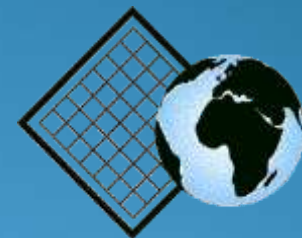
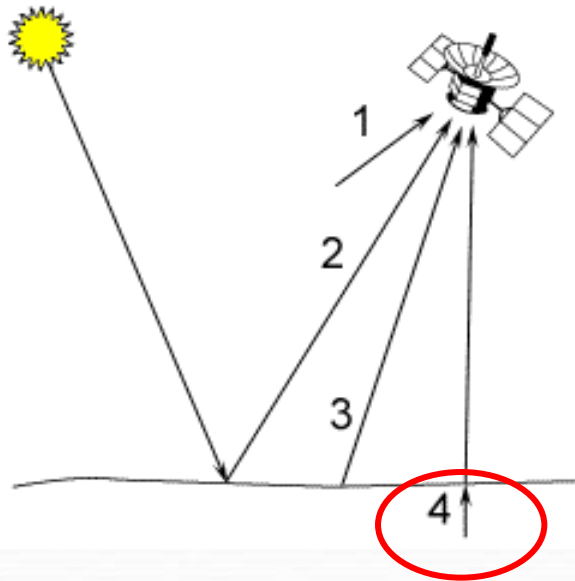


Dálkový průzkum země v mikrovlnné části spektra I



Základní způsoby snímání mikrovlnné části spektra

- **Pasivní metody (mikrovlnný radiometr)**
- **Aktivní metody (RADAR)**
- **Z družic, letadel i pozemních přístrojů**



Charakteristika mikrovlnného záření

- Mikrovlnné záření je schopné se šířit atmosférou téměř za jakýchkoliv podmínek (déšť, sněžení, oblaka, zákal, dým, tma)
- Může procházet i do určité hloubky v sedimentech (využití v geologii, georadar...)
- Odražové a vyzařovací schopnosti objektů na zemském povrchu jsou v oblasti mikrovln odlišné od těchto charakteristik v optické části spektra.
- Odražové vlastnosti povrchů jsou formovány především drsností a vodním obsahem.
- Odražové vlastnosti povrchů ovlivňují jejich dielektrické vlastnosti.

Radarový vs. optický DPZ

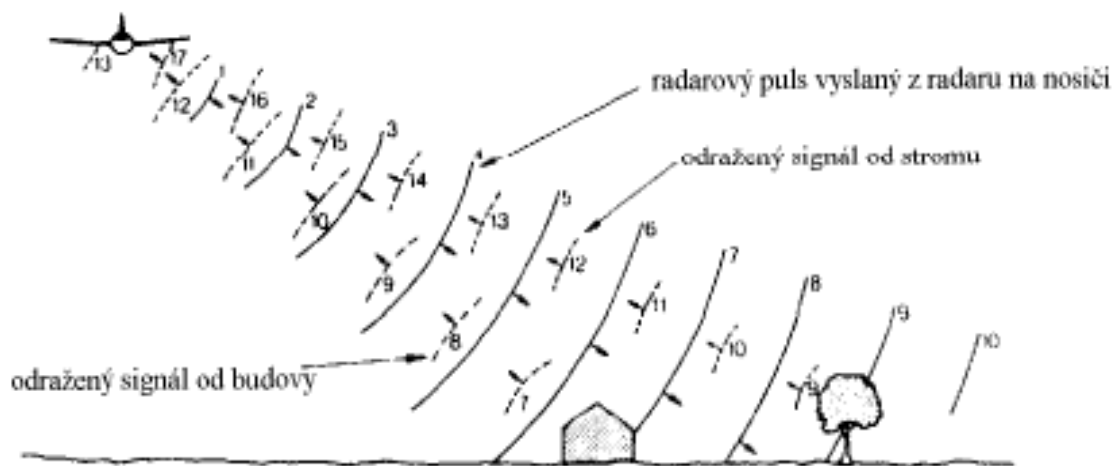
1. operuje v noci i ve dne
2. neomezen oblačností ani srážkami (většinou)
3. zanedbatelný vliv atmosféry
4. citlivý na obsah vody
5. citlivý na drsnost povrchu
6. struktura povrchu (polarimetrie)
7. přesné měření vzdálenosti
8. proniká pod povrch
9. náročnější interpretace
10. rozdílné geometrické zkreslení
11. zašumění - speckle

1. operuje pouze ve dne (VIS)
2. omezení počasím (oblačnost, déšť)
3. velký vliv atmosféry (nutné korekce při porovnávání časové řady)
4. citlivost na chemické složky (chlorofyl, půda...)
5. nízká citlivost na drsnost povrchu
6. nemožnost využít polarimetrii
7. neměří vzdálenosti
8. neproniká pod povrch

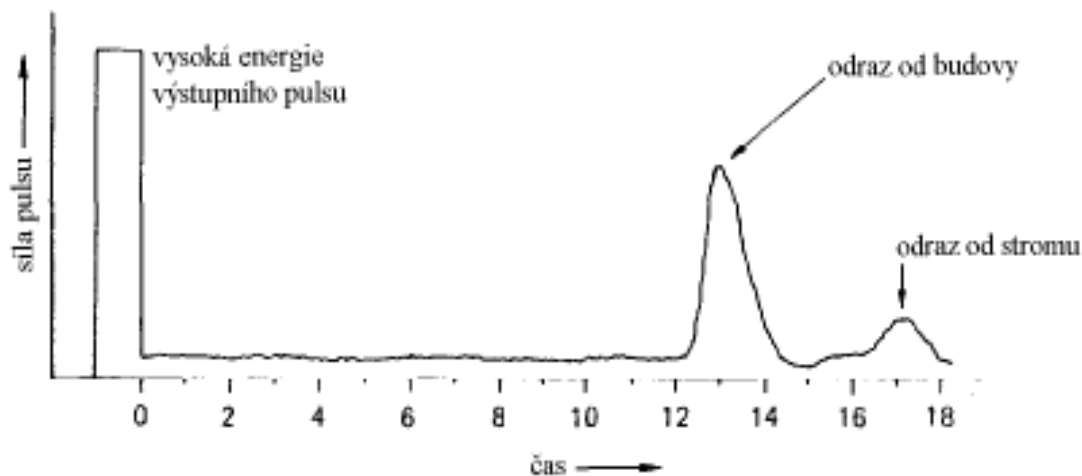
Princip radaru

Radio Detection and Ranging (zaznamenávání přítomnosti a polohy objektů)

- signál ve formě krátkých pulsů (μs)
- signál je vyslán, prochází a reaguje s prostředím, část se odrazí zpět
- signál zaznamenan anténou (intenzita, čas a fáze vlnění)
- jevy blíže odrážejí dřív



(a)

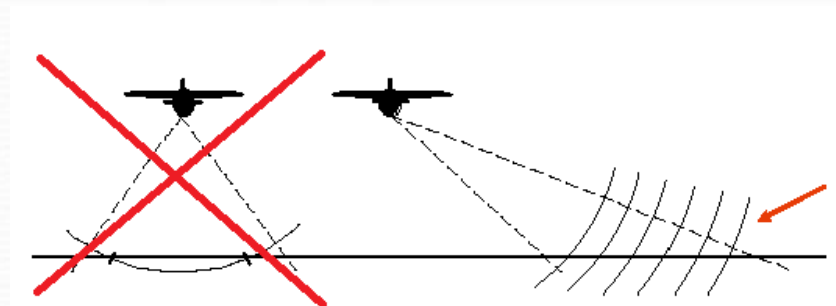


(b)

Typy radaru

- **RADAR nezobrazující**
 - **Dopplerův RADAR (měření rychlosti, princip měnící se frekvence v závislosti na rychlosti)**
 - **PPI RADAR (meteorologický, letecký, vojenský)**
- **RADAR zobrazující**
 - **Radar s reálnou aperturou - SLAR (Side Looking Airborne RADAR) (většinou letadlo, starší typ)**
 - **Radar se syntetickou aperturou - SAR (Synthetic Aperture RADAR) (na družicích, novější typ)**

boční radar



Nevojenské využití RADARu

Princip znám už od počátku století (vojenské utajování)

1967 - provincie Darien (Panama)

1971- Venezuela

1971-1976 - RADAM (Radar for the Amazon),

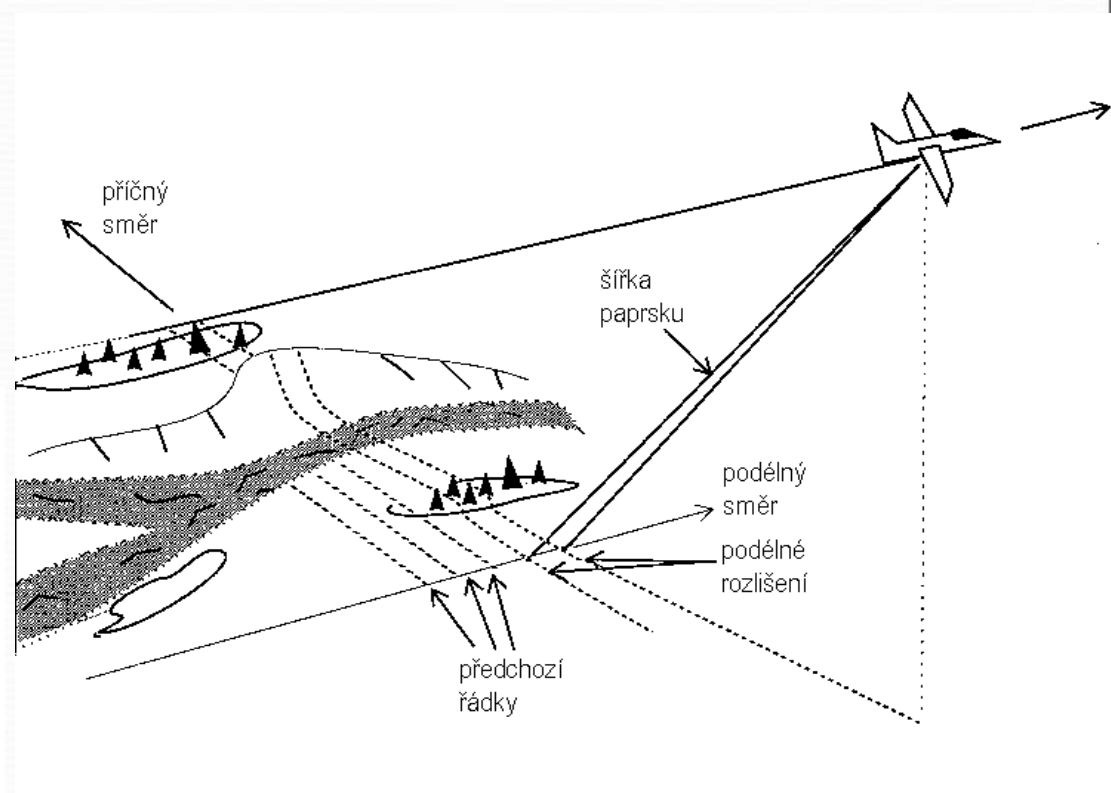
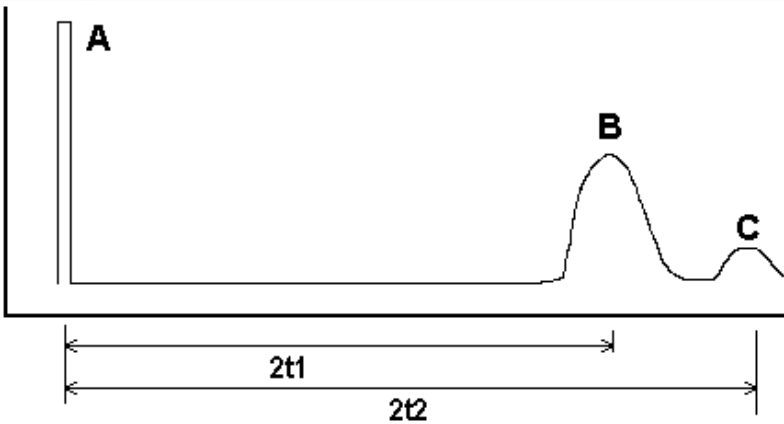
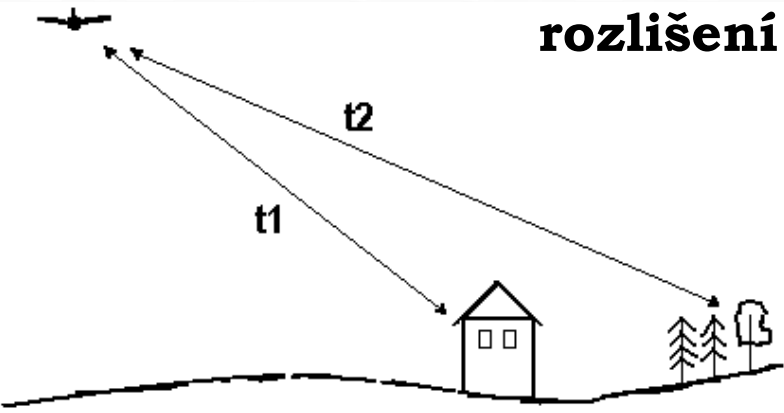
Radarových snímků vytvořených z letadel bylo použito k analýze geologických poměrů, k inventarizaci lesní dřevní hmoty, lokalizaci komunikací, vyhledávání minerálů, mapování sopečných tvarů a toků velkých řek.

Boční radar - SLAR

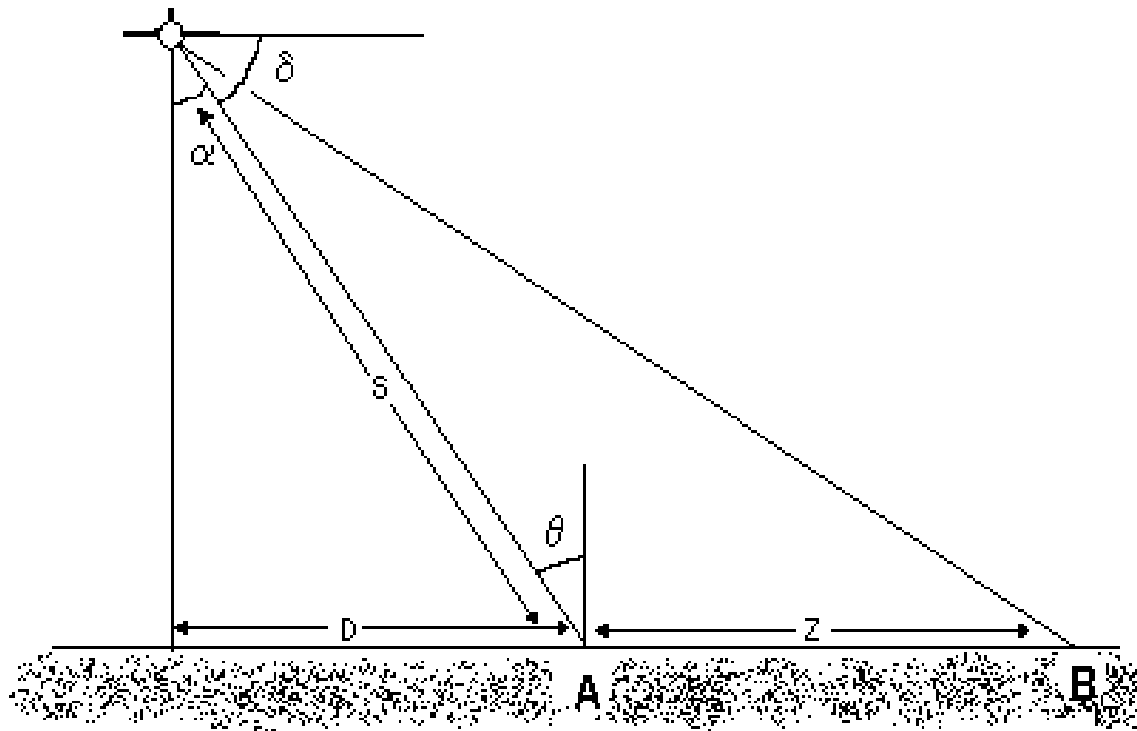


$$D_s = \frac{c \cdot t}{2}$$

nosič letí konstantní rychlostí, zaznamenává intenzitu odrazu z úzkého pruhu území (řádku) – kolmo na směr letu, specifické geometrické vlastnosti, dvojí prostorové rozlišení – příčné, podélné



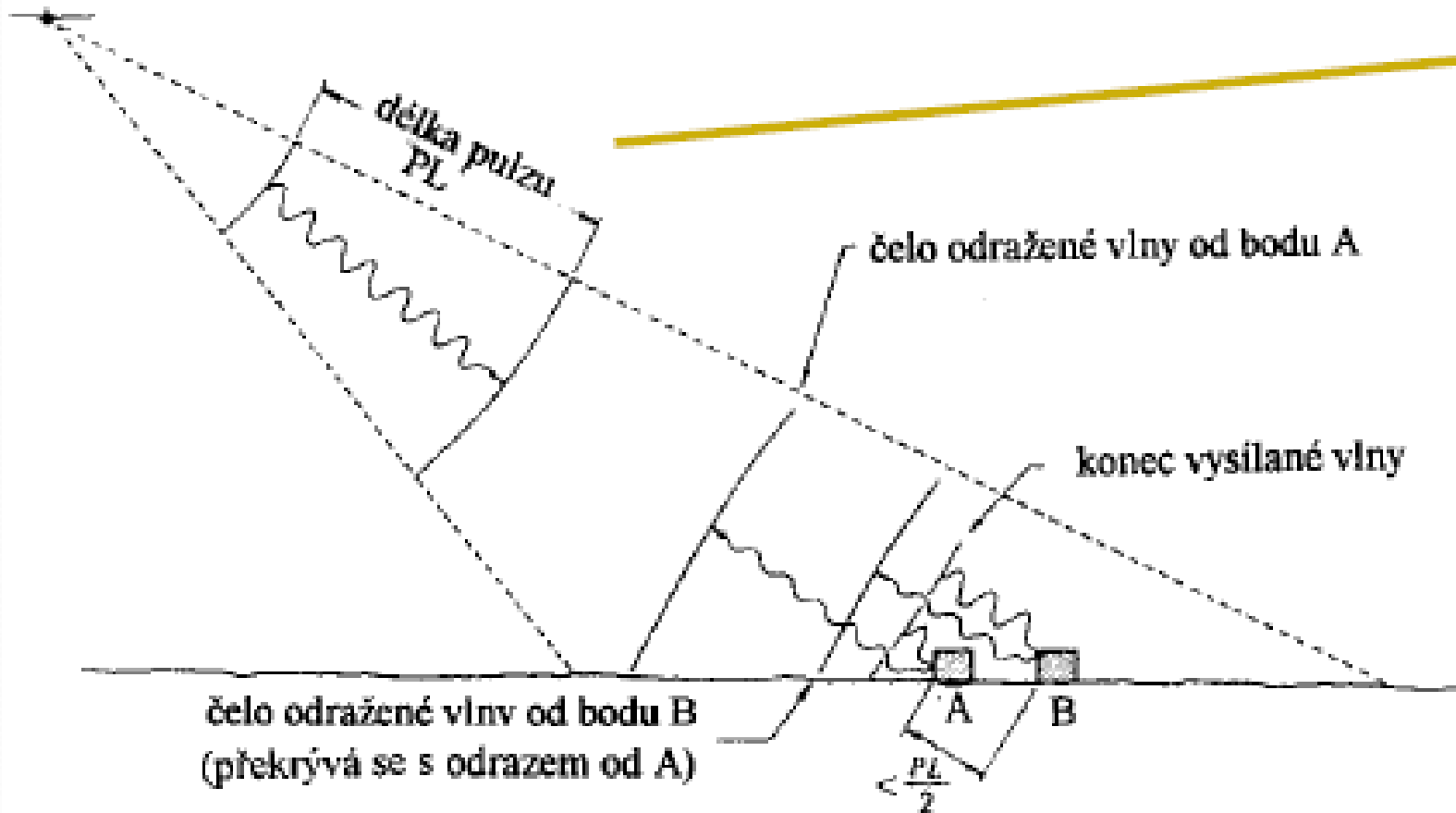
Geometrické vlastnosti radarových obrazových záznamů



A - oblast blízkého dosahu (near range), B - oblast vzdáleného dosahu (far range); α - úhel pohledu (look angle), δ - hloubkový úhel (depression angle), θ - úhel dopadu (incidence angle); S - šikmá vzdálenost (slant range), D - horizontální vzdálenost (ground range), Z - šířka záběru (swath)

Příčné prostorové rozlišení

určováno délkou pulzu, pro rozlišení dvou objektů musí být jejich šikmá vzdálenost větší než $PL/2$, aby nedocházelo k překryvu

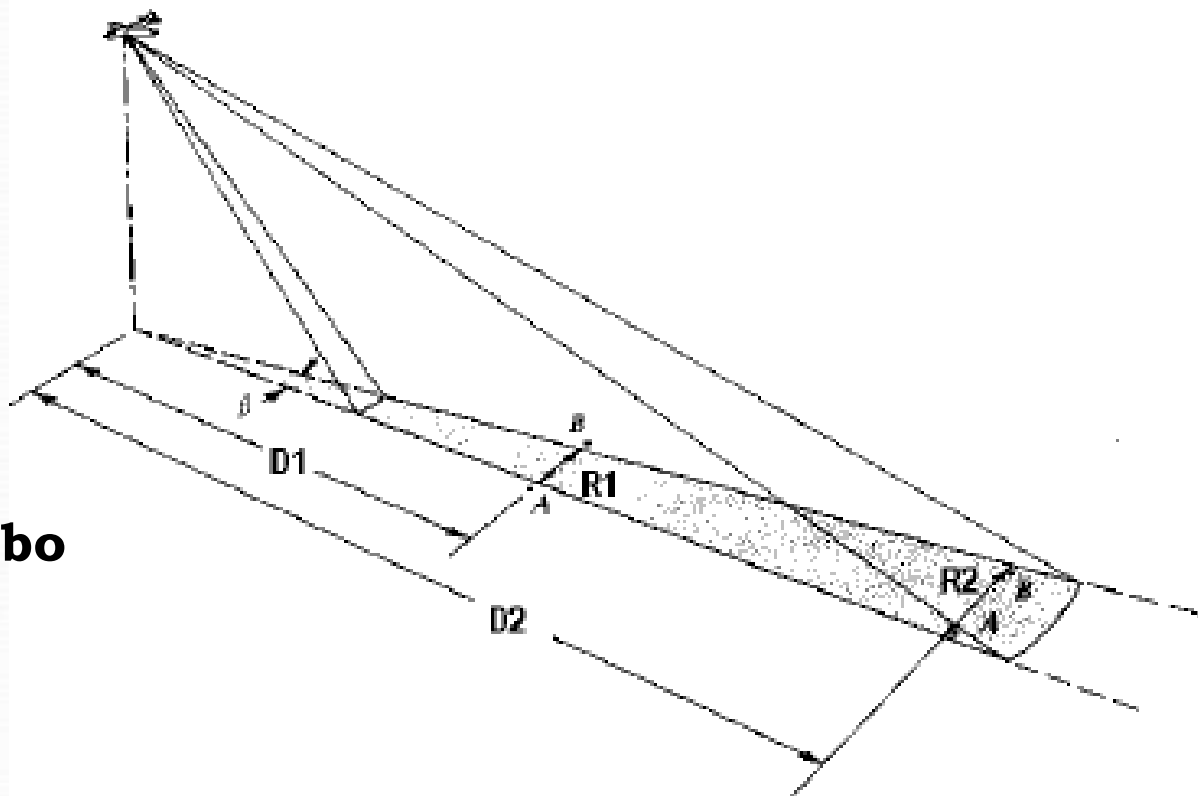


Podélné prostorové rozlišení

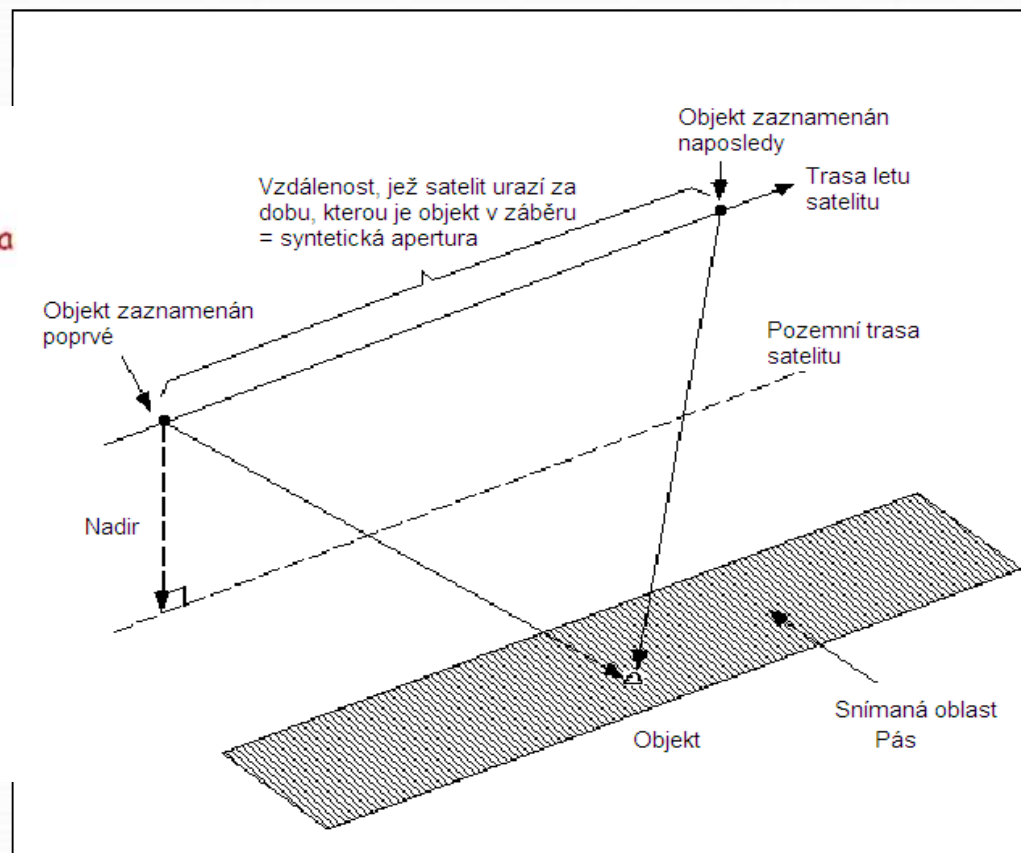
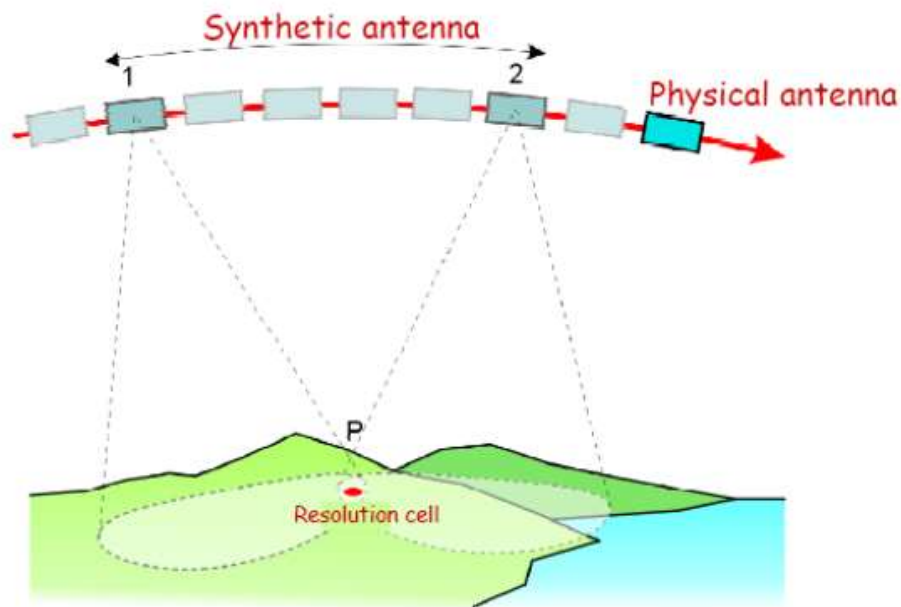
- Závisí na šířce vyslaného paprsku (β) a horizontální vzdálenosti (D)
- Rozlišení klesá se vzdáleností od letové osy
- Vztah mezi šířkou paprsku (β), vlnovou délkou vyslaného signálu (λ) a délkou antény (A)

$$\beta = \frac{\lambda}{A}$$

u SLAR lze dosáhnout lepšího rozlišení pouze zvětšením antény – technické problémy nebo vysílání na kratších vlnových délkách – rušení atmosférou – vývoj směrem k SAR



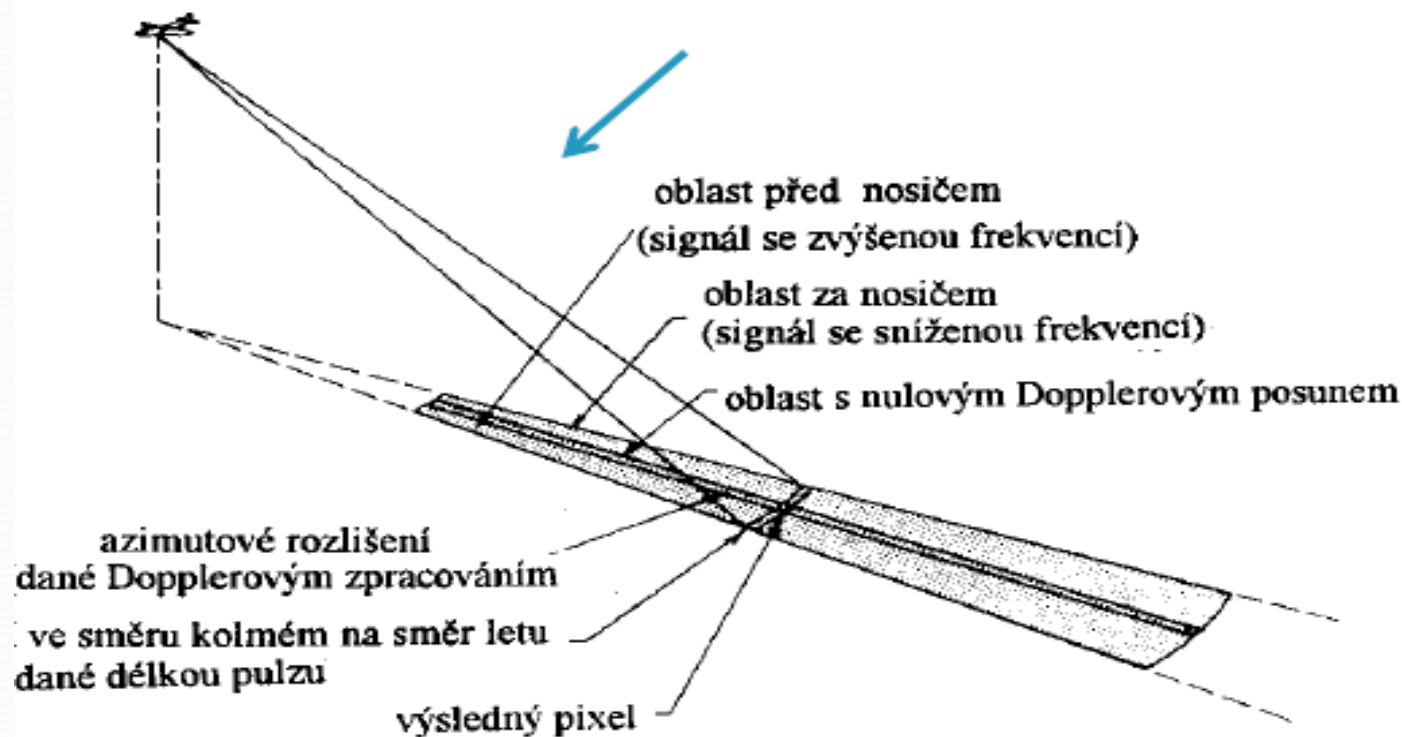
Radar se syntetickou anténou - SAR



Simuluje extrémně dlouhou anténu, pomocí níž je schopen získávat data s vysokým prostorovým rozlišením (rozlišení je závislé na délce antény). V průběhu času jsou jednotlivé cykly vyslání/příjem záření kompletovány s daty z každého cyklu. Je zaznamenána intenzita a fáze zpětně odraženého signálu. Po daném počtu cyklů jsou uložená data zkombinována a teprve potom je z nich vytvořen snímek.

Dopplerův efekt - posuv frekvencí

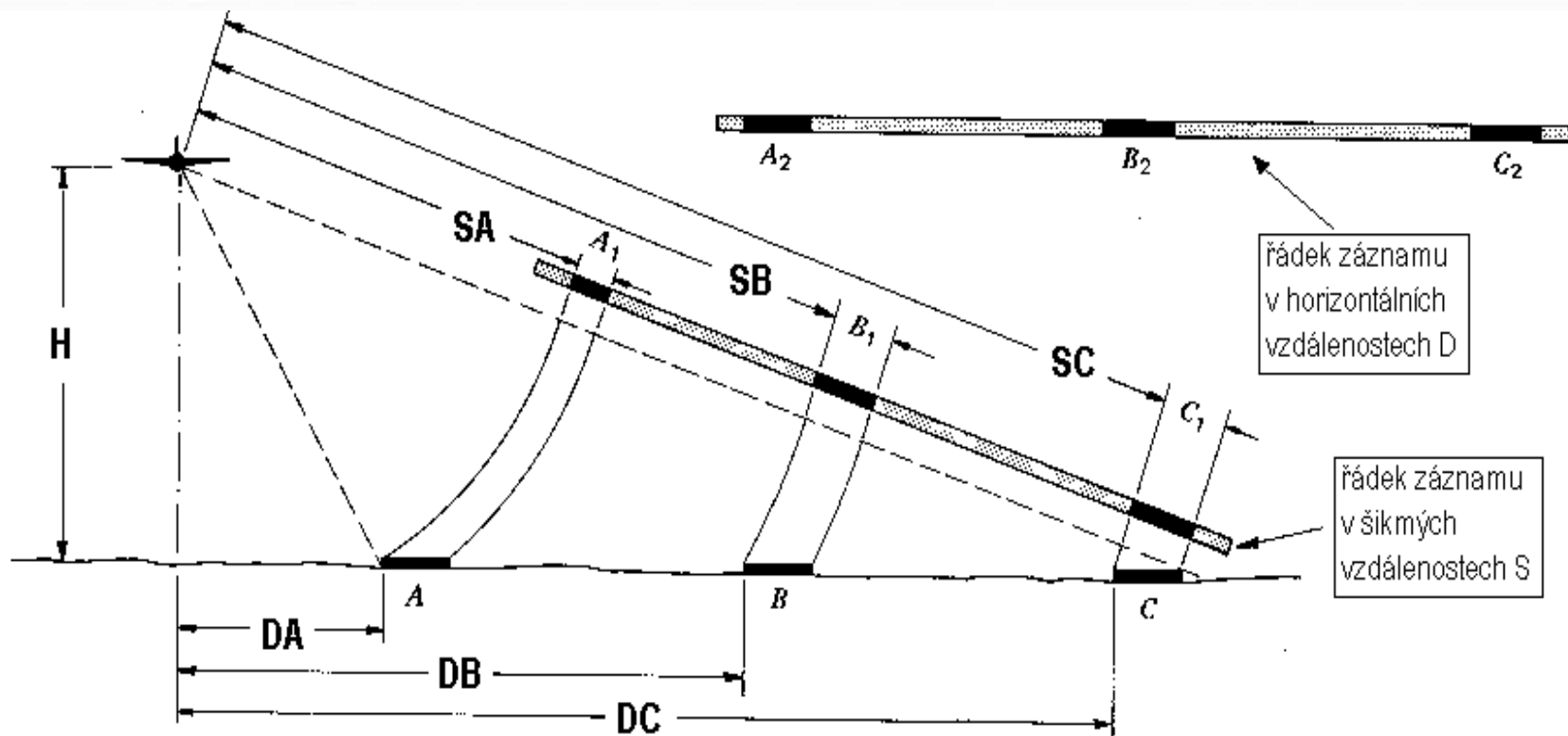
SAR zpracovává pouze střední část paprsku, ve které se neprojevuje Dopplerův efekt - nenastává posuv frekvencí. Tím se výrazně zlepšuje podélné prostorové rozlišení.



Geometrické charakteristiky radarových snímků

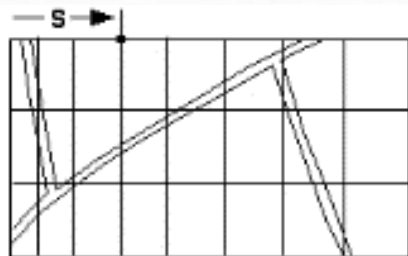
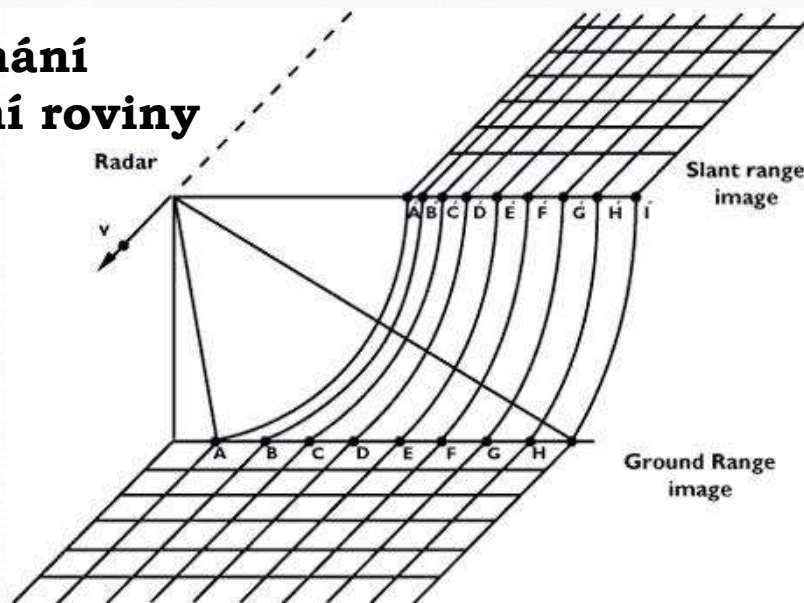
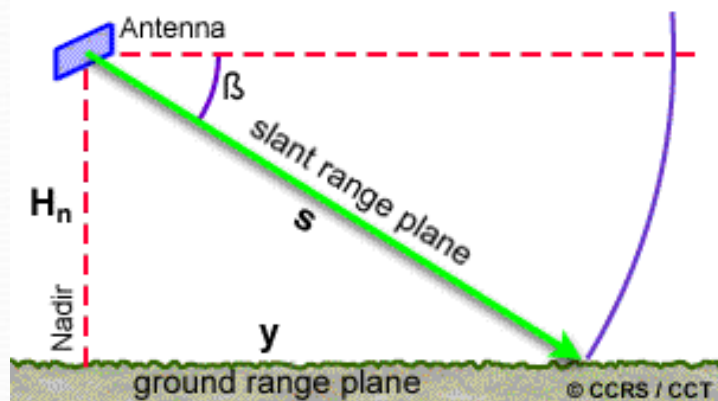
- **nejednotné měřítko – snímání šikmých x horizontálních (ground) vzdáleností**
- **poziční chyby v důsledku různých nadmořských výšek terénu (opačný efekt než ve fotogrammetrii, výškový objekt je nakloněný k linii letu), sklon terénu vede k různým geometrickým distorzím, odstraňují se terénní korekcí s využitím DEM**
- **efekt paralaxy - možnosti tvorby výškových modelů**

Změny měřítka v příčném směru



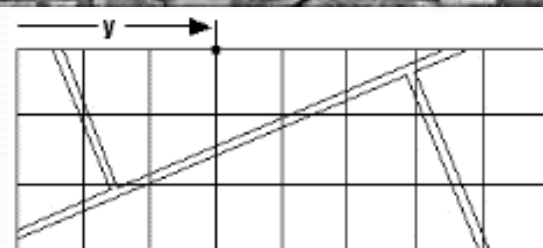
Obrazová řádka v šikmém směru

Nasnímaná data jsou v šikmé rovině snímání a následně jsou převedena do horizontální roviny



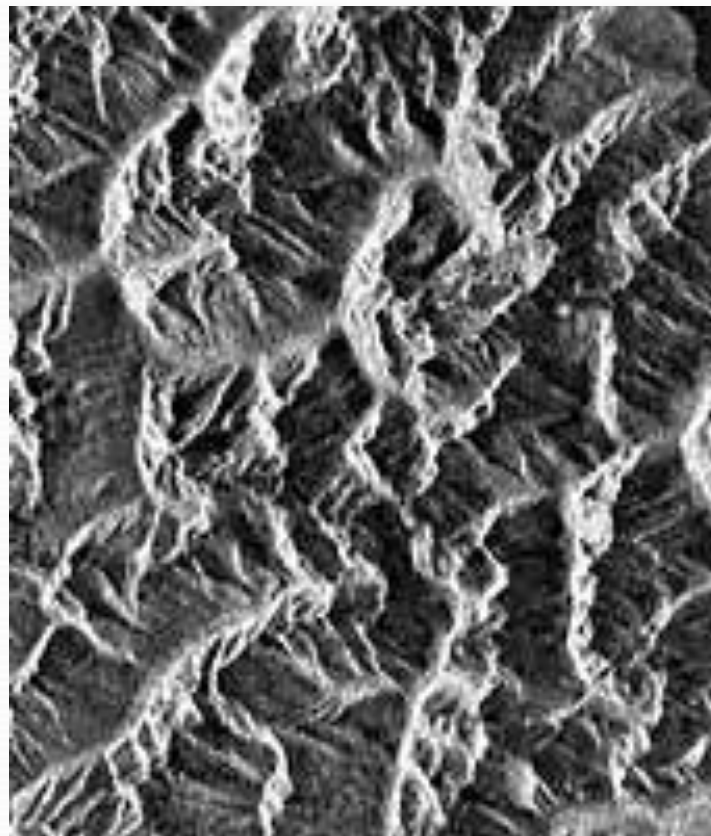
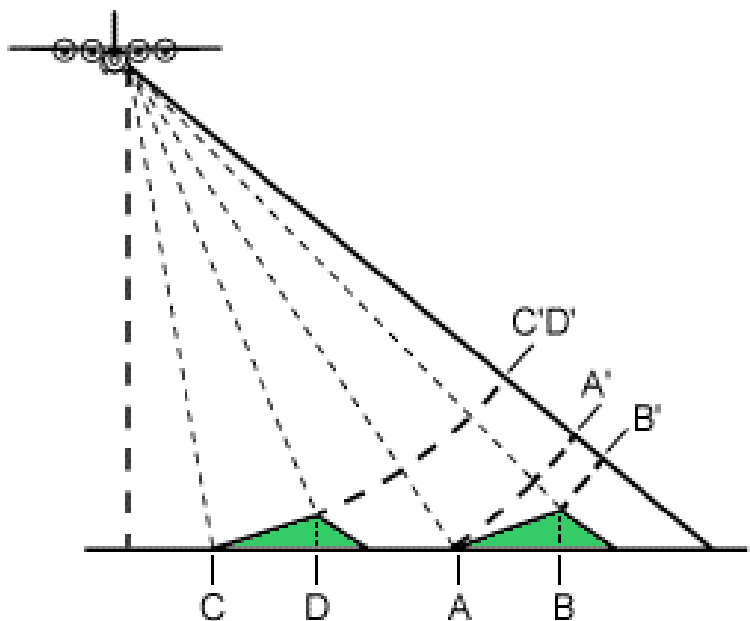
$$s = (y^2 + H_n^2)^{1/2}$$

Oprava šikmé vzdálenosti (slant r.) na horizontální (ground range)



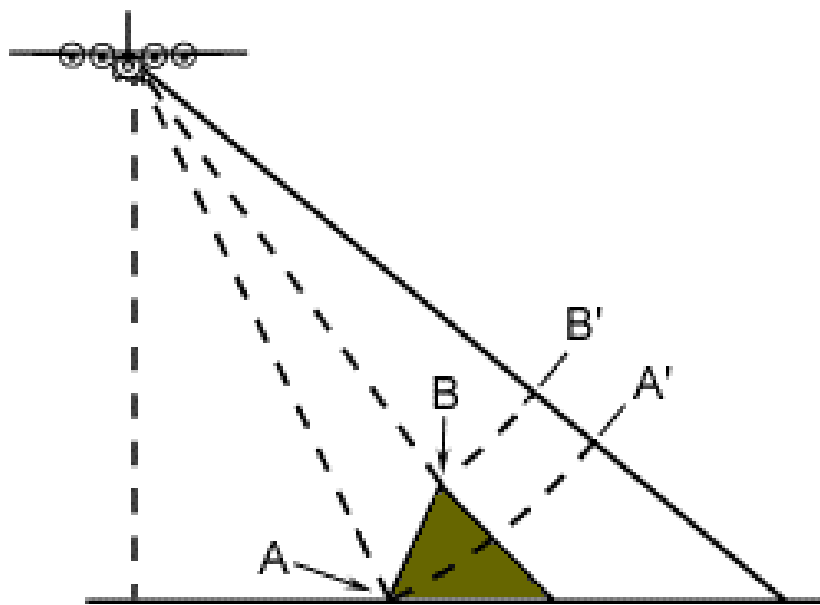
$$y = (s^2 - H_n^2)^{1/2} \quad \frac{y}{s} = \cos \beta$$

Poziční chyby v poloze objektů I - zhuštění signálu (foreshortening)



**svahy orientované k linii letu –
délka je výrazně zkrácena**

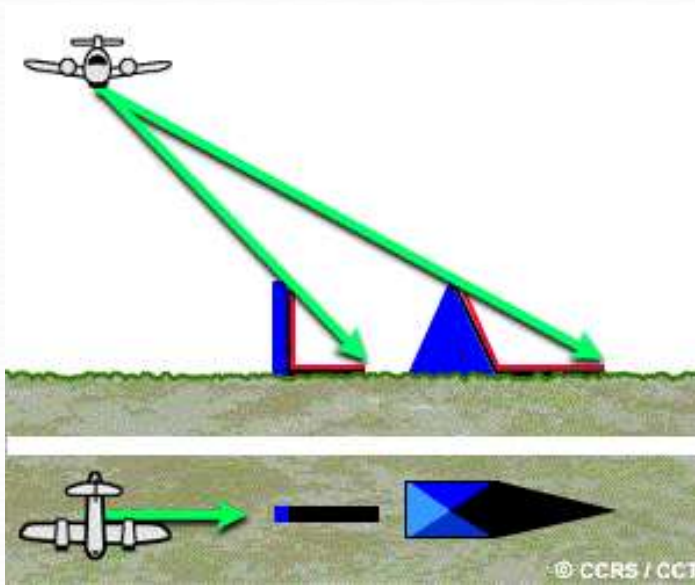
Poziční chyby v poloze objektů II - zpětný překryv (layover)



**strmé svahy k linii letu – signál
dosáhne vrcholu dřív než paty –
převrácená relativní poloha
vrcholu a paty na snímku**

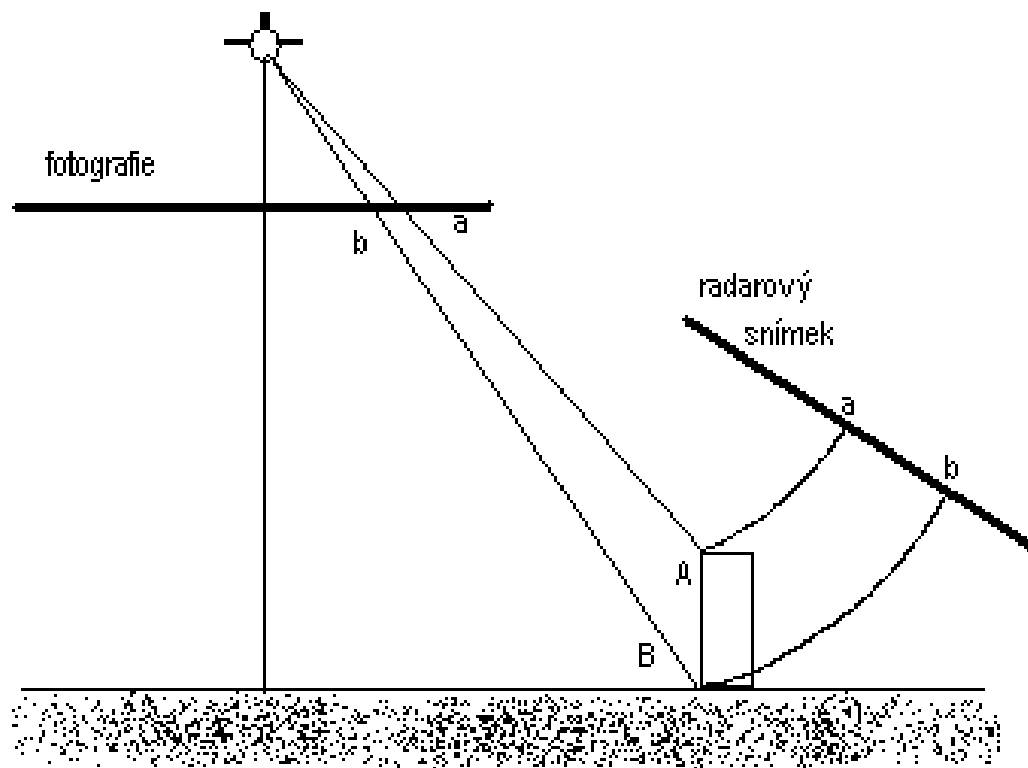


Poziční chyby v poloze objektů III - radarový stín (radar shadow)



**odvrácené svahy od linie letu
vytváří tzv. radarové stíny,
nepřichází odsud žádný signál**

Rozdíl v geometrii fotografie a radarového snímku



Parametry ovlivňující vzhled radarových snímků

Parametry vnitřní (souvisí s vlastním systémem)

- **vlnová délka (frekvence) použitého mikrovlnného záření**
- **polarizace použitého záření**
- **úhel dopadu (úhel pohledu) radarového paprsku**
- **azimut dopadajícího radarového paprsku ve smyslu jeho orientace vzhledem ke snímanému objektu**

Parametry vnější (vlastnosti povrchů)

- **drsnost povrchu a lokální úhel dopadu**
- **vlhkostní poměry**
- **topografie (orientace svahů)**
- **dielektrické vlastnosti materiálů (permitivita)**

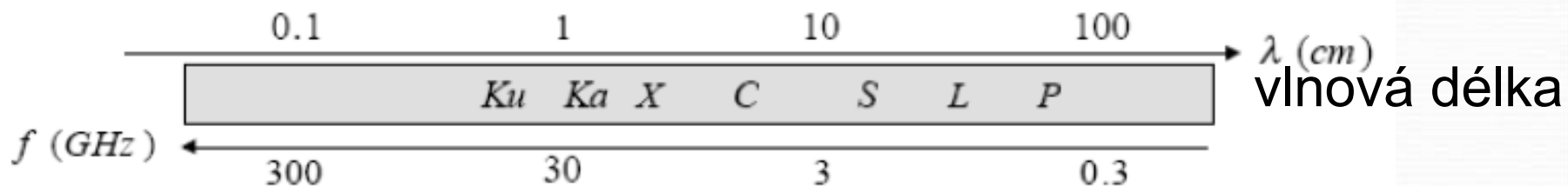
Výše uvedené parametry působí na vzhled komplexně a často mezi sebou korelují, do jisté míry závisí i na druhu povrchu.

Vlnová délka

- **atmosféra více ovlivňuje radarové signály s kratší vlnovou délkou do 3cm, využívá se pro zjišťování srážek (echo od silného deště může být silnější na kratších délkách)**
- **většina radarů jednopásmových, existují i „multispektrální“**
- **delší vlnové délky lépe pronikají pod povrch půdy (silná závislost na přítomnosti vody)**
- **schopnost pronikat pod povrch souvisí i s úhlem dopadu (malý úhel dopadu – intenzivnější)**

Používaná mikrovlnná pásma

Pásmo	Vlnová délka (cm)	Frekvence (GHz)
Ka	0.8-1.1	40 - 26.5
K	1.1-1.7	26.5 - 18
Ku	1.7-2.4	18 - 12.5
X	2.4-3.8	12.5 - 8
C	3.8-7.5	8 - 4
S	7.5-15	4 - 2
L	15 -30	2 - 1
P	30 -100	1 - 0.3



frekvence

$$f (\text{v Hertz}) = C / \lambda$$

$$C = 3 \cdot 10^8 \text{ m}$$

λ v m

Odrazivost v rozdílných pásmech

X-band



L-band

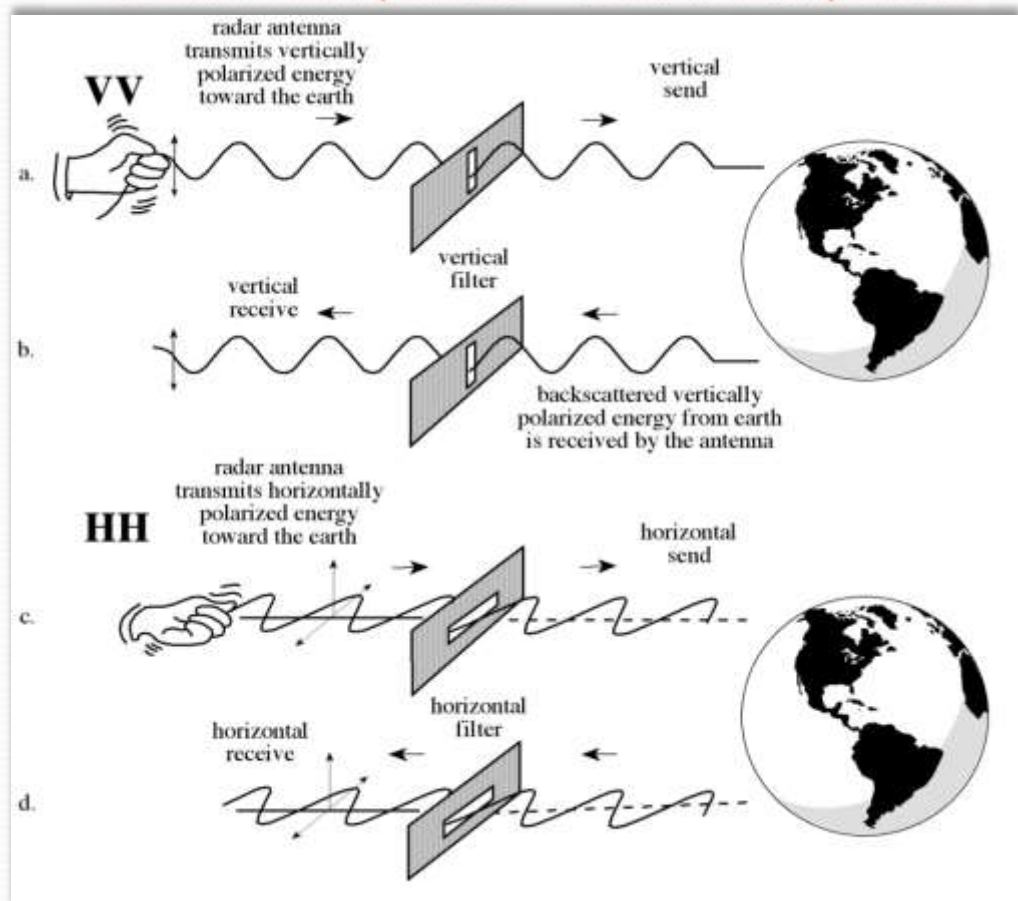
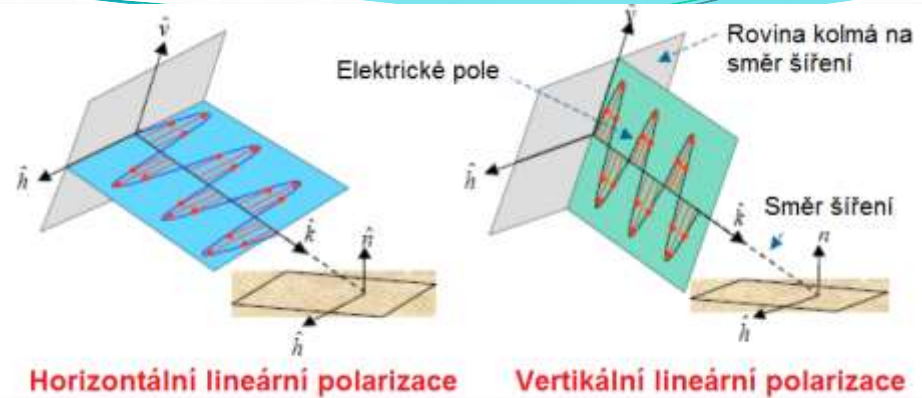


P-band



Polarizace

- vyslaný signál je vždy polarizovaný



Typy radar. systémů dle polarizace

Popis polarizace signálu - XY (X vysílá, Y přijímá)

HH, VV = co-polarised; HV, VH = cross-polarised
(obvykle slabší než co-pol)

Systém má jednu, nebo více následujících kombinací:

- **single pol.**

- vyšle signál jen o jedné polarizaci a přijme signál jen o jedné polarizaci
- varianty pouze HH, pouze VV, pouze HV, nebo pouze VH
- starší senzory ERS – VV, Radarsat 1 - HH

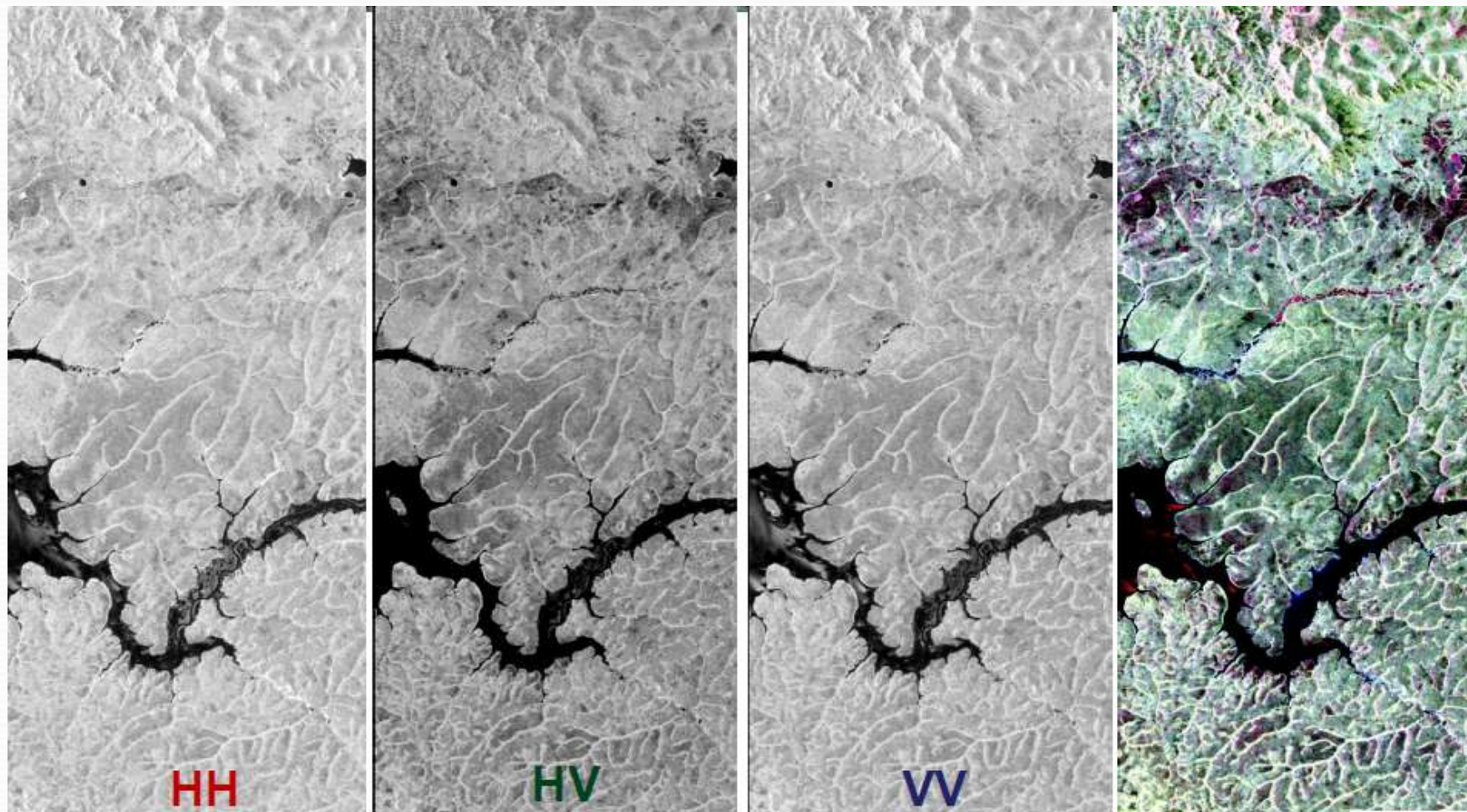
- **dual / alternating pol.**

- HH a HV, nebo VV a VH, nebo HH a VV
- EVISAT ASAR

- **quad pol.**

- všechny 4 typy polarizovaných dat v jednom snímku: HH, VV, HV a VH
- ALOS PALSAR, Radarsat 2, TanDEM-X, Sentinel – 1,

Odrazivost pro různé polarizace



ALOS-PALSAR , Adamawa region, Cameroon, 11 -12-2009

Data pořizená v pásmu C (zdroj: CCRS)

HH



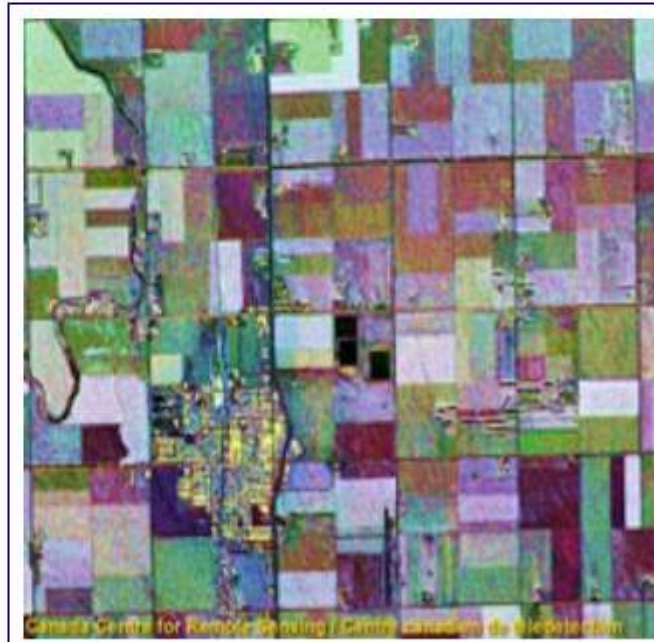
VV



HV



R -
HH
G -
VV
B -
HV



Sinclair Color Coding



© Google Earth



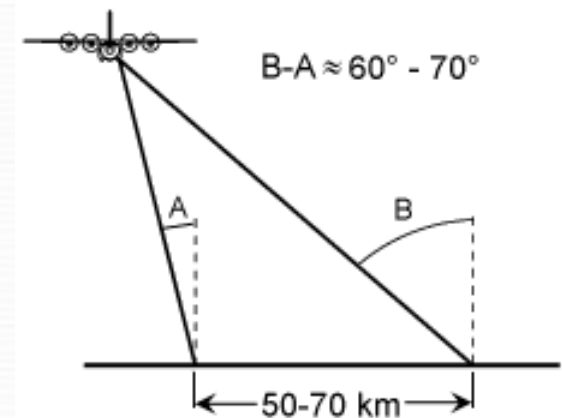
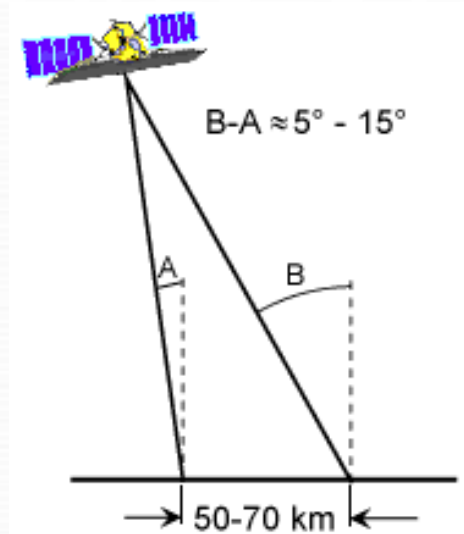
|HH|

|HV|

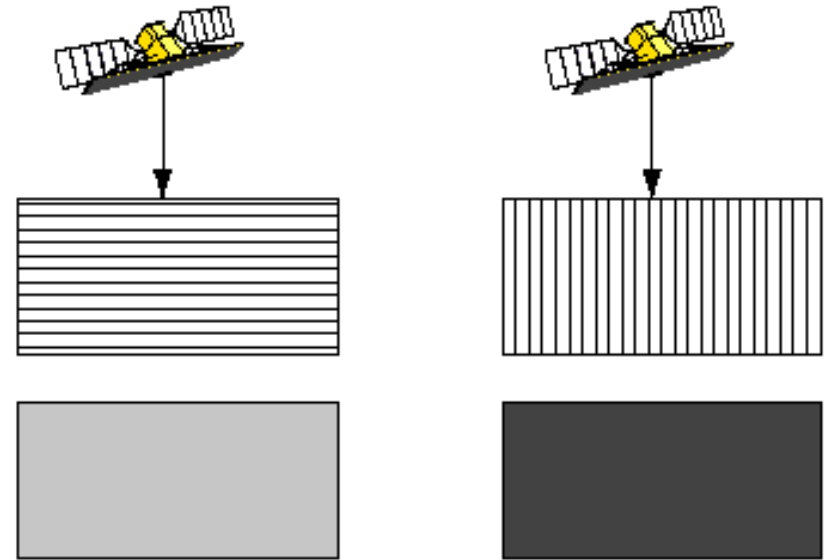
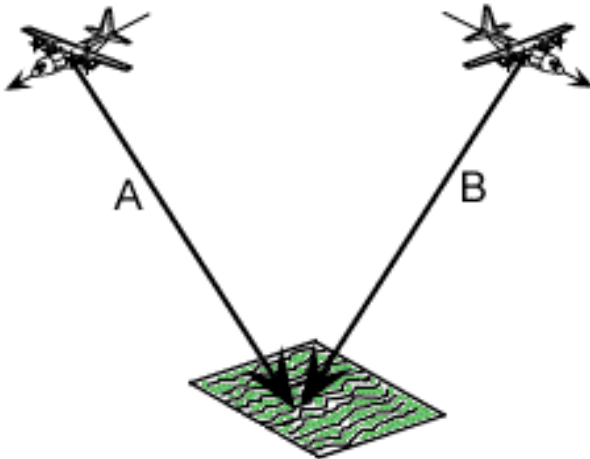
|VV|

Úhel dopadu radarového signálu

- Ovlivňuje rozsah radarových stínů
- Malý úhel dopadu způsobuje intenzivní odraz od relativně hladkých povrchů
- Při velkém úhlu dopadu jsou hladké plochy naopak tmavé
- Velký úhel dopadu zdůrazňuje tvary snímaného reliéfu.



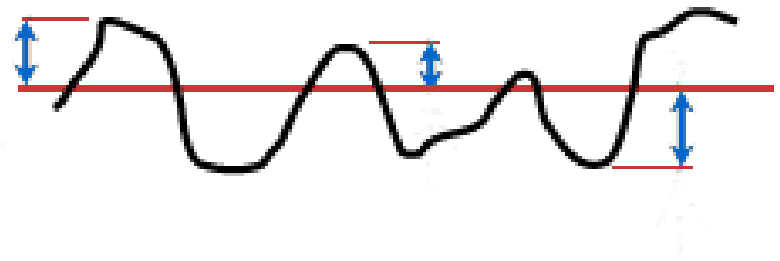
Azimut dopadu radarového signálu (orientace)



Vzájemná orientace dopadajícího radarového paprsku a snímaného objektu má výrazný vliv na vzhled výsledného snímku

Objekty uspořádané do linií kolmých k dopadajícímu paprsku (A) dávají daleko silnější odraz, než objekty v liniích orientovaných rovnoběžně s dopadajícím paprskem (B) – ulice, polní plodiny, ...

Drsnost povrchu



Hladký povrch:

$$h < \frac{\lambda}{8 \cdot \cos \theta}$$

Drsný povrch:

$$h > \frac{\lambda}{8 \cdot \cos \theta}$$

h - průměrná výška nerovností povrchu

λ - vlnová délka radarového signálu

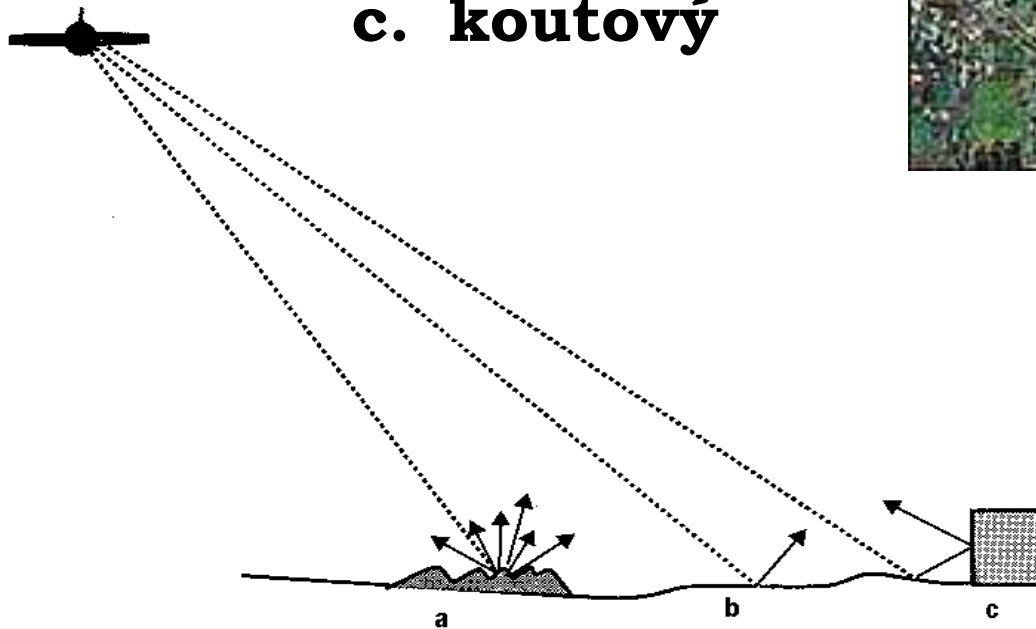
θ - úhel dopadu



Drsnost povrchu

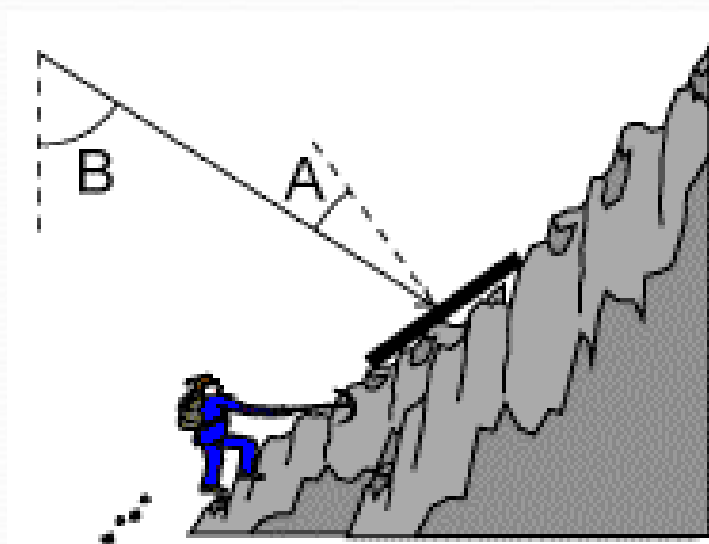
Základní druhy odrazů:

- a. difuzní**
- b. zrcadlový**
- c. koutový**



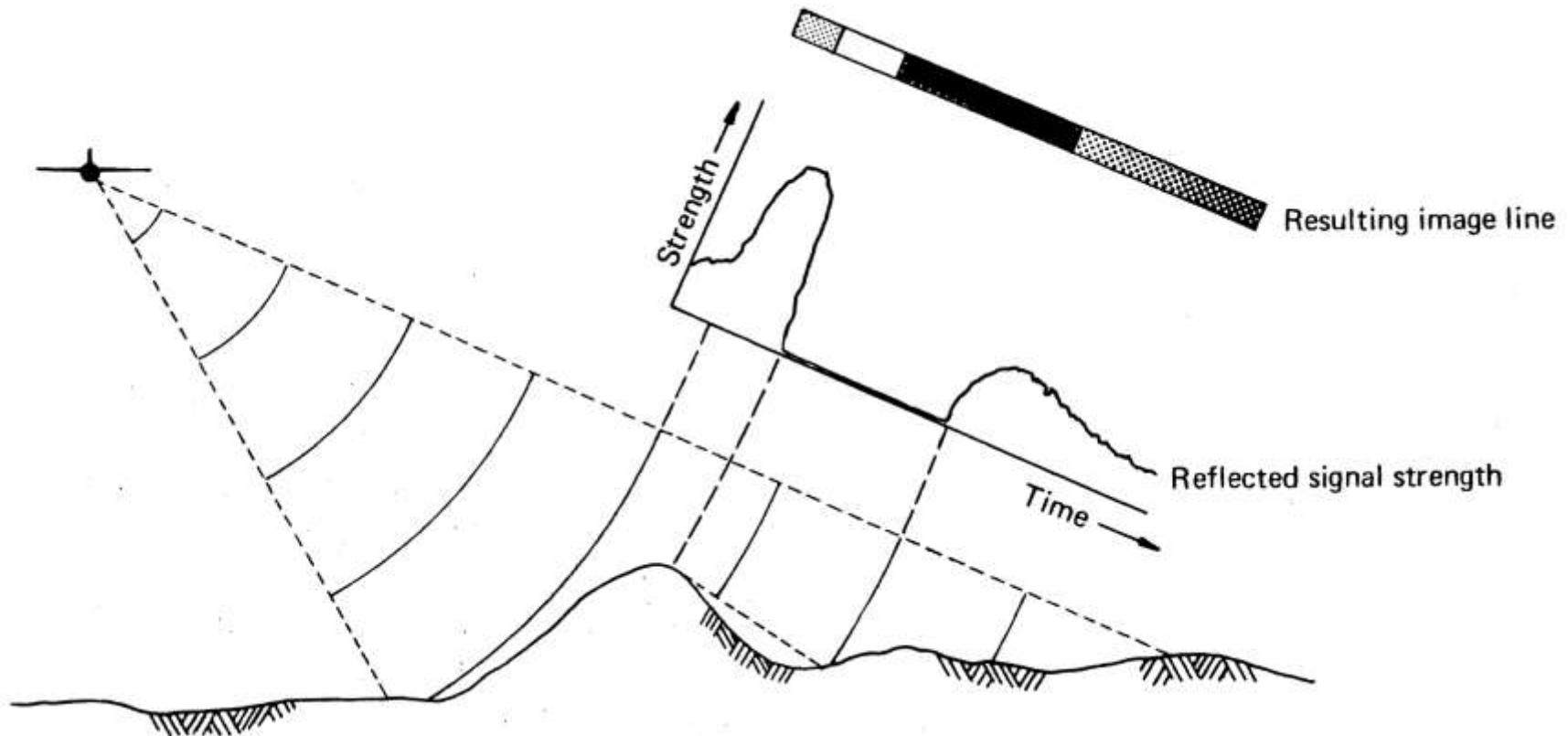
Topografie a lokální úhel dopadu radarového signálu

- lokální změny v orientaci terénu ovlivňují intenzitu odraženého signálu
- lokální úhel dopadu je úhel mezi dopadajícím paprskem a normálou k zemskému povrchu v místě dopadu



Závislost lokálního úhlu dopadu na intenzitu radarového signálu

- silný odraz od povrchů orientovaných kolmo k dopadajícímu radarovému signálu
- slabý nebo žádný v radarovém stínu, paprsky tam neproniknou



Elektrické vlastnosti objektů



Permitivita charakterizuje povrchy z hlediska jejich schopnosti absorbovat, odrážet nebo vést mikrovlnnou energii

Vysoké hodnoty permitivity (dielektrické konstanty) způsobují vysoké hodnoty zaznamenaného odraženého signálu.

Povrchy s vysokým vodním obsahem vykazují zvýšenou vodivost (v suchém stavu hodnota perm. 3-8, voda má 80)

Přítomnost vody v půdě nebo ve vegetaci zvyšuje odraz radarového signálu.

Vysoké hodnoty mají vodní plochy, kovové povrchy, vegetace, nízké hodnoty mají horniny, suchá písčité půda, led.

Radarový signál vegetace



- pro zjišťování vegetace jsou výhodné krátké vlnové délky kolem 2 až 6 cm,
- vzhled ploch s vegetací na radarových snímcích ovlivňuje dále především vodní obsah
- vegetace způsobuje depolarizaci signálu

Radarový signál vody a ledu

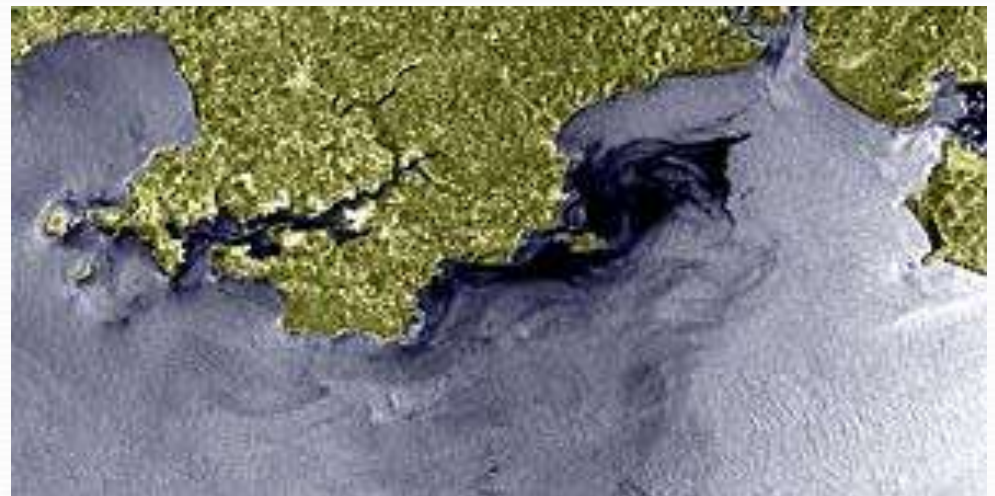
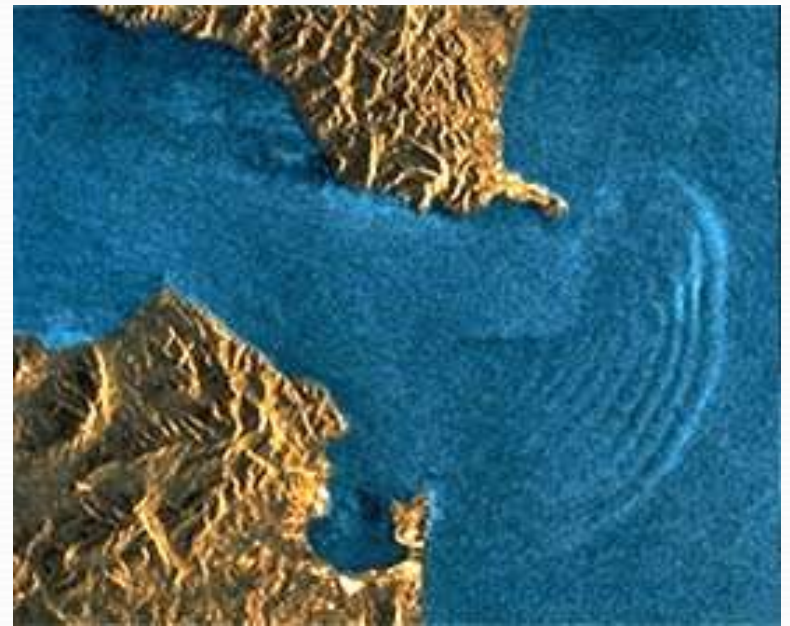
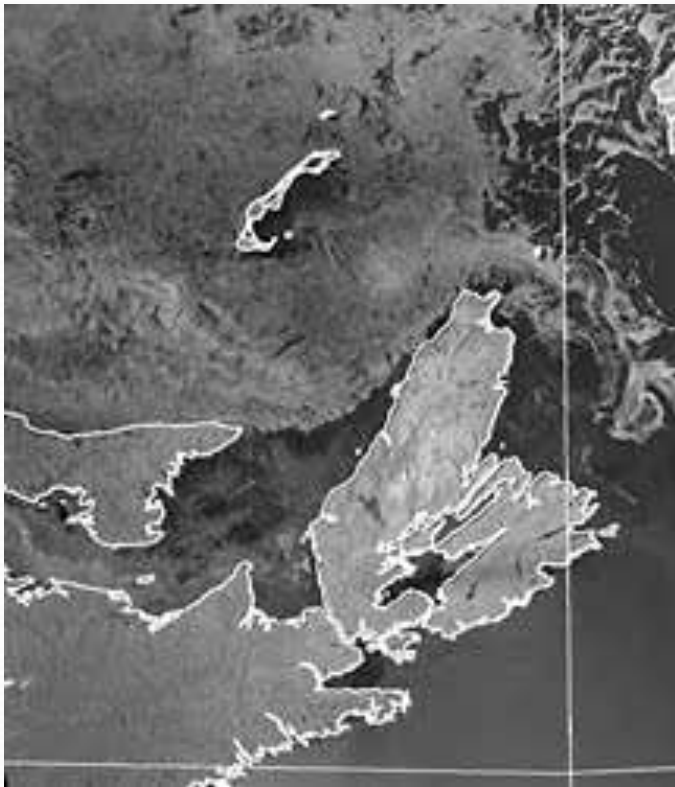


Hladké vodní plochy způsobují zrcadlový odraz (možnost monitorování rozsahu ropných skvrn)

Zvlněná vodní hladina působí difuzní odraz (možnost nepřímého určování směru a rychlosti větru)

Radarový signál ledu závisí na dielektrické konstantě (lze rozpoznat tající led), dále také na stáří ledu (starý led se jeví jako drsný a působí difuzní odraz)

Radarový signál vody a ledu



Radarový signál půdy

Na radarových snímcích lze zjišťovat především přítomnost vody v horní několikacentimetrové vrstvě půdy.

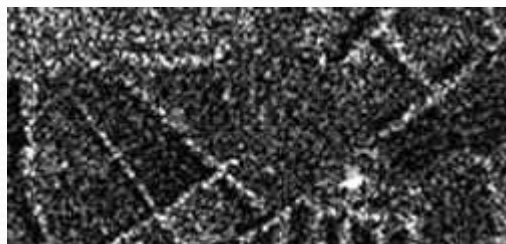
Půdní vlhkost je zvláště zřetelná v delších vlnových délkách a zabraňuje pronikat radarovému signálu do větších hloubek.

V extrémně suché půdě může radarový signál v pásmu L pronikat až do hloubky několika metrů.

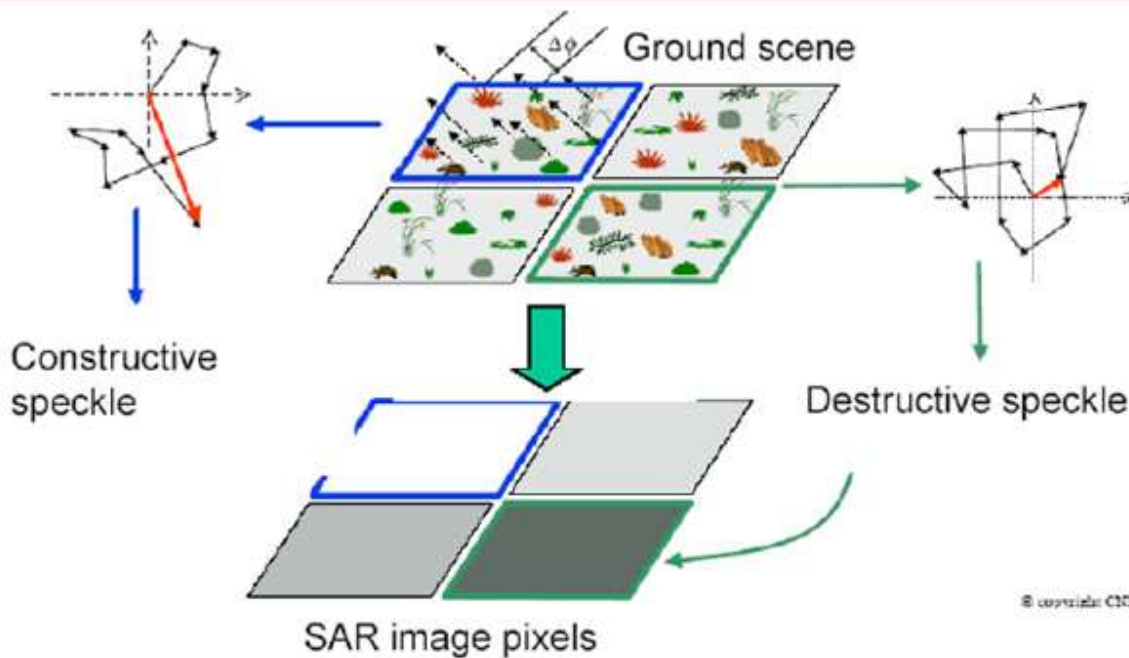


Textura radarových snímků

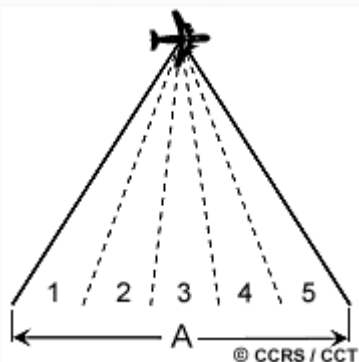
„Speckle“ výrazná zrnitá textura - textura "soli a pepře". (odstranění filtrací nebo multi-look – vícenásobný pohled)



The physical origin of speckle



Resolution cells are made up of many scatterers with different phases, leading to interference and the noise-like effect known as **speckle**.

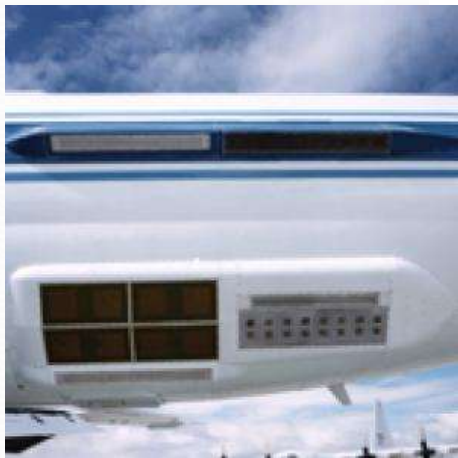


Využití radarových dat

- **Zemědělství – klasifikace plodin, stavu vegetace, vlhkosti půdy,...**
- **Lesnictví – mapování polomů, těžby, liniových prvků, odhad množství biomasy, odhad výšky stromů, mapování druhové rozmanitosti, spálenišť,**
- **Urbanismus - struktura a hustota osídlení, detekce změn, monitoring dopravy**
- **Hydrologie – monitorování mokřad, povodní, mangrove, mapování sněhové pokrývky...**
- **Oceánografie - mapování plavoucího ledu, odhad jeho tloušťky, sledování polárních čepiček, měření rychlosti větru, velikosti vln...**
- **Meteorologie – odhady srážek, sledování volných částic ledu, vody, ...**
- **Geologie – mapování lávových toků (extrémně členité), eroze, aluviálních vějířů, písečných dun, morén, sedimentárních hornin, odhady členitosti povrchu...**
- **Rozpoznání a klasifikace lodí – kontrola výlovů apod.**

Radarové systémy

- **letadlové systémy – v současné době určeny především pro mapování výšek a tvorbu DMT**



Instrument	Band/ λ	Organization	Owner
Emisar	C,L band	Techn. Univ. of Denmark	Denmark
Pharus	C band	FEL-TNO	Netherlands
Star-31	X band	Intermap	Canada
Airsar/Topsar	P,L,C band	Nasa/JPL	USA
Carabas	3-15 cm	Chalmers University/FOI	Sweden
Geosar	X,P band	JPL and others	USA
WINSAR	4 bands	Metratec	USA

UAVSAR (JPL)

<http://uavsar.jpl.nasa.gov/education/what-is-uavsar.html>

Shuttle mise: SIR-C/X-SAR

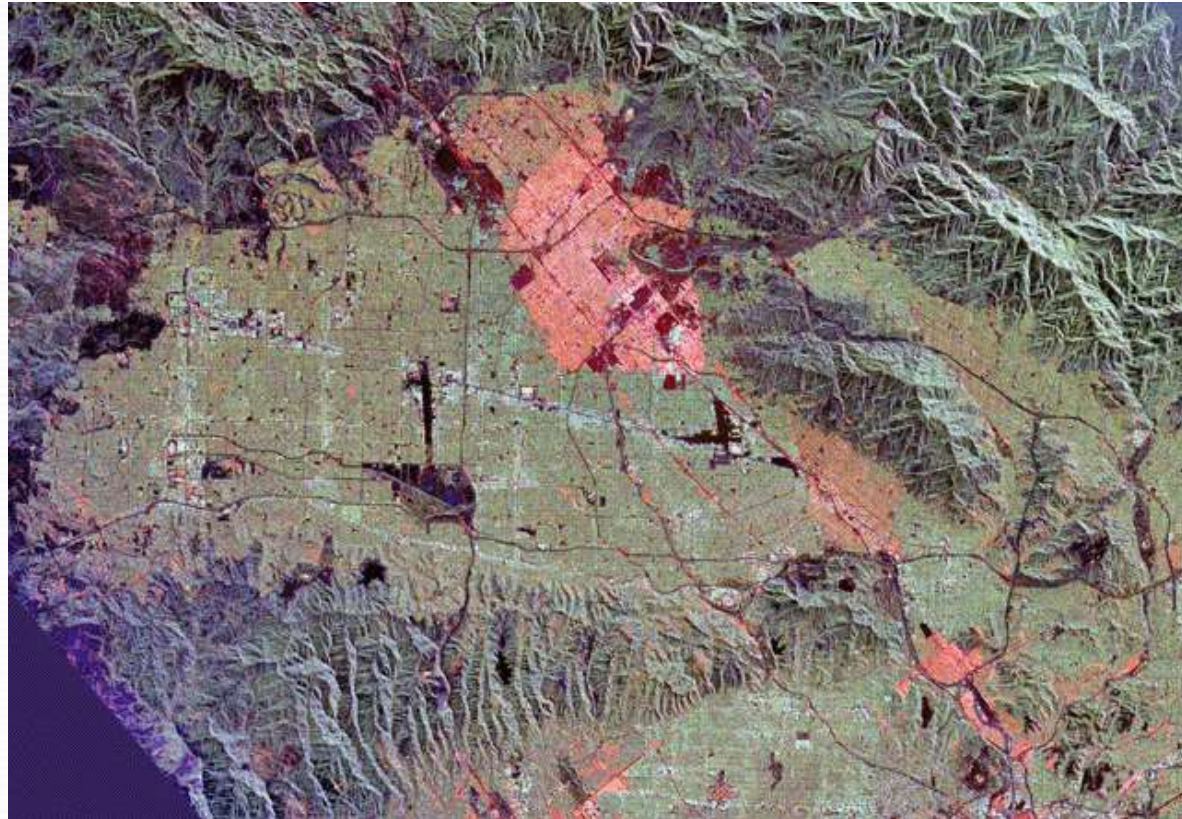
- 2 mise v roce 1994: 9. - 20. dubna a 30. 8. – 11. 10.
- shuttle Endeavour
- prostorové rozlišení $\approx 30\text{m}$
- výška 215 km
- duální polarizace

Obr.: San Fernando Valley,
Kalifornie (město na snímku
Los Angeles)

R: pásmo L (HH)

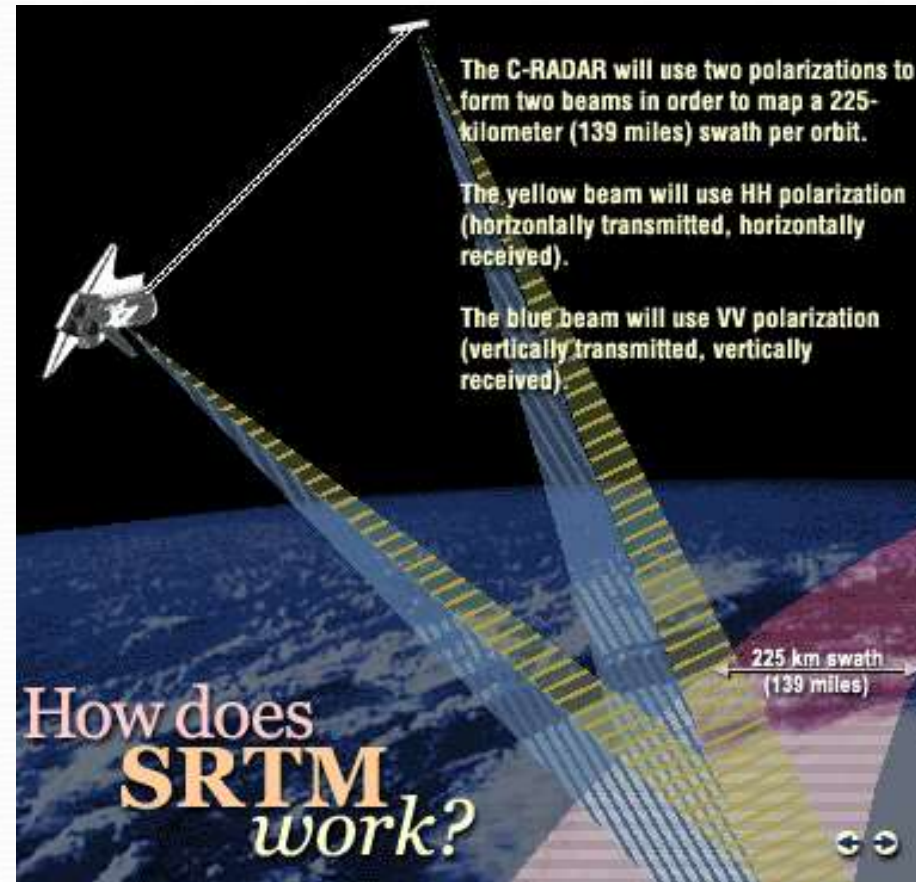
G: pásmo L (HV)

B: pásmo C (HV)

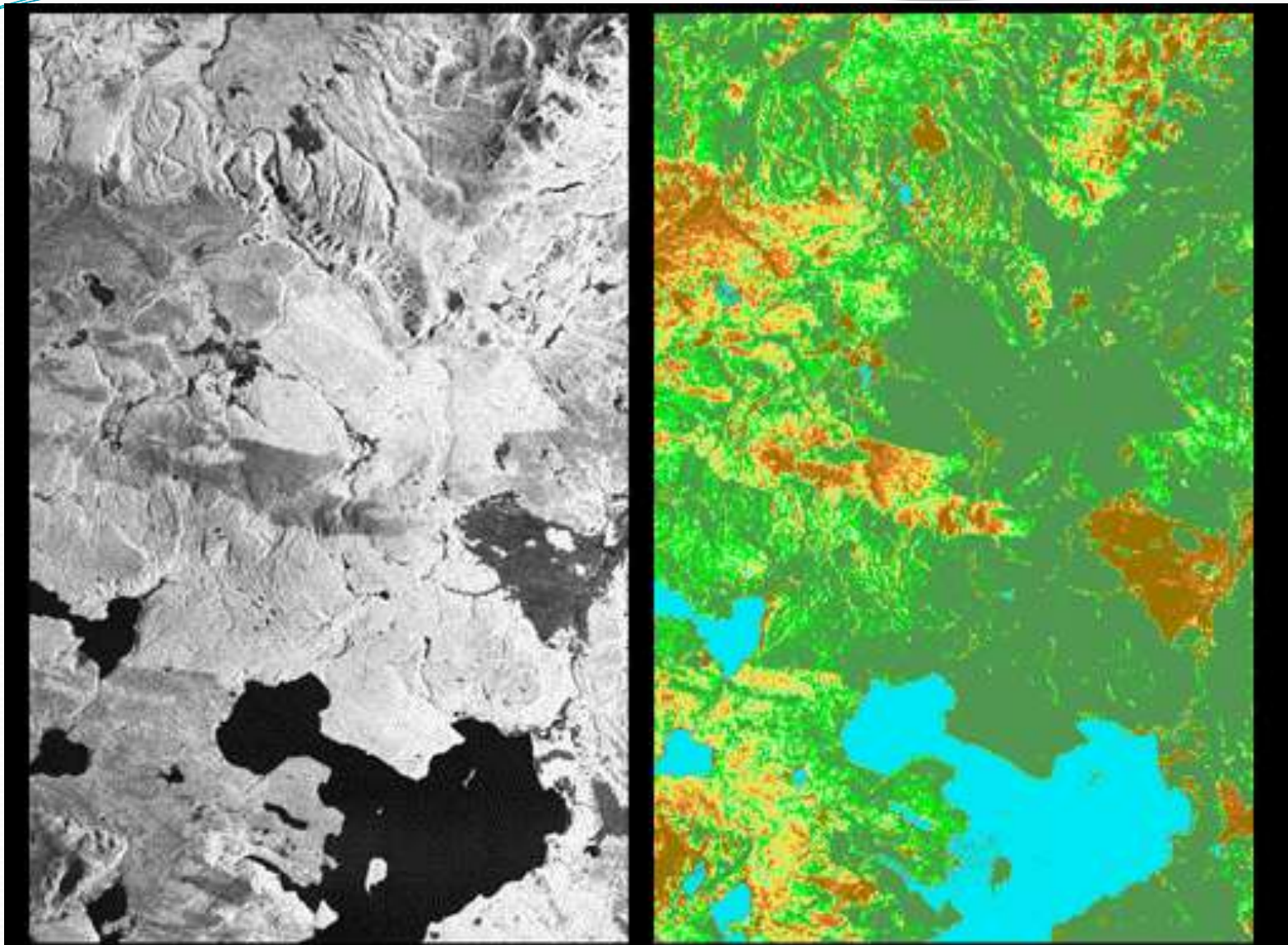


Shuttle mission: SRTM

- The Shuttle Radar Topography Mission
- 80 % zemského povrchu
- shuttle Endeavour
- 11 dní v únore 2000
- pásma C (HH, VV) a X (VV)



SIR C/X – Radarové snímky z raketoplánu



Mapování ploch postižených požáry lesa

Satelitní senzory

- **Radarsat-1** (pásmo C – polarizace HH) 1995 Kanada
<http://www.asc-csa.gc.ca/eng/satellites/radarsat1/>
- **Radarsat-2** (pásmo C – quadpol HH, VV, HV a VH) 2007 Kanada <http://www.asc-csa.gc.ca/eng/satellites/radarsat2/>
- **ERS-1** (pásmo C - polarizace VV) 1991 – 2000 ESA, **ERS-2** (pásmo C - polarizace VV) 1995 - 2011 ESA <https://earth.esa.int/web/guest/missions/esa-operational-eo-missions/ers>
- **Envisat/ASAR** (pásmo C – dualpol HH - VV, HH - HV, nebo VV - VH) 2002 - 2012 ESA <https://earth.esa.int/web/guest/missions/esa-operational-eo-missions/envisat>
- **JERS-1 L** (polarizace HH) 1992 - 1998 Japonsko <http://www.eorc.jaxa.jp/JERS-1/en/index.html>
- **TerraSar-X** (pásmo X - dualpol) 2007 DLR <http://www.astrium-geo.com/terrasar-x/>
- **TanDEM-X** (pásmo X - quadpol) 2010 DLR http://www.dlr.de/hr/desktopdefault.aspx/tabid-2317/3669_read-5488/
- **SRTM** (C – quadpol a X – polarizace VV) - Space shuttle mission, 2000 NASA
- konstelace **COSMO-SkyMed** (pásmo X - quadpol) 2007 Itálie <http://www.cosmo-skymed.it/en/index.htm>
- konstelace **RISAT** (pásmo X - 2008 a C – 2012, quadpol, Indie)
- **ALOS PALSAR** (pásmo L – quadpol) Japonsko
- **KOMPSAT-5** (pásmo X – single pol., 2010, Korea),...
- **Sentinel-1** (pásmo C - quadpol) 2014 ESA,
- **Plánované: ALOS 2, TanDEM-L, Biomass, CoreH2O ...**



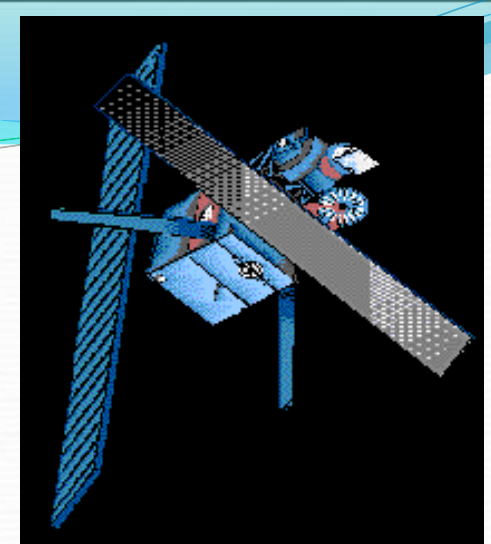
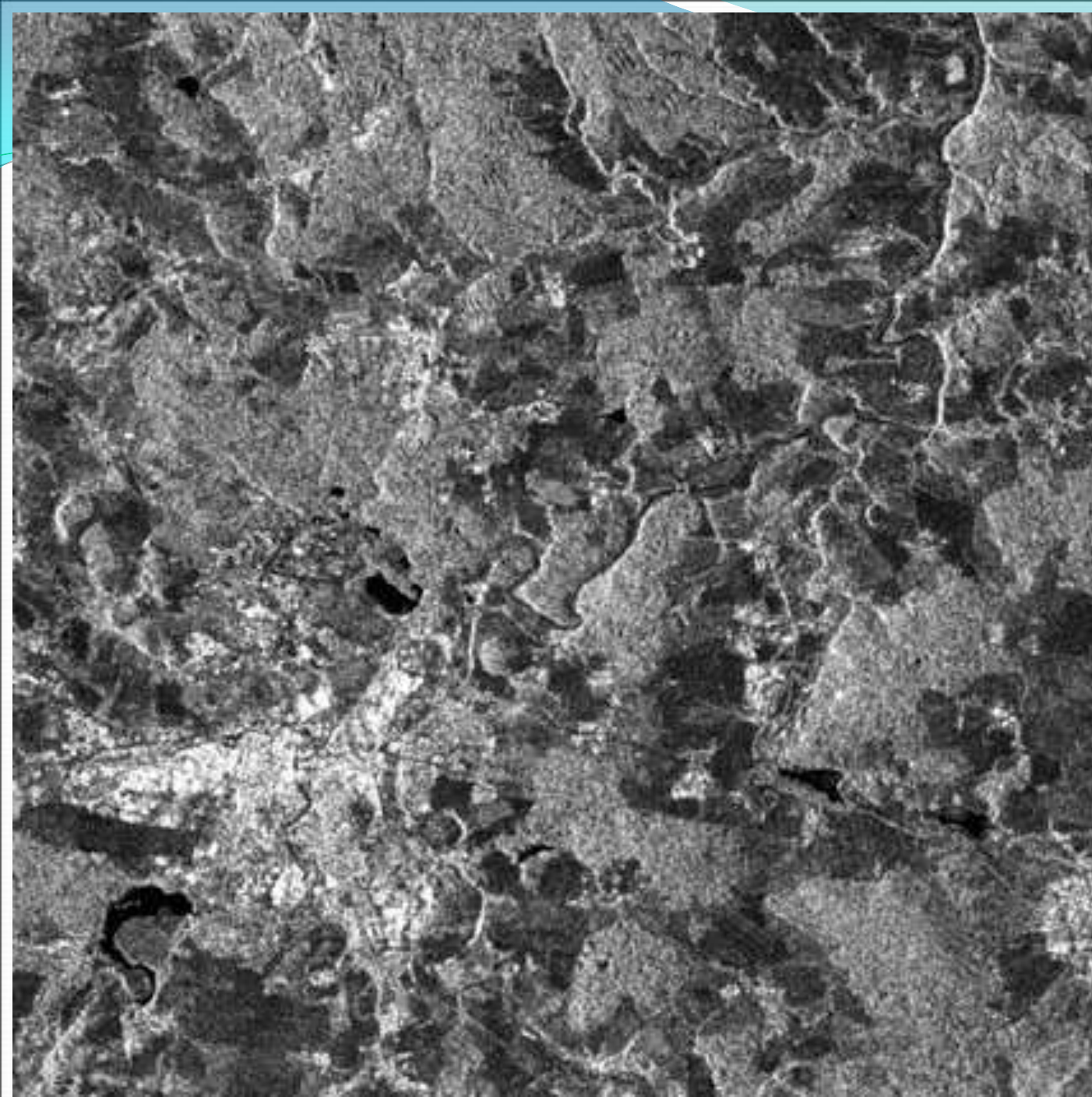
ERS 1 a 2

Subpolární dráha, výška letu 785 km, časové rozlišení 35 dní, zpoždění druhé družice 1 den – data pro stereosnímky

Nese tři základní instrumenty: 1) tzv. AMI (Active Microwave Instrument) - SAR pracující v C pásmu, 2) Radarový altimetr (výškoměr) pracující v Ku pásmu, 3) podélně skenující infračervený radiometr.

V režimu IMAGE pořizuje obrazový záznam z pásu širokého 100 km s rozlišením zhruba 30 m, s VV polarizací a se středním obrazovým úhlem 23 stupňů. V režimu WAVE instrument měří odrazivost od povrchu oceánu ovlivněnou vlněním. V neobrazovém režimu WIND jsou měřeny směr a rychlost větru při hladině moře.

Snímky dobře znázorňují i málo členitý reliéf, vodní plochy, dobře identifikovatelné jsou také ropné skvrny na mořské hladině.



ERS- 1

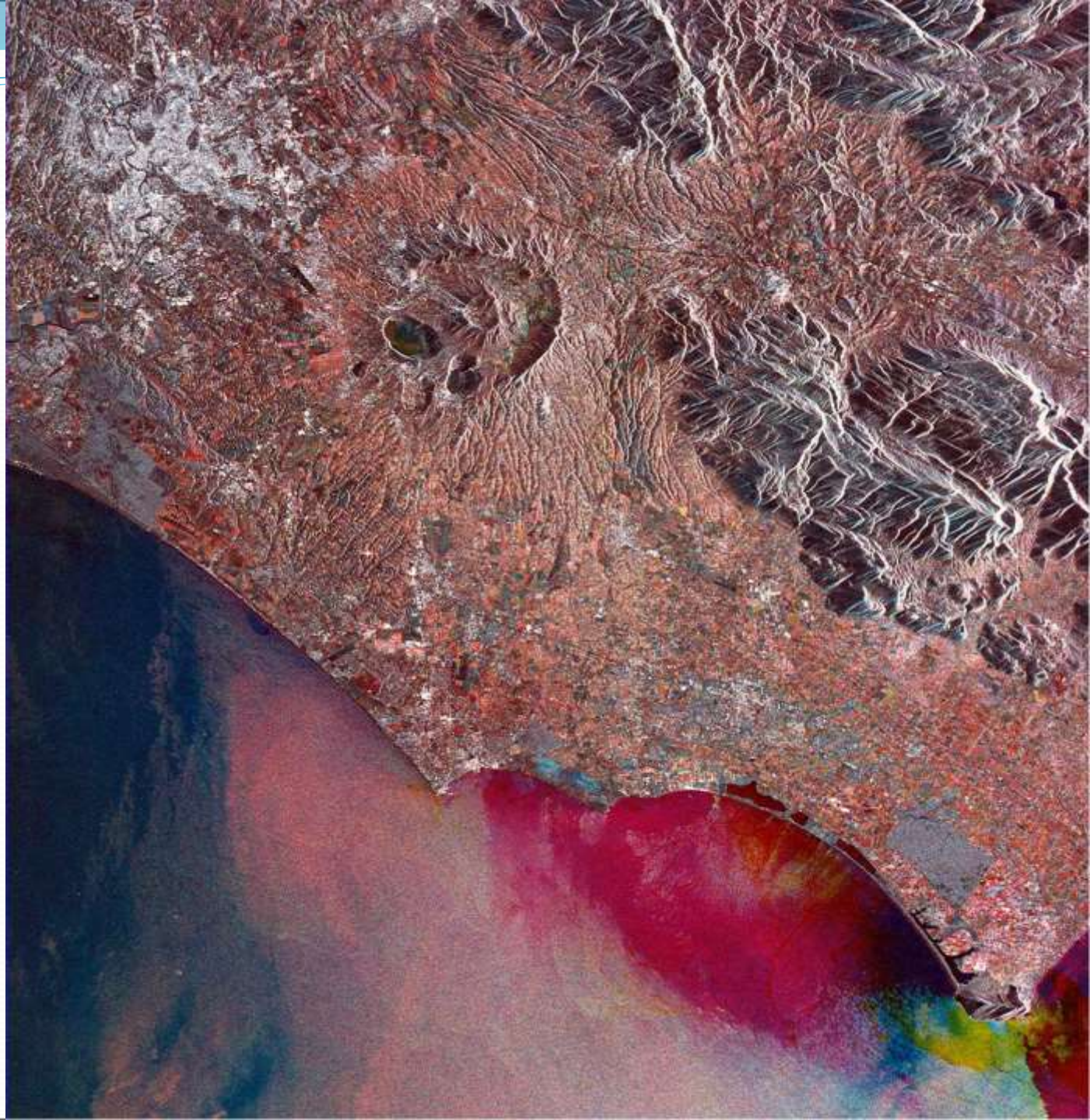
ERS - 2



ERS - 2

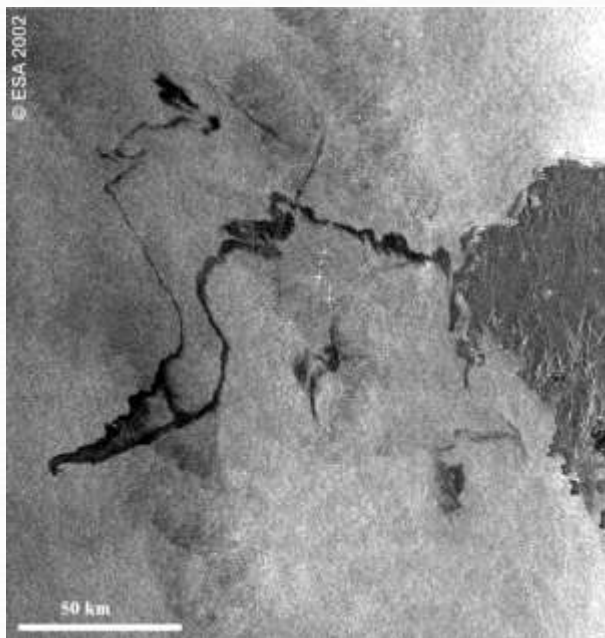
detekce změn

**multitemporální
snímek**



ENVISAT

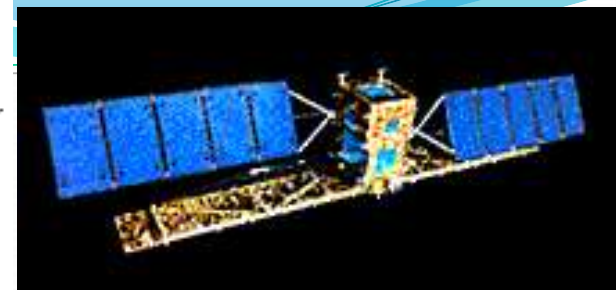
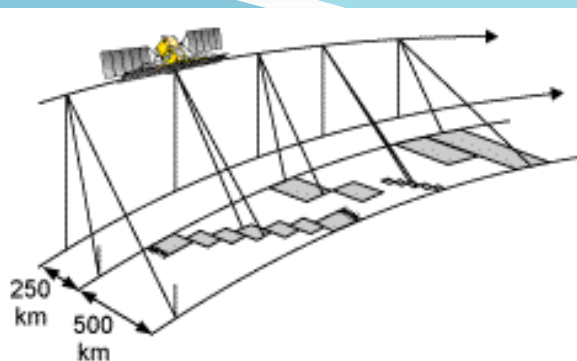
- **The European Space Agency Environmental Satellite**
- **Advanced Synthetic Aperture Radar (ASAR)**
- **duální polarizace**
- **10 let kontinuálního snímání**
- **repeat (orbit) cycle 35 dní**



Ropná skvrna u španělského pobřeží
www.gaf.de

Image Mode (IM)	VV nebo HH prost. rozlišení 30 m
Alternating Polarisation Mode (AP)	Dva koregistrované snímky HH/VV, HH/HV, nebo VV/VH prost. rozlišení 30 m
Wide Swath Mode (WS)	Snímek 400 x 400 km prost. rozlišení 150 m VV nebo HH
Global Monitoring Mode (GM)	prost. rozlišení 1000 m HH nebo VV
Wave Mode (WV)	Snímek od 10 x 5 km do 5 x 5 km v pravidelných intervalech podél trasy letu monitoring oceánů

RADARSAT 1 a 2



Subpolární oběžná dráha, průměrná výška 798 km, inklinace 98,6 stupňů, cyklus 24 dní, prostorové rozlišení R1 8-100m, R2 3-100m,

Může pořizovat obrazové záznamy polárních oblastí denně a záznamy oblastí mírných šířek každé tři dny.

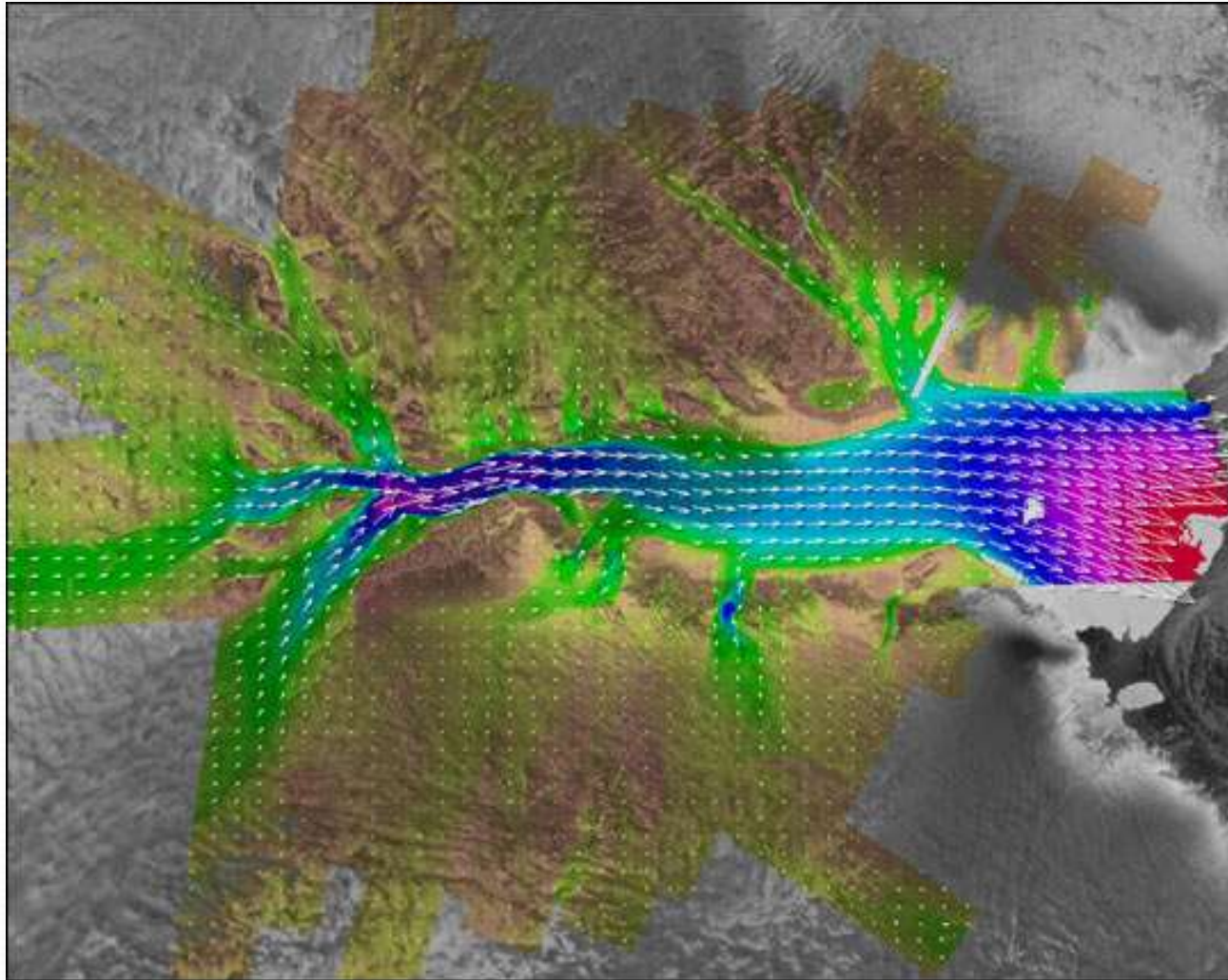
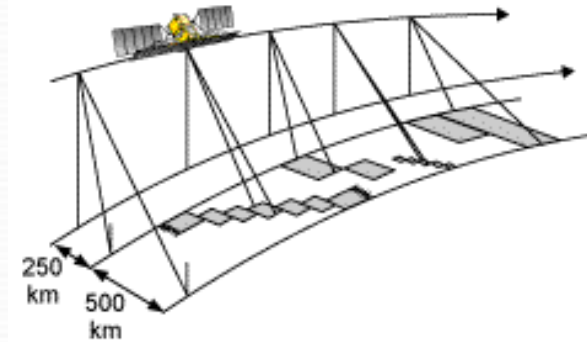
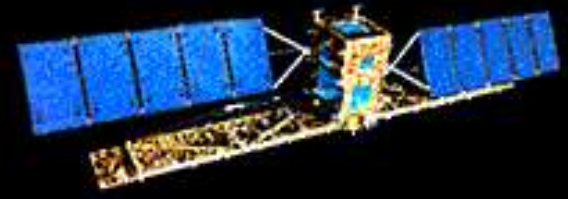
R1 - SAR pracující v C pásmu (5,6 cm) s HH polarizací. R2 vylepšený quad-pol (HH, VV, HV, VH)

System může pracovat v několika režimech s různou šířkou záběru (od 45 do 510 km), s různým obrazovým úhlem (10 až 60 stupňů) a různou prostorovou rozlišovací schopností. Může vytvářet stereoskopické dvojice.

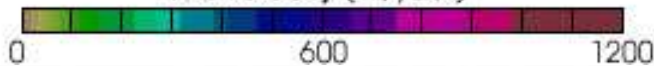
Aplikace: identifikace ledu, mapování druhů povrchů (land cover), monitorování nebezpečných jevů (povodně), lesnictví a zemědělství.

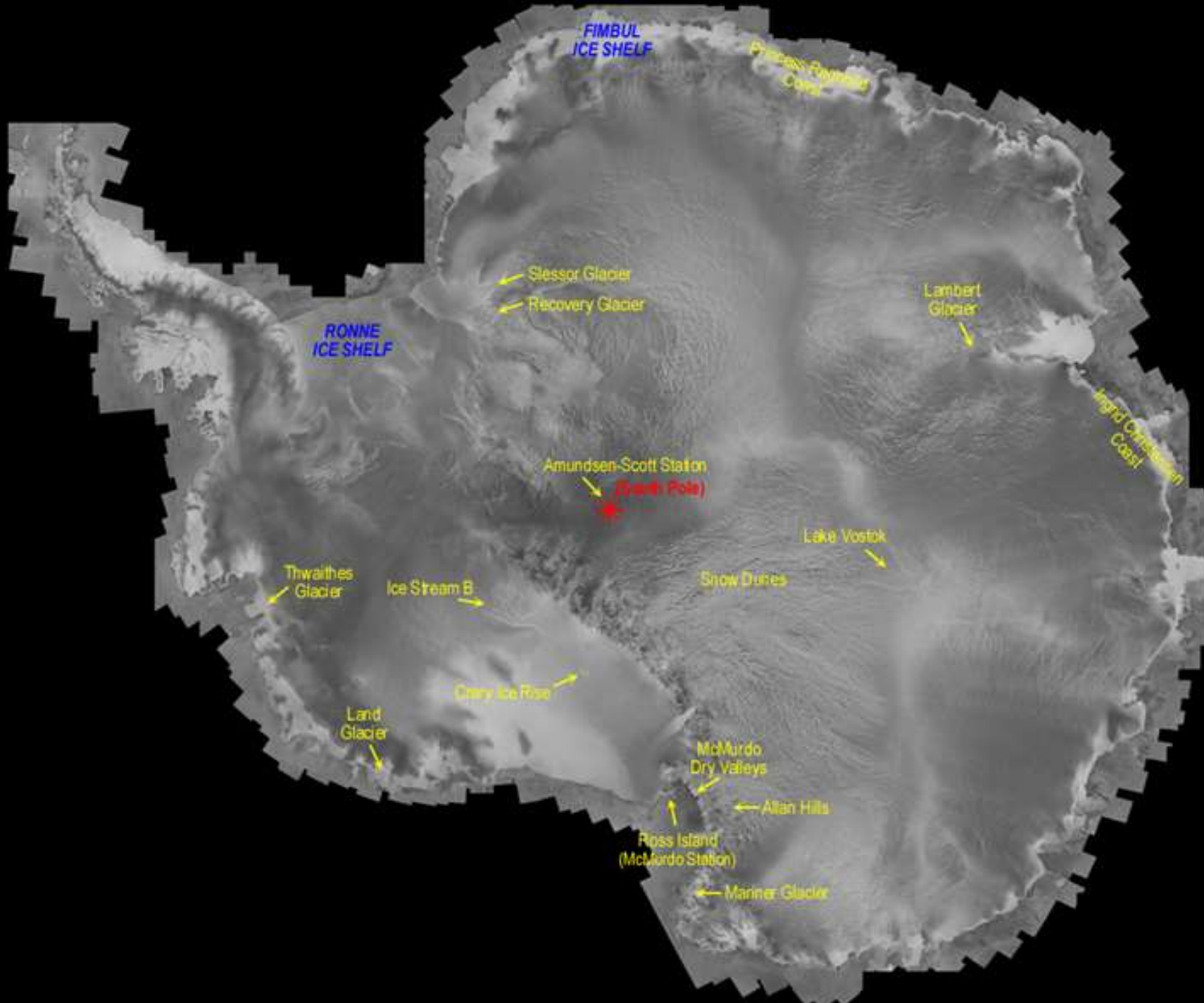
2013 konec R1, 2016-2018 se plánuje R3-R4

RADARSAT

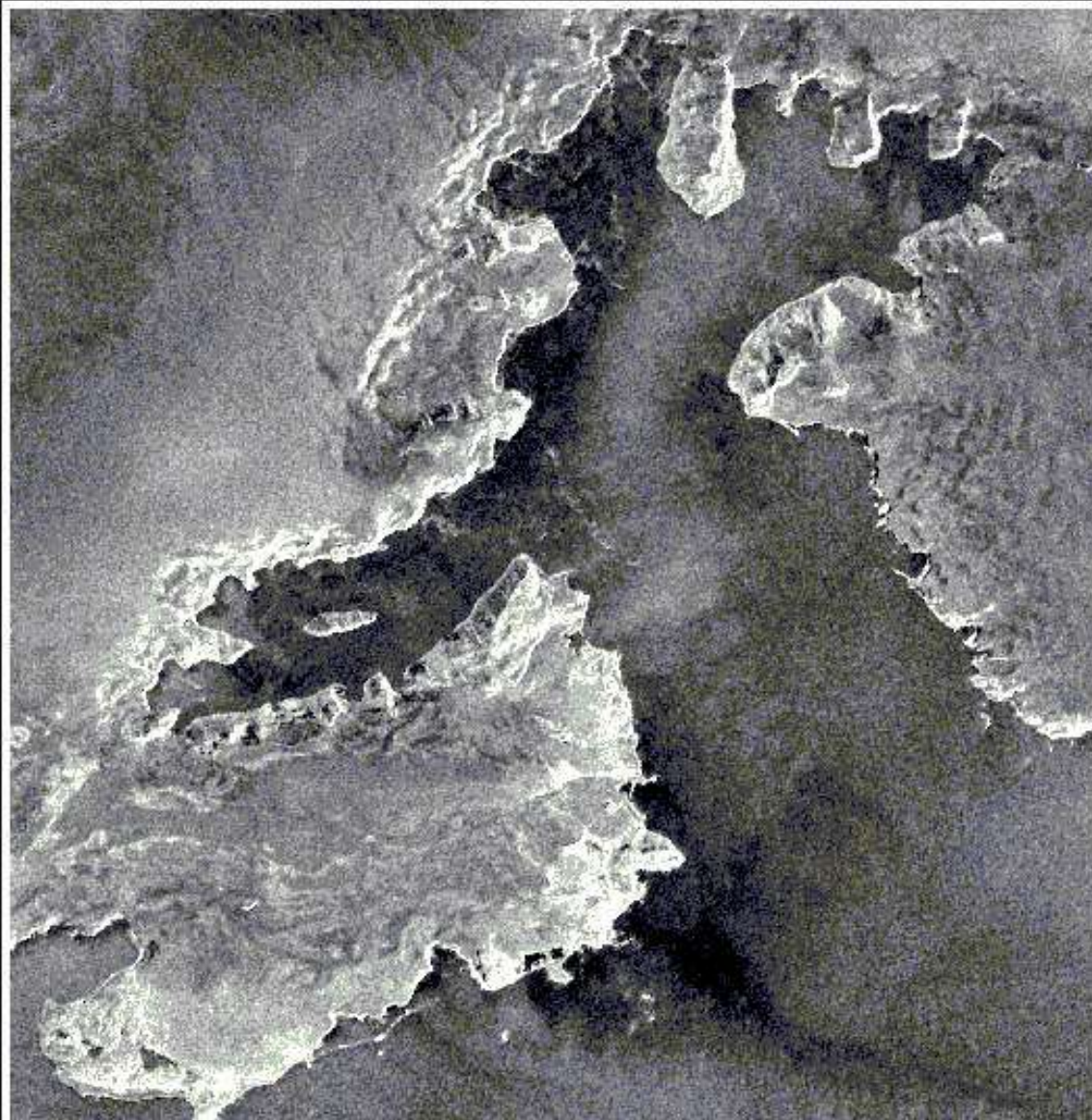


Ice Velocity (m/year)



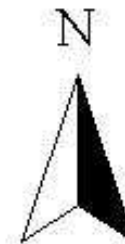


Mapování polárních oblastí



ADMIRALTY BAY KING GEORGE ISLAND

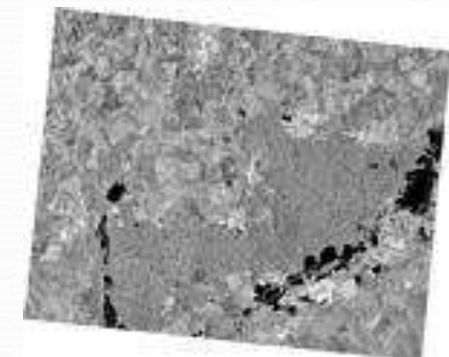
Satellite Map from RADARSAT Image
acquired 11th March 1999
Standard mode



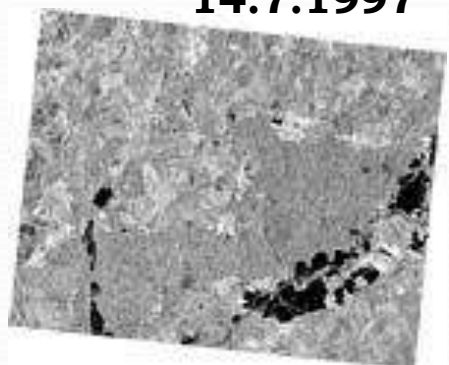
0 2 4 6 8 Km

A horizontal scale bar with alternating black and white segments. The numbers 0, 2, 4, 6, and 8 are placed above the bar, and the unit 'Km' is at the far right end.

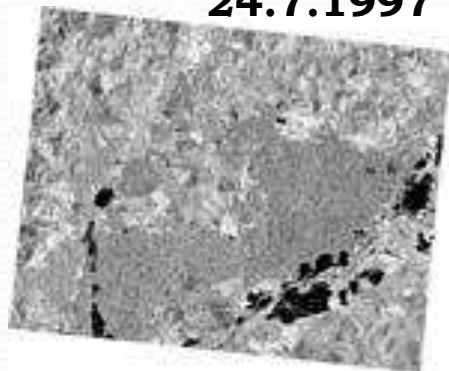
Mapování rozsahu povodní



14.7.1997

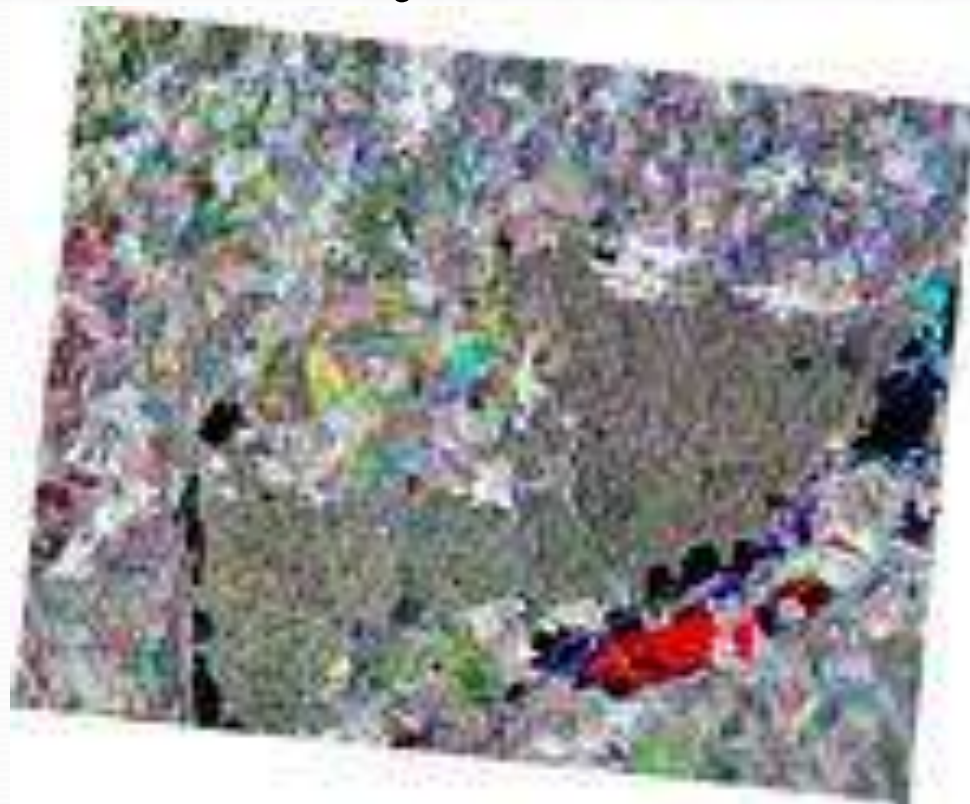


24.7.1997



27.7.1997

**Barevná syntéza ze tří
časových horizontů**

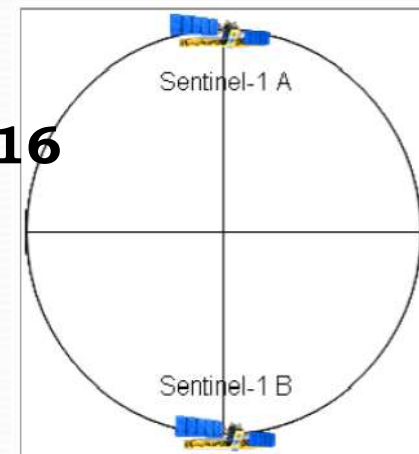


Morava, červenec 1997

**snímky z družice
RADARSAT**

SENTINEL-1A a SENTINEL-1B

- Sentinel 1A * duben 2014
- Sentinel 1B plánovaný start 22. duben 2016
- stejná relativní oběžná dráha - posun o 180°
- dráha blízka polární, slunečně synchronní
- hlavní mód snímání o polarizaci VV a VH
- možnost quad-polarizace
- prostorové rozlišení od 5 do 10 m
- repeat (orbit) cycle 12 dní, dohromady 6 dní

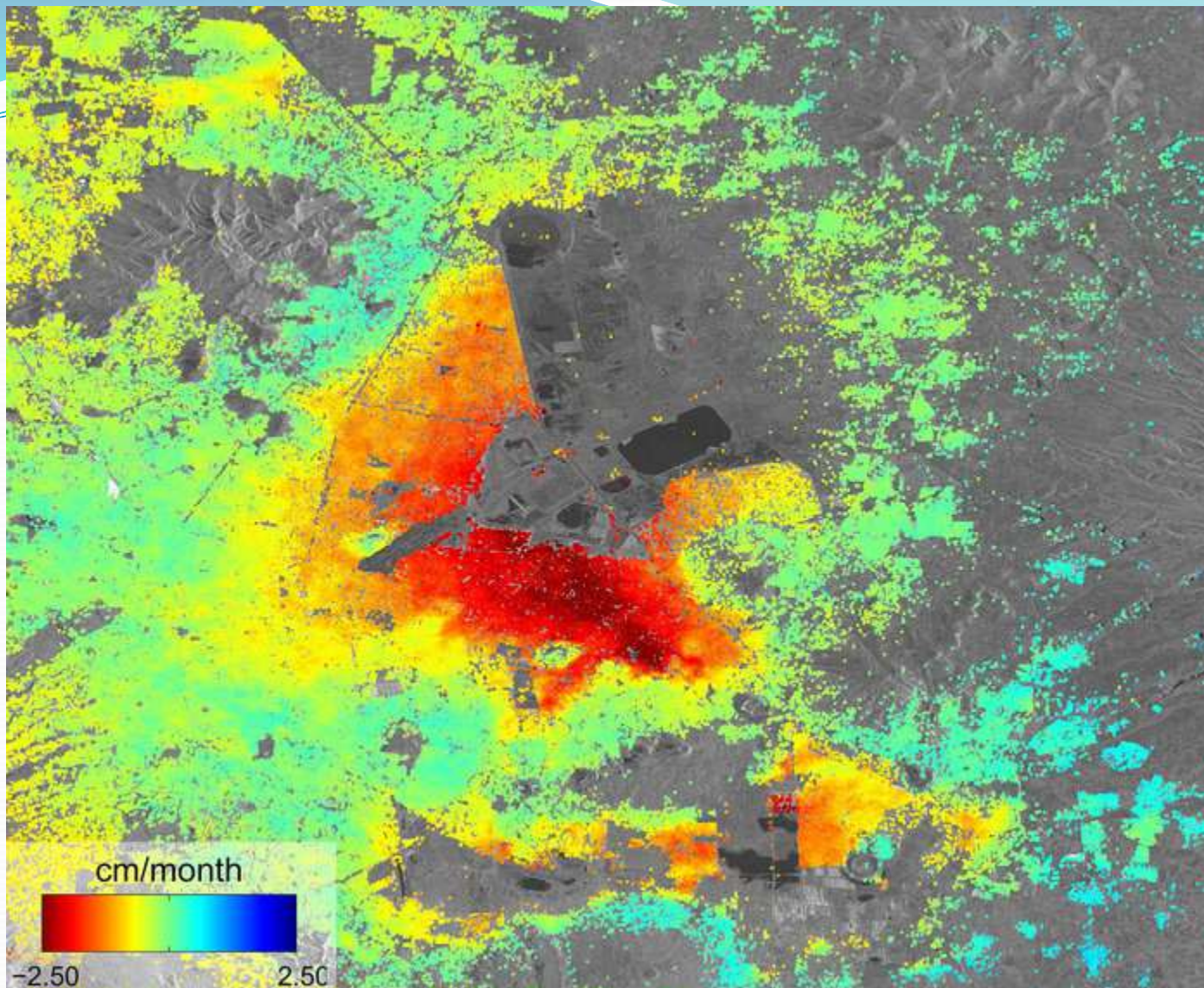


*Konstelace Sentinel-1A a 1B
ESA: Sentinel-1 User Handbook*

A+B

- denní pokrytí mezi $+45^\circ\text{N}$ a -45°S
- interferometrie
 - interval globálního pokrytí max. 14 dní





Data z družice Sentinel 1A 2.10. – 2.12.2014, pohyb povrchu v důsledku čerpání podzemních vod, Mexico City

zdroj:

http://www.esa.int/spaceinimages/Images/2014/12/Mexico_City_subsidence

Zdroje dat



Bezplatně

- Evropská kosmická agentura (ESA) - řada satelitů i leteckých kampaní, přes vyhledávač **EOLI-SA**
<http://earth.esa.int/EOLi/EOLi.html>
- ESA - **Sentinel Data HUB** - <https://scihub.esa.int/>
- Národní úřad pro letectví a kosmonautiku (NASA) – **Earth Explorer**
<http://earthexplorer.usgs.gov/>
- občasné akce, kdy bývají zdarma i jinak drahá data (TSX od DLR, Radarsat od CSA)

Komerční poskytovatelé (většinou slevy na vědecké účely)

- Německá **DLR** – TerraSAR-X, TanDEM-X, plánovaný TanDEM-L
<http://www.dlr.de/>
- Kanadská **CSA** – Radarsat 1 <http://www.asc-csa.gc.ca/eng/satellites/radarsat1/> a Radarsat 2 <http://www.asc-csa.gc.ca/eng/satellites/radarsat2/>
- Italská **ASI** – satelity Cosmo-SkyMED <http://www.cosmo-skymed.it/en/index.htm>