

**Workshop Tavolo Copernicus Agricoltura  
Roma, 28/02/2018**



**Il monitoraggio integrato dei disturbi del bosco  
da satellite e drone**

**Dario Bellingeri\*, Dante Fasolini\*\*, Alessandro Menin\*, Enrico Zini\***

**\*ARPA Lombardia, \*\*ERSAF**

# Introduzione

- Il 26% della superficie della Lombardia è coperto da foreste.
- La superficie boscata è in crescita ma la popolazione aumenta ad un tasso superiore:



Anno	1955	2007	2015
Sup. Boschi (ha)	509.615	616.547	625.906
Popolazione	6.752.741	9.642.406	10.008.349
<b>Bosco (m<sup>2</sup>/abitante)</b>	<b>755</b>	<b>639</b>	<b>625</b>

Fonte: Rapporto stato foreste e cartografie uso e copertura suolo (prog. DUSAF) – Regione Lombardia, ERSAF

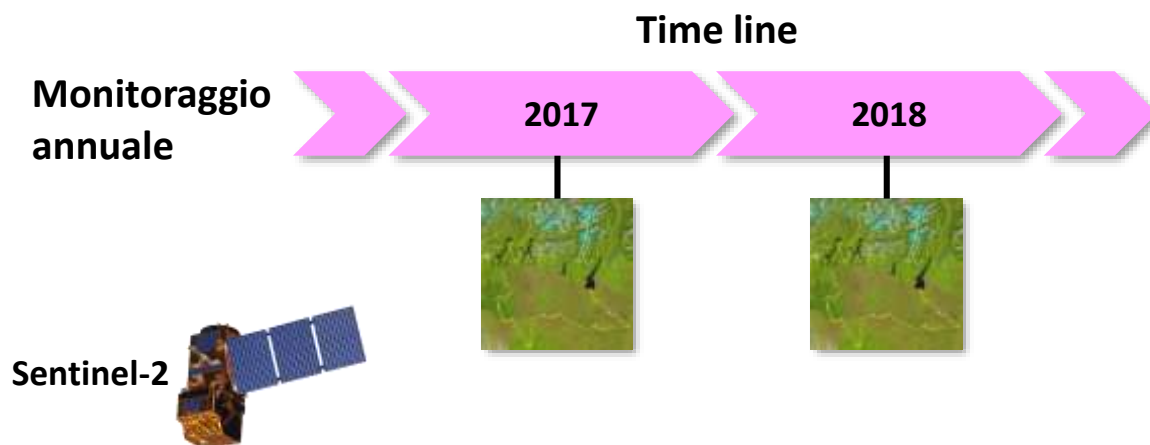
- L'Ente Regionale per i Servizi all'Agricoltura e alle Foreste della Lombardia (ERSAF) ha in carico il monitoraggio dello stato delle foreste regionali, inoltre gestisce direttamente alcune aree di alto valore naturale tra le quali il Parco dello Stelvio.



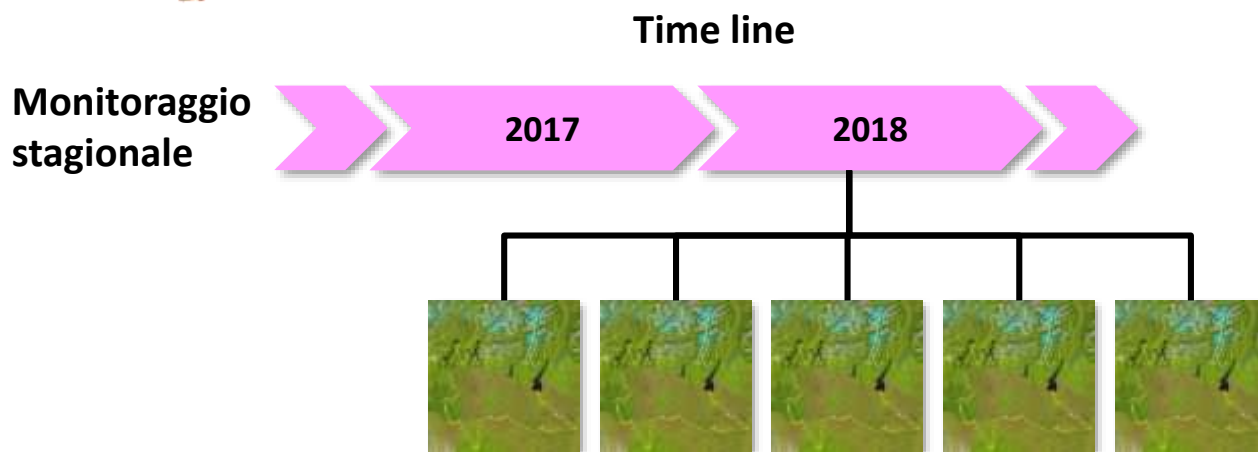
- ERSAF e ARPA Lombardia hanno avviato nel 2017 un progetto con l'obiettivo di sviluppare una metodologia di monitoraggio basata sull'Osservazione della Terra che renda possibile individuare tempestivamente e mappare i disturbi del bosco sull'intero territorio regionale.
- I disturbi possono essere causati da:
  - Tagli
  - Eventi meteorici
  - Fitopatie
  - Incendi
  - Dissesti
  - .....

# Monitoraggio annuale e stagionale

- Si considerano due livelli di monitoraggio dei disturbi: annuale e stagionale:

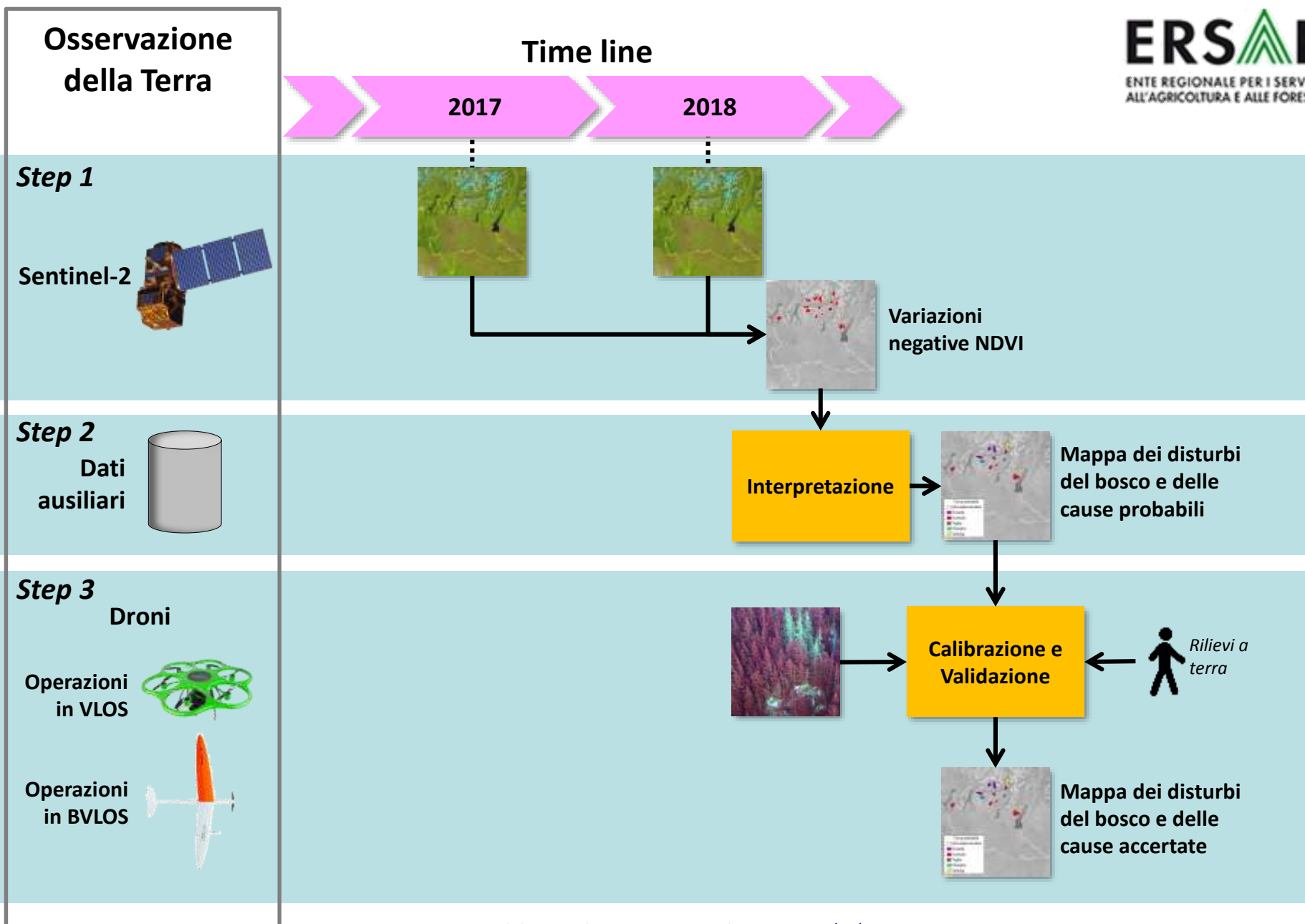


Monitoraggio d'area vasta dei disturbi del bosco per confronto tra due anni.

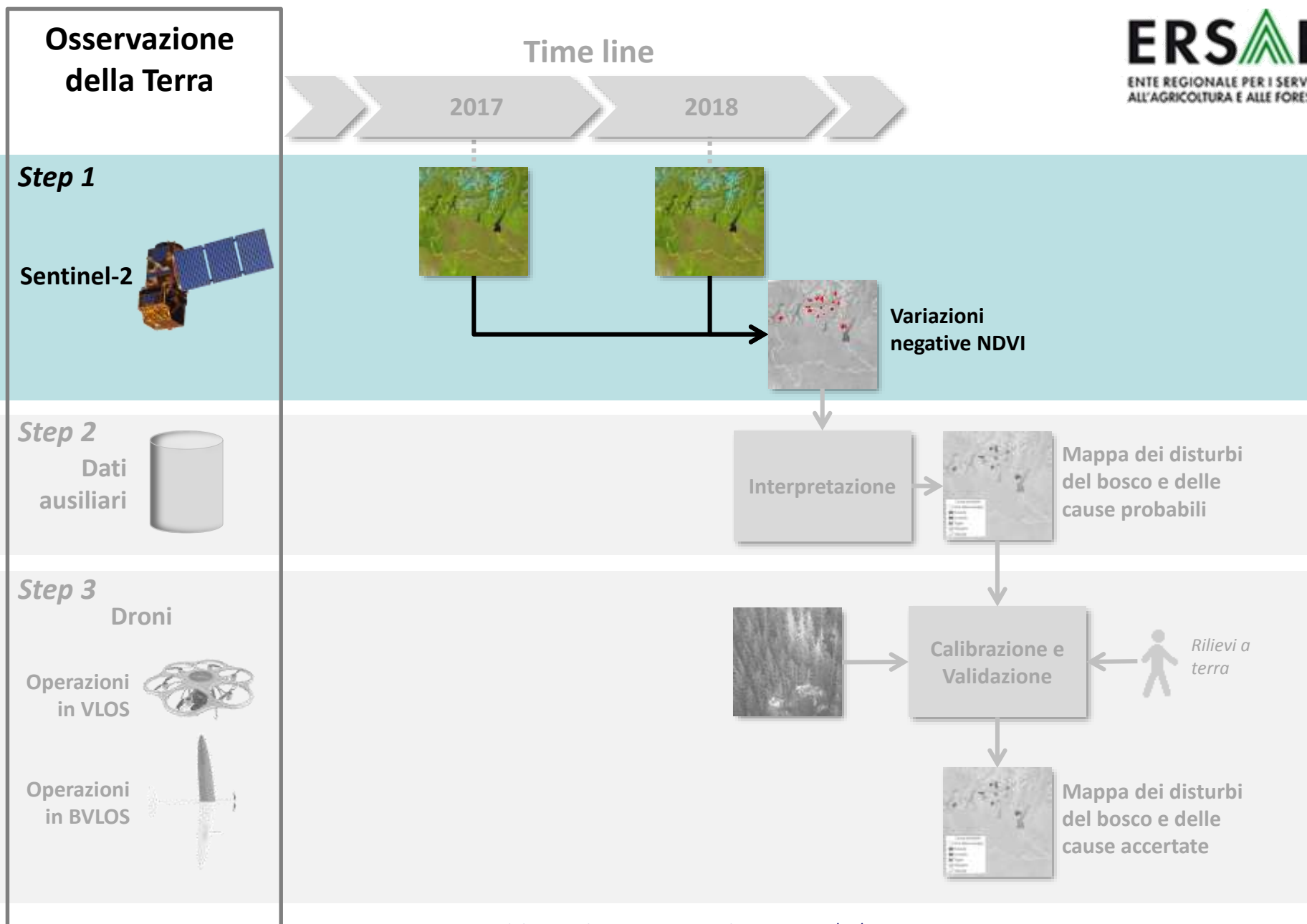


Monitoraggio a scala locale dei disturbi continuativo dalla comparsa delle anomalie. La dinamica è spesso esplicativa delle cause del disturbo.

# Monitoraggio annuale



# Monitoraggio annuale: Sentinel-2



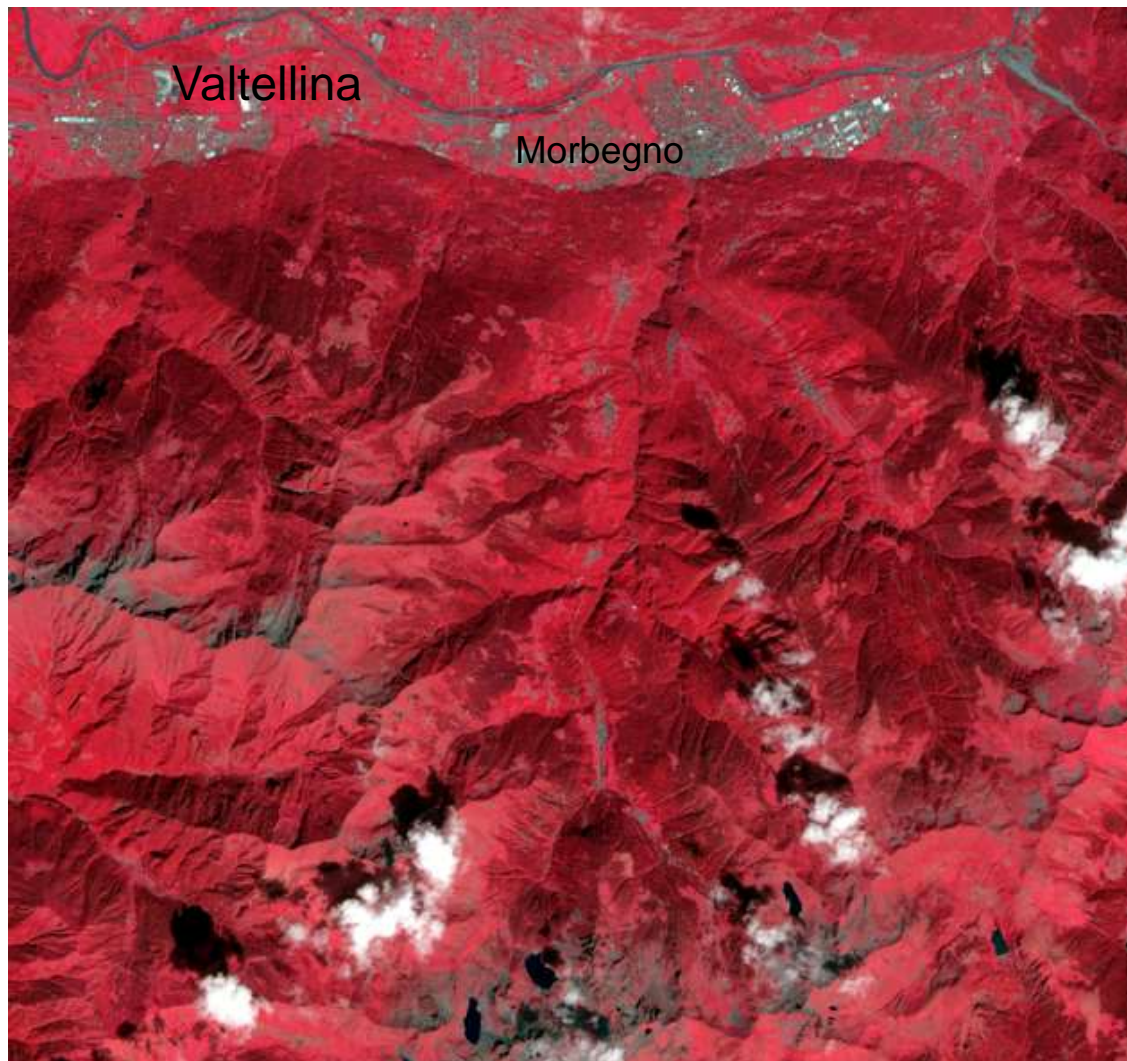
# Monitoraggio annuale: Sentinel-2

Area di studio: Bassa Valtellina / Prealpi Orobie



# Monitoraggio annuale: Sentinel-2

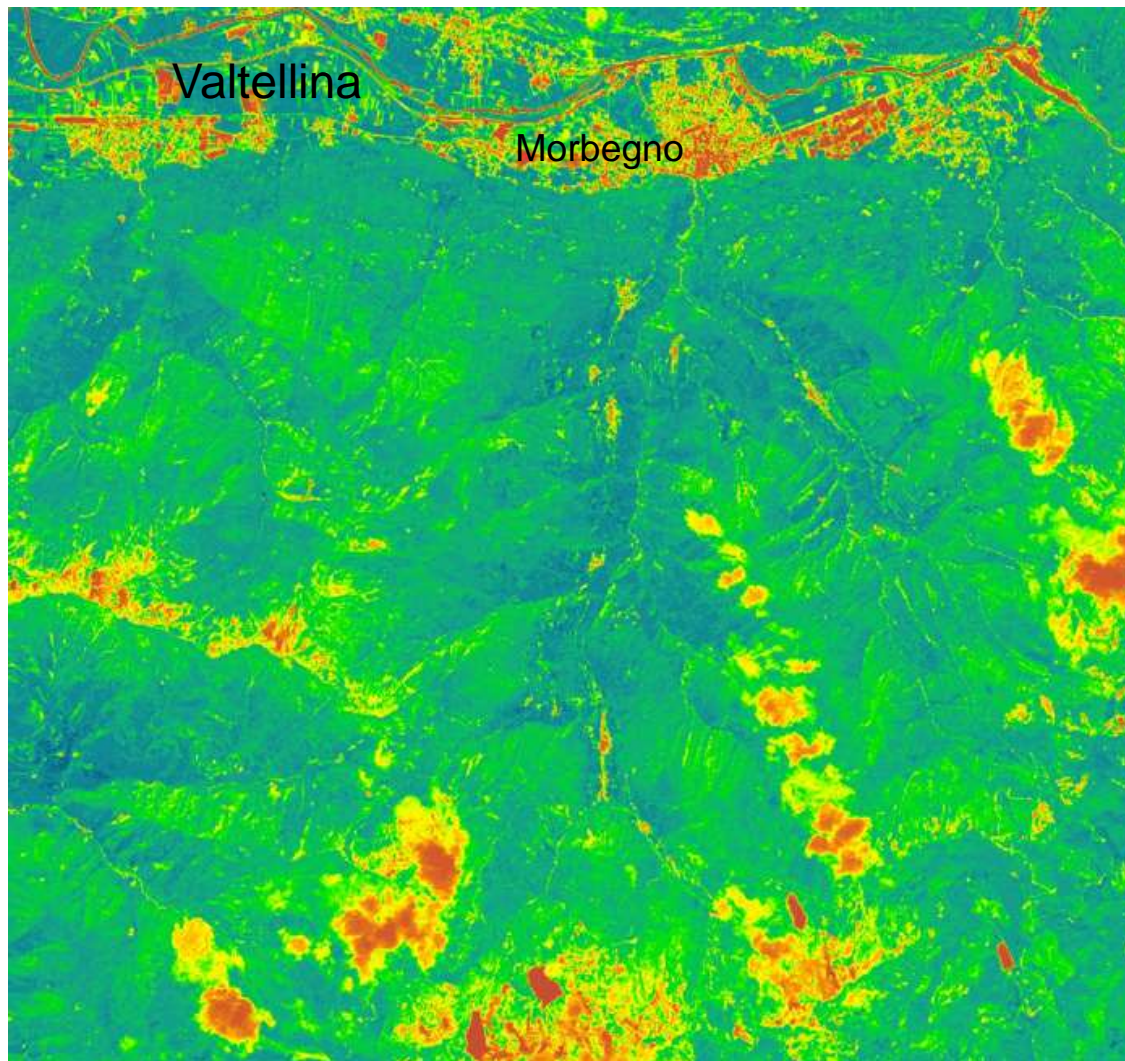
Immagine Sentinel-2 del 10/08/2016 IRFC





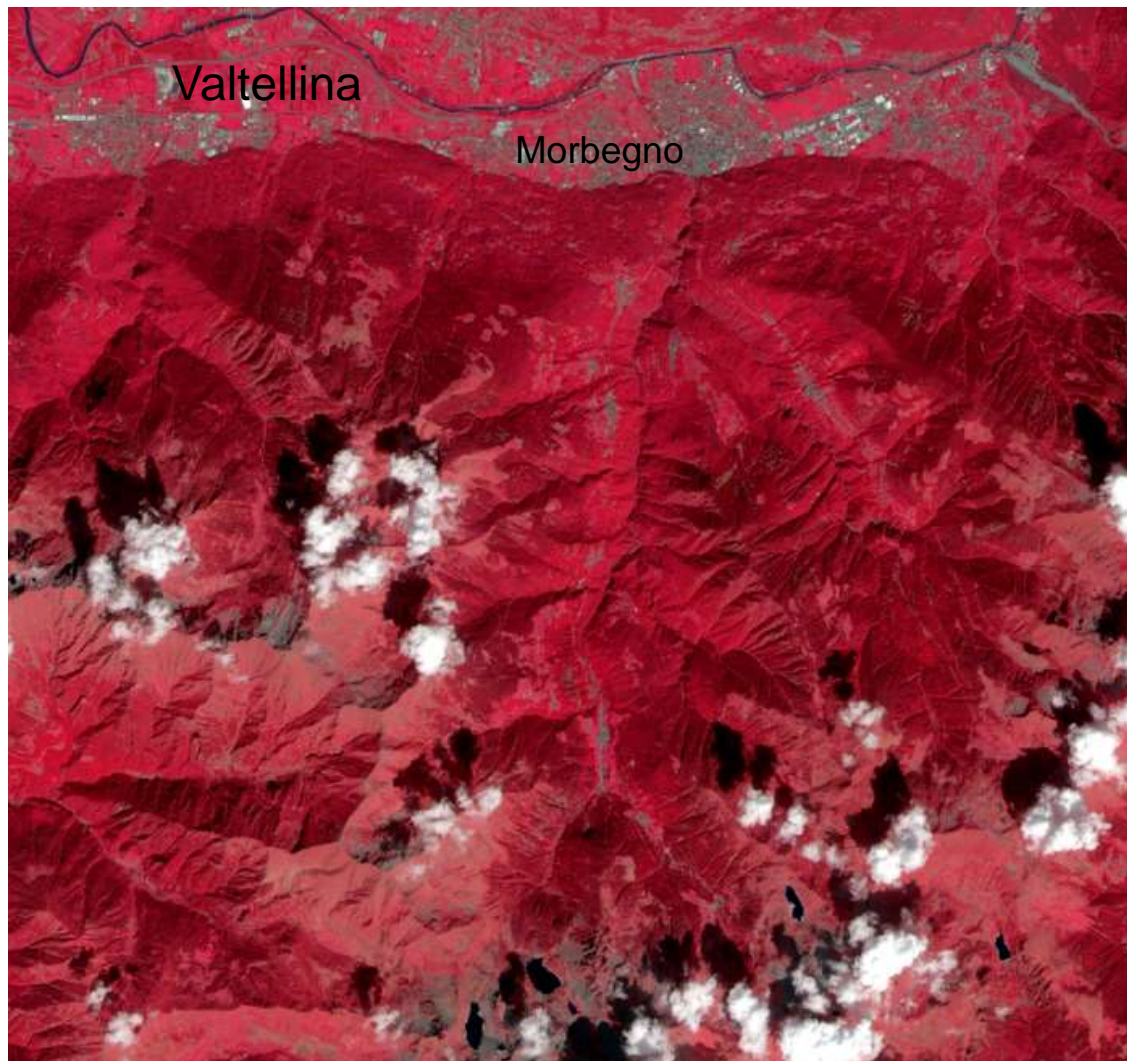
# Monitoraggio annuale: Sentinel-2

Immagine Sentinel-2 del 10/08/2016 NDVI



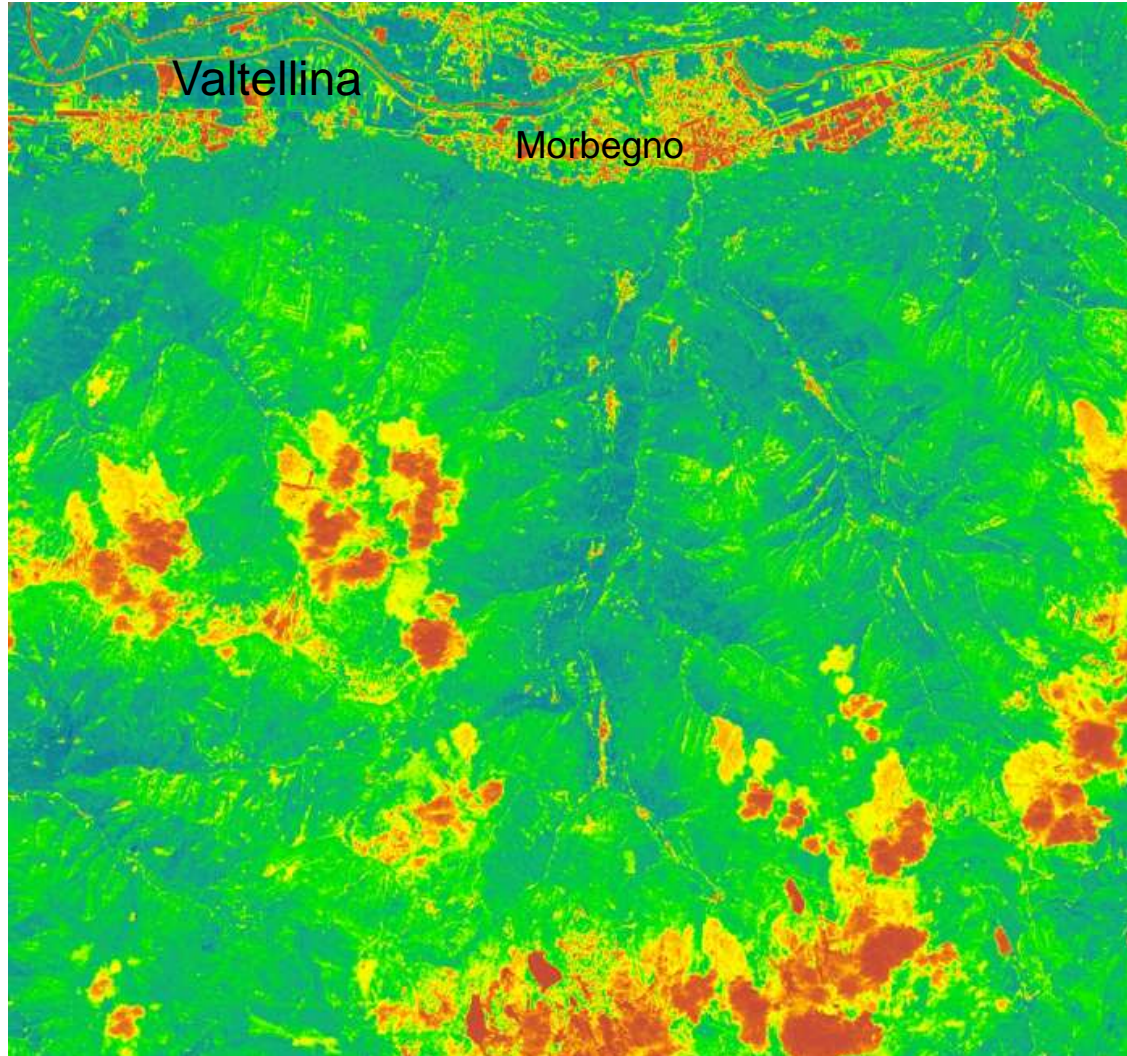
# Monitoraggio annuale: Sentinel-2

Immagine Sentinel-2 del 15/08/2017 IRFC



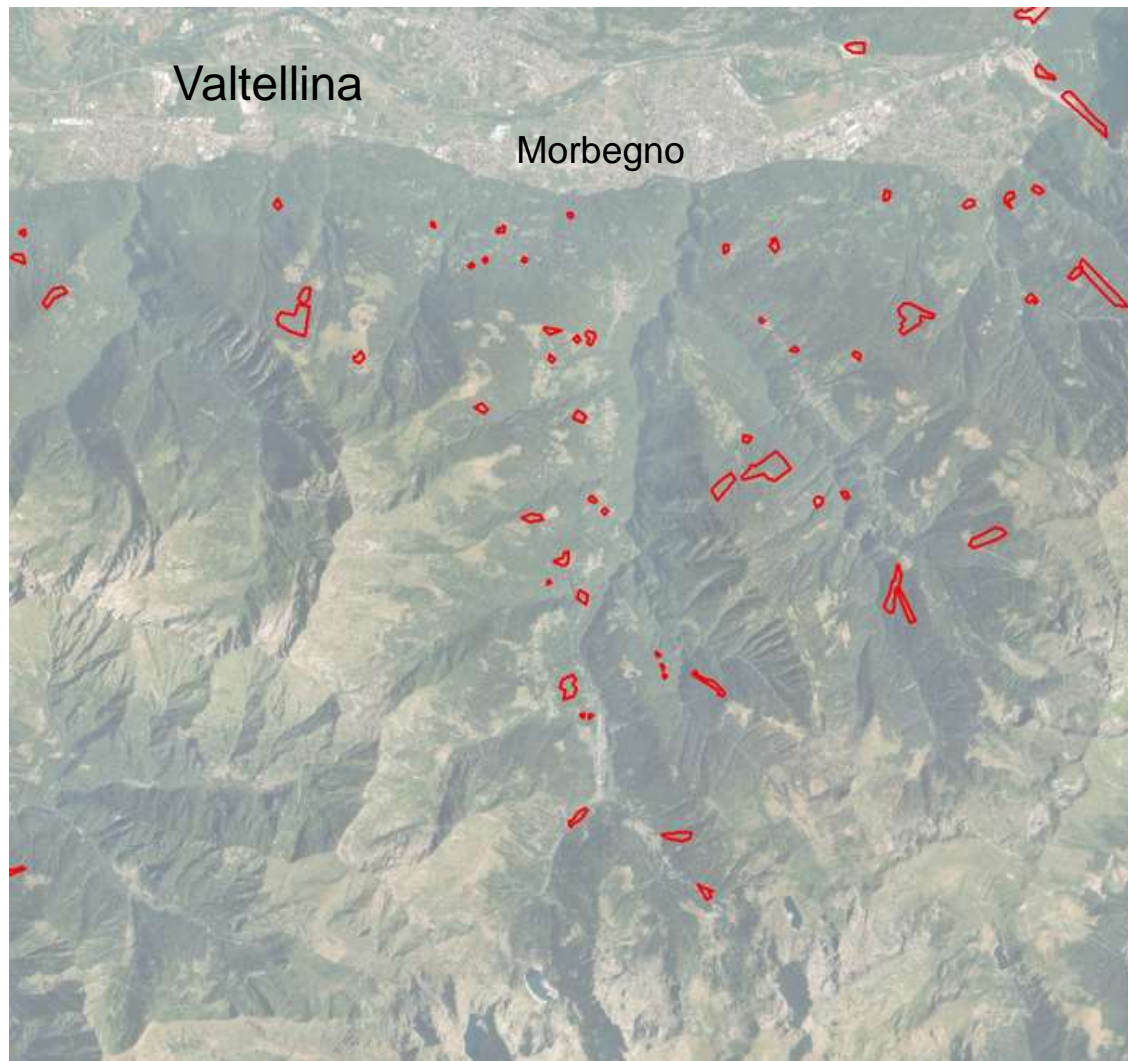
# Monitoraggio annuale: Sentinel-2

Immagine Sentinel-2 del 15/08/2017 NDVI

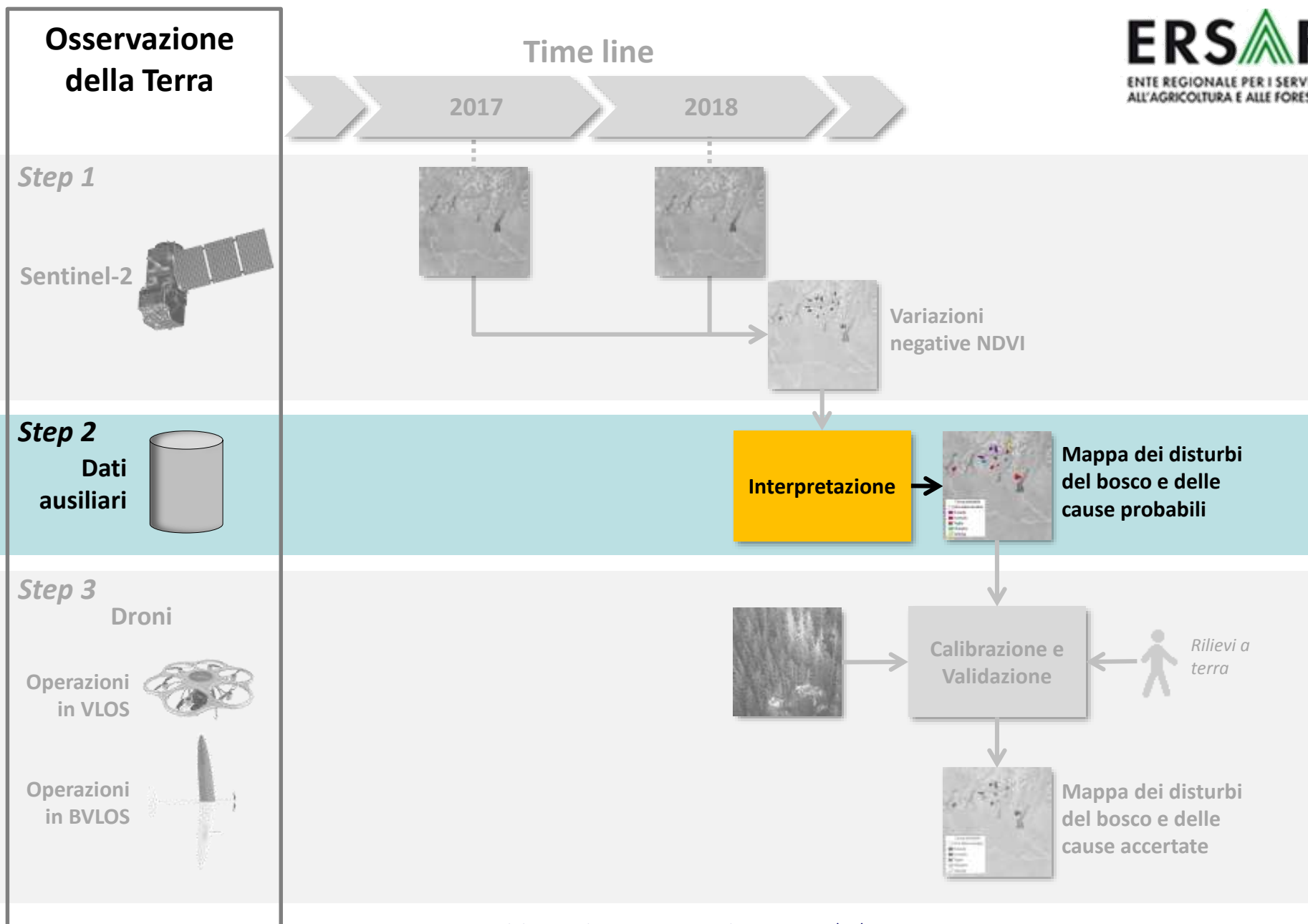


# Monitoraggio annuale: Sentinel-2

Differenza NDVI 15/08/2017 - 10/08/2016 - ANOMALIE



# Monitoraggio annuale: Dati ausiliari



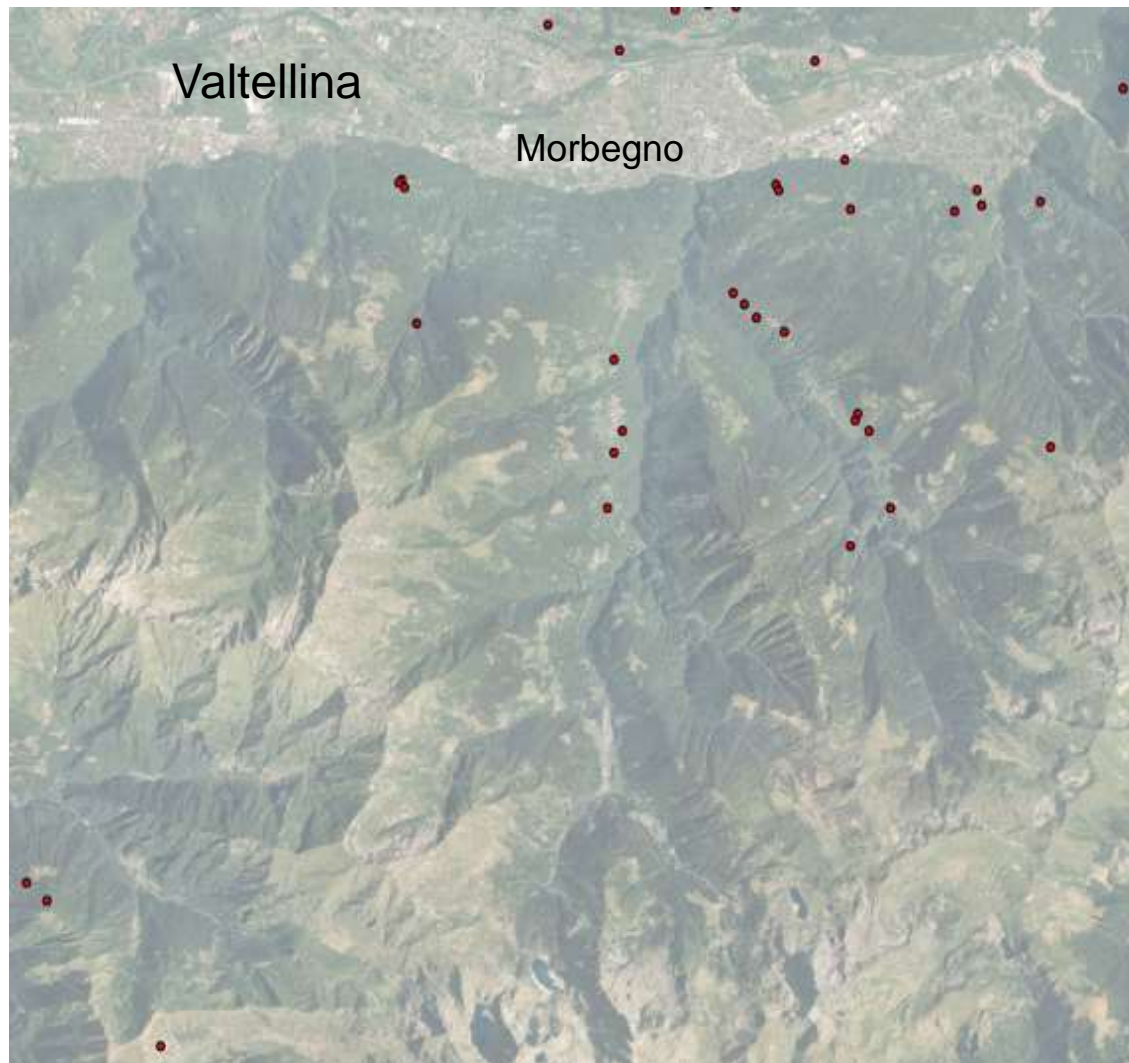
# Monitoraggio annuale: Banche Dati



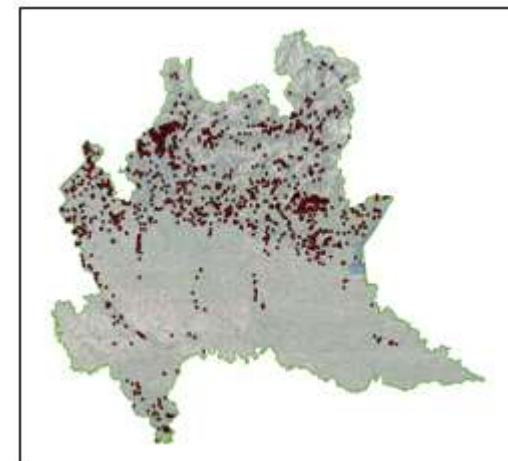
Banca Dati	Fonte	Aggiornamento
Inventario delle aree coperte da incendio	Carabinieri Forestali, ERSAF	Annuale
Sistema Informativo Taglio Bosco (SITAB)	Regione Lombardia	Continuo
Inventario dei Fenomeni Franosi Italiani (IFFI)	Regione Lombardia	2014
Carta della Localizzazione Probabile delle Valanghe (CLPV)	ARPA Lombardia	Annuale

# Monitoraggio annuale: Dati ausiliari

## Inventario delle aree coperte da incendio

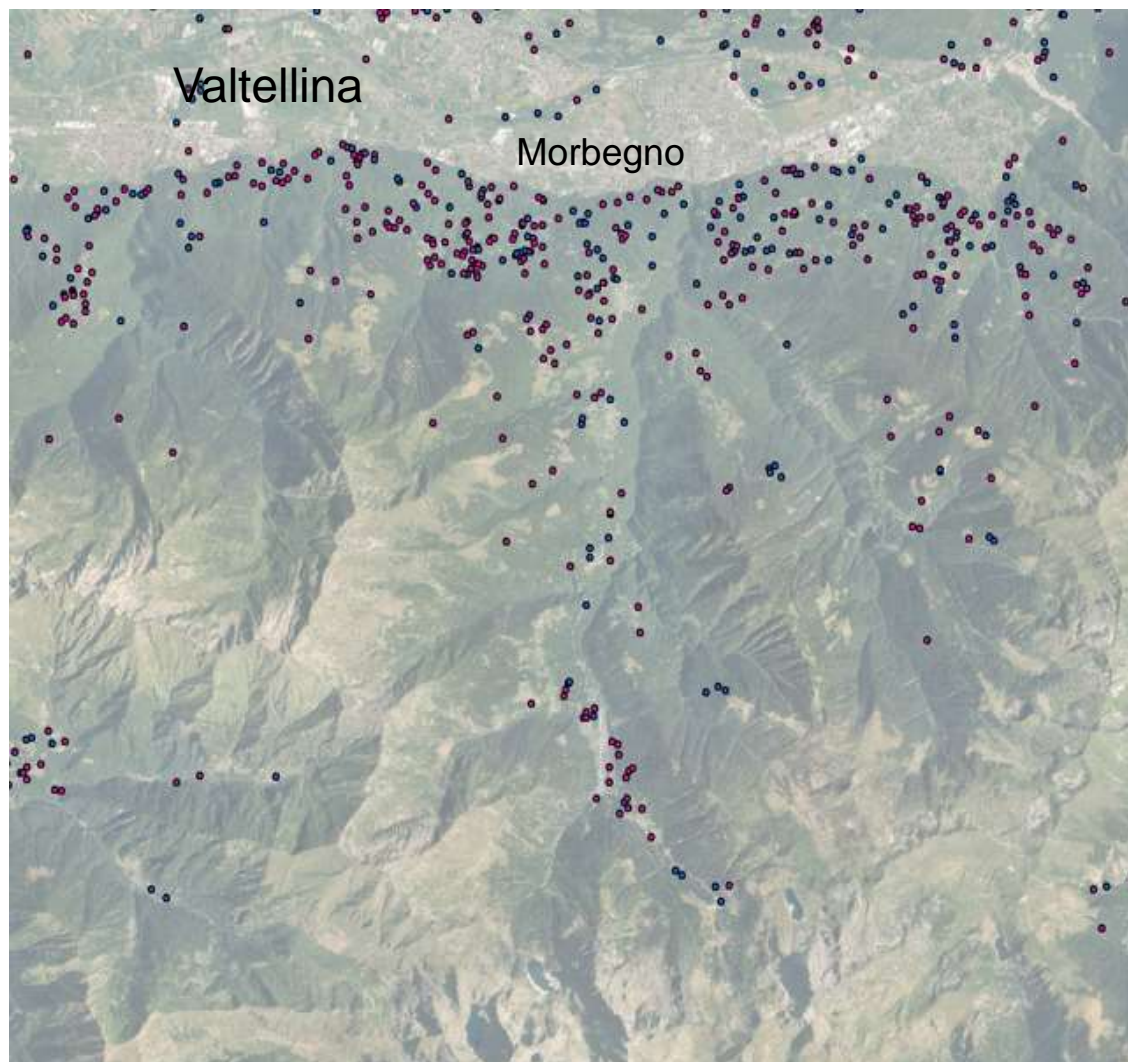


● Incendi 2006-2015

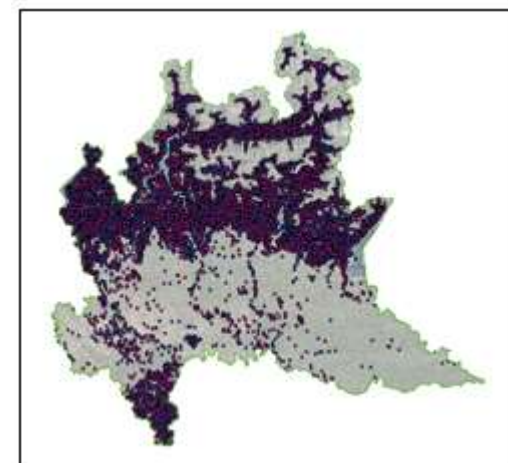


# Monitoraggio annuale: Dati ausiliari

## Sistema Informativo Taglio Bosco (SITAB) (richieste di taglio)



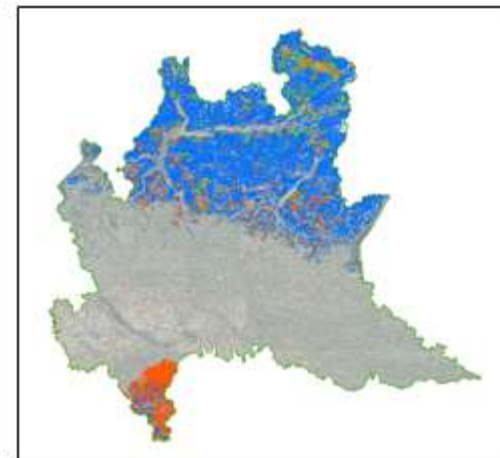
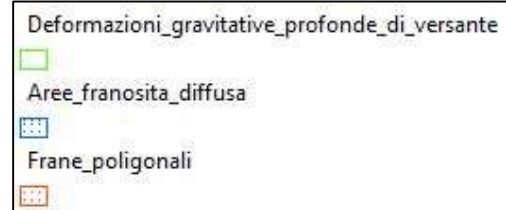
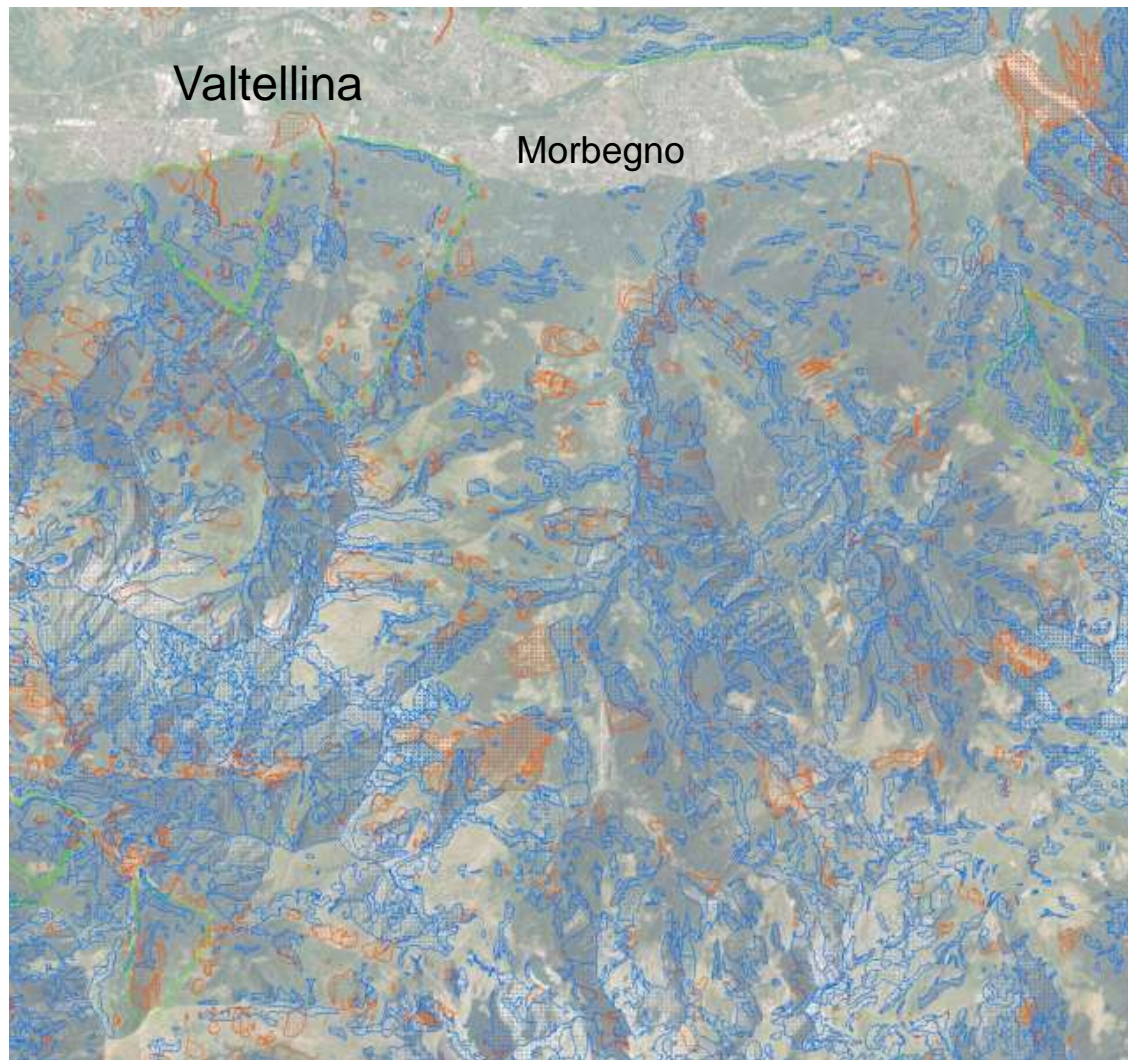
- Richieste di taglio 2016
- Richieste di taglio 2017





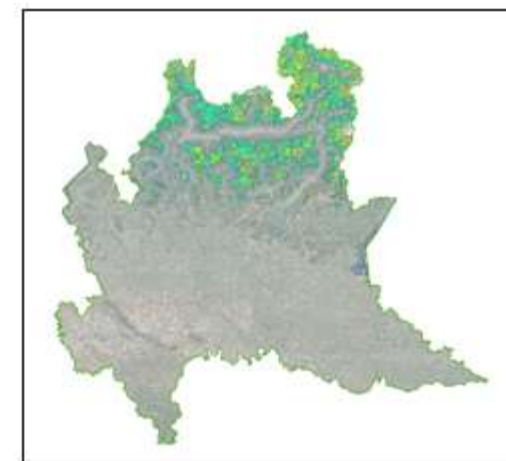
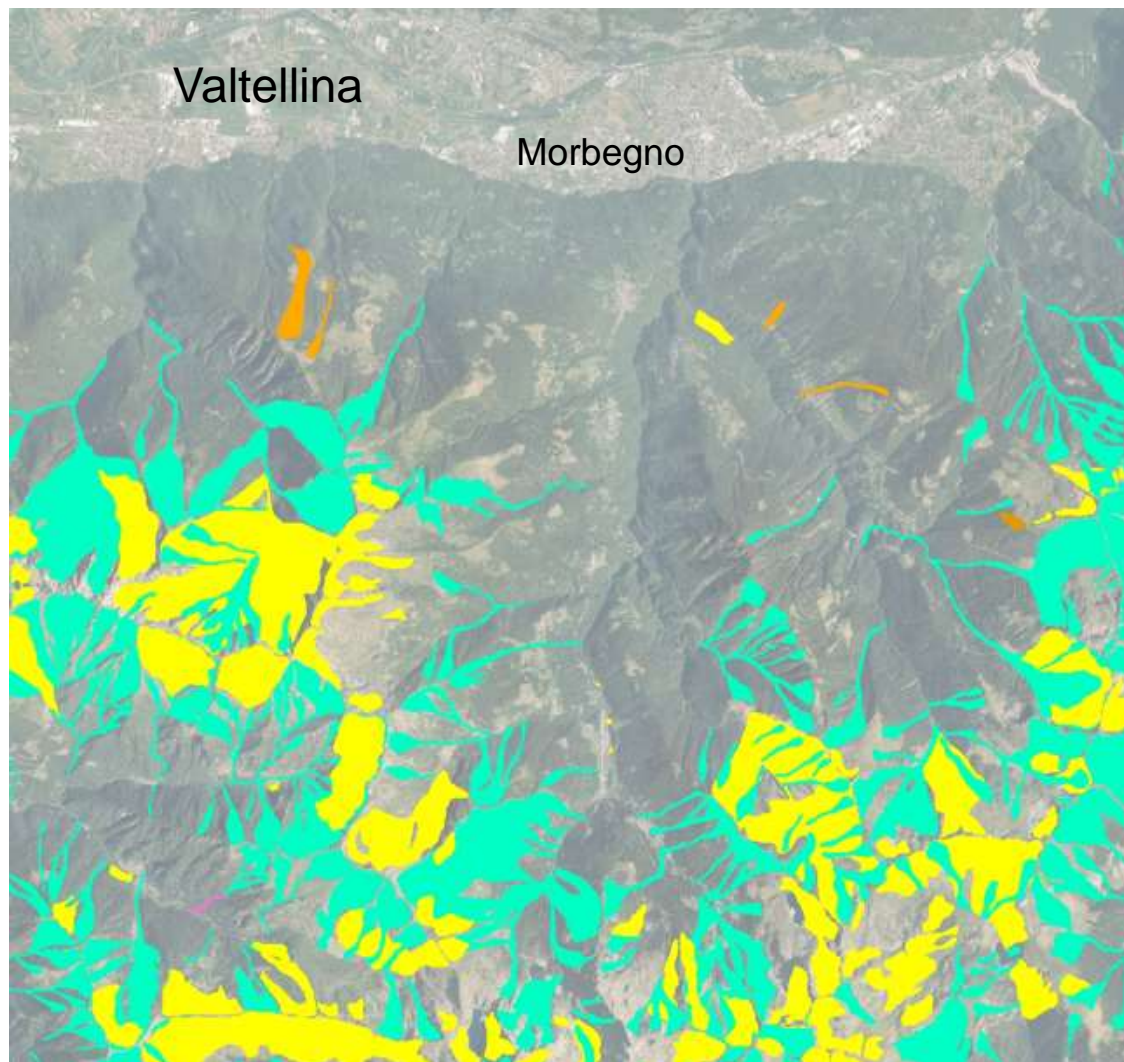
# Monitoraggio annuale: Dati ausiliari

## Inventario dei Fenomeni Franosi Italiani (IFFI)



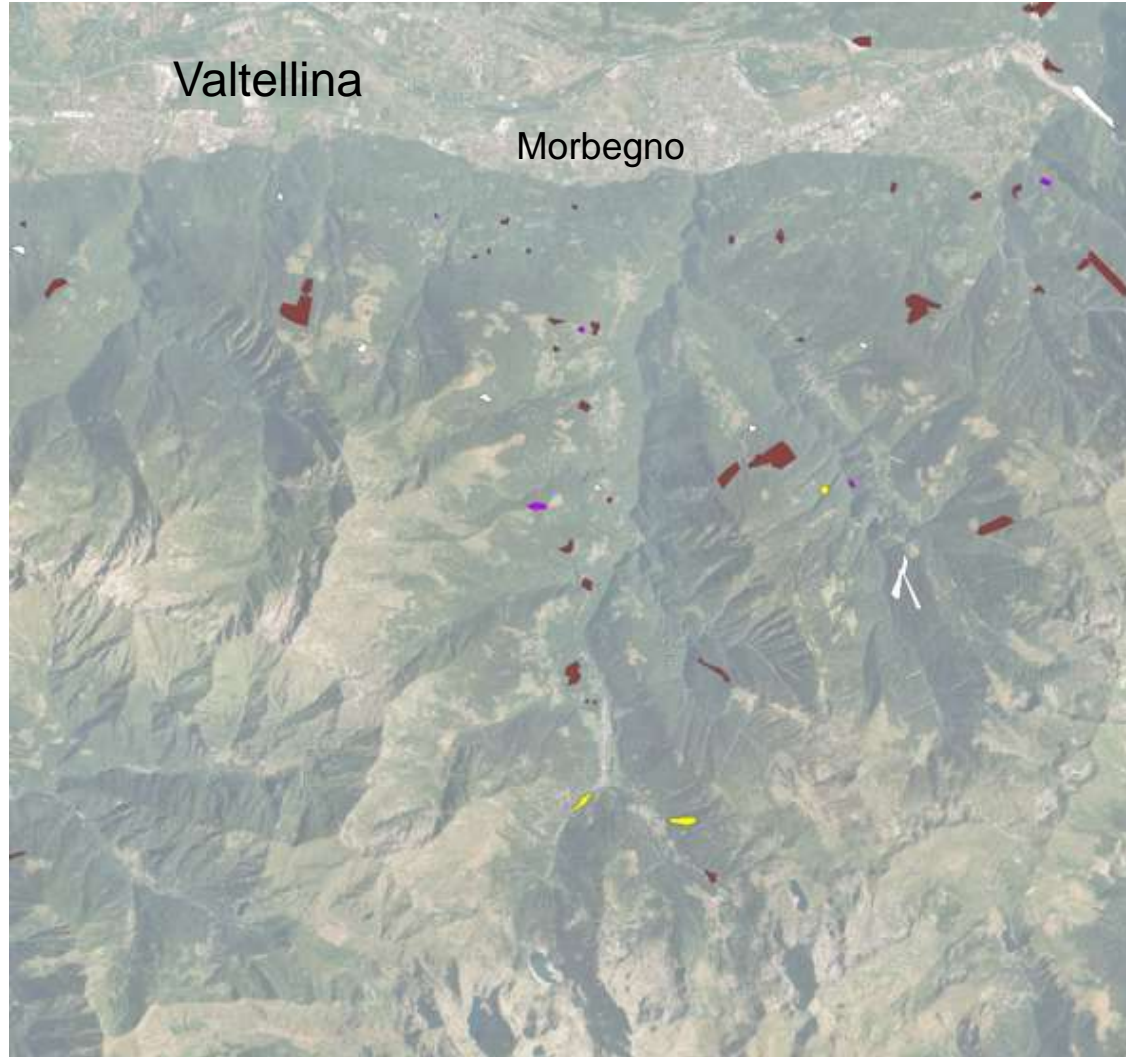
# Monitoraggio annuale: Dati ausiliari

## Carta della Localizzazione Probabile delle Valanghe (CLPV)



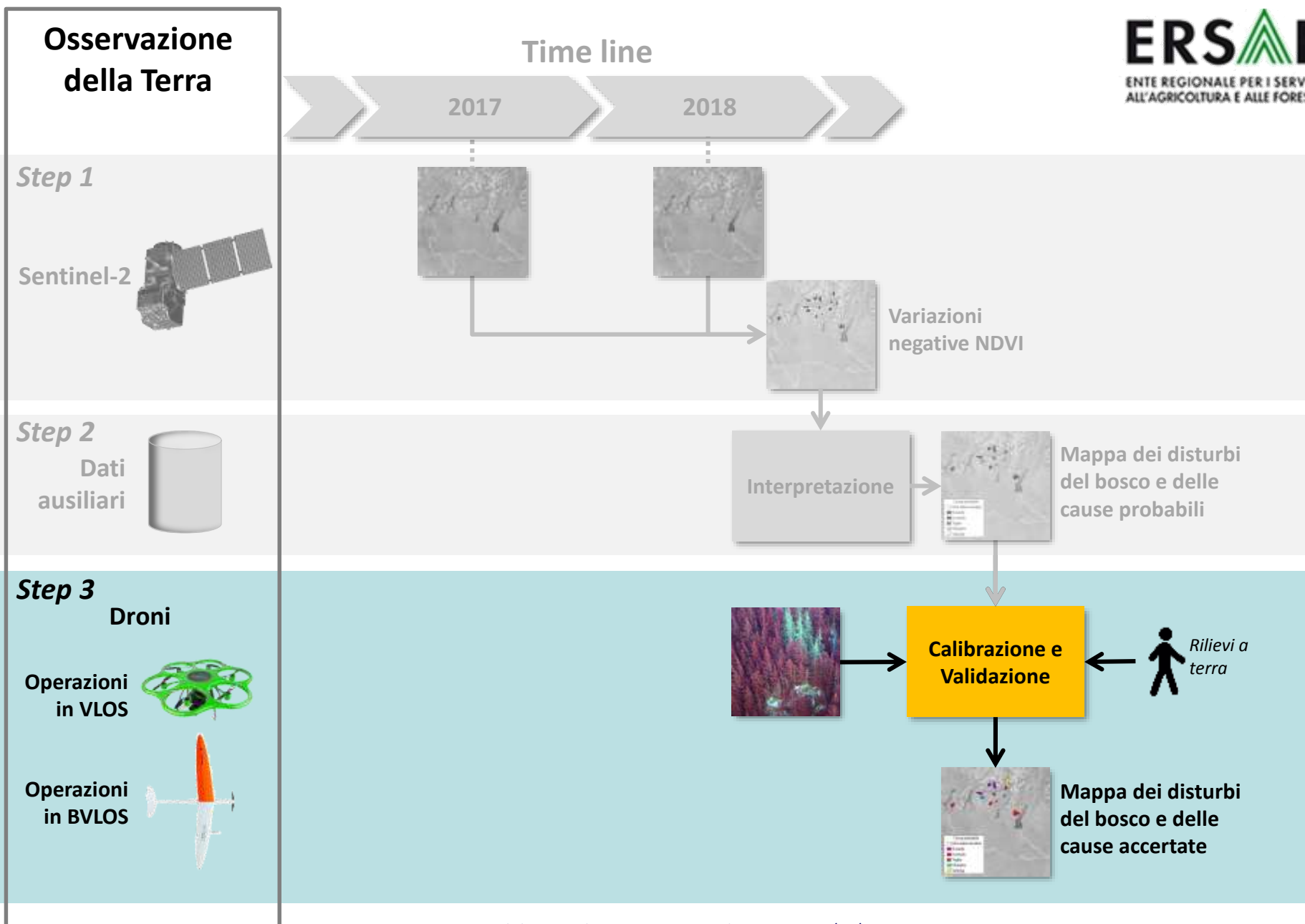
# Monitoraggio annuale: Dati ausiliari

## Mappa dei disturbi del bosco e delle cause probabili



Causa probabile	
□	Non determinabile
■	Dissesto
■	Incendio
■	Taglio
■	Fitopatia
■	Valanga

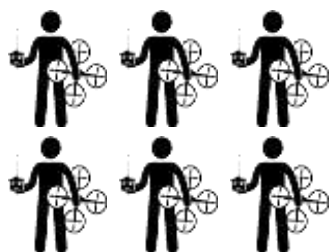
# Monitoraggio annuale: Droni



# Monitoraggio annuale: Droni

## Il progetto DRONI

- ARPA Lombardia ha avviato nel 2016 il **progetto DRONI** con lo scopo di acquisire, oltre ai droni ed i relativi sensori, tutte le capacità necessarie per utilizzare la tecnologia dei droni in maniera autonoma in supporto alle proprie attività di monitoraggio e controllo.
- 6 tecnici di ARPA Lombardia hanno acquisito gli attestati di ENAC per il pilotaggio dei droni. I corsi per i piloti hanno avuto l'obiettivo di fornire una formazione completa che consentisse ai piloti di gestire autonomamente l'intero processo di produzione dell'informazione, dall'analisi dei requisiti al reporting.



# Monitoraggio annuale: Droni

## La flotta

- ARPA Lombardia dispone di una flotta di 4 droni con caratteristiche molto differenti per coprire una vasta gamma di esigenze di monitoraggio e controllo ambientale:

Rilievi aerofotogrammetrici, riprese multispettrali e nell'infrarosso termico su aree di media dimensione morfologicamente complesse. **VLOS.**



**Aibotix X6**

Ispezioni in ambienti chiusi e/o in presenza di ostacoli. **VLOS.**



**Flyability Elios**

Rilievi aerofotogrammetrici e riprese multispettrali su aree di grande estensione o lunghezza. **BVLOS.**



**Delair-Tech DT18**



**DJI Phantom 4 Pro+**

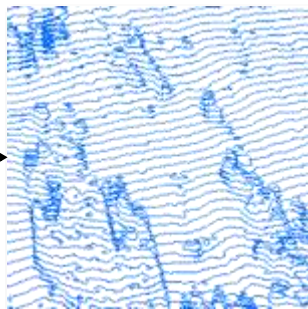
Addestramento. Ispezioni su piccole aree. **VLOS.**

# Monitoraggio annuale: Droni

## I sensori



Camera RGB



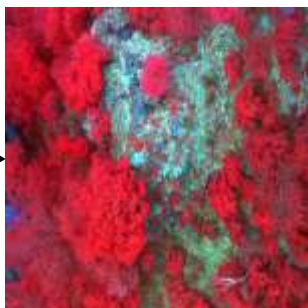
**Modello digitale del terreno** (e stima dei volumi) di frane, opere di difesa idrogeologica, sedimenti accumulati negli invasi, aree fluviali,...



**Ortoimmagini.** Rilievo fotogrammetrico geometricamente accurato di frane, opere di difesa idrogeologica, aree fluviali,...



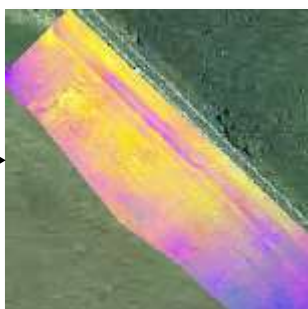
Camera multispettrale



**Immagini multispettrali.** Mappe delle tipologie di vegetazione e dello stato di salute della vegetazione per: calcolo indici idromorfologici, monitoraggio impatti dei grandi cantieri,...



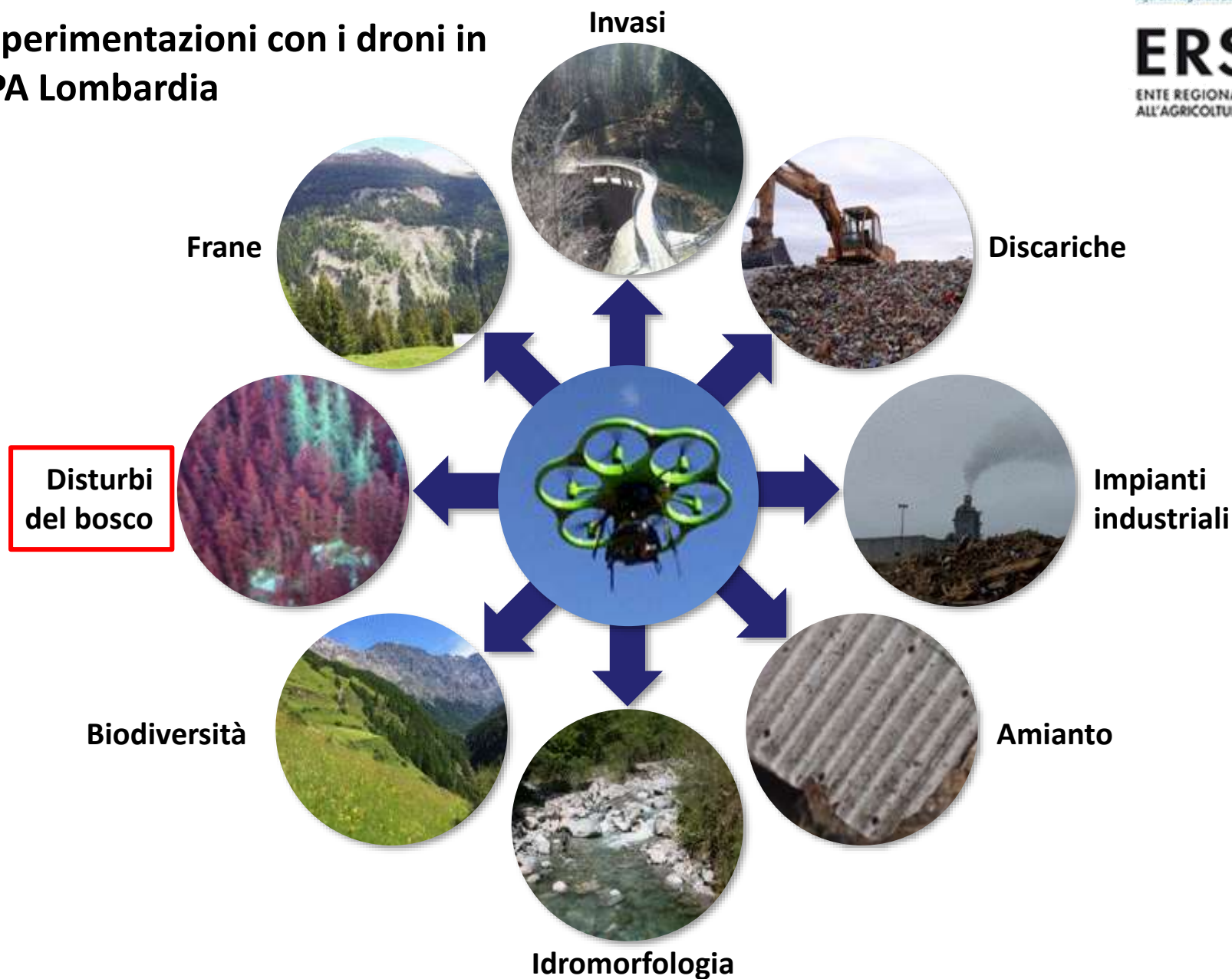
Termocamera



**Mappe di temperatura.** Mappatura della circolazione superficiale dell'acqua nelle frane, monitoraggio umidità della vegetazione e rilevazione stress idrici,...

# Monitoraggio annuale: Droni

## Le sperimentazioni con i droni in ARPA Lombardia





# Monitoraggio annuale: Droni

Area di studio: Parco dello Stelvio - Valdisotto

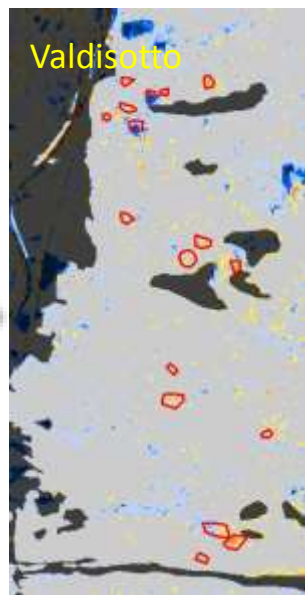


# Monitoraggio annuale: Droni

## Area di studio: Parco dello Stelvio - Valdisotto



Ortoimmagine 2015



Anomalie estratte da  
differenza NDVI  
immagini Sentinel-2:  
2017 - 2016



Dati ausiliari: Tagli,  
Frane, Valanghe



Mappa dei disturbi  
del bosco e delle  
cause probabili



Mappa dei disturbi  
del bosco e delle  
cause accertate

# Monitoraggio annuale: Droni

Area di studio: Parco dello Stelvio - Valdisotto



Immagine IRFC acquisita da drone multirottore il 13/07/2017



Area soggetta ad attacchi parassitari localizzati, con nuclei con livelli di mortalità prossima al 100%.

Individuazione e migliore delimitazione delle aree colpite.

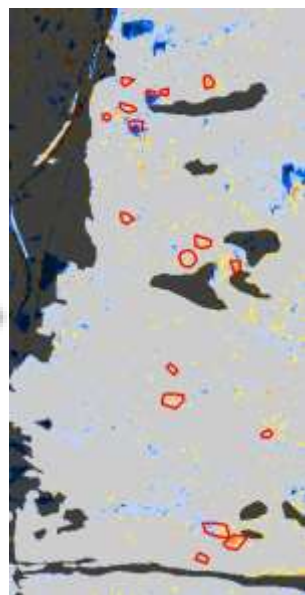
# Monitoraggio annuale: Droni

Area di studio: Parco dello Stelvio - Valdisotto

Area rilevata con il drone



Ortoimmagine 2015



Anomalie estratte da  
differenza NDVI  
immagini Sentinel-2:  
2017 - 2016



Dati ausiliari: Tagli,  
Frane, Valanghe



Mappa dei disturbi  
del bosco e delle  
cause probabili



Mappa dei disturbi  
del bosco e delle  
cause accertate

# Monitoraggio annuale: Droni

Area di studio



Valdisotto

Ortoimmagine 2015

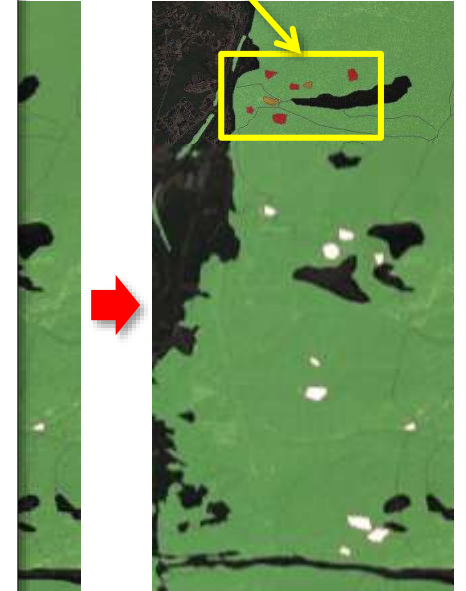


Mappa dei disturbi  
del bosco e delle  
cause accertate

Livelli di danno



Area rilevata con il drone



Mappa dei disturbi  
del bosco e delle  
cause accertate

# Monitoraggio annuale: Droni

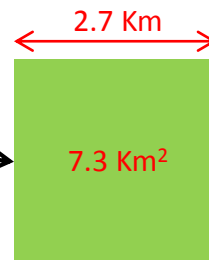
## Sperimentazione rilievi in BVLOS

- La regolamentazione **ENAC** vigente stabilisce che i droni devono essere pilotati a vista, cioè in modalità **VLOS (Visual Line Of Sight)**, ad una distanza massima di 500 m.

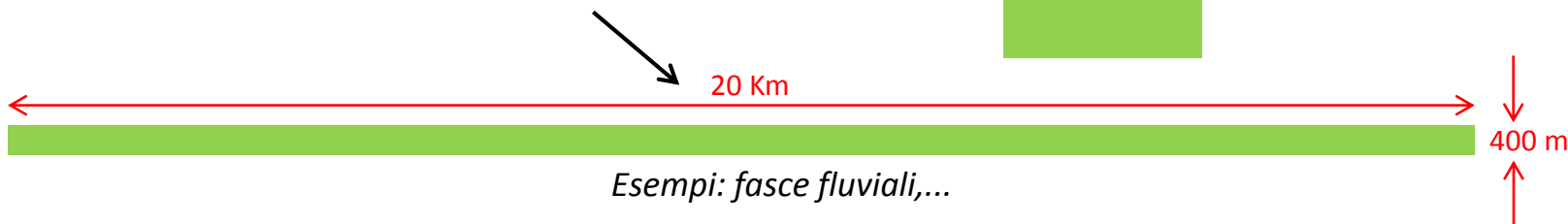
Area rilevabile in VLOS → raggio 500 m



Are rilevabili con il drone ad ala fissa di ARPA Lombardia (autonomia: 2 ore / 100 Km) →



*Esempi: foreste grandi frane,...*



- ENAC**, allo scopo di introdurre una specifica normativa sul **BVLOS (Beyond Visual Line Of Sight)**, ha avviato sperimentazioni con alcuni enti tra i quali ARPA Lombardia.



Antenna robotizzata utilizzata per il volo in BVLOS. Ha una portata di 20 Km e insegue automaticamente il drone ad ala fissa.

- Il processo di interpretazione delle anomalie di variazione di NDVI sulla base dei dati ausiliari, per poter essere applicato a tutta la Lombardia, deve essere il più possibile **automatizzato**.
- Sentinel-2, per la elevata ripetitività e le caratteristiche spettrali (es. RedEdge) si presta non solo al monitoraggio annuale ma anche al **monitoraggio stagionale** con lo scopo di rilevare precocemente stati di stress e seguirne l'evoluzione nel corso della stagione.

## Sinergia tra il monitoraggio dei disturbi del bosco con Sentinel-2 e il monitoraggio dei dissesti con Sentinel-1



**Sentinel-2: monitoraggio ottico  
disturbi del bosco**

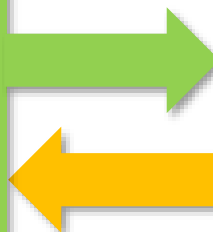


- Le foreste proteggono dai dissesti.
- Sentinel-2 permette un monitoraggio efficace dei disturbi del bosco e di conseguenza (in maniera qualitativa), anche dei dissesti che avvengono nelle aree boscate.

**Sentinel-1: interferometria SAR –  
monitoraggio dei dissesti**



- I dissesti sono una delle cause di disturbo del bosco.
- Sentinel-1 (e Cosmo-Skymed), mediante l'interferometria differenziale SAR, permette un monitoraggio quantitativo molto accurato delle aree di dissesto scarsamente vegetate.







**Grazie per l'attenzione**

Enrico Zini [e.zini@arpalombardia.it](mailto:e.zini@arpalombardia.it)

Dante Fasolini [Dante.Fasolini@ersaf.lombardia.it](mailto:Dante.Fasolini@ersaf.lombardia.it)