ČVUT
ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Cvičení předmětu 155DPRZ

Cvičení 1 – Úvod do DPZ

ČVUT
ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

esa

→ CO JE DÁLKOVÝ PRŮZKUM?

Dálkový průzkum je princip získávání informací o určitém předmětu bez nutnosti fyzického kontaktu.

Přístroje, které se k dálkovému průzkumu Země využívají, se nazývají senzory. Senzory zaznamenávají elektromagnetické záření odražené od předmětů a převádějí ho na data, jež lze interpretovat s pomocí počítače.

Dálkový průzkum lze provádět ze země, z letadla nebo z vesmíru. Při pozorování z vesmíru umožňují senzory umístěné na družici sledovat atmosféru, oceány, pevninu i jednotlivé objekty jako stromy, zemědělské plodiny, budovy či řeky.

Senzory využívané k dálkovému průzkumu Země se dělí na aktivní a pasivní.

Mozaika optických snímků pořízených spektrometrem MERIS z paluby družice Envisat

PASIVNÍ SENZORY

Pasivní senzory zaznamenávají záření z jiných zdrojů, než je senzor. Jde například o sluneční světlo odražené od různých objektů na zemském povrchu nebo infračervené tepelné záření, které vydává sama Země (či objekty na ní). Pasivní senzory nemohou pracovat v noci, a pokud pracují na optickém principu, nedokážou proniknout bariérou mraků.

Obraz složený ze snímků pořízených radarem ASAR z paluby družice Envisat

AKTIVNÍ SENZORY

Aktivní senzory využívají vlastní zdroj záření. Senzor vyšle dávku záření směrem k objektům na Zemi a měří množství záření, které se odrazí zpět. Na rozdíl od pasivních senzorů dokážou aktivní senzory získávat informace jak ve dne, tak v noci. V případě radaru je možné i měření skrz oblačnost.

Více informací najdete na: **www.esa.int/eduspace**

European Space Agency

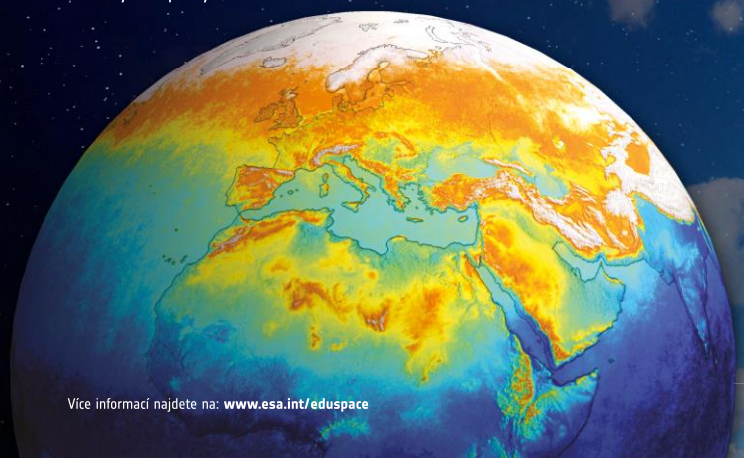
ČVUT
ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

esa

→ DÁLKOVÝ PRŮZKUM A ATMOSFÉRA

Zemská atmosféra je směs plynů, která obklopuje naši planetu. Má zásadní vliv na život na Zemi. Především obsahuje kyslík, který dýchají živé organismy, chrání nás před ultrafialovým zářením a udržuje teplotu příznivou pro život. Sledování vlastností atmosféry je tedy naprosto nezbytné.

Senzory na družicích získávají data, která nacházejí stále širší uplatnění v oborech zabývajících se atmosférou. Poskytují například informace o větru a rozložení oblačnosti pro zpřesnění předpovědí počasí. Monitorují změny ve složení atmosféry, čehož se využívá pro kontrolu kvality ovzduší a vylepšování klimatických modelů. Detailně sledují hurikány, erupce sopečného popela a efekt městských tepelných ostrovů.



Hurikán Rita v Mexickém zálivu na snímku z přístroje MERIS na družici Envisat

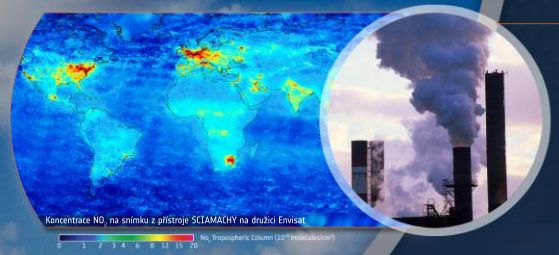
HURIKÁNY

Optické senzory poskytují detailní pohled na strukturu oblačnosti a proudění větru. To umožňuje sledování hurikánů a zpřesnění předpovědí počasí.

Větrné elektrárny umístěné v moři poblíž anglického města Barrow a vliv větru na hladinu moře na snímku z družice Sentinel-1

VÍTR

Radarové senzory jsou citlivé na drsnost povrchu, což umožňuje sledovat například vlny na otevřeném moři nebo jezerech. Informace o vlnách zpřesňují monitoring větru, který je zásadní pro management větrných elektráren a k předpovědím počasí.



OXID DUSIČITÝ (NO_2)

Spektrometry měří světlo odražené od atmosféry a zobrazují absorpční pásy odpovídající konkrétním plynům jako např. oxid dusičitý (NO_2). Tyto informace jsou důležité pro zjišťování kvality ovzduší a předpovídání klimatických změn.

Více informací najdete na: **www.esa.int/eduspace**

European Space Agency

ČVUT
ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

esa

→ DÁLKOVÝ PRŮZKUM A PEVNINA

Pevnina tvoří 30 % zemského povrchu. Odehrává se zde valná většina lidské činnosti a útočiště tu nachází celá řada živých bytostí. Díky přímému kontaktu s atmosférou a hydrosférou pevnina také významně ovlivňuje klima naší planety. Z těchto důvodů má sledování pevniny zásadní význam pro lidstvo i celou biosféru.

Při monitorování přírodních zdrojů je dnes neocenitelným pomocníkem dálkový průzkum Země. Družice lze využít například k mapování půdního pokryvu, k územnímu plánování, k odhalování lesních požárů, ke sledování vlhkosti půdy a eroze, k odhadu množství lesní biomasy, k topografickým měřením, ke sledování sopečné činnosti nebo k vytváření seismických modelů.

Zemědělská půda v kalifornském Imperial Valley na snímku pořízeném přístrojem MERIS na družici Envisat

ZEMĚDĚLSTVÍ

Pomocí optického snímkování lze v pravidelných intervalech získat družicové snímky zemědělské půdy ve vysokém rozlišení. Je tak možné pravidelně sledovat zemědělské plodiny a posuzovat, jak rostou a prospívají.

Vzestup sopky Mount Longonot měřený pomocí interferogramu z přístroje ASAR na družici Envisat

SOPEČNÁ ČINNOST

Radarové interferometrie lze využít k měření poklesu či vzestupu sopky s přesností na milimetry. Tak lze získávat informace o vulkanické činnosti a s jejich pomocí zpřesňovat předpovědní modely budoucích erupcí.

VLHKOST PŮDY

S pomocí dat z radiometrů lze vytvořit celosvětové mapy vlhkosti půdy, což je důležitý parametr pro sledování vegetace a zemědělské půdy, hospodaření s vodními zdroji a předpovídání počasí a vývoje.

Více informací najdete na: **www.esa.int/eduspace**

European Space Agency

ČVUT
ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

esa

→ DÁLKOVÝ PRŮZKUM A LEDOVÁ POKRÝVKA

Zhruba 10 % zemského povrchu je trvale pokryto ledovci, ledovými čepicemi a ledovými příkrovy, které se souhrnně označují jako kryosféra. Tyto různé formy ledové pokrývky se nacházejí převážně v polárních a vysokohorských oblastech a zásadním způsobem ovlivňují regulaci klimatu naší planety a výšku hladiny oceánů. Z nedávných pozorování vyplývá, že v kryosféře dochází k rychlým a možná nevratným změnám. Sledování ledové pokrývky tak má pro budoucnost naší planety obrovský význam.

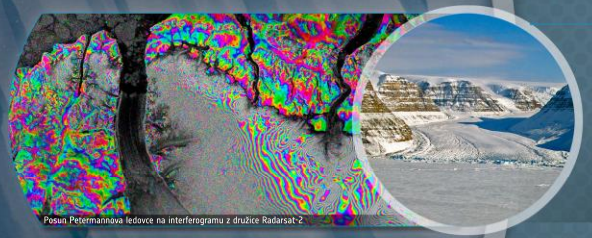
Neocenitelným moderním nástrojem pro výzkum ledové pokrývky je dálkový průzkum Země. Díky možnosti mapování ledové pokrývky či sledování pohybu ledových ker ho lze v polárních oblastech využít například při plánování námořních tras nebo při těžbě ropy na moři. Slouží také k měření důležitých parametrů ledové pokrývky, jako je její mocnost nebo topografie pevninského ledu, a tak přispívá k monitorování změny klimatu. Rovněž umožňuje určit charakter pohybu mořského ledu a rychlost pohybu pevninských ledovců.

• **Změny v mocnosti ledu na snímku z družice Cryosat, září 2007**

Úlomky ledu ve vírech v Severním ledovém oceánu zachycené přístrojem MERIS na družici Envisat

LEDOVÁ POKRÝVKA

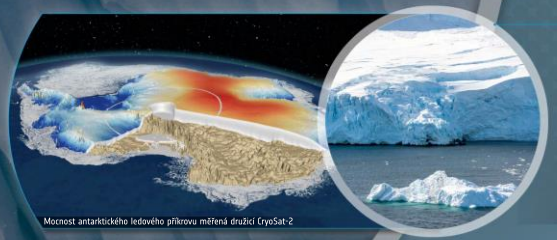
Přístroje pro optické i radarové snímkování měří rozsah ledové pokrývky a sledují pohyb ledových ker v oceánských proudech. Jedná se o ukazatele s velkým významem pro sledování změny klimatu, které mohou také pomoci při plánování námořních tras ve stále rušnějších arktických vodách.



Posun Petermannova ledovce na interferogramu z družice Radarsat-2

RYCHLOST POHYBU PEVNINSKÝCH LEDOVCŮ

Radarové senzory využívající pokročilé techniky, jako je například radarová interferometrie, umožňují měření rychlosti pohybu ledovců. Ze získaných údajů pak lze odvodit hmotovou bilanci ledovců, která je citlivým klimatickým ukazatelem.



Mocnost antarktického ledového příkrovu měřená družicí CryoSat-2

MOCNOST MOŘSKÉHO LEDU

Radarové výškoměry měří mocnost mořského ledu a ledových příkrovů s přesností na centimetry. Tak je možné vyčíslit, jaké množství ledu v polárních oblastech taje a jak to přispívá ke zvyšování hladiny oceánů.

Více informací najdete na: **www.esa.int/eduspace**

European Space Agency

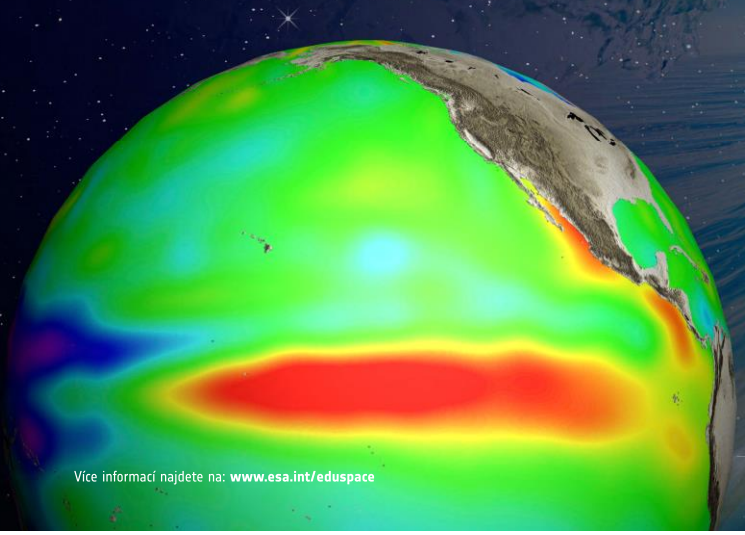
ČVUT
ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

esa

→ DÁLKOVÝ PRŮZKUM A OCEÁNY

Oceány pokrývají více než 70 % zemského povrchu. Díky své ohromné rozloze mají zásadní vliv na počasí a klima jak v konkrétních oblastech, tak globálně. Z toho důvodu je v zájmu lidstva i celé naší planety velmi důležité stav oceánů sledovat.

V dnešní době měří satelity mnoho parametrů týkajících se oceánů, a to na globální, regionální i místní úrovni. Tato měření najdou uplatnění v celé řadě odvětví, jako je třeba sledování změn klimatu, předpověď počasí, monitoring větru a vln, sledování vodního květu, rybolov, řízení lodního provozu, záchranné operace, pátrání po ropných skvrnách nebo hodnocení kvality vody.



• Teplota mořské hladiny

Fytoplankton kvetoucí v Barentsově moři na obrázku pořízeném spektrometrem MERIS z paluby družice Envisat

BARVA OCEÁNŮ

Optické přístroje dokážou sledovat barvu oceánů a zjistit tak přítomnost řas a planktonu, jež funguje jako dobrý ukazatel celkového zdraví oceánu. Díky tomu je pak možné vytipovat nejvhodnější oblasti průmyslového rybolovu.

Ropná skvrna rozlévající se za poškozeným tankerem Prestige na obrázku pořízeném radarem ASAR z paluby družice Envisat

ROPNÉ SKVRNY

Přístroje pracující na principu radaru jsou citlivé na členitost povrchu. Díky tomu jsou schopné odhalit ropné skvrny, protože ropa plovoucí na hladině vyhlazuje vlny, které by se za normálních okolností tvořily působením větru.

Mezíroční změny výšky mořské hladiny zaznamenané satelitním výškoměrem

VÝŠKA MOŘSKÉ HLADINY

Radarové výškoměry měří výšku mořské hladiny. Tato měření jsou nepostradatelná při sledování stoupání hladiny v pobřežních oblastech a při snaze o pochopení toho, jak se chovají oceánské proudy.

Více informací najdete na: **www.esa.int/eduspace**

European Space Agency

Vysvětlení pojmů

PIXEL

Základní obrazový prvek

Zkrácení anglických slov „picture element“

Místo, kterému odpovídá jeden měřený údaj

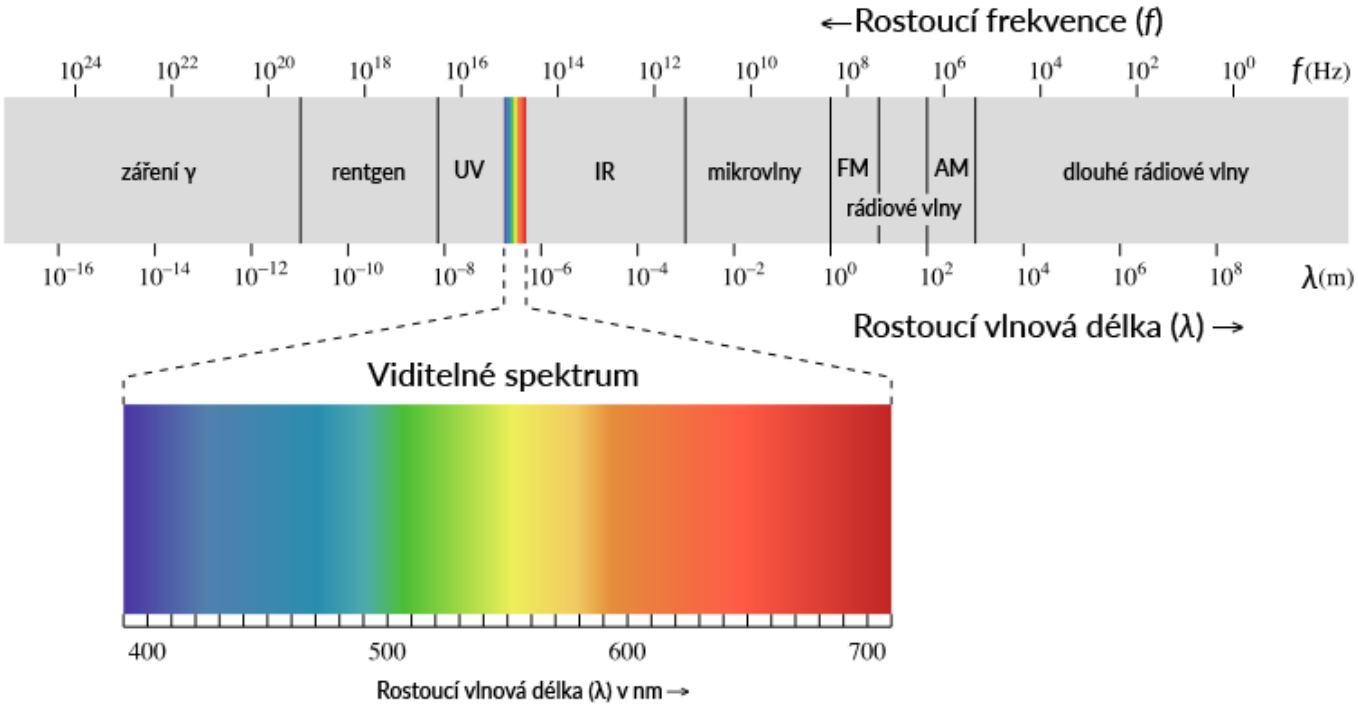
V rastru má jasně dané souřadnice

Vysvětlení pojmů

PÁSMO

Je část elektromagnetického spektra vymezená krajními vlnovými délkami

Jejich množství a šířka určuje vlastnosti dat



Vysvětlení pojmů

ROZLIŠENÍ

Prostorové – velikost jednoho bodu (pixelu) - Nízké a střední, Vysoké, Velmi vysoké

Spektrální – Panchromatická (1 pásmo), Multispektrální, Hyperspektrální (desítky až stovky pásem)

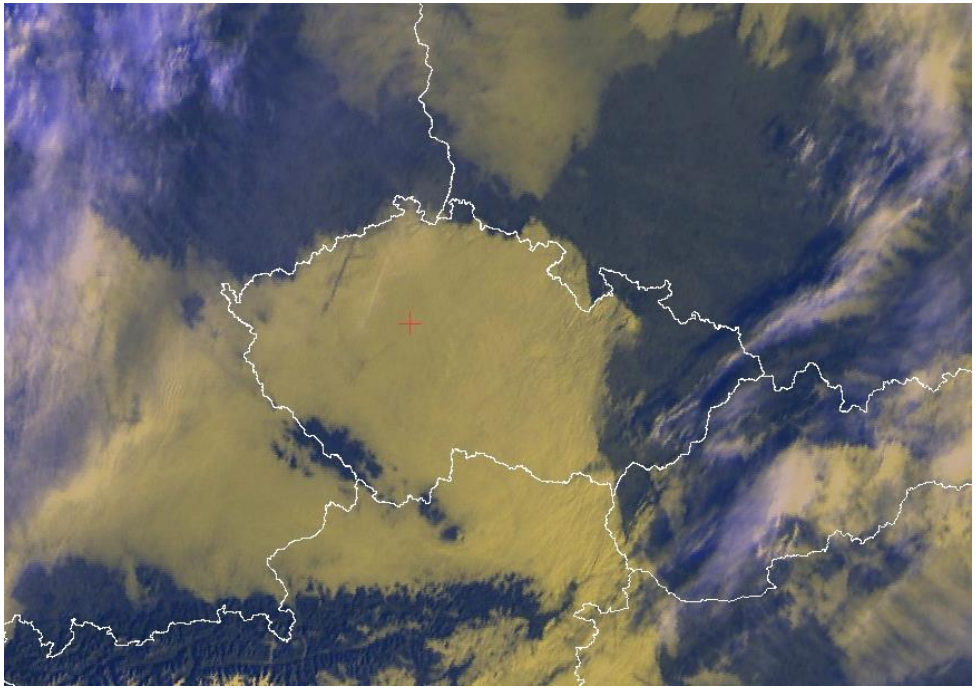
Časové – frekvence s jakou lze snímat stejné území

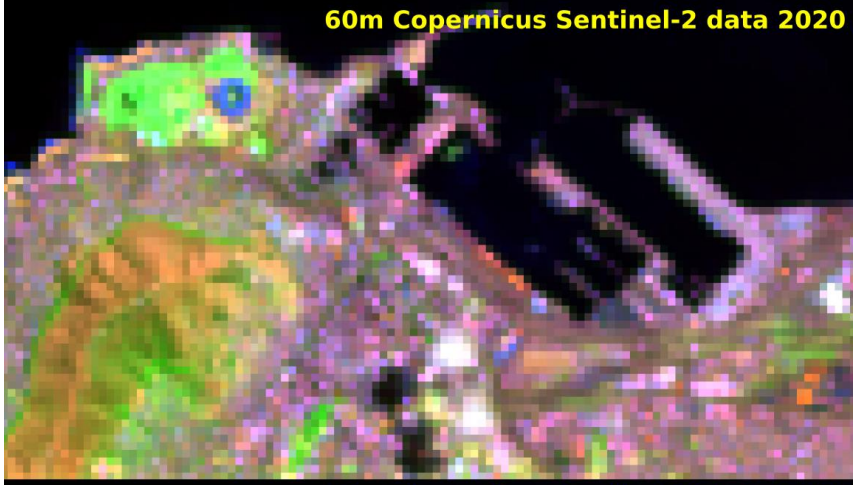
Radiometrické – hloubka pixelu – nejmenší změna v intenzitě záření, kterou dokážeme rozlišit (v bitech)

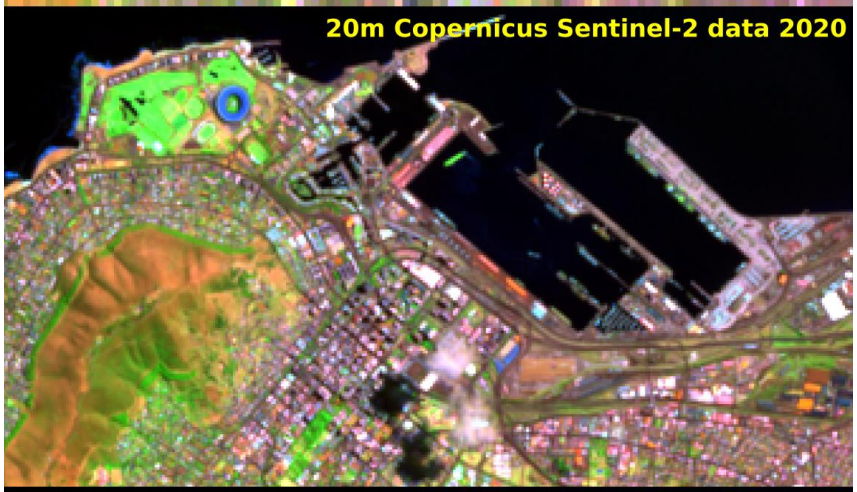
Polarizační – u radarových dat – lepší rozlišení různých typů povrchu a zlepšuje detekci objektů

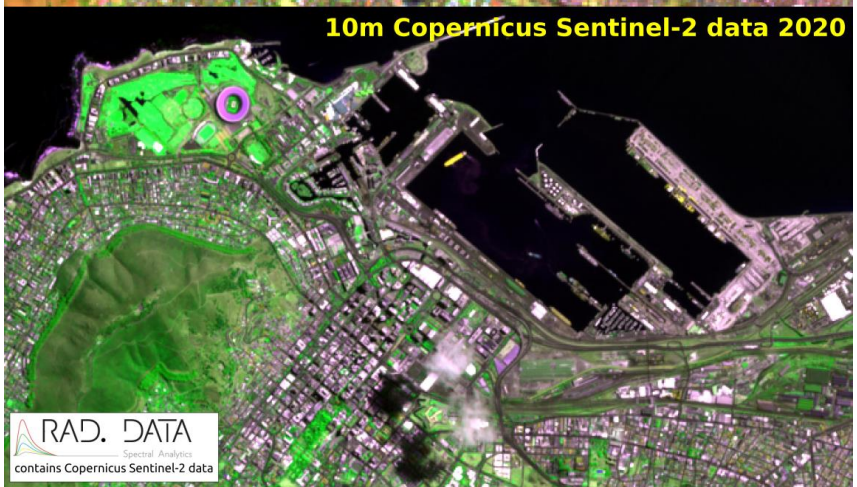
Příklady

ROZLIŠENÍ









Nízké a střední - Meteosat MSG (km)
Vysoké - Sentinel 2 sensor MSI (desítky m)

ČVUT
ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

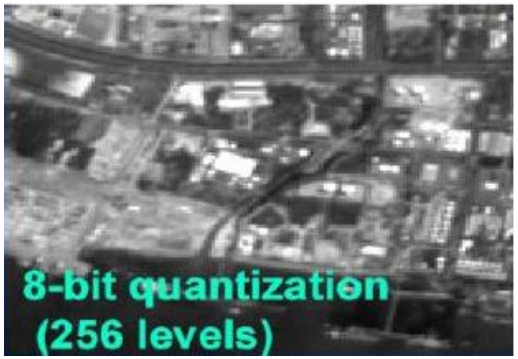
Velmi vysoké prostorové rozlišení

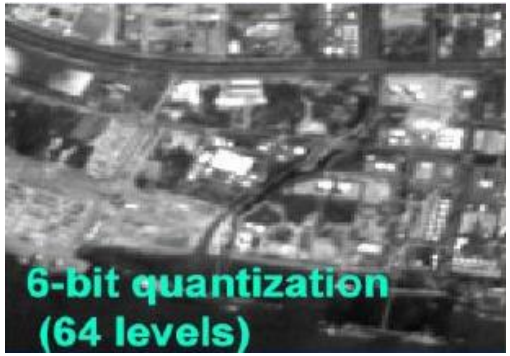
Pleiádes-NEO
MS 1,2m
PAN 0,3m

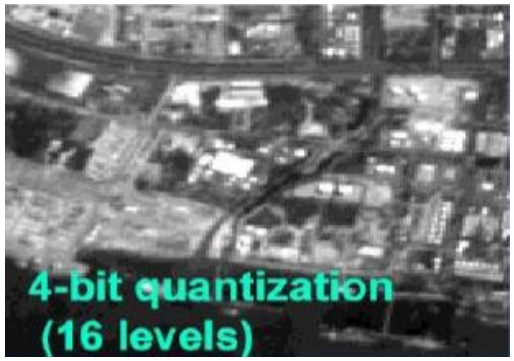
Co je to za město?

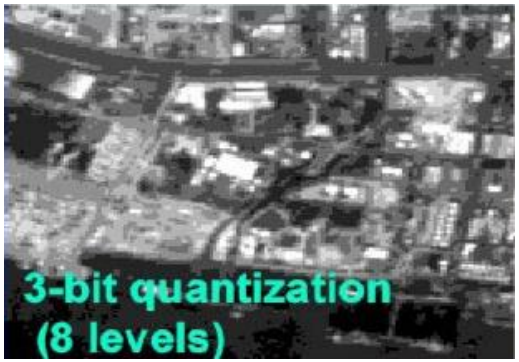
Příklady

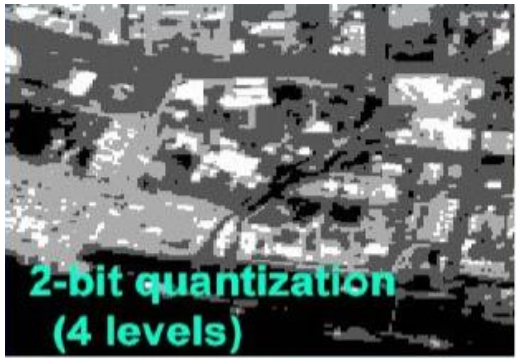
ROZLIŠENÍ

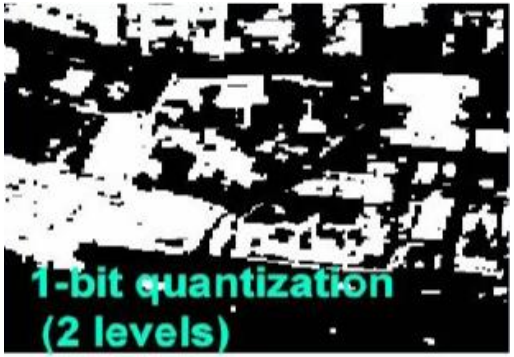






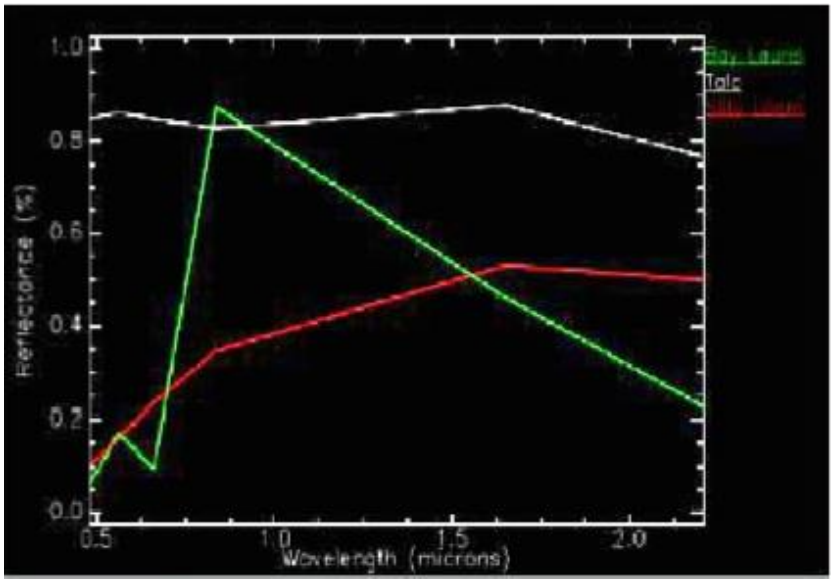


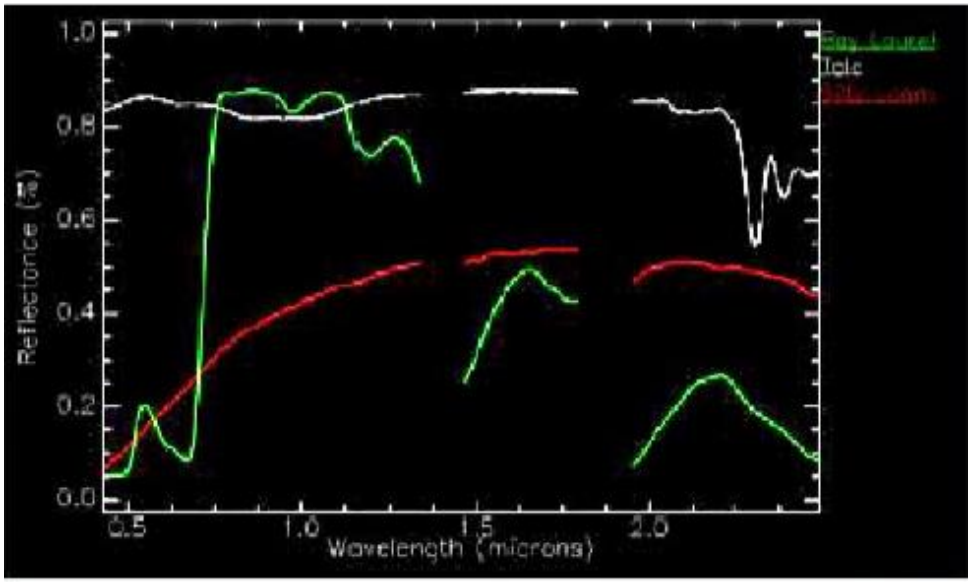




Příklady

ROZLIŠENÍ





Landsat 7 - ETM 7 pásem

Letecké - AVIRIS, 224 pásem, absorpční pásma

Panchromatické pásmo – Pan (vše) Chroma (barva) = 1pásmo v celém rozsahu viditelného a NIR, černobílý snímek ve stupních šedi

Druhy zpracování dat

Zpracovaná ("system corrected") data

Nezpracovaná ("raw") data

Zpracování znamená provedení základních radiometrických (kalibrace senzoru), geometrických (poloha) a atmosférických korekcí

ČVUT
ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

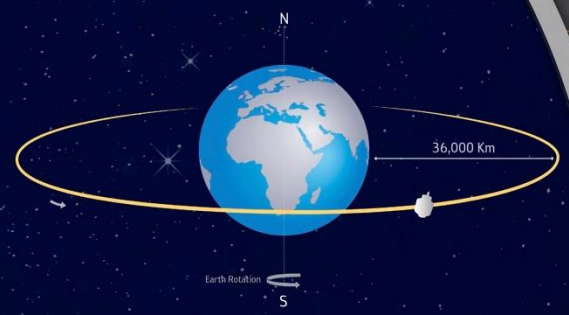
esa

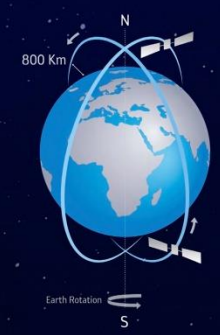
→ OBĚŽNÉ DRÁHY DRUŽIC

Družice se při pozorování Země pohybují po oběžných drahách.

Tvar těchto drah závisí na třech hlavních faktorech. Prvním je zemská gravitace, druhým rychlost družice a třetím její poloha. Čím blíže Zemi se družice pohybuje, tím vyšší je její rychlost.

Vědci vybírají oběžné dráhy podle toho, co má družice sledovat. K pozorování Země se zpravidla využívají dva druhy: slunečně synchronní polární oběžné dráhy a geostacionární dráhy.





GEOSTACIONÁRNÍ OBĚŽNÉ DRÁHY „SVÁZANÉ SE ZEMÍ“

Geostacionární oběžné dráhy jsou kruhové dráhy ve výšce přibližně 36 000 km nad rovníkem. Družice na těchto oběžných drahách obíhají kolem Země stejnou úhlovou rychlostí jako je rotace Země. Proto se zdánlivě nacházejí stále nad stejným místem na zemském povrchu a mohou nepřetržitě sledovat určitou oblast. Na geostacionárních oběžných drahách obíhá většina meteorologických a telekomunikačních družic.

HELIO-SYNCHRONNÍ POLÁRNÍ OBĚŽNÉ DRÁHY „SVÁZANÉ SE SLUNCEM“

Slunečně synchronní polární oběžné dráhy jsou přibližně kruhové dráhy ve výšce zhruba 800 km nad Zemí. Družice na těchto drahách přelétají v blízkosti pólů planety, a jak se Země otáčí, sledují zemský povrch každý den ve stejný místní čas a za stejného slunečního osvětlení. Na tyto dráhy se umísťují družice pro dálkový průzkum Země, které mají sledovat celý povrch planety.

Více informací najdete na: **www.esa.int/eduspace**

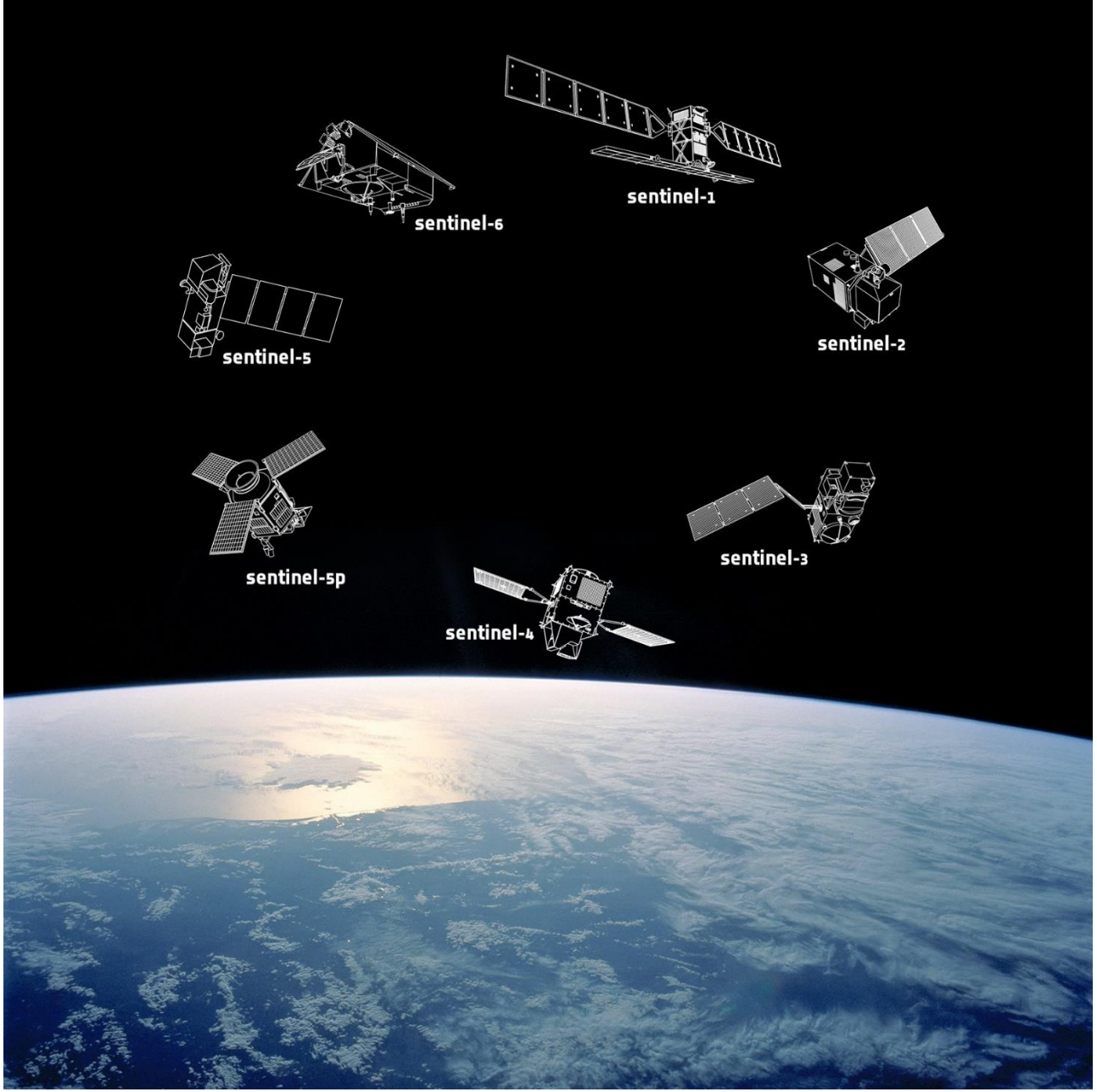
European Space Agency

Program COPERNICUS

- Program EU pro pozorování Země
- Program koordinuje a spravuje Evropská komise
- Je prováděn v partnerství s členskými státy, Evropskou kosmickou agenturou (ESA), Evropskou organizací pro využívání meteorologických družic (EUMETSAT), Evropským centrem pro střednědobé předpovědi počasí (ECMWF), agenturami EU a společností Mercator Océan.
- Veškerá data jsou volně přístupná bez poplatků

- https://youtu.be/MGJss4lDaBo

The Sentinel missions



https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/The_Sentinel_missions

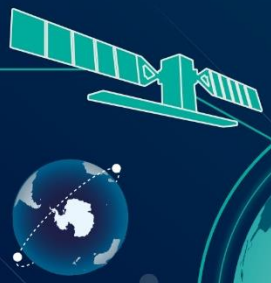
European Union

esa

About Copernicus Sentinel-1...

WHAT?

The first in the Copernicus Sentinel series, **a constellation of two identical radar imagery satellites in the same orbit**, providing an all-weather, day-and-night supply of images of Earth's surface



WHEN?

Sentinel-1A was launched on 3 April 2014 and Sentinel-1B on 25 April 2016.
Both were taken into orbit on a Soyuz rocket, from Europe's Spaceport in French Guiana

APPLICATIONS

Main applications include:
• Monitoring sea ice and icebergs • monitoring of land ice (glaciers, ice sheets, ice caps) • river and lake ice monitoring • oil spills and ships • marine winds & waves • land-use change, agriculture, deforestation • land deformation • and support to emergency management such as floods and earthquakes

WHERE?

Designed and built by a consortium of around 60 companies led by **Thales Alenia Space** and **Airbus Defence and Space**

WHAT'S NEXT?

Continuity over the coming years will be ensured by the launch of additional satellites (Sentinel-1C and Sentinel-1D). Furthermore, **a new generation of Sentinel-1 satellites is being prepared,** to take up the relay from the first generation

DATA AND USERS

As of end 2020, about **6 million** products have been generated and made available for download, culminating a total of 10 Petabytes. More than **30 million** Sentinel-1 product downloads have been made by users, representing nearly **40 Petabytes**. Data are exploited by various users: Copernicus Services, public institutions, scientists, commercial companies

BENEFITS

Services relate to:
• Monitoring of Arctic sea-ice extent • routine sea-ice mapping • maritime surveillance (oil spill monitoring, ship detection, illegal fisheries) • monitoring land-surface for motion risks including subsidence, landslides • understanding of Earth processes (earthquakes, volcanoes) • monitoring of infrastructure • mapping for forest, water and soil management • and mapping to support humanitarian aid and crisis situations

DATA ACCESS

https://scihub.copernicus.eu/

© ESA 2021

copernicus
Europe's eyes on Earth

European Union

esa

About Copernicus Sentinel-2...

WHAT?

A constellation of **two identical satellites in the same orbit**, Copernicus Sentinel-2 images land and coastal areas at high spatial resolution in the optical domain

WHERE?

Designed and built by a group of around **60 companies** led by **Airbus Defence** and Space for the space segment and **Thales Alenia Space** for the ground segment

WHICH?

Main applications include agriculture; land ecosystems monitoring; forests management; inland and coastal water quality monitoring; disasters mapping and civil security

WHO?

Services include **CLMS** (Copernicus Land Monitoring Service); **CMEMS** (Copernicus Marine Environment Monitoring Service); **CEMS** (Copernicus Emergency Management Service) and Copernicus Security Service; among others

WHEN?

Sentinel-2A was launched on 23 June 2015; Sentinel-2B on 7 March 2017, both on a Vega rocket from Kourou, French Guiana

DATA AND USERS

As of July 2020, about **20 million products** have been generated and made available for download, culminating a total of 10 Petabytes

DATA ACCESS

https://scihub.copernicus.eu

WHATS NEXT?

Continuity over the coming years will be ensured by the **launch of additional satellites** (Sentinel-2C and Sentinel-2D). Furthermore, a new generation of Sentinel-2 satellites is being prepared, to take up the relay from the first generation

copernicus
Europe's eyes on Earth

© ESA 2020

European Union

About COPERNICUS SENTINEL-3

esa

WHAT?

With a suite of cutting-edge instruments, Sentinel-3 measures systematically **Earth's oceans, land, rivers and lakes, land ice, sea-ice and atmosphere, to monitor and understand long term and large-scale global dynamics**

INSTRUMENTS?

The spacecraft carries four main instruments:
OLCI: Ocean and Land Colour Instrument
SLSTR: Sea and Land Surface Temperature Radiometer
SRAL: SAR Radar Altimeter
MWR: Microwave Radiometer

APPLICATIONS?

A versatile mission that supports many applications, main ones include: **measuring sea and lake surface topography; sea and land surface temperature; sea-ice and land ice elevation and ocean and land surface colour to support ocean forecasting systems, environmental monitoring and climate monitoring; and wildfire monitoring**. The mission is jointly operated by **ESA** and **EUMETSAT** to deliver operational ocean and land observation services

BENEFITS?

Core services relate to:
Numerical Ocean Prediction; Global Land Monitoring Applications; Open Ocean and Sea-Ice and Land Ice Monitoring; Coastal Zone Monitoring; Atmospheric Services; Climate Change Monitoring; Environmental Policy and Law; Maritime Safety and Security; and Support to European Security, Humanitarian and Emergency Services

WHEN?

Sentinel-3A + **Sentinel-3B**

16 Feb 2016 | **25 Apr 2018**

Both were taken into orbit on a Rockot launcher from Plesetsk Cosmodrome, Russia

WHERE?

Both satellites were designed and built by a consortium of around **100 companies**, under the leadership of Thales Alenia Space, France. The mission is the result of close collaboration between ESA, the European Commission, EUMETSAT, France's CNES space agency, industry, service providers and data users

DATA AND USERS?

Since the start of dissemination of Sentinel-3A data in October 2016 and until September 2021, users have downloaded **132.068.986** Sentinel-3 products, corresponding to a total volume of **35,64 PiB**. The archive exploitation ratio was **1:11**, meaning that users have downloaded 11 times the number of Sentinel-3 published products.

Data are exploited by various users: Copernicus Services, public institutions, scientists, researchers and commercial companies

WHAT'S NEXT?

Continuity over the coming years will be ensured by the launch of additional satellites (Sentinel-3C and Sentinel-3D). Furthermore, a new generation of Sentinel-3 satellites is being prepared, to take up the relay from the first generation

DATA ACCESS **https://scihub.copernicus.eu/**

copernicus
Europe's eyes on Earth

European Union

About COPERNICUS SENTINEL-5P

esa

WHAT

Sentinel-5 Precursor, or Sentinel-5P, is the **first mission of the European Union's Copernicus Programme dedicated to monitoring Earth's atmosphere**

OBJECTIVE

The aim of the mission is to **deliver measurements of key constituents of the atmosphere with high spatiotemporal resolutions, supporting the monitoring and forecasting of air quality, ozone and UV radiation, and the climate**, as well as many more applications that benefit society and the environment

INSTRUMENT

Copernicus Sentinel-5P carries the **TROPOspheric Monitoring Instrument (TROPOMI), a state-of-the-art spectrometer that maps the global atmosphere every day, with a resolution as high as 5.5 km × 3.5 km and a swath of some 2600 km**

APPLICATIONS

Copernicus Sentinel-5P data are fed into several Copernicus Services, including the Copernicus Atmosphere Monitoring Service (CAMS) and the Copernicus Climate Change Service (C3S), helping European businesses and governments address key societal and environmental challenges

CONTINUITY

The mission reduces gaps in the availability of global atmospheric data between ESA's Envisat satellite – which was operational from 2002 to 2012 – and the future Copernicus Sentinel-4 and Sentinel-5 missions

WHEN

Sentinel-5P

13 Oct 2017

The satellite was launched into orbit on 13 October 2017 onboard the Rockot launcher from the Plesetsk cosmodrome in Russia

WHERE

The mission was designed and built by a consortium of **30 companies** led by Airbus Defence and Space in the UK and the Netherlands. It is the result of a collaboration between ESA, the European Commission, the Netherlands Space Office, industry, data users and scientists

SCIENCE

The mission's data have resulted in the publication of hundreds of scientific papers that tackle numerous important issues, including the impact of industries around the world on greenhouse gas emissions, the effect of coronavirus restrictions on air quality, and many more

DATA AND USERS

Approximately 1 terabyte of Copernicus Sentinel-5P data is downloaded by users every day. As of September 2022, there are some 590,000 registered users of Copernicus Sentinel data.

DATA ACCESS? scihub.copernicus.eu/

copernicus
Europe's eyes on Earth

Kde má ESA svůj kosmodrom a proč zrovna tam?