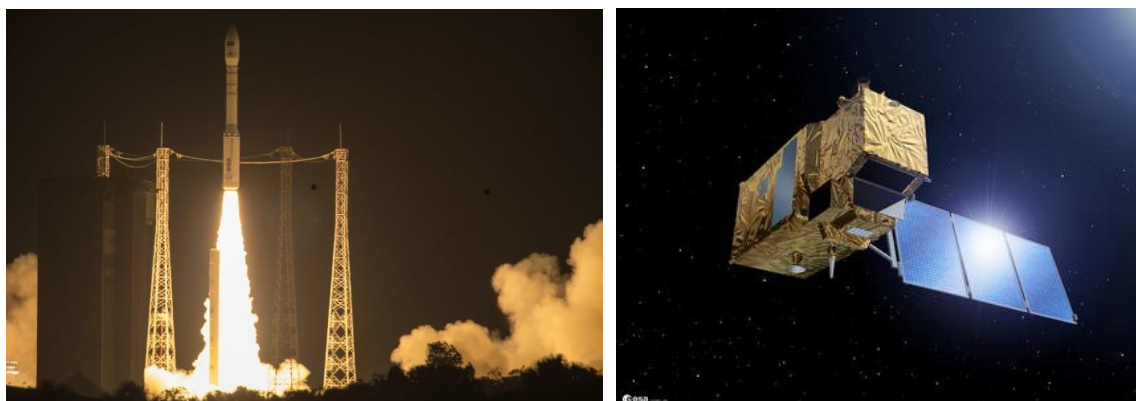


# Sentinel 2 - DATOVÉ SPECIFIKACE

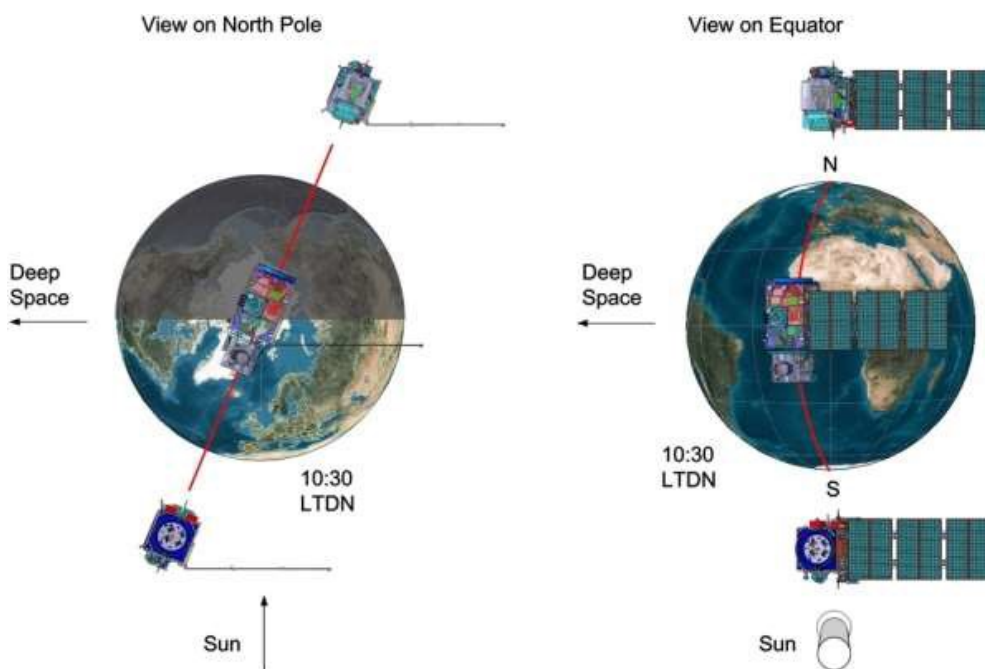
## Základní informace

Sentinel 2 je mise programu Copernicus, která poskytuje multispektrální snímky s vysokým prostorovým rozlišením a nebývale velkou šířkou záběru. Sentinel 2 tvoří dvě družice na stejné oběžné dráze s posunem 180°. Samotná družice prolétne nad stejným místem na Zemi jednou za 10 dní, dvě družice jednou za 5 dní (to platí na rovníku, ve vyšších zeměpisných šířkách se tato doba zkracuje), čímž je dosaženo vysokého časového rozlišení. Sentinel 2 snímá zemský povrch od 56° jižní šířky po 84° severní šířky.



Obr. 1 Start (vlevo) a vizualizace (vpravo) Sentinelu 2A, zdroj: ESA

Sentinel 2 nese optický senzor MSI snímající v 13 pásmech od viditelného po střední infračervené spektrum. Čtyři kanály mají prostorové rozlišení 10 m, šest kanálů rozlišení 20 m a tři kanály rozlišení 60 m. Šířka záběru snímání je 290 km.



Obr. 2 Konstelace dvou družic Sentinel 2 na oběžné dráze, zdroj: ESA

	LANDSAT 1-7	SPOT	Sentinel 2
<b>Trvání mise</b>	1972 – současnost	1986 – současnost	2014 – současnost
<b>Princip snímacího nástroje</b>	Skener	“Pushbroom“	“Pushbroom“
<b>Časové rozlišení (dny)</b>	16	26	5
<b>Šířka záběru (km)</b>	185	2 x 60	290
<b>Počet spektrálních pásem</b>	7	4	13
<b>Prostorové rozlišení (m)</b>	30; 60	2,5; 10; 20	10; 20; 60

Tab. 1 Porovnání multispektrálních misí, zdroj: ESA

### Profil mise Sentinel 2:

- start družice Sentinel 2A: 23. června 2015
- start družice Sentinel 2B: 7. března 2017
- plánovaná životnost: 7 let, maximální odhadovaná 12 let
- váha: 1,2 tuny
- dráha: slunečně synchronní, výška 786 km, inklinace 98,62°
- 13 spektrálních pásem v rozmezí 443 – 2190 nm
- prostorové rozlišení: 10, 20 a 60 m
- šířka záběru: 290 km
- spektrální rozlišení: 15 – 180 nm
- radiometrické rozlišení: 12bit

### Cíle mise Sentinel 2:

Družice Sentinel 2 jsou určeny především pro monitoring krajinného pokryvu a jeho změn. Na své palubě nese multispektrální senzor MSI, který navazuje především na odkaz misí Landsat a SPOT. Tento senzor je prvním svého druhu, který zahrnuje tři pásma v červeném okraji viditelného spektra (tzv. red-edge), jeho data jsou tak svými parametry ideální pro monitorování vegetace se zaměřením na klasifikaci lesních porostů, mapování obsahu chlorofylu v listech, sledování zdravotního stavu vegetace, tvorbu vegetačních indexů nebo zjišťování vodního stresu. Využití dat Sentinelu 2 je dále předpokládáno v oblasti, geomarketingu, dokumentace stavu území, podpory krizového řízení (monitoring lesních požárů, dlouhodobého sucha aj.), v zemědělství a v řadě dalších oborů.

Cíle mise jsou stanoveny v [Mission Requirements Document](#). Cílem družic Sentinel 2 je především:

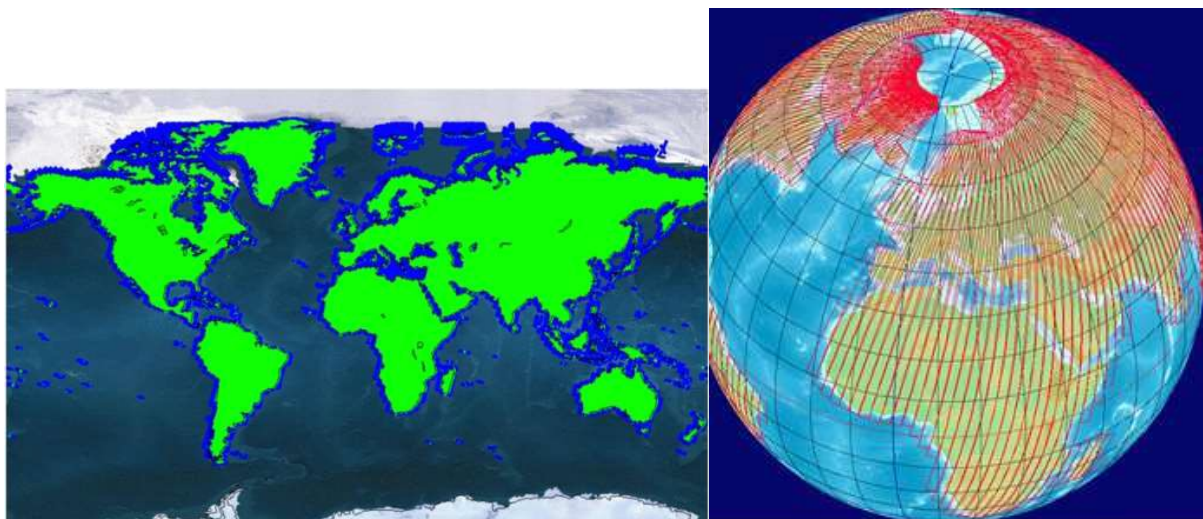
### Geografické pokrytí

Družice Sentinel 2 systematicky získávají data nad pevninou a pobřežními oblastmi v rozmezí od 56 ° jižní šířky (Isla Hornos, Hornský mys, Jižní Amerika) do 83 ° severní šířky (Grónsko). Datová kolekce v rámci tohoto regionu zahrnuje:

- ostrovy o rozloze větší než 100 km<sup>2</sup>

- ostrovy Evropské unie
- všechny ostatní ostrovy do 20 km od pobřeží
- Středozevní moře
- všechny vnitrozemské vodní plochy
- všechna uzavřená moře (např. Kaspické moře)

Jako doplněk pro podporu kalibračních a validačních aktivit spojených s misí, družice provádí doplňková pozorování nad vybranými lokalitami, jako je např. Dome-C v Antarktidě.



*Obr. 3 Pokrytí zemského povrchu družicemi Sentinel 2, zdroj: ESA*

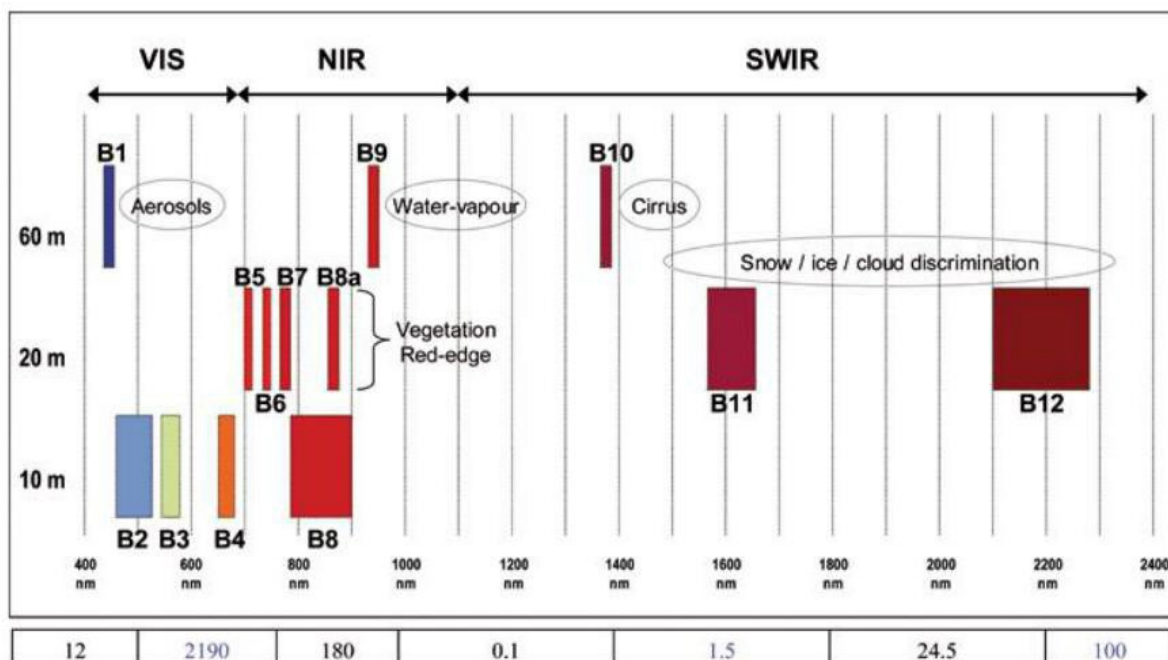
V plné konstelaci dvou družic budou všechny výše zobrazené oblasti nasnímány každých 5 dnů ze stejného místa na oběžné dráze, tedy za stejných podmínek. V důsledku překryvu mezi jednotlivými snímanými pásy bude frekvence snímání těžce oblasti vyšší, avšak z různých míst na oběžné dráze a za různých podmínek v době snímání.

## Radiometrické a prostorové rozlišení

Sentinel 2 nese na palubě multispektrální senzor snímající sluneční záření odražené od zemského povrchu. Příchozí záření je rozděleno filtrem a soustředěné na dvě separátní ohniskové sestavy, jednu pro viditelné a blízké infračervené kanály (Visible and Near-Infra-Red - VNIR) a jednu pro krátkovlnné infračervené kanály (Short Wave Infra-Red – SWIR). Spektrální separace každého kanálu do jednotlivých vlnových délek je dosaženo pruhovým filtrem na detektorech.

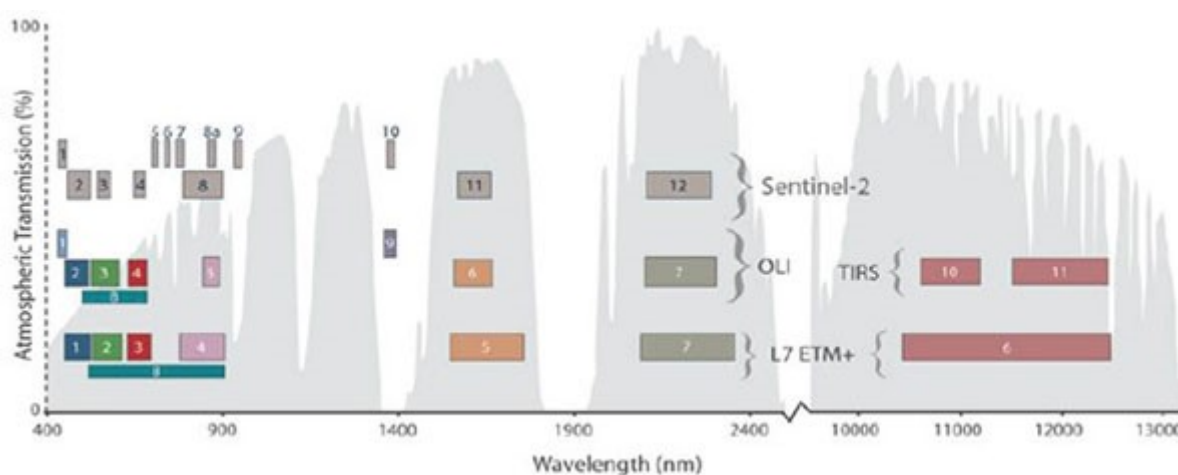
Data Sentinelu 2 jsou získávány v celkem 13 spektrálních kanálech o různých vlnových délkách (viz obr. 4):

- Čtyři kanály v prostorovém rozlišení 10 m: 490 nm (B2), 560 nm (B3), 665 nm (B4), 842 nm (B8)
- Šest kanálů v prostorovém rozlišení 20 m: 705 nm (B5), 740 nm (B6), 783 nm (B7), 865 nm (B8a), 1610 nm (B11), 2 190 nm (B12)
- Tři kanály v prostorovém rozlišení 60 m: 443 nm (B1), 945 nm (B9) and 1 375 nm (B10)



Obr. 4 Přehled spektrálních pásem Sentinelu 2, zdroj: ESA

Sentinel 2 navazuje především na mise SPOT a LANDSAT; Ve srovnání s nimi však vyniká výrazně lepším spektrálním rozlišením a větší šířkou záběru (viz obr. 5).



Obr. 5 Spektrální pásma Sentinelu 2 a Landsatu, zdroj: USGS

Radiometrickým rozlišením se rozumí, s jakou citlivostí je přístroj schopen od sebe rozeznat odlišnosti v intenzitě a odrazu světla. Čím je radiometrické rozlišení větší, tím více informací, resp. větší detail je přístroj schopný zaznamenat. Radiometrické rozlišení je běžně vyjádřeno jako bitové číslo, většinou v rozsahu 8 až 16 bitů. Radiometrické rozlišení senzoru MSI 12 bitů umožňuje zachytit a rozlišit až 4095 potenciálních hodnot intenzity světla.

Číslo pásma	Střední vlnová délka (nm)	Šířka pásma (nm)	Prostorové rozlišení (m)
1	443	20	60
2	490	65	10
3	560	35	10
4	665	30	10
5	705	15	20
6	740	15	20
7	783	20	20
8	842	115	10
8a	865	20	20
9	945	20	60
10	1380	30	60
11	1610	90	20
12	2190	180	20

Tab. 2 Spektrální pásma družice Sentinel 2

## Úrovně zpracování dat

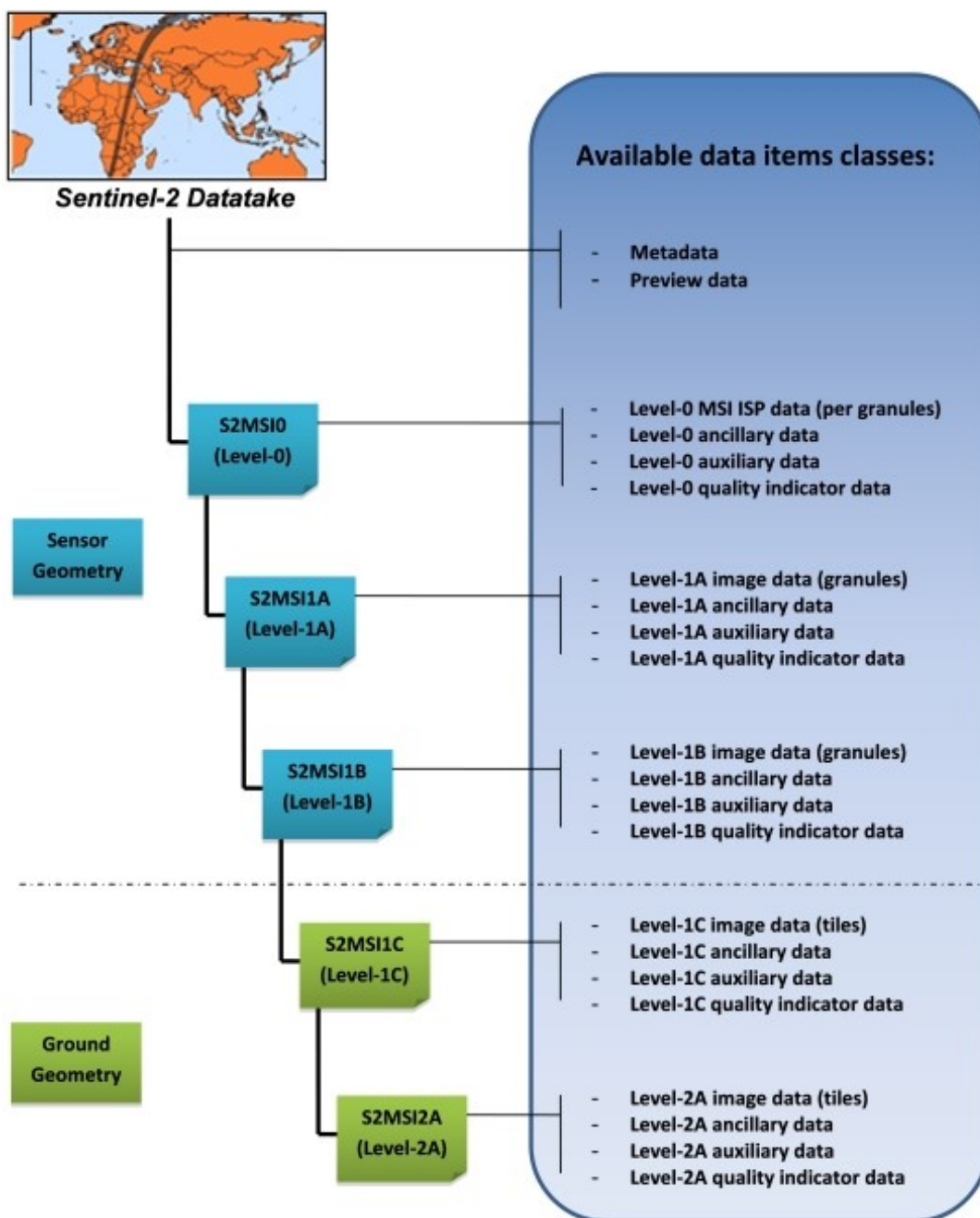
Data Sentinelu 2 jsou dostupná celkem ve třech úrovních – 1B, 1C a 2A (viz tab. 2). Snímky jsou dostupné ve formě tzv. granulí (dlaždic), což jsou nejmenší části snímku obsahující všechna spektrální pásma. Pro data úrovně 1B má granule rozměr 25 x 23 km, pro úroveň 1C a 2A 100 x 100 km

Na jeden záběr zvládne družice Sentinel 2 nasnímat 15 000 km území. Tento jeden dlouhý záběr tvoří základ pro níže uvedený produktový strom. Pokud je tento záběr zachycen dvěma samostatnými přijímacími stanicemi, může být rozdělen do tzv. datových pásů (datastripes). Obr. 9 znázorňuje produkty v různých úrovních Sentinelu 2 a jejich vztah k souvisejícím úrovním zpracování a generování produktů.

Datové položky (datasets v úložišti) zahrnují:

- pořízená data v granulích pokrývajících oblast zájmu
- náhled snímku pro jeho snadné vyhledávání
- doplňková data z družicové telemetrie
- pomocné informace popisující použité parametry
- indikátor kvality popisující produkt a jeho radiometrické, geometrické a snímkové vlastnosti





Obr. 9 Struktura produktů, zdroj: ESA

Následující tabulka uvádí přehled úrovní produktů Sentinelu 2 dostupných pro uživatele (vytvářené přímo nebo prostřednictvím Sentinel 2 toolboxu):

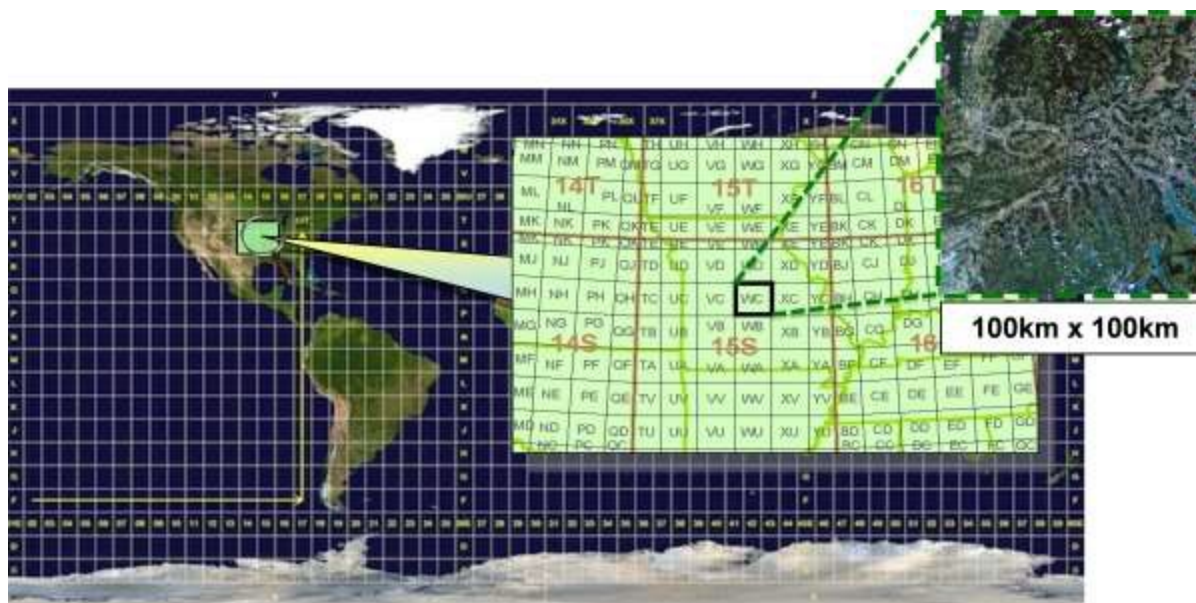
Úroveň produktu	Popis	Vytvoření a distribuce	Objem dat
<b>Level-1B</b>	Top-of-atmosphere radiance v geometrii senzoru	Systematické vytváření a on-line distribuce	27 MB (1 granule 25 x 23 km <sup>2</sup> )
<b>Level-1C</b>	Top-of-atmosphere reflektance v kartografické projekci	Systematické vytváření a on-line distribuce	500 MB (1 granule 100 x 100 km <sup>2</sup> )
<b>Level-2A</b>	Bottom-of-atmosphere reflektance v kartografické projekci	Vytvoření na straně uživatele s využitím Sentinel 2 toolboxu	600 MB (1 dlaždice 100 x 100 km <sup>2</sup> )

Tab. 3 Úrovně zpracování poskytovaných snímků, zdroj: ESA

Produkty jsou kompilací jednotlivých granulí pevné velikosti, pořízených podél jedné oběžné dráhy. Granule je tedy minimální nedělitelný díl produktu obsahující všechna spektrální pásma. Produkty úrovní 1C a 2A jsou ortorektifikované snímky s plochou 100 km<sup>2</sup> v projekci UTM / WGS84. Systém UTM (Universal Transverse Mercator) rozděluje zemský povrch do 60 zón, z nichž každá má rozměry 6°x 8°.



Obr. 10 Typická struktura rozložení granulí v produktu úrovně 1B, zdroj: ESA



Obr. 11 Jednotlivé granule v produktu úrovně 1C, zdroj: ESA

## Úrovně zpracování dat

### Level-0

Produkt úrovně Level-0 není dostupný pro běžné uživatele. Představuje komprimovaná surová data ve formátu Instrument Source Packet (ISP). Tvoří základ pro následné vytvoření produktu úrovně Level-1. Rozměry tohoto produktu jsou 25 km (napříč dráhy) x 23 km (podél dráhy). Za jeden průměrný oblet Země je pořízeno přibližně 3500 granulí úrovně 1B.

Data úrovně Level-0 se skládají z:

- metadatové struktury popisující produkt úrovně Level-0
- konzistentní sady dat ve formátu ISP s popisem
- příslušné komentované pomocné zdrojové pakety

### Level-1A

Produkt úrovně Level-1A rovněž není pro uživatele běžně dostupný. Je získán dekomprimací surových obrazových dat úrovně Level-0. Pro data této úrovně je vytvořen geometrický model umožňující lokalizaci každého pixelu v obraze. Každý produkt úrovně 1A má rozměr 25 km (napříč dráhy) x 23 km (podél dráhy). Za jeden průměrný oblet Země je pořízeno přibližně 3500 granulí úrovně 1A. Souřadnice pixelů se vážou ke středu každého pixelu.

### Level-1B

Produkt Level-1B je nejnižší zpracovaný produkt dostupný pro uživatele. Každý produkt úrovně 1B je složen ze sady granulí s rozměrem 25 km (napříč dráhy) x 23 km (podél dráhy). Všechny granule spadající do zvolené oblasti zájmu jsou uživateli k dispozici. Každá granule má velikost přibližně 27 MB.

Produkty úrovně 1B v sobě obsahují atmosférickou korekci a korekci geometrie senzoru. Souřadnice pixelů se vážou ke středu každého pixelu. Produkt úrovně 1B je vstupem pro vytvoření produktu Level-1C.



### Level-1C

Produkt úrovně L1C, pro uživatele volně dostupný, sestává z dlaždic o velikosti 100 km<sup>2</sup> (ortorektifikované snímky v projekci UTM / WGS84). Produkty jsou převzorkovány metodou Ground Sampling Distance (GSD) na prostorové rozlišení 10 m, 20 m, 60 m v závislosti na prostorovém rozlišení různých spektrálních kanálů. Souřadnice pixelů se vážou k vrchnímu levému rohu každého pixelu.

Produkt Level-1C bude dodatečně obsahovat masku vodních ploch, oblačnosti a data ECMWF data.

### Level-2A

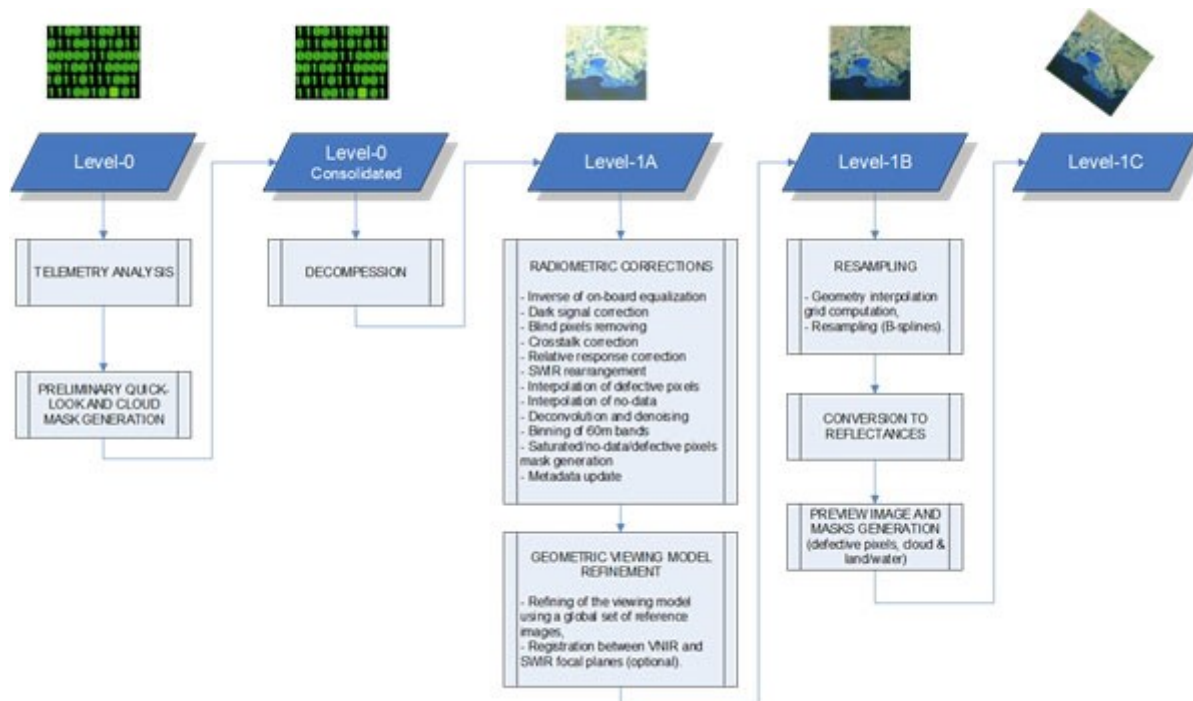
Produkt L2A je rovněž volně dostupný všem uživatelům. Snímky této úrovně obsahují atmosférickou korekci. Každý produkt Level-2A se také skládá z dlaždic o rozměru 100 km<sup>2</sup> v kartografickém zobrazení UTM / WGS84. Produkty L2A zatím nejsou vytvářeny systematicky (je to však plánováno), ale mohou být s využitím Sentinel 2 toolboxu a příslušného produktu úrovně L1C.



*Obr. 12 Data před atmosférickou korekcí (vlevo) a po korekci (vpravo), vytvořený Sentinel 2 toolboxem*

## Postup zpracování

Všechna data získaná senzorem MSI jsou systematicky zpracovávána až do úrovně L1C pozemním segmentem Sentinelu 2. L2A produkty jsou vytvářeny na straně uživatele prostřednictvím Sentinel 2 toolboxu. L0 a L1A produkty jsou interní produkty [pozemního segmentu](#) a nejsou pro běžné uživatele k dispozici.



Obr. 13 Úrovně zpracování L0 až L1C, zdroj: ESA

Více informací o jednotlivých úrovních zpracování je k dispozici zde: [L0](#), [L1](#) a [L2](#).

## Datové formáty

Produkty družic Sentinel 2 jsou dostupné uživatelům ve formátu [Sentinel-SAFE](#), včetně obrazových dat ve formátu JPEG2000, indikátorů kvality (např. Defective pixels mask), pomocných dat a metadat. Formát SAFE je doporučený pro harmonizaci dat ze všech družic programu Copernicus.

Produkty Sentinelu 2 obsahují složku s uvedenými informacemi:

- soubor manifest.safe obsahující obecné informace o produktu ve formátu XML
- náhled snímku ve formátu JPEG2000
- složku s jednotlivými granulemi snímku ve formátu GML-JPEG2000
- informace o datových pásech
- podsložku s doplňkovými daty (např. International Earth Rotation & Reference Systems (Iersel) bulletin)
- HTML náhledy

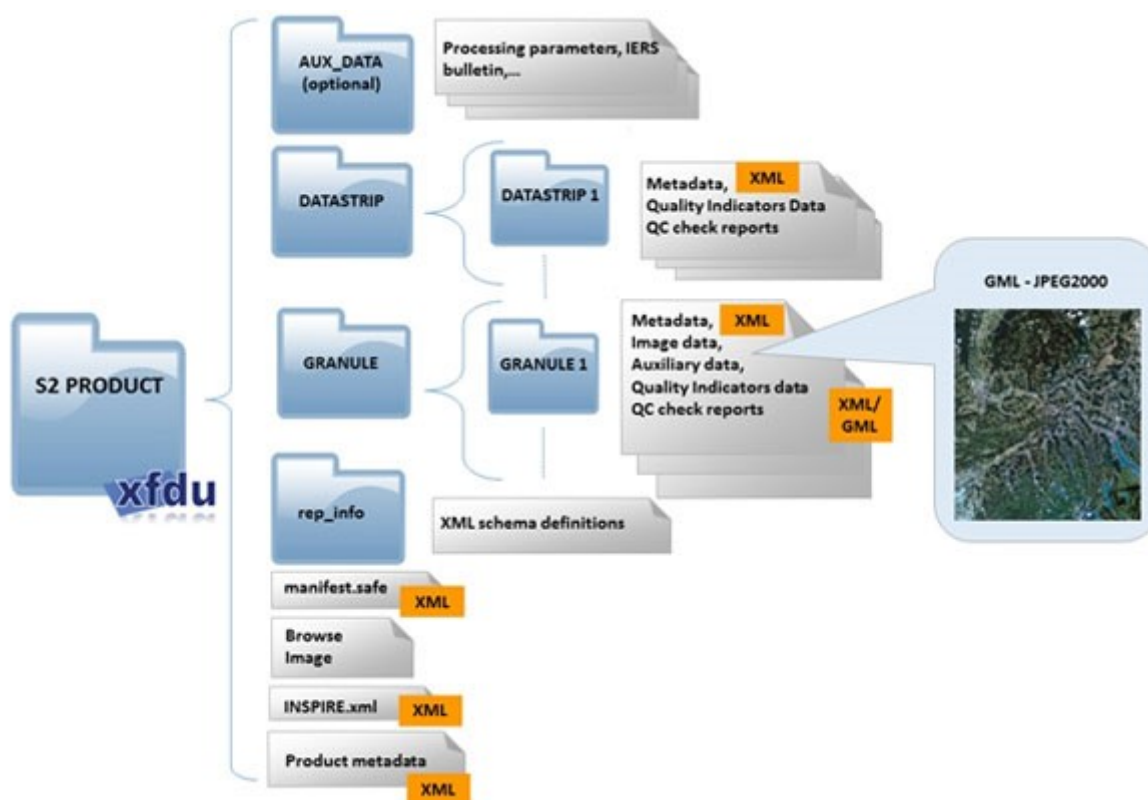
### Datový formát úrovně L2A

Prototyp produktu L2A je ortorektifikovaný snímek po atmosférické korekci, obsahující základní pixelovou klasifikaci (včetně tříd pro rozdílné typy oblaků). Vytváření tohoto produktu je na straně uživatele s využitím Sentinel 2 toolboxu a produktu L1C.

Obrazová data L2A používají stejné dělení do granulí, kódování a strukturu jako L1C. L2A je také ve formátu SAFE, který zahrnuje dohromady více typů souborů:

- soubor s metadaty ve formátu XML

- náhledový snímek ve formátu JPEG2000
- dlaždicové soubory s provedenou atmosférickou korekcí ve formátu JPEG2000) pro každou dlaždici
- informace o datových pásech
- doplňkové údaje
- pomocné údaje (Ground Image Processing Parameters (Gipps))



Obr. 14 Fyzický formát produktu L2A, zdroj: ESA

## Pravidla pro distribuci dat

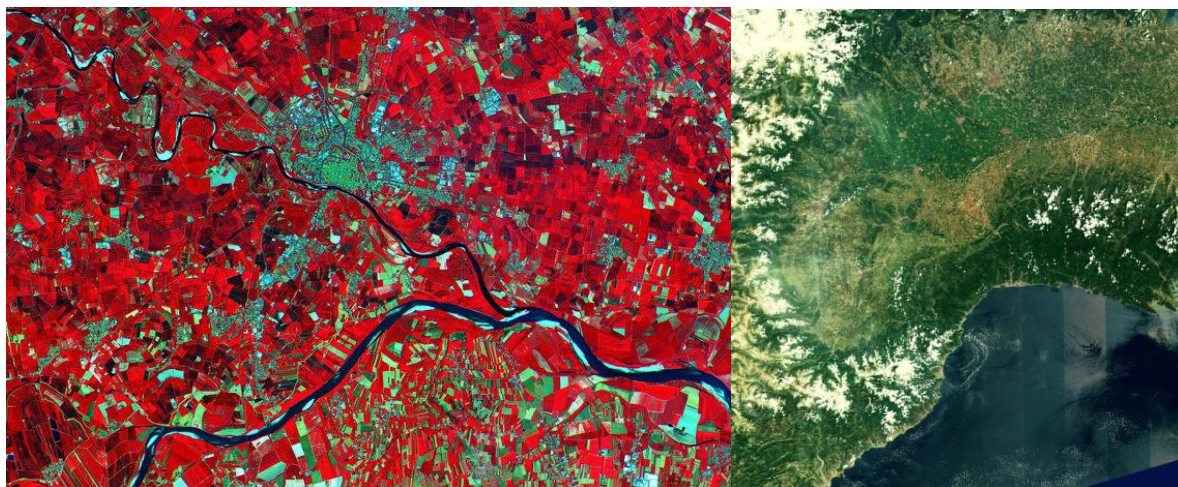
Data z družic Sentinel jsou dostupná na základě plného, volného a bezplatného přístupu. Lze je tedy použít pro jakékoliv aplikace v rámci vědy a výzkumu, komerčního i nekomerčního použití i pro potřeby státní a veřejné správy a samosprávy.

## Přístup k datům

Data z družic Sentinel jsou díky volné a otevřené datové politice programu Copernicus systematicky a zdarma zpřístupňována všem kategoriím uživatelů. Pro běžné uživatele existují následující přístupy k datům:

- <http://collgs.czechspaceportal.cz> – spolupracující pozemní segment pro uživatele dat Sentinel, který obsahuje data Sentinel pokrývajících ČR
- <http://copernicusdata.esa.int> – pro existující uživatele účastníci se projektů Copernicus pro základní i navazující služby

- <https://scihub.copernicus.eu> – pro ostatní uživatele, přístup k datům po jednoduché registraci



Obr. 15 První zveřejněné snímky Sentinelu 2. Zdroj: ESA

## Program pro práci s daty

Sentinel 2 toolbox obsahuje bohatou sadu nástrojů pro vizualizaci, analýzu a zpracování dat Sentinelu 2. Toolbox podporuje zpracování dat i z jiných družic, např. Envisat, ERS a dat z misí třetích stran – RapidEye, SPOT, MODIS (Aqua a Terra), Landsat (TM), ALOS a jiné. Různé nástroje mohou být ovládány přes intuitivní desktop aplikaci nebo příkazový řádek. Toolbox umožňuje vývoj dalších doplňků v jazycích Java nebo Python.

Toolbox bude postupně upravován a doplňován o další funkcionality; po každé úpravě bude jejich nová verze zveřejněna. Toolbox obsahuje rozhraní pro přístup k velkému množství dat v podobě cloudové platformy, čímž umožňuje velkoobjemová zpracování pomocí požadovaného algoritmu. Veškeré nástroje pro zpracování dat Sentinel jsou v souladu s otevřenou datovou politikou Copernicus poskytována bezplatně. Více informací včetně možnosti stažení toolboxu naleznete [zde](#).

Komplexní přehled o družici Sentinel 2, jejím přístroji MSI a pořizovaných datech naleznete v [on-line uživatelské příručce na stránkách ESA](#).