

## Introduzione

**Italia, 2022:** danni agricoli da eventi meteo-climatici per oltre **6 miliardi di euro (332mila imprese)**, perdite di produzione del **10%** (Coldiretti).

Aumento della frequenza degli eventi impattanti:



**Grandine: +30%**



**Gelate tardive: +36%**



**Siccità: +34%**



**Eventi estremi: +9%**

Confronto tra 2000-2020 e 1960-1990.

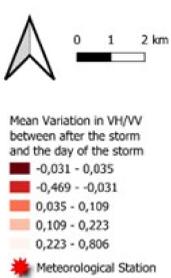
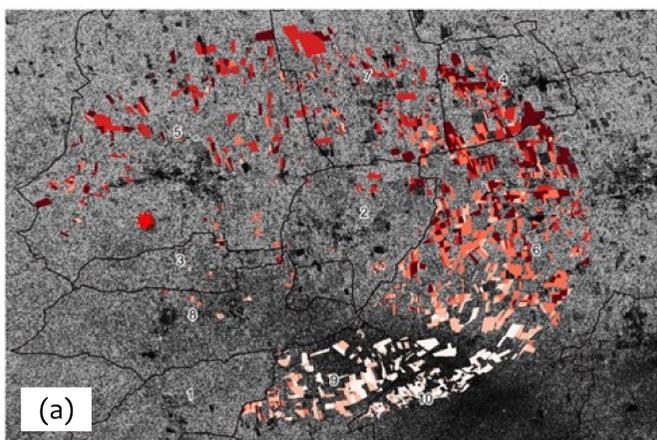
Fonti: ARP Ae, ISMEA, Euro CORDEX, Laviola et al. (2022)

- Nuove **costellazioni satellitari per il monitoraggio terrestre**, rese operative dalle agenzie spaziali internazionali;
- Strumenti satellitari per la **pianificazione e la progettazione** in ambito ingegneristico, con particolare attenzione all'uso del suolo e allo stato della vegetazione;
- Monitoraggio** delle criticità agricole dovute all'intensificarsi di eventi estremi meteo-climatici;
- Possibilità di integrare **misurazioni a terra e acquisizioni satellitari**, allo scopo di massimizzare la precisione dei modelli e la scala spaziale di riferimento;
- Utilizzo di **indici satellitari**, basati su combinazioni di diverse lunghezze d'onda (microonde, ottico, termico) per l'analisi quantitativa di specifiche criticità;
- Monitoraggio delle variabili meteo-climatiche e delle conseguenze di eventi estremi sulle aree coltivate e sulle **rese agricole**.

## Nuovi strumenti satellitari

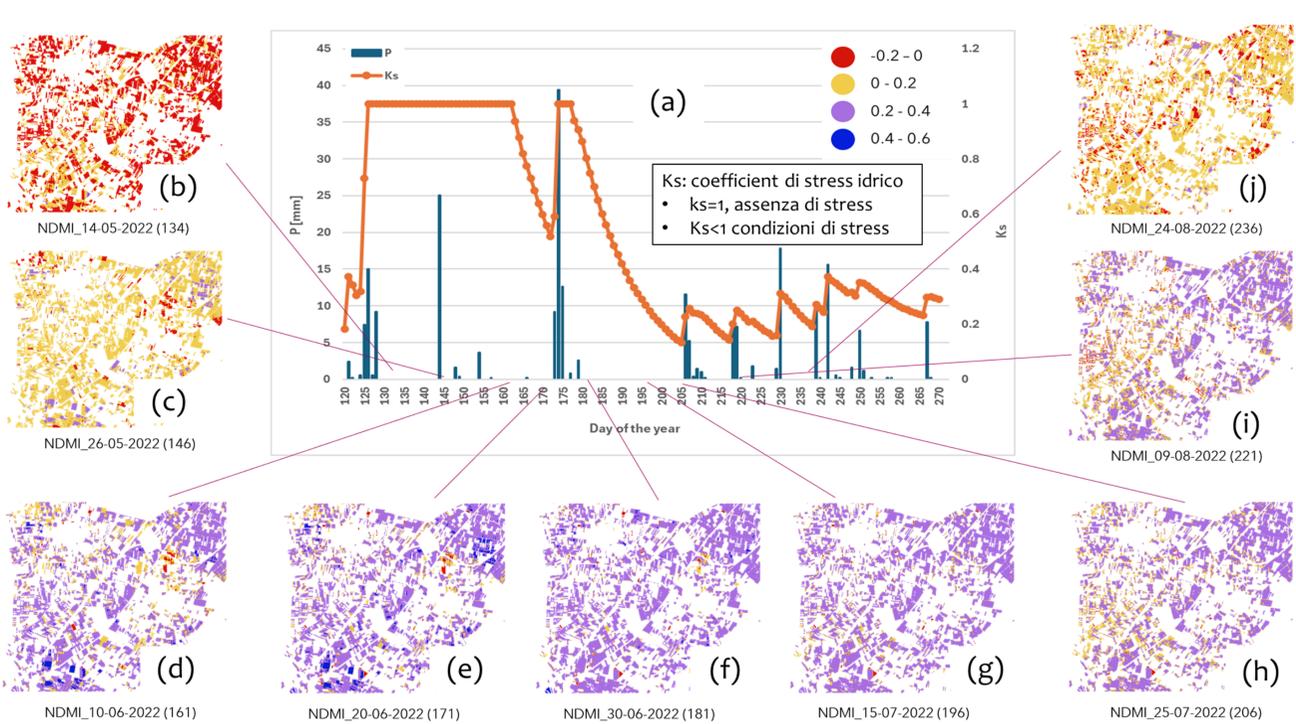
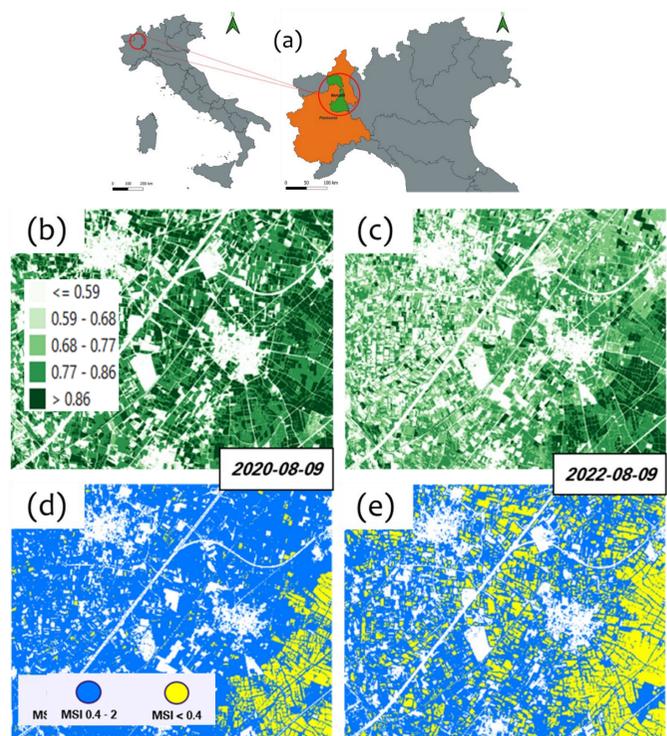
	Indice	Equazione	Applicazioni
EVI	Enhanced vegetation index	$\frac{2.5(R_{NIR} - R_{RED})}{(R_{NIR} + 6R_{RED} - 7.5R_{BLUE} + 1)}$	Malattie, biomassa
MSI	Moisture Stress Index	$\frac{R_{SWIR_2}}{R_{NIR}}$	Contenuto idrico nella vegetazione
NDII	Normalized Difference Infrared Index	$\frac{R_{NIR} - R_{SWIR_2}}{R_{NIR} + R_{SWIR_2}}$	Contenuto idrico e stress delle foglie
NDMI	Normalized Difference Moisture Index	$\frac{R_{NIR} - (R_{SWIR_1} + R_{SWIR_2})}{R_{NIR} + (R_{SWIR_1} + R_{SWIR_2})}$	Identificazione dello stress fogliare
NDSI	Normalized Soil Difference Index	$\frac{R_{SWIR} - R_{NIR}}{R_{SWIR} + R_{NIR}}$	Classificazione del suolo nudo
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index	$\frac{R_{NIR} - R_{RED}}{R_{NIR} + R_{RED}}$	Stato di salute delle piante, identificazione di biomassa vegetale, stime di resa agricola
NDWI	Normalized Difference Water Index	$\frac{R_{GREEN} - R_{NIR}}{R_{GREEN} + R_{NIR}}$	Contenuto idrico nella vegetazione
NPCI	Normalized Pigment Chlorophyll Ratio Index	$\frac{R_{680} - R_{430}}{R_{680} + R_{430}}$	Stress idrico
SIWSI	Shortwave Infrared Water Stress Index	$\frac{R_{858.5} - R_{1640}}{R_{858.5} + R_{1640}}$	Contenuto idrico nella vegetazione
WABI	Water Balance Index	$\frac{R_{1500} - R_{531}}{R_{1500} + R_{531}}$	Irrigation scheduling

## Applicazioni: rilevamento dei danni da grandine con sensori radar



**Figura 1.** Impatto della grandine sui **campi di mais** nella zona di Saluzzo (CN). I dati **Radar** della costellazione Sentinel-1 dell'ESA sono stati utilizzati nelle polarizzazioni **VV** e **VH** (Vertical-Vertical e Vertical-Horizontal, secondo le posizioni reciproche di antenna emittente e ricevente) e mediante **indici combinati** tra le due polarizzazioni, al fine di analizzare la sensibilità del segnale radar alla **perdita di biomassa** nei campi di mais, a seguito di intensi eventi di grandine. In Figura 1-b sono riportate le serie temporali dei segnali radar: è molto evidente risposta di alcuni indici radar in occasione della **grandinata del 25/07/2022**. I comuni riportati in Figura 1-a sono rispettivamente: (1) Costigliole Saluzzo, (2) Lagnasco, (3) Manta, (4) Monasterolo di Savigliano, (5) Saluzzo, (6) Savigliano, (7) Scarnafigi, (8) Verzuolo, (9) Villafalletto, (10) Vottignasco.

## Applicazioni: monitoraggio dello stress idrico con sensori ottici



**Figura 2.** (a) ubicazione dei **campi di mais** analizzati con sensori **ottici Sentinel-2**. (b) e (c) mostrano un confronto dell'indice **NDVI** (largamente usato per monitorare lo stato di salute delle colture) tra **Agosto 2020** e **2022** (anno particolarmente siccitoso). (d) ed (e) mostrano un confronto dell'indice **MSI** (Moisture Stress Index) per lo stesso periodo: sono evidenti le maggiori aree in giallo (campi al di sotto della soglia di "vegetazione verde" e quindi in **condizioni di forte stress**) nell'Agosto 2022 rispetto al 2020.

**Figura 3.** Confronto tra condizioni di **stress idrico** sui campi di mais nel Vercellese (Figura 2-a), modellato in condizioni **non irrigate** (a), e indici satellitari nelle bande ottiche per l'Analisi del contenuto idrico nelle foglie (indice **NDMI**, "Normalized Difference Moisture Index"). **ROSSO**: condizioni di forte stress (associate perlopiù a suolo nudo), **GIALLO**: stress idrico con piante sviluppate, **VIOLA**: condizioni di buona umidità, **BLU**: abbondante contenuto idrico, associabile a pioggia o irrigazione. Si nota che durante periodi di scarsa precipitazioni tra Luglio e Agosto (Figura 3-e,f,g), **l'umidità delle foglie si conserva** anche in condizioni di potenziale stress, per probabile effetto di **irrigazione periodica**.