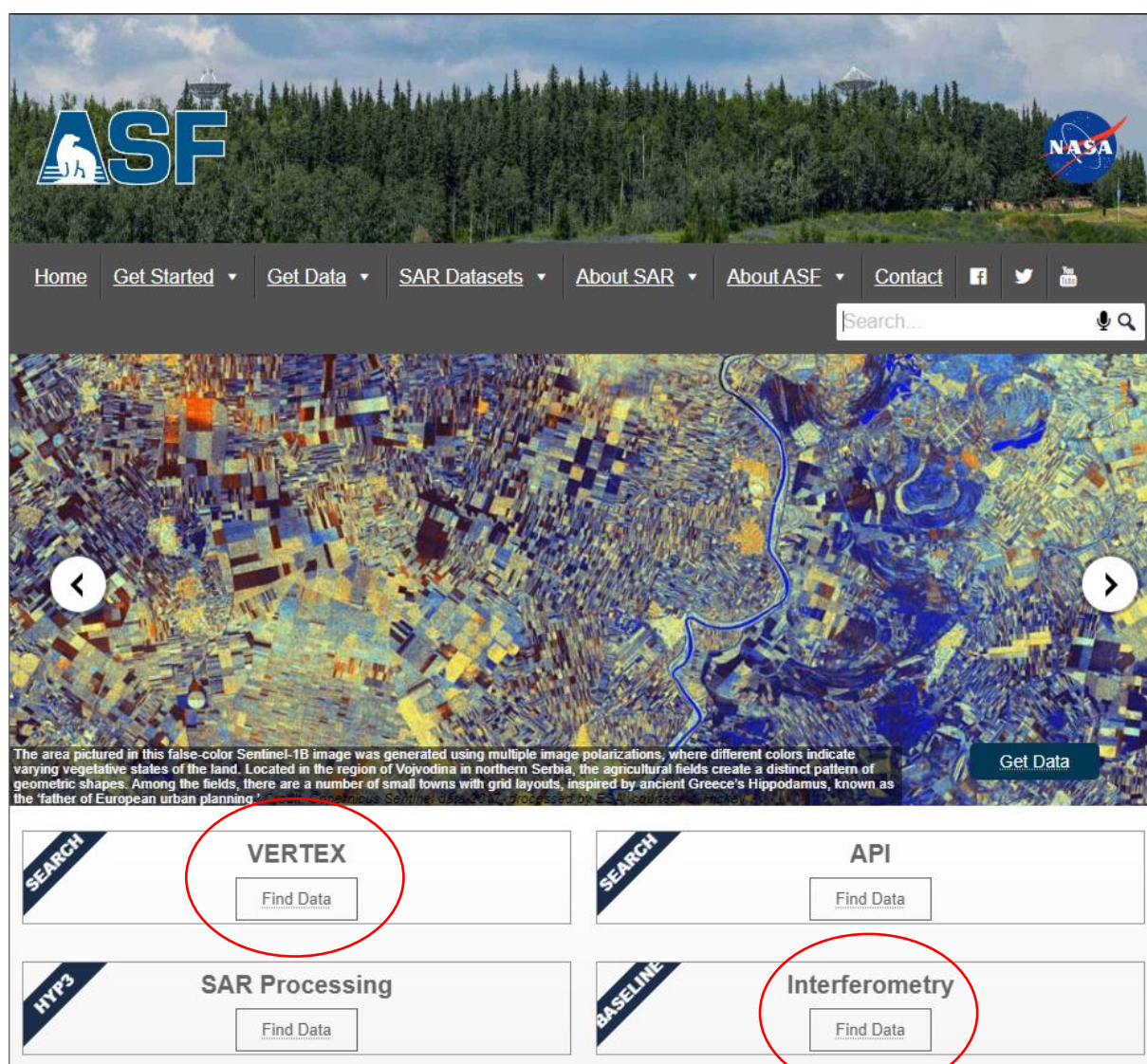


## Interferometrie – tvorba DEM z radarových dat

Asi největší slabinou pro interferometická data z družice Sentinel-1 představuje vegetace – čím vyšší, tím vzniká větší dekorelace a následný šum v interferogramu. Pokud se zájmová lokalita nachází v oblasti s výraznými změnami v jednotlivých obdobích – tedy léto-zima, je rozumné využít data ze zimního období, tedy z období, kdy alespoň část porostu je zbavena vegetativních částí. InSARu vadí i travnatý porost, nicméně největší problémy dělají tropické deštné pralesy a touto metodou je nemožné pro tuto oblast vytvořit digitální výškový model. Pro vytvoření výškového modelu je za potřebí dvou snímků.

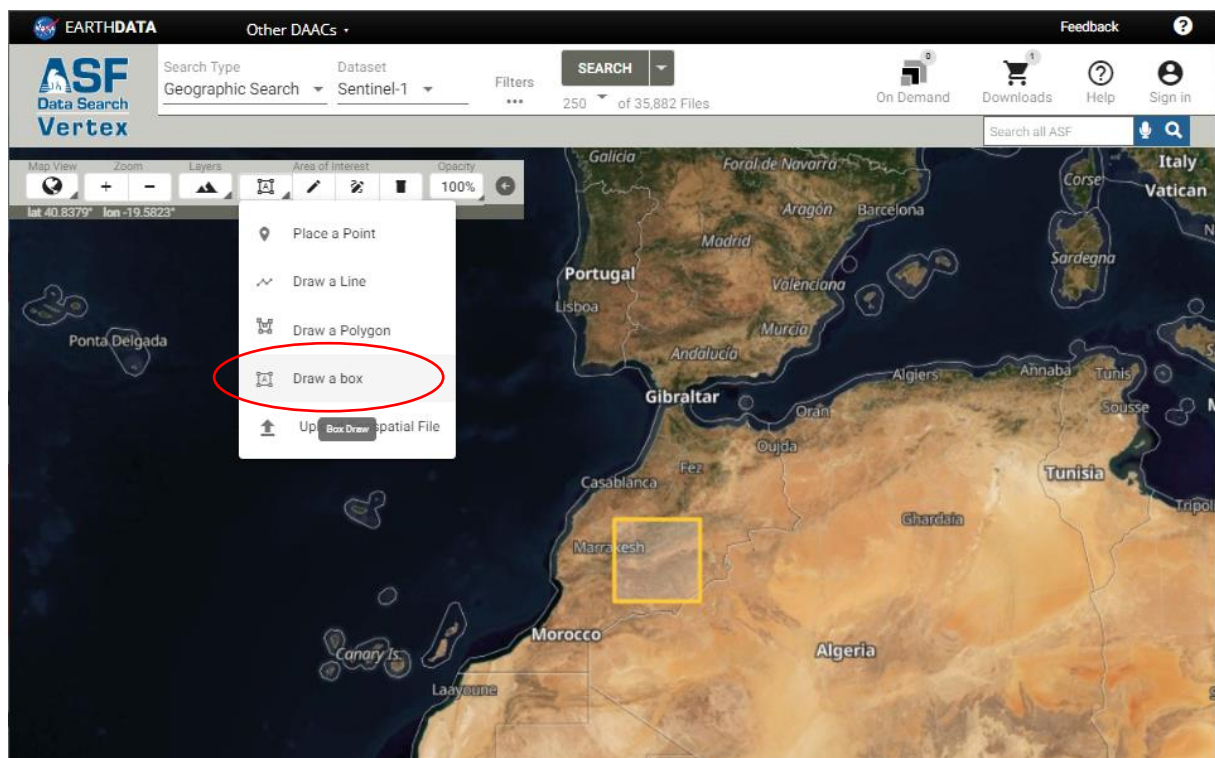
Pro začátek je dobré znát následující nástroje v prostředí webového prohlížeče od organizace Alaska Satellite Facility [asf.alaska.edu](http://asf.alaska.edu)



Pro zpracování InSAR dat potřebujeme nástroj Vertex a Interferometry.

### 1. Vertex

Pomocí tohoto nástroje nalezneme všechny snímky pro naši zvolenou oblast. Zvolíme správnou družici Sentinel-1. Pomocí kreslení polygonu vyznačíme zájmové území.



Ještě před samotným vyhledáváním je dobré vyfiltrovat si pouze data, která chceme. Ve filtrech je jedna z prvních možností Seasonal Search, která je užitečná v případě období vegetační a bezvegetační doby.

Radarová data mají více úrovní předzpracování, my potřebujeme L1 Single Look Complex. Pro snadnější výběr snímků, které zahrnují celou oblast, můžeme vydefinovat i Path and Frame. Vizte obrázek

## Search Filters

### Area of Interest Options ⓘ

Area of Interest - WKT

POLYGON((-7.7726 29.9479;-4.6839 29.9479;-4.6839 32.4726;-7.7726 32.4726;-7.7726 29.9479))

Clear

Drag and Drop



Geospatial Files Here  
(shp, geojson, kml, zip)

Import File

### Date Filters ⓘ

Start Date



End Date



☐ Seasonal Search

### Additional Filters ⓘ

- ☐ L1 Detected High-Res Dual-Pol (GRD-HD)
- ☐ L1 Detected Mid-Res Dual-Pol (GRD-MD)
- ☐ L1 Detected Mid-Res Single-Pol (GRD-MS)
- ☐ L1 Detected High-Res Single-Pol (GRD-HS)
- ☐ L1 Single Look Complex (SLC)
- ☐ L2 Ocean (OCN)
- ☐ L0 Raw Data (RAW)
- ☐ XML Metadata (GRD-MS)
- ☐ XML Metadata (GRD-HD)

Polarization

Direction

0/8 polarizations selected

0/2 flight directions selected

Frame End

Clear

Clear Search Area

250 of 35,883 Files

Cancel

SEARCH

### Additional Filters ⓘ

File Type

L1 Single Look Complex...

Beam Mode

Polarization

Direction

1/14 file types selected

0/9 beam modes selected

0/8 polarizations selected

0/2 flight directions selected

Subtype

0/2 subtypes selected

### Path and Frame Filters ⓘ

Path Start

154

Path End

Frame Start

489

Frame End

Clear

Clear Search Area

Nalezneme

snímek

S1A\_IW\_SLC\_\_1SDV\_20200930T183328\_20200930T183356\_034592\_0406FE\_87  
96 a celý jeho název zkopírujeme.

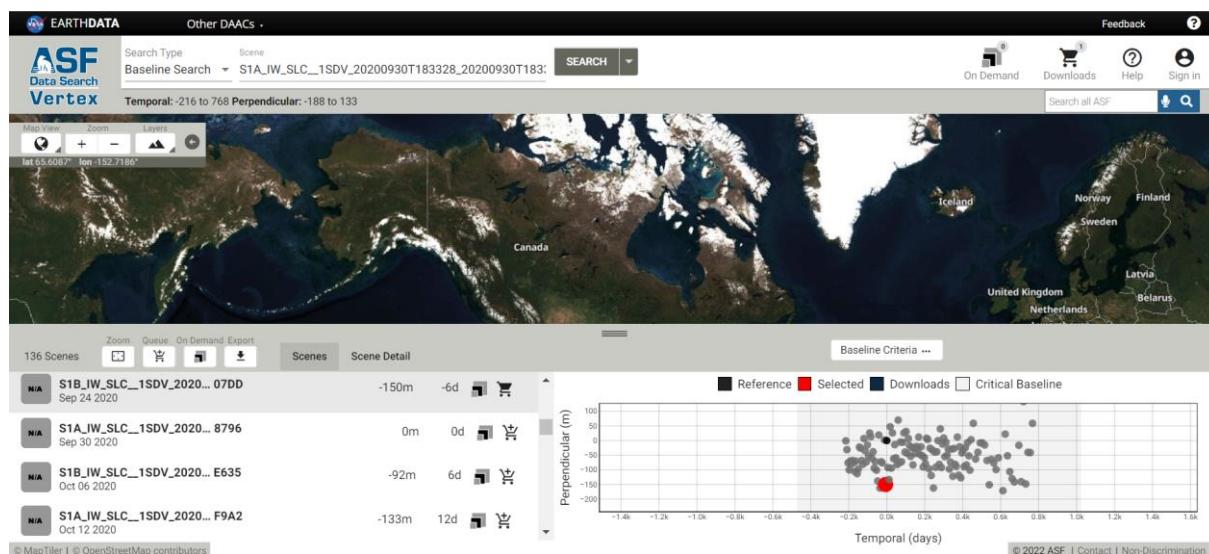
## 2. Baseline Interferometry

Zkopírovaný název prvního snímku si vložíme do nástroje Baseline Interferometry a budeme se snažit nalézt párový snímek s co největší kolmou základnou (*Perpendicular Baseline*) a časovou základnou (*Temporal Baseline*) - zjednodušeně

co nejvíce vzdálené místo snímkování a nejkratší doba mezi jednotlivými snímky. V pravé části vidíme graf, který vizualizuje jednotlivé snímky na vertikální ose s kolmou základnou a horizontální ose s časovou základnou. Pro tvorbu digitálního výškového modelu z radarových dat je doporučená hodnota pro kolmou základnu alespoň 120 metrů a časovou základnu maximálně 6 dnů – Aby byla vypořizována co nejmenší změna na daném území.

Snímek

S1B\_IW\_SLC\_\_1SDV\_20200924T183246\_20200924T183316\_023521\_02CAE8\_07  
DD má dobré předpoklady. Zkusme to s ním



Data si následně po registraci můžeme stáhnout rovnou zde, případně jsou i alternativy – jako třeba na teamsech ve složce k tomuto cvičení. :)

## Alternativy stažení dat z Sentinel misí

<https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home> - Data pro celý svět, limit počtu stahovaných dat naráz, starší data jsou v offline modu – musí se zažádat (trvá i několik dní)

<https://dhr1.cesnet.cz/#/home> - data pro ČR, neomezený počet stahování naráz, všechna data online



### 3. Popis dat

S1A\_IW\_SLC\_\_1SDV\_20200930T183328\_20200930T183356\_034592\_0406FE\_8796

S1A – platforma satelitu, identifikátor mise (Sentinel-1B)

IW – Operační režim (Interferometric Wide Swath Mode)

SLC – typ produktu (Single Look Complex)

1SDV – úroveň zpracovanosti dat, polarizace paprsků (Level-1 product, Standard, dual polarisation VV+VH)

20200930T183328 – datum a čas startu pořizování snímku (formát RRRRMMDDTHHMMS)

20200930T183356 – datum a čas ukončení pořizování snímku (formát RRRRMMDDTHHMMS)

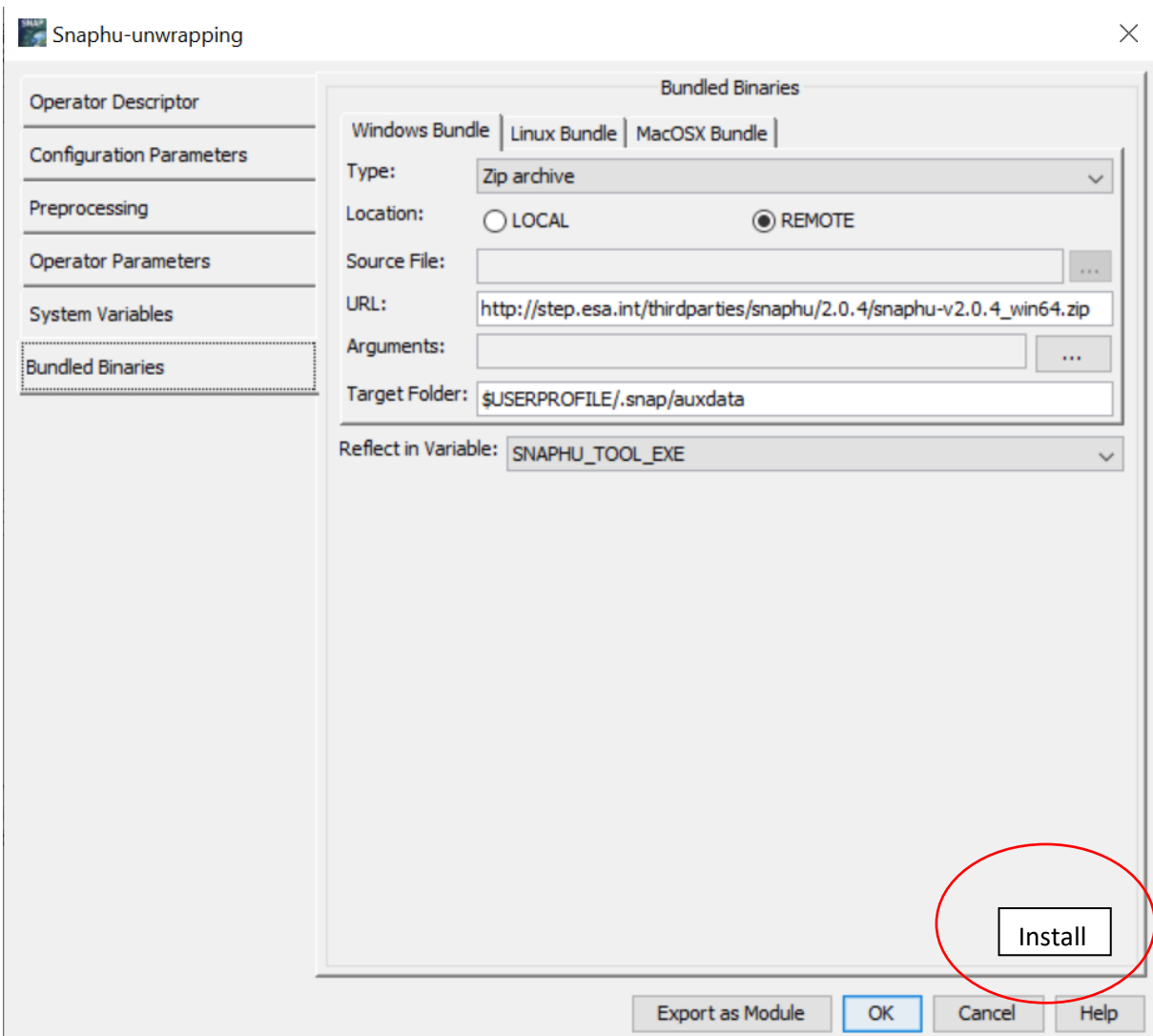
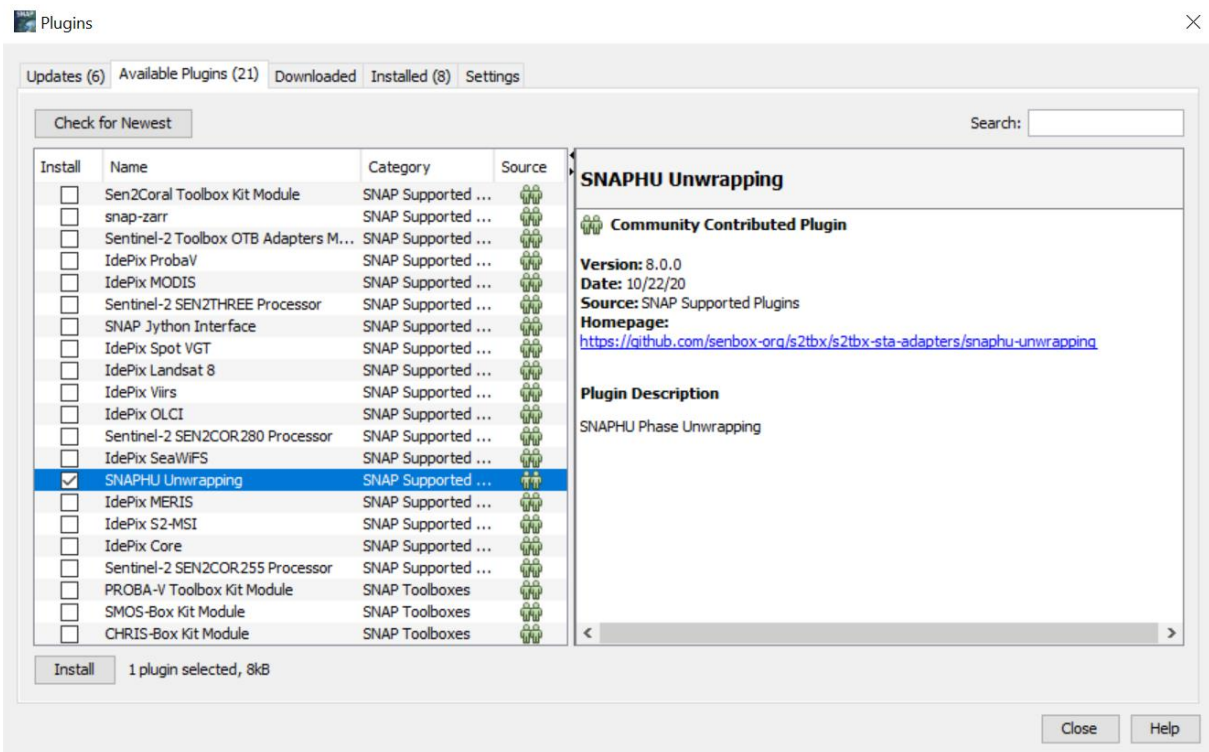
034592 – číslo oběžné dráhy

0406FE – identifikátor mise

8796 – identifikátor produktu

### 4. Instalace Pluginu v SNAPu

Ještě před zpracováním samotných musíme do softwaru nainstalovat zásuvný modul (anglicky *plugin*) *SNAPHU Unwrapping*, který se nachází v záložce *Tools* → *Plugins* → *Available Plugins*. Zásuvný model je nutné aktivovat, to se provede v záložce *Tools* → *Manage External Tools* – tedy pokud je zde vykřičník. Rozklikneme plugin *Unwrapping* a v záložce *Bundled Binaries* klikneme na tlačítko *Install*. Pokaždé, co nás SNAP vyzývá k restartu, měli bychom tak učinit. Po těchto krocích je SNAP připraven ke zpracování interferometických dat.



## 5. Zpracování data

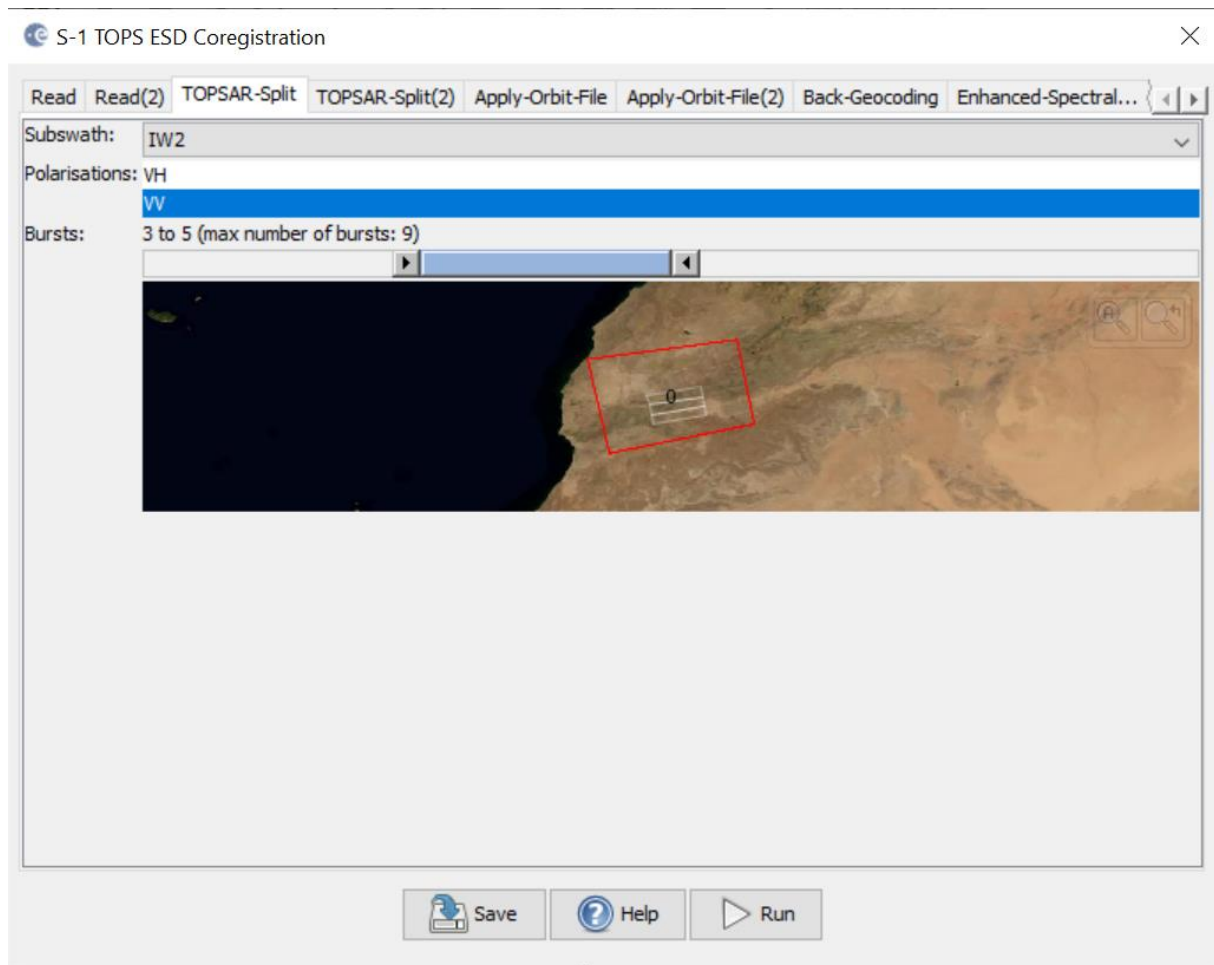
Data .zip nerozbalujeme! Vložíme jej pomocí *File -> Open Product* a pomocí tlačítka *Control* označíme obě zabalené .zip složky.

### Koregistrace

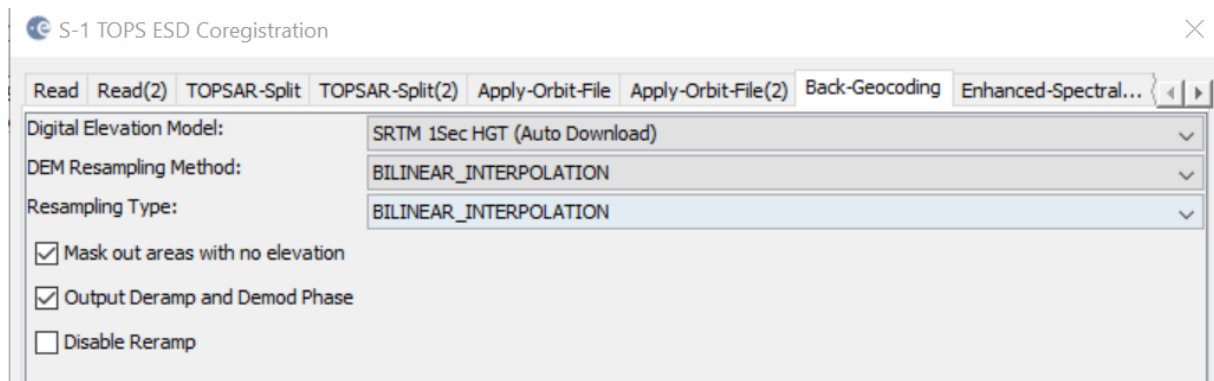
Prvním ze základních kroků pro úspěšné vytvoření interferogramu bylo použít dvojici SLC snímků, s tím že tato dvojice snímků se dělí na hlavní (*master*) a vedlejší (*slave*), a spojit je do jedné báze. Tato báze slouží ke koregistraci jednoho bodu na zemi pro oba dva snímky.

V záložce *Radar* → *Coregistration* → *S1 TOPS Coregistration* → *S1 TOPS Coregistration with ESD*

V záložce *Read* vložíme náš první snímek (master) s koncovkou **\_8796**, druhé záložce *Read(2)* vložíme párový snímek s koncovkou **\_07DD**. V záložce *TOPSAR-Split* zmenšíme oblast zpracování – pokud Vám SNAP hlásí chybu a nejde vybrat *Subswath*, zkuste znovu otevřít nástroj, případně restartovat software. Pokud SNAP chybu nehlásí za *Subswath* zvolíme *IW 2*, *Polarizace VV* a pomocí posuvníků dílek 3 až 5. Stejné nastavení vybereme i pro druhý snímek v záložce *TOPSAR-Split(2)*. Záložky *Apply-Orbit-File* necháme ve výchozím stavu (*Sentinel Precise, Polynomial Degree 3*).



V záložce *Back-Geocoding* zvolíme *Digital Elevation Model SRTM 1 Sec HGT*.



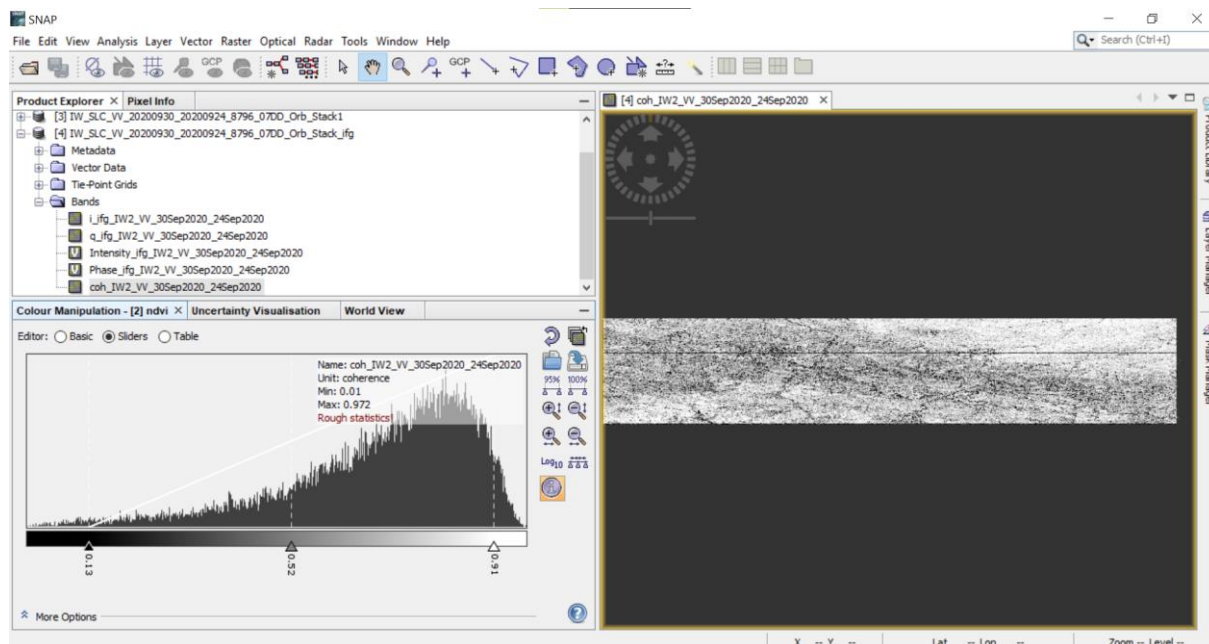
Další záložku neupravujeme a zvolíme rovnou poslední záložku *Write*. Kde přepíšeme název např. na následující *S1A\_S1B\_IW\_SLC\_VV\_8796\_07DD\_Orb\_Stack* a zvolíme umístění.

## 6. Interferogram

Následně vytvoříme interferogram pomocí funkce *Interferogram Formation (Radar → Interferometric → Products)*. Vstupní data je vytvořený *Orb\_Stack* z minulého kroku, název upravovat nemusíme, SNAP dopsal k názvu *\_ifg*. Jelikož vytváříme z dat DEM, zkontrolujeme, jestli je v záložce *Processing Parameters* označené *Subtract flat-earth phase*. *Subtract topographic phase* se používá pro tvorbu modelu deformací, musí



být neoznačené. V prostředí softwaru lze zobrazit histogram interferogramu. Po vytvoření obrazu koherence se v levé části rozhraní softwaru zpřístupní záložka *Colour Manipulation* (Pokud ne, tak zkusíme *View* → *Tool Windows* → *Colour Manipulation*). Aby se nám histogram správně zobrazil, musíme mít v pravém okně otevřený koherenci histogramu! (rozbalit pomocí plus vytvořený interferogram, rozkliknout Bands a dvakrát kliknout na coh\_IW2\_VV.....)



Koherence nabývá hodnot od 0 do 1, s tím že pokud se hodnota blíží k 1, je snímek více kvalitní a nachází se na něm méně šumu. Naopak, pokud interferogram blíže 0, snímky obsahují více šumu a tím pádem jsou méně kvalitní.

## 7. Odstranění černých linií

Na snímku jsou patrné černé linie, které způsobilo snímkování v jednotlivých pruzích. Následujícím krokem je možné tyto linie odebrat a vytvořit tak souvislý snímek. Do funkce *TOPS Deburst* (*Radar* → *Sentinel-1 TOPS*) bylo nutné vložit vytvořený interferogram s označenou polarizací VV v záložce *Processing Parameters*.

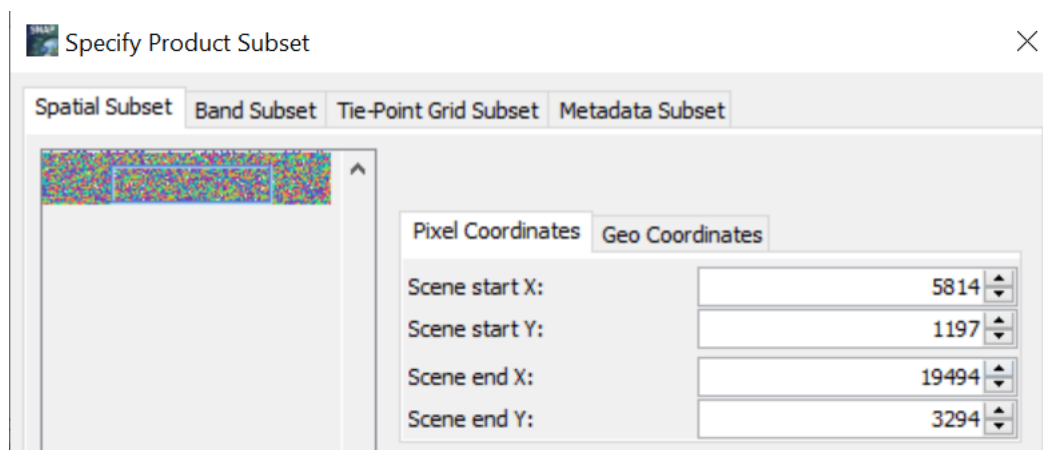
Opět zkusíme otevřít v Bands coh\_IW2\_VV....., ale nyní ve vytvořeném interferogramu s *\_deb* na konci názvu.

## 8. Filtrace šumu

Fáze obsahuje množství šumu, které je možné odstranit pomocí *Goldstein Phase Filtering* (*Interferometric* → *Filtering*). Můžeme ověřit otevřením *Phase\_ifg\_..* před filtrací a po (*sflt* na konci názvu). Zbytek necháme ve výchozím nastavení.

## 9. Vydefinování zájmové lokality

Před rozbalením fáze si ořízneme výpočetní oblast pomocí funkce *Subset* (Raster→*Subset*), kterou aplikujeme na poslední krok (čili s *\_flt* na konci názvu). Abychom měli zaměřenou lokalitu hory Jabal Toubkal, zadáme do *Pixel Coordinates* následující hodnoty:



Subset se sám neuloží, SNAP vytvořil pouze dočasný soubor. Uložíme jej pomocí klepnutím pravého tlačítka myši na vytvořený subset v *Product Exploreru* (část vlevo, kde vidíme všechny kroky a vstupní data)

## 10. Rozbalení fáze

Nejnáročnější část jak časově, tak hardwarově je rozbalení fáze, ke kterému je klíčový dříve nainstalovaný zásuvný modul *SNAPhu Unwrapping*. Fázový rozdíl vychází pouze v intervalu  $[-\pi, \pi]$  a jeden cyklus je roven polovině vlnové délky radaru.

Tento krok má celkem tři části. První - export vytvořeného produktu pomocí funkce *Export* (Radar → *Interferometric* → *Unwrapping* → *Snaphu Export*). Jako vstupní data poslouží vytvořený *Subset*.

Odvození výškových hodnot terénu, byl jako statistický model (*Statistical-cost mode*) zvolen model *SMOOTH*, ale používá se i *TOPO*. Model *DEFO* se zabývá výpočtem deformací. Dalším polem bylo *Initial method*, která nabízí dvě statistické metody výpočtu - *MCF* (*minimal cost flow*) a *MST* (*minimum spanning tree*). Dále je možné nastavit počet řádků a sloupců, navýšení hodnot nevykázalo urychlení procesu. Urychlení procesu lze docílit navýšením aktivních jader v procesoru (dle hardwarových možností). Následně nastavíme překryt řádků a sloupců (*Row Overlap*, *Column Overlap*) a to hodnotou 500. Zvolíme správnou složku uložení a název zvolíme *snaphu\_export*.

Snaphu Export

×

Read

SnaphuExport

Target folder:

C:\Users\Dominik\Documents\Projects\KTK\Sentinel\snaphu\_export

...

Statistical-cost mode:

SMOOTH

▼

Initial method:

MCF

▼

Number of Tile Rows:

10

Number of Tile Columns:

10

Number of Processors:

8

Row Overlap:

500

Column Overlap:

500

Tile Cost Threshold:

500

Error: [NodeId: SnaphuExport] Please add a target folder

Save

Help

Run

Select

×

Look in:

Sentinel

▼

📁 📄 📅

Recent Items

Desktop

Documents

This PC

Network

File name:

snaphu\_export

Files of type:

All Files

▼

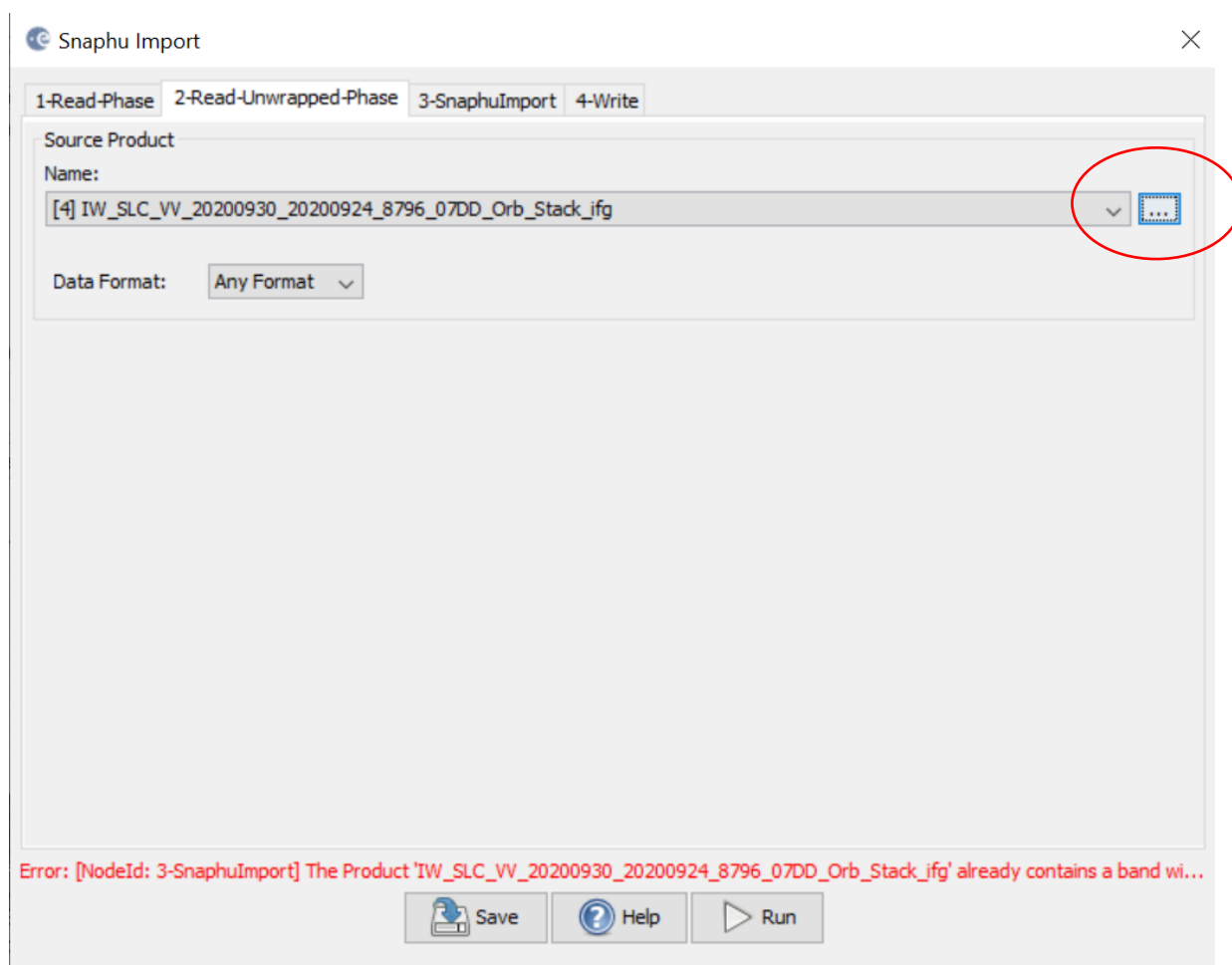
Select

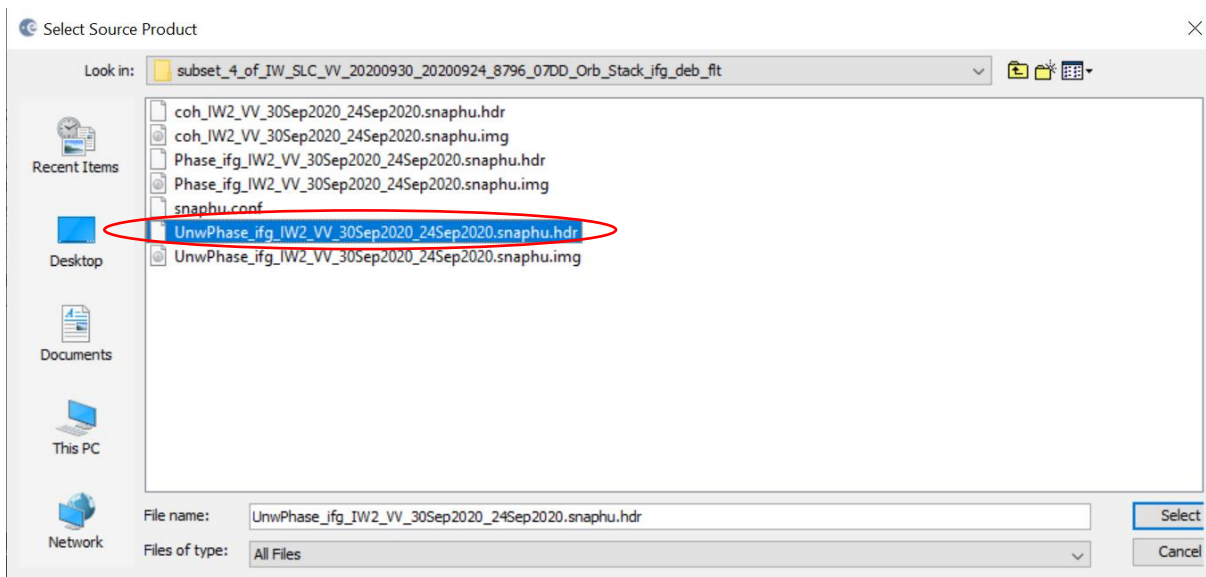
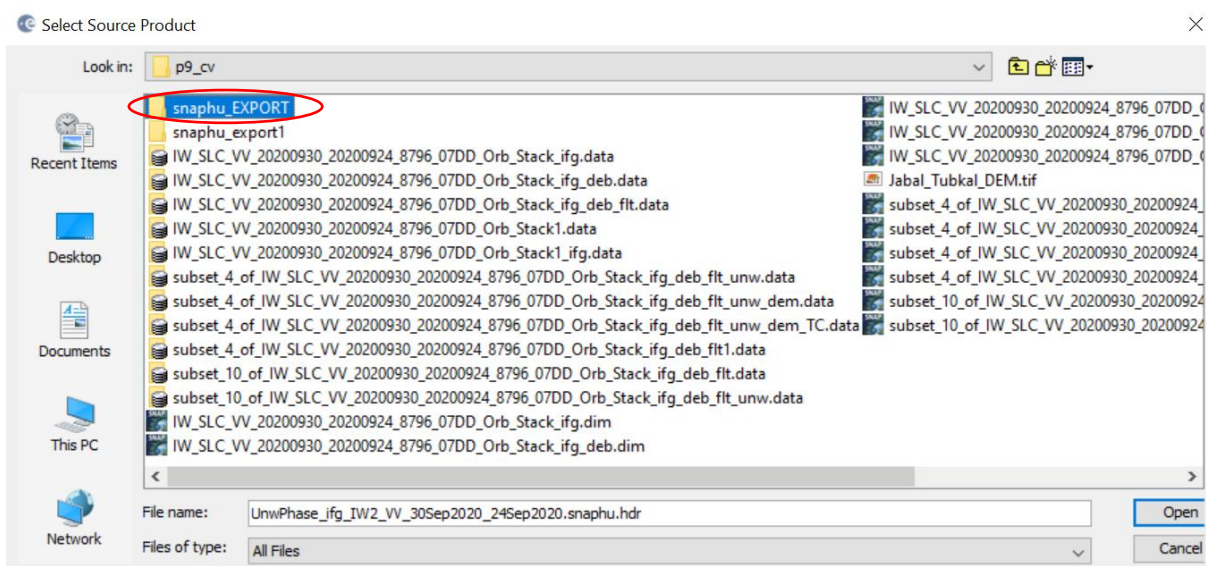
Cancel

Druhou částí rozbalení fáze bylo samotné rozbalení exportované složky (*Radar* → *Interferometric* → *Unwrapping* → *Snaphu-unwrapping*). Vložena byla fázová data z exportované složky s koncovkou *.img*. Výstupní složkou tohoto procesu, v záložce *Processing Parameters*, byla zvolena složka vytvořená v předešlém kroku (*snaphu\_export*). Pro zobrazení výpočtu bylo zaškrtnuto pole *Display execution output*. Krok je poměrně náročný a může zabrat i několik desítek minut (záleží na hardwaru). Po výpočtu klikneme na OK a ukončíme tento nástroj.

Vytvořený *[Output Product]* můžeme pravým tlačítkem odebrat z obsahu v *Product Exploreru*, ukládat nepotřebujeme.

Třetí a poslední částí rozbalování fáze byl import rozbalených dat (*Radar* → *Interferometric* → *Unwrapping* → *Snaphu Import*). V záložce *1-Read-Phase* zvolíme vstupní data a to vytvořený Subset ještě PŘED samotným rozbalením fází. v druhé záložce *2-Read Unwrapped-Phase* zvolíme vstupní data - rozbalený soubor (*Unw\_..*) v exportované složce s koncovkou *.hdr*.

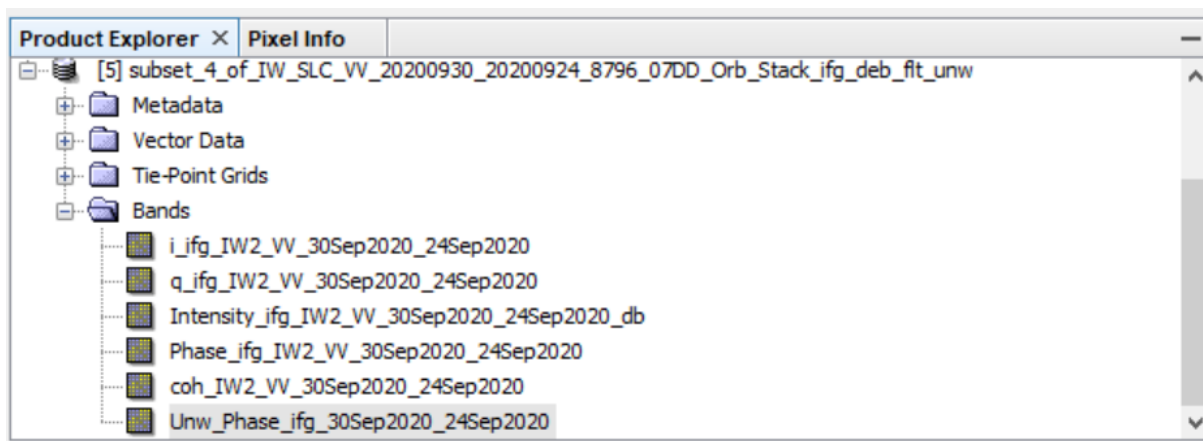




Třetí záložka zůstala nezměněná – čili ponecháme neoznačenou volbu *Do NOT save Wrapped interferogram in the target product* a následně ve čtvrté záložce byl výstup uložen. Pro přehlednost doporučuji označit soubor, že se jedná o rozbalenou fázi, například vepsáním `_unw`.

Výsledek můžeme otevřít (soubor v Product Exploreru).





## 11. Převedení fáze na výšku

Takto zpracovaný produkt je nutné převést z jednotek radiánu na absolutní výšku v kartézském souřadnicovém systému a díky radaru lokální topografii. Kromě fázového šumu a možných chyb při rozbalení fáze je přesnost zpracování závislá také na orbitálních vektorech určujících dráhu družice.

Pomocí funkce *Phase to Elevation (Radar→Interferometric→Products)*. Opět je zvolen pro *DEM SRTM 1Sec HGT (Auto Download)* a nejjednodušší interpolační metodu *DEM Resampling Method: Nearest Neighbor*.

## 12. Korekce terénu

Funkce *Range-Doppler Terrain Correction (Radar→Geometric→Terrain Correction)* geokódovala snímek úpravou SAR geometrické zkreslení pomocí digitálního modelu terénu a vytvoří snímek projektovaného produktu.

Range Doppler Terrain Correction

File
Help

I/O Parameters
Processing Parameters

Source Bands:

elevation

Digital Elevation Model:
SRTM 1Sec HGT (Auto Download)

DEM Resampling Method:
BILINEAR\_INTERPOLATION

Image Resampling Method:
BILINEAR\_INTERPOLATION

Source GR Pixel Spacings (az x rg):
13.95(m) x 3.66(m)

Pixel Spacing (m):
13.95

Pixel Spacing (deg):
1.2531498213467324E-4

Map Projection:
WGS84(DD)

☒ Mask out areas without elevation

Output bands for:

☒ Selected source band
☐ DEM
☐ Latitude & Longitude

☐ Incidence angle from ellipsoid
☐ Local incidence angle
☐ Projected local incidence angle

☐ Layover Shadow Mask

☐ Apply radiometric normalization

☐ Save Sigma0 band
Use projected local incidence angle from DEM

☐ Save Gamma0 band
Use projected local incidence angle from DEM

☐ Save Beta0 band

Auxiliary File (ASAR only):
Latest Auxiliary File

Run
Close

## 13. Export

Vybereme snímek pro export, musí být označen v liště *Product Explorer*. Software SNAP nabízí export v mnoha formátech, a to dokonce i GeoTIFF, který je vhodný pro následnou práci v ArcGIS Pro.

Na závěr vytvoříme výkres (software pro jeho tvorbu nechám na vás :). Prosím, aby měl všechny náležitosti – tiráž, měřítko, legendu, směrovku, nadpis.