalita a informační hodnota leteckých a družicových snímků pořízených **klasickými fotografickými** (fotogrammetrickými) metodami závisí na technických **parametrech fotografické komory**, na tom, zda byly použity **černobílé** nebo **barevné** materiály, na jejich citlivosti a způsobech zpracování. Většina leteckých snímků určených pro topografické a geografické aplikace a kartografické využití se vyhotovuje na **panchromatickém materiálu**, který je citlivý ke všem vlnovým délkám **viditelné části** spektra (obr. 3).



Obr. 14: Výřez z leteckého snímku oblasti jižní Moravy pořízeném v létě roku 1953, kopie na fotografickém papíru. Zdroj: Archiv leteckých snímků Dobruška.



Obraz vzniká pomocí objektivu letecké fotografické komory v okamžiku expozice najednou na celé citlivé fotografické vrstvě snímku. Letecké snímky jsou k dispozici zpravidla v analogové formě na filmu, nejčastěji jako kopie na fotografickém papíru.

ČERNOBÍLÉ FOTOGRAFIE

Panchromatické černobílé snímky exponované v třicátých až devadesátých letech 20. století ve všech viditelných částech spektra umožňují stále velmi dobré prostorové rozlišení zobrazovaných detailů. V praxi se využívaly při pořizování přesných **leteckých měřických snímků** určených pro topografické mapování. Měřickými vlastnostmi leteckých snímků, jejich zpracováním a praktickým využitím pro tvorbu map se zabývá samostatná vědní disciplína – **fotogrammetrie**.

BAREVNÉ FOTOGRAFIE

Stále častěji se prosazují **snímky barevné**. Barva výrazně zlepšuje interpretační možnosti při rozlišování objektů na snímcích (obr. 15). Zatímco na černobílých snímcích je možno vizuálně rozlišit kolem 200–300 odstínů šedých tónů, lze na správně exponovaném barevném snímku vzájemně odlišit **4000–5000 barevných odstínů** (např. jednotlivých typů porostů, znečištění vod, poškození lesů, vlhkosti půdy, složení půdy, geologických charakteristik, socioekonomických jevů, geomorfologických pochodů apod.). Nedostatkem je určitá **ztráta barevnosti a změna barevných tónů objektů při snímkování z větších výšek vlivem rozptylu a absorpce paprsků v atmosféře**.

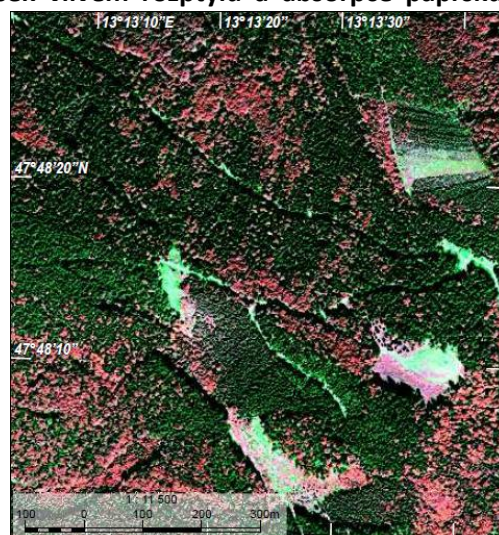


Obr. 15: Výřez z leteckého barevného snímku z roku 2000 (zobrazuje stejné území jako obr. 14). Zdroj: Geodis Brno, s.r.o.

FOTOGRAFIE BAREVNÉ „FALEŠNĚ“

Pro získání informací o objektech a jevech, které nelze plně interpretovat na panchromatických snímcích, se používají **materiály citlivé v oblasti infračerveného záření**. Takové snímky dostaly název **false color**. U nás se používá termín **snímky spektrozónální**.

Dlouhovlnné infračervené paprsky pronikají lépe atmosférou a umožňují zhotovovat snímky i za **ztížených atmosférických podmínek** (opar, mlha, kouřmo), mají větší kontrast a jsou jasnější. Dají se na nich např. **dobře rozlišit nejen listnaté a jehličnaté porosty**, ale i jednotlivé dřeviny, zemědělské porosty, typy oblačnosti, stejně jako objekty socioekonomické sféry a důsledky jejího vlivu na znečištění ovzduší, ale i ruiny starých měst ukrytých v džungli apod.

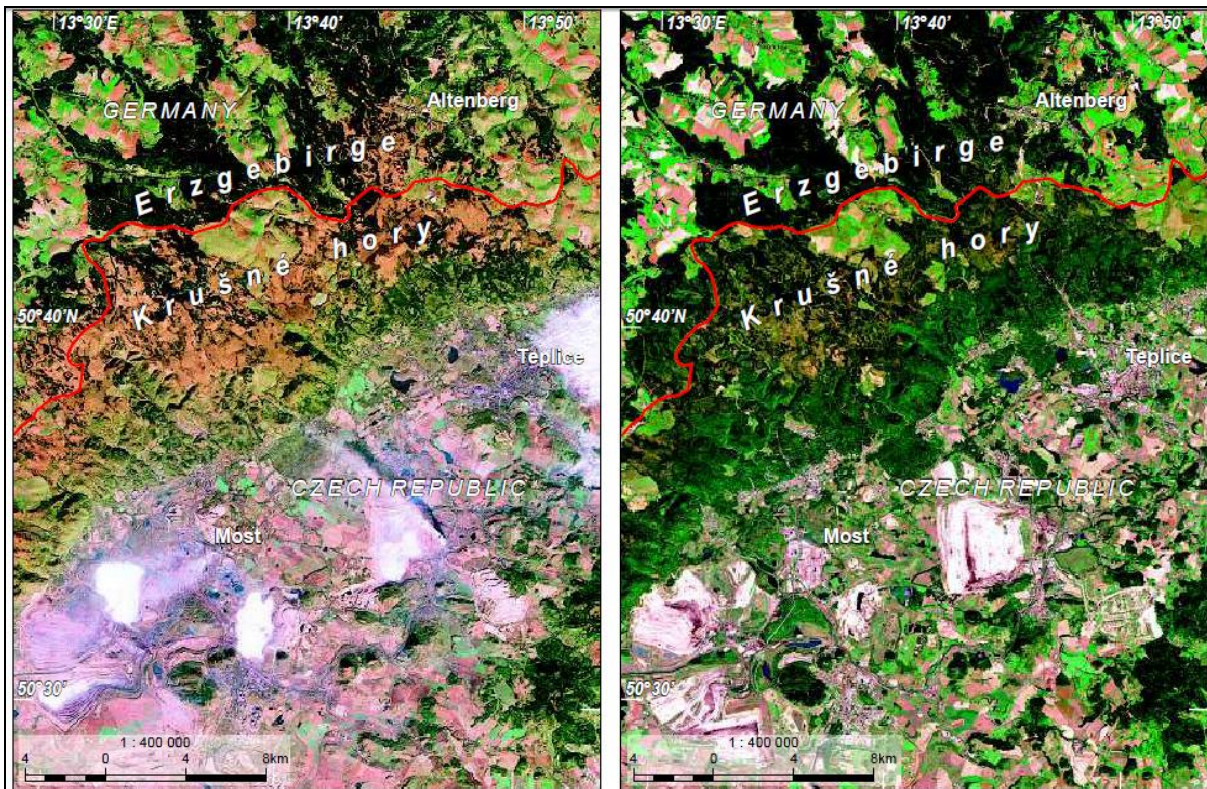


Obr. 16: Infračervený satelitní snímek lesů v okolí Salzburgu v Rakousku. Na snímku lze odlišit zeleně zbarvené jehličnaté lesy a růžově zbarvené smíšené lesy. Zdroj: ESA School Atlas, s. 200.

ŘÁDEK PO ŘÁDKU ANEB NEKONVENČNÍ METODY DÁLKOVÉHO PRŮZKUMU ZEMĚ

Nekonvenční způsoby zobrazení zemského povrchu se liší od fotografických postupů **jinou technikou vytváření obrazu**. Obrazy vznikají v měřících přístrojích na nosiči rozložením po jednotlivých řádcích tzv. **řádkováním**. K měření množství energie pocházejícího ze zdroje záření slouží **radiometry**. Snímačí rozkladová rastrová zařízení jsou **skenery**. Vznikají obrazové záznamy, na nichž je rozlišení obrazového detailu **obecně menší než u fotografie**. Jsou pořizovány v široké části spektra a poskytovány v číselné – digitální – podobě.

Většina obrazových záznamů pořízených družicemi dnes vzniká **nekonvenčně**. Výhodou zařízení **registrovat obrazové záznamy v různých pásmech spektra**. Využívají se hlavně skenery zaznamenávající obrazová data z povrchu do pixelů, jejichž velikost určuje podrobnost interpretace obsahových prvků. **Aktivní systémy, radary** se využívají v DPZ stále častěji, a to především pro meteorologické aplikace (údaje z radaru o srážkách), při zjišťování nadmořských výšek, vyhodnocování reliéfu a jeho změn, konstrukci digitálních, přesných modelů reliéfu, dále i v lesnictví, zemědělství, glaciologii atd.



Obr. 17: Satelitní snímky pořízené družicemi Landsat 5 (vlevo r. 1984) a Landsat 7 (vpravo, r. 2005) zobrazují prostor Krušných hor a podkrušnohorských pánví. Na snímcích je patrný pozitivní vývoj v krajině – holé plochy mrtvých stromů se postupně zalesňují, krajina povrchových dolů je rekultivována. Lesy v Krušných horách byly poškozeny především oxidy síry a dusíku z procesů spalování hnědého uhlí na území Československa a Německa. Oba snímky vznikly kombinací tří snímků z dílčích kanálů nasnímaných přístroji na družicích. Barevnost výsledného snímku připomíná přirozené barvy (near natural colours) Snímek z roku 2005 byl pořízen přístrojem ETM+ (multispektrální skenující radiometr) na družici Landsat 7 z výšky 705 km. Zdroj: ESA School Atlas, s. 200.

PŘÍSTROJE NA DRUŽICÍCH

Elektronická zařízení ve snímačích družic dovolují registrovat široký vlnový rozsah elektromagnetického záření. Patří sem:

- **televizní způsoby snímání**, jež se provádějí televizními kamerami pracujícími obvykle ve více pásmech spektra (tzv. multispektrální kamery).



- **radiometry a snímací rozkladná zařízení** určená k měření radiace světelného až mikrovlnného záření ve zkoumaném území.
- **termální skenery a radiometry** zachycují tepelné záření z pevnin a oceánů. Protože chceme často zjistit vlastní tepelné záření objektu/jeho teplotu, snímáme v noci, kdy objekty neodrážejí sluneční záření.
- **radiolokátory**, které samy vysílají z letadla nebo družice mikrovlnné záření a zaznamenávají jeho odraz od terénu (nebo jiných objektů). Primární **radar** je klasický aktivní radar, kdy vysílač **vysílá** mikrovlnnou energii ve formě impulzů nebo stálé vlny a v čase mimo vysílání **přijímá** odrazy od objektů (letadel, vzducholodí, mraků, země...), jež se nacházejí ve směru, kam je energie vysílána. Podle Dobrovolný, P. 1998.

Otázky a úkoly k zamyšlení:

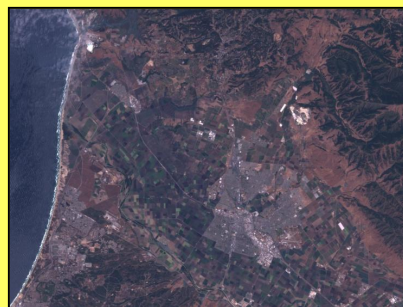
1. Proč vidíme ve dne barevně a proč nevidíme v noci?
2. Co mají společného naše oči a senzory na družicích?
3. Jaký je princip vzniku snímku?
4. Kdy jsme viditelní pro své okolí?
5. Kdy se stáváme neviditelnými?
6. Vysvětlete, proč jsou některé objekty dobře rozpoznatelné na snímcích ve viditelné části spektra a proč jiné typy objektů mohou být lépe rozlišitelné na snímcích infračervených?
7. Vysvětlete, jak souvisí rozptylování kratších vlnových délek spektra s barvou atmosféry – tj., proč je obloha modrá?
8. S pomocí spektrální křivky odrazivosti pro vodu, půdu a vegetaci vysvětlete, proč můžeme vodu považovat za černé těleso. Jak vypadají vodní plochy na snímku pořízeném v **blízkém infračerveném záření**?
9. Ve kterých vlnových délkách má vegetace maximální odrazivost?
10. Prohlédněte si snímky z družice LANDSAT (obr. 10 a 11). Oba snímky vznikly barevnou syntézou. Snímek 1 připomíná svou barevností přirozené barvy, snímek 2 je v barvách falešných. Rozhodněte, který bude vhodnější pro vaše zkoumání zabývající se zjišťováním rozloh vegetace a identifikující pěstované druhy na polích.

Zdroj snímku 1:

<http://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/tutorial/Landsat%20Tutorial-V1.html>,

Zdroj snímku 1:

<http://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/tutorial/Landsat%20Tutorial-V1.html>



LITERATURA

DOBROVOLNÝ, P. Dálkový průzkum Země – Digitální zpracování obrazu. Brno, Vydavatelství Masarykovy univerzity, 1998. 210 s.

SVATOŇOVÁ, H., LAUERMANN, L. Dálkový průzkum Země – aktuální zdroj informací. Brno: Masarykova univerzita, 2010. 96 s.

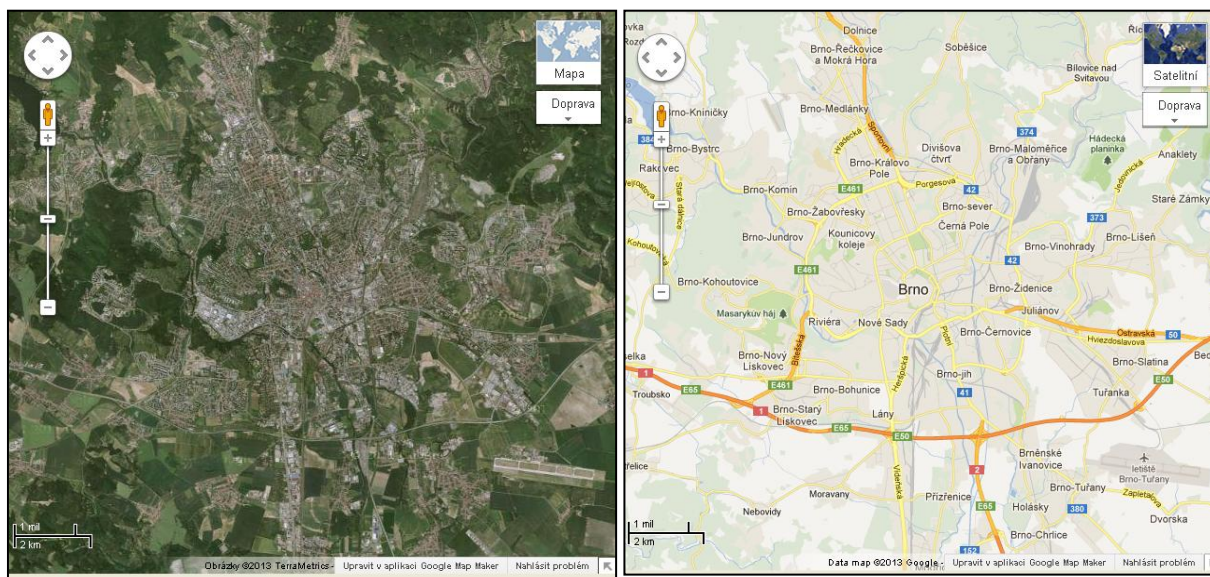
Mapa, letecký snímek a družicový obraz stejného území

Co je to vlastně mapa? Co na ní vidím a co ne? Proč mapě říkáme model?

Co vidíme na snímku? Jaký je rozdíl mezi mapou a snímkem?

A existuje nějaký „kříženec“?

Při pohledu z letadla nebo družice mají letci a kosmonauti velmi dobrý pohled na celé území pod sebou. Je to hlavně proto, že jednotlivé terénní tvary a předměty se vzájemně nezakrývají. Vidí je ve vzájemné souvislosti, mohou proto velmi dobře určit i podrobnosti a celkový ráz krajiny. Při pohledu kolmo dolů bude **terén značně připomínat mapu**. Zdálo by se, že takový pořízený obraz může nahradit mapu, že je dokonce lepší než mapa, protože jsou na něm zachovány i podrobnosti, které na mapě zachyceny být nemohou. **Letecký nebo družicový snímek má však s mapou stejného území dost podstatných rozdílů.**



Obr. 18: Porovnání leteckého snímku a mapy Brna z prostředí Google maps. Zdroj: <http://maps.google.com>.

MAPA JAKO KARTOGRAFICKÝ OBRAZ ÚZEMÍ

Mapa je **rovinný, generalizovaný obraz území**.

Obraz mapy představuje **ortogonální (kolmý) průmět** území na hladinovou referenční plochu elipsoidu nebo koule a následné převedení této plochy do roviny prostřednictvím matematicko-kartografického zobrazení ve zvoleném měřítku.

MAPA A JEJÍ OBSAH ANEB CO NA MAPĚ JE A NENÍ

V zájmu dobré čitelnosti a srozumitelnosti jsou **některé obsahové prvky znázorněny nad míru**, tj. je větší, než jsou ve skutečnosti (např. šířka silnic, vodních toků, velikosti budov). Naopak **velké množství objektů v terénu nemůže být v mapě zakresleno vůbec** vzhledem k jejich malým rozměrům (např. jednotlivé stromy, některé polní a lesní cesty, potůčky). Generalizovaný (zevšeobecněný) ob-



sah mapy je vyjádřen **smluvenými značkami** a je závislý na tom, o jaký druh mapy se jedná. Jiná je mapa topografická nebo turistická, jiné obsahové priority a způsoby znázornění mají mapy obecně-geografické nebo tematické, nástěnné nebo atlasové. V každé mapě jsou vždy uvedena **vlastní jména** geografických objektů, celá řada zkratk a dalších údajů. Hlavní obsahové prvky mapy jsou barevně odlišeny. Ve většině map je vyjádřena **výškopisná složka** terénu vrstevnicemi a výškovými kótami, které dávají dobrou představu o členitosti území. Zeměpisná síť (na podrobných mapách také rovinná souřadnicová síť) umožňuje **lokalizovat polohu jakéhokoliv objektu** na mapě.

Nevýhodou je, že změny v terénu, které nastaly po vytištění mapy, není možno průběžně opravovat, a proto **každá mapa je více méně obsahově zastaralá**.



Obr. 19: Ukázka vojenské mapy. Zdroj: <http://geoportal.gov.cz/>.



Obr. 20: Ukázka letecké fotografie z produkce ČÚZK. Zdroj: <http://geoportal.gov.cz/>.

LETECKÉ A DRUŽICOVÉ SNÍMKY ANEB CO NA NICH ROZPOZNÁME

Letecký nebo družicový snímek pořízený ze stejného území jako mapa, **není generalizován. Zobrazuje všechno**, co je schopen rozlišit objektiv letecké fotografické komory, nebo co je schopno registrovat snímací zařízení družice – tedy i podrobnosti, jaké není možno na mapě znázornit.



Obr. 21: Letecký snímek – detailní pohled na zástavbu ve Velké Bíteži s dobře patrnými detaily – jednotlivými domy, keři a stromy, poli s patrnými pruhy po projetí traktory atd.

Zdroj:

<http://geoportal.gov.cz>

Na rozdíl od mapy, kde je např. obdělávaná půda znázorněna pouze celkovým obrysem a bílou plochou, na snímku vidíme pestrou mozaiku jednotlivých polí, můžeme zhruba určit i druh kultury (stromy, keře).

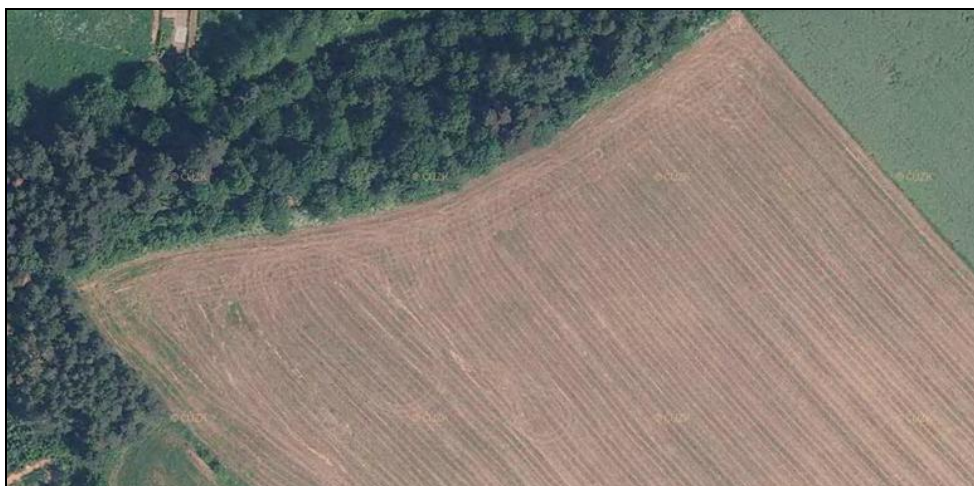


Obr. 22: Stejně území viz obr. výše na výřezu z topografické mapy

Zdroj:

<http://geoportal.gov.cz>

K rozpoznání podrobností a identifikaci objektů pomáhají jemné odstíny šedi nebo barvy. Světlý tón vykopané nebo navezené zeminy se ostře odlišuje od tmavšího tónu okolní půdy. Je zajímavé, že takovéto práce můžeme zjistit i po mnoha letech nebo i tehdy, jsou-li území porostlé kulturami.



Obr. 23: Detail leteckého snímku – na okraji pole lze rozeznat oblouky po otáčení traktoru i jednotlivé brázdy.

Zdroj:

<http://geoportál.gov.cz>

Ohromnou předností snímků DPZ je jejich **aktuálnost** a možnost opakovaně sledovat změny a dynamiku jevů v čase. Tato vlastnost má velký význam pro hodnocení změn v tvářnosti krajiny zejména tehdy, můžeme-li porovnávat snímky stejného území pořízené v různých časových obdobích. Snímky jsou nezastupitelným podkladem pro aktualizaci obsahu map.

Nevýhodou leteckého nebo družicového snímku je, že nemá v celé ploše přesné měřítko a obraz má určité zkreslení. Protože na snímku jsou zobrazeny všechny podrobnosti, **nevynikají objekty důležité**, přítomnost některých není možno někdy vůbec zjistit (na snímku DPZ těžko poznáme druh a třídu komunikace, druh mostů).

Bez mapy někdy obtížně poznáme, z kterého území snímek je, nebudeme znát názvy sídel a názvy pomístné, úplně bude chybět doplňující popis, kóty, zeměpisná síť apod.

Z jednotlivého snímku nelze dobře posoudit členitost reliéfu terénu. Dvojice leteckých snímků nám umožňuje naopak přesné vyhodnocení terénních tvarů.

SNÍMEK DPZ A MAPA MAJÍ SVÉ PŘEDNOSTI I NEDOSTATKY

Předností leteckých a družicových snímků je jejich obsažnost, informační bohatost a aktuálnost. Proto slouží jako rozhodující podklady pro hodnocení tvářnosti krajiny a jejích změn v čase stejně jako k tvorbě, obohacení obsahu a aktualizaci map.

V posledních patnácti letech převládaly při pořizování a zpracování barevných leteckých a družicových snímků **digitální metody**. Pokud nejsou pořizovány přímo digitálně, bývají digitalizovány – původní negativy nebo pozitivy jsou pomocí skenerů automaticky transformovány do rastrových digitálních souborů a dále počítačově zpracovány.

Každá rastrová buňka (pixel) polohově lokalizovaná rovinovými souřadnicemi má určitou číselnou hodnotu, které je přiřazena konkrétní intenzita tónu šedi nebo barvy v rozsahu několika set tónových odstínů. Z **digitálního záznamu se dá zpětně vizualizovat na obrazovce počítače barevný obraz území** nebo vytvořit speciálním zobrazovacím přístrojem barevný analogový obraz snímku na papíře v jakémkoli zvětšení. Tím má lepší ostrost a kvalitu než klasická fotografická kopie nebo zvětšenina.

ORTOFOTOMAPA – PO MATCE MAPA PO OTCI SNÍMEK ANEB NĚCO VÝHOD OD OBOU

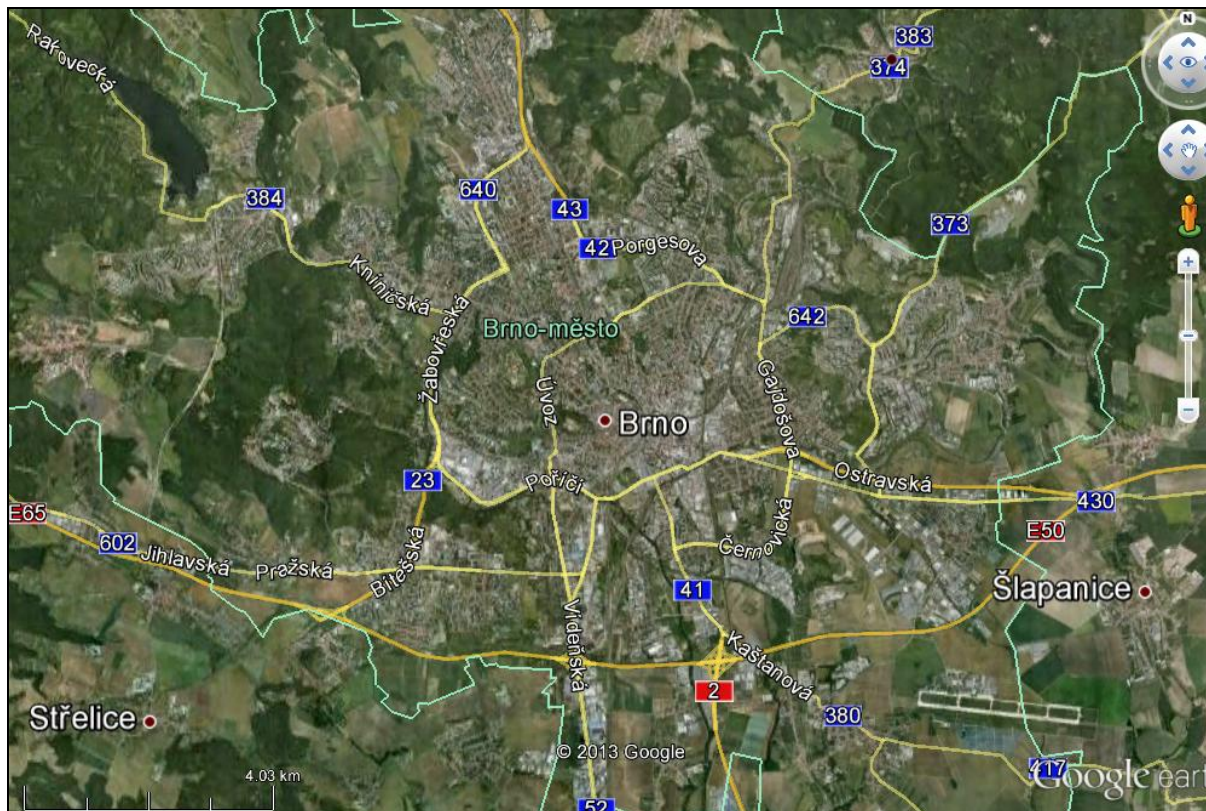
Digitální technologie umožňuje navíc odstranit zkreslení snímku a transformovat jeho obraz do stejného měřítka a kartografického zobrazení (projekce), jaké by měla mapa stejného území. Vznikají tak **ortofota (ortofotografie)** a ortogonálně upravené družicové záznamy umožňující bezprostřední srovnání výhod a nevýhod snímku a mapy a tím i snadnější interpretaci a vyhodnocení zobrazené reality.



Obr. 24: Část území Prahy na ortofotosnímku a na mapě shodného měřítka (1:25 000) usnadňuje interpretaci objektů na snímku, podává i názornou představu o rozdílu ortofotosnímku a mapy. Zdroj: Archiv katedry geografie PdF MU.



Ortogonalně transformované letecké snímky a obrazové záznamy z družic se dále doplňují a **zvýrazňují kresbou některých mapových značek** (např. komunikací, objektů), **názvoslovím** a **popisem, dokreslením mapového rámu** a zeměpisnými nebo rovinnými souřadnicemi, **legendami** apod. tak, aby získaly **vlastnosti mapy**. Vznikají tak **ortofotomapy** – kvalitativně nové, všestranně využitelnější počítačové nebo analogové modely území spojující přednosti snímku a mapy.



Obr. 25: Ukázka výřezu ortofotomapy. Zdroj: Google Earth.

Otázky k zamyšlení:

Využijte snímku a mapy části Velké Bíteše a posuďte aktuálnost snímku a mapy. Využit můžete např. postupující zástavbu rodinných domků.

Udejte příklad k větě „Protože na snímku jsou zobrazeny všechny podrobnosti, nevynikají objekty důležité“.

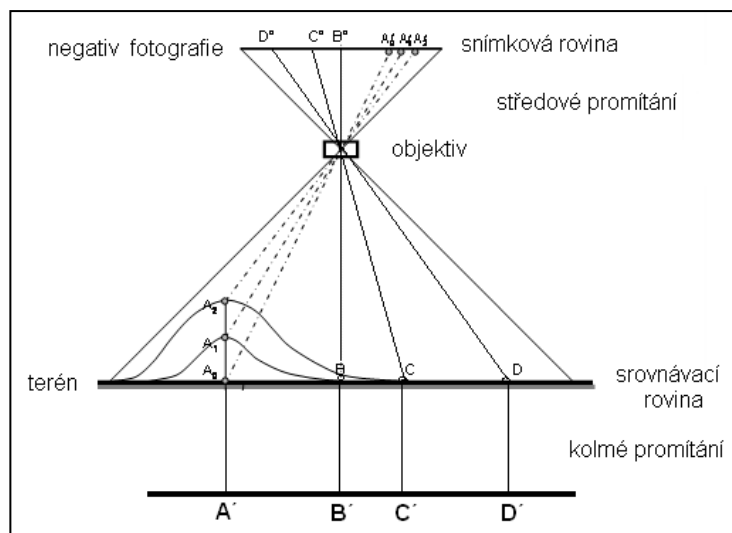
Které informace můžeme čerpat z mapy při práci s leteckým nebo družicovým snímkem?

Letecké a družicové snímky a možnosti jejich využití

Šikmý pohled na vzdálené objekty je nám blízký – „dálkově“ takto zkoumáme své okolí například z rozhledny, z vrcholů hor či nejvyšších pater mrakodrapů. I snímky mohou být šikmé, připomínající tento nám bližší pohled na svět. Více využívané jsou však kolmé snímky. Co na nich vlastně vidím a co se mi zcela ztrácí? A proč mohou být objekty na snímcích zkreslené? Naznačíme si, jak jednoduše vypočítáme míru zmenšení objektů na snímku, tedy měřítko snímku.

ZKRESLENÍ SNÍMKŮ

Při skládání částečně se překrývajících leteckých snímků si můžeme všimnout, že na okrajích tyto snímky na sobě dobře „nesedí“. Shodné objekty, které vidíme na sousedních snímcích, nejsou zcela stejné, jsou zkreslené. Čím dále od středu snímku, tím je zkreslení patrnější. Obdobně se projevuje výška objektů nad terénem. Důvodem je vznik snímků v tzv. centrální projekci (objektiv fotokomory je středem promítání.) Zkreslení lze odstranit. Snímky se pomocí digitálních technologií upraví – ze středového promítání se snímek transformuje do ortogonálního (kolmého) promítání.

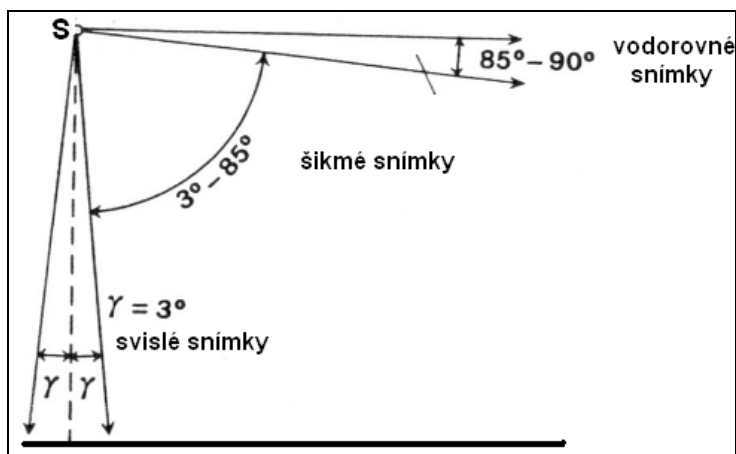


Obr. 26: Geometrické vztahy při snímkování území a vliv posunu polohy zobrazeného bodu na snímku v důsledku převýšení terénu. Předmětové body B, C, D se zobrazí na citlivé fotografické vrstvě filmu ve snímkové rovině do bodů B', C', D'. Všimněte si, že bod A se dle výšky nad terénem zobrazuje v centrálním promítání různě – do rozdílných míst. Jeho reálná výška tedy ovlivňuje jeho zobrazení, umístění na letecké fotografii. Toto u map není možné – bod je umístěn správně – nezáleží na jeho výšce. Na snímku je tak jediným nezkrasleným bodem bod B, který se v okamžiku vzniku fotografie nachází kolmo pod komorou fotoaparátu letícího letadla. U kolmého promítání vidíme, že se body zobrazují bez ohledu na svou výšku nad terénem či na vzdálenosti od středu (ten tu žádný není), tj. nezkrasleně. Snímky z kolmého promítání můžeme seskládat bez problému, budou dobře „sedět“ i na okrajích.

KOLMÝ, ŠIKMÝ ČI VODOROVNÝ SNÍMEK

Pro mapovací účely a topografické mapování se rozdělují letecké měřické snímky (obr. 27) podle velikosti sklonu osy záběru na:

- svislé (kolmé), jestliže je osa záběru přesně svislá nebo odkloněná o úhel $\pm 3^\circ$ od svislice (v některých publikacích se uvádí úhel $\pm 5^\circ$),
- šikmé, jestliže je osa záběru odkloněna o úhel 3° až 85° ,
- vodorovné při odklonu osy záběru o úhel 85° až 90° .



Obr. 27: Rozdělení leteckých snímků pro topografické vyhodnocování. Zdroj: Vojenská topografie – část letecké snímky, MNO, Praha, 1987.

VÝHODY A NEVÝHODY SVISLÝCH A ŠIKMÝCH SNÍMKŮ

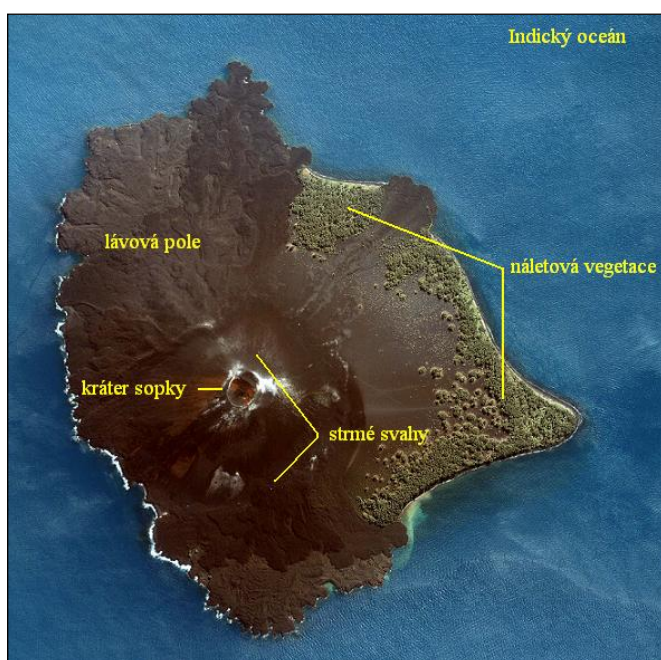
Ze srovnání svislých (kolmých) a šikmých snímků lze posoudit jejich výhody a nevýhody.

Výhody svislých snímků:

- svislý snímek **připomíná** do značné míry **plán** fotografovaného území, na němž je možno provádět měření jako na mapě. Perspektivní zkreslení snímku je zanedbatelné (měřítko je na celém snímku přibližně stejné),
- svislý snímek umožňuje **snadné srovnání s mapou** daného území, usnadňuje montáž jednotlivých snímků v souvislý obraz fotografovaného území – fotoschema.

Nevýhody svislých snímků:

- čtení a interpretace obsahu svislých snímků působí určité **potíže netradičním kolmým pohledem** na území,
- **nezvyklý obraz jednotlivých objektů** spolu s množstvím obsahově nepodstatných prvků vyžaduje určitý **cvik a zkušenosti**.



Obr. 28: Příklad svislého (kolmého snímku) podává **nezkreslený obraz půdorysu** ostrova. **Zaniká však vjem výšky a tvaru vlastní sopky**. Družicový snímek pořízený družicí Ikonos v pravých barvách, zachycuje aktivní sopku ležící na ostrově Anak Krakatau v Sundském průlivu mezi ostrovy Jáva a Sumatra v Indickém oceánu. Detailní snímek mladého vulkánu zobrazuje kruhový kráter, který je obklopen na svazích a úpatích čerstvými lávovými poli a popelem vytvářejícím na východní straně ostrova nové pobřeží. Zdroj: <http://cs.wikipedia.org>.

Výhody šikmých snímků:

- šikmý letecký snímek je perspektivním obrazem terénu. Proto se zobrazené objekty a terénní tvary jeví pozorovateli jako při normálním pohledu na krajinu z vyššího bodu,
- vyhodnocovatel snímku může mnohem snadněji rozpoznávat zobrazené objekty i konfiguraci terénních tvarů,
- na šikmém snímku je zobrazena mnohem větší rozloha území než na snímku svislém.

Nevýhody šikmých snímků:

- šikmý snímek má velké perspektivní zkreslení, nelze ho použít pro přesnou lokalizaci objektu ani pro mapování,
- měřítko šikmého snímku není stálé. Stejně je jenom na přímkách rovnoběžných s horizontem, mění se však při přechodu od jedné horizontály ke druhé.



Obr. 29: Příklad šikmého snímku. Pohled na zatopené město New Orleans (USA) po hurikánu Katrina v srpnu 2005. Zdroj: <http://images.google.cz/images>.

Rozdíly mezi svislým a šikmým snímkem, jejich výhody a nevýhody názorně vynikají při srovnání obou typů snímku části města Brna:



Obr. 30: Svislý (kolmý) a šikmý snímek Brna. Zdroj: Archiv katedry geografie PdF MU.

Svislý snímek byl pořízen z výšky 4 200 m komorou o ohniskové vzdálenosti $F = 150$ mm v měřítku přibližně 1:28 000 a jeho obraz byl dodatečně zvětšen do měřítka 1:10 000. Snímek zachycuje velmi věrně skutečný stav půdorysného uspořádání jednotlivých městských částí Brna. Dobře se dá rozlišit charakter zástavby historického jádra od starších čtvrtí a průmyslových závodů ve střední a jihovýchodní části snímku. Zcela jinak se na snímku jeví modernější vilové čtvrtě a severozápadní a severovýchodní části města a chatové kolonie v zahradách na jihozápadě. Impozantně působí areál výstaviš-

tě s rozložením a přesnými půdorysy výstavních pavilonů a technických objektů. Podrobný je obraz uličních sítí a hlavních komunikačních průtahů, mostů, náměstí, parkovišť (včetně aut). Dobře se dají identifikovat železniční tratě, nádraží včetně budov, nástupiště a provozních zařízení i vlakových souprav. Dobře lze lokalizovat na svislém snímku jen zřetelné dominantní stavby města (hrad Špilberk, katedrála sv. Petra a Pavla, Janáčkova opera, sportovní hala Rondo, areál Masarykovy univerzity, nemocnice, stadiony, hřiště apod.). Velmi detailně je možno na snímku rozlišit půdorysy parků a ostatní zeleně někde včetně rozlišení jednotlivých stromů, keřů a porostů lemujících komunikace a toky řeky Svatky a Svitavy.

Šikmý snímek části města Brna pořízený z výšky 2 500 m zobrazuje mnohem větší území než snímek svislý. Dává tak představu o okrajových sídlištích a charakteru území ve vzdálenějším okolí města. Nedává však přesné informace o vzájemných prostorových vztazích zobrazených městských částí a jednotlivých objektů. Jednoznačnou předností šikmého snímku je to, že dává představu o vzhledu staveb a jejich relativních výškách (hrad Špilberk, katedrála sv. Petra a Pavla, Janáčkova opera, areál Masarykovy univerzity, hala Rondo, výškové budovy sídlišť). Ze šikmého snímku si uživatel může udělat základní představu také o výškové členitosti území Brna. Dobře se dá posoudit také změna měřítka. Zatímco na spodním okraji je měřítko přibližně 1:4 900, pohybuje se na horizontále procházející středem snímku kolem 1:10 900 a směrem k hornímu okraji se dále zmenšuje k hodnotě asi 1:18 200.

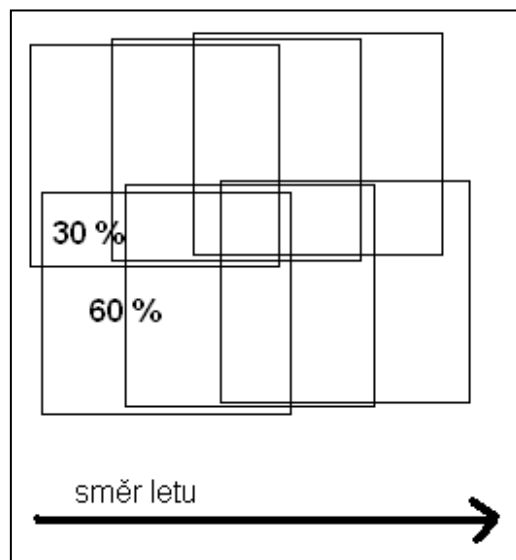
MĚŘÍTKO SVISLÉHO SNÍMKU

Geometrická podobnost mezi svislým snímek a terénem na jedné straně a mapou a terénem na druhé straně **umožňuje snadné překreslování situace** ze snímku do mapy a naopak. K výpočtu měřítka snímku využijeme mapu stejného území se známým měřítkem. Dle ní můžeme vypočítat reálnou vzdálenost dvou bodů. Poměr mezi vzdáleností těchto bodů zobrazených na snímku a skutečnou vzdáleností je měřítkem zmenšení snímku. Pozor na jednotky ☺.

SNÍMKUJEME BEZ MEZER, RADĚJI S PŘEKRYVEM

Aby bylo zaručeno, že mezi jednotlivými snímky nevzniknou mezery, pořizují se snímky s určitým překryvem. To znamená, že na dvou sousedních snímcích musí být zobrazena část stejného území. Překryt ve směru letu je **překryv podélný** obvykle 60 %. Jednotlivé letecké řady mají vzájemný **překryv příčný** 20–30 %.

Obr. 31: Při systematickém leteckém snímkování pro potřeby mapování se snímkuje dané území vždy v rovnoběžných řadách s podélným překryvem zpravidla 60 %. Aby bylo fotografované území plně plošně pokryto, volí se mezi řadami příčný překryt 20 až 30 %.
Zdroj: H. Svatoňová – vlastní zpracování.





Úprava leteckých snímků pro vyhodnocování a interpretaci obsahu

Než přistoupíme k vyhodnocení leteckých snímků pokrývajících zájmové území je třeba snímky vhodně uspořádat. V první fázi se vytváří **volná sestava snímků** a následně poté **fotoschema**.

VOLNÁ SESTAVA SNÍMKŮ



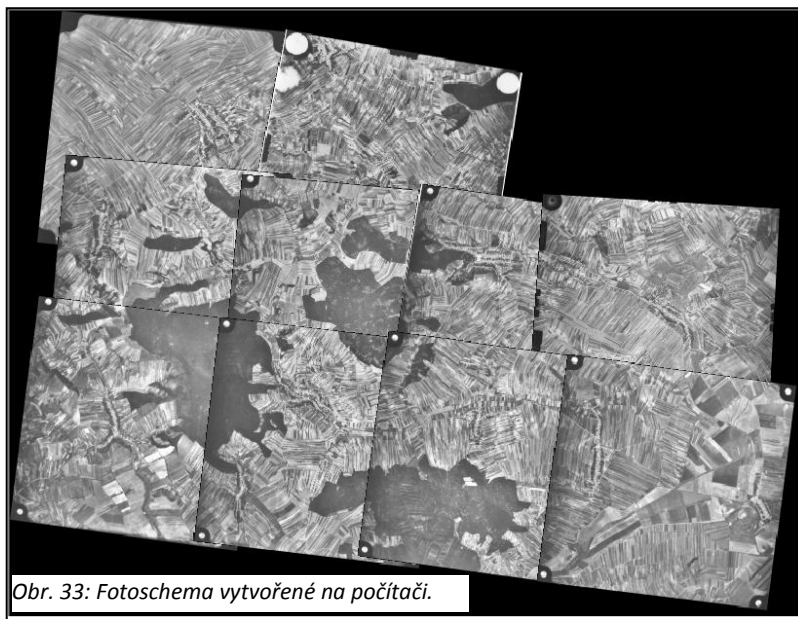
Volnou sestavou nazýváme skupinu snímků, položených jeden na druhý svými překryty. Položení snímků jeden na druhý musí být takové, aby situační čáry a obrysy přecházely pokud možno plynule z jednoho snímku na druhý. Tato volná sestava není dokumentem trvalým, po vyhodnocení se rozebírá.

Obr. 32: Práce studentů na volné sestavě snímků. Foto: H. Svatoňová.

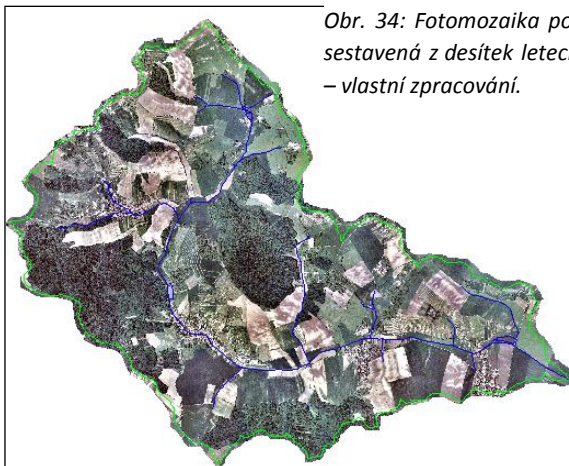
FOTOMOZAIKA

Fotoschéma (používá se také název fotomozaika) je dokumentem trvalým (obr. 33). V současnosti se fotoschémata vytvářejí převážně počítačově.

Postupným přiřazováním dalších snímků celého území vznikne v paměti počítače **souvislý obraz celého území – fotomozaika**. Tu lze jako celek zvětšovat, vyhodnocovat přímo na obrazovce nebo reprodukovat a vytisknout jako analogový podklad pro účely dalšího využití.



Obr. 33: Fotoschema vytvořené na počítači.

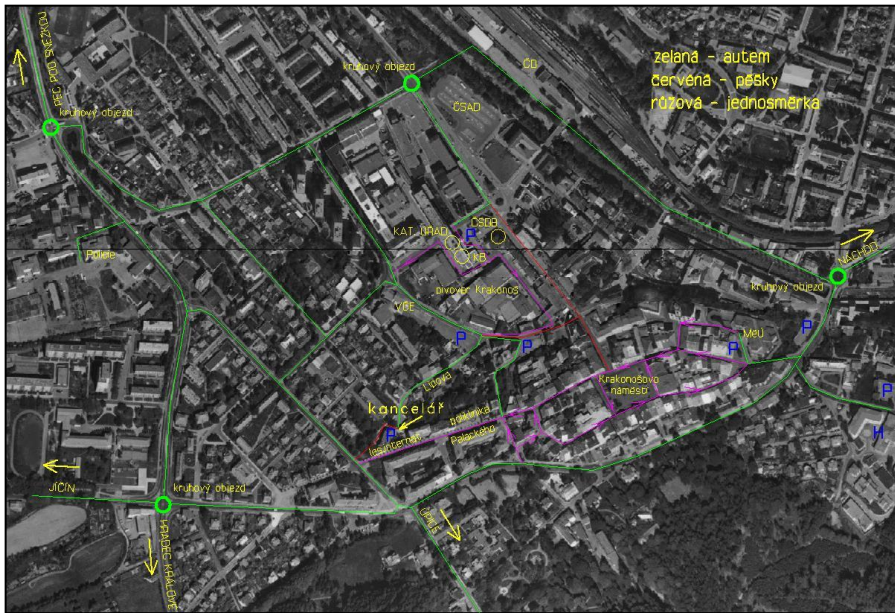


Obr. 34: Fotomozaika povodí Harasky o rozloze cca 50 km² sestavená z desítek leteckých fotografií. Zdroj: H. Svatoňová – vlastní zpracování.

ORTOFOTOMAPY

Pro kartografickou tvorbu map s využitím leteckých snímků, stejně jako pro nejrůznější geografické aplikace, jsou vytvářeny **ortofotomapy**. Jsou to analogové (fotografické) nebo digitálně zpracované obrazy území, ve kterých jsou výhodně spojeny přednosti leteckého snímku a mapy.

Ortofotomapa je speciální kartografický model území, jehož polohopisným **obsahovým základem jsou letecké (družicové) snímky**. Ty jsou dále doplněny grafickým **barevným zvýrazněním** důležitých objektů (silnic jednotlivých tříd, vodních ploch), vrstevnic, geografickým názvoslovím, rámem mapy, popisem zeměpisné sítě, popisem rovinné souřadnicové sítě, legendami apod. Ortofotomapy jsou již zpracovány v konkrétním matematickém zobrazení, formátu a zvoleném měřítku. Poskytují tak kvalitativně vyšší a aktuálnější úroveň obrazu geografické reality než běžné mapy stejného území. Zachycují celou mnohotvárnost a jedinečnost geografického prostředí a přibližují tím uživatelům představu o skutečnosti lépe než klasické mapy, kde znázornění všech geografických objektů je řešeno jenom prostřednictvím formalizovaného klíče mapových značek.



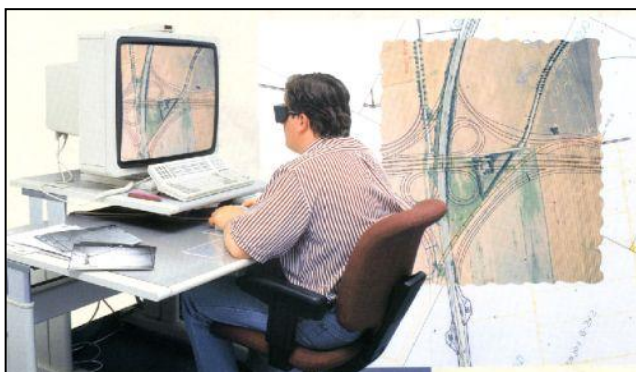
Mapy tohoto typu s obsahem družicových snímků se stále častěji objevují i ve školních atlasech a ve školních nástěnných, případně příručních mapách. Běžné je jejich uplatnění ve středních měřítkách v mapách oblastí i v plánech měst.

Obr. 35: Výřez z ortofotomapy, ortofotosnímek je doplněn popisem vybraných objektů.

Zdroj: <http://www.geodis.cz/>

SOUČASNÁ TVORBA MAP A LETECKÉ SNÍMKY

Největšího rozmachu dosáhlo použití leteckých snímků v tvorbě a údržbě map. V tvorbě podrobných map velkých měřítek, základních a topografických map měřítek 1:10 000 respektive 1:25 000 se uplatňují **letecké měřické snímky**. Pořizují se jako černobílé nebo barevné v měřítkovém rozsahu 1:2 000 až 1:30 000 z výšek větších než 600 m nad terénem.



Obr. 36: Počítačová technologie dovoluje minimalizovat zaměření v terénu a pracovat nad stovkami stereoskopických modelů najednou. Operátor vidí pomocí speciálních brýlí obraz terénu prostorově. Zdroj: <http://www.geodis.cz/>.

To, že prostor podélného překrytu dvou sousedních snímků jedné řady je exponován ze dvou různých míst odpovídajících poloze letadla letícího v ose řady, vytváří podmínky pro vznik **prostorového (stereoskopického) modelu terénu** ve fotogrammetrických přístrojích a jeho vnímání obsluhujícím operátorem. Pomocí přístrojů z něho graficky zobrazit v požadovaném měřítku **vrstevnice** a **polohopisné prvky** (sídla, komunikace, vodstvo, hranice porostů apod.) **budoucí mapy**.



Využití archivovaných snímků v geografii a ve výuce

ARCHIV STARÝCH SNÍMKŮ V DOBRUŠCE

Letecké snímkování má v České republice velkou tradici. Archiv leteckých snímků z našeho území, jehož správcem je Vojenský geografický a hydrometeorologický úřad v Dobrušce, patří k nejstarším v Evropě. Je v něm uloženo přes milion snímků v měřítkách 1:2 000 do 1:40 000, které **dokumentují stav a změny území státu od roku 1935**. Pro potřebu údržby a aktualizace topografických map a základních map středních měřítek bylo území České republiky snímkováno od roku 1964 celoplošně celkem čtyřikrát v měřítku 1:25 000 až 1:30 000.



Obr. 37: Logo Geografické služby AČR. Zdroj:

<http://www.geoservice.army.cz/htm/geosl.html>

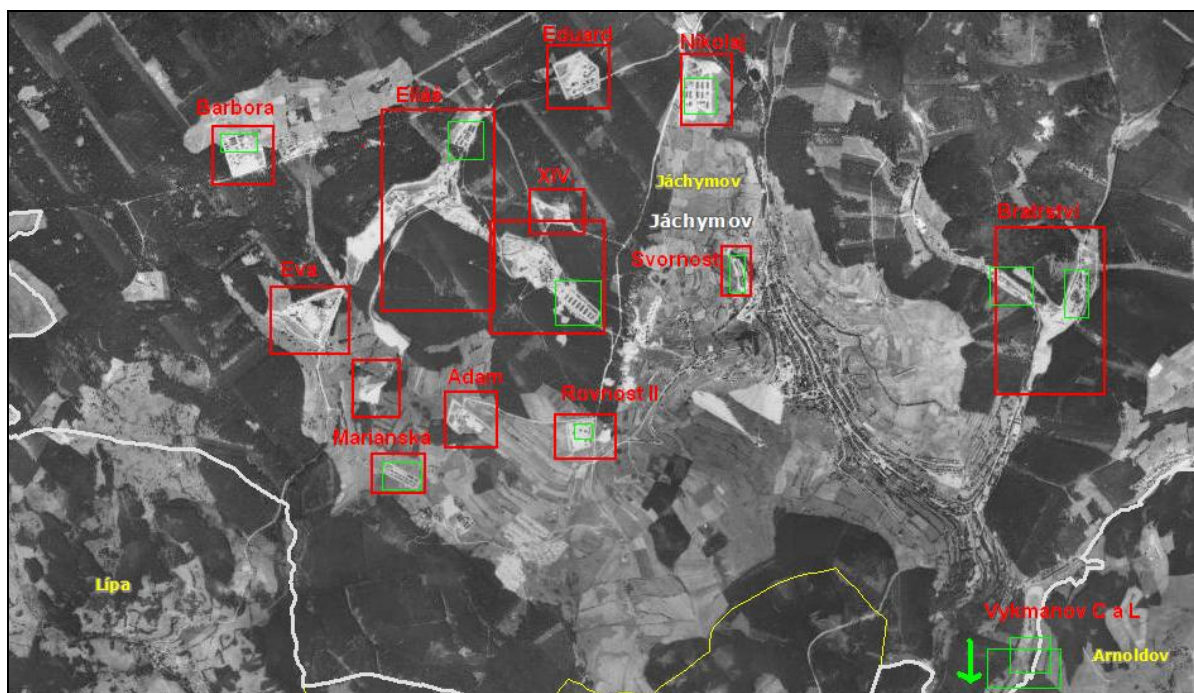
Geografická služba AČR (GeoSl AČR) je součástí ministerstva obrany České republiky, je určena ke geografickému zabezpečení ozbrojených sil České republiky a ve vymezeném rozsahu i aliance NATO a ozbrojených sil Evropské unie. Zabezpečuje geografické informace nezbytné pro jednotné řízení a velení a zajištění funkcí výcvikových, řídicích a zbraňových systémů.

<http://www.geoservice.army.cz/htm/geosl.html>

UŽITÍ STARÝCH SNÍMKŮ ČI ČASOVÝCH ŘAD

Odvozeniny těchto archivních snímků jsou dodávány za úhradu civilním organizacím (mají je možnost získat i školy), jako podklady pro geografické výzkumy, práce související s ochranou životního prostředí, geologií, urbanistikou a územní plánování, architekturu a archeologii, pro dokumentaci změn vzniklých socioekonomickými aktivitami. Velice žádané jsou tak zvané časové řady, tedy snímky z jednoho území pořízené v různých časových horizontech. Snímky se dodávají zvětšené (zmenšené) do požadovaného měřítko (např. 1:10 000, 1:5 000) nebo v maximálním formátu 100 x 100 cm.

Současné počítačové technologie zpracování archivních analogových snímků tak, aby je bylo možno využít i v náročných projektech zkoumání krajiny v prostředí geografických informačních systémů.



Obr. 38: Ukázka využití starých leteckých snímků – snímky z roku 1952 byly použity pro identifikaci těžebních prostorů a pracovních (koncentračních) táborů v okolí Jáchymova. Zdroj: <http://geoportál.gov.cz>, vlastní úprava.

BAREVNÉ SYNTÉZY DRUŽICOVÝCH SNÍMKŮ

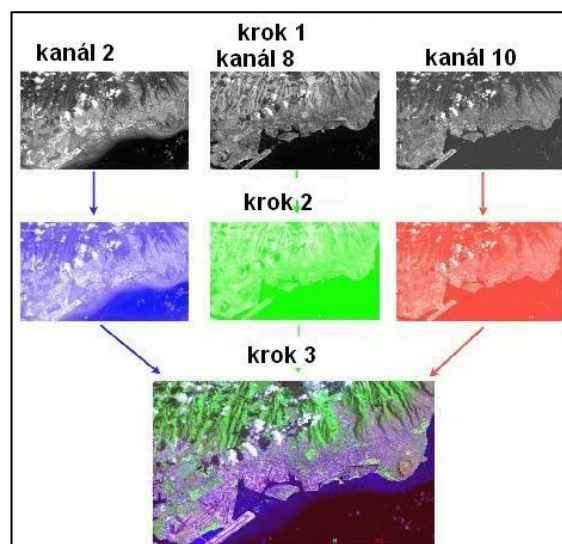
Současné přístrojové vybavení na družicích dovoluje využívat elektromagnetické vlnění výrazně **přesahující část viditelného spektra**. Přístroje pořizují snímky i v kanálech, které zaznamenávají elektromagnetické vlny **pro lidské oko neviditelné**. Snímky z jednotlivých kanálů jsou použitelné samostatně nebo je lze dále **kombinovat a skládat**. Vytvářejí se tak:

- **syntézy v pravých** (přírodních, tj. tak jak bychom obraz viděli z družice),
- **syntézy v nepravých barvách**.

Cílem syntéz je zvýraznění studovaných jevů.

Připomeňme si, že objekty, které ve snímané části spektra mají velkou odrazivost, jsou na panchromatických snímcích světlé, naopak objekty, které jen málo odráží záření ve snímaném intervalu, jsou na snímcích tmavé (zařízení zaznamenalo jen málo či žádné záření, proto je i černá díra černou - neopouští ji zaznamatelné záření). Na příkladech bude blíže objasněn význam snímkování v kanálech (band, channel) a skládání. Pozn. Zkratka RGB znamená Red, Green, Blue, pro příklad byly využity snímky z družice METEOSAT, NOAA a LANDSAT

Obrazové záznamy – snímky území – se pořizují v multispektrálním režimu, tj. území je zaznamenáno ve více pásmech – intervalech – kanálech (band, channel).



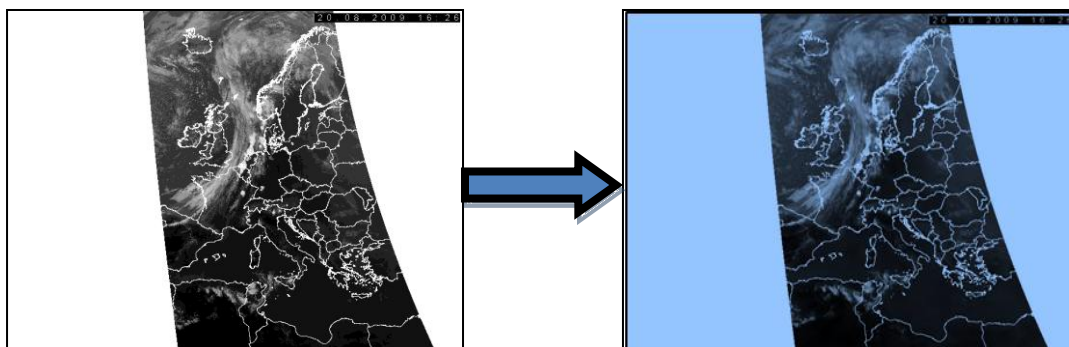
Obr. 39: Obecný postup vytváření barevné syntézy RGB pojednotlivých krocích. Zdroj: <http://www.sci.muni.cz/~dobro>.



Obr. 40: Snímky prvního kanálu z družice NOAA 16, černobílý snímek a červený. Zdroj: <http://www.chmi.cz/meteo/sat/>.



Obr. 41: Snímky druhého kanálu z družice NOAA 16, černobílý a zelený. Zdroj: <http://www.chmi.cz/meteo/sat/>.



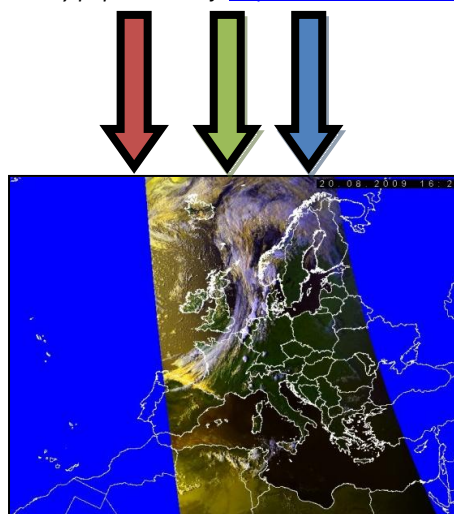
Obr. 42: Snímek čtvrtého kanálu z družice NOAA 16, černobílý a modrý paprsek. Zdroj: <http://www.chmi.cz/meteo/sat/>.

Obr. 43: Snímek z družice NOAA 16 v nepravých barvách syntézou RGB 124 (první, druhý a čtvrtý kanál v barvách červená, zelená, modrá).

Zdroj: <http://www.chmi.cz/meteo/sat/>.

Otázky a úkoly k zamyšlení:

Prohlédněte si kolmé a šikmé snímky a vyjádřete se k obtížnosti identifikace objektů na nich zachycených. Který typ snímku bude dle vás jednodušší pro žáky na školách?



Interpretace snímků DPZ

Co mi pomůže při rozpoznávání objektů na snímcích? Co ze snímku mohu vyčíst? Jak funguje prostorové vidění a k čemu jsou červenomodré brýle?

Interpretaci leteckých snímků a družicových dat chápeme jako jednu z nejdůležitějších metod získávání **informací o krajině a jejích změnách v čase**. Je to **specifický proces studia geografické reality** založený na rozpoznávání, identifikaci a prostorové lokalizaci jednotlivých objektů a terénních tvarů zachycených v obsahu leteckých snímků a družicových obrazových záznamů.

ZÁSADY INTERPRETACE

Základní úlohou při interpretaci leteckých a družicových snímků je **systematické „čtení“ jejich obsahu**, které spočívá:

- ve správném **rozpoznávání** a klasifikaci jednotlivých objektů,
- v **určování jejich vlastností**, kvantitativních a kvalitativních charakteristik,
- v přesné **prostorové (polohové) lokalizaci** zjištěných objektů,
- ve zkoumání a hodnocení **vzájemných vztahů** a příčinných souvislostí mezi zobrazenými objekty a jevy,
- v **analýze těchto vazeb** a odhalování zákonitostí charakterizujících rozhodující složky a vlastnosti zobrazeného území.

Interpretovat snímek znamená **dešifrovat** jeho mnohotvárný obsah z hlediska účelu, kterému mají sloužit zjišťované poznatky.

METODY PROHLÍŽENÍ SNÍMKŮ A FOTOGRAFIÍ

Klasické fotografické snímky pořízené na palubách letadel či družic jsou zachyceny na světlo citlivou vrstvu, po vyvolání filmu ve fotokomoře lze tyto fotografie prohlížet lidským okem.

Lidské oko je však schopno rozlišit od sebe asi 6 až 7 čar na 1 mm. Rozlišovací schopnost leteckých fotografických komor a používaného citlivého materiálu stejně jako digitálních fotokomor snímáček zařízení družic je několikanásobně větší než schopnost lidského oka. Pro běžnou interpretaci snímků je vhodné použít lupy nejlépe se šestinásobným zvětšením.

STEREOSKOPICKÉ VIDĚNÍ ANEB PROČ VIDÍME PROSTOROVĚ

Při pozorování terénu oběma očima můžeme odhadovat vzdálenost k jednotlivým objektům, rozlišovat i vzájemnou polohu předmětů v prostoru pouze v případě, že se optické osy levého a pravého oka protínají v pozorovaném předmětu. Při tomto **binokulárním** pozorování z oční základny (asi 65 mm) se vytváří na sítnici levého i pravého oka samostatný obraz. Oba obrazy se vzájemně částečně odlišují, protože levým okem vidíme víc levou stranu předmětu, pravým okem pravou stranu. Samostatné rovinné obrazy na sítnicích levého i pravého oka se v našem vědomí spojí v jediný **prostorový, tj. trojrozměrný obraz** předmětu. Této schopnosti očí spojovat dva rovinné obrazy v jeden vjem prostorový říkáme **stereoskopické vidění**.



Prostorové vidění: Pořídíme-li dva obrazy (letecké snímky) stejného prostoru z různých míst, např. dva sousední řadové snímky s podélným překryvem 60 % exponované postupně ve směru letu a předložíme levému oku levý a pravému oku pravý snímek, vytvoří se nám na sítnici obou očí podobné obrazy, jako bychom pozorovali terén přímo. Paprsky vycházející z levého a pravého oka na odpovídající body snímků se v prostoru protínají a vytvářejí nám zdánlivý prostorový model terénu. Takovým dvěma snímkům říkáme **stereoskopické dvojice**. Generují se **digitální obrazy překryvových snímků na obrazovce počítače** a prostorový vjem získává operátor pomocí speciálních brýlí. Zvláštním případem stereoskopického vidění jsou takzvané **anaglyfy**. Samostatné obrazy, které mají dát stereoskopický vjem, jsou natištěny (nakresleny) nebo promítnuty na sebe s určitým posunem ve dvou doplňujících barvách červené a modré. Pozorováním anaglyfických obrazů brýlemi pro jedno oko s modrým a pro druhé oko červeným filtrem můžeme dostat stereoskopický model – vidíme tvary plasticky.



Obr. 44: Žáci prohlížející anaglyf musí mít pro vytvoření prostorového dojmu nasazeny brýle. Zdroj: Svatoňová, H., Lauermann, L., 2010.

POSTUPY INTERPRETACE SNÍMKŮ A OBRAZŮ DPZ

Pro správné a rychlé vyhodnocení potřebujeme vždy vedle snímku i **topografickou a případně obecně-geografickou mapu**, která nám práci usnadní.

Pro interpretaci snímků platí určité zásady, které nám práci usnadňují. Než začneme zkoumat vlastní náplň snímků, musíme identifikovat prostor snímků na mapě a dále určit:

- druh snímku (svislý nebo šikmý),
- orientaci na snímku (směr na sever),
- měřítko snímku.

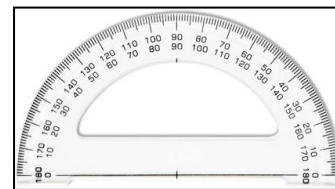
JAK URČÍME SEVER

Na topografické nebo obecně geografické mapě spojíme přímkou dva body. V libovolném bodě této přímky nakreslíme přímku směřující k zeměpisnému severu. Úhломěrem změříme úhel, který svírá spojnice bodů se směrem na sever, a tento úhel přeneseme na spojnici odpovídajících bodů na snímku.



Obr. 45: Kompas. Zdroj:

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/9/99/Kompas_Sofia.JPG. Obr. 46: Úhломěr. Zdroj: <http://www.centropen.cz>.



JAK VYPOČÍTÁME MĚŘÍTKO SNÍMKU

Měřítko snímku 1 : m_s určíme ze vztahu $m_s = s : s'$, kde s je vzdálenost v terénu zjištěná podle mapy a s' je odpovídající vzdálenost na snímku.

INTERPRETAČNÍ ZNAKY

Vyhodnocování jednotlivých topografických objektů a dalších jevů z bohatého obsahu leteckých snímků a obrazových záznamů družic usnadňují **interpretační** znaky. Jsou to:

- tvar,
- rozměr (příp. poměr šířky k délce),
- tón,
- stín – vlastní a vržený,
- poloha,
- stopy lidské aktivity.

První tři interpretační znaky – tvar, rozměr, tón – jsou stálé. To znamená, že každý zobrazený objekt je těmito znaky vždy charakterizován.

Ostatní tři znaky jsou nestálé, tj. mohou vůbec chybět nebo se podle okolností měnit. Vržený stín se neobjeví např. při fotografování za oblačnosti, na nočních snímcích. Objekty mohou mít různou polohu a být umístěny ve velmi rozdílných podmínkách. Stopy lidské aktivity mohou interpretaci usnadnit, naopak na snímcích menších měřítek nejsou často zjistitelné. <http://www.geodis.cz/>

TVAR

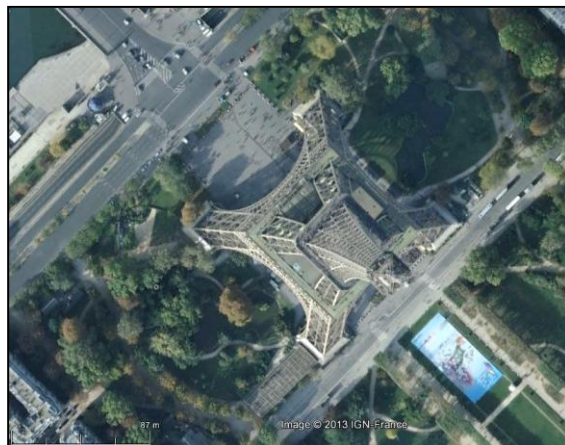
Většinu objektů na snímcích rozpoznáváme podle tvarů (obrysů) a typických detailů. Objekty jsou zobrazeny z ptačí perspektivy pro nás nezvyklé, a proto často záleží právě na rozlišení detailů, zvláště tehdy, jestliže dva různé objekty mají podobné půdorysy. Stejně se mohou zobrazit objekty se stejným půdorysem, ale různě vysoké a rozdílného účelu.

Tvar budou zachovávat vodorovné plochy předmětu. Svislé rozměry předmětu (zdi domů, komíny, sloupy) se blízko středu snímku jeví jako body, v ostatních částech snímku jako úsečky směřující do hlavního bodu. Délka této úsečky bude tím větší, čím je objekt vyšší a čím leží dál od středu snímku.

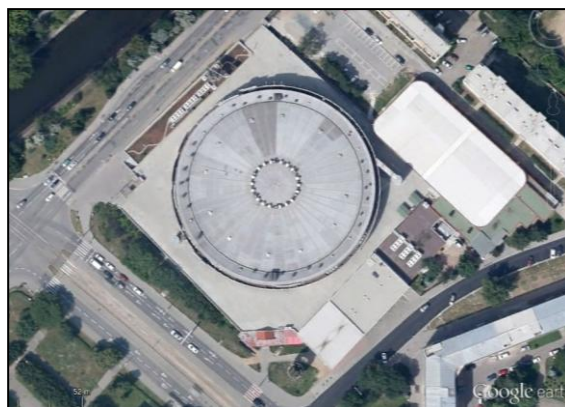
ROZMĚŘ

Rozměr objektu závisí přímo na měřítku snímku. Známe-li velikost objektu ve skutečnosti a změříme-li rozměry jeho obrazu na snímku, můžeme určit měřítko nebo srovnáním s jinými objekty určit jeho velikost. Naopak zase ze známého měřítka snímku a rozměru obrazu můžeme stanovit velikost předmětu.

Vyhodnocování provádíme s úspěchem srovnáním rozměrů určovaného objektu s jinými známými objekty. Často nám při vyhodnocování pomůže i vzá-



Obr. 47: Typické tvary Eiffelovky na leteckém snímku. Zdroj: IGN – France, Google Earth.



Obr. 48: O rozměrech haly Rondo v Brně na ul. Poříčí si můžeme udělat představu v porovnání s auty na silnicích. Zdroj: Google Earth.



jemný poměr délky ku šířce. Podle poměru délky a šířky můžeme identifikovat jednotlivé budovy, železniční tratě, dálnice, silnice, cesty apod.

Význam rozměru jako demaskujícího znaku vyniká především:

- když tvar není dostatečně jasný,
- když dva objekty podobné tvarem se rozlišují rozměrem,
- když rozměr tvoří důležitou charakteristiku objektu (stále stejná šířka silnice; rozchod kolejí).

TÓN

Tónem snímku nazýváme u černobílých snímků stupeň zčernání, u barevných snímků pak stupeň intenzity jasu a sytosti barevných tónů citlivého fotografického materiálu.

Tón má prvořadou důležitost při vyhodnocování černobílých leteckých snímků, protože podle rozdílu tónu různých objektů, můžeme tyto velmi dobře od sebe odlišit. Tmavší či světlejší tón šedi závisí:

- na intenzitě osvětlení v době expozice,
- na sklonu plochy a sklonu slunečních paprsků,
- na vzájemném postavení slunce, fotokomory v letadle nebo radiometru v družici,
- na vlastnostech povrchu předmětu. Hladký povrch odráží světelné paprsky, a proto se jeví světlejší (silnice) než drsnější povrch, který světlo rozptyluje a tříští. Drsný povrch vrhá sám stíny a tím se jeví tmavší (oranice, lesy),
- na způsobilosti objektů rozptylovat, odrážet a pohlcovat paprsky. Různá hmota má různou schopnost odrážet a pohlcovat světlo. Suchý písek je světlejší než mokrá voda, voda má velmi malý koeficient rozptylu, proto mají vody velmi tmavý tón, mokré louky a pole jsou mnohem tmavší než suché, kalné vody po zátopách se jeví nápadně světlé,
- na barvě povrchu a barevné citlivosti negativu. Všechny zobrazené plochy budou tím tmavší, čím budou obsahovat více zelené a červené barvy (lesy, oranice) a budou tím světlejší, čím budou obsahovat více modré, bílé a žluté barvy.



Obr. 49: Pracovní tábor Eliáš u Jáchymova v roce 1952. Tóny umožňují rozlišit jednotlivé baráky pro vězně, stromy a další porosty. Zdroj: <http://geoportal.gov.cz>.

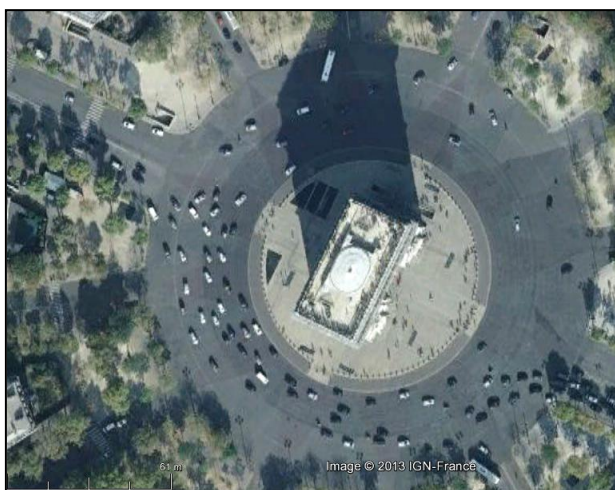
Jas a barva objektů zobrazených na snímku neodpovídají původní barvě objektu ve skutečnosti a to ani v případě, použije-li se barevný film. Rozsah tónu nebo barvy je na snímku vždy menší než ve skutečnosti. Ovlivňuje to různá odrazivost povrchu objektu a z toho vyplývající rozdílná výsledná barevnost objektu na snímku.

Pro interpretaci jsou proto v tomto směru specifické barevné syntézy družicových snímků, na kterých jsou objekty pro potřeby interpretace rozlišeny libovolnou barvou a tím se dají od sebe odlišit.

STÍN

Stín patří mezi interpretační znaky nestálé. Uplatňuje se především na snímcích větších měřítek. **Vlastní stín** zvýrazňuje plastičnost tělesa objektu respektive tvarů. **Vržený stín** umožňuje určit hloubku, šířku i výšku tělesa, rozeznat a rozlišit tak tvar řady objektů, jejichž půdorysy jsou velmi malé nebo tvarem a tónem zobrazení splývají se svým okolím.

Důležitou zásadou je, aby **vržené stíny** objektů a terénních tvarů zobrazených na snímku směřovaly **vždy směrem k vyhodnocovateli** nebo **zleva doprava**. Získá se tím správná plastičnost obrazu (obr. 51). Jinak dochází k falešnému vjemu. (Údolí by se jevila jako hřbety a hřbety jako údolí.)



Obr. 50: Stín vrhá Vítězný oblouk v Paříži. Zdroj: IGN – France na Google Earth.



Obr. 51: Vliv stínů na vnímání plastičnosti terénu. Svislým překlopením snímku vzniká dojem, že nejvyšší zaledněné vrcholy Cordillera Real v Andách jsou spíše sníženinami v hornatém terénu. Pro představu o překlopení byl ponechán text a směrovka. Zdroj: Svatoňová, H., Lauer mann, L., 2010.

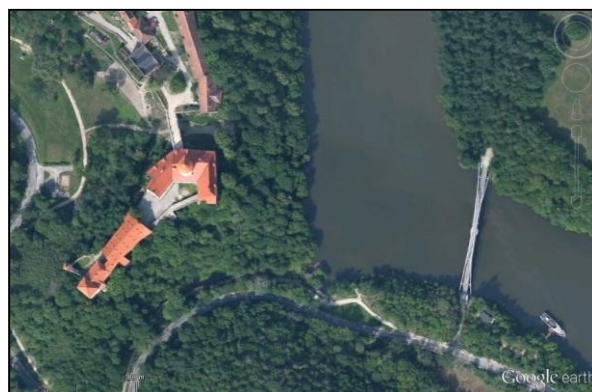
Směr světla dopadajícího na interpretovaný snímek by se měl ztotožňovat se směrem vržených stínů.

Problémové jsou při interpretaci vržené stíny oblaků, protože zakrývají místy část území a vržený stín oblaků lze snadno zaměnit za mokrou půdu.

POLOHA OBJEKTU

Neurčí-li první čtyři interpretační znaky dostatečně vyhodnocovaný objekt, nebo má-li vyhodnocovatel několik představ, musí se blíže posoudit poloha objektu a jeho vztahy k okolním objektům.

Poloha na snímku zobrazeného objektu vyjadřuje jeho prostorové vztahy k ostatním objektům. Interpretované objekty a terénní tvary jsou v krajině ve vzájemné příčinné souvislosti (vodní tok protéká údolím, přehrada je postavena na vodním toku, přes mosty vedou komunikace, u komunikací jsou výkopy a násypy, nádraží leží na železniční trati apod.).



Obr. 52: Vzájemná poloha hradu Veveří, Brněnské přehrady a lávky přes ni. Zdroj: Google Earth.



STOPY LIDSKÉ AKTIVITY

Stopy lidské aktivity a důsledky postupných změn viditelné na snímcích umožňují doplnit poznatky a informace získané podle předchozích interpretačních znaků. Usnadňují tak komplexnější pohled na danou oblast. Velmi vhodné jsou k tomuto účelu snímky pořízené v delších časových řadách, které odhalí výstavbu velkých objektů, zemní práce, postupující rozsah devastace krajiny těžbou a exhalacemi, znečištění vod, důsledky lesních požárů, změny obdělávání půdy.



Obr. 53: Ostrava – Kunčice, hutě ArcelorMittal Ostrava, a.s. Zdroj: Google Earth.

Otázky a úkoly k zamyšlení:

Určete přibližnou denní dobu snímkování Vítězného oblouku v Paříži (snímek je orientován k severu).

Prohlédněte si letecký snímek hutí a pokuste se rozpoznat exhalace a nádraží Ostrava – Kunčice.

Identifikujte objekt na přehradní hladině na snímku hradu Veveří a jeho okolí.

Historie a pohyb družic

Automatizované družice slouží jak v blízkém vesmíru kolem Země, tak jako první zvědové v dalekých hlubinách sluneční soustavy. Družicové snímky Země se staly jedním z nejčastěji využívaných zdrojů geografické informace v řadě oblastí lidské činnosti. Máte představu o tom, co vše se za tím technicky skrývá?

TROCHA ÚVODNÍ HISTORIE

Pohled na planetu z vesmíru byl odedávna snem vědců i básníků. Myšlenka vypustit satelit na oběžnou dráhu Země se objevuje v Ocelovém městě Julese Verna (1879). V roce 1903 Konstantin Eduardovič Ciolkovskij publikoval první pojednání o raketové technice schopné vynést těleso na oběžnou dráhu. Nápad, jak komunikovat pomocí geostacionárních satelitů, do technických podrobností rozvinul v roce 1928 Slovinec Herman Potočnik (Noordung). Ve svém díle se podrobně věnoval možnostem vesmírné stanice umístěné na geostacionární dráze s lidskou posádkou. Systém, který by obsloužil celý povrch Země a umožnil telekomunikační využití, zpopularizoval fyzik a spisovatel sci-fi literatury Arthur C. Clark.

Dostat se do vesmíru byla ovšem jedna stránka úkolu, dokázat v něm spolehlivě pracovat to byla další obtížná fáze, kterou se lidstvu povedlo začít řešit teprve v minulém století.

První umělou družicí Země se stal Sputnik 1, vypuštěný z kosmodromu Bajkonur 4. října 1957. První snímek zemského povrchu z oběžné dráhy učinila družice Explorer 1 v roce 1958. V roce 1959 byla vypuštěna družice Vanguard 2, která měla za úkol měřit pokrytí oblačnosti během denní doby. Ta primitivními fotočlánky skenovala devatenáct dní zemský povrch a snažila se detekovat sluneční záření rozptýlené jak oblaky, tak povrchem a vodní hladinou oceánů. Kvůli problémům s rotací družice nebylo získáno mnoho užitečných dat.

Následující léta přinesla nástup moderních technologií, ty umožnily kromě samotného vývoje raket a satelitů vykonat dříve nemyslitelná měření a propočty. Dnes si lidé na satelitní techniku zvykli natolik, že přítomnost družic nevnímají. Plánují-li cestu, obvykle již nesahají po atlasu, ale hledají na internetu. Tam najdou potřebné mapy, letecké snímky, fotografie požadované lokality, souřadnice pro GPS i aktuální a dlouhodobé předpovědi počasí. Kdo chce pracovat přímo s reálnými daty, na internetu může vyhledat databáze měření mnoha družic, např.: <http://glcf.umd.edu/data>, <http://due.esrin.esa.int/wfa>.

ZÁKONY PRO DRUŽICE

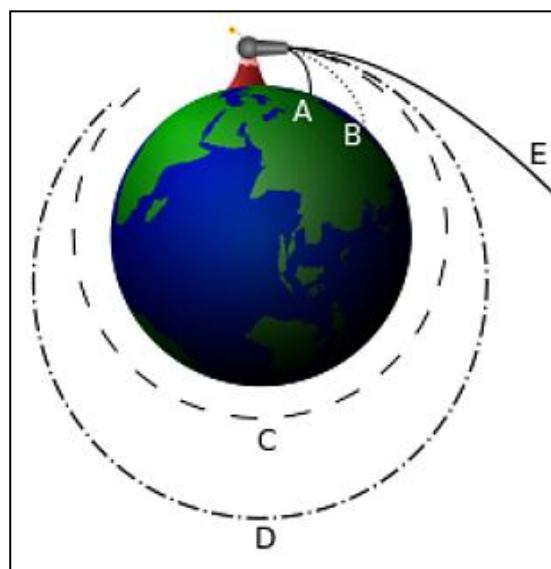
Obecně patří pohyby družic ve vesmíru mezi dobře předvídatelné jevy. Pohyb družic se řídí přírodními zákony a poruchové vlivy, jichž není mnoho, dokážeme spočítat. Základní přístup ke studiu pohybu družic představují Keplerovy zákony. Johannes Kepler (1612) své zákony sice zformuloval pro pohyb planet kolem Slunce, ale lze je použít i obecně pro pohyb družic v centrálním gravitačním poli. V trochu poupravené podobě pro družice Země je lze vyslovit takto:

1. Keplerův zákon → Družice se pohybují po elipsách okolo Země.
2. Keplerův zákon → V perigeu družice se pohybují rychleji než v apogeu.
3. Keplerův zákon → Družice na nižší orbitě má kratší oběžnou dobu než na vyšší orbitě.



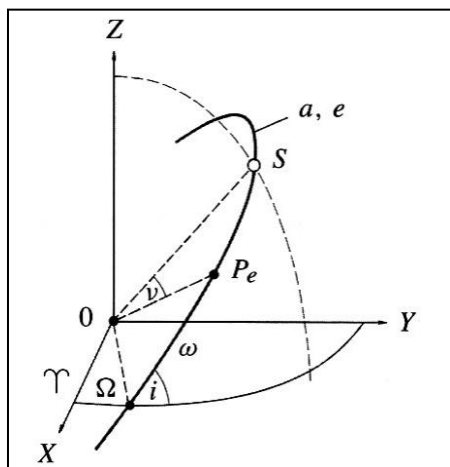
Již Isaac Newton spočetl trajektorie, po nichž se tělesa pod vlivem gravitační síly pohybují. Slavná kniha Newtonova Principia (1687) uvádějí dokonce i obrázek podobný našemu Obr. 54 a diskusi pohybu těles okolo Země. Pomocí Newtonových zákonů můžeme předpovědět, kde se těleso v libovolném budoucím čase bude nacházet a jakou bude mít rychlost. Stačí znát výslednici sil působících na těleso. Pro případ pohybu tělesa - družice pouze v gravitačním poli dokonale sférické planety bez atmosféry, bude trajektorie družice vůči hvězdám obecně neměnná keplerovská elipsa.

Ovšem k tomu, aby se těleso vůbec na oběžnou dráhu dostalo, musí dosáhnout tzv. první kosmické rychlosti. Tato rychlost je v gravitačním poli každého centrálního tělesa – planety jiná. Pro Zemi je to 7,9 km/s a pro Měsíc jen 1,68 km/s. Pokud družice této rychlosti nedosáhne, nebude kolem planety obíhat, ale bude pouze na tzv. suborbitální dráze – to znamená, že po několikaminutovém pobytu ve vesmíru zamíří zpět k povrchu.



Obr. 54: Newtonův myšlenkový experiment. Zdroj: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/73/Newton_Cannon.svg

Pro družice Země je nutno uvážit tu skutečnost, že gravitační pole Země není zcela centrální, neboť Země je zploštělá a její hmotnost není rozložena rovnoměrně. Při pohybu družice v takovém reálném poli dochází k „poruchám“ elipsy a stáčení roviny orbity. Vlivem pólového zploštění Země se rovina dráhy družice pomalu otáčí. Jiný rušivý vliv na pohyb družice představuje na nízkých orbitách odpor zbytkové atmosféry. Ústředním problémem příslušných partií nebeské mechaniky je pak odvození rovnic pro poruchy dráhových elementů trajektorie družice.



Družice má eliptickou trajektorii, pokud jsou ohniska blízko sebe, jeví se dráha jako kružnice. V jednom z ohnisek elipsy se nachází střed Země. Místo, kde je družice nejbližší Zemi se nazývá perigeum. Dráhovými elementy rozumíme charakteristiky aktuální trajektorie družice (poloosa elipsy, výstřednost, perigeum a parametry určující orientaci roviny dráhy družice v prostoru), pomocí nich lze spočítat skutečné „poruchové“ trajektorie.

Obr. 55: Dráhové elementy upraveno z publikace Machotka R., Fixel J.: Geodetická astronomie.

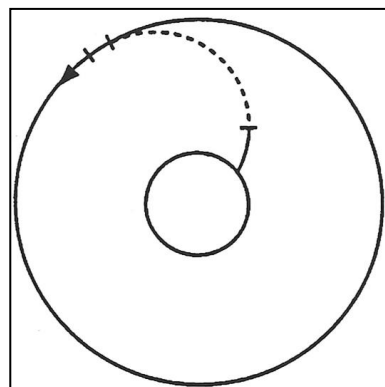
Objekty v blízkosti Země

V současné době je využívána jen nepatrná část přilehlého vesmíru, víceméně se jedná jen o orbity Země, na nichž je umístěno množství družic – umělých satelitů.

Dolní hranice výšky kosmického využití je dána aerodynamickým odporem atmosféry. Čím níže tím je hustota atmosféry vyšší a tím roste i dlouhotrvající vliv brzdění družice a tak ve výškách pod 200 km se družice udrží (bez motorického manévrování) jen pár oběhů.

Horní hranice teoreticky omezena není, protože těleso lze urychlit i na meziplanetární dráhu. Horní hranice použitelných stabilních oběžných drah Země je někde ve výši 200 000 km, neboť výše se výrazněji projevuje rušivý vliv Měsíce a dráha se stává nestabilní a samovolně se mění. Vyšší dráhy jsou také hůře energeticky dosažitelné a více vystavené vlivům kosmického záření.

K tomu, abychom družici umístili na zamýšlenou orbitu s minimálními energetickými nároky je výhodné, aby kosmická loď využila rychlost otáčení Země. Například na odpalovací rampě v Cape Canaveral raketa startující přímo na východ získá rychlost 1470 km/h. Při vypuštění rakety v jiném než východním směru, případně z místa vzdáleného od rovníku, docílíme oběžnou dráhu satelitu vyššího sklonu, nelze přitom tolik uplatnit rychlost zemské rotace, čili raketa musí poskytnout sama o sobě dostatek energie pro takový vzestup. Orbity vysokého sklonu jsou sice méně energeticky účinné, ale pro řady aplikací mají své výhody. Níže popíšeme typy a výhody jednotlivých drah.



Obr. 56: Schéma vyslání rakety – přímá dráha. Zdroj: Machotka R., Fixel J. Geodetická astronomie, VUT v Brně, 2007.

TYPY DRAH

Orbitu volíme především podle účelu satelitu (telekomunikace, navigace, meteorologie, snímkování povrchu). Družice se pro danou orbitu postaví tak, aby příslušné podmínky (teplotní výkyvy, magnetické pole, radiace, osvětlení) dostatečně dlouho vydržela a splnila svůj účel.

Orbity se často rozlišují podle výšky: nejnižší jsou tzv. **LEO orbity** (Low Earth Orbit – nízká oběžná dráha) mezi 180–2 000 km, vzhledem ke své malé vzdálenosti od povrchu Země jsou vhodné pro snímkování při velkém rozlišení. Nevýhodou je, že se satelit na nízké orbitě LEO pohybuje vysokou obvodovou rychlostí, a tak se nad konkrétním místem nachází jen krátkou dobu. Obletí Země zhruba za 90 minut. K pokrytí celého území v tutéž dobu by tudíž bylo nutné použít velkého množství satelitů. Vyšší orbity sice sníží nároky na počet satelitů pro pokrytí celého území díky tomu, že satelit má v zorném úhlu větší část povrchu Země, ovšem rozlišovací schopnost detailů je nižší a jisté činnosti jsou z vyšších výšek hůře proveditelné. Výhodou je, že družice na oběžné dráze LEO jsou stále chráněné pozemským magnetickým polem, tedy do jisté míry i před kosmickým zářením. Na této dráze obíhá také ISS.

Orbity střední – **MEO** (Medium Earth Orbit) se nacházejí ve výšce od 1 600–35 000 km. Více družic létá v pásu horní hranice tohoto rozmezí, ve výšce 20 200 km obíhají družice GPS, ruské Glonassy ve výšce 19 100 km a Galileo je ve výšce 23 222 km. Kromě navigačních družic se sem umísťují satelity, které zajišťují komunikaci v polárních oblastech.



Satelit umístěný ve výšce asi 20 000 km oběhne Zemi dvakrát denně.

Orbity vysoké – **HEO** (High Earth Orbit) jsou ve výšce nad 36 000 km (za geostacionární drahou). Satelit umístěný na HEO se pohybuje nad Zemí poměrně malou rychlostí. Orbity HEO nejsou příliš využívány pro družice, ale velmi často slouží jako odkládiště již nepotřebných družic z dráhy geostacionární.

Orbity, na které jsou záměrně naváděny družice, mají obvykle nějakou speciální vlastnost. Třeba **synchrónní orbita** je typ oběžné dráhy, jejíž perioda oběhu je synchronizovaná s periodou rotace obíhané planety a směr pohybu po této dráze je ve stejném směru jako smysl rotace planety. Doba oběhu družice a doba rotace obíhané planety jsou navzájem v celočíselných násobcích. Následkem takto zesynchronizované konstelace se obíhající satelit v pravidelných intervalech objevuje na stejném místě na obloze.



Obr. 57: NASA provozuje více než tucet orbitálních satelitů, které sledují různé aspekty Země. Zdroj: http://climate.nasa.gov/nasa_role

Geosynchronní orbity (GSO) jsou kruhové orbity kolem Země, na nichž perioda oběhu družice kolem Země (vzhledem ke hvězdám) je stejná jako rotační perioda Země. Družice se pak pro pozorovatele na určitém místě zeměkoule bude vracet na stejné místo na obloze vždy ve stejný čas. V případě, že sklon dané GSO orbity bude nenulový, pozorovatel na zemi zaznamená po mnoha obletech zdánlivý pohyb satelitu jako kývavý mezi severem a jihem. Eliptická dráha satelitu je příčinou výkyvů zdánlivé trajektorie mezi západem a východem. Kombinace obou pohybů vytvoří pomyslnou číslici osm – analema.

Geosynchronní dráha má několik specifických podskupin. Jednou z nich je tzv. geostacionární dráha. **Geostacionární dráha** (GEO) je kruhová a má sklon k rovníku 0° . Výšku satelitu nad rovníkem lze snadno spočítat z podmínek úlohy, vychází asi 35 800 km. Družice se pozorovateli jeví na obloze jakoby nehybná, toho se s výhodou užívá pro přenos televizního signálu – stačí satelitní parabolu namířit přímo na družici. Na GEO obíhá také řada družic pro meteorologická pozorování. Tyto satelity poskytují celosvětové pokrytí až na polární regiony. Jsou vhodné pro komunikaci, televizní vysílání atd. Jedná se o nejvíce žádané orbity v současnosti.

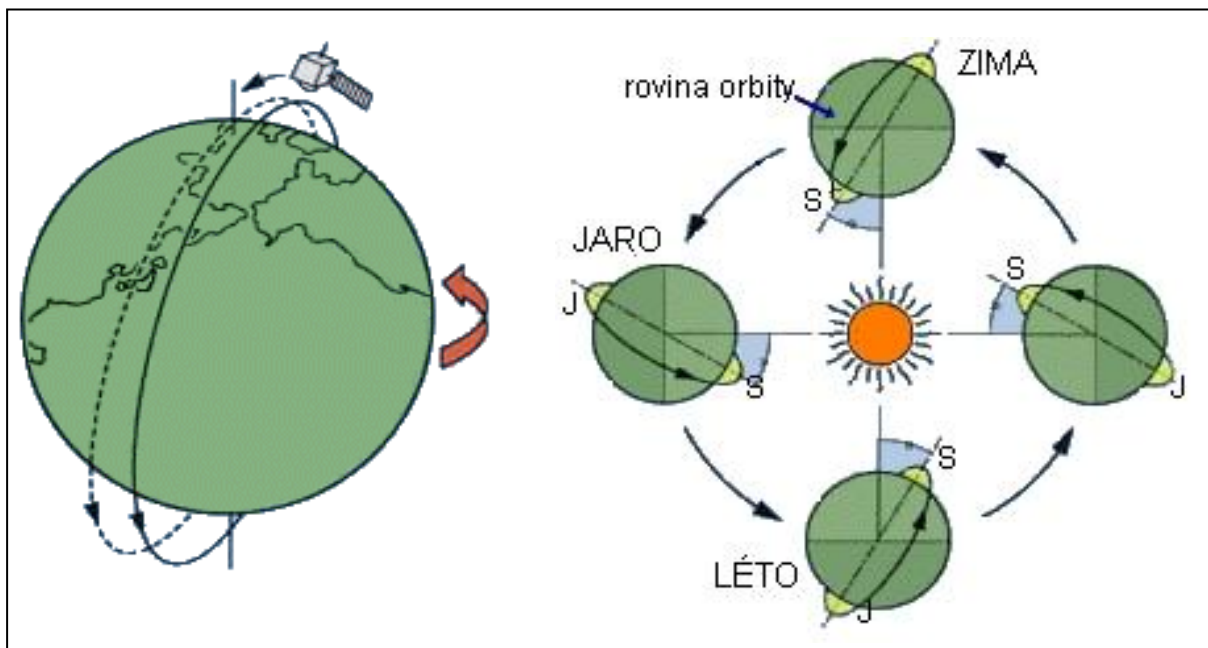
Pro vynášení družic na geostacionární orbitu se užívá (GTO) **přechodová orbita**. Pokud mají družice velkou hmotnost, nedokázala by je raketa umístit přímo na geostacionární orbitu. Umístí je na přechodovou orbitu – vysoce eliptickou dráhu, jejíž nejvyšší bod je ve výšce dráhy geostacionární. Družice pak sama svými motory jednak zakulatí oběžnou dráhu na geosynchronní a kromě toho svými zážehy sníží sklon oběžné dráhy na 0° . Tak se postupně dostane na geostacionární dráhu – ovšem právě na tyto změny je potřeba nejvíc paliva. Proto jsou výhodné starty z kosmodromů blízko rovníku. Satelity vynášené z ruských kosmodromů, které leží daleko od rovníku, musí provést celou řadu zážehů, než se z GTO dostanou na GEO.

Další vlastností, podle níž můžeme oběžné dráhy členit, je jejich orientace v prostoru. Sklon roviny oběhu družice a roviny zemského rovníku je dán příslušným úhlem.

- **Dráha prográdní** – družice při ní letí od západu na východ, díky čemuž využívá zemské rotace. Sklon dráhy je v tomto případě $0^\circ - 90^\circ$.
- **Dráha polární** – tato dráha má sklon oproti rovníku 90° . Díky tomu přelétá satelit přes oba zemské póly. Rovina dráhy se nemění a díky otáčení Země pod sebou může i jediná družice zajistit denní pokrytí celé Země.
- **Dráha retrográdní** – družice vyslaná na tuto oběžnou dráhu letí proti směru otáčení Země. Sklon její dráhy je v rozmezí $90^\circ - 180^\circ$.

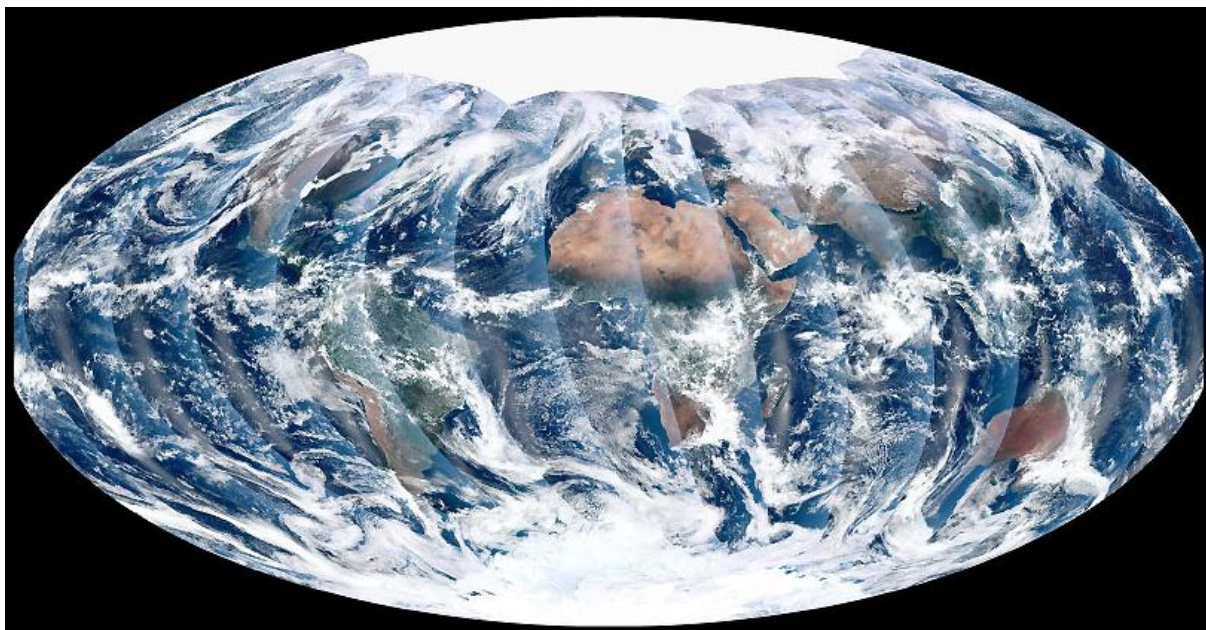
Heliosynchronní orbita (SSO Sun-Synchronous Orbit) je velmi zajímavá orbita. Tato orbita je nastavena tak, aby se účelově využívalo rušivého vlivu gravitačního potenciálu zploštělé Země. Tato „porucha“ si vynutí změnu orientace roviny orbity družice. Rovina orbity družice se stáčí (precese). Porucha bude největší pro orbity s malým sklonem a nejmenší pro polární dráhy. Tedy vhodnou volbou parametrů elipsy a jejího sklonu lze dosáhnout toho, že rovina orbity provede právě jednu plnou rotaci během jednoho oběhu Země kolem Slunce, tedy během jednoho roku. Při jednom oběhu družice vliv není velký. Při šikovním nastavení počtu oběhů a sklonu trajektorie družice dokáže toto „rušení“ zvolna otáčet rovinu orbity východním směrem s požadovanou rychlostí asi 1° za den. To odpovídá dennímu stočení spojnice Země-Slunce.

Výsledkem je, že rovina orbity satelitu svírá stále stejný úhel s dopadem slunečních paprsků; čili družice přelétá stejné oblasti povrchu planety za stejné geometrie osvětlení povrchu Sluncem. Typická heliosynchronní dráha se nachází ve výšce 600–800 km nad Zemí, má sklon 98° (je téměř polární a lehce retrográdní) a oběžná doba činí 96 minut – družice 15x denně oběhne Zemi. Operátor provádí příležitostné manévrování pro dokonalou heliosynchronizaci.



Obr. 58: Znárodnění heliosynchronní orbity. Upraveno z <http://www.eorc.jaxa.jp>.

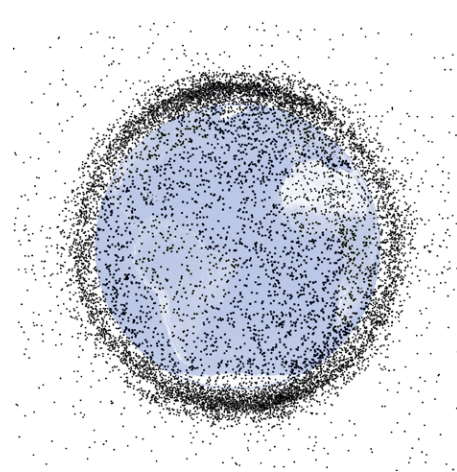
Družice umístěná na takovéto orbitě vychází a zapadá nad obzorem vždy ve stejný čas každý den. Těchto družic využívají mapovací a vojenské satelity, nebo meteorologické družice.



Obr. 59: Snímky heliosynchronní družice Suomi NPP zachycují povrch celé planety v průběhu dne 24. 11. 2011. Jednotlivé pásy jsou pořízeny za stejných světelných podmínek, jsou rozeznatelné kvůli světlejším okrajům, kde jsou data pořízena pod větším úhlem a světlo jde atmosférou po delší trase. Arktida zde chybí kvůli slabému osvětlení oblasti v tomto ročním období, kdy tu vládne polární noc. Zdroj: NASA, NPP Land Product Evaluation and Testing Element.

ZÁNIK SATELITU

Po rozpadu satelitů se vytvoří trosky. Na oběžné dráze vedle satelitů poletuje množství tzv. vesmírného odpadu. Podle zdrojů Space Security 2009 je dnes ve vesmíru katalogizováno na 19 000 objektů větších než 10 cm, z toho jen 5% jsou funkční umělé satelity vypuštěné člověkem. Odhadem další statisíce objektů větších než 1 cm není sledováno. Objektů menších než 1 cm jsou v blízkém vesmíru milióny. Odpad se pohybuje obrovskými orbitálními rychlostmi. Na nízkých orbitách se předměty pohybují rychlostí přes 7 km/s, v nejvyšších orbitách okolo 3 km/s. Troska o velikosti 10 cm má při srážce s člověkem vytvořeným satelitem kinetickou energii zhruba jako 35 tunový nákladní automobil v rychlosti 190 km/h. Odpad, který je vytvořen lidskou i přírodní činností, zůstává na oběžné dráze velmi dlouho, ve vyšších orbitách v podstatě navždy. (Space Security 2009: 25–31 <http://swfound.org/>, <http://www.imagingnotes.com/>)



Obr. 60: Umělé satelity a jejich zbytky. Zdroj: <http://earthobservatory.nasa.gov/Features/>

Vesmírný odpad sice v současnosti zatím nepředstavuje problém pro využívání vesmíru, přesto již došlo k několika událostem, kdy např. vesmírná stanice ISS byla nucena vykonat svůj první preventivní úhybný manévr z důvodu hrozby srážky s odpadem ve vesmíru.

JAK VYNĚST SATELIT NA ORBITU

Teoretické minimum rychlosti tělesa při vrhu, které je potřebné k tomu, aby se těleso o hmotnosti m udrželo na kruhové dráze kolem Země, určíme z toho, že dostředivá síla, která trajektorii družice za-

křivuje, musí být rovna síle gravitační mezi družicí a Zemí, po dosažení číselných hodnot pro případ Země, dostaneme $7.9 \text{ km}\cdot\text{s}^{-1}$ – první kosmickou rychlost.

Jediným nosným prostředkem, který je dnes schopen vynést těleso na oběžnou dráhu, je raketa s chemickými raketovými motory. Reaktivní pohon umožňuje dosažení potřebné první kosmické rychlosti a chemické raketové motory mohou fungovat i mimo atmosféru a mají dostatečný výkon pro start ze Země.

Princip raketového motoru znali již staří Číňané. Je založen na zákonu akce a reakce. Jestliže je těleso uvedeno do pohybu jiným tělesem, působí na druhé těleso stejně veliká síla opačného směru a uvádí ho rovněž do pohybu. Raketové motory mohou mít různý základní princip a konstrukci, což se pak projeví ve výhodnosti jejich použití pro různé úkoly.

Základní částí raketového motoru je jedna nebo více spalovacích komor, do nichž se přivádí jak palivo, tak okysličovadlo (zkapalněný kyslík), což hoření ve výškách umožňuje. Vlastní pohonnou látkou rakety jsou rozžhavené plyny, které při hoření vznikají. Plyny jsou z rakety vypuzovány do okolního prostoru, a tak je do pohybu uváděna vlastní raketa. Unikání plynů má za následek postupné zmenšování hmotnosti celé rakety o hmotnost spáleného paliva. Jestliže na raketu bude působit stále stejná tahová síla, pak se lehčí raketa bude samozřejmě stále více zrychlovat. Tento účinek bude tím větší, čím větší část počáteční hmotnosti rakety bude připadat na palivo a okysličovadlo, jejichž nádrže v raketě zaujímají největší část prostoru. Před startem palivo činí i 90 % hmotnosti rakety.

Z chemických raketových motorů se nejčastěji používají motory na kapalné a na tuhé pohonné látky. V těchto pohonných systémech se na kinetickou energii rakety přeměňuje chemická energie, uvolňovaná při hoření palivové směsi ve spalovací komoře. Přitom prudce roste tlak v komoře a spaliny vylétají tryskou motoru vysokou rychlostí do okolí. Chemické jsou schopny krátkodobě (po dobu několika minut) vyvinout mimořádně velkou tahovou sílu desítky 10 MN.

Ukázalo se jako výhodné zbavovat se během startu alespoň části "mrtvé hmotnosti" konstrukce, která už splnila svůj účel a dále je jen přítěží, například vypotřebované palivové nádrže. Vznikla konstrukce několikastupňové rakety, kdy se vždy po vyprázdnění nádrží jednoho stupně, tento stupeň oddělí a pak se zapálí motory dalšího stupně, který už dále urychluje jen zbytek rakety. Typická současná **nosná raketa** se skládá ze dvou až čtyř stupňů. Každý stupeň obsahuje raketový motor, velké a lehké nádrže na pohonné látky, spojovací a nosnou konstrukci a elektronický řídicí systém. V první fázi po startu pohání raketu nejmohutnější stupeň, který se po vyhoření paliva od ostatních stupňů rakety oddělí. Tím se zmenší hmotnost rakety a v další fázi letu pracuje motor druhého popř. třetího stupně. V závěru tzv. aktivní fáze letu se od posledního stupně oddělí užitečná zátěž v podobě umělé družice, kosmické lodi nebo sondy.

Mechanikou těles s proměnnou hmotností se podrobně zabýval K. E. Ciolkovskij. Odvodil základní rovnici raketového pohybu. Tato rovnice vyjadřuje závislost přírůstku rychlosti rakety na její počáteční hmotnosti m_s , na konečné hmotnosti m_k a na rychlosti w spalných plynů, vytékajících tryskou motoru. Často se udává tzv. specifický impuls raketového motoru, což lze chápat jako poměr tahu a sekundové spotřeby pohonných látek. Specifický impuls je důležitý údaj o kvalitě raketového pohonu, u běžných raketových motorů bývá od 1500 do 4500 Ns/kg. Startovní hmotnost rakety se skládá ze suché hmotnosti konstrukce, hmotnosti pohonných látek (až 90%) a hmotnosti užitečného zatížení. Konečná hmotnost je pak již jen hmotnost konstrukce a užitečného zatížení. Ciolkovského rovnice má tvar:



$$v_{char} = w \cdot \ln \frac{m_s}{m_k}$$

Nosná raketa navede družici (užitečné zatížení) na základní oběžnou dráhu kolem Země. Družice se pak oddělí od posledního stupně nosné rakety a začne se pohybovat samostatně (setrvačností, bez nutnosti dalšího pohonu). Pokud je třeba dráhu družice dále upravovat a měnit, používá se k tomu



Obr. 61: Odpalovací místo. Zdroj:

<http://earthobservatory.nasa.gov/Features/OrbitsCatalog/page3.php>

obvykle jednorázových raketek, ale mohou se zde již uplatnit i jiné fyzikální druhy pohonu. Z fyzikálních pohonů jsou nejužívanější iontové motory, které pro urychlování částic užívají elektrické pole a tak se vytváří tah rakety. Podobně jako ostatní fyzikální pohony mají i iontové motory malý tah, který zdaleka nestačí ke startu z povrchu Země, ale mají značně vysoký specifický impuls (až 30000 Ns/kg), tak jsou vhodné k udržování stabilní polohy družic, případně k pomalým změnám dráhy.

Raketa je vybavena řídicím a komunikačním systémem pro výměnu informa-

KOSMODROMY ANEB HVĚZDNÉ PŘÍSTAVY

Kosmické lety zatím začínaly startem nosné rakety ze Země. Úspěšné vypouštění raket si vyžaduje řadu pozemních zařízení, jejichž souhrn se nazývá kosmodrom. Startovací základny, velké kosmodromy, mají několik startovacích plošin. Mnoho týdnů před startem technici připravují kosmický dopravní prostředek v mnohaposchodových montážních halách. Nakonec se k plošině s připravenou raketou pomalu přisunou obrovské startovací rampy. Na kosmodromu jsou roztroušena operační centra, z nichž specialisté dohlížejí na závěrečnou předletovou přípravu, obrovské palivové nádrže, meteorologické stanice, jejichž úlohou je určit místní povětrnostní podmínky v den startu, a sledovací stanice monitorující první část výstupu rakety do kosmu.

Výběr startovacího místa raket ovlivňuje několik faktorů. Obrovské havárie v prvních 40 letech kosmické éry potvrdily, jak důležité je umisťovat startovací základny co nejdále od obývaných oblastí. Vybrané lokality však musí být přístupné těžké technice a mechanismům potřebným pro start. V USA i v Evropě byl tento problém vyřešen stavbou kosmodromů na přístupných pobřežních místech a vypouštěním raket nad hladinou oceánů. Neméně důležitá je také geografická poloha základny. Upřednostňuje se například vypouštění raket směrem na východ, protože tímto směrem napomáhá rotace Země. Nejlepší je také umístit základnu těsně u rovníku, kde je rotace Země (obvodová rychlost) největší.

| Kosmodrom | Území | Majitel | První start |
|--------------------|-----------------|---------------------|-------------------|
| Alcantara | Brazílie | Brazílie | 1999 |
| Bajkonur | Kazachstán | Rusko | 4. listopad 1957 |
| Jin Chuan | Čína | Čína | 26. červenec 1975 |
| Kagošima | Japonsko | Japonsko | 11. únor 1970 |
| Kapustin Jar | Rusko | Rusko | 16. březen 1962 |
| Kennedy | Florida | USA | 9. listopad 1967 |
| Kourou | Franc. Guyana | Francie | 10. březen 1970 |
| Pleseck | Rusko | Rusko | 17. březen 1966 |
| San Marco | Itálie | Itálie | 26. duben 1967 |
| Šríharikota | Bengálský záliv | Indie | 18. červenec 1980 |
| Tanegašima | Japonsko | Japonsko | 11. únor 1975 |
| Vandenberg | Kalifornie | USA | 28. únor 1959 |
| Si Čchang | Sečuan | Čína | 29. leden 1984 |
| Zenit Sea Platform | na moři | obchodní konsorcium | 27. březen 1999 |

DRUŽICE A SONDY

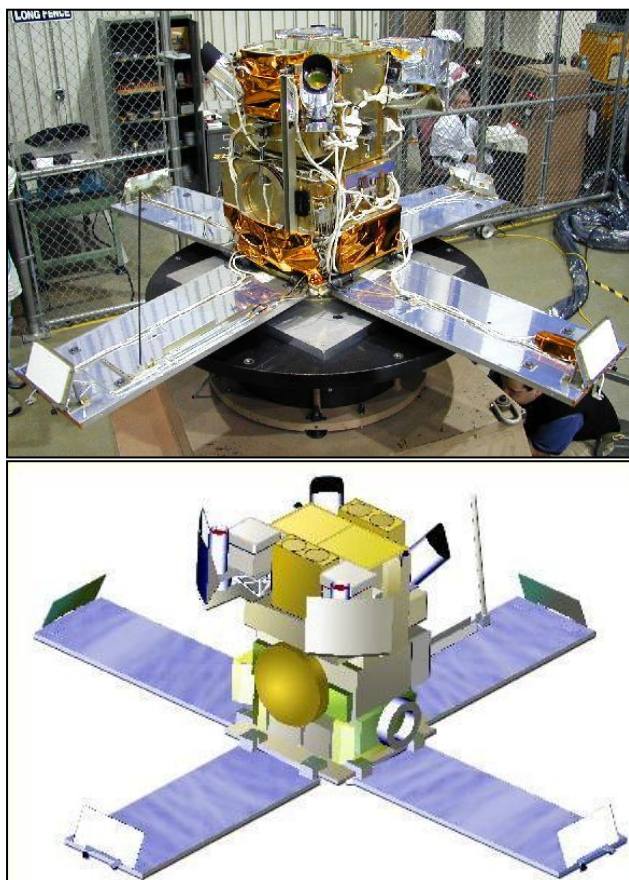
Satelity mají různé tvary i velikostí podle svého účelu. Jsou vybaveny anténami a napájecím zdrojem. Družice se skládá ze dvou částí. Jednak je to základní konstrukce a jednak je to náklad. Základní část zajišťuje všechny nezbytné služby pro provoz: stabilitu družice, její manévrování, zásobování energií (sluneční baterie plus akumulátory schopné dodávat elektřinu v době pobytu družice v zemském stínu) a dále kontrolu palubní teploty (na Sluncem osvětlené straně družice je teplota plus 150 stupňů Celsia, na straně ve stínu minus 150 stupňů). Tepelná regulace se může skládat z části aktivní (což jsou zahřívací a chladící prvky) a pasivní (radiátory, ochranné vrstvy...). Takto vytvořená družice je ale pouze „hrubou stavbou“. Pokud má sloužit svému účelu, potřebuje nějaký náklad. Řada satelitů nese kamery, snímače a další vědecké přístroje. V případě družic pro televizní vysílání a komunikaci jsou to především parabolické antény pro příjem a vysílání signálu. K tomu, aby toto užitečné zatížení mohlo spolehlivě fungovat, je třeba zajistit přesnou orientaci v prostoru.

K vlastnímu udržování polohy družice, případně k jejím změnám se používají malé klasické raketové motorky, nebo jiné druhy pohonu např. iontové motorky. Je také možno přímo použít setrvačnickových gyroskopů, které mohou změnou rychlosti otáčení pootočit družici do požadovaného směru a udržovat ho. Někdy stačí udržovat polohu družice jen pasivně v předem nastavené orientaci. K tomu se při pohybu v magnetickém poli Země používají permanentní magnety. Dá se také využít tzv. gravitačního gradientu, který způsobuje samovolné natočení podlouhlých těles delší osou ke středu Země.

Systémy orientace a stabilizace zjišťují okamžitou polohu družice v prostoru a orientační a řídicí systém pak zajistí potřebnou korekci tak, aby poloha odpovídala požadavkům. K autonomnímu zjišťování polohy družice se obvykle používají optické detektory pro sledování Slunce, jasných hvězd, nebo horizontu Země. Orientační a manévrovací motorky zajišťují potřebné změny dráhy a orientaci v prostoru



v součinnosti s příslušnými čidly, a také povely z řídicího střediska, předávanými radiotechnickým vybavením tělesa.



Obr. 62: Montáž malého satelitu s radiometrickými přístroji; Schéma malého satelitu. Zdroj: <http://space.mit.edu/HETE/>

Dodávky elektřiny pro družice Země nejčastěji zajišťují solární články. Ve vzdálenosti Země od Slunce dopadá na každý metr čtvereční záření o výkonu 1360 W. Současné solární články o účinnosti až 18 % solárních panelů jsou schopny průměrně získat 100 Wm^{-2} . Není to ovšem mnoho. V době, kdy se družice dostává do zemského stínu, kombinuje se užití solární článků s akumulátory, které překlenou dobu, kdy na solární články nedopadá dostatek záření. V družicích, jež mají značné energetické nároky, se používají tzv. palivové PEM články. U kosmických sond ve velkých vzdálenostech od Slunce se používají radioizotopové baterie. Teplo uvolněné při radioaktivním rozpadu látky ohřívá termočlánky, které produkují elektrický proud s účinností kolem 10 %.

Velká pozornost je soustředěna na bezchybný provoz vědeckých přístrojů a dalších technických zařízení, které tvoří užitečnou zátěž satelitu. Pro spolehlivou funkci přístrojů musí být jejich teplota udržována v určitém rozmezí.

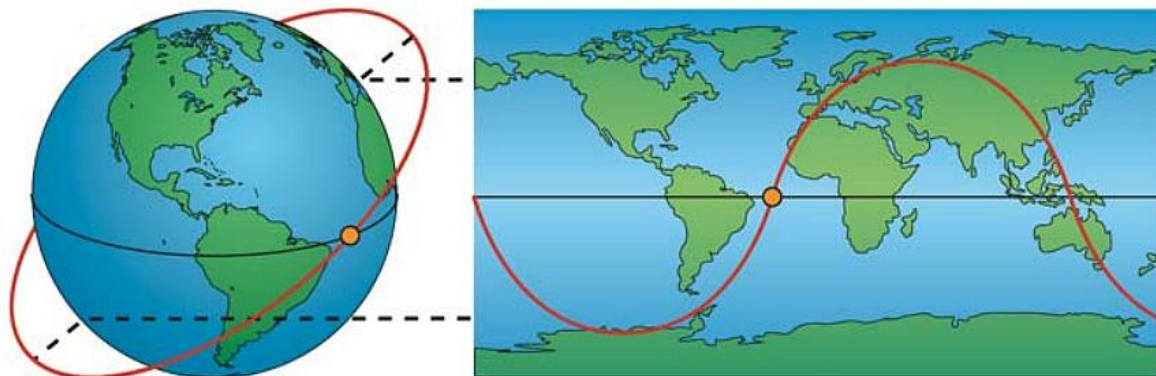
Pokud pasivní regulace založená na zajištění dobré tepelné vodivosti konstrukce družice nestačí, doplňuje se systém ještě o aktivní

systém s radiátory, které přebytečné teplo vyzařují do prostoru. Technika je rovněž vystavena zvýšené míře radiace ať kosmického či UV záření.

Českou družici Magion vypustili z kosmodromu Pleseck v Rusku (1978) jako přívazek sovětského Interkosmosu 18. Tři týdny zůstala spojena s mateřskou lodí, pak ji na povel oddělili a obě družice se od sebe vzdalovaly rychlostí zhruba 60 kilometrů za den. Jejich přístroje registrovaly údaje o prostředí, jímž prolétávaly. To byl unikátní experiment – geofyzikální měření ze dvou těles, jejichž vzdálenosti přesně známe a které se od sebe vzdalují na desítky a stovky kilometrů. Magion projektovali v Geofyzikálním ústavu ČSAV a Výzkumném ústavu sdělovací techniky. Družice měla tvar kvádrů a hmotnost 15 kg. Zpočátku se dostala na dráhu ve výšce 406–764 kilometrů se sklonem 83° k rovníku, kde jeden oběh trval přes 96 minut. Pracovala tři roky až do roku 1981, Magiony zkoumaly především magnetosféru a ionosféru Země.

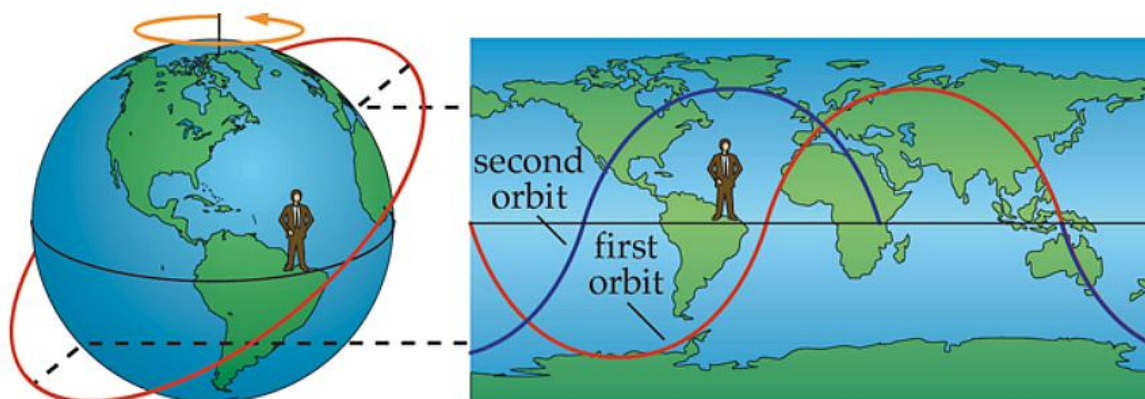
Zobrazení dráhy satelitu na mapě

Pro snadné vizuální zjišťování polohy satelitu na povrchu celé Země se nejčastěji používá válcového zobrazení geoidu.

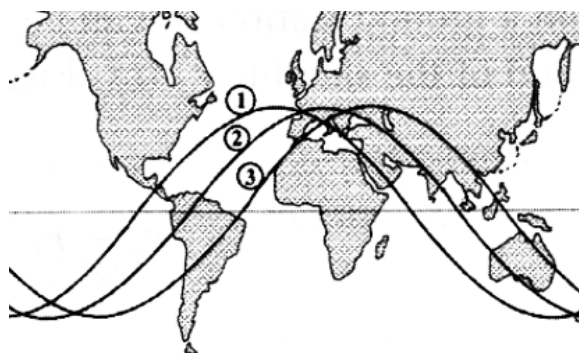


Obr. 63: Projekce dráhy satelitu. Převzato z Wertz, J. R. and Wiley J. L., *Space Mission Analysis and Design*, 1999. Section III.4.1.4 Describing Orbits.pdf.

Zobrazíme-li kulatou Zemi v ekvidistantní válcové projekci, situace graficky zachycující polohu družice bude vypadat poněkud jinak. Pokud by se Země neotáčela, vypadala by projekce pozemní dráhy družice vždy stejně jako taková sinusovka na povrchu Země.



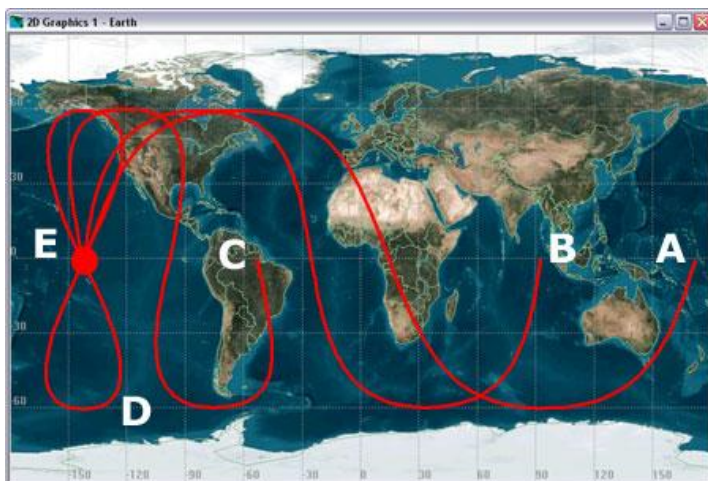
Obr. 64: Projekce dráhy satelitu při následném oběhu. Převzato z Wertz, J. R. and Wiley J. L., *Space Mission Analysis and Design*, 1999. Section III.4.1.4 Describing Orbits.pdf



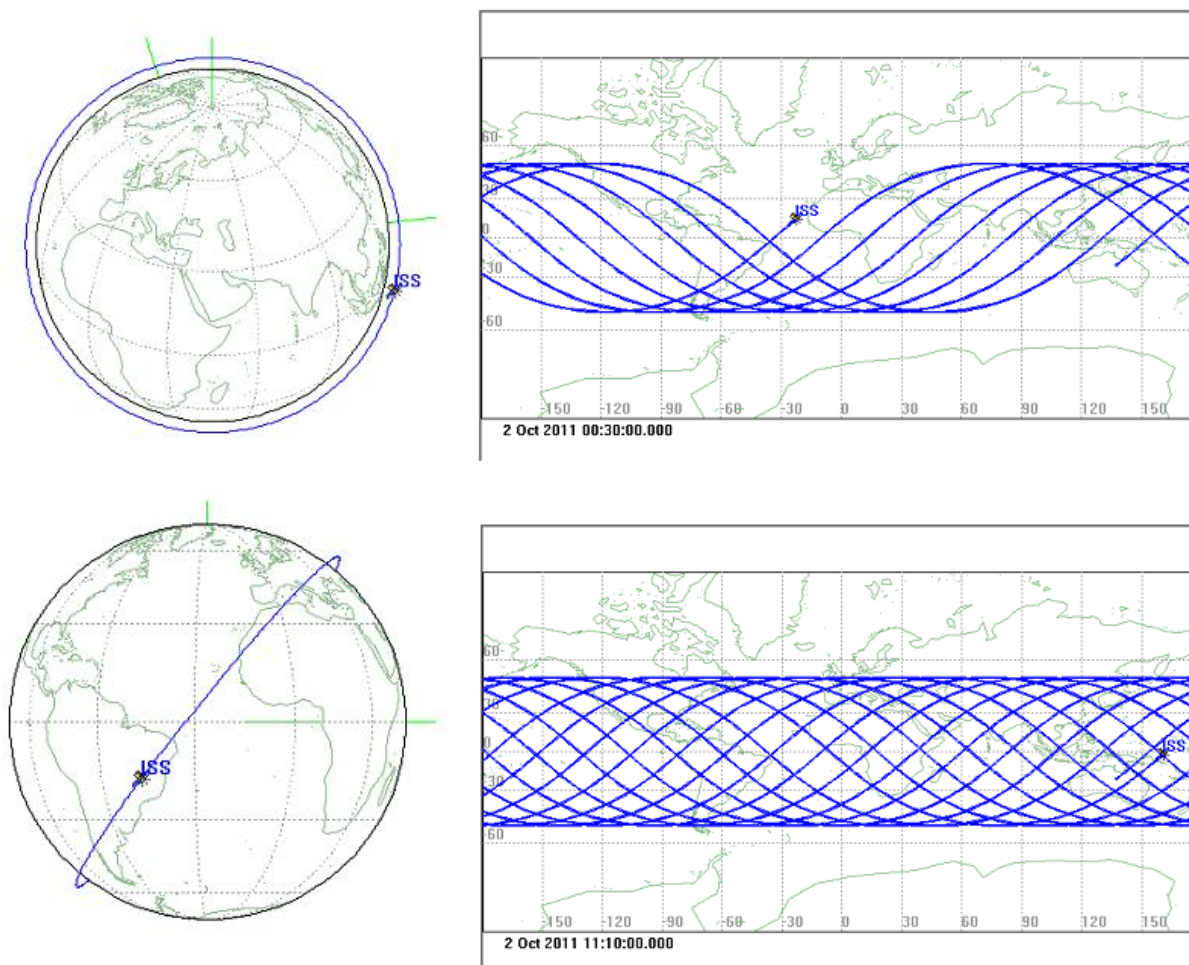
Obr. 65: Posun viditelné stopy satelitu na obloze vlivem otáčení Země. Zdroj: Machotka R., Fixel J. *Geodetická astronomie*, VUT v Brně, 2007.

Nicméně Země se otáčí na asi 15° za hodinu, pozorovatel se otáčí k východu, tedy stopa dráhy družice se přesouvá na západ, jak je znázorněno na obrázku. Posun závisí na době oběhu satelitu. Čím delší je doba, tím více času na Zemi má střídat po sobě oběžných drahách.

V důsledku rotace Země se dráha družice odchyluje trvale k západu a křivka míst, nad kterými přeletěla, se po jednom oběhu se neuzavře. Každý následující přelet je posunut západním směrem.



Obr. 66: Dráhy pro orbity s různými periodami:
A = 2,67 h, B = 8h, C = 18h, D = 24 h, E = 24 hod.
Zdroj: Wertz, J.R., Wiley J.L. *Space Mission Analysis and Design*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1999.



Obr. 67: Trajektorie ISS upraveno podle <http://www.asu.cas.cz/~bezdek/prednasky/> - dynamika letu družic.

Obrázek ukazuje pokrytí povrchu za půl dne, dole po uplynutí jednoho dne. Podobná „síť“ průmětů dráhy na povrch po uplynutí jednoho dne je typická pro všechny LEO družice. Dráhové elementy ISS, dráha je prakticky kruhová, sklon: $i = 51,6^\circ$, výška 360 km povrchem a 1 oběh trvá 92 min.

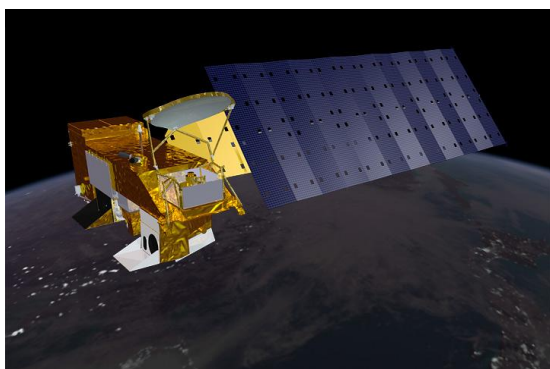
MANÉVROVÁNÍ

Dosáhnout i triviální změny rychlosti či směru pohybu satelitů na oběžné dráze je poměrně náročné. Většina družic ve vesmíru má na podobné příležitosti určeno jen minimální množství paliva, proto větší změny tohoto druhu jsou spíše výjimkou než pravidlem.

Třetí Keplerův zákon říká, že čím je menší výška družice, tím je oběžná doba kratší. Nejkratší možná perioda umělých družic pro výšku kolem 100 km vychází 86 minut. Změnou výšky družice se tedy změní její oběžná rychlost. Pokud například operátor chce zvýšit oběžnou rychlost satelitu, musí motory zapnout tak, aby stlačil satelit na nižší oběžnou dráhu. Výška orbity je to, co určuje, jak rychle se satelit pohybuje kolem Země. Důsledek rovnic keplerovské elipsy: Při odebrání energie se zvýší rychlost družice!



Obr. 68: Velín pozemského operátora. Zdroj: <http://earthobservatory.nasa.gov/Features/OrbitsManeuver/>.



Obr. 69: Satelit Aqua. Zdroj: earthobservatory.nasa.gov

Například satelit Aqua na oběh kolem Země ve výšce 705 km potřebuje asi 99 minut. Meteorologické družici umístěné 36000 kilometrů od zemského povrchu oběh trvá téměř 24 hodin. Měsíc, přirozený satelit Země ve vzdálenosti 384 000 km, dokončí jeden oběh za 28 dnů.

Aqua je polární vědeckovýzkumný satelit, který poskytuje údaje o vodě v atmosféře i na povrchu. Tato měření jsou nezbytná k pochopení klimatického systému. Pokud mají být údaje použity pro relevantní srovnání, musí být každé měření provedeno přibližně

ve stejnou denní dobu, aby se zajistilo, že úhel dopadu slunečního světla na oceán, atmosféru, nebo pozemky a jeho odraz zpět do satelitu jsou v souladu.

JAKÁ ČÁST PLANETY JE SNÍMÁNA

Jak již bylo výše řečeno, sklon dráhy je úhel mezi rovinou oběžné dráhy satelitu a zemskou rovníkovou rovinou. Nulový sklon oběžné dráhy znamená, že satelit obíhá přímo nad rovníkem, sklon 90° představuje dokonale polární oběžnou dráhu. Sklon je zřetelný při pohledu z boku v rovině rovníku. Sklon dráhy určuje, jaká místa družice může přeletět a spolu s výškou dává předpoklady k prostorovému pokrytí míst přeletu.

Jak satelit krouží kolem planet, senzor vidí jednotlivé části povrchu pod sebou, šířka těchto pásů, které senzor zachycuje, může být od desítek po stovky kilometrů. Velikost snímaného území bude záviset na výšce satelitu, na sklonu jeho orbity a na výstřednosti elipsy, po níž se pohybuje.

Nevýhodou geostacionárních družic je, že nemohou snímat oblasti kolem severního a jižního pólu, jsou omezeny pro snímání území s větší zeměpisnou šířkou než je 60–70°.

Na rozdíl od polárních satelitů, které jsou blíže k Zemi, mají GEO satelity horší prostorové rozlišení, a to se pro místa vzdálenější od rovníku ještě snižuje (např. pro obraz z METEOSATu, pixel poblíž rovníku zobrazuje území 2,5 km², kdežto pixel zobrazující území v severní Evropě může reprezentovat 10 km², proto podává méně informací).



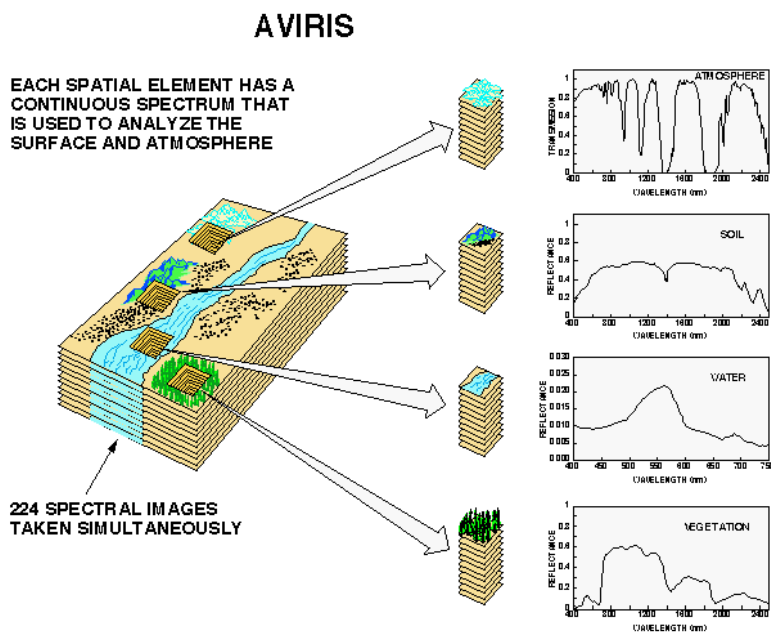
Výhodou GEO družic je možnost opakovaného snímání území (zpravidla každých 30–60 minut, např. družice METEOSAT, mají relativně vysokou frekvenci snímání 48x za 24 hodin) – tím jsou ideální pro meteorologické aplikace.

V meteorologických a klimatických aplikacích se využívá obou typů družic, kombinací výhod častého snímání geostacionárních družic a vyšší rozlišovací schopností družic polárních dostaneme komplexnější představu o tom, co se v daném místě děje.

Přístroje na palubě pro DPZ

Z předchozích textů víte, že dálkový průzkum Země měří a zpracovává údaje o zemském povrchu bez přímého kontaktu jen prostřednictvím elektromagnetického záření. Záření slouží jako přenosové médium k získání informace o zemském povrchu. Při interakci elektromagnetického záření se zemským povrchem, případně s objekty v atmosféře dochází k dílčímu pozměnění vlastností elektromagnetického záření, které chápeme jako jakýsi „otisk“ vlastností zemského povrchu. V rámci DPZ se užívá záření emitované ze Země (noční měření), sluneční záření, které zemský povrch odráží, nebo se registruje záření vydávané umělým zdrojem, které povrch odráží (např. radar). Záření je zaznamenáváno speciálními přístroji – radiometry. Následně se hledá funkční vztah mezi naměřenými hodnotami intenzity záření dopadajícího na senzor radiometru a skutečnými vlastnostmi povrchu.

Ve funkci radiometru může vystupovat řada snímačů – od běžných fotoaparátů, fotogrammetrických přístrojů až po speciální infrasnímače. Radiometr, na rozdíl od fotografie, zaznamenává v každém okamžiku záření vždy jen z určité malé plochy, velikostí této plošky je dána maximální rozlišovací schopnost radiometru. Radiometr provádí měření v určitém intervalu vlnových délek. Radiometry se sestavené tak, aby se jejich senzory mohly pohybovat napříč trase letu, se nazývají skenery. Snímají postupně řadu za řadou plošek a postupně se seskládá obrázek. Tzv. multipektrální skenery snímají současně více čidly na různých vlnových délkách. Uspořádání celého přístroje je vždy podřízeno účelu snímání. Satelity mohou být vybaveny speciální optikou, spektrometry, monitory rádiových kmitočtů, mikroakcelerátory a speciálními senzory. Většina dat z přístrojů a snímačů, obsažených na palubě družice je originální a tudíž velmi závislá na způsobu jejich pořízení. Smysl získají až po korekcích a zpracování v řídicím středisku. Mnohá data jsou v plném rozlišení vysílána v reálném čase uživatelům na Zemi. Dnes se posílají výhradně v digitální podobě, obraz se z dat rekonstruuje podle příslušných pokynů. Obrazový záznam (snímek) je pak podroben analýze a interpretaci.



Obr. 71: Každý prostorový element má spojité spektrum, současně je pořízeno 224 spektrálních obrazů. Upraveno z <http://aviris.jpl.nasa.gov/>.

Panchromatický snímek obsahuje data pouze pro jedno spektrální pásmo. Obvykle se zobrazuje pomocí stupnice odstínů šedi (grey scale). Znamená to, že zobrazená jasová složka každého pixelu se vztahuje k intenzitě slunečního záření odraženého objektem a zaznamenaného snímačem. Panchromatický družicový snímek lze interpretovat obdobně jako černobílý letecký snímek daného území. Hlavním typem informace, který se využívá při interpretaci, je radiometrická informace. Příklad: Ikonos PAN, SPOT HRV-PAN, QuickBird PAN.



Multispektrální snímky obsahují data v několika spektrálních pásích. Každý pás lze zobrazit pomocí stupnice odstínů šedi anebo spolu s jinými pásy jako barevnou syntézu (color composite image), která vzniká kombinací tří pásů. Interpretace multispektrální syntézy vyžaduje znalost signatur spektrální odrazivosti objektů na scéně. V tomto případě se při interpretaci využívá radiometrická informace. Příklad: Landsat ETM+ (7 pásem), QuickBird MS (4 pásma), WorldView 2 (8 pásem), MODIS (36 pásem)

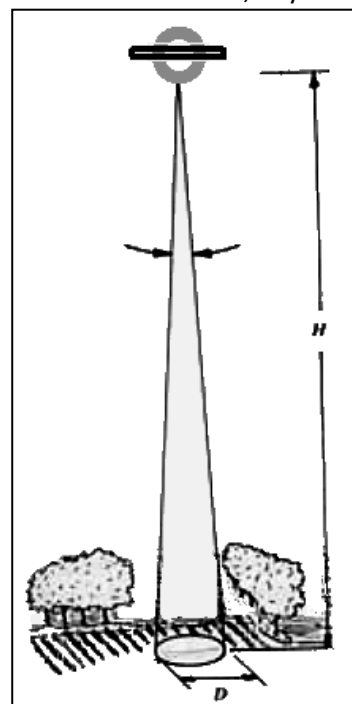
Hyperspektrální senzory zaznamenávají ve více než stovce úzkých částech EM spektra. Bývají označovány jako zobrazující spektrometry. Informace obsažená v hyperspektrálním snímku umožňuje lepší charakterizaci a identifikaci objektů, např. AVIRIS (224 pásem).

Pro údaje z DPZ jsou podstatné čtyři základní parametry: velikost snímané plochy, prostorové rozlišení, časové rozlišení, vymezení a počet spektrálních pásů.

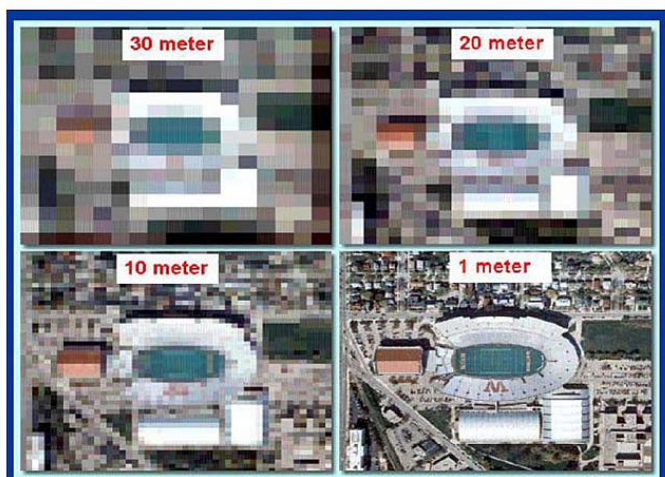
PROSTOROVÉ ROZLIŠENÍ SNÍMÁNÍ

Porovnejte, co asi vidí astronaut na palubě ISS a co můžete vidět z letadla. Astronaut může vidět celé kontinenty v jednom pohledu, ale nerozliší jednotlivé domy. Při létání v letadle nad obcí vidíte jednotlivé budovy a auta, ale prohlédnete mnohem menší plochu než astronaut. Pro DPZ chceme, abychom celé zájmové území měli pokryto údaji ze snímače. Velikost snímané plochy je ovlivněna vlastní optickou konstrukcí snímačového zařízení a pak také výškou snímání nad zemským povrchem. Rovněž hraje roli, zda k snímání dochází záznamem jednotlivých snímků, nebo kontinuálním skenováním zemského povrchu v letovém pásu. Velikost snímaného území se pohybuje od několika ha (letecké snímky) po milióny km² v případě satelitního snímání.

Prostorové rozlišení pasivních snímačů závisí především na velikosti jejich okamžitého zorného pole (IFOV). Jde o úhlový kužel viditelnosti (zorný úhel) senzoru, jenž určuje oblast na zemském povrchu, která lze "vidět" z dané výšky H v jednom konkrétním okamžiku v čase (Obr. 72). Velikost této plochy lze odhadnout vynásobením zorného úhlu vzdáleností snímače od zemského povrchu. Tato plocha D je pak rozlišovací buňkou a představuje maximální prostorové rozlišení snímače. Detail rozpoznatelný v obraze je závislý na prostorovém rozlišení snímače a takto odkazuje na velikost nejmenšího možného prvku, které lze rozpoznat.



Obr. 72: Zorné pole je část prostoru, které je optický přístroj schopen zachytit, číselně se zorné pole popisuje zorným úhlem. Zorný úhel je určen optikou přístroje. Čím výše nad snímanou oblastí povrchu satelit bude, tím bude při dané optice senzoru zabírat větší plochu. Podíl D/H , kde D je průměr plochy a H je výška satelitu, je pro danou optiku konstantní.

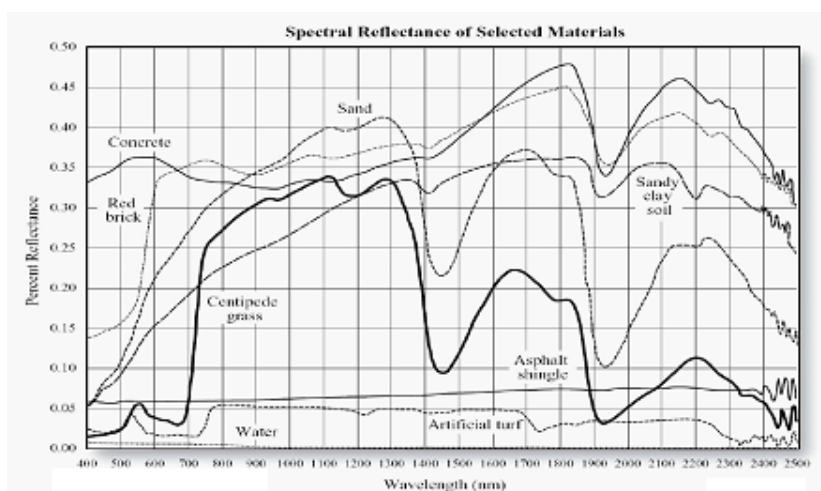


Obr. 73: Viditelnost objektů na snímcích různého prostorového rozlišení. Zdroj: Fundamentals of Remote Sensing, Canada Centre for Remote Sensing 2009.

GEOMETRICKÉ ZKRESLENÍ

Každý dálkový průzkum obrazu, bez ohledu na to, zda je získán multispektrálním skenerem na palubě družice, fotografickým systémem v letadle, bude mít geometrické zkreslení. Tento problém je vlastní dálkovému průzkumu Země, protože se snažíme přesně reprezentovat 3D (trojrozměrný) povrch Země 2D (dvojrzměrným) obrazem. Jakékoli snímky dálkového průzkumu podléhají určité formě geometrických deformací v závislosti na způsobu, jakým byly údaje získávány. Tyto chyby mohou být způsobeny různými faktory: optikou snímače, pohybem skenovacího systému, nestabilitou roviny snímače, reliéfem terénu apod.

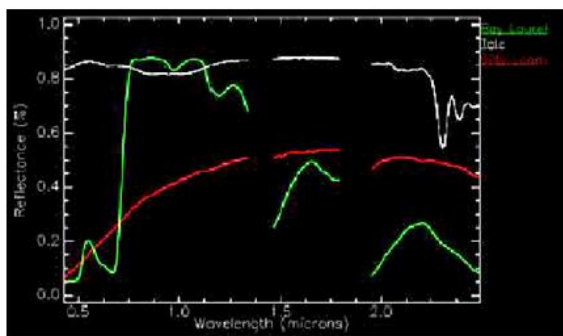
SPEKTRÁLNÍ ROZLIŠENÍ SNÍMAČE



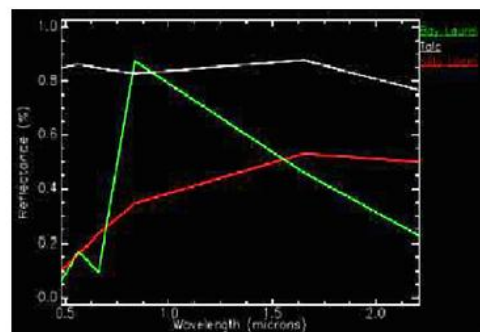
Pro rozlišení objektů a jevů na povrchu planety jsou důležité tzv. spektrální signatury odrazivosti jednotlivých povrchů. Jsou to křivky, které charakterizují spektrální odrazivost objektů na zemském povrchu v daných spektrálních pásmech a mohou sloužit jako klíč k odlišení a k určení těchto objektů.

Obr. 74: Odrazivost různých povrchů. Zdroj: *Fundamentals of Remote Sensing*, Canada Centre for Remote Sensing 2009.

Spektrální rozlišení určuje schopnost snímače zaznamenávat i jemné intervaly vlnových délek. Čím jemnější je spektrální rozlišení, tím užší je interval vlnových délek pro určité pásmo (kanál). Toto rozlišení tedy vyjadřuje z jaké části EM spektra a v kolika pásmech daný senzor poskytuje své snímky. Na základě spektrálního rozlišení rozdělujeme data DPZ na panchromatická, multispektrální, superspektrální a hyperspektrální.



Signatury z hyperspektrálního záznamu, AVIRIS, 224 pásma. Mezery ve spektrálních křivkách odpovídají pásmům, ve kterých atmosféra pohlcuje signál natolik, že se nedostane ke snímači.



Signatury z multispektrálního záznamu, ETM, 7 pásma

Obr. 75: Data ze spektrometru Airborne Visible Infrared Spectrometer z leteckého (20 km) dálkového průzkumu. Zdroj: <http://aviris.jpl.nasa.gov/>.



RADIOMETRICKÉ ROZLIŠENÍ SNÍMAČE

Radiometrické rozlišení (hloubka pixelu) se týká nejmenší změny **v intenzitě záření**, kterou dokáže snímací systém rozlišit. U digitálních snímků je radiometrické rozlišení určeno počtem diskrétních kvantových úrovní, které slouží k digitálnímu záznamu spojitých hodnot intenzity. Senzor každého snímaného pásma je schopen rozlišit až 2^{11} , tj. 2048 stupňů jasu. Takový rozsah je větší, než kolik stupňů jasu (odstínů šedi) dokáže odlišit lidské oko. To zaručuje, že jsou zachyceny i velmi jemné rozdíly v odrazivosti různých povrchů a že se ani nejsvětlejší ani nejtmaší místa nedostanou mimo tento interval. 11bitová hloubka je velkou výhodou pro automatizované vyhodnocování družicových snímků.

TEMPORÁLNÍ (ČASOVÉ, TERMÍNOVÉ) ROZLIŠENÍ

Temporální (časové) rozlišení záznamu se vyjadřuje časovým intervalem, za který je dané území opět snímáno. Je to vyjádření periodicity, s jakou systém vytváří snímky stejného území. Udává, jak často je určitá oblast zemského povrchu opakovaně zaznamenávána.

Četnost pořizování dat ze stejné oblasti závisí na parametrech oběžné dráhy družice. Moderní systémy umožňují náklon snímače a tak zkracují časový interval opakovaného záznamu. Temporální rozlišení v případě geostacionárních družic má časový interval zcela nastavitelný uživatelem a frekvence získávání snímků je omezena kapacitou ukládání a přenosu dat. U subpolárních družic je problém složitější a roli zde hraje celá řada faktorů (šířka záznamového pásu, rychlost oběhu družice okolo Země. Časové rozlišení nabývá na významu při monitorování havarijních situací – povodní, šíření požárů, při krizovém managementu a při některých zemědělských aplikacích. Pro postižení dynamiky povodňové situace je nezbytné, aby tento interval byl co nejkratší.

Příklady: SPOT 26 dní, Landsat – 16 dnů, QuickBird – 1 až 3,5 dne, NOAA – 6 h, MODIS 1–2 dny.

Pro určení doby přeletu daného satelitu nad lokalitou a pro simulaci jeho nejbližšího výskytu pro daného pozorovatele existují dnes programy na počítači (Orbitron).

LITERATURA

<http://eyes.nasa.gov/earth/exit.html>

Malá encyklopedie kosmonautiky. URL <<http://mek.kosmo.cz/index.htm>>

Encyklopedie družic URL <<http://www.lib.cas.cz/knav/space.40/>>

<http://nebmech.astronomy.cz/frames.htm>

http://astro.unl.edu/naap/motion2/animations/ce_hc.htm

<http://astro.unl.edu/naap/motion3/animations/sunmotions.html>

<http://astro.unl.edu/naap/pos/animations/kepler.html>

http://www.atmosp.physics.utoronto.ca/people/strong/phy499/section2_05.pdf

<http://tech.net.idnes.cz/cesi-v-kosmu>

Lukeš, L. Základy geodetické astronomie. SNTL, 1954.

Otázky a úkoly k zamyšlení:

Proč družice nespadnou?

Co ovlivňuje dobu oběhu družice?

Jaké je hlavní využití družic podle orbity, na které se nalézají?

Jaká zkrácení je třeba u získaných údajů respektovat?

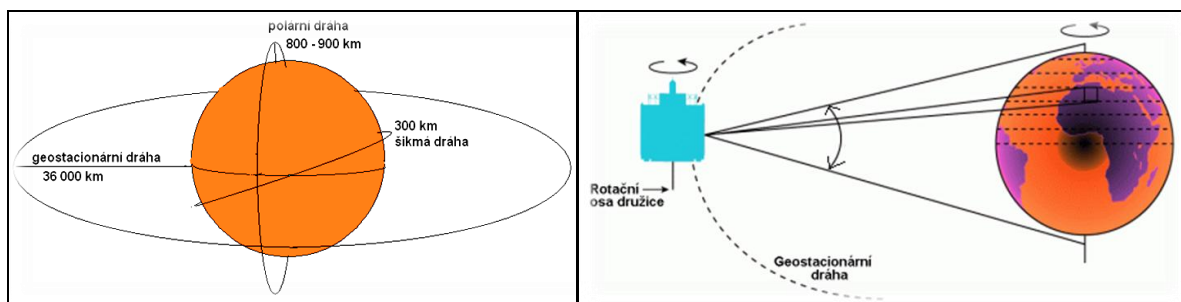
Družice a družicové systémy

Snímky z družice METEOSAT a NOAA jsou každý den k vidění v televizi – v předpovědi počasí na ČT 1. Využívají je naši meteorologové a jejich prostřednictvím i my. Víme, kde se vlastně tyto družice nacházejí? Jak daleko jsou od povrchu Země? A jak pracují?

OBĚŽNÉ DRÁHY DRUŽIC A CHARAKTERISTIKA VYBRANÝCH SYSTÉMŮ VYUŽÍVANÝCH V DPZ

Družice obíhají Zemi po eliptických drahách v různých výškách ve třech typech oběžných drah (obr. 76):

- v rovině rovníku (geostacionární dráha),
- v šikmé oběžné dráze,
- v subpolární oběžné dráze.



Obr. 76: Základní typy oběžných drah družic pro DPZ – rovníková, šikmá, subpolární (vlevo). Detail geostacionární družice (vpravo). Zdroj: <http://www.chmi.cz/meteo/sat/>.

DRUŽICE V ROVNÍKOVÉ DRÁZE

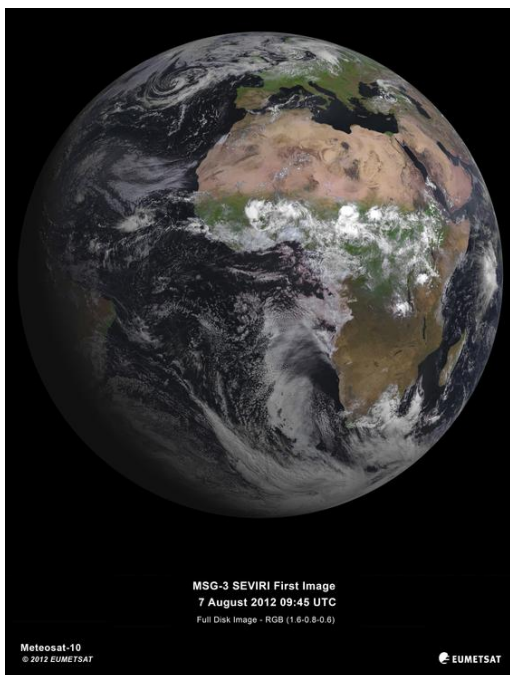
V rovině rovníku obíhají družice ve výšce kolem 36 000 km od západu k východu. Úhlová rychlost oběhu družice odpovídá úhlové rychlosti rotace Země a pro pozorovatele na Zemi je tedy družice stále na stejném místě. Družice na této dráze se označují jako **geostacionární**. Patří k nim především **meteorologické družice** monitorující synoptické procesy v atmosféře a umožňující ukazovat stav a pohyb oblačnosti, analyzovat a předpovídat počasí. Pro nás jsou nejdůležitější družice **METEOSAT** umístěné na nultém poledníku nad Guinejským zálivem. Jejich obraz zachycuje především Evropu, Afriku s přilehlými částmi Atlantského a Indického oceánu. Jejich provoz řídí organizace ESA (Evropská kosmická agentura). Zkrácený název družic **Meteosat druhé generace – MSG (Meteosat Second Generation)**. Jedná se o druhou generaci družic Meteosat, provozovaných evropskou



Obr. 77: První snímek z družice Meteosat 1 byl pořízen 7. prosince roku 1977. Zdroj: <http://spaceimages.esa>.



organizací **EUMETSAT**. V praxi se setkáváme s dvojitým označováním těchto družic: (MSG 1 a Meteosat 8 je jedna a ta samá družice.)



Družice MSG vycházejí ze stejného konceptu jako družice první generace. Oba typy družic rotují rychlostí 100 obrátek za minutu, kromě stabilizace tělesa je tato rotace družic rovněž využita i pro mechanismus snímování. Družice MSG jsou družicemi **geostacionárními**. Výška jejich dráhy je zvolena tak, aby oběžná doba družice kolem Země byla stejná jako doba rotace Země. Pokud je navíc dráha družice přesně kruhová a roviny oběžné dráhy družice a zemského rovníku splývají, pak družice zdánlivě "visí" nad jedním pevným místem na Zemi na rovníku – odtud název této kategorie družic, **geostacionární**. Výška dráhy je přibližně 35 790 km, poloměr této dráhy je 42 168 km. Jako charakteristika těchto družic se pak udává zeměpisná délka, na níž je družice "zavěšena". Pro udržování přesné polohy družice je nutné provádět pravidelné korekce její dráhy, což postupně spotřebovává palivo, které si družice "veze s sebou" na oběžnou dráhu. Právě zásoby paliva pro korekce a případné větší změny dráhy jsou limitem životnosti družice. Před úplným dočerpáním paliva jsou současné geostacionární družice odsunuty na vyšší dráhu (o cca 100 až 200 km), kde pak nepřekáží operativním družicím. Na druhou stranu tak ale vzniká velké "vesmírné smetiště", které přenecháváme budoucím generacím. Družice MSG startují ze základny ve Francouzské Guyaně pomocí raket Ariane, podle <http://www.chmi.cz/meteo/sat/>.

Obr. 78: První snímek nejnovější družice Meteosat 10 z přístroje SEVIRI byl pořízen 7. srpna roku 2012. Zdroj: <http://spaceimages.esa>.

časné geostacionární družice odsunuty na vyšší dráhu (o cca 100 až 200 km), kde pak nepřekáží operativním družicím. Na druhou stranu tak ale vzniká velké "vesmírné smetiště", které přenecháváme budoucím generacím. Družice MSG startují ze základny ve Francouzské Guyaně pomocí raket Ariane, podle <http://www.chmi.cz/meteo/sat/>.

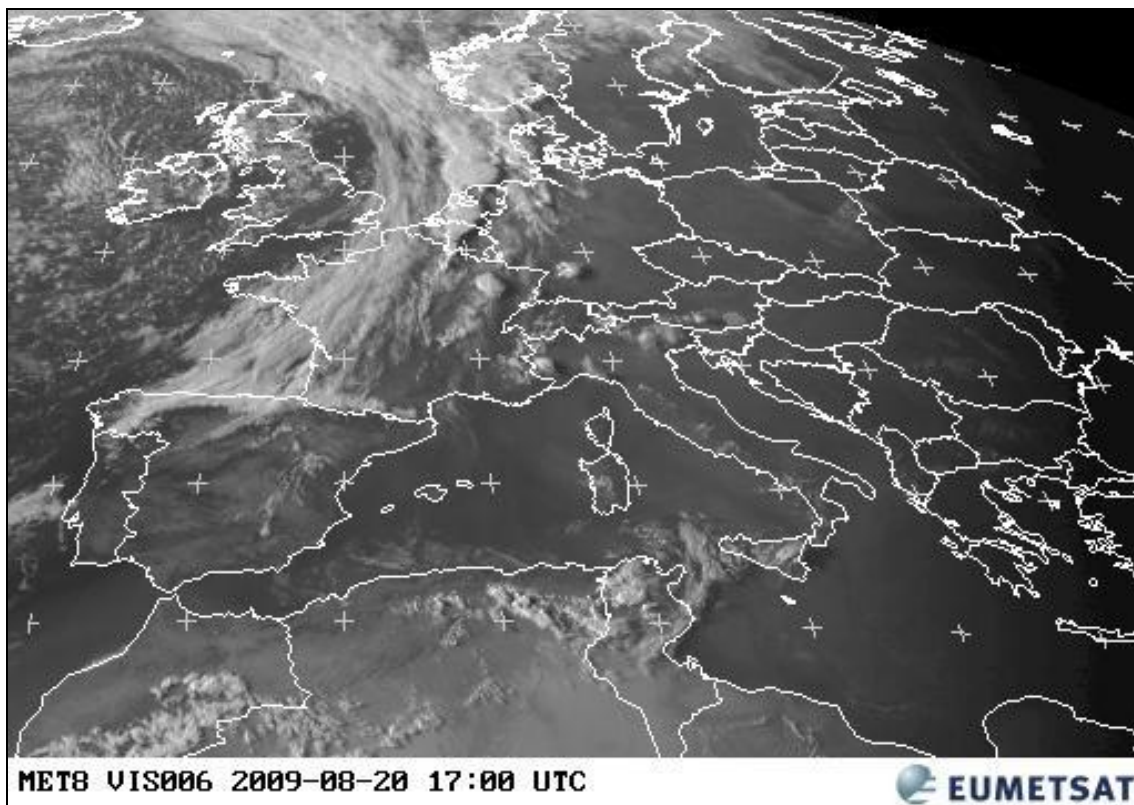
Přístrojové vybavení družic MSG:

- hlavní přístroj družice určený pro snímání obrazových dat,
- telemetrická, komunikační a řídicí část družice,
- přístroj určený pro měření celkového záření na horní hranici atmosféry (údaje důležité především pro monitorování klimatu a klimatických změn),
- systém pro sběr nouzových signálů v dosahu družice (Evropa, Afrika, Atlantik, část Indického oceánu a Jižní Ameriky)

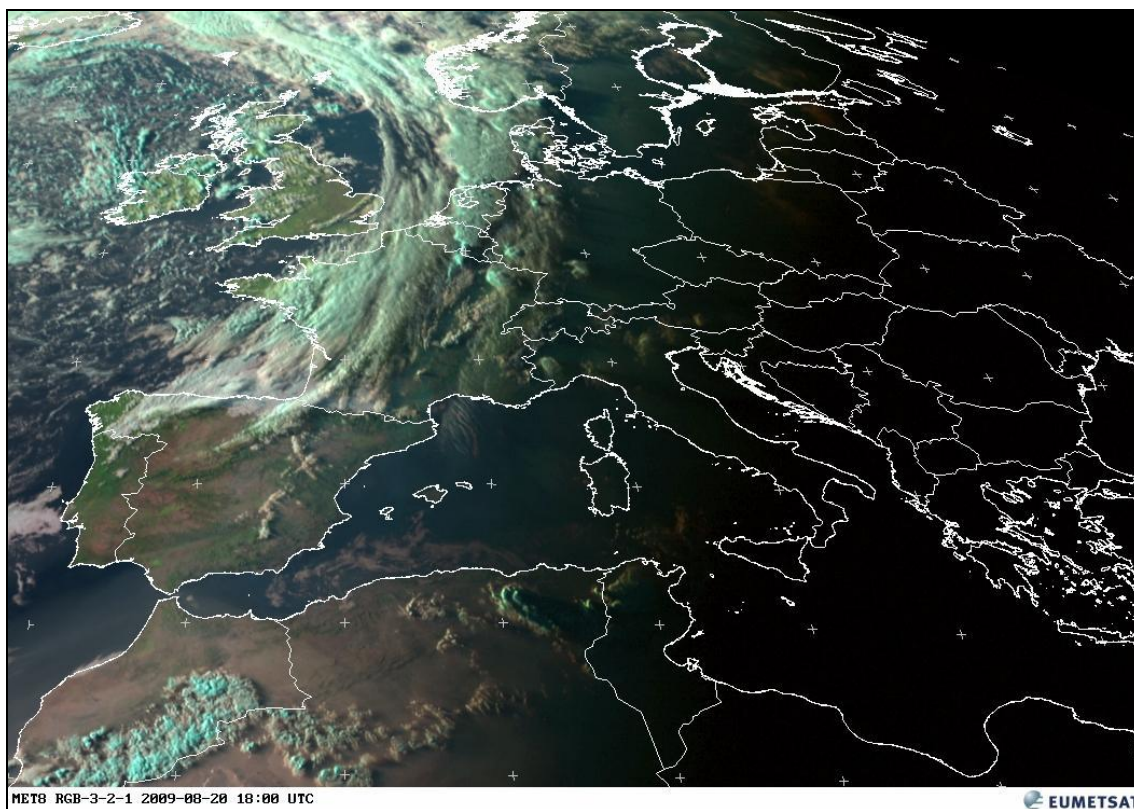
Přístroj Seviri

Hlavním užitečným zařízením na palubě družice MSG je **přístroj SEVIRI**. Jeho úkolem je pořizovat snímky Země v 11 úzkopásmových spektrálních kanálech a jednom širokopásmovém s vysokým rozlišením (kanál HRV). Přístroj sleduje okolí průzorem na boku družice.

| Číslo kanálu | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 110 | 11 | 12 |
|-----------------|----------------|--------|--------|-------------------|---------------------|-------------------|----------------|-------------------|--------------------------|---------------------------------|--------|-----|
| Označení kanálu | VIS0.6 | VIS0.8 | NIR1.6 | IR3.9 | WV6.2 | WV7.3 | IR8.7 | IR9.7 | IR10.8 | IR12.0 | IR13.4 | HRV |
| Poznámka | solární kanály | | | atmosférické okno | absorpce vodní páry | atmosférické okno | absorpce ozónu | atmosférické okno | absorpce CO ₂ | solární kanál, vysoké rozlišení | | |



Obr. 79: Snímek pořízený přístrojem SEVIRI na družici Meteosat 8 v kanále snímajícím záření o vlnové délce 0,6 nm. Zdroj: <http://www.chmi.cz/meteo/sat/>.



Obr. 80: Snímek v přírodních barvách vzniklý syntézou RGB kanálů 3, 2, a 1. Zdroj: <http://www.chmi.cz/meteo/sat/>.



Další geostacionární družice

Ke geostacionárním meteorologickým družicím patří dále americké družice GOES (75 ° západní délky, 135 ° západní délky) japonská družice GMS 5 – Himawari, ruská družice ELEKTRO a indická družice ONDAT monitorující centrální Asii a Indická oceán.

DRUŽICE SE ŠIKMOU OBĚŽNOU DRÁHOU

V šikmé oběžné dráze svírající s rovinou rovníku úhel 30 ° až 60 ° se pohybují převážně družice-kosmické lodi s lidskou posádkou. Obíhají ve výšce jenom několik stovek kilometrů nad Zemí.

Významnými zdroji fotografií zemského povrchu z vesmíru jsou také **pilotované kosmické lodě**, jejichž snímky představují cenný materiál pro studium časových změn, pro geologii, archeologie nebo geografii obyvatelstva a sídel.

Mezinárodní vesmírná stanice ISS (International Space Station – ISS) je v současné době **jediná trvale obydlená vesmírná stanice**. První díl stanice, modul Zarja, byl vynesena na oběžnou dráhu v roce 1998. Od roku 2000 je trvale obydlena alespoň dvoučlennou posádkou, která se každých 6 měsíců obměňuje. Stanice je umístěna na nízké oběžné dráze Země ve výšce okolo 360 km s periodou oběhu 92 minut. V mnoha ohledech ISS reprezentuje sloučení předchozích plánovaných nezávislých stanic: ruský Mir 2, americkou stanici Freedom. Kromě ruských a amerických modulů plánovaných pro tyto stanice se ke stanici připojí evropský laboratorní modul Columbus a japonský laboratorní modul Kibō. Mezinárodní vesmírná stanice je společným projektem pěti kosmických agentur:

- NASA (Spojené státy americké),
- Ruská kosmická agentura (Rusko),
- Japonská kosmická agentura (Japonsko),
- Kanadská kosmická agentura (Kanada),
- Evropská kosmická agentura (účastní se 10 z jejích členů; nepodílejí se: Rakousko, Velká Británie, Irsko, Portugalsko a Finsko; Řecko a Lucembursko vstoupily do ESA později).

Dopravu na stanici a zpět zajišťují hlavně transportní pilotované kosmické lodě Sojuz, automatické nákladní kosmické lodě Progress a raketoplány. Po havárii raketoplánu Columbie došlo k několikaletému pozastavení letů raketoplánů a výstavba stanice tak nabrala zpoždění cca 3 roky.



Obr. 81: Mezinárodní vesmírná stanice ISS se „zaparkovaným“ raketoplánem Endeavour.
Zdroj: <http://spaceimages.esa>.

RAKETOPLÁNY

Space Shuttle je americký pilotovaný kosmický raketoplán provozovaný pro lety do vesmíru vládních organizací NASA. Lety jsou řízeny z řídicího střediska MCC (Mission Control Center) v Johnsonově kosmickém středisku NASA v Houstonu.

DRUŽICE SE SUBPOLÁRNÍ DRÁHOU OBĚHU

V subpolární oběžné dráze obíhá převážná část družic. Pohybují se přibližně ve směru poledníků ve výšce 800 až 900 km. Doba oběhu závisí na výšce letu a reprezentuje nejčastěji 12 až 16 oběhů za 24 hodin. Dráhy těchto družic jsou synchronní se zdánlivým pohybem Slunce (prolétají nad stejným místem ve stejnou hodinu místního času.) Na osvětlené straně Země se družice pohybuje od severu k jihu. Družice se subpolární dráhou letu jsou schopné předávat globální obrazy v měřítku blízkém 1:10 000 000 stejně jako relativně podrobné obrazy v měřítku kolem 1:25 000, na nichž lze rozlišit získané údaje s přesností několika metrů.

NOAA

Meteorologické družice systému **NOAA** přelétá nad Zemí ve výšce kolem 800 km s dobou oběhu 102 minut (obr. 82). Zobrazovacím vybavením družice NOAA je multispektrální radiometr pracující jako optomechanický skener ve viditelném a infračerveném pásmu spektra a ve třech pásmech termálních. Prostorová rozlišovací schopnost je ve všech pásmech 1,1 km.



Obr. 82: Družice NOAA. Zdroj: <http://www.chmi.cz/meteo/sat/>

LANDSAT

V současnosti patří k hlavním informačním pramenům o povrchu Země a jejích přírodních zdrojích získaných z DPZ družice se subpolární dráhou letu **systému LANDSAT**. Na oběžnou dráhu byla uvedena první družice tohoto systému počátkem sedmdesátých let minulého století, v současnosti je funkční jako zdroj obrazových informací pouze LANDSAT 5. Doba jednoho jejího oběhu je 99 minut. Nad stejným místem přelétá jednou za 16 dní. Ke snímání obrazu slouží speciální televizní systém a multispektrální mechanooptický skener pracující v sedmi intervalech vlnových délek spektra od 0,45 μm do 12,50 μm (v modrém, zeleném, červeném, blízkém infračerveném, dvou středně infračervených a termálních.) Družice snímá pruh území široký 185 km. Kombinace informací získaných z jednotlivých pásem umožňuje dobrou identifikaci a rozlišení prvků a jevů jako je síť vodních toků a jejich uspořádání, identifikace a vlastnosti vodních objektů, obsah sedimentů ve vodě, hranice vody a vegetace, druhy vegetace, lesní plochy, zemědělská půda, půdní poměry, plochy bez vegetace, půdní vlhkost, sněhová pokrývka, zastavěné plochy, průběh komunikací.

Údaje se dají použít pro tvorbu tematických map až do měřítka 1:25 000. Velkou předností je možnost vytváření barevných syntéz pro snadnější identifikaci vybraných jevů. Snímky družice LANDSAT pokrývají celou pevninu a jsou k dispozici na internetu na adrese <https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/mrsid.pl>.

SPOT

Významný zdroj informací o přírodních zdrojích Země stejně jako pro topografické mapování tvoří od roku 1986 francouzské družice se subpolární dráhou letu systému **SPOT**. Družice oběhne Zemi za 101,4 minut a nad stejným místem na Zemi přelétá vždy po 26 dnech. K vytvoření obrazu jsou na družici instalovány **dva multispektrální optoelektronické radiometry** skenující podélně povrch Země 60 km na každou stranu od průmětu orbitální dráhy na Zemi, přičemž se záznamy obou radiometrů



překrývají o 3 km. Velkou předností je, že příčný sklon radiometrů je možno nastavovat až do úhlu $\pm 27^\circ$ a tím zabezpečit při následovném přeletu překryt s předchozím záznamem. Tak jako u leteckého snímání se vytvoří **stereoskopické dvojice**. S použitím metod a prostředků digitální fotogrammetrie lze tak dodatečně konstruovat vrstevnicový obraz nebo digitální model terénu. Digitální záznamy předávané družicí jsou na Zemi radiometricky a geometricky korigovány a mohou z nich být vytvořeny **družicové ortofotomapy** v přesném měřítku, doplněné nezbytnou kartografickou úpravou a názvoslovím. Výsledkem může být také digitální model terénu s výškovou přesností asi 5 m.

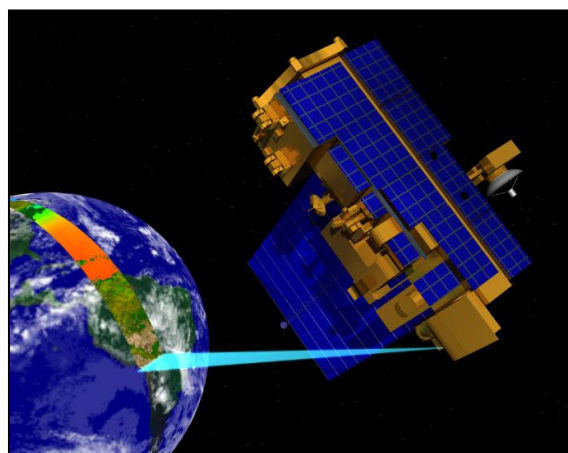
Radiometry mohou pracovat:

- v panchromatickém režimu charakterizovaném vysokým prostorovým rozlišením (velikost pixelů je 10 x 10 m). Mohou sloužit k tvorbě map měřítka 1:10 000.
- v multispektrálním režimu ve třech pásmech s rozlišovací schopností 20 x 20 m. Při vytváření barevných syntéz jsou většinou používány nepravé barvy.

TERRA

Družice uvedená na oběžnou dráhu v roce 1999. Je základní součástí programu EOS (Earth Observing System) vedeného NASA. Jeho hlavním cílem je monitorování klimatu a přírodního prostředí Země. Na družici je umístěno **pět základních přístrojů** pro monitorování zemského povrchu, oceánů, atmosféry a interakcí mezi nimi.

Družice je umístěna na **subpolární oběžné dráze**, **přechází rovník v 10,30 hod. místního** času (minimum oblačnosti). Přístroje jsou založeny na **pasivním snímání odraženého a emitovaného záření**, (obr. 83).



Obr. 83: Družice TERRA. Zdroj <http://terra.nasa.gov/>.

ERS

Družice ERS 2 byla vypuštěna na oběžnou dráhu 21. dubna 1995 pod vedením Evropské kosmické agentury (ESA). Již má svého nástupce – družici Envisat.

Obě družice byly vybaveny téměř **shodným přístrojovým vybavením**, které bylo určeno především **pro vědecké účely**. Jednalo se o Radar se Syntetickou Aperturou (SAR). Dále byl na palubě umístěn radarový altimetr **pro přesné měření výšky hladiny oceánů**, podélně skenující radiometr **pro měření teploty svrchní vrstvy mraků a vodní hladiny** a u družice ERS-2 navíc přístroj pro měření **obsahu ozonu a dalších plynů a aerosolů** ve stratosféře a troposféře. **Radarová data**, která tato družice poskytuje, mají oproti datům optickým **výhodu delších vlnových délek**. To znamená, že **lépe prochází atmosférou** a mohou snímat i v **oblastech se zvýšenou oblačností nebo v noci**.

ENVISAT

Projekt Evropské kosmické agentury (ESA). Velká družice, která je následníkem družic ERS-1 a 2, byla vypuštěna na polární dráhu v roce 2002. Je zaměřena na **monitorování životního prostředí v regionálním a globálním měřítku**. Pohybuje se na **subpolární oběžné dráze ve výšce 800 km**, vyko-

ná 14 oběhů za den a navrací se do stejné polohy po 35 dnech. Snímkuje v pásu 1150 km širokém s velikostí pixelu 300 m či 1 km.

Envisat je primárně určen pro oceánografické účely, studium změn v chemickém složení svrchní části oceánu, druhotně pro studium oblačnosti a též pro **monitorování vegetace v globálním měřítku**.

RADARSAT

Radarsat se pohybuje po **polární kruhové dráze ve výšce 800 km** a přelet stejného místa na Zemi uskuteční jednou za 24 dní. Družice RADARSAT-1 je vybavena unikátním radarem. Radarsat pořizuje scény v několika režimech, které se od sebe liší jak rozlišením, tak velikostí scény či úhlem, pod kterým je zemský povrch ozařován. Nastavitelná anténa může měnit úhel dopadu radarového paprsku na zemský povrch od 10° do 60°, rozlišení se pro různé režimy mění od 10 m do 100 m a šířka záběru se pohybuje mezi 50 km až 500 km. V našich zeměpisných šířkách je v tomto režimu každé místo snímáno jednou za tři dny.

QUICKBIRD

Družice QuickBird, která byla úspěšně vynesena na oběžnou dráhu dne 18. října 2001, začala poskytovat už měsíc po startu své první snímky a od té doby je spolehlivě poskytuje stále. Družici QuickBird, která je schopna snímat zemský povrch mezi komerčními družicemi donedávna s nejvyšším prostorovým rozlišením, vyvinula a uvedla do provozu společnost DigitalGlobe (Colorado, USA). Společnost Digital Globe (dříve EarthWatch), která je významným poskytovatelem digitálních geografických dat obecně, získala licenci na provozování **družicového skeneru s rozlišením vyšším než 0,5 m** v prosinci roku 2000. Snížením výšky letu na 450 km bylo dosaženo maximálního rozlišení 61 cm. Družicová data s uvedeným rozlišením jsou na trhu s geoinformacemi velmi oblíbená jako jedinečný a vysoce kvalitní zdroj informací o území. Díky **vysokému prostorovému rozlišení** mohou být tyto snímky uplatněny v projektech zpracovávaných v měřítkách větších než 1:10 000, což společně s multispektrální informací nabízí velmi **široké uplatnění**. Tato data jsou využívána v celé řadě komerčních i vládních aplikací, např. telekomunikace a komunální služby, ropný průmysl, mapování a průzkum, zemědělství a lesnictví, národní bezpečnost, stanovování ekologických dopadů, krajinné plánování a mnohé další.

IKONOS

Družice s vysokým rozlišením IKONOS, která byla vynesena na oběžnou dráhu 24. 9. 1999, se pohybuje po kruhové dráze ve výšce 680 km nad Zemí rychlostí 7km/sec. Její hlavní snímací aparatura pořizuje současně **data ve dvou režimech: v panchromatickém (černobílém) s rozlišením 1 m a v multispektrálním (barevném) s rozlišením 4 m**.

Snímky pořízené družicí IKONOS mají **možnosti využití v různých aplikacích**

v zemědělství, lesnictví, kartografii, civilní ochraně, službách, životním prostředí, telekomunikacích, v obchodu s nemovitostmi, bezpečnosti, dopravě, pojišťovnictví, geologii. Vzhledem k rozlišení jsou data využitelná zejména při topografickém i tematickém mapování ve velkých měřítkách. Zemědělci mohou mnohem přesněji sledovat zdravotní stav úrody a odhadovat výnosy, přírodovědci získávají



přesnější informace o ekologicky citlivých oblastech, které jim pomohou lépe plánovat ochranná opatření atd.

Na subpolární dráhu letu je naváděno mnoho dalších družic (USA, Rusko, Indie, Japonsko, Kanada). Jsou konstruovány speciálně pro kartografické účely, pro monitorování stavu atmosféry, ozonu, úrovně radiace, stavu tíhového a magnetického pole Země. Řada družic je účelově zaměřena na sledování geologických a geomorfologických změn na pevninách, na hodnocení stavu vegetace, poušti, změny mořských pobřeží stejně jako na monitorování ledovců, moří a oceánů a na řadu dalších oblastí. Velká část těchto družic slouží **vojenskému využití**.

Družice mají stále kvalitnější technické parametry pro snímání a přenos informací. Patří sem např. **hyperspektrální skenery** s možností rozlišit až 60 různých kanálů spektra. Výrazně roste i **rozlišovací schopnost** záznamových zařízení (např. družice IKONOS 1 m, družice Quick Bird 0,6 m).

V orbitálních družicích se stále více uplatňuje sledování Země v **mikrovlnné části spektra** aktivními metodami pomocí radaru.

Otázky a úkoly k zamyšlení:

Porovnejte podle vzdálenosti od Země rovníkovou subpolární dráhu družice. Jak vypočítáme délku geostacionární dráhy, kterou družice oběhne za jeden den?

Prohlédněte si první snímky z družic Meteosat 1 a Meteosat 10. Všimněte si technických rozdílů i rozdílů v rozložení oblačnosti ve vztahu k období nasnímání prvních snímků (prosinec a srpen).

Vysvětlete vztah mezi úhlovou rychlostí otáčení Země a družice na geostacionární dráze.

Využití snímků DPZ v praxi

TVORBA A OBNOVA MAP

Mimořádný význam má interpretace informací DPZ v **kartografii při tvorbě a obnově map**.

LESNICTVÍ

Tradiční je interpretace obrazových informací DPZ v **lesnictví**. Obraz vegetace a zejména lesů představuje rozhodující a nejrozsáhlejší náplň těchto snímků a obrazů. Bez interpretace lesů a ostatních porostů není možno studovat a hodnotit krajinu jako systém v regionálním ani globálním měřítku. Lesům je v celosvětovém měřítku věnována mimořádná pozornost především proto, že patří k obnovitelným zemským zdrojům, jsou přirozeným regulátorem vodního režimu, klimatu, na lesy je vázána existence mnoha živočišných druhů.

Pro interpretaci z leteckých snímků se používají kromě panchromatických materiálů černobílé a barevné materiály citlivé na infračervené záření. Stále častější je využívání multispektrálních snímků umožňujících barevně rozlišit a zvýraznit určité druhy porostů a spolehlivou identifikaci stáří porostů, hustoty zakmenění i podílu jednotlivých dřevin. Snímky dávají informace o zdravotním stavu porostů a jejich ohrožení exhalacemi a škůdci a odumírání stromů. Projevuje se to změnou barvy koruny a lze rozeznat zdravé části porostů od postižených. Dobře jsou identifikovatelné změny způsobené devastací, těžbou, polomy a požáry. Interpretace snímků souvisí bezprostředně s otázkami ochrany životního prostředí a umožňuje přijímání, preventivních opatření.

ZEMĚDĚLSTVÍ

Letecké a družicové snímky patří dnes k rozhodujícím informačním zdrojům pro posuzování pozitivních i negativních vlivů **zemědělské výroby** na funkci krajiny jako součásti životního prostředí. Snímky přinášejí jedinečné informace nutné pro optimalizaci **využití půdy** a posuzování zemědělské výroby. Umožňují identifikovat hranice zemědělsky intenzivně obdělávaných areálů od přirozených kultur, zatrávněných pozemků, pastvin, ladem ležící nebo neplodné půdy. Družicové snímky umožňují určit **hustotu rostlinného krytu, množství biomasy, předpovídat velikost úrody, sledovat průběh sklizně**, stejně jako odhalovat **odumírání porostů vlivem škůdců nebo exhalací**, případně sucha či záplav. Nenahraditelné jsou **letecké snímky** stejného území pořízené v několika **víceletých časových horizontech**, ze kterých lze interpretovat změny zemědělské krajiny, změny ve způsobu obdělávání půdy, rozdíly ve velikosti elementárních ploch polí, a s tím související vlastnické vztahy k půdě apod.

VODNÍ HOSPODÁŘSTVÍ

V **hydrologii** dává interpretace materiálů DPZ velmi širokou a obsahově různorodou škálu informací o vodních poměrech a působení vody v krajině. Jde např. o údaje týkající se výšky sněhové pokrývky a rychlosti jejich změn při tání, změn rozsahu horských ledovců vlivem globálního oteplování Země a důsledky, které to má pro odtok vody a vodní režim toků.

Snímky umožňují identifikovat velikost a tvar povodí, rozlišit jednotlivé typy říčních sítí, změny meandrů toků, erozní rýhy na svazích, stejně jako ostře viditelné strže vzniklé silnou erozí. Jsou na nich vidět místa odnosu a nánosu v důsledku půdní eroze. Přesně lze posuzovat velikost, tvar a konfiguraci jezer, rybníků a přehradních nádrží. Snímky pořizované opakovaně v předem zvolených časových intervalech jsou nezbytné při sledování záplav, odhalování stupně znečištění vnitrozemských



vod i moří. Dají se z nich rozpoznat změny tepelného režimu velkých vodních nádrží, mořské proudy, růst delt, změny pobřežní čáry a další speciální charakteristiky. Cenné jsou pro ochranu v rekonstrukci krajiny obrazy mokřin, močálů, blat, bažin a obecně oblastí s velkou vlhkostí půdy (vysokou hladinou spodní vody).

PŘEDPOVÍDÁNÍ POČASÍ

Z televize je snad nejvíce známé využívání snímků **v meteorologii** pro sledování dynamiky oblačnosti, předpovědi počasí (geostacionární družice METEOSAT i orbitální družice se subpolární dráhou letu NOAA).

OCHRANA PŘÍRODY A ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

Na podrobné interpretaci jevů zachycených družicemi je dnes do značné míry odkázáno **zjišťování stavu životního prostředí**. Jde zejména o sledování vlivu velkých technických děl na životní prostředí, monitorování území devastovaných povrchovou těžbou, problémy rozsáhlých skládek odpadků, rozšiřování areálů velkých měst a s tím související stále rozsáhlejší zabírání půdy pro sklady, hypermarkety, továrny, podniky služeb. Rozhodující je využití družicových informací při **zjišťování znečištění ovzduší** průmyslovými exhalacemi.

Radarové snímky nalézají uplatnění především v oblasti životního prostředí. Díky schopnosti pronikat oblačností lze využít v případě kalamitních situací, především v průběhu záplav, pro mapování aktuálního stavu zaplavených oblastí i pro mapování jeho vývoje. Radarové snímky jsou citlivé nejen na přítomnost povrchové vody, ale i na obsah vody v půdě i několik cm pod povrchem, a proto je na nich možné rozeznat například zavlažované plochy od nezavlažovaných. Další možnosti uplatnění radarových snímků jsou v oblasti monitorování hospodaření v lesích či v oblasti zjišťování typu vegetace při použití časové řady snímků z různých vegetačních období, pro geomorfologické či geologické aplikace, sledování pobřeží, ledovců a pro mnohé jiné.

Obrazové i radarové záznamy slouží jako základní faktografické podklady pro preventivní opatření k **zachování přírodního prostředí**, rekultivaci devastovaných území a obnově rovnováhy ekosystémů.

GEOLOGICKÉ VÝZKUMY

Stále širší uplatnění mají speciální družice určené pro potřeby **geologie**. Opakované pravidelné monitorování umožňuje sledovat změny na zemském povrchu zapříčiněné vulkanickou činností, erozní činností a sedimentací, rozšiřování pouští, následky ničivých zemětřesení a řadu dalších jevů. Družice pomohly odhalit průběh riftových zón na pevninách, na styku tektonických desek, zpřesnit znalosti o proudových a kerných sesuvech, průběžích zlomů. Letecké snímkování opakované po více letech dokáže odhalit i velmi pomalé sesuvné pohyby interpretací zdánlivě neodůvodněných zákrutů a změn v průběhu cest, vodních toků, posunů vegetace apod. Na území České republiky a Slovenské republiky bylo tak odhaleno více než 3000 lokalit sesuvných terénů.

HLEDÁNÍ SUROVIN

Rozdíly v barevných odstínech družicových záznamů reagují na zbarvení půdy v oblastech **výskytu surovin**, umožňují vyhledávat prostory s velmi pravděpodobným **výskytem ložisek uhlí, ropy, zemního plynu, chemických surovin, rud a stavebních materiálů**. Jsou dnes důležitým informačním zdrojem pro tvorbu nejrůznějších geologických, geomorfologických a půdních tematických map.

ÚZEMNÍ PLÁNOVÁNÍ

Letecké snímky a z nich odvozené ortofotomapy se staly zcela nezastupitelným podkladem pro **územní plánování, urbanismus**. Jsou na nich řešeny všechny projekty velkých dopravních staveb a **záměry územních plánů obcí**.

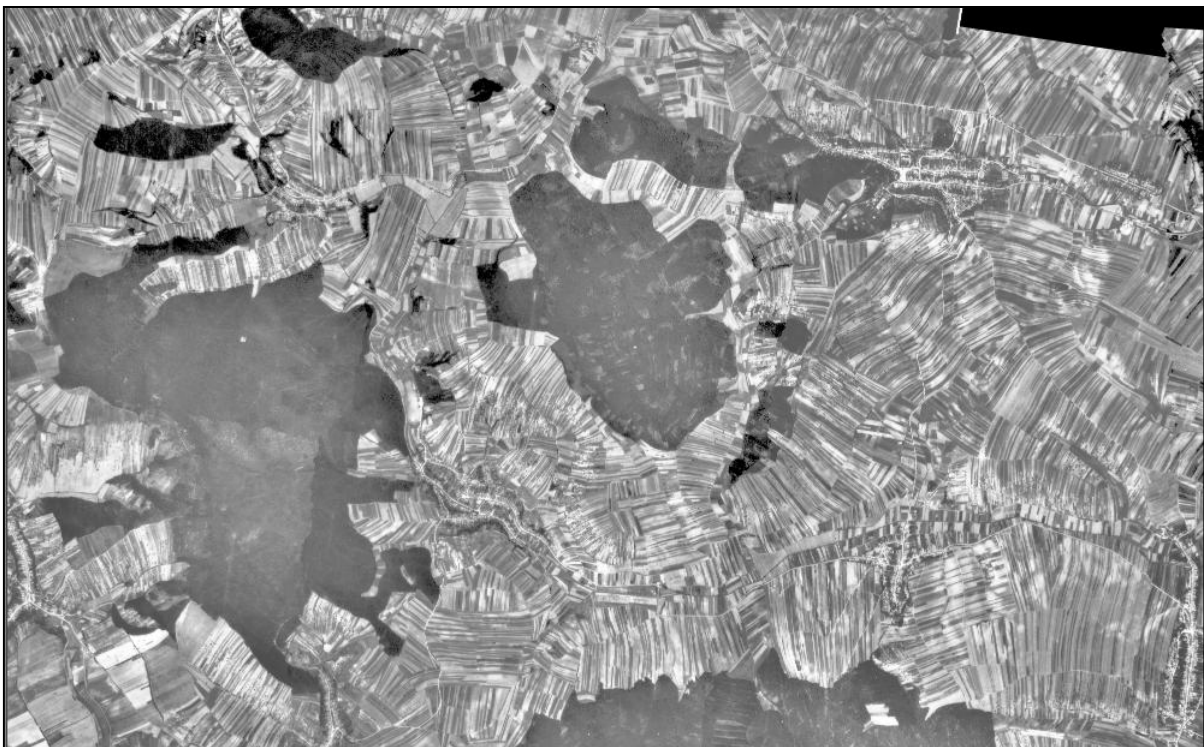
ARCHEOLOGICKÉ VÝZKUMY

Velmi široké uplatnění mají letecké a družicové snímky **v archeologii**. Interpretace jejich obsahu dovoluje rozeznat díky rozdílnému zbarvení půdy a vegetace i změnám v tvářnosti reliéfu lokality objekty dávné minulosti, které jsou přímo v terénu prakticky nerozeznatelné (např. původní rozdělení pozemků, pravěká sídliště a pohřebiště, nález ruin starého města Llapapata v džungli blízko Machu Picchu v Peru). Pomáhají tomu i vržené stíny na snímcích pořízených časně ráno nebo v pozdních odpoledních hodinách.

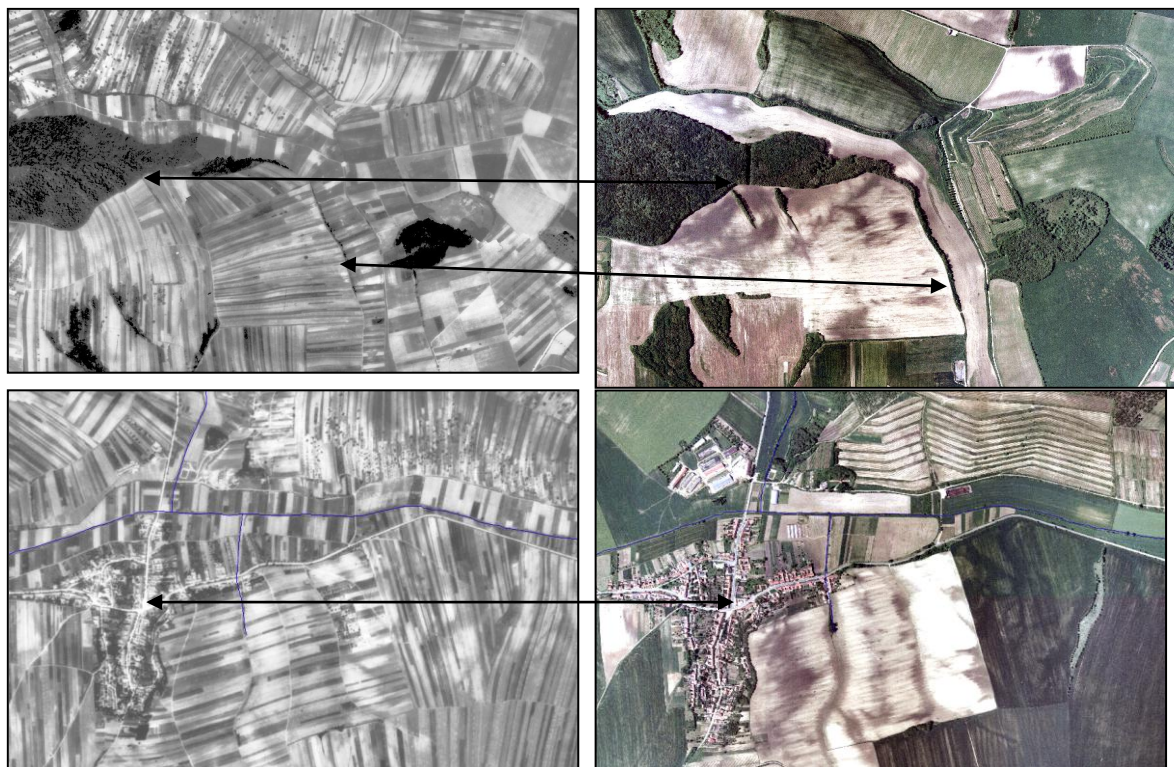
GEOGRAFICKÝ VÝZKUM

Identifikace a lokalizace objektů zobrazených na leteckých snímcích lze řešit **pozorováním snímků se současným kartografickým obrazem** daného území v mapách odpovídajícího měřítká.

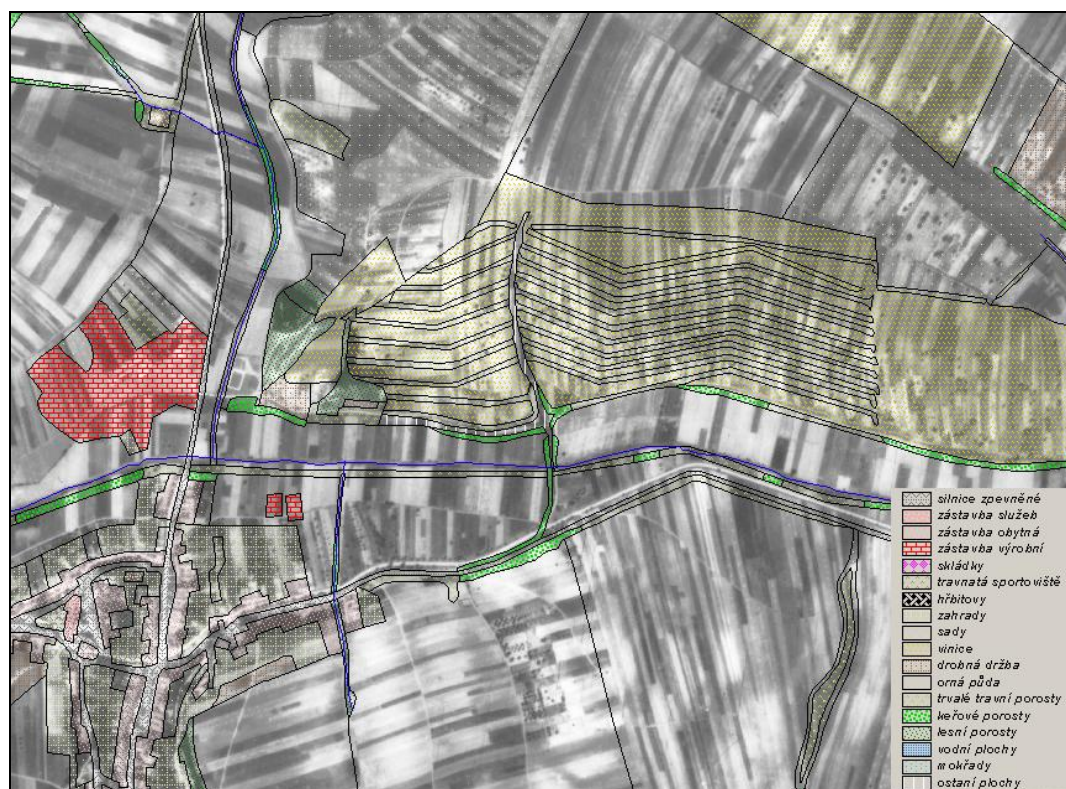
Informační bohatost snímků lze vyhodnocovat jednak nezávisle vždy **pro konkrétní rok snímkování**, jednak vzájemným srovnáním změn v krajině, ke kterým došlo **v průběhu let**. Využívají se tedy časové řady snímků. Velmi dobře lze sledovat např. **rozzůstající se zástavbu**, změny v průmyslových areálech, změny ve způsobu využívání půdy, vznik nových vodních děl atd.



Obr. 84: Pro získání obrazu krajiny povodí říčky Haravy ve vzdálenosti cca 35 km jihovýchodně od Brna před scelením pozemků a studium změny krajinných procesů na rozloze cca 50 km² byly zpracovány analogové historické letecké měřičské snímky z roku 1953 s 30% překryvem. Zdroj: seskládáno ze snímků VGHÚ Dobruška, upraveno H. Svatoňovou.



Obr. 85: Obrázek dokumentuje změnu krajiny jižní Moravy po padesáti letech. Černobílé snímky vlevo z léta roku 1953 zachycují ještě krajinu, která se pozvolně vyvíjela tisíciletí. Na konci padesátých let bylo provedeno scelení pozemků, patrně je i rozrůstání lesa (horní dvojice), mírné zvětšení sídelní zástavby a terasování svahů (dolní dvojice snímků). Zdroj: VGHÚ Dobruška, Geodis Brno, spol. s r.o., upraveno H. Svatoňovou.



Obr. 86: Kombinace mozaiky zpracovaných archivních snímků s vektorovou vrstvou aktuálního využití krajiny. Z kombinace těchto dvou vrstev je patrné např. terasování svahů nebo výstavba výrobních zemědělských areálů. Zdroj: VGHÚ Dobruška, upraveno H. Svatoňovou



Lidská sídla z ptačího pohledu

Jaká je morfologická struktura obce, ve které bydlíte, a jak se vaše obec vyvíjela?

Dovedete si představit, jak vypadá zahradní město?

Jak a proč se změnila obce v zázemí velkých měst za posledních 20 let?

Nejjednodušším využitím DPZ je mapování změn v krajině. Pro zeměpis lze využít letecké snímky pro celou řadu pozorování, z nichž nejběžnějším je sledování vývoje lidských sídel.

VÝVOJ OSÍDLENÍ A SÍDEL VE SVĚTĚ



Obr. 87: Hlavní město Austrálie – Canberra (tzv. parlamentní trojúhelník). Zdroj: Google Maps.

dovaného města může sloužit australské hlavní město Canberra, které vzniklo jako výsledek sporu jednotlivých území Australského svazu z roku 1901, zda roli hlavního města převezme Sydney nebo Melbourne. Tak vznikl kompromis – Canberra. Vzhled města naplánovali dva architekti z amerického Chicaga, kteří – podobně jako právě v Chicagu, kladli důraz na geometrické motivy, jako kruhy, šestiúhelníky a trojúhelníky. Ve městě se nachází také významné plochy přírodní vegetace, díky kterým lze Canberru nazývat **zahradním městem** nebo přezdívkou „bush capital“.

Současný stav systému a morfologie osídlení je výsledkem dlouhodobého vývoje. Sídla vznikají a rozvíjejí se za určitých podmínek, jež se postupem času proměňují; proměňuje se i struktura a vzhled sídel. Názorným příkladem mohou být středověká horní města, kdy se po vytěžení suroviny snížil význam města, ale díky vybudované infrastruktuře a určité vrstvě obyvatel město často zůstalo zachováno a dále se rozvíjelo (v ČR např. Jihlava a další).

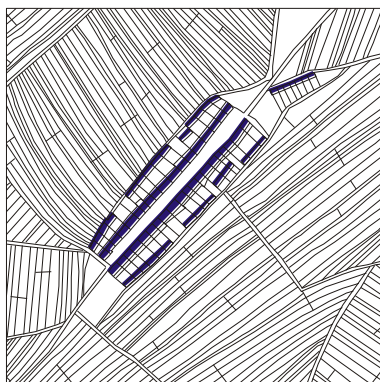
Jinak však byla utvářena sídla např. na území dnešní České republiky, jinak třeba v USA nebo v Austrálii. Zatímco u nás se sídelní struktura a struktura samotných sídel vyvíjela přirozeně, v některých státech byla města vytvořena uměle. Jako příklad uměle vybu-

Dalších zajímavých uměle vytvořených měst je celá řada. Mezi nejznámější patří letecký snímek ulice Diagonal v Barceloně nebo město Las Vegas v USA, které bylo vybudováno uprostřed pouště. Hlavní město Brazílie – Brasílie – bylo vybudováno ve tvaru letadla.

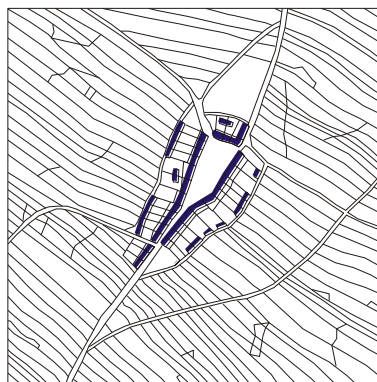
PŮDORYS SÍDEL

Jak již bylo řečeno, v České republice, ale i dalších státech, které byly osídleny již ve starověku, se sídelní struktura a charakter měst utvářel postupně. Důsledky vývoje jsou však jasně patrné dodnes.

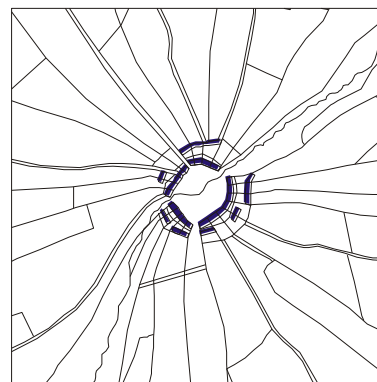
V souladu s polohou místa a dalšími, zejména přírodními podmínkami se utvářely různé **půdorysné typy**, které lze rozdělit na: šachovnicovitě, radiálně koncentrické, lineární nebo nepravidelné.



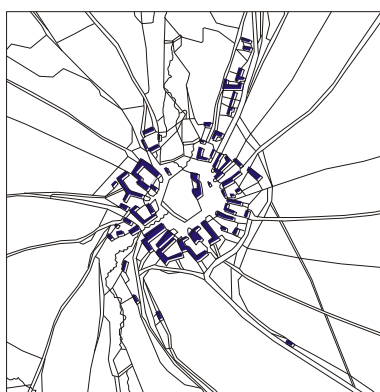
traťová plužina
silniční ves



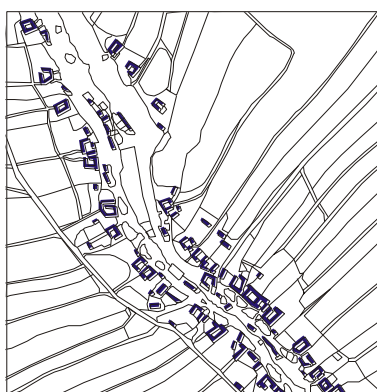
délková plužina
návesní ves



záhumenticová plužina
návesní ves



lesní návesní ves



řadová ves

Obr. 88: Půdorysné typy venkovských obcí a plužin v České republice. Zdroj: Prezentace předmětu Geografie obyvatelstva a sídel, Katedra geografie PŘF UPOL.

Podobně je tomu u vývoje venkovských sídel, kdy kromě půdorysu obce, který samozřejmě není díky své omezené velikosti tak výrazný jako u měst, věnujeme pozornost i **plužinám** (pozemky patřící k vesnici využívané k zemědělským aktivitám). Typy půdorysů venkovských obcí jsou schematicky znázorněny na obrázku.

SUBURBANIZACE

Vývoj sídel, a to zejména těch v zázemí velkých měst, prochází v České republice výraznou proměnou od 90. let 20. století. Dochází k tzv. procesu **suburbanizace**, což znamená přesun obyvatel, jejich aktivit a některých funkcí z jádrového města do zázemí. Tento proces rozšiřování území města můžeme zaznamenat u většiny měst vyspělých zemí již od 2. poloviny 20. století, u nás – jak již bylo řečeno – až se značným časovým zpožděním.



Obr. 89: Obec Hlušovice u Olomouce – příklad suburbanizace. Zdroj: Google Maps.



Suburbanizaci lze rozdělit na dva základní typy:

- **Residenční** (obytná) – dochází k postupnému odlivu lidí z jádrového města do nových rodinných (v poslední době i bytových) domů v okolních obcích. Vznikají tak areály nové výstavby označované jako **satelitní městečka**.
- **Komerční** (pracovní a obslužná) – nákupní nebo průmyslové zóny.

V případě, že dojde k rozšiřování zástavby do volné krajiny, a to neřízeným a nepromyšleným umístěním residenčních nebo komerčních areálů do krajiny, jedná se o urban sprawl, česky o tzv. „**sídelní kaši**“. Výsledkem je většinou mozaikovitá struktura nově rozvíjených ploch v zázemí města, kterou je možno považovat za nežádoucí z ekonomického, sociálního i environmentálního pohledu.

(Text o suburbanizaci zpracován s využitím textů M. Ouředníčka z webové stránky www.suburbanizace.cz).

Otázky a úkoly k zamyšlení:

Vyhledejte si na Google Maps nebo Google Earth letecké snímky centra města Brasília a ulici Diagonal v Barceloně. Znáte další příklady netradičně vystavěných měst?

Vyhledejte pomocí leteckých snímků k výše uvedeným půdorysům měst a vesnic příklad.

Metodický a pracovní list:

Lidská sídla z ptačího pohledu

Svět pohledem družice LANDSAT

Proměna krajiny, porovnání starých a aktuálních leteckých snímků

Poznej města na leteckých snímcích

Zemědělství netradičně

Jak se proměnil vzhled české krajiny v průběhu minulého století?

Poznáte z výšky hranice států?

Víte, jak vypadá závlahový systém z ptačí perspektivy?

Víte, že moderní zemědělská technika může být řízena pomocí družic a GPS?

Víte, kdo hospodaří na polích v okolí vašeho bydliště?

Zemědělství je lidskou činností, která vytváří ráz krajiny. Charakter zemědělské výroby se však v průběhu času výrazně měnil a s ním i krajina. Na příkladu České republiky jsou proměny zemědělské krajiny nejvíce patrné díky **kolektivizaci** zemědělství. DPZ je jedním z důležitých zdrojů informací o zemědělství, přestože by to málokdo očekával. Tyto informace lze dále zpracovávat do aplikačních map, zvyšovat efektivitu zemědělství, ale také přispívat ke zlepšení stavu životního prostředí a prostředí, které nás dennodenně obklopuje.

ZEMĚDĚLSTVÍ V ČESKÉ REPUBLICE DO ROKU 1989

Ještě na počátku 20. století převládaly v české krajině nescelené dlouhé parcely. První pozemková reforma (1919–1920) sice zabrala velké pozemky nad 150 ha zemědělské půdy a nad 250 ha veškeré půdy, ale nebyla provedena důsledně, a tak zůstal zemědělský půdní fond rozdroben až do období kolektivizace, která nastala v 50. letech 20. století (podle Machová 2010). Byly rozorány meze a valy, byly odstraněny remízky; struktura krajiny získala nový – jednodušší – ráz. Scelení pozemků však umožnilo využití nové techniky (traktory, kombajny...), což na jednu stranu zlepšilo efektivitu hospodaření, na druhou stranu docházelo k postupnému znehodnocování půdy (hutnění a díky němu např. i eroze).



Obr. 90: Využití půdy v obci Jinačovice – letecký snímek z 50. let 20. století a aktuální snímek. Zdroj: Národní geoportál INSPIRE.

Odlišný vývoj českého zemědělství způsobil i rozdílnost naší krajiny a krajiny okolních států. Zatímco v České republice docházelo ke scelování pozemků, v okolních státech – Rakousku, Německu, ale



i v Polsku (které sice patřilo do Východního bloku, ale kolektivizaci se nepodařilo plně prosadit) převládá malovýrobní způsob hospodaření, zatímco v České republice do současné doby převládá zemědělská velkovýroba. Letecké snímky tyto rozdíly jasně odhalují.

PROMĚNY ZEMĚDĚLSTVÍ PO ROCE 1989

Na počátku 90. let byly v České republice zahájeny tzv. **pozemkové úpravy**, které by měly řešit problematické využívání půdy i narušení vlastnických vztahů. Nejenže prostorově a funkčně uspořádávají pozemky, scelují je nebo dělí, zabezpečuje se jimi přístupnost a využití pozemků i vyrovnání jejich hranic tak, aby se vytvořily podmínky pro racionální hospodaření vlastníků půdy, ale také zajišťují podmínky pro zlepšení životního prostředí, ochranu a zúrodnění půdního fondu, vodní hospodářství a zvýšení ekologické stability krajiny.¹ Postupně tak dochází k obnově remízků, tvorbě koridorů apod. a možná za několik let už nebudou české hranice na leteckých snímcích tak patrné jako jsou v současnosti.



Obr. 91: Hranice České republiky a Rakouska západně od obcí Hevlín a Laa an der Thaya. Zdroj: Google Earth.

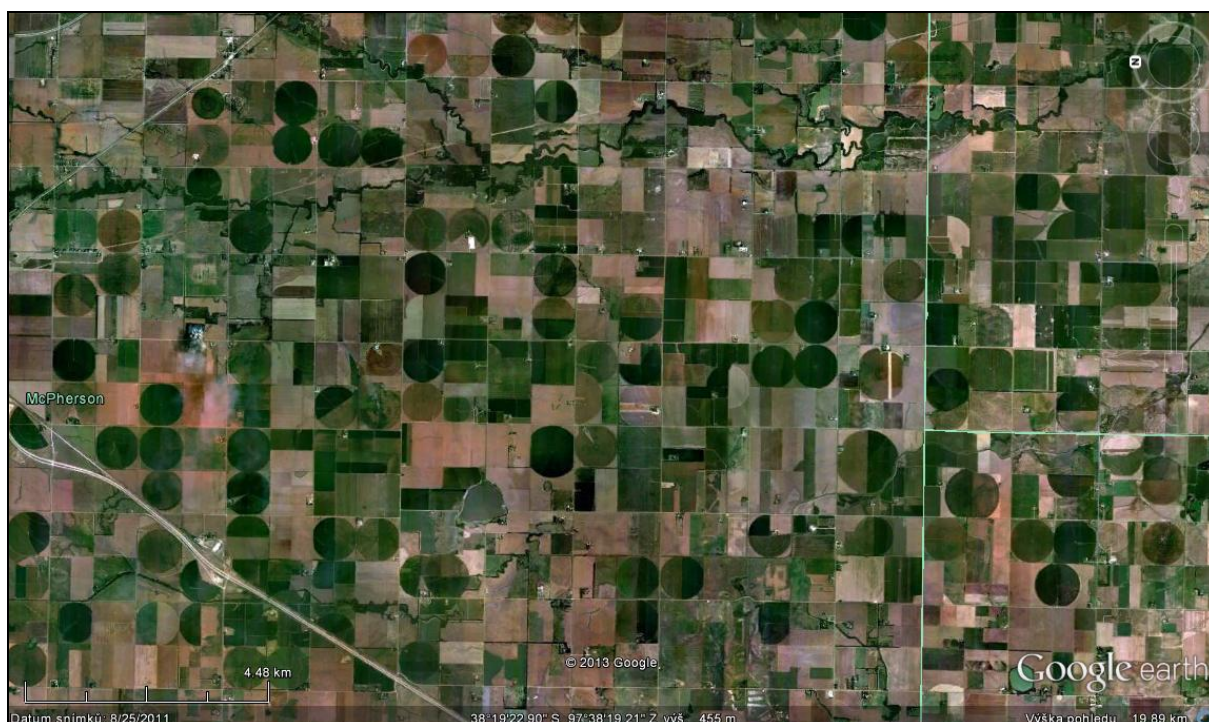
ZEMĚDĚLSTVÍ V KRAJINĚ

Letecké snímky nám však mohou ukázat i další zásahy zemědělské výroby do krajiny. Snadno můžeme odhalit uměle vytvořené **závlahové systémy** – to jsou na snímcích pravidelná kolečka (viz obr. 92). Ty vznikají díky zavlažovacímu zařízení, které rozstřikuje vodu kolem sebe, nebo je umístěno na otáčejících se „ramenech“. Pravidelná čtvercová síť na tvořená systémem uměle vytvořených cest, menší čtverce pak poodhalují rozdílnou strukturu plodin. Vše je vidět na snímku ve velkém přiblížení.

Pěstované plodiny můžeme odhalit pomocí barev a struktury osevu. Zatímco kukuřice je na snímku v pravých barvách zelená (odstín je pak závislý na době, ve kterou snímkování probíhá), řepka v době květu je žlutá, pšenice v době zrání zlatavá. Hnědá pole byla nedávno sklizena. Na co je to všechno

¹ Podle: Ministerstvo zemědělství. Pozemkové úpravy a tvorba krajiny. URL <<http://eagri.cz/public/web/mze/uzemkovou-upravu/uzemkovou-upravu/co-jsou-uzemkovou-upravu/>>

ale dobré? „Letecké snímky se používají především pro stanovení produkce plodin, mapování úrodnosti půdy, identifikaci poškození porostů vegetace a monitorování agrotechnických zásahů na pozemcích. Kromě rozpoznávání hlavních plodin nebo skupin plodin je součástí mapování také určování hranic mezi jednotlivými parcelami pěstovaných plodin.“²



Obr. 92: Závlahové zemědělství ve státě Kansas (USA). Zdroj: Google Earth.

PRECIZNÍ ZEMĚDĚLSTVÍ

K výraznému pokroku v zemědělství přispělo **precizní zemědělství**, které je umožněno díky zavedení globálních pozičních systémů (GPS). Jak už napovídá název, jedná se o novou technologii, která umožňuje přizpůsobit některé zemědělské operace v závislosti na prostorové variabilitě. GPS poskytuje on-line informace o pozici zemědělského stroje na pozemku. Díky spojením měřicích senzorů GPS a zemědělských strojů je možné danou operaci provádět podle lokálních podmínek půdního nebo vegetačního prostředí. Jedním z přínosů této technologie je možnost snížení nákladů na vstupy pěstovaných plodin a případně monitorování výsledku hospodaření (výnosů). Dalším z možných přínosů této technologie je šetrnost k životnímu prostředí.

INFORMAČNÍ SYSTÉMY PRO ZEMĚDĚLSTVÍ

Spojení výsledků interpretace dat DPZ, geografických informačních systémů (GIS) a pomocných dat také umožňuje provádění kontrol zemědělských dotací. K tomuto sledování byl v České republice vytvořen tzv. systém LPIS (Land parcel identification system, <http://eagri.cz/public/app/lpisext/lpis/verejny/>), ve kterém je možné pomocí interaktivní mapy dohledat uživatele půdy, druh půdy, její výměru a řadu dalších informací jako např. údaje o vinicích, míru eroze, ekologické limity atd.

² Zemědělství. URL <<http://www.gisat.cz/content/cz/aplikace/zemedelstvi>>



LITERATURA:

MACHOVÁ, I. Floristicko-fytcenologická studie agrárních valů v CHKO České středohoří (dizertační práce). Praha: Česká zemědělská univerzita, 2010. URL <<http://www.agrobiologie.cz/pds/dp/machova.pdf>>

Zemědělství. URL <<http://www.gisat.cz/content/cz/aplikace/zemedelstvi>>

LPIS. URL <<http://eagri.cz/public/app/lpisext/lpis/verejny/>>

Ministerstvo zemědělství. Pozemkové úpravy a tvorba krajiny. URL <<http://eagri.cz/public/web/mze/pozemkove-urady/pozemkove-upravy/co-jsou-pozemkove-upravy/>>

Otázky a úkoly k zamyšlení:

Zeptejte se rodičů nebo prarodičů, jak vypadal dřív život na venkově. Pracoval někdo z vaší rodiny v zemědělství?

Víte jaký podíl obyvatel je v současné době v České republice zaměstnán v zemědělství?

Jaké zemědělské plodiny se pěstují v okolí vaší obce? Víte, jaké jsou ideální podmínky pro pěstování těchto plodin?

Metodické a pracovní listy:

Zemědělství netradičně

Proměny průmyslu

Víte, proč jsou velké průmyslové podniky často na okraji obce?

Myslíte, že podle leteckého snímku poznáte, kdy vznikly budovy pro průmyslovou výrobu?

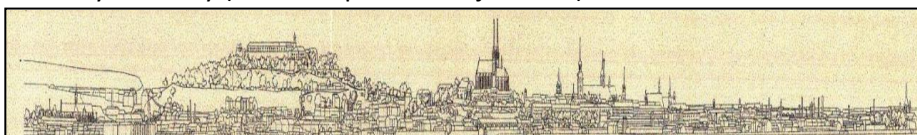
Dokážete na leteckém snímku najít oblast těžby?

LOKALIZAČNÍ FAKTORY PRŮMYSLU

Podobně jako se mění charakter sídelní struktury, mění se i vnitřní prostředí sídel. Na rozmístění jednotlivých činností mají zásadní vliv tzv. **lokalizační faktory**, jinak řečeno síly, které ovlivňují rozhodnutí umístit někam například továrnu. Lokalizační faktory lze jednoduše rozdělit na přírodní (fyzicko-geografické) a takové, které spoluvytváří člověk (socioekonomické). Zatímco v minulosti měly výraznější vliv přírodní faktory, s rozvojem technologií začínají dominovat ty socioekonomické.

V řadě průmyslových odvětví je potřeba **voda** – dříve třeba jako zdroj energie (vodní mlýny), dnes např. u chemického průmyslu (potřeba vody v chemických procesech) nebo energetiky (chlazení). Proto lze nalézt mnoho průmyslových podniků u vodních zdrojů, nejčastěji řek. Řada odvětví je vázaná na suroviny (průmysl hutnický, dřevozpracující...). Význam těchto dvou faktorů se příliš nezměnil, naproti tomu význam klimatu již dnes průmysl ovlivňuje minimálně. Na leteckých snímcích lze sledovat proměny průmyslu, a to jak z hlediska umístění, tak i z hlediska vzhledu.

Pro lokalizaci průmyslových podniků z dob průmyslové revoluce a počátku 20. století ještě nelze využít letecké snímky, a proto využijeme náčrtek, na kterém je patrné, že průmyslové podniky byly umístěny na okrajích měst, a to pravděpodobně proto, aby svojí přítomností nerušily život ve svém okolí (hluk, zápach). V těchto lokalitách bydleli dělníci, což je v řadě měst patrné dodnes podle charakteru a kvality zástavby (v Brně např. ulice Cejl a okolí).



Obr. 93: Náčrtek města Brna z roku 1914 (vpravo je zřetelná řada komínů). Zdroj: Kulísková 2012.

V současné době je také většina moderních průmyslových podniků umístována na okrajích měst, avšak jejich vzhled je naprosto odlišný. Důležitým lokalizačním faktorem je **doprava**, respektive snadný přístup k dopravním tahům – zejména k silnicím vyšších tříd a dálnicím, méně pak k železnicím nebo letištím. Na základě analýzy leteckých snímků mohou se investoři rozhodovat, kam umístit svoje podniky, aby minimalizovali náklady na výrobu a logistiku a maximalizovali tak svoje zisky.

PRŮMYSLOVÁ ARCHITEKTURA

Pomocí šikmých leteckých snímků (např. 45°) můžeme kromě lokalizace průmyslu sledovat také proměny „**architektury**“ jednotlivých průmyslových objektů a určovat jejich stáří (viz obr. 94). Ta prošla v průběhu doby výraznými proměnami – zatímco na konci 19. a počátku 20. století byly budovy charakteristické svojí typickou cihlovou fasádou, později funkcionalistickými či jinými prvky, v současné době se jedná především o rychle montované haly. Podle charakteru rozestavení budov také můžeme rozpoznat průmyslové zóny, kterých po roce 1990 vznikla celá řada. Naopak některé bývalé prů-



myslové haly (neboli **brownfields**) byly přebudovány na oblíbená nákupní centra, např. Vaňkovka ve středu města Brna.



Obr. 94: Brno – CTPZone, ulice Masná a Porážka. Zdroj: Google Maps (snímek je pořízen pod 45° úhlem).

Opakem brownfields jsou tzv. **greenfields** (zelená pole). Takovéto pozemky se v posledních letech stávají vyhledávanými lokalitami pro investory. Prostřednictvím leteckých snímků lze pozorovat rozsah a rychlost záborů zemědělské půdy výstavbou, a to nejen průmyslovými podniky, ale také nákupními centry.

OBLASTI TĚŽBY Z VÝŠKY

Letecké snímky lze využít také k monitorování **těžebních oblastí**. Tyto snímky odhalují charakter, rozlohu či environmentální zátěže jinak téměř neodstupných oblastí. Na obrázku v pravých barvách lze snadno rozlišit vodní plochy, komunikace, budovy i samotný důl, jehož barva je dána především podložím, ale také prachovými částicemi.



Obr. 95: Diamantový důl Diavik, Kanada. Zdroj: Google Maps

LITERATURA:

KULÍSKOVÁ, A. Historické jádro města Brna – kulturně historická identita území a ochrana jeho hodnot (příloha bakalářská práce). Brno: Pedagogická fakulta MU, 2012.

Otázky a úkoly k zamýšlení:

Jsou v okolí vašeho bydliště nějaké průmyslové podniky, kdy vznikly?

Znáte město Zlín? Jaká byla typická architektura podniků a obydlí v době Tomáše Bati?

Metodický a pracovní list:

Proměny průmyslu

Krušné hory v čase, obnova krajiny

Poválečná těžba uranu a vězeňské tábory na archivních leteckých snímcích

Moderní technologie v dopravě

Setkali jste se už někdy s telematikou?

Ve velkých městech se můžete setkat s tzv. ELPy. Víte, co to je a jak fungují?

Víte, že než pojedete autem, můžete si zjistit intenzitu dopravního provozu na dané trase?

Doprava je nedílnou součástí našich životů. S přibývajícím věkem se obvykle rozšiřuje i prostor, ve kterém se pohybujeme. S postupujícím časem se mění dopravní prostředky a technologie, které dopravu umožňují a řídí.

MOBILNÍ MAPOVÁNÍ

I když bychom to možná nečekali, s metodami DZP a GIS se setkáváme i v dopravě. Nejjednodušším využitím DPZ v dopravě je mapování dopravních sítí. To probíhá buď prostřednictvím družic, nebo s pomocí tzv. **mobilního mapování**. „Mobilní mapování je v současné době nejefektivnější cesta k pořízení geoinformačních dat. Svou přesností, rychlostí a ekonomii provozu převyšuje všechny dostupné metody. Využitím výhod několika různých měřicích a navigačních technologií současně (GPS, IMU³, odometr, digitální fotografie a laserové skenování) dosahuje systém přesnosti i při snímání v zastavěných oblastech, centrech měst, v místech pokrytých vegetací a v tunelech, kde klasická GPS technologie nevyhovuje nebo selhává. Zájmové území je pokryto tisíci snímky a mračny bodů pořízenými laserovými skenery, které dohromady tvoří kompaktní model pro měření a vizualizace. Mobilní mapovací systém je technologie oceňovaná a využívaná podniky správy silnic a městského vybavení, úřady, integrovaným záchranným systémem, pojišťovnami, realitními agenturami atd.“⁴



Obr. 96: Ukázka mobilního mapování. Výjezd z pisáreckého tunelu, Brno. Zdroj: Google Maps.



Obr. 97: ELP na ul. Česká v Brně. Foto: H. Svobodová

TELEMATIKA

Správa silnic a dopravní podniky využívají v dopravě i další moderní technologie, mezi něž patří **telematika**. Toto slovo vzniklo kombinací slov telekomunikace a informatika a jedná se o technologický obor zabývající se kombinací přenosu a zpracování dat se zobrazovacími a jinými sdělovacími systémy a prostředky. Nejznámější je **dopravní telematika**, pod níž spadají navigační systémy, systémy řízení dopravy, systémy poskytování aktuálních informací uživatelům veřejné dopravy i dopravcům a účastníkům provozu atd. Běžně se tak s tímto oborem setkáváme, aniž o tom víme.

³ IMU = inertial measurement unit = inerciální měřicí jednotka

⁴ Podle URL <<http://sluzby.geodis.cz/sluzby/mobilni-mapovani>>

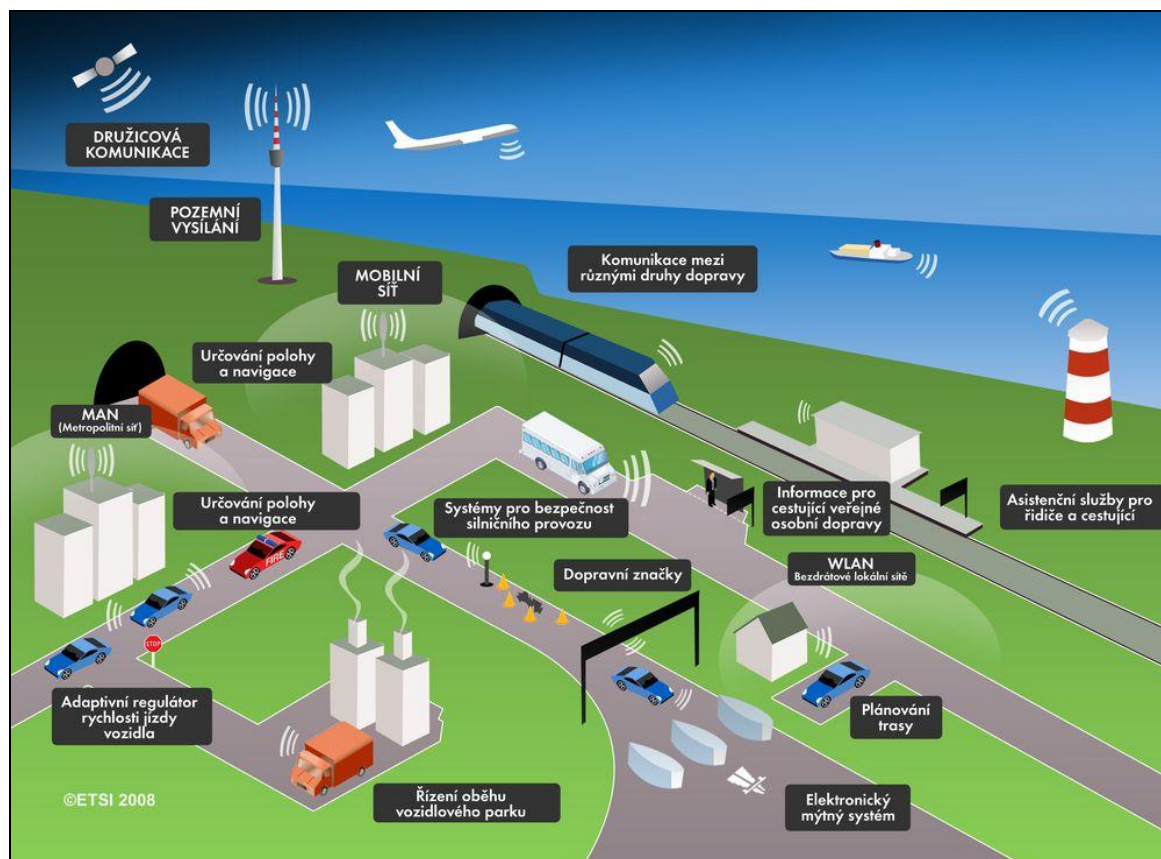


ELP ANEB ELEKTRONICKÝ INFORMAČNÍ PANEL

Ve větších městech se setkáváme s tzv. **ELPy** neboli **elektronickými informačními panely**. Na nich se zobrazují informace o aktuálních odjezdech vozidel městské hromadné dopravy, vlaků i autobusů. Dopravní podnik sleduje pomocí GPS pohyb a aktuální zpoždění u svých vozidel. Proto mohou ELPy zobrazovat skutečně předpokládané odjezdy linky z dané zastávky a nikoli pouze pravidelné odjezdy podle jízdního řádu.⁵ V průběhu roku 2013 by měly ELPy začít sloužit také jako WiFi hotspots, bude tedy možné se s jejich pomocí připojit k internetu.

MULTI-MODÁLNÍ NAVIGACE

Jako cestující můžeme využívat i další vyspělé technologie. S klasickou GPS navigací (turistickou nebo automobilovou) se setkal snad už každý, ale s **multi-modální navigací** v České republice zatím jen málokdo. Jedná se o kombinovaný způsob navigace, kdy jsou veškeré dopravní informace z jinak oddělených systémů sloučeny do podoby jedné služby. Můžeme se tak snadno dozvědět na příklad aktuální zpoždění městské hromadné dopravy nebo aktuální dopravní data o kolonách na silnicích. Aplikace podle toho nabídne kombinaci dopravních prostředků, které uživatele dovedou co nejrychleji do jeho cíle.⁶



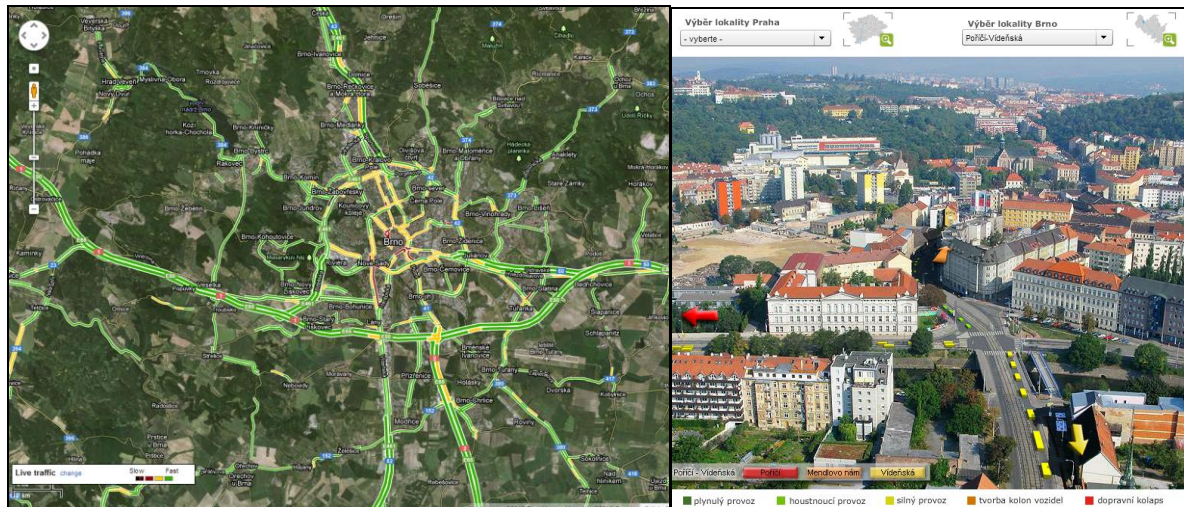
Obr. 98: Schéma inteligentního dopravního systému řízeného pomocí družicové komunikace. Zdroj: Český kosmický portál. URL <<http://www.czechspaceportal.cz/3-sekce/its---dopravni-telematika/>>

Na podobném principu fungují i **interaktivní aplikace** sledující hustotu provozu, které pro Prahu a Brno naleznete na webu <http://www.dopravniinfo.cz>, pro vybrané komunikace na celém světě na

⁵ Podle: Jak fungují ELPY? URL <<http://www.idsimk.cz/elpy.aspx>>

⁶ Podle: Český kosmický portál URL <<http://www.czechspaceportal.cz>>

maps.google.com – stačí zaškrtnout políčko „traffic“ nebo v české verzi „doprava“. A pokud by Vám nestačilo sledování silniční dopravy, družicové systémy umožňují pomocí GPS sledovat i pohyb letadel: <http://www.flightradar24.com> nebo lodí: <http://marinetraffic.com/ais/cz/default.aspx>.



Obr. 99: Sledování hustoty provozu (vlevo – Brno a okolí, vpravo – Brno, křižovatka ulic Poříčí a Vídeňská). Zdroj: <http://www.dopravniinfo.cz>, maps.google.com

Pomocí DPZ lze kromě výše uvedených situací sledovat i znečištění podél dopravních komunikací a řadu dalších užitečných věcí, ale to už je obsahem jiných kapitol.

Otázky a úkoly k zamyšlení:

Jaká jsou rizika při navigování automobilovou GPS?

Jak zjistíte nejrychlejší dopravní spoj z vaší obce do Prahy?

Metodický a pracovní list:

Doprava v průběhu dne



Chemické látky v atmosféře

Satelitní snímky v dnešní době patří mezi nejmodernější metody pozorování naší planety. Zkušený geograf z nich dokáže vyčíst obrovské množství tematických a prostorových informací. O prostředí a objektech zobrazených na snímcích, které poměrně detailně podávají informace o různých místech (městech, horách atd.), zkrátka takové informace, které mnohdy ani jinak získat nelze.

Co ale chemik – učitel chemie? Může i on prostřednictvím satelitních snímků vyvodit různé vlivy některých chemických sloučenin na jednotlivé oblasti naší planety, vytvořit soubor jejich environmentálních kontextů a napomoci tak zrušit izolovanost chemie i dalších přírodovědných předmětů?

Určitě je spousta možností jak nově a zajímavě propojovat moderní technologie a přírodovědné předměty. Tak tedy nahlédněme do úžasné syntézy chemie, geografie, biologie, fyziky a environmentálního vzdělávání.

OZON O₃

Chemické okénko: Ozon je plyn, jehož molekuly jsou složeny vždy ze tří atomů kyslíku. Ozon je bezbarvý plyn a v silných vrstvách slabě namodralé barvy, má charakteristický zápach a řadíme jej mezi vysoce reaktivní plyny se silnými oxidačními účinky. Teplota tání ozonu je $-192\text{ }^{\circ}\text{C}$ a jeho teplota varu má hodnotu $-112\text{ }^{\circ}\text{C}$. V největším množství se ozon nachází v zemské atmosféře, a to ve výšce kolem 48 kilometrů nad zemským povrchem. I když tento plyn tvoří jen malou část zemské atmosféry, je důležitý pro život na Zemi. Ozon je pomyslným štítem, který chrání povrch planety před nebezpečným ultrafialovým (UV) zářením z vesmíru. Ozon nás chrání hlavně před nebezpečnými složkami UV záření⁷: C (vlnová délka pod 280 nm) a B (vlnová délka 280–315 nm). Bez vrstvy ozonu by UV záření pronikalo až na zemský povrch a mělo by neblahé účinky na živé organismy.

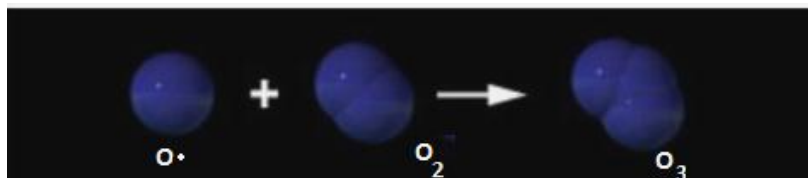
VZNIK OZONU

Ozon vzniká vlivem UV záření nebo působením elektrických výbojů na jednotlivé molekuly kyslíku O₂. Reakce je dvoufázová. V první fázi (obr. 100) nejprve dochází k rozštěpení molekuly kyslíku vlivem dodané energie na dva atomy, které jsou silně reaktivní. V druhé fázi se tyto extrémně reaktivní atomy spojí s molekulou kyslíku O₂ a vzniká tříatomová molekula kyslíku O₃, tj. ozon (obr. 101). UV záření je přeměňováno na teplo. Životnost molekuly ozonu je jen několik hodin.



Obr. 100: Vliv UV záření na rozklad molekuly kyslíku

Zdroj: http://www.sci.muni.cz/~dobro/ozon_1.htm



Obr. 101: Vznik molekuly ozonu

Zdroj: http://www.sci.muni.cz/~dobro/ozon_1.htm

⁷ UVA pro vlnové délky 315–400nm; UVB pro vlnové délky 280–315 nm; UVC pro vlnové délky kratší než 280 nm.

ROZDĚLENÍ OZONU

- **přízemní ("bad") ozon**⁸ (vyskytuje se do několika kilometrů od zemského povrchu a je škodlivý pro vše na Zemi.)
- **stratosférický ("good") ozon** (Vyskytuje ve Stratosféře tedy 10–50 km od povrchu Země.)

Množství ozonu se měří několika způsoby: **Přízemní ozon se měří v jednotkách ppb (jedná se o jednu miliardtinu z celku – parts per billion) nebo v množství mikrogramů ozonu na metr krychlový; u stratosférického ozonu se jeho množství uvádí v Dobsonových jednotkách (D.U.; 1 Dobsonova jednotka je celkové množství ozonu, které by při normálním tlaku na zemském povrchu tvořilo vrstvičku 0,01 mm.), nebo jako odchylka v % od dlouhodobého průměru v dané lokalitě.** V našich zeměpisných šířkách je dlouhodobý průměr množství ozonu v atmosféře okolo 390 D.U. na jaře a začátkem podzimu 300 D.U.)

OZON A JEHO PŘÍTOMNOST V ŽIVOTNÍM PROSTŘEDÍ

Zajímavost

Lidský čich rozezná přítomnost ozonu ve vzduchu již při velmi nízkých koncentracích od cca 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, O_3 má totiž příjemný nasládlý zápach. Při delším pobytu v místech se zvýšenou koncentrací ozonu (nad cca 350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) se dostavuje pálení očí, v nosu a v krku i tlak na hrudi, kašel a bolest hlavy. Nejvíce citliví jsou na ozon lidé, kteří mají zdravotní obtíže, jako je například astma.

Při koncentracích ozonu vyšších než cca 1100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ jsou silně drážděny také oči a horní cesty dýchací, dostavují se bolesti hlavy. Koncentrace vyšší než cca 2150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ způsobí během několika minut silné dráždění sliznice dýchacích cest. Koncentrace nad 21 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ mají v závislosti na době expozice za následek bezvědomí, krvácení z plic a posléze smrt.
<http://www.ozon.cz/cz/ozon-v-ovzdusi.htm>

Na kvalitu životního prostředí má vliv především přízemní ozon. Je zajímavé, že lidé žijící mimo města, tj. ve venkovských a horských oblastech, jsou vystaveni průměrně vyšším koncentracím přízemního ozonu. V troposféře – přízemní vrstvě atmosféry – totiž přirozeně dochází k fotochemickému cyklu tj. k reakcím, při nichž je třeba světlo nebo ionizující záření a ve vyšších nadmořských výškách je ozon navíc podporován právě vyšší intenzitou slunečního svitu, a tedy i množstvím záření, které je třeba k jeho vzniku.

Naopak ve městech je přízemního ozonu méně a to díky reakcím ozonu s přítomnými oxidy dusíku. Pokud se ale vytvoří vhodné podmínky, může i v silně obydlených aglo-

meracích nastat speciální jev tzv. „ozonová epizoda“, kdy dochází k vzniku tzv. fotochemického smogu. Dle norem EU musí být obyvatelstvo informováno, pokud je překročena hranice 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ O_3 a varováno při překročení hranice 360 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ozonu. (Státní ZÚ, Centrum hyg. živ. prostř. www.szu.cz/chzp/ovzdusi/dokumenty, únor 2004)



Obr. 102, 103: Účinky přízemního ozonu na listy rostlin. Zdroj: http://soubory.eto.vurv.cz/obr/ZZ-KCM-VURV-2008-final_html_17558192.jpg

⁸ Přízemní ozon vzniká složitým komplexem chemických reakcí za účinku slunečního záření a tedy i UV záření.

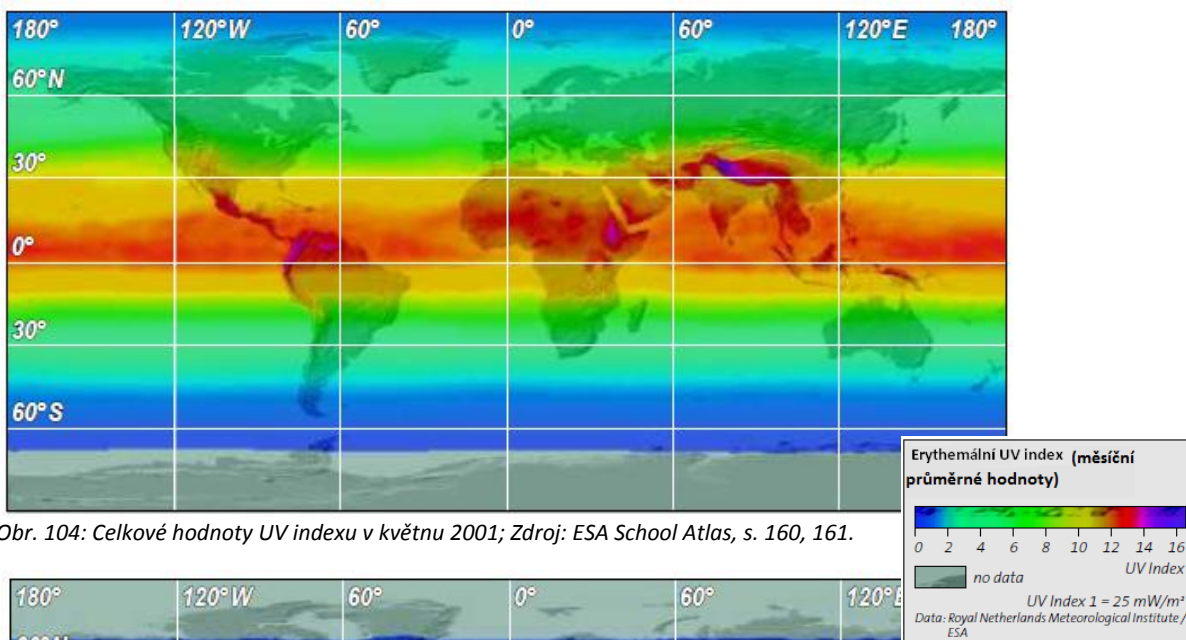


Ozon má vliv nejen na zdraví a kvalitu života člověka, ale také na životaschopnost rostlin. Průběžná roční koncentrace ozonu takřka kopíruje vegetační období rostlin, neboť ozon potřebuje ke svému vzniku sluneční záření. Stejně jako lidem škodí ozon rostlinám bez viditelného varování. Ozon projde průduchy do rostliny jako normální vzduch. Právě díky ozonu začne voda reagovat s mnoha rostlinnými látkami, což vede k řadě negativních dějů v rostlině. Reakcemi ozonu s tuky a bílkovinami dochází k poškození rostlinných buněk. Zpomaluje se fotosyntéza, ozonem zasažené rostliny omezují svoji schopnost reprodukce a efektivitu využití vody.

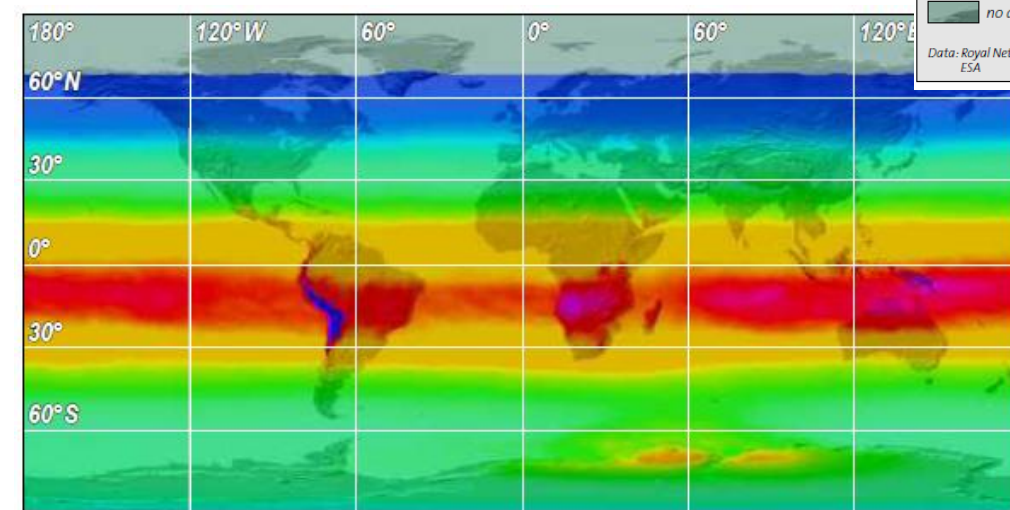
SATELITNÍ SNÍMKY A POZOROVÁNÍ OZONU V JEDNOTLIVÝCH ČÁSTECH ZEMĚ

Dálkový průzkum Země je velmi vhodným nástrojem pro sledování rozložení koncentrace ozonu v atmosféře. Časové řady satelitních snímků dokládají vývoj koncentrace ozonu. Tyto snímky mají i velký politický dopad – jsou neoddiskutovatelnými materiály při politických jednáních o snížení produkce poškozující ozonovou vrstvu.

I díky měření z družic pak vznikají tematické mapy poskytující prostorové informace k rozložení a změnám hodnot UV indexu, sloupci ozonu apod.



Obr. 104: Celkové hodnoty UV indexu v květnu 2001; Zdroj: ESA School Atlas, s. 160, 161.

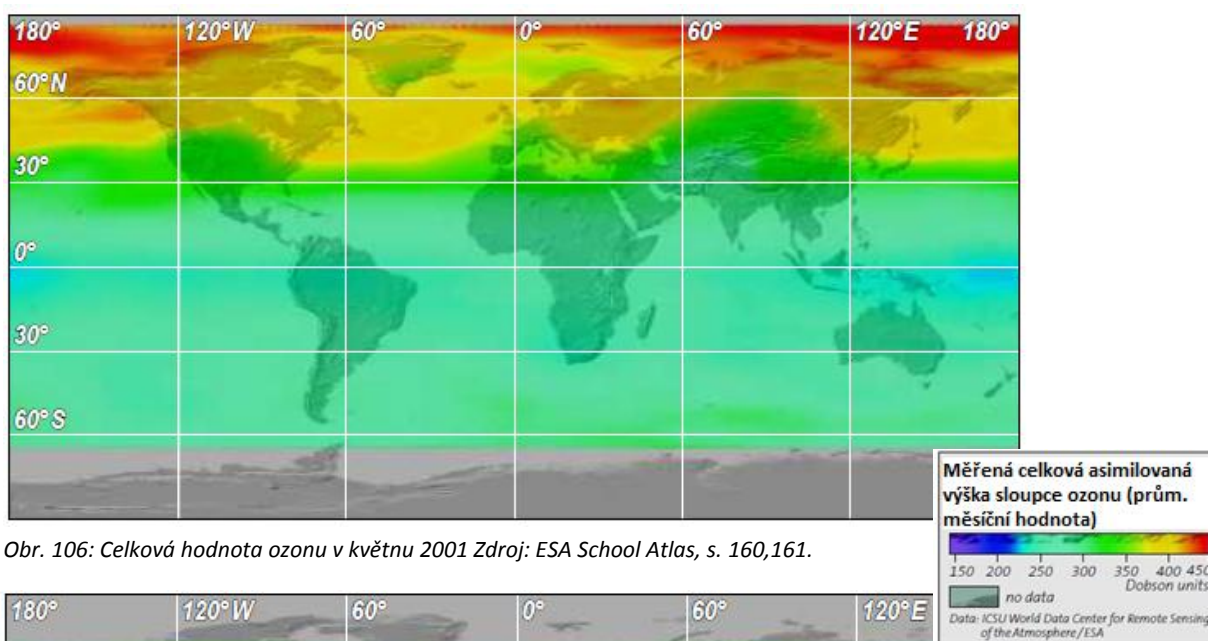


Obr. 105: Celkové hodnoty UV indexu v listopadu 2001. Zdroj: ESA School Atlas, s. 160, 161.

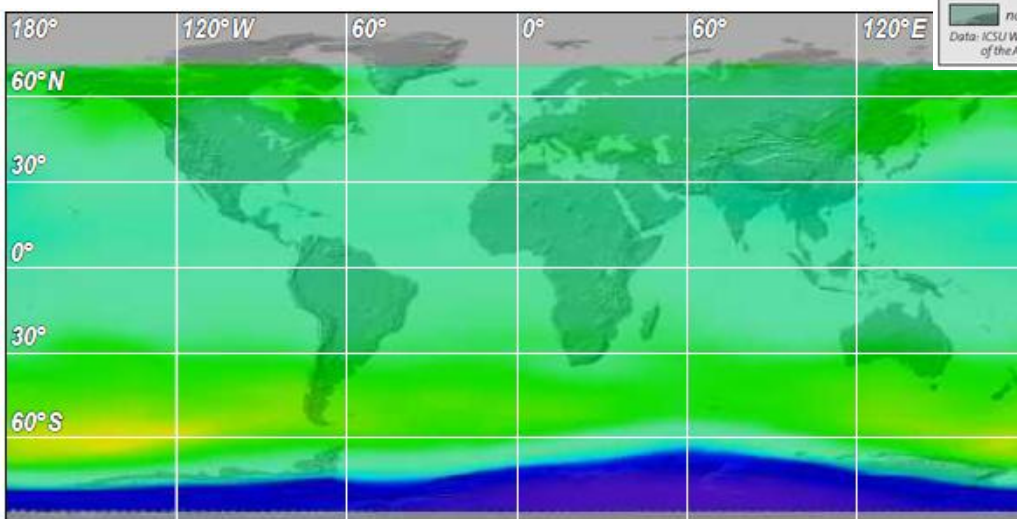
Popis obrázků 104 a 105: Ačkoliv je malé množství ultrafialového záření nezbytné pro výrobu vitamínu D, dlouhodobé vystavení se tomuto záření může naopak vést k vážným zdravotním problémům

(např. rakovina kůže). Uvedené dva snímky ilustrují globální UV index ve dvou různých obdobích roku 2001. Je zde zřetelně vidět množství slunečního záření v UV pásmu dosahujícímu zemského povrchu. Nejvyšší hodnoty tohoto záření jsou po celý rok umístěny podél rovníku kvůli nejvyšší intenzitě slunečního záření v této oblasti. Výpočet UV indexu je založen na celkových údajích o průměrných množstvích ozonu (mapy 5, 6) naměřených GOME (Global Ozone Monitoring Experiment), což je přístroj umístěný na palubě družice

ERS-2. Je to funkce koncentrace ozonu, v závislosti na zeměpisné šířce a délce. Hodnoty UV indexu jsou platné pro jasnou oblohu v pravé poledne. Pokud je oblačno nebo se vyskytuje nějaké znečištění v atmosféře, je v této oblasti UV index nižší. Naopak v zasněžených oblastech bývá UV index až dvakrát vyšší a to díky odrazu slunečního záření od bílého sněhu.



Obr. 106: Celková hodnota ozonu v květnu 2001 Zdroj: ESA School Atlas, s. 160,161.



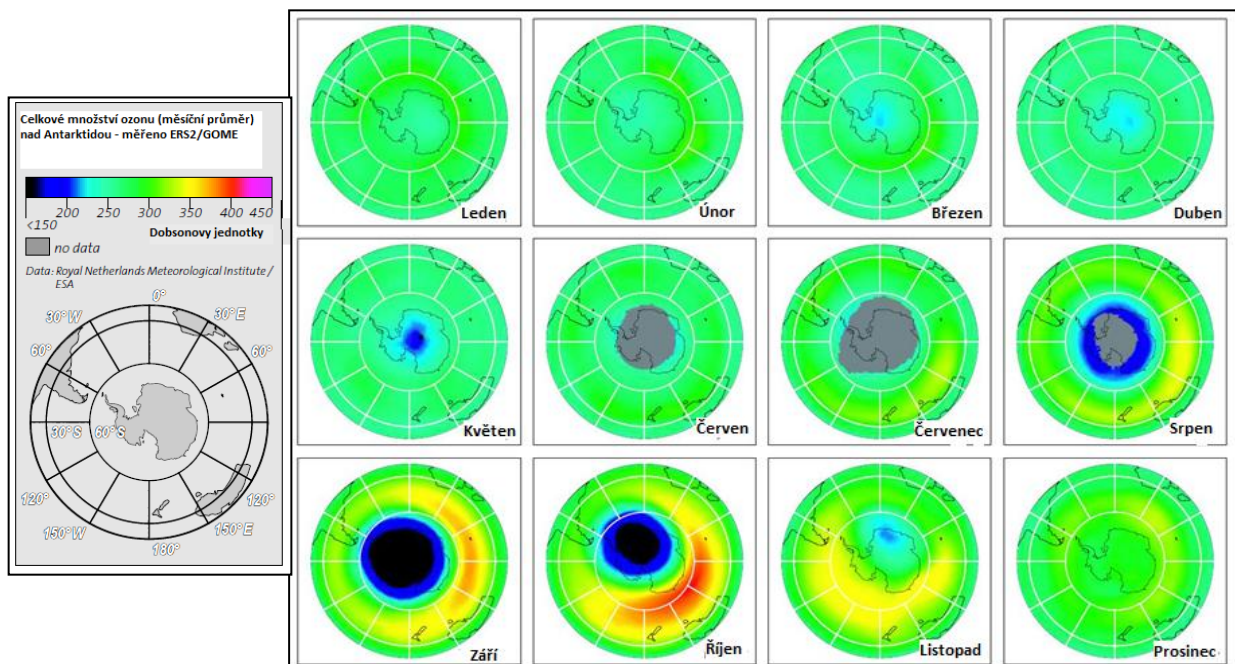
Obr. 107: Celková hodnota ozonu v listopadu 2001 Zdroj: ESA School Atlas, s. 160,161.

Popis obrázků 106 a 107: Obrázky 106 a 107 ukazují celkovou produkci ozonu měřenou GOME (Global Ozone Monitoring Experiment), což je přístroj umístěný na palubě družice ERS-2. Množství ozonu je zde vyjádřeno v Dobsonových jednotkách, které, jak uvádí předchozí text, vyjadřují celkové množství ozonu v zemské atmosféře nad určitou oblastí.



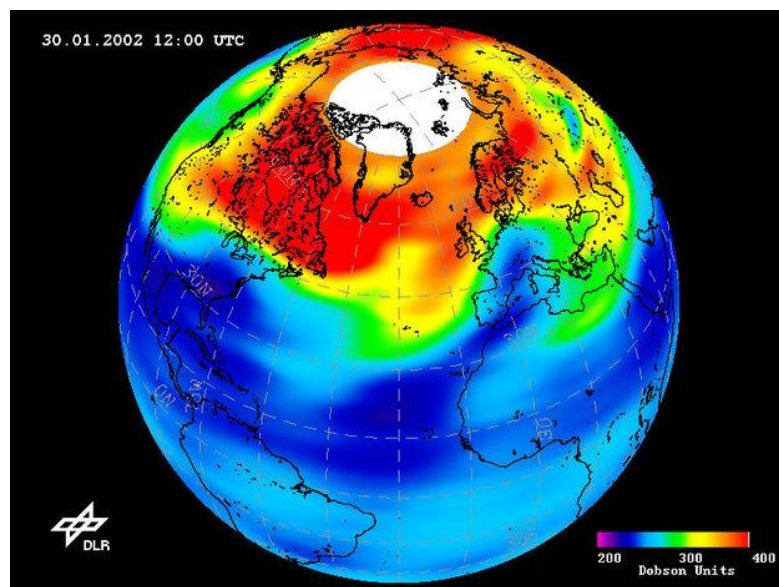
Celkové množství ozonu se výrazně liší v závislosti na zeměpisné šířce a ročním období. Vzhledem ke zdánlivému pohybu Slunce během roku se intenzita slunečního záření proměňuje. Můžeme si tedy všimnout, že mapa z květnového období ukazuje výrazně vyšší koncentrace ozonu na severní polokouli (obr. 108). V listopadu je situace výrazně odlišná – v severní Evropě, kde je zimní období, je nižší hodnota produkce ozonu. Koncentrace ozonu na jižní polokouli dosahuje v měsících září – listopad **hodnot nižších než je 200 Dobsonových jednotek**, což je hodnota, pod kterou označujeme danou oblast názvem „**ozonová díra**“.

Jak již bylo uvedeno, je ozon jedním z plynů, které tvoří atmosféru naší planety. Vyskytuje se v různých vrstvách atmosféry, kde má i různé funkce (viz text výše).



Obr. 108 : Hustota ozonu na Antarktidě v průběhu ledna – prosince 2000. Zdroj: ESA School Atlas, s. 160,161.

Popis obrázku 109: Jednotlivé snímky znázorňují ozonovou vrstvu na jižní polokouli. Jsou na nich vidět zřetelné cyklické změny celkového množství ozonu. V průběhu září a října se „ozonová díra“ vyvíjí nad Antarktidou. Tento děj je způsoben především díky vlivu antropogenních emisí CFC (Chlor-fluorované uhlovodíky např. freony), které byly uvolněny nad průmyslovější severní polokouli. CFC jsou ze severní polokoule na polokouli jižní dopravovány díky světovým větrným systémům. Jižní pól je součástí velké pevniny, která je zcela obklopena



Obr. 109: Nejnižší množství ozonu nad severní polokoulí 30. 1. 2002

Zdroj: http://spaceimages.esa.int/Images/2002/02/Low-ozone_event_over_Northern_Hemisphere_30.01.02

oceánem. Tyto podmínky zapříčiňují velmi chladnou stratosféru, což v této oblasti vede k tvorbě ledových mraků. V těchto mracích dochází k chemickým změnám podporujícím rychlé narušování ozonové vrstvy. Naopak v Arktidě – na severním pólu je stratosférický vzduch mnohem teplejší a tvoří se tak méně ledových mraků. Vzhledem k těmto různorodým klimatickým podmínkám v obou polárních oblastech je „ozonová díra“ nad Antarktidou (jižním pólem) mnohem výraznější než nad Arktidou. Jak je viditelné na snímcích výše, snížené množství ozonu nad Antarktidou není po celý rok. Obnova ozonové vrstvy nad touto oblastí probíhá pravidelně od listopadu do června, tj. v letním období.

Zajímavost

Mezi 28. až 30. lednem roku 2002 došlo k události nazývané „Streamer Event“, která byla spojena s atmosférickou cirkulací subtropické vzduchové hmoty nad Evropou. Průnik této vzduchové hmoty, a to především do spodní části stratosféry vedl k velmi nízkým hodnotám celkového množství ozonu zejména v jižním Španělsku, Francii a Německu. Snímek byl pořízen GOME 30. ledna 2002, zpracován DLR s poskytováním údajů ESA/ERS.

Otázky a úkoly k zamyšlení:

*Je UV záření důležité pro vznik ozonu v atmosféře?
Proč tomu tak je?*

Prohlédněte si obrázky 104 a 106. Pokuste se uvést, jak souvisí celkové hodnoty UV indexu v květnu 2001 a celkové hodnoty naměřeného ozonu v témže roku i měsíci.

Nad kterým světadílem je zřetelně viditelná souvislost množství UV záření a hodnoty ozonu (snímky na obrázcích 105 a 107)?

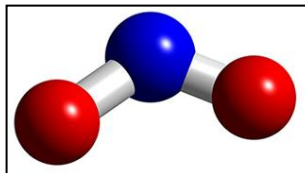
Metodický a pracovní list:

Ozon, jeho vlastnosti a sledování pomocí DPZ



Oxid dusičitý, aerosoly, smog

Chemické okénko: Oxid dusičitý NO_2 je jedovatý, červenohnědý plyn. Jeho teplota tání je $-11,2\text{ }^\circ\text{C}$ a teplota varu je $21,2\text{ }^\circ\text{C}$. Oxid dusičitý vzniká především ve spalovacích motorech oxidací vzdušného dusíku za vysokých teplot. Další možností vzniku tohoto plynu je rozklad kyseliny dusičné. S vodou reaguje oxid dusičitý za vzniku kyseliny dusičné HNO_3 a oxidu dusnatého NO , který je bezbarvým plynem. Oxid dusičitý patří mezi plyny způsobující tzv. kyselé deště. Je plynem nebezpečným jak pro rostliny, tak pro živočichy včetně člověka, neboť např. dýchacím hlenem člověka je pohlcováno až 90 % NO_2 , což pak způsobuje různé záněty dýchacích cest.



Obr. 110: Molekula oxidu dusičitého NO_2 . Zdroj: http://www.3dchem.com/inorganics/no2_.jpg

Obr. 111: Barva oxidu dusičitého NO_2 . Zdroj: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/8b/NO2-N2O4.jpg/250px-NO2-N2O4>

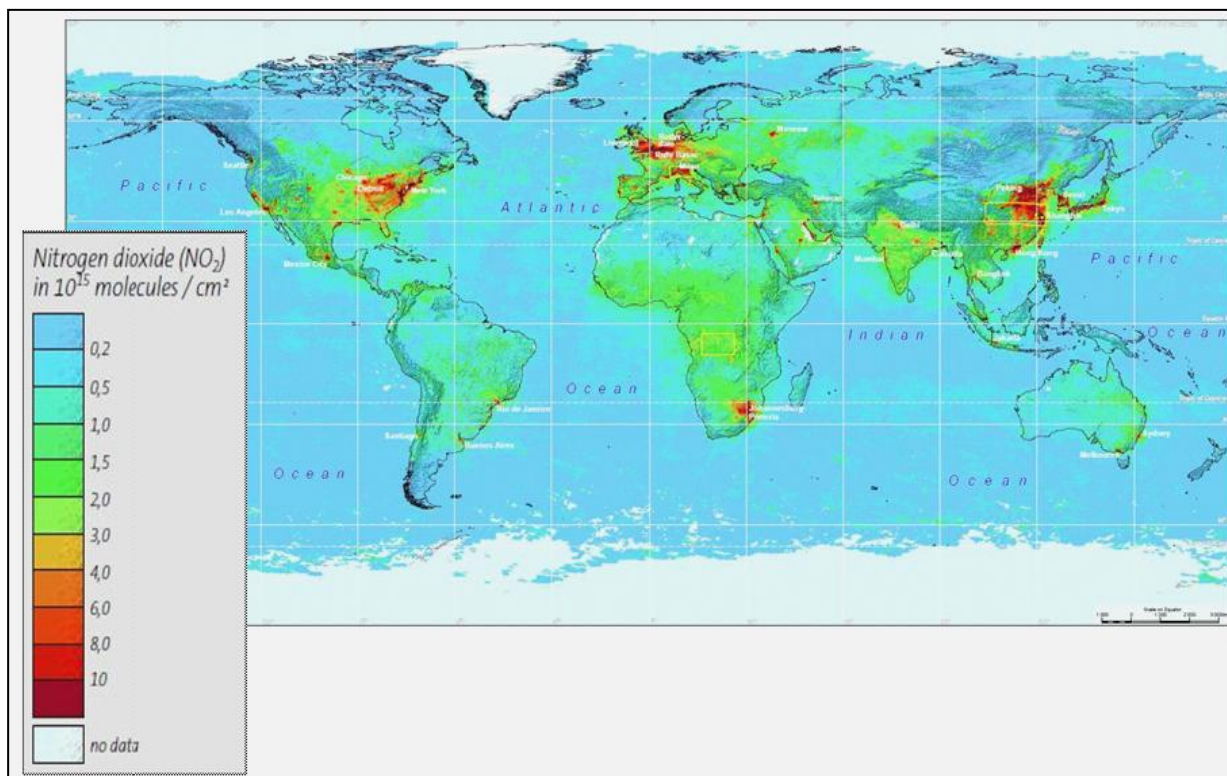


OXIDY DUSÍKU A JEJICH PŘÍTOMNOST V ŽIVOTNÍM PROSTŘEDÍ

Složení atmosféry vždy ovlivňovalo vývoj lidské civilizace. Především se tak dělo a děje prostřednictvím zvyšujícího se množství cizorodých prvků a distribucí aerosolů do atmosféry, které lidská společnost produkuje (průmysl, zemědělství, doprava). Některé důsledky tohoto vlivu jsou stále předmětem celosvětové diskuse. V tomto případě se jedná např. o skleníkový efekt a globální oteplování planety.

Atmosférické emise jsou velice úzce spojeny s hospodářskou činností člověka (zemědělství, průmysl, doprava). Je to i případ průmyslové činnosti nebo emisí vzniklých vlivem narůstající dopravy. Svůj podíl na atmosférických emisích má i zemědělství, kouř z požárů buše, metan vzniklý pěstováním rýže či jako vedlejší produkt chovu dobytka.

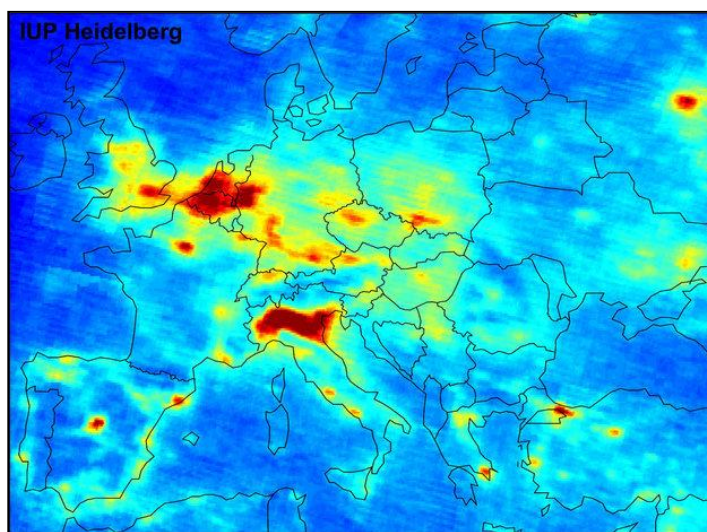
Níže uvedené snímky distribuce oxidu dusičitého do atmosféry zobrazují velmi úzkou spojitost s produkcí a hustotou populace. Oxidy dusíku, které vznikají při spalovacích procesech, jsou významnými znečišťovateli ovzduší a hrají i významnou roli při vzniku přízemního ozonu, viz text výše. Vedle uvedených skutečností dopadů vysokých koncentrací NO_2 na životní prostředí nesmíme opomenout velmi negativní vliv tohoto oxidu na dýchací soustavu člověka. Kromě pohledu na celkové rozložení NO_2 nad jednotlivými kontinenty můžeme na níže uvedených mapách, při jejich bližším zkoumání, vidět i roli reliéfu krajiny, který je velmi důležitým aspektem při přepravě škodlivin v atmosféře, např. koncentrace škodlivin v údolích nebo jejich přechod nad otevřený oceán.



Obr. 112: Průměrné roční koncentrace NO₂ v roce 2003. Zdroj: ESA School Atlas, s. 44, 45.

Popis obrázku 112: Mapa zobrazující průměrné roční koncentrace oxidu dusičitého NO₂ na Zemi. Snímek ukazuje celkové zprůměrované roční hodnoty koncentrace oxidu dusičitého v roce 2003. Výsledná mapa vznikla z dat spektrometru SCIAMACHY umístěném na palubě družice Envisatu. Měření prováděla ESA.

Oxid dusičitý vzniká primárně při spalovacích procesech v těžkém průmyslu, tepelných elektrárnách a v silniční dopravě. Při pohledu na snímek můžeme také vidět, že vysoké koncentrace zmiňovaného oxidu dusičitého se nacházejí po celém průmyslovém pásu v oblasti Severní Ameriky a západní Evropy. Obdobně je tomu i v Indii a ve východní Asii. O jižní polokouli můžeme z hlediska oxidu dusičitého hovořit jako o čistější oblasti. Problematika NO₂ je zde spojována především s místním klimatem průmyslových aglomerací. Znečištění ovzduší oxidem dusičitým nad západní a střední Afrikou je výsledkem spalování biomasy, požárů v travnatých či keřovitých biomech a množstvím otevřených ohnišť využívaným při vaření a topení.

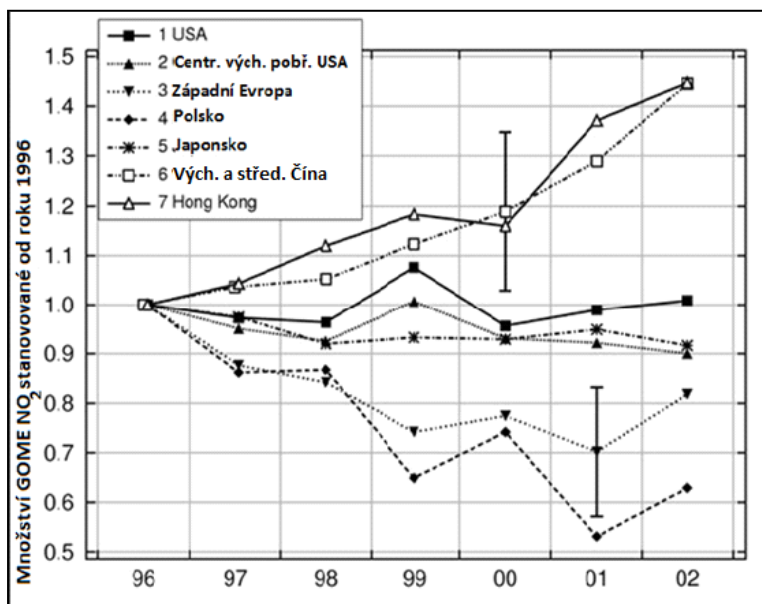


Obr. 113: Množství NO₂ nad Evropou v období 1/2003 – 6/2004. Zdroj: http://spaceimages.esa.int/Images/2004/10/NO2_levels_over_Europe

Obrázek 113 ukazuje detail z celkového snímku světa. Je zde zobrazeno průměrné množství troposférického oxidu dusičitého NO₂ nad Evropou v období mezi lednem 2003 až červnem 2004 měřeným SCIAMACHY nástrojem družice Envisat ESA. Průměrné množství troposférického oxidu dusičitého

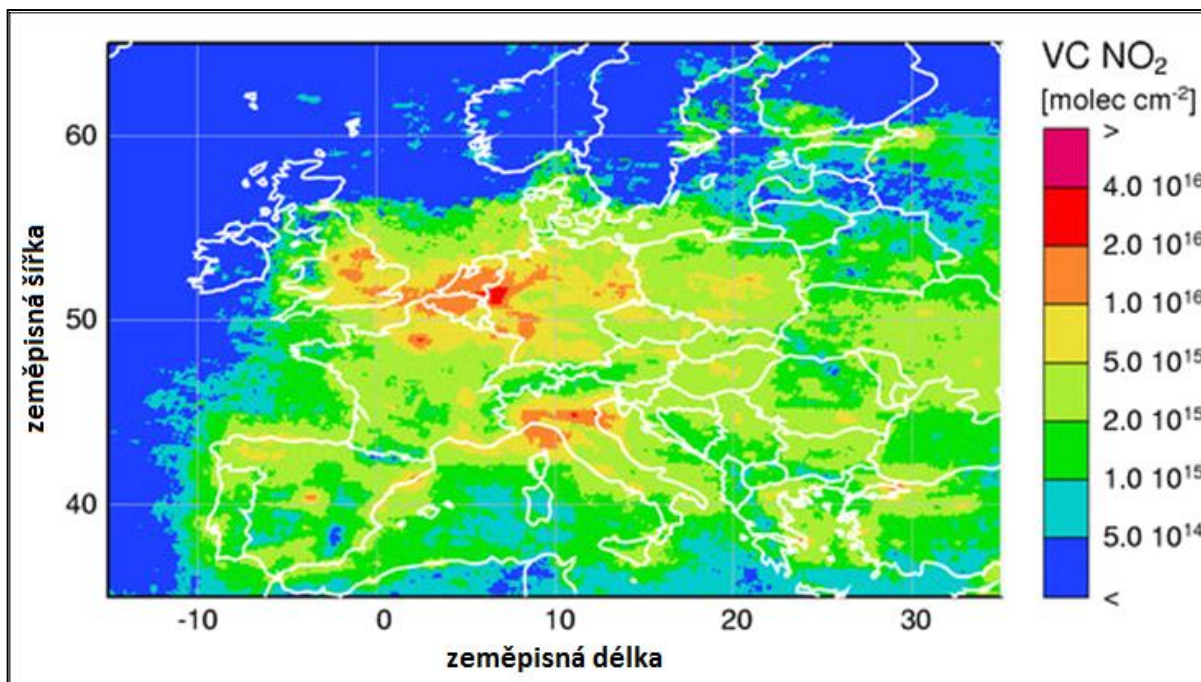


NO₂ nad západní Evropou mezi prosincem 2003 a listopadem 2004. Měřeno SCIAMACHY na družici Envistat ESA



Obr. 114 dokumentuje vývoj množství oxidu dusičitého NO₂ ve vybraných oblastech od roku 1996 do roku 2002 měřeného GOME. Graf ukazuje, že množství NO₂ se v průběhu let zvyšuje zejména ve východní a střední Číně či v Hong Kongu. Z grafu lze usuzovat i na změny v objemu výroby a strukturu průmyslu ve sledovaných oblastech období konjunktury a recese.

Obr. 114: Vývoj množství NO₂ nad vybranými oblastmi mezi roky 1996–2002. Zdroj: [http://spaceimages.esa.int/Images/2005/08/Annual changes in nitrogen dioxide for selected areas](http://spaceimages.esa.int/Images/2005/08/Annual%20changes%20in%20nitrogen%20dioxide%20for%20selected%20areas)



Obr. 115: Množství NO₂ nad západní Evropou v období 12/2003–11/2004. Zdroj: [http://spaceimages.esa.int/var/esa/storage/images/esa_multimedia/images/2005/08/nitrogen_dioxide_over_europe/9267076-5-enq-GB/Nitrogen dioxide over Europe.jpg](http://spaceimages.esa.int/var/esa/storage/images/esa_multimedia/images/2005/08/nitrogen_dioxide_over_europe/9267076-5-enq-GB/Nitrogen_dioxide_over_Europe.jpg)

AEROSOLY A SMOG

Aerosoly jsou různorodé (heterogenní) směsi malých (velikost setin až desítek mikrometrů) **pevných** (dým) nebo **kapalných** (mlha) částic v plynu. Aerosoly jsou buď přírodní povahy, nebo vzniklé lidskou

činností. V mlze a mracích se nacházejí **kapalné aerosoly** (vodní mikrokapky) i **aerosoly pevné** (ledové krystalky). Další pevné aerosoly jsou obsaženy v prachu a kouři.

Zvýšená produkce skleníkových plynů způsobuje **globální oteplování planety**, avšak **aerosoly způsobují efekt přesně opačný**. Zjednodušeně řečeno – **odrážejí sluneční záření zpět do vesmíru** a díky tomu jej méně dopadá na zemský povrch, který se pak méně ohřívá.

Satelitní snímek na obr. č. 116 dokumentuje rozšíření aerosolu (smogu) nad silně průmyslovou Pádskou nížinou s významnými průmyslovými centry v Miláně a Turíně v severní Itálii. Nížinatá oblast zamořená průmyslovým smogem je špatně provětrávána – od větru ji chrání ze severu Alpy a z jihu Apeniny.

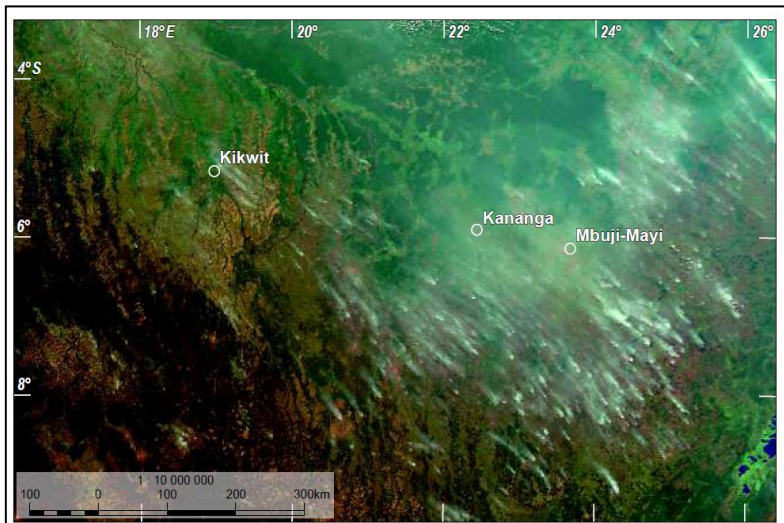
Hlavní část aerosolů tak proudí na východ nad Jaderské moře. Výše uvedené skutečnosti jsou následkem jedné z nejvíce industrializovaných oblastí Evropy nacházející se v oblasti údolí kolem řeky Pád a soustředěné kolem měst Turín a Miláno. Nad touto průmyslovou oblastí se vytváří velké množství smogového oparu, a jak bylo uvedeno výše, vítr, před kterým je údolí chráněno, nemůže rozptýlit tyto smogové mraky.

Satelitní snímek na obr. 117 ukazuje kouř vzniklý následkem spalování biomasy v savaně v jihozápadní části Demokratické republiky Kongo. Požáry v této oblasti souvisí se zemědělskou činností a jsou významným příspěvkem k celkovým vzdušným emisím. Tmavě zelené plochy na snímku jsou zalesněné stráně. Oblasti vyhaslých požárů jsou červenohnědé barvy

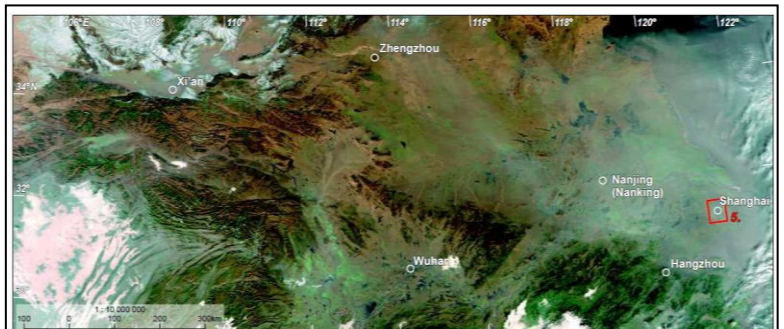
Na obrázku 118 je satelitní snímek **Sichuanu**, jednoho z **míst střední a východní Číny**. Tato oblast je pokryta silnou vrstvou smogu. Smogová oblast sahá



Obr. 116: Vrstva aerosolů nad průmyslovou oblastí údolí řeky Pád. Zdroj: ESA School Atlas, s. 44, 45.



Obr. 117: Kouř vzniklý spalováním biomasy v jihozápadní části Demokratické republiky Kongo; Zdroj: ESA School Atlas, s. 44, 45.



Obr. 118: Smogová oblast nad Sichuanem (východní Čína); Zdroj: ESA School Atlas, s. 44, 45.



i dále k východnímu Čínskému moři. Je to jeden z nejvíce osídlených a průmyslově nejrozvinutějších regionů Číny, a proto čelí vážnému znečištění životního prostředí. Ovzduší je znečištěno zejména kouřem, obsahujícím oxid siřičitý, oxid uhličitý a aerosoly. Emise jsou způsobovány exhalacemi z průmyslové výroby, spalováním ropy, uhlí a dopravou. Oxid siřičitý se mísí se vzdušnou vlhkostí a ke všem problémům se tak přidávají kyselé deště, které poškozují nejen zemědělské plodiny, lesy, ale svůj dopad mají i na čistotu řek a jezer v oblasti.

Otázky a úkoly k zamyšlení:

Které regiony světa čelí největším problémům s velkým množstvím NO_2 a smogem? Proč tomu tak je?

Jak spojení geografie a dalších přírodních věd jako je chemie, přispívá k ochraně a tvorbě životního prostředí?

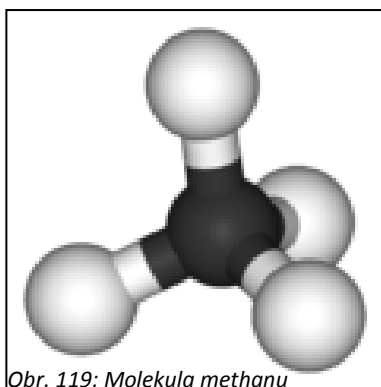
Metodický a pracovní list:

Oxid dusičitý NO_2 , aerosoly, smog

Methan CH₄

Další z chemických látek, o nichž budeme v tomto textu hovořit, a kterou můžeme detekovat pomocí satelitních snímků, je organická sloučenina methan. Tento nejjednodušší uhlovodík je nám známý také pod názvy zemní plyn, bioplyn, důlní plyn atd.

METHAN



Chemické okénko: Methan je za normálních podmínek **bezbarvý plyn, bez zápachu a není jedovatý**. Hoří namodralým plamenem. Patří mezi **alkany** a je tedy **nasyčeným uhlovodíkem s jedním uhlíkovým atomem a čtyřmi atomy vodíku** (obr. 119). Při dokonalém hoření, tj. za dostatečného přístupu kyslíku, z něj vzniká oxid uhličitý CO₂ a voda H₂O.

Zajímavost

Methan vzniká v trávicí soustavě živočichů díky činnosti bakterií při trávení potravy. Například tur domácí vyprodukuje až 200 l methanu za den.

Teplota tání methanu je -182,5 °C a teplota varu je -161,6 °C. O hustotě tohoto známého plynu víme, že je 0,676 kg/m³ (plynné skupenství při teplotě 21 °C a tlaku 1 013 hPa). V porovnání s hustotou vzduchu (1,29 kg/m³) můžeme uvést, že methan je lehčím plynem než vzduch.

Methan je hlavní součástí zemního plynu, který se využívá nejen jako palivo v domácnostech, ale také jako průmyslová surovina pro chemickou výrobu vodíku, acetyleny (ethynu), methanolu, kyanidů atd.



Obr. 120: Rašeliniště. Zdroj: <http://chalupa.biz/tipy-na-vylety.htm>

METHAN A JEHO PŘÍTOMNOST V ŽIVOTNÍM PROSTŘEDÍ

Methan není jenom prospěšným plynem pro člověka a průmysl, ale odborné zdroje hovoří o **methanu** jako o **výrazné součásti emisí v atmosféře**. Mezi hlavní zdroje emisí methanu řadíme **biologické pochody probíhající anaerobně** tj. bez přístupu kyslíku. Methan je **výslednou látkou (produktem) anaerobního rozkladu organických látek**. Kde tento rozklad probíhá? Příkladem je vyhnívání organismů (rostlin i živočichů) v rašeliništích, permafrostech, mokřadech nebo i na rýžových polích v Asii nebo také v průběhu trávení různých živočichů.

Je prokázáno, že v současnosti je asi **80 % emisí methanu právě biologického původu**. Ať už se jedná o zmiňované mokřady, permafrost (cca 50 % emisí přírodního původu), výměnu methanu mezi atmosférou a oceány nebo produkci methanu termity.



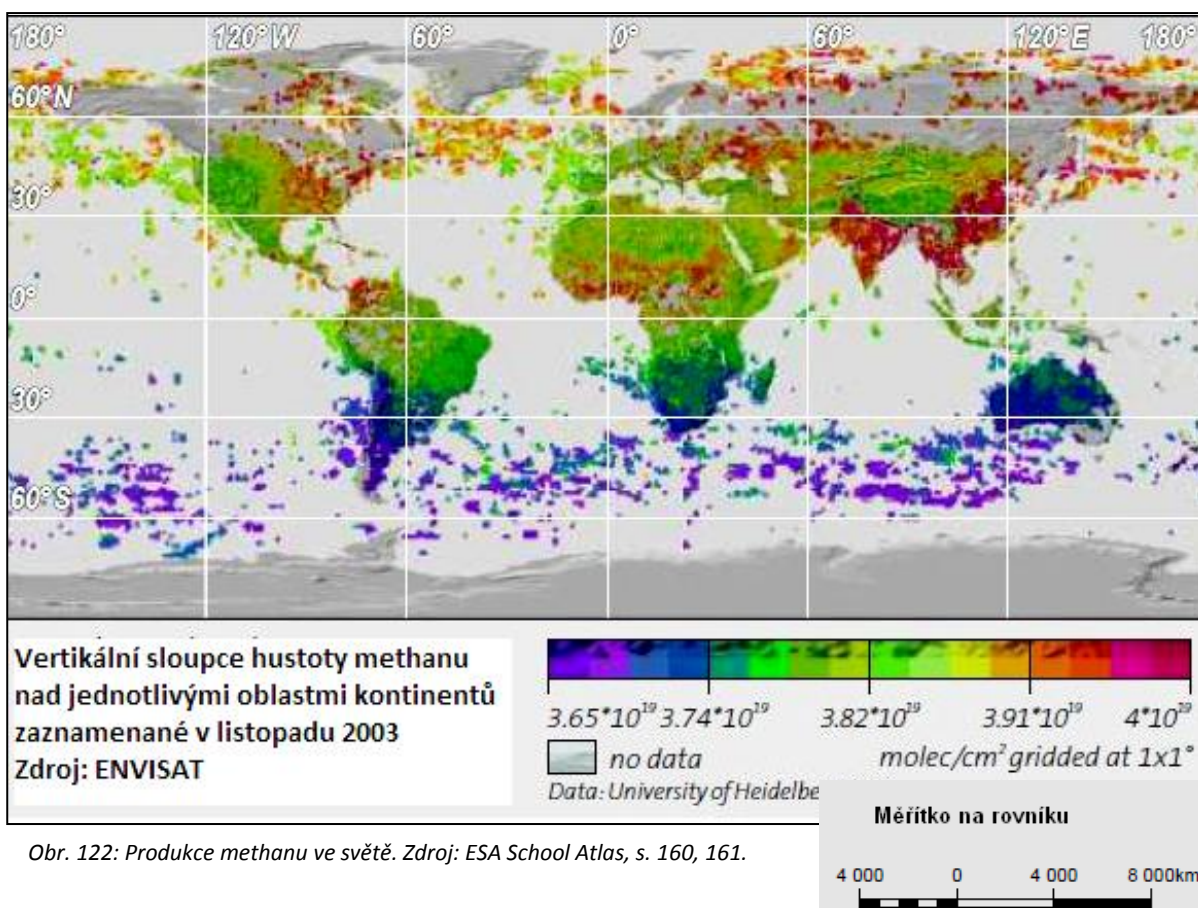
Obr. 121: Rýžová pole. Zdroj: [http://www.hicsuntleones.info/htm/pic/ryzo ve%20pole.jpg](http://www.hicsuntleones.info/htm/pic/ryzo%20pole.jpg)

Stranou produkce emisí methanu nezůstává ani člověk. Mezi hlavní antropogenní zdroje methanu patří chov domácích zvířat, emise z těžby a zpracování fosilních paliv, spalování biomasy, pěstování rýže (téměř dvojnásobná produkce methanu než při těžbě a zpracování fosilních paliv), čistíčky odpadních vod s anaerobním zpracováním kalu (vyhívání kalu se vznikem bioplynu – methanu). Vlivem **lidské činnosti** tvoří vzniklé emise methanu přibližně **60 % celkových celosvětových emisí CH₄**.

Methan je součástí skupiny **skleníkových plynů (vodní pára, methan, CO₂...)**. Uvádí se, že ke globálnímu oteplování přispívá zhruba z 9 %, v silně průmyslových oblastech až z 15 %. Methan přítomný v atmosféře zachycuje teplo až 23 krát účinněji než CO₂.

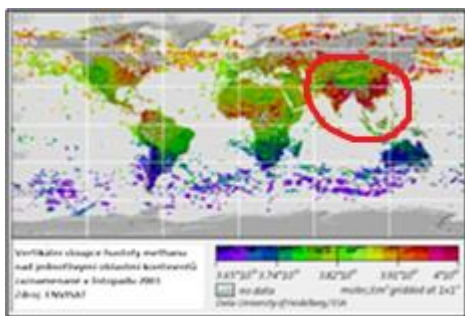
SATELITNÍ SNÍMKY A POZOROVÁNÍ PRODUKCE METHANU V JEDNOTLIVÝCH ČÁSTECH ZEMĚ

(vyvození největších producentů methanu)



Obr. 122: Produkce methanu ve světě. Zdroj: ESA School Atlas, s. 160, 161.

Popis obrázku: Vertikální sloupec methanu se měří v množství molekul tohoto plynu na jednom centimetru čtverečním a tyto hodnoty je možné pomocí barevné škály převést na satelitní snímek. Jak již bylo uvedeno v předchozím textu, **největšími emitenty methanu** jsou z přírodních zdrojů **mokřady, permafrost, oceány** a ze zdrojů antropogenních **pěstování rýže, spalování fosilních paliv, spalování biomasy a např. i nakládání s odpady**.



Obrázek rozložení množství methanu nám velice zřetelně ukazuje, že nejvyšší koncentrace tohoto plynu se vyskytují na Indickém subkontinentu v jihovýchodní Asii, který je znám svým intenzivním pěstováním rýže. Na zatopených rýžových polích dochází obdobně jako v jiných mokřadech a rašeliništích k anaerobnímu (bez přístupu kyslíku) rozkladu organických látek a produkci bahenního plynu, jak je také methan často nazýván.

ZDROJE:

<http://www.irz.cz/repository/latky/methan.pdf>, učebnice chemie 9. ročník,

<http://www.prirodovedci.cz/zeptejte-se-prirodovedcu?action%5Bfaq%5D=detail&faqID=77>

Rašeliniště: <http://chalupa.biz/tipy-na-vylety.htm>

http://ec.europa.eu/clima/sites/campaign/pdf/gases_fi.pdf

Otázky a úkoly k zamyšlení:

Jaký je základní název skupiny uhlovodíků, k nimž patří methan?

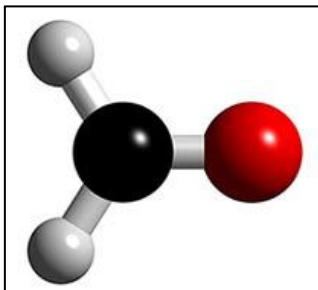
Znovu si prohlédněte snímek celkových koncentrací methanu nad jednotlivými oblastmi světa. Pokuste se objasnit rozložení míst s největší a nejmenší koncentrací methanu.

Metodický a pracovní list:

Methan CH₄ a formaldehyd HCHO



Formaldehyd – HCHO



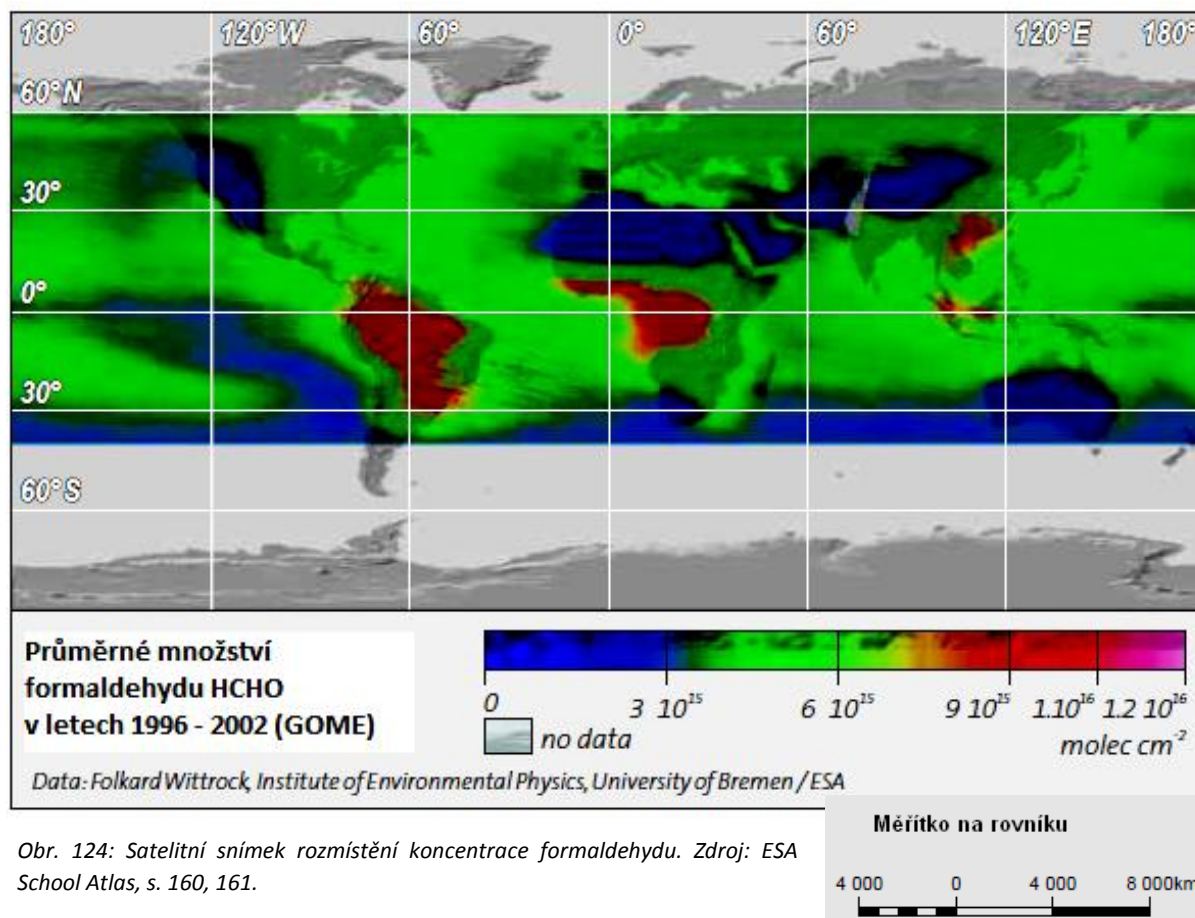
Obr. 123: Molekula formaldehydu. Zdroj: <http://www.pk.all.biz/img/pk/catalog/6405.jpeg>

Chemické okénko: Formaldehyd (methanal) patří mezi **organické sloučeniny**. Řadí se mezi **karbonylové sloučeniny** (kyslíkaté deriváty uhlovodíků) a je nejjednodušším aldehydem. V potravinářství má označení E240 a v ČR je jeho **používání v tomto odvětví zakázáno**.

Formaldehyd je bezbarvý, ostře štiplavě zapáchající jedovatý plyn, který je **dobře rozpustný ve vodě**. V organických nepolárních rozpouštědlech se takřka nerozpouští. Teplota tání formaldehydu je $-117\text{ }^{\circ}\text{C}$ a teplota varu je $-19,3\text{ }^{\circ}\text{C}$. Při $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ se formaldehyd **rozkládá na methanol a oxid uhelnatý**.

V **obchodě** můžeme formaldehyd koupit stabilizovaný methanolem pod názvem **formalin**. Formaldehyd se využívá jako konzervační prostředek nejen pro některé potraviny (v ČR zákaz), ale také pro některá léčiva a kosmetické přípravky. Má rovněž dezinfekční a sterilizační účinky, proto je využíván pro uchovávání vzorků tkání různých živočichů. Své využití má i v zemědělství, kde slouží k dezinfekci půdy i semen a také jako fungicid a insekticid.

Z vodných roztoků se vypařuje až po vodě a jeho výhodou je, že ve vodním prostředí a v půdě je dobře odbouráván mikroorganismy.



Obr. 124: Satelitní snímek rozmístění koncentrace formaldehydu. Zdroj: ESA School Atlas, s. 160, 161.

FORMALDEHYD A JEHO PŘÍTOMNOST V ŽIVOTNÍM PROSTŘEDÍ

Formaldehyd (methanal) je běžnou **součástí životního prostředí**. Je produktem živých buněk a vyskytuje se i v ovoci, zelenině a mase. Do prostředí se také dostává při lesních požárech nebo při rozkladných procesech. Velké množství této chemické látky vzniká **v troposféře jako výsledek oxidace organických látek**. Přirozené emise formaldehydu jsou vyšší než zdroje sekundární, tj. zdroje vzniklé lidskou činností. Formaldehyd také **podporuje** a zároveň **detekuje fotochemické děje v atmosféře**, tzn. děje, při kterých je k průběhu chemické reakce třeba slunečního záření. Methanal (formaldehyd) se v životním prostředí rozkládá během jednoho dne reakcí s hydroxylovým radikálem a vzniká tak (oxiduje se) oxid uhličitý CO₂.

SATELITNÍ SNÍMKY A POZOROVÁNÍ PRODUKCE FORMALDEHYDU V JEDNOTLIVÝCH ČÁSTECH ZEMĚ

Velké množství formaldehydu HCHO se nachází v oblastech, kde je spalována biomasa. Satelitní snímek níže pod textem ukazuje nejvyšší koncentrace formaldehydu nad deštnými pralesy v oblastech Jižní Ameriky, Afriky a Indonézie, kde právě ke spalování biomasy ve velké míře dochází. I rychle se rozvíjející industrializace v určitých oblastech světa např. východní Číny, má za následek zvýšené množství formaldehydu.

ZDROJE:

Formaldehyd: <http://www.pk.all.biz/img/pk/catalog/6405.jpeg>

<http://cs.wikipedia.org/wiki/Formaldehyd>

<http://www.irz.cz/repository/látky/formaldehyd.pdf>

Otázky a úkoly k zamyšlení:

Jaký je základní název skupiny derivátů uhlovodíků, k nimž patří formaldehyd?

Proč je množství formaldehydu nejvyšší právě nad deštnými pralesy?

Metodický a pracovní list:

Methan CH₄ a formaldehyd HCHO



Mapování vegetace

Víte, proč má vegetace zelenou barvu a jak lze sledovat její proměny během roku?

Mohou zemědělci s pomocí DPZ snímků odhadnout správnou dobu sklizně?

Jak pomáhá DPZ hasičům?

Úloha dálkového průzkumu Země (DPZ) nabízí v biologických oborech celou řadu možností, jak s tímto zdrojem informací pracovat. Protože je filozofie DPZ v zásadě založena na registraci odraženého záření, mohou zejména rostlinné organismy s ohledem na obsah rostlinných pigmentů poskytnout celou řadu informací o svém aktuálním stavu.

Využití DPZ je orientováno převážně k identifikaci, charakteristice a indikaci růstového potenciálu vegetace. Spektrální chování vegetace se vyznačuje především významným nárůstem odrazivosti v **blízké infračervené části spektra**. Běžně se uvádí, že ve viditelné oblasti spektra je vegetací odraženo asi 20 % dopadajícího záření, zatímco v blízké infračervené části spektra je to okolo 60 %. Hodnocení těchto vegetačních aspektů závisí v mnoha ohledech na *druhu vegetace, jejich nárocích na sluneční záření, charakter klimatu a typu půdy*. Obvyklým výsledkem aplikace DPZ tak může být s ohledem na potravinovou problematiku **stanovení produktivity půdy** pro konkrétní plodiny.

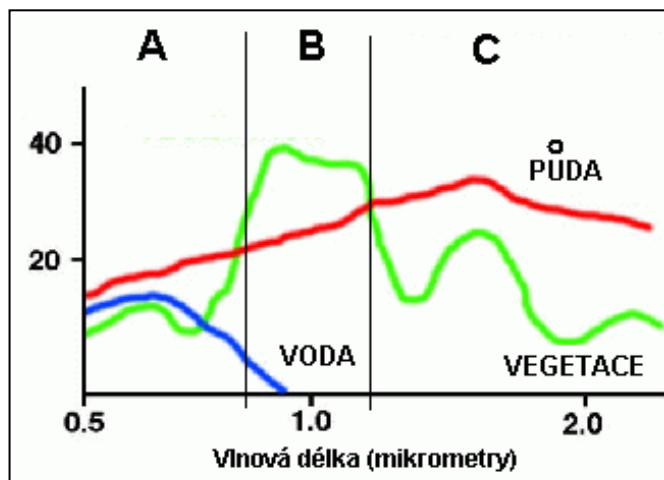
Odrzivost rostlin je ovlivňována jak **podmínkami prostředí**, tak i obsahem **chlorofylu** a jiných rostlinných barviv, jako jsou karoteny, xantofyly, antokyanidy. Výrazný vliv na odrazivost má také vnější i **vnitřní anatomie listu, obsah vody** v buněčných a mezibuněčných prostorách. Například čím kolměji je orientována plocha stěny buňky k dopadajícímu záření, tím větší je odrazivost listu. Protože mnoho snímačů pracuje s vlnovými délkami v zelené, červené a blízké infračervené části spektra, mohou tak opomíjet absorpci záření a jeho odraz vegetací. U vegetace se ovšem nabízí využití přítomnosti chlorofylu, zeleného listového barviva, které z *absorbovaného viditelného záření pohltí vlnové délky v modré a červené části spektra, čímž je odražené záření posunuto k zelené části spektra viditelného záření*. To nám umožňuje vidět vegetaci **zeleně**. Zároveň také listy odrážejí záření v části spektra blízkému infračervenému záření (vlnové délky 0,7–1,1 μm). Intenzita tohoto odraženého záření je obecně větší než u většiny anorganických materiálů. Vegetace se tak v detekovaném záření jeví světlejší, čehož je možno využít při detekci tónů v multispektrálních snímcích: *tmavší tóny v modrém, respektive červeném pásmu, světlejší tóny v zeleném pásmu a světlé tóny v záření blízké infračervenému*. V intervalu spektra 1300–3000 nm je odrazivost vegetace formována především přítomností vody v orgánech rostlin. **Vyšší obsah vody naopak snižuje odrazivost rostlin.**

Na obrázku 125 je zobrazena **spektrální křivka odrazivosti listu**, která se v oblasti viditelného a blízkého infračerveného záření rozděluje do tří částí, které odpovídají faktorům určujícím velikost spektrální odrazivosti:

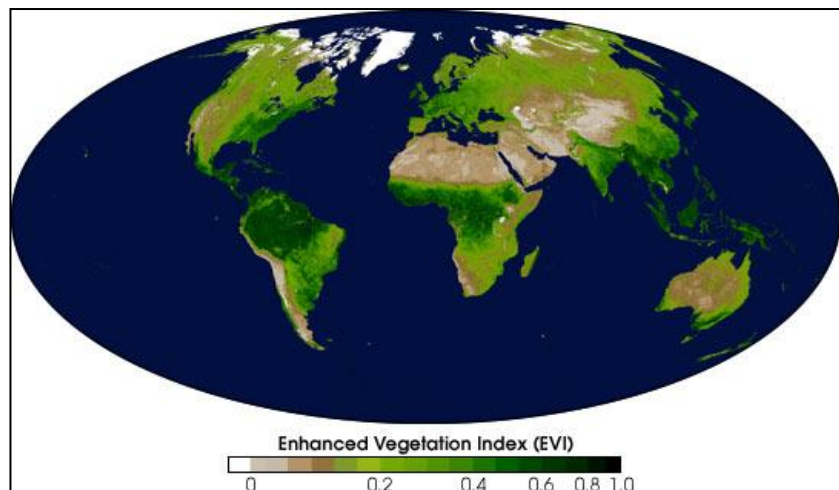
- A – oblast pigmentační absorpce (400–700 nm),
- B – oblast buněčné struktury (700–1 300 nm),
- C – oblast vodní absorpce (1 300–3 000 nm).

Konkrétní identifikace druhu vegetace ze snímků DPZ závisí na jejich vlastnostech. Na příklad opadavé listnaté stromy vykazují daleko větší odrazivost než jehličnaté stromy, proto se na infračervených snímcích jeví jako **sytě a jasně červené**, zatímco jehličnany jsou spíše **tmavší**. Tyto spektrální změny v odraženém záření mohou být využity k detekci vegetace na zemském povrchu a v některých případech také v oceánech a ostatních vodních plochách.

Pro komplexní mapování vegetace se využívá tzv. **vegetačních indexů**, které vyjadřují vztah mezi odrazivostí v intervalu červené viditelné části spektra (60–700 nm) a v blízké infračervené části spektra (přibližně 700–900 nm). Existuje celá řada vegetačních indexů, přičemž je můžeme rozdělit do dvou skupin. *Poměrové indexy* dávají do vztahu jednoduchým nebo normalizovaným poměrem odrazivost povrchů v červené viditelné a blízké infračervené části spektra. *Ortogonální indexy* jsou lineární kombinací původních pásem multispektrálního obrazu.



Obr. 125: Části křivky spektrální odrazivosti pro vodu, vegetaci a půdu. Zdroj: Dobrovolný, 1998.



Obr. 126: Mapa vegetačního indexu EVI. Zdroj: <http://terra.nasa.gov/>.

ZDRAVOTNÍ STAV VEGETACE

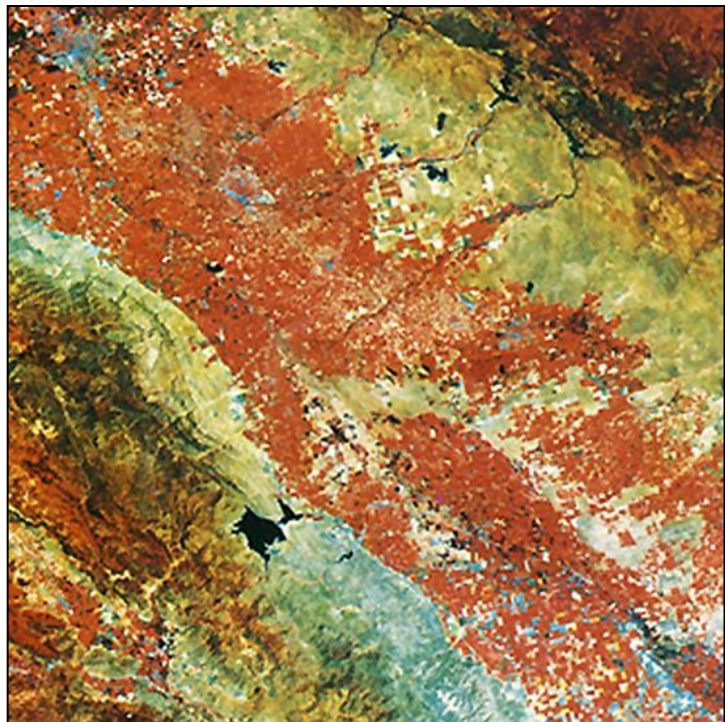
Podobně, jako je možné pro každou plodinu sestavit spektrální křivku její odrazivosti, můžeme podle charakteru křivek usuzovat na **zdraví vegetace**. Významným ukazatelem je *pokles vody v rostlině*, který má za následek změnu ve vnitřní struktuře objektů. Je-li například vlhkost menší než 55 %, dochází ke ztrátě chlorofylu, což se projeví větší odrazivostí na vlnové délce 660 nm a vyšší odrazivostí v infračervené části spektra. Obecně platí, že u rostlin na konci vegetačního období či u rostlin poškozených chemickými látkami dochází k *poklesu odrazivosti v blízké infračervené části spektra* a k *vzrůstu v části červené*. Protože se změna projeví nejdříve v infračervené části spektra, je možné na snímcích zaznamenat změnu ve zdravotním stavu vegetačního krytu dřívě, než se projeví v přírodě např. změnou barvy listů. Vegetace, která je ve **stresu**, nebo **poškozená**, bude v pásmu **blízkému infračervenému záření** v důsledku úbytku chlorofylu méně **pohlcovat modré a červené spektrum** a rostlinu budeme vidět jako **žlutou**.



Vyhodnocení zemědělské úrody

To, čím bezesporu zemědělství prospívá lidské společnosti, je rostlinná a živočišná výroba. S ohledem na prudký nárůst populace i změny ve společnosti mají vlády jednotlivých států přímo daný cíl. Zajistit dostatek potravy pro obyvatelstvo. Určité odhady množství sklizně je možné také s využitím DPZ. Snahou od počátku využití snímků DPZ v zemědělství bylo sestavit **katalog spektrálních křivek odrazivosti** pro jednotlivé rostliny v určité **fenofázi** (fenologická fáze – tvarově nebo funkčně zřetelný úsek v životě rostliny nebo živočicha v závislosti na sezónních změnách podnebí), čímž by bylo možné sledovat dozrávání jednotlivých plodin a včas tak začít sklizeň. Stanovit obecně platné hodnoty není ovšem kvůli celé řadě proměnných podmínek prostředí možné. I tak je v rámci konkrétního území možné jednotlivé plodiny odlišit. Popis konkrétních plodin je založen na pozemních spektrometrických (radiometrických) měřeních, která jsou prováděna v časově o prostorově omezeném rozsahu tak, aby co nejlépe vystihla vliv vybraných biometrických, pedologických a meteorologických parametrů na spektrální odrazivost zemědělských plodin. Vliv na jejich proměnlivost má mnoho faktorů: *druh plodiny včetně jejího genotypu, barva plodiny, obsah chlorofylu, hustota výsevu, fenologická fáze plodiny, výška porostu* aj.

Na snímku (obr. 127) z družice Landsat je zachycena část Centrálního údolí, respektive San Joaquin ve státě Kalifornie (USA). V pravém horním rohu můžeme identifikovat část *pohoří Sierra Nevada*, v levém dolním rohu pak *Pobřežní pásma*. **Žlutohnědý pruh** lemující horské části poukazuje na **louky a pastviny**, do jejichž částí je situován chov dobytka, a vmezežené **namodralé části** identifikují **subtropickou vegetaci** místně nazývanou *chapparal*. **Modré oblasti** v levém horním a pravém dolním rohu jsou *sídelní oblasti* – města Stockton a Modesto. **Červený pruh**, táhnoucí se údolím, představuje *zemědělské plodiny*, nejčastěji ječmen, cukrová řepa, fazole, vinná réva aj.

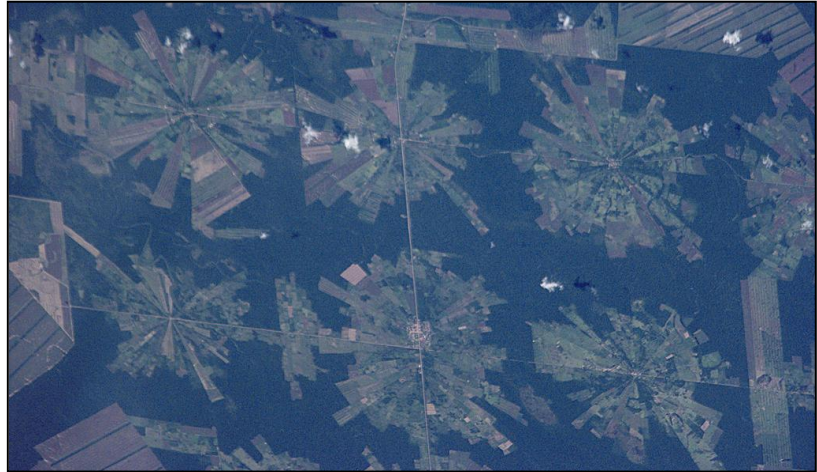


Obr. 127: Část centrálního údolí v Kalifornii, snímek z družice Landsat, červenec 1972; NASA

DPZ v lesnictví

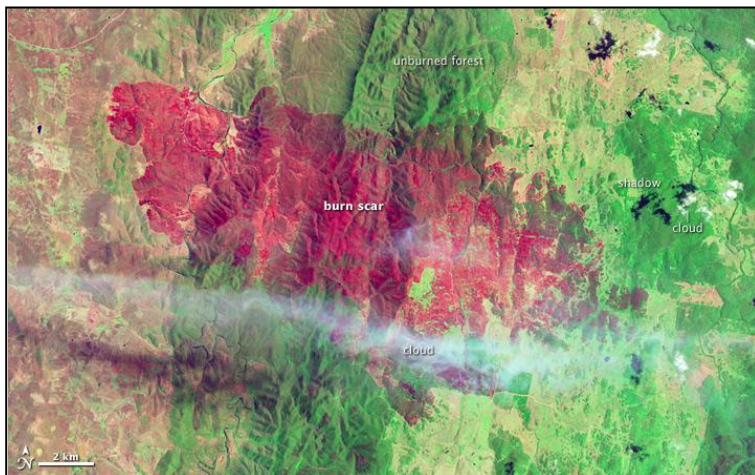
ODLESŇOVÁNÍ

Jedním z palčivých problémů, které trápí lesní pracovníky, je úbytek plochy lesních ekosystémů známých jako **odlesňování**. Tento proces probíhá nejintenzivněji zejména v rozvojových zemích, které se snaží získat novou zemědělskou půdu, či prodat dřevní hmotu. DPZ snímky tak mohou v různých časových odstupech podat přesvědčivý důkaz o tomto ne vždy promyšleném zásahu. Obrázek 128 dokumentuje snímek v pravých barvách **odlesňování ve východní Bolívii**, kdy bylo v rámci projektu Tiaras Bajas přesídleno do této oblasti za účelem pěstování sójových bobů obyvatelstvo z oblasti Altiplana. Osadníci postupně vytvořili *koncentricky uspořádaná sídla* a zemědělská pole v pravidelných vzdálenostech po ploše vykáceného lesa.



Obr. 128: Odlesňování amazonského deštného lesa v Bolívii. Zdroj: NASA.

DETEKCE LESNÍCH POŽÁRŮ



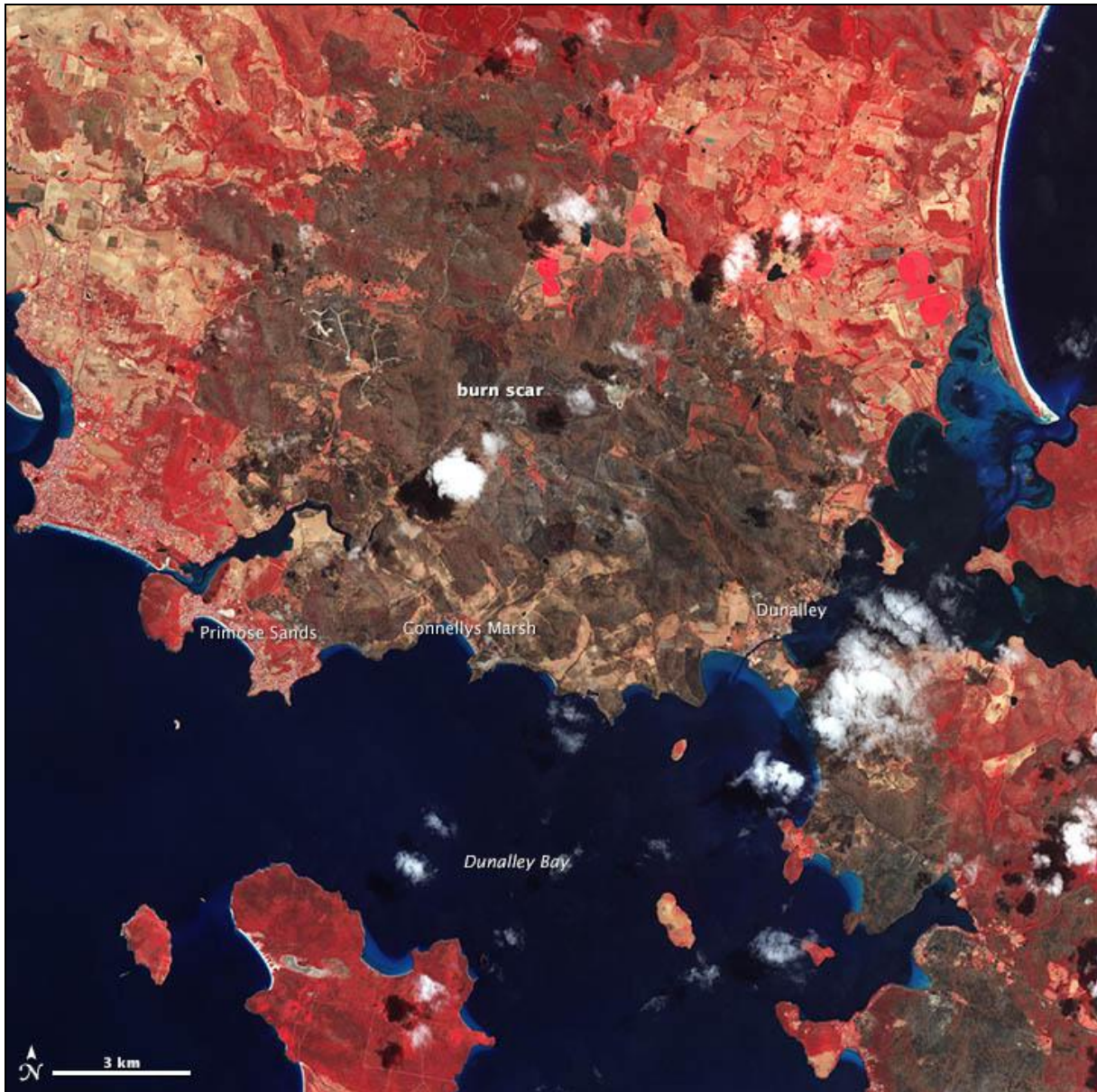
Obr. 129: Následky lesního požáru v Novém Jižním Walesu v Austrálii dne 15. 1. 2013. Zdroj: NASA.

Identifikace ohnisek lesních požárů je dalším významným úkolem DPZ. K jeho přímé lokalizaci se používají **termální snímky** a **snímky v infračervené části spektra**. Pro detekci oblastí zasažených požárem je možné využít snímků v nepravých barvách. Obrázek 129 ilustruje na příkladu snímku ze satelitu Earth Observing-1 v nepravých barvách škody způsobené lesním požárem. **Shořelá vegetace** je zobrazena **červeně**, **ohněm nedotčené lesy** **tmavě zeleně** a **zemědělské plochy** **světle zeleně**.

Další satelitní snímek (obr. 130) pořízený termálním skenerem satelitu Terra dokumentuje dopady požáru 14. 1. 2013 na Tasmánii v okolí města Dunalley. Na snímku je v **nepravých barvách** využívající jak viditelné, tak infračervené záření zachycena červenou barvou vegetace. **Světle červené plochy** představují **ohněm nedotčené** lesní porosty, **světle hnědé** indikují **částečný dopad požáru**, **tmavě**



hnědé oblasti pak oblasti **postižené silným požárem**. Komunikace jsou zobrazeny šedě a oblačnost bíle.



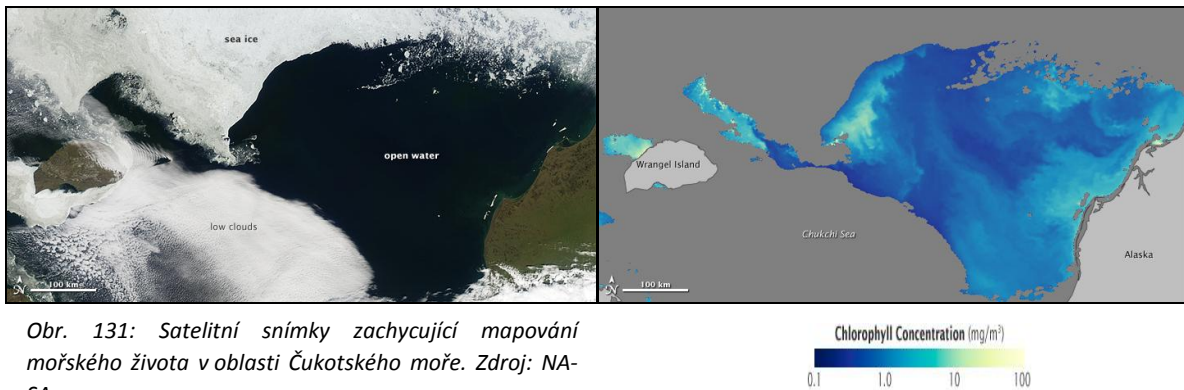
Obr. 130: Termální snímek ze satelitu Terra v oblasti tasvánského města Dunally. Zdroj: NASA.

ZDRAVOTNÍ STAV LESŮ

Zdravotní stav lesů se obdobně jako zdravotní stav vegetace vyhodnocuje na základě vegetačních indexů.

Oceánografie

V marinní biologii lze použít DPZ snímky zejména pro **detekci mořského života**, a to ve formě **fytoplanktonu**. Pro jeho identifikaci se využívá přítomnosti chlorofylu a jeho spektrální odrazivosti, o které bylo zmíněno výše. Satelitní snímek pořízený spektrometrem satelitu Aqua (obr. 131) zobrazuje na horním snímku v přirozených barvách oblast Čukotského moře. Spodní snímek využívá spektrální odrazivosti chlorofylu, přičemž **modré barvy** odpovídají oblastem **chudým na plankton**, **žluté** pak oblastem s **vysokou koncentrací planktonu**. **Pevnina** je zobrazena **světle hnědě** a oblasti, které *nemohly* být v důsledku výskytu oblačnosti vyhodnoceny, se jeví jako **tmavě hnědé**.



POUŽITÉ ZDROJE:

DOBROVOLNÝ, P. Dálkový průzkum Země. Digitální zpracování obrazu. Masarykova Univerzita, Brno, 1998.

NASA, <http://rst.gsfc.nasa.gov/>

Otázky a úkoly k zamyšlení:

Myslíte si, že se v České republice pracuje v krizovém řízení s družicovými snímky tohoto charakteru?

Je možné pořádit termální snímek bez využití družic?

Metodický a pracovní list:

Detekce lesního požáru

Život v mořích a oceánech



Užití satelitních údajů o poloze

Jak je z pojmenování dálkový průzkum Země zřejmé, údaje o objektech a procesech na zemském povrchu a v dolních vrstvách atmosféry se získávají bez přímého kontaktu s nimi. Přenos probíhá prostřednictvím elektromagnetického vlnění prostorem. Údaje představují záznamy signálů vhodné a účelově volených vlnových délek elektromagnetického záření. Z nich se následně sestavují datové sestavy a vizualizují snímky zkoumané oblasti. Je třeba říci, že dálkový průzkum Země se zaměřuje především na stanovení vlastností sledovaných objektů nikoli na samotnou interpretaci jevů jako takových. Informace z dálkového průzkumu pak vyhodnocují a se stávající úrovní poznání v daném směru propojují vědci ve spolupráci s příslušnými specialisty.

Témata a aplikace pro výuku fyziky se nabízejí v několika základních směrech. Jednak jsou to polohové a metrické úlohy s tělesy sestavené pomocí údajů satelitních snímků a obecné kinematické úlohy na podkladě běžných geografických podkladů. Dále máme možnost poukázat na různorodost typů elektromagnetického záření, která se využívá pro snímkování. K tomu lze žákům představit základní procesy interakce záření se hmotou (absorpce, reflexe, zákony odrazu a lomu) a spektrální vlastnosti různých těles. Třetí velkou oblastí je zkoumání pohybu družic a alespoň kvalitativní objasnění pohybu těles v gravitačním poli.

POLOHA TĚLES

Žáci určují polohy těles v prostoru, uvědomují si vzájemné polohy objektů a jejich způsoby zaznamenání. Učí se odhadovat a měřit délkové a úhlové rozměry. Zkoumání tvaru a prostoru vede žáky k řešení základních polohových a metrických úloh vycházející z běžných životních situací. V kinematických úlohách žáci dokážou rozlišit pohyby těles – pohyb rovnoměrný a nerovnoměrný; pohyb přímočarý a křivočarý a na dané úrovni s nimi pracovat.

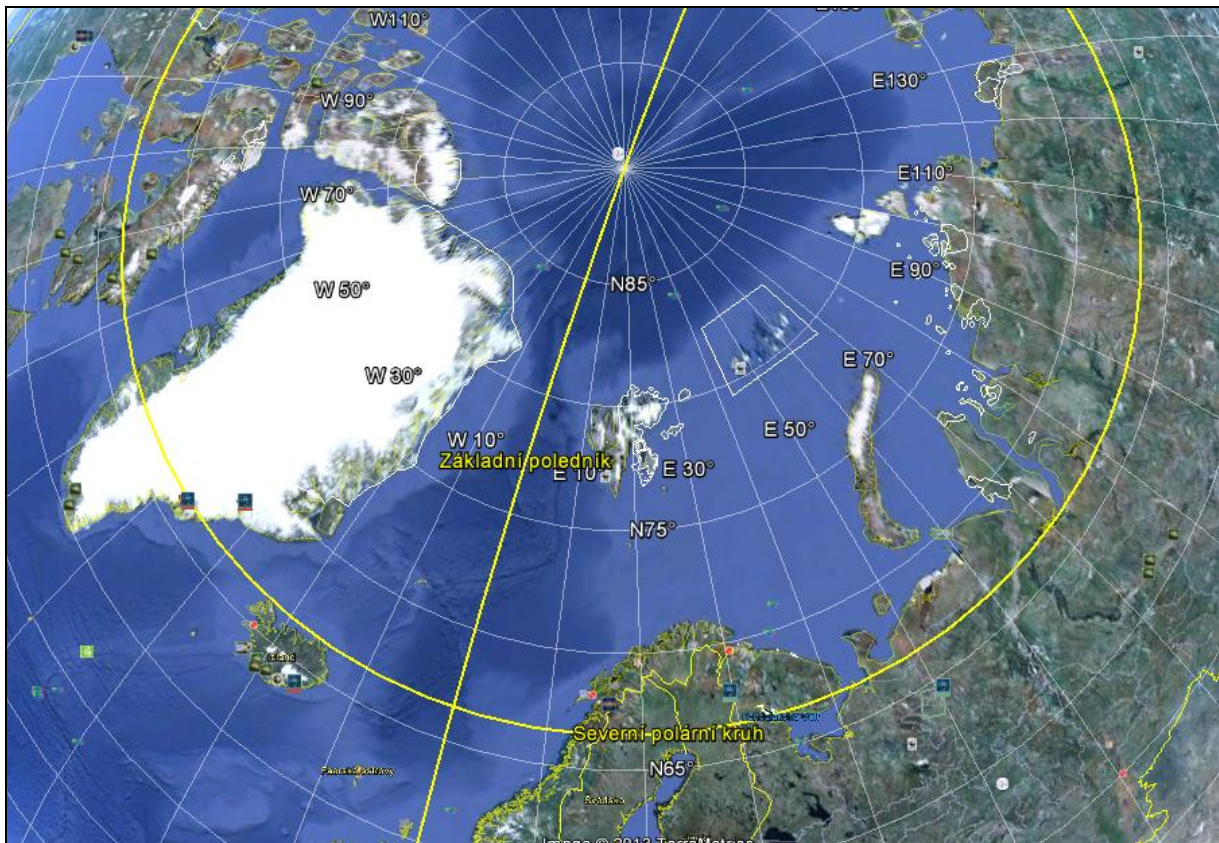
Zjednodušíme-li tvar Země na ideální kouli, můžeme k popisu libovolného místa na zemském povrchu použít tři souřadnice: zeměpisnou délku λ , zeměpisnou šířku ϕ a nadmořskou výšku. Při výkladu zeměpisných souřadnic učitel postupuje opatrně, aby se žákům nepletly úhly a vzdálenosti, jak se to objevuje občas v některých textech. Postačí říci, že poloha bodu na Zemi je určena třemi údaji – zeměpisnou šířkou, délkou a nadmořskou výškou.

Užitečná je jistě dovednost umět vypočítat vzdálenosti mezi dvěma místy na Zemi, určit délku dané rovnoběžky či poledníku. K určení délky rovnoběžky potřebujeme znát poloměr zeměkoule a mít základní povědomí o goniometrických funkcích.

$$r = R \cos \varphi$$

$$d = 2\pi R_z \cos \varphi, \quad \varphi - \text{úhel zeměpisné šířky}$$

Například pro určení délky polárního kruhu, si vybereme na satelitní mapě libovolná dvě místa ležící na polárním kruhu a z rozdílu zeměpisných délek a naměřené vzdálenosti míst lze stanovit délku této rovnoběžky.



Obr. 132: Polární kruh z aplikace Google Earth.

PŘESNOST MĚŘENÍ POLOHY

Další otázka, na jakou se fyzik obvykle ptá, je, s jakou přesností v aplikaci vlastně měříme. Populární web www.mapy.cz udává polohu na tisíciny úhlové vteřiny. Při měření známých objektů na mapě (hřišť, budov) lze vše vyzkoušet a porovnávat jejich rozměry se skutečností.

Délku 50. rovnoběžky určíme jako:

$$d_{50} = 2\pi R_z \cos 50^\circ = 2\pi \cdot 6371 \cdot \cos 50^\circ = 25759 \text{ km}$$

Na 1 úhlový stupeň připadá 71,6 km, 1 úhlové minutě odpovídá 1,193 km a úhlu 1 vteřiny 0,02 km (20m). Měřit na tisíciny vteřiny tedy znamená měřit s přesností na 2 cm. Podobným způsobem zjistíme, co znamená přesnost na tisíciny úhlové vteřiny v poledníkovém směru.

Délka poledníku je:

$$d_{50} = 2\pi R_z = 2\pi \cdot 6371 = 40030 \text{ km}$$

Jeden stupeň tedy odpovídá 111 km, 1 úhlová minuta 1,849 km a úhlová vteřina vzdálenosti 0,031 km. V poledníkovém směru přesnost měření na tisíciny vteřiny značí odchylku 3 cm.



Sledování pohybu Země

POHYB TĚLES

Země se otáčí kolem své osy od západu k východu, další fyzikální úlohy se tak mohou týkat výpočtů úhlové a obvodové rychlosti objektu v různých polohách na zeměkouli. Pro praxi vystačíme s odhadem, že všechny body na zemi se za 1 hodinu se pootočí vždy asi o 15° .

Pro výpočet úhlové rychlosti rotace Země platí: $\omega = \frac{2\pi}{T}$

Pokud za periodu T rotace Země dosadíme 24 h, dostaneme $7,292 \cdot 10^{-5} \text{ rad s}^{-1}$, což je přibližně těch 15° h^{-1} . Siderická doba rotace je doba jednoho otočení Země okolo své osy vůči vzdáleným hvězdám. Tato doba je 23 h 56 min 4 s – $7,272 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ (hodnoty úhlové rychlosti se liší na druhém desetinném místě).

Motivační úlohou může být nechat žáky spočítat, jaký je poměr úhlové rychlosti hodinové ručičky a úhlové rychlosti otáčení Země a diskutovat výsledek.

Jakou obvodovou rychlostí se pohybuje člověk na rovníku a jakou v zeměpisné šířce 50° ?

Pro obvodovou rychlost $v = \frac{2\pi r}{T}$

Poloměr 50° rovnoběžky je

$$r_{50} = R \cdot \cos \phi = 3871 \cdot \cos 50^\circ = 4095 \text{ km}$$

Dosažením a výpočtem zjistíme, že obvodová rychlost člověka na rovníku je přibližně 465 m s^{-1} a pro člověka na 50 stupni severní šířky je asi 299 m s^{-1} .

VÝPOČTY RYCHLOSTÍ SATELITŮ

Za kosmický let se považuje let, při kterém těleso vykoná alespoň jeden oblet kolem Země, nad hranicemi atmosféry 120 km a nad povrchem setrvá alespoň 90 minut.

Vypočítejte velikost rychlosti satelitu v podobné výšce s oběžnou dobou 90 minut. Srovnejte s velikostí rychlosti přirozeného satelitu – Měsíce při jeho pohybu kolem Země. Předpokládejte, že se Měsíc se pohybuje po kružnici o poloměru $3,84 \cdot 10^5 \text{ km}$ s periodou 27,3 dne.

Země jako těleso

ÚLOHY O TĚLESECH

Pro úlohy na objem či plochu těles můžeme využít aktuálních údajů o procesech tání ledovců. Grónský ledovec je velkou zaledněnou plochou $1\,700\,000\text{ km}^2$. Průměrná tloušťka ledovce je zde 2135 m . Žáci na satelitní mapě zkoumají rozměry ledovce – jeho největší délku, šířku, srovnávají to s předloženými údaji. Následně se snažíme se vypočítat objem grónského ledu a jeho hmotnost při hustotě ledu 920 kg/m^3 .

$$V = 1,7 \cdot 10^{12} \cdot 2135 = 3,6 \cdot 10^{15} \text{ m}^3$$

$$m = 920 \cdot 3,6 \cdot 10^{15} = 3,3 \cdot 10^{18} \text{ kg}$$

V roce 2010 ubylo nevratným táním odhadem 530 gigatun grónského ledovce.

Jaký objem vody, tímto táním v roce 2010 vznikl?

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{530 \cdot 10^{12}}{1028} = 5,15 \cdot 10^{11} \text{ m}^3$$

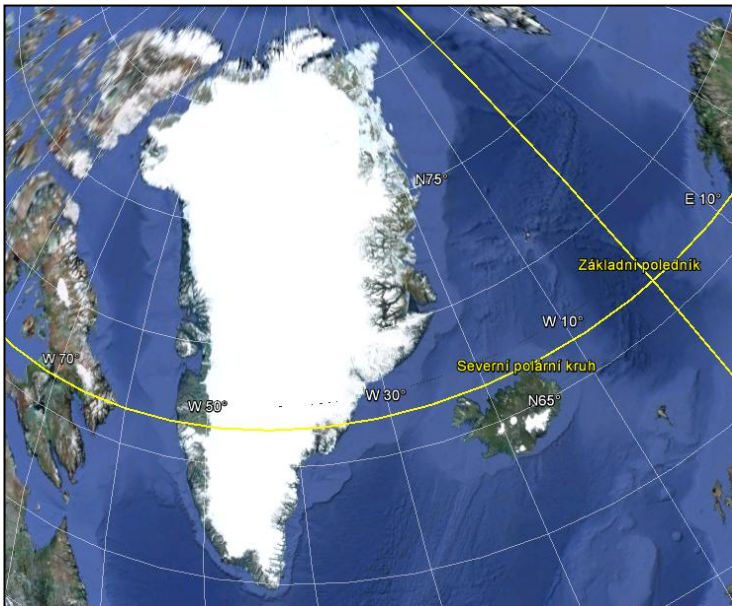
O kolik se tímto procesem zvýšila hladina oceánu v roce 2010?

$$S \cdot h = V_p \quad h = \frac{V_p}{S} = \frac{5,15}{3,6} \cdot 10^{-3} = 1,43 \cdot 10^{-3} = 1,43 \text{ mm}$$

A o kolik by se zvýšila hladina oceánu, kdyby celý grónský ledovec roztál.

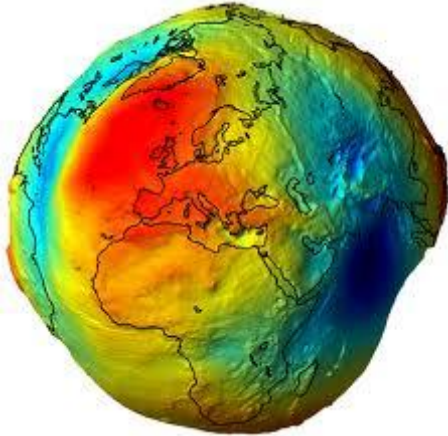
$$S \cdot h' = V' \quad h' = \frac{V'}{S} = \frac{3,2 \cdot 10^{15}}{3,6 \cdot 10^{14}} = 8 \text{ m}$$

Na satelitní mapě či v Google Earth lze zjistit nadmořskou výšku, v přímořských oblastech lze odečíst výšky území, která by byla zaplavena. Jaké jiné procesy přispívají ke zvýšení hladiny oceánu?



Obr. 133: Grónsko v aplikaci Google Earth.

Tíhové pole Země je prostor, kde se projevuje působení zemské tíže. Měření tíhového pole Země ze satelitního dálkového průzkumu ukázalo, že na planetě existuje řada nehomogenit globálního a lokálních typu. Odchylky tíhového zrychlení od normálních hodnot, tíhové anomálie, jsou projevem hustotních nehomogenit.



Obr. 134: Geoid en.wikipedia.org.

Pro školské účely obvykle postačuje považovat zemi za kouli. Ovšem Země je těleso podobné více rotačnímu elipsoidu. Má speciální označení – geoid. V důsledku nerovnoměrného rozložení zemské hmoty místa se stejnou „přitažlivostí“ nemají od středu Země stejnou vzdálenost. Povrch geoidu je oproti elipsoidu místy zvlněný, od referenčního elipsoidu se odchyluje od +70 do -100 metrů.

Družicové výzkumy ukázaly, že dokonce ani severní a jižní polokoule nejsou symetrické vzhledem k rovině rovníku. Poloosa jižní polokoule je o 40 m kratší než poloosa severní polokoule. Teda jižní polokoule je trochu menší. Podobné nerovnosti najdeme i v rovnoběžných řezech. Také střed zemského jádra je posunutý o 350 km od geometrického středu Země.

Dosud nejpřesnější měření tíhového pole Země byla získána v roce 2002 dvojicí satelitů GRACE (Gravity Recovery And Climate Experiment). Na jejich základě byla zpracována světová gravitační mapa, která je desetkrát přesnější, než předcházející mapa geoidu WGS-84 (obr. 134).

HUSTOTA ZEMĚ

Často se ve škole počítá střední hustota Země, velikost jejího povrchu. Je vhodné žákům sdělit, že Země se skládá z několika soustředných vrstev, které se svou hustotou velmi liší. Pro názornost stačí rozdělit zemské těleso na kůru, plášť, vnější a vnitřní jádro, přičemž hustota zemské kůry je asi 2 800 kg/m³, hustota jádra až 13 500 kg/m³.



Obr. 135: Grace – Gravity Recovery and Climate Experiment. Zdroj: <http://www.sciencely.com>.

DPZ a záření

ELEKTROMAGNETICKÉ ZÁŘENÍ

Většina z nás si je vědoma, že lidské oko je dokáže vnímat jen velmi úzkou část spektra elektromagnetického záření, přesto při čtení satelitních map z dálkového průzkumu nás překvapí, jak široký rozsah frekvencí elektromagnetického záření je zde sledován. Užívá elektromagnetické záření o vlnové délce 1m až 0,3 μ m. Frekvenční pásma se volí podle zkušeností se spektrálním projevem objektů na zemském povrchu a podle účelu.

Při DPZ se snímá buď vlastní záření objektu, nebo jeho reakce (odraz, absorpce) na záření vnější. Každé měření DPZ se musí dobře naplánovat a kalibrovat, aby jeho výpovědní hodnota byla objektivní. Obecně tělesa totiž vykazují rozdělení spektrální intenzity značně nerovnoměrné a také sluneční záření, které do většiny měření také vstupuje, je proměnné v čase i prostoru.

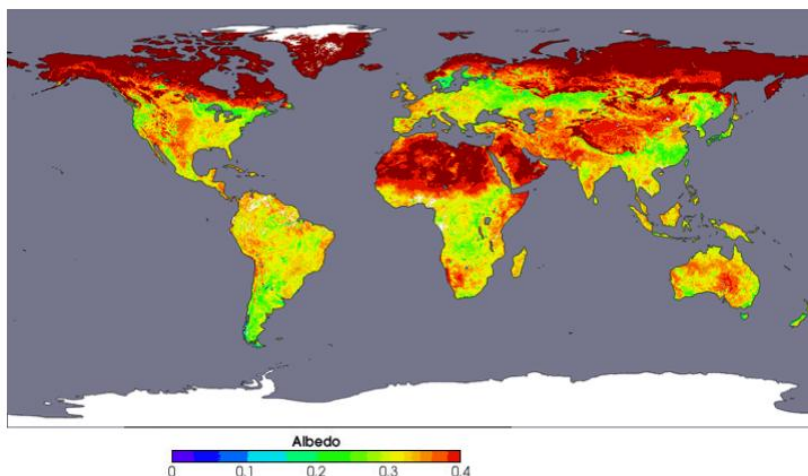
Zprvu byla jediným typem prostředků dálkového průzkumu letecká fotografie, v současnosti se používá barevná, infračervená a vícespektrální fotografie s vysokým rozlišením. Pokroky družicové technologie přinesly nové možnosti, vypouštějí se specializované satelity s multispektrálními snímači. Spolehlivé výsledky lze získat jen tam, kde se spektrální křivky odrazivosti nebo absorpce objektů liší. V mnoha případech tomu tak opravdu je, například odrazivosti anorganického a organického materiálu se výrazně odlišují. Na hladkém povrchu se záření odrazí v jednom směru, na hrubém povrchu je odraz difusní, všesměrový. To zda objekty budou odrážet záření difúzně, záleží na hrubosti povrchu objektu v porovnání s vlnovou délkou použitého záření. Pokud je vlnová délka o mnoho menší, než jsou změny povrchu nebo částice, ze kterých je povrch složen, bude převažovat zrcadlový odraz. To vše je třeba brát v úvahu. Třeba jemný písek bude mít vlastnosti hladkého povrchu při použití dlouhovlnných mikrovln a naopak hrubého povrchu při použití viditelného záření.

ALBEDO

Důležitou integrální veličinou je tzv. **albedo**. Jde o poměr mezi odraženým zářením a zářením dopadajícím na zkoumaný povrch. V praxi se vymezuje albedo spektrální (pro intervaly vlnových délek) a albedo energetické pro celé spektrum. Vzhledem k měnícímu se klimatu na planetě, nabývá zkoumání změn albeda v krajině na vý-

znamu. Průměrné albedo Země 0,4 (sníh 0,75, půda tmavá 0,15, poušť 0,3, rostli-

ny 0,25). Družice Earth Probe přinesla řadu poznatků v tomto směru, podobně přístroj MODIS na družicích Terra a Aqua. Viz pracovní list k tomuto tématu.



Obr. 136: Výsledky měření albeda povrchu – MODIS – <http://earthobservatory.nasa.gov/Newsroom/Albedo/>



JEDNODUCHÉ FYZIKÁLNÍ ÚLOHY

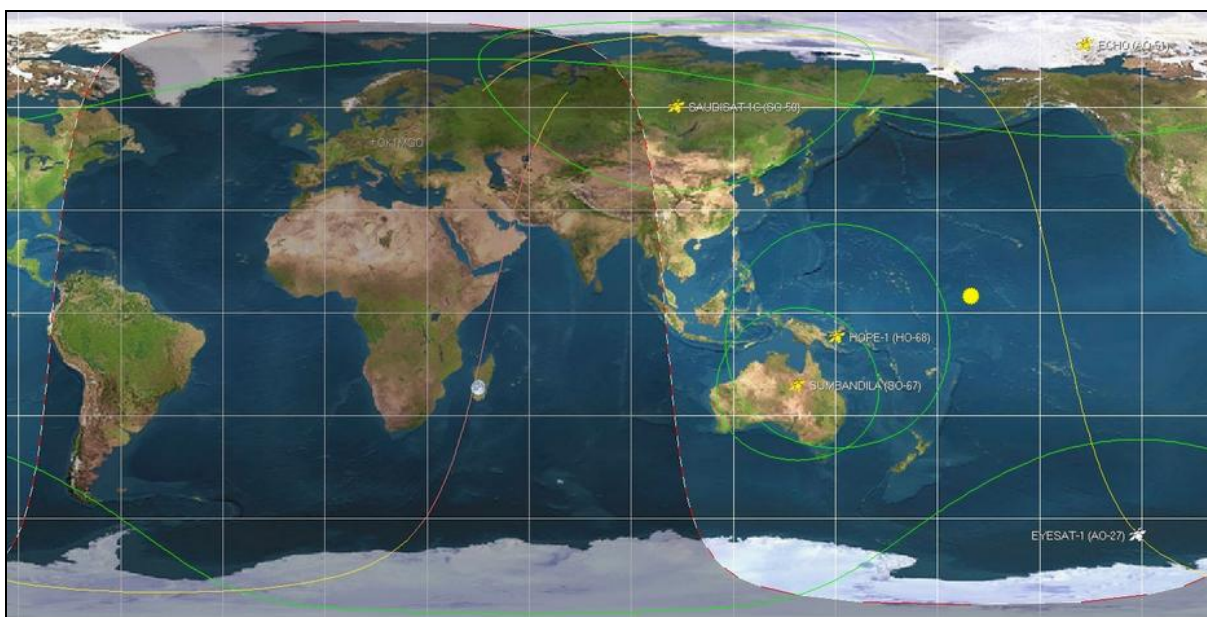
Pro školní účely začínáme jednoduchými úlohami, které prověřují jen ty nezákladnější znalosti. Víme, že radiové určování polohy a navigace jsou založeny na vztah mezi rychlostí, frekvencí a vlnovou délkou světla. Dalším poznatkem je, že pro všechna vlnění jsou v platnosti základní zákony odrazu, lomu. Sestavujeme zprvu jednoduché úlohy:

- V jaké vzdálenosti od antény radiolokátoru je sledovaný objekt, jestliže se odražený signál vrátí za $200 \mu\text{s}$?
- Přenos snímků ze satelitu zajišťuje vysílač s kmitočtem $108,09 \text{ MHz}$, určete vlnovou délku, na které je přijímá řídicí středisko.

Pohyb satelitu

PROGRAM ORBITRON

Pro sledování satelitu na obloze je úžasným pomocníkem program Orbitron (viz odkaz v závěru publikace) – sledovací systém pro radioamatéry a pozorovatele satelitů. Umožní nám vidět trajektorie satelitů ve válcové projekci podobným způsobem, jakým je sledují pracovníci v řídicím středisku na Zemi. Válcová projekce je vysvětlena ve školních atlasech Země. Příklad takové mapy je na Obr. 137. Abychom mohli případně sami do válcových souřadnic zakreslovat polohu satelitu, potřebujeme o něm vědět: oběžnou dobu, úhel, jaký svírá jeho orbita s rovinou rovníku, a počátek – místo, ve kterém se nacházel v konkrétní dobu.



Obr. 137: Orbitron projekce pohybu satelitu.

LITERATURA:

<http://geologie.vsb.cz/geoinformatika/>

KLAPKOVÁ DYMEŠOVÁ P., VOLF I. Na rozhraní mezi fyzikou a zeměpisem, UHK2012.

Otázky a úkoly k zamyšlení:

1. Jaké vidíte hlavní rozdíly mezi údaji získanými z měření satelitů a údaji z pozemského měření?
2. Jak byste zapsali polohu satelitu v daný okamžik?
3. Nejkratší spojnici mezi dvěma místy v rovině je přímka. Na zakřiveném povrchu Země je užití přímky problematické. Zkuste se zamyslet nad tím, jak byste volili nejkratší možnou leteckou trasu mezi libovolnými dvěma body na Zemi.

Metodický a pracovní list:

Geostacionární družice nad Zemí

V jaké výšce nad Zemí jsou umístěny geostacionární družice?

Sluneční záření jako zdroj energie pro planetu

Na závěr

Nelze pochybovat, že vesmír se stal klíčovým prostorem moderní éry. Jeho využití se stále zvětšuje. V průběhu několika let můžeme sledovat strmý nárůst aktérů s přístupem do vesmíru. Podle serveru Space security dnes již 49 států disponuje vesmírným majetkem. Osm států prokázalo schopnost vypustit předměty na oběžnou dráhu, když nepočítáme Evropskou vesmírnou agenturu a soukromé společnosti, které využívají na dopravu státem vyvinuté rakety. Cesty přístrojů i samotného člověka za hranice atmosféry jsou něčím, co dnes bereme jako naprosto běžnou věc. Každý rok startují nové rakety, rozmisťují se nové satelity či se střídají posádky na vesmírných stanicích. Zprávy informují většinou o bezproblémovém startu či přistání, což znamená, že vše funguje tak, jak jsme předpokládali.

Dálkový průzkum Země rozšiřuje vědomosti o základních procesech na Zemi, o proudění v atmosféře a v oceánech či o fungování ekosystémů. Nemalým přínosem je také technologický rozvoj spojený s neustálou snahou o vytvoření lepších senzorů a družic. Tento rozvoj stimuluje inovační procesy v průmyslových odvětvích, jako je optika, elektronika, zpracování dat a mnohá další.

Přílohy na CD-ROM

METODICKÉ A PRACOVNÍ LISTY

Environmentální projekt

Cesta kolem světa

Zeměpis

Svět pohledem družice LANDSAT

Proměna krajiny, porovnávání starých a aktuálních leteckých snímků

Poznej města na leteckých snímcích

Lidská sídla z ptačího pohledu

Příprava animace aktuálního chodu oblačnosti nad Českou republikou ze snímků družice Meteosat

Kde právě prší – využití dat z radaru

Zemědělství netradičně

Proměny průmyslu

Krušné hory v čase, obnova krajiny

Poválečná těžba uranu a vězeňské tábory a na archivních leteckých snímcích

Doprava v průběhu dne

Dálkový průzkum Měsíce a Marsu

Chemie

Ozon, jeho vlastnosti a sledování pomocí DPZ

Oxid dusičitý NO₂, aerosoly, smog

Methan CH₄ a formaldehyd HCHO

Biologie

Detekce lesního požáru

Život v mořích a oceánech

Fyzika

Geostacionární družice nad Zemí

Zakreslení geostacionární družice nad Zemí a výpočet plochy, kterou snímá

V jaké výšce nad Zemí jsou umístěny geostacionární družice?

Sluneční záření jako zdroj energie pro planetu

Ukázky interpretace snímků družice LANDSAT

FOTOGRAFIE PRO ENVIRONMENTÁLNÍ PROJEKT

Cesta kolem světa – města

Poznávání míst na Zemi

Obrázky pro cestu kolem světa s textem

Popisky obrázků pro cestu kolem světa pro tisk

Program Orbitron je veřejně dostupný na webové stránce: <http://www.stoff.pl/downloads.php>

Svět a krajina pohledem z výšky

PhDr. Hana Svatoňová, Ph.D., a kol.

Grafické zpracování: RNDr. Hana Svobodová, Ph.D.

Vydala: Masarykova univerzita v roce 2013

1. vydání, 2013

Náklad: 100 výtisků

Tisk: Tiskárna KNOPP, Černčice 24, 549 01 Nové Město nad Metují

ISBN 978-80-210-6263-4

