

## Tecnologie integrate per la pianificazione, il monitoraggio e la prevenzione del rischio nel PNGSML

Alessandro Marucci <sup>(a)</sup>, Lorena Fiorini <sup>(a)</sup>, Francesco Zullo <sup>(a)</sup>,  
Daniele Di Santo <sup>(b)</sup>, Bernardino Romano <sup>(a)</sup>

- (a) Università degli Studi dell'Aquila, Via Giovanni Di Vincenzo 16/B, 67100 L'Aquila;  
[alessandro.marucci@univaq.it](mailto:alessandro.marucci@univaq.it), [lorena.fiorioni@graduate.univaq.it](mailto:lorena.fiorioni@graduate.univaq.it),  
[francesco.zullo@univaq.it](mailto:francesco.zullo@univaq.it), [bernardino.romano@univaq.it](mailto:bernardino.romano@univaq.it).
- (b) Ente Parco Nazionale del Gran Sasso e Monti della Laga, Via Del Convento,1 – 67010  
Assergi (AQ) Tel. 0862/60521 Fax 0862/606675 [danieledisanto@gransassolagapark.it](mailto:danieledisanto@gransassolagapark.it)

### Abstract

Il presente lavoro nasce da una collaborazione di ricerca tra il Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile Architettura e Ambientale (DICEAA) dell'Università degli Studi dell'Aquila e il Parco Nazionale Gran Sasso-Monti della Laga (PNGSML). Sono state raccolte in esso alcune esperienze di utilizzo di tecniche innovative per il monitoraggio ambientale, i reati ambientali e la valutazione dell'impatto post-evento attraverso tecniche di *rapid mapping* e *fast monitoring*. A tal fine si è ricorso alla elaborazione di immagini prodotte attraverso il Remote Sensing. L'uso combinato dei droni e dei dati satellitari ha permesso di effettuare indagini multitemporali e multiscalari, producendo dataset di elevata risoluzione spaziale e mappature tridimensionali. Dall'analisi delle bande multispettrali, sia provenienti dalla piattaforma Sentinel 2 del progetto Copernicus (ESA) sia da camere a bordo dei droni, è stato possibile determinare indici specifici per le aree percorse da incendi, per la perdita di biomassa dovuta alle valanghe, per la valutazione quantitativa e qualitativa delle modificazioni territoriali e per lo stato di conservazione degli habitat. L'obiettivo principale della ricerca, tutt'ora in corso, è quella di valorizzare e migliorare l'utilizzo di tecniche di telerilevamento per il controllo del territorio attraverso sistemi open source e interoperabili. Infatti, la capacità di integrazione tra i vari sistemi di indagine e l'accessibilità a strumenti di analisi con grandi capacità di elaborazione permettono di generare scenari conoscitivi accurati che contribuiscono ad attuare le strategie di prevenzione e conservazione. La tutela del patrimonio ambientale, percepito in chiave di Servizi Ecosistemici, è ormai uno degli aspetti fondamentali della prevenzione contro fenomeni naturali estremi a larga scala. Un approccio a "scala di parco" infatti potrebbe rappresentare attualmente una soluzione efficace al controllo e alla gestione delle maggiori problematiche territoriali, superando di fatto quella frammentazione amministrativa rappresentata dal mosaico degli enti locali.

### Introduzione

La capacità di acquisizione dati oggi è alla base di tutte le attività tecnico scientifiche e professionali ed è supportata da uno sviluppo tecnologico sempre più frenetico. Che si tratti di economia, di ambiente, di politica o di dinamiche sociali la necessità di informazioni è sempre crescente ed i mezzi per

soddisfarla sono sempre più numerosi e performanti. Precisione e accuratezza sono concetti noti a chi ha una formazione scientifica, ma quello che più di tutti oggi assume un valore strategico è la velocità. Ottenere informazioni in tempo reale costituisce un significativo vantaggio competitivo.

I sistemi informativi geografici, interfacciati con i sistemi di Remote Sensing (Satelliti, UAV-Unmanned Aerial Vehicle), rappresentano il cardine del *fast monitoring*, elemento chiave nella conduzione del controllo adattativo efficiente dei fenomeni territoriali, sia di natura antropica che naturale. Analogamente i GIS hanno subito un naturale potenziamento grazie soprattutto alla loro interoperabilità, ovvero la capacità di un prodotto o di un sistema - la cui interfaccia è completamente dichiarata, quindi senza parti di codice celato - di interagire e funzionare con altri prodotti o sistemi, esistenti o ancora in divenire, senza alcuna restrizione per l'accesso o le implementazioni.

Dunque l'aumentata interoperabilità dei sistemi di monitoraggio territoriale, unitamente alla velocità di acquisizione di dati ad alta risoluzione, sono ormai un presupposto fondamentale per l'approccio all'analisi dei rischi naturali.

Nel presente lavoro vengono riportate alcune esperienze significative, condotte nel territorio del Parco Nazionale del Gran Sasso e Monti della Laga, che dal 2015 al 2018 sono state il fulcro della sperimentazione di approcci innovativi attraverso l'utilizzo di tecnologie *low cost* e *open source*.

### **La metodologia e la strumentazione**

La base metodologica per l'attività esposta trova fondamento nel concetto di *fast monitoring*, definibile come insieme di procedure, tecniche e mezzi in grado di generare scenari conoscitivi di determinati fenomeni territoriali e ambientali, con una accuratezza informativa e spaziale sufficiente per poter formulare una diagnosi che abbia una ragionevole consistenza. Ciò non significa raggiungere il massimo livello di conoscenza relativo al fenomeno indagato, ma ottenere la massima efficienza possibile attraverso il miglior compromesso tra livello informativo utile, tempi di acquisizione ed elaborazione e risoluzione del dato geografico.

L'efficienza del metodo è direttamente proporzionale all'accessibilità dei dati e dei software, quindi la possibilità di attingere al mondo *open data* e *open source* è un requisito fondamentale, necessario anche per una buona ripetibilità del metodo.

Di seguito saranno illustrati casi studio di analisi e monitoraggio per i quali sono state utilizzate principalmente due piattaforme:

- il sistema satellitare del Progetto *Copernicus* dell'Agenzia Spaziale Europea (ESA), in particolare modo le immagini multispettrali del sensore ottico montato sul Sentinel-2A;
- SAPR-Sistema Aereo a Pilotaggio Remoto, categoria Very Light (DJI - Phantom4 Pro), equipaggiato con una camera multispettrale (Parrot Sequoia).



Figura 1 - Drone equipaggiato con camera multispettrale

Nel primo caso, i Sentinel-2 acquisiscono immagini multispettrali della superficie terrestre nelle lunghezze d'onda del visibile e dell'infrarosso riflesso. La strumentazione di bordo (*MSI-MultiSpectral Instrument*) è in grado di acquisire 4 bande nel visibile e vicino infrarosso con risoluzione spaziale 10 m, 6 bande nell'infrarosso con risoluzione spaziale 20 m e 3 bande con risoluzione 60 m di cui una nel blu e due nell'infrarosso. Tra gli scopi ci sono l'osservazione della vegetazione e dei boschi, l'utilizzo del suolo e l'assistenza immediata in caso di catastrofi naturali. Oltre alle informazioni sullo stato e sullo sviluppo della vegetazione esso permette infatti di determinare il tenore di clorofilla e di acqua nelle foglie delle piante, rendendo possibile una stima dell'attività vegetativa. I dati sono liberamente scaricabili dal sito dell'ESA (<https://scihub.copernicus.eu>), anche se il numero dei *web service* per il download degli open data satellitari è sempre in costante crescita. Per il preprocessing e l'analisi delle immagini sono state utilizzate due procedure principali, per le quali è stata effettuata una valutazione comparativa-qualitativa.

Per la prima procedura è stato utilizzato il software *SNAP-Sentinel Application Platform* (<http://step.esa.int/main/download/>), strumento nativo per il processamento e l'elaborazione delle bande multispettrali e dei prodotti satellitari in genere. Attraverso tale strumento sono stati elaborati immagini RGB, indici NDVI, NBR, BAI, NDWI. Successivamente sono state importate nel software QuantumGis.

Per la seconda procedura i prodotti sono stati importati direttamente in QuantumGis, attraverso il plugin *Semi-Automatic Classification* (<https://fromgistors.blogspot.com/p/semi-automatic-classification-plugin.html>), e successivamente generati gli indici e le immagini.

La configurazione strumentale del drone utilizzato nelle fasi di monitoraggio è essenzialmente paragonabile a quella del Sentinel-2, ovvero sensori ottici e multispettrali. Fatti i dovuti distinguo, i prodotti intermedi per le analisi territoriali e ambientali sono gli stessi: immagini RGB e indici per la valutazione dello stato di trasformazione dovuta a fenomeni naturali e/o antropici. L'utilizzo di dati da SAPR presuppone però una fase preliminare di acquisizione e preprocessing delle immagini attraverso tecniche di fotogrammetria aerea e Structure from Motion.

Su questi due sistemi appena descritti si basa la struttura minima metodologica del *fast monitoring* proposto. Naturalmente rappresentano una fase necessaria sulla quale è possibile implementare uno schema più articolato. La possibilità di acquisire scansioni (immagini ottiche o radar) multitemporali e multiscalarari e di analizzarli in ambiente GIS permette di creare scenari informativi efficienti in termini di risposta ad eventi sia catastrofici come incendi, inondazioni e di effettuare monitoraggi in continuo.

### Fast monitoring: eventi catastrofici e valutazione delle problematiche

Durante lo svolgimento del progetto di ricerca è stato attuato uno stretto rapporto di collaborazione con il Coordinamento Territoriale per l'Ambiente del C.F.S., attualmente Corpo dei Carabinieri. Sono state utilizzate immagini satellitari per il calcolo di indici specifici (DNBR, NDVI, BAI) sulle aree percorse da incendi in occasione degli eventi che hanno interessato l'Abruzzo e il territorio del Parco nell'estate del 2017. Tali dati sono stati utilizzati successivamente per la stima del danno ambientale procurato dall'incendio di Fonte delle Macine nel comune di Castel del Monte (AQ) del 9 agosto (Fig.2, Fig.3).

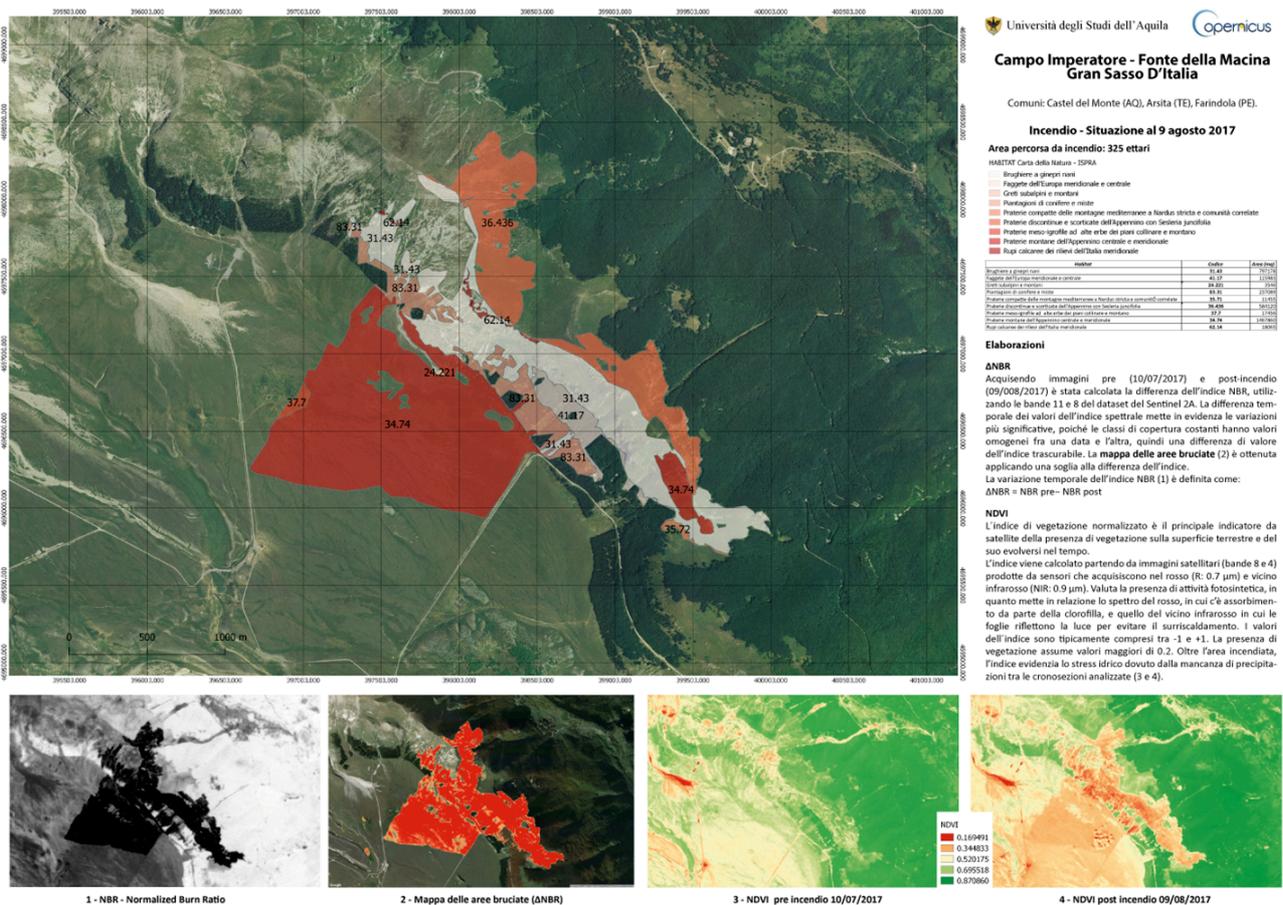


Figura 2 - Elaborazione dati satellitari Sentinel 2 per l'incendio di Fonte delle Macine

Il verificarsi di un incendio comporta sia delle variazioni immediate nelle proprietà delle superfici interessate, che possono essere individuate e valutate durante l'evolversi della combustione, che effetti successivi all'incendio stesso, a breve e lungo termine, che caratterizzano le aree che hanno subito il

passaggio del fuoco. La variazione della risposta spettrale, e di conseguenza la riconoscibilità delle aree interessate da incendio, presenta un andamento variabile con il tempo: gli incendi attivi sono facilmente individuabili durante la combustione vera e propria, ma la riconoscibilità decresce rapidamente con la distanza temporale dall'evento, mentre le aree bruciate presentano variazioni minori della risposta (e sono perciò meno facilmente individuabili) ma queste ultime perdurano più a lungo ed è quindi possibile la mappatura anche dopo un periodo di tempo abbastanza lungo.

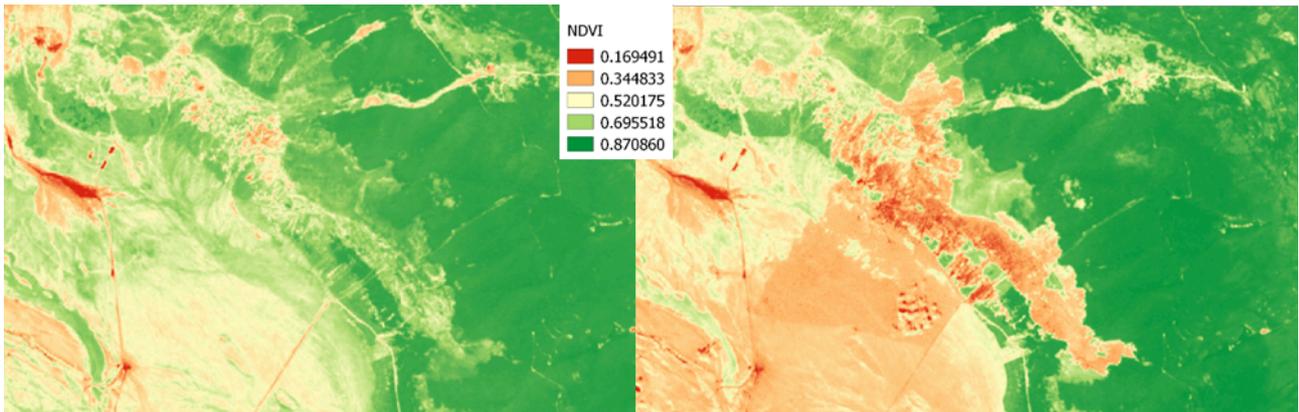


Figura 3 - Indice NDVI prima (sinistra) e dopo (destra) l'incendio del 9 agosto 2017

Di seguito si riporta una elaborazione dell'indice NDVI (Fig.4), dell'area incendiata di Fonte delle Macine nel luglio del 2018, in cui si nota come l'attività fotosintetica sia in evidente ripresa e che i valori nell'area percorsa da incendio (blu) siano maggiori a quella esterna.

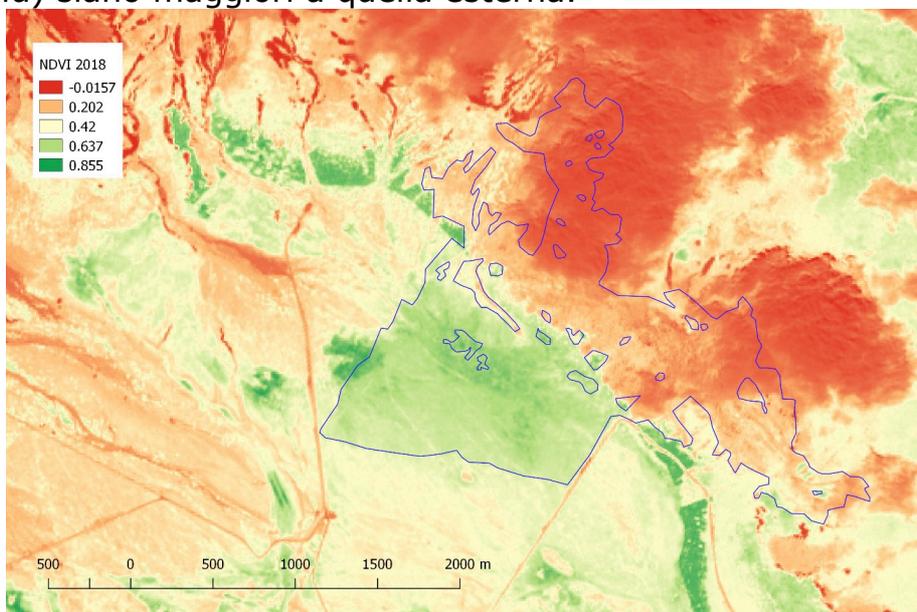


Figura 4 - Indice NDVI (luglio 2018) dell'area incendiata di Fonte delle Macine

Inoltre, le immagini satellitari del Sentinel2 sono state utilizzate anche per la valutazione di altri importanti eventi quali lo stato di aridità dei pascoli, in funzione del periodo di siccità che ha interessato tutto il periodo estivo e gli effetti dei tragici eventi del 18 gennaio 2017, quando l'Hotel Rigopiano è stato investito da una imponente valanga staccatasi dal Monte Siella.

### **SUMMIT: modellazione tridimensionale delle vette**

Una interessante applicazione sviluppata attraverso tecniche UAV è la modellazione 3D delle aree sommitali con l'obiettivo principale di rilevare i parametri morfologici, vegetazionali ai fini della prevenzione dei rischi e del monitoraggio ambientale. Si tratta di modelli ad altissima risoluzione (HRM – High Resolution Model) in grado di restituire importanti informazioni che possono poi essere utilizzate in vari settori di interesse da quello turistico a quello ambientale fornendo in tal modo le basi informative necessarie per la conoscenza dei luoghi e delle condizioni morfologiche e vegetazionali in cui si trovano. L'elaborazione dei dati acquisiti tramite UAV restituisce infatti con precisione le reali condizioni della vetta rilevata (Fig.5). Le tecniche di rilievo sono state condotte sia tramite l'adozione di procedure automatiche attraverso un *mission planner* ma anche mediante procedure di volo manuale. Acquisendo in questo modo dati che, per le loro caratteristiche, possono essere poi utilizzati in molteplici campi di applicazione. Una interessante utilizzazione in tal senso è lo studio dei fenomeni gravitativi dovuti al dissesto idrogeologico. E' possibile infatti monitorare con frequenze di rilievo molto alte (anche più volte al giorno) gli spostamenti degli ammassi rocciosi e il volume movimentato a seguito di eventi franosi o smottamenti.

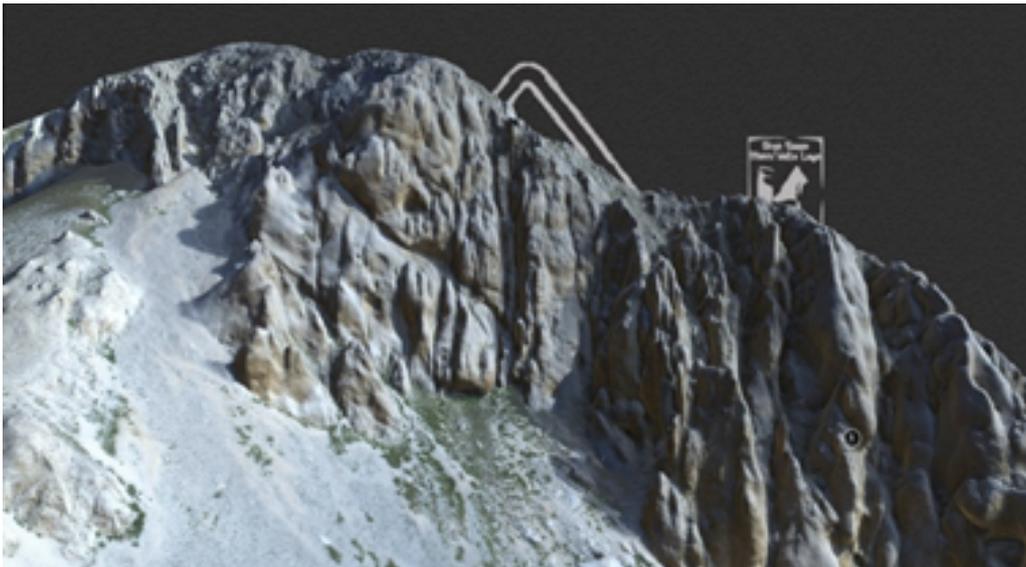


Figura 5 - HRM – High Resolution Model

Una ulteriore applicazione deriva dalla possibilità di monitorare lo stato di conservazione degli habitat della rete Natura 2000 presenti in queste aree sommitali. Il livello di dettaglio della cartografia istituzionale e l'estensione ridotta di questi ambienti, rende difficile cartografarli e di conseguenza difficile, se non impossibile, risulta essere il loro monitoraggio

### **Controllo del territorio e attività compatibili**

Per la valutazione dello stato delle praterie, interessate durante il periodo estivo da fenomeni (sporadici o continuativi) di disturbo quali presenze turistiche incontrollate, sono stati utilizzati sia droni con camere multispettrali, sia dati satellitari. I sistemi multispettrali misurano la riflessione/emissione di radiazione in diversi intervalli di lunghezza d'onda ( $\lambda$ ), sia in luce visibile che nell'infrarosso; ogni intervallo è chiamato banda. Maggiore è il numero di

bande, maggiore è la possibilità di riconoscere differenze nella riflettanza è quindi distinguere le aree diverse, fino a ricostruire la firma spettrale (radiazione riflessa) e riconoscere il tipo di superficie, quindi anche lo stato in cui i diversi suoli versano. In particolare, tale sistema è stato utilizzato in seguito ad un raduno motociclistico in località Fonte della Macina.

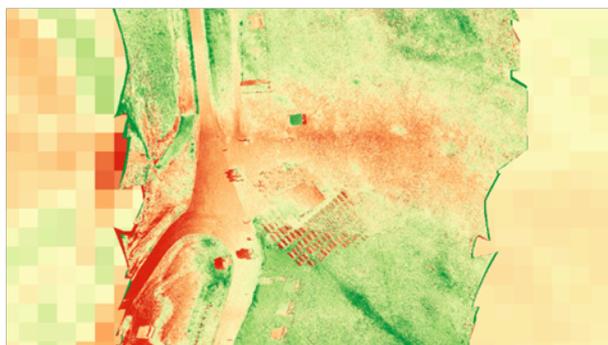
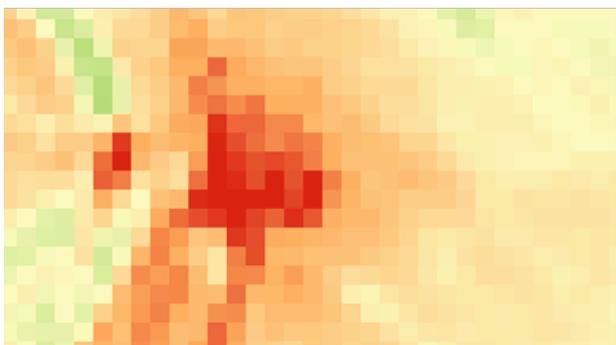


Figura 6 - (In alto) Manifestazione turistica. (In basso, sinistra) NDVI da Sentinel2. (In basso, destra) NDVI da drone

La zona al centro della Fig.6 mostra come il calpestio e la compattazione del terreno abbiano una risposta chiara in un sistema multispettrale, il quale indica un degrado notevole della porzione di prateria interessata dal fenomeno; naturalmente tale condizione non è determinata dal singolo evento ma da una condizione duratura nel tempo, determinata dalla mancanza di una gestione degli accessi a determinate aree. Il dato da drone (Fig.6, in basso a destra) ha una risoluzione nettamente più elevata rispetto al dato satellitare (Fig.6, in basso a sinistra) e ciò permette di avere una diagnostica molto più accurata rispetto al fenomeno analizzato; tuttavia entrambi i sistemi esprimono un'efficacia massima nelle loro scale di riferimento, dunque quello satellitare è idoneo per porzioni di territorio molto più ampie.

### **Studio di fattibilità: Intervento per l'incremento della resilienza nell'area percorsa da incendio in località Campo Imperatore nel Comune di Castel del Monte (AQ)**

Il fast monitoring è stato utilizzato per il Programma Nazionale di Incremento della resilienza dei sistemi forestali naturali e semi-naturali mediante il recupero e ripristino strutturale e funzionale degli ecosistemi e della funzionalità dei loro servizi tramite azioni coerenti con la tutela e la conservazione della biodiversità (flora, fauna, vegetazione e paesaggio

naturale e rurale) nelle Aree Protette percorse dal fuoco (D.M. n. 460-2017). Da sopralluoghi effettuati nella stagione in corso e attraverso l'analisi di dati tele-rilevati da drone (Fig.7) e da satellite, è stato possibile riscontrare un completo recupero della funzionalità ecosistemica per quanto riguarda gli habitat di prateria, in linea con le conoscenze scientifiche circa la resilienza di tali ecosistemi rispetto al fenomeno incendi. In particolare, attraverso un'analisi dell'indice NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) è stato possibile apprezzare una netta ripresa dell'attività fotosintetica in tali aree, mentre negli altri ecosistemi è ancora assente qualsiasi segnale di ripresa vegetativa. Attraverso l'utilizzo di tecniche di e-cognition è stato possibile automatizzare il processo di classificazione della LC (land cover) per determinare i valori delle superfici di habitat da ripristinare a seguito dell'incendio.

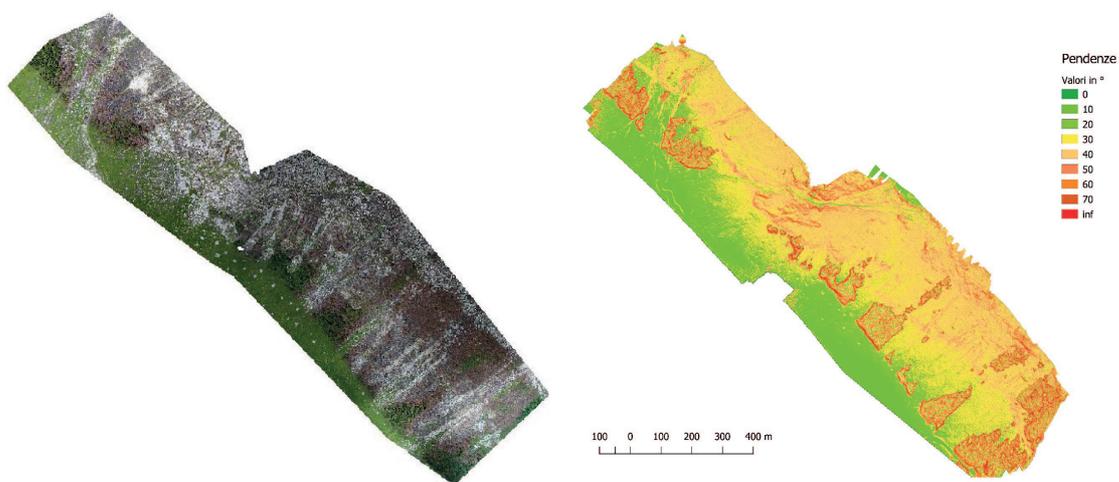


Figura 7 - Elaborazioni dei dati telerilevati attraverso Sistema aeromobile a pilotaggio remote

### Riferimenti bibliografici

- Zullo F., (2016), *I Sistemi Informativi Territoriali per la diagnosi ambientale e la pianificazione territoriale*. Edizioni Cogecstre, ISBN: 978-88-85312-65-4.
- Zullo F., Marucci A., Fiorini L., Ciabò S., Romano B. (2016), *New techniques for land surveying, monitoring and environmental diagnosis: a comparative analysis*, proceedings XIV International Forum of Studies "Le Vie dei Mercanti".
- Yastikli N., Bagci I., Beser C. (2013), "The Processing of Image Data Collected by Light UAV Systems for GIS Data Capture and Updating", *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XL-7/W2: 267-270.
- Gontier M., Mortberg U., Balfors B. (2010), "Comparing GIS-based habitat models for applications in EIA and SEA", *Environmental Impact Assessment Review*, 30(1): 8-18.
- Suzuki T., Miyoshi D., Meguro J. I., Amano Y., Hashizume T., Sato K., Takiguchi J.I. (2008), *Real-time hazard map generation using small unmanned aerial vehicle*, SICE Annual Conference, 443-446. ISBN:978-4-907764-29-6. DOI:10.1109/SICE.2008.4654695.
- Geneletti D. (2003), "Ecological Evaluation for Environmental Impact Assessment", *Environmental Impact Assessment Review*, 23(1): 137-138.