

con il patrocinio di



Comune di Bologna

GUARDIA COSTIERA



ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE,  
CHIMICA AMBIENTALE E DEI MATERIALI



ENEA

11° Workshop tematico di Telerilevamento

**OSSERVAZIONE DELLA TERRA**

Georisorse  
Risorse Produttive  
Geopolitica  
Calamità Naturali e Beni Culturali

Remote Sensing

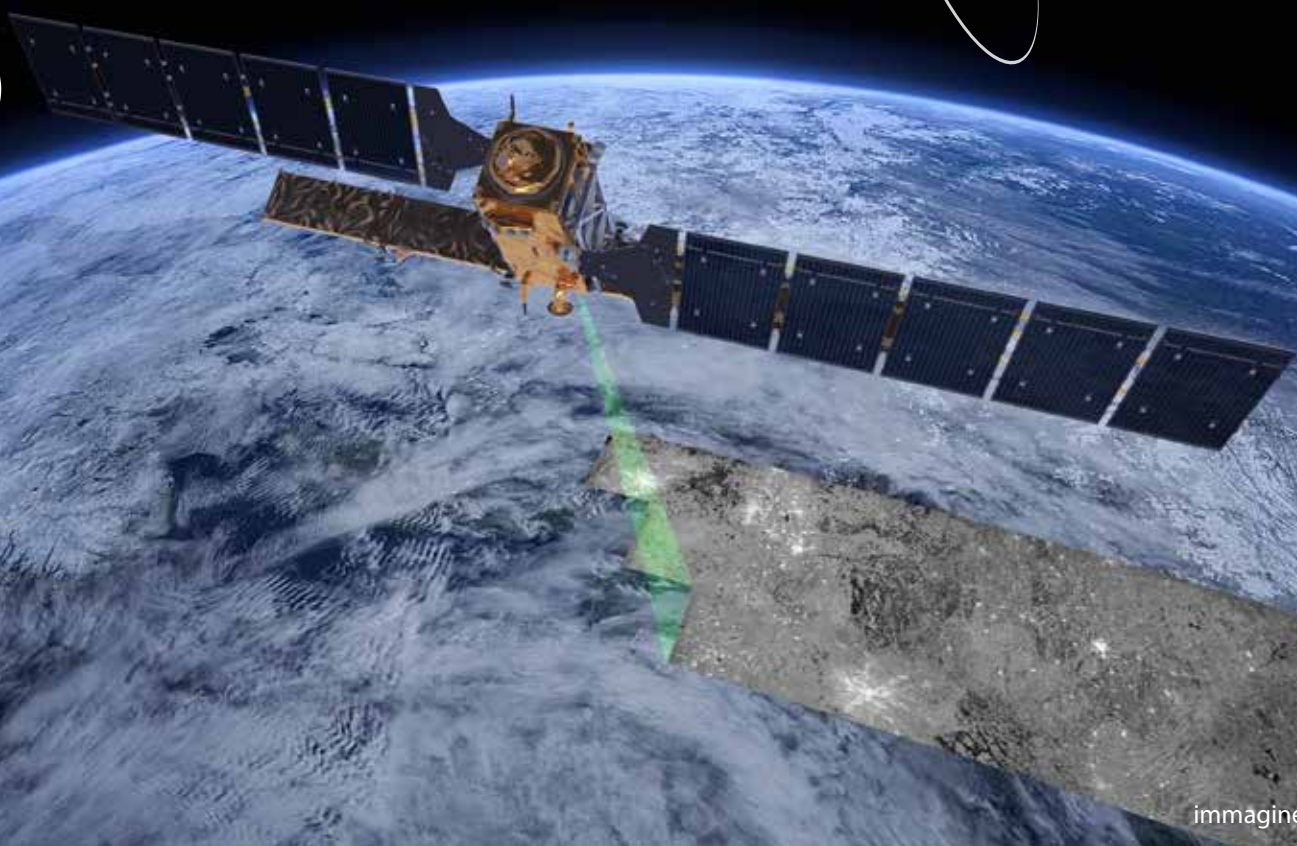


immagine ESA

**Sala Anziani - Palazzo d'Accursio  
P.zza Maggiore - BOLOGNA**

**27-28 giugno 2017**

A cura di Elena Candigliota e Francesco Immordino

ENEA

*Divisione Modelli e Tecnologie per la Riduzione degli Impatti Antropici e dei Rischi Naturali.  
Dipartimento Sostenibilità dei Sistemi Produttivi e Territoriali.*

SPONSORS

**e-geos**  
AN ASI / TELESPAZIO COMPANY

**Leica**  
Geosystems

**planetek**  
italia

**HARRIS**



Agenzia nazionale per le nuove tecnologie,  
l'energia e lo sviluppo economico sostenibile



Associazione  
Italiana di  
Telerilevamento

*11° Workshop Tematico*

## **Telerilevamento per l'osservazione della Terra**

*Georisorse, Risorse Produttive, Geopolitica, Calamità Naturali e Beni Culturali*

Palazzo d'Accursio - Sala Anziani

*Piazza Maggiore - Bologna*

**27-28 giugno 2017**

*A cura di Elena Candigliota e Francesco Immordino*

ENEA

*Divisione Modelli e Tecnologie per la Riduzione degli Impatti Antropici e dei Rischi Naturali.  
Dipartimento Sostenibilità dei Sistemi Produttivi e Territoriali.*

## Sommario

<b>Controlling the territory through knowledge and analysis</b>	5
L. Abate	
<b>Classificazione di immagini satellitari ad alta risoluzione per la gestione di emergenze umanitarie</b>	8
G. Bitelli, M. Eleias, F. Franci, E. Mandanici	
<b>Considerazioni su costi e mercato potenziali del telerilevamento da SAPR in Italia nel settore vitivinicolo</b>	9
E. Borgogno-Mondino	
<b>Distribuzione areale post-sisma delle macerie del centro storico di Amatrice attraverso processing di dati satellitari VHR multispettrali</b>	13
E. Candigliota, F. Immordino	
<b>Agricoltura conservativa e osservazione della terra per migliorare l'efficienza delle produzioni agricole</b>	16
N. Colonna, M. Iannetta	
<b>Rome: underground cavities and sinkholes. Comparison of soil data and InSar data</b>	17
G. Ciotoli, S. Nisio	
<b>Uso integrato di dati PSInSAR e dati in-situ per l'analisi di pericolosità indotte da fattori geologici e antropici nella città di Palermo</b>	20
V. Commerci, G. Sapio, Vittori E., Calvi F., C. Cipolloni, V. Giambruno, GV. Graziano, D. Gueli, L. Guerrieri, M. Leta, R. Sottile, P. Todaro	
<b>Il Forum Nazionale degli Utenti Copernicus: il coordinamento del requisito dell'utenza nazionale in relazione alle politiche spaziali nazionali ed europee</b>	23
B. De Bernardinis, N. Bonora	
<b>Metodologia per l'identificazione di superfici in cemento amianto da dati telerilevati</b>	24
F. Despini, S. Costanzini, S. Teggi	
<b>Fotogrammetria da UAV per una gestione smart dei centri storici minori.</b>	27
D. Dominici, M. Alicandro, E. Rosciano	
<b>Le immagini satellitari per il supporto alle decisioni nella Gestione Costiera Integrata</b>	30
A. Fiduccia, F. Gugliermetti, L. Gugliermetti	
<b>Risk awareness, knowledge, technological tools</b>	33
F.R. Luger, P. Farabollini	
<b>EO DATA SERVICE: Big data platform to enable data analysis for earth observation applications</b>	36
S. Mantovani, D. Barboni	
<b>ENVI Crop Science: un nuovo tool in supporto all'Agricoltura di Precisione</b>	38
A. Marchesi, P. Filippi	
<b>Il monitoraggio del consumo di suolo in Italia a cura del Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente</b>	39
I. Marinosc, L. Congedo, M. Di Leginio, M. Munafò, A. Raudner	
<b>FLOWERED-GeoDBapp: Crowd-Generating Data e immagini Sentinel a supporto di un sistema di gestione dell'acqua nella East African Rift Valley</b>	41
M. T. Melis, F. Dessì, P. Loddo, C. La Mantia, S. Da Pelo, A.M. Deflorio, G. Ghiglieri, B.T. Hailu, K. Kalegele, B. N. Mwasi	

<b>X-band COSMO-SkyMed and C-band Sentinel missions for hazard mapping: the 2016-2017 Central Italy seismic sequence</b>	43
A. Montuori, M. Polcari, C. Bignami, M. Moro, S. Stramondo, C. Tolomei	
<b>Land subsidence from geo-resources exploitation: evidences from InSAR and GPS observations</b>	46
A. Montuori, G. Pezzo, L. Anderlini, M. Palano, C. Chiarabba, S. Stramondo, I. Antoncicchi	
<b>Confronto tra due algoritmi di machine learning, Random Forest e Support Vector Machine, applicati al telerilevamento da drone</b>	49
M. Piragnolo, A. Vettore, F. Pirotti	
<b>Monitoraggio continuo del territorio e delle infrastrutture con dati satellitari SAR: il servizio Rheticus® Displacement</b>	52
S. Samarelli, V. Massimi, C. La Mantia, L. Agrimano, D.O. Nitti, R. Nutricato, M. T. Chiaradia	
<b>Offshore wind-temperature mapped from JAXA's Satellite AMSR2 sensing: a case of Study over the North Pacific Ocean</b>	55
E. Sorrivi, Y. Fujino, D. Siringorongo and E. Viola	
<b>Satellite monitoring applied to natural hazards and cultural heritage: the PROTHEGO project</b>	58
D. Spizzichino, C. Margottini, E. Brustia, F. Cigna, V. Commerci, B. Dessì, L. Guerrieri, C. Iadanza, G. Leoni, D. Tapete, A. Trigila and E. Vittori	
<b>Erogazioni rapide di servizi di geo-informazione</b>	61
F. Volpe, L. Rossi	

## Controlling the territory through knowledge and analysis

L. Abate

*Phd Student, University of Campania Studies "Luigi Vanvitelli", Department of Architecture and Industrial Design*

Corresponding author: [lucianabate.la@gmail.com](mailto:lucianabate.la@gmail.com)

Keywords: remote sensing, open-platforms, survey, territory, conservation

### Abstract

#### Introduction

History and Contemporaneity teach us that despite the advancement of contemporary technology to the time of belonging, man must always respect and bend to the laws of nature.

The concept of control meant to be subjugated can not be applied to the rules of nature, control must be used as a change observation action, realizing guidelines for the protection of man and its anthropic attributes, respecting the very nature of man.

In the last decade we have witnessed numerous natural disasters, man has appeared as a small being helpless targeted by the evil Mother Nature, forgetting that nature has always behaved so, always manifested its majestic power through earthquakes, floods, Eruptions, avalanches; etc. The variable that has changed over the centuries is the man who has ever invaded nature through his wrongful human actions.

Too often happens to protect the heritage and its actors only as a result of natural or man-made disasters. The sense of fear that is needed to recognize the dangers of the external environment is embodied in man. The need for security protection creates the need for control, analysis, and monitoring to manage critical and awarely the changes that the landscape lives every day.

These disastrous events have triggered a new relationship between man and nature, has created a process of rapprochement based on raising awareness on the issues of protection and safeguarding.

In support of these needs, the field goes down different sciences capable of carrying out analytical and management techniques of natural and man-made heritage, every traditional or innovative investigation element must dictate the principles for controlling the preservation and enhancement of heritage.

In contemporary reality, one can not think of a territory protection without taking into account the legacy of the past. Drawing and Representation can not ignore the mature and conscious use of all the analog and digital instruments, direct and indirect, aimed at knowing, measuring, capitalizing and protecting areas, territories, and artifacts up to the individual.

Knowledge-based planning and protection actions must be based on the retrieval of data and information from the investigated item. Remote sensing should not only be considered as the ultimate product of hyperspectral, thermal or photographic images at high resolution, but it must be incorporated into a much more complex organization, that of information assets, consisting of raster, layers, archive data, etc. These Elements return us to the essence of places, potentialities and criticalities, so that we realize a dynamic heritage of ever-evolving and advancing information. A very important role in this analysis technique is the open portals that provide a variety of real-time information software, facilitating the provision of ancillary data and their subsequent implementation.

#### 1. Methods

What is meant by open data and open source platforms?

The term "open" placed in the context of the "open-date", "open-content" and "open-source" explicit compatibility between the different pools and different content, allowing anyone to access, use, download, edit and share data and software freely.

The open resources represent today a very strong reality. These mark the path for you to quickly and easily the material needed to start an appropriate study to the increase of knowledge. Today everyone has the possibility to access a network of Internet, from Italy to connect to view an American website, to travel the world through networks using a simple click, conveniently using a computer, a PDA or a simple smartphone. Therefore it is crucial that these databases are legitimized and regulated by licenses, in order to guarantee its origin and validity there is veracity of the material that is made available to the public. The most important aspects of this process, the data acquisition are: availability and accessibility of data, reuse and redistribution,

universal participation (1).

Availability and access: the data must be available as a whole, preferably available as a download from the Internet. Data must be available in a useful and editable format.

Reuse and redistribution: the data must be provided on terms which allow reuse and redistribution. This includes the ability to implement them and cross them with other data.

Universal Participation: everyone must be able to use, reuse and redistribute the data. There should be no discrimination or scope of the initiative or against individuals or groups. (2)

The fundamental reason why it is important to place the term "open" within the retrieval process, it is because this adjective identifies the interoperability process.

The interoperability is the ability of two or more systems, networks, media, applications, or components, to exchange information between them and to be then able to use them.

In a globalized society that sees a growing diversity of systems and applications, interoperability makes it possible to develop markets and global systems, preventing the undesirable effects of fragmentation. In close synthesis interoperability is the key to a healthy development of globalization. It may be a technical and / or conceptual type. The technical is the best known: just think of the world of telecommunications, software, and to the continuous evolution of computing systems.

The domestic use of information technology puts us every day faced with the need for interoperability between the different systems we have. That conceptual refers instead to a rational manner with which complex systems, private and public, national and supranational, are able to cooperate synergistically: eg. great facilities and service agencies (government departments at all levels, banks, insurance, transport etc.).

(3)

With open data is critical interoperability because it allows different components to work together on the same data and the same time.

The dell 'interoperability feature allows any data to be treated as components, to modify them together, realizing a sophisticated purchasing system.

Approach to archival research it bibliometric or computer is not a simple action, you incur easily in error.

The most common mistake is in the choice of the database, it is very important to have a culture of how and where to look for data, the choice of keywords that can bring results and know which store to find that information given.

In recent years the disclosure of ancillary data has become a real form of technological development, so that CERN "European Organisation for Nuclear Research," has opened an online archive session dedicated to open-date.

The Governing Bodies make available to all on-line data base managed by institutions, regions and institutions, such as the National Geoportal "Geoportale Nazionale", Regional Geoportal ArcGis, Revenue Agency "Agenzia delle Entrate", Military Geographical Institute " Istituto Geografico Militare ", DIVA-GIS, Sinanet- IPRA, CERN, Copernicus.

Where to find in an easy and immediate way the ancillary data required for survey and knowledge. Some of the data that we can find are: CTR, ORTHOPHOTO, Maps, Satellite Image DEM, PRG consists Layer SCI (Sites of Community Interest), Layer SPAs (Special Protection Areas), Layer Networks and Infrastructure, Parks Layer, Layer PIFF (Product Frane, point landslides identification) Layer Land use, Corine Land Cover, Maps Seismic classification, Maps Eco-Pedological, Maps Phytoclimatic, etc. All this information entered into a Gis project is the site's heritage.

## **2. Results**

The data from where the analysis is the orthophoto image obtained from an aircraft or satellite acquisition process, we can obtain from the database the Military Geographic Institute. The orthophoto gives us the vision of the area as if it were a continuous plot, a uniform fabric, different thematic layer we are going to give the opportunity to learn to identify the different strands of the plot, thus allowing a fair reading of the territory, so manage properly and appropriate Regulatory Mechanisms for the Preservation of a territory or architecture.

## **3. Conclusions**

The contribution presented here was intended to represent an analytical mode of natural disasters. Having a clear use of these tools, recognizing the action and the information that they contain, organize this information so that you can braid all the data. Realizing a database that has the purpose of safeguarding and protecting it is not easy. It is therefore important to implement the planning guidelines that can be applied on different scales, from large to small scale, from territory to cultural heritage. In conclusion, it emphasizes the fundamental role that the earth's sciences and representation have at this time in history, where man

approaches nature with greater awareness, all the tools listed above give the opportunity to learn about the object being studied And to respect and design security for its future design.

### **References**

1. Referring Web Pages Web: <http://opendefinition.org>
2. Referring Web Pages Web: <http://opendatahandbook.org/guide/it/what-is-open-data>
3. Referring Web Pages Web: <http://www.treccani.it/enciclopedia/interoperabilita/Enciclopedia-della-Scienza-e-della-Tecnica>

G. Bitelli, M. Eleias, F. Franci, E. Mandanici

### Abstract

L'utilizzo di dati telerilevati e, in particolare, di immagini satellitari per la gestione di eventi calamitosi di origine naturale, quali terremoti, alluvioni, tsunami, ecc., è ormai pratica frequente, anche da parte di molte agenzie internazionali. Al contrario, risulta ancora limitato l'impiego di questi dati per la gestione di emergenze umanitarie a seguito di eventi di carattere antropogenico, quali guerre, eventi terroristici, altri fenomeni di massa.

Il presente lavoro si propone di valutare le potenzialità del telerilevamento come strumento di monitoraggio nella gestione dei campi di rifugiati che vengono allestiti a seguito di crisi umanitarie. Il caso di studio specifico è il campo di Za'atari, situato in Giordania, creato nel 2012 dall'UNHCR (*United Nations High Commissioner for Refugees*) a seguito del fallimento dei primi colloqui di pace per la guerra civile in Siria. Dal dicembre 2012 ad aprile 2013, la popolazione residente a Za'atari ha subito un repentino aumento, passando da 45000 individui ad oltre 200000, trasformando il campo in una vera e propria città e sollevando evidenti problemi di gestione sia per la stessa struttura che per l'impatto sul territorio in cui si è insediata.

Il presente lavoro, che nasce da una collaborazione tra il DICAM dell'Università di Bologna e ITHACA (*Information Technology for Humanitarian Assistance, Cooperation and Action*), mira a mettere a punto una procedura di monitoraggio semi-automatica del campo basata su immagini ottiche satellitari ad altissima risoluzione. In particolare tre immagini, acquisite nel sopracitato periodo di espansione, sono state rielaborate in questo lavoro adottando tecniche di classificazione supervisionata object-oriented. Le tipologie di copertura proprie dell'area di studio sono state individuate in base alle direttive dell'UNHCR riguardanti l'allestimento di campi di rifugiati.

Le analisi di change detection sulle classificazioni ottenute hanno permesso di quantificare l'aumento della superficie occupata dai moduli abitativi nel corso dei due anni considerati. Sulla base delle direttive UNHCR riguardanti la capienza di ciascuna tipologia abitativa è inoltre possibile tentare una stima, per quanto approssimativa, del numero di rifugiati residenti nel campo.

I risultati ottenuti, comparati con stime fornite dalle Nazioni Unite sulla base di rilevamenti tradizionali sul campo, mostrano come i dati telerilevati, opportunamente elaborati, possano costituire uno strumento conoscitivo essenziale, versatile ed oggettivo, a supporto della gestione delle emergenze umanitarie.



## Considerazioni su costi e mercato potenziali del telerilevamento da SAPR in Italia nel settore vitivinicolo

E. Borgogno-Mondino

DISAFA, Università di Torino, L. go Paolo Braccini 2, 10095, Grugliasco (TO)

Corresponding author: enrico.borgogno@unito.it

I sistemi SAPR (Sistemi Aeromobili a Pilotaggio Remoto) si stanno configurando sempre più come un nuovo strumento di lavoro per molte professioni. Le caratteristiche che ne guidano la diffusione sono la relativa economicità e la sostanziale indipendenza dell'operatore da parti terze. All'accoppiata favorevole "SAPR + sensori ultraleggeri a basso costo" il merito di aver sdoganato e proposto al grande pubblico discipline tecniche come la fotogrammetria e il telerilevamento, introducendole in professioni ed ambiti produttivi più tradizionali. Tuttavia, benché ne sia stata ormai dimostrata l'utilità per applicazioni metriche, meno dimostrabile, allo stato attuale, è la loro efficacia nell'ambito del telerilevamento, dove l'alto grado di automazione, che pure gli algoritmi di trattamento delle immagini hanno raggiunto, non riesce a garantire una analoga semplicità di utilizzo e di lettura dell'informazione. In particolare nel settore agronomico, dove questi sistemi sono immaginati per la conduzione "mirata" delle pratiche colturali (agricoltura di precisione), il trasferimento tecnologico deve essere guidato in modo rigoroso, evitando le improvvisazioni che potrebbero portare, prima che il settore parta, ad un suo affossamento. E' infatti vero che le tecniche di telerilevamento devono ancora dimostrare agli operatori di settore di poter generare informazioni in grado di indirizzare le loro pratiche agronomiche meglio di quanto possibile con approcci più tradizionali. Soprattutto, devono ancora dimostrare che i costi sono compatibili con quelli di conduzione ordinari, o che comunque la valenza economica (o ambientale) dei benefici prodotti copra almeno i costi sostenuti.

**Limiti di utilizzo e produttività dei sistemi:** le limitazioni temporali all'utilizzo dei SAPR sono riconducibili a tre fattori causali: a) le condizioni di illuminazione; b) le condizioni atmosferiche favorevoli (pioggia assente, vento moderato e comunque sensibilmente inferiore alla velocità di crociera); c) il numero di ore "standard" volabili da un SAPR. Le condizioni di illuminazione favorevoli al volo prevedono, soprattutto in vigneto, dove le spalliere costituiscono ostacolo all'illuminazione, che le ombre siano le più limitate possibile. Questo impone di volare con il sole in condizioni prossime alla nadiralità e, cioè, nelle ore centrali del giorno. Si può assumere che 5 ore/giorno (dalle 10.30 alle 15.30) siano quelle effettivamente "volabili". L'importanza della limitazione degli effetti d'ombra sulle scene acquisite è condizione necessaria per un rilevamento spettrale affidabile, tale per cui, cioè, il segnale registrato dai sensori a bordo dei SAPR sia sufficientemente "pulito" e idoneo alla sua interpretazione ai fini della mappatura delle proprietà fenolo-fisiologiche del vigneto. Le condizioni atmosferiche, invece, pregiudicano la possibilità stessa del volo: normalmente non si vola con pioggia, sia perché molti dei SAPR sul mercato potrebbero danneggiarsi, sia perché le condizioni di illuminazione risultano sfavorevoli; non si vola con vento forte (velocità prossime o superiori a quelle normalmente di crociera del velivolo) poiché il controllo del velivolo risulta pregiudicato da condizioni di volo precarie. Una analisi preliminare condotta con dati di pioggia medi (fonte <http://www.climatedata.eu/>) ha consentito di stimare, all'interno della stagione fenologica della vite (cautelativamente individuata tra aprile e ottobre compresi) valori di riferimento di numero di giorni effettivamente "volabili" per assenza di pioggia: 121 nel Nord Italia, 137 nel Centro e 149 nel Sud. Nella stima non sono tenuti in conto i giorni che, pur in assenza di precipitazioni, non sono idonei al volo per la presenza di vento. Pertanto i valori proposti costituiscono una ottimistica valutazione. Accoppiando le ore "volabili" giornalmente con i giorni di potenziale assenza di pioggia, è possibile stimare il monte ore annuale idoneo all'acquisizione da SAPR per le finalità sopra descritte: 605 ore/anno per aree nel Nord Italia, 685 per il Centro e 745 per il Sud (weekend inclusi). Poiché inoltre, a tutti gli effetti, i SAPR rientrano in una normativa ENAC, la loro gestione si avvicina (o "dovrebbe" avvicinarsi) a quella routinaria dei velivoli con pilota. Le ore volabili ogni anno "in sicurezza" sono uno dei parametri normalmente considerati, soprattutto in relazione alle procedure di contenimento dei rischi associati al volo. Un valore di riferimento accettabile per i SAPR, risulta essere 200 ore/anno. Pertanto, qualora anche le ore "volabili" alla luce degli altri due fattori fossero superiori, tale soglia sarebbe auspicabile non venisse superata da ogni velivolo a disposizione. Se questo è necessario, l'"Operatore APR" (termine con cui la ENAC individua l'azienda di volo) dovrebbe dotarsi di più velivoli con conseguente amplificazione dei costi. Il ragionamento appena condotto consente di valutare il numero minimo di velivoli di cui un Operatore dovrebbe dotarsi per essere operativo in tutti i giorni di volo disponibili all'interno della stagione fenologica, cioè 4.

**Formazione del costo:** un dato dal quale le valutazioni economiche che riguardano la convenienza potenziale dell'attività di telerilevamento da drone non può prescindere è la produttività (in termini di ha/ora) che i SAPR, attualmente in commercio, riescono ad esprimere. Una stima di tale valore è stata ottenuta attraverso un modello di simulazione che mette a confronto SAPR ad ala fissa e ad ala rotante facendo variare le quote relative di volo (25, 50, 75, 100 m) ed utilizzando valori tecnici medi di velocità di crociera (15 km/h per i SAPR ala rotante e 50 km/h per quelli ad ala fissa), di durata delle batterie (30 minuti per ala rotante e 55 minuti per ala fissa) e di costo unitario dei componenti usurabili (sistema SAPR, sensore, rotor, batterie). La simulazione prevede un piano di volo con ricoprimento longitudinale dell'80% e laterale del 30%, un sensore di 2048 x 1536 pixel (3.2 micron) e di focale 8.5 mm. La geometria dell'area acquisita è supposta, semplificativamente, di tipo rettangolare con un rapporto tra lato lungo e lato corto di 1.5. Mantenendo tale rapporto costante la sua dimensione è fatta variare tra 1 e 100 ha. Vige l'ipotesi di contiguità dell'area da acquisire. Le simulazioni tengono conto dei tempi di rientro e ricollocazione del SAPR alla posizione dalla quale ha dovuto staccarsi per tornare alla zona di landing per il cambio batterie (il requisito di sicurezza richiede che la carica residua della batteria sia almeno il 35% della sua capacità) e dei tempi di fermo necessari alla sostituzione (10 minuti). La simulazione condotta ha permesso di modellizzare la relazione tra i tempi di sorvolo e la dimensione dell'area acquisita, da cui risulta che le produttività potenziali, nell'ipotesi di acquisizione di un continuo territoriale, risultano di circa 25 ha/ora per SAPR ad ala rotante e di 100 ha/ora per quelli ad ala fissa (per quota di volo di 50 m, sempre auspicabili per problemi legati alla qualità del segnale registrato). Tali stime devono tuttavia essere riviste poiché è impensabile, al momento, che le 5 ore giornaliere a disposizione siano volate continuativa-mente, vista la frammentarietà del contesto italiano in cui la dimensione media delle aziende vinicole risulta inferiore ai 3 ha per azienda (Censimento dell'Agricoltura 2010). E' infatti ragionevole pensare che la stazione di controllo debba muoversi almeno in una seconda posizione per proseguire il rilevamento,

Tipo di SAPR	Produttività teorica (ha/anno)				Produttività effettiva (ha/anno)			
	Nord	Centro	Sud	Nazionale	Nord	Centro	Sud	Nazionale
Ala rotante	15157	17085	18620	<b>50862</b>	3031	3417	3724	<b>10172</b>
Ala fissa	60629	68339	74480	<b>203448</b>				

Tabella 1. Superfici teoriche ed "effettive" sorvolabili annualmente in Italia (aprile-ottobre). Sono utilizzati i seguenti valori di produttività giornaliera : ala fissa teorica = 500 ha/giorno, ala rotante teorica = 125 ha/giorno, produttività effettiva = 25 ha/giorno. Si tratta degli ha che un Operatore potrebbe coprire annualmente volando tutti i giorni disponibili con un solo SAPR per volta. La somma Nazionale presuppone la contemporaneità di volo nelle tre aree.

nazionale italiano, si possono facilmente quantificare (Tabella 1) gli ettari che annualmente possono essere acquisiti. Considerando la superficie vitata dell'Italia, circa 750000 ha (dati ISTAT 2011, dati.istat.it), se si intendesse coprirla per intero, il mercato potrebbe assorbire circa 5, 15 e 75 aziende rispettivamente nei casi di produttività teorica per SAPR ala fissa, ala rotante e nel caso di operatività "effettiva". Considerato poi che l'osservazione dovrebbe auspicabilmente essere ripetuta più volte nel corso della stagione fenologica della vite (auspicabilmente una volta al mese per 7 mesi), il mercato potenziale potrebbe essere presidiato da un numero di aziende almeno 7 volte più numeroso delle stime sopra riportate, in condizioni di assenza di concorrenza.

Per quanto riguarda i costi, le simulazioni devono necessariamente avvalersi di semplificazioni. In particolare, le stime proposte non tengono in conto: a) i costi di raggiungimento dell'area di sorvolo da parte dell'equipe; b) i costi di mantenimento in loco del personale. L'ottimismo potenziale delle stime è inoltre legato al fatto che l'ipotesi base è che tutte le 200 ore di volo previste come standard annuale siano effettivamente volate. Al netto di queste considerazioni il modello economico prevede i seguenti valori di riferimento (giugno 2016): acquisto aeromobile = 10000 €; acquisto di un sensore multispettrale dal costo di 5200 €; ammortamento SAPR operato in 4 anni assumendo che alla fine sia ancora ottenibile un profitto pari al 10% del costo iniziale per la cessione di parti non usurate a terzi; accantonamento di spesa (safety) per imprevisti pari al 10% della rata di ammortamento annua; costo di assicurazione per velivolo pari a 500 €/anno (i premi possono arrivare anche ai 1000 €/anno); una sostituzione all'anno dei rotor stimata in 150 € per ogni velivolo; 4 velivoli a disposizione dell'Operatore da ammortizzare. I costi del personale fanno riferimento a due modelli aziendali: a) modello 1 (MA1): Operatore costituito da un pilota (retribuzione netta di 1800 €/mese per 13 mensilità e 220 giorni lavorativi) e da una seconda persona per l'assistenza da terra in fase di volo (retribuzione

a b b a t t e n d o ,  
conseguentemente la produttività. Situazioni "reali" riportate da interviste condotte con alcuni operatori, raccontano di valori di produttività decisamente più bassi (25 ha/giorno). Se si confrontano questi valori con le ore annualmente "volabili" precedentemente calcolate per il contesto

netta di 1450 €/anno per 13 mensilità e 220 giorni lavorativi). Il costo aziendale del personale dipendente interno viene semplificativamente conteggiato come 1.5 volte la retribuzione netta. Si ipotizza che uno dei due possa essere anche manutentore. Le operazioni di processamento dei dati acquisiti per l'estrazione delle informazioni feno-/fisiologiche della vite sono affidate ad un professionista esterno pagato 90 €/h che procede alle necessarie elaborazioni in 8 ore indipendentemente dal numero di immagini da trattare. Tale costo non concorre pertanto a formare il costo orario fisso, benché pesi sul costo unitario (euro/ha); b) modello 2 (MA2): Operatore costituito da un pilota e da una seconda persona per l'assistenza da terra in fase di volo. Si ipotizza che entrambi possano procedere in autonomia alla manutenzione periodica dell'APR che all'elaborazione dei dati acquisiti. Per entrambe le professionalità (supposte di profilo tecnico medio/alto si ammette retribuzione netta di 1800 €/mese per 13 mensilità e 220 giorni lavorativi). Il modello per la stima del costo unitario proposto (figura 1) accetta l'ipotesi che l'Operatore possieda 4 velivoli, numero che gli consente di operare per tutti i giorni disponibili nella stagione fenologica della vite.

Voci di costo	N.	(€/h)	MA1	MA2
Pilota + manutentore	1		19.94	19.94
Sicurezza a terra	1		16.07	19.94
Processamento dati		90.00 €/h x 8 ore		19.94 €/h x 8 ore
Ammortamento SAPR	4		45.00	45.00
Assicurazione SAPR	4		10.00	10.00
Accantonamento di sicurezza (10 % rata di ammortamento annua)	4		4.50	4.50
Ricambio batterie (3 pacchi/SAPR/anno)	12		24.00	24.00
Sostituzione rotori	4		2.34	2.34
Ammortamento sensore	1		3.91	3.91
<b>TOTALE ORARIO</b>			<b>125.76</b>	<b>129.63</b>

Tabella 2. Costi orari nell'ipotesi che l'Operatore disponga di 4 velivoli ed un solo sensore. "N." è il numero di componenti che definiscono il costo riportato a fianco. Il processamento dati è escluso, ma considerato forfettario e, dunque, aggiunto separatamente.

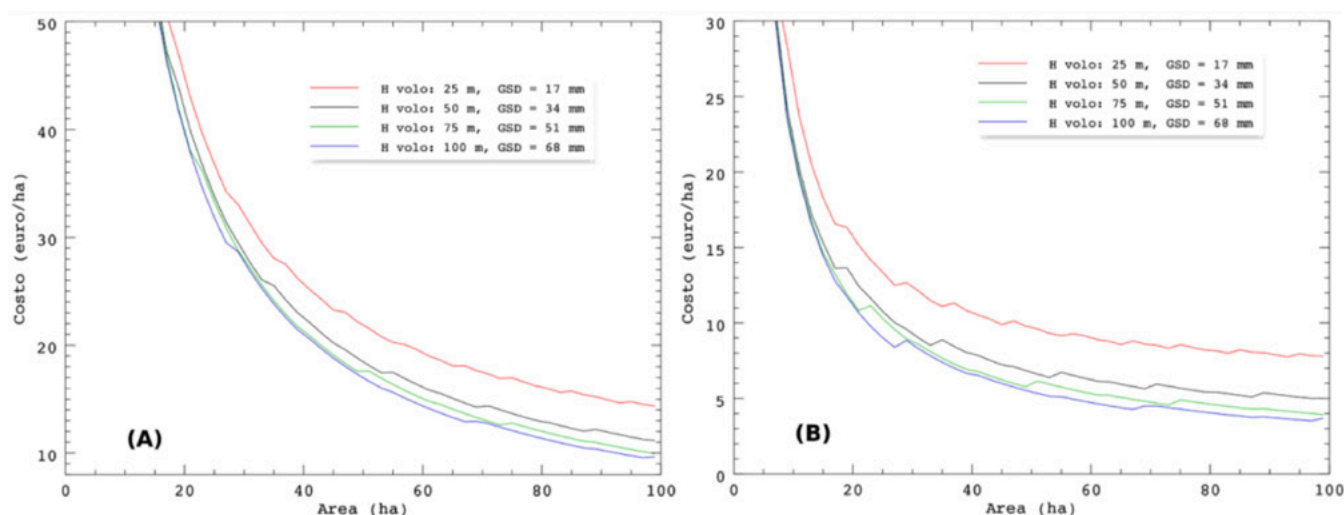


Figura 1. Costi unitari (€/ha) per SAPR ad ala rotante con MA1(A) e MA2 (B). Sono considerate quote diverse, a cui corrisponde una diversa dimensione del pixel a terra (GSD, Ground Sample Distance).

Il modello per la stima del costo unitario proposto (figura 1) accetta l'ipotesi che l'Operatore possieda 4 velivoli, numero che gli consente di operare per tutti i giorni disponibili nella stagione fenologica della vite. A titolo puramente indicativo, assumendo come costo unitario di riferimento medio i 5 €/ha (ottimisticamente raggiungibile solo con MA2 e per estensioni indicativamente superiori a 50 ha), è possibile definire l'ordine di grandezza dei costi annuali (potenziali) che ogni Operatore, con 4 velivoli, dovrebbe sostenere per poter volare in tutti i giorni disponibili. In qualche modo, questo valore, può essere assunto come indicatore del mercato potenziale che si aprirebbe (se si assume proporzionalità tra costi e ricavi). I costi complessivi

Scenario	Nord Italia (€)	Centro Italia (€)	Sud Italia (€)
<b>SAPR ala fissa (teorica)</b>	303145	341695	372400
<b>SAPR ala rotante (teorica)</b>	75785	85425	93100
<b>SAPR (Reale)</b>	15155	17085	18620

Tabella 3 – Costi, potenziali e reali, nell'ipotesi che il costo unitario medio di acquisizione sia 5 €/ha (MA2) e tutti i giorni volabili dell'anno siano sfruttati dall'Operatore. Costi al netto delle spese di trasferta della squadra di lavoro.

(tabella 3) possono essere dedotti accoppiando le estensioni volabili in un anno con il costo unitario di acquisizione nelle 3 ipotesi di SAPR ad ala fissa (produttività potenziale = 500 ha/giorno), ala rotante (produttività potenziale = 125 ha/giorno) e a produttività "reale" (25 ha/giorno). Le cifre

proposte includono il costo delle persone stipendiate all'interno di MA2. E' evidente che i costi totali annuali, in qualche modo proporzionali a quelli che saranno i ricavi, stimati per l'attuale scenario medio operativo, risultano inadeguati: non risulterebbero coperti nemmeno gli stipendi annuali dei due operatori (che complessivamente pesano per almeno 70000 €). Questo evidentemente impone oggi la vendita del sorvolo ad un costo unitario almeno 5 volte superiore a quello stimato ottenibile agevolmente come rapporto tra le produttività potenziali più ridotte (ala rotante = 125 ha/giorno) e quella reale (25 ha/giorno). La cifra che ne risulta è di circa 20 €/ha, valore, questo, che determina una sicura perdita di attrattività di questa tecnologia da parte delle aziende viti-vinicole. Le alternative che si danno, per riavvicinare i costi attualmente "sostenibili" a quelli potenziali sono: a) che l'Operatore estenda il proprio mercato a comparti produttivi complementari a quello viti-vinicolo in cui i suoi servizi possano essere richiesti anche fuori dalla stagione fenologica della vite (periodo invernale); b) si preveda una replicazione interna dei modelli aziendali proposti raddoppiando personale e mezzi con conseguente aumento anche del rischio di impresa. In tal senso alcune simulazioni potrebbero essere fatte avvalendosi dello stesso modello adottato per questo lavoro per verificare l'eventuale efficacia di questa strategia.

**Conclusioni:** il mercato potenziale per nuovi operatori SAPR sembra, dunque, essere promettente già solo considerando il comparto viticolo. Se si allargasse ai principali segmenti agronomici le cose potrebbero diventare decisamente più interessanti. La sperimentazione evidenzia che solo un modello aziendale che internalizzi le professionalità legate a) al processamento geometrico e radiometrico/spettrale del dato ("esperto di telerilevamento") e b) alla manutenzione tecnica dei SAPR, può abbattere i costi unitari (di più di un ordine di grandezza) e portarli a valori ammissibili per il comparto. Due persone stipendiate in grado di soddisfare le competenze di pilotaggio, sicurezza a terra, manutenzione SAPR ed elaborazione dei dati sembrano costituire la squadra economicamente più compatibile. Ovviamente ragionamenti ulteriori potrebbero essere fatti assumendo una replicazione di tale configurazione nell'ipotesi che l'Operatore si ingrandisca. La ricerca ha inoltre evidenziato che: a) la quota di volo non determina significative differenze economiche sopra i 50 m; b) una azienda che basi il proprio profitto su questa tecnologia deve poter operare tutti i giorni potenzialmente disponibili e dunque dotarsi di almeno 4 SAPR; c) la produttività "effettiva" attualmente raggiunta (25 ha/giorno /anno/Operatore) non garantisce la sopravvivenza dell'azienda ai costi stimati; d) la dimensione minima da acquisire nel corso del singolo volo deve indicativamente essere superiore ai 50 ha. I valori di costo stimati riguardano inoltre uno scenario futuro in cui gli Operatori riescano a lavorare in tutti i gironi disponibili (anche con clienti diversi) e dunque in cui, questa pratica, sia diventata sistemica. Qualora le esperienze che si stanno conducendo sul campo portino alla dimostrazione che operare una viticoltura di precisione supportata dal telerilevamento da SAPR, a fronte di costi analoghi a quelli riportati, (ottimistici, date le semplificazioni adottate), generi benefici economici, diretti o indiretti, rispetto alla conduzione ordinaria, si porrà il problema di formare adeguatamente le professionalità richieste. In particolare ne beneficerebbero scuole tecniche superiori e soggetti accademici per la formazione dei piloti e dei manutentori di SAPR, di esperti di telerilevamento e di "agronomi 2.0" in grado di interpretare le informazioni geospaziali derivate con queste tecniche completandole e supportandole con l'irrinunciabile lavoro di campo. Si sottolinea ancora una volta che il costo unitario stimato non è il prezzo di vendita del volo che l'Operatore praticherà all'agricoltore, ma una base di costo da cui partire e sulla quale caricare i necessari costi di trasferimento e permanenza eventuale sul luogo della missione da parte della squadra di lavoro, oltre ad eventuali ricarichi di profitto. Questo valore, considerando la dimensione media dell'azienda viticola italiana, variabile tra gli 0.3 ha della Valle d'Aosta e i 3 ha del Friuli-Venezia Giulia (Censimento dell'Agricoltura 2010), impone necessariamente, dal lato "viticoltore", ragionamenti alla scala consortile. Resta ancora aperto, viste le relativamente poche esperienze nazionali e l'assenza di una storicità delle pratiche statisticamente significativa, il problema relativo alla quantificazione dei benefici economici (diretti e indiretti) effettivamente apportati al settore dall'introduzione di questa pratica. L'aspettativa è che, se di benefici si tratterà, questi riguarderanno la razionalizzazione dei processi di distribuzione dei trattamenti, la programmazione mirata delle vendemmie e la conduzione differenziale del vigneto per avvicinarlo ad una situazione in cui, in ogni sua parte, esso produca con analoga qualità e/o quantità.

## Bibliografia

1. Borgogno-Mondino, E., Gajetti, M. (2016). Scenari economici per l'utilizzo degli RPAS in agricoltura: conviene davvero?. Atti del VIII Convegno Nazionale AIT, 22-24/6/2016, Palermo.7
2. Borgogno-Mondino, E. (in Press). Preliminary Considerations about Costs and Potential Market of Remote Sensing from UAV in the Italian Viticulture Context. European Journal of Remote Sensing.
3. ISTAT (2010). Aziende, superficie vitata e dimensione media. Censimento dell'Agricoltura 2010.

## Distribuzione areale post-sisma delle macerie del centro storico di Amatrice attraverso processing di dati satellitari VHR multispettrali

E. Candigliota, F. Immordino

ENEA - Divisione Modelli e Tecnologie per la Riduzione degli Impatti Antropici e dei Rischi Naturali.

Dipartimento Sostenibilità dei Sistemi Produttivi e Territoriali - Bologna

Corresponding author: francesco.immordino@enea.it

Keywords: remote sensing, centro storico, terremoto

### Abstract

Il 24 agosto alle ore 03:36 (italiane) un terremoto di M 6.0 ha colpito una vasta porzione dell'Appennino centrale tra i comuni di Norcia e Amatrice; l'epicentro è stato localizzato in prossimità del comune di Accumoli (Fig. 1) e l'area epicentrale si estende al confine tra le regioni Marche, Lazio, Umbria e Abruzzo.

È stato eseguito uno studio sperimentale attraverso immagini telerilevate multispettrali Pléiades e WorldView-3 ad elevata risoluzione geometrica per la caratterizzazione areale del materiale presente nelle macerie provenienti dai crolli degli edifici del centro storico di Amatrice in seguito all'evento sismico dell'agosto 2016.

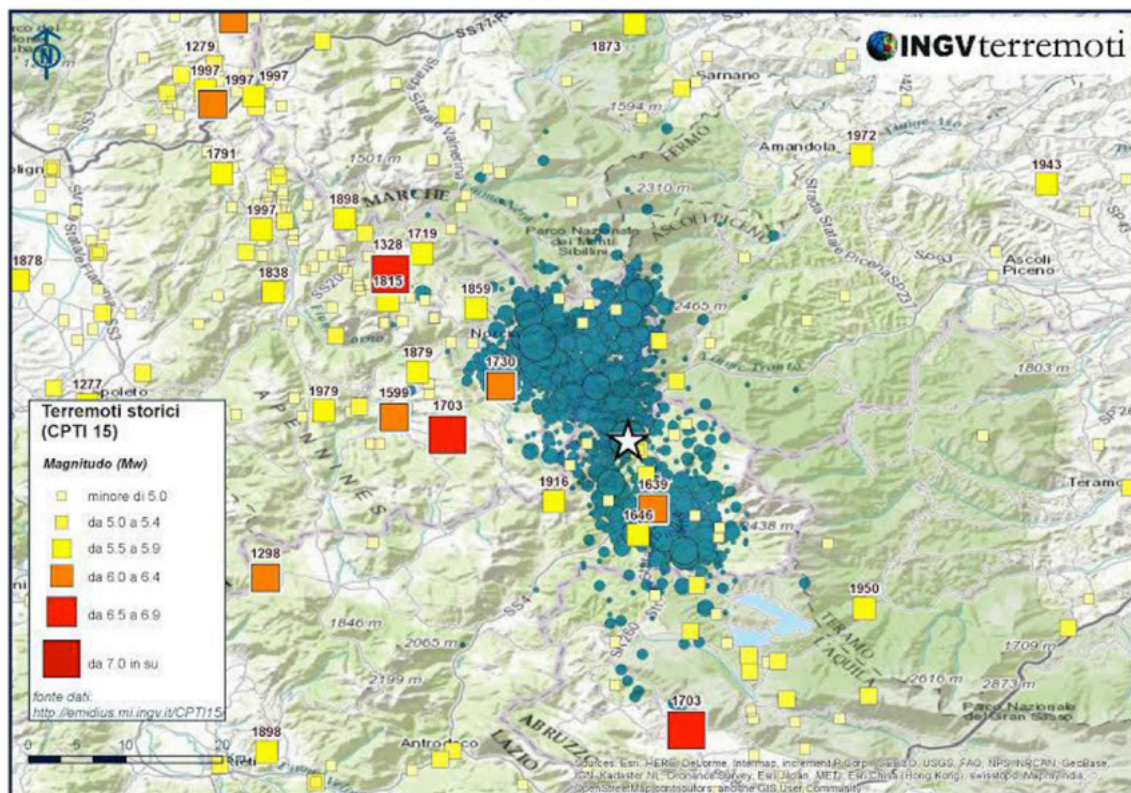


Figura 1. Sismicità storica e primi aftershocks nell'area interessata dall'evento del 24 Agosto 2016

fonte: INGV

### Fasi dello studio sperimentale

**Acquisizione:** i dati post-sisma sono stati acquisiti dal sito COPERNICUS EMS (Emergency Management Service) e sono relativi a dataset satellitari VHR ottici WorldView-3 (WV-3) già processati come prodotto pansharp (fusione del dato pancromatico con i dati multispettrali in 3 bande: Blue, Green, Red) associati a dati WorldView-3 (8 bande) e dati Pléiades del 25.08.2016.

Resolution	Panchromatic: 0.31 meters Multispectral: 1.24 meters
Spectral Range	Panchromatic: 450 - 800 nm Coastal: 400 - 450 nm      Red: 630 - 690 nm Blue: 450 - 510 nm      Red Edge: 705 - 745 nm Green: 510 - 580 nm      Near-IR1: 770 - 895 nm Yellow: 585 - 625 nm      Near-IR2: 860 - 1040 nm

Tabella 1 - WorldView-3:  
risoluzione geometrica e range spettrale

WorldView-3 è il primo satellite commerciale ad alta risoluzione a 8 bande multispettrali (Tabella 1); opera ad una altitudine di 770 km e fornisce una risoluzione pancromatica di 0,30 m e 1,24 m nel multispettrale con un tempo medio di rivisitazione di 1,1.

I dati Pléiades sono stati concessi da AIRBUS Defence & Space; la costellazione Pléiades (Tabella 2), progettata per ottenere dati in tempi rapidi, ha capacità di acquisire immagini in qualsiasi parte del mondo in meno di 24 ore, in risposta ad una crisi o un calamità naturale e con un monitoraggio regolare, giornaliero se necessario. In tabella 2 sono riportate le caratteristiche geometriche e spettrali.

risoluzione geometrica	
Pan	50 cm
Ms	2 m
Pan	470 - 830 nm
Blue	430 - 550 nm
Green	500 - 620 nm
Red	590 - 710 nm
Near-infrared	740 - 940 nm

Tabella 2 - Pléiades:  
risoluzione geometrica e spettrale

**Pre-Processing:** i dati raccolti dai sensori per telerilevamento necessitano, prima dell'utilizzo nelle applicazioni, di una serie di correzioni per eliminare o limitare i disturbi e le distorsioni introdotte durante l'acquisizione e la trasmissione; attraverso le correzioni si passa da un segnale registrato al sensore ad una caratteristica della superficie reale.

Le correzioni radiometriche permettono di calibrare i sensori, eliminare gli errori dovuti al loro cattivo funzionamento e ridurre l'influenza dello strato di atmosfera interposto tra sensore e terra; sono divise in: calibrazione radiometrica e correzione atmosferica. Per eseguire questo tipo di correzioni, in funzione che si disponga o meno di dati sulle caratteristiche dell'atmosfera al tempo di acquisizione dell'immagine, si seguono diverse procedure e metodologie accurate che ricorrono a modelli estesi all'intera colonna atmosferica.

**Classificazione:** La capacità di riconoscere e di classificare gli oggetti in categorie che si confrontano a modelli teorici (*pattern*) è un aspetto importante nel campo dell'*image processing* di scene satellitari e del riconoscimento delle forme e coperture presenti sulla superficie terrestre. La classificazione automatica delle immagini, attraverso l'identificazione di regolarità significative in un sistema complesso, implica l'estrazione delle informazioni tematiche attraverso la determinazione delle relazioni fra le risposte spettrali delle superfici osservate da satellite e le varie classi o temi definite dall'utente (Drury, 1997).

Sono state eseguite due differenti procedure di classificazione: 1) *ML supervised classification* con la scelta delle aree campione (*training sites*) identificate da quell'insieme di pixel che descrivono meglio la classe letta nella scena satellitare per una prima valutazione dell'accuratezza della classificazione. Il passo successivo è il processo di assegnazione di ogni pixel del dataset multispettrale alle classi definite e la valutazione finale dei risultati attraverso la verifica della loro accuratezza con procedure statistiche di post-classificazione; 2) *Spectral Angle Mapper (SAM) classification* che si basa su un algoritmo che determina la somiglianza spettrale fra due spettri calcolando l'angolo tra questi e trattandoli come vettori in uno spazio con dimensionalità pari al numero di bande. La Spectral Angle Mapper (SAM) si basa sul presupposto ideale che un singolo pixel dell'immagine telerilevata rappresenti una certa copertura del terreno e possa essere assegnato in modo univoco ad un sola classe di copertura; questa tecnica è utilizzata su dati di riflettanza calibrati. Gli spettri utilizzati dalla SAM possono provenire da file ASCII o librerie spettrali, ma è possibile estrarre l'informazione direttamente da un'immagine (come *training sites* >> spettri medi).

## Discussione dei Risultati

La figura 2 mostra le acquisizioni Pléiades e WV-3 post-terremoto e l'elaborazione pansharp con una risoluzione di 0,5 m; l'elevato dettaglio consente di osservare i crolli totali e parziali degli edifici e di distinguere le macerie e le tipologie di collasso.

Da sopralluoghi post-sima nel centro storico si è osservata inoltre una differenza tra le macerie del settore superiore dell'abitato ed il settore inferiore. Nel primo, le macerie si presentano molto grossolane, compatte e formate prevalentemente da materiali calcarei con una componente arenacea; nel settore inferiore si osserva una forte componente sabbiosa nelle macerie.

La classificazione automatica delle immagini per il riconoscimento di oggetti è stata eseguita come sistema di riconoscimento dei pattern che comporta l'estrazione delle informazioni tematiche attraverso la determinazione delle relazioni tra le risposte spettrali delle superfici osservate via satellite e le diverse classi definite dall'utente.

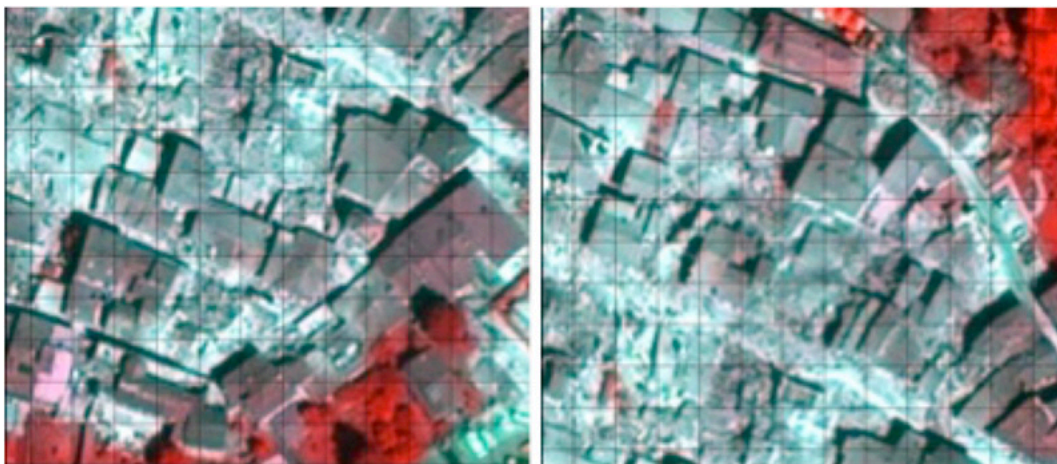


Fig. 2 - Acquisizione Pléiades post-terremoto (25.08.2016), grid 10 m: l'elaborazione pansharp con risoluzione di 0,5 m e l'elevato dettaglio consente di osservare i crolli totali e parziali e di distinguere macerie e tipologie di collasso

I risultati di classificazione su immagini trattate con algoritmi pansharp consentono di distinguere gli edifici danneggiati e la distribuzione areale delle macerie (fig. 3); i risultati ottenuti con le tecniche di separabilità spettrale e le classificazioni mostrano valori affidabili con una buona separabilità fra le classi (fig. 3).

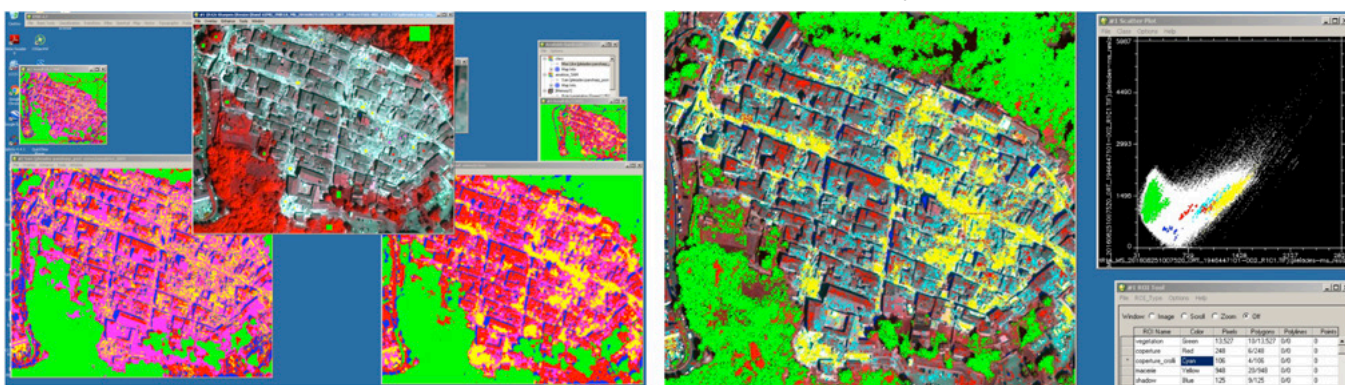


Fig. 3 - Immagine Pléiades: sinistra) classificazioni supervisionate SAM (sinistra) e ML (destra) della distribuzione delle macerie nel centro storico di Amatrice; destra) classi evidenziate e separabilità spettrale

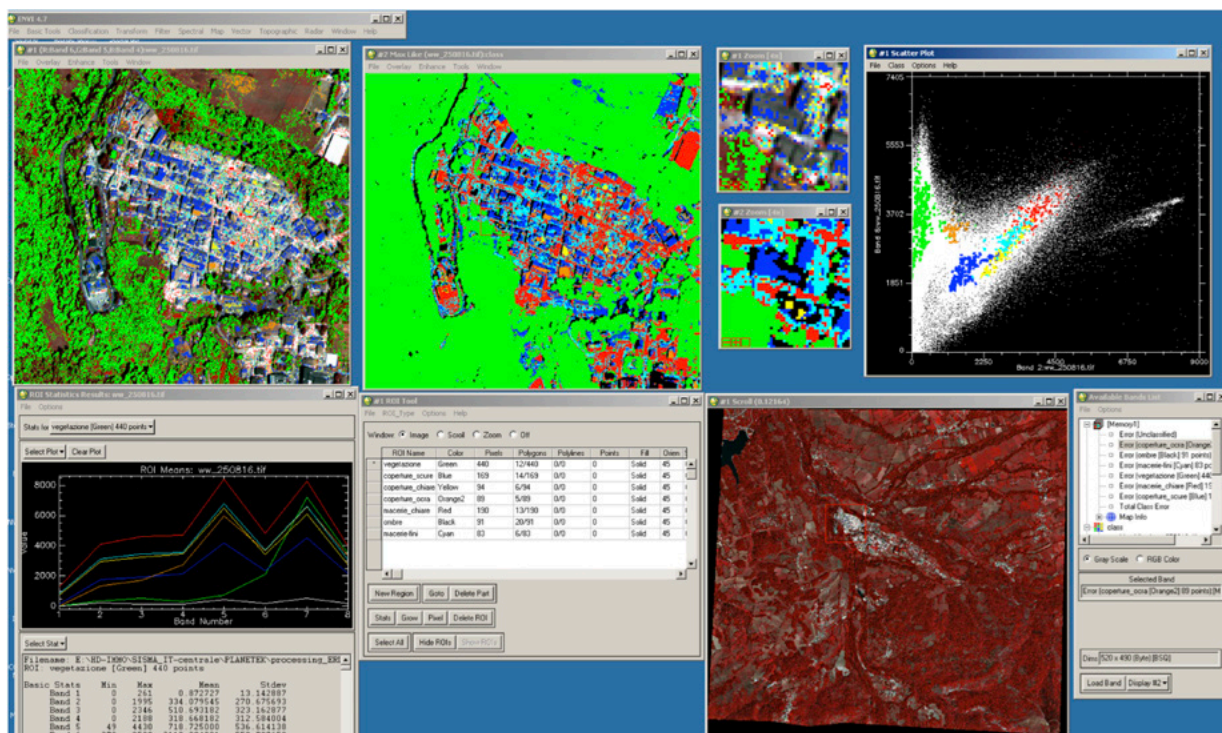


Fig. 4 - Le immagini WorldView-3 hanno un dettaglio geometrico e spettrale più elevato; le classificazioni ottenute e gli indici di separabilità confermano ulteriormente i dati estratti dalle immagini Pléiades

I dati WV-3 (fig. 4) confermano i risultati ottenuti con le immagini Pléiades e consentono un dettaglio più elevato delle classificazioni grazie alla risoluzione spettrale di 8 bande nel range 470-940um.

## Agricoltura conservativa e osservazione della terra per migliorare l'efficienza delle produzioni agricole

N. Colonna, M. Iannetta

Divisione "Biotecnologie e Agroindustria"  
Massimo.iannetta@enea.it

L'agricoltura consuma in larga misura combustibili fossili. Il gasolio nel nostro paese è la prima fonte impiegata per svolgere le normali pratiche agricole in particolare per le lavorazioni del terreno e per condurre le operazioni colturali dalla semina sino alla raccolta. Anche l'irrigazione con i relativi pompaggi è spesso realizzata tramite l'impiego di motori alimentati a gasolio. Rilevante è anche il consumo di mezzi tecnici, in particolare fertilizzanti azotati per la cui produzione servono larghe quantità di energia, quindi oltre ad un consumo diretto di energia (macchine) vi sono anche dei consumi "nascosti" e indiretti di energia che è incorporata nei fattori produttivi impiegati (fertilizzanti, pesticidi etc.). Realizzare interventi di efficienza energetica nella fase di coltivazione significa soprattutto diminuire l'impiego dei mezzi meccanici o utilizzare al meglio i mezzi tecnici. Le tecniche di agricoltura di precisione consentono di ottimizzare l'impiego degli input distribuendoli solo dove e quando necessari e se accoppiate all'uso di tecniche di conservazione (zero o minima lavorazione) possono contribuire sia a ridurre i consumi energetici che a diminuire le emissioni dirette ed indirette di gas ad effetto serra.

Il progetto LIFE "AGRICARE - *Introducing innovative precision farming techniques in AGRiculture to decrease CARbon Emissions* – è un progetto triennale (2014-2017) approvato e finanziato dall'UE, i cui partner sono Veneto Agricoltura (leader), l'Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile (ENEA), l'Università di Padova- Dipartimento TESAF e la società Maschio Gaspardo SpA.

Il progetto punta a valutare gli effetti dell'introduzione in azienda di tecniche innovative di agricoltura di precisione al fine di diminuire le emissioni di carbonio nell'atmosfera, come richiesto dalle direttive europee. Azioni pilota e dimostrative sono in corso in Veneto dove le macchine operatrici dotate delle più avanzate innovazioni meccaniche ed elettroniche per l'agricoltura conservativa e di precisione consentono l'ottimale gestione del terreno e possono quindi svolgere un ruolo importante in termini di diminuzione dei consumi energetici diretti ed indiretti e la riduzione dei gas ad effetto serra.

I risultati della sperimentazione in corso presso l'azienda sperimentale di Veneto agricoltura saranno valutati per una possibile trasferibilità e replicabilità su altri sistemi agricoli italiani ed europei. Il contributo dell'agricoltura alla lotta ai cambiamenti climatici con questo progetto è ben evidente. Infatti, l'accoppiamento di tecniche di precisione e di tecniche di conservazione consente di unire i benefici di entrambe le tecniche (eliminazione dello spreco da sovrapposizioni o errate applicazioni dei fattori produttivi e quelli della minima o non lavorazione del terreno).



## Rome: underground cavities and sinkholes. Comparison of soil data and InSar data

G. Ciotoli <sup>1</sup>, S. Nisio<sup>2</sup>

<sup>1</sup> CNR-IGAG, [giancarlo.ciotoli@gmail.com](mailto:giancarlo.ciotoli@gmail.com)

<sup>2</sup> ISPRA, Institute of Environmental Protection and Research - Geological Survey of Italy,

Corresponding author: [stefania.nisio@isprambiente.it](mailto:stefania.nisio@isprambiente.it)

Keywords: InSar, Rome, Cavity, Sinkholes, Susceptibility, Catacombs

### Abstract

The city of Rome is located on a complex network of underground cavities produced by human activities (water networks, caves, catacombs, etc.), realized in more than two thousand years. The presence of underground cavities is at the origin of the collapse of the shallow soil layers causing the formation of sinkholes. In the last fifteen years, this phenomenon is increasing and may cause a danger for the population, as well as the shallow and the underground infrastructure. This phenomenon can also constitute a severe problem for the archaeological heritage and its preservation, because both the location of the underground cavities and the catacomb networks are not fully known yet. In this work, the new updated map of the known underground cavities and catacombs is used to construct the map of the cavity density in the Rome urban area. These maps, coupled with the map of the sinkhole, were compared with InSar data in order to construct a simple ranking model and then identify other areas potentially interested by cavity networks; for example, the St. Felice catacomb, in the Portuense district of Rome, is one of the largest areas of underground Christian necropolis ever discovered. PSInSar data has been used to identify the possible site of this catacomb.

### Introduction

The presence of an extensive underground cavity network constitutes a severe problem for the Rome urban area. Cavities, buried under the urban fabric, are often unknown and left to degrade perpetuated for centuries. The types of underground cavities occurring in the roman area can be summarized as follows: quarrying for building materials, catacombs, aqueducts connected to water supply, hydraulic tunnels for the drainage of rainwater, and water channelled into the hydrographic network, underpasses, areas for funerary religious and hydraulic use.

The underground quarries outcrop in the eastern sector of Rome and are related to the excavation of volcanic materials. The quarries are mostly Roman times, re-used in later periods, in some cases until the second half of the nineteenth century. The old method of excavation involved the construction of secondary sub-rectangular galleries connected to the main one, which had been dug perpendicularly to the base of the relief slope characterised by the excavated material. The use of tuff quarries as religious areas dates back to the I-III cen. A.D. In the roman area, 86 zones affected by networks of catacombs (the second most common type of underground cavities) were surveyed. However, a map with the location of all underground cavities, quarries or catacombs, has never been made in Rome.

The underground cavities actually represent one of the most relevant problems in terms of emergency response for civil protection and urban planning management. The probability in a given time horizon of shallow collapses placed nowadays above ancient caves or catacombs is very hard to predict. Therefore, collapse susceptibility maps are constructed considering that collapses could occur in a certain area in an infinite time interval, and that a certain area has characteristics that facilitate a collapse (prone areas) (CIOTOLI et al., 2015).

### 1. Methods

Underground cavities of Rome (inside the ring road) were censused by using maps of ancient quarries, borehole data, ancient maps of catacombs. A project including cavities, sinkholes, geological and infrastructure data was realized in the ArcGIS environment.

Sinkhole and cavity density maps are constructed by using kernel density algorithm, which calculates the density of features in a neighborhood around those features (i.e., points and/or lines). Conceptually, a smoothly curved surface is fitted over each point. The surface value is highest at the location of the point and diminishes with increasing distance from the point, reaching zero at a distance from the point corresponding to the selected search radius.

The geodatabase has been integrated with remote sense data (PSInSAR) in order to compare these information with cavity, sinkholes and in-situ geological information (Comerci et al. 2015). The PSI InSar data, covering a

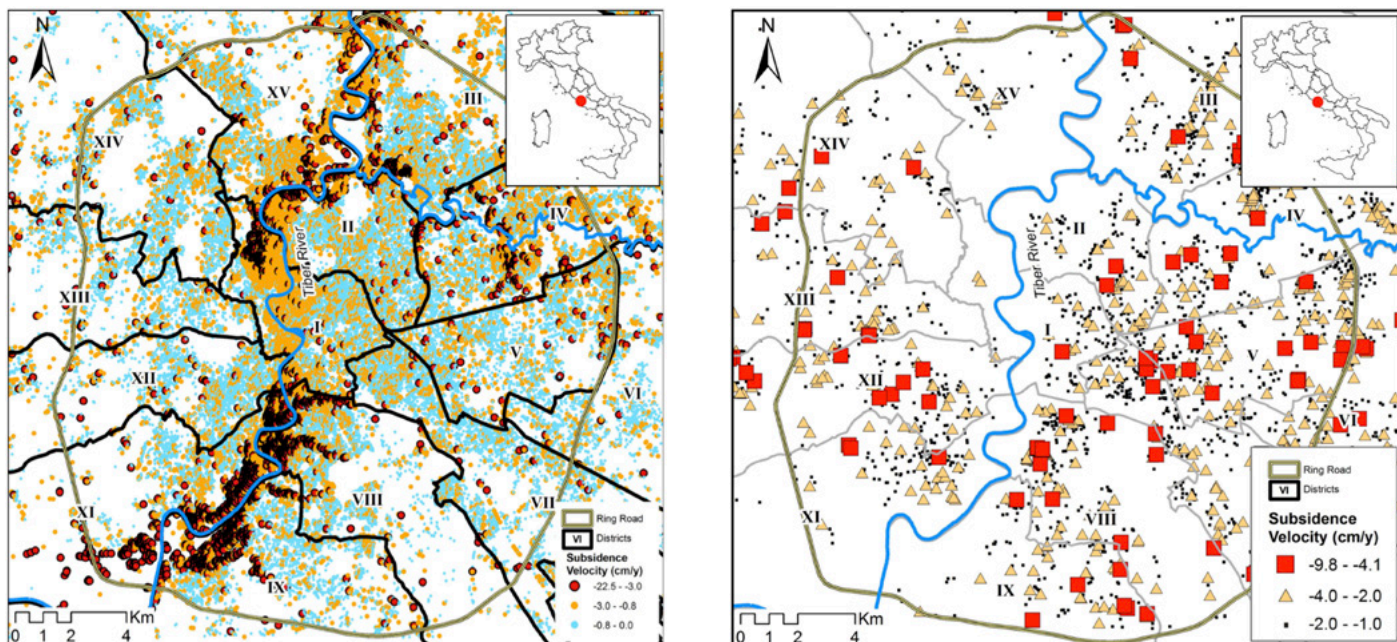


Figure 1 – On the left: PSI InSAR Subsidence points distribution and relative velocity; on the right: subsidence points distribution on volcanic terrain

period of 13 years between 1992 and 2005, derived from ERS-1/2 descending scenes acquired in 1992-2000 and ENVISAT descending scenes acquired in 2002-2005. In this work only the negative velocity (subsidence) has been considered: the minimum annual velocities estimated for the area are  $-31.4$  mm/yr in the ERS-1/2 descending dataset (1992-2000), and  $-34.0$  mm/yr in the ENVISAT descending dataset (2003-2005).

Some sectors of Rome show significant motions (subsidence), in most cases, located along the Tiber and Aniene river valleys (Fig. 1 left), therefore these areas have been excluded, together with all the subsidence points occurring on the Plio-Pleistocene sedimentary terrain. The metropolitan area was then classified according to three levels of subsidence rate ( $< -4$  mm/yr;  $-4$  mm/yr -  $-1$  mm/yr;  $-1$  -  $-0.5$  mm/yr). A map of the subsidence of the volcanic terrain was obtained and compared with known catacombs and underground quarries (Fig. 1 right). Some ground movements have been detected through PSI InSAR data where cavities and sinkholes occur (Fig. 2). In general, there is a good correspondence between the subsidence areas detected by PSInSAR and the areas with underground networks (about 80%).

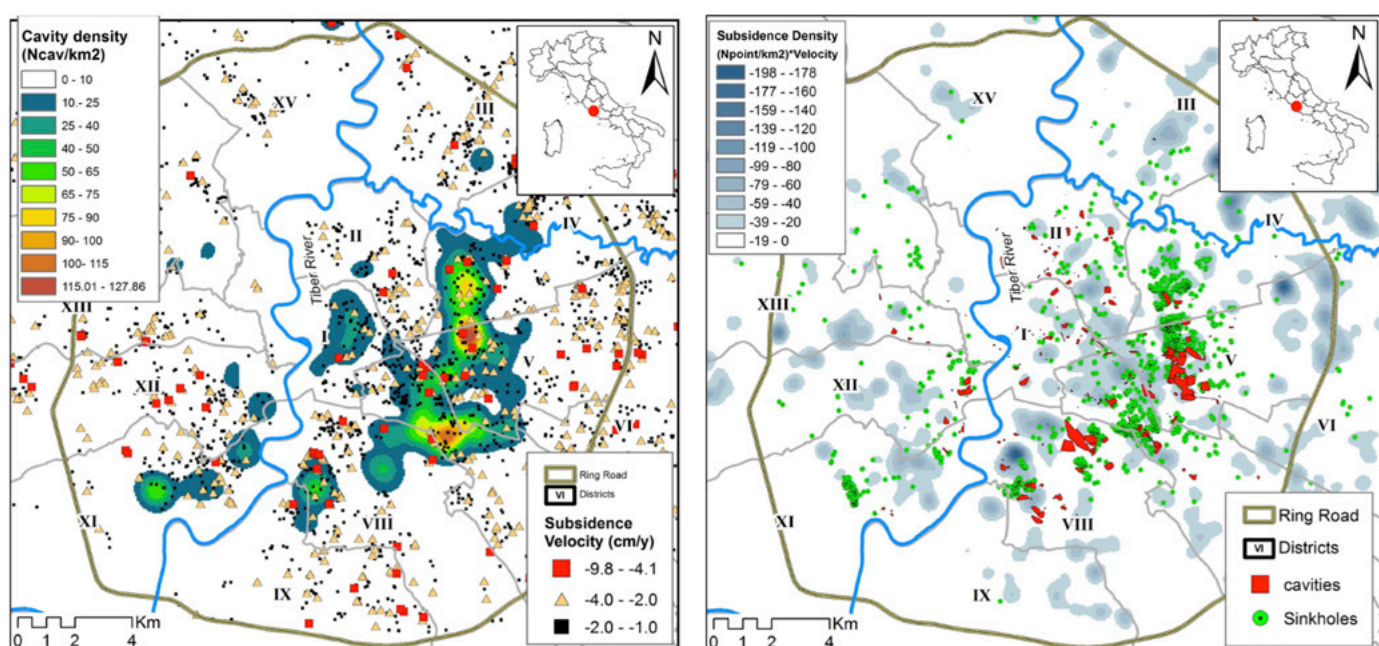


Figure 2 – On the left: Volcanic terrain of Rome - PSI InSAR Subsidence points distribution on the cavities density map; on the right: comparison between subsidence density map and sinkholes - cavities distribution.

### 1.1 St. Felice catacomb site

In II-IV sec. AD., the St. Felice catacomb was a big necropolis area in Rome; it was located along the Portuense Street, in the southern sector of the urban area. In particular, the St. Felice catacomb was located at the third mile of the ancient Portuense road. In medieval time it was a well-known pilgrimage destination, but later the St. Felix catacomb has been lost over the centuries. The access to the catacomb was from the St. Felice Church that also disappeared. Over the centuries, many Authors, have sought in vain the catacomb and the church.

A detailed study was carried out in the Portuense district by comparing cavity, sinkholes and PSInSar data. Merely adding the density maps obtained it has been possible to identify some probable areas in the Portuense district. Comparing historical research with geological data have been possible to identify some possible sites of the catacomb location.

### 3. Results and conclusions

The anthropogenic sinkholes in the Rome area are closely related to the presence of a widespread network of underground cavities (mostly on volcanic terrain), heritage of the more than 25 centuries of history. Such a network of tunnels (many of these are still unknown), not always put in safes locally affected by collapse of the shallower ground layers. This phenomenon has become more frequent in the city center of Rome, representing a growing hazard. Susceptibility studies have recently been made by taking into consideration some predisposing factors (i.e., geological, morphological, hydrological), the presence of cavities, underground utilities, thicknesses of made ground, etc. (Ciotoli et al., 2013, 2015). In order to re-define a forecasting model, the sinking phenomena and cavities network were compared with the ground subsidence PSInSAR data. The low-lying subsiding areas mainly occur along the Tiber river and its tributaries, and in the sedimentary areas; these zones have been excluded and the study was focused on the outcropping volcanic terrains of Rome. A good fit is observed where the network of underground cavities is particularly dense, suggesting that the phenomenon in some neighborhoods of the city is still active, and stabilization works are advisable. Finally, sinkholes maps and PSInSAR data were used to find a vast disappeared Christian necropolis in Portuense district: the St. Felice catacomb. Some probable locations have been hypothesized to compare satellite data with historical data.

### References

1. G. Ciotoli, A. Corazza, M.G. Finioia., S. Nisio, C. Succhiarelli, Gli sprofondamenti antropogenici nell'aria urbana di Roma. Mem. Descr. Carta Geol. D'IT. 93, 143-182, 2013.
2. G. Ciotoli, S. Nisio, R. Serafini, Analisi della suscettibilità ai sinkholes antropogenici nel centro urbano di Roma: analisi previsionale. Mem. Descr. Carta Geol. D'IT., 9, 167-188, 2015.
3. V. Comerci, E. Vittori, C. Cipolloni, P. Di Manna, L. Guerrieri, S. Nisio, C. Succhiarelli, M. Ciuffreda, E. Bertolotti, Geohazards monitoring in Rome from inSar and in-situ data: outcomes of the Pangeo project. Pure and Applied Geophysics, DOI 10.1007/s00024-015-1066-1, 2015.

## Uso integrato di dati PSInSAR e dati in-situ per l'analisi di pericolosità indotte da fattori geologici e antropici nella città di Palermo

V. Comerci<sup>1</sup>, G. Sapio<sup>2</sup>, Vittori E.<sup>3</sup>, Calvi F.<sup>4</sup>, C. Cipolloni<sup>5</sup>, V. Giambruno<sup>6</sup>, GV. Graziano<sup>7</sup>, D. Gueli<sup>8</sup>, L. Guerrieri<sup>9</sup>, M. Leta<sup>10</sup>, R. Sottile<sup>11</sup>, P. Todaro<sup>12</sup>

<sup>1</sup> ISPRA, Dipartimento per il Servizio Geologico d'Italia, [valerio.comerci@isprambiente.it](mailto:valerio.comerci@isprambiente.it)

<sup>2</sup> Comune di Palermo, Area della Pianificazione del Territorio, [g.sapio@comune.palermo.it](mailto:g.sapio@comune.palermo.it)

<sup>3</sup> ISPRA, Dipartimento per il Servizio Geologico d'Italia, [eutizio.vittori@isprambiente.it](mailto:eutizio.vittori@isprambiente.it)

<sup>4</sup> ARTA, Regione Siciliana, [fedcalvi@alice.it](mailto:fedcalvi@alice.it)

<sup>5</sup> ISPRA, Dipartimento per il Servizio Geologico d'Italia, [carlo.cipolloni@isprambiente.it](mailto:carlo.cipolloni@isprambiente.it)

<sup>6</sup> Comune di Palermo, Settore Pianificazione Territoriale e Mobilità, [v.giambruno@urb.comune.palermo.it](mailto:v.giambruno@urb.comune.palermo.it)

<sup>7</sup> Geologo, Libero professionista, [grazianoemasi@libero.it](mailto:grazianoemasi@libero.it)

<sup>8</sup> CRPR, Regione Siciliana, [donatella.gueli@regione.sicilia.it](mailto:donatella.gueli@regione.sicilia.it)

<sup>9</sup> ISPRA, Dipartimento per il Servizio Geologico d'Italia, [luca.guerrieri@isprambiente.it](mailto:luca.guerrieri@isprambiente.it)

<sup>10</sup> Geologo, Libero professionista, [marioletageol@gmail.com](mailto:marioletageol@gmail.com)

<sup>11</sup> Geologo, Libero professionista, [sottile.geo@gmail.com](mailto:sottile.geo@gmail.com)

<sup>12</sup> Geologo, Libero professionista, [geo.todaro@libero.it](mailto:geo.todaro@libero.it)

Corresponding author: [valerio.comerci@isprambiente.it](mailto:valerio.comerci@isprambiente.it)

Keywords: PSInSAR, Dati in-situ, Geohazard, Monitoraggio, Prevenzione

### Abstract

L'utilizzo integrato di dati PSInSAR (1992-2011) e dati in-situ ha consentito di individuare, nella città di Palermo, aree soggette a movimento (subsidenza o sollevamento), anche precedentemente non note, e di interpretarne la causa. La metodologia applicata può essere utilizzata per attività di monitoraggio dei geohazard e quindi di prevenzione. I risultati possono fornire informazioni utili ad implementare il Piano Regolatore della città.

### Introduzione

L'utilizzo integrato di dati satellitari PSInSAR (Permanent Scatterers Interferometry Synthetic Aperture Radar) e di dati in-situ può essere uno strumento molto efficace per il monitoraggio di pericolosità indotte da fattori geologici o antropici in una città come Palermo, il cui sottosuolo è interessato da una fitta rete di cavità prevalentemente di origine antropica risalenti a periodi sia storici (cave, gallerie, ambienti di culto, condotte, qanat) che recenti (sottoservizi, metropolitana). Instabilità sono generate anche dalla presenza di sedimenti alluvionali non ancora consolidati lungo gli alvei e i paleoalvei (in gran parte tombati) dei diversi corsi d'acqua che attraversano la città (Passo di Rigano, Papireto, Kemonia, Oreto). Un primo studio sulle relazioni esistenti tra i movimenti del terreno rilevati da satellite (PSInSAR ERS1/2 1992-2001) e le pericolosità di natura geologica o le cavità antropiche presenti a Palermo è stato condotto dagli scriventi [1] nell'ambito del Progetto PanGeo, finanziato dalla Comunità Europea nel 2011-2014. I prodotti offerti da PanGeo, consultabili e scaricabili dal sito [www.pangeoproject.eu](http://www.pangeoproject.eu), sono stati realizzati secondo le direttive INSPIRE [2] e consistono nel Ground Stability Layer (GSL), strato informativo in cui sono mappate tutte le aree interessate da movimenti del terreno (instabili), e nel Geohazard Description (GHD), documento descrittivo che ne illustra le cause di natura geologica.

Successivamente è stata condotta l'analisi di ulteriori dati PSInSAR, derivanti dal Piano Straordinario di Telerilevamento Ambientale (PST-A) del MATTM: ENVISAT (banda C) per gli anni 2002-2010 e CosmoSkyMed (banda X) per gli anni 2008-2011. In particolare, questi ultimi dati hanno offerto un set di informazioni più ricco rispetto ai dati ERS ed ENVISAT, che ha permesso di eseguire, in diverse zone della città, analisi di maggior dettaglio.

### 1. Metodologia

La tecnica PSInSAR [3, 4], permette di rilevare i movimenti sulla superficie della terra con l'accuratezza del millimetro, tramite Permanent Scatterers (PS), che sono in genere oggetti e strutture antropici che riflettono stabilmente il segnale radar ricevuto dal satellite al sensore del satellite stesso, permettendo di rilevare differenze di fase tra successive acquisizioni. Poiché le lunghezze d'onda radar dei sensori più comuni sono da uno a qualche cm, la precisione dell'acquisizione riesce ad essere sub millimetrica. I PS che mostrano una buona stabilità e coerenza nel tempo del segnale riflesso al sensore del satellite vengono usati per costruire le immagini SAR. I PS possono consistere in parti di edifici, oggetti metallici, superfici rocciose,

ecc. Pertanto, i PS sono strumenti efficaci nel far rilevare le deformazioni al suolo che avvengono lentamente nelle aree urbanizzate e coperte da dense reti infrastrutturali, che poi sono anche le zone con più alto rischio. La tecnica PSInSAR è ormai consolidata ed è stata applicata con successo in molteplici aree urbane. Nel progetto PanGeo sono stati utilizzati i dati già validati nel 2009 nell'ambito del progetto TerraFirma. Successivamente sono stati reperiti dal MATTM ulteriori dati del PST-A. Nella Tabella1 vengono riportati i dati relativi ai PSInSAR utilizzati per l'analisi condotta sul territorio di Palermo.

<i>Data stack</i>	<i>n. scene</i>	<i>Periodo</i>
ERS-1/2 descending	59	04/05/1992 - 31/05/2001
ENVISAT ascending	43	16/11/2002 - 17/07/2010
ENVISAT descending	48	07/11/2002 - 14/01/2010
CSK ascending	36	11/11/2008 - 09/09/2011
CSK descending	35	10/11/2008 - 10/10/2010

Tabella 1 – Dati PSInSAR analizzati

I dati PSInSAR sono stati combinati e integrati in ambiente GIS con dati di conoscenza diretta del territorio di tipo geologico, geotecnico, idrogeologico, di uso del suolo e con altri strati informativi geospaziali disponibili presso ISPRA, Regione Siciliana, Comune di Palermo, ecc.. In particolare:

- Carte topografiche alle scale 1:10.000 e 1:25.000, e foto aeree del 2000 e del 2006;
- Carte geologiche: carta geolitologica alla scala 1:25.000 e alla scala 1:100.000 [5]; carte geologiche del progetto CARG alle scale 1:25.000, 1:50.000 e 1:100.000 pubblicate da ISPRA;
- Carte e Inventari di specifiche pericolosità: frane (IFFI-Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia; Database delle frane e della suscettibilità da frana di Palermo e PAI), database dei sinkholes osservati [6] e mappe di suscettibilità [7,6], mappe della distribuzione delle cavità [8] e dei qanat [7];
- Dati idrogeologici (livelli piezometrici e circolazione sotterranea) dedotti da pubblicazioni [9];
- Caratteristiche dell'urbanizzazione storica e recente e correlate attività antropiche (mappe dei depositi antropici, distribuzione di cave e miniere, sistemi di drenaggio e approvvigionamento idrico).

I suddetti dati sono stati utilizzati per supportare l'interpretazione geologica dei movimenti rilevati da satellite e per individuare alcune aree soggette a potenziale pericolo di sprofondamento e di frana.

## 2. Risultati

Tra i vari risultati conseguiti con il Progetto PanGeo [1], va evidenziata l'individuazione di quattro zone della città in subsidenza, corrispondenti a porzioni dei paleoalvei dei corsi d'acqua Papireto e Kemonia, dell'alveo e della foce del fiume Oreto e alla zona litoranea di Mondello, dove sono evidentemente presenti sedimenti ancora in consolidazione. In forte subsidenza sono risultati tratti dei moli del porto di Palermo, con velocità medie dei PS sino ad oltre 10 mm/a (nell'intervallo 1992-2001) rilevate lungo il Molo dell'Acquasanta. Inoltre, un fenomeno di sollevamento areale precedentemente non noto è stato riconosciuto nell'area industriale del quartiere Brancaccio, caratterizzata dalla presenza delle sabbie e limi sabbiosi della formazione detta Argille di Ficarazzi, che costituiscono un acquifero multifalda (serie di falde sospese) in rapporto complesso (laterale e dal basso) con la falda principale contenuta nei carbonati mesozoici. Il sollevamento areale (velocità media di 2-3 mm/a) può essere spiegato dalla risalita del livello piezometrico del locale acquifero, dovuto alla riduzione dello sfruttamento idrico per uso industriale e irriguo.

Gli ulteriori dati SAR analizzati, relativi al periodo 2002-2011 hanno permesso di confermare in linea di massima i trend nelle aree precedentemente analizzate e di individuare altri casi di instabilità a scala più locale. Elenchiamo, ad esempio, i seguenti luoghi cittadini in cui gli abbassamenti sono stati riscontrati anche in-situ: Via delle Madonie, lungo la sede stradale; parte di un edificio scolastico in Via Castellana, soggetto a cedimenti differenziali; Via Re Ruggero, in corrispondenza di un tratto della metropolitana; zona Via Dante Alighieri-Via Re Federico-Vicolo Bernava, dove si sono avuti dissesti agli edifici per lo scavo del passante ferroviario; Piazza Alberico Gentili – Via della Verdura dove è avvenuto un recente avvallamento a causa della presenza di una rete di gallerie e camere caveali con intradosso a piccola profondità (< 2 m) e dove negli anni '50 avvenne uno sprofondamento a seguito del passaggio di un mezzo pesante; complesso monumentale di Casa Professa ed aree adiacenti del centro storico, per la presenza di una fitta rete di cavità di interesse storico e di monumenti che hanno subito dissesti a causa di cedimenti differenziali perché fondati in parte su terreni alluvionali e in parte sulla sponda calcarenitica dell'antico fiume Kemonia; Centro Commerciale Forum di Via Carlo Gulì, per effetti di consolidazione del terreno limo-argilloso in conseguenza dell'interruzione della falda idrica subaffiorante; Piazza Indipendenza, nei pressi del Palazzo d'Orleans, sede della Presidenza

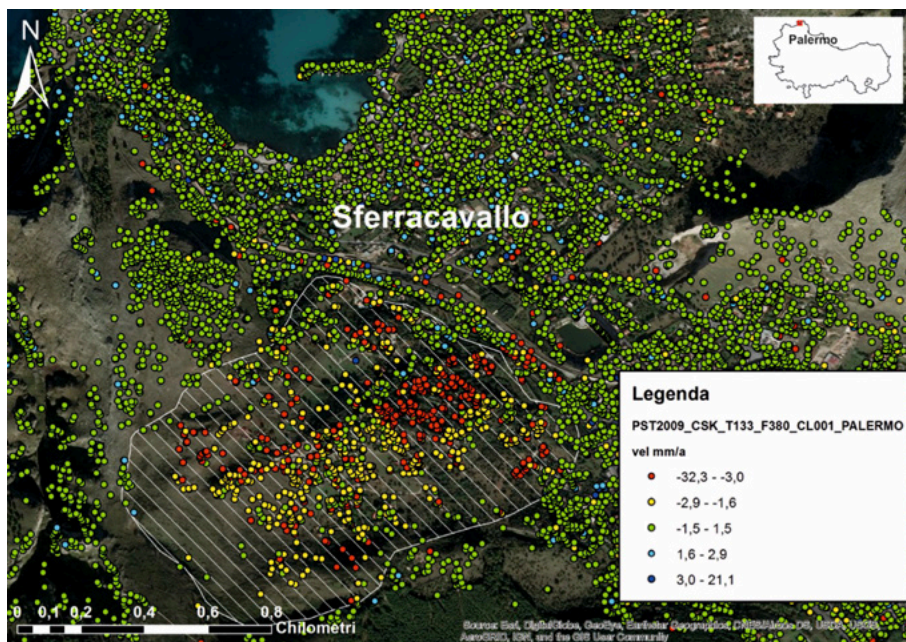


Figura 1 – I dati PSInSAR CosmoSkyMed ascending (2008-2011) mettono in evidenza movimenti attivi (velocità LOS medie di qualche mm/a, e valori massimi oltre i 7 mm/a) lungo il versante a Sud Ovest del quartiere Sferracavallo, delimitato nel Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dell'Area territoriale tra la foce del Fiume Oreto e Punta Raisi, approvato nel 2007 (rigato bianco)

Source: Elaborazione ISPRA di dati PSInSAR del Piano Straordinario di Telerilevamento del MATTM

In ultimo, i dati InSAR mettono bene in evidenza i movimenti ancora presenti nei rilievi a Sud-Ovest del quartiere Sferracavallo, sito tra Mondello e l'Isola delle Femmine, interessati da una frana di scivolamento in roccia nota già in epoca storica, la cui attività risulta pertanto confermata (Figura 1).

### 3. Conclusioni

L'analisi dei dati PSInSAR, condotta nell'ambito del progetto PanGeo e successivamente con dati più recenti, ha permesso di individuare sia zone estese della città sia siti specifici che sono soggetti a movimento e di cui a volte non si era a conoscenza. L'utilizzo di dati in-situ ha invece consentito di determinare la causa di natura geologica o antropica che determina l'instabilità delle aree individuate. Tale metodologia può essere utilizzata per attività di monitoraggio del territorio e di prevenzione dei geohazard. Inoltre, le informazioni offerte possono anche contribuire ad arricchire i dati che confluiscono nel Piano Regolatore.

### Bibliografia

1. V. Comerci, C. Cipolloni, P. Di Manna, L. Guerrieri, E. Vittori, V. Giambruno, G. Sapio, D. Gueli, F. Calvi, G.V. Graziano, P. Todaro, R. Sottile, M. Leta, Geohazard Description for Palermo. PanGeo – Enabling Access to Geological Information in Support of GMES. Seventh Framework Programme, Cooperation: Space Call 3, FP7-Space-2010-1, European Commission, Research Executive Agency, pp. 183, 2013. [www.pangeoproject.eu](http://www.pangeoproject.eu)
2. INSPIRE DS-D2.8/III-12 (2013) INSPIRE Data Specification on Natural Risk Zone – technical Guidelines, v. 3.0. Published by EC on JRC at: [http://inspire.jrc.ec.europa.eu/documents/Data\\_Specifications/INSPIRE\\_DataSpecification\\_NZ\\_v3.0.pdf](http://inspire.jrc.ec.europa.eu/documents/Data_Specifications/INSPIRE_DataSpecification_NZ_v3.0.pdf)
3. A. Ferretti, C. Prati, F. Rocca, Non-linear Subsidence Rate Estimation Using Permanent Scatterers in Differential SAR Interferometry. IEEE Trans. on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 38, 5, 2202-2212, 2000.
4. A. Ferretti, C. Prati, F. Rocca, Permanent Scatterers in SAR Interferometry. IEEE Trans. on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 39, 1, 8-20, 2001.
5. M. Amanti M., L. Battaglini L., V. Campo, C. Cipolloni, M.P. Congi, G. Conte, D. Delogu, R. Ventura, C. Zonetti, La carta litologica d'Italia alla scala 1:100000. Atti del VI Forum italiano di Scienze della Terra, Geoitalia, Rimini, 2007.
6. R. Sottile, Census and geological study of the anthropogenic sinkholes in the urban area of Palermo (Southern Italy). Tesi di dottorato, Università degli Studi di Siena, 2016.
7. P. Todaro, Approccio alla catalogazione e mappatura delle aree a rischio di subsidenze indotte antropiche nel palermitano: le cave storiche di Palermo, XXII Convegno Nazionale di Geotecnica – Palermo 22-24 Settembre 2004. Geologi di Sicilia – Rivista dell'Ordine Regionale dei Geologi di Sicilia – n. 3, 2004.
8. D. Gueli, Palermo Sotterranea per il recupero, la salvaguardia, la conoscenza della città nascosta. Regione Siciliana-Assessorato dei Beni Culturali e della Pubblica Istruzione, Palermo 2002.
9. F. Calvi, A. Contino, G. Cusimano, A. Di Cara, A.F. Forcada, S. Hauser, S. Pellerito, Hydrostructures related to the Piana di palermo aquifers and their hydrogeochemical characteristics, Mem. Soc. Geol. It., 55, 2000

## Il Forum Nazionale degli Utenti Copernicus: il coordinamento del requisito dell'utenza nazionale in relazione alle politiche spaziali nazionali ed europee

B. De Bernardinis <sup>a)</sup>, N. Bonora <sup>b)</sup>

<sup>a)</sup> Coordinatore del Forum Nazionale degli Utenti Copernicus - Delegato Nazionale al Copernicus User Forum

<sup>b)</sup> Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale

### Abstract

Il Programma Europeo di osservazione della terra Copernicus, user driven per Regolamento, è un insieme complesso di sistemi che raccoglie informazioni da molteplici fonti, ossia satelliti e sensori di terra, di mare ed aviotrasportati. Integra ed elabora tutte queste risorse, fornendo agli utenti istituzionali, della ricerca e dell'industria, informazioni affidabili e aggiornate attraverso una serie di servizi che attengono all'ambiente, al territorio ed alla sicurezza.

Il Programma si divide in due principali sotto strutture: i Servizi e la Componente Spazio.

I servizi si articolano in sette aree tematiche (*Core Services*): il monitoraggio del territorio, del mare e degli oceani, dell'atmosfera, dei cambiamenti climatici, la gestione delle emergenze, la sicurezza e l'in-situ.

La Componente Spazio, invece, è quell'infrastruttura europea, sviluppata da ESA ed Eumetsat, finalizzata all'acquisizione del dato Sentinel ed alla sua distribuzione assieme al dato delle Contributing Missions, ovvero quell'insieme di satelliti che afferiscono a Programmi spaziali nazionali. Per far sì che il contributo di Stato Membro per tali sviluppi Europei non risultasse solo un costo conseguente all'obbligo di partecipazione ma bensì un investimento, nell'ambito delle attività di Cabina di regia spazio<sup>1)</sup> è stato avviato il Programma Space Economy Nazionale, che prevede l'implementazione di infrastrutture abilitanti lo sviluppo di servizi nazionali per mezzo di Progetti Mirror Nazionali, tra cui il Mirror Copernicus.

Tale Progetto Mirror è destinato allo sviluppo di catene applicative finalizzate al monitoraggio sistematico del territorio nazionale, alla scala più appropriata, e per monitoraggi di dettaglio, di natura *on-demand* tramite l'utilizzo delle missioni spaziali nazionali, nonché al conseguente e complementare sviluppo di piattaforme per la condivisione e l'interoperabilità di dati ed informazioni nelle e tra le comunità di utenza, nonché per il potenziamento delle capacità di analisi di eventi attraverso la fornitura di informazioni di complessità e livello superiori, per attività legate agli aspetti di sicurezza del territorio, di protezione civile e dell'ambiente. Questo, sulla base di una domanda autorevole e codificata espressa dal requisito dell'utenza del Paese, e quindi funzionale alle esigenze delle comunità di utenza.

Nel merito della definizione di tali requisiti, ha giocato e continua a giocare un ruolo determinante il Forum Nazionale degli Utenti del Programma Copernicus. Strumento della Cabina di Regia Spazio, il Forum Nazionale è preposto alla raccolta dei *needs & requirements* dell'utenza dei Servizi Copernicus e dei prodotti da esso derivati ed erogati, al fine di giungere ad una posizione nazionale armonizzata, coordinata ed autorevole verso le strutture di governo del Programma, soprattutto al fine di incidere sui futuri sviluppi del Programma a vantaggio del sistema Paese. Nondimeno, il Forum Nazionale concorre alla definizione delle politiche spaziali nazionali ed europee, anche al fine di massimizzare i ritorni degli investimenti nazionali, quali obblighi di Stato membro, in termini industriali, di servizi applicativi e di benefici sociali. Il Forum Nazionale è costituito da Rappresentanze di comunità nazionali, di raccordo istituzionale verso l'Europa, nonché dell'impresa, dell'industria e della ricerca. Al cuore del Forum Nazionale vi è un importante lavoro di comunicazione e disseminazione delle informazioni verso le diverse Comunità di utenza, reali e potenziali. Ad oggi, il Forum Nazionale vanta differenti tavoli tematici attivi, tra cui i più rilevanti risultano i tavoli a) sicurezza, b) Infrastrutture e vie di comunicazione, c) beni culturali, d) agricoltura, e) controlli ambientali, f) industria, g) geologia operativa h), clima e i) idrologia.

<sup>1)</sup> La Cabina di Regia Spazio, guidata dalla Presidenza del Consiglio dei Ministri, è l'ambito nel quale vengono identificate ed implementate le misure necessarie ed utili agli sviluppi del Paese, sia in termini di indirizzo delle politiche spaziali nazionali ed europee e sia al fine di massimizzare i ritorni degli investimenti nazionali, anche quali obblighi del Paese verso l'Unione Europea, in termini industriali, di servizi applicativi e di benefici sociali, sulla base di quattro identificati temi centrali quali tecnologie innovative & ITC, Galileo (sistema posizionamento), Space Economy (di cui il relativo Piano Strategico è stato prodotto in questo ambito) e, quindi, il Programma Copernicus.

F. Despini, S. Costanzini, S. Teggi

*DIEF, Dipartimento di Ingegneria "Enzo Ferrari", Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia,  
Via Pietro Vivarelli 10, 41125, Modena*

Corresponding author: francesca.despini@unimore.it

Keywords: amianto, GIS, classificazione object-oriented

### Abstract

Il problema delle coperture in cemento amianto è fortemente avvertito dalla popolazione come rischio concreto per la salute. Nonostante le coperture in cemento amianto siano vietate dal 1992, restano ancora in gran numero presenti sul territorio nazionale, in particolare nelle aree industriali e agricole.

In questo lavoro, dopo aver brevemente analizzato l'utilizzo del telerilevamento multi ed iperspettrale per l'identificazione delle superfici in cemento amianto, verrà riportata un'applicazione in un Comune Emiliano eseguita tramite la combinazione di ortofoto da piattaforma aerea e tecniche object oriented. Analisi tessiturali unite a fotointerpretazione hanno permesso l'individuazione e la mappatura delle coperture in cemento amianto da sottoporre comunque ad un'ulteriore verifica in loco per la valutazione dello stato di conservazione.

### Introduzione

Le coperture in cemento amianto in Italia sono state vietate a partire dal 1992, ma una notevole quantità di coperture di questo tipo è ancora diffusa su tutto il territorio nazionale. Questo problema sta assumendo una notevole rilevanza a causa dei rischi per la salute connessi e rappresenta una fonte di grande preoccupazione per la popolazione [1]. La Regione Emilia-Romagna, con Delibera di Giunta regionale n. 1302 del 5 luglio 2004, ha approvato il Progetto "Mappatura delle zone del territorio regionale interessate dalla presenza di amianto" atta a tutelare la salute, sia della popolazione professionalmente esposta, sia della popolazione generale, tendendo a eliminare totalmente l'esposizione a tale sostanza o, quanto meno, a ridurla ai livelli minimi possibili.

In quest'ottica nasce quindi la necessità di disporre di un censimento aggiornato delle coperture in cemento amianto al fine di determinarne l'esatta localizzazione sul territorio e di renderne possibile il monitoraggio. Vista l'estensione dei territori comunali e la moltitudine degli edifici da indagare, disporre di una metodologia per la preselezione semi-automatizzata degli edifici con possibile copertura in amianto e sui quali focalizzare indagini dirette permetterebbe un'azione territoriale più efficace perché ridurrebbe i tempi ed i costi necessari ai rilievi in situ.

Il telerilevamento è in questo senso uno strumento potenzialmente utile poiché permette di investigare ampie porzioni di territorio.

Vari sensori multispettrali ma soprattutto iperspettrali sono stati utilizzati dalla comunità scientifica internazionale per l'identificazione dell'amianto ([2], [3], [4], [5]). Il sensore MIVIS in particolare si è rivelato molto utile in alcuni studi ([3], [4]) se combinato a un rilievo di dati di verità a terra e ad un processamento dell'immagine tramite trasformata MNF (Maximum Noise Fraction).

L'applicazione qui presentata utilizza ortofoto RGB acquisite da sensore aereo. Pertanto l'informazione spettrale associata al dato telerilevato non viene presa in considerazione. Tuttavia vengono utilizzate tecniche tipiche del telerilevamento, quali la segmentazione multirisoluzione con tecnica object oriented, per identificare le superfici in cemento amianto e trasferire tutti i risultati in ambiente GIS.

Viene fatto questo per fornire al Comune committente un risultato facilmente comprensibile ottenuto tramite dati di partenza forniti dal Comune stesso e quindi senza costi aggiuntivi.

### 1. Data set

L'area di studio è un Comune di medie piccole dimensioni situato nella Regione Emilia Romagna caratterizzato dalla presenza di un'area industriale importante e di svariati quartieri residenziali. Per questioni di riservatezza il nome di questo Comune non sarà divulgato in questa sede. Le ortofoto digitali AGEA 2008 fornite dall'archivio cartografico della Regione e processate, sono immagini in tre canali RGB acquisite il 20/08/2008 con risoluzione geometrica pari a 50 cm.



## 2. Metodologia elaborata

### 2.1 Costruzione di un database di riferimento

In ambiente GIS è stato realizzato un database che raccoglie tutte le informazioni e gli strati utili alle successive elaborazioni. In particolare questo database è stato popolato con le ortofoto unite ai layer vettoriali forniti dal Comune stesso quali strade, edifici, manufatti, particelle catastali, ecc.. in modo da combinare i dati stessi per trarne maggiori informazioni.

### 2.2 Classificazione delle coperture

La scarsa risoluzione spettrale delle ortofoto non consente la rilevazione delle firme spettrali dell'amianto e, più in generale, dei diversi materiali che compongono le coperture, di conseguenza è stata effettuata una classificazione ad oggetti basata sull'informazione di colore supportata da un'analisi per fotointerpretazione (analisi della tessitura tramite software e mediante l'utilizzo di immagini ad alta risoluzione di GoogleTMEarth e GoogleTMMaps, sopralluoghi sul posto).

Per la classificazione delle coperture sono state utilizzate due classificazioni tramite il software Definiens e-Cognition Developer con approccio "object-oriented" [6] che permettono una rapida distinzione tra le tipologie di copertura del suolo e permettono anche di utilizzare come supporto i layer vettoriali a disposizione. In Figura 1 e Figura 2 si riportano i risultati ottenuti.



Figura 1 – Prima classificazione degli edifici basata sugli attributi presenti nei layer vettoriali



Figura 2 – Output della seconda classificazione (Nearest Neighbor) ed analisi per fotointerpretazione con distinzione delle diverse tipologie di coperture

### 2.3 Verifica della classificazione

I risultati della classificazione sono stati innanzitutto verificati mediante confronto con le immagini a migliore risoluzione spaziale presenti su GoogleTMEarth. Sono stati inoltre eseguiti sopralluoghi diretti per la verifica delle coperture.

### 2.4 Costruzione dei file vettoriali di output

Le informazioni ottenute durante la fase di verifica delle coperture sono state inserite nel progetto Definiens e-Cognition Developer, aggiornando i risultati della classificazione. In seguito, la classificazione è stata esportata in formato shapefile ed inserita in ambiente GIS. Infine, i dati vettoriali di output della classificazione sono stati rielaborati all'interno di ArcGIS 10 al fine integrarli all'interno degli shapefile forniti dal Comune stesso

## 3. Conclusioni

La classificazione così strutturata ha permesso di costruire quindi tre file vettoriali di output, rispettivamente

relativi agli edifici, ai manufatti industriali ed ai manufatti edilizi. Per ogni copertura è stato inserito un nuovo attributo relativo al nome della classe individuata con la metodologia descritta nella sezione precedente. Per questioni di riservatezza non è possibile riportare il numero di tetti che presentano coperture in c.a., si riporta pertanto in Figura 3 un grafico a torta che illustra le percentuali di presenza di tali tipologie di copertura sul territorio.

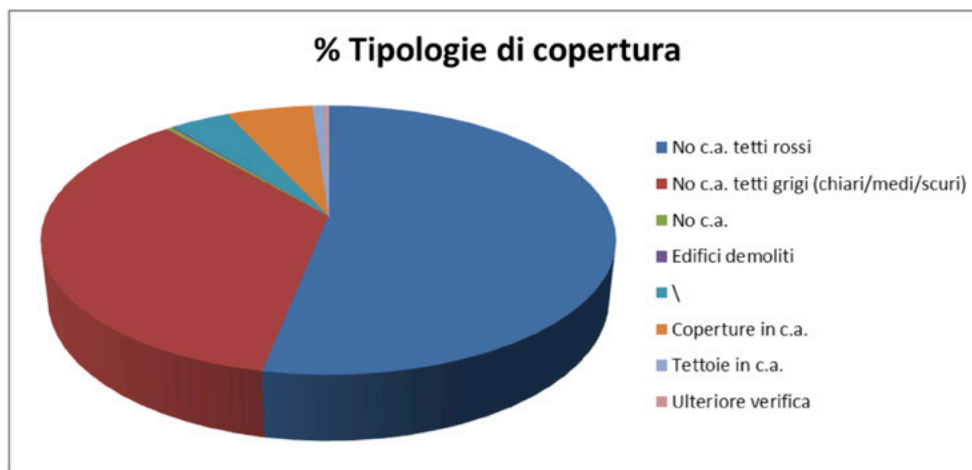


Figura 3 – Output della seconda classificazione (Nearest Neighbor) ed analisi per fotointerpretazione con distinzione delle diverse tipologie di coperture

Nell'applicazione proposta sono state rilevate alcune criticità relative alla risoluzione spaziale e temporale dei layer vettoriali dell'edificato.

La mappatura risultante andrà comunque validata da un tecnico competente che attesti anche lo stato di conservazione della copertura stessa (come prescritto dalla normativa della Regione Emilia Romagna).

## References

1. Maiuri, F., 2009. Amianto: nuove soluzioni per un vecchio problema. Prevent Res, published on line 24.
2. Van der Meer, et al. 2012. Multi-and hyperspectral geologic remote sensing: A review. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 14(1), 112-128.
3. Marino, C. M., Panigada, C., & Busetto, L. 2001. Airborne hyperspectral remote sensing applications in urban areas: asbestos concrete sheeting identification and mapping. In Remote Sensing and Data Fusion over Urban Areas, IEEE/ISPRS Joint Workshop 2001 (pp. 212-216). IEEE.
4. Bassani, C., Cavalli, R. M., Cavalcante, F., Cuomo, V., Palombo, A., Pascucci, S., & Pignatti, S. 2007. Deterioration status of asbestos-cement roofing sheets assessed by analyzing hyperspectral data. Remote Sensing of Environment, 109(3), 361-378.
5. Fiumi, L., Camillucci, L., Campopiano, A., Casciardi, S., Fioravanti, F., & Ramires, D. 2001. I dati iperspettrali MIVIS per la mappatura delle superfici in cemento-amianto e prime valutazioni sullo stato di degrado. In Atti della IV Conferenza Nazionale ASITA (Vol. 2, pp. 833-837).
6. Barrile, V., Bilotta, G., & Meduri, G. M. 2013. Riconoscimento di asbesto nelle coperture degli edifici con analisi object-based di immagini satellitari. Atti 17a Conferenza Nazionale ASITA - Riva del Garda 5-7 novembre 2013

## Fotogrammetria da UAV per una gestione smart dei centri storici minori.

D. Dominici<sup>1</sup>, M. Alicandro<sup>1</sup>, E. Rosciano<sup>2</sup>

<sup>1</sup> GeomaticaLab – DICEAA – University of L'Aquila,  
donatella.dominici@univaq.it, maria.alicandro@graduate.univaq.it

<sup>2</sup> Agenzia Spaziale Italiana – Matera Space Center  
elisa.rosciano@est.asi.it

Autore per la corrispondenza: (donatella.dominici@univaq.it)

Keywords: Fotogrammetria, UAV, centri storici minori, modellazione 3D.

### Introduzione

Il sisma che ha colpito l'entroterra aquilano nel 2009, come tutte le situazioni estreme, ha rappresentato una linea di confine. La sua potenza distruttiva ha creato macerie ma ha permesso allo stesso tempo di indagare fragilità strutturali e sociali. In particolare, i centri storici minori, già da tempi non sospetti destinati allo spopolamento, sono divenuti una occasione per iniziare a pensare ad un'azione mirata al recupero e alla riqualificazione sostenibile (1). La sostenibilità deve però confrontarsi con la presenza di elementi di valore ambientale e storico, superare un accurato processo di compatibilità e rendersi non invasiva e reversibile. A supporto di una riqualificazione smart del territorio si rende necessario un approccio multidisciplinare che, a partire da un'approfondita fase di conoscenza, permetta di identificare ricchezze e problematiche legate al territorio e di conseguenza di intervenire in maniera adeguata. La geomatica, con i suoi strumenti e metodologie di rilievo, offre svariate soluzioni multiscala per la creazione di dettagliati database georeferenziati atti ad una conoscenza e gestione del territorio e dell'edificato: dall'utilizzo di dati satellitari per la gestione del territorio a piccola scala fino all'utilizzo della fotogrammetria da UAV e laser a scansione per il rilievo di dettaglio.

Il laboratorio di Geomatica dell'Università dell'Aquila negli ultimi anni ha portato avanti una ricerca nell'applicazione della tecnica fotogrammetrica da UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) specializzata per il rilievo dei centri storici e soprattutto nel centro storico aquilano post-sisma (2, 3). La fotogrammetria da UAV in sinergia con le altre tecniche geomatiche si sono dimostrate ottime per la prima fase della conoscenza per il recupero e la riqualificazione dei centri storici stessi. Infatti i prodotti metrici di grande qualità (ortofoto ad altissima risoluzione, mappe di pendenza ed esposizione, cartografia numerica) fanno parte di un database essenziale per le Pubbliche Amministrazioni per la consultazione e la gestione dei dati territoriali presente e futura. In questa breve trattazione si intende descrivere in maniera sintetica un interessante caso studio che coinvolge uno dei centri minori nell'entroterra aquilano: Aielli.

### 1. Metodologia

Nel seguente paragrafo verrà presentato il caso di studio del centro urbano di Aielli (AQ), comune dell'entroterra abruzzese designato come "borgo autentico d'Italia" dall'omonima associazione "Borghi autentici d'Italia" (4). Il centro storico è caratterizzato da un borgo medievale e dai ruderi dell'antico borgo distrutto dal sisma del 1915 (5).

Il rilievo fotogrammetrico da UAV del centro storico è stato eseguito attraverso l'utilizzo di un Mini-UAV multirottore FlyNovex con a bordo una camera amatoriale Sony Alpha 6000 (24 Mpixel). Attraverso una pianificazione di volo è stata determinata la rotta per l'acquisizione dei fotogrammi con i seguenti parametri: focale della camera 16 mm, sovrapposizione longitudinale e trasversale dei fotogrammi 80% ed infine una quota di volo di 75 m che ha determinato la risoluzione media a terra del pixel (GSD =2 cm). Il numero di fotogrammi acquisiti per rilevare l'intero borgo è stato di 129. Per evitare problemi di occlusione, oltre ad un'elevata sovrapposizione dei fotogrammi, è stato eseguito un secondo volo con un'acquisizione obliqua con massima variazione del GSD di 4 mm. Il secondo volo è stato pianificato con le stesse caratteristiche del primo e ha permesso di ricostruire anche le facciate degli edifici. In seguito all'acquisizione dei fotogrammi, sono stati misurati 35 punti GNSS (GCPs e CPs), in modalità NRTK ( $\sigma=2-3$  cm), per la georeferenziazione e la validazione del modello finale. Per la ricostruzione del modello è stato eseguito il tipico approccio della *Structure From Motion* (SFM) e *Dense Matching* (6, 7) implementati in Agisoft Photoscan e riassunto nella seguente figura 1.



Figure 1 – Fasi principali di elaborazione: a) image matching; b) bundle adjustment; c) Dense Mating; d) Texture.

Per il bundle adjustment sono stati utilizzati 16 GCP che hanno permesso anche la georeferenziazione del modello finale, mentre i restanti punti sono stati utilizzati come CP per la validazione del modello finale ottenendo i risultati riportati in tabella 1.

# GCPs	Error (m)	Error (pix)
16	0.05	1.30
# CPs	Error (m)	Error (pix)
19	0.09	1.42

Tabella 1 – Report finale dei residui.

## 2. Risultati

Dalla restituzione fotogrammetrica sono stati estratti differenti output utili alla estrazione di informazioni metriche e qualitative del centro storico. In particolare le figure 2, 3 e 4 rappresentano il modello 3D, l'ortofoto (risoluzione 2 cm) e il modello digitale dell'elevazione (DEM) con risoluzione di 6 cm.

Ulteriori mappe tematiche sulla morfologia dell'edificato sono state estratte a partire dal DEM.



Figure 2, 3 e 4 – Modello 3D georeferenziato, Ortofoto e DEM di Aielli.

Il DEM ad altissima risoluzione (6 cm) ottenuto dal processo fotogrammetrico non permette di restituire direttamente dei valori di pendenza ed esposizione medie dell'edificato, ma bensì restituisce informazioni circa la pendenza ed esposizione delle tegole ed altri elementi presenti sulle coperture (comignoli, gronde, ecc). Per questo motivo, il DEM è stato sottoposto ad un ricampionamento, scegliendo una risoluzione ottimale di 20 cm. La restituzione è stata eseguita in ambiente GIS automatizzando il processo tramite il Model Builder di ArcMap e utilizzando gli algoritmi "Slope" e "Aspect" (8). Ulteriori filtri sono stati necessari al fine di rimuovere il rumore generato dalla presenza di altri elementi rilevati (p. es.: alberi, automobili, lampioni, ecc.). Nelle figure seguenti, 5 e 6, sono riportate le mappe tematiche restituite.



Figure 5 e 6 – Mappa delle pendenze ed esposizioni.

### 3. Conclusioni

Per la riqualificazione dei centri storici attraverso una progettazione sostenibile si rende necessaria un'approfondita fase di conoscenza preliminare qualitativa e quantitativa. La tecnica fotogrammetrica da UAV, in sinergia con le altre tecniche di rilievo, si dimostra una fase essenziale in tale processo.

I risultati ottenuti possono essere archiviati in un database e gestiti da un GIS interrogabile in relazione alle molteplici necessità e integrabile continuamente con informazioni aggiuntive provenienti da altri studi territoriali e sociali e utilizzabile per una visualizzazione 3D tematizzata.

Inoltre i parametri ottenuti dalla classificazione possono essere aggiornati con dati di altri sensori quali il multispettrale o il termico e aumentare le potenzialità decisionali per un sostenibile riuso di un centro storico.

### References

1. Marchionni, C., 2015. "A sustainable methodology for the rehabilitation of minor historic centres. A case study in the seismic crater of Abruzzo Region". *Tema Tempo Mater. Archit.* 1, 66–71.
2. Dominici, D. et al., 2016. "UAV photogrammetry in the postearthquake scenario: case studies in L'Aquila". *Geomatics, Natural Hazards and Risk*. pp. 1–17.
3. Dominici, D., et al. "Multiscale documentation and monitoring of l'aquila historical centre using uav photogrammetry." *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences* 42 (2017).
4. <https://www.borghiautenticitalia.it/borgo/aielli> visitato in data 06/06/2017.
5. <http://www.comune.avezzano.aq.it/> visitato in data 26/01/2016.
6. Westoby M J, Brasington J, Glasser N F, Hambrey M J, Reynolds J M. 2012. Structure-from-Motion' photogrammetry: A low-cost, effective tool for geoscience applications. *Geomorphology*. [Internet]. 179: 300–314. Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169555X1200421>
7. Barazzetti L, Forlani G, Remondino F, Roncella R, Scaioni M. 2011. Experiences and achievements in automated image sequence orientation for close-range photogrammetric projects. *Proc. SPIE 8085, Videometrics, Range Imaging, and Applications XI*, 80850F; 2011 May 23; Munich (DE).
8. Burrough, P.A., McDonnell, R., McDonnell, R.A., Lloyd, C.D., 2015. *Principles of geographical information systems*. Oxford University Press.

A. Fiduccia<sup>1</sup>, F. Gugliermetti<sup>2</sup>, L. Gugliermetti<sup>3</sup>

DIAEE Dipartimento di Ingegneria Astronautica, Elettrica ed Energetica, Università "Sapienza", Roma

<sup>1</sup> andrea.fiduccia@uniroma1.it; <sup>2</sup> franco.gugliermetti@uniroma1.it; <sup>3</sup> luca.gugliermetti@uniroma1.it

Corresponding author: andrea.fiduccia@uniroma1.it

Keywords: telerilevamento, Copernicus, Sentinel, ICZM

### Abstract

Obiettivo della comunicazione è illustrare una linea di ricerca attiva presso il DIAEE – Dipartimento di Ingegneria Astronautica, Elettrica ed Energetica dell'Università di Roma "Sapienza" relativa all'analisi dei dati telerilevati ed ai sistemi di supporto alle decisioni georeferenziati per le strategie e le politiche di gestione integrata delle coste (ICZM – Integrated Coastal Zone Management). Nell'ambito del framework di ricerca, il telerilevamento satellitare è impiegato come piattaforma informativa generalizzata. La sperimentazione in corso utilizza le immagini satellitari Copernicus Sentinel 1 e 2.

### Introduzione

Le zone costiere rivestono un'importanza strategica in quanto accolgono una percentuale elevata di popolazione, costituiscono una fonte rilevante di alimenti e materie prime, rappresentano un collegamento fondamentale per i trasporti e le attività commerciali, ospitano alcuni tra gli habitat naturali più interessanti e sono un luogo privilegiato per il tempo libero. Esse sono però soggette a gravi problemi quali la distruzione degli habitat, la contaminazione delle acque, l'erosione costiera e l'impoverimento delle risorse. Lo sfruttamento eccessivo delle limitate risorse delle zone costiere porta a conflitti sempre più frequenti tra gli utilizzatori che insistono sulle stesse aree.

Le zone costiere soffrono inoltre di gravi difficoltà socioeconomiche e culturali, quali la disgregazione del tessuto sociale, la marginalizzazione, la disoccupazione e la distruzione del patrimonio provocata dall'erosione. Il grande valore delle zone costiere e la loro potenzialità hanno imposto di trovare soluzioni a tali problemi (UE Commission, ICZM a strategy for Europe COM 2000, Agenda 21).

Non esistono soluzioni legislative e/o tecniche semplici a problemi di tale complessità; l'eterogeneità delle condizioni fisiche, economiche, culturali richiede una risposta flessibile che indirizzi le strategie verso la ricerca di una soluzione ai problemi reali. Si rende quindi necessario un approccio integrato e partecipativo – l'ICZM – che garantisca non solo una gestione sostenibile delle coste a livello ambientale ed economico, ma sia anche coesivo a livello sociale.

Lo sviluppo del modello ICZM ha dato vita, nei paesi interessati, all'implementazione di varie iniziative, differenti per scopi, metodologie e obiettivi, strategie di medio e lungo periodo, delle quali le più avanzate sono basate sulla condivisione di azioni collettive e concertate, come elemento chiave per raggiungere lo sviluppo sostenibile delle coste [1]. Comunque, anche se l'evoluzione delle teorie di *costal management* ha abbandonato il *framework* dominante negli anni 50' dello *shellfish man*, in continua lotta con gli altri utilizzatori al fine di massimizzare la propria utilità, gli ICZM continuano a vedere nell'analisi di vulnerabilità, di pericolosità e di rischio, naturale e antropico, le loro imprescindibili fondamenta conoscitive [2], specialmente per quelle risorse che hanno il carattere di beni comuni [3].

### 1. Obiettivi e metodologia

L'obiettivo della ricerca è quello di creare strumenti georeferenziati e web-based in grado di individuare e valutare possibili strategie e best practices di ingegneria naturalistica per la fruizione e gestione sostenibile della fascia costiera, sulla base di elementi conoscitivi e previsionali delle dinamiche evolutive, di origine naturale e antropica, che investono la fascia marino-costiera.

Il monitoraggio ambientale in remoto delle caratteristiche fisiche, geomorfologiche, biotiche e antropiche, affiancato da indagini in campo, ove realizzabili, e/o dal *data mining*, attuale e storico, costituirà la piattaforma conoscitiva sulla base della quale saranno individuati i parametri necessari alla definizione di indicatori e successivamente di indici, ottenuti dall'aggregazione di parametri e/o indicatori opportunamente pesati e/o elaborati, atti a esprimere/descrivere:

- la pressione esercitata dalle attività umane e dagli eventi naturali;
- le trasformazioni indotte nelle componenti ambientali dai fattori di pressione;
- le risposte dell'ambiente alle azioni umane orientate alla mitigazione degli impatti e al miglioramento/mantenimento delle risorse;
- il rischio inteso come danno atteso per l'uomo e per l'ambiente.

I metodi utilizzati per costruire gli indici ambientali a partire dagli indicatori e dai parametri (modelling tools), saranno funzione del grado di complessità e di disaggregazione spaziale utilizzata per il sito analizzato. Si comporranno pertanto indici semplici, ottenuti mediante trasformazioni basate su media aritmetica e/o ponderata, e indici compositi, sviluppati con approcci olistici, che faranno ricorso a metodi di composizione matriciale, oppure saranno frutto, eventualmente nel caso in cui siano presenti aspetti dinamici della linea di costa, di modelli di simulazione numerici atti a rappresentare i fenomeni naturali connessi ai processi di erosione.

Le metodologie di monitoraggio in remoto e in situ, l'individuazione degli indici ambientali e le analisi di rischio utilizzate saranno basate sulle attuali best practices e studi reperibili in letteratura relativamente all'analisi di sostenibilità ambientale e gestione delle fasce marino-costiere, in modo da favorire l'interscambio dei risultati raggiunti con altre realtà operanti in campo ambientale. In particolare per gli indicatori ambientali si farà riferimento alle indicazioni fornite dall'OECD in grado di esprimere le sequenze causali esistenti tra azioni antropiche, influenze sulle condizioni ambientali e risposte della società per mitigare gli impatti; mentre per l'analisi di rischio, prevalentemente orientata nella presente ricerca agli aspetti di cambiamento della linea costiera, si assumeranno le linee guida fornite dal progetto europeo EUROSION, dedicato allo studio dei fenomeni erosivi delle coste. Con tale approccio la pericolosità dell'evento considerato (in termini di predisposizione del sito a essere sede dell'evento oppure della probabilità del suo verificarsi), e il danno da esso provocato (in termini di vulnerabilità dei beni e del loro valore) è ricondotta a opportuni indici di valutazione.

Sarà inoltre utilizzato il *know-how* acquisito dal DIAEE nelle tematiche connesse agli ICZM grazie alle sue pluriennali collaborazioni con il Ministero dell'Ambiente [4], con le autorità portuali italiane ed estere, nonché ai tools sviluppati con il progetto europeo GreatMed.

L'individuazione, analisi, utilizzo ed elaborazione degli indici di vulnerabilità EVI (*Environmental Vulnerability Indices*) e di pericolosità HI (*Hazard Indices*), la loro rappresentazione cartografica geo-referenziata sarà affrontata con uno "*scale down approach*", laddove necessario a causa di notevoli differenze ambientali e antropiche presenti lungo la costa analizzata. Ovvero, a partire da informazioni a carattere generale e da immagini satellitari a media-bassa risoluzione, si individueranno indici semplici e mediante idonei modelling tools, si realizzeranno le corrispondenti mappe tematiche di macroscale, dalle quali saranno individuate, con la collaborazione dei ricercatori e autorità locali, le aree particolarmente a rischio (HRA). Le HRA fungeranno da reference case per la definizione di parametri e modelling olistici più dettagliati, atti a produrre indici ambientali compositi più significativi rispetto a quelli precedentemente utilizzati. All'interno delle HRA si procederà a individuare un'area di studio pilota (HRPA) per la quale saranno effettuate mappature di dettaglio. Tali mappe saranno validate e testate, anche nei loro strumenti operativi, attraverso una verifica e un monitoraggio, ove possibile e già disponibile, in situ, oppure sulla base di data mining. Testata l'affidabilità della metodologia utilizzata, si procederà all'implementazione delle relative procedure di modelling e allo sviluppo di tools operativi per la gestione.

Tutte le informazioni prodotte dal progetto, nelle sue varie fasi di scale down, saranno inserite in un archivio e rese disponibili mediante interfaccia utente attraverso un sistema Web-GIS che permetta di effettuare sia query sui dati archiviati mediante filtri spaziali e temporali, sia elaborazioni a carattere previsionale di natura dinamica e/o statica. Tutto ciò porterà alla realizzazione di un'infrastruttura informativa aperta che potrà essere utilizzata per la gestione di tutte le fasi del progetto nell'ottica, alla fine delle attività di ricerca, di un integrale trasferimento alle autorità locali.

## 2. Le immagini satellitari per l'ICZM

Nell'ambito del framework di ricerca qui presentato, gli indici EVI, HI e RI saranno elaborati sulla base del telerilevamento satellitare impiegato come piattaforma informativa generalizzata.

Le immagini satellitari a bassa risoluzione (200-300 metri) in questi ultimi anni hanno trovato ampio spazio all'interno degli studi di sostenibilità ambientale della fascia marino-costiera sia per la loro aumentata disponibilità, sia perché in grado, in alcuni casi, di fornire informazioni in tempo reale (30 minuti) o quasi reale (entro 2-3 ore) adatte alla rappresentazione della dinamicità evolutiva delle coste.

Per i dati in media-alta risoluzione (30 m) e altissima risoluzione, invece, la diffusione e l'utilizzo in chiave

ambientale risulta meno pervasivo a causa, fino ad oggi, degli alti costi di acquisizione, del volume di dati necessari, dei problemi tecnici di elaborazione delle immagini prevalentemente basati su sistemi proprietari e di scelte politiche nell'accessibilità alle informazioni grezze.

L'ESA e la Commissione Europea nell'ambito dell'iniziativa GMES - successivamente denominata Copernicus - stanno sviluppando un sistema per l'analisi marina e costiera. Il sistema si propone di fornire informazioni utili per la prevenzione di scenari di rischio dovuti a fenomeni naturali e all'opera umana. I dati dei satelliti Sentinel 1 e 2 del programma Copernicus sono liberamente scaricabili per attività di ricerca. Sentinel-1 è una costellazione di due satelliti che operano in C-Band (*Synthetic Aperture Radar*) con risoluzione fino a 5 metri. I due satelliti offrono un ciclo di rivisitazione esatta di sei giorni e i loro dati vengono consegnati al segmento di servizio entro un'ora dall'acquisizione. Sentinel-1 è applicato in diversi campi, come l'agricoltura (identificazione dei tipi di colture, monitoraggio delle condizioni di coltura, misurazione dell'umidità del suolo), l'oceanografia (identificazione del ghiaccio marino, misurazione del campo di vento costiero, rilevamento della fuoriuscita di petrolio), il monitoraggio geofisico dei rischi naturali, l'analisi della serie temporale della deformazione superficiale, la generazione di DEM, ecc. [5].

Sentinel-2 è una costellazione di due satelliti dotati di uno strumento ottico in grado di campionare 13 bande spettrali a diverse risoluzioni spaziali (10 m, 20 m e 60 m) [6]. La costellazione Sentinel-2 garantisce un tempo di rivisitazione di cinque giorni alle stesse condizioni di visualizzazione. Le applicazioni di Sentinel-2 sono la mappatura della copertura del suolo e la change detection della copertura del suolo e la valutazione dei parametri biogeofisici come il Leaf Cover (LC), il Leaf Area Index (LAI), e il Leaf Chlorophyll Content (LCC) [6]. I dati Sentinel 1 e 2 sono stati scelti per la sperimentazione della costruzione dei tematismi strumentali al calcolo degli indici EVI, HI e RI.

## Bibliografia

1. N. A. Steins, *All Hands on Deck: An Interactive Perspective on Complex Common-Pool Resource Management Based on Case Studies in Coastal Waters of the Isle of Wight (UK), Connemara (Ireland) and the Dutch Wadden Sea*. Wageningen University, 1999
2. T. O'Riordan, P. Vellinga, *Integrated Coastal Zone Management: the next steps*. In: *Worldcoast '93*, eds. P. Beukenkamp, P. Gunther and R. Klien, National Institute for Coastal and Estuarine Management, Coastal Zone Management Centre, Noordwijk, The Netherlands, 1993
3. E. Ostrom, *Governing the commons. The evolution of institutions for collective actions*, Cambridge University Press, 1990
4. D. Astiaso Garcia, B. Bruschi, F. Cumo, F. Gugliermetti, *The Oil Spill Hazard Index (OSHI) elaboration. An oil spill hazard assessment concerning Italian hydrocarbons maritime traffic*, *Ocean & Coastal Management*, 80, 2013
5. ESA, *'SENTINEL-1 User Handbook'*, ESA, 2013
6. ESA, *'SENTINEL-2 User Handbook'*, ESA, 2015



## Risk awareness, knowledge, technological tools

F.R. Luger<sup>1</sup>, P. Farabollini<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ISPRA Istituto Superiore Protezione e Ricerca Ambientale – Dip. Servizio Geologico d'Italia

<sup>2</sup> Università di Camerino – Dip. Scienze della Terra - piero.farabollini@unicam.it

Corresponding author: francesca.lugeri@isprambiente.it

Keywords: Landscape, Geological hazard, GIS, Remote sensing

### Abstract

Mankind, throughout history, has become aware of the surrounding environment, of which he himself is part: knowing the environment in which one lives, is a process of fundamental importance for the survival itself. Today more than ever it assumes strategic importance, particularly referring to the last seismic events occurred in the Centre of Italy. We are living an era defined as postmodern.

A plethora of tools and sources offer everyone around the world the possibility of participating in social dynamics, a resulting side effect of which is an extreme superficiality and fragmentation of knowledge. Yet, more and more, social awareness of risk, requires a knowledge that keeps pace with the dizzying speed of technological evolution.

### Introduction

The difficult path towards knowledge has been characterized, at various times, by different approaches, conditioned by the availability of tools and resources, as well as by the particular historical social, political phases.

At last, today is shared the need of an integrated, holistic knowledge, taking into account all the aspects that make up the complexity of the environment, as shown in the real life of our planet. Modern technology offers new powerful tools: Remote Sensing and GIS are able to synthesize, manage and represent a large amount of data; thanks to GIS it's almost easy to reach an evaluation of the state of the studied landscapes, referring to the dual risk/resource which characterizes our country.

### 1. Methods

Landscape plays a key role in this since it is the aspect of the environment which people perceive and with which people interact. It is the object of human perceptions as well as the result of the endogenous and exogenous activities that mould the Earth's surface

The main goal of a complete Landscape analysis, consists in identifying and monitoring the natural environment, thanks to models obtained by GIS technology, analyzing: an upgradeable, multi-scale system, capable of holding a wide range of information about the physical, biotic and anthropic territory, considered both individually and in their mutual interaction and integration. A methodological approach based on these assumptions can lead to improvement of adequate tools for territorial planning and land use.

Remote Sensing, in general, and satellite imagery in particular, make available a multi-scale and multispectral observation of the studied area.

The unsupervised processing of the images give us a series of thematic vision that can be improved thanks to a supervised analysis, made by field controls.

The study of the landscape can be described through a series of steps, but should be understood as a process whose phases, related to different disciplines are integrated rather than simply in succession.

A holistic approach requires a different point of view compared to that own of the specific disciplines, and gets closer to the natural aptitude to observation. In this sense the study of the landscape contrasts with the fragmentation of knowledge: it requires a collective action, in which everyone is aware of putting their discipline in the service of a cognitive strategy. At the same time, it offers new perspectives in the transmission of knowledge, while opening a dialogue between technicians, decision makers/ politicians, citizens.

The technological tools stimulate the development of new and effective procedures, while providing flexible and easy to use products, that are indispensable for planning, as well as suitable to communicating science: the most crucial steps to education and social involvement in environmental policies.

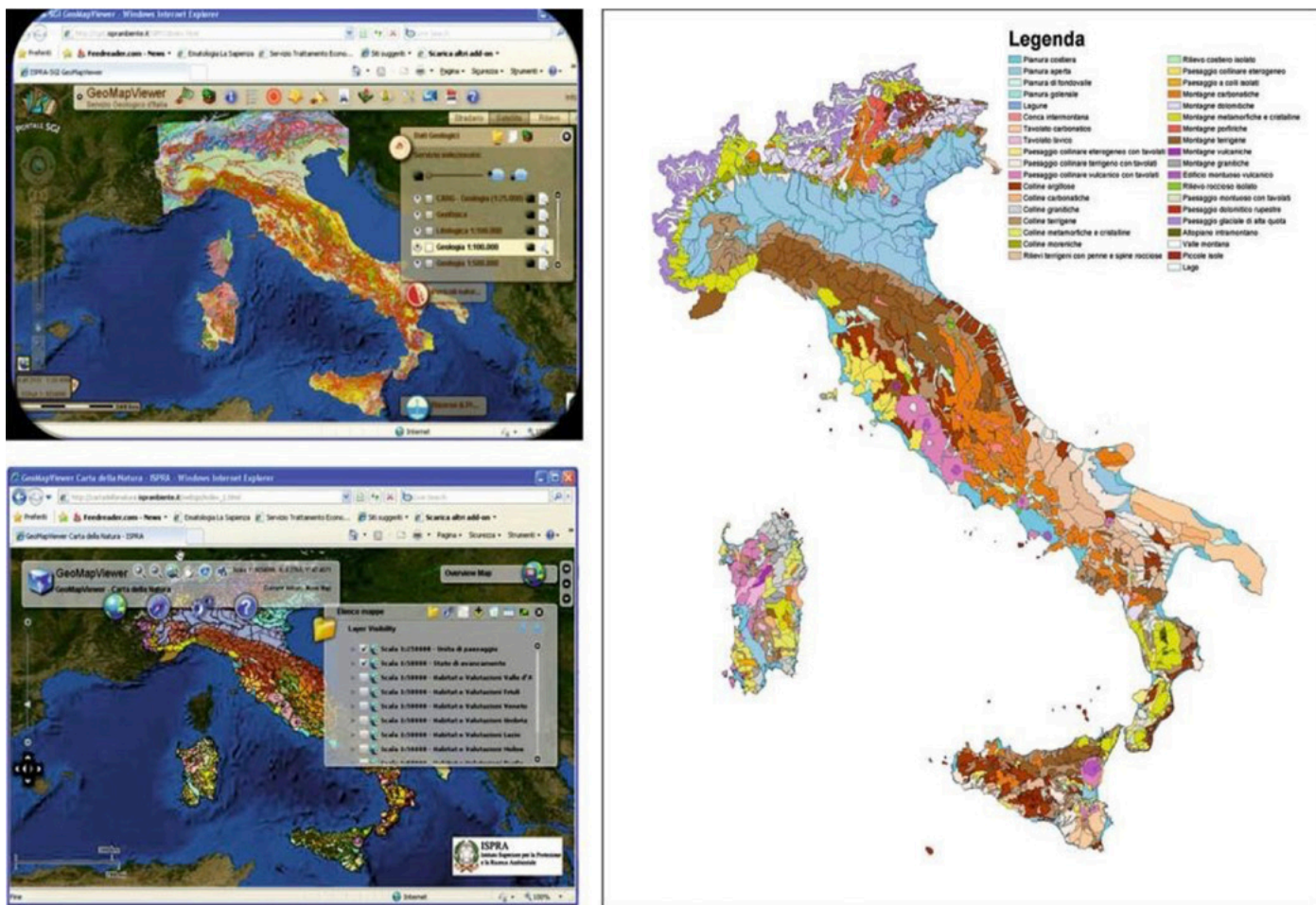


Figure 1 – Physiographic Units of Italy Map (right) <http://www.isprambiente.gov.it/files/carta-della-natura/tipi-e-unita-fisiografiche.jpg> from geological map (in the upper left) and “Carta della Natura” map (bottom left)

## 2. Results

One of the most interesting products of an integrated approach in studying territory, making territorial analysis comprehensible to the widest public, is the Carta della Natura (1.1) a GIS based tool, which provides various scales of analysis that are important for a study of different types of problems.

In the “Carta della Natura” project, the entire Italian territory is studied at different scales of analysis (Amadio et al. 2002; APAT 2003) performing the recognition and the evaluation of the territorial reference units. All of the units, at the different scales, are identified through an integrated study and synthesis of the composition and pattern of the elements that constitute their physiognomy

The Landscape Physiographic Units (scale 1:250,000) are homogeneous areas, identified by a deductive reasoning, accordingly mapped and described. Further, they are classified following a specifically designed legend of landscape types which synthesizes, by an inductive reasoning, the associations of typical land features recognizable at a regional scale. A further, more detailed analysis is performed at the scale 1:50.000. the identifying criteria are referred to the CORINE biotopes classification code. At this scale, the biotic component holds a key role in the functional ecosystem dynamics. Therefore, a particular attention is devoted, in the study of nature and territory, to the cognitive and conservative strategies of vegetation and forests. The flora is also more accessible to observation and monitoring and the gathered data can be extended to other sciences. The main topics of the project have been formulated referring to different systems, different context, different point of view.

## 3. Conclusions

The landscapes that make up the background to our life, if recognized, understood, and decoded in their natural history and their value, they become part of everyone’s cultural heritage; it is this cognitive process that activates a virtuous cycle that revitalizes the ties between humanity and the environment and fosters a more creative participation from everybody for a balanced management of territory and sustainable development, an important resource in these times of crisis.

Remote sensing, Web and GIS are the ideal support to integrate, develop and represent data and information in an interactive way. In particular, the GIS relative to the units of landscape, are used to identify the areas of special interest and sites with specific characteristics.

As ratified in the European Landscape Convention "landscape is everywhere and is an essential element of quality of life and cooperates in the development of local cultures", thus it represents a fundamental component of Europe's cultural and natural assets and contributes to the well-being and satisfaction of human beings. The innovation introduced by the Convention is its intent to attain sustainable development founded on a balanced relationship between social needs, economic activity and the environment.

Adequate measures to safeguard, manage and wisely develop territory can lead to the creation of new jobs.

## References

1. Amadio V. 2003. *Analisi di sistemi e progetti di paesaggio*. Franco Angeli, Milano, Italy. p. 236.
2. Forman R.T.T., Godron M. 1986. *Landscape Ecology*. Wiley, New York, NY, USA. p. 620.
3. Farabollini P., Luger F.R., Amadio V., Aldighieri B. 2014. The role of Earth Sciences and Landscape Approach in the Ethic Geology: Communication and Divulgation for the Prevention and Reduction of Geological Hazards. Springer, Heidelberg, Germany, Volume 7. pp. 115–120.
4. Luger F.R., Farabollini P., Graziano G., Amadio V. 2012. GEOHERITAGE: Nature and culture in a landscape approach. *European Geology* 34: 23–28.
5. Luger F.R., Farabollini P., Greco R., Amadio V. 2015. The Geological Characterization of Landscape in Major TV Series: A Suggested Approach to Involve the Public in the Geological Heritage Promotion. *Sustainability* 7(4): 4100-4119. doi:10.3390/su7044100
6. Naveh Z., Lieberman A.S. 1994. *Landscape Ecology Theory and Application*. Springer Series on Environmental Management, Springer, New York, NY, USA. p. 360.
7. Troll C. 1950 *Die geografische Landschaft und ihre Erforschung*. Springer, Heidelberg, Germany. pp. 163–181.
8. Turner M.G., Gardner R.H., O'Neill R.V. 2001. *Landscape Ecology in Theory and Practice: Pattern and Process*. Springer, New York, NY, USA. p. 401.

S. Mantovani, D. Barboni

MEEO S.r.l., Ferrara, Italy

## Abstract

For more than three decades satellite platforms for Earth Observation have provided a worldwide description of the environment, generating hundreds of Petabytes of data. The strong improvement of data availability and increasing of data volume, together with the raised awareness of the on-going climate change, have made people at any level (from citizens to decision makers to scientists) more sensitive to any environmental issue, improving their inclination to invest to improve monitoring and mitigate impacts.

In this scenario, the EO Data Service facilitates the exploitation of the amount of environmental data that each user can access at any time, simplifying at the same time the exploitation and results retrieval. EO Data Service is a platform to manage the fully data lifecycle, from the collection to the delivery of products to the users.

A large variety of geospatial data from low/medium to high/very high resolution including point data, vector data and multi-dimensional raster data can be explored with the only requirement that each dataset shall feature a geographic and time tag.

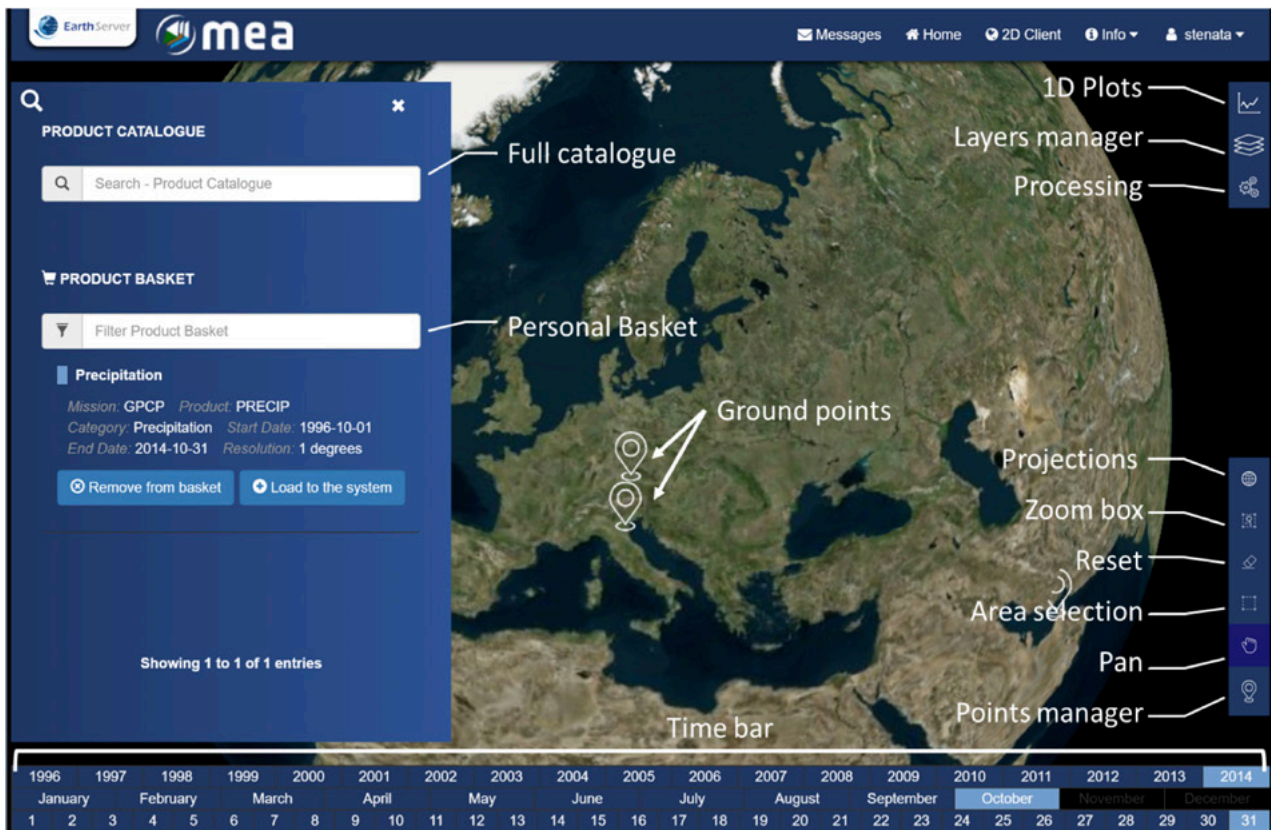


Figure 1. EO Data Service web GUI with main feature identified.

EO Data Service is a cross-domain platform that holds a wide range of environmental and social data for various thematic applications:

- High resolution satellite data distribution, exploiting the concept of Hypercube in the ESA MaaS project ([1])
- Land surface monitoring via the ESA InSARItaly project ([2])
- Atmosphere, ocean and climate applications via the EarthServer 1 / 2 projects ([3]) and the Climate KIC WAT-ENER\_CAST project ([4])
- Climate health applications via the ESA - World Bank EOCHA initiative ([5][6])
- Urban Environment monitoring via the URBMobi Climate KIC project ([7])

The EO Data Service is co-financed by the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under the EarthServer-2 project (Grant Agreement No. 654367) and the European Space Agency under the MaaS project (ESRIN Contract No. 4000114186/15/I-LG).

1. EO Datacube <http://eodatacube.eu/>
2. InSAR Italy Open Data Portal <http://insaritaly.services.meeo.it>
3. EarthServer project page <http://earthserver.eu/>
4. WAT-ENER\_CAST project page <http://www.climate-kic.org/projects/wat-ener-cast/>
5. EOCHA - Earth Observation for Climate-related Health risk in Africa <http://eochoa.services.meeo.it/>
6. EOCHA usage <https://www.youtube.com/watch?v=CoBQoojOK2M>
7. URBMOBI Project page <http://www.climate-kic.org/projects/urban-mobile-instruments-for-environmental-monitoring/>

## ENVI Crop Science: un nuovo tool in supporto all'Agricoltura di Precisione

A. Marchesi, P. Filippi

*Harris Geospatial, andrea.marchesi@harris.com*

*Harris Geospatial, paola.filippi@harris.com*

Corresponding author: andrea.marchesi@harris.com

Keywords: Big Data, Agricoltura, Soluzioni Enterprise, ENVI Crop Science, Sentinel-2

### **Abstract**

L'innovazione tecnologica, la sempre maggiore disponibilità di missioni e immagini satellitari, la crescita del mercato di droni, lo sviluppo di nuovi sensori, sono tutti elementi che determinano una complessità e volume di dati geospaziali che possono essere raggruppati sotto il nome di "Big Data".

Da pochi mesi è stato lanciato con successo Sentinel-2B, l'ultimo satellite del programma Copernicus; insieme, i due satelliti Sentinel-2, sono in grado di fornire ogni 5 giorni dati gratuiti ad alta risoluzione che consentono la creazione di prodotti e servizi basati su tecnologia satellitare.

Le opportunità per sviluppo di applicazioni e di servizi legati all'utilizzo di Big Data geografici sono molteplici ed Exelis/Harris Geospatial da anni è impegnata nello studiare soluzioni e fornire gli strumenti adatti per soddisfare le necessità di professionisti e scienziati.

In questo Workshop saranno presentate le ultime novità sviluppate da Harris per il settore dell'Agricoltura, con particolare enfasi alla possibilità di progettare un'architettura enterprise in grado di sfruttare gli algoritmi di ENVI con i Big Data e fornire un servizio di monitoraggio al fine di ridurre costi e risorse ottimizzando la produzione.

## Il monitoraggio del consumo di suolo in Italia a cura del Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente

I. Marinosci<sup>1</sup>, L. Congedo<sup>2</sup>, M. Di Leginio<sup>3</sup>, M. Munafò<sup>4</sup>, A. Raudner<sup>5</sup>

ISPRA, Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale

<sup>1</sup> ines.marinosci@isprambiente.it ; <sup>2</sup> ing.congedo.luca@gmail.com ; <sup>3</sup> marco.dileginio@isprambiente.it

<sup>4</sup> michele.munafò@isprambiente.it; <sup>5</sup> astrid.raudner@isprambiente.it

Corresponding author: ines.marinosci@isprambiente.it

Keywords: consumo di suolo, monitoraggio, telerilevamento

### Abstract

Nell'ambito del rapporto annuale del Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA) sul consumo di suolo viene fornito un quadro aggiornato e indicatori utili a valutare le caratteristiche e le tendenze dei processi di trasformazione del nostro territorio, considerando il passaggio da una copertura non artificiale a una copertura artificiale del suolo.

La cartografia relativa agli anni 2015 e 2016 è prodotta in formato raster con una risoluzione spaziale di 10 m, grazie all'utilizzo dei dati satellitari della missione Sentinel-2A dell'ESA, progettata nell'ambito del programma europeo *Copernicus* (1\*). La metodologia applicata ha fatto uso di algoritmi di classificazione semi-automatica integrati da foto interpretazione di tipo manuale. I risultati di questo lavoro, aggiornati al 2016, frutto delle attività di ISPRA e del Sistema Agenziale, evidenziano la progressiva espansione delle infrastrutture e delle aree urbanizzate e contribuiscono ad aumentare la conoscenza del fenomeno del consumo di suolo, base essenziale per una politica di salvaguardia del nostro territorio e del nostro paesaggio.

### Introduzione

Il suolo è una risorsa fondamentale, è al centro di un sistema di relazioni tra uomo e cicli naturali che assicurano il sostentamento della vita, è riserva di biodiversità, ma è anche base per la produzione agricola e zootecnica, per lo sviluppo urbano, per la mobilità di merci e persone, per il benessere ed il godimento dei valori estetici (ISPRA, 2015). Il consumo di suolo è un fenomeno associato alla perdita di una risorsa ambientale fondamentale, dovuta all'occupazione di superficie originariamente agricola, naturale o seminaturale e si riferisce, quindi, a un incremento della copertura artificiale di terreno, legato alle dinamiche insediative (ISPRA, 2016). E' dallo scorso anno, ovvero dall'approvazione della legge n.132 del 2016 che istituisce il Sistema nazionale a rete per la protezione dell'ambiente, che viene affidato al Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente il compito fondamentale di effettuare il monitoraggio del consumo di suolo.

### 1. Materiali e metodi

La carta nazionale del consumo di suolo realizzata da ISPRA identifica le aree coperte da superficie artificiale a livello comunale, provinciale e regionale. La risoluzione geometrica è in linea con i dati disponibili nell'ambito del programma *Copernicus* ed in particolare della missione Sentinel-2A che fornisce dati multi spettrali con una risoluzione di 10 metri. Il processo di classificazione è basato sull'applicazione di algoritmi di classificazione semi-automatica, basati anche sul calcolo dell'NDVI, integrati da attività di foto interpretazione. La metodologia di analisi ha potuto beneficiare della grande disponibilità di dati Sentinel-2A che ha prodotto coperture multi-temporali del territorio a tutto vantaggio della qualità del processo di change detection. La variazione della risposta spettrale con la stagionalità è infatti un elemento critico nelle analisi di change detection soprattutto per quanto riguarda la valutazione dei cambiamenti nelle aree agricole. In particolare, è stato possibile elaborare un raster, per la totale estensione dell'Italia, costituito dai valori massimi di NDVI (Fig. 1) calcolati da immagini acquisite durante il periodo per cogliere la differente fenologia stagionale della vegetazione. Ciò ha permesso di elaborare una maschera di aree non consumate (con NDVI massimo superiore ad un valore limite) e aree di possibile consumo di suolo (NDVI massimo inferiore al valore limite), al fine di migliorare il risultato della classificazione semi automatica e di concentrare la fotointerpretazione dei cambiamenti. Le stime sulle superfici sono state realizzate attraverso una proiezione dei dati in un sistema equivalente (ETRS\_1989\_LAEA).

## 2. Risultati

I risultati (ISPRA, 2017) ottenuti dalle elaborazioni, mostrano a livello nazionale una copertura artificiale equivalente a circa 23.000 km<sup>2</sup>, con un incremento di quasi 5.500 ettari di suolo consumato rispetto allo scorso anno. A livello regionale e in valori assoluti di superficie consumata, la Sicilia risulta essere la regione che ha avuto più cambiamenti (oltre 700 ettari) seguita dalla Lombardia (oltre 600 ettari). Le regioni che invece hanno consumato meno suolo sono l'Umbria, la Val d'Aosta e la Basilicata, rispettivamente con cambiamenti inferiori a 10 ettari per l'Umbria, a 25 ettari per la Val d'Aosta e 35 ettari per la Basilicata. Esaminando invece i dati espressi in percentuale di suolo consumato sul totale dell'area delimitata dal limite amministrativo, il valore nazionale è 7,6%, mentre le regioni con i valori più alti risultano essere la Lombardia e il Veneto con oltre il 12% seguite dalla Campania con oltre il 10%. Per contro le regioni più virtuose sono la Valle d'Aosta e la Basilicata con valori intorno al 3% di superficie consumata.

## 3. Conclusioni

Questo lavoro riporta i risultati delle attività di monitoraggio per la realizzazione della carta nazionale del consumo di suolo aggiornata al 2016, realizzate dal Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA), rese possibili grazie anche all'entrata in vigore della legge n.132 del 2016. La metodologia applicata è basata su tecniche di classificazione semi-automatiche e sull'utilizzo di mappe elaborate a partire dai valori dell'NDVI elaborati da immagini Sentinel 2-A. I risultati mostrano il continuo avanzamento nel 2016 del consumo di suolo che a livello nazionale copre il 7,6% dell'intero territorio. A livello regionale si confermano rispetto allo scorso anno due regioni del nord, Lombardia e Veneto, che detengono il primato di suolo consumato in percentuale sulla superficie regionale, e Valle d'Aosta e Basilicata che hanno invece i valori più bassi.

## Riferimenti bibliografici

1. ISPRA, Il consumo di suolo in Italia, Rapporti ISPRA, 218/2015
2. ISPRA, Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici, Rapporti ISPRA, 248/2016
3. ISPRA, Consumo di suolo, dinamiche territoriali e servizi ecosistemici, edizione 2017 Rapporti ISPRA, 2017 (2\*)

1\*) Copernicus (già noto come GMES - Global Monitoring for Environment and Security) è il programma europeo finalizzato alla realizzazione di un sistema per l'osservazione della terra in grado di rendere disponibili alcuni servizi informativi e cartografie in diversi settori (Emergency, Security, Marine, Climate Change, Atmosphere, Land; EEA, 2013).

2\*) Il rapporto 2017 è in corso di pubblicazione. I dati sono liberamente accessibili per il download sul sito dell'ISPRA [www.consumosuolo.isprambiente.it](http://www.consumosuolo.isprambiente.it)

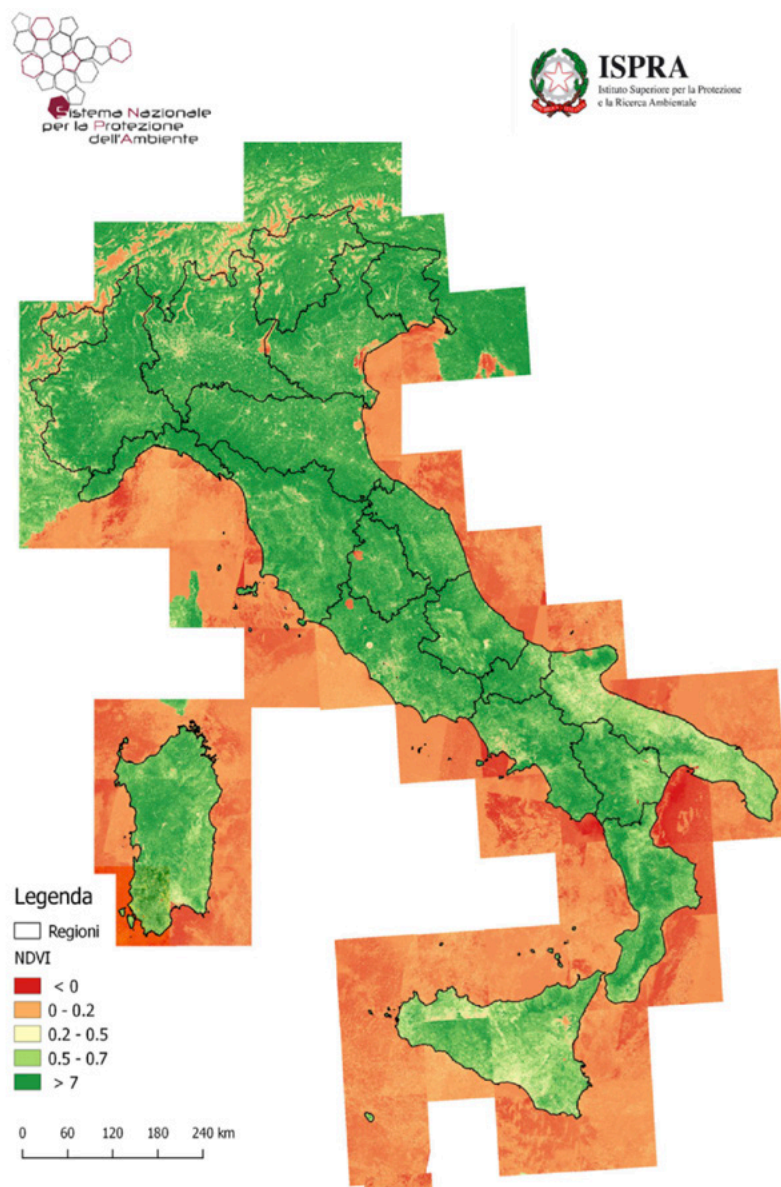


Figura 1 – Carta dei valori massimi di NDVI elaborate da immagini Sentinel-2A. Fonte: ISPRA



## FLOWERED-GeoDBapp: Crowd-Generating Data e immagini Sentinel a supporto di un sistema di gestione dell'acqua nella East African Rift Valley

M. T. Melis <sup>a\*</sup>, F. Dessì <sup>a</sup>, P. Loddo <sup>b</sup>, C. La Mantia <sup>b</sup>, S. Da Pelo <sup>a</sup>, A.M. Deflorio <sup>b</sup>, G. Ghiglieri <sup>a</sup>, B.T. Hailu <sup>c</sup>, K. Kalegele <sup>d</sup>, B. N. Mwasi <sup>e</sup>

<sup>a</sup>TeleGIS Laboratory, Dept. of Chemical and Geological Sciences, University of Cagliari, via Trentino 51, 09127 Cagliari, Italy titimelis@unica.it

<sup>b</sup> Planetek Italia SRL, via Massaua, 12 70132 Bari, Italy- lamantia@planetek.it

<sup>c</sup> School of Earth Sciences, University of Addis Ababa, College of Natural Sciences, P.O. Box 1176 Addis Ababa, Ethiopia - binyam.tesfaw@aau.edu.et

<sup>d</sup> Nelson Mandela African Institution of Science and Technology, P.O. Box 447, Tengeru Campus, Arusha, Tanzania - kalegs03@gmail.com

<sup>e</sup> School of Environmental Studies, University of Eldoret P.O Box 1125 – 30100, Eldoret, Kenya - benmwasi@gmail.com

\* Corresponding author

### Abstract

Lo studio presenta lo sviluppo di un'applicazione per mobile indirizzata alla raccolta di dati territoriali nell'ambito del processo del Crowd-Generating Data.

L'applicazione FLOWERED- GeoDBapp nasce dall'idea di estendere il contenuto informativo delle cartografie di land cover, realizzate a partire da immagini da satellite, alle conoscenze locali sul land use e in particolare sul water use.

Questo tema è parte di un progetto H2020, di cui l'Università di Cagliari è coordinatore, che mira a offrire un supporto per la gestione dell'acqua in tre zone della regione della Rift Valley africana in Etiopia, Kenya e Tanzania (Figura 1). Obiettivo generale del progetto H2020 FLOWERED (*de-FLuoridation technologies for imprOving quality of WatEr and agRo-animal products along the East African Rift Valley in the context of aDaptation to climate change*), iniziato nel 2016 e di durata triennale, è lo studio nelle tre aree test africane di un sistema di de-fluorizzazione dell'acqua contaminata per cause naturali basato sia su tecnologie adattabili al contesto sociale che su un attento sistema di gestione della risorsa acqua. Pertanto uno degli obiettivi del progetto è il coinvolgimento delle comunità locali nel processo sia di acquisizione delle conoscenze che di proposta dei sistemi di intervento. In questo ambito è stato proposto lo sviluppo di una piattaforma di condivisione di dati ambientali e socio-economici basata sulla raccolta di dati da parte dei tecnici locali.

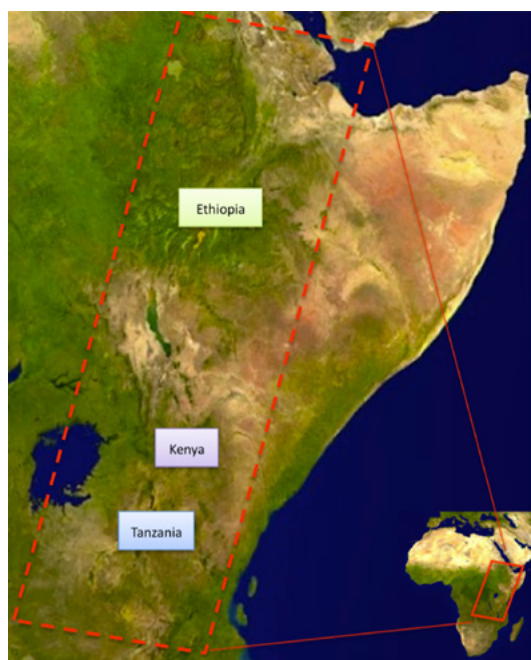


Figura 1. Localizzazione delle aree di studio

La disponibilità e diffusione di tecnologie di accesso alla rete internet anche in territori remoti e con particolari condizioni sociali può consentire l'utilizzo di strumenti di gestione di dati geografici attraverso esperienze di PPGIS (*Public Participation Geographic Information System*) e VGI (*Voluntary Geographic Information*). In questo ambito si inserisce l'applicazione FLOWERED-GeoDBapp, che attraverso un processo di crowd-generating data intende proporre un sistema di passaggio land cover-land use attraverso il popolamento di un GEO DB basato su una mappa di land cover da classificazione di dati da satellite ad alta risoluzione con dati specifici sull'uso del territorio inseriti localmente. È stata studiata una legenda di land use basata sulla raccolta di dati non solo di natura ambientale ma anche sociale, culturale ed economica, utilizzando le conoscenze locali e rendendo poi disponibili ai tecnici locali e agli amministratori le informazioni necessarie alla gestione delle risorse e in particolare dell'acqua.

La cartografia di *land cover* viene realizzata dall'elaborazione di dati Sentinel 1 e 2 attraverso l'applicazione di una procedura di classificazione automatica. Questo primo prodotto viene validato mediante verità a terra utilizzando già la prima funzione

presente nell'app. In questo senso l'applicazione è pensata sia per un operatore esperto che per l'operatore non-esperto. A quest'ultimo verrà richiesto di inserire dati semplici quali la conoscenza sulla presenza del fluoro nelle acque. Ogni informazione raccolta e georiferita popolerà il DB sul *land use* e sul *water use*.

In Figura 2 è riportato il flusso delle attività che portano alla creazione delle mappe e le singole 4 sessioni di lavoro che permettono il popolamento del DB da parte delle persone che utilizzano l'applicazione.

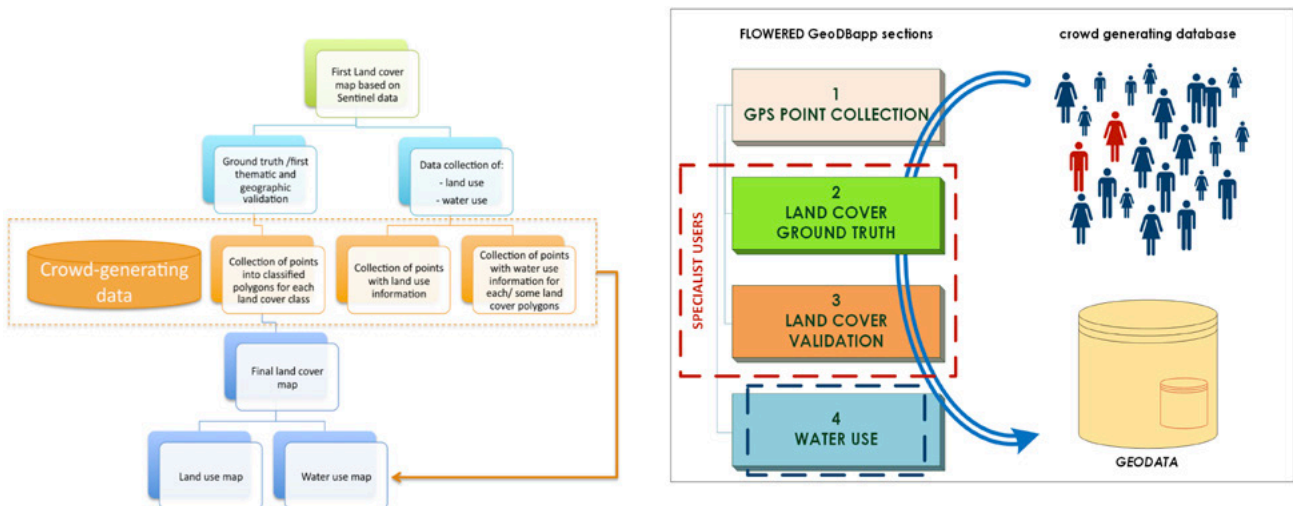


Figura 2. Flusso delle attività di Crowd-Generating Data e, a destra, sessioni di lavoro dell'app

FLOWERED-GeoDBapp è infatti costituita da 4 diverse sessioni di raccolta dati:

- localizzazione, informazioni geografiche sul punto di stazione foto rappresentativa della località in cui si trova e eventuale informazione sulla presenza di fluoro nell'acqua;
- sessione dedicata alla raccolta dei dati sulla verità a terra, questa sessione prevede la visualizzazione della classificazione di land cover dell'immagine Sentinel e la possibilità di confermare o modificare la definizione della classe; in questa sessione sarà inoltre possibile inserire altre nuove informazioni sul land use, costruendo quindi una relazione diretta tra il land cover e il più specifico land use per ogni classe;
- sessione mirata alla validazione della classificazione finale;
- sessione dedicata alla raccolta dei dati sull'utilizzo dell'acqua nell'ambito territoriale in cui vive dall'utente.

La Figura 3 riporta alcune delle interfacce utente dell'applicazione.

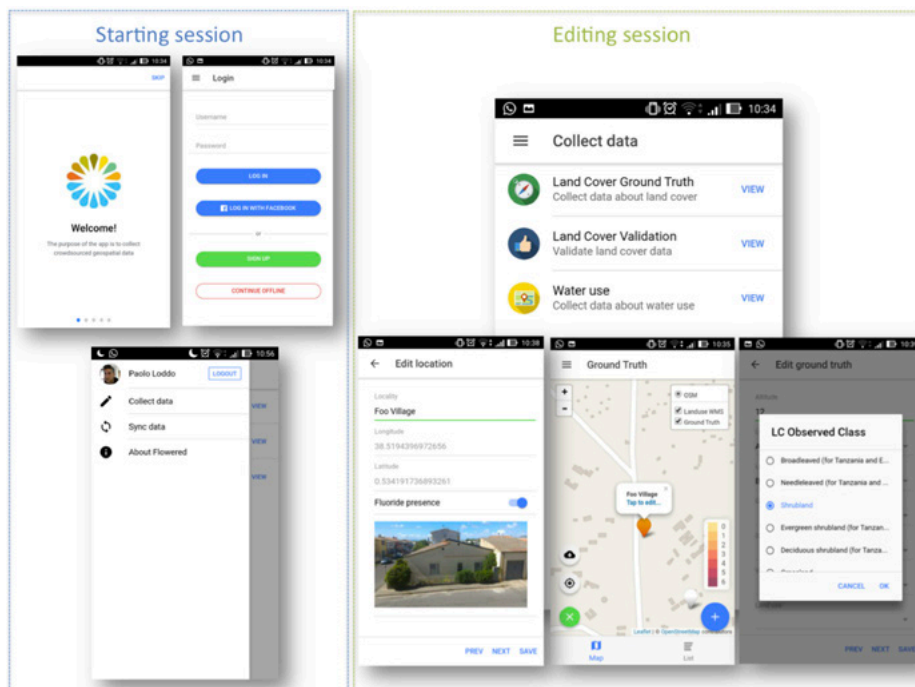


Figura 3. FLOWERED GeoDBapp mockups

## Acknowledgements

The project FLOWERED has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement N. 690378.

## X-band COSMO-SkyMed and C-band Sentinel missions for hazard mapping: the 2016-2017 Central Italy seismic sequence

A. Montuori, M. Polcari, C. Bignami, M. Moro, S. Stramondo, C. Tolomei

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Via di Vigna Murata 605, 00143, Roma,  
[antonio.montuori; marco.polcari; christian.bignami; marco.moro; salvatore.stramondo; cristiano.tolomei]@ingv.it

Corresponding author: antonio.montuori@ingv.it

Keywords: COSMO-SkyMed, Sentinel, local deformation, Seismic sequence

### Abstract

In this work we exploit multi-band COSMO-SkyMed and Sentinel-1 missions through the use of Interferometric Synthetic Aperture Radar (InSAR) techniques to detect local and secondary deformation phenomena induced by earthquakes. Experimental results are here presented for the seismic sequence occurred in Central Italy on 2016-2017. The comparative analysis between X- and C-band InSAR outcomes revealed surface deformation phenomena of ~2-3cm likely ascribed to landslides and secondary faults activated by the seismic events.

### Introduction

The capability of Interferometric Synthetic Aperture Radar (InSAR) measurements in constraining seismic-induced deformation has been widely demonstrated in literature by considering both large-scale earthquakes [1-2] and smaller scale events [3-4]. Nowadays, SAR systems operating at different frequencies are included in Earth Observation (EO) programs of several space agencies for risk mitigation purposes, such as the C-band Sentinel-1 (S1) mission from the European Space Agency (ESA) and the X-band Cosmo-SkyMed (CSK) mission of the Italian Space Agency (ASI).

In this paper, X-band COSMO-SkyMed and C-band Sentinel-1 InSAR data are used and compared to retrieve local seismic-induced deformations related to the seismic sequence that hit Central Italy from August 2016 to January 2017. Indeed, besides large co-seismic deformations, this long seismic sequence further induced several local deformation phenomena, such as landslides or avalanches, which may further impact the interested areas providing non-negligible losses in terms of human life, building damages and environmental instabilities. As a result, an effective monitoring strategy is recommended to detect and monitor such phenomena at local scales for risk mitigation purposes.

Experimental results have been gathered over the test area of Mount Sibillini, where COSMO-SkyMed and Sentinel-1 SAR data have been processed through InSAR techniques. The comparison between X- and C-band InSAR products revealed displacement fields on the order of few centimetres, which were most likely associated to landslide phenomena. The crosschecking between multi-platform InSAR products allowed enhancing the benefits and constraints of multi-band SAR missions for observing small- and large-scale displacement fields with different resolutions and accuracies.

### 1. 2016-2017 Central Italy Seismic sequence: settings, data and processing

The 2016-2017 Central Italy seismic sequence consisted of more than 60 earthquakes with magnitudes greater than Mw 4.0 spanning from August 2016 to January 2017. The sequence was interested by 4 mainshocks characterized by a normal fault mechanism and located among Marche, Umbria and Abruzzo regions (<http://cnt.rm.ingv.it/>). The first events, a Mw 6.0 earthquake, occurred on August 24th 2016 close to Amatrice village. It was followed by a Mw 5.9 earthquake, located in Visso village, that occurred on October 26th 2016. Afterwards, a stronger Mw 6.5 earthquake struck the area surrounding Norcia on October 30th 2016. Finally, another Mw 5.5 earthquake occurred on January 18th 2017 near Montereale town. Many foreshocks and aftershocks (with Mw even greater than 5.0) were also observed during this temporal span. The four mainshocks have been located at a depth of ~10 Km in an area of ~ 70 Km of extension (<http://cnt.rm.ingv.it/>).

In this framework, X-band COSMO-SkyMed and C-band Sentinel-1 InSAR data were collected and processed along both ascending and descending orbits, to retrieve secondary local deformations induced by earthquakes. Sentinel-1 data were acquired in the Interferometric Wide Swath (IW) acquisition mode. The latter ensures a spatial resolution of ~3x15 m and ground coverage of about 250x250 km. COSMO-SkyMed SAR data were collected in StripMap acquisition mode, which ensures a spatial resolution of about 2x2 m and ground coverage of 40x40 km.

## 2. Results

We show some meaningful results relevant to the Northern Sector of the Mount Sibillini, close the town of Bolognola. COSMO-SkyMed data were acquired on October 23<sup>rd</sup> and 31<sup>st</sup> 2016 whilst Sentinel-1 SAR data were acquired on October 26<sup>th</sup> and November 1<sup>st</sup> 2017 both along the descending orbit. COSMO-SkyMed and Sentinel datasets are processed to investigate the possible effects induced by Visso and Norcia earthquakes. The latter occurred on October 26<sup>th</sup> and 30<sup>th</sup> 2016 with the respective epicenters located at ~10 Km one from each other.

Figures 1(a) and 1(b) show the 2-dimensional InSAR displacement from COSMO-SkyMed and Sentinel InSAR data, respectively. They reveal a localized displacement field that reach a maximum value of about -2.5cm, likely due to a landslide moving from NW to SE. The temporal interval covered by SAR acquisitions encompasses both the Visso and the Norcia earthquakes, hence it is not possible to discriminate which of the two events activated the landslide. However, a portion of the larger co-seismic displacement field due to the Norcia earthquake is clearly visible in the bottom left corner of Figure 2(b). Based on its greater magnitude with respect to the Visso seismic event, it is most likely that the Norcia earthquake is responsible for the observed phenomenon.

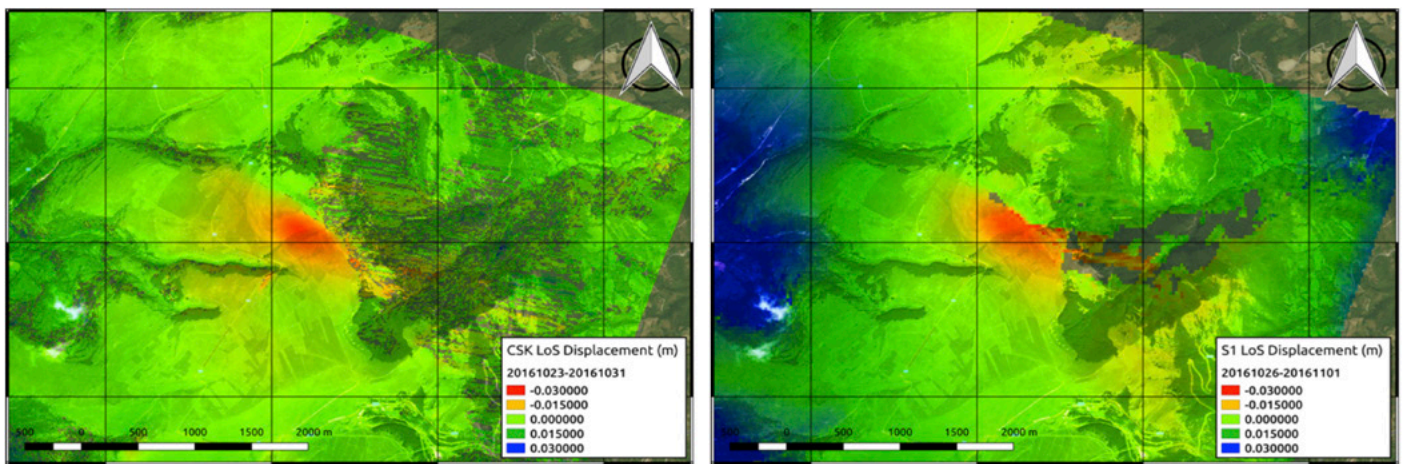


Figure 1 – LoS Displacement field estimated with COSMO-SkyMed (a) and Sentinel (b) data

Two other meaningful results are shown in Figures 2(a) and 2(b) for the area of Monte Vettore and Podalla, respectively. They show the displacement map (in cm) obtained through the InSAR processing of X-band COSMO-SkyMed and C-band Sentinel-1 pairs, respectively. The former were acquired on August 20<sup>th</sup> and 28<sup>th</sup> 2016, whilst the latter were collected on August 21<sup>st</sup> and 27<sup>th</sup> 2016, both along the descending orbit. CSK InSAR outcomes highlights two-deformation patterns on the Mt. Vettore flank strictly connected to the co-seismic phase of the Mw 6.0 Amatrice earthquake. The first one, visible in the bottom left corner of Figure 2(a), is due to the dislocation caused by the fault rupture on August 24<sup>th</sup> [5]. The second one, occurring along a ~5Km long continuous fracture on the flank, is likely due to the combination of tectonic and gravitational effects [6].

Finally Figure 2(b) shows the 3-dimensional (3D) view of surface displacements retrieved with Sentinel-1 data, which exhibits a maximum LoS deformation of ~2-2.5cm related to the Amatrice earthquake. Further analyses are needed to assess the outcomes imaged by the InSAR data.

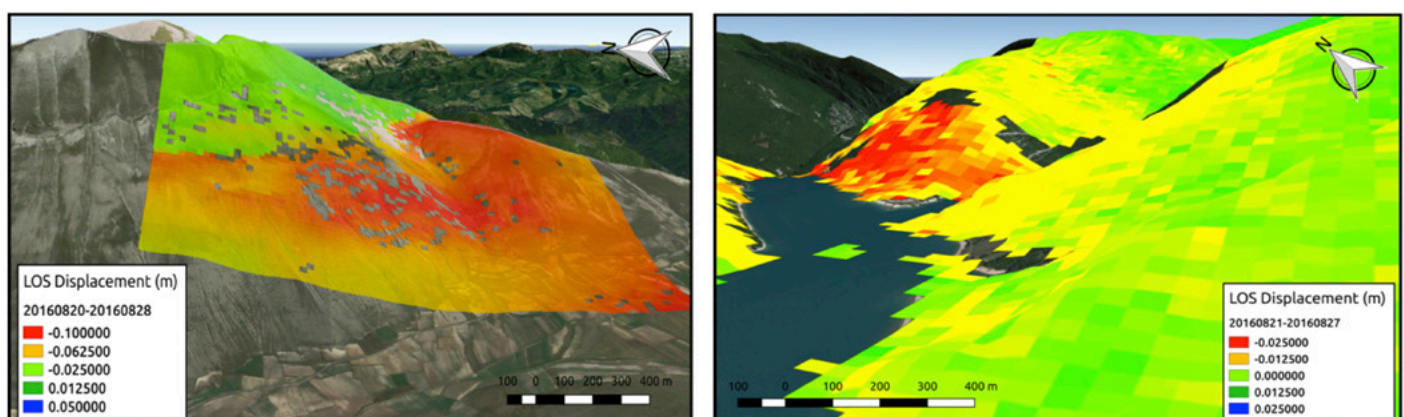


Figure 2 – 3D view of LoS displacement fields, estimated over Monte Vettore (a) and Podalla (b) test sites with COSMO-SkyMed and Sentinel-1 data, respectively.

### 3. Conclusions

In this work we used X-band COSMO-SkyMed and C-band Sentinel-1 InSAR products to detect and measure local deformation phenomena induced by the 2016-2017 seismic sequence of Central Italy.

InSAR outcomes revealed how the main seismic events of the sequence activated several landslides and secondary faults interested by deformation of ~2-3cm. On the one hand, experimental results highlighted the limits and constraints of SAR sensors to observe multi-scale deformation phenomena with different spatial resolution and coverage. On the other hand, the comparative analysis between X- and C-band InSAR results allows validating local displacement phenomena, especially when no ground truth data are available for validation purposes. Along with risk mitigation and post-earthquake intervention strategies, this information is useful for hazard assessment and rapid mapping purposes.

### Acknowledgements

Authors thank ESA and ASI for providing Sentinel-1 and Cosmo-SkyMed SAR data used in this work, respectively. Moreover, authors thank the entire INGV working group involved in the management of the emergency due to the 2016-2017 Central Italy seismic sequence.

### References

1. M. Chini, S. Atzori, E. Trasatti, C. Bignami, C. Kyriakopoulos, C. Tolomei, S. Stramondo, The 12 May 2008 (M 7.9) Sichuan Earthquake (China): Multi-frame ALOS – PALSAR DInSAR Analysis of Coseismic Deformation, *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, vol. 7, no. 2, 2010.
2. D. Massonet, M. Rossi, C. Carmona, F. Adragna, G. Peltzer, K. Feigl, T. Rabaute, The displacement field of the Landers earthquake mapped by radar interferometry, *Nature*, vol. 364, pp. 138–142, 1993, DOI: 10.1038/364138a0.
3. M. Polcari, M. Palano, J. Fernández, S. Samsonov, S. Stramondo, S. Zerbini, 3D displacement field retrieved by integrating Sentinel-1 InSAR and GPS data: the 2014 South Napa earthquake, *European Journal of Remote Sensing*, vol. 49, pp. 1-13, 2016, 2016, DOI: 10.5721/EuJRS20164901.
4. S. Stramondo, P. Vannoli, V. Cannelli, M. Polcari, D. Melini, S. Samsonov, M. Moro, C. Bignami, M. Saroli, X- and C-Band SAR Surface Displacement for the 2013 Lunigiana Earthquake (Northern Italy): A Breached Relay Ramp?, *Journal of Selected Topics of Applied Remote Sensing*, vol. 7, pp. 2746-2753, 2014, DOI: 10.1109/JSTARS.2014.2313640.
5. C. Bignami, C. Tolomei, G. Pezzo, F. Guglielmino, S. Atzori, E. Trasatti, A. Antonioli, S. Stramondo, S. Salvi, Source identification for situational awareness of August 24th 2016 central Italy event, *Annals of Geophysics*, vol. 59, Fast Track 5, 2016, DOI: 10.4401/AG-7233.
6. M. Albano, M. Saroli, M. Moro, E. Falcucci, S. Gori, S. Stramondo, F. Galadini, S. Barba, Minor shallow gravitational component on the Mt. Vettore surface ruptures related to MW 6, 2016 Amatrice earthquake, *Annals of Geophysics*, vol. 59, Fast Track 5, 2016, DOI: 10.4401/ag-7299.

A. Montuori<sup>1</sup>, G. Pezzo<sup>1</sup>, L. Anderlini<sup>1</sup>, M. Palano<sup>1</sup>, C. Chiarabba<sup>1</sup>, S. Stramondo<sup>1</sup>, I. Antoncechi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Via di Vigna Murata 605, 00143, Roma,

[antonio.montuori; giuseppe.pezzo; letizia.anderlini; mimmo.palano; claudio.chiarabba; salvatore.stramondo]@ingv.it

<sup>2</sup> Ministero per lo Sviluppo Economico (MISE), Direzione Generale per la Sicurezza anche Ambientale delle Attività Minerarie ed Energetiche – Ufficio Nazionale Minerario per gli Idrocarburi e le Georisorse (DGS-UNMIG), ilaria.antoncechi.ext@mise.gov.it

Corresponding author: antonio.montuori@ingv.it

Keywords: InSAR, GPS, Subsidence, Geo-resources exploitation

### Abstract

In this work we exploit multi-temporal Differential Interferometric Synthetic Aperture Radar (DInSAR) and Global Positioning System (GPS) analyses to study surface deformation processes along areas interested by the exploitation of subsurface geo-resources. SAR and GPS surface deformation velocities and time series are effectively compared with hydrogeological and hydrocarbon production data, providing information to discriminate the main drivers of surface deformation.

### Introduction

Crustal deformation phenomena due to natural effects (e.g., tectonic and/or soil self-consolidation processes) and anthropogenic activities (e.g. the overpumping of groundwater resources or the exploitation of hydrocarbons from on-shore reservoirs) may induce dangerous consequences that severely impact environment and human lives [1]. A proper understanding of the subsidence mechanism is essential to mitigate risk for infrastructures, economies and natural environments as well as to improve specific exploitation strategies and standards of security. Within such a framework, multi-temporal differential Interferometric Synthetic Aperture Radar (DInSAR) and Global Positioning System (GPS) have demonstrated their capabilities in monitoring anthropogenic and/or natural subsidence phenomena, remotely, with high spatial resolution, high density of ground measurements, over wide-area coverage and multi-temporal time spans (i.e., monthly and yearly temporal resolution) [2-3].

In this work, we exploit multi-temporal DInSAR and GPS geodetic techniques to retrieve surface deformation phenomena related to the exploitation of subsoil geo-resources. The objective of this study is the analysis of driver mechanisms that can trigger observed displacements. Some meaningful experimental results are here presented for Italian coastal areas of Ravenna and south-eastern Sicily.

### 1. Methodology

Surface deformation velocities and time series have been obtained from two different geodetic techniques. On the one hand, time series of space-borne full-resolution C-band ERS and Envisat SAR data have been acquired over selected test areas along ascending and descending over, with ground coverage of 100 Km<sup>2</sup> and spatial resolution of 25x5m along range and azimuth direction, respectively. They have processed through multi-temporal DInSAR technique based on the Small Baseline Subsets (SBAS) approach [4]. On the other hand, GPS data have been collected in the time span 1995-2015 from permanent and non-permanent stations of national geodetic networks. Hence, they have been processed through the GAMIT/GLOBK software [5] following a three-step procedure in order to obtain the final position time-series.

Multi-temporal DInSAR and GPS measurements have been firstly crosschecked between them for validation purposes. Then, they have been compared with geo-resources production data for leading to the interpretation of results about the main driver mechanisms of subsidence phenomena.

### 2. Results

Figure 1(a) shows the surface velocity field of Ravenna coastal area, gathered through the SBAS processing of ERS SAR dataset acquired along the descending. Experimental results demonstrate that the observed scenario is characterized by a slow subsidence whose values range between 0 and -2,5 mm/year in the period 1992-2010. Some areas (in particular, along the Ravenna coastline as well as in the area between Rimini and Cesena villages) are characterized by subsidence with velocities greater than -5 mm/year. The observed linear subsidence trend can be ascribed to the groundwater exploitation from near-surface aquifers, both considering the subsoil properties and the nature of subsidence phenomena related to groundwater pumping

processes (i.e., slow, irreversible and time-continuous). SAR-based retrievals are effectively crosschecked with local GPS data, providing a root mean square error (RMSE) value of about 1.7 mm/year over the whole area (see Figure 1b). In detail, comparing multi-temporal DInSAR time series of surface displacements with annual hydrocarbon production data of local sample reservoirs (see Figure 1c), it can be observed the low sensitivity and the poor correlation of DInSAR measurements with respect to surface deformation processes induced by deep hydrocarbon exploitation.

Other meaningful results are shown in Figure 2 for south-eastern Sicily. Experimental results exhibit similar trends and behaviour to the ones shown in Figure 1, in terms of subsidence patterns as well as low correlation between geodetic retrievals and hydrocarbon reservoir exploitation.

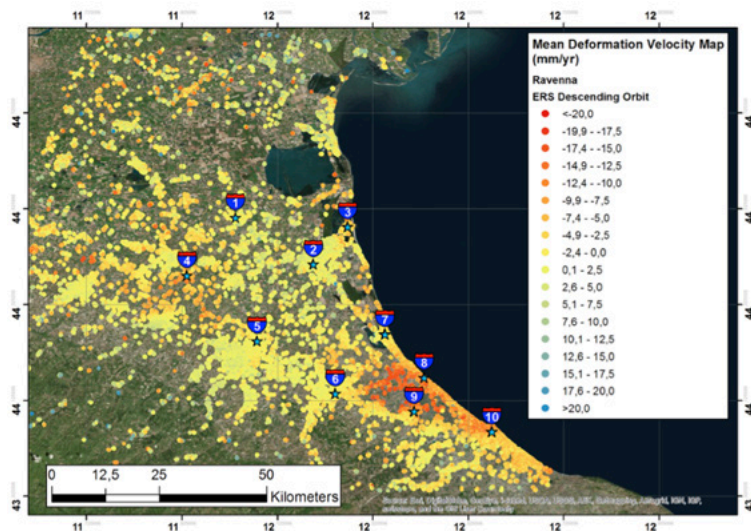


Figure 1(a)

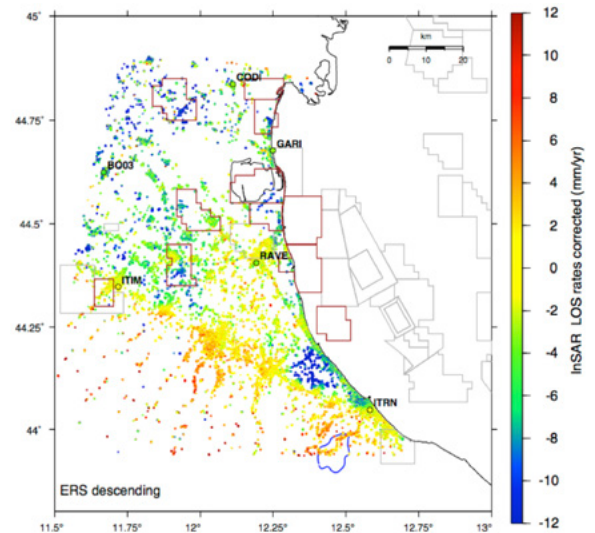


Figure 1(b)

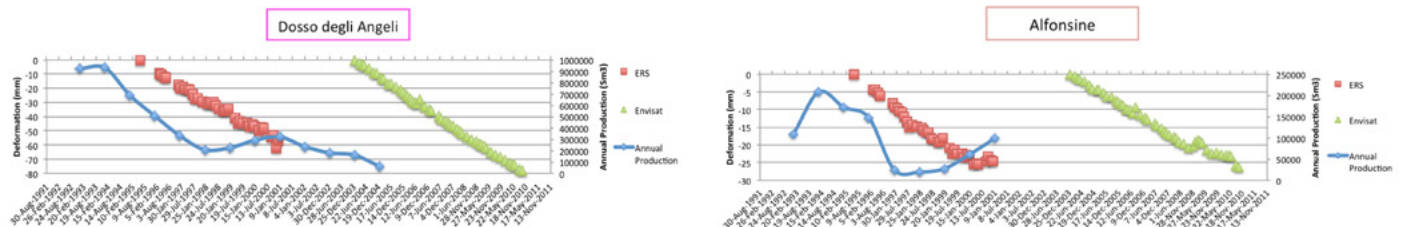


Figure 1(c)

Figure 1 – Experimental results obtained for the Ravenna coastal area. (a) SAR-based surface deformation velocity map obtained through ERS time series along descending orbit. (b) Comparison between multi-temporal DInSAR retrievals and GPS measurements projected along SAR Line of Sight (LoS). (c) Comparison between multi-temporal DInSAR time series of surface deformations and hydrocarbon production data over local sample reservoirs.

### 3. Conclusions

In this work, multi-temporal DInSAR and GPS techniques are exploited to study subsidence phenomena along on-shore hydrocarbon and groundwater reservoirs, where surface deformations can be correlated to the extraction (or pumping) of resources from (or into) the subsurface. This comparative analysis aims at improving both the characterization of displacement processes and the standards of security for the production / exploitation / storage of underground resources.

### Acknowledgements

Authors thank ESA for providing ERS and Envisat SAR data used in this work. The present work is supported and funded both by Italian Economic Development Ministry (MISE) under the MISE-DGRME research project (ID 0752.010).

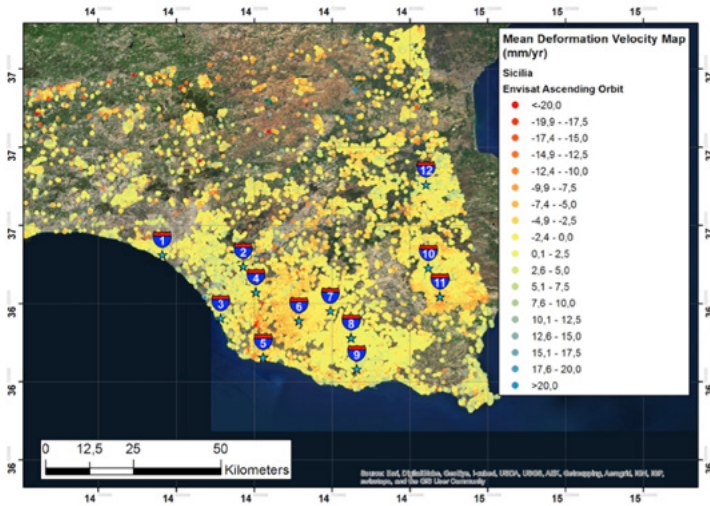


Figure 2(a)

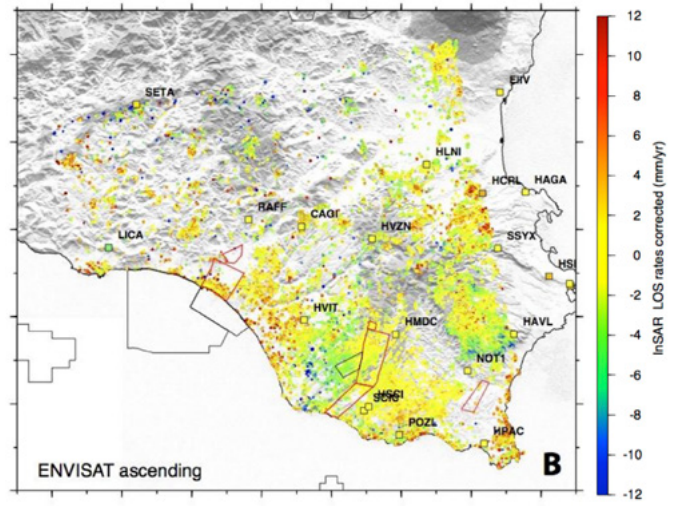


Figure 2(b)

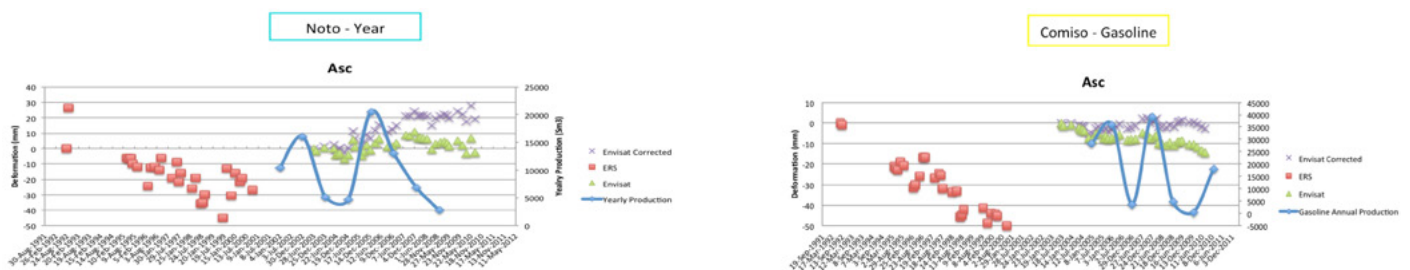


Figure 2(c)

Figure 2 - Experimental results obtained for south-eastern Sicily coastal area. (a) SAR-based surface deformation velocity map obtained through Envisat time series along the ascending orbit. (b) Comparison between multi-temporal DInSAR retrievals and GPS measurements projected along SAR LoS. (c) Comparison between multi-temporal DInSAR time series of surface deformations and hydrocarbon production data over local sample reservoirs.

## References

1. G. Modoni, G. Darini, R.L. Spacagna, M. Saroli, G. Russo, P. Croce, Spatial analysis of land subsidence induced by groundwater withdrawal, *Engineering Geology*, vol. 167, no. 2013, pp. 59–71, 2013, <http://dx.doi.org/10.1016/j.enggeo.2013.10.014>.
2. N. Svigkas, I. Papoutsis, C. Loupasakis, P. Tsangaratos, A. Kiratzi, C.H. Kontoes, Land subsidence rebound detected via multi-temporal InSAR and ground truth data in Kalochori and Sindos regions, Northern Greece, *Eng Geol.*, vol. 209, pp. 175–186, 2016, doi:10.1016/j.enggeo.2016.05.017.
3. A. Vollrath, F. Zucca, D. Bekaert, A. Bonforte, F. Guglielmino, A.J. Hooper, S. Stramondo, Decomposing DInSAR Time-Series into 3-D in Combination with GPS in the Case of Low Strain Rates: An Application to the Hyblean Plateau, Sicily, Italy, *Remote Sens.*, vol. 9, no. 1, pp. 33, 2017, doi:10.3390/rs9010033.
4. P. Berardino, G. Fornaro, R. Lanari, E. Sansosti, A new algorithm for surface deformation monitoring based on small baseline differential SAR interferograms, *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, vol. 40, pp. 2375-2383, 2002.
5. T. Herring, R.W. King, and S. McClusky, GAMIT Reference Manual, Release 10.4, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, 2010.



## Confronto tra due algoritmi di machine learning, Random Forest e Support Vector Machine, applicati al telerilevamento da drone

M. Piragnolo, A. Vettore, F. Pirotti

CIRGEO, Centro Interdipartimentale di Ricerca di Geomatica, Università di Padova

Corresponding author: marco.piragnolo@studenti.unipd.it

Keywords: Remote sensing, R software, machine learning, random forest, support vector machine, APR, drone, UAV

### Abstract

Questo articolo presenta un confronto tra due tecniche di machine learning che sono implementate nel pacchetto open source R-Cran. I due algoritmi confrontati sono Random Forest (RF) e Support Vector Machine (SVM). L'obiettivo è di estrarre le classi di uso del suolo, da immagini ad alta risoluzione, ottenute tramite aeromobile a pilotaggio remoto (APR) ad ala fissa ed equipaggiato con un sensore multispettrale. Il sensore registra la riflettanza degli oggetti presenti nell'area di test nelle bande del rosso, del blu, del verde e dell'infrarosso vicino producendo un'immagine (RGBI) che costituisce il data set intero. Le performance di classificazione sono valutate su test set variabili che corrispondono a percentuali dal 2 al 20% del data set intero, e per ogni percentuale le celle sono campionate casualmente. Con questo procedimento si estraggono i test set di training e i test set di validazione che vengono utilizzati per ogni ciclo di campionamento. La varianza del risultato è valutata eseguendo dieci cicli di per ogni test set di training. Il data set di controllo consiste in una classificazione indipendente ottenuta da fotointerpretazione. La validazione è eseguita con tre diversi metodi: (i) K-fold cross-validation, (ii) pixel del test di validazione e (iii) pixel del data set intero. Tramite K-fold cross-validation e test set di validazione i risultati evidenziano che SVM ha performance migliori di RF, mentre con il test set completo, RF ha performance migliori di SVM.

### Introduzione

Grazie all'ampia disponibilità di piattaforme di remote sensing come satelliti e aeromobili a pilotaggio remoto (APR) c'è una richiesta di nuovi tool per processare i dati e classificare le immagini. Il telerilevamento è utilizzato in molti campi di ricerca quali geomorfologico, ambientale, valutazione del rischio e agricoltura di precisione [1–4]. Le immagini ottenute da droni vengono analizzate utilizzando le classiche tecniche di remote sensing, ovvero tecniche *unsupervised*, *supervised* e ad oggetti. Le tecniche *unsupervised* applicano metodi statistici per estrarre in modo automatico gruppi di pixel detti cluster. I classificatori *supervised* identificano le classi basandosi su aree di training omogenee, scelte manualmente da un esperto. I classificatori ad oggetti creano oggetti omogenei usando le informazioni geometriche, di contesto e le texture. Le tecniche di machine learning, invece, analizzano i dati tramite algoritmi iterativi che "imparano" dalle analisi precedenti. Queste tecniche sono state applicate con successo in ricerche inerenti l'agricoltura di precisione [5–6] e la copertura e uso del suolo [7–12]. L'obiettivo di questo lavoro è di testare gli algoritmi Support Vector Machine (SVM) e Random Forest (RF) implementati nel pacchetto opensource di R/rminer [13] e disponibile in The Comprehensive R Archive Network repository [14]. Le performance sono valutate usando l'indice K, l'indice di accuratezza e gli errori di classificazione.

### 1. Metodo

Le immagini sono state acquisite tramite un drone ad ala fissa SenseFly EBee equipaggiato con una camera multispettrale con bande rosso, blue, verde e infrarosso vicino (RGBI). L'area test è sita nel Campus di Agripolis dell'Università di Padova a Legnaro, e misura 241 x 508 metri con un uso del suolo eterogeneo che comprende suolo nudo, vegetazione ed edifici. Per l'orientamento dei blocchi fotogrammetrici sono stati utilizzati diciotto punti di controllo (GCP). Le coordinate dei target sono state acquisite tramite rilievo GPS-GNSS in modalità real-time cinematica con scarto quadratico medio (SQM) delle misure che varia tra 0,008 e 0,011. Utilizzando Agisoft Photoscan è stato prodotto un ortomosaico di 4020 X 8466 pixel con SQM di 0,393 pixel e risoluzione spaziale al suolo di 6 cm. Per ridurre i tempi di calcolo il mosaico è stato ricampionato con celle di 30 cm utilizzando un algoritmo nearest neighbour e poi ritagliato con una dimensione finale di 801 X 529 pixel, successivamente sono state estratte le classi di uso del suolo applicando separatamente i due algoritmi. SVM utilizza un iperpiano come predittore: il piano divide il data set in due gruppi e gli oggetti sono trasformati in classi usando una funzione matematica detta kernel [23]. RF consiste in una

collezione di alberi decisionali e si basa su tecniche di statistica di bootstrap. RF campiona casualmente il data set disegnando l'albero decisionale; il predittore viene applicato ad ogni ramo e viene scelta la variabile migliore. Le predizioni sono organizzate in un nuovo campione che viene analizzato. In questo studio, RF e SVM sono stati applicati, tramite un framework, a un set di campioni stratificati variabili tra 2% e il 20% della popolazione (pixel dell'immagine). Il framework campiona e bilancia automaticamente il numero dei pixel di una classe, scartando quelli non significativi. Per ogni set di campioni stratificati, vengono creati 10 test set di training e 10 test set di validazione. Il test set di training serve per istruire il modello. Il test set di validazione è ottenuto dalla differenza tra il data set intero e il data set di training. Il data set di controllo è una classificazione indipendente basata su fotointerpretazione. Per valutare gli algoritmi sono stati calcolati gli indici di accuratezza (Acc), gli errori di classificazione (CE) e indice Kappa Index (K). Gli indici variano tra 0 a 100% e sono stimati con tre diversi approcci: (i) pixel del training set e K-fold cross-validation, (ii) pixel del test set di validazione e (iii) pixel dell'intero test set.

## 2. Risultati

Gli indici di accuratezza calcolati sono riportati in Figura 1.

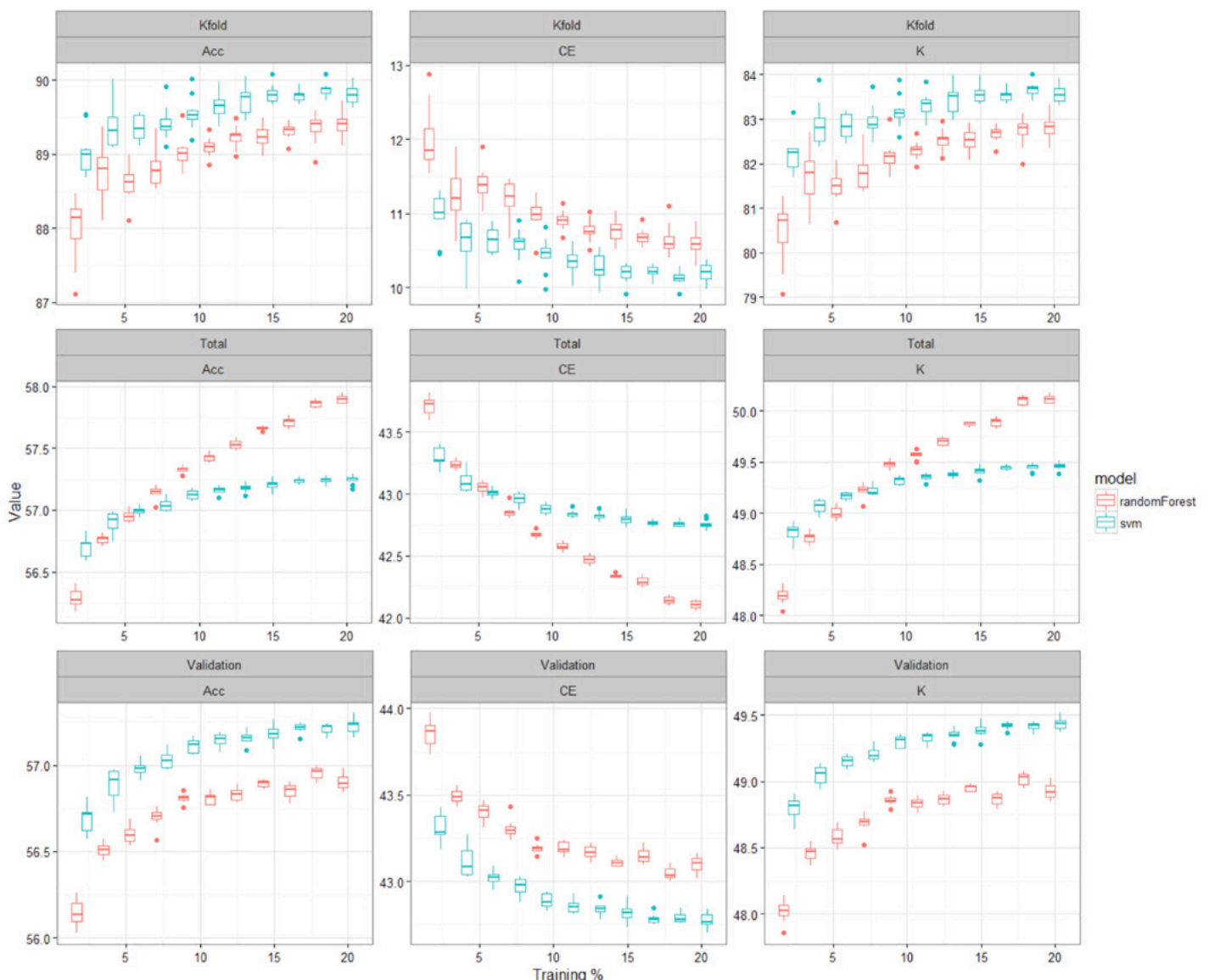


Figura 1 - Indice di accuratezza (Acc), errori di classificazione (CE) e indice Kappa (K), calcolati tramite K-fold cross-validation (Kfold), usando i pixel dell'intero data set (Total) e i pixel del test set di validazione (Validation)

## 3. Conclusioni

Osservando i grafici, l'indice Acc aumenta proporzionalmente all'aumentare della dimensione del test set da 2 al 20%, mentre la varianza decresce. Usando il K-fold cross-validation, SVM ottiene i risultati migliori di RF con un punteggio di oltre 88, mentre con il test set di validazione il risultato è compreso tra 56 e 58. Utilizzando il test set intero, RF ha un andamento migliore di SVM con valori compresi tra 56 e 58: RF

aumenta lentamente da 56 a 58 mentre SVM rimane stabile tra 57 e 57,5.

Comparando l'indice CE nel K-fold si nota che SVM ha meno errori di RF con variazioni di 0,5. Nel test set di validazione si ha un andamento decrescente con un punteggio da 44 a 42, mentre nel test set intero gli errori variano da 42 a 43,5 e RF e SVM hanno un andamento simile usando meno del 5% dei pixel totali come training. Usando più del 5% dei pixel totali come training RF ha un trend decrescente raggiungendo il minimo attorno a 42 mentre SVM rimane stabile a 42,7.

L'indice K ha un andamento simile all'indice Acc, con il K-fold cross-validation K varia tra 80 e 84 e SVM ha una performance migliore di RF. Usando il test set di validazione il risultato è simile ma i valori sono inferiori e compresi tra 48 e 49,5. Invece con l'intero data set, RF ottiene risultati migliori di SVM: RF ha valori compreso tra 48,5 a 50,5 mentre SVM rimane stabile attorno 49,5.

## References

1. F. Pirotti, A. Guarnieri, A. Vettore, Collaborative Web-GIS design: a case study for road risk analysis and monitoring, *Trans. GIS*, vol. 15, 213–226, 2011
2. S. Van Asselen, P.H. Verburg, Land cover change or land-use intensification: Simulating land system change with a global-scale land change model, *Glob. Chang. Biol.*, vol. 19, pp. 3648–67, 2013
3. J.A.J. Berni, P.J. Zarco-Tejada, L. Suárez, E. Fereres, L. Suarez, Thermal and narrowband multispectral remote sensing for vegetation monitoring from an unmanned aerial vehicle, *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, pp. 722–38, 2009
4. Sr. Herwitz, Lf. Johnson, S.E. Dunagan, R.G. Higgins, D.V. Sullivan, J. Zheng, et al, Imaging from an unmanned aerial vehicle: Agricultural surveillance and decision support, *Comput. Electron. Agric.*, vol.44, pp. 49–61, 2004
5. Y.J. Zheng, Q. Song, S.Y. Chen, Multiobjective fireworks optimization for variable-rate fertilization in oil crop production, *Appl. Soft Comput. J. Elsevier B.V.*, vol. 13, pp. 4253–63, 2013
6. C. Hung, Z. Xu, S. Sukkarieh, Feature learning based approach for weed classification using high resolution aerial images from a digital camera mounted on a UAV, *Remote Sens*, vol. 6, pp. 12037–54, 2014
7. X. Guo, S. Denman, C. Fookes, L. Mejias, S. Sridharan, Automatic UAV forced landing site detection using machine learning, 2014 Int. Conf. Digit. Image Comput. Tech. Appl. DICTA 2014, 2015
8. D. Anthony D, E. Basha, J. Ostdiek, J. Ore, C. Detweiler, Surface Classification for Sensor Deployment from UAV Landings, 2015 IEEE Int. Conf. Robot. Autom. IEEE, pp. 3464–70, 2015
9. G.M. Foody, A. Mathur, A relative evaluation of multiclass image classification by support vector machines, *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, vol. 42, pp. 1335–43, 2004
10. M. Pal, Random forest classifier for remote sensing classification, *Int. J. Remote Sens. Taylor & Francis*, vol. 26, pp. 217–22, 2005
11. F. Pirotti, F. Sunar, M. Piragnolo, Benchmark Of Machine Learning Methods for Classification of a Sentinel-2 Image, *ISPRS - Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci. [Internet]*, vol. XLI-B7, pp. 335–40, 2016
12. X. Song, Comparison of artificial neural networks and support vector machine classifiers for land cover classification in Northern China using a SPOT-5 HRG image, *Int. J. Remote Sens.*, vol. 33, pp. 3301–20, 2012
13. P. Cortez, *rminer: Data Mining Classification and Regression Methods [Internet]*, 2016. Available from: <https://cran.r-project.org/package=rminer>
14. P. Cortez, Package "rminer", 2016.

## Monitoraggio continuo del territorio e delle infrastrutture con dati satellitari SAR: il servizio Rheticus® Displacement

S. Samarelli<sup>1</sup>, V. Massimi<sup>1</sup>, C. La Mantia<sup>1</sup>, L. Agrimano<sup>1</sup>, D.O. Nitti<sup>2</sup>, R. Nutricato<sup>2</sup>, M. T. Chiaradia<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Planetek Italia s.r.l., Via Massaua 12, I-70132 Bari, Italy, e-mail: info@planetek.it

<sup>2</sup> Geophysical Applications Processing s.r.l., Via Amendola 173, 70126 Bari, Italy, e-mail: info@gapsrl.eu

<sup>3</sup> Politecnico di Bari, Dipartimento di Fisica, Via Amendola 173, 70126 Bari, Italy, e-mail: chiaradia@ba.infn.it

Corresponding author: (massimi@planetek.it)

Keywords: Rheticus® Displacement, Monitoraggio satellitare, Sentinel-1, Interferometria Differenziale Multi Temporale.

### Abstract

Il monitoraggio delle infrastrutture e del territorio è una attività fondamentale per garantire la incolumità delle persone, la tutela dell'ambiente e la salvaguardia degli asset in tutte le fasi del ciclo di vita delle infrastrutture: progettazione, realizzazione, gestione.

L'utilizzo delle tecniche topografiche tradizionali (Stazione Totale, reti GNSS etc) per un monitoraggio periodico su aree vaste o remote, richiede generalmente notevoli risorse economiche e di tempo e risulta pertanto una soluzione di difficile applicazione su piccola/media scala. Al contrario, l'utilizzo delle tecnologie di monitoraggio satellitare sfruttando immagini o ottiche e radar permette di superare questi limiti e di disporre di informazioni frequenti, precise e sostanzialmente accessibili, grazie ad una ormai ampia disponibilità di informazioni territoriali, anche in modalità open data attraverso il programma dell'Unione Europea Copernicus. Le immagini acquisite dai satelliti Sentinel sono alla base dei servizi di monitoraggio erogati dalla piattaforma su cloud Rheticus® ([www.rheticus.eu](http://www.rheticus.eu)). I servizi spaziano dal monitoraggio della stabilità delle infrastrutture (edifici, strade, reti idriche, dighe, ecc.) al monitoraggio della stabilità dei versanti e della subsidenza attraverso il servizio Rheticus® Displacement, alla qualità delle acque marine costiere attraverso il servizio Rheticus® Marine, agli incendi boschivi, ai cambiamenti antropici del territorio.

### Introduzione

L'offerta applicativa di Planetek, basata su una lunga tradizione di utilizzo di dati telerilevati da satellite e da aereo, permette di monitorare i fenomeni di rischio naturali ed indotti (frane, subsidenza etc.), la qualità dei suoli, delle acque marine-costiere e dell'aria in ambito urbano e delle emergenze. La sfida, derivante dal trasferimento tecnologico e di competenze sul trattamento dei dati, apre la strada ad applicazioni che traggono enorme vantaggio dall'analisi multi-sorgente e multi-sensore, nonché dalla fusione di dati acquisiti da piattaforme eterogenee. L'analisi automatica di dati permette di calcolare indicatori statistici dinamici su base geografica (geoanalytics) che fungono da supporto indispensabile alla conoscenza dei fenomeni in corso ed al governo del territorio.

In questo contesto la piattaforma cloud Rheticus® permette di erogare servizi a valore aggiunto di osservazione della terra grazie alle capacità di processare dati in automatico minimizzando le interazioni con operatori umani. Ciò è possibile grazie ai componenti programmabili che lavorano come differenti layers software in un sistema aziendale moderno basato su un modello SOA (Service-Oriented-Architecture).

Grazie a questa architettura, dove ogni funzionalità è ben definita e incapsulata in un componente stand-alone, Rheticus® è scalabile secondo differenti configurazioni in funzione delle esigenze degli utenti finali. Questo approccio rende il sistema estremamente flessibile rispetto all'implementazione dei servizi, assicurando la possibilità di ripensare e riprogettare l'intero processo con uno sforzo limitato.

Le principali caratteristiche del servizio Rheticus possono essere riassunte in:

- Utilizzo di dati satellitari multi-sorgente con una forte enfasi verso l'utilizzo degli Open-Data acquisiti dalla costellazione Sentinel orientata alle esigenze operative del programma Copernico;
- Capacità di calcolare indicatori geospaziali generati come risultati della conoscenza in una data area geografica;
- Possibilità di coinvolgere e coordinare gli operatori del back-end chiamati ad operare attraverso il workflow di produzione.
- Accessibilità come servizio cloud tramite sottoscrizione.

In questo articolo ci concentreremo sulle caratteristiche del servizio "Rheticus® Displacement" strettamente correlato al tema del rischio derivante da fenomeni naturali e indotti.

## Il servizio Rheticus® Displacement

Il monitoraggio è essenziale al fine di identificare e misurare fenomeni naturali e indotti (frane, subsidenza, etc.) che rappresentano un rischio per edifici e infrastrutture. Al fine di quantificarne il livello è fondamentale per gli attori coinvolti nella gestione del territorio, avere a disposizione informazioni precise sull'estensione e sulla magnitudo dei fenomeni in atto sia per scopo di allerta che di supporto alla progettazione e gestione delle infrastrutture stesse.

Rheticus® Displacement è un servizio geoinformativo progettato per il monitoraggio continuo degli spostamenti superficiali attraverso analisi di interferometria differenziale multi-temporale. Il servizio è complementare ai metodi tradizionali di rilievo e offre:

- Una soluzione per il monitoraggio degli spostamenti superficiali a lungo termine;
- Tempestiva identificazione di fenomeni di subsidenza, frane e instabilità di infrastrutture;
- Ottimizzazione di campagne di misura in situ;
- Pianificazione di interventi di manutenzione straordinaria (vedi Figura 1).

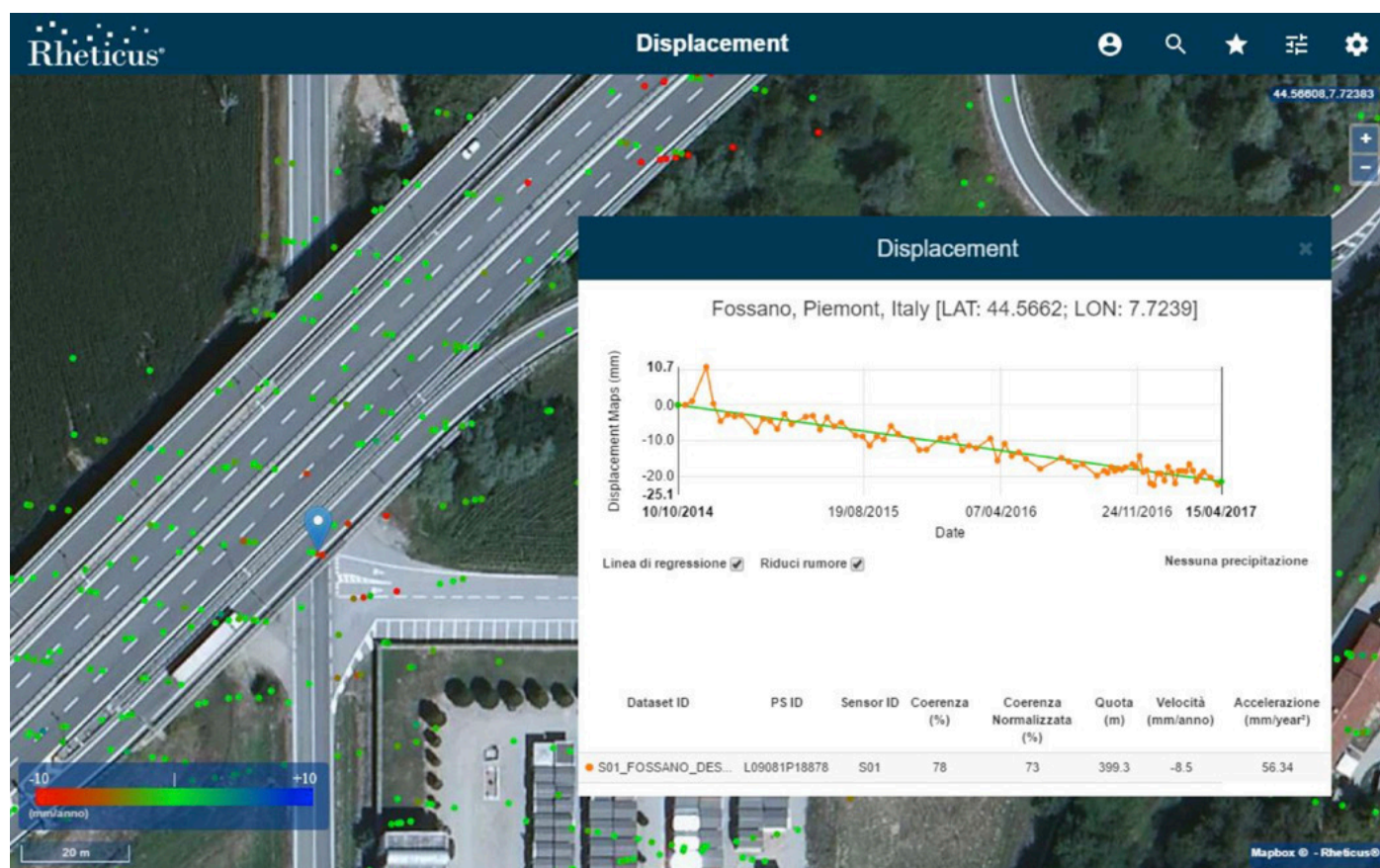


Figura 1. Rheticus® Displacement: analisi post-evento ponte crollato sulla tangenziale di Fossano

I benefici chiave di questo servizio consistono in:

- Aggiornamento continuo delle condizioni del terreno;
- Monitoraggio continuo sulle aree soggette a rischio;
- Eccellente rapporto Costi/Benefici;
- Salvaguardia degli investimenti.

Il servizio Rheticus® accede alle immagini Sentinel-1 del catalogo ESA Scientific Data Hub e le elabora tramite l'algoritmo MT-DInSAR denominato SPINUA ("Stable Point Interferometry Algorithm even in Un-urbanized Areas") implementato in una catena di processamento automatica [1,2]. Il risultato dell'elaborazione automatica consiste nella produzione di mappe di spostamento immediatamente utilizzabili per misurare con precisione sub-centimetrica i movimenti di punti coerenti denominati Persistent Scatterers.

Le funzionalità di Rheticus® Displacement possono essere riassunte in [3]:

- Processamento di immagini radar multi-polarizzate;
- Integrazione di mappe di spostamento ottenute dal processamento di immagini radar acquisite da

- differenti sensori operanti con differenti lunghezze d'onda e risoluzioni spaziali (Sentinel-1 IW, Cosmo-SkyMed HIMAGE, Terrasar-X etc.);
- Combinazione di spostamenti individuati lungo le orbite ascendenti e discendenti per la stima delle componenti di spostamento del terreno in direzione verticale e in direzione est-ovest;
  - Integrazione di Persistent Scatterers (PS) e Distributed scatterers (DS);
  - Identificazione di movimenti non lineari, come ad esempio quelli dovuti a trend stagionali periodici;
  - Ricostruzione 3D di edifici dalla distribuzione spaziale dei PS.

### 3. Conclusioni

La disponibilità continua di informazioni circa la stabilità del territorio, edifici ed infrastrutture, fruibili attraverso un cruscotto interattivo e dinamico rappresenta un supporto fondamentale al processo decisionale che interessa i diversi asset infrastrutturali (edifici, strade, ferrovie, reti idriche, dighe etc.). Il servizio Rheticus® Displacement, disponibile globalmente, attraverso aggiornamenti mensili, fornisce informazioni dinamiche semplici e pronte all'uso e che possono rappresentare un input per altre applicazioni e piattaforme attraverso uno scambio di informazioni e la possibilità di eseguire azioni in maniera automatica.

### 4. Acknowledgements

Rheticus® è un marchio registrato di Planetek Italia srl. Le attività di ricerca sono state finanziate nell'ambito del progetto FAST4MAP (ASI Contract n. 2015-020-R.0). I dati Sentinel-1 sono forniti dall'Agenzia Spaziale Europea. Le immagini CSK® sono fornite in licenza d'uso dall'Agenzia Spaziale Italiana.

### References

1. Bovenga, F., Refice, A., Nutricato, R., Guerriero, L. and Chiaradia, M. T., "SPINUA: A flexible processing chain for ERS/ENVISAT long term interferometry", Proceedings of 2004 ESA-ENVISAT Symposium 1, 1-6 (2004)
2. Bovenga, F., Nutricato, R., Refice, A. and Wasowki, J., "Application of Multi-temporal Differential Interferometry to Slope Instability Detection in Urban/Peri-urban Areas," Engineering Geology 88, 218-239 (2006).
3. S. Samarelli, A. P. Lorusso, L. Agrimano, R. Nutricato, F. Bovenga, D. O. Nitti, M. T. Chiaradia, "Rheticus: an automatic cloud-based geo-information service platform for territorial monitoring", Proceedings of SPIE 10003, SAR Image Analysis, Modeling, and Techniques XVI, 100030M, 7 pages; DOI: 10.1117/12.2241285 (2016)

## Offshore wind-temperature mapped from JAXA's Satellite AMSR2 sensing: a case of Study over the North Pacific Ocean

E. Sorrivi<sup>1,2\*</sup>, Y. Fujino<sup>2</sup>, D. Siringorongo<sup>2</sup> and E. Viola<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Civil, Chemical, Environmental and Materials Engineering – DICAM – Faculty of Engineering – University of Bologna, Bologna, Italy ; elisa.sorrivi@unibo.it (ES) ; erasmo.viola@unibo.it (EV) ;

<sup>2</sup> Institute of Advanced Sciences, Yokohama National University – YNU, Hodogaya-ku, Yokohama, 240-8501 – Japan ; fujino@ynu.ac.jp (YF) ; dion@ynu.ac.jp (DS) ;

Corresponding author: elisa.sorrivi@unibo.it;

Keywords: Ocean surface wind-temperature, Offshore wind energy, Satellite remote sensing, AMSR2 sensor, North Pacific Ocean

### Abstract

Offshore wind energy is one of the renewable energy sources to be exploited in Europe, Asia and North America to reduce anthropogenic emission of greenhouse gases from energy mix. Accurately estimating the wind-temperature climate is important to the ocean and coastal engineering design. The Global Change Observation Mission-Water "Shizuku" (GCOM-W) satellite, with a newly developed microwave radiometer: Advanced Microwave Scanning Radiometer-2 (AMSR2) developed by Japan Aerospace Exploration Agency, was launched successfully in May 2012. The standard geophysical products of AMSR2/GCOM-W were released a year after launch date. Here, we use data from three buoys moored in the North Pacific Ocean to test the accuracy of AMSR2 sea surface temperature (SST) and near surface wind speed (SSW). The North Pacific Ocean is subject to large multi-scale variability and intense air-sea interaction and thus provides a challenging test for the satellite sensor. From the year-long comparison, we confirm that the root mean square difference (RMSD) of AMSR2 SST observations was 0.75°C and meets the criterion for release accuracy (0.8°C). On the other hand, the RMSD of SSW was 1.6 m s<sup>-1</sup>, slightly worse than the criterion (1.5 m s<sup>-1</sup>), suggesting that the algorithm for SSW needs to be further improved. Overall, the results give confidence that AMSR2 products can be used for many air-sea interaction, climate, and water cycle studies.

### Introduction

The region of Japan's Seas, which includes Kuroshio Extension area in the North Pacific Ocean, are often threatened by extreme events like typhoons and storm waves [1]. Better understanding of the wind-temperature climate in this region is essential to safe and economic design for coastal and Offshore engineering [2-3]. At present, the offshore wind climatology and derived wind power statistical information such as wind resources, wind speed decadal trends, changes in seasonal winds and inter-annual wind speed variability have insufficient detail for sitting and planning of offshore wind farms. The main reason is that observations at offshore meteorological masts are very limited in space and time. Today the data for ocean winds are provided by different marine, aircraft, and satellite platforms with different accuracies and limitations. However, it is known that ocean areas suffer from a strong lack of measured wind data, mainly due to the high costs and technological challenges involved in the installation of wind measuring masts at such sites. Even when in situ data exists (collected on board ships, vessels, moored buoys, etc.) their availability is highly variable both in space and time and cannot be considered as representative of local wind-climate regimes (Risien&Chelton, 2006). Thus, it becomes paramount to search and validate alternative data sources to in situ measured wind-temperature data over ocean areas. These alternative sources of offshore wind data consist, basically, in satellite-derived measurements.

The satellite for Global Change Observation Mission-Water "Shizuku" (GCOM-W), developed by Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA), was launched on 18 May 2012 to monitor the global water cycle and for climate research. Using a multi-frequency channel, AMSR2 can provide estimates of precipitation, water vapor, sea surface temperature, and near surface wind speed over the global ocean. AMSR2 is a follow-up sensor of AMSR for Earth observing system (AMSR-E) on Aqua. The AMSR-E and AMSR/ Advanced Earth Observing Satellite-II (ADEOS-II) provided informative high quality data during their lifetime. The standard geophysical products of AMSR2 were released by JAXA about a year after its launch (i.e. May 2013). As with any remotely sensed observation from a new space borne sensor, it is very important to compare the AMSR2 observations to in-situ observations. This we do using data from buoys moored on the North Pacific Ocean in the Kuroshio Extension (KE) region (Fig.1).



Figure 1 - The ocean currents surrounding the Japanese archipelago: 1. Kuroshio 2. Kuroshio extension 3. Kuroshio countercurrent 4. Tsushima Current 5. Tsugaru Current 6. Soya Current 7. Oyashio 8. Liman Current

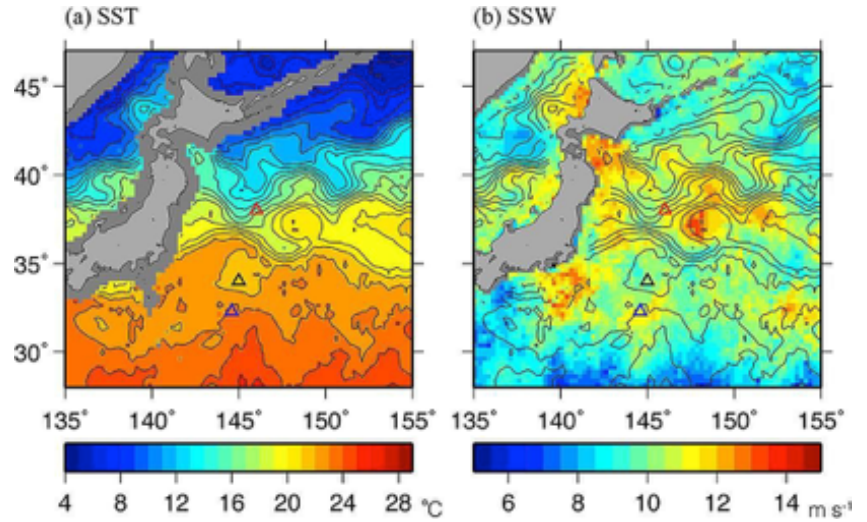


Figure 2 - Mean fields of (a) sea surface temperature (SST) and (b) sea surface wind (SSW) over the North Pacific Ocean obtained from GCOM-W/AMSR2 observations in November 2012. Three triangles indicate locations of buoys: JKEO (red, 38°N, 146.5°E), NKEO (black, 34°N, 145°E), KEO (blue, 32.3°N, 144.6°E) used in the validation. Contours in both panels are SST, with a contour interval (CI) of 1°C.

The KE region provides a difficult test for low frequency (e.g. 6–10 GHz) channel microwave radiometer remote sensing, like AMSR2/AMSR-E. The KE region is rich in variability, characterized by sharp oceanic fronts, and mesoscale eddies with spatial scale of < 100 km. The spatial resolution for AMSR2 sea surface temperature (SST), however, is only approximately 50 km. Strong currents and severe weather conditions also make the KE a challenging region for both in situ and remotely sensed observations. In particular, due to air-sea heat exchanges, the SST frontal structure associated with the ocean currents can project into atmospheric boundary layer, causing fronts and spatial patterns in the surface wind, cloud and rainfall fields and even lightning. The KE region is thus an important test region for comparisons with in-situ measurements. In this study we compare the AMSR2 SST and sea surface winds (SSW) to temporally high resolution measurements from three buoys deployed in the KE region (Table 1): the Kuroshio Extension Observatory (KEO) buoy operated by National Oceanic and Atmospheric Administration and the JKEO and NKEO buoys operated by Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology. As shown in Fig. 2, JKEO and KEO were located respectively north and south of the KE jet, and NKEO was located near the jet.

Buoy	SSW		SST	
	Start date	End date	Start date	End date
<b>JKEO</b>	19-June, 2012	14-August, 2012	19-June, 2012	14-August, 2012
<b>NKEO</b>	22-June, 2012	10-December, 2012	22-June, 2012	10-December, 2012
<b>KEO</b>	04-July, 2012	07-June, 2013	04-July, 2012	07-June, 2013

Table 1 - Observation periods for three buoys: JKEO, NKEO and KEO.

## 1. Methods

The region of Japan's Seas, which includes Kuroshio Extension area in the North Pacific Ocean, are often threatened by extreme events like typhoons and storm waves. Wind sensors were mounted on the buoy's tower at a height of 3.5–4.5 m from sea surface, AMSR2 standard geophysical products gives wind speed at 10 m. There are two kinds of data for SSW and SST: L2 and L3. In the match-up process, we found roughly ten outliers only for SSW, with very large differences (> 10 m s<sup>-1</sup>). For SST, the release, standard, and goal threshold accuracies are 1.0°C, 0.5°C and 0.2°C, respectively, while those of the SSW are 1.5 m s<sup>-1</sup>, 1.0 m s<sup>-1</sup> and 1.0 m s<sup>-1</sup>.

## 2. Results

AMSR2 SSW is biased high (+1.04 m s<sup>-1</sup>) relative to the buoy winds (10 m height). Larger differences were found in the low (< 5 m s<sup>-1</sup>) and high (> 15 m s<sup>-1</sup>) wind range. The large discrepancies in high wind range were mainly observed by KEO and are associated with typhoons. The monthly climatologies for both data



sets agree to within their SD. In the comparison with buoy, there was difference between ascending and descending observations for SSW: ascending have larger RMSD (1.70 m s<sup>-1</sup>), descending (1.46 m s<sup>-1</sup>). Difference of 0.24 m s<sup>-1</sup> is significant as confirmed by F-test. For  $\Delta T$  derived from AMSR2 and that from buoys, the average over the entire period is nearly zero.

### 3. Conclusions

This study shows that based upon in situ observations in the KE region, SST meets the accuracy criterion for public release. SSW does not meet the criterion; the RMSD is slightly worse (1.6 m s<sup>-1</sup>) than the criterion (1.5 m s<sup>-1</sup>). Meteorological conditions in the KE region can range from calm winds with lat sea state to typhoon conditions. The region has complex and energetic mesoscale variability in both the SST and SSW fields. The fact that AMSR2 can observe SST and SSW near the release accuracy threshold in this challenging region is very encouraging. Indeed, the RMSD of AMSR2 SST is smaller than amplitude of long-term variations in the region. The accuracy, however, does not meet the "goal" criterion. It is hoped that the current algorithm can be improved to better capture the range of variability of both SST and SSW.

### References

1. Chelton, D. B., M. G. Schlax, M. H. Freilich, and R. F. Milliff, 2004: Satellite measurements reveal persistent small-scale features in ocean winds. *Science*, 303 (5660), 978–983
2. Clayson, C. A., and A. S. Bogdanoff, 2013: The effect of diurnal sea surface temperature warming on climatological air-sea fluxes. *J. Climate*, 26, 2546–2556, doi:10.1175/jcli-d-12-00062.1
3. Konda, M., H. Ichikawa, and H. Tomita, 2009: Wind speed and latent heat flux retrieved by simultaneous observation of multiple geophysical parameters by AMSR-E. *Journal of the Remote Sensing Society of Japan*, 20, 191–198

D. Spizzichino<sup>1</sup>, C. Margottini<sup>1</sup>, E. Brustia<sup>1</sup>, F. Cigna<sup>2</sup>, V. Comerci<sup>1</sup>, B. Dessì<sup>1</sup>, L. Guerrieri<sup>1</sup>, C. Iadanza<sup>1</sup>, G. Leoni<sup>1</sup>, D. Tapete<sup>2</sup>, A. Trigila<sup>1</sup> and E. Vittori<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ISPRa, Institute for Environmental Protection and Research, Geological Survey of Italy, Rome, Italy; [daniele.spizzichino@isprambiente.it](mailto:daniele.spizzichino@isprambiente.it)

<sup>2</sup> NERC, Natural Environment Research Council, British Geological Survey, UK; [francesca.cigna@gmail.com](mailto:francesca.cigna@gmail.com), [deodato.tapete@gmail.com](mailto:deodato.tapete@gmail.com)

Corresponding author: [daniele.spizzichino@isprambiente.it](mailto:daniele.spizzichino@isprambiente.it)

Keywords: Geo-hazard, UNESCO, SAR

### Abstract

Led by the Italian Institute for Environmental Protection and Research, in collaboration with NERC British Geological Survey, Geological and Mining Institute of Spain, University of Milano - Bicocca and Cyprus University of Technology, the PROTHEGO project is a collaborative research project funded in the framework of the Joint Programming Initiative on Cultural Heritage and Global Change (JPICH) in the Seventh Framework Program (FP7) of the European Commission. The project ([www.prothego.eu](http://www.prothego.eu)) will make an innovative contribution towards the analysis of geo-hazards in areas of cultural heritage in Europe. Aim of the project is to develop and validate an innovative multi-scale methodology for the detection and monitoring of European cultural heritage exposed to natural hazards, namely monuments and sites potentially unstable due to landslides, subsidence, ground settlement, as well as monument deformation. By applying this methodology to the UNESCO World heritage sites in geographical Europe (399 sites), and by integrating these data with existing geo hazards databases, PROTHEGO will identify and rank the most critical cultural heritage sites over the entirety of Europe. A clear and updated picture of the most endangered WHL sites at European level is carried out as an useful tool for any kind of conservation and management plans as well as future conservation policies.

### Rationale

Tangible cultural heritage includes various categories of monuments and sites, from cultural landscapes and sacred sites to archaeological complexes, individual architectural or artistic monuments and historic urban centers. Such places are continuously impacted and weathered by several internal and external factors, with both rapid and slow onset, including natural hazards, such as landslides, sinkholes, settlement, subsidence or earthquakes or extreme meteorological events, all of which could be worsened by climate change and human interaction. A comprehensive picture of sites affected by geo-hazards is not available as yet. Only some of the endangered sites are inscribed on the World Heritage in Danger list, which was defined in accordance with Article 11 of the Convention concerning the Protection of the World Cultural and Natural Heritage in 1972, and mainly includes sites threatened by armed conflicts, accelerated deterioration, calamities and cataclysms, and rapid urban or tourist development. Historically, on-site observation has been the most common way of monitoring cultural heritage sites and monuments in Europe. However, this procedure, that includes field surveying, ground-based data collection, periodical observations, is time consuming and expensive. Moreover, the installation of monitoring devices, such as optical targets, GPS stations, or inclinometers, on the heritage sites and monuments can lead to aesthetic and functional impacts that can affect the integrity and availability of the heritage.

### 1. PROTHEGO's goals

Satellite radar interferometry techniques (InSAR) and Geographical Information Systems (GIS) can successfully resolve the above mentioned problems by providing the scientists and the heritage preservation and conservation practitioners with integrated remote monitoring of the study areas and the unique advantage to store and manipulate a large amount of spatial and tabular data simultaneously. After the remote sensing investigation, detailed geological interpretation, hazard analysis, local-scale monitoring, advanced modeling and field surveying for the most critical sites will be carried out to discover causes and extent of the observed motions. At least one site in each project partner's country (i.e. Italy, UK, Cyprus and Spain) is used to demonstrate the methodological approach as well as the limits and constraints of InSAR analysis. The selected case studies are: the Alhambra in Granada (Spain); the Choirokoitia village (Cyprus); the Derwent Valley Mills (UK); the Pompei archaeological site and the Historical centre of Rome (IT).

## 1.1 UNESCO Cultural heritage Vs Natural hazards at European scale

In order to provide an updated geographical overview, a detailed analysis of available datasets concerning WHL Sites and geo-hazards in Europe has been implemented. The year 2015 WHL Sites point layer, generated from the List, contains all records' attributes and, via the Site ID field, allows us to relate this information to the polygon layer that contains the correct geographic boundaries, distinguished in Core Area and Buffer Zone (Figure 1). The GIS spatial database of Sites' boundaries has been created by data collection directly from national authorities, UNESCO Focal Points and Open Data Catalogues (39%) and by new digitizing of UNESCO documentation (61%).

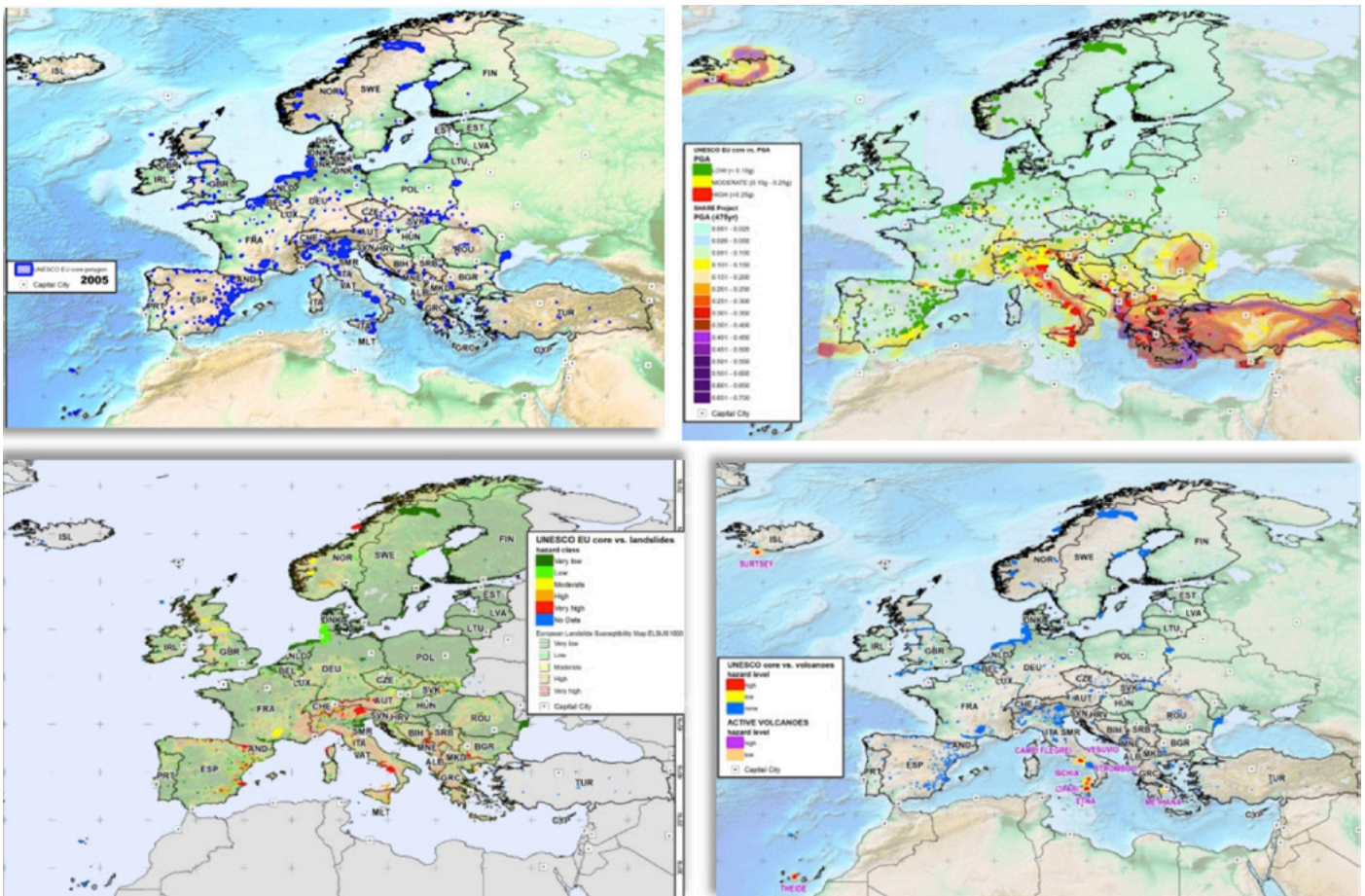


Figure 1 – UNESCO Core Area polygons Vs natural hazards map in continental Europe  
Source: Spizzichino et al. (2016)

The appropriate available databases concerning natural hazards in Europe were collected and used for a preliminary spatial analysis in order to promote a first sketch of European UNESCO Heritage at risk (fig. 1.1). The final output has been the actual situation of UNESCO Cultural Heritage Vs. geo-hazards distribution at European scale. All the European UNESCO Heritage sites were collected georeferenced and digitalized for a total amount of 399 sites (the core polygons were ca. 2351). The 16% of the EHS (European Heritage Sites) belongs to the High seismic hazards category. The 12% of EHS are located in Very High landslides susceptibility zone and 14% in High susceptibility zone. 26 EHS are actually in a High volcanic hazard area. For subsidence and flood only some European country provided the relative hazard map.

## 1.2. Available satellite InSAR data for the UNESCO sites

Within PROTHEGO's WP2, NERC-BGS has also built an catalogue of satellite-derived ground motion information from multi-temporal InSAR and Persistent Scatterers (PS) techniques for the UNESCO WHL sites of Europe, and has provided an open access assessment report of InSAR data availability for the 399 UNESCO sites (Cigna and Tapete, 2017). The research activity was implemented through the analysis of satellite InSAR and PS datasets available at European scale, and will be followed by the harmonisation of InSAR and PS ground motion information and creation of digital factsheets. Figure 2 shows the InSAR data coverage and gaps for the 399 UNESCO sites, resulting from the assessment at European scale. The final goal of WP2 is to generate a GIS catalogue of the available satellite InSAR data for the UNESCO WHL sites of Europe, and digital factsheets summarizing the observed ground motion velocities and deformation histories of the PS reflectors within each WHL site.

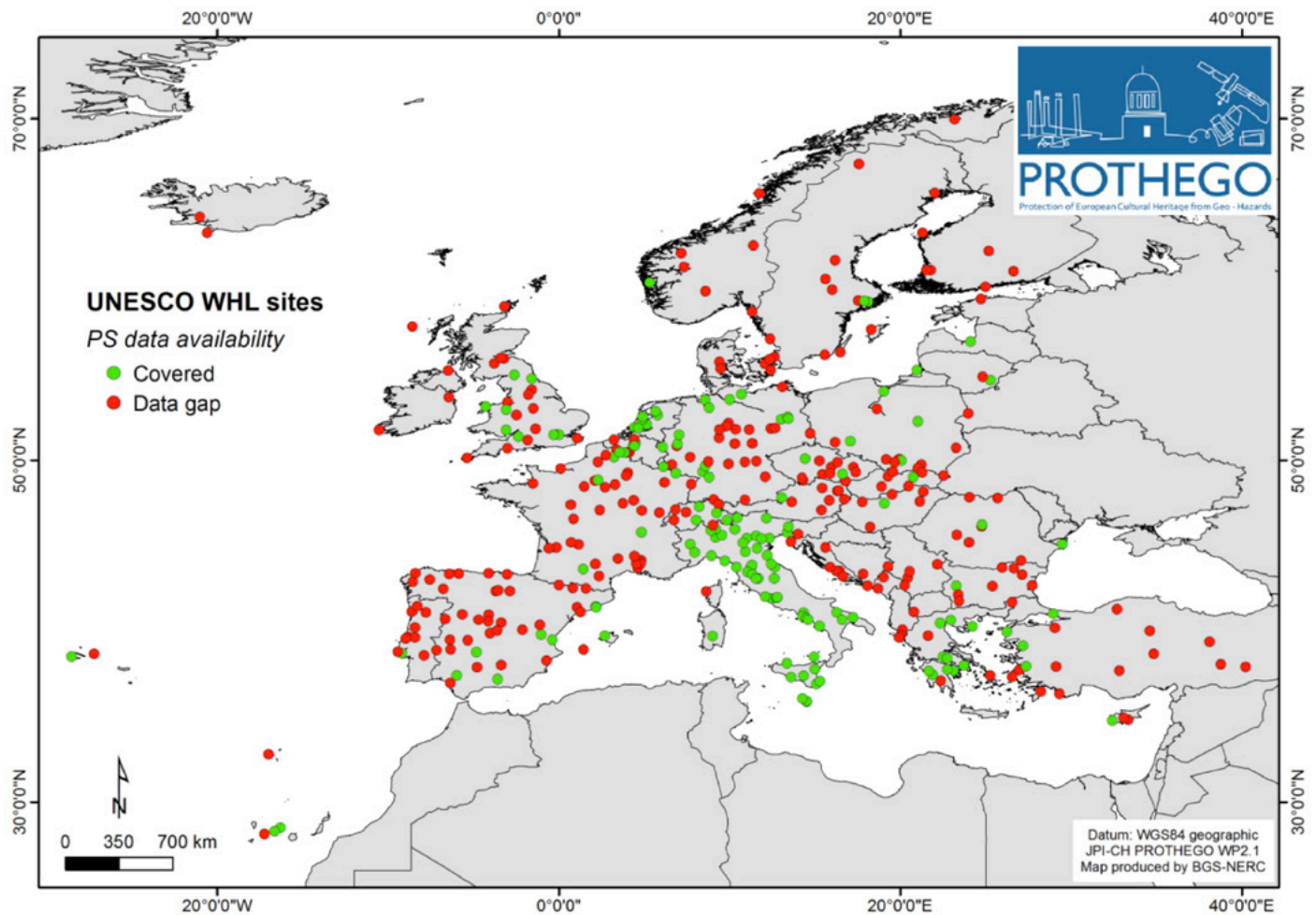


Figure 2 – Overall coverage of the UNESCO WHL sites of Europe with PS ground motion data  
 Source: Cigna and Tapete (2017)

## 2. Conclusions

An updated general overview of UNESCO European CH affected by geo-hazard was implemented and carried out, as well as the assessment of the coverage of sites with PS ground motion data. The project will enhance cultural heritage management at national level, reinforcing institutional support and governance through knowledge and innovation, identifying, assessing and monitoring risks, strengthening disaster preparedness at heritage properties in the future as well as increasing disaster resilience of heritage sites

## References

1. Cigna F. & Tapete D. (2017). PROTHEGO Deliverable D.02.01: Available satellite InSAR data for the European WHL sites, Version 1.0. JPI-CH Heritage Plus PROTHEGO project, Open Report. Date DD/03/2017. pp. 45 (iii + 18 + 23). Available at: <http://www.prothego.eu/downloads.html>
2. Spizzichino D., Leoni G., Comerci V., Brustia E., Guerrieri L., Dessi B., Trigila A. & Iadanza C. (2016). PROTHEGO Deliverable D.01.01: UNESCO Cultural Heritage Vs Natural hazards at European scale, Version 1.0. JPI-CH Heritage Plus PROTHEGO project, Open Report. Date 15/12/2016. pp. 30. Available at: <http://www.prothego.eu/downloads.html>

## Erogazioni rapide di servizi di geo-informazione

F. Volpe, L. Rossi

*e-GEOS spa*

Nel campo dei servizi di geo-informazione, basati ormai stabilmente su dati telerilevati multisorgente, in integrazione con rilievi in situ, database esistenti e materiale "social", le informazioni erogate nei vari ambiti e ai diversi utenti, presentano un valore diverso a seconda delle tempistiche di servizio e da chi tale servizio lo riceve.

Esempi evidenti sono i servizi di mapping Copernicus EMS, dove le cartografie di riferimento e dell'ubicazione del livello dei danni, se non vengono rilasciate quasi in tempo reale, diventano inutili per le operazioni di logistica e di salvataggio, per non parlare delle emergenze ambientali, inquinamenti da oil spill, gli allerta agro-meteo, le mappe di vigore per il precision farming, ecc.

Ultimamente anche le esigenze di monitoraggio dinamico ma georiferito delle migrazioni dei popoli o del rispetto dei trattati internazionali tra diversi stati (si pensi a Frontex), rientrano a pieno titolo in questa tipologia, utilizzando con grande efficacia materiale utile per salvare vite umane o imporre il rispetto di una tregua, ma non accettando (e giustamente non pagando) tutto quello che va fuori i livelli di servizio preventivati.

Anche la sempre maggiore richiesta, sia da parte delle varie amministrazioni che dall'industria, dei cosiddetti dati "analytics" seguono la stessa sorte, diventando elementi preziosi (e commercialmente validi) solo se erogati in tempi rapidissimi e accompagnati da valenze e varianze statistiche riconoscibili.

La variabile "tempo di consegna" non ha inoltre un valore assoluto, ma deve essere sempre messa in relazione con l'utente, il suo grado di preparazione e gli strumenti che ha a disposizione. Ad esempio una protezione civile Europea, che ha già sistemi informativi user friendly e open, numerosi dati ancillari di riferimento, con un network di device in campo su cui trasferire immediatamente ogni tipo di dato otterrà valore aggiunto solo se l'erogazione è immediata, rispetto a chi non ha tali strumenti e che troverà sempre vantaggi informativi anche con una fornitura non in tempo reale.

La presentazione offrirà spunti ed esempi applicativi su cui discutere e tenere in considerazione, anche per chi fa ricerca nel campo dell'ottimizzazione e l'efficientamento della Geomatica.

**ENEA**

Servizio Promozione e Comunicazione  
[www.enea.it](http://www.enea.it)

Giugno 2017