

LIFE “METRO-ADAPT” Onde di Calore Urbano: analisi degli impatti su popolazione mediante dati satellitari

Pierluigi Adami, Achille Ciappa, Nicola Corsini, Maria Lucia Magliozzi, Monica Palandri

e-GEOS S.p.A. Via Tiburtina 965, 00156 Roma Italy, +390640793833, monica.palandri@e-geos.it, pierluigi.adami@e-geos.it, achille.ciappa@e-geos.it, nicola.corsini@e-geos.it, marialucia.magliozzi@e-geos.it

Sinossi

e-GEOS, insieme con la capofila Città Metropolitana di Milano (CMM) e con i partner Ambiente Italia, CAP Holding, Legambiente Lombardia Onlus e l'ALDA, sta portando avanti il progetto “METRO-ADAPT – Climate Change Adaptation Project”, nell'ambito del programma europeo LIFE. Il progetto si focalizza su alcuni dei problemi climatici che devono affrontare le aree metropolitane. Il progetto ha fra i suoi obiettivi quello di fornire uno strumento operativo per migliorare i processi di *governance* della città metropolitana e supportare, con dati obiettivi, l'attività conoscitiva del territorio e di pianificazione a vari livelli. Questo articolo descrive i risultati ad oggi ottenuti relativi alla mappatura delle isole di calore urbano e all'analisi del rischio della popolazione vulnerabile esposta alle ondate di calore. In alcune aree della città metropolitana, a causa della conformazione urbana, si riscontrano temperature molto elevate per diversi giorni consecutivi. Si definisce “Isola di Calore Urbano” (*Urban Heat Island, UHI*) una zona della città nella quale la temperatura è molto superiore (5°C e oltre) – per diversi giorni - rispetto a quella minima di riferimento misurata nell'area rurale circostante l'area urbana. Questa *anomalia termica* è particolarmente significativa durante le ore notturne. Vari studi hanno accertato che, durante le onde di calore, la mortalità nelle aree urbane aumenta significativamente. È dunque importante per le amministrazioni e per gli enti di Protezione Civile poter localizzare al meglio le aree della città dove si verifica il fenomeno delle isole di calore, al fine di provvedere con interventi tempestivi sulla popolazione (ad es. la distribuzione di acqua o la delocalizzazione delle persone vulnerabili in zone più fresche) e con misure di pianificazione urbanistica volte all'adozione di infrastrutture verdi e blu. L'uso di dati pluriennali satellitari multi-piattaforma, cartografici e informativi integrati in un GIS ha consentito di produrre un'analisi di rischio per la popolazione vulnerabile (anziani e bambini) esposta alle temperature estreme, durante le ondate di calore estivo. I risultati del progetto contribuiranno a supportare il Piano Territoriale della CMM con misure di adattamento climatico e lo sviluppo di nuove regole di costruzione e pianificazione nei comuni.

Periodi delle onde di calore nella Città Metropolitana di Milano

I periodi di onde di calore sono stati individuati in base ai dati di temperatura della centralina meteo Brera, nel centro di Milano, e alle massime temperature negli aeroporti di Linate e Malpensa (dati METAR - METeorological Air Report)

durante le estati 2015-2018. Sono stati identificati come onde di calore i giorni consecutivi (almeno 3) con temperature massime diurne oltre i 30°C e minime notturne oltre 22°C. Su un totale di 488 giorni estivi, il numero totale di giorni di onde di calore risulta 193 (39.5%). Nella tabella che segue, sono riportati i periodi individuati come ondate di calore durante le estati 2015 - 2018.

Anno	Periodi	Numero di giorni
2015	4-8/6; 30/6-30/7; 3-9/8; 28/8-2/9	49
2016	20/6 - 13/7; 18-26/7; 23/8 - 14/9	56
2017	11-24/6; 5-13/7; 31/7 - 4/8; 24-31/8	35
2018	15-21/6; 8/7 - 13/8; 15-23/8	54

Tabella 1 - Distribuzione delle Onde di calore nelle estati 2015 - 2018

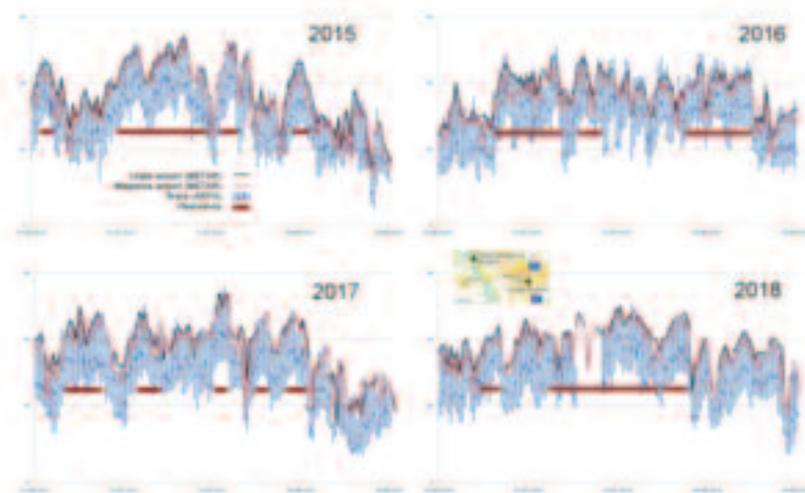


Figura 2 - Temperature dell'aria nelle estati 2015-2018: Malpensa, Linate e Brera

Un possibile effetto perturbativo nella distribuzione del calore al suolo può essere causato dal vento, che potrebbe "spostare" sottovento la posizione dell'isola di calore. Sono stati analizzati i dati di vento sull'area e nei periodi in esame, estratti dal METAR degli aeroporti, e si è riscontrato che il vento è inferiore a 15 km/h e pertanto nessuna immagine satellitare è stata scartata.

Elaborazione dati satellitari

Attraverso dati termici satellitari, sono state individuate le zone più calde (zone "UHI") della CMM durante i periodi estivi tra il 2015 e il 2018. L'analisi ha utilizzato i dati di Land Surface Temperature (LST) del sensore MODIS (1 km risoluzione) montato sui satelliti Aqua e Terra, e le bande termiche del satellite Landsat-8 (100 m ris., pixel 30 m). Non sono stati usati i dati termici dei satelliti europei Sentinel-3, perché operativi dopo il 2016, ma le procedure qui illustrate sono applicabili anche ai dati Sentinel-3. MODIS acquisisce quotidianamente (2 immagini di giorno, 2 di notte), mentre il LANDSAT-8 ogni 16 giorni. La procedura seguita si può riassumere in tre passi:

1. Calcolo della LST media da MODIS durante i periodi di onde di calore;
2. Ricampionamento (downscaling) della LST (1 km ris.) alla risoluzione di 30 m per pixel, utilizzando i dati termici LANDSAT;
3. Produzione della mappa di *anomalia termica*, ovvero delle differenze di temperatura rispetto ad uno "0" di riferimento corrispondente alla temperatura delle aree rurali circostanti l'area urbana.

Selezione dei dati MODIS e Landsat notturni

La qualità dei dati MODIS sull'area di studio è stata valutata calcolando la percentuale di pixel LST utilizzabili sul totale di 488 giorni estivi dal 2015 al 2018. Le percentuali sono molto basse nelle aree urbane come Vigevano, Pavia, Lodi (all'esterno della CMM), con minimi attorno al 4% nell'area urbana di Milano. Queste basse percentuali rivelano che la frequente opacità atmosferica è dovuta sia alla copertura nuvolosa (naturale) sia alla presenza di inquinanti atmosferici. Al fine di aumentare il numero di immagini sfruttabili, sono state considerate 5 sub-aree su cui selezionare separatamente le immagini senza nuvole. Alla fine, le medie ottenute su ciascuno dei 5 quadranti sono state mosaicate. Nel 2015, risultano 32 date per Terra e 28 per Aqua.

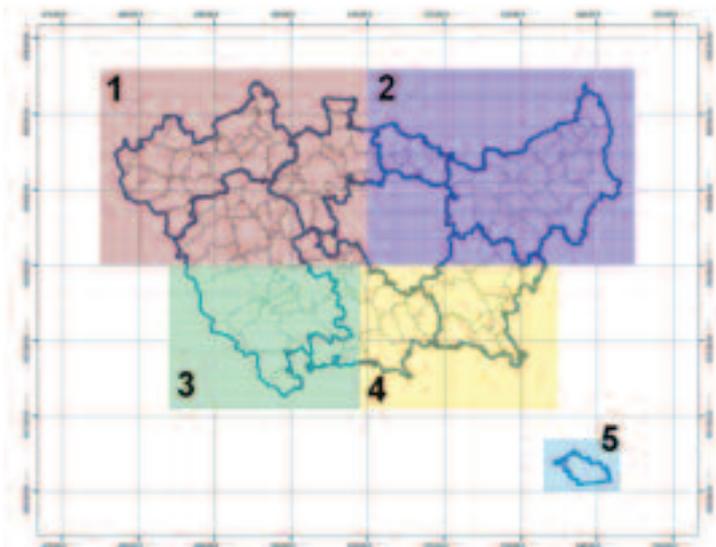


Figura 3 - Le 5 sub-aree della CMM su cui sono state selezionate le immagini MODIS

Sono state poi acquisite 11 immagini notturne Landsat-8 tra il 2015-18, di cui 4 sono state scartate per la copertura nuvolosa. Delle 7 immagini rimaste, 5 sono state ulteriormente scartate dopo un'accurata ispezione, perché affette da minori disturbi atmosferici. Le restanti due, del 02.08.2015 e del 26.08.2018 sono state utilizzate per il downscaling delle immagini MODIS.

Landsat processing

La LST da Landsat può essere calcolata a partire dai digital numbers (DN) della banda termica 10 (la 11 è in genere troppo rumorosa). Le bande Landsat non consentono la correzione atmosferica come per MODIS, pertanto la LST Landsat è stimata al *Top of Atmosphere* (TOA). I passi per produrre le TOA LST (dati notturni o diurni) consistono in (Avdan, Jovanovska, 2016), (Sobrino et al., 2004), (Stathopoulou, Cartalis, 2007):

- a. Calcolo della radianza spettrale TOA a partire dall'immagine della banda 10, da scale factor e offset nel file MTL nel GEOTIFF;

$$L_{\lambda} = M_L * Q_{cal} + A_L - O_i \quad (0.1)$$

- b. Calcolo della temperatura di brillantezza (BT):

$$BT = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_1}{L_\lambda} + 1\right)} - 273.15 \quad (0.2)$$

con le costanti (dal file MTL): $K_1 = 774.8853$, $K_2 = 1321.0789$;
 c. Calcolo della TOA-LST, ottenuta dalla BT:

$$T_s = \frac{BT}{\{1 + [(\lambda BT / \rho) \ln(\epsilon_\lambda)]\}} \quad (0.3)$$

con λ = lunghezza d'onda della radianza emessa $\lambda = 10.895 \mu\text{m}$, $\rho = 1.438 \times 10^{-2} \text{ mK}$ (prodotto delle costanti di Planck e Boltzmann) ed ϵ_λ = l'emissività.

L'emissività è stata stimata attraverso valori assegnati a classi di uso del suolo (acqua, suolo nudo, suolo misto, copertura vegetale) derivate dall'indice di vegetazione NDVI. Quest'ultimo è stato stimato a partire da immagini Landsat8 diurne più prossime dal punto di vista temporale a quelle notturne utilizzate per il calcolo della BT.

Downscaling

Il downscaling è un processo di ricampionamento che converte un dato a bassa risoluzione spaziale (come il MODIS) in uno a più alta risoluzione attraverso le informazioni estratte da un dato di riferimento (come il Landsat). Il metodo usato nel progetto si basa sulla LST, con l'assunzione della stabilità nel tempo del rapporto tra il valore del pixel di LST da MODIS e da Landsat. La connessione tra i pixel termici Landsat e MODIS è stabilita sotto-campionando i pixel Landsat alla risoluzione del MODIS e confrontando i dati. La sovrapposizione delle due griglie permette di individuare i pixel Landsat che ricadono in ciascuna cella MODIS. Mediando i valori di LST Landsat su ogni cella MODIS, si ottiene dalla immagine Landsat una immagine termica ad 1km analoga al MODIS. Ora è possibile esprimere il rapporto tra la LST a piccola e larga scala attraverso i rapporti di ciascun pixel:

$$R_{i,j} = LST_{i,j}^{30m} / LST^{1km}$$

dove $LST_{i,j}^{30m}$ è il valore del pixel Landsat e LST^{1km} è il corrispondente valore mediato sulla griglia MODIS. I rapporti $R_{i,j}$ costituiscono una matrice di trasformazione R' . Se il rapporto è invariante nel tempo, è possibile convertire una qualunque immagine MODIS LST ad 1km in un'immagine a 30m:

$$LST_{i,j}^{30m} = LST^{1km} \cdot R_{i,j}$$

dove ora i valori LST ad 1km vengono dal MODIS.

Questo metodo rispetto al SADFAT (Weng et al., 2014) non necessita di un dataset di immagini contemporanee MODIS e Landsat. Tuttavia, visto che la matrice di trasformazione R può essere ottenuta da qualsiasi immagine Landsat, è importante verificare che la matrice R sia invariante nel tempo.

Produzione Mappe Anomalie Termiche notturne

Le mappe di anomalie termiche sono state prodotte dai dati notturni. Dousset et al. (2011) hanno studiato gli effetti dell'onda di calore dell'agosto 2003 nell'area di Parigi con dati termici satellitari, riportando che la correlazione tra gli incrementi di mortalità e la distribuzione spaziale delle temperature era più significativa per le temperature notturne che non per le diurne. È risultato che

un incremento delle minime notturne di solo 0.5 °C aveva causato il raddoppio dell'incremento della percentuale di decessi. Analizzando i dati di temperatura dell'aria delle stazioni ARPA sul territorio, l'intervallo di valori delle minime notturne, di circa 5°C, è ben più ampio di quello massimo diurno, di 2°. Dunque la temperatura presenta una maggiore variabilità spaziale durante la notte, mentre durante il giorno, le aree urbanizzate tendono a riscaldarsi in maniera uniforme, ad eccezione ovviamente delle aree verdi. Questo fenomeno è dovuto al rilascio del calore immagazzinato durante il giorno in alcune zone della città limitate dalla struttura urbana, causando quindi maggiori differenze di temperatura. Le MODIS LST notturne sono state mediate e mosaicate e la mappa media è stata ricampionata sul pixel di 30m Landsat più recente (agosto 2018). Infine, dalla LST media a 30m è stata ottenuta la distribuzione della anomalia termica, ovvero delle isole di calore UHI. Intendendo per anomalia termica l'eccessiva differenza di temperatura tra zone nel centro urbano e un'area rurale di riferimento, essa vale zero all'esterno della città e aumenta sino al massimo nelle zone urbane UHI. Ad esempio, nei passaggi notturni (1:00 – 3:00) di Aqua, la LST media nelle zone rurali è stata 23°C, mentre nelle aree urbane si riscontrano picchi di circa 5°C superiori. Le temperature misurate dal satellite Aqua, acquisiti tra l'01:00 e le 03:00, sono inferiori a quelli di Terra, acquisiti tra le 21:00 e le 23:00, a seguito del raffreddamento notturno. I risultati ottenuti per Terra ed Aqua si sono dimostrati comunque simili, confermando che le aree più calde restano tali in entrambe le fasce orarie. È stato quindi verificato che la matrice R di trasformazione per il downscaling a 30m delle immagini Modis sia sostanzialmente stabile nel tempo, a meno di consistenti variazioni dell'uso del suolo. Sono state confrontate le due matrici R relative alle due immagini Landsat-8 notturne del 2015 e 2018. La verifica ha dimostrato che le differenze degli elementi R_{ij} sono molto piccole (inferiori a 0.05) sulla totalità dell'area urbana (ove si sviluppano le UHI), mentre differenze di poco superiori si riscontrano nelle zone non urbanizzate, dove i dati termici acquisiti a tre anni di distanza catturano variazioni dell'uso del suolo. Quindi il downscaling dei MODIS tramite le due Landsat notturne è sostanzialmente equivalente ai fini della mappatura delle UHI, ovvero produce gli stessi risultati. Dunque la risposta termica del suolo, quando non siano sopravvenuti cambiamenti di uso, è sostanzialmente stabile nel tempo. Altra considerazione riguarda la comparazione delle mappe di anomalia termica ottenute dalle LST medie da dati Terra e Aqua. Nonostante le due mappe siano state generate da due dataset diversi, in orari diversi (21:00 – 23:00 Terra e 01:00 – 03:00 Aqua) e con valori medi LST lievemente più "freddi" per Aqua, si è riscontrata la completa coerenza tra le due mappe.

A ulteriore riprova della robustezza della procedura, anche il confronto tra la mappa media dai dati 2015 e un dato acquisito durante l'ondata di calore dell'estate 2018 (01.08.2018), mostra la stessa distribuzione termica.

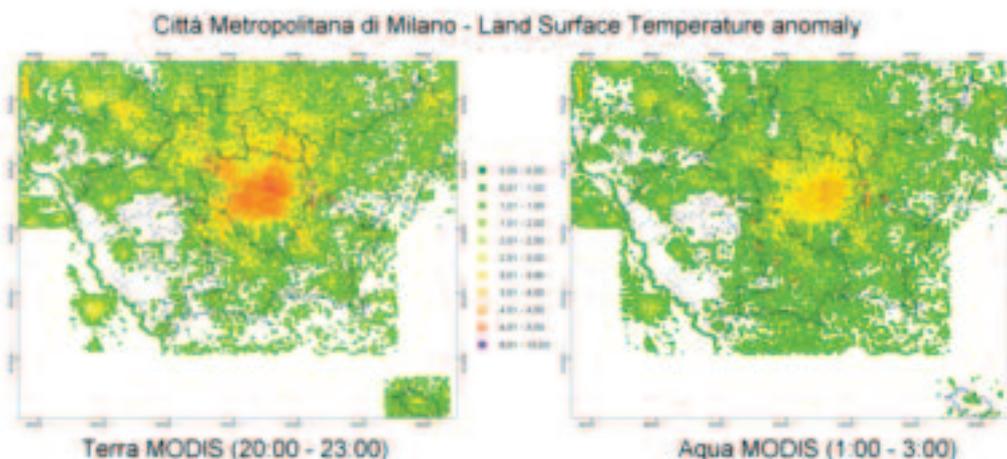


Figura 4 - Anomalie termiche notturne sull'area della CMM osservate da satellite

Produzione Mappe di Rischio e Vulnerabilità da Anomalie Termiche

Obiettivo di questo task del progetto è stato il calcolo dell'indice di rischio della popolazione vulnerabile esposta alle anomalie termiche durante le ondate di calore estivo. L'intensa onda di calore che ha colpito l'Europa nel 2003, ha avuto letali conseguenze specialmente in Francia, con un incremento di mortalità del 40% nei piccoli centri sino a 80% a Lione e 141% a Parigi (Vandentorren et al., 2004). Un'analogica onda di calore sulla costa occidentale degli U.S.A. causò l'incremento di mortalità del 150% a New York (Kalkstein et al., 2008). All'interno del progetto i dati in input utilizzati sono stati la mappa delle anomalie termiche notturne (nelle UHI 2015-18); le Carte Tecniche Regionali della Regione Lombardia (rilascio DBT 2017) e dati ISTAT del censimento 2011.

Il rischio termico è stato calcolato come funzione della *minaccia* – ovvero il verificarsi dell'evento termico estremo – e della vulnerabilità della popolazione:

$$iR = iM \times iV$$

dove iM è l'indice di minaccia e iV è l'indice di vulnerabilità.

iM ed iV sono stati calcolati normalizzando le misure nell'unità di superficie rispetto al valore massimo nell'area di riferimento. iR , iM ed iV hanno dunque valore in relazione all'area di riferimento per la quale sono stati calcolati, ovvero alla macroscale dell'intera CMM e a livello dei singoli comuni.

Il calcolo dell'indice di minaccia iM è stato eseguito per ogni pixel: il differenziale della temperatura viene normalizzato per il valore più alto dei pixel nell'area di riferimento (CMM o comune). Si ottiene così un indice (con valori tra 0 ad 1), che relativizza il rischio rispetto alla minaccia massima.

La vulnerabilità in assoluto è la differenza tra le caratteristiche che indeboliscono e quelle che permettono di resistere a una data minaccia. Nel caso in analisi, si calcola la vulnerabilità della popolazione, attraverso i dati del censimento del 2011, spazializzati a livello di sezioni di censimento. Tra le informazioni disponibili sono state prese in considerazione: E2-Edifici e complessi di edifici utilizzati; E3-Edifici ad uso residenziale; E16-Edifici residenziali costruiti dopo il 2005; P1-Popolazione residente totale; P14-Popolazione res. età <5 anni; P15-Popolazione res. età 5-9 anni; P28-Popol. res. età 70-74 anni; P29-Popol. Res. età >74 anni. Come elementi di debolezza si è presa in considerazione la popolazione costituita da bambini e anziani

(P14, P15, P28, P29). Si è calcolato per ogni sezione di censimento la densità della popolazione vulnerabile (in numero di abitanti/kmq). Non è stato possibile considerare come fattore di resistenza gli edifici più recenti (E16), in effetti a efficienza energetica superiore rispetto all'edificato precedente, in quanto non è presente una statistica che indichi quanta parte della popolazione sensibile viva in questi edifici. Altre informazioni più di natura socio-economica, come il reddito o il livello di occupazione, pur essendo fattori di resistenza, sono spazializzate solo a livello comunale.

Per il calcolo dell'indice di rischio si è utilizzato il metodo di ottimizzazione data clustering "Natural Breaks" (Jenks), a 5 classi, che riduce al minimo la varianza interna a ciascuna classe (rende gli elementi interni il più possibile simili) e massimizza la varianza tra le classi (rende le classi il più diverse possibili). In questo modo, sono state individuate le aree più omogenee possibili per ogni classe di rischio. I prodotti realizzati, a livello CMM e comuni, sono stati:

- Indice di vulnerabilità della popolazione residente alle anomalie termiche
- Indice di rischio della popolazione residente alle anomalie termiche

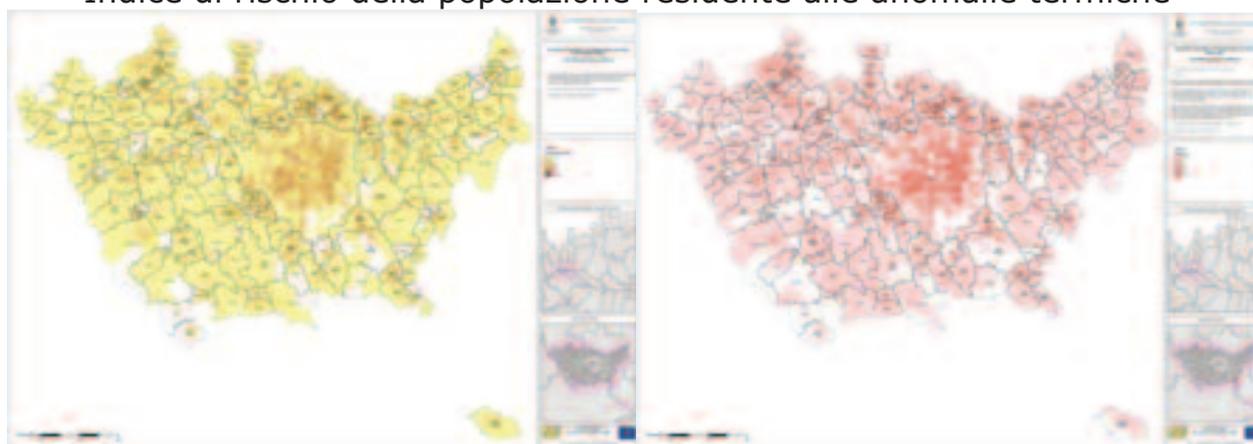


Figura 5 - Popolazione Sensibile alle anomalie di temperatura: Indice di Vulnerabilità (sinistra) ed Indice di Rischio (destra)

La procedura automatica e-GEOS di produzione Mappe termiche

E' stata sviluppata una procedura semiautomatica per la generazione delle mappe delle anomalie termiche nelle zone urbane, a partire dalla definizione dell'area e del periodo di interesse. Questa consta di tre catene di processing:

- una che ha come input il dato MODIS, seleziona le date corrispondenti alle ondate di calore e i valori di LST che hanno un'incertezza < 1 Kelvin;
- la seconda ha come input il dato Landsat 8 diurno e notturno, per la stima dell'emissività e della LST a 30 metri di risoluzione;
- l'ultima opera il downscaling e il calcolo della mappa di anomalia.

Si rendono ovviamente necessari controlli di qualità intermedi sulle mappe LST MODIS in quanto la procedura per la selezione automatica delle date relative alle ondate di calore non tiene conto di possibili fenomeni perturbativi dovuti alla presenza di vento. Nell'immagine che segue viene riportato il workflow del codice sviluppato per la generazione delle mappe delle anomalie termiche. Per i dettagli di processing si veda i paragrafi precedenti.

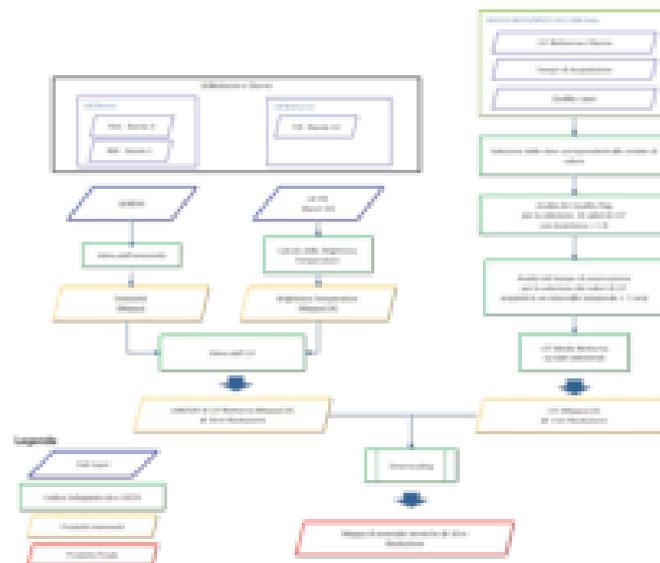


Figura 6 – Processing sviluppato per la generazione semiautomatica delle mappe

Conclusioni e prospettive

Allo scopo di generare e commercializzare su richiesta Mappe di Anomalie Termiche e di Vulnerabilità della popolazione alle onde di calore urbano, e-GEOS ha realizzato una specifica APP che gestisce la richiesta on demand. La APP permette, attraverso la zonizzazione del territorio in isole di calore urbano, definire quali siano le aree a diverso grado di priorità di intervento di adattamento climatico. Quest'analisi è fondamentale per individuare le aree maggiormente indicate per ricevere benefici, in termini di adattamento agli effetti dell'onda di calore, per esempio dall'installazione di tetti verdi o pavimentazione drenanti o rivestimenti freddi.

Riferimenti bibliografici

- Avdan U. and G. Jovanovska (2006), "Algorithm for Automated Mapping of Land Surface Temperature Using LANDSAT 8 Satellite Data", *Journal of Sensors*, Volume 2016, Article ID 1480307, 8 pages, <http://dx.doi.org/10.1155/2016/1480307>
- Dousset, B., Gourmelon, F., et al. (2011), "Satellite monitoring of summer heat waves in the Paris metropolitan area", *International Journal of Climatology*, 31(2), 313–323.
- Nichol, J. (2009), "An emissivity modulation method for spatial enhancement of thermal satellite images in urban heat island analysis", *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 75(5), 547–556.
- Sobrino, J.A., Jiménez-Muñoz, J.C., Paolini, L., (2004), "Land surface temperature retrieval from LANDSAT TM5", *Remote Sensing of Environment*, 90(4), 434–440.
- Stathopoulou, M., & Cartalis, C. (2007), "Daytime urban heat islands from Landsat ETM and Corinelandcover data: An application to major cities in Greece", *Solar Energy* 81, 358–368.
- Vandentorren S, Suzan F, Medina S, Pascal S, Maulpoix A, Cohen JC, Ledrans M., (2004), "Mortality in 13 French Cities during the August 2003 heat wave", *American Journal of Public Health* 94: 1518–1520.
- Weng, Q.; Fu, P.; Gao, F. "Generating daily land surface temperature at Landsat resolution by fusing Landsat and MODIS data", *Remote Sens. Environ.*, 145, 55–67.

Intervento di ripascimento con sabbie sottomarine in Emilia-Romagna: metodi geomatici per il rilievo topografico e batimetrico e risultati del monitoraggio

Margherita Aguzzi ^(a), Carlo Albertazzi ^(b), Nunzio De Nigris ^(a),
Stefano Gandolfi ^(c), Maurizio Morelli ^(a), Luca Tavasci ^(c),
Silvia Unguendoli ^(a), Enrica Vecchi ^(c)

^(a) Arpae Emilia Romagna – Struttura IdroMeteoClima, Viale Silvani 6, 40122, Bologna

^(b) Regione Emilia-Romagna, Via della Fiera 8, 40127, Bologna

^(c) Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica, Ambientale e dei Materiali (DICAM),
Università di Bologna, Viale Risorgimento 2, 40136, Bologna

1. Introduzione

Le aree costiere ricoprono un ruolo importante nell'economia di un paese, coinvolgendo una molteplicità di interessi che danno vita a diverse attività. D'altra parte, a livello ambientale, le coste sono sistemi complessi, caratterizzati da un equilibrio dinamico e da continue variazioni morfologiche, dove spesso prevale il fenomeno dell'erosione. Nel contesto specifico dell'Emilia-Romagna, la costa comprende 110 km di spiaggia bassa e sabbiosa, da Cattolica alla foce del Po di Volano e il sistema barriera-laguna della Sacca di Goro. Nel 2016, Arpae ha stimato un tasso di erosione pari al 37% in Emilia-Romagna, senza considerare gli interventi realizzati (M. Aguzzi et al., 2016). Dunque, vista l'importanza che queste zone ricoprono a livello naturalistico e turistico, il problema dell'erosione appare una questione fondamentale nell'ambito della protezione del territorio. La Regione Emilia-Romagna ha messo in atto molteplici azioni, a partire dalla costruzione di opere rigide di difesa: attualmente, la costa regionale risulta infatti protetta da tali opere per circa 75 km (M. Aguzzi et al. 2016). Negli ultimi anni, invece, la tendenza si è orientata verso la realizzazione di ripascimenti artificiali delle spiagge: tali interventi necessitano la realizzazione di periodiche campagne di rilievo topo-batimetrico nelle aree interessate e in quelle ad esse limitrofe. Il presente studio si colloca in riferimento al terzo intervento di ripascimento su scala regionale in Emilia-Romagna del 2016, il cosiddetto "Progettone 3". Nel caso in oggetto vi era la disponibilità di 3 rilievi eseguiti rispettivamente, prima dell'intervento, immediatamente dopo la fine dei lavori e a distanza di circa un anno e mezzo. L'analisi compiuta ha stimato le variazioni morfologiche delle spiagge coinvolte e l'efficacia raggiunta dall'intervento stesso, tramite l'elaborazione di mappe topo-batimetriche, mappe delle variazioni di quota e profili di spiaggia lungo sezioni ben definite. Poiché la base su cui condurre le elaborazioni è costituita dai rilievi topo-batimetrici, la definizione di un corretto sistema di riferimento si pone come nodo fondamentale per garantire rilievi

confrontabili nel tempo ed assicurare la correttezza formale dei risultati ottenuti. Infatti, soprattutto trattandosi di interventi realizzati su scala regionale, piccole variazioni possono impattare significativamente sui risultati e quindi sull'economia finale.

2. Intervento di ripascimento del 2016

La costa emiliano-romagnola risulta attualmente protetta da 75 km di opere rigide di difesa, costruite a partire dalla prima metà del '900 (Aguzzi et al., 2016). La linea di costa è stata irrigidita dalla presenza di tali strutture che modificano il profilo di spiaggia e il naturale trasporto solido e comportano, inoltre, notevoli impatti visivi e ambientali. Per questo motivo, da anni ormai la tendenza in Emilia-Romagna si è orientata verso la realizzazione di interventi di difesa meno impattanti (*soft*), i ripascimenti. Questi interventi consistono nello sversamento di materiale sabbioso in zone di spiaggia soggette a erosione; il materiale può essere prelevato da depositi di diverso tipo, purché esso risulti compatibile con quello in sito. In questo modo, si realizza un potenziamento del sistema spiaggia, grazie all'innalzamento della quota e all'ampliamento della spiaggia emersa, ottenendo allo stesso tempo un riequilibrio del naturale trasporto solido. Nel 2002 e nel 2007 sono stati realizzati interventi di ripascimento su scala regionale, utilizzando sabbie prelevate da un deposito sottomarino situato al largo della costa. Visti i buoni risultati confermati dalle attività di monitoraggio, nel 2016 è stato intrapreso il terzo intervento di "Messa in sicurezza di tratti critici del litorale regionale mediante ripascimento con sabbie sottomarine" – "Progettone 3". Il ripascimento è stato realizzato tra la fine di marzo e la prima metà di giugno 2016 ed è il più importante intervento di questo tipo in Emilia-Romagna, in termini di volumi e di risorse tecniche ed economiche coinvolte. L'attività ha interessato 8 tratti di spiaggia soggetti a erosione: Misano Adriatico, Riccione, Igea Marina, Cesenatico, Milano Marittima, Lido di Dante, Punta Marina e Lido di Spina, per un totale di circa 12 km di estensione. Il volume di sabbia sversata è stato di circa 1,6 milioni di m³, dei quali 1,4 milioni prelevati da un deposito sottomarino e la parte restante (destinata alla vicina spiaggia di Lido di Spina) da sedimenti accumulati alla foce del canale Logonovo (Figura 1). Il materiale prelevato al largo è stato portato alle spiagge via mare, tramite draghe e condotte, riducendo gli impatti ambientali legati al trasporto.

Per poter valutare le variazioni morfologiche delle spiagge, le dinamiche di trasporto solido tra spiagge limitrofe, gli impatti sulle zone di prelievo e l'efficacia dell'intervento stesso, è stato previsto un Piano di Monitoraggio per il biennio 2017-2018. Il monitoraggio, progettato dall'Unità Mare e Costa di Arpa, si è concretizzato nel rilievo di oltre 200 km di profili topo-batimetrici, estesi anche in aree non interessate da sversamenti di sabbia, in modo da permettere ulteriori possibilità di verifiche sulle misure.



Figura 1 - Area di intervento (sx, Guida, Montanari, 2016)

3. Metodi Geomatici per il monitoraggio costiero

Operativamente, le attività di monitoraggio delle zone costiere necessitano la realizzazione di periodiche campagne di rilievo topo-batimetrico. Poiché tutte le elaborazioni si basano sul confronto tra rilievi eseguiti in tempi differenti, è necessario che le misure siano inquadrature secondo lo stesso sistema di riferimento per garantire valutazioni e stime corrette. In particolare, in riferimento a interventi realizzati su scala regionale, errori di inquadramento possono incidere notevolmente sulle fasi di analisi e calcolo, con impatti significativi anche dal punto di vista economico. Nel 2016, in Emilia-Romagna, è stata realizzata una nuova infrastruttura geodetica a supporto delle attività di monitoraggio costiero, la Rete Geodetica Costiera (RGC), nata da una collaborazione tra l'Unità Mare e Costa di Arpa e il Dipartimento DICAM dell'Università di Bologna. Di ogni punto della rete sono state determinate le coordinate nel sistema di riferimento nazionale ETRS89-ETRF2000 (epoca 2008.0). Sul portale cartografico del sito di Arpa sono consultabili le monografie di tutti i punti della rete (<https://www.arpae.it/cartografia/>).

Per applicazioni di monitoraggio costiero si utilizzano comunemente strumenti GNSS, in modalità RTK o NRTK, e le misure vengono eseguite seguendo sezioni ortogonali e parallele alla costa. Le modalità utilizzate sono basate su un'acquisizione in tempo reale delle coordinate, che evita la fase di *post-processing* e permette la conoscenza dello stato del rilievo direttamente in campagna. L'utilizzo in RTK richiede la presenza di due ricevitori (*master* e *rover*), quindi di due squadre in campagna e di un sistema di trasmissione dati che permetta il collegamento tra i ricevitori. Il *rover* riceve i dati del *master* in tempo reale e ciò consente di determinare la propria posizione nello stesso sistema di riferimento della stazione *master*. I rilievi in RTK garantiscono precisioni centimetriche sia per le coordinate piane che in quota, se la distanza tra *master* e *rover* risulta inferiore ai 10-15 km; tuttavia, la precisione tende a diminuire con l'aumento dell'interdistanza. Nel caso di misure in modalità

NRTK, il rilievo sfrutta la presenza di una rete di stazioni permanenti delle quali sono note le coordinate in uno specifico sistema di riferimento. Le stazioni inviano le proprie acquisizioni ad un Centro di Calcolo che stima un modello dinamico degli errori spaziali all'interno della rete e invia le correzioni differenziali ad hoc per il sito nel quale si trova il ricevitore *rover*. Si ottiene un posizionamento in tempo reale, con precisione sub-decimetrica, nel sistema di riferimento in cui sono note le coordinate delle stazioni permanenti. Con le reti NRTK, è possibile lavorare in modo sostanzialmente corretto all'interno della rete di stazioni permanenti utilizzate per il servizio. Sulle aree esterne invece la precisione tende a decrescere considerevolmente.

Nella zona di spiaggia sommersa, in accoppiamento a sistemi di navigazione composti da tecnologia GNSS (RTK o NRTK) e piattaforme inerziali per consentire anche una stima dell'assetto del natante con elevata frequenza, si utilizza un ecoscandaglio di precisione che misura il dato di profondità tramite il tempo di ritorno di un impulso sonoro al fondale. Esistono due principali tipologie di ecoscandaglio che si differenziano in base al numero di sonde utilizzate. Il *single-beam* utilizza un solo impulso al suolo e restituisce un rilievo puntuale al di sotto dell'imbarcazione, utile in particolar modo per i bassi fondali. Il *multi-beam* consente di ottenere una mappatura precisa del fondale, grazie all'utilizzo di centinaia di impulsi al fondo. La fase di calibrazione richiede la misurazione degli *off-sets* strumentali, che devono essere inseriti nel *software* di navigazione. Infine, i *software* utilizzati a bordo dell'imbarcazione permettono di seguire le rotte del Piano di Monitoraggio e di controllare i dati direttamente in campagna.

4. Elaborazione dei dati

La fase di analisi dei dati ha richiesto l'utilizzo di *software* specifici (*Surfer*, *Qgis* e *Grapher*). Di seguito un breve quadro delle principali elaborazioni svolte.

- Batimetrie e mappe di confronto

Le mappe topo-batimetriche si ottengono con un processo di interpolazione spaziale che, a partire dai dati distribuiti in maniera irregolare, genera una superficie che ne modella l'andamento, tramite un grigliato regolare. Per poter confrontare due mappe relative alla stessa spiaggia è necessario che i confini e lo *spacing* coincidano. Dalla differenza tra due batimetrie relative allo stesso tratto in tempi diversi, si ottiene la mappa delle variazioni di quota (Figura 2).

- Profili di spiaggia

I profili vengono elaborati lungo sezioni perpendicolari alla costa, definite dal Progetto di Monitoraggio. Viene rappresentato l'andamento della quota con la distanza progressiva, rispetto a un punto di riferimento (Figura 2).

- Linee di riva

La linea di riva rappresenta il confine tra la spiaggia emersa e la spiaggia sommersa (Figura 2). È importante determinare il valore medio e massimo della sua variazione, per comprendere lo stato di salute della spiaggia e per capire l'efficacia degli interventi realizzati.

- Volumi accumulati ed erosi

Tramite le variazioni di volume è possibile valutare la perdita o l'accumulo di sabbia nel periodo intercorso tra due rilievi.

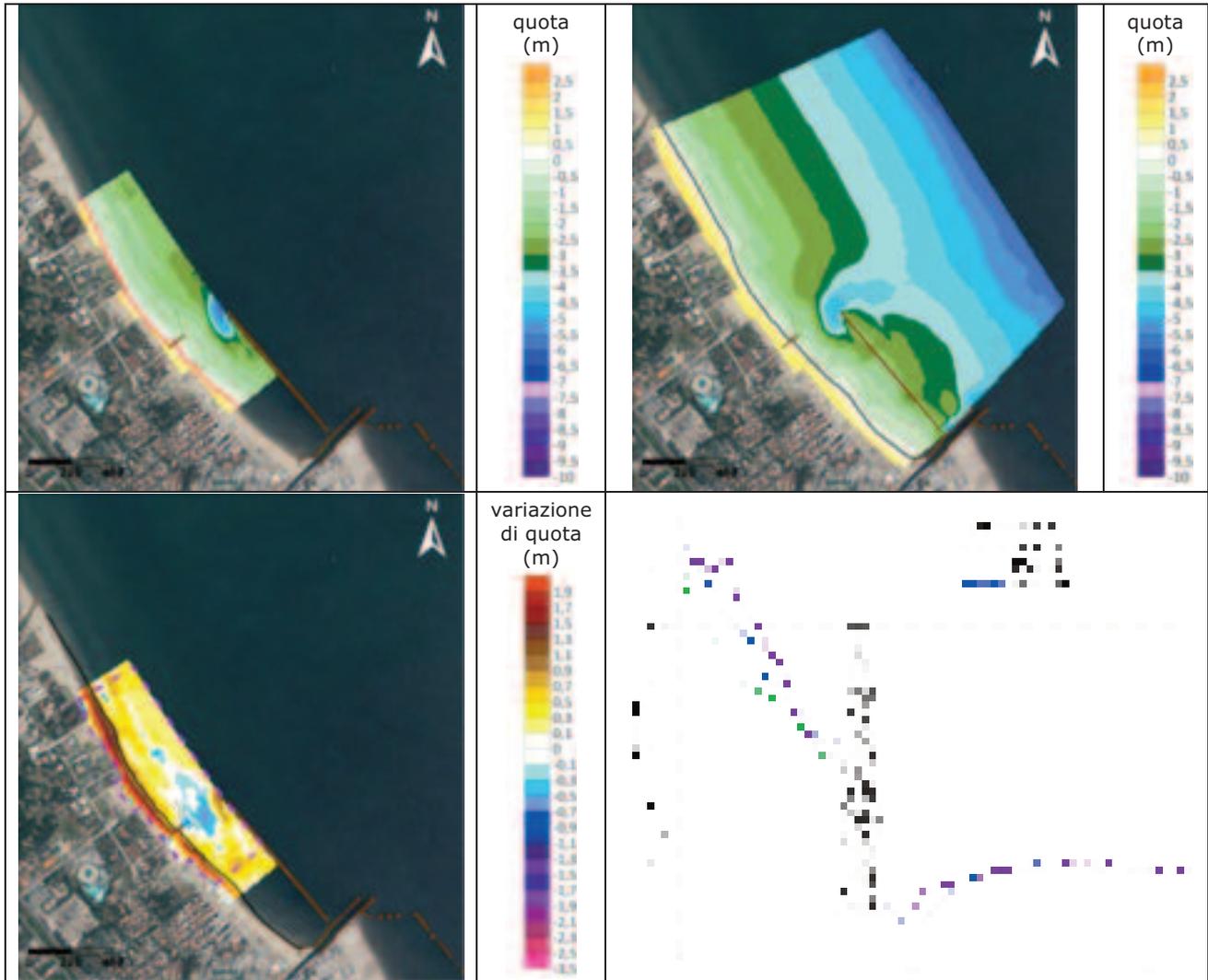


Figura 2 - Esempio di elaborazioni: batimetrie di prima pianta e di primo monitoraggio (in alto), variazioni di quota tra prima pianta e primo monitoraggio (in basso a sx), profili di spiaggia (in basso a dx)

5. Risultati ottenuti

Le valutazioni illustrate in seguito si basano sul confronto tra rilievi eseguiti in tempi diversi nella stessa zona. In particolare, si fa riferimento a rilievi di:

- Prima pianta: prima dell'intervento, tra aprile e maggio 2016;
- Seconda pianta: immediatamente successivo al ripascimento, tra maggio e giugno 2016;
- Primo Monitoraggio: circa 18 mesi dopo l'intervento, novembre 2017.

Il volume medio di sabbia apportata alle spiagge risulta compreso tra 130 e 150 m³/m, ad eccezione di Lido di Dante e Punta Marina, con valori di circa 100 m³/m e Lido di Spina Sud, con circa 50 m³/m. L'avanzamento della linea di riva ottenuto dal ripascimento è stato di circa 35-65 m (con l'eccezione della zona del Bagno Jamaica a Lido di Spina); l'aumento di quota risulta compreso tra 0,7 m e 2,0 m.

Sito	Volume unitario medio (m ³ /m)	Avanzamento medio linea di riva (m)	Aumento di quota medio (m)
Misano Adriatico	143	40-50	1,5-2
Riccione	152	50-60	1,5-2
Igea Marina	147	50-60	1,0-1,5
Cesenatico	128	55-65	1,0-1,5
Milano Marittima	143	40-50	1,3-1,6
Lido di Dante	98	35-45	0,8-1,5
Punta Marina	100	40-50	0,5-1,0
Lido di Spina - Bagno Jamaica	153	15-50	0,8-1,3
Lido di Spina Sud	53	25-35	0,7-0,9

Figura 3 - Rilievo di seconda pianta: risultati del ripascimento

Il rilievo di primo monitoraggio ha mostrato in ogni spiaggia variazioni del profilo, con una redistribuzione della sabbia tra la spiaggia emersa e sommersa all'interno dell'area di ripascimento e migrazioni lungo costa. A Misano Adriatico, Riccione e Milano Marittima la sabbia ha subito migrazioni oltre le barriere in sacchi, a Cesenatico parte del materiale si è collocato nella buca alla testata della barriera semisommersa; mentre nella zona del Bagno Jamaica a Lido di Spina è avvenuta una migrazione verso una buca posta a 100-150 m dalla riva. L'andamento osservato è piuttosto variabile, i casi estremi sono rappresentati dalla spiaggia di Cesenatico, dove si è avuta una perdita di materiale poco al di sopra del 10%, e la zona di Lido di Dante, che ha perso oltre il 90% del materiale sversato. A Riccione, Igea Marina e Lido di Spina a Sud del Bagno Jamaica è stato perso circa un terzo del materiale versato, a Misano e Punta Marina circa la metà e a Milano Marittima e Lido di Spina Sud circa i due terzi. In generale, però, è bene sottolineare che il materiale eroso non viene completamente perso, poiché esso è in grado di alimentare le spiagge limitrofe e i fondali maggiori.

Sito	Volume di sabbia restante (m ³)	% restante sul totale versato	Volume unitario medio (m ³ /m)	Avanzamento medio linea di riva (m)	Aumento di quota medio (m)	Volume in spiagge limitrofe (m ³)
Misano Adriatico	108.930	45%	70	10-20	0,3-0,5	32.390
Riccione	146.490	66%	105	25-35	0,5-0,8	93.590
Igea Marina	143.060	68%	95	30-40	0,7-1,0	7.810
Cesenatico	124.290	88%	113	35-45	0,6-1,0	43.480
Milano Marittima	85.310	36%	53	0-15	0,5-0,7	9.920
Lido di Dante	9.820	8%	8	0-25	0,2-0,5	-
Punta Marina	143.710	54%	57	25-35	0,4-0,7	22.470
Lido di Spina- Bagno Jamaica	133.540	62%	116	0-15	variabile	37.700
Lido di Spina Sud	7.190	30%	16	15-25	0,3-0,5	-
Totale	902.390	54%				247.360

Figura 4 - Rilievo di primo monitoraggio: risultati a 18 mesi dal ripascimento

Confrontando i rilievi di primo monitoraggio e di prima pianta, a Riccione, Igea Marina, Cesenatico e Punta Marina si osserva ancora un avanzamento della linea di riva di circa 25-45 m, mentre Misano e Lido di Spina Sud sono caratterizzate da valori di 10-25 m. Nelle restanti spiagge si osservano tratti con avanzamenti della linea di riva di circa 10-25 m, alternati a zone dove essa risulta in arretramento rispetto alla situazione pre-intervento. Nel complesso, si

ha una permanenza di circa il 54% del materiale di ripascimento all'interno delle aree di intervento e un aggiuntivo 15% di materiale localizzato in aree limitrofe (calcolato solo ove possibile grazie alla disponibilità di dati). I risultati osservati mostrano in generale un buon andamento dell'intervento realizzato, anche se non è possibile indicare una singola tendenza per ognuno dei fattori analizzati. Infine, è stata ricercata la presenza di eventuali correlazioni tra l'efficacia del ripascimento e la tipologia di opere di difesa rigida presenti a protezione di ogni tratto. Tuttavia, questa analisi ha portato a risultati discordanti, mostrando in diversi casi andamenti differenti per spiagge protette con le stesse tipologie di opere. Le motivazioni di quanto visto sono legate alla complessa evoluzione delle spiagge, connessa a molteplici fattori, e alla disponibilità di un *dataset* ridotto e disomogeneo per tali valutazioni. Risulta quindi problematico stabilire a livello generale una preferenza tra ripascimento protetto o non protetto in termini di efficacia ottenuta. Ciò nonostante, disponendo di *dataset* più ampi, si può pensare di sviluppare ulteriormente queste analisi e di ampliare le valutazioni rispetto ad altri fattori, quali, ad esempio, le pendenze di spiaggia o le condizioni di meteo-marino.

6. Conclusioni

Il sistema costiero è un ambiente complesso e in continua evoluzione, perciò è particolarmente importante realizzare interventi di difesa per mantenere questo equilibrio precario e ridurre il fenomeno dell'erosione. In Emilia-Romagna, tra le diverse tipologie di difese dall'erosione, ormai da tempo si predilige la realizzazione di interventi di ripascimento, grazie ai vantaggi in termini di impatti ambientali e di costi.

Questo studio ha riguardato l'analisi degli 8 tratti di spiaggia interessati dal progetto di "Messa in sicurezza di tratti critici del litorale regionale mediante ripascimento con sabbie sottomarine" - "Progettone 3", realizzato dalla Regione Emilia-Romagna nel 2016. Confrontando rilievi realizzati in tempi differenti, sono state valutate le variazioni morfologiche delle spiagge interessate, in termini di linea di riva, quota, profili e volumi accumulati o erosi. I risultati ottenuti mostrano andamenti piuttosto variabili, tra cui si individua però un solo caso negativo. In generale, infatti, il materiale sabbioso riversato ha garantito l'equilibrio sedimentario delle spiagge e, anche laddove il materiale è migrato dall'area d'intervento, ha potuto ristabilire il trasporto solido lungo costa. Le analisi realizzate confermano l'importanza delle attività di monitoraggio come supporto fondamentale per poter valutare le variazioni morfologiche delle zone di spiaggia e l'efficacia degli interventi di difesa realizzati. I due concetti sono connessi tra loro: in primo luogo, è fondamentale disporre di informazioni sullo stato dell'erosione per poterla ridurre il più possibile; in seguito, è necessario monitorare l'andamento degli interventi per valutarne gli effetti. Tali attività si concretizzano nella periodica realizzazione di rilievi topo-batimetrici nelle zone di spiaggia emersa e sommersa, che ad oggi sono realizzati utilizzando metodi geomatici che consentono precisioni centimetriche. Un requisito fondamentale per il confronto delle misure è che esse siano inquadrare nello stesso sistema di riferimento. Lungo la costa emiliano-romagnola, dal 2016, questa necessità viene garantita dalla presenza

di una infrastruttura geodetica, la Rete Geodetica Costiera (RGC). L'RGC consente di realizzare rilievi utilizzando le moderne tecniche geomatiche e di ottenere dati sempre confrontabili e inquadrati del sistema di riferimento ufficiale nazionale. D'altra parte, le attività di monitoraggio assicurano la disponibilità di dati periodicamente aggiornati e confrontabili che potrebbero essere utilizzati ai fini di ulteriori analisi, ricercando la presenza di eventuali correlazioni tra le variazioni subite dalle spiagge e diversi fattori incidenti.

7. Bibliografia

Arpae (Marzo 2019) – “Monitoraggio morfologico e sedimentologico delle 8 spiagge oggetto di ripascimento e dell'area al largo di prelievo delle sabbie”, Attività svolte nel corso del 2018 e risultati della prima campagna di monitoraggio topo-batimetrica 2017, *Relazione sintetica*

Arpae - Regione Emilia-Romagna (Aprile 2018) – “Rilievo della Subsidenza nella pianura Emiliano-Romagnola”, Seconda fase, pp.74-79, Bologna

Arpae - Regione Emilia-Romagna (Febbraio 2018) – “*Monitoraggio morfologico e sedimentologico delle 8 spiagge oggetto di ripascimento - Attività svolte nell'ambito della prima campagna - 2017, Relazione sintetica*, pp.1-26, Bologna

S. Gandolfi, N. De Nigris, M. Morelli, L. Tavasci, L. Poluzzi, N. Cenni (Novembre 2017) – “La Rete Geodetica Costiera della Regione Emilia-Romagna”. *ASITA 2017*, pp. 599-604, ISBN 978-88-941232-6-5, Salerno, 21-23

M. Aguzzi, N. De Nigris, M. Morelli, T. Paccagnella, S. Unguendoli (2017) – “*Il monitoraggio di Arpae sulle spiagge*”, *Ecoscienza*, 3, pp. 94-95

Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio e del mare - ISPRA (2017) - *Linee Guida Nazionali per la difesa della costa dai fenomeni di erosione e dagli effetti dei cambiamenti climatici*, Tavolo nazionale sull'erosione costiera, pp. 60-66

M. Guida, R. Montanari (30 novembre 2016) - Pianificazione e programmazione di interventi per il contrasto all'erosione”. Presentazione Convegno “Stato del litorale emiliano-romagnolo - erosione e interventi di difesa”, Ravenna

M. Aguzzi et al. (2016) - *Stato del litorale emiliano-romagnolo al 2012, Erosione e interventi di difesa*, I Quaderni di Arpae, Bologna

Regione Emilia-Romagna (2015) - Messa in sicurezza di tratti critici del litorale regionale mediante Ripascimento con sabbie sottomarine - Progettone 3, Progetto esecutivo: relazione generale e illustrativa

M. Preti (2011) - *La difesa delle spiagge tra scogliere e ripascimento*, In: *Ecoscienza*, 2, pp.72-73

Utilizzo di Floating Car Data per analisi di traffico in cinque città italiane

Andrea Ajmar ^(a), Emere Arco ^(b), Piero Boccardo ^(b), Francesca Perez ^(a)

^(a) ITHACA, via Pier Carlo Boggio 61, 10138 Torino, Italia, +39.011.19751852, (andrea.ajmar, francesca.perez)@ithaca.polito.it

^(b) Politecnico di Torino – Dipartimento Interateneo di Scienze, Progetto e Politiche del Territorio (DIST), Viale Pier Andrea Mattioli 39, 10125 Torino, Italia, (emere.arco, piero.boccardo)@polito.it

Introduzione

La modellizzazione degli spostamenti in ambito urbano è un processo fondamentale nella pianificazione dei trasporti e nella gestione dei sistemi di trasporto: svolge infatti un ruolo fondamentale nello sviluppo di strategie per limitare problemi di congestione del traffico urbano (Hu et al, 2009) e per supportare la gestione del traffico durante eventi speciali ed emergenze (Arco et al., 2017). I Floating Car Data (FCD) sono dati relativi a velocità, direzione di viaggio e tempi di percorrenza di veicoli in movimento. Tali dati sono generati dall'integrazione di una serie di sensori (ricevitore GNSS, piattaforme inerziali, accelerometri e odometri) all'interno di una On-Board Unit (OBU). Questa tecnica di raccolta dei dati sta diventando sempre più rilevante per le applicazioni relative alla gestione del traffico e per i sistemi di trasporto intelligenti (ITS) (Altintasi et al., 2017, Schäfer et al., 2002), in quanto consentono di sopperire ad alcune delle limitazioni che caratterizzano sistemi di acquisizione tramite sensori fissi (spire a induzione, telecamere, rilevamento di veicoli a raggi infrarossi e laser, ecc.), quali a esempio:

- ∞ i sensori fissi hanno costi di installazione e manutenzione che ne limitano la diffusione e quindi la copertura. In particolare, tali sensori sono generalmente installati su assi viari principali;
- ∞ le varie tipologie di sensori fissi acquisiscono dati disomogenei, non facilmente integrabili;
- ∞ i modelli basati su FCD sembrano essere più efficienti nella rapida individuazione di eventi specifici, quali incidenti o eventi di massa.

Analisi e processamento

Nell'ambito del progetto URBAN-GEO BIG DATA (URBAN GEOMatics for Bulk Information Generation, Data Assessment and Technology Awareness), finanziato dal MIUR, gli autori hanno analizzato un campione di una settimana di FCD relativo alle città di Milano, Napoli, Padova, Roma e Torino.

I dati relativi alla città di Torino sono stati confrontati con i passaggi misurati da sensori fissi, evidenziando come la limitatezza del campione (i veicoli che hanno prodotto FCD sono circa l'1% del totale dei veicoli circolanti) non

impedisca di generare informazioni utili. Ad esempio, è possibile generare profili di traffico con andamenti analoghi a quelli generati dai sensori fissi. Il campione di dati in possesso degli autori ha consentito di generare, per ognuna delle cinque città coinvolte e nelle varie fasce orarie: a) analisi relative al numero di veicoli e alla velocità media per ogni arco stradale, b) tipologia di traffico prevalente (sfruttando il fatto che i FCD vengono forniti in maniera differente per il traffico privato e quello commerciale), c) matrici di origine-destinazione, d) analisi relative alla distanza percorsa per ogni tragitto.

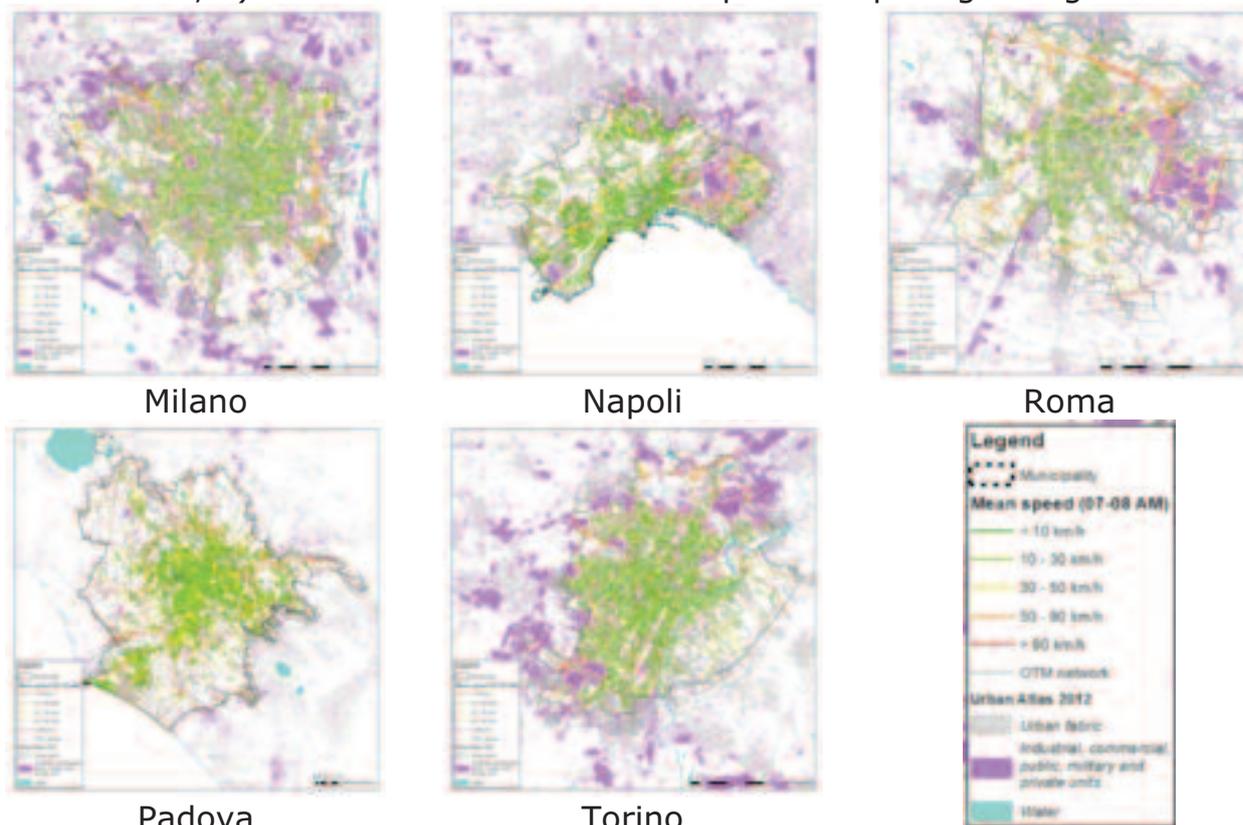


Figura 1 – Velocità media per ogni arco stradale nella fascia oraria 07-08 AM

Bibliografia

Altintasi, O., Tuydes-Yaman, H., Tuncay, K., 2017. Detection of urban traffic patterns from Floating Car Data (FCD). *Transportation Research Procedia*, Volume 22, Pages 382-391, ISSN 2352-1465, <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.03.057>.

Arco, E., Ajmar, A., Arneodo, F., Boccardo, P., 2017. An operational framework to integrate traffic message channel (TMC) in emergency mapping services (EMS), *European Journal of Remote Sensing*, 50:1, 478-495, DOI: 10.1080/22797254.2017.1361306

Hu, J., Cao, W., Luo, J., Yu, X., 2009. Dynamic modeling of urban population travel behavior based on data fusion of mobile phone positioning data and FCD. In *17th International Conference on Geoinformatics*, Fairfax, VA, 2009, pp. 1-5. doi: 10.1109/GEOINFORMATICS.2009.5293222

Schäfer, R.P., Thiessenhusen, K.U., Wagner, P., 2002. A Traffic Information System by Means of Real-Time Floating-Car Data. In: *9th World Congress on Intelligent Transport Systems*.

Database topografici e gestione integrata delle scritte cartografiche

Paola Alfieri, Giuseppina Barozzino, Rita Bucciantini, Lucia Coscia, Marco Farcito, Antonella Gamberro, Giuseppe Menetto

CSI Piemonte - Architetture, Centri di Eccellenza, Ricerca e Sviluppo - CoE GIS e Cartografia,
Corso Unione Sovietica 216 - 10134 Torino, e-mail servizi.banchedatiterritoriali@csi.it

Introduzione

Regione Piemonte promuove da anni la realizzazione dell'Infrastruttura regionale per l'informazione geografica (IGR), in particolare al fine di sostenere processi di Governo del Territorio condivisi e partecipati. In questo quadro la Banca dati Territoriale di Riferimento degli Enti, nel seguito denominata "BDTRE", costituisce il contenitore informativo dei migliori dati geografici disponibili, organizzati secondo la specifica nazionale per la realizzazione dei DB Topografici (d.m. 10 novembre 2011, "Regole tecniche per la definizione delle specifiche di contenuto dei database geotopografici").

Le attività realizzate nel corso dell'ultimo anno relativamente alla gestione della BDTRE si sono concentrate su tre aspetti: nuove metodologie per la modifica dei dati, integrazione di nuove fonti dati per gli aggiornamenti e analisi e progettazione di processi per la ottimizzazione della esposizione dei dati. Il risultato relativo all'ottimizzazione dell'esposizione dei dati è trattato nel presente articolo mentre i risultati relativi agli altri progetti sono esposti in specifici interventi (Campus et al.,2019) e (Alfieri et al.,2019).

Il progetto, realizzato dal CSI Piemonte per la Regione Piemonte, è nato dall'esigenza e dalla volontà di **razionalizzare e automatizzare la gestione delle scritte cartografiche** utilizzando le informazioni contenute nel database geotopografico, tenendo conto delle diverse modalità di fruizione del dato cartografico, dalle mappe cartacee a quelle digitali.



Figura 1- Esempio di allestimento a scala 1:250.000 con riutilizzo del livello di scritte cartografiche

Contesto

Le scritte presenti sulle carte geografiche costituiscono elementi importanti che, oltre al significato del testo, comunicano l'importanza degli oggetti rappresentati mediante le diversità dei caratteri, le dimensioni, i colori, in modo da rendere più comprensibile la carta e consentire così una più completa conoscenza del territorio. Nella composizione di una mappa esse convivono con altri elementi, siano essi raster o vettoriali. Mentre questi ultimi sono ottenuti tramite processi consolidati, le scritte costituiscono un elemento ibrido e anomalo, la cui gestione non ha regole o convenzioni precise.

Non esiste un processo standard per la produzione di scritte cartografiche. Il flusso produttivo dipende da vari fattori: frequenza di aggiornamento del dato, estensione del territorio, base dati di partenza, possibili fruitori, contesto e altro. Relativamente alla Regione Piemonte, il quadro è il seguente:

Base dati: database PostGIS, tavole aderenti alla specifica BDTRE di derivazione National Core, molteplicità di operatori che modificano il dato

Aggiornamento dati: una volta l'anno per la release annuale della BDTRE

Estensione del territorio: superficie regionale piuttosto ampia (oltre 25.000 km²)

Strumenti e finalità: erogazione geoservizi OGC tramite Mapserver, fruizione del dato tramite QGIS per visualizzazione e produzione carte tematiche

Per facilitare la comprensione delle tipologie di dato e di rappresentazione descritte in seguito è opportuno chiarire fin dall'inizio la differenza tra le etichette (*labels*) e le cosiddette *annotation*.

Le etichette sono la restituzione dinamica sotto forma di scritta di un dato presente nella tabella associata all'oggetto cartografico. In quanto testi, esse possono essere rappresentate in modi diversi, ad esempio cambiando font, colore o dimensione. La maggior parte dei software cartografici è in grado di desumere queste caratteristiche dalla tabella associata. L'etichettatura si può definire un processo dinamico in quanto avviene *on-the-fly*, ovvero eseguito e calcolato ogni volta che viene visualizzata una mappa.

Con *annotation* invece si intende un oggetto di tipologia "scritta cartografica" pensato per un'apposita scala. Si può pensare ad un livello di *annotation* come se le scritte occupassero fisicamente quello spazio sul territorio, ed è perciò fortemente legato alla scala in cui è stato prodotto.

Fino ad oggi, il lavoro di riferimento per quanto riguarda le scritte cartografiche e la toponomastica della Regione Piemonte è stato la produzione dell'Atlante Geografico del Piemonte (2005) basato sui dati derivati dalla serie dell'IGM in scala 1: 100.000 e 1: 25.000 e dalla CTR 1990-2004. I dati erano allora organizzati come livelli di *annotation* (ESRI) su 5 scale di riferimento, successivamente trasformati in tavole PostGIS, con le specifiche di rappresentazione "tradotte" all'interno di specifici campi della tabella. Tali dati non sono mai stati aggiornati nel corso del tempo e non sono mai stati strutturati secondo le specifiche regionali che regolano BDTRE. Le *annotation* a scala 1:10.000 erano confluite in un livello informativo di "Toponomastica", utilizzato come etichette nei processi di produzione e allestimento delle mappe raster tramite QGIS e dei servizi WMS tramite MapServer, integrato con i nomi disponibili su alcuni livelli della BDTRE.

Come detto, l'utilizzo previsto sia nelle carte, stampate o raster, che nei geoservizi OGC, è quello di un'etichettatura dinamica di vari oggetti.

Quali sono quindi le problematiche derivanti dall'utilizzo di questa soluzione?

Posizionamento: L'etichettatura è demandata al motore di posizionamento del software in cui si utilizza il dato, per cui la posizione di una determinata scritta può risultare diversa se si usa un software anziché un altro.

Regole: Il posizionamento e la visualizzazione sono guidati da una serie di regole e priorità tra classi di oggetti, che possono differire tra i vari strumenti.

Rappresentazione: Se la rappresentazione (colori, font, angolo, ecc.) non è esplicitata all'interno della tabella si possono avere rappresentazioni non uniformi.

Storicizzazione: Le etichette non costituiscono un dato geografico reale, per cui non possono essere storicizzate.

Esposizione di geoservizi dedicati: È oneroso esporre un servizio WMS di sole etichette perché significa "leggere" tutte le geometrie a cui sono associate, risultando in molti casi troppo pesante e poco fruibile. Risulta invece intrinsecamente impossibile esporre un WFS dedicato, essendo tale protocollo destinato al download di dati cartografici e non esistendo *features* relative solo a scritte.

Tassellatura: i sistemi di tassellatura dei WMS possono generare etichette errate (tagliate o ridondanti)

In sintesi, dal punto di vista tecnico, occorre poter "bloccare" le etichette, fare in modo che abbiano una posizione certa, salvarle come dato a sé stante su un database PostGIS e poterle riutilizzare su strumenti diversi usando regole semplici e condivise. Tale approccio è simile a quello delle *annotation*, ma con le possibilità di riutilizzo e la flessibilità delle *labels*.

Altri requisiti di progettazione

Oltre agli aspetti tecnici, l'attività ha dovuto tenere conto di altri requisiti.

Aggiornamento del dato

Al fine di migliorare il posizionamento, la coerenza delle scritte con gli oggetti cartografici ed evitare problemi di ridondanza e disomogeneità tra fonti diverse, si è ritenuto fondamentale derivare le scritte direttamente dai livelli cartografici della BDTRE, previo un processo di pulizia e aggiornamento, in parte iniziato con l'utilizzo della base dati relativa alle località significative fornita da Arpa Piemonte e attualmente realizzato con gli strumenti di *editing* condiviso.

La qualità del dato BDTRE e la frequenza di aggiornamento giustifica e impone il loro utilizzo come input per generare le scritte: la loro produzione si innesta a pieno titolo nel ciclo di vita del dato BDTRE, aggiungendo un ultimo e importante tassello.

Va anche sottolineato che i geoservizi OGC, a differenza delle mappe cartacee, sono multiscala. La vecchia gestione delle scritte derivate da *annotation* metteva in evidenza delle discrepanze tra nomi a scale diverse, rendendo pertanto

un'attività di questo tipo necessaria e urgente. Derivando tutte le scritte da uno stesso dato si ha la garanzia di coerenza tra i nomi a tutte le scale.

Posizionamento automatico delle scritte

In precedenza, il processo di posizionamento delle scritte (creazione del livello di *Annotation*) era semi-automatico e aveva richiesto interventi manuali più o meno consistenti. Un obiettivo del nuovo modo di gestione delle scritte è rendere completamente automatizzato questo processo, con particolare attenzione a:

- evitare la sovrapposizione delle etichette tra di loro e rispetto agli elementi cartografici rappresentati, in modo che questi non siano completamente oscurati;
- rendere leggibili le etichette e facilmente associabili all'elemento cartografico a cui si riferiscono, in modo da escludere ambiguità.

Il posizionamento delle scritte sulla mappa è uno degli aspetti più importanti da considerare nell'allestimento cartografico. I testi presenti sulla mappa possono riferirsi ad elementi (punti, linee, poligoni) rappresentati o possono descrivere il territorio (si pensi ad esempio a valli, zone o località). In tutti i casi, le scritte devono convivere in armonia tra loro, rispettando delle regole di posizionamento e di priorità, e avendo una leggibilità ottimale. Un buon piazzamento delle etichette migliora la leggibilità della mappa e rende chiaro il significato degli elementi rappresentati. Importante è anche la densità, che non deve essere troppo elevata né troppo bassa.

Modalità di fruizione

Bisogna tenere in considerazione le diverse modalità di fruizione delle mappe, che possono essere cartacee oppure digitali. In entrambi i casi il posizionamento delle scritte e la loro gestione devono garantire coerenza, consistenza e leggibilità delle informazioni esposte.

Legame tra scritta e oggetto a cui si riferisce

La scritta cartografica è sempre associata ad un oggetto. È importante governare il legame tra scritta e oggetto come presupposto per gestire il ciclo di vita della scritta in modo coerente rispetto a quello dell'oggetto rappresentato.

Razionalizzazione della struttura dati per le scritte

È stata definita, per le scritte cartografiche, una struttura fisica dei dati coerente con le Specifiche di contenuto dei database geotopografici e con la Specifica Regionale, con integrazione degli attributi necessari per una gestione ottimale delle informazioni.

Storicizzazione

La storicizzazione delle informazioni relative alle scritte cartografiche è un requisito indispensabile per garantire la possibilità di produrre allestimenti riferiti ad annate precedenti. È stata pertanto posta particolare attenzione a questo aspetto, sia nella progettazione delle strutture dati sia nella realizzazione delle procedure di gestione.

Struttura dati

È fondamentale che il dato risultante dai processi di elaborazione abbia caratteristiche particolari. Deve essere salvato su un database PostGIS in una

tavola che segua le specifiche e deve avere dei campi che ne descrivono le caratteristiche in modo che siano riutilizzabili in maniera dinamica da QGIS e Mapserver. In questo modo si può riprodurre fedelmente l'etichettatura pur cambiando strumento. Entrambi possono gestire in maniera dinamica le seguenti caratteristiche legate alle etichette: dimensione, angolo di rotazione, colore, font, colore dell'*outline*. Per cui è necessario che il livello di scritte disponga di questi campi e che siano compilati correttamente. In QGIS può essere anche usato un file di stile (.qml) da applicare al livello per applicare al volo queste impostazioni.

Soluzione individuata

Avendo analizzato lo stato dell'arte di dati e strumenti a disposizione e considerati i requisiti di progetto, si è individuata nell'estensione "Maptext Labeller" del software FME la soluzione tecnica adeguata che potesse produrre un risultato soddisfacente sotto ogni aspetto. Lo strumento permette di creare dei flussi ETL (*Extract, Transform, Load*) che a partire da dati di input eseguono varie operazioni prima di arrivare a produrre un dato in output. In questo caso, i dati portatori di etichette sono direttamente immessi nel flusso come dati di input per poi passare attraverso una serie di trasformatori che gestiscono vari aspetti (ad esempio vengono filtrate le geometrie a seconda della scala di produzione, vengono suddivise in classi, vengono assegnati dei valori che avrà il dato in tabella a seconda delle classi). Il trasformatore principale, "Maptext Labeller", gestisce i conflitti, le priorità e lo stile di rappresentazione di ogni singola classe immessa e ad ogni scala di lavorazione. Il risultato del flusso, a ogni scala, è un layer PostGIS di punti, ognuno dei quali contiene come dato associato le specifiche di rappresentazione come etichetta (font, grandezza, stile, colore, angolo) riutilizzabili dai vari strumenti GIS, il testo da rappresentare, l'uuid e la classe del record "padre" per garantire le relazioni tra gli oggetti, e la categoria della scritta. Nel caso di parole curve viene generato un punto per ogni lettera, in modo da garantire sempre la rappresentazione corretta. Ciò è particolarmente significativo in quanto l'etichettatura di linee con angoli di curvatura molto stretti spesso non viene eseguita o produce risultati illeggibili.

Il posizionamento della scritta sul punto, al momento del riutilizzo in QGIS o Mapserver ad esempio, dovrà essere sempre nella posizione in alto a destra (UR) per ottenere la stessa collocazione calcolata da FME.

Le regole di posizionamento, consentono di disporre le scritte in maniera ottimale, migliorarne la leggibilità, evitare le sovrapposizioni e la presenza di etichette tagliate. Le regole vanno calibrate a seconda della scala, infatti ogni livello prevede l'inserimento di un fattore che indica l'ingombro del pixel sul terreno per poter dimensionare le etichette in modo corretto. Le scale di riferimento individuate sono 1:500.000, 1: 250.000, 1: 100.000, 1:50.000, 1:25.000, 1:10.000, e per ciascuna è stato realizzato un flusso che ha prodotto un export, salvato su un apposito layer PostGIS. Altro vantaggio di questa soluzione è la possibilità di esportare in formati diversi come Annotation ESRI, DGN Microstation, MapInfo, ecc.

Il primo passo per la creazione del flusso consiste nell'individuazione di tutti i dati (classi di BDTRE) di partenza.

All'interno del DB sono presenti una serie di oggetti la cui struttura prevede l'attributo "nome": tali oggetti diventano i *reader*, ovvero i portatori di informazioni per la classe "Scritte Cartografiche". Il flusso propaga l'uuid dell'oggetto "padre" anche ai record delle scritte generate da tale dato, garantendo un legame e coerenza tra i due durante l'intero ciclo di vita dell'oggetto cartografico.

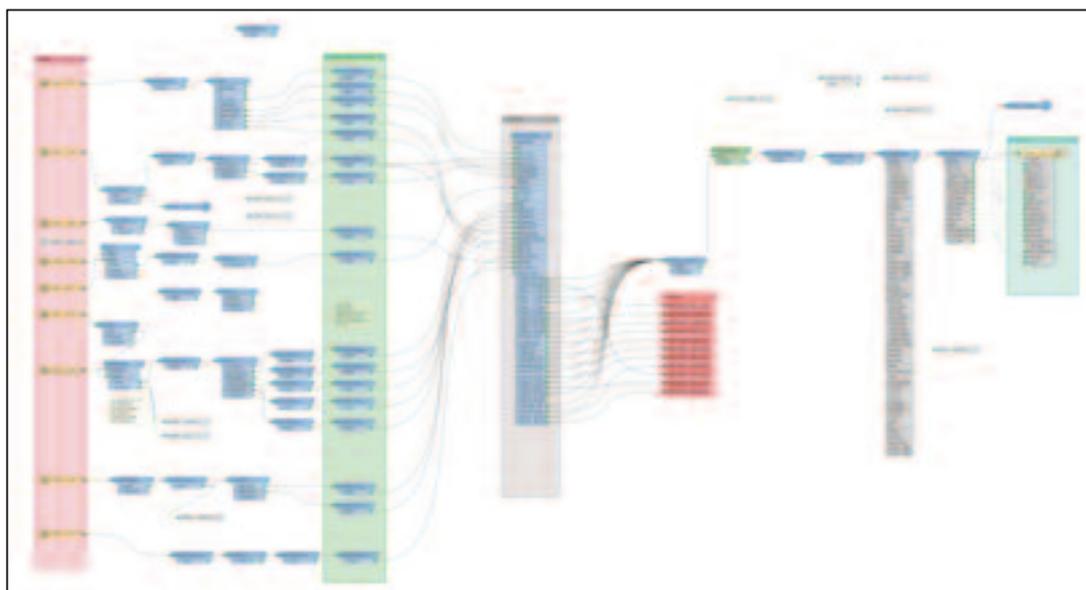


Figura 2 - Schema completo del flusso ETL per la gestione delle scritte cartografiche ottimizzate per la scala 1:250.000

Come attività preliminare, è stato necessario lavorare affinché tutte le informazioni contenute nei precedenti livelli "Annotation" e "Toponomastica" ricadessero in specifiche classi BDTRE come attributo "nome" di oggetti già esistenti (ad esempio edifici). Tutti gli oggetti non attribuibili direttamente ad un dato geografico sono stati riportati sulla classe "Località significative", che è diventato un importante dato "portatore" di informazioni per le scritte cartografiche. La classe "Località significative" ha infatti la funzione di fornire uno strumento di orientamento sul territorio indipendente dalla scala di rilievo dei contenuti del Data Base Topografico e contiene, sul continuo territoriale, oggetti rilevati potenzialmente con differenti precisioni.

È stato necessario un primo consolidamento della tavola, con operazioni di pulizia del dato per evitare imprecisioni e ridondanze, e di inserimento di informazioni mancanti derivanti dai livelli "Annotation" e "Toponomastica".

All'interno della classe "Località significative" sono state individuate alcune tipologie di oggetti territoriali quali: zone alpine, valli e zone collinari, monti creste e colli, valichi passi e selle, centri abitati nuclei abitati e case sparse, ed infine antichità.

Ad esempio per implementare la tipologia "monti" è stato acquisito il punto ricadente sulla cima del monte, individuato sul DTM Regionale con cella 5 m x 5 m (si è proceduto ad effettuare una classificazione automatica delle altitudini,

una classificazione zonale sul raster DTM e successiva verifica manuale), parte di questa procedura è stata utilizzata anche per implementare la tipologia "valichi"; per acquisire le "valli" è stata editata la linea che corre lungo la vallata ad una scala di acquisizione che va dal 1:20.000 al 1:50.000, a seconda della lunghezza della valle; l'editing lineare delle aree geografiche "alpi" e "zone collinari" è stato effettuato ad una scala che va da 1:250.000 a 1:500.000; per editare la tipologia "centri abitati nuclei abitati e case sparse" il punto è stato individuato all'interno dei poligoni definiti da ISTAT, ad una scala indicativa che va dal 1:5.000 al 1:20.000, a seconda dell'estensione delle aree; infine l'editing della tipologia "altri luoghi" è stato eseguito ad una scala più di dettaglio al di sotto della scala 1:10.000.

La classe è strutturata per l'acquisizione della localizzazione di luoghi non altrimenti recuperabili negli altri Strati del DB sopra elencati come ad esempio località (centri abitati, case sparse), aree geografiche (alpi, valli, zone collinari, monti, valichi alpini) e altri luoghi (antichità).

La componente spaziale di questa classe è principalmente il punto 2D (point 2D) ma per le tipologie legate ad aree geografiche (alpi, zone collinari o valli) si è preferito editare gli elementi come linee.

Il progetto utilizza la struttura proposta dalle specifiche nazionali per i Database Geotopografici arricchendola delle specificità ritenute necessarie. Per quanto riguarda la componente spaziale, è stato scelto di utilizzare un'unica geometria puntuale perché più funzionale per la fruizione tramite i diversi strumenti.

La nuova struttura definita per accogliere il risultato del flusso descritto in precedenza è riassunta in tabella

Campo	Descrizione	Specifica Nazionale
UUID	identificativo univoco universale	sì
SCR_CR_TE	stringa di testo	sì
SCR_CR_DS	denominatore scala	sì
SCR_CR_LI	lingua	sì
SCR_CR_UT	tipo e importanza della denominazione del particolare topografico	sì
FK_METAPOE	chiave esterna per il metadato operativo	
SCR_CR_TY	tipologia (ereditata dal livello annotation)	
ANGLE	angolo di rotazione della scritta	
FONT_NAME	nome del font	
FONT_SIZE	grandezza del font	
UUID_FONTE	identificativo univoco universale dell'oggetto di riferimento della scritta	
CLASSE_FONTE	tavola postgres dell'oggetto di riferimento della scritta	
FONT_COLOR	colore del font	
FONT_ITALIC	font italico si/no (1/0)	
FONT_BOLD	font grassetto si/no (1/0)	
SCR_CR_FULL_TEXT	testo completo della scritta cartografica (SCR_CR_TE può contenere un carattere solo, nel caso di etichette curve)	
REF_SCALE	scale di riferimento (es. 1:250.000)	

FONT_OUTLINECOLOR	colore dell'outline del font	
FONT_WMS	nome del font per il riutilizzo nei WMS	
CLASSE	sottoclasse operativa del dato definita a livello di flusso	
GEOM	geometria	

Figura 3 - Struttura Scritte Cartografiche

Conclusioni

Nel complesso, la metodologia utilizzata punta ad eliminare gli interventi manuali sull'allestimento delle scritte, tenendo conto sia delle diverse scale di rappresentazione sia delle differenti modalità di fruizione. Fonte del contenuto delle Scritte Cartografiche è direttamente l'attributo "nome" di tutte le classi BDTRE, inclusa quella delle "Località Significative".

Si è scelto di gestire la sola componente geometrica puntuale che garantisce una maggiore flessibilità e risulta esser più funzionale per la fruizione tramite i diversi strumenti. Si conferma la struttura dati della classe "Scritte Cartografiche" prevista nelle specifiche Nazionali, arricchita degli attributi necessari per la migliore fruizione e l'automatizzazione dei processi di rappresentazione e gestione delle Scritte.

Punto di forza risulta essere la possibilità di non aggiornare le Scritte direttamente ma di sfruttare l'aggiornamento in continuo di BDTRE utilizzando il legame tra la scritta riportata sulla mappa e l'oggetto a cui tale scritta si riferisce.

Quanto sopra descritto implica una modifica delle attività di editing e manutenzione, spostando l'attenzione sulla corretta attribuzione del "nome" agli oggetti di BDTRE portatori di etichette e alla loro manutenzione.

In tal senso si può ipotizzare un'evoluzione della base dati al fine di aggiungere l'attributo "nome" a tutte le classi che ancora non l'hanno e per le quali sia sensato.

Tale attività va ad inserirsi in uno scenario di editing condiviso dei dati, strada intrapresa da Regione Piemonte per la modifica condivisa del suo patrimonio informativo geografico oggetto di approfondimento nello specifico articolo (Campus et al.,2019).

Riferimenti bibliografici

Alfieri et al., (2019), "Database topografici e gestione integrata delle scritte cartografiche", Atti del convegno ASITA (Federazione delle Associazioni Scientifiche per le Informazioni Territoriali e Ambientali), Trieste, 12-14 novembre 2019. Asita.

Campus et al., (2019), "Processi di aggiornamento del Database con strumenti di editing condiviso", Atti del convegno ASITA (Federazione delle Associazioni Scientifiche per le Informazioni Territoriali e Ambientali), Trieste, 12-14 novembre 2019. Asita.

Spopolamento, aree interne e agricoltura multifunzionale

Teresa Amodio

Dipartimento di Scienze del Patrimonio culturale, Università degli Studi di Salerno
Via Giovanni Paolo II, 132 – 84084 Fisciano (SA), 089962298, tamodio@unisa.it

Introduzione

Il tema dello spopolamento è considerato in molta parte delle agende politiche nazionali ed europee, nella prospettiva Europe 2020 e post 2020, come questione da affrontare in relazione all'obiettivo di uno sviluppo coesivo e sostenibile dei territori. Al contempo esso è assunto al centro di un ricco dibattito scientifico interdisciplinare (Falaudi, 2007; Prezioso 2018), che ne percepisce le implicazioni sul piano sociale, economico e politico e che prova ad affinare strumenti di analisi, interpretativi ed applicativi, che siano in grado di affrontare le questioni ad esso connesse.

Su questa base, anche la Strategia Nazionale per le Aree Interne¹ dedica grande attenzione allo spopolamento, in relazione alle problematiche che affliggono i territori connotati da condizioni geografiche di disagio connesse con lo spopolamento, appunto, oltre che con con l'abbandono di molti comuni interni, per lo più di piccole dimensioni demografiche e\o di montagna, che soffrono di gravi disagi per le difficoltà di collegamento con i distanti centri urbani di erogazione dei servizi fondamentali (sanità, istruzione, mobilità)².

Le stesse aree interne, tuttavia, accanto agli evidenti limiti di ritardo, dispongono di elevate potenzialità, dovute, paradossalmente, alla circostanza di essere state ai margini dello sviluppo più spinto e per questo preservate dagli effetti delle pressioni antropiche; tale traiettoria ha reso relativamente inalterata l'esistenza di servizi eco-sistemici, ambientali, paesaggistici e culturali, con l'aggiunta di potenzialità di sviluppo specifiche (energetiche, idriche, turistiche) (Ciciotti, 2018).

La riflessione, per questo, si sposta sull'idea, ispirata ad una visione *place based* (Barca *et al.*, 2012; Prezioso, 2018) che auspica la realizzazione di percorsi virtuosi di sviluppo, a partire dalla valorizzazione del capitale territoriale, inteso come insieme di condizioni specifiche locali, non replicabili, le quali, nella loro essenza di elementi di evidente diversità geografica, si configurano come aspetti critici di successo da cui partire per la definizione di politiche adeguatamente territorializzate e, si direbbe per gli esseri umani, personalizzate (Fratesi, Perucca, 2014).

¹ <http://www.programmazioneeconomica.gov.it/2019/05/23/strategia-nazionale-delle-aree-interne/>.

² I poli offrono contemporaneamente (da soli o insieme ai confinanti): un'offerta scolastica secondaria superiore completa (cioè almeno un liceo, un istituto tecnico e un istituto professionale); almeno un ospedale sede di d.e.a.; una stazione ferroviaria almeno di tipo silver. I comuni che distano meno di 20 minuti dal polo più vicino si definiscono "cintura"; quelli che distano oltre 20 minuti sono considerate aree interne, suddivise in 3 categorie, sempre in base alla distanza dal polo: comuni intermedi, comuni periferici, comuni ultraperiferici.

Ciò detto, se da un lato, l'esigenza è quella di mettere in evidenza le condizioni di criticità che impediscono/rallentano i processi di crescita delle aree interne, dall'altro è necessario procedere all'individuazione del capitale territoriale strategico da gestire come leva per attivare nuove occasioni di creazione di valore.

Sulla base di questo paradigma concettuale, l'attenzione, in termini maggiormente applicativi, di indagine e politici, viene rivolta in una duplice direzione: da un lato a quella di saper intercettare il potenziale di sviluppo locale e, dall'altro, alla previsione di azioni e di investimenti significativi volti a finanziare interventi di riassetto territoriale di contesto (offerta scolastica, servizi sanitari, rete dei collegamenti, materiali e immateriali) e di rilancio settoriale specifico (turismo, agrobusiness, beni culturali, valorizzazione rurale, ecc...). Entrambe dovrebbero avere lo scopo comune di invertire/bloccare il trend demografico negativo e sostenere la crescita economica ed occupazionale delle aree interessate, dando risposte alle grandi sfide contemporanee derivanti dalle conseguenze dei cambiamenti climatici, dalla gestione dei flussi migratori, alla nuova suddivisione internazionale del lavoro.

Più specificatamente, in coerenza con i tre macro obiettivi previsti dalla strategia nazionale (tutela del territorio e della sicurezza degli abitanti, promozione della diversità naturale e culturale, utilizzo e valorizzazione delle risorse locali), le aree interne si configurano come:

- ambiti territoriali a cui vanno garantiti interventi finalizzati a contribuire al processo di riorganizzazione dei servizi pubblici sul territorio;
- contesti geografici in grado di dare risposta a una serie di richieste provenienti da tutta la società, in quanto capaci di produrre e offrire beni collettivi e servizi (paesaggio, qualità delle acque, biodiversità, cultura, esternalità positive; OECD, 2001 e 2003) che rafforzano o creano anche nuovi legami tra le aree interne stesse e le città (Van der Ploeg, 2009).

Il ruolo dell'agricoltura nello sviluppo delle aree interne

Tenendo conto, appunto, dalle potenzialità offerte dalle aree interne, è possibile specificare il nuovo ruolo dell'agricoltura che, seppur in un contesto italiano poco adatto, per caratteristiche geomorfologiche del paese e per la struttura delle aziende, a perseguire forme di competitività agro industriale e produttiva, può ritrovare opportunità di sviluppo attraverso l'adozione di un modello di qualità e di servizio. Il valore aggiunto del territorio e quello del bagaglio identitario costituiscono uno specifico vantaggio competitivo fondato su valori non trasferibili e non reperibili altrove (Magni, Costantini, 2004).

I sistemi rurali ed agroalimentari possono assumere piena responsabilità nella costruzione di percorsi di sviluppo locale e l'agricoltura è chiamata ad assolvere una doppia funzione, produttiva e ambientale: la prima propria dei sistemi locali agricoli, e come tale principale sostegno dell'economia locale; la seconda richiesta dai sistemi locali rurali, come attività integrata nel sistema produttivo differenziato (Marotta, 2011).

Nell'ambito delle trasformazioni che hanno riguardato il settore, infatti, si è diffuso un modello in cui la produttività non è più l'obiettivo unico da perseguire, ma essa deve convivere con altri fini come la tutela dell'ambiente, la qualità degli alimenti e lo sviluppo rurale. Da anni, infatti, l'agricoltura,

italiana e mondiale, è costretta a fronteggiare, da un lato, la svalutazione per i produttori delle coltivazioni tipicamente agricole che risentono delle pressioni della concorrenza dei mercati a livello internazionale, e, dall'altro, la riduzione del ricambio generazionale che potrebbe, invece, garantire la sopravvivenza della pratica agricola in molte aree del Paese, oltre a introdurre innovazioni e trasformazioni, in termini di ordinamento produttivo, di sistemi e di mezzi di produzione.

Tale orientamento ha rivalutato le opportunità offerte dalla multifunzionalità, ovvero l'insieme di percorsi di riposizionamento strategico (*boundary shift*) delle attività aziendali che, a valle di riformulazioni imprenditoriali, siano in grado di individuare forme di valorizzazione del settore alternative al solo *core business*, ovvero alla vendita dei prodotti agricoli su canali tradizionali.

Così simili presupposti anche il settore agricolo può apportare un contributo al benessere sociale ed economico della collettività e che quest'ultima riconosce come propri dell'agricoltura (Wilson, 2007).

Le strategie a carattere multifunzionale, che le aziende hanno la possibilità di attivare, possono essere suddivise in tre categorie:

1. *deepening*, in cui sono contemplate pratiche di approfondimento e di valorizzazione della produzione agricola³;
2. *broadening* che consente di aggregare alle attività tradizionali le pratiche che implicano un allargamento delle funzioni svolte dall'impresa agricola⁴;
3. *regrounding* che prevede la riallocazione dei fattori della produzione all'esterno dell'azienda⁵.

Si determinano le condizioni per le quali accanto ai beni primari l'azienda agricola multifunzionale è in grado di produrre servizi di cui alcuni hanno un mercato (es. agriturismo, agricoltura sociale), altri hanno caratteristiche non di mercato e sono assimilabili ai beni collettivi, come per la qualità delle acque, la biodiversità, la cultura, ecc. che rappresentano esternalità positive per il territorio (Meloni, 2015).

L'agricoltura, così intesa, diviene depositaria di tre funzioni centrali che riguardano le relazioni con lo spazio (ambiente, paesaggio), con la produzione (salubrità e sicurezza degli alimenti, ma anche diversificazione qualitativa degli alimenti) e con i servizi (gestione aree rurali, biodiversità, amenità), così che ai molteplici output finali la società riconosce più funzioni: non solo la produzione di beni alimentari di base tipo commodity, ma anche quelli non commodity.

Le aziende, soprattutto quelle di tipo tradizionale, al fine di poter innescare processi di processi di *boundary shift* devono saper riconoscere e attivare le leve funzionali alla creazione di valore e possedere una serie di requisiti specifici quali le risorse fisiche (dimensione, SAU/SAT, specializzazione produttiva, parco macchine, ecc) e quelle finanziarie (fatturato, capacità di

³ Preferenza per beni agricoli con caratteristiche diverse da quelli convenzionali (prodotti biologici o tipici, indicazioni geografiche) o integrazione delle fasi di filiera attraverso funzioni normalmente a valle della produzione (vendita diretta).

⁴ Processo di allargamento delle attività, anche indipendenti dalla produzione agricola, con l'obiettivo di valorizzare l'attività imprenditoriale in un contesto rurale più ampio (turismo rurale, gestione del paesaggio, conservazione della biodiversità).

⁵ Pluriattività (economical farming) intesa come strategia di sopravvivenza utilizzata dalle imprese meno produttive al fine di contrastare gli andamenti negativi dei mercati.

autofinanziamento, capacità di accesso alle policy), il capitale umano (imprenditore e famiglia, ricambio generazionale, competenze presenti), la capacità di mercato (attitudine a cogliere i segnali del mercato, diversificazione, attività extra-agricole, autopromozione) e le reti relazionali. Le questioni precedentemente delineate introducono l'esigenza della misurabilità relativa al grado di multifunzionalità (o di potenziale multifunzionale) delle aziende.

A tale riguardo, il riferimento è alle risorse fisiche (dimensione, SAU/SAT, specializzazione produttiva, parco macchine, ecc.); umane (imprenditore e famiglia, ricambio generazionale, competenze presenti); finanziarie (fatturato, capacità di autofinanziamento, capacità di accesso alle policy); alla capacità di mercato (capacità di rispondere ai segnali del mercato, diversificazione, attività extra-agricole, autopromozione); alle performance ambientali (gestione del suolo, input utilizzati) oltre che alla presenza e alla solidità di reti relazionali e all'appartenenza a network di settore.

Volendo limitare, in questa sede, il ragionamento all'ambito aziendale, funzionale alla multifunzionalità, una delle ipotesi analiticamente praticabile contempla la individuazione di cinque pillar relativi a. tutela del paesaggio⁶, diversificazione delle attività, valorizzazione dell'ambiente, qualità alimentare e protezione del territorio, ciascuno scomponibile in indicatori elementari, definiti secondo il criterio della coerenza logica e interpretativa, finalizzata alla migliore e più completa descrizione possibile di ogni area concettuale (Greco *et al.*, 2013) (Tab.1).

<i>ambito</i>	<i>indicatori</i>
tutela del paesaggio	<i>aziende con elementi del paesaggio agrario/aziende aziende con superficie a riposo/aziende con Sau superficie a riposo sotto regime di aiuto/Sau superfici con legnose/Sau superfici con prati e pascoli/Sau</i>
diversificazione delle attività	<i>aziende che usano misure per la diversificazione delle attività/aziende aziende con coltivazioni energetiche/aziende aziende con attività connesse/aziende</i>
ambiente	<i>aziende che beneficiano di misure per l'ambiente/aziende aziende con superficie biologica/aziende con Sau superficie biologica/Sau aziende con capi biologici/aziende con allevamenti capi bestiame biologici/capi bestiame aziende che effettuano stoccaggio degli effluenti zootecnici prodotti in azienda/aziende con allevamenti aziende con impianti di energia rinnovabile/aziende</i>
qualità ambientale	<i>aziende che beneficiano di misure per la qualità alimentare/aziende aziende con vitigni Doc Docg/aziende con vite superficie a vite Doc Docg/superficie con vite superficie Dop Igp/Sau superficie biologica/Sau capi bovini e bufalini Dop/capi bovini e bufalini aziende che effettuano stabulazione del bestiame/aziende con</i>

⁶ Parte di territorio, così com'è percepita dalle popolazioni, il cui carattere deriva dall'azione di fattori naturali e/o umani e dalle loro interrelazioni, Convenzione Europea sul paesaggio 2000.

	allevamenti numero medio di bovini e bufalini in stabulazione/capi bovini e bufalini
protezione del territorio	aziende con superficie irrigata/aziende con superficie irrigabile aziende che effettuano conservazione del suolo/aziende con Sau superficie coperta e/o conservata/superficie con seminativi superficie con inerbimento/superficie con legnose aziende che utilizzano consulenza irrigua/aziende con superficie irrigata aziende con boschi/aziende con superficie boscata/Sat

Tabella 1 – Indicatori per la misurazione del potenziale territoriale.

Evidenze per la Campania

La Campania si caratterizza, come altre regioni, per un significativo spopolamento che sta interessando le aree interne (Fig.1) a fronte di una infrastrutturazione della mobilità che penalizza ulteriormente queste stesse zone (Fig.2).

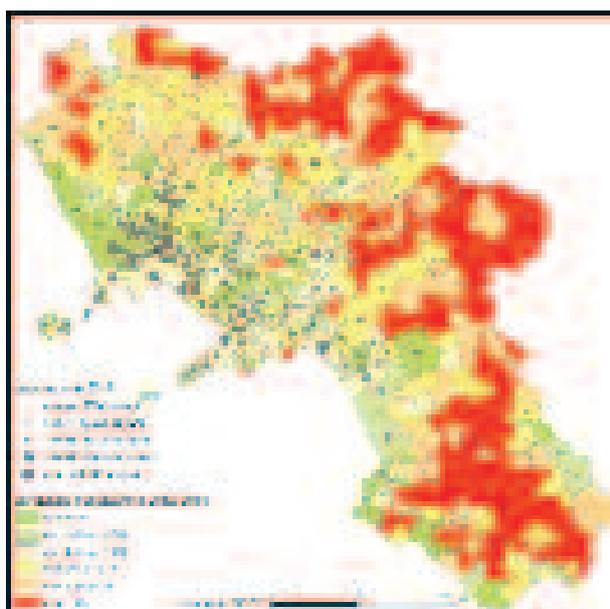


Figura 1 – Dati demografici. *Elaborazione su dati Istat, 2018*



Figura 2 – Rete della mobilità. *Elaborazione su dati Regione Campania*

Sulla base di questa circostanza, è stato impostato un approfondimento relativo al capitale territoriale mediante applicativo Gis al fine di dare evidenza dei potenziali agricoli presenti nelle diverse aree, poter derivare elementi di riflessione dati dalla applicazione di indici sintetici di multifunzionalità, oltre che per poter analizzare le evidenze territoriali rispetto alle condizioni più generali dei contesti specifici di appartenenza.

A tale riguardo, il contesto campano si configura come un mosaico articolato di risorse territoriali dalla differente consistenza e distribuzione ma che, in una visione sistemica di scala regionale, assumono piena rilevanza nell'ottica della multifunzionalità.

Per quel che concerne la presenza di aziende dotate di manutenzione e/o realizzazione di almeno un tipo di elemento lineare del paesaggio, esse sono

pari a 80.529, ovvero il 19,6% su un totale di 410.616 aziende (Fig.3). La provincia più virtuosa è quella di Caserta in cui il 23% delle aziende segue pratiche di manutenzione del paesaggio, seguita da quelle di Napoli e Salerno i cui valori si attestano, rispettivamente sul 23,4% e sul 20,6%.

Circoscritta a 25 aziende è, invece, la produzione agricola di tipo energetica, evidentemente localizzate in poche aree della regione, e distribuite in diversi comuni delle cinque province. I comuni maggiormente virtuosi, in questo ambito, sono quelli di Montecorvino Pugliano, Cerreto Sannita, Capaccio, Rofrano, Teano (Fig.4).

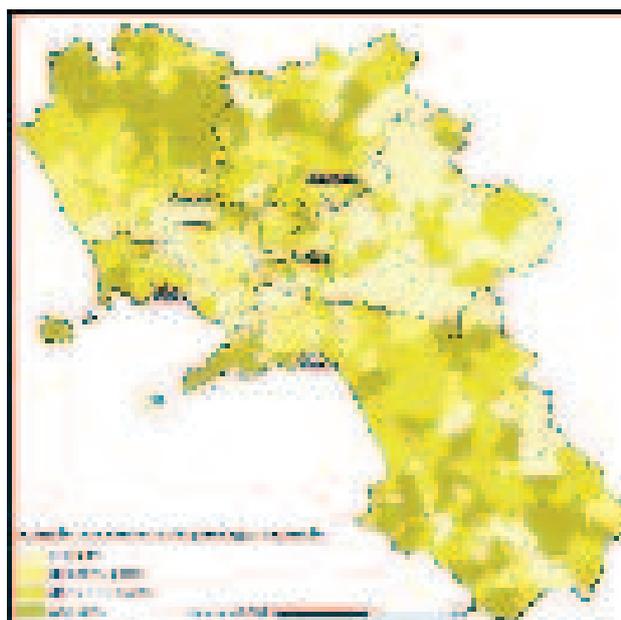


Figura 3 – Elementi del paesaggio.
Elaborazione su dati Istat, 2011

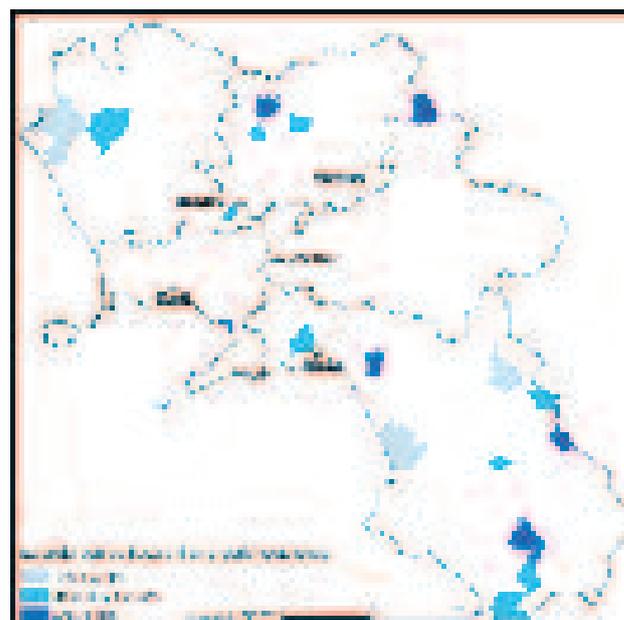


Figura 4 – Coltivazioni energetiche.
Elaborazione su dati Istat, 2011

La superficie boscata regionale ha la consistenza di 131.584,35, ovvero del 23,9 sulla superficie 49.532.48 ha (Fig.5). La provincia più virtuosa è quella di Salerno in termini di percentuale di superficie boscata sia rispetto all'intero territorio provinciale (28,8%) che a quella regionale. Incide, a tal riguardo, la presenza del Parco Nazionale del Cilento, Vallo di Diano e Alburni che rappresenta un'area di grande pregio ambientale, estesa dalla costa fino alle aree interne (Tab.2).

La Sau impiegata per ordinamenti biologici (19.421,52 ha) rappresenta, al contrario il 3,5% della Sau regionale. A tale riguardo va detto che se la presenza più significativa è registrata nel Salernitano con 8.185,28 ha, ovvero il 42,1% della superficie biologica campana (Fig.6), è nei comuni dell'Avellinese e del Casertano che si registrano i valori più alti (Montella, 1.264,54 ha e Roccamonfina, 874,36ha).

<i>superficie totale</i>	<i>superficie totale (sat)</i>		<i>% sup. boscata su sup prov.</i>	<i>% sup. boscata su sup reg.</i>
	<i>superficie agricola utilizzata (ha)</i>	<i>con boschi annessi ad aziende agricole</i>		

Campania	722.687	549.532	131.584		100,0
Salerno	285.874	185.784	82.216	28,8	62,5
Avellino	150.585	124.617	18.030	12,0	13,7
Caserta	130.388	107.360	15.862	12,2	12,1
Benevento	129.486	108.420	14.003	10,8	10,6
Napoli	26.354	23.351	1.473	5,6	1,1

Tabella 2 – Superficie boscata. *Elaborazione su dati Istat, 2011*

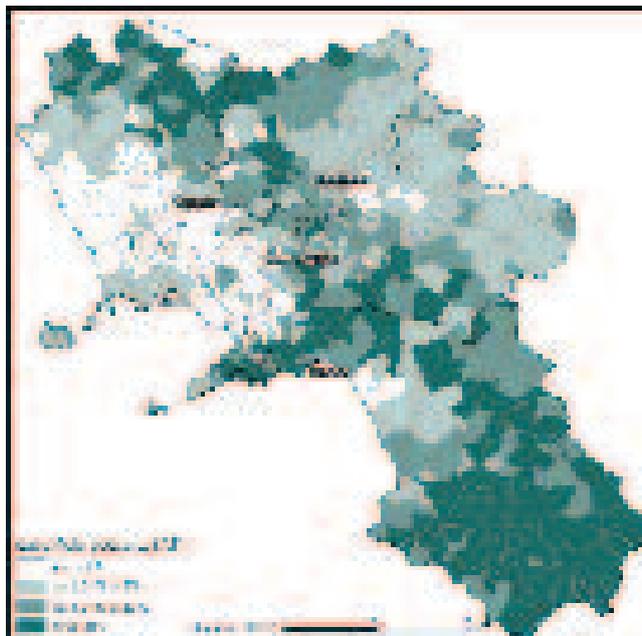


Figura 3 – Superficie boscata. *Elaborazione su dati Istat, 2011*

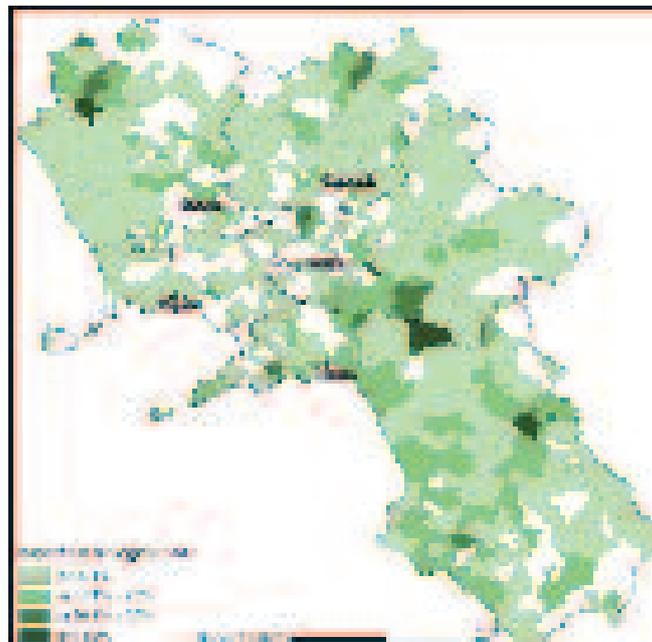


Figura 4 – Superficie biologica. *Elaborazione su dati Istat, 2011*

Multifunzionalità e contesto di riferimento

Accanto alle componenti più specificatamente aziendali, ai fini della multifunzionalità possono risultare significativi, anche altri aspetti esogeni, ovvero territoriali e di contesto, che sono in grado di supportare (o di limitare) l’attuazione di scelte strategiche finalizzate alla creazione di valore. Più precisamente, vanno considerate le leve di sviluppo inerenti il territorio di appartenenza, i mercati e le politiche (tab.3, Marotta, 2011).

<i>ambiti</i>	<i>risorse</i>
territoriale	aree protette, valori paesaggistici
commerciali	cibi sani e garantiti domanda di ruralità (nuovi turismi) domanda di servizi sociali (agriterapia, ippoterapia, ecc.)
politico	creazione/produzione delle esternalità positive fruizione delle esternalità positive (PSR; altri strumenti) produzione di servizi connessi alla multifunzionalità

Tabella 3 – Leve per la creazione di valore. *Marotta, 2011.*

Un impulso determinante nella creazione di valore e nella scelta di diversificazione può derivare dalla collocazione delle aziende in un contesto territoriale particolarmente favorevole allo sviluppo rurale. In questo caso diventano essenziali elementi naturalistici quali la presenza di risorse naturali di pregio, quali le aree protette, compreso i SIC, e le ZPS.

Le scelte strategiche sono altresì favorite dalle tendenze dei mercati, nella dimensione in cui le preferenze dei consumatori sono orientate verso la ricerca di cibi sani e garantiti, la domanda di ruralità (nuovi turismi) e di servizi sociali, quali ad esempio l'agriterapia o l'ippoterapia. Infine va segnalato il ruolo propulsore svolto dalle politiche di settore che sono in grado di attivare esternalità positive attraverso l'offerta di finanziamenti specifici.

Riferimenti bibliografici

- Agenzia per la Coesione (2014-2020), *Open Cohesion database e Politica di Coesione 2014-2020*, www.agenziacoesione.gov.it.
- Barca F., Mc Cann P., Rodríguez-Pose A. (2012), "The Case for Regional Development Intervention: Place-Based versus Place-Neutral Approaches", *Journal of Regional Science*, 52, 1:134-152.
- Carlucci C., Guerrizio A., Lucatelli S. (2012), *Nota Metodologica per la definizione delle Aree Interne*, DPS, Agenzia per la Coesione Territoriale <http://www.dps.gov.it/it/arint/index.html>.
- Ciciotti E. (2018), "Aree interne, nuova agricoltura e sviluppo urbano sostenibile: una possibile sinergia?", *EyesReg*, 8, 5.
- Dematteis G. (2013), "Montagna e aree interne nelle politiche di coesione territoriale italiane ed europee", *Territorio*, 66.
- European Commission (2016), *The State of European Cities 2016. Cities leading the way to a better future*, Bruxelles.
- Faludi A. (2007), "Territorial Cohesion Policy and the European Model of Society", *European Planning Studies*, 15 (4): 567-583.
- Fratesi U., Perucca G. (2014), "Territorial capital and the effectiveness of cohesion policies: An Assessment for CEE regions", *Investigaciones Regionales: Journal of Regional Research*, 29: 65-191.
- Magni C., Costantini V. (2004), "Politiche di sviluppo rurale, multifunzionalità e beni pubblici. Un tentativo di sistemazione", *La questione agraria*, Franco Angeli, Milano, 4: 77-104.
- Marotta G. (a cura di, 2011), *Nuovi modelli di agricoltura e creazione di valore. Le risorse immateriali nella governance del valore nei sistemi locali campani*, Franco Angeli, Milano.
- Meloni B. (eds) (2015), *Aree interne e progetti d'area*, Rosenberg & Sellier, Torino.
- OECD (2001), *Multifunctionality: Towards an Analytical Framework*, Paris.
- Prezioso M. (a cura di, 2018), *Quale Territorial Impact Assessment della coesione territoriale delle regioni italiane. La concettualizzazione del problema*. Pátron, Bologna.
- Van der Ploeg J.D. (2009), *I nuovi contadini. Le campagne e le risposte alla globalizzazione*, Donzelli, Roma.
- Verburg P.H., Berkel D.B. Doorn van, Eupen van A.M., Heiligenberg van M., H.A.R.M. van den (2010), "Trajectories of land use change in Europe: a model-based exploration of rural futures", *Landscape Ecology*, 25:2.

Applicazione di un algoritmo geomorfologico in ambiente GIS per la mappatura speditiva su larga scala di aree inondabili e tiranti idrici in aree a rischio idrogeologico

Antonio Annis ^(a), Nicola Pasetti^(b), Fernando Nardi^(a)

^(a) WARREDOC, Università per Stranieri di Perugia, Piazza Fortebraccio, Perugia,
antonio.annis@unistrapg.it, fernando.nardi@unistrapg.it

^(b) ANIA, Via Aldo Rossi n. 4, Milano *nicola.pasetti@ania.it*

La crescente disponibilità ed accuratezza di dati topografici (DTM) e climatici a scala nazionale e continentale, supportata principalmente dai progressi tecnologici dei sistemi di osservazione della terra da remoto (satelliti, droni, etc.), ha stimolato lo sviluppo di ricerche scientifiche finalizzate all'implementazione di modelli numerici per la mappatura delle aree potenzialmente inondabili su larga scala. Congiuntamente a sempre più performanti procedure di modellazione delle onde di piena basate su codici di calcolo idraulici (1D o 2D), recenti studi hanno dimostrato la validità e efficienza di algoritmi di analisi geomorfologica su base idrologica che sono in grado di estrarre da DTM le aree a potenziale pericolosità idraulica.

I modelli idrogeomorfologici per la mappatura delle aree golenali si dimostrano molto efficienti per progetti di pianificazione del territorio ed urbana, per la gestione e protezione degli ecosistemi urbani ed ambientali e per ogni attività di zonizzazione in cui sia importante definire le aree di massima espansione fluviale (i.e. massima estensione delle aree inondabili). Tali modelli si dimostrano, inoltre, utili per stimare macro-variabili idrauliche di scala e risoluzione compatibile con le esigenze del settore della gestione e protezione dei beni immobili, culturali, delle strutture ed infrastrutture civili in relazione a danni conseguenti a piene fluviali in relazione al relativo rischio finanziario ed assicurativo. La loro utilità è particolarmente importante come complemento ai modelli idraulici tradizionali, laddove disponibili, ma ancora più determinante come surrogato alla modellistica idraulica tradizionale per le aree urbane e per i piccoli bacini idrografici privi di dati e studi sull'assetto idrologico-idraulico.

La modellazione idrogeomorfologica dei sistemi fluviali è caratterizzata da una legge di scala ben nota in letteratura scientifica (Leopold, Maddock, 1953; Dodov, Foufoula-Georgiou, 2004) che impone i massimi livelli energetici associati ai processi di piena lungo il corso d'acqua, in relazione ai valori di area drenata. Tale legge non consente solitamente di fornire una stima diretta della distribuzione dei tiranti e delle velocità idriche a scala di bacino. Tuttavia, l'ipotesi di prossimità fluviale può essere utilizzata, attraverso opportuni algoritmi di processamento geospaziale dei DTM, per la stima della distribuzione delle variabili idrauliche su base idrogeomorfologica.

In questo contributo viene presentato un algoritmo innovativo su base GIS che sfrutta la disponibilità di DTM ad alta risoluzione per la mappatura speditiva dei tiranti idrici su larga scala. La procedura, che è stata già testata su larga scala (Nardi et al., 2019), prevede: il ricondizionamento del DTM adottando reticoli idrografici digitalizzati a disposizione per la conseguente generazione delle matrici di *flow direction*, *flow accumulation* ed estrazione del reticolo idrologico; applicazione di algoritmi sperimentali su base GIS per la delimitazione delle aree golenali secondo l'approccio proposto da Nardi et al. (2006); validazione dei risultati tramite comparazione delle estensioni delle aree golenali con quelle fornite dagli studi di pericolosità idraulica ufficiali (Piani di Assetto Idrogeologico) e variazione della parametrizzazione secondo l'ordine del reticolo secondo l'approccio proposto da Annis et al. (2019); derivazione dei tiranti idrici sulla base dei livelli generati in output dall'analisi idrogeomorfologica.

La validazione dei risultati di tale approccio modellistico è effettuata mediante comparazione dei dati disponibili dai PAI nazionali. In questo lavoro, in aggiunta, si propone una ulteriore validazione del modello sulla base di ulteriori informazioni largamente e gratuitamente fruibili, *Volunteering Geographic Information* (VGI). I VGI, per questo caso, fanno sono informazioni estratte da immagini e video pubblicate da utenti su social network relativi a eventi o scenari di piena sintetici o storici. In Figura 1 viene illustrato un esempio di mappatura dei tiranti idrici nella porzione valliva del bacino del fiume Tevere.

Il lavoro si propone di trasferire in ambito applicativo ricerche consolidate sviluppate nel campo delle scienze idrologiche allo scopo di fornire uno strumento operativo per la quantificazione speditiva dei tiranti idrici massimi potenziali in aree a rischio idrogeologico su larga scala.

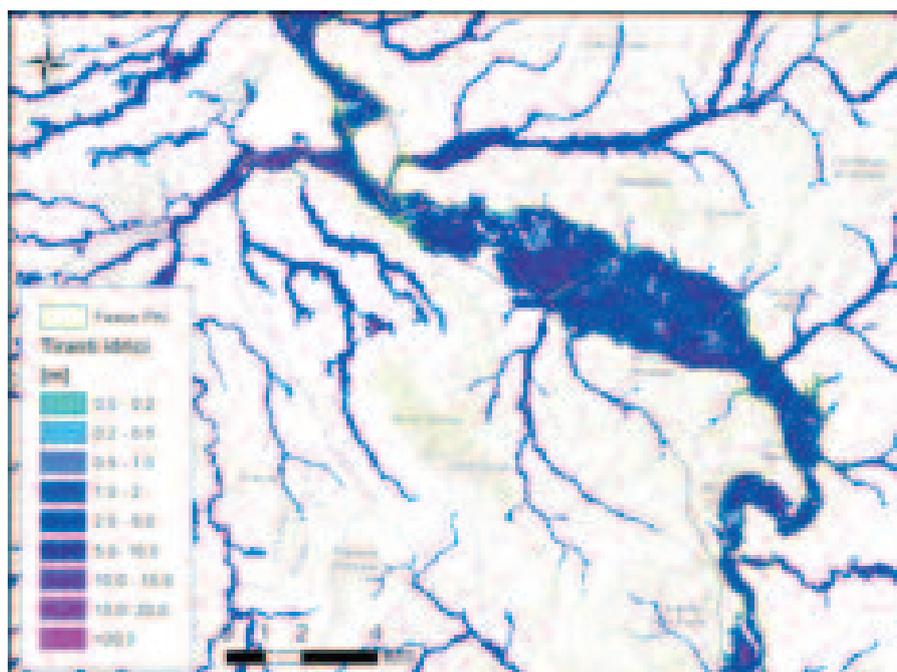


Figura 1 – Mappa dei tiranti idrici derivata con metodo idrogeomorfologico nella Media Valle del fiume Tevere

Riferimenti bibliografici

Annis A., Nardi F., Morrison R. R., Castelli F. (2019). Investigating hydrogeomorphic floodplain mapping performance with varying DTM resolution and stream order. *Hydrological Sciences Journal*, 64(5): 525-538.

Dodov B.A., Foufoula-Georgiou E., 2004. Generalized hydraulic geometry: derivation based on a multiscaling formalism. *Water Resources Research*, 40(6): 1–22.

Leopold L.B., Maddock T. (1953). *The hydraulic geometry of stream channels and some physiographic implications*. Washington, DC: US Government Printing Office.

Nardi F., Vivoni E.R., Grimaldi S. (2006). Investigating a floodplain scaling relation using a hydrogeomorphic delineation method. *Water Resources Research*, 42 (9):1–15.

Nardi F., Annis A., Di Baldassarre G., Vivoni E. R., Grimaldi S. (2019). GFPLAIN250m, a global high-resolution dataset of Earth's floodplains. *Scientific data*, 6, 180309.

Studio dell'accuratezza di Open Street Map e Google Maps per alcune città della Provincia di Pavia

Laura Annovazzi Lodi ^(a), Marica Franzini ^(a), Vittorio Casella ^(a)

^(a) DICAR - Università degli Studi di Pavia, via Ferrata 3, 27100 Pavia - laura.annovazzilodi01@universitadipavia.it, (marica.franzini, vittorio.casella)@unipv.it

Introduzione

La diffusione di Internet ha consentito la nascita del crowdsourcing, una modalità in cui un progetto viene sviluppato da una pluralità di persone che non sono state reclutate e formate allo scopo, ma collaborano volontariamente e in genere gratuitamente. Gli strumenti con cui tali progetti vengono portati a termine sono usualmente delle apposite piattaforme web.

Esistono esempi di crowdsourcing anche nel campo della cartografia: si parla in questo caso di crowdmapping. L'esempio più significativo è OpenStreetMap, una mappa dettagliata di tutto il mondo realizzata e costantemente aggiornata, estesa e perfezionata da una molteplicità di volontari attrezzati con smartphone e/o ricevitori GNSS. Data la varietà dei contributori e la loro eterogeneità, uno degli aspetti critici del crowdmapping è l'omogeneità e il livello qualitativo dei dati. Nel caso di OpenStreetMap, la piattaforma può dirsi ormai ben consolidata e, nelle riviste scientifiche, iniziano a comparire articoli aventi lo scopo di verificarne la qualità (Ciepiłuch et al., 2010; Brovelli et al., 2017; Casella et al., 2018).

Il lavoro qui esposto prende in considerazione sia OSM che il suo principale competitor, Google Maps. Per entrambe le cartografie è stata analizzata l'accuratezza planimetrica dell'informazione geografica contenuta sui tre principali centri abitati della Provincia di Pavia: Pavia, Vigevano e Voghera.

Metodo

Nel presente articolo sarà analizzata l'accuratezza delle cartografie OpenStreetMap (OSM) e Google Maps (GM), per i tre principali centri abitati della Provincia di Pavia: Pavia, Vigevano e Voghera. Con il termine accuratezza planimetrica si intende la corretta georeferenziazione degli elementi mappati rispetto alla loro corretta posizione derivata dalla cartografia tecnica ufficiale (CTC – Cartografia Tecnica Comunale).

L'approccio adottato per la raccolta dei dati è stato di tipo manuale a causa della diversa natura delle cartografie esaminate, vettoriale per OSM e raster per GM. Lo studio si è avvalso principalmente dell'utilizzo del software open-source QGIS per l'individuazione degli elementi significativi e di alcuni codici Matlab appositamente scritti per elaborare le statistiche finali.

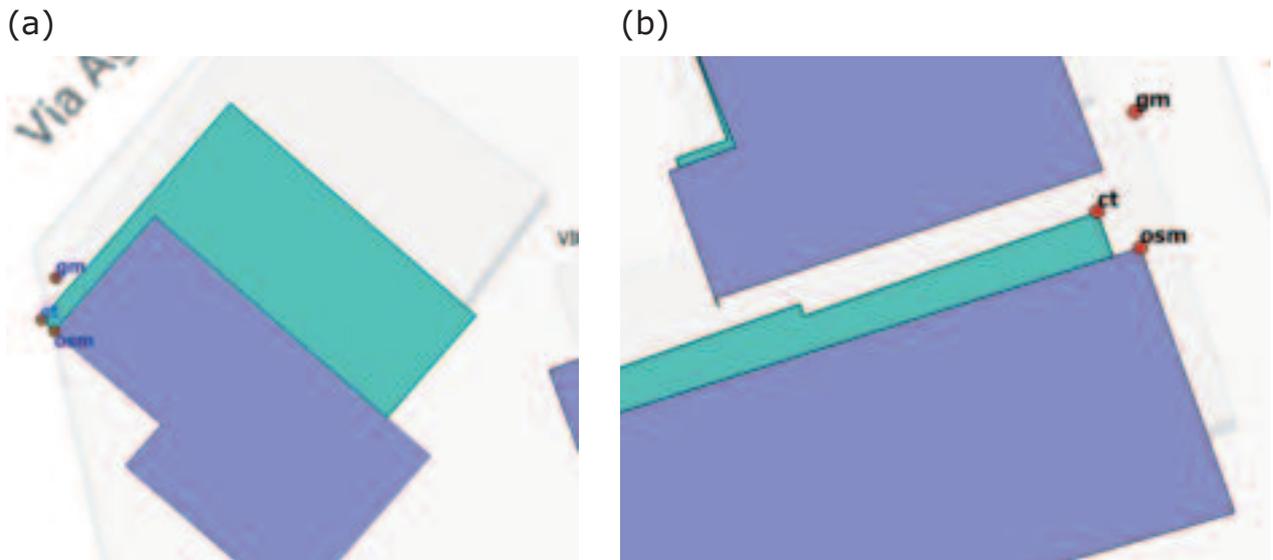


Figura 1. Esempi di collimazione degli spigoli degli edifici sulle tre cartografie, CTC, OSM e GM: a sinistra (a) Voghera, a destra (b) Vigevano.

Per ogni città è stato selezionato un numero significativo di punti tripli, costituiti da spigoli di edifici, aventi cioè coordinate note nella cartografia tecnica, in OSM e GM, e distribuiti uniformemente sul territorio comunale (Figura 1). La numerosità finale è di 198 elementi per la città di Pavia e 100 punti per Vigevano e Voghera. L'accuratezza è stata valutata comparando le coordinate dei punti sulla CTC, coordinate ritenute "vere", e le corrispondenti misurate sulle due cartografie oggetto di indagine. Sono stati formati i residui secondo la formula:

$$s_i = X_i^{CTC} - X_i^{OSM,GM} \quad i = 1, n$$

in cui X^{CTC} rappresentano le coordinate planimetriche ottenute dalla CTC e $X^{OSM,GM}$ quelle ottenute rispettivamente da OSM e GM. Dagli scarti planimetrici è stata anche derivata la distanza 2D tra la posizione vera e quella mappata. Sono infine state calcolate le principali figure statistiche: minimo, massimo, media, deviazione standard ed errore quadratico medio, sulle due componenti planimetriche, Est e Nord, e sulla distanza 2D. I valori sono riportati per le due cartografie esaminate, OSM e GM, in Tabella 1, Tabella 2 e Tabella 3, rispettivamente per Pavia, Vigevano e Voghera.

La dinamica degli scarti viene riportata anche graficamente in Figura 2, Figura 3 e Figura 4: utilizzando come sfondo l'ortofoto di Regione Lombardia del 2005, le immagini evidenziano l'andamento degli scarti con dei vettori di colore giallo che uniscono la posizione corretta del punto (derivata dalla cartografia tecnica) alla posizione mappata sulle cartografie in esame.

Osservando i risultati ottenuti sulla città di Pavia (Tabella 1 e Figura 2) è evidente come gli scarti OSM, seppure contenuti rispetto a GM, presentino un chiaro sistematismo indice che la cartografia è internamente congruente ma georeferenziata in modo scorretto. L'entità di questo errore è complessivamente di 70 cm. GM mostra invece uno dei valori più grandi, di circa 1.7 m su entrambe le componenti, e distribuiti in modo caotico sull'intera città.

Pavia # 198	OpenStreetMap			Google Map		
	dE [m]	dN [m]	d2D [m]	dE [m]	dN [m]	d2D [m]
Min	-0.722	-0.225	0.396	-9.582	-2.841	0.076
Max	0.356	-0.128	0.735	5.703	7.062	9.920
Media	-0.685	-0.171	0.709	0.283	1.009	2.088
Dev.std	0.076	0.021	0.025	1.775	1.395	1.349
EQM	0.689	0.172	0.710	1.797	1.722	2.486

Tabella 1. Analisi di accuratezza OSM e GM per il Comune di Pavia. Principali figure statistiche per le due componenti planimetriche, Est e Nord, e per la distanza 2D

(a)



(b)



Figura 2. Analisi di accuratezza per il Comune di Pavia: in alto (a) i risultati per OSM, sotto (b) per Google Maps. Le linee indicano i residui planimetrici sui punti presi in esame

Vigevano presenta complessivamente i risultati migliori per OpenStreetMap con degli EQM finali intorno a mezzo metro per entrambe le componenti planimetriche (Tabella 2 e Figura 3). È da evidenziare tuttavia come tra i 100 spigoli selezionati per l'analisi siano presenti degli elementi palesemente georeferenziati in modo errato che peggiorano la qualità della cartografia soprattutto in termini di congruenza interna. GM presenta errori significativi, in

particolare nella componente Nord dove è evidente anche un sistematismo. La qualità complessiva in questo caso è di circa 3.5 m.

Vigevano # 100	OpenStreetMap			Google Map		
	dE [m]	dN [m]	d2D [m]	dE [m]	dN [m]	d2D [m]
Min	-2.035	-2.723	0.000	-2.581	1.291	1.341
Max	3.951	1.901	4.112	6.078	6.172	6.239
Media	0.086	-0.085	0.243	0.852	3.118	3.433
Dev.std	0.608	0.420	0.708	1.199	0.879	0.924
EQM	0.614	0.428	0.748	1.470	3.239	3.556

Tabella 2. Analisi di accuratezza OSM e GM per il Comune di Vigevano. Principali figure statistiche per le due componenti planimetriche, Est e Nord, e per la distanza 2D

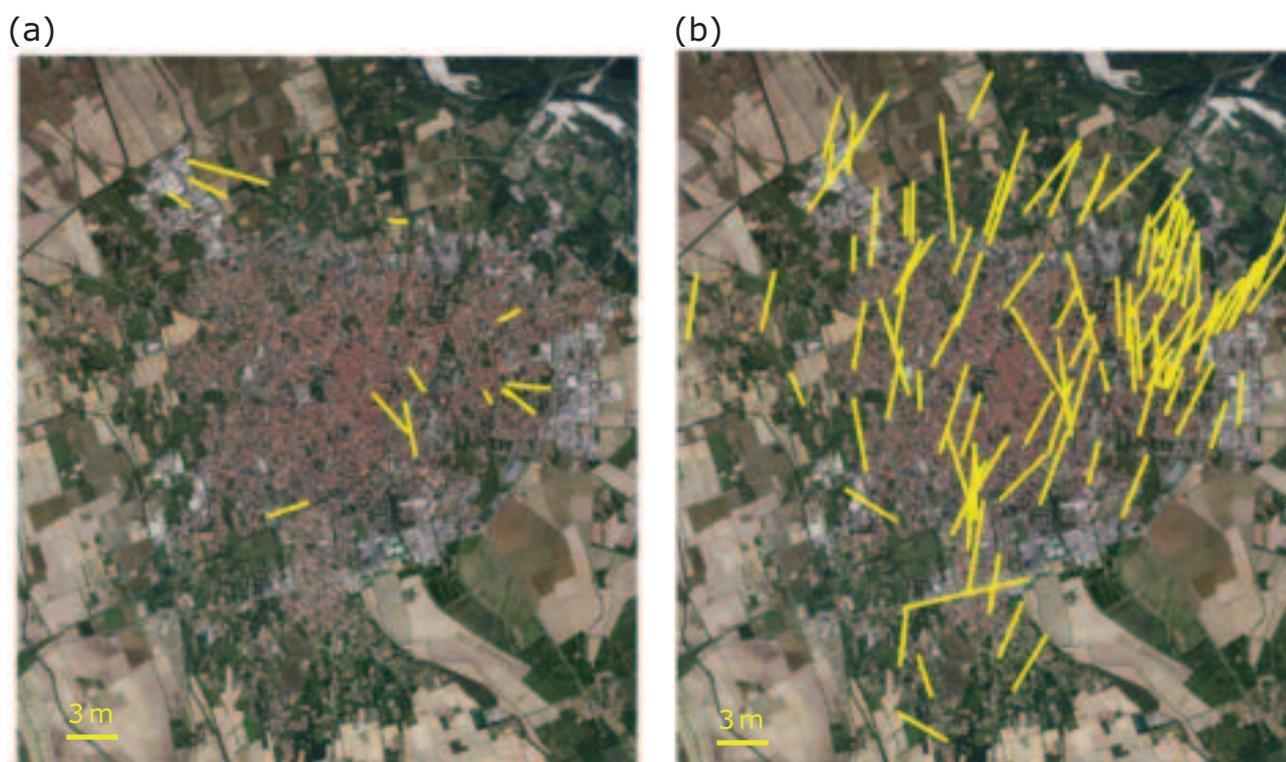


Figura 3. Analisi di accuratezza per il Comune di Vigevano: in alto (a) i risultati per OSM, sotto (b) per Google Maps. Le linee indicano i residui planimetrici sui punti presi in esame

Osservando i risultati ottenuti per Voghera (Tabella 3 e Figura 4) si nota come la qualità raggiunta dalle due cartografie presenti valori comparabili. Per OSM l'accuratezza planimetrica complessiva è, in termini di EQM, prossima ai 2 metri, mentre per GM di poco superiore ai 2.5 m. L'andamento spaziale degli scarti è sostanzialmente casuale anche se, per OSM, gli scarti sembrano di entità maggiore nella parte Est della città.

Voghera # 100	OpenStreetMap			Google Map		
	dE [m]	dN [m]	d2D [m]	dE [m]	dN [m]	d2D [m]
Min	-2.333	-2.833	0.164	-4.776	-3.171	0.165
Max	6.036	3.798	6.109	8.608	5.310	8.610
Media	0.567	-0.473	1.619	-0.354	0.618	2.299
Dev.std	1.499	0.998	1.072	2.126	1.508	1.403
EQM	1.603	1.105	1.941	2.155	1.629	2.693

Tabella 3. Analisi di accuratezza OSM e GM per il Comune di Voghera. Principali figure statistiche per le due componenti planimetriche, Est e Nord, e per la distanza 2D

(a)



(b)



Figura 4. Analisi di accuratezza per il Comune di Voghera: in alto (a) i risultati per OSM, sotto (b) per Google Maps. Le linee indicano i residui planimetrici sui punti presi in esame

Conclusioni

Lo studio riguarda l'analisi di accuratezza delle cartografie OSM e GM su tre città della Provincia di Pavia: Pavia, Vigevano e Voghera. Per ogni città sono stati selezionati tra i 100 e 200 spigoli di edifici sulla cartografia tecnica di riferimento. Le coordinate di tali punti sono state confrontate con quelle ottenute collimando gli stessi elementi sulle cartografie in esame, OpenStreetMap e Google Maps.

I residui così ottenuti sono stati analizzati statisticamente calcolandone le principali figure statistiche: media, deviazione standard ed errore quadratico medio. L'analisi dei risultati ha mostrato come le due cartografie sulle tre città presentino dei comportamenti sostanzialmente differenti.

OpenStreetMap fornisce generalmente i risultati migliori, specialmente per le città di Pavia e Vigevano che mostrano EQM 2D inferiori al metro. Anche in questi due casi sono presenti tuttavia delle anomalie: per Pavia l'errore è sostanzialmente causato da un sistematismo nella georeferenziazione mentre a Vigevano è evidente la presenza di errori grossolani su alcuni edifici.

Google Maps ha risultati significativamente peggiori con errori quadratici medi sulla distanza 2D compresi tra 2.5 e 3.5 metri.

Riferimenti bibliografici

Ciepluch B., Jacob R., Mooney P., Winstanley A. C. (2010). "Comparison of the accuracy of OpenStreetMap for Ireland with Google Maps and Bing Maps". *Proceedings of the Ninth International Symposium on Spatial Accuracy Assessment in Natural Resources and Environmental Sciences*, 20-23rd July 2010, 337.

Brovelli M. A., Minghini M., Molinari M., Mooney P. (2017). "Towards an automated comparison of OpenStreetMap with authoritative road datasets", *Transactions in GIS*, 21(2), 191-206.

Casella V., Franzini M., Girone G., Marchese P., Pella E., Annovazzi Lodi L. (2018). "Studio sistematico della completezza di Open Street Map e Google Maps per la Provincia di Pavia", *XXII Conferenza Asita*, Bolzano, Italia. ISBN 978-88-941232-1-0

La Regione del Veneto e i Comuni di Schio, Treviso e Vicenza: il sistema di relazioni per una SDI.

Rosario Ardini ^(a), Eugenio Berti ^(a), Ranieri Bianchin ^(b), Stefano Climastone ^(c), Delio Brentan ^(d), Marcello Missaglia ^(c), Nadia Poles ^(c), *Umberto Trivelloni ^(d), Marco Vezzali ^(b)

^(a) Comune di Vicenza – Ufficio SIT

^(b) Comune di Schio – Settore 1, Affari Generali, Amministrazione Aperta - Ufficio SIT

^(c) Comune di Treviso – Settore ICT Smart City e Patrimonio- Ufficio SIT

^(d) Regione del Veneto – Area Tutela e Sviluppo del Territorio

*umberto.trivelloni@regione.veneto.it, tel. 0412792483, cell. 3476499785.

Premessa

Da diversi anni la Regione del Veneto stipula accordi di collaborazione con Enti locali anche finalizzati alla realizzazione della Carta Tecnica Regionale – DB Topografico, come nel caso dei Comuni di Padova, Venezia e Vicenza e dei Consorzi ETRA e BIMA; inoltre la Regione promuove e diffonde, talvolta congiuntamente ad altri Enti, la conoscenza normativa e tecnica di settore anche alla luce delle innovazioni introdotte dai Decreti emanati in data 10 novembre 2011 dal Ministro per la Pubblica Amministrazione e l'Innovazione, di concerto con il Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, relativi a:

- ∞ Adozione del Sistema di Riferimento geodetico nazionale;
- ∞ Regole tecniche per la definizione delle specifiche di contenuto dei Data-Base Geo-Topografici;
- ∞ Regole tecniche per la definizione del contenuto del Repertorio Nazionale dei Dati Territoriali.

La rete delle intese

Il raggiungimento della piena operatività di un'Infrastruttura di Dati Geografici (SDI) passa attraverso lo sviluppo e il mantenimento di un'adeguata rete di relazioni istituzionali tra i diversi soggetti che concorrono a produrre, gestire e distribuire i dati geografici. Il sistema di connessioni appare ancora più importante e decisivo se investe apparati pubblici competenti per ambiti territoriali di diversa portata, ciò per la necessità sempre più pressante di sviluppare collegamenti non soltanto formali tra differenti sistemi informativi geografici. A questo proposito basti pensare ai sistemi nazionali che coinvolgono attori locali (ANNCSU, SINFI, AINOP etc).

Per raggiungere gli obiettivi descritti, la Regione del Veneto, i Comuni di Schio, Treviso e Vicenza hanno sottoscritto appositi Protocolli d'Intesa che consentono un'ampia condivisione non soltanto di dati e metodologie operative, ma anche di strategie nel settore dell'informazione geografica, sempre in rapida evoluzione, al fine di realizzare i migliori servizi per la cittadinanza. I legami formali tra gli Enti si arricchiscono di valenze sostanziali, soprattutto per la possibilità di collegamento con le altre sfere di collaborazione che la Regione da

tempo conduce e che interessano l'ARPAV, l'Istituto Geografico Militare, l'Istituto Idrografico della Marina, l'Università di Padova, il Centro Interregionale per i Sistemi Informatici Geografici e Statistici (CISIS) e, a livello internazionale, il Consorzio NEREUS, il Programma Copernicus e lo United Nations Global Geospatial Information Management (UN-GGIM).

I prodotti realizzati

Gli atti vigenti che regolano le collaborazioni sono:

- ∞ "Protocollo di Intesa tra la Regione del Veneto, il Comune di Vicenza ed il Comune di Schio per la condivisione, l'integrazione e la produzione di dati geotopografici" – stipulato nel 2017 della durata di 5 anni.
- ∞ "Protocollo d'Intesa tra la Regione del Veneto ed il Comune di Treviso finalizzato alla condivisione, l'integrazione e la produzione di dati geotopografici" – stipulato nel 2018 della durata di 5 anni.

Tra gli esiti delle collaborazioni si devono senz'altro annoverare le realizzazioni di Database Geotopografici (DBGT) eseguite dai Comuni di Schio, Treviso e Vicenza con l'ausilio tecnico dei competenti uffici regionali; si tratta di prodotti ottenuti attraverso l'impiego delle più innovative tecnologie di rilievo, tra cui riprese aeree ad elevata risoluzione ed immagini oblique.

In particolare nel territorio del Comune di Schio è stato realizzato un Database Geotopografico alle scale 1:2000 e 1:5000 oltre ad un'ortofoto ad alta risoluzione e una ripresa fotogrammetrica obliqua dei centri urbani; la realizzazione cartografica si è conclusa nel 2018 comprendendo anche l'elaborazione di nuove procedure per la vestizione dei Geodatabase e la materializzazione e il calcolo di una rete di raffittimento planimetrico.

Nel Comune di Treviso la produzione si è sviluppata nel corso del biennio 2018 e 2019 con esiti analoghi a quelli riferiti per Schio; tuttavia si evidenziano alcune differenze nell'apparato delle specifiche tra i due lavori dovute ad esigenze operative differenti manifestate dai due Comuni.

I due impianti cartografici hanno dunque un taglio che potremmo definire personalizzato, pur in piena coerenza con le norme tecniche nazionali, proprio per la necessità di rispondere alle reali esigenze operative manifestate dagli Enti promotori soprattutto in funzione delle successive fasi di implementazione e gestione delle rispettive Infrastrutture Geografiche; tale approccio è stato possibile grazie soprattutto all'esperienza messa in campo dal Comune di Vicenza che, sulla base di un DBGT prodotto nel 2009 assieme alla Regione, ha realizzato un Sistema Informativo Territoriale, standardizzando e condividendo i database dei diversi settori dell'amministrazione sulla base del comune denominatore del riferimento territoriale, in grado di soddisfare le varie esigenze con aggiornamenti dinamici e sostenibili per l'operatività degli uffici.

Conclusioni

La condivisione di obiettivi e strategie tra soggetti diversi produce eccellenti risultati non soltanto in termini di qualità tecnica dei dati e delle metodologie condivise, ma soprattutto in riferimento alla definizione di un quadro più evoluto circa i bisogni di informazione geografica che, giova sottolinearlo, appaiono sempre più pressanti per la necessità di erogare servizi in un contesto che si caratterizza per l'incessante evoluzione tecnologica e per la necessità di un virtuoso percorso concorrenziale con le prestazioni dei grandi player globali.

Piattaforma HW/SW per la gestione dei Cantieri Tecnologici per Infrastrutture Civili

Francesco Argese ^(a), Giovanni Erriquez ^(a), Angelo Galeandro ^(a), Santiago Giraldo Manrique ^(a), Maurizio G. Imperiale ^(a), Mirko Saponaro ^(b), Alessandro R. Specchiarello ^(a), Eufemia Tarantino ^(b), Adriano Turso ^(a)

^(a) Sipal S.p.A., S.P. 83 c/o Aeroporto "Marcello Arlotta", 74023 Grottaglie (TA), Italia –
specchiarello.alessandro@sipal.it

^(b) Politecnico di Bari, Via Orabona 4 - 70125 Bari, Italia – mirko.saponaro@poliba.it

Riassunto

Il nuovo trend tecnologico diffusosi negli ultimi anni ha positivamente orientato il settore industriale nella visione di una Industria 4.0, evidenziando la necessità di uno sviluppo tecnico e professionale in linea con gli obiettivi e le strategie di medio lungo periodo a livello mondiale. La Sipal S.p.A. ha ormai da tempo avviato un processo di trasformazione dei servizi e dei prodotti tramite l'impiego di soluzioni ICT, l'adozione di apparecchiature innovative ed intelligenti, e lo sviluppo in ambiente software. Nel progetto innovativo '*Cantiere Tecnologico per Infrastrutture Militari e Civili*', il gruppo di Ricerca & Sviluppo ha testato e costruito una serie di prodotti industriali di cui si divulgano i risultati principali.

Introduzione

La manifesta ascesa di una moltitudine di tecnologie hardware e software, impiegabili in maniera trasversale fra i vari settori industriali, ha di fatto positivamente stimolato l'orientamento delle principali linee strategiche di sviluppo dell'Industria 4.0. L'intero settore, ormai coinvolto in una vera e propria rivoluzione digitale verso l'automazione ed ottimizzazione dei processi, sente così la necessità di porsi in linea con gli obiettivi e le strategie di medio lungo periodo a livello mondiale. L'impiego di soluzioni *Information and Communications Technology* (ICT), l'adozione di apparecchiature innovative ed intelligenti, e lo sviluppo in ambiente software troveranno quindi importante applicazione in qualsiasi ambito industriale. L'effetto ha interessato le istituzioni competenti dei maggiori Paesi sviluppati, mettendo in essere una moltitudine di misure per incentivare gli investimenti funzionali alla trasformazione tecnologica.

A tal proposito la Sipal S.p.A. ha ormai da tempo avviato un processo di trasformazione dei servizi e dei prodotti offerti, nell'ottica di allinearsi a questa nuova visione strategica. Dal 2016 partecipa attivamente, nella sua sede presso l'aeroporto 'M. Arlotta' di Grottaglie (Taranto), al programma di investimenti "*Progetto Cofinanziato dall'Unione Europea - Fondo Europeo di Sviluppo Regionale POR Puglia 2014/2020*" della Regione Puglia nel progetto

innovativo 'Cantiere Tecnologico per Infrastrutture Militari e Civili' (*Unmanned Vehicles and Virtual Facilities*).

Il Progetto Tecnologico, nel seguito esposto nelle sue caratteristiche essenziali, riguarda lo Sviluppo di un Progetto di Ricerca & Sviluppo relativo a "*Unmanned Vehicles and Virtual Facilities*", ovvero mezzi senza equipaggio a bordo e sistemi virtuali per la costituzione di cantieri digitali dedicati a infrastrutture civili e militari. Il progetto consiste nello sviluppo di un applicativo *software*, in grado di gestire ed elaborare, in modo rapido e preciso, dati di fondamentale applicazione nelle diverse fasi in cui si sviluppa un cantiere infrastrutturale. Le sperimentazioni condotte finora dimostrano risultati incoraggianti e passi notevoli verso gli obiettivi statuiti (Argese et al., 2019).

Il Progetto Tecnologico: *Unmanned Vehicles*

Il progetto operativo consta di due sviluppi tecnici paralleli, di cui del primo si terrà conto in questo lavoro divulgativo. "*Unmanned Vehicles*" riguarda lo sviluppo di applicazioni *hardware* e *software* (HW/SW) da installare a bordo di veicoli, aerei e terrestri, senza equipaggio a bordo, per rilevare dati fondamentali nelle diverse fasi in cui si sviluppa un cantiere tecnologico.

L'attività in oggetto è svolta da ingegneri e tecnici SIPAL, a skill elevato nelle discipline a cui si riferiscono i progetti in oggetto, che, congiuntamente con tecnici selezionati, di provenienza dal Politecnico di Bari e dagli Istituti Tecnici della Regione Puglia, costituiscono un team con la necessaria *expertise* per progettare, sviluppare e collaudare i sistemi tecnologici.

Le applicazioni della ricerca sono focalizzate sulla validazione delle innovative tecniche di rilievo tramite questi RPV, dall'anglosassone *Remotely Piloted Vehicle*, in modo che sostituiscano i metodi di rilievo tradizionale per l'acquisizione dei dati legati alle varie fasi di realizzazione delle opere infrastrutturali e al fine di modernizzare le fasi di cantiere. Le informazioni rilevate da questi mezzi saranno gestite su una piattaforma di archiviazione e di elaborazione dati, raccolti al fine di ottenere, rispetto alle attuali operazioni, delle informazioni puntuali dirette in tempi molto contenuti.

Tale piattaforma è basata su differenti moduli, attualmente in corso di implementazione:

- ∞ un modulo *web*, avente funzione di interfaccia utente per l'inserimento, la gestione dei dati acquisiti e la visualizzazione dei risultati;
- ∞ diversi moduli *software*, il cui scopo è l'elaborazione dei dati topografici costituiti da acquisizioni laser scanner, immagini, rilievi GNSS e misure topografiche tradizionali;
- ∞ un server *RabbitMQ*, modulo *middleware* di tipo *message-oriented*, come protocollo di comunicazione tra il modulo *WEB* e i moduli *software*.

In particolare, i moduli *software* riguardano quattro categorie principali:

- ∞ *Photogrammetry*, costituito da script in linguaggio *Python* che richiamano librerie *open-source* per l'elaborazione dei dati GNSS e dei dati fotogrammetrici;
- ∞ *Earthworks*, che effettua la post elaborazione dei dati risultanti dal modulo *Photogrammetry* per il calcolo delle superfici e dei volumi di scavo e rinterro nelle varie fasi di lavorazione del cantiere;

- ∞ *Video Generation*, per la generazione di filmati virtuali costruiti a partire dalle fotografie acquisite da drone aereo;
- ∞ *Tunnel*, per la navigazione autonoma in ambienti chiusi di un drone terrestre, basata sugli algoritmi SLAM (*Symultaneous Localization And Mapping*), riguardante il posizionamento di alta precisione in ambienti chiusi, basata su tecniche topografiche di tipo classico, quale l'intersezione inversa, col fine di restituire la ricostruzione 3D ed il monitoraggio delle volte delle gallerie.

I dati rilevati ed opportunamente elaborati trovano impiego nella fase di preparazione di una gara di appalto, nella fase di esecuzione dei lavori di costruzione, nella fase operativa dell'infrastruttura ed infine nella fase manutentiva post-operam. La conoscenza della morfologia del terreno, ad esempio, consente di organizzare dall'inizio del cantiere un processo tecnologico di lavoro mirato specificatamente alla bisogna, e non solo come processo esecutivo ma già di poter disporre di dati precisi in fase di definizione della gara d'appalto.

Infine, un importante campo di applicazione vede lo studio di immagini satellitari tramite le innovative tecniche di analisi di *change detection*, per il monitoraggio delle fasce di rispetto nei Cantieri Infrastrutturali. La gestione dell'abusivismo, lungo le infrastrutture stradali in fase d'esercizio, per mezzo di applicativi automatizzati di analisi di immagini satellitari multitemporali, solleverebbe le autorità competenti dall'onere di un controllo manuale a terra.

Risultati al corrente stato di avanzamento

Le sperimentazioni condotte finora hanno gettato le basi per l'avanzamento verso gli obiettivi attesi nel Progetto Tecnologico. Per tutta la parte di sperimentazione sul campo, la Capogruppo FININC ha reso fruibile la struttura cantieristica che attualmente è operativa per la costruzione della Pedemontana Veneta, superstrada a due corsie per ogni senso di marcia con quasi 100 km di percorso e annessi svincoli.

Gestione dei rilievi da RPV

Obiettivo di questa attività è stato definire le possibili fasi applicative degli RPV nell'ambito dei cantieri infrastrutturali, cercando di coniugare le esigenze operative con le nuove potenzialità tecnologiche dei droni e della molteplice sensoristica di cui si possono equipaggiare, facendo particolare attenzione ai vantaggi economici ma soprattutto all'ottimizzazione delle attività di campo.

Le sperimentazioni svolte hanno coinvolto due mezzi a pilotaggio remoto, rivolti relativamente ad attività aeree e a quelle terrestri. Con il supporto della IDS S.p.A., sono stati assemblati quindi: un sistema aeromobile a pilotaggio remoto (SAPR) Colibrì IA-3 dotato di un ricevitore GNSS a doppia frequenza L1/L2 Topcon B110, una fotocamera Nikon Coolpix A (16.2 MP, sensore 1/2.3" CMOS, lunghezza focale pari a 18.5 mm, 299 g); ed un rover terrestre Bulldog dotato di una piattaforma autolivellante *Geo-Laser AD-12*, un LiDAR *Velodyne Puck VLP-16* (portata pari a 100 m, accuratezza di circa 3 cm, campo di vista orizzontale di 360° e verticale di 30°) per la localizzazione in tempo reale, ed un *Trimble SX10*, ovvero una stazione totale robotizzata ad alta precisione (precisione angolare 1", precisione nella misurazione della distanza 1 mm +

1.5 ppm), che coniuga anche funzionalità di laser scanner 3D ad alta velocità. I sistemi sono stati testati per verificare sperimentalmente le caratteristiche con prove di autonomia, mobilità e manovrabilità.

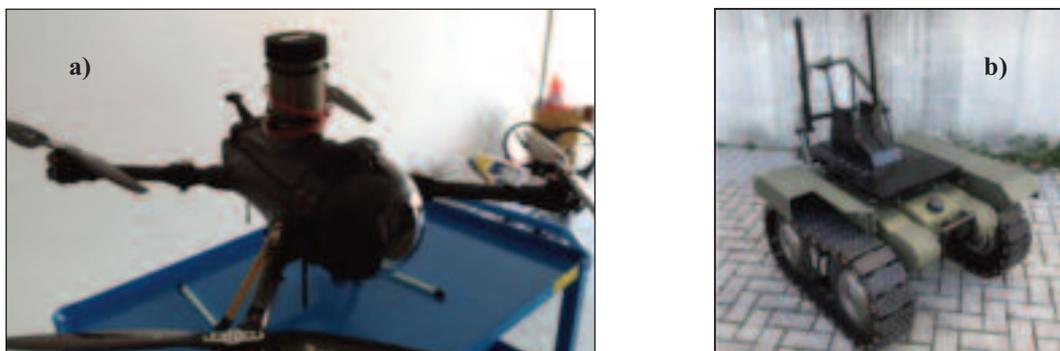


Figura 1. I mezzi in dotazione: a) il SAPR Colibrì IA-3, b) il rover terrestre Bulldog

L'attenzione del gruppo di lavoro si è poi concentrata nello studio delle metodologie di rilievo e restituzione fotogrammetrica da immagini SAPR usufruendo del *software open-source* MicMac (Rupnik, Daakir, & Pierrot Deseilligny, 2017), integrabile all'interno della piattaforma tramite una sequenza di comandi Python attentamente compilata ed in parte customizzata (Figura 2). Parallelamente sono stati effettuati ulteriori test al fine di consolidare una workflow di processamenti ottimale dei dati SAPR in grado di restituire prodotti altamente accurati, riproducibili e al contempo tali da non necessitare di dispendiose attività di campo (Saponaro, Tarantino, & Fratino, 2018). In particolare è stato volutamente scelto di equipaggiare il SAPR con un ricevitore GNSS capace di acquisire informazioni posizionali centimetriche in modalità di misura *Real Time Kinematic* (RTK) in modo da ridurre, o in alcuni casi non prevederne, i *Ground Control Point* (GCP) da rilevare in campo (Saponaro, Tarantino, Reina, Furfaro, & Fratino, 2019).

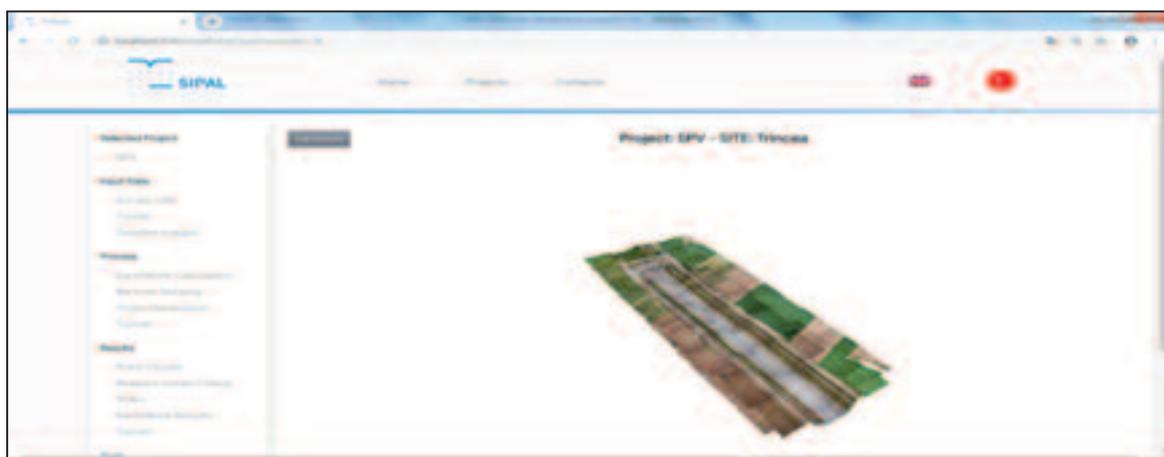


Figura 2. Visualizzazione della nuvola di punti nella piattaforma SIPAL, risultato della elaborazione del rilievo da SAPR

Nell'ottica di un'attività di monitoraggio parallela alla cantierizzazione stessa, è stata ideata un'applicazione software utile per una navigazione virtuale dell'area di cantiere ricostruita con le tecniche di *Structure from Motion* (SfM) dalle immagini SAPR (Figura 3). Una volta implementata nella piattaforma, l'applicazione darà la possibilità ad ogni utente di poter visionare lo stato di avanzamento in ogni fase di messa in opera.



Figura 3. Mockup dell'applicazione software per visionare una porzione di cantiere tecnologico. In alto è rappresentata la nuvola di punti, in basso la posizione con vista planimetrica e satellitare.

Movimenti Materia

Attualmente i calcoli relativi al movimento materia sono eseguiti con procedure manuali che prevedono l'esecuzione di rilievi topografici, con strumentazione tradizionale (stazioni totali, livelli) o satellitare (GNSS), per misure di punti notevoli, a partire dai quali è possibile ricostruire le superfici rilevate e, successivamente, determinare i volumi di interesse nella gestione di un cantiere.

Sfruttando però le potenzialità delle tecniche di SfM, è possibile generare una nuova metodologia. Considerati dei rilievi fotogrammetrici da SAPR di elevata accuratezza ripetuti nel tempo nelle fasi cruciali delle operazioni di cantiere, è possibile ottenere informazioni circa i volumi di scavo e rinterro dal confronto dei vari modelli ricostruiti.

Grazie all'elevata velocità di esecuzione del rilievo, al grande dettaglio delle immagini ottenute ed al minore impegno logistico di esecuzione dei rilievi, il calcolo dei movimenti materia tramite l'utilizzo dei SAPR risulta prettamente vantaggioso rispetto alle tradizionali procedure (Argese et al., 2019). Nella piattaforma è stato così implementato l'applicativo che sulla base della progressiva chilometrica del tracciato dell'infrastruttura analizzata, indica quali tipologie di rilievo sono state effettuate. Nelle zone in cui sono presenti più di un rilievo è possibile avviare il modulo di calcolo relativo al movimento materia (Figura 4).

posti sulle pareti, le cui coordinate sono calcolate con precisione sub-centimetrica.

Utilizzando tale rete di coordinate note, è possibile calcolare la posizione della stazione di monitoraggio di volta in volta, elaborando le misure sempre nello stesso sistema di riferimento.

Per effettuare tali attività si è utilizzato il rover terrestre Bulldog equipaggiato dell'apposita sensoristica, in grado di eseguire le seguenti operazioni in maniera consecutiva:

- ∞ muoversi autonomamente, utilizzando i principi dello SLAM (*Simultaneous Localization and Mapping*) fino alla zona in cui eseguire le operazioni di rilievo;
- ∞ al raggiungimento della zona obiettivo, effettuare le operazioni di localizzazione di alta precisione, applicando i principi della intersezione inversa ed utilizzando i capisaldi di coordinate note materializzati in galleria;
- ∞ effettuare le misure richieste immagazzinando i dati raccolti in un supporto di memoria;
- ∞ muoversi autonomamente sino all'area di sosta.

I dati acquisiti vengono poi esportati per la loro elaborazione nella piattaforma, dove tramite un modulo compilato in linguaggio Python è possibile estrapolare le sezioni e i relativi indici costruttivi (Figura 5).

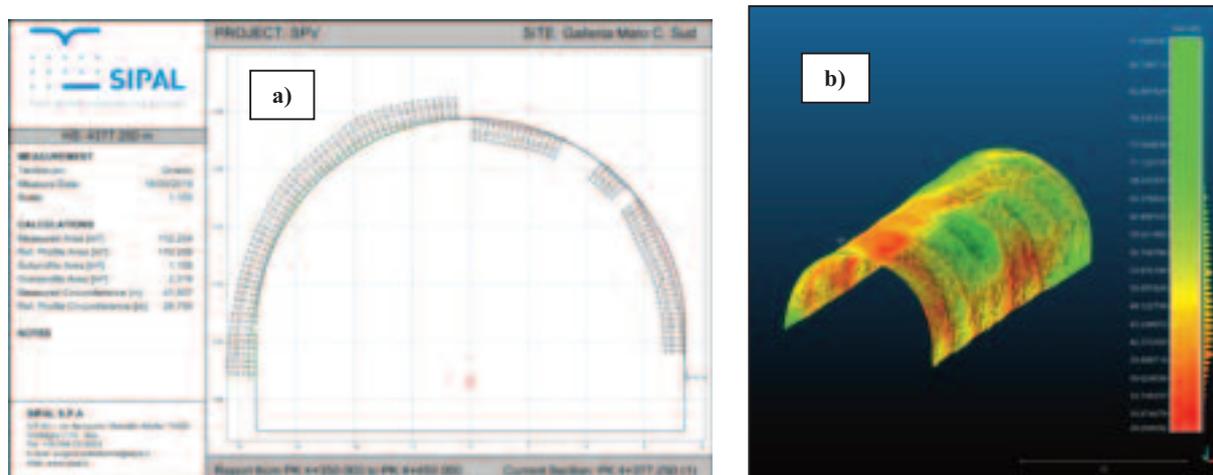


Figura 5. a) Grafico della sezione con l'indicazione dei sovrassessori/sottosessori; b) Nuvola di punti con evidenziazione dei sovrassessori/sottosessori.

Monitoraggio delle fasce di rispetto

L'obiettivo di questa ricerca è il monitoraggio continuo delle Fasce di Rispetto stradali e autostradali, tramite tecniche innovative che sostituiscano le operazioni manuali che si svolgono attualmente. La fascia di rispetto è da intendersi quale porzione di territorio esterna al confine stradale sulla quale esistono dei vincoli di inedificabilità.

Allo stato attuale, il monitoraggio delle Fasce di Rispetto viene tipicamente eseguito a vista: tramite personale addetto si ispezionano le aree su mezzo e si verifica che non siano presenti abusi edilizi o irregolarità. Queste operazioni,

oltre a richiedere una notevole quantità di tempo, non forniscono adeguate garanzie nel risultato finale. Pertanto, approfondendo le potenzialità del *Remote Sensing* applicate in ambito di monitoraggio urbano e infrastrutturale, sono state eseguite diverse sperimentazioni delle tecniche di *change detection* al fine di utilizzare le immagini satellitari in un'analisi multi-temporale, per verificare gli eventuali cambiamenti occorsi all'interno delle fasce di rispetto.

Conclusioni

I risultati sono da considerarsi solo un prodotto preliminare in via di sviluppo, che necessitano ancora di ulteriori validazioni, sia sul campo che teoriche.

Il progetto sarà solo un punto di partenza per lo sviluppo di future applicazioni che verranno utilizzate in svariati contesti, anche differenti da quelli descritti nel presente contributo.

Sulla base del lavoro svolto ad oggi, si stima che il pieno sviluppo di queste innovative tecniche e metodologie ridisegnerà le potenzialità dei servizi e dei prodotti offerti, in linea con le previsioni deducibili dalla nuova concezione di Industria 4.0.

Riferimenti bibliografici

Argese, F., Erriquez, G., Galeandro, A., Giraldo, M. S., Imperiale, M. G., Scarano, M., . . . Turso, A. (2019). A procedure for automating earthwork computations using UAV photogrammetry and open-source software. *AIP Conference Proceedings*, 2116(1), 280008. doi:10.1063/1.5114291

Cheng, Y.-J., Qiu, W., & Lei, J. (2016). Automatic Extraction of Tunnel Lining Cross-Sections from Terrestrial Laser Scanning Point Clouds. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 16(10), 1648. doi:10.3390/s16101648

Rupnik, E., Daakir, M., & Pierrot Deseilligny, M. (2017). MicMac – a free, open-source solution for photogrammetry. *Open Geospatial Data, Software and Standards*, 2(1), 14. doi:10.1186/s40965-017-0027-2

Saponaro, M., Tarantino, E., & Fratino, U. (2018). *Generation of 3D Surface Models from UAV Imagery Varying Flight Patterns and Processing Parameters*. Paper presented at the International Conference of Numerical Analysis and Applied Mathematics (ICNAAM 2018), Rhodes, Greece.

Saponaro, M., Tarantino, E., Reina, A., Furfaro, G., & Fratino, U. (2019). Assessing the Impact of the Number of GCPS on the Accuracy of Photogrammetric Mapping from UAV Imagery. *Baltic Surveying*, 10, 43-51. doi:10.22616/j.balticsurveying.2019.006

Xie, X., & Lu, X. (2017). Development of a 3D modeling algorithm for tunnel deformation monitoring based on terrestrial laser scanning. *Underground Space*, 2(1), 16-29. doi:<https://doi.org/10.1016/j.undsp.2017.02.001>

Il progetto Interreg Italia-Slovenia HARMO-DATA: un geoportale per la condivisione di dati territoriali transfrontalieri armonizzati

Irena Ažman^(a), Blaž Barborič^(b), Raffaella Cefalo^(c), Alessandra Chiarandini^(d), Silvano De Zorzi^(f), Roberto Previato^(d), Martin Puhar^(e), Tatiana Sluga^(c), Paolo Snider^(c), Petek Tomaž^(a), Agostino Tommasi^(c), Umberto Trivelloni^(f), Mauro Zanardo^(g), Andrej Labiani^(c)

^(a) Geodetska Uprava Republike Slovenija Irena.Azman@gov.si, tomaz.petek@gov.si

^(b) Geodetski Inštitut Slovenije, Jamova Ulica 2, Ljubljana, Slovenia blaz.barboric@gis.si

^(c) GeoSNav Laboratory, Università degli studi di Trieste, Trieste Italy,
raffaella.cefalo@dia.units.it, tatiana.sluga@dia.units.it, agostino.tommasi@dia.units.it,
snider.paolo@gmail.com, andrej.lab@tiscali.it

^(d) Insiel S.p.A, Trieste alessandra.chiarandini@insiel.it, roberto.previato@insiel.it

^(e) IGEA d.o.o., Ljubljana, Slovenia martin.puhar@igea.si

^(f) Regione Veneto Silvano.DeZorzi@regione.veneto.it, umberto.trivelloni@regione.veneto.it

^(g) Terre S.r.l., Mestre mauro.zanardo@terre-srl.com

Introduzione

Il progetto Interreg HARMO-DATA, finanziato nell'ambito del Programma Interreg V-A Italia-Slovenia 2014-2020, è stato avviato ufficialmente a Settembre 2017 e si è concluso il 30 giugno 2019. Il Partenariato era composto da: Geodetski Inštitut Slovenije, Ljubljana, Slovenia (coordinamento), Geodetska Uprava Republike Slovenije, Igea S.r.l. Ljubljana, Slovenia, Insiel S.p.a. Trieste, GeoSNav Lab - Dipartimento di Ingegneria e Architettura, Università degli Studi di Trieste - Terre S.r.l. Mestre.

Hanno partecipato inoltre in qualità di partner associati: Regione Veneto, Regione Friuli Venezia Giulia e Ministero sloveno per l'ambiente ed il territorio. Obiettivo generale del Progetto è stato quello di rafforzare la capacità di cooperazione istituzionale transfrontaliera tra le autorità pubbliche e i responsabili della pianificazione territoriale, promuovendo la creazione di soluzioni condivise per il coordinamento e un'efficace gestione del territorio.

Implementazione del Progetto e risultati conseguiti

L'obiettivo del Progetto è stato raggiunto mediante l'implementazione di una piattaforma transfrontaliera congiunta per l'accesso, il download e la visualizzazione dei dati digitali territoriali italiani e sloveni, armonizzati secondo le direttive INSPIRE (Parlamento Europeo, 2007) e grazie alla stesura di un protocollo di gestione territoriale che è stato sottoscritto dalle autorità competenti il 21 giugno 2019 a Venezia al termine della Conferenza finale.

La piattaforma transfrontaliera HARMO-DATA è stata realizzata sotto forma di geoportale come estensione delle attuali piattaforme della Regione FVG, della Regione Veneto e dell'amministrazione geodetica della Repubblica di Slovenia ed è attualmente operativa all'indirizzo www.HARMO-DATA-geoportal.eu.

La creazione di una piattaforma territoriale congiunta consistente con le direttive INSPIRE rappresenta una soluzione innovativa in un'area all'interno della quale la gestione territoriale non era finora coordinata. La piattaforma offre inoltre la possibilità di visualizzare sotto forma di Web GIS Viewer i dati armonizzati e i casi pilota sviluppati nel corso del Progetto, relativi a: utilizzo di dati Sentinel del Progetto Copernicus, modellazione urbana 3D e zonizzazione interattiva 3D, definizione e mappatura degli ecosistemi e dei servizi associati (Až man et al., 2018), gestione dei disastri ambientali e infine il catasto delle infrastrutture sotterranee. I contenuti pubblicati sul geoportale sono un esempio di buona pratica dell'uso dell' "approccio INSPIRE" nell'armonizzazione dei dati spaziali. La piattaforma sarà ulteriormente sviluppata e integrata anche in seguito al termine del Progetto, come da accordi comuni sottoscritti dalle principali istituzioni coinvolte.



Figura 1 – Esempio di pagina di accesso ai servizi del geoportale HARMO-DATA

Un importante risultato conseguito nell'ambito del Progetto ha riguardato la preparazione e lo svolgimento di tre Educational Workshop, due a Trieste e uno a Ljubljana per la formazione degli utilizzatori di dati spaziali territoriali armonizzati transfrontalieri; questi hanno coinvolto diversi gruppi target: decisori politici, autorità nazionali, regionali e locali, imprese, protezione civile e organizzazioni che operano nella prevenzione dei rischi ambientali, gestori di aree protette, università e centri di ricerca italiani e sloveni.

Riferimenti bibliografici

Až man I., Barborič B., Cefalo R., Chiarandini A, De Zorzi S., Previato R., Puhar M., Sluga T., Petek T., Tommasi A., Trivelloni U., Zanardo M. (2018): "Il progetto europeo Interreg HARMO-DATA: armonizzazione dei dati per la gestione transfrontaliera del territorio". Atti della Conferenza Nazionale ASITA 2018 (Bolzano, 27-29/11/2018), pp. 51-58, ISBN 978-88-941232-1-0
 Parlamento Europeo (2007), "Directive 2007/2/EC of the European Parliament and of the Council of 14 March 2007 establishing an Infrastructure for Spatial Information in the European Community (INSPIRE)", Gazzetta ufficiale dell'Unione europea, L 108/1-L 108/14. url: <https://eur-lex.europa.eu/legalcontent/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32007L0002&from=EN>

SINACLOUD la piattaforma GIS dei dati ambientali

Fabio Baiocco ^(a), Carlo Cipolloni ^(a), Giuseppina Monacelli ^(a), Antonio Scaramella ^(a), Roberto Visentin ^(a)

^(a) ISPRA – Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale DG-SINA, Via Vitaliano Brancati 48, 00144 Roma; carlo.cipolloni@isprambiente.it

Introduzione

A partire dal 2017 il Sistema Informativo Nazionale Ambientale ha assunto, con la Legge 132/2016, un ruolo strategico per la distribuzione delle informazioni territoriali-ambientali, pertanto ISPRA al fine di rendere i dati e le informazioni più accessibili, sia alle Pubbliche Amministrazioni che al cittadino, ha progettato la propria piattaforma di condivisione dei dati.

La piattaforma SINACLOUD (figura 1), rappresenta il portale primario di accesso ai dati geografici ambientali, in cui è possibile consultare sia i dati di ISPRA che quelli delle amministrazioni che producono dati a supporto delle politiche ambientali.

La piattaforma disponibile all'indirizzo <https://sinacloud.isprambiente.it/portal> è basata su principi di interoperabilità definiti per i dati territoriali dalla Direttiva INSPIRE e oltre ad essere la piattaforma di accesso ai dati erogati attraverso i diversi servizi di rete, sviluppati e basati sugli standard internazionali, è anche il luogo in cui accedere alle numerose applicazioni web e di mappe interattive che permettono a diverso livello di dettagli e tematico la consultazione delle informazioni ambientali ufficiali nazionali.

L'infrastruttura di dati territoriali a supporto della piattaforma è composta da una serie di server che erogando servizi in diversi formati, facilitando l'accesso e l'integrazione degli stessi.

La piattaforma è stata realizzata per supportare le analisi integrate, anche in tempo reale, che il Sistema Nazionale di Protezione Ambientale dovrà realizzare in modo collaborativo tra hub centrale e nodi regionali. La stessa in forma di federazione con portali GIS simili gestiti dalle Agenzie regionali potrà amplificare le potenzialità di cooperazione, mettendo a disposizione del Sistema Nazionale di Protezione Ambientale (SNPA) strumenti comuni di condivisione, modifica e pubblicazione dei dati e delle informazioni ambientali stesse.



Figura 1 – Pagina di accesso alla piattaforma SINACLOUD (versione prototipo Beta).

Architettura

Al fine di creare una infrastruttura tecnologica in grado di soddisfare sia le necessità interne di ISPRA che quelle provenienti dal SNPA, è stata disegnata un'architettura flessibile che eventualmente potrà essere estesa secondo le necessità del sistema. Al core di nodi, basato su tecnologia *Esri* sono stati affiancati e federati dei nodi su tecnologia open-source, rendendo in questo modo l'infrastruttura più robusta e sicura e garantendo una maggiore continuità di erogazione dei servizi di dati, nonché garantendo la massima compatibilità verso la Direttiva INSPIRE.

L'architettura (figura 2) si compone di 3 layer operativi: Data, Application e Web. Il layer di base è costituito dai **Data Store** basati su PostgreSQL sincronizzati che permettono la gestione condivisa, sia di geodatabase ESRI, sia di istanze PostGIS per la condivisione in ambiente open-source. In questo layer risiedono anche il geodatabase hosted, che permette il caricamento e la condivisione dei dati nella piattaforma GIS anche a utenti esterni, sia il pseudo database INSPIRE che permette le trasformazioni ETL da schema originario a quelli standard, sia il catalogo dei Metadati ISPRA.

Il layer **applicativo** si compone di molteplici elementi e rappresenta l'anima del sistema, poiché in esso risiedono le applicazioni server in grado di gestire, elaborare, pubblicare e scambiare dati nella piattaforma cloud. In questo layer al momento risiedono 3 ArcGIS Server 10.7 Enterprise, di cui uno con estensione Image Server e uno INSPIRE, 3 Geoserver 2.14 per l'erogazione dei servizi INSPIRE e 1 ArcGIS Server 10.7 Enterprise Advance che ospita i dati e i servizi del Portal GIS che è il motore di ricerca e orchestrazione del sistema Cloud. In

questo layer trova collocazione anche il Portal Server 1.2.7 utilizzato a livello di Ente per la compilazione e la gestione dei metadati ISPRA, che concorrono al catalogo nazionale RNDT (Reportorio Nazionale dei Dati Territoriali) gestito da AgID.

Il layer più superficiale è quello **web** ovvero dove risiedono le applicazioni per la visualizzazione e la consultazione dei dati da parte di diversi livelli d'utenza, permettendo di personalizzare i sistemi di consultazione in base al target del destinatario finale. È basato principalmente sul sistema ArcGIS Portal GIS 10.7 che avendo come sistema federato tutti i nodi del layer applicativo permette di gestire in modo sincronizzato tutti i servizi e le applicazioni ad essi associate. Nel Layer Web si collocano anche i due nodi di erogazione dei metadati ISPRA basati su Geoportale Server 1.2.7 incastonato in un portale; tale ridondanza è dettata oltre che da una necessità di robustezza del sistema, anche dalla necessità legislativa di dare facile accesso alle informazioni del Servizio Geologico d'Italia che è organo cartografico dello Stato.

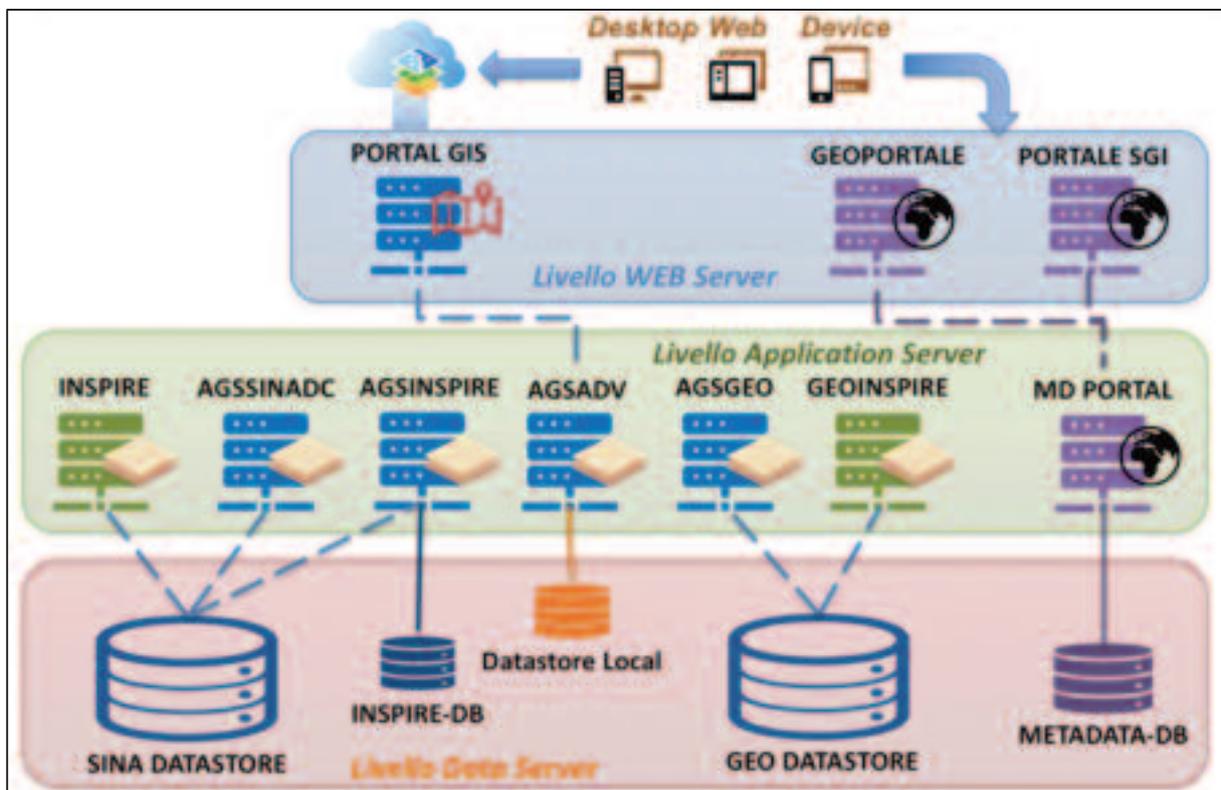


Figura 2 – Schema dell’architettura tecnologica a supporto della piattaforma SINACLOUD e del sistema di erogazione e condivisione dati e metadati di ISPRA.

Servizi di rete per l’interoperabilità e l’accesso alle informazioni ambientali

L’architettura di sistema, realizzata a supporto della piattaforma, permette allo stesso tempo di rendere disponibili i dati ambientali d’interesse nazionale e soprattutto i dataset considerati prioritari per la reportistica nazionale e europea. Per far ciò, i dati strutturati e considerati d’interesse nazionale sono gestiti con una procedura codificata al fine di erogare servizi di rete e relativi metadati

anche in ottemperanza a quanto previsto dagli art. 4 e 7 della D. Lgs. 32/2010 (INSPIRE).

L'infrastruttura tecnologica dei server misti permette, grazie alla sua flessibilità ed ai Data Store sincronizzati in sistema open, che i dati consolidati siano pubblicati, sia nel formato cartografico utilizzando le Rest API di connessione di ArcGIS server, sia tramite servizi OGC/INSPIRE di visualizzazione e download (IOC Task Force for Network Services 2013 a; b).

In questo modo gli utenti avranno a disposizione servizi interoperabili usufruibili in modo trasversale da qualsiasi software GIS o applicazione WebGIS.

Per rendere i set di servizi di consultazione e visualizzazione, sia gestiti dai server ArcGIS che da Geoserver, disponibili anche nella piattaforma SINACLOUD, i singoli servizi sono stati registrati come risorse e gli stessi sono documentati anche attraverso un metadato semplificato nella piattaforma.

In parallelo, gli stessi servizi, sono raggiungibili direttamente nella macchina di erogazione che li rende disponibili agli utenti secondo diversi formati geografici (GML, Shapefile, Json, ecc). Per ogni dataset e servizio di rete (visualizzazione e download) sono disponibili i metadati che tramite il catalogo ISPRA (<http://geoportale.isprambiente.it>) popolano come previsto dalla norma l'RNDR.

Operatività collaborativa della piattaforma

Il SINACLOUD è stato progettato oltre che per rendere disponibili dati e informazioni ambientali verso un ampio pubblico di utenti anche per facilitare il modello di cooperazione e attività collaborativa del Sistema Nazionale di Protezione Ambientale (SNPA), mettendo a disposizione oltre che agli utenti ISPRA anche alle Agenzie Regionali una piattaforma di condivisione e lavoro distribuito sui dati territoriali.

Con la piattaforma nasce un sistema di collaborazione distribuita in cui è possibile integrare servizi e dati erogati dal nodo nazionale e da quelli regionali, rendendoli interoperabili e editabili dalla rete dei partecipanti. Tale collaborazione nasce dalla necessità di perseguire l'obiettivo primario del SNPA, ovvero l'azione conoscitiva e di controllo della qualità dell'ambiente a supporto delle politiche di sostenibilità ambientale.

Una volta condivisi i contenuti in formato geografico (GIS) la rete può partecipare al miglioramento degli stessi modificando, aggiungendo o collegando informazioni supplementari anche di più facile lettura da parte del cittadino.

In questo contesto una grande potenzialità del sistema sarà offerta dalla possibilità nel prossimo anno di creare la collaborazione tra più portali esistenti nell'*Ecosistema dei dati Ambientali*. In questo modo le Agenzie regionali in possesso di un proprio portale GIS oltre alle proprie funzioni locali, potranno partecipare sia con il SINACLOUD che costituisce l'hub nazionale sia con quelli regionali condividendo i propri contenuti per uno sviluppo misto. Con questo modello, infatti, le varie parti componenti il sistema cloud di collaborazione potranno definire un proprio intervallo di sincronizzazione programmata per inviare e ricevere dati del Feature Layer come copie quindi ognuna di esse potrà prevedere l'aggiornamento e la disponibilità dei dati secondo le proprie necessità.

Riferimenti bibliografici

IOC Task Force for Network Services (2013a) - Technical Guidance for the implementation of INSPIRE View Services, Version 3.11 - <https://inspire.ec.europa.eu/file/1556/download?token=2IJ7xEJG>

IOC Task Force for Network Services (2013b) - Technical Guidance for the implementation of INSPIRE Download Services, version 3.1 - https://inspire.ec.europa.eu/file/1554/download?token=Y_538IH4

Studio della dinamica di un rock glacier alpino tramite monitoraggio UAV

Francesca Bearzot ^(a), Roberto Garzonio ^(a), Biagio Di Mauro ^(a), Roberto Colombo ^(a), Matteo Fioletti ^(b), Umberto Morra Di Cella ^(c), Giovanni B. Crosta ^(a), Paolo Frattini ^(a), Fabrizio Diotri ^(c), Micol Rossini ^(a)

^(a) Università degli Studi di Milano-Bicocca, Dipartimento di Scienze dell’Ambiente e della Terra (DISAT), P.zza della Scienza 1, 20126 Milano, f.bearzot@campus.unimib.it

^(b) Agenzia Regionale per la Protezione dell’Ambiente della Lombardia, Via Generale Luigi Reverberi 2, 23032 Bormio, m.fioletti@arpalombardia.it

^(c) Agenzia Regionale per la Protezione dell’Ambiente Valle d’Aosta, Località La Maladière 48, 11020 Saint-Christophe AO, u.morradicella@arpa.vda.it

Introduzione

L’acquisizione di dati topografici ad alta risoluzione spaziale è fondamentale per lo studio di processi connessi alla dinamica della superficie terrestre. In questo contributo vengono presentati i risultati dell’acquisizione ripetuta di dati fotogrammetrici per mezzo di velivoli a pilotaggio remoto (UAV) al fine di rilevare l’evoluzione topografica, in termini di velocità di spostamento, di un *rock glacier* alpino.

Inquadramento geografico

Il *rock glacier* Gran Sometta è situato in Valtournenche, Valle d’Aosta (Italia) (Figura 1). Il corpo è composto da due lobi (*white* e *black lobes*), a quote comprese tra 2600 e 2750 m. Ha una lunghezza di quasi 400 m, una larghezza compresa tra 150 e 300 m ed uno spessore apparente di 20-30 m (Dall’Asta et al., 2016).

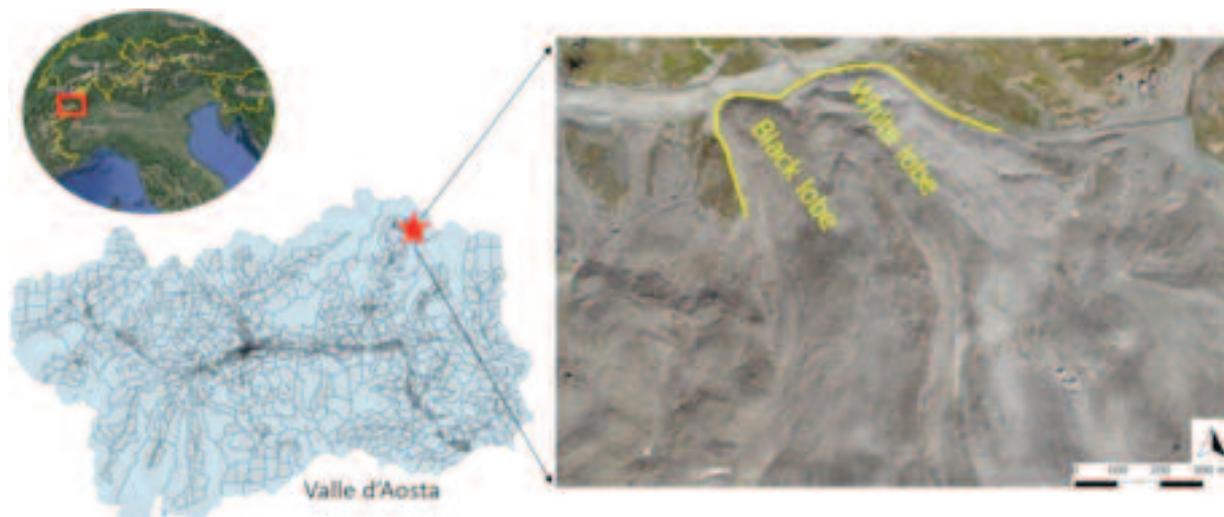


Figura 1: Localizzazione del rock glacier e raffigurazione dei due lobi che lo compongono.

Acquisizione e processamento dati

Le riprese fotogrammetriche sono state realizzate con UAV (DJI Phantom 4) equipaggiato con fotocamera digitale RGB. Le acquisizioni sono state condotte il 24/08/2016, 26/08/2017 e 23/08/2018, con risoluzione di 5 cm/px. L’applicazione di tecniche “Structure from Motion” (SfM) ha permesso la

creazione di ortomosaici e Modelli Digitali della Superficie (DSM) a partire dalle acquisizioni UAV. Successivamente sono stati stimati gli spostamenti annuali tra le nuvole di punti (insieme di punti caratterizzati dalla loro posizione in un sistema di coordinate e da valori di intensità ad essi associati) con il *plug-in* M3C2 (Lague et al., 2013). Le coordinate dei *Ground Control Points* sono state usate per orientare e georeferenziare i modelli 3D mentre i *Check Points* sono stati utilizzati per la valutazione dell'accuratezza dei modelli. Il metodo è illustrato in Figura 2.

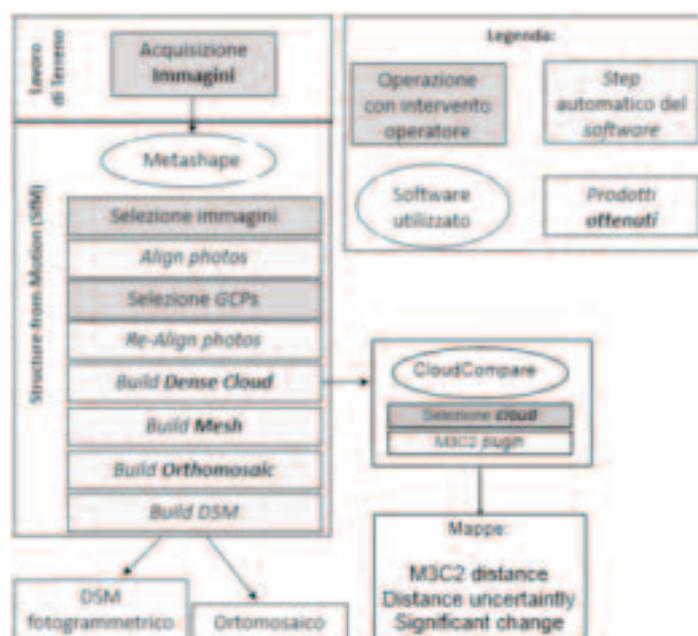


Figura 2: Diagramma di flusso delle diverse fasi di elaborazione.

Risultati

La radice dell'errore quadratico medio totale è inferiore a 10 cm per tutti e tre i modelli (anni 2016, 2017 e 2018).

I risultati ottenuti indicano che il *rock glacier* tende ad avanzare globalmente verso valle, evidenziando aree con maggiore entità di spostamento rispetto ad altre; le velocità massime (intorno al 1 m/anno) si riscontrano sulla parte frontale del *black lobe* mentre il fronte del *white lobe* si muove con velocità inferiori, dell'ordine di 0.5 m/anno. Questa differenza potrebbe essere relazionata alla diversa presenza di lenti di ghiaccio sotto la copertura detritica: un'unica lente di ghiaccio nel *black lobe*, per quasi tutta la sua lunghezza, mentre due lenti distinte nel *white lobe*.

Riferimenti bibliografici

- ∞ Dall'Asta E., Forlani G., Roncella R., Santise M., Diotri F., Di Cella U.M. (2016). "Unmanned Aerial Systems and DSM matching for rock glacier monitoring". *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 127(2017), 102-114.
- ∞ Lague D., Brodu N., Leroux J. (2013). "Accurate 3D comparison of complex topography with terrestrial laser scanner: Application to the Rangitikei canyon (N-Z)". *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 82, 10-26.

QUXQU al quadrato: Spinaceto, la piazza che c'è dentro. Dalla progettazione architettonica alla fiducia sociale, nel nuovo concetto di city "smart"

Mario Beltrame (Associazione QuxQu, Bergamo, tel.3470521634, mario_beltrame@libero.it),
Silvia Bernardini (Human & Business, Ente Accreditato Regione Lombardia – Associazione di
Promozione Sociale, Via Passerera, 60 Bolgare (Bg), tel. 3479148368,
silvia.bernardini@hueb.eu)

Qu x Qu: il quartiere per il quartiere: storia e perché

Mario Beltrame

È un progetto, dove di architettura ce n'è ben poca, è un progetto sociale. Io sono sì architetto, ma sono anche coordinatore di una rete sociale di un quartiere da alcuni anni, il quartiere San Paolo di Bergamo e sono presidente di questa neonata associazione Qu x Qu, il quartiere per il quartiere. Perché tutto questo? Ci siamo interrogati sui dati, proprio come coordinatore della rete sociale ho avuto l'opportunità di conoscere degli studi socio-demografici sulla città, su cui ho fatto un po' di analisi e ho scoperto un mondo che seppure io stesso vivevo già da 12/13 anni, in quanto in rete sociale da allora, non conoscevo. Ho scoperto che dal punto di vista demografico che il nostro quartiere è uno dei più vecchi della città, con più della metà degli abitanti sopra i 65 anni. Questo mi ha fatto un po' riflettere. Ho approfondito, ho cercato di conoscere un po' le associazioni del territorio, visto che la rete sociale è formata fundamentalmente da associazioni e istituzioni del territorio, un tavolo su cui ci si confronta in circa una ventina di realtà del quartiere. Da lì ho messo anche a confronto queste stesse associazioni legate al mondo dell'anziano, scoprendo che neppure tra di loro si conoscevano. In una comunità che è semplicemente quella di un gruppo facebook del quartiere avevo cominciato a postare alcune di queste osservazioni sul nostro quartiere e da lì è un po' scaturito il tutto. Un genitore che conoscevo, un amico, cominciò a parlarmi di un'esperienza francese, Lulù dans ma rue, nata nel 2015 che parte in un quartiere di Parigi e nel giro di un paio di anni si sviluppa in tutta la città e anche oltre, e che oggi in Francia ormai è una realtà ben conosciuta. È un'esperienza di microservizi alla persona, che ovviamente sul mondo dell'anziano andava a coincidere con quello che io stavo raccogliendo come bisogni, come esigenze nel quartiere della città e non solo. Da qui sono partito, ne ho parlato anche con altre persone che più o meno avevano il mio stesso ruolo in altri quartieri della città e che conoscevo e siamo partiti con questa esperienza. Così ci siamo costituiti come associazione a gennaio e in 8 soci fondatori, siamo partiti su 8 quartieri della città, ma oggi siamo già a 14

quartieri che hanno aderito al progetto. Perché tutto, appunto, riprendendo questo concetto di un qualcosa che è venuto a mancare. Il portierato. Nelle città, soprattutto nelle grosse città, nei grossi palazzi, hanno sempre avuto il portierato e quindi il portiere di palazzo che piano piano è andato scomparendo e alla fine si è sostituito banalmente e direi brutalmente nei palazzi più ricchi con il servizio di sorveglianza. Andando a togliere tutti quei microservizi che il portiere di un condominio sempre faceva all'interno della sua comunità, del palazzo. Cioè dal piccolo lavoretto come il cambiare la lampadina, al ritirare la posta, al tenere le chiavi di un appartamento, a ricevere il pacco, che oggi non esistono più. E da qui è nata la nostra proposta, ma che, ritornando al nome Qu x Qu il quartiere per il quartiere, nasce con un concetto ben preciso: in una società in cui oggi nessuno si fida quasi del vicino di casa dovevamo istituire un rapporto di fiducia che fosse fondamentale per questo progetto altrimenti sarebbe stato il solito progetto di una qualsiasi società di servizi che poteva portare in una qualsiasi città indifferentemente, invece il nostro obiettivo è stato il quartiere per il quartiere perché in ogni quartiere abbiamo scelto un referente che fosse una persona conosciuta e fidata dello stesso che deve ogni volta riuscire a concretizzare questo rapporto di fiducia nel conoscere chi fa il servizio e chi lo riceve. L'essere poi dell'associazione e di questi microservizi ve lo dico in modo molto pratico, è come sostituire il portierato, è quello di andare a sostituire una lampadina nella casa di un anziano, a sturargli il lavandino, a montargli uno zoccolino, a montargli un mobiletto dell'ikea, allo spostare la poltrona o il mobile un po' troppo pesante per una persona anziana. Oppure ai semplici servizi che sono conosciuti un po' da tutti: dog sitter, baby sitter, tenere le chiavi di una persona, andare ad annaffiargli il giardino, pulirgli i vetri di casa occasionalmente. Sono tutti servizi che non sono professionali e che qualsiasi persona che ha semplicemente un po' di buona volontà e tempo per farlo lo può fare. Sono servizi a pagamento ma il concetto è che il servizio deve avere un equo compenso e un basso costo. Perché lo sappiamo tutti, se vogliamo cambiare la lampadina del nostro appartamento chiamiamo l'elettricista, solo che ci costa 35 euro di uscita più l'ora di intervento, cioè per quella lampadina abbiamo speso 80 euro e questo è insostenibile nella società di oggi per il mondo anziano, ma non solo per il mondo anziano anche per le famiglie. Per questo siamo partiti col dire nel quartiere per il quartiere le persone che operano per fare questo tipo di attività sono persone che sono prevalentemente giovani e disoccupati. Quindi abbiamo voluto dare anche un'opportunità a queste persone di riuscire a costruirsi un microreddito che fosse di sostegno a se stessi e che cominciassero anche ad avere questo rapporto intergenerazionale cioè costruire rapporti tra le varie fasce d'età, dal giovane all'adulto all'anziano, cosa che oggi sempre più nella città sta svanendo. Questo è l'altro passaggio. Un altro aspetto interessante, importante che ancora non è partito nel progetto, ma che stiamo cercando di attivare è quello della rigenerazione urbana, e qui l'architettura

centra un po' di più nel senso che quello che noi vorremmo anche riuscire a fare è: l'associazione oggi è su 14 quartieri della città, non abbiamo una sede se non quella ufficiale, ma che non è un luogo di ritrovo se non per i soci nelle nostre riunioni. Il concetto è quello di riuscire a portare una sede temporanea in ogni quartiere semplicemente utilizzando spazi inutilizzati cioè negozi sfitti da tempo dove chiederemo alla proprietaria se ce li lasciano utilizzare semplicemente pagando le spese vive del luogo ovviamente perché per il rapporto che abbiamo economico ci autososteniamo ma più di lì non possiamo arrivare, il nostro business è molto di basso livello ma quello che a noi importa oggi è quello di riuscire ad avere un'attività che si autosostenga, tant'è che comunque diciamo si autofinanzia e considerate che ci sono una serie di supporti tecnici all'associazione non indifferenti come l'assicurazione per tutte le persone che lavorano, per le persone che ricevono i servizi, per i servizi effettuati oltre al fatto di avere tutto tracciato perché comunque sono microservizi che spesso nelle realtà italiane vengono anche fatti come piccoli lavoretti, dalla persona in pensione piuttosto che dalla persona che ha un po' di tempo o anche a livello gratuito. Anche questo aspetto è importante perché di volontariato ce n'è tanto eppure abbiamo riscontrato, ed era un aspetto che avevamo conosciuto, che questo tipo di servizio gratuito la persona non lo vuole. Così dalla banca del tempo ad altri che svolgono questo tipo di servizio, ma c'è questo aspetto che appunto, l'aver un servizio caritatevole non sempre piace alla persona anziana. In questa degenerazione urbana cerchiamo di riqualificare temporaneamente uno spazio perché questo riabbia vita, ritorni sul mercato e possa essere poi, dal proprietario stesso rivenduto, riaffittato, non è questo il nostro interesse, ma il nostro interesse è rifare vivere luoghi che si sono spenti e abbandonati. Il concetto è questo quindi è l'idea di ruotare sulla città nei vari quartieri con questa sede. Questi siamo noi, gli 8 fondatori, rappresentiamo ognuno di noi un quartiere e ormai siamo in 14. Abbiamo inoltre Silvia che è la nostra contaminatrice, più o meno definita. Semplicemente perché ci segue un po' a distanza e ogni tanto ci pungola nella nostra esperienza e ci dà qualche suggerimento.

DA QUXQU a Spinaceto, e oltre!

Silvia Bernardini

In questo progetto, la mia figura (non richiesta e a volte animatamente discussa) di "contaminatrice" garantisce la possibilità di rivedere il concetto di progettazione in maniera un pochino più ampia. Abbiamo infatti pensato (in una logica di studio) di inquadrare questo servizio secondo tre ambiti specifici: disegnare, realizzare, ma soprattutto vivere. Quindi, da una parte la riflessione su come ciascun progetto debba avere una figura estranea al progetto stesso, che sia in grado di condurre excursus teorici e speculativi: c'è infatti la necessità

di parlare di determinate tematiche, ma anche la volontà sempre più ampia di individuare dei casi concreti che portino un po' "a terra" in modo sostenibile i vari progetti. E dall'altra la possibilità di intercettare "progetti pilota" che possano creare nuove opportunità di servizio in altri contesti, secondo modalità sostenibili già consolidate. In questa logica, "studiare" dal di fuori il progetto QuXQu ha dato uno stimolo per ragionare su altri progetti sociali che stanno creando nuovi sistemi di relazione "smart", dove il supporto tecnologico viene studiato nella logica di sollecitare le riflessioni, e non di delegarle per deresponsabilizzarne gli attori principali.

Un esempio è il progetto "Spinaceto, la piazza che c'è dentro", progetto che nasce dall'osservazione sociale dell'impianto architettonico, studiato e realizzato alla fine degli anni '70, nella logica di una nuova Roma commerciale integrata nel centro, ma distante dalla massa che necessitava di un mezzo di trasporto per accedere alla "nuova" cittadella. Questa prospettiva figlia delle visioni di ricchezza del periodo ha generato di fatto un quartiere unito dal valore degli immobili, e della relative attività commerciali insediatesi, che hanno visto nel tempo un invecchiamento della popolazione locale (che non è stata in grado di rigenerarsi diventando appealing per le nuove generazioni nascenti), che ha esasperato la mancanza di collegamenti pubblici e che ha prodotto un depauperamento anche economico del quartiere (con conseguente abbandono delle piccole attività commerciale, abbandono degli immobili a favore di serrande chiuse, senso di abbandono e mancanza di appartenenza). Risultato? Solo volontariato religioso che di fatto non assolve alle esigenze reali del quartiere perché l'obiettivo di raccolta fedeli, seppur onorevole, ha un obiettivo che non coincide con gli obiettivi che vorrebbero raggiungere coloro che ancora abitano gli immobili, ormai privi della loro lucente identità iniziale (e sono comunque passati 50 anni).

E' bastata una osservazione del quartiere, non da piantina, ma da passeggiata, un paio di chiacchierate a livello interlocutorio con alcuni abitanti curiosi e contenti di capire che qualcuno vuole fare qualcosa, un paio di riflessioni fuori dagli schemi, (ma soprattutto una valutazione di quanto già fatto da QuxQu), e con Mario siamo giunti alla conclusione: il modello QuxQu non può funzionare a Spinaceto, ma il metaprogetto di riferimento, il modus operandi, la realizzazione di quella particolare attività di co-design usata per QuxQu possono essere riapplicati con altri obiettivi più consoni al nuovo territorio.

In questa logica le riflessioni che ne sono nate hanno preso spunto dall'analisi della tipologia di abitanti attualmente presente, dalla possibilità di momenti che raccogliessero informazioni sulle necessità, dalla possibilità di coniugare in macroaree una serie di esigenze che potessero essere subito "convertite" in azioni concrete di ausilio. E la sola riflessione ha portato alla necessità di un servizio "tipo BlaBlaCar" (legato quindi alla trasportabilità che evidenzia una mancanza di collegamenti pubblici che privano gli abitanti dell'autonomia

necessaria) e di una possibilità di supporto allo sfruttamento di tecnologia online per le prenotazioni delle visite mediche ospedaliere, piuttosto che per il recupero di informazioni da parte di una fascia di popolazione che ha difficoltà d'approccio con la tecnologia.

L'attività metaprogettuale può definirsi analoga, ma le modalità con cui si entra nella fiducia relazionale, la capacità di intercettare esigenze sommerse e portarle ad una emergenza (intesa come possibilità del problema di emergere senza problemi legati al giudizio degli altri), il "merge" e la riflessione condivisa con diverse professionalità che portano a stimoli risolutivi, ricalcano sicuramente il processo che ha dato il via a tutto grazie a "Lulù-dans-ma-rue", ma producono prototipi unici ed originali, pensati universalmente per risolvere microproblematiche sociali.

Il progetto Spinaceto tuttavia è fermo nell'illusione che l'arrivo di un finanziamento/finanziatore di progetto permetta di giungere prima e meglio ad una ipotesi risolutiva definitiva, ma ciò che invece "Lulù-dans-ma-rue" e QuxQu ci insegnano è che solo la messa in opera e l'errore costante permette di revisionare velocemente il progetto migliorandolo in una logica di implementazione delle possibilità di sviluppo e conseguentemente della sostenibilità stessa del progetto. Allora se il denaro è importante, non può diventare un vincolo che mi blocca un divenire, e quindi nel rivedere/ripensare la progettualità del servizio per il quartiere, il criterio della sostenibilità non può essere assente, ma non si deve neppure aspettare che i finanziamenti piovano dall'alto, frenando possibilità già in nuce nella volontà della popolazione.

In questo si sta mostrando più attento e lungimirante il quartiere della Garbatella - Municipio 8, che ha colto nella necessità di impostare il lavoro indipendentemente dalla possibilità attuale una soluzione "a tendere", che non solo impatta su una migliore scelta della forza volontaristica (molto più rivolta ad una disponibilità di tempo "a perdere", piuttosto che di meccanismi di baratto), ma anche sulla possibilità di ragionare in modo più ampio, quasi "quadrimensionale" (per riprendere la famosa battuta di un film), valutando le possibilità che lo stesso servizio si evolva contestualmente alla sua realizzazione, partendo dal presupposto che l'esigenza emergente di oggi potrebbe non essere l'emergenza del domani, e creando una rotazione di interventi, di cui tenere traccia non per "gellificare" e "modellizzare" (sulle esperienze classiche del copia e incolla) ma per "modificare" e "riutilizzare" in maniera costante e più costruttiva.

Un lavoro non certo facile, a detta anche degli stessi operatori della Garbatella, che però hanno proprio visto la necessità anche di una nuova formazione per i progettisti sociali, più trasversale e più legata a discipline che contemplino oltre alle materie classiche della progettazione stimoli di natura sociologica, architettonica, ecologica, ecc... per riorganizzare le idee in ambito di risposta alle esigenze di una nuova caotica società.

Ciò che è certo è che la memoria storica sia di chi opera che di chi osserva deve necessariamente restare come traccia di qualunque attività, non per limitare o affossare la novità, ma per fornire costantemente trampolini di lancio nuovi per la creazione di strumenti sociali sempre più efficaci.

Il ruolo della cartografia storica in un progetto di ricostruzione geografica di collezioni museali¹

Milena Bertacchini⁽¹⁾, Cinzia Podda⁽²⁾

⁽¹⁾ Dipartimento di Scienze Chimiche e Geologiche, Università di Modena e Reggio Emilia, Largo Sant'Eufemia, 19 – 41121 – Modena - e-mail milena.bertacchini@unimore.it

⁽²⁾ Università di Sassari, DiSSUF, Via M. Zanfarino, 62 – 07100 Sassari, e-mail cpodda@uniss.it

1. Premessa

Il lavoro prende in esame la possibilità di valorizzare, anche sotto il profilo della fruibilità turistica, la ricca e storica collezione mineralogica presente nel Museo Gemma dell'Università di Modena e Reggio Emilia². L'idea, preliminarmente già discussa, è quella di georiferire i singoli campioni di minerali al sito originario di provenienza, utilizzando la cartografia dell'epoca cui si riferisce il campionamento e la classificazione all'interno dell'esposizione museale. Un lavoro di grande interesse soprattutto cartografico, che coinvolge, però, altri aspetti disciplinari di ambito storico e geografico, sia per quanto concerne la ricostruzione dell'appartenenza geopolitica dell'ambito regionale in passato – visto che le regioni di prelievo non coincidono sempre con i confini dell'attuale Stato italiano –, sia la toponomastica la quale, soprattutto, potrebbe essere dirimente nel localizzare correttamente il sito di provenienza del campione.

2. Il progetto

Il progetto di lettura approfondita e critica delle collezioni mineralogico-storiche raccolte nel Museo Gemma, avviato in via sperimentale lo scorso anno e presentato nelle sue prime elaborazioni nella scorsa edizione della Conferenza Asita 2018, sta continuando a svilupparsi in una forma sempre più articolata. Attualmente, la ricerca, avviata appunto qualche tempo fa con la rassegna del patrimonio più antico posseduto dal museo, di cui si è cercato di identificare la località di provenienza dei singoli campioni, sta cercando di ampliare i propri orizzonti in una prospettiva di revisione strutturalmente innovativa, rivolta alla verifica della geodiversità e della sostenibilità ambientale. Il concetto di geodiversità è inteso nel senso di documentare tipologicamente il sito di

¹ Mentre il lavoro di impostazione è frutto di una riflessione comune, M. Bertacchini ha curato i paragrafi 2, 3, 5 e C. Podda quelli 1, 3, 4

² Il Museo Gemma del Dipartimento di Scienze Chimiche e Geologiche dell'Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia raccoglie alcune migliaia di campioni di minerali e rocce, una collezione storica di meteoriti, diversi esempi di prodotti cartografici, documenti storici di valore inestimabile che sono autentici frammenti della memoria geologica del territorio modenese.

La storia del Museo Universitario Gemma ha inizio nel Settecento quando il Duca Francesco III della Famiglia Estense (Duchi di Modena e Reggio dal 1452 al 1598) decise di costituire il Museo di Storia Naturale dell'Università di Modena. Le collezioni di questo museo cominciarono a delinearsi fin dall'inizio con donazioni e lasciti da parte di privati. Di rilevante interesse furono le donazioni fatte da componenti della Famiglia Estense, quale espressione della passione che essi nutrivano per le scienze naturali. Tra queste, riveste particolare importanza la donazione di una ricca collezione di alcune migliaia di campioni di minerali, rocce e fossili ("collezione oritognostica": Bertacchini, 2009) fatta dall'Arciduca Massimiliano.

È dai campioni di questa collezione che è iniziata la revisione del progetto qui descritto.

estrazione del campione per verificarne tuttora la presenza della fase mineralogica o l'estinzione per esaurimento del giacimento. Il significato associato al concetto di sostenibilità ambientale è rivolto a cercare di verificare se quei siti di provenienza si trovino in situazioni ambientalmente ecosostenibili, oppure se, al momento, ma non è detto allora, risultino degradati oppure con altre destinazioni d'uso, ecc. Non è infatti raro il caso di un sito di antica estrazione mineraria, a cielo aperto o in galleria, riutilizzato per discarica di rifiuti solidi oppure inglobato nella città, se vicino a qualche centro urbano o, ancora, recuperato ambientalmente e paesaggisticamente.

La rilettura in chiave retrospettiva delle collezioni che il museo conserva, le cui origini sono appunto legate alle vicende settecentesche della Famiglia Estense, si pone infatti all'interno di una visione molto più ampia di valorizzazione e promozione delle raccolte museali in stretta connessione con l'educazione alla valorizzazione delle risorse culturali e del territorio di riferimento. La scoperta e la guida alla visita del patrimonio storico di un museo può essere oggetto motivato di percorsi turistici a tema, soprattutto se si riesce a evidenziare il legame che tale patrimonio ha nei confronti del territorio e dei presumibili paesaggi del passato, quelli cioè presenti al momento in cui è avvenuto il prelievo del campione dal sito e la sua collocazione in museo.

Tale progetto e, soprattutto, l'ipotesi della geolocalizzazione dei campioni storici ha portato a rivisitare e riconsiderare il patrimonio museale sotto molteplici punti di vista. Si rimarca, in particolare, il ruolo assunto dalla cartografia storica nella geolocalizzazione per via della possibilità che essa può offrire alla ricostruzione veritiera delle condizioni del sito di provenienza al momento, come appena detto, del prelievo del campione. Si è ritenuto infatti più interessante, e fondamentalmente più corretto sotto il profilo metodologico, anche, se non soprattutto, dal punto di vista scientifico, puntare sulla lettura delle mappe storiche perché le uniche in condizioni di restituire la situazione territoriale e paesaggistica di quel determinato momento del passato. Cosa non semplice, evidentemente, perché ciò non comporta solo ricerche d'archivio per effettuare la ricostruzione diacronica delle carte, o delle serie cartografiche presenti in una determinata regione, di differente tipologia e formato, che di per sé richiede già un impegno notevole come tempo e sforzo intellettuale, ma anche economico, soprattutto se gli archivi si rinvengono all'estero, come dimostra l'esempio delle figure da 1 a 3, a seguire. Ciò, peraltro, potrebbe essere assai frequente visto che molti dei siti da cui provengono i campioni sono ubicati al di fuori dei nostri confini nazionali, ad esempio nelle antiche regioni dell'Impero Austro-Ungarico che ha assicurato al museo una discreta e interessante rappresentatività, talvolta assai originale e affascinante per il tipo di mineralizzazione del campione esposto.

Inoltre, il ruolo svolto dalla cartografia storica nella ricostruzione areale dei luoghi di raccolta e/o provenienza dei campioni museali, al fine della loro corretta geolocalizzazione, è fondamentale anche per correggere sia le eventuali imprecisioni presenti all'interno delle schede di catalogazione, sia le specifiche definizioni geo-sitografiche.

Il ruolo che la cartografia storica riveste all'interno di alcune fasi del lavoro progettuale si può quindi riassumere nei seguenti punti.

1. Ricerca delle fonti: ritrovamento di una cartografia storica pertinente alle aree di interesse e contenente informazioni utili ad individuare i luoghi o gli areali di provenienza dei campioni.
2. Individuazione dei siti di provenienza dei campioni con eventuale analisi critica e correzione dei dati storici presenti a corredo.
3. Digitalizzazione delle mappe storiche, quando in sola versione cartacea.
4. Georeferenziazione delle mappe storiche, quando possibile, per riuscire a collocare nella maniera più precisa possibile i luoghi di provenienza, soprattutto nel caso di località delle quali si è persa la memoria "cartografica".
5. Geolocalizzazione dei campioni.
6. Costruzione di un catalogo cartografico-storico digitale a supporto di ricerche ed eventuali approfondimenti tematici.

Quest'ultimo aspetto potrebbe essere di particolare interesse per quanto concerne la fruibilità turistica.

3. Individuazione dei luoghi di provenienza dei campioni

La ricostruzione geografica dei luoghi di provenienza dei campioni storici delle collezioni sette-ottocentesche di minerali del Museo Universitario Gemma porta ad indagare produzioni cartografiche dell'epoca, testimonianti i più importanti giacimenti minerari allora attivi sul territorio italiano e su quello di pertinenza dell'Impero Austro-Ungarico, al quale la Famiglia dei Duchi D'Este era legata. La ricerca porta quindi ad una lettura critica dei cartellini descrittivi che accompagnano i singoli campioni per decifrare le località in essi indicate e cercare una corrispondenza tra la toponomastica di allora e quella attuale.

Si rimarca ulteriormente come il progetto in discussione possa rivelarsi particolarmente interessante dal punto di vista della toponomastica, sia per l'originalità e l'innovatività dell'approccio metodologico che si intende seguire, sia in quanto consente di analizzare elementi di geografia linguistica e sviluppare interazioni e relazioni tra toponimi e loro variazioni nel tempo, magari recuperando anche quelli dispersi o non più in uso nella lingua parlata. Così come non è da escludere aprioristicamente la possibilità di scoprire intrecci culturali (come lingua di eventuale provenienza comune) tra i toponimi stranieri e quelli italianizzati, ovvero riportati nelle carte edite in Italia attualmente.

La difficoltà che spesso si incontra nell'identificare le località storiche riportate sui cartellini descrittivi, sia per i toponimi caduti in disuso, sia per una indicazione non puntuale dei siti di provenienza, è solitamente superata integrando la ricerca storico-cartografica con quella geo-mineralogica e mineraria.

Talvolta, però, la non completa corrispondenza tra toponimi può lasciare alcune incertezze. È il caso, ad esempio, del campione di figura 1 la cui località storica Abrudbánya in Transilvania è oggi diventata Abrud, Ardeal in Romania.

Oppure la figura 3 la cui provenienza, che dal cartellino pare leggersi Korsevich, non trova alcuna corrispondenza toponomastica antica o recente, se questa presumibile denominazione regionale non viene rivisitata in Košice, appunto una regione ubicata nella parte sud orientale della Slovacchia, importante per le risorse minerarie e, in particolare, per l'unica miniera di opale, ben nota in Europa e sfruttata sin dai tempi di epoca medievale.



Figura 1 - Campione storico proveniente da Abrudbánya, Transilvania (Collezioni storiche Museo Gemma Università di Modena e Reggio Emilia). Stralcio cartografico da Administrative Map of Transylvania, 1886-1920 (<https://mek.oszk.hu>).

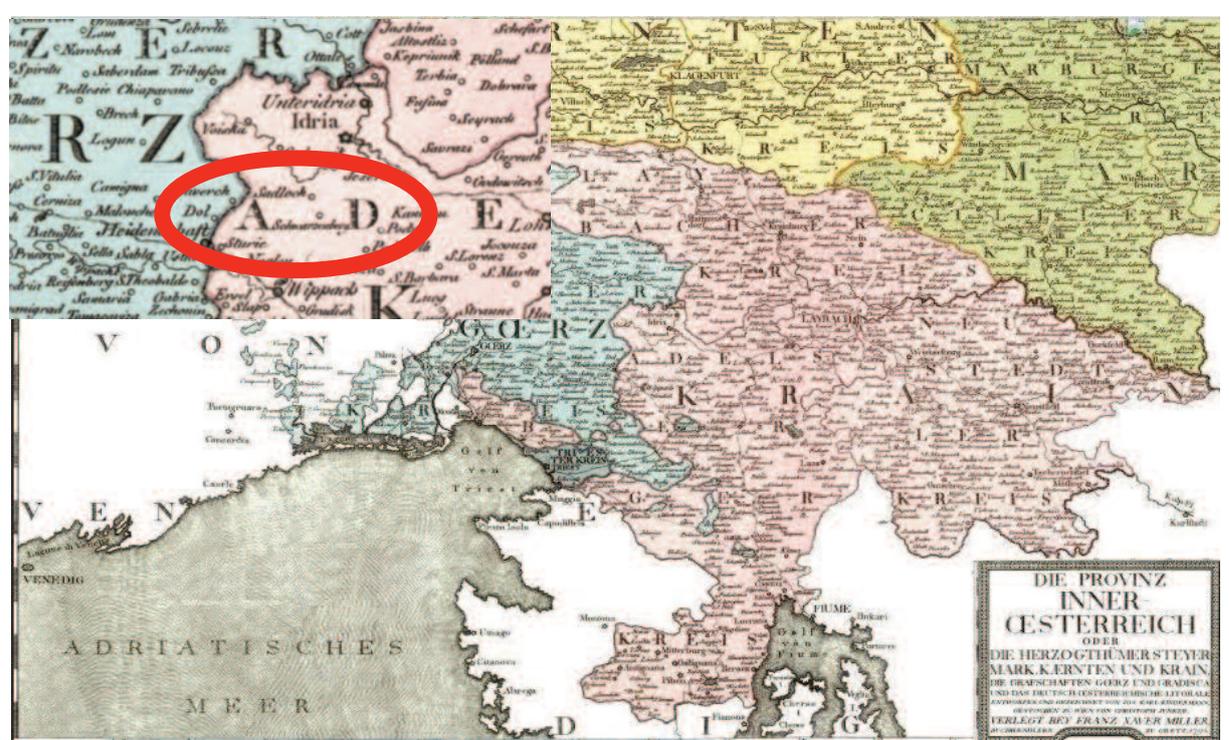


Fig. 2 - La mappa storica utilizzata per individuare la località di Schwarzemberg (riquadro di dettaglio) riporta l'estensione del Ducato di Carniola, Austria (in rosa) in una mappa del 1794 (<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=10576895>).



Figura 3 - Campione storico proveniente da "Korsevich", Boemia (Collezioni storiche Museo Gemma Università di Modena e Reggio Emilia).

4. La geolocalizzazione dei campioni museali tra digitalizzazione e georeferenziazione delle mappe storiche

La geolocalizzazione dei siti di provenienza dei campioni museali può rappresentare la fine di un lungo, ma interessante, percorso cartografico-investigativo, al fine del quale ogni singolo campione risulterà arricchito di informazioni utili a caratterizzarne la provenienza con cui potrà, evidentemente, assumere maggiore valore e significato.

La necessità di riconoscere località minerarie talvolta poco note del territorio nazionale ed internazionale porta, infatti, alla ricerca di mappe storiche anche piuttosto rare, sovente non georeferenziate e neppure digitalizzate.

Relativamente ad alcune carte storiche reperite nelle prime fasi di avvio del progetto (ascrivibili all'età sette-ottocentesca), ad esempio, tale aspetto è stato superato attraverso la georeferenziazione impiegando come base di riferimento la cartografia e le immagini satellitari di OpenStreetMap, provvedendo quindi all'individuazione dei punti omologhi nelle mappe del passato.

Ciò ha favorito l'individuazione degli antichi toponimi contenuti nei cartellini descrittivi e ha permesso di stabilire le apposite relazioni con la toponomastica attuale (spesso mutata e di difficile "comprensione"), non sempre coincidente con quella antica. È così stato possibile reinterpretare le informazioni presenti nelle schede di catalogazione e identificare le località indicate nei documenti, come riferimento per l'individuazione dei siti di estrazione dei materiali. Una metodologia che ha permesso, in primo luogo, la realizzazione di una rappresentazione di sintesi in cui sono stati localizzati i siti e per cui la toponomastica e la cartografia storica hanno rappresentato gli elementi decisivi e discriminanti per l'ubicazione. In secondo luogo, l'approccio ha avviato l'impostazione di un web-gis (figure 4-6) all'interno del quale è confluita tutta la documentazione necessaria a fornire una visione completa dei diversi minerali conservati all'interno del museo. Una sorta di museo virtuale, implementabile, evidentemente, anche con percorsi multimediali, tali da "catturare" l'interesse di una fetta sempre maggiore di pubblico e di turismo.

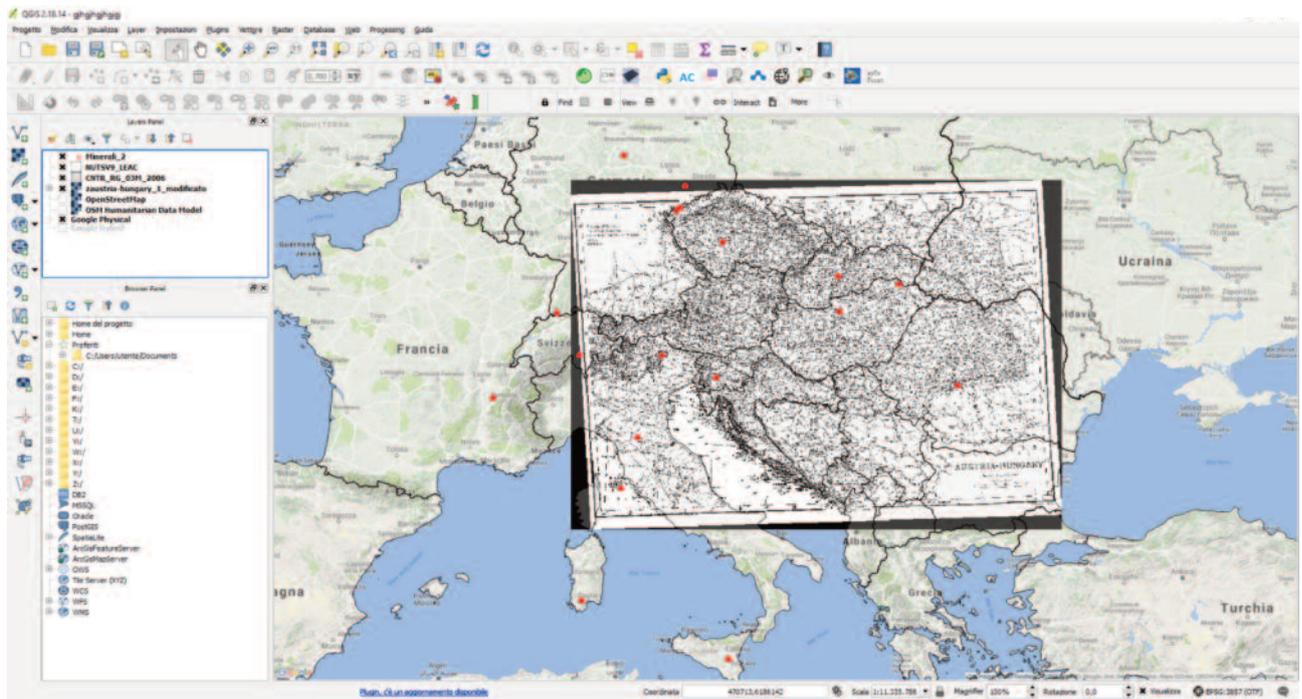
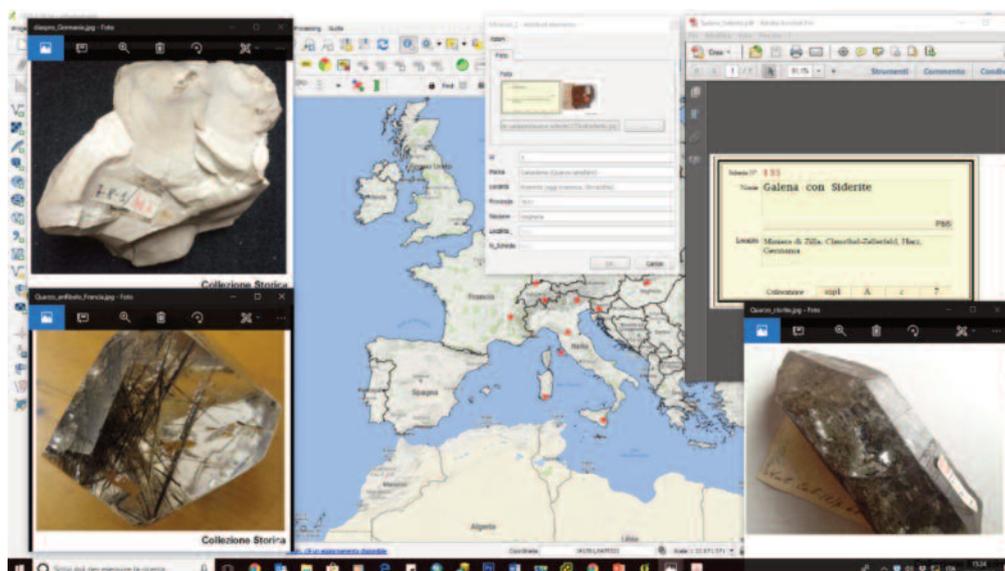


Figura 4 - Fase di elaborazione della carta dei siti di estrazione, in cui emerge come la cartografia storica (e i toponimi in essa individuati) abbia rappresentato l'elemento decisivo nella individuazione dei luoghi.

5. Conclusioni

La lunga e complessa ricerca storica e cartografica intrapresa con questo studio sta portando alla definizione di un approccio metodologico replicabile anche per altri patrimoni museali. Inoltre, la costruzione di una consistente ed inusuale raccolta di esempi cartografici nazionali ed internazionali, storici e recenti, riferiti a siti minerari attivi o abbandonati sta progressivamente implementando un catalogo di riferimento che potrà essere utile anche a chi vorrà intraprendere un analogo approfondimento tematico.



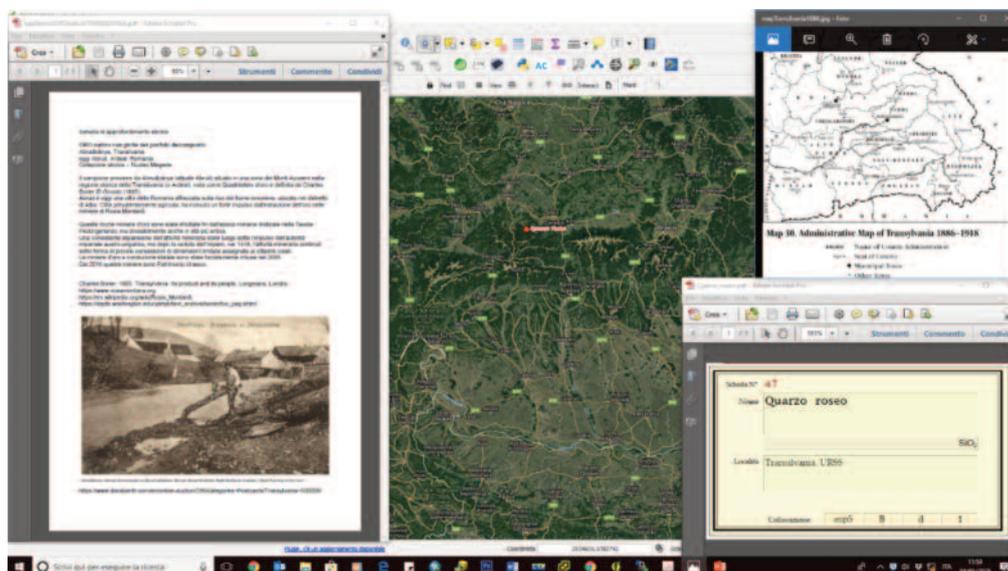


Figure 5-6 - Esempi relativi alle prime fasi di realizzazione di un web-gis contenente tutto il materiale documentale riguardante i diversi minerali conservati nel Museo Gemma.

Riferimenti bibliografici

- Bertacchini M. (2009), Museo Mineralogico e Geologico Estense, Gemma 1786, in Russo A., Corradini E. (a cura di) *Musei Universitari Modenesi*, Editrice Moderna, Bologna, 73-92.
- Bertacchini M., Podda C., (2018), Dalla geolocalizzazione delle collezioni museali ai percorsi turistico escursionistici, in *Asita*, 131-138.
- Podda C., Camerada C., Lampreu S. (2016), "Cartografia e promozione del turismo in aree a economia debole. Dal marketing territoriale ai percorsi a base culturale", in *Bollettino dell'Associazione Italiana di Cartografia*, 157, 92-104.
- Scacchi E. (1890), "Sulla Hauerite delle solfate di Raddusa in Sicilia", in *Giornale di Mineralogia, Cristallografia e Petrografia*, 1, 187-189.
- Scanu G. (2009, a cura di), *Paesaggi e Sviluppo Turistico*, Carocci, Roma, 385-398.
- Scanu G., Podda C. (2016), "Cartografia e turismo in aree rurali", in *Bollettino dell'Associazione Italiana di Cartografia*, 158, 167-182.

Fonti cartografiche per l'analisi diacronica delle manifatture tra Granducato e Regno d'Italia: il caso della Provincia di Pisa*

Camillo Berti ^(a), Massimiliano Grava ^(b)

^(a) Università degli Studi di Firenze, tel. +390552757962, e-mail camillo.berti@unifi.it

^(b) Università di Pisa, tel. +390502215400, e-mail massimiliano.grava@unipi.it

Abstract

Obiettivo del contributo è analizzare, comparandole tra di esse, due serie informative, derivate rispettivamente da una fonte fiscale (Catasto Generale della Toscana, 1830 circa) e da una cartografica (Carta Idrografica del Regno d'Italia, 1890 circa), utilizzando come caso di studio il territorio della provincia di Pisa. Preliminarmente, saranno prese in esame le specifiche tecniche di ciascuna delle fonti e il contenuto informativo, in relazione alle diverse caratteristiche dei documenti di origine (finalità, scala e tecniche di rilevazione delle mappe). Utilizzando le metodologie proprie degli *historical GIS*, le informazioni sono state acquisite in formato digitale in un layer puntuale georeferenziato: nel caso del catasto ottocentesco, l'acquisizione dei dati è stata effettuata nell'ambito di un progetto cofinanziato tra Regione Toscana e Centro Interuniversitario di Studi sul Territorio, mentre nel caso della Carta Idrografica i singoli fogli (su taglio IGM 1:100.000) sono stati invece georeferenziati e vettorializzati a cura del laboratorio di Geografia applicata dell'Università di Firenze.

La fase di analisi, effettuata in ambiente GIS, ha condotto, in primo luogo, ad una restituzione cartografica finalizzata alla mappatura della distribuzione e della densità delle strutture produttive toscane, rispettivamente nella prima e nella seconda metà del XIX secolo, e alla produzione di carte tematiche di sintesi. Si è altresì effettuato uno studio diacronico attraverso l'analisi comparata delle due banche dati, con l'obiettivo di valutare se le trasformazioni intercorse siano effettivamente imputabili a processi evolutivi dovuti ai diversi assetti socio-demografici ed economici, oltre che alle innovazioni tecnologiche, o piuttosto alle differenze legate alle caratteristiche tecniche delle due fonti.

Il confronto dei dati ha evidenziato un lieve aumento del numero complessivo degli opifici idraulici (da circa 460 a quasi 500), senza particolari variazioni nella struttura spaziale del sistema produttivo basato sull'energia idraulica, caratterizzato da una notevole concentrazione di opifici nell'area dei Monti Pisani.

* Il contributo è stato progettato ed elaborato congiuntamente dai due autori; tuttavia, Camillo Berti ha curato la redazione del paragrafo introduttivo e di quelli sulla Carta idrografica d'Italia e sulla distribuzione degli opifici alla fine dell'Ottocento, oltre alle considerazioni conclusive; a Massimiliano Grava si devono i paragrafi dedicati al contesto geografico, alla raccolta dei dati dal Catasto particellare e alla distribuzione degli opifici nella prima metà del XIX secolo.

Introduzione

L'acqua ha costituito per secoli, insieme al vento, la principale fonte di energia per azionare macchine funzionali a diverse tipologie di attività: in primo luogo, la trasformazione dei prodotti agricoli, come cereali, castagne e olive, ma anche altre attività artigianali e manifatturiere, quali ferriere, gualchiere e lanifici, polveriere. In questo contesto, come è lecito aspettarsi, la stragrande maggioranza degli opifici era costituita da mulini e frantoi, ma le altre strutture, sebbene numericamente limitate, rivestono una notevole importanza nella storia della produzione nel contesto locale.

Lo studio dei mulini e degli altri opifici idraulici si è costituito progressivamente come oggetto di ricerca potendo beneficiare del contributo di discipline diverse con un ampio ventaglio di approcci metodologici e tematici. Gli storici, a partire dagli studi di Marc Bloch relativi all'apparizione e alla diffusione delle strutture molitorie, si sono, ad esempio, concentrati sul ruolo di queste fondamentali attività economiche nel corso del Medioevo; gli storici della scienza sulle caratteristiche costruttive e sui progressi tecnici; i geografi, a partire da Max Sorre (1954), hanno preso in considerazione il legame esistente tra queste strutture e la disponibilità di acque correnti e ne hanno analizzato la distribuzione spaziale, osservando la localizzazione in successione di molti opifici lungo alcuni corsi d'acqua e studiando le relazioni con lo sviluppo di attività proto-industriali nel corso del XIX secolo. In questo contesto, l'approccio geostorico ha consentito di arricchire il panorama storiografico con l'indagine di temi come il ruolo svolto dai mulini nei processi di territorializzazione e proponendo una metodologia di ricerca basata sull'analisi integrata delle fonti cartografiche e della documentazione archivistica. Inoltre, il riconoscimento, in quanto beni culturali territoriali, del valore patrimoniale dei mulini e delle altre strutture della produzione ha favorito la predisposizione di molte iniziative di censimento finalizzate alla tutela e valorizzazione.

In questo contesto, la creazione di un geodatabase, ottenuto tramite l'acquisizione in formato digitale delle informazioni riportate nelle cartografie storiche e nella documentazione ad esse correlata con le metodologie e le tecniche proprie degli *historical GIS*, può costituire il punto di partenza per ricerche successive. Le applicazioni sono molteplici, sia – nel contesto degli *heritage studies* – per il censimento delle strutture esistenti oggi e per la definizione di strategie volte alla loro valorizzazione, sia – con approccio geostorico – finalizzate alla realizzazione di analisi sulla distribuzione spaziale, sulle tipologie produttive, oltre che sulle loro variazioni basandosi sul confronto diacronico tra diverse basi di dati.

Il contesto geografico

Il caso di studio che si è scelto di approfondire è relativo alla distribuzione degli opifici idraulici nell'ambito dei confini attuali della provincia di Pisa¹.

¹ Nel corso del XIX secolo (Fig. 1), la provincia di Pisa comprendeva anche gran parte dell'attuale provincia di Livorno, ampliata nel 1925, mentre i comuni di San Miniato, Castelfranco di Sotto, Santa Croce sull'Arno e Santa Maria a Monte appartenevano alla provincia di Firenze.

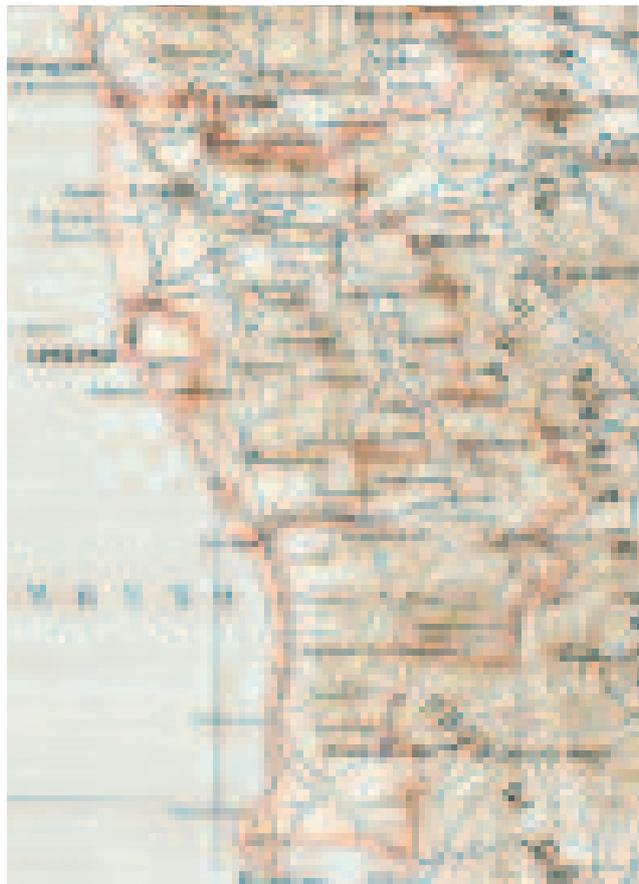


Figura 1 – La Provincia di Pisa alla fine del XIX secolo. Fonte: particolare da Carta delle provincie di Massa Lucca, Pisa e Livorno, 1896, Torino, Unione tipografica editrice.

Dal punto di vista geografico, il territorio della provincia è interessato nella zona settentrionale dall'ultimo tratto della valle dell'Arno, la quale si allarga, in prossimità del litorale, in un'ampia pianura, dove si trova la città di Pisa e che continua verso nord nella pianura costiera versiliese. All'estremità settentrionale, al confine con la provincia di Lucca, si trova il Monte Pisano (919 m), di natura calcarea, estrema propaggine meridionale della dorsale apuana. La zona centrale è caratterizzata da un'ampia fascia di morbide colline di origine pliocenica, mentre la porzione più meridionale è costituita dalle Colline Metallifere.

Dal punto di vista idrografico, ad eccezione della zona in prossimità della costa al confine con la provincia di Lucca interessata dall'ultimo tratto del fiume Serchio, tutta l'area centro-settentrionale è attraversata dal bacino dell'Arno, il cui corso è stato canalizzato partire dall'età moderna e riceve da destra gli emissari dei bacini di Fucecchio di Bientina, mentre da sinistra raccoglie una serie di corsi d'acqua, tra i quali il principale è il fiume

Era. La zona centro-meridionale è occupata dal bacino del fiume Cecina con i suoi affluenti, mentre l'estrema propaggine meridionale afferisce all'alto bacino del torrente Cornia, che sfocia nel Tirreno nei pressi di Piombino.

Le fonti cartografiche

Questo studio si basa sull'analisi dei dati estratti da due basi cartografiche ottocentesche: il *Catasto Generale della Toscana* e la *Carta Idrografica del Regno d'Italia*. In entrambi i casi, i dati sono stati acquisiti in formato digitale nell'ambito di un geodatabase con geometrie puntuali e attributi associati.

Nel primo caso, la banca dati utilizzata è stata realizzata nell'ambito di un'indagine cofinanziata da Regione Toscana (Settore Informativo Territoriale Ambientale) e il Centro interuniversitario per lo studio del territorio, che raccoglie studiosi dei tre atenei toscani. Obiettivo del progetto era la georeferenziazione e l'implementazione di informazioni alfanumeriche in un geodatabase dedicato agli opifici manifatturieri dediti sia ad attività industriali sia alla trasformazione dei prodotti agro-forestali presenti all'attivazione del catasto geometrico-particellare, attivato nel 1835 (Grava, 2012). La prima fase di questa ricerca è stata inevitabilmente dedicata alle laboriose operazioni di acquisizione del materiale documentario indispensabile alla realizzazione dell'attività di ricerca. Lavorando contemporaneamente sulle mappe catastali georeferenziate nell'ambito del progetto

Ca.Sto.Re. (Sassoli, 2013) e sui registri delle Tavole Indicative dei Proprietari e delle Proprietà rispettive e dei Campioni dei Proprietari, è stato possibile costruire un *layer* georeferenziato degli opifici manifatturieri esistenti in Toscana nella prima metà del XIX secolo² (Grava et al., 2015).

Per il periodo post-unitario, la fonte utilizzata è la *Carta idrografica del Regno d'Italia*, pubblicata nell'ultimo decennio del XIX secolo ad opera della Direzione generale dell'Agricoltura del Ministero di Agricoltura, Industria e Commercio, utilizzando la base topografica dei fogli in scala 1:100.000 dell'Istituto Geografico Militare. Questo prodotto cartografico si inserisce nel filone degli studi specialistici finalizzati a costituire il quadro conoscitivo del territorio e delle risorse dopo l'unificazione italiana (Ingold, 2010) e contiene la rappresentazione della rete idrografica e della localizzazione puntuale degli opifici idraulici esistenti alla fine dell'Ottocento³. La carta è corredata dai volumi delle *Relazioni* che "riportano informazioni dettagliate sugli opifici presenti in ciascuna provincia: oltre alla denominazione, alla tipologia produttiva e al corso d'acqua che li alimentava, sono indicati dati tecnici sulla lunghezza e la natura della derivazione, sul dislivello della caduta, sulle portate e sulla durata di utilizzo in mesi, insieme ad eventuali osservazioni" (Azzari, Berti, Conti, 2018; si veda anche Grano, Lazzari, 2016).



Figura 2 – Uno stralcio della Carta idrografica, relativa alla zona del Monte Pisano. Fonte: Ministero di Agricoltura, Industria e Commercio, Carta idrografica del Regno d'Italia, foglio 105, 1889.

² I dati alfanumerici inseriti come attributi nella banca dati geografica sono: nome del comune alla data d'impianto, comune attuale, comunità, numero di particella, sezione catastale, nome e cognome del proprietario, uso del suolo, superficie in braccia quadre fiorentine, uso del suolo (in questo caso del manufatto) e note.

³ In linea con la sua natura tematica, la carta contiene la rappresentazione dettagliata della rete idrografica (in azzurro) con l'indicazione puntuale della localizzazione degli opifici idraulici (in rosso), ciascuno contraddistinto da un numero identificativo, e dell'estensione delle aree irrigue (attuali o potenziali).

Complessivamente, come scrive Rombai (1990), la Carta idrografica "rappresenta, oltre che un esempio apprezzabile di tematismo naturalistico, pure il primo censimento organico e sistematico nazionale, a base cartografica, degli «opifici andanti ad acqua»".

L'implementazione del database geografico ha previsto diverse fasi operative: georeferenziazione delle immagini ottenute mediante scansione degli originali; vettorializzazione dei punti relativi agli opifici idraulici; trascrizione dei dati alfanumerici contenuti nelle *Relazioni* e associazione ai dati geografici sulla base del codice univoco provinciale attribuito a ciascun impianto.

La presenza di alcuni errori relativi alla posizione dei singoli opifici, per lo più dovuta alla piccola scala di rappresentazione (talvolta la localizzazione è imprecisa o è indicata la sponda sbagliata oppure non è corretta la successione delle diverse strutture lungo il corso d'acqua), e nelle informazioni ad essi correlate (Conti, 2006) ha reso necessaria una verifica puntuale dei dati, sia durante la fase di acquisizione, sia durante una fase successiva di consolidamento della banca dati (corretta numerazione e posizione degli opifici e integrazione/correzione dei dati sulla base delle *Relazioni*).

Gli opifici nella prima metà dell'Ottocento

L'analisi dei registri catastali relativi agli attuali comuni che formano la Provincia di Pisa ha consentito di individuare complessivamente 1852 strutture tra manufatti (mulini, frantoi, frullini, gualchiere, etc.) e annessi. In questa selezione, infatti, oltre ai dati direttamente connessi alla trasformazione di materie prime, sono stati inseriti anche ville, fattorie, botteghe, stalle, "buche da grano", fienili e legnaie. Queste strutture, congiuntamente alle case coloniche, sono edifici di fondamentale importanza nella società rurale Toscana, indicatori preziosi della struttura socioeconomica del Granducato, basata sulla mezzadria.

Considerando le sole strutture produttive e gli annessi quali vasche (bottacci, pile e inferni), canali (gore), aie per far asciugare laterizi, stoviglie, ecc., il numero di strutture scende a 1411. Di questo complesso di soli opifici e annessi, gli impianti individuati sulla cartografia storica sono stati 1361.

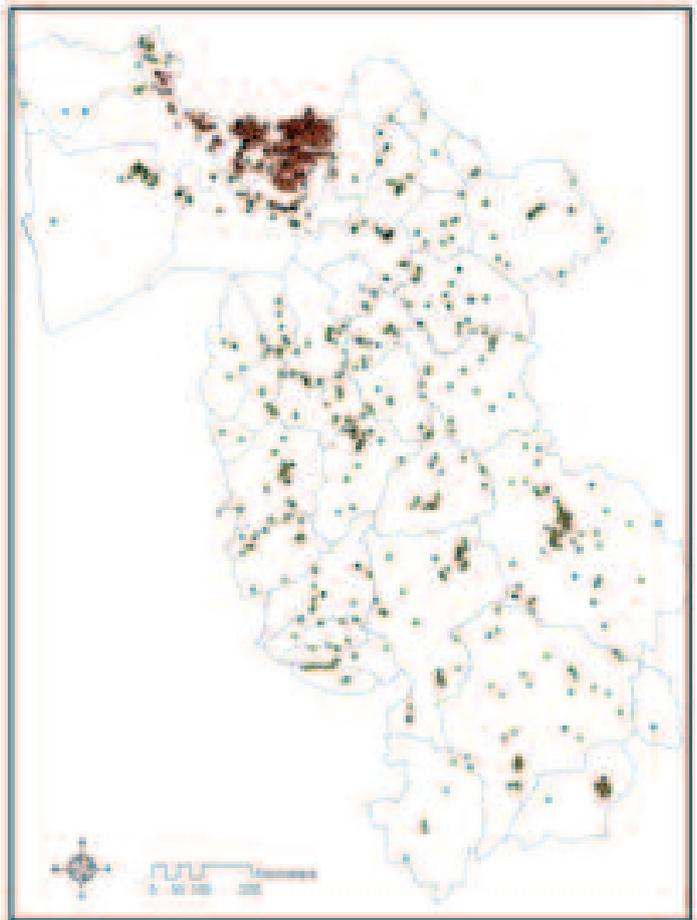


Figura 3 – Strutture georeferenziate alla data di attivazione del Catasto. Fonte: elaborazione dell'autore su dati Catasto generale della Toscana (1835 circa).

Analizzando questo dato possiamo osservare come le manifatture che impiegavano acqua nei processi produttivi fossero mulini (333), frantoi (130), cave da cui si estraeva "mota", cioè argilla per la produzione di laterizi e stoviglie (28), concerie (4), fornaci da calce, laterizi e stoviglie (212) e tintorie (1). Tra le manifatture in cui avveniva un processo di trasformazione delle materie prime senza l'impiego di acqua si segnalano invece seccatoi per le castagne (420), cave di pietre per la produzione di cemento (5), di ma anche *burraje* (2), cererie (2), fabbrica di coralli (1), cava di zolfo (1) e fabbrica del "Sale Borace" (1).

Analizzando la distribuzione spaziale risulta evidente come l'industria manifatturiera pisana, concentrata in aree ricche di corsi d'acqua, si fosse specializzata per distretti. La zona dei Monti Pisani si caratterizza infatti per canali e rii di modeste quanto impetuose portate d'acqua, ideali per alimentare mulini e frantoi, mentre lungo l'Arno, nei comuni di Calcinaia e Pontedera, troviamo un'industria, quella di laterizi e terrecotte, che sfrutta invece la costante ed elevata quantità d'acqua del fiume per riempire i "cavi" di fanghi (Grava, 2012a).

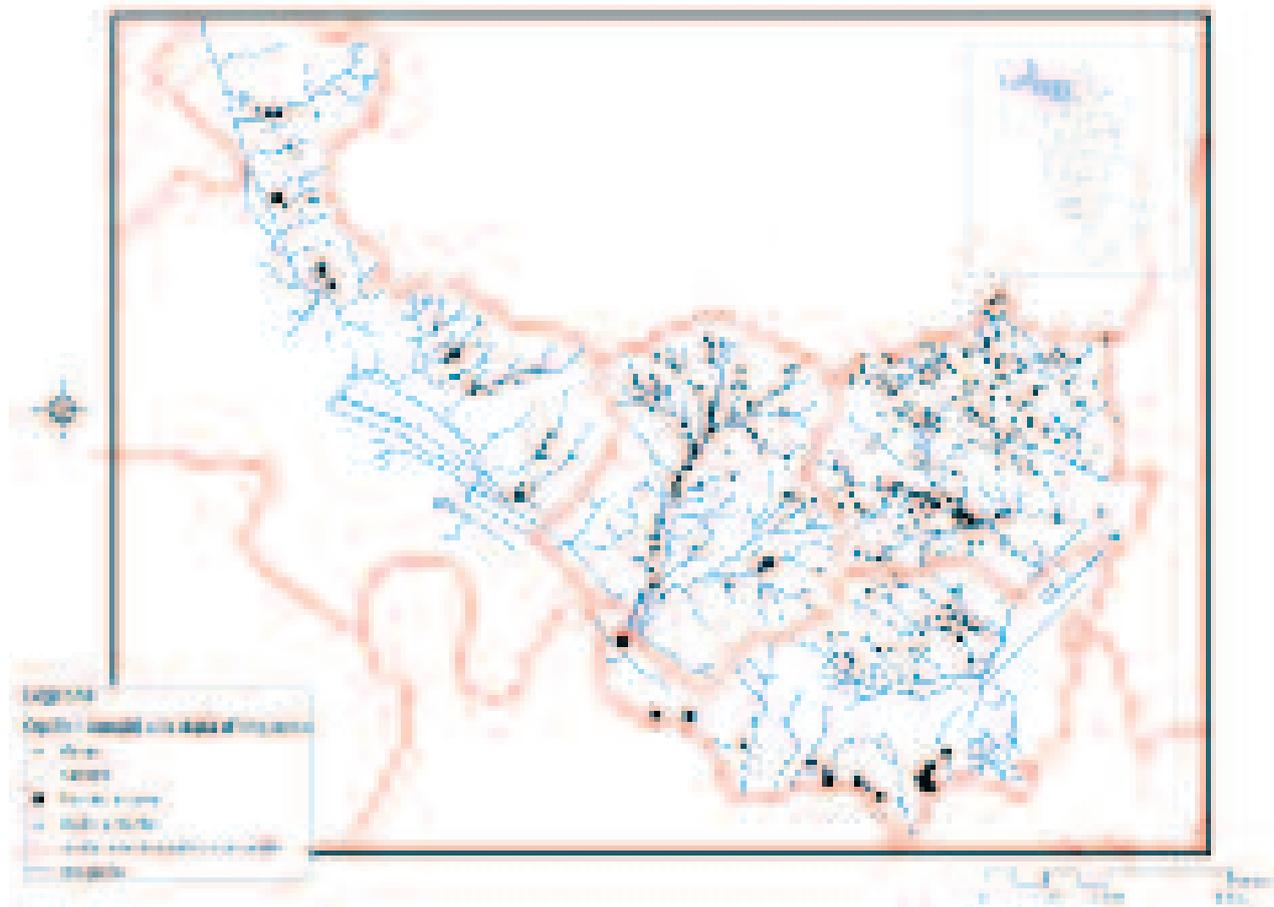


Figura 4 – Opifici e fattorie nella zona dei Monti Pisani. Elaborazione dell'autore sulla base dei dati del Catasto Generale della Toscana (1835 circa).

Nell'area dei Monti Pisani si trovava il 54,5% dei mulini e dei frantoi registrati dal Catasto nell'area dell'attuale provincia di Pisa; ancora più significativa la concentrazione dei seccatoi per le castagne, l'86,2% era compreso nelle comunità di quest'area settentrionale della provincia. Esaminando il dato sugli opifici idraulici dei quattro comuni dell'area pisana dei Monti Pisani in modo disaggregato per tipologia di struttura, si nota che, alla data d'impianto, il 58.6% dei

seccatoi si trovava nel Comune di Buti, l'11,1% a Vicopisano, il 23,2% a Calci, mentre il restante 7,1% a San Giuliano Terme. I 181 mulini e frantoi erano concentrati a Calci per il 39,2%, a Buti il 26,2%, a San Giuliano 19% e Vicopisano il 15,6% (Grava, 2012b).

Mettendo in relazione il dato numerico degli opifici presenti alla data d'impianto nell'area dei Monti Pisani con quello di popolazione ed estensione del territorio emerge come quest'area fosse un vero e proprio distretto industriale. Suddividendo infatti il numero degli abitanti per quello degli opifici idraulici risulta che a Calci c'era in media un opificio ogni 79 persone, a Buti uno ogni 116, a Vicopisano il rapporto opifici idraulici/abitanti saliva a 1:566, a San Giuliano Terme c'era un mulino o frantoio ogni 618 persone, mentre nel resto della Provincia Pisana il numero medio di manifatture era di 1 ogni 1973 persone⁴ (Grava, 2012a).

Gli opifici alla fine dell'Ottocento

Come effettuato per altre province toscane (Conti, 2006; Azzari, Berti, Conti, 2018), sulla base dei dati acquisiti dalla Carta idrografica e dalle Relazioni è stato possibile ricostruire la struttura produttiva della provincia di Pisa alla fine dell'Ottocento. Complessivamente sono attestati 497 opifici⁵, che rappresentano circa un decimo di quelli censiti nei confini dell'attuale Toscana; la densità (0,20 opifici/kmq) era all'incirca pari alla media regionale (0,21), ma risultava decisamente inferiore a quella che caratterizzava le province di Lucca, Massa-Carrara, Pistoia, Prato, dove la maggiore disponibilità di acque aveva dato vita a poli ad elevata concentrazione di strutture produttive, in alcuni casi con specifiche specializzazioni funzionali (Conti, 2008).

Dal punto di vista tipologico, si trattava per la maggior parte dei casi di mulini per la macinazione dei cereali e delle castagne (369) e di stabilimenti per lavorazione dell'olio (32), suddivisi tra frantoi e "frullini" per l'estrazione di olio dalla sansa, oltre a opifici dove si svolgevano entrambe le attività (54). Tra i restanti 15 opifici, vi erano alcune fabbriche per produzione della ceramica, alcuni stabilimenti tessili (cotonifici e lanifici), oltre a una polveriera, un paio di officine meccaniche e una fabbrica per lavorazione del corallo.

Riguardo alla distribuzione spaziale (Fig. 5), il dato più interessante è rappresentato dalla notevole concentrazione nella zona dei Monti Pisani (San Giuliano Terme, Calci, Buti, Vicopisano), dove si trovavano ben 241 opifici, quasi la metà di quelli presenti nell'intera provincia, e, in particolare nel comune di Calci, che da solo contava 121 stabilimenti. L'insieme delle valli che scendono dal Monte Serra formavano, come si è detto anche per la prima metà dell'Ottocento, un vero e proprio distretto industriale specializzato sia macinazione dei cereali provenienti da tutta la pianura pisano-livornese, sia per la produzione di olio che utilizzava la produzione provenienti delle pendici degli stessi Monti Pisani (Grava, 2012a,b; Manetti, 1985, pp. 45-54). Lungo i due rami del torrente Zambra di Calci e di Montemagno, il Rio Magno a Buti, il Rio

⁴ Sulla popolazione si veda Repetti, 1833-1845, vol. I, pp. 169-173, 294, 302 e vol. IV, 592-597., mentre sull'estensione boschiva del territorio si rimanda a Caciagli, 1997.

⁵ Mentre dalle Relazioni sono elencati 497 opifici, il numero dei punti risultanti dalle carte è pari a 463. Questa differenza è verosimilmente imputabile sia alla presenza di strutture prive di identificativo, sia all'assenza – anche per motivi grafici – di alcuni punti riportati nelle tabelle descrittive.

Grande presso Vicopisano, come anche lungo il Rio dei Mulini presso Molina di Quosa a nordest di San Giuliano, gli opifici erano situati, in fitta successione, lungo le due sponde ed erano alimentati da gore parallele al corso dei torrenti, in modo da sfruttare al massimo la forza idraulica prodotta dalla gravità (Fig. 2).

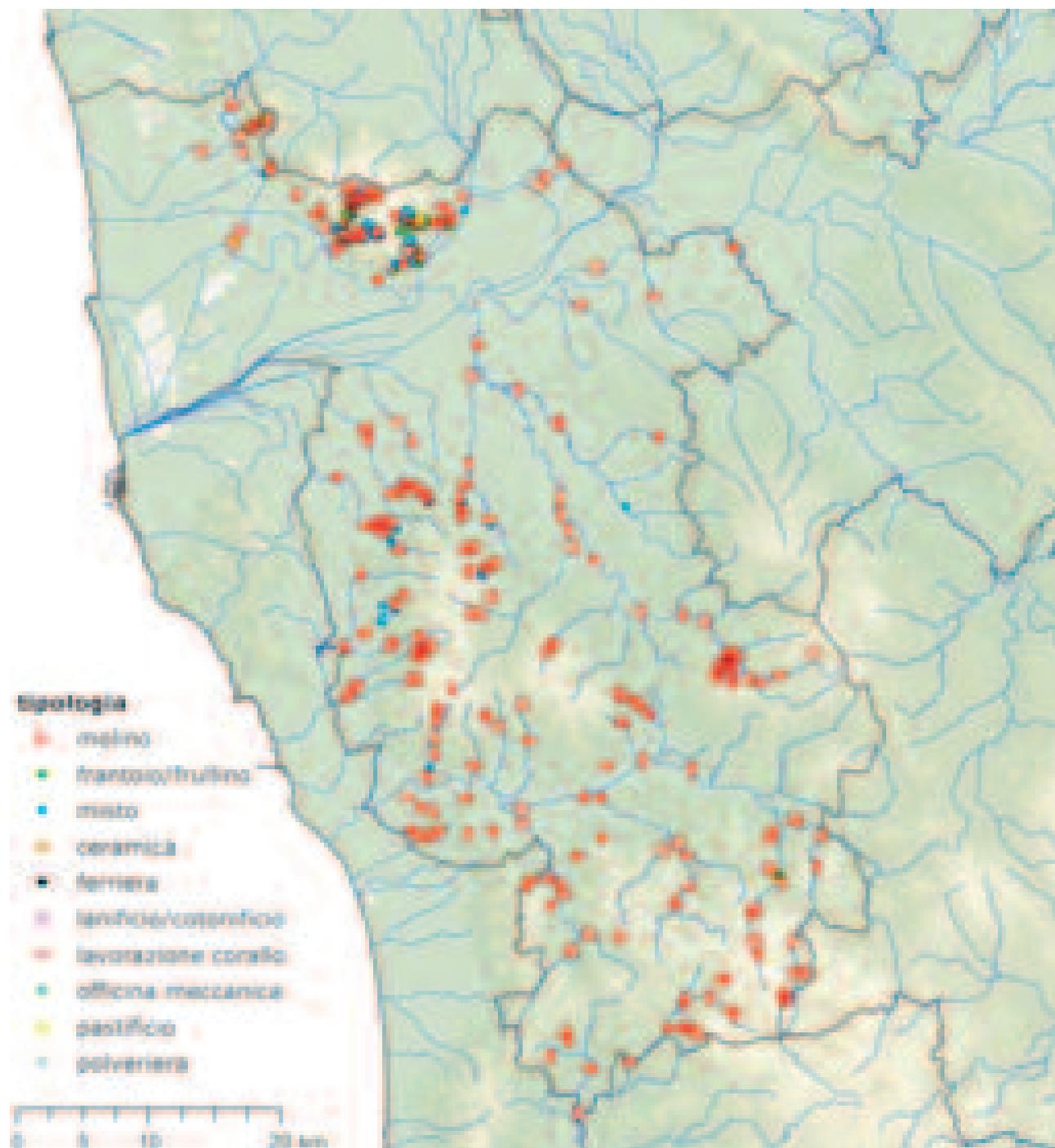


Figura 5 – Distribuzione degli opifici nella provincia di Pisa alla fine del XIX secolo. Fonte: Ministero di Agricoltura, Industria e Commercio, Carta idrografica del Regno d'Italia, 1889-1893, con sfondo su dati Regione Toscana (CC-BY).

Nel comune di Pisa, gli opifici esistenti si trovavano tutti lungo il canale di Ripafratta detto anche canale Demaniale o canale Macinante⁶ e si trattava, per lo più, di stabilimenti di natura pre-industriale: produzione di ceramica, lanifici e officine meccaniche.

In tutta la zona centrale e meridionale della provincia di Pisa, caratterizzata dalla presenza di vaste estensioni cerealicole (Valdera, Colline Pisane, Val di Cecina), la quasi totalità degli opifici era rappresentata da mulini per la produzione di farine. Dal punto di vista spaziale non si notano zone con particolari concentrazioni, fatta eccezione per alcune aree circoscritte: nei pressi di Volterra, dove i mulini si trovano tutti lungo due torrenti tributari dell'Era immediatamente a nord della città; nell'alta Val di Cecina, nei pressi di Pomarance e Castelnuovo.

Complessivamente, la minore diffusione degli opifici in queste aree è verosimilmente da mettere anche in relazione alla minore densità demografica che le caratterizzava, evidenziato da Fornasin (2015) per il Friuli.

Conclusioni

Il confronto dei dati desunti dal Catasto Generale della Toscana e dalla Carta idrografica d'Italia, pur tenendo conto delle differenti caratteristiche delle due fonti, mostra, dal punto di vista quantitativo, una lieve tendenza all'aumento, come è stato possibile rilevare anche nel caso della provincia di Arezzo (Azzari, Berti, Conti, 2018). Altri studi, tuttavia, sia a scala regionale (Melelli, Fatichenti, 2013) che locale (Berti, 2016), indicano per alcune aree una lieve diminuzione numerica, imputabile, oltre che a diverse metodologie di rilevazione, agli effetti dell'introduzione, negli anni successivi all'Unità, della "tassa sul macinato" e delle prime innovazioni tecnologiche, che portarono all'introduzione, dapprima, di macchine alimentate a vapore e, successivamente, dall'elettricità. Anche se non è possibile effettuare generalizzazioni, è verosimile che – come avvenne a Calci (Manetti, 1985) – dopo un periodo di crescita nei decenni centrali del XIX secolo, a partire dal 1870 si sia registrato un progressivo declino del sistema produttivo basato sullo sfruttamento dell'energia idraulica.

Sul piano metodologico, nell'ottica di ricostruire anche dal punto di vista spaziale, l'evoluzione del sistema produttivo nel corso dell'Ottocento, il confronto tra le due fonti cartografiche sperimentato in questo lavoro appare significativo e meritevole di essere applicato anche a scala regionale.

Riferimenti bibliografici

Azzari M., Berti C., Conti P. (2018), *Gli opifici idraulici della Toscana alla fine dell'Ottocento. Geografia storica e analisi spaziale*, in *Atti della 22a Conferenza ASITA* (Bolzano, 27-29 novembre 2018), Milano, ASITA, 59-66.

Grano M.C., Lazzari M. (2016), "Fonti cartografiche per l'analisi del paesaggio fluviale e dei mulini ad acqua in Basilicata: criticità e vantaggi della Carta Idrografica del Regno d'Italia", *Bollettino dell'Associazione Italiana di Cartografia*, 157: 4-18.

⁶ Il Canale di Ripafratta, scavato a partire dal X secolo e modificato nel Cinquecento sotto il granduca Cosimo I, collega il Serchio con l'Arno, toccando l'abitato di San Giuliano e lambendo le mura orientali della città di Pisa, dove si trovavano gli opifici industriali e i mulini.

- Fornasin A. (2015), "I mulini ad acqua del Friuli alla fine dell'Ottocento. Aspetti demografici e territoriali", *Rivista Geografica Italiana*, 122(3): 339-356.
- Grava M., De Silva M., Gesualdi M., Lucchesi F., Martinelli A., Torti C. (2015), *Dalla cartografia storica alla cartografia 2.0 nella Toscana preunitaria: toponomastica idrografica e attività manifatturiere*, in *Atti della 19a Conferenza Nazionale ASITA*, Lecco, 29 settembre-1 ottobre 2015, ASITA, Milano, 422-428.
- Grava M. (2012a), "From the Archives to Web 2.0: The Use of GIS and WebGIS Applications in Industrial Archeology", *IA. The Journal of the Society for Industrial Archeology*, 38(2): 5-18, <http://www.jstor.org/stable/24712340>.
- Grava M. (2012b), "Gli opifici di Calci all'impianto del 'Leopoldino': il GIS applicato all'archeologia industriale", *Storia e futuro*, 30, <http://storiaefuturo.eu/gli-opifici-di-calci-allimpianto-del-leopoldino-il-gis-applicato-allarcheologia-industriale/>
- Melelli A., Fatichenti F. (2013), *L'Umbria dei mulini ad acqua*, Regione dell'Umbria-Quattroemme, Perugia.
- Sassoli U. (2013), "I Catasti storici della Toscana e il progetto CASTORE", *Rassegna degli Archivi di Stato*, VII: 113-119.
- Ingold A. (2010), "Cartografare le acque come risorse 'naturali' nell'Ottocento. La Carta idrografica d'Italia e gli ingegneri delle miniere", *Contemporanea. Rivista di storia dell'800 e del '900*, 13(1): 3-26.
- Conti P. (2008), *Gli opifici ad acqua*, in Grillotti M.G. (a cura di), *Atlante tematico delle Acque Italiane*, Brigati, Genova, 407-408.
- Conti P. (2006), *La Carta Idrografica d'Italia (1891). Per un censimento degli antichi opifici andanti ad acqua della Toscana*, in Azzari M., Favretto A. (a cura di), *Acqua, risorsa e bene culturale. Sistemi informativi geografici per il monitoraggio, la gestione e la tutela delle acque*, atti del V workshop "GIS per i beni ambientali e culturali", Firenze, 15 ottobre 2006, Firenze, FUP, 1-10.
- Caciagli G., *Monte Pisano*, Arnera Edizioni, Pontedera, 1997.
- Rombai L. (1990), *Per una geografia storica degli "opifici andanti ad acqua" della Toscana pre-industriale e paleo-industriale*, in Azzari M. (a cura di), *Le ferriere preindustriali delle Apuane. Siderurgia e organizzazione del territorio nella Versilia interna*, All'insegna del Giglio, Firenze, 5-14.
- Manetti R., *Acqua passata non macina più: i mulini idraulici calcesani*, Pacini, Pisa, 1985.
- Sorre M. (1954, 2^e édition), *Les fondements de la géographie humaine*, Armand Colin, Paris.
- Ministero di Agricoltura, Industria e Commercio (1889-1893), *Carta idrografica del Regno d'Italia*, scala 1:100.000, tip. Bertero, Roma.
- Ministero di Agricoltura, Industria e Commercio. Direzione generale dell'agricoltura (1893), *Carta idrografica d'Italia. Relazioni. Toscana*, tip. Bertero, Roma.
- Repetti E. (1833-1845), *Dizionario geografico fisico storico della Toscana contenente la descrizione di tutti i luoghi del Granducato, Ducato di Lucca, Garfagnana e Lunigiana*, Firenze, tip. Tofani, Firenze.

I luoghi della cultura e l'accessibilità dei loro territori. Un caso di studio intorno a Matera.

Marina Bertollini, Alessandro Caramis, Marica D'Elia, Alessandra Federici, Maria Rosaria Prisco, Maria Teresa Santoro, Silvia Talice

Istat, Direzione centrale per le statistiche ambientali e territoriali, Viale Liegi 13 – 00198 Roma, e_mail: bertollini@istat.it, alessandro.caramis@istat.it, delia@istat.it, federici@istat.it, prisco@istat.it, masantor@istat.it, talice@istat.it

Abstract

Nell'anno in cui Matera è la capitale europea della cultura, si presenta una integrazione di dati ufficiali e pubblici sul patrimonio culturale nella Basilicata analizzando l'accesso e le relazioni con i luoghi della cultura.

L'accessibilità risulta essere un prerequisito per la loro valorizzazione e fruizione, come ampiamente riportato nel dibattito accademico e politico sul tema. Si sono quindi mappati itinerari automobilistici per descrivere l'accessibilità ai luoghi della cultura identificati nella regione Basilicata a partire da Matera, patrimonio Unesco. Gli itinerari sui quali si è focalizzato lo studio sono percorsi in automobile di 1, 2 e 3 ore attraverso i quali è possibile raggiungere la maggior parte dei luoghi di interesse culturale regionale. L'analisi si estende alla misura delle attività economiche legate alla gestione e fruizione del patrimonio culturale ed alla descrizione dei movimenti turistici.

Musei e istituzioni simili in Basilicata

In Basilicata sono 45 i musei e gli istituti simili, statali e non statali, aperti al pubblico nel 2017 (secondo l'Indagine sui musei e le istituzioni simili – anno 2017 dell'Istat): 37 musei, gallerie e collezioni, 7 tra aree e parchi archeologici e 1 monumento (che rappresentano il 3,5% del patrimonio presente nel Mezzogiorno). Due comuni lucani su 10 ospitano almeno una struttura museale, una ogni 13 mila abitanti. Nonostante il numero più alto di strutture sia concentrato tra i comuni di Matera e Potenza (24%), il patrimonio è soprattutto distribuito nei piccoli centri. Infatti, il 64% dei comuni con almeno un museo ha meno di 5 mila abitanti.

Una gran parte delle strutture museali lucane (30%), attraverso le proprie collezioni a carattere etnografico e antropologico, rappresenta usi e costumi delle comunità locali raccontando lo stretto rapporto che esiste tra cultura e territorio. Seguono i musei che espongono oggetti devozionali e/o di uso liturgico (26%), i musei con raccolte di oggetti, manufatti e reperti archeologici (24%), i musei con opere e collezioni di arte antica, moderna e contemporanea e le case museo (in totale 20%).

Nel 2017 il patrimonio culturale lucano ha attratto oltre 404 mila visitatori (nel Mezzogiorno quasi 4 milioni), con un incremento del 3% rispetto al dato registrato nel 2015 (nel Mezzogiorno l'incremento è del 18%). Nonostante rappresentino solo un terzo del totale delle strutture presenti sul territorio lucano, i musei a titolarità statale registrano più della metà degli ingressi totali (252 mila). In Basilicata, in generale, il 31% dei musei aperti nel 2017 ha

registrato fino a 1.000 visitatori, il 36% da 1.001 a 10 mila, il 22% da 10.001 a 25 mila, l'11% ha invece accolto sino a 60 mila persone in un anno.

Matera, ospitando circa 125 mila visitatori annui, è la città lucana con la più alta affluenza di pubblico nelle strutture museali (31% del totale); seguono Bernalda e Melfi che insieme raccolgono il 28% dei visitatori (rispettivamente circa 71 mila e 41 mila visitatori). Nei restanti 25 comuni lucani con almeno un museo si registra un totale di 167 mila visitatori, con una media di circa 7 mila ingressi per struttura museale presente.

Prospetto 1. Principali indicatori dell'offerta culturale in Basilicata

Indicatori	Valori
N. musei o istituti museali	45
Quota sul totale dei musei o istituti museali del Mezzogiorno	3,5%
Quota di musei o istituti museali statali (Mibac)	33,3%
Tipologia prevalente (Musei etnografici e antropologici)	30%
N. visitatori totali	404.037
N. visitatori totali a pagamento	330.467
Quota di visitatori sul totale del Mezzogiorno	2,5%
Quota di visitatori a pagamento sul totale del Mezzogiorno	2,4%
N. medio di addetti del museo o istituto museale	8
N. medio di addetti del museo o istituto museale nel Mezzogiorno	8
Percentuale di musei o istituti museali con sistema per il conteggio dei visitatori	40%
Percentuale di musei o istituti museali con sito web dedicato	67%
Percentuale di musei o istituti museali con servizio di biglietteria on line	0%
Percentuale di musei o istituti museali con account sui <i>social media</i> (Facebook, Twitter, Instagram, ecc.)	50%

(a) I valori percentuali sono calcolati sul totale dei rispondenti.

Fonte: Elaborazione dati Istat, Indagine sui musei e le istituzioni similari - anno 2017, valori medi, assoluti e percentuali

Paesaggio e altri luoghi della cultura

Il paesaggio della Basilicata è ricco di siti di particolare interesse culturale e naturalistico. In 7 comuni della regione si trovano borghi certificati come "Borghi più belli d'Italia" (<https://borghipiubelliditalia.it>). Le aree verdi protette terrestri che sono incluse nell'elenco ufficiale della Rete Natura 2000 rappresentano il 22,8% della superficie regionale (Ministero dell'Ambiente <http://www.minambiente.it/pagina/elenco-ufficiale-delle-aree-naturali-protette-0>), mentre sono due i siti inseriti nella lista dei patrimoni dell'umanità dell'UNESCO: i "Sassi e il parco delle chiese rupestri di Matera" e la "Foresta di Cozzo Ferriero" nel Parco nazionale del Pollino.

La Basilicata, inoltre, possiede un vasto patrimonio di cultura immateriale: sagre, feste, rievocazioni storiche, carnevali, e spettacoli dal vivo. Secondo la Regione Basilicata (<http://www.patrimonioculturale.regione.basilicata.it>), i beni intangibili riconducibili al patrimonio culturale immateriale della regione sono 141. Tali beni sono presenti in 80 comuni, il 61,8% del totale della Basilicata.

Nel 2017, in 15 dei suddetti comuni vi era almeno un museo, monumento o bene archeologico (il 19%). Il patrimonio immateriale è soprattutto distribuito nei piccoli centri: il 69% dei comuni con almeno un bene culturale intangibile ha meno di 5 mila abitanti.

Una regione difficile da raggiungere e da percorrere

Le vie di accesso alla Basilicata non sono dirette e veloci. Gli aeroporti sono tutti fuori dal territorio della regione. Il collegamento più prossimo è quello tra Matera e l'aeroporto di Bari, garantito da servizio pubblico su gomma, che impiega in media 90 minuti per percorrere 65 chilometri. Le stazioni ferroviarie sono collocate a Potenza, a Melfi (sebbene non vi arrivino più treni) e a Metaponto, mentre a Matera la stazione della ferrovia locale, a scartamento ridotto, è ancora in costruzione. Il servizio ferroviario garantisce 9 arrivi giornalieri a Potenza provenienti da Salerno in un'ora e tre quarti circa; 10 arrivi al giorno a Metaponto da Taranto in media in un'ora e mezza per una sessantina di chilometri, e 3,5 corse in media al giorno da Potenza a Metaponto in 1 ora e un quarto circa. Per quanto riguarda invece il trasporto pubblico su gomma sono ormai numerose le compagnie di trasporto che garantiscono i collegamenti dai principali capoluoghi italiani con le maggiori località della Basilicata e particolarmente con Matera, che non è altrimenti raggiungibile.

L'alternativa resta quella di viaggiare con l'auto privata utilizzando le autostrade fino a Salerno lungo il Tirreno o fino a Foggia o Bari lungo l'Adriatico e poi le strade statali. La regione è attraversata da una strada statale che collega Potenza alla costa ionica, ma in generale la rete stradale della regione è composta di strade extraurbane a carattere locale (4435 km circa; il 2,7 % della totalità delle strade extraurbane italiane). Da Matera verso l'interno della Basilicata è possibile muoversi soltanto su gomma, lungo strade prevalentemente provinciali e statali con una peculiare presenza di strade comunali esterne ai luoghi abitati, alla velocità media di 62,3 Kilometri all'ora¹.

Un turismo di prossimità

Nel 2018 l'offerta ricettiva della regione è di oltre 36 mila posti letto, circa lo 0,7% dell'intera ricettività nazionale (sia in termini di strutture che di letti). Il tasso di ricettività segnala che, mentre in generale in Italia vi sono circa 84 posti letto ogni 1000 abitanti, l'indicatore regionale è pari a 64 con un valore però molto alto nella provincia di Matera, pari a circa 119 posti letto per 1000 abitanti, rispetto ai 34 della provincia di Potenza.

Nel comune di Matera, nel 2018 erano presenti 31 alberghi con 1.572 posti letto, 608 strutture extralberghiere con 3.167 posti letto; la ricettività di tale destinazione rappresenta circa il 45% di quella regionale in termini di strutture ma appena il 13% in termini di posti letto. La dimensione media delle strutture del comune è piuttosto piccola: oltre la metà delle strutture alberghiere di Matera sono a 4 e 5 stelle (il 66,2% in termini di posti letto), tuttavia la città si caratterizza per la massiccia presenza di alloggi in affitto gestiti in forma imprenditoriale (70,2% sul totale strutture extralberghiere del comune e 67,8% in termini di posti letto), oltre il doppio in termini di posti letto rispetto

¹ I dati qui presentati sono il risultato delle elaborazioni degli autori a partire dalle informazioni diffuse dai gestori dei servizi di trasporto nazionali e locali considerati (Aeroporto di Bari, Trenitalia, Ferrovie Appulo Lucane, Italo, Flixbus e Autolinee regionali).

alla composizione media regionale e nazionale, e B&B (27,8% sul totale strutture extralberghiere del comune e in termini di 22,2% posti letto), oltre il doppio o il triplo rispettivamente rispetto alla quota media regionale e nazionale (sempre in termini di posti letto).

Nelle strutture ricettive della Basilicata nel 2018 sono stati registrati 892.087 arrivi per un totale di 2.603.622 presenze (Prospetto 2), circa lo 0,6% dei flussi rilevati nelle strutture ricettive dell'intera nazione. La componente domestica della clientela ha avuto sicuramente il peso maggiore rispetto a quella straniera (quasi l'89% delle presenze totali sono infatti relative a clienti residenti in Italia, rispetto al valore medio nazionale del 49,5%). Il comune di Matera concentra il 52% delle presenze estere dell'intera Regione.

Prospetto 2. Movimento dei clienti negli esercizi ricettivi per residenza e per destinazione - anno 2018

Destinazione	Totale			Residenti			Non residenti		
	Arrivi	Presenze	Permanenza media	Arrivi	Presenze	Permanenza media	Arrivi	Presenze	Permanenza media
Provincia di Matera	614.525	1.860.402	3,03	504.468	1.644.157	3,26	110.057	216.245	1,96
Comune di Matera	344.813	547.530	1,59	250.916	394.267	1,57	93.897	153.263	1,63
Provincia di Potenza	277.562	743.220	2,68	245.488	663.235	2,70	32.074	79.985	2,49
Basilicata	892.087	2.603.622	2,92	749.956	2.307.392	3,08	142.131	296.230	2,08

Fonte: Movimento dei clienti negli esercizi ricettivi – Istat

La permanenza media nelle strutture ricettive di Matera è intorno a 1,6 giornate, senza particolare distinzione tra italiani e stranieri, e si attesta su valori decisamente più bassi della media nazionale ma anche di quella regionale e provinciale (intorno a 3 notti).

In generale il turismo lucano è un turismo di prossimità: il 38,4% delle presenze totali regionali sono relative a pugliesi (20,5%) e campani (17,9%); seguono i residenti del Lazio (13%) e della Lombardia (7,7%). Il 5,8% delle presenze è poi relativo ai residenti della regione stessa. Dall'estero le presenze prevalenti sono statunitensi, con una quota pari all'1,5% sul totale regionale, seguiti da inglesi, tedeschi e francesi (con quote di poco superiori all'1%). Per la città di Matera la situazione cambia leggermente: con una quota pari a oltre il 10%, i lombardi rappresentano la quota di presenze maggiore, seguiti da laziali, pugliesi, campani ed emiliani (rispettivamente, 10,2%, 8,9%, 8,7%, e 5,5%). Significative sono le quote relative a statunitensi, francesi e inglesi (rispettivamente, 4,8%, 3,4%, 3,2%) (Prospetto 3).

Prospetto 3. Quote percentuali di presenze per regione italiana o stato estero di residenza e per destinazione - anno 2018

Regione italiana o Stato Estero di residenza	Comune di Matera	Basilicata
Puglia	8,9	20,5
Campania	8,7	17,9
Lazio	10,2	13,0
Lombardia	10,5	7,7
Basilicata	1,8	5,8
Emilia-Romagna	5,5	3,3
Piemonte	3,5	3,2
Sicilia	2,6	2,8
Toscana	4,5	2,6
Veneto	4,1	2,5
Calabria	3,3	2,4
Abruzzo	1,7	2,1
Marche	2,2	1,4
<i>Stati Uniti d'America</i>	4,8	1,5
<i>Regno Unito</i>	3,2	1,2
<i>Germania</i>	1,9	1,2
<i>Francia</i>	3,4	1,1
Altro	19,2	9,8

Fonte: Movimento dei clienti negli esercizi ricettivi – Istat

Creazione di percorsi museali

A partire dal 2016, gli indirizzi dei musei rilevati dall'indagine Istat sono stati normalizzati, controllati, corretti e validati attraverso un processo di geolocalizzazione che ha utilizzato sia procedure automatiche che controlli manuali eseguiti da operatori esperti di cartografia informatica.

Nel 2018, grazie al miglioramento della toponomastica dei comuni conseguente alla creazione in Istat del Registro nazionale degli indirizzi, si sono ottenuti risultati migliori. Gli indirizzi sono stati processati con un software commerciale di riconoscimento e normalizzazione (software Egon di proprietà della società Ware Place srl) che attribuisce agli indirizzi riconosciuti elementi di qualificazione spaziale (in particolare: coordinate geografiche e codici territoriali). Le fonti delle coordinate sono grafi commerciali (Here e TomTom) o dati *open source* (cartografie tecniche regionali e/o comunali), *embedded* (implementati) nel software Egon.

Gli indirizzi per i quali non si avevano coordinate o la cui affidabilità era insufficiente, sono stati ricercati utilizzando le informazioni disponibili in rete (Google maps, Open Street Map, Tuttocittà, siti ufficiali dei musei). Si sono poi confrontati i risultati della procedura automatica con quelli della geolocalizzazione del 2016 e per tutti i punti con distanza rilevante si è operata una scelta sulla localizzazione migliore.

Insieme all'indirizzo corretto, i musei sono localizzati attraverso la collocazione nel Comune, la sezione di censimento, la maglia della griglia regolare europea

a 1 km, le coordinate nel sistema di riferimento WGS84 proiettate in UTM32. La georeferenziazione e le geo-codifiche realizzate permettono il confronto immediato con informazioni territoriali provenienti da altre fonti, a diversi livelli di dettaglio.

I percorsi culturali proposti nel lavoro sono composti da tutti gli itinerari (tratti di strada) che, a partire dal museo più visitato di Matera (Museo nazionale d'arte medievale e moderna della Basilicata), in diversi intervalli di tempo (*driving time*), raggiungono gli altri musei presenti nella regione.

Utilizzando il grafo stradale *Tom Tom* nella versione del marzo 2018 all'interno dello strumento *Network analyst* di ArcMap anche ove vi fossero limitazioni temporanee del traffico (ad esempio Zone a traffico limitato previste in alcuni centri urbani), sono stati definiti itinerari che collegano il museo di partenza, ai musei della regione scegliendo diverse soglie temporali (1, 2 e 3 ore). La scelta di tali tempi di percorrenza deriva da un lato dall'esigenza di rappresentare tutto ciò che è raggiungibile in breve tempo, dall'altro di calcolare il tempo massimo necessario per visitare ogni istituzione museale della regione

I percorsi sono analizzati e caratterizzati sia da aspetti spaziali sia in relazione al territorio che attraversano (es. numerosità dei musei raggiungibili, vicinanza a parchi ed aree naturali), integrando i dati dell'indagine sui Musei con quelli disponibili su base comunale: turismo (Istat, Movimento dei clienti negli esercizi ricettivi), demografia (Istat, Movimento e calcolo della popolazione residente annuale), siti Unesco (Unesco), borghi (I borghi più belli d'Italia, Bandiere arancioni, ecc.), aree naturali protette (Ministero dell'ambiente).

Risultati

Con il mezzo privato partendo da Matera, si raggiungono la totalità dei siti di interesse culturale entro 2 ore e 40 minuti (*Figura 1, Prospetti 4a e 4b*), ma già entro un'ora è possibile visitare ben 12 musei, di cui 8 siti archeologici, attraversare 1 borgo e 11 aree verdi o raggiungere uno dei comuni che, a seconda della stagione, ospitano numerosi eventi legati alla valorizzazione del patrimonio immateriale locale. Entro 2 ore, invece, si raggiunge la quasi totalità dei musei della regione (41 su 45), dei borghi (6 su 7), si può, scegliendo le date, prendere parte a 88 eventi, o fermarsi in 48 parchi naturali che diventano 77 in 3 ore di viaggio.

Prospetto 4a. Musei raggiungibili in auto da Matera entro tempi prefissati

Percorsi museali	Totale Musei	di cui Archeologici	di cui Monumenti architettonici	di cui Etno antropologici	di cui Altri Musei	Distanza massima percorsa (Km)	Tempo massimo impiegato (min)
1 ora	12	8	1	1	2	70	55
2 ore	41	17	4	10	10	116	105
3 ore	44	18	4	12	10	165	143

Fonte: elaborazione su dati Istat, anno 2017

Prospetto 4b. Attrattività raggiungibili in auto da Matera entro tempi prefissati

Percorsi museali	Borghi	Beni Immateriali	Comuni con aree Natura2000	Comuni con siti Unesco	Distanza massima percorsa (Km)	Tempo massimo impiegato (min)
1 ora	1	27	11	1	70	55
2 ore	6	88	48	1	116	105
3 ore	7	99	77	2	165	143

Fonte: elaborazione su dati Istat, anno 2017



Figura 1. Itinerari in auto rappresentati per tempi di percorrenza.

Analizzando i dati relativi ai 3 percorsi individuati (*Prospetto 5*), emerge che nei 4 comuni di destinazione provvisti di strutture ricettive raggiungibili entro un'ora da Matera (Matera stessa inclusa), gli arrivi turistici rappresentano la

metà del totale regionale e il 39% delle presenze dell'intera regione. Se a questi si aggiungono gli altri 17 comuni di destinazione con strutture ricettive raggiungibili in due ore, si supera il 66% degli arrivi e il 55,2% delle presenze regionali. Considerando gli ulteriori due comuni di destinazione raggiungibili in tre ore si registra il 67% degli arrivi e il 55,3% delle presenze regionali.

Prospetto 5. Movimento dei clienti per residenza dei clienti negli esercizi ricettivi dei percorsi museali (solo comuni con musei o istituti museali) - anno 2018

Percorsi museali	Totale			Residenti			Non residenti		
	Arrivi	Presenze	Permanenza media	Arrivi	Presenze	Permanenza media	Arrivi	Presenze	Permanenza media
1 ora	445.340	1.012.191	2,27	343.005	830.280	2,42	102.335	181.911	1,78
2 ore	595.382	1.437.041	2,41	472.650	1.202.667	2,54	122.732	234.374	1,91
3 ore	596.467	1.438.996	2,41	473.720	1.204.570	2,54	122.747	234.426	1,91

Fonte: Movimento dei clienti negli esercizi ricettivi – Istat

Il prospetto 6 quantifica i percorsi in termini di popolazione residente, visitatori dei musei e arrivi nelle strutture ricettive dei comuni attraversati dai percorsi, distinti per tempi di percorrenza. La popolazione presente nei comuni che si incontrano compiendo il percorso in auto entro un'ora a partire da Matera, rappresenta oltre un quarto della popolazione regionale (26,4%), mentre sia i visitatori che gli arrivi turistici sono circa il 60% dei relativi totali regionali (rispettivamente il 57,3% e il 59,2%). Tale dato evidenzia la concentrazione di turisti e visitatori dei musei nell'area materana. Allontanandosi dal capoluogo scelto come punto di partenza dei percorsi museali regionali, si nota come le caratteristiche delle variabili analizzate non differiscano in maniera significativa tra le due soglie dei percorsi a 2 e 3 ore di distanza di guida da Matera. Infatti, nel percorso a 2 ore la popolazione raggiunta è il 78,2% mentre quella a 3 ore l'84,1% del totale regionale. Gli arrivi turistici, analogamente, sono il 74,9% nel percorso a 2 ore e l'83,8% in quello a 3 ore. Infine, i percorsi a 2 e 3 ore da Matera intercettano la quasi totalità dei visitatori dei musei lucani (99,7%) nel primo caso e il 100% nel secondo caso.

Prospetto 6. Popolazione residente, visitatori dei musei e arrivi turistici nei percorsi museali (tutti i comuni)

Percorsi museali	Popolazione	% su totale regionale	Visitatori	% su totale regionale	Arrivi	% su totale regionale
1 ora	149.495	26,4	231.325	57,3	1.584.519	59,2
2 ore	443.547	78,2	402.930	99,7	2.004.138	74,9
3 ore	477.136	84,1	404.037	100,0	2.243.109	83,8
Totale Basilicata	567.118	100,0	404.037	100,0	2.676.261	100,0

Fonte: elaborazione su dati Istat. Popolazione e visitatori anno 2017, arrivi anno 2018.

La cartografia di Cesare Battisti: sperimentazione di una procedura di digitalizzazione automatica

Angelo Besana ^(a), Marco Ciolli ^(b), Stefano Gobbi ^(c), Paolo Zatelli ^(d)

^(a) DIST - Dipartimento Interateneo di Scienze, progetto e politiche del territorio, Politecnico e Università di Torino, Castello del Valentino, viale Mattioli, 39, 10125, Torino, tel. 011 0907446, fax 011 0907499, angelo.besana@unito.it.

^(b) DICAM - Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Meccanica, Università degli Studi di Trento, via Mesiano, 77, 38123, Trento, tel. 0461 882625, fax 0461 882672, marco.ciolli@unitn.it

^(c) DICAM, tel. 0461 882686, stefano.gobbi@unitn.it

^(d) DICAM, tel. 0461 882618, paolo.zatelli@unitn.it

Introduzione

La figura di Cesare Battisti quale geografo e cartografo è stata di recente riscoperta e rivalutata per la sua originale posizione scientifica nel contesto storico della geografia accademica italiana e per l'attualità metodologica della sua analisi applicata, in grado di "integrare" compiutamente tra loro le componenti fisico-naturali e quelle antropiche nell'indagine e rappresentazione dell'organizzazione spaziale regionale (Dai Prà, 2018). Lo studio della produzione scientifica di Cesare Battisti può dunque rappresentare un contributo fondamentale per la storia del pensiero geografico (Quaini, 2018; Rombai 2016) ma anche un'interessante occasione per la sperimentazione di nuovi strumenti e metodologie di cartografia storica applicata (Dai Prà, 2010). In particolare, per questa seconda, specifica, finalità può risultare di notevole utilità la predisposizione di una procedura automatica di digitalizzazione e classificazione delle carte storiche.

La procedura implementata a tal fine si basa su di una metodologia di classificazione ad oggetti (*Object-based Image Analysis – OBIA*) in tre passi, che verrà descritta in dettaglio più avanti.

L'intera procedura è stata realizzata con GRASS GIS 7.6, automatizzando tutte le operazioni e, in particolare, effettuando la classificazione dei segmenti mediante *machine learning* in R, con l'utilizzo di tutti i classificatori disponibili. L'esito è una carta in formato digitale (sia in formato raster che vettoriale) che può così essere utilizzata direttamente in ambiente GIS.

Cesare Battisti cartografo

Battisti è stato senza soluzione di continuità geografo e cartografo, in quanto intese le carte geografiche sia come strumento indispensabile di analisi e di riflessione, sia come mezzo efficace di rappresentazione e di comunicazione di concetti e problematiche (Dai Prà e Rossi, 2016). La sua più importante opera cartografica è costituita da *Il Trentino. Cenni geografici, storici, economici* (1915), un atlante tematico composto da 19 tavole cartografiche. L'opera rappresenta uno dei primi studi monografici regionali in Italia in cui la regione trentina è studiata e rappresentata rispetto alle sue caratteristiche fisico-naturali, storico-culturali, socio-demografiche ed economiche, secondo la prospettiva teorica della cosiddetta "regione integrale" della scuola geografica fiorentina di Giovanni Marinelli. I progressi dell'epoca nei metodi di raccolta, classificazione e rappresentazione dei vari fenomeni geografici avevano portato alla realizzazione di inventari sistematici delle diverse variabili, la cui elaborazione e rappresentazione cartografica poteva consentire, in primo luogo, l'individuazione delle rispettive "regioni elementari", esplicative della diffusione e caratterizzazione geografica dei singoli fenomeni (il clima, la flora, la fauna, l'idrografia, la demografia, gli insediamenti, la toponomastica, ...). Da queste, quindi, potevano essere derivate le "regioni complesse" (climatiche, fitogeografiche, zoogeografiche, antropiche, ...) quale risultato della combinazione dei singoli fenomeni e della sovrapposizione delle corrispondenti regioni elementari. Sintesi conclusiva di tutti i fenomeni e i livelli di analisi considerati, espressione evidente di unità geografica era, infine, la "regione integrale" (Proto, 2015). Il Trentino di Battisti costituisce una prima evidenza applicativa del modello regionale marinelliano seppure con un importante spunto di originalità, in quanto la sovrapposizione tra le ideali regioni "naturale", sostanzialmente statica, ed "antropica", tendenzialmente dinamica a seguito delle vicende storiche (politiche, belliche, sociali, ...), porta all'individuazione di una pluralità di regioni geografiche (sei) che nel loro insieme compongono solidalmente il Trentino e l'Alto Adige quale regione "integrale" (*Tavola I, Confini geografici, storici ed etnografici*).

L'opera di Battisti aveva anche un importante significato politico e tale risultato di sintesi consentiva di sostenere, sul piano scientifico, la presunta italianità della regione, fondata sulla considerazione fondamentale che i vari movimenti di popolazioni, prevalentemente italiane, nel corso del tempo avevano portato ad una preponderante diffusione dell'elemento culturale italiano (Dai Prà e Rossi, 2016; Proto, 2015). La tavola III, *Distribuzione etnico-linguistica della popolazione*, consente di raffigurare il principale elemento su cui poggiare tale considerazione. Essa riprende esattamente la carta Achille Dardano che illustra la distribuzione della popolazione nell'Italia nord-orientale (Istria compresa) sulla base della lingua parlata, pubblicata sempre dall'Istituto De Agostini all'inizio del 1915 (Proto, 2015).

È questa la carta tematica dell'atlante battistiano che sarà utilizzata per testare la procedura automatica di digitalizzazione e classificazione qui proposta. Il

complesso delle carte de *Il Trentino* può essere scaricato in formato immagine dalla sezione cartografica dell'articolo di Matteo Proto (2015) più sopra citato [http://storicamente.org/proto_battisti_trentino#nt-5 - visitato il 28/7/2019].

Digitalizzazione e classificazione della carta

La carta, originariamente in scala 1:500 000, è disponibile come immagine JPEG, con dimensione 2234x2500 pixel, 72 DPI, YcbCr color space a 8 bit.



Figura 1 – "Carta della distribuzione etnico-linguistica della popolazione", carta originale.

La classificazione è eseguita con classificazione ad oggetti (*Object-based Image Analysis – OBIA*) in 3 passi:

1. formazione dei *segmenti*, cioè aree dell'immagine ritenute omogenee in termini di significato e quindi classificate come un singolo oggetto
2. classificazione di ogni segmento in una delle classi della carta

3. ripulitura dei segmenti appartenenti a classi non significative per l'uso della carta

Tutta l'elaborazione è fatta con GRASS GIS 7.6, e l'intera procedura è stata automatizzata tramite *script*. Prima dell'elaborazione la legenda è stata mascherata.

La formazione dei segmenti è effettuata con approccio *region-growing*: i segmenti (inizialmente i singoli pixel) sono uniti in un segmento se

1. la loro differenza è la minore rispetto alla differenza con altri segmenti
2. la loro differenza è più piccola di un valore di soglia prefissata

Si devono scegliere i due parametri:

1. *threshold*, che controlla la soglia di similarità tra i segmenti. Maggiore è il valore e maggiore è la differenza (in termini di valori sui pixel/bande dell'immagine) che devono avere i segmenti e quindi maggiore è la loro dimensione; varia da 0 a 1
2. il numero minimo di pixel perché un segmento esista

La combinazione ottimale di questi due parametri è quella che massimizza l'omogeneità interna in ogni segmento e l'eterogeneità tra segmenti. I valori ottimali si possono determinare con una *unsupervised segmentation parameter optimization (USPO)*, in GRASS con il modulo *i.segment.uspo*.

L'applicazione alla carta in esame per 3 regioni attorno a Bolzano, Trento e Schio, rappresentative per tipo e geometria di segmenti, ha fornito:

Region	Thresh	Minsize	Optimization
Schio	0.40	10	1.57905345316
Trento	0.40	10	1.40471623656
Bolzano	0.35	10	1.65160867683

Tabella 1. Parametri di ottimizzazione per la segmentazione secondo USPO su tre regioni significative.

L'uso del valore 0.4 per il threshold comporta la non formazione di segmenti per molte lettere delle scritte più piccole: è stato quindi diminuito a 0.05.

La classificazione è eseguita con 11 classi, aggiungendo alle voci della legenda le classi relative a idrografia, strade e testo: (1) Italiani, (2) Tedeschi, (3) Zone montuose, (4) Paesi transalpini, (5) Idrografia, (6) Strade, (7) Confine Regno d'Italia, (8) Confine Trentino, (9) Confine geografico, (10) Città, (11) Testo.

La classificazione dei segmenti è stata effettuata mediante *machine learning* in R. Sono stati usati tutti i classificatori disponibili, *Support Vector Machine (with a radial kernel) (SVMradial)*, *Random Forest (RF)*, *Recursive partitioning (Rpart)*, e *k-Nearest Neighbors (kNN)*. Allo stesso modo, tutti i sistemi di voto disponibili, *Simple Majority Vote (SMV)*, *Simple Weighted Vote (SWV)*, *Best*

Worst Weighted Vote (BWWV) e *Quadratic Best Worst Weighted Vote (QBWWV)* sono stati usati.

Per la classificazione è stata aggiunta una banda di *texture*, per distinguere la classe "Zone montuose" dalla classe "Paesi transalpini": hanno infatti colore simile ma la seconda classe presenta una retinatura, evidente in una mappa di *texture*. È stata calcolata la *texture* sulla banda del rosso, che presenta il contrasto maggiore, con finestra 7x7 e metodo della correlazione.

Per l'addestramento del classificatore sono stati campionati 209 punti distribuiti in modo uniforme tra le classi.



Figura 2 - "Carta della distribuzione etnico-linguistica della popolazione", classificazione con *Best Worst Weighted Vote (BWWV)*; i colori delle classi sono scelti in modo che siano simili all'originale.

Rimozione delle categorie non di interesse

La rimozione delle categorie non di interesse per le successive elaborazioni, tutte quelle oltre la classe 4, è effettuata con un modulo di GRASS realizzato appositamente, *r.fill.category*. Questo modulo applica iterativamente un filtro

passa basso, usando l'operatore moda con finestra 33x33 pixel, ai soli pixel della classe da rimuovere. Per la rimozione delle 7 classi è stato creato uno script che applica ricorsivamente *r.fill.category*. Per la determinazione della dimensione del filtro da applicare è stato sviluppato un secondo modulo di GRASS *r.object.thickness* che determina larghezza minima, media e massima di oggetti di una data categoria su una carta raster. Entrambi i moduli sono automaticamente installabili come *Add-on* di GRASS.

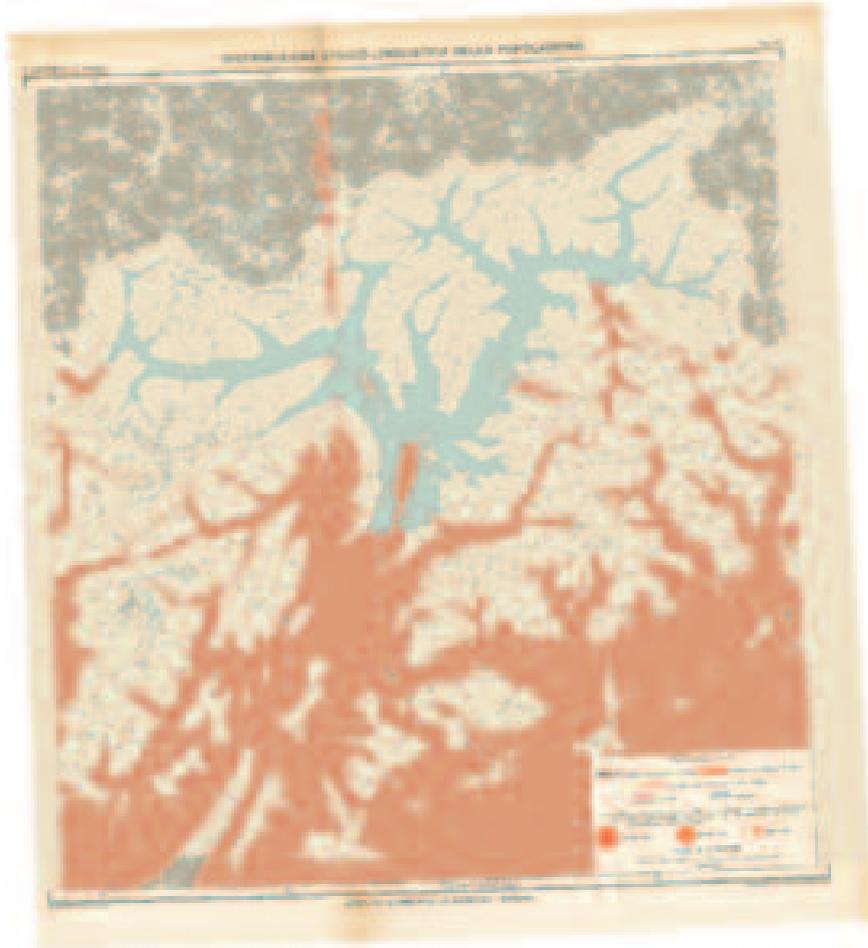


Figura 3 - "Carta della distribuzione etnico-linguistica della popolazione", classificazione con Best Worst Weighted Vote (BWWV) dopo l'eliminazione delle 7 classi non di interesse.

Valutazione dei risultati

Per la valutazione dei risultati è stata creata una carta di controllo contenente 24 aree digitalizzate manualmente. Per ogni sistema di voto è stata determinata la matrice di confusione, l'accuratezza complessiva (percentuale di pixel classificati correttamente) e la *K* di Cohen.

Gli ultimi 2 sistemi di voto sono quelli che danno il risultato migliore e, come spesso accade, assegnano gli stessi voti ed ottengono quindi gli stessi valori di accuratezza e *K di Cohen*.

La carta è stata georeferenziata nel sistema ETRS89 con proiezione UTM fuso 32N. Come riferimento è stato usato il reticolato in gradi presente sulla scansione.

Sistema di voto	Accuratezza complessiva	K
SMV	89.135855	0.848647
SWV	95.405619	0.936135
BWV	95.539406	0.937987
QBWV	95.539406	0.937987

Tabella 2. Accuratezza complessiva e *K di Cohen* per i 4 sistemi di voto.

La georeferenziazione è stata fatta nel sistema ETRS89 non proiettato e la carta è stata successivamente riproiettata in ETRS89/UTM32N (EPSG 25832). Ne risulta una carta raster con risoluzione in nord-sud di 100.5 m ed est-ovest di 69.1 m.

Conclusioni

La classificazione con *Object-based Image Analysis* si è rivelata un buon strumento per la digitalizzazione automatica di mappe storiche, come indicato dai valori in Tabella 2. Sperimentazioni su ortofoto hanno indicato la possibilità di applicare procedure di classificazione *batch*, con applicazione della mappa di addestramento costruita su una immagine ad una collezione di immagini dal contenuto simile (Balasubramaniam et al., 2019). Per migliorare il risultato è possibile aumentare/spostare i punti di *training*, provare altre coppie di *threshold* e numero minimo pixel per la segmentazione, provare altre dimensioni della finestra di calcolo della *texture* ed altri operatori e modificare il numero di classi.

L'esito è una carta in formato digitale, raster o vettoriale a seconda delle caratteristiche dei tematismi originari e/o delle successive esigenze di analisi, attraverso cui poter indagare le caratteristiche della distribuzione spaziale delle categorie rappresentate secondo le funzioni e gli strumenti propri dell'ambiente GIS. Ad esempio, per i due principali gruppi etno-linguistici della regione (in questa carta i ladini sono considerati italofoeni) è agevolmente possibile calcolare l'estensione superficiale delle aree da questi rispettivamente occupate, come riportato nella Tabella 3.

Classe	Superficie [km ²]	Superficie [%]
Italiani	8405.998	28.27

Tedeschi	2617.452	8.80
Zone montuose	14761.037	49.64
Paesi transalpini	3954.040	13.30

Tabella 3. Superfici delle classi nella carta finale (Fig. 3).

Bibliografia

Balasubramaniam, R. , Namboodiri, S. , Subrahmanyam, G. , Nidamanuri, R. (2019) *Batch-Mode Active Learning-Based Superpixel Library Generation for Very High-Resolution Aerial Image Classification*, *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 799, 307–318. DOI: 10.1007/978-981-13-1135-2_24

Battisti C. (1915), *Il Trentino. Cenni geografici, storici, economici con un'appendice sull'Alto Adige*, Istituto Geografico De Agostini, Novara

Dai Prà E. (2010), "L'attualità della cartografia storica fra convergenze disciplinari e nuove tecnologie", *GEOmedia*, 14: 6-9.

Dai Prà E. (a cura di) (2018), *Cesare Battisti geografo e cartografo di frontiera*, CISGE, Roma.

Dai Prà E., Rossi M. (2016), "Cesare Battisti, geografo e cartografo", in Dal Prà L. (a cura di), *Tempi della storia, tempi dell'arte. Cesare Battisti tra Vienna e Roma*, Provincia Autonoma di Trento, Trento, 111-122.

Proto M. (2015), "Geografie e cartografie di guerra: «Il Trentino. Cenni geografici, storici, economici. Con un'appendice sull'Alto Adige» di Cesare Battisti (1915)", *STORICAMENTE*, 11: 1–19. DOI: 10.12977/stor617

Quaini M. (2018), "Cesare Battisti: la più grande anomalia nella storia della geografia", in Dai Prà E. (a cura di), *Cesare Battisti geografo e cartografo di frontiera*, CISGE, Roma, 27-40.

Rombai L. (2016), *Cesare Battisti (1875-1916). Geografo innovatore*, Phasar

Tecniche geomatiche in uno studio interdisciplinare a supporto della conoscenza dei Beni Culturali

Gabriele Bitelli ^(a), Beatrice Borghi ^(b), Chiara Francolini ^(a), Filippo Galletti^(b)

^(a) Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica, Ambientale e dei Materiali (DICAM),
Università di Bologna, gabriele.bitelli@unibo.it, chiara.francolini@unibo.it

^(b) Dipartimento di Scienze Dell'Educazione "Giovanni Maria Bertin"(EDU),
Università di Bologna, b.borghi@unibo.it, filippo.galletti2@unibo.it

Introduzione

Il settore dei Beni Culturali sta facendo uso in modo sempre più ampio delle moderne tecnologie e metodologie di rilievo e rappresentazione della Geomatica, che permettono di realizzare modelli tridimensionali caratterizzati da un'accuratezza elevata, consultabili nel tempo e facilmente integrabili con altre tipologie di dati (Bitelli et al., 2017). Tale ambito, inoltre, è particolarmente adatto allo sviluppo di applicazioni dal forte carattere interdisciplinare: il lavoro presentato descrive a tal riguardo un'applicazione in cui il contributo dell'ingegneria geomatica è affiancato a quello della ricerca storica medievista. Il caso di studio è un bacile longobardo, detto anche "Catino di Pilato": attualmente collocato all'interno della Basilica di Santo Stefano a Bologna, nel cosiddetto "Cortile di Pilato", il bacile è oggetto di numerosi dibattiti che riguardano da un lato l'interpretazione dell'iscrizione presente lungo il perimetro superiore del bacile stesso, dall'altro la sua collocazione storica (Gallinetti, 1985).

Lo studio si concentra sull'utilizzo dei modelli tridimensionali di tale oggetto creati grazie a due delle più recenti e avanzate tecniche di rilievo della Geomatica, la fotogrammetria digitale e la scansione 3D: tali modelli, caratterizzati da un'elevata risoluzione e un altissimo grado di dettaglio, hanno fortemente contribuito all'interpretazione di una parte dell'iscrizione che è da lungo tempo oggetto di dibattito tra gli storici.

Fase di rilievo e analisi dell'iscrizione

La fotogrammetria digitale e la scansione 3D apportano numerosi vantaggi rispetto alle tecniche tradizionali di rilievo di iscrizioni e piccoli oggetti nel settore dei Beni Culturali, quali fotografia, calco, disegno diretto e, più di recente, la tecnica nota come Polynomial Texture Mapping (PTM) (Earl et al., 2010). Entrambe le tecniche geomatiche garantiscono infatti rapidità, versatilità, accuratezza e oggettività.

Il rilievo fotogrammetrico è stato effettuato sia prima che dopo il restauro del catino, avvenuto nel 2017: per l'occasione è stata utilizzata una fotocamera Canon 6D full frame e l'elaborazione è stata effettuata con il software Agisoft Metashape. I modelli ottenuti dai due rilievi successivi sono entità digitali tridimensionali caratterizzate da un buon grado di dettaglio; essi garantiscono una rappresentazione fedele e completa del catino, agevolando lo studio dell'oggetto nonché eventuali confronti e analisi pre- e post-restauro.

La scansione 3D è stata effettuata utilizzando Spider di Artec3D, uno scanner portatile a proiezione di luce strutturata capace di acquisire fino a un milione di punti al secondo (Figura 1, a sinistra). La precisione intrinseca dello scanner è di alcune decine di micron, caratteristica che lo rende indispensabile per rilievi di precisione che necessitano di un elevato grado di dettaglio (Francolini et al. 2018). Per i citati motivi, si è scelto di utilizzare questa tecnologia per il rilievo della sola iscrizione: il modello digitale ottenuto dalla scansione 3D ha una risoluzione di 0,1 mm ed è composto da 16 milioni di punti (Figura 1, a sinistra). L'elevatissimo grado di dettaglio ha permesso di effettuare un'analisi sulla profondità delle incisioni che costituiscono l'iscrizione ed in particolare su una lettera B, da tempo oggetto di dibattito tra gli storici. Si sono estratti i profili a profondità crescente della lettera B in esame, di una lettera B generica estratta dall'iscrizione e di una lettera R anch'essa estratta dall'iscrizione. L'analisi è poi proseguita con il confronto dei profili, al fine di individuare somiglianze e/o differenze tra essi e giudicare conseguentemente quale sia la corretta interpretazione dell'acronimo HIB(HIR) di cui la lettera in esame fa parte (Figura 1, a destra).



Figura 1 – A sinistra: lo scanner a proiezione di luce strutturata e modello 3D ad alta risoluzione dell'iscrizione. A destra: profili delle lettere B e R estratti alla profondità di 1 mm.

Conclusioni

Le moderne tecnologie di rilievo fornite dalla Geomatica risultano essere particolarmente efficaci per indagini multidisciplinari nel settore dei Beni Culturali in quanto permettono di realizzare modelli digitali degli oggetti che sono geometricamente rigorosi ed estremamente dettagliati - caratteristica fondamentale nell'analisi epigrafica - ed a contempo facilmente condivisibili, consultabili nel tempo e progressivamente integrabili con dati più recenti.

Bibliografia

Bitelli G., Balletti C., Brumana R., Barazzetti L., D'Urso M.G., Rinaudo F., Tucci G. (2017), "Metric Documentation of Cultural Heritage: Research Directions from the Italian GAMHer Project" The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences (XLII-2/W5): 83-90. doi:10.5194/isprarchives-XLII-2-W5-83-2017

Francolini C., Marchesi G., Bitelli G. (2018), "High-resolution 3D survey and visualization of Mesopotamian artefacts bearing cuneiform inscriptions", Proc. 2018 IEEE International Conference on Metrology for Archaeology and Cultural Heritage, pp. 178-182, ISBN: 978-1-5386-5275-6

Earl G., Beale G., Martinez K., Pagi H. (2010), "Polynomial texture mapping and related imaging technologies for the recording, analysis and presentation of archaeological materials", *ISPRS International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 38:218-223

Gallinetti F. (1985), "L'iscrizione del catino di Pilato in un contributo inedito di Felice"

Integrazione di prodotti satellitari e dati in situ per il monitoraggio della qualità delle acque del lago Trasimeno

Mariano Bresciani (a), Giulia Luciani (b), Nicola Ghirardi (a), Annelies Hommersom (c), Valentina Della Bella (d), Rosalba Padula (d), Luca Tamburi (d), Alessandra Cingolani (d), Fedra Charavgis (d), Claudia Giardino(a)

^(a) Istituto per il Rilevamento Elettromagnetico dell'Ambiente, CNR-IREA, via Bassini 15, 20133 Milano, *tel.* 02-23699298; *e-mail:* bresciani.m; ghirardi.n; giardino.c@irea.cnr.it

^(b) Politecnico di Milano,

^(c) Water Insight, Marijkeweg 22, 6709 PG Wageningen, Olanda; *e-mail:* hommerson@waterinsight.nl

^(d) Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente, ARPA Umbria, *e-mail:* v.dellabella; r.padula; l.tamburi; a.cingolani; f.charavgis@arpa.umbria.it

Introduzione

Il monitoraggio della qualità dell'acqua nei laghi è di fondamentale importanza per la comprensione delle dinamiche ecologiche e per la loro gestione. In aggiunta ai parametri fisici e chimici delle acque e dei sedimenti, la conoscenza delle caratteristiche e quantità della componente biologica è di fondamentale importanza. Negli ecosistemi acquatici il fitoplancton rappresenta la base delle reti trofiche ed è un buon indicatore dello stato di qualità dei laghi (Ptacnik et al., 2008).

Il fitoplancton lacustre presenta dinamiche di crescita estremamente variabili a livello spaziale e temporale e al fine di poter monitorare il loro stato e valutare il loro impatto sulla qualità delle acque, sulla produttività e sull'ecologia della rete alimentare è necessario avere informazioni spaziali con elevata frequenza temporale (Brentrup et al., 2016). Le acque interne subiscono crescenti pressioni che vanno dai cambiamenti nell'uso del suolo all'interno del loro bacino idrografico, ai cambiamenti climatici con conseguenti aumenti della temperatura dell'aria, variazioni dei livelli idrometrici e degli eventi di precipitazioni estremi (Hayes et al., 2015). A livello globale, la temperatura e le precipitazioni sono cambiate radicalmente e si prevedono cambiamenti ancora più marcati per il futuro (Meehl et al., 2007). Questi cambiamenti influenzeranno notevolmente l'aumento della concentrazione dei nutrienti e le condizioni fisiche della colonna d'acqua determinando notevoli cambiamenti nelle dinamiche temporali del fitoplancton lacustre (Christensen et al., 2007). Il fitoplancton mostra una grande variabilità circadiana (Bresciani et al., 2013), che è determinata dalla capacità di sfruttare l'irradiazione disponibile durante il giorno in modo variabile, che a sua volta influenza la concentrazione di pigmenti fotosintetici (Dall'Olmo et al., 2011), la migrazione verticale del fitoplancton lungo la colonna d'acqua (Serizawa et al., 2008), la capacità di

assimilazione dei nutrienti da parte delle cellule di fitoplancton e la produzione primaria (Clark et al., 2002). La variabilità circadiana del fitoplancton, così come la variabilità stagionale, sono fortemente influenzate dalla meteorologia (Cloern, Jassby, 2010), un fattore sempre più dipendente dai cambiamenti del clima globale, che influenza in particolare la proliferazione di alghe potenzialmente tossiche (O'Neil et al. 2012).

Questo studio presenta l'applicazione di un approccio integrato tra l'utilizzo d'immagini satellitari e dati di riflettanza misurata in continuo ottenuti da uno spettroradiometro (WISPStation) posizionato su una piattaforma nel lago, come parte del progetto europeo H2020 EOMORES (Earth Observation-based Services for Monitoring and Reporting of Ecological Status), sviluppato nel Lago Trasimeno.

Le immagini satellitari sono ampiamente utilizzate per osservare e comprendere la variabilità spaziale e temporale (giornaliera/settimanale) dei parametri lacustri otticamente attivi (es. Pinardi et al., 2018; Tyler et al. 2016), mentre l'esplorazione della variabilità temporale oraria è ancora limitata ai sensori geostazionari (Kwon et al., 2018), le cui risoluzioni spaziali e spettrali sono limitate per monitorare la complessità ottica delle acque interne. L'integrazione delle informazioni ottenute dall'analisi delle immagini satellitari con il monitoraggio in situ ha il grande vantaggio di permettere una visione sinottica, multitemporale e multiparametrica.

Gli obiettivi del lavoro sono: i) la creazione di opportune catene di processamento delle immagini Sentinel-2 e Sentinel-3 per la stima della concentrazione di Clorofilla-a (Chl-a); ii) la conversione delle riflettanze ottenute dalla WISPstation in concentrazioni di Chl-a; iii) l'analisi dei prodotti ottenuti nel 2018 per il monitoraggio delle dinamiche spazio-temporali del fitoplancton e la valutazione dello stato di qualità delle acque del lago Trasimeno sulla base della Water Framework Directive (WFD).

Area di studio

Il lago Trasimeno (Fig. 1) ha una superficie di 124 km², è il quarto lago italiano più grande per estensione e il principale invaso naturale dell'Italia peninsulare. Il volume dello specchio lacustre, in condizioni idrologiche normali, è di circa 0.59 km³, ha forma tondeggianti e sviluppo spondale di 53 km. Il lago Trasimeno è di origine tettonica, è un lago chiuso e poco profondo (profondità media 4.2 m, profondità massima 6 m), con un tempo di ritenzione idrica piuttosto elevato di circa 24 anni (Burzigotti et al, 2003).

Parte integrante del bacino del Tevere, ha un bacino di raccolta di 387 km² cui corrisponde un sottobacino naturale di 306 km².

I bassi livelli idrometrici, l'aumento della temperatura delle acque (Pareeth et al., 2017), l'apporto di nutrienti di origine agricola e zootecnica, gli scarichi civili e le attività turistiche rendono tendenzialmente eutrofica la condizione di questo lago (Giardino et al., 2010). La conseguente diminuzione sia della biodiversità della fauna ittica sia della complessità vegetazionale, in particolare con la perdita dell'area a canneto nell'area a sud dell'Oasi La Valle (Gigante et al., 2011), e l'innescarsi di effetti a domino, hanno inoltre causato un cambiamento della natura e distribuzione della vegetazione sommersa con l'innescarsi di fioriture estive-autunnali di cianobatteri (Bresciani et al., 2011).

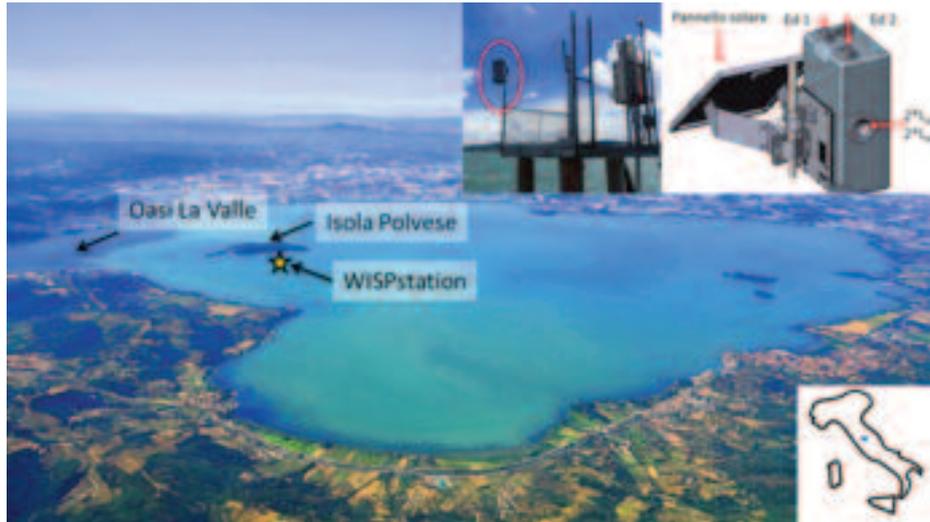


Figura 1 – Immagine del lago Trasimeno con indicazione della posizione della WISPstation in prossimità dell'isola Polvese e indicazione dell'Oasi La Valle. In alto la fotografia della WISPstation montata su piattaforma e schema della WISPstation con indicazione della posizione delle differenti ottiche.

Materiali e metodi

Il 24 aprile del 2018, su una piattaforma posta a circa 400 metri dalle coste dell'Isola Polvese, è stata installata la WISPstation (figura 1). La WISPstation è un sistema di spettroradiometri a posizione fissa costituita da un sistema di misurazione ottica per la misura della riflettanza dell'acqua. Gli spettroradiometri della WISPstation, come il portatile WISP-3 (Hommersom et al., 2012) misurano la radianza che fuoriesce dall'acqua (L_{up}), la radianza del cielo (L_{sky}) e l'irradianza solare (E_d) nell'intervallo spettrale di 350-900 nm con una risoluzione spettrale di 3 nm in accordo con il protocollo SeaWiFS (Mobley, 1999). Al fine di avere un angolo di azimuth ottimale di misura durante tutta la giornata, in modo da evitare problemi speculari, è costituito da due triplette di sensori, una rivolta a NNE e una a NNW. La WISPstation è alimentata tramite pannello solare, acquisisce ogni 15 minuti e invia i dati automaticamente tramite connettività 3G. I circa 5000 dati di riflettanza misurati dal 24 Aprile al 3 Ottobre 2018, sono stati convertiti in valori di concentrazione di Chl-a tramite l'applicazione dell'algoritmo di Gons (1999). I dati di riflettanza misurati con la WISPstation sono stati confrontati con dati acquisiti da spettroradiometri portatili (FieldSpec ASD-FR e Spetral Evolution SR3500) in occasione di due campagne di misura *in situ* il 24 Aprile e 14 Giugno 2018. Le stime di Chl-a sono state validate tramite confronto con 6 campioni d'acqua raccolti in prossimità della piattaforma il 14/06, 24/07, 06/08 e 04/09 e analizzati in laboratorio (Lorentzen, 1967).

In aggiunta alle misure in continuo sono state acquisite e processate immagini ottiche satellitari dei sensori MSI (*MultiSpectral Instrument*) e OLCI (*Ocean and Land Colour Instrument*) rispettivamente a bordo dei satelliti Sentinel-2 (S2A/B) e Sentinel-3 (S3A/B). Il sensore MSI acquisisce in 13 bande nella regione spettrale compresa tra 442 e 2201 nm, con una risoluzione spaziale variabile tra i 10-20-60 m al suolo (in questo lavoro le immagini sono state riprocessate a 10 m) e intervallo temporale di 5 giorni. Il sensore OLCI è

contraddistinto da 21 bande nell'intervallo spettrale fra 400 e 1020 nm, acquisisce giornalmente ad una risoluzione spaziale di 300 m. Nel periodo temporale febbraio-dicembre 2018, 30 immagini OLCI/Sentinel-3 e 26 immagini MSI/Sentinel-2 prive di copertura nuvolosa, glint e disturbi radiometrici sono state corrette atmosfericamente in accordo con l'approccio di Cazzaniga et al. (2019) rispettivamente con il codice POLYMER (Steinmez et al., 2011) e il codice 6Sv (Vermote et al., 2006). Le immagini in riflettanza sono state convertite in mappe di concentrazione di Chl-a con il codice bio-ottico BOMBER (Giardino et al., 2012) parametrizzato sulla base delle proprietà ottiche specifiche delle acque del lago Trasimeno (Giardino et al., 2015). Le serie temporali dei prodotti ottenuti dalla WISPstation e dalle mappe satellitari sono state fuse al fine di fornire il maggiore numero d'informazioni e sono state convertite in stato di qualità delle acque in accordo con i limiti e le metriche della WFD.

Risultati

Il confronto tra le misure effettuate dagli spettroradiometri della WISPstation e quelli portatili SpectralEvolution e FieldSpec ASD, come visibile in figura 2, ha evidenziato un eccellente accordo; lo stesso vale per le stime di Chl-a ottenute dalla WISPstation rispetto alle misure *in situ*, in cui il valore di r^2 è risultato di 0.97.

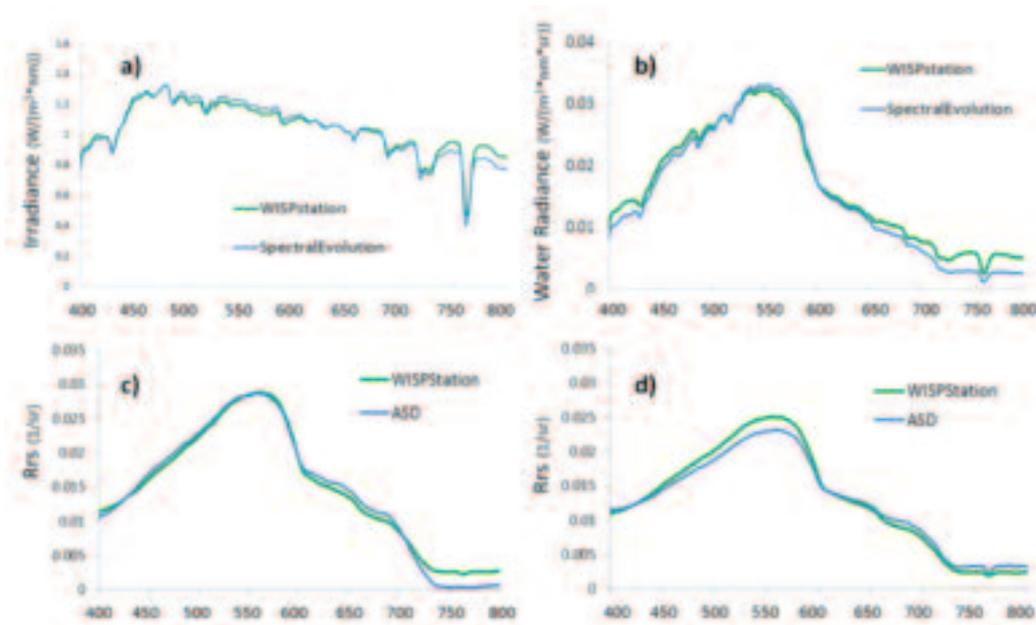


Figura 2 - In alto sono mostrati i confronti tra i valori di irradianza solare (a) e di radianza che fuoriesce dalle acque (b) acquisiti il giorno 24 Aprile 2018 alla 12.30 (le misure sono state effettuate con una differenza temporale di cinque minuti) tra la WISPstation e lo Spectral Evolution. Sotto il confronto tra le riflettanze (Remote sensing reflectance - Rrs) acquisite il giorno 14 Giugno 2018 dalla WISPstation e dal FiledSpec ASD: alle ore 10:05 e alle ore 11:45.

L'andamento temporale di Chl-a, rappresentato in figura 3, mostra la grande variabilità delle concentrazioni sia a livello stagionale, sia intragiornaliero, sia orario.

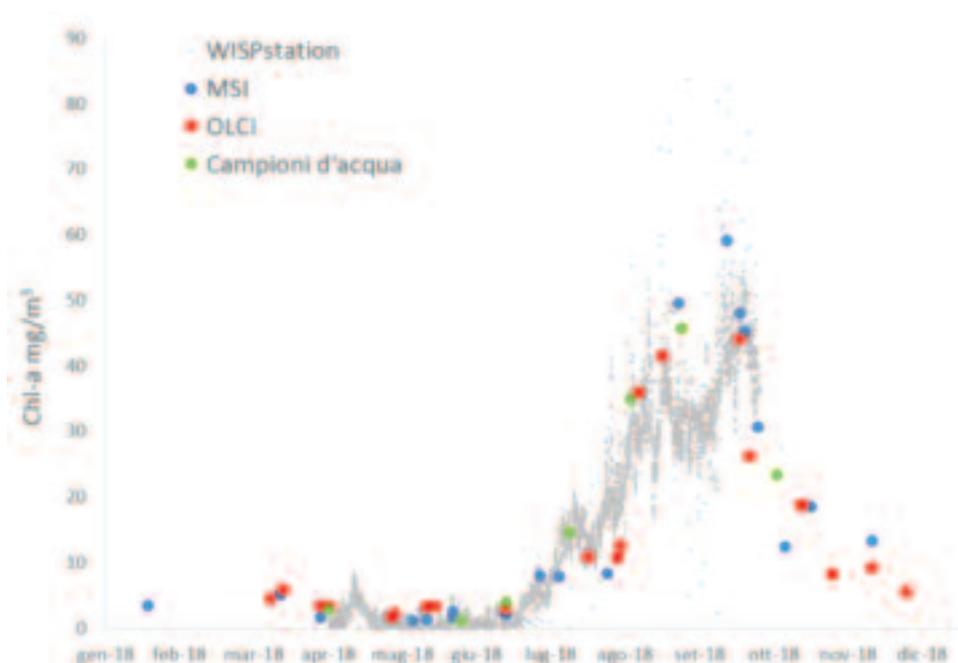


Figura 3 – Andamento delle concentrazioni di Chl-a ottenute dalla WISPstation, dalle immagini OLCI e MSI e dai campioni d'acqua prelevati nella zona antistante alla piattaforma dell'isola Polvese.

I prodotti ottenuti dalle immagini OLCI e MSI e i prodotti puntuali della WISPstation sono in stretto accordo come evidenziato in figura 3. I prodotti di Chl-a ottenuti da OLCI e da MSI hanno mostrato un buon accordo reciproco ($r^2=0.95$) e con i dati in situ (MAE 1.47, rRMSE 12.5) come indicato in Cazzaniga et al. (2019). Le mappe di Chl-a, mostrate in figura 4, confermano la variabilità stagionale delle concentrazioni di questo parametro, con valori maggiori nelle zone ad ovest e nord del lago.

I risultati sono stati aggregati in classi, secondo le soglie previste dalla WFD per la valutazione dell'indice di clorofilla (DM 260/2010, Tab. 4.2.1/c). Il giudizio relativo al 2018, dato dal valore medio annuo di clorofilla sull'intero specchio lacustre, ha evidenziato complessivamente uno stato "scarso", anche se l'area a sud dell'Isola Polvese ha presentato valori compatibili con la classe "sufficiente". Osservando l'andamento temporale, il giudizio di qualità passa dallo stato "cattivo" nel periodo di transizione estivo-autunnale a quello "buono" del periodo invernale e primaverile. Tali risultati appaiono in linea con quanto emerso dal monitoraggio in discreto svolto da ARPA Umbria ai sensi della WFD.

La valutazione di quali fattori abbiano condizionato gli andamenti spaziali e temporali della clorofilla è ancora in corso; alcuni risultati preliminari denotano come il vento e la temperatura siano fattori chiave nel determinare le dinamiche e i bloom di fitoplancton.

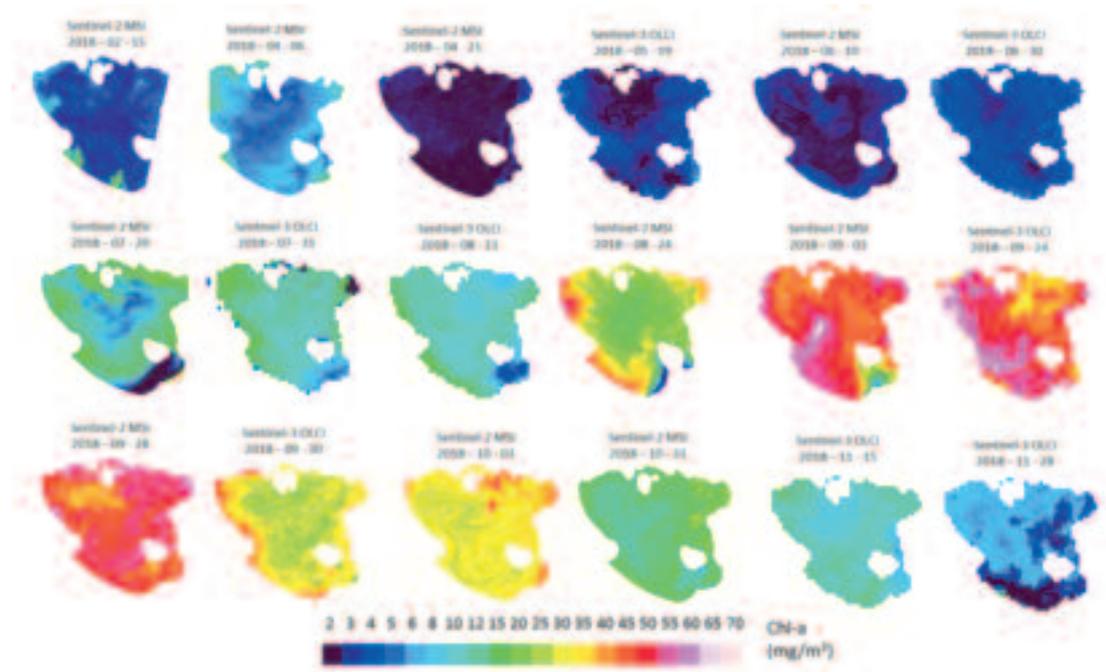


Figura 4 – Esempi di mappe di concentrazione di Chl-a ottenute dalle immagini MSI e OLCI durante il 2018.

Conclusioni

I risultati ottenuti hanno evidenziato l'importanza di avere a disposizione serie di dati che coprano sia la variabilità spaziale sia frequenze temporali molto elevate. La validazione dei dati di riflettanza di concentrazione di Chl-a della WISPstation ha confermato la buona qualità dei dati. L'integrazione dei prodotti ottenuti da Sentinel-2 e Sentinel-3 fornisce una serie di elevato valore per il monitoraggio delle acque. I risultati ottenuti dall'analisi spazio-temporale hanno evidenziato l'elevata dinamicità della componente fitoplanctonica nelle acque del lago. In particolare, l'analisi dei prodotti ha evidenziato condizioni di criticità delle acque nel periodo estivo ed autunnale, in cui le concentrazioni di clorofilla hanno superato i 50 mg/m^3 . Elevata irradiazione solare, alte temperature e ridotta intensità del vento sono i fattori che maggiormente condizionano le dinamiche del fitoplancton. I dati della WISPStation hanno permesso di stimare come la Chl-a può cambiare significativamente durante il giorno (fino al 200%), con valori massimi delle concentrazioni rilevate nelle ore pomeridiane.

Ringraziamenti

Le attività sono inserite all'interno del progetto H2020 EOMORES (GA n. 730066). Si desidera ringraziare la Cooperativa dei Pescatori del Trasimeno sul lago per il supporto nella attività di campo ed in particolare Aurelio Cocchini. Si ringrazia la Provincia di Perugia per aver reso disponibile la piattaforma dell'isola Polvese.

Bibliografia

Brentrup J.A., Williamson C.E., Colom-Montero W., Eckert W., de Eyto E., Grossart H.P., Huot Y., Isles P.D., Knoll L.B., Leach T.H. and McBride C.G.

- (2016), "The potential of high-frequency profiling to assess vertical and seasonal patterns of phytoplankton dynamics in lakes: an extension of the Plankton Ecology Group (PEG) model", *Inland Waters*, 6(4): 565-580.
- Bresciani M., Rossini M., Morabito G., Matta E., Pinardi M., Cogliati S., Julitta T., Colombo R., Braga F. and Giardino C. (2013), "Analysis of within-and between-day chlorophyll-a dynamics in Mantua Superior Lake, with a continuous spectroradiometric measurement", *Marine and Freshwater Research*, 64(4): 303-316.
- Burzigotti R., Dragoni W., Evangelisti C. and Gervasi L. (2003), "The role of Lake Trasimeno (central Italy) in the history of hydrology and water management", *IWHA 3rd International Conference, Alexandria, Egypt*.
- Christensen J.H., Hewitson B., Busuioc A., Chen A., Gao X., Held I. et al. (2007), "Regional climate projections", In *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Eds S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor & H.L. Miller), Cambridge University Press, Cambridge, U.K., 847-940.
- Clark D.R., Flynn K.J. and Owens N.J.P. (2002), "The large capacity for dark nitrate-assimilation in diatoms may overcome nitrate limitation of growth", *New Phytologist*, 155: 101-108.
- Cloern J.E. and Jassby A.D. (2010), "Patterns and scales of phytoplankton variability in estuarine-coastal ecosystems", *Estuaries and Coasts*, 33(2): 230-241.
- Dall'Olmo G., Boss E., Behrenfeld M.J., Westberry T.K., Courties C., Prieur L., Pujol-Pay M., Hardman-Mountford N. and Moutin T. (2011), "Inferring phytoplankton carbon and eco-physiological rates from diel cycles of spectral particulate beam-attenuation coefficient", *Biogeosciences*, 8(11): 3423-3439.
- Giardino C., Bresciani M., Matta E. and Brando V.E. (2015), "Imaging Spectrometry of Inland Water Quality in Italy Using MIVIS: An Overview. In: Younos T., Parece T. (eds) *Advances in Watershed Science and Assessment*", *The Handbook of Environmental Chemistry*, Springer, Cham, 33: 61-83.
- Giardino C., Candiani G., Bresciani M., Lee Z., Gagliano S. and Pepe M. (2012), "BOMBER: A tool for estimating water quality and bottom properties from remote sensing images", *Computers & Geosciences Elsevier*, 45: 313-318.
- Giardino C., Bresciani M., Villa P., Martinelli A. (2010), "Application of Remote Sensing in water resource management: The case study of Lake Trasimeno, Italy", *Water Resources Management*, 4: 3885-3899.
- Bresciani M., Giardino C. and Boschetti L. (2011), "Multi-temporal assessment of biophysical parameters in Lakes Garda and Trasimeno from MODIS and MERIS", *Italian Journal of Remote Sensing*, 43(3): 49-62.
- Gigante D., Venanzoni R. and Zuccarello V. (2011), "Reed die-back in southern Europe? A case study from Central Italy", *Comptes Rendus Biologies*, 334(4): 327-336.
- Gons H. (1999), "Optical Teledetection of Chlorophyll a in turbid inland waters", *Environ. Sci. Technol*, 33: 1127-1132.
- Hayes N.M., Vanni M.J., Horgan M.J., Renwick W.H. (2015), "Climate and land use interactively affect lake phytoplankton nutrient limitation status", *Ecology*, 96: 392-402.

- Hommersom A., Kratzer S., Laanen M., Ansko I., Ligi M., Bresciani M., Giardino C., Beltrán-Abaunza J.M., Moore G., Wernand M. and Peters S. (2012), "Intercomparison in the field between the new WISP-3 and other radiometers (TriOS Ramses, ASD FieldSpec, and TACCS)", *Journal of Applied Remote Sensing*, 6(1): 63615.
- Jindal R. and Thakur R.K. (2013), "Diurnal variations of plankton diversity and physico-chemical characteristics of Rewalsar Wetland, Himachal Pradesh, India", *Recent Research in Science and Technology*, 5(3).
- Kwon Y.S., Jang E., Im J., Baek S.H., Park Y. and Cho K.H. (2018), "Developing data-driven models for quantifying *Cochlodinium polykrikoides* using the Geostationary Ocean Color Imager (GOCI)", *International journal of remote sensing*, 39(1): 68-83.
- Lorenzen C.J. (1967), "Determination of chlorophyll and phaeo-pigments: spectrophotometric equations 1", *Limnology and Oceanography*, 12: 343-346.
- Mobley C.D. (1999), "Estimation of the remote-sensing reflectance from above-surface measurements", *Appl. Opt.*, 38(36): 7442-7455.
- Neveux J., Dupouy C., Blanchot J., Le Bouteiller A., Landry M.R. and Brown S.L. (2003), "Diel dynamics of chlorophylls in high-nutrient, low-chlorophyll waters of the equatorial Pacific (1808): interactions of growth, grazing, physiological responses, and mixing", *Journal of Geophysical Research–Ocean*, 108(12).
- Pareeth S., Bresciani M., Buzzi F., Leoni B., Lepori F., Ludovisi A., Morabito G., Adrian R., Neteler M. and Salmaso N. (2017), "Warming trends of perialpine lakes from homogenised time series of historical satellite and in-situ data", *Science of the Total Environment*, 578: 417-426.
- Pinardi M., Bresciani M., Villa P., Cazzaniga I., Laini A., Tóth V., Fadel A., Austoni M., Lami A. and Giardino C. (2018), "Spatial and temporal dynamics of primary producers in shallow lakes as seen from space: Intra-annual observations from Sentinel-2A", *Limnologica*, 72: 32-43.
- Ptácnik R., Lepistö L., Willén E., Brettum P., Andersen T., Rekolainen S., et al. (2008), "Quantitative responses of lake phytoplankton to eutrophication in Northern Europe", *Aquatic Ecology*, 42: 227-236.
- Serizawa H., Amemiya T., Rossberg A.G. and Itoh K. (2008), "Computer simulations of seasonal outbreak and diurnal vertical migration of cyanobacteria", *Limnology*, 9: 185-194.
- Steinmetz F., Deschamps P.Y. and Ramon D. (2011), "Atmospheric correction in presence of sun glint: application to MERIS", *Optics express*, 19(10): 9783-9800.
- Tyler A.N., Hunter P.D., Spyarakos E., Groom S., Constantinescu A.M. and Kitchen J. (2016), "Developments in Earth Observation for the Assessment and Monitoring of Inland, Transitional, Coastal and Shelf-Sea Waters", *Science of the Total Environment*, 572: 1307-1321.
- Vermote E.F., Tanré D., Deuzé J.L., Herman M., Morcrette J.J., Kotchenova S.Y. (2006), "Second Simulation of the Satellite Signal in the Solar Spectrum, 6s: An Overview", *6S User Guide Version 3*.

Dalle percezioni della popolazione al dato georiferito: studio quali-quantitativo del paesaggio del Friuli V.G.

Giorgia Bressan ^(a), Mauro Pascolini ^(a)

^(a) Università degli Studi di Udine, dip. DILL, via Petracco 8, 33100 Udine,
(giorgia.bressan; mauro.pascolini@uniud.it)

Il quadro di riferimento

Quali luoghi vengono percepiti come positivi o di qualità e quali come negativi o di degrado dalla popolazione? Ogni persona è depositaria di una conoscenza del territorio in cui vive o che frequenta per lavoro o per altre necessità, che proviene perlopiù, in prima approssimazione, dalla sua esperienza diretta.

Dalla conoscenza dei luoghi deriva la costruzione di quella complessa dimensione che possiamo definire "senso dei luoghi" che porta con sé, successivamente, ad attribuire valore ai luoghi e a processi di patrimonializzazione. In questo contesto prende vita ad esempio l'esperienza della redazione delle cosiddette mappe di comunità¹ che di fatto rappresentano l'archivio valoriale e la memoria storica territoriale di una data comunità.

Se in questa direzione ormai esiste una consolidata letteratura e numerose esperienze meno usuale è il tentativo di raccogliere e analizzare, in modo congiunto, i giudizi espressi sia in forma quantitativa che qualitativa sul grado di valore o di degrado di un determinato luogo o territorio. Sorge di conseguenza la necessità di esaminare quali procedure utilizzare per visualizzare e presentare i dati così raccolti in forma efficace e poi valutare quali utilizzi di questa nuova base informativa si possano mettere in essere.

Il presente contributo, in chiave problematica e senza pretese di esaustività, tenta di offrire delle nuove riflessioni sul legame, in ambito della spazialità, fra creazione di nuova informazione e comunicazione della conoscenza prodotta tramite produzione cartografica (Amaduzzi et alia, 2018).

Nello specifico, il lavoro si serve di dati spaziali per la costruzione di una cartografia volta all'analisi quali-quantitativa dei luoghi percepiti dalla popolazione locale come di bellezza e/o di degrado nel Friuli Venezia Giulia (d'ora in poi abbreviata con FVG).

In particolare, si utilizzano i dati raccolti tramite Internet durante la campagna di somministrazione del questionario del progetto di ricerca PaRiDe² e i dati spaziali del webGIS del Piano Paesaggistico del Friuli Venezia Giulia (PPR-

¹ Questa modalità di rappresentare il territorio attraverso particolari mappe, note come *Parish Maps*, prende avvio, agli inizi del secolo scorso in Inghilterra. In questi ultimi anni si sono affermate non solo come complessa rappresentazione da parte delle comunità dei luoghi che abitano, ma pure come strumento di elaborazione del significato profondo dei luoghi (Leslie, 2006).

² Il progetto PaRiDe, "I Paesaggi del Rischio e del Degrado: dalla percezione, alla rappresentazione e alla territorializzazione. Saperi interdisciplinari e consapevolezze a supporto delle politiche di governo del territorio", è stato finanziato nell'ambito dei Progetti di ricerca dipartimentali (PRID) ex PSA, anno 2017, del Dipartimento di Lingue e Letterature, comunicazione, formazione e società (DILL) dell'Università degli Studi di Udine. Il gruppo di ricerca è formato da Mauro Pascolini, Salvatore Amaduzzi, Andrea Guaran, Gian Pietro Zaccomer, Giorgia Bressan (assegnista di ricerca) che qui si ringrazia, come pure Luca Cadez il responsabile del WebGIS del PPR-FVG.

FVG)³. Gli output cartografici prodotti si caratterizzano in maniera originale perché danno un ruolo centrale al cittadino come fonte primaria di dati, alla luce dei suoi ruoli di "utilizzatore finale" delle politiche paesaggistiche, di "consumatore" e "produttore" di paesaggio.

Il tema della democrazia nelle questioni paesaggistiche ha ricevuto forte interesse negli ultimi tempi (Shaw et al., 2017) in quanto i cambiamenti del paesaggio sono prevalentemente osservati nella micro scala mentre i processi antropici e naturali che li generano si sviluppano ad un livello geografico superiore, talvolta anche a dimensione globale. Nascono di conseguenza degli squilibri di potere fra chi genera questi processi e chi li subisce.

Nella Convenzione Europea del Paesaggio (Consiglio di Europa, 2000), si vuole, *inter alia*, correggere questa asimmetria, affermando la necessità di «avviare procedure di partecipazione del pubblico, delle autorità locali e regionali e degli altri soggetti coinvolti nella definizione e nella realizzazione delle politiche paesaggistiche» (Art. 4), ma anche riconoscendo che «il "Paesaggio" designa una determinata parte di territorio, così come è percepita dalle popolazioni» (Art. 1).

Alla luce della necessità di considerare il paesaggio come una rappresentazione che la persona ne fa, si è voluto riconoscere la legittimità della conoscenza locale (Hawthorne et al., 2015), per creare non solo un elenco di situazioni positive e negative nella regione di riferimento, ma soprattutto per individuare dove queste sono. Lavorare con dati georiferiti permette al ricercatore, da un lato, la visualizzazione delle segnalazioni complessivamente in forma immediatamente leggibile su di una mappa e la possibilità di svolgere con tali dati analisi spaziali. Dall'altro lato è utile per trasformare le percezioni dei cittadini in una base informativa quantitativa, che può essere potenzialmente usata dai *decision maker* locali per comprendere la rilevanza data dalla popolazione alle risorse naturali e culturali presenti nel territorio; per meglio identificare quali luoghi sono ritenuti prioritariamente necessari di riqualificazione e contribuire così a destinare le risorse nella direzione indicata dai cittadini.

In questo contributo, in particolare, si vogliono mettere in evidenza le scelte metodologiche adottate per la rappresentazione cartografica delle segnalazioni dal momento che se, successivamente, si vogliono usare, ad esempio, dati spaziali per scopi di pianificazione, bisogna avere molta cautela sulla qualità dell'informazione geografica usata come input al fine di soddisfare le esigenze di precisione e accuratezza richiesta dai pianificatori (Fessele e Poplin, 2011).

La scelta in questo contributo è stata quella di analizzare, tra le diverse tipologie di segnalazioni pervenute, le sole segnalazioni puntuali, di cui è certa, perlomeno su base comunale, la localizzazione.

Da bene a patrimonio: il valore del paesaggio tra qualità e banalità

Negli ultimi tempi si sta assistendo a un aumentato interesse verso le tematiche che riguardano il paesaggio e i luoghi relativamente alla loro assunzione di valore che spesso da una dimensione privata si fa pubblica e

³ Il Piano Paesaggistico Regionale del Friuli Venezia Giulia, approvato nella primavera del 2018, è stato redatto sulla base di una attività di co-pianificazione tra la Regione e il Ministero dei Beni e delle attività culturali e del turismo che ha stabilito i contenuti tecnici, le modalità operative e il cronoprogramma per l'elaborazione congiunta del Piano. Alla redazione ha contribuito anche un gruppo di lavoro interdipartimentale dell'Università degli Studi di Udine.

collettiva. Questo interesse è testimoniato dalla crescita di "riconoscimenti" che trovano pratica attuazione in strumenti quali i marchi d'area, le certificazioni ambientali, le diverse forme di tutela territoriale come i parchi e le riserve naturali, e come massima aspirazione l'inserimento nella World Heritage List dell'UNESCO⁴.

Questo interesse trova fondamento nello stesso concetto di paesaggio e di territorio: il territorio, di cui il paesaggio è una componente fondamentale, non è solo il luogo in cui si vive e si lavora, ma anche è uno spazio che conserva in profondità le tracce e i segni delle comunità che lo hanno abitato (Pascolini, 2018). Si ha così uno spazio multidimensionale che viene ad assumere una dimensione valoriale che va oltre al mero valore dei beni presenti, a qualunque tipologia appartengano, ma si carica di significato e quindi di una dimensione valoriale immateriale che riguarda, a livello individuale e/o collettivo, la memoria, l'appartenenza, il senso dei luoghi.

Il paesaggio così diventa un vero e proprio patrimonio da riconoscere, conservare, trasmettere e valorizzare, che se da un lato assume presso le comunità locali, ma pure presso i fruitori esterni, importanza e valore, d'altro lato viene considerato alla stregua di qualunque prodotto da consumare all'interno di una logica di marketing territoriale.

L'immediata conseguenza è quella che nella percezione stessa delle comunità locali vengono a formarsi sistemi valoriali differenti e talvolta conflittuali che possono enfatizzare, a seconda degli interessi, o la dimensione strettamente economica o invece gli aspetti legati al patrimonio ambientale, storico e culturale, e al "senso" stesso che i luoghi esprimono (Pascolini, 2012). Vengono così a coesistere diversi "paesaggi": quelli "belli" ad alto valore, legati solitamente alla natura, e quelli "brutti" della quotidianità, della omologazione, del degrado, della semplificazione, spesso identificati con quelli della contemporaneità e che possono essere trascurati o abbandonati al loro destino. In questo contesto risulta particolarmente importante indagare come le popolazioni locali identifichino gli uni e gli altri e come se ne fanno carico in termini di patrimonio e di responsabilità nella loro gestione. Di fatto questa prospettiva investe la comunità, gli attori e i decisori, in prospettive inusuali e completamente diverse, anche in termini di creazione di nuove tassonomie che oltre a classificare il bello e il brutto considerino le dimensioni valoriali nel loro complesso.

Indagare, raccogliere, sistematizzare i dati che testimoniano di come vengono percepiti i paesaggi e la successiva mappatura e tematizzazione diventano elemento essenziale per una efficace *governance* territoriale e paesaggistica.

Quantificare un'informazione qualitativa: aspetti metodologici

Come già anticipato i dati utilizzati ed esposti in questo contributo si basano su quelli raccolti, da un lato, dal webGIS del PPR-FVG⁵ e, dall'altro, dalle indagini

⁴ A questo proposito per quanto riguarda la situazione italiana va ricordato che, ad oggi, sono ben 55 i siti iscritti nella Lista, il numero più elevato per singolo Paese, e l'ultimo inserito, nel 2019, riguarda proprio un bene paesaggistico: le "Colline del Prosecco di Conegliano e Valdobbiadene".

⁵ Nell'ambito del percorso che ha portato alla redazione del PPR-FVG, si è ricorsi ad uno strumento GIS online, denominato "Archivio partecipato delle segnalazioni online", per raccogliere segnalazioni sugli elementi di valore e di criticità presenti nel territorio regionale. Con tale strumento si sono raccolti, tra il 2015 e il 2016, diversi dati, di natura strettamente cartografica (localizzazione geografica) e non (es: fotografie, testi), che hanno permesso di creare un

condotte per il progetto di ricerca PaRiDe⁶. Tali dati sono espressione delle percezioni di un insieme ampio di partecipanti, comprendendo quest'ultimo studenti universitari, membri di associazioni ambientali, appassionati di fotografia, studiosi del territorio locale, solo per citarne alcuni.

Internet facilita il reclutamento dei partecipanti per cui, l'attivazione di questa modalità di coinvolgimento deriva dalla volontà di far emergere il sapere locale di individui che abitano su una superficie molto estesa (la scala del caso di studio è regionale), la cui opinione è difficilmente intercettabile con altre modalità. Da sottolineare inoltre il fatto che si è data attenzione sia a persone con competenze specifiche, sia a coloro che sono portatori di saperi originati dal contesto in cui vivono, al fine di valorizzare qualsiasi tipo di contributo, a prescindere dalla singola capacità di analisi dei multidimensionali aspetti del paesaggio.

Si parla di indagini, al plurale, in quanto la decisione è stata quella di intercettare diverse popolazioni target utilizzando distinte versioni del questionario base per consentire una raccolta più coerente delle segnalazioni.

Nello specifico, i questionari somministrati presso la comunità dell'Università di Udine (prima indagine in ordine temporale) e degli utenti di Twitter (seconda) hanno utilizzato come supporto Google Moduli. In questo caso si prevedeva una risposta testuale alla seguente domanda, non obbligatoria, «Indichi al massimo tre luoghi/elementi (specifici elemento e comune) della regione Friuli Venezia Giulia che per Lei sono di particolare valore/qualità» e, parallelamente, «tre luoghi/elementi (specifici elemento e comune) di particolare criticità/degrado sempre della stessa regione».

Per passare da segnalazioni testuali⁷ a punti georeferenziati, con coordinate geografiche, si è utilizzato il servizio di *geocoding* "Batchgeo" e in seguito si è verificata la qualità dell'output. Taluni punti sono stati spostati in quanto le posizioni assegnate automaticamente dal servizio non corrispondevano all'esatta localizzazione; altri sono stati esclusi dal database puntuale in quanto le corrispondenti segnalazioni risultavano troppo generiche (ad esempio, il territorio del Parco delle Dolomiti Friulane ricade su più comuni) o prive di riferimento spaziale (ad esempio la generica indicazione di "boschi").

Un questionario online con mappe integrate, sviluppato sulla piattaforma Enketo, è stato invece utilizzato nella terza somministrazione, che ha riguardato un gruppo di utenti che ha collaborato all'Archivio partecipato del PPR-FVG e membri di associazioni ambientali.

La domanda di carattere spaziale è rimasta inalterata, ma la risposta consisteva nel disegnare/tracciare, servendosi di punti, linee ed aree, il luogo da segnalare in mappe inglobate nel questionario online. I click del mouse nella

approfondito quadro conoscitivo utile ai fini del processo di elaborazione dei documenti del piano (Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, 2018).

⁶ Uno dei principali obiettivi del progetto dipartimentale PaRiDe è stato quello di intercettare la conoscenza di cui la popolazione locale è portatrice sullo stato del paesaggio regionale avvalendosi, per la raccolta dati, di questionari somministrati tramite Internet. I questionari, ricevuti durante il 2018, sono serviti per studiare l'opinione degli intervistati su vari aspetti legati al territorio e alla sua gestione, ma, ai fini di questo lavoro, sono di interesse solo le risposte di carattere spaziale. Nonostante l'affinità tematica fra le due fonti di dati, si vuole sottolineare che mentre nel caso del questionario le segnalazioni raccolte sono frutto della decisione di partecipare ad un progetto accademico nella qualità di intervistato, il webGIS si inquadra all'interno di un processo di partecipazione al quale era associata la redazione del PPR-FVG.

⁷ Un esempio frequente di luogo di degrado è stato il sito industriale dismesso e in forte degrado, all'ingresso della stazione ferroviaria di Udine, provenendo da sud, dell'ex stabilimento siderurgico della Safau.

mappa del questionario online si traducono in coppie di coordinate di latitudine e longitudine, che vengono salvate in un database assieme alle altre risposte del questionario. In questo caso il dato spaziale è creato direttamente dall'utente. Ad ogni modo si sono fatte le dovute verifiche della qualità del dato, spostando o escludendo elementi dal geodatabase puntuale. Visto che taluni dati erano sotto forma di aree e linee, si è proceduto per creare il centroide di questi elementi per realizzare un *layer* unico di punti.

C'è anche da precisare che una persona poteva anche scegliere di non mappare, ma di contribuire ugualmente a fornire informazioni, scrivendo testualmente i luoghi percepiti come di bellezza e di degrado. In questo caso è stata seguita la medesima procedura di trasformazione del testo in coordinate geografiche usata in precedenza.

Da ultimo, si è utilizzato un questionario dove nella sezione di carattere spaziale, c'era la possibilità di caricare proprie fotografie e di indicare testualmente il luogo fotografato (quarta indagine). Diversamente dagli altri questionari, qui la richiesta era: «Indichi al massimo tre paesaggi naturali della regione FVG che per lei sono di particolare valore/qualità» e di inserire «una fotografia di un luogo di degrado di aree naturali», «una fotografia di un luogo di degrado in quartieri urbani e periferie» e, infine, «una fotografia di un luogo di degrado e di abbandono di aree commerciali ed industriali», sempre in Friuli Venezia Giulia. Dunque, rispetto ai precedenti questionari, si escludeva la possibilità di segnalare luoghi di bellezza con carattere chiaramente antropico e si specificavano le categorie di degrado.

Riguardo alla geocodifica delle segnalazioni pervenute tramite fotografie, si evidenzia che in un primo momento, grazie alle informazioni presenti nel questionario sul luogo immortalato, sono state attribuite delle coordinate in "Google My Maps" a tutti quei luoghi fotografati la cui posizione era identificabile, in forma puntualmente esatta o sufficientemente approssimata. Successivamente tramite la conduzione di alcune interviste *face-to-face* ad un sottoinsieme di fotografi è stato possibile affinare il posizionamento. Anche in questo caso, un insieme di segnalazioni è stato escluso dal database puntuale a causa dell'assenza di precisione nel riferimento spaziale.

Per quanto riguarda il webGIS del PPR-FVG qui si vuole sinteticamente ricordare (regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, 2018) come l'adesione consisteva nell'accedere ad un sito internet, il cui indirizzo è stato ampiamente divulgato attraverso materiale comunicativo ed incontri mirati nell'ambito di uno specifico percorso partecipativo, e lasciare il proprio contributo utilizzando punti, linee e aree per identificare i luoghi da segnalare. Analogamente al geoquestionario, l'utente ha prodotto direttamente dati con le relative coordinate. Anche in questo caso, per la costruzione del database puntuale, linee ed aree sono state sostituite dai rispettivi centroidi.

I questionari somministrati (in totale, 861) e il webGIS hanno permesso di costruire un geodatabase inedito con oltre 4749 segnalazioni puntuali. Prima di procedere con la rappresentazione cartografica si vuole sottolineare che, data la natura approssimata dei dati forniti dal partecipante (la percezione di per sé è difficile da spazializzare ed inoltre ci sono delle problematiche o vincoli nel definire in un linguaggio/forma quanto percepito), alcune segnalazioni sono state escluse o trattate non in forma puntuale, in quanto non è stato possibile

attribuire con sicurezza il punto rappresentativo della segnalazione ad un determinato comune. Le segnalazioni aventi un riferimento geografico generale (in totale, si parla di 311 elementi) o non preciso (47) sono stati escluse da questa analisi.

La rappresentazione cartografica delle segnalazioni

Delle segnalazioni totali considerate per l'analisi, 3156 riguardano luoghi di bellezza, le rimanenti (1593) i luoghi di degrado. C'è dunque una netta propensione della popolazione locale a segnalare i luoghi attorno a loro caratterizzati da bellezza piuttosto di quelli con un forte aspetto di degrado e negatività.

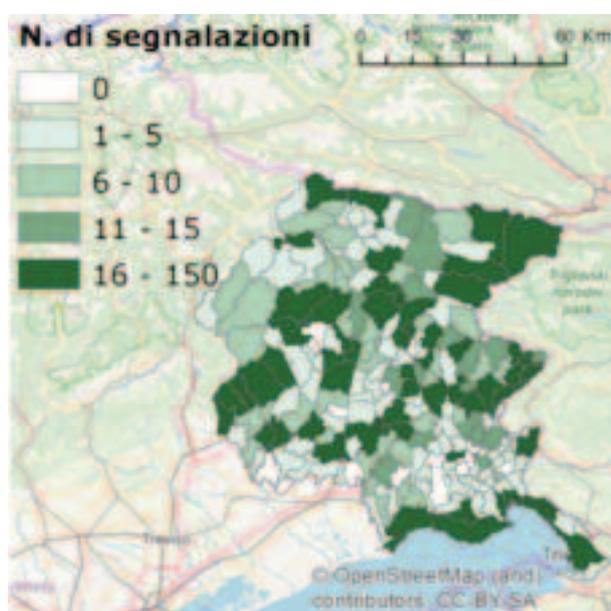


Figura 1 Segnalazioni di bellezza

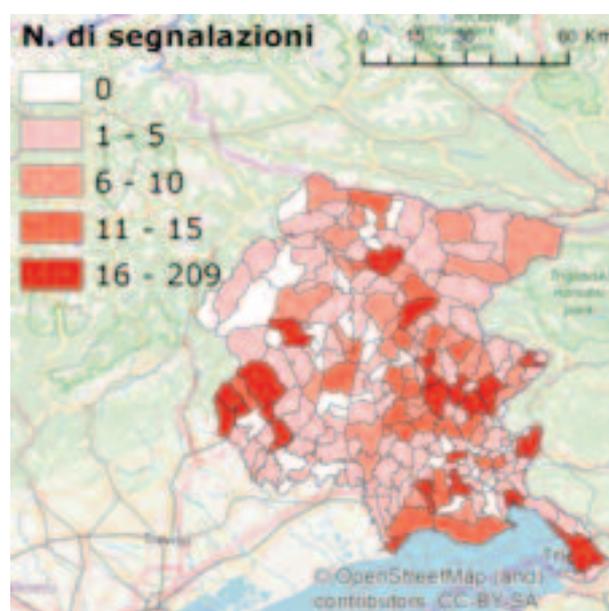


Figura 2 Segnalazioni di degrado

Le Figure 1 e 2 rappresentano la distribuzione comunale delle segnalazioni puntuali; in questo caso, si è usata la stessa scala per rendere confrontabile la lettura delle due cartografie. Una prima osservazione riguarda il fatto che ci sono dei comuni per cui non ci sono segnalazioni, e probabilmente questo fatto deve leggersi come conseguenza dei metodi di interazione con la popolazione adottati. Ci sono poi più comuni che hanno ricevuto molte segnalazioni di bellezza (ultima classe nella legenda), rispetto a quelle di degrado, anche come conseguenza della preferenza delle persone a segnalare la positività. Ad ogni modo, mentre il valore massimo di segnalazioni positive è 150, il valore massimo è 209 nel caso del degrado. Trattasi del comune di Udine, uno dei principali centri urbani della regione e sede dell'Università da cui sono partite le iniziative. Come confronto si può riportare il dato di Trieste; in questo caso le segnalazioni negative sono 89.

Per arricchire la lettura dei risultati, si è costruito un indicatore dove le segnalazioni, sia di bellezza (BELPOP) che di degrado (DEGPOP), sono state

normalizzate per la popolazione residente (per 1.000)⁸. È possibile visualizzare la distribuzione spaziale di questi indicatori nelle figure 3 e 4; in questo caso, i valori sono stati classificati in base ai quartili. Tenendo conto della popolazione residente, non emerge più il dato negativo prima evidenziato per Udine. Tendenzialmente, i comuni dove il valore dell'indicatore per la bellezza è più alto corrispondono ai comuni dove anche il valore dell'indicatore del degrado è più alto; questo testimonia che ci sono aree in cui il lavoro sul campo è stato più efficace, cioè si sono raccolte un numero elevato di segnalazioni, sia di bellezza che di degrado.

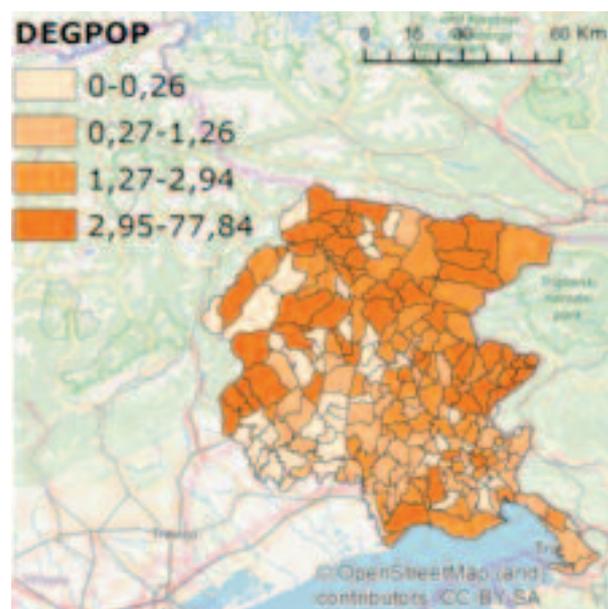
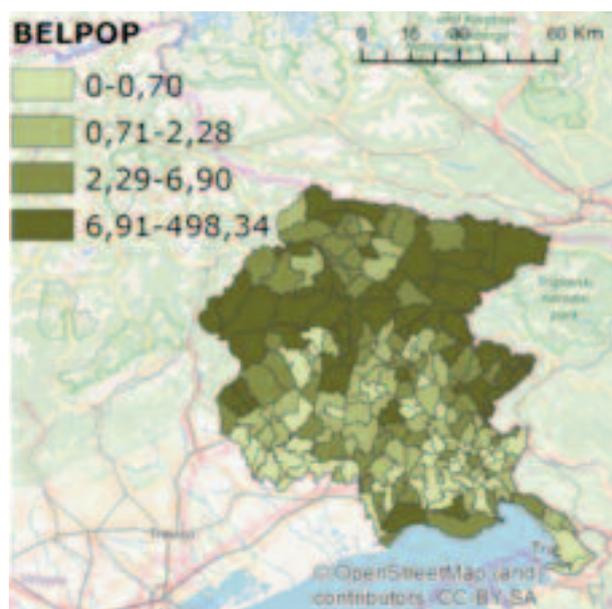


Figura 3 Segnalazioni di bellezza normalizzate Figura 4 Segnalazioni di degrado normalizzate

Alcune considerazioni finali

Si sono poste al centro del lavoro le valutazioni percettive delle persone che vivono/frequentano i territori e i paesaggi oggetto del caso di studio. La diffusione e l'utilizzo di Internet, computer e smartphone ha dato la possibilità ai ricercatori per entrare in contatto e mettersi in comunicazione con persone altrimenti escluse dai processi di produzione di conoscenza scientifica. Se in questo caso Internet è stato fondamentale per la raccolta di dati, tale mezzo può essere utilizzato anche per restituire al cittadino la nuova conoscenza prodotta e quindi motivarlo di più alla partecipazione e di responsabilizzarlo maggiormente alla gestione, alla valorizzazione, alla salvaguardia del paesaggio o meglio dei diversi paesaggi sia di serie A che di serie B.

Una più ampia riflessione andava condotta riguardo le varie scelte metodologiche, ma si è voluto comunque far emergere i diversi strumenti utilizzati per intercettare l'opinione delle comunità locali in merito a contenuti relativi alla dimensione spaziale e la loro restituzione cartografica che presenta una serie interessante di problematiche.

⁸ Si sono considerati i dati ISTAT della popolazione residente al 1 gennaio 2018. Per il calcolo degli indicatori su base comunale si è unito il dato dei comuni di Ligosullo con Treppo Carnico (c'è stata una fusione il 1 febbraio 2018) e dei comuni di Fiumicello con Villa Vicentina (anche in questo caso la variazione amministrativa ha la stessa data).

Un aspetto interessante da approfondire, in future ricerche, è vedere come la scelta dell'elemento segnalato possa essere condizionata dalla tipologia di strumento utilizzato (es: si decide di tracciare uno specifico elemento su di una mappa online perché quell'elemento è effettivamente sentito come un luogo di bellezza/degrado o solo perché l'intervistato conosce la posizione geografica di quel luogo?).

Sarebbe anche rilevante comprendere *in primis* quali sono le motivazioni che portano la popolazione a partecipare a tale campagne di indagine (es: senso civico, interesse ad essere coinvolto in un processo scientifico, etc.); poi valutare il legame fra caratteristiche socio-demografiche del campione coinvolto e la qualità del dato espresso; e infine studiare i benefici diretti e indiretti per la società di questi approcci partecipativi.

Nonostante le numerose sfide presenti, l'interazione fra ricercatore e cittadino negli studi in campo paesaggistico offre ulteriori possibilità di miglioramento e di efficacia che possono essere ancor meglio potenziate attraverso un miglior uso della tecnologia disponibile.

Riferimenti bibliografici

Amaduzzi S., Sowkhya B., Raawal, D. (2018), "Visualization and analysis of cellular & twitter data using qgis", *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLII-4/W8: 199-209.

Consiglio di Europa (2000), *Convenzione europea del paesaggio*, Strasburgo, disponibile in italiano in www.coe.int/en/web/landscape/about-the-convention.

Fessele M., Poplin A. (2011), "Quality of Information Collected with the Help of Map-Based Questionnaires", in *Proceedings REAL CORP 2011 Tagungsband 18-20 May 2011, Essen*, 747-754.

Hawthorne T.L., Elmore V., Strong A., Bennett-Martin P., Finnie J., Parkman J., Harris T., Singh J., Edwards L., Reed. J. (2015), "Mapping non-native invasive species and accessibility in an urban forest: A case study of participatory mapping and citizen science in Atlanta, Georgia", *Applied Geography*, 56: 187-198.

Leslie K. (2006), *A sense of place*, West Sussex Parish Maps, Chichester.

Pascolini M. (2017), "Dolomiti Unesco: un paesaggio e un patrimonio tra valori locali e universali", *Atti dell'Accademia Udinese di Scienze Lettere e Arti*, vol. CVIII: 25-52.

Pascolini M. (2012), "Il valore dei luoghi: una misura per nuove carte", *Multiverso*, 11: 37.

Shaw B.J., Draux H., Martín M.G., Martin J., Bieling C. (2017), "Contributions of citizen science to landscape democracy: potentials and challenges of current approaches", *Landscape Research*, 42 (8): 831-844.

Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, *Piano Paesaggistico Regionale del Friuli Venezia Giulia, Relazione Generale*, RAFVG, Trieste, 2018.

Uso di dati aerei ottici e LiDAR per la stima dei danni da vento nel Parco delle Cascine (Firenze)

Brilli Lorenzo ^(a), Chiesi Marta ^(a), Arcidiaco Lorenzo^(a), Magno Ramona^(a), Tagliaferri Giacomo^(a), Bottai Lorenzo^(b), Bindi Marco^(c), Maselli Fabio^(a)

^(a) Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto per la BioEconomia, via Madonna del Piano 10, 50019 Sesto Fiorentino (FI), tel. 055 52260203, marta.chiesi@ibe.cnr.it

^(b) Consorzio LaMMA, via Madonna del Piano 10, 50019 Sesto Fiorentino (FI)

^(c) Università di Firenze, DAGRI, Piazzale delle Casine , 50144 Firenze

Introduzione

Le aree verdi svolgono un ruolo assai rilevante nel contesto urbano fornendo molteplici servizi ecosistemici tra i quali spiccano il miglioramento della qualità dell'aria, la mitigazione termica, la conservazione delle risorse naturali, oltre all'offerta di spazi per usi ricreativi.

Negli ultimi anni è stato evidenziato come queste aree, grazie alla loro capacità di ridurre l'inquinamento da polveri sottili e di immagazzinare il carbonio atmosferico all'interno del suolo e della biomassa legnosa epigea (Nowak e Crane, 2002), potrebbero giocare un ruolo chiave per raggiungere gli obiettivi fissati dell'Unione Europea (UE) in materia di miglioramento della qualità dell'aria e mitigazione dei cambiamenti climatici.

Convenzionalmente la capacità di sequestro di carbonio fornita dalle foreste urbane viene stimata attraverso l'uso integrato di misure a terra, modelli e dati telerilevati. Le immagini ottiche, largamente impiegate (McRoberts et al., 2010), sono disponibili ad una più alta risoluzione spaziale, riprese sia da sensori passivi che attivi, come nel caso delle immagini *Light Detection and Ranging* (LiDAR) generalmente riprese da piattaforma aerea. Quest'ultima tipologia di dati ha permesso di raggiungere un livello di dettaglio ed accuratezza sempre maggiore poiché fornisce informazioni dirette sulla struttura verticale della vegetazione (e.g. Næsset, 1997).

In particolare, la stima del *Growing Stock Volume* (GSV) utilizzando i dati LiDAR viene eseguita con metodo *area based* o con algoritmi *single tree detection*. I metodi *area based* generalmente mettono in relazione le misurazioni del GSV raccolte all'interno di appezzamenti di terreno con una qualsiasi metrica (ad esempio altezza media della chioma) derivata dai dati LiDAR, che ovviamente implica la disponibilità di un gran numero di dati campionati a terra come riferimento (Corona et al., 2012). Inoltre, la calibrazione locale richiesta da questo approccio porta ad avere difficoltà nell'applicare in aree diverse le relazioni definite localmente (Coomes et al., 2017). Gli approcci *single tree detection* sono meno interessati da questi problemi, ma sono più pesanti da un punto di vista computazionale e difficili da applicare quando le chiome degli alberi sono vicine tra loro e poco definite (Bottai et al., 2013). Ad oggi, la maggior parte degli studi incentrati sulla valutazione della capacità di sequestro e stock di carbonio è stata eseguita su foreste naturali o semi-naturali (Van Leeuwen e Nieuwenhuis, 2010), mentre

solo pochi di essi riguardano aree verdi urbane. Tra questi, Huang et al. (2013) hanno proposto l'uso congiunto dei dati LiDAR e Landsat per stimare il volume del verde urbano a Shanghai, mentre Schreyer et al. (2014) hanno proposto un metodo empirico basato sull'uso di immagini LiDAR e QuickBird per stimare la quantità di carbonio immagazzinata nella vegetazione di Berlino. Tuttavia, sono praticamente assenti simili analisi su aree urbane in ambiente mediterraneo.

L'obiettivo del presente lavoro, che è descritto più completamente in Brilli et al., (2019), è quantificare le variazioni di carbonio stoccato nel parco urbano delle Cascine durante il periodo 2007-2017 tramite l'utilizzo di dati LiDAR e osservazioni raccolte a terra. Lo studio è in particolare mirato a valutare le variazioni di biomassa e carbonio avvenute nel parco in seguito ad una forte tempesta di vento che, nel marzo 2015, ha causato ingenti danni alla vegetazione.

Area di studio

Lo studio è stato condotto all'interno del Parco delle Cascine, la principale area verde della città di Firenze (Figura 1). Il parco, che si estende complessivamente su una superficie di circa 150 ha, si trova lungo il fiume Arno, a circa 40 m s.l.m. Il clima è sub-umido, con pioggia annua di circa 800 mm e temperatura media di 15.7 °C. La vegetazione è caratterizzata dalla prevalenza di latifoglie decidue, affiancate a sempreverdi, prati e, almeno in parte, anche a zone coltivate. Il suolo, che ha una tessitura franco-argillo-sabbiosa (52% sabbia, 24% limo e 24% argilla), è abbastanza profondo (>2 m).

Fra il 4 e il 5 marzo 2015 l'intera zona è stata colpita da una tempesta di vento, con raffiche fino a 165 km h^{-1} che hanno fortemente danneggiato la vegetazione arborea di tutto il parco.



Figura 1 - Ortofoto del 2007. Il Parco Urbano delle Cascine si trova sul lato settentrionale del fiume Arno, nella parte occidentale della città di Firenze.

Dati di studio

Un database contenente posizione, specie e diametro a 1,3 m (DBH) di ogni singola pianta presente all'interno del parco è stato derivato dai dati GIS del Comune di Firenze (<http://datigis.comune.fi.it>). Le informazioni sono state raccolte durante il periodo 2004-2008. Sono state inoltre effettuate misure a terra nella primavera del 2017 per rilevare altezza e diametro delle principali specie presenti nel parco e ricavare la relativa curva ipsometrica.

Tra i dati telerilevati sono state utilizzate le ortofoto digitali acquisite nel 2007 (<http://www502.regione.toscana.it/geoscopio/servizi/wms/OFC.htm>) e due immagini LiDAR, una appartenente al Ministero dell'Ambiente e l'altra al Comune di Firenze. Il primo set di dati è stato acquisito nel novembre 2007 da *Airborne Laser Terrain Mapping Optech Gemini LiDAR*, con una densità di campionamento di 2.9 punti m^{-2} . Il secondo dataset è stato acquisito a marzo 2017 da un *Airborne Laser Terrain Mapping LiDAR Riegl Q680i* con una densità di campionamento di 4 punti m^{-2} .

Per entrambi i voli sono disponibili il *Digital Terrain Model* (DTM) ed il *Digital Surface Model* (DSM); dalla loro elaborazione sono poi stati ottenuti i relativi *Canopy Height Models* (CHM) alla risoluzione spaziale di 1 m. Ad entrambi i CHM è stato applicato un filtro gaussiano con una finestra mobile 5x5 allo scopo di ridurre il rumore.

Metodologia

La disponibilità di un inventario forestale completo riferito al primo periodo di studio (2007) ha permesso di ricavare il GSV di tutto il parco usando le informazioni biometriche e le altezze derivate dalle curve ipsometriche per le diverse specie. Per il 2017, non essendoci informazioni così dettagliate, la valutazione del GSV è stata effettuata impiegando un numero ridotto di misure prese a terra e la relativa immagine LiDAR.

Da un punto di vista statistico, per il 2007 il campione corrisponde all'intera popolazione, mentre per il 2017 si può disporre solo di un numero ristretto di misure. Le stime sull'intero parco per la seconda data implicano perciò una incertezza rilevante, che può essere ridotta considerando i dati LiDAR.

In base a questo quadro metodologico, è stato utilizzato il *dataset* relativo al 2007 per:

- valutare il GSV presente nel parco nel 2007 sulla base dell'elaborazione dei dati inventariali e delle curve ipsometriche;
- caratterizzare la relazione tra GSV e le metriche LiDAR per ottimizzare la raccolta dei dati a terra e l'analisi del secondo periodo.

Valutazione del GSV iniziale: Dal momento che l'inventario completo del parco conteneva solo informazioni relative alla specie e al DBH, è stato necessario definire delle relazioni ipsometriche appropriate e dei coefficienti di forma per ottenere il GSV. A questo scopo, è stato utilizzato il database del Comune per identificare le specie arboree più abbondanti, il quale è stato poi confrontato con misure a terra durante la stagione di crescita del 2017. Per ciascuna classe forestale identificata seguendo tale criterio, sono stati selezionati 25 individui in maniera casuale all'interno del parco. Per ogni individuo selezionato sono stati misurati il DBH (cm), l'altezza dell'albero (m) e i due raggi del fusto (m)

l'uno perpendicolare all'altro. Le curve ipsometriche relative a ciascuna specie sono state definite elaborando il DBH e l'altezza degli alberi. Il GSV di ciascun albero inventariato è stato quindi dedotto utilizzando queste informazioni mentre, i coefficienti di forma delle principali specie italiane sono stati desunti all'interno dell'Inventario Forestale Nazionale (Tabacchi et al., 2011).

Elaborazione dei dati LiDAR ed inventariali: L'accuratezza dei dati inventariali del 2007 è stata verificata visivamente utilizzando le corrispondenti ortofoto e immagini LiDAR (Figure 2). Successivamente, è stata condotta un'analisi per ottimizzare la valutazione del GSV nel 2017 basandosi sui *dataset* disponibili e su un campionamento aggiuntivo limitato.

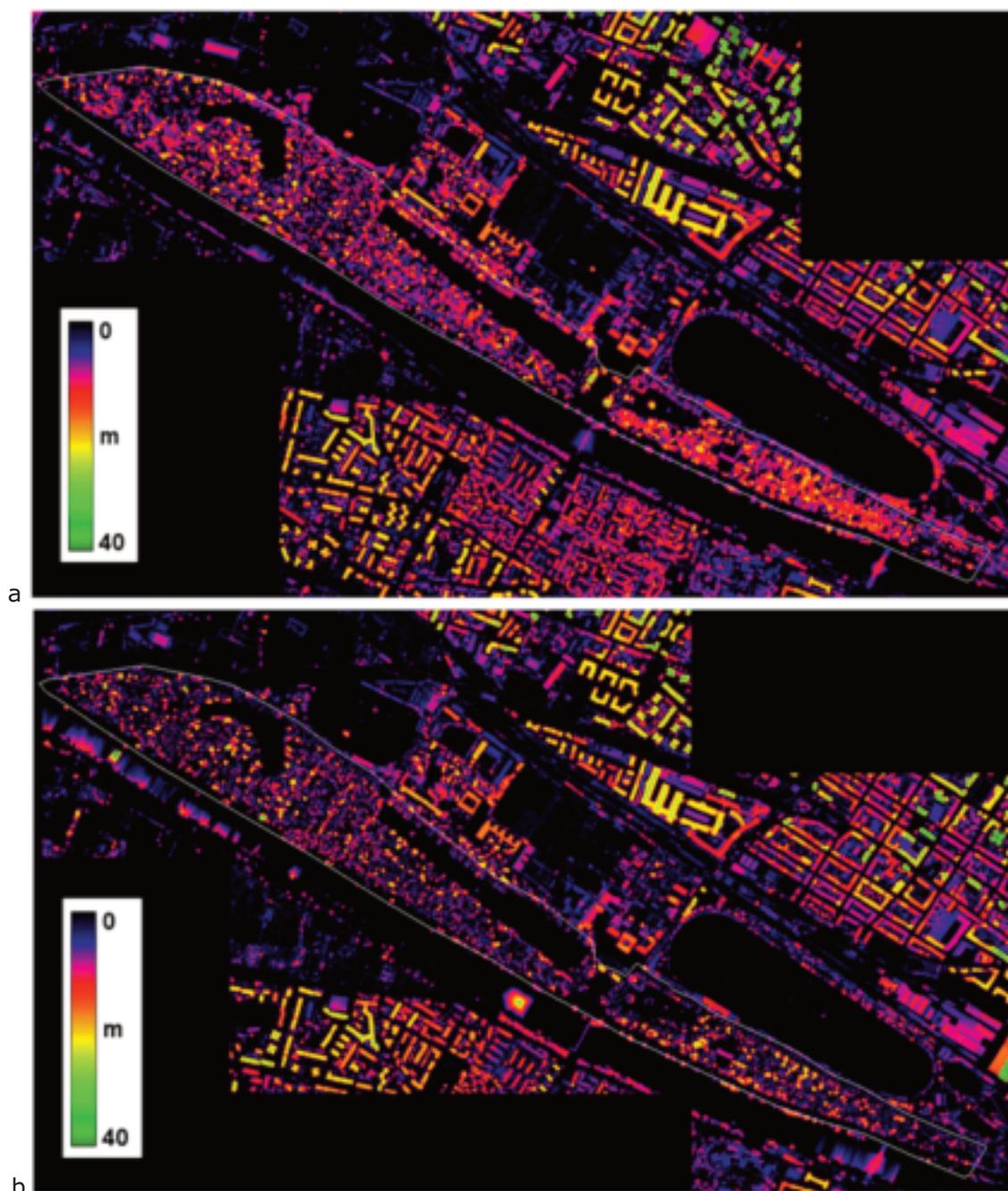


Figura 2 – CHM del Parco delle Cascine (delimitato in bianco) ottenuto dalle acquisizioni LiDAR del 2007 (a) e del 2017 (b).

Per questo scopo, il GSV di ogni singolo albero è stato aggregato su aree più grandi ritenute simili alle aree forestali utilizzate per il campionamento a terra (approccio *area-based*). L'intero parco è stato pertanto suddiviso in 926 aree di forma quadrata aventi i lati di 25 m, il cui GSV è stato desunto dai dati inventariali elaborati. Da questa popolazione, i campioni composti da diversi numeri di *plot* (10, 20, ecc.) sono stati estratti in modo casuale e sono state calcolate le rispettive medie del GSV. La ripetizione di questa operazione per 30 volte ha permesso il calcolo della stima di 30 medie del GSV per ogni numero di *plot*, che sono state poi confrontate con il GSV medio dell'intera popolazione. Le differenze emerse tra le medie del campione e della popolazione sono state riassunte come *Root Mean Square Error* (RMSE) del GSV.

Successivamente, lo stesso set di dati è stato combinato con il CHM derivato dal LiDAR del 2007 attraverso il menzionato approccio *area-based*. Le stime del GSV ottenute da poche aree campione possono essere migliorate applicando metodi statistici come il *regression estimator* o *ratio estimator* (Lohr, 2010). Queste tecniche consentono di correggere le statistiche di un attributo ambientale ottenuto da un campione limitato considerando una variabile ausiliaria ad esso correlata disponibile su tutta la popolazione. Il *ratio estimator*, in particolare, è una semplificazione del metodo di regressione che è preferibile quando la relazione tra la caratteristica ambientale e la variabile ausiliaria è lineare e passante per l'origine, come supposto per il GSV e il CHM. Tra le varie forme di *ratio estimator*, è stata applicata la seguente equazione:

$$\widehat{GSV}_P = B_{GSV-CHM} \overline{CHM}_P \quad [1]$$

dove: \widehat{GSV}_P e \overline{CHM}_P rappresentano le caratteristiche dell'intera popolazione della foresta, $B_{GSV-CHM}$ è la pendenza della regressione lineare tra le due variabili, forzata attraverso l'origine definita dal campione a terra.

La disponibilità di osservazioni del GSV e CHM per l'intera popolazione ha permesso un'analisi completa della rispettiva relazione e l'identificazione delle dimensioni ottimali dell'area campione. Per raggiungere questo obiettivo, il CHM medio è stato estratto per ciascuno dei 926 *plot* precedentemente individuati. Una regressione lineare con intercetta 0 è stata poi definita dal grafico di correlazione del GSV con il CHM, consentendo quindi l'identificazione di un singolo coefficiente utilizzabile per la conversione dell'altezza media della chioma in stima del GSV. L'affidabilità di questo coefficiente e il suo effetto sulla stima del GSV medio sono stati analizzati ripetendo la precedente operazione di regressione (30 volte per ogni numero di campioni). Per ogni ripetizione, la pendenza di regressione trovata è stata applicata al CHM della popolazione per stimare il rispettivo valore del GSV (equazione [1]). La precisione delle stime di GSV è stata quindi valutata come prima, attraverso il confronto con i dati inventariali.

Analisi del dataset del 2017: Il numero ottimale dei *plot* sufficienti per stimare il GSV del parco è stato identificato tenendo conto del risultato della suddetta analisi e di considerazioni pratiche sul tempo e lo sforzo necessario per l'ulteriore raccolta di dati a terra. Il campionamento a terra è stato quindi effettuato nei *plot* selezionati casualmente nell'area del parco. Tutti i *plot*

campione avevano forma circolare con un raggio di 15 m, in modo tale da avere un'area che corrispondesse approssimativamente a quella dei *plot* quadrati di 25 m di lato. All'interno di ogni *plot*, la specie e il DBH di tutti gli alberi sono stati campionati durante la stagione vegetativa 2017 e sono stati elaborati come precedentemente descritto per ottenere il GSV medio di ogni *plot*. Il GSV medio del parco è stato alla fine ottenuto utilizzando solo le osservazioni a terra, combinate con il CHM ricavato dai dati LiDAR del 2017 con il *ratio estimator*. Ciò ha permesso la valutazione del cambiamento avvenuto dal 2007 al 2017 e dell'incertezza ottenuta dai due metodi, ovvero senza e con l'utilizzo dei dati LiDAR. Infine, i valori GSV trovati per le due date oggetto di studio sono stati cumulati per l'intero parco e convertiti nei rispettivi valori di carbonio applicando i fattori di espansione della biomassa e la densità basale del legno definite per specie, come proposto da Federici et al. (2008).

Risultati e discussione

In Figura 2 si riportano i due *dataset* LiDAR relativi al parco: ci sono notevoli differenze tra i diversi settori delle immagini, con altezze fino a 20 m per entrambe le date. Si rilevano, inoltre, differenze tra i due periodi di osservazione, variabili a seconda delle diverse zone del parco.

In Figura 3a si riporta la relazione tra il valore medio del CHM del 2007 ed il GSV ottenuto suddividendo tutto il parco in 926 aree quadrate per le quali, grazie all'inventario, si conoscono tutte le piante. In Figura 3b si riporta invece la relazione trovata tra i dati del CHM del 2017 ed il GSV calcolato per 50 aree circolari rilevate a terra. La pendenza ottenuta per le 2 date è diversa verosimilmente a causa delle diverse condizioni di ripresa dei dati LiDAR (una a novembre 2007 e l'altra a marzo 2017).

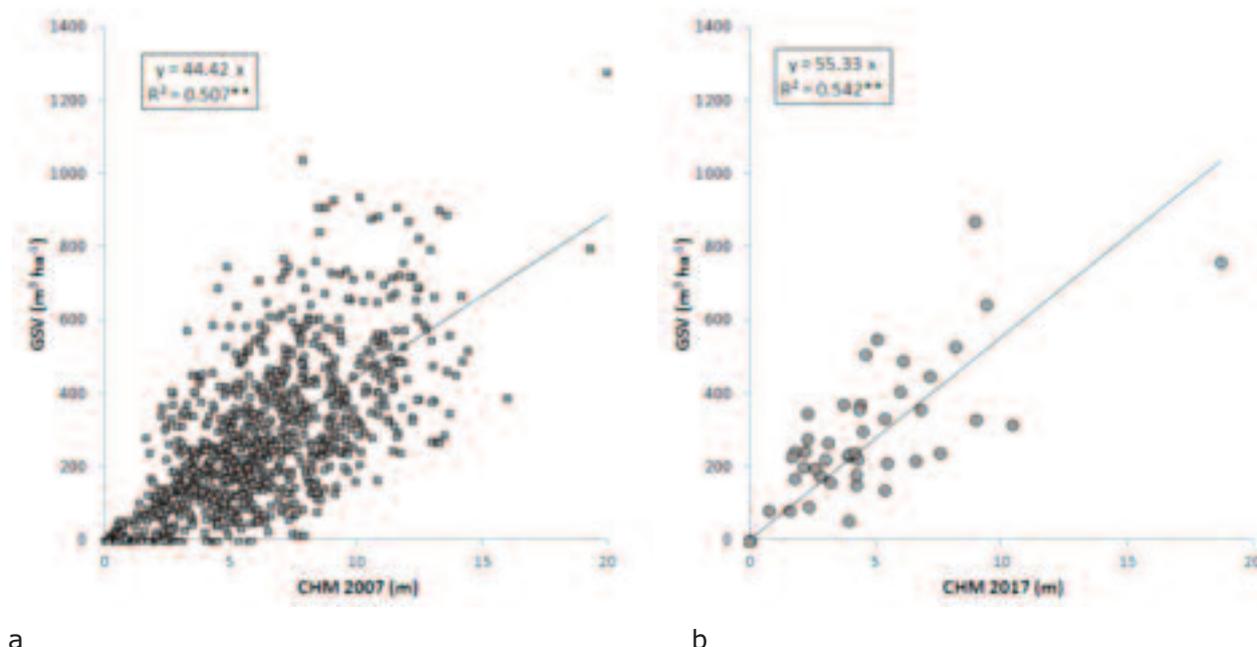


Figura 3 – Regressione lineare forzata all'origine tra il CHM medio del 2007 ed il GSV ottenuto dai dati inventariali ($N=926$ *plots* quadrati) (a); Regressione lineare forzata all'origine tra il CHM medio del 2017 ed il GSV dei 50 *plots* circolari (b) (** = correlazione altamente significativa, $P<0.01$).

Il GSV medio dei 50 plot rilevati nel 2017 è poco più alto rispetto al GSV della popolazione del 2007 ($262 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) e presenta un'elevata incertezza (deviazione standard campionata di $194 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$). Si è quindi scelto di correggere il GSV della popolazione utilizzando una variabile ad esso fortemente correlata, il CHM, dopo aver rilevato la pendenza tra le due variabili su un campione limitato.

Di conseguenza, la differenza di GSV rilevata tra le due date non è statisticamente significativa se soggetta al *test t di Student*. Gli stessi plot, tuttavia, hanno una media del CHM molto più alta della media corrispondente dell'intera popolazione (4.18 m contro 3.69 m); ciò indica che il campionamento a terra effettuato nel 2017 sulle aree selezionate ha interessato aree con un CHM particolarmente alto che, presumibilmente, influenza anche i valori del GSV (Figura 3).

La relazione tra il CHM e il GSV ottenuto dai 50 plot campione ha una correlazione simile e una pendenza maggiore rispetto alla relazione trovata usando l'insieme di dati riferiti al 2007. L'applicazione di questa pendenza alla media del CHM riferito alla popolazione del 2017 attraverso l'equazione [1] riduce notevolmente la media del GSV corrispondente ($204 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) e l'incertezza relativa. In tal modo la differenza tra il GSV de 2007 ed il 2017 ($51 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) diventa altamente significativa al *test t di Student* ($P < 0,01$).

Il *ratio estimator* è quindi efficiente nel migliorare la stima del GSV globale del 2017 e la relativa incertezza. In sostanza, i risultati ottenuti indicano che nel parco c'è stata una diminuzione del GSV del 20% durante il decennio di studio, con una perdita totale di GSV di circa 3000 m^3 , che corrisponde a una diminuzione del carbonio accumulato nel parco di circa 2700 tonnellate.

Conclusioni

L'applicazione di una metodologia basata sull'utilizzo di dati a terra e dati telerilevati (LiDAR) per la stima del GSV si è rivelata efficace per quantificare le variazioni avvenute nel parco urbano durante un decennio. In particolar modo, le variazioni osservate possono essere riconducibili anche all'impatto della tempesta di vento che ha investito la zona nel marzo del 2015.

Il lavoro svolto non ha esclusivamente quantificato il cambiamento del GSV verificatosi nel parco durante il decennio di studio, ma ha anche contribuito a consolidare la robustezza di questa metodologia in ambiente urbano mediterraneo, caratterizzato da diversità spaziale e condizioni climatiche dinamiche, e dove sino ad oggi erano stati effettuati solamente pochi studi.

Relativamente alle dinamiche del carbonio, la perdita del 20% di biomassa legnosa avvenuta nel periodo 2007-2017 comporta, tra l'altro, una riduzione del contributo mitigativo del parco come conseguenza di un minor *stock* di carbonio ed una minore biomassa in piedi.

L'applicazione di pratiche forestali adeguate, volte a ridurre al minimo l'impatto di eventi estremi sempre più ipotizzabili nel prossimo futuro a causa del cambiamento climatico, ed il mantenimento di una situazione ottimale dell'area verde urbana attraverso ispezioni, controlli e, ove necessario, anche reimpianti sono pertanto le misure maggiormente suggerite al fine di massimizzare e stabilizzare sia la capacità di sequestro di carbonio che ulteriori importanti servizi ecosistemici forniti dal parco stesso.

Riferimenti bibliografici

- Bottai L., Arcidiaco L., Chiesi M., Maselli F. (2013), "Application of a single-tree identification algorithm to LiDAR data for the simulation of stem volume current annual increment", *Journal of Applied Remote Sensing*, 7: 073699.
- Brilli L., Chiesi M., Brogi C., Magno R., Arcidiaco L., Bottai L., Tagliaferri G., Bindi M., Maselli F. (2019), "Combination of ground and remote sensing data to assess carbon stock changes in the main urban park of Florence", *Urban Forestry & Urban Greening*, 43, 126377.
- Coomes D.A., Dalponte M., Jucker T., Asner G.P., Banin L.F., Burslem D.F.R.P., Lewis S.L., Nilus R., Phillips O.L., Phua M.-H., Qie L. (2017), "Area-based vs tree-centric approaches to mapping forest carbon in Southeast Asian forests from airborne laser scanning data", *Remote Sensing of Environment*, 194: 77–88.
- Corona C., Cartisano R., Salvati R., Chirici G., Floris A., Di Martino P., Marchetti M., Scrinzi G., Clementel F., Travaglini D., Torresan C. (2012), "Airborne Laser Scanning to support forest resource management under alpine, temperate and Mediterranean environments in Italy", *European Journal of Remote Sensing*, 45: 27-37.
- Federici S., Vitullo M., Tulipano S., De Laurentis R., Seufert G. (2008), "An approach to estimate carbon stocks change in forest carbon pools under the UNFCCC: the Italian case", *iForest – Biogeosciences and Forestry*, 1: 86-95.
- Huang H., Yu B., Zhou J., Hu C., Tan W., Hu Z., Wu J. (2013), "Toward automatic estimation of urban green volume using airborne LiDAR data and high resolution remote sensing images", *Frontiers of Earth Science*, 7(1): 43-54.
- Lohr S.L. (2010), *Sampling: design and analysis*. Second Edition Brooks Cole, Boston. Chapter 4.
- McRoberts R.E., Cohen W.B., Næsset E., Stehman S.V., Tomppo E.O. (2010), "Using remotely sensed data to construct and assess forest attribute maps and related spatial products", *Scandinavian Journal of Forest Research*, 25(4): 340-367.
- Naesset E. (1997), "Estimating timber volume of forest stands using airborne laser scanner data", *Remote Sensing of Environment*, 61: 246-253.
- Nowak D.J., Crane D.E. (2002), "Carbon storage and sequestration by urban trees in the USA", *Environmental Pollution*, 116: 381-389.
- Schreyer J., Tigges J., Lakes T., Churkina G. (2014), "Using airborne LiDAR and QuickBird data for modelling urban tree carbon storage and its distribution-A case study of Berlin", *Remote Sensing*, 6: 10636-10655.
- Tabacchi G., Di Cosmo L., Gasparini P., Morelli S. (2011), *Stima del Volume e della fitomassa delle principali specie forestali italiane. Equazioni di previsione. Tavole del volume e Tavole della fitomassa arborea epigea*.
- van Leeuwen M., Nieuwenhuis M. (2010), "Retrieval of forest structural parameters using LiDAR remote sensing", *European Journal of Forest Research*, 129: 749-770.

Il rilievo laser scanner a supporto degli studi storico-architettonici: la Cattedrale di Sant'Andrea a Vercelli

Giosuè Bronzino ^(a), Antonio Cittadino ^(b), Michele De Chiaro ^(c), Margherita Forgia ^(b), Gabriele Garnero ^(b), Paola Guerreschi ^(b), Maurizio Inzerillo ^(b),

^(a) Politecnico di Torino, Scuola di Specializzazione in Beni Culturali e del Paesaggio, viale Mattioli 39, Torino, giosue90@gmail.com

^(b) Università degli Studi di Torino, DIST, viale Mattioli 39, Torino, antonio.cittadino@unito.it, margherita.forgia@unito.it, gabriele.garnero@unito.it, paola.guerreschi@unito.it, maurizio.inzerillo@unito.it

^(c) Politecnico di Torino, DIST, viale Mattioli 39, Torino, michele.dechiaro@polito.it

Riassunto

Le operazioni di rilievo, oltre che preliminari a qualsiasi attività di intervento edilizio, sono anche propedeutiche a tutte le attività di analisi storica degli edifici. Per formulare considerazioni che portino alla comprensione del bene da analizzare è necessaria una conoscenza metrica che consenta di evidenziare, oltre alle dimensioni complessive dell'oggetto, le eventuali modularità e le differenze rispetto ad uno schema preordinato, facendo risaltare le deformazioni o trasformazioni subite nel tempo.

I recenti progressi nel settore della geomatica consentono di realizzare rilievi estremamente precisi, in tempi contenuti e con costi sostenibili, garantendo uniformità di precisione e completezza di documentazione.

Il rilievo proposto dal LARTU (Laboratorio di Analisi e Rappresentazioni Territoriali ed Urbane) nell'ambito delle attività del Politecnico di Torino, DIST (Dipartimento Interateneo di Scienze, Progetto e Politiche del Territorio) relativamente alla Chiesa di Sant'Andrea di Vercelli in occasione dell'ottocentesimo anniversario della fondazione, si pone come caso studio di integrazione tra differenti metodologie di rilievo, partendo dall'acquisizione di una nuvola di punti integrata da immagini fotografiche ad alta risoluzione, con elevate caratteristiche qualitative sia dal punto di vista metrico che tematico.

Abstract

The survey operations are preliminary to any activity concerning projects on historical building; they are also preparatory to all the historical analysis on monuments.

Metric knowledge is necessary to formulate considerations for the comprehension of the object to analyse. Therefore, it is possible to highlight, in addition to the overall dimensions of the object, any modularity and the differences compared to a pre-ordered scheme, bringing out the deformations or transformations endured over time.

Latest improvements in geomatics field allow creating extremely precise metric surveys, in a short time and with affordable costs, ensuring uniformity of precision and completeness of documentation.

Within the framework of the activities of the Politecnico di Torino, DIST (Interuniversity Department of Regional and Urban Studies and Planning), concerning the church of Sant'Andrea in Vercelli on the occasion of the eight hundredth anniversary of its foundation, the metric survey proposed by LARTU (Laboratory of Territorial and Urban Research) stands as a case study of integration between different metric survey methodologies, starting from the acquisition of a measures cloud integrated with high-resolution photos, with high quality characteristics both on the metric and thematic.

Introduzione

Nell'ambito delle celebrazioni per gli ottocento anni dalla fondazione della prima chiesa gotica italiana, l'Abbazia di Sant'Andrea a Vercelli, il LARTU (Laboratorio di Analisi e Rappresentazioni Territoriali ed Urbane), laboratorio interateneo di Università e Politecnico di Torino, ha effettuato un'attività di rilievo con una *total station* integrata generando, oltre ad una tradizionale nuvola di punti, un rilievo fotografico ad alta risoluzione.

È indiscutibile il valore aggiunto dato da questa moderna tipologia di rilievo: caso ne sia la scansione laser scanner eseguita dal professor A. Tallon tra il 2011 e il 2012 della Cattedrale di Notre Dame di Parigi, che ora risulta essere un patrimonio informativo di altissimo livello tecnico, scientifico e documentale, indispensabile a seguito del disastroso incendio avvenuto nell'aprile 2019. Questo tipo di rappresentazione digitale consente di "riportare in vita" l'edificio in ogni dettaglio con precisioni millimetriche, che risultano preziosissime in caso di attività di restauro, di ricostruzione o di consolidamento strutturale.

Metodologia di lavoro

Il rilievo nella sua essenza non è solo una procedura, ma un vero e proprio processo che parte dallo studio approfondito del bene da rilevare.

In funzione delle informazioni che si vogliono rappresentare, richieste dal Committente, deriva la scelta di metodi e strumenti.

È da questo genere di riflessioni che il lavoro di seguito presentato ha portato alla definizione dell'intero processo, sia per quanto riguarda la fase di campagna che per quella di restituzione del dato rilevato.

Sono state adottate due metodologie differenti: da un lato quella topografia terrestre basata sul rilievo eseguito con l'utilizzo di una particolare stazione totale integrata, dall'altro quella fotogrammetrica aerea con l'utilizzo di un drone.

Come già anticipato, l'integrazione di queste due metodologie deriva dalla necessita di poter ottenere un prodotto molto preciso da cui poter restituire piante e sezioni - data la mancanza di fonti documentali moderne - e valutazioni di tipo strutturale dell'intero complesso architettonico.

Parallelamente è necessario ottenere un'elevata qualità fotografica per poter effettuare analisi di dettaglio su particolari architettonici o sullo stato dei materiali.

Per quanto riguarda il rilievo topografico si è utilizzata la stazione SX10 prodotta da Trimble: uno strumento di tipo "all-in-one" che coniuga una stazione totale con un laser scanner e tre camere fotogrammetriche.

Questo strumento, interamente gestito da tablet data la mancanza del tradizionale cannocchiale ottico, consente, sfruttando le camere interne, di misurare punti ad una distanza dichiarata di circa 600m, con caratteristiche di precisione molto elevate, e contemporaneamente di catturare circa 26000 punti al secondo colorandoli sulla base delle foto scattate.

Il rilievo integrale dell'edificio ha richiesto 3 giorni di lavoro con la predisposizione di 18 stazioni interne alla Chiesa e 30 esterne comprensive di quelle effettuate nel Chiostro.

Ogni nuvola ottenuta da singola stazione risulta allineata con quelle precedenti, riducendo al minimo il lavoro in post-produzione.

Tuttavia dato l'alto livello di dettaglio fotografico richiesto dalla Committenza, non si è utilizzata la ripresa fotografica prodotta dalle camere interne allo strumento in quanto, per la mancanza della tecnologia HDR, gli scatti fotografici ottenuti sarebbero caratterizzati da differenti livelli di esposizione con conseguenti "scalini" radiometrici nelle differenti prese (figura 1).



Figura 1 - Nuvola di punti da SX10: a sinistra l'intero complesso, a destra la facciata.

Dopo ogni scansione è stata quindi eseguita una ripresa fotografica tramite l'utilizzo di un supporto rotante (*Nodal Ninja*) che ospita una reflex digitale dotato di un obiettivo di tipo *fish eye* (8 mm) montato sullo stesso cavalletto collocato nel punto di stazione. Sei scatti - eseguiti ogni 60° rispetto al piano orizzontale con un'inclinazione verticale preconfigurata di 12.5° - hanno permesso di comporre una fotografia sferica con caratteristiche dal punto di vista qualitativo superiori alle camere integrate nella stazione.

Al fine di garantire la completezza del modello è stato necessario integrare sistemi che si avvalgano di un punto di vista nadirale, tipico dei fotogrammi da APR.

Grazie ad un volo fornitoci da terzi, costituito da circa 250 fotogrammi ed eseguito con *DJI Phantom 4*, è stato possibile ottenere una nuvola di punti fotogrammetrica aerea.

Ottenute le informazioni utili per elaborare il modello dell'intero complesso si è passati alla fase di restituzione del dato rilevato.

Le nuvole di punti terrestri, con l'ausilio del software *Trimble Real Works*, sono state trattate migliorandone l'allineamento e filtrando le informazioni superflue. Operazione successiva è stata la sostituzione per ogni singola stazione delle foto scattate dall'*SX10* con quelle scattate manualmente con il sistema *Nodal Ninja* all'interno dello stesso ambiente di lavoro, con prese precedentemente mosaiccate tramite l'utilizzo dell'editor fotografico *Autopano Giga*.

Questo consente non solo di avere una nuova base di tipo fotogrammetrico, ma al contempo di ricolorare l'intera nuvola su una base migliore rispetto a quella standard offerta dalla stazione (figura 2).

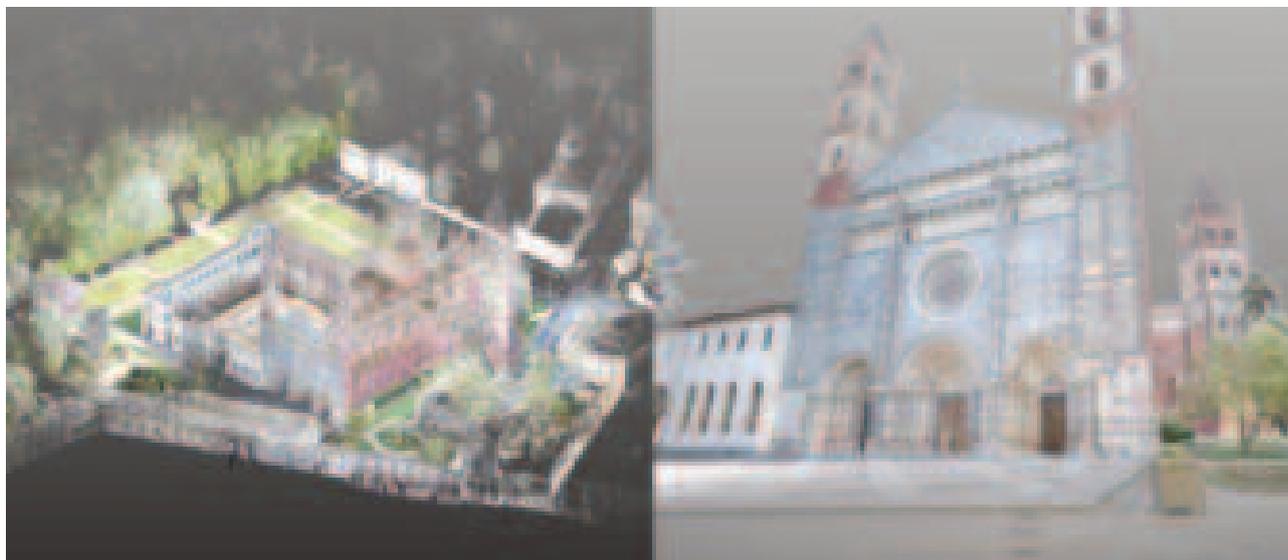


Figura 2 - Nuvola di punti ricolorata: a sinistra l'intero complesso, a destra la facciata.

Per quanto riguarda le elaborazioni sui dati prodotti dal volo con drone si è scelto di utilizzare *3DF Zephyr Aerial* tramite il quale è stata generata la nuvola densa fotogrammetrica dell'esterno dell'edificio.

Le due nuvole a disposizione hanno caratteristiche differenti: la nuvola ottenuta dall'*SX10* è in un sistema di riferimento locale e presenta una bassa rumorosità, quella invece di derivazione fotogrammetrica è georiferita nel sistema UTM/WGS84-32N e presenta una rumorosità maggiore rispetto alla precedente, in particolar modo sulle superfici verticali.

Si è reso quindi necessario eliminare dalla nuvola fotogrammetrica aerea le superfici rilevate con l'*SX10*, evitando la contaminazione della prima nuvola con punti superflui della seconda, integrando in tal modo le aree mancanti dalla nuvola terrestre, in particolare costituite dalle coperture (figura 3).

A conclusione del processo di costruzione del modello, la nuvola definitiva ha costituito il supporto per la creazione delle geometrie solide, consentendo la realizzazione del BIM (*Building Information Modeling*) grazie all'impiego del software *Autodesk Revit*.



Figura 3 – Processo di costruzione della nuvola integrale.

Elaborati prodotti

I primi prodotti realizzati, per rispondere alle richieste dei ricercatori e coprire il vuoto documentale, sono stati pianta e sezioni limitate alla sola basilica: sono state disegnate sulla base di una nuvola dalla precisione metrica molto elevata: residui nelle operazioni *cloud to cloud* medio pari a 1,38 mm (valore minimo poco inferiore al millimetro e valore massimo inferiore a 2 mm) (figura 4).

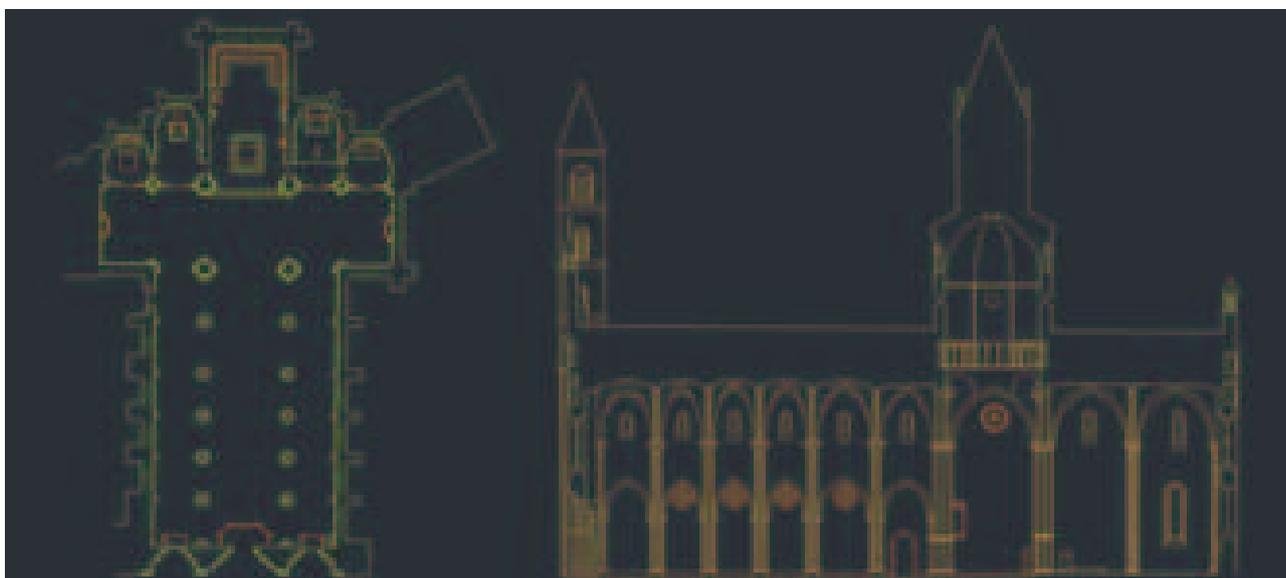


Figura 4 – Pianta e sezione della basilica

A seguire sono stati generati, sfruttando le foto scattate da ogni singola stazione, una serie di viste rettificate utilizzate sia per l'analisi della composizione dei materiali e il loro degrado che per lo studio degli archi costituenti il complesso religioso, con lo scopo di identificare la loro tipologia tramite i centri di imposta (figura 5).

Il rilievo ottenuto permette anche di eseguire analisi sia di tipo quantitativo che qualitativo: da un lato è possibile isolare ogni singolo elemento per comprenderne i rapporti modulari e le differenze rispetto ad uno schema

preordinato, dall'altro determinare le deformazioni o trasformazioni subite nel tempo attraverso l'allineamento tra gli elementi (figura 6).

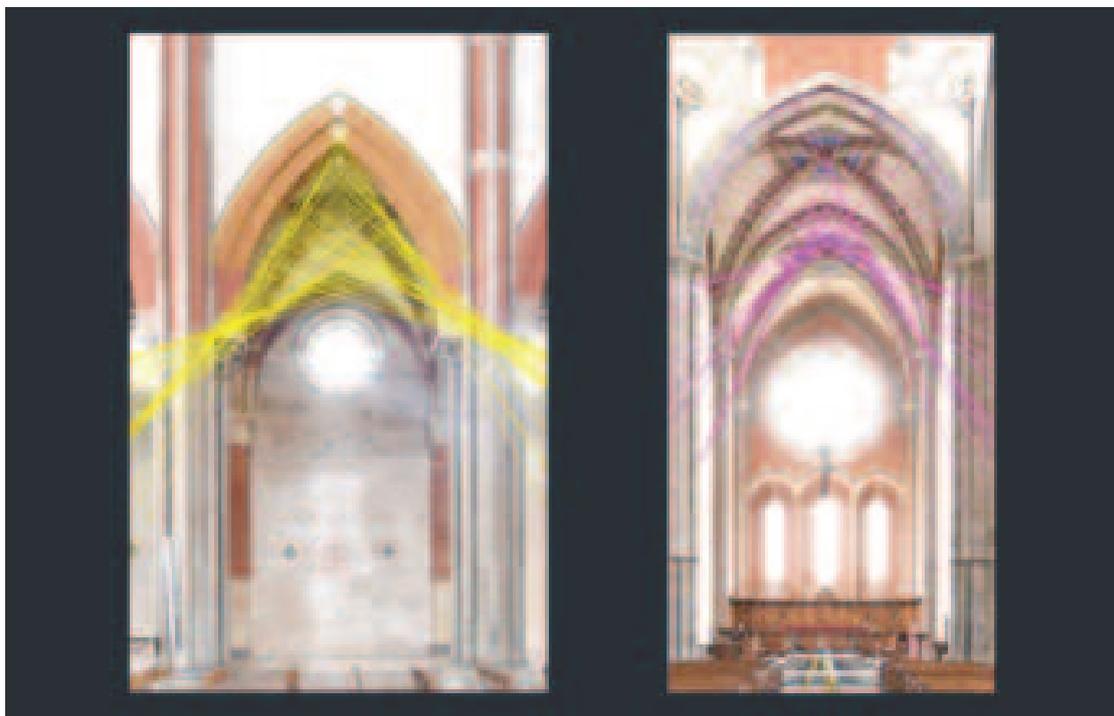


Figura 5 - Analisi tipologica degli archi tramite l'analisi dei centri d'imposta.

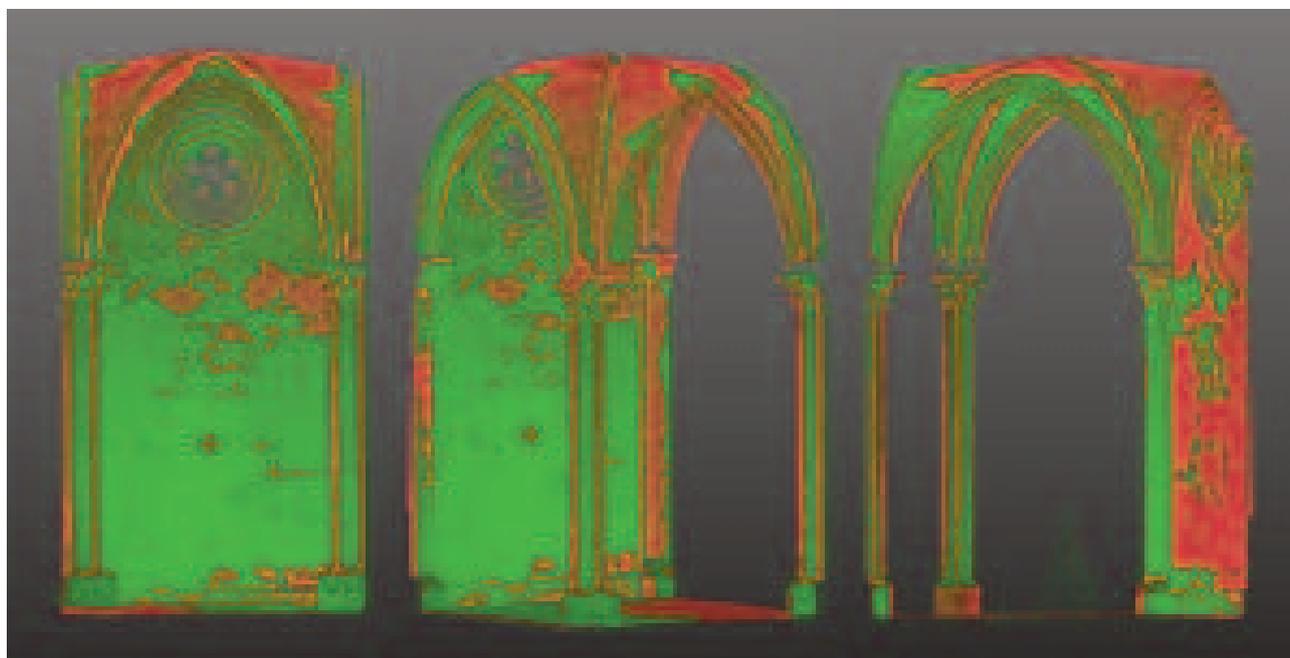


Figura 6 - Sovrapposizione di due campate per lo studio delle deformazioni.

Oltre ad elaborati con una elevata valenza tecnica è stata prodotta un'applicazione autoeseguibile di più facile lettura e utilizzo da poter gestire senza l'ausilio di software specialistici e competenze specifiche.

Il risultato è un modello solido in 2.5D costruito dall'integrazione tra le foto sferiche e le nuvole di punti, un'ambiente di lavoro nel quale è possibile navigare all'interno degli spazi rilevati e in modo interattivo prendere annotazioni o fare misurazioni (figura 7).



Figura 7 – Modello solido interattivo generato con Trimble Publish

Con la collaborazione di uno specializzando della Scuola di Specializzazione in Beni Architettonici e del Paesaggio del DIST è stato infine elaborato un modello tridimensionale BIM del corpo aulico:

- dapprima è stato realizzato, sulla base della nuvola di punti, il volume solido dell'involucro dell'edificio;
- quindi sono stati modellati gli elementi architettonici ripetibili per mezzo di famiglie parametriche;
- infine sono stati realizzati gli oggetti singoli, sempre sulla base dei dati desumibili dalle ortofoto delle facciate;
- queste ultime, opportunamente calibrate, sono state applicate agli elementi piani di murature e di coperture, al fine di conferire una connotazione materica con l'utilizzo delle *textures* materiche, onde consentire la fattibilità di render fotorealistici ricavabili dal progetto (figura 8).



Figura 8 – Modello BIM.

Conclusioni

Lo studio sul complesso monumentale di Sant'Andrea di Vercelli ha rappresentato un interessante caso studio per la sperimentazione integrata di differenti metodologie di rilievo e di rappresentazione multidisciplinari.

Siamo oggi in presenza di tecnologie "mature" che danno la possibilità all'utilizzo professionale di innovative forme di rilievo e rappresentazione del patrimonio culturale.

Il progetto così realizzato può costituire la base per ulteriori studi sulla costruzione (non ultimi quelli relativi allo sviluppo storico del complesso), volti sia alla conoscenza quanto al recupero del costruito.

Bibliografia

Del Giudice M., Lingua A., Matrone F., Noardo F., Sanna S., Zerbinatti M. (2017), "Rilevamento metrico 3D e modellazione H-BIM per la manutenzione programmata del patrimonio architettonico", in Atti del XXI Conferenza Nazionale ASITA, Milano, 357-364

Tucci G., Bonora V., Costantino F., Ostuni D. (2004), "Metodi di rilevamento tridimensionale a confronto: affidabilità metrica e capacità descrittive", in Atti del I Convegno e-Arcom, tecnologie per comunicare l'architettura, Ancona, 553-558.

Lo *sprawl* urbano nell'analisi delle aree censuarie della città*

Brunella Brundu (a) – Ivo Manca (b)

(a) Dipartimento di Scienze Economiche e Aziendali (DiSEA) – Università degli Studi di Sassari
079.213001, 079.213002, brundubr@uniss.it

(b) Ivo Manca Università degli Studi di Sassari – ivomanca@uniss.it

Riassunto: La forma e le tipologie abitative sono spesso il prodotto delle dinamiche popolative delle singole città, ma la crescita demografica incide solo in parte sullo sviluppo delle periferie, poiché l'espansione urbana ha cause e conseguenze diverse nelle varie regioni e nei diversi contesti normativi (Jaeger et al., 2010) spingendo talvolta i cittadini alla ricerca di luoghi dove trovare condizioni di vita più armoniose. Non in tutte le città si assiste alla polverizzazione abitativa periferica poiché spesso accade che centri prossimi a esse si ingrandiscano ospitando coloro che vivono o lavorano nella stessa, funzionando da aggregatori e limitando in tal modo la costruzione di case singole immerse nell'agro del territorio. Il fenomeno dello *sprawl* produce problematiche importanti: consumo di spazio, una casa singola a un singolo piano occupa maggiore terreno di un palazzo; l'urbanizzazione di parti importanti dell'agro assume un costo non sempre sostenibile a causa delle distanze da coprire per dotare le singole abitazioni delle principali infrastrutture; l'assenza di fognature, spesso la necessità di emungere l'acqua dalle falde sotterranee per la costruzione di pozzi ad uso familiare produce inquinamento e l'abbassamento delle falde stesse. Per ovviare a questi problemi e determinare politiche urbanistiche di maggiore sostenibilità è necessario avere una comprensione del fenomeno sia da un punto di vista fisico sia sociale attraverso indagini specifiche. Il presente lavoro utilizza i dati che l'ISTAT mette a disposizione per le aree censuarie che riguardano oltre 90 parametri. Analizzando il fenomeno su più città è possibile individuare i differenti modelli di *sprawl* sviluppatosi in Italia al fine di studiarne uno sviluppo più armonioso. Il lavoro è stato condotto in ambiente GIS e con strumenti statistici.

1. - Materiali e metodi per l'analisi urbana

Per verificare la forma che assume lo *sprawl*, inteso come definito dall'European Environmental Agency (EEA, 2006, p. 6) *un modello fisico di espansione a bassa densità di grandi aree urbane,...*, principalmente nelle aree agricole circostanti e da un uso misto del territorio e delle periferie, in alcune regioni italiane sono stati presi in considerazione i dati delle variabili censuarie del censimento ISTAT del 2011, per le città con oltre 80 mila abitanti, riferiti al numero di

abitazioni per area censuaria. Le regioni considerate per questo lavoro preliminare sono la Sardegna, la Sicilia e la Toscana.

Le aree di censimento sono una suddivisione territoriale utilizzata per i centri capoluogo di comuni che contano oltre 20.000 abitanti il cui fine è quello di associare alla rilevazione censuaria una rilevazione a campione di alcune variabili socio-demografiche. Esse rappresentano aree campionabili in cui si suddivide il centro capoluogo e hanno una dimensione demografica compresa tra 13000 e 18000 abitanti circa. La costruzione delle aree di censimento viene realizzata in due fasi principali: la prima fase considera gli aspetti prettamente territoriali legati alle suddivisioni subcomunali amministrative e alla presenza di infrastrutture per produrre le Aree Elementari; la seconda fase considera determinate caratteristiche socio-demografiche delle singole sezioni per raggruppare le aree elementari in Aree di Censimento (Bianchi et al., 2010, p. 2).

Si possono considerare le aree censuarie come omogenee a prescindere dalla superficie che ricoprono e analizzandole nell'insieme individuare sulla base di diversi indicatori se esista una possibile suddivisione in gerarchie. Successivamente, verificare se tali gerarchie possano disegnare delle mappe in grado di tipizzare la forma che assume lo *sprawl* sul territorio e infine, analizzando differenti città, descrivere i vari modelli di *sprawl* presenti nelle aree regionali su cui sorgono tali centri urbani.

Nella recente letteratura sono stati individuati indicatori validi per misurare lo *sprawl*, da quelli tipici della *landscape ecology* (Lelli, Pezzi, 2012; Brundu, Manca, 2017, Brundu, 2018), a quelli legati all'analisi da telerilevamento (Li Feng, 2019; Norzailawati et al., 2014) o alla valutazione spaziale e temporale delle dinamiche dell'espansione urbana (Grigorescu, Kucsicsa, 2017). Dai casi esaminati emerge la necessità di estrapolare i dati dalla restituzione di immagini aeree o da satellite, tuttavia questo metodo, pur di ottimo dettaglio, risulta complesso da condurre a scala regionale o nazionale. Una differente metodologia è stata applicata dall'ISTAT in un recente studio (*Forme, livelli e dinamiche dell'urbanizzazione in Italia* 2017), nel quale si analizza lo *sprawl* attraverso i dati geografici delle basi territoriali dei censimenti prodotti dall'Ente per i Sistemi Locali (SL), in cui la densità abitativa ha rappresentato il principale indicatore considerato.

Tale lavoro evidenzia che i 21 SL delle principali aree urbane nazionali presentano dati importanti: infatti, due su tre ricadono nella classe a elevato consumo di suolo sia denso sia disperso (classe 1), sei sono caratterizzati dallo *sprawl* urbano e solamente la città di Cagliari presenta un basso livello di territorio edificato. Metà dei sistemi delle città medie mostra livelli elevati per entrambi gli indicatori della classe 1, e circa il 30 per cento ricade nelle due classi di consumo prevalentemente disperso o compatto. Anche nel gruppo degli altri sistemi, delle città più piccole e delle aree rurali, quelli caratterizzati da consumo elevato per entrambe le componenti, o solo da quello

disperso o denso, sono più di quattro su cinque. Nel complesso, “i sistemi dove è forte la pressione sul territorio a opera sia delle località edificate compatte sia dello *sprawl* urbano sono 157 (il 26 per cento sistemi locali al 2011). Sono le aree maggiormente antropizzate del Paese (complessivamente circa un quarto della superficie nazionale), dove risiede più della metà della popolazione” (ISTAT, 2017, p. 192).

Lo studio realizzato dall’ISTAT, pur rilevante per metodologia, è riferito ai comuni nel loro insieme e analizza solamente alcuni dei dati che i censimenti dell’Ente hanno fornito. Esso ha valore nell’evidenziare l’ampiezza dello *sprawl* a livello nazionale ma manca di analisi del comune specifico, metodo che sarebbe invece in grado di dare un giusto apporto all’individuazione di modelli utili per formulare proposte di futura urbanizzazione finalizzate a ridurre l’impatto che lo *sprawl* ha sull’ambiente e sul paesaggio.

Partendo da questi presupposti si è cercato di arricchire le metodologie finora individuate con una nuova che, partendo da un’analisi delle aree censuarie dei principali comuni, possa andare a configurare i più evidenti modelli di *sprawl* presenti in Italia (il presente studio preliminarmente si occupa solamente di alcune regioni). Grazie al lavoro condotto in questi ultimi decenni dall’ISTAT è stato possibile poter analizzare le variabili censuarie di migliaia di porzioni del territorio in cui le città sono state suddivise per ottenere dei dati utili allo scopo dello studio qui proposto. Con il censimento del 2011 sono stati riportati, complessivamente, i dati per 402.677 sezioni di censimento per 134 variabili, di cui 27 riferite agli edifici.

Per la necessità di semplificare l’analisi, al fine di renderne più facile la presentazione, sono state considerate le sole variabili (Tab. 1) riferite agli edifici presenti in ciascuna sezione censuaria.

Figura 1 - Le variabili censuarie analizzate

E1 Edifici e complessi di edifici (totale)
E2 Edifici e complessi di edifici utilizzati
E3 Edifici ad uso residenziale
E4 Edifici e complessi di edifici (utilizzati) ad uso produttivo, commerciale, direzionale/terziario, turistico/ricettivo, servizi, altro
E5 Edifici ad uso residenziale in muratura portante
E6 Edifici ad uso residenziale in calcestruzzo armato
E7 Edifici ad uso residenziale in altro materiale (acciaio, legno, ecc.)
E8 Edifici ad uso residenziale costruiti prima del 1919
E9 Edifici ad uso residenziale costruiti dal 1919 al 1945
E10 Edifici ad uso residenziale costruiti dal 1946 al 1960
E11 Edifici ad uso residenziale costruiti dal 1961 al 1970
E12 Edifici ad uso residenziale costruiti dal 1971 al 1980
E13 Edifici ad uso residenziale costruiti dal 1981 al 1990
E14 Edifici ad uso residenziale costruiti dal 1991 al 2000

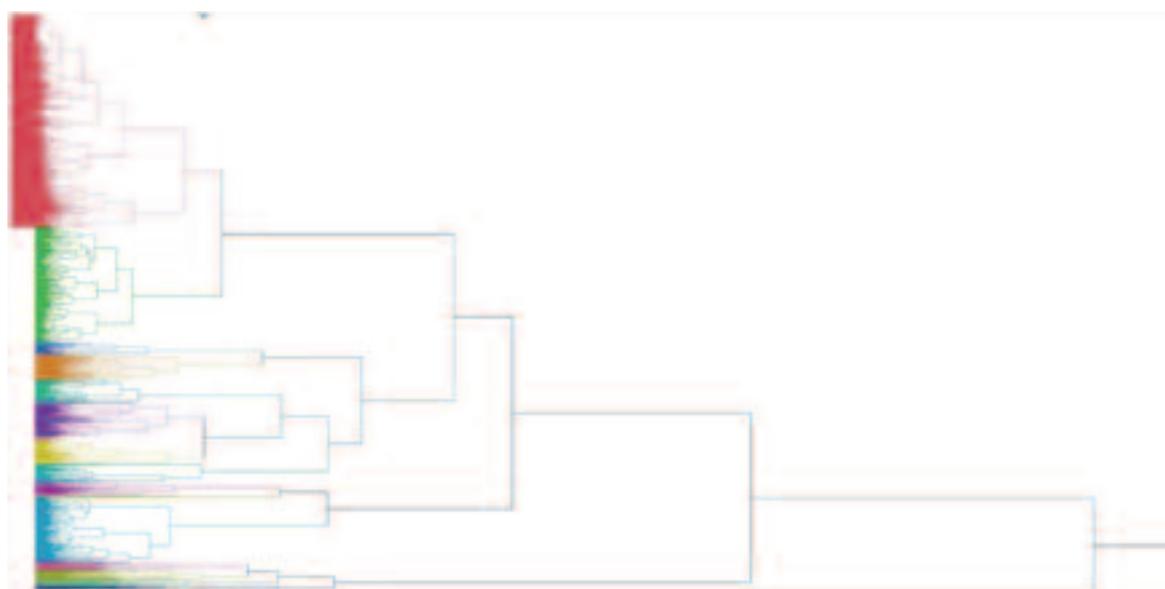
E15 Edifici ad uso residenziale costruiti dal 2001 al 2005
E16 Edifici ad uso residenziale costruiti dopo il 2005
E17 Edifici ad uso residenziale con un piano
E18 Edifici ad uso residenziale con 2 piani
E19 Edifici ad uso residenziale con 3 piani
E20 Edifici ad uso residenziale con 4 piani o più
E21 Edifici ad uso residenziale con un interno
E22 Edifici ad uso residenziale con 2 interni
E23 Edifici ad uso residenziale da 3 a 4 interni
E24 Edifici ad uso residenziale da 5 a 8 interni
E25 Edifici ad uso residenziale da 9 a 15 interni
E26 Edifici ad uso residenziale con 16 interni o più
E27 Totale interni in edifici ad uso residenziale

2. - L'area campione: Sassari

Si riporta di seguito l'analisi preliminare condotta per l'individuazione delle gerarchie interne alle sezioni di censimento, sulla base delle variabili elencate al fine di verificare l'eventuale distribuzione omogenea di queste gerarchie, su un comune, Sassari, scelto come area campione per le conoscenze già acquisite su tale territorio (Brundu, Manca 2013; Brundu, Manca, 2017).

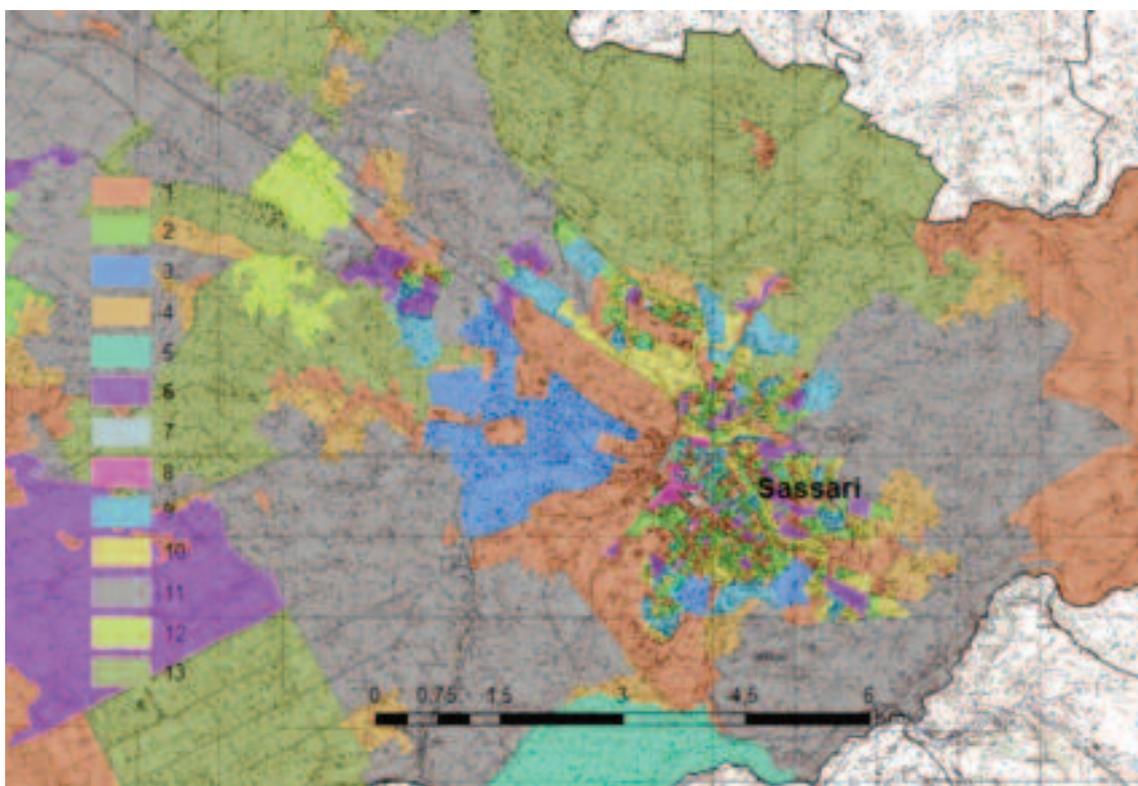
Il comune di Sassari si presenta suddiviso in 915 sezioni di differente ampiezza e aggregate in 13 gruppi contenenti ciascuno le sezioni rilevate più simili, sulla base della *cluster analysis*¹ condotta sulle 27 variabili riferite agli edifici presenti in ciascuna sezione censuaria.

Figura 2 - Dendrogramma risultato della cluster analisi



¹ La cluster analysis: Il raggruppamento o clustering può anche essere visto come una procedura che cerca divisioni interne plausibili di un data set ritenuto troppo grande per essere trattato come unico.

Figura 3 - Suddivisione del territorio nei 13 cluster principali



Dalla mappa risultata dalla suddivisione in 13 principali cluster è evidente che il gruppo 1, caratterizzato da una bassa densità abitativa, interessa una superficie comunale maggiore, mentre il gruppo 2 presenta un'alta densità abitativa di piccole, seppur numerose, superfici prevalentemente nel centro cittadino. Il gruppo 3 disegna aree come quella industriale, o aree interne della città con minore densità abitativa. Gli altri gruppi rappresentano situazioni particolari, alcune proprie della città, altre degli ambienti rurali, ma quelle di maggiore interesse, tali da indentificare delle aree in cui è evidente lo *sprawl*, sono quelle ricomprese nei gruppi 11-12-13, che presentano condizioni differenti per alcune variabili ma sono tra loro simili.

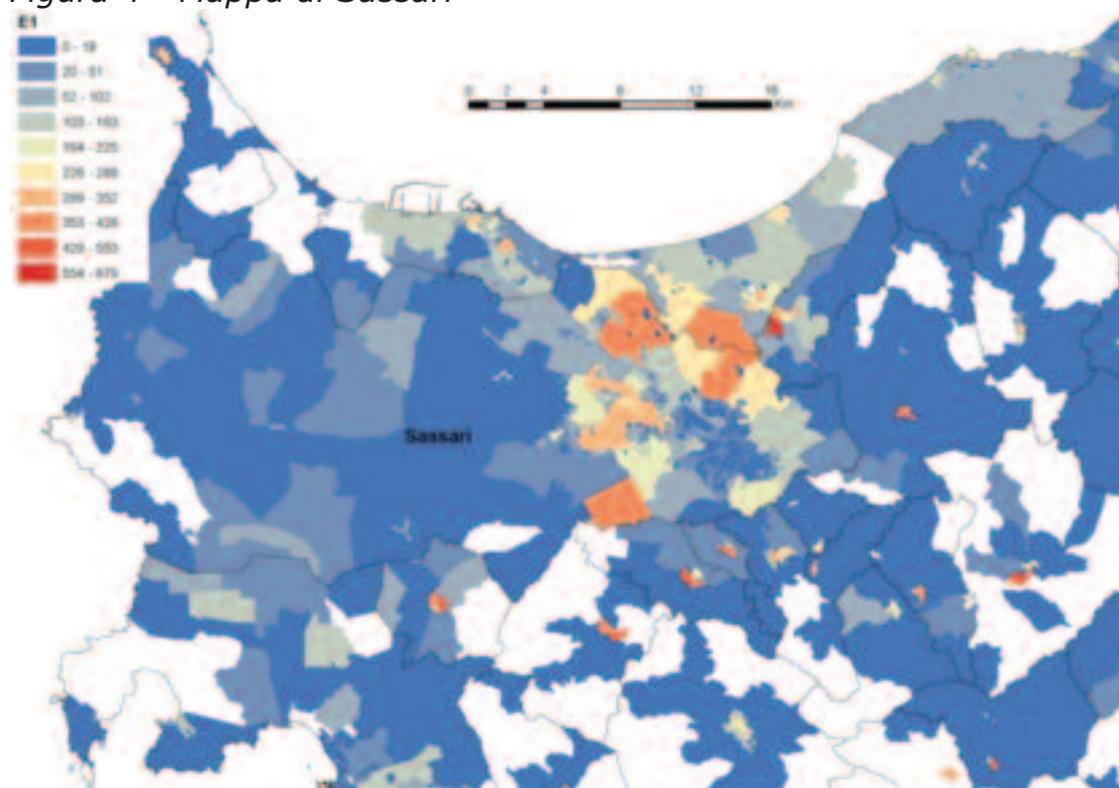
Analisi simili alla presente, condotte su altre realtà comunali, permetterebbero di individuare con una buona definizione aree omogenee interessate dallo *sprawl* ma necessiterebbero di tempi di calcolo abbastanza lunghi, per tale motivo si è cercato di determinare un metodo che partendo dalle stesse considerazioni fosse più semplice da applicare e potesse comunque offrire risultati con una buona definizione. Per semplificare si è voluta considerare la sola variabile E1 - *Edifici e complessi di edifici (totale)* riportandone i valori sulla mappa, pertanto, per ogni città oggetto dello studio sono stati immessi i valori del numero di edifici per sezione di censimento

suddivisi in 10 classi sulla base del metodo di ottimizzazione "Jenks"². In questo modo è stato possibile ottimizzare la visualizzazione della distribuzione abitativa attorno al nucleo centrale delle città e ottenere una rappresentazione, ove esistente, dello *sprawl* circostante.

3.- Alcune tipologie regionali di *sprawl*: le Mappe

La mappa di Sassari così elaborata non si discosta particolarmente da quella ottenuta con il primo metodo, in questa sono evidenti le aree con colorazione intermedia corrispondenti in parte ai cluster 11-12-13 precedenti.

Figura 4 - Mappa di Sassari



²Il metodo di ottimizzazione Jenks, anche detto metodo di classificazione delle interruzioni naturali di Jenks, è uno dei metodi di clustering dei dati progettato per determinare la migliore disposizione dei valori in diverse classi. Le "interruzioni naturali" rappresentano il metodo più accreditato per suddividere gli intervalli, mentre le gamme migliori implicano quelle gamme in cui le aree simili vengono raggruppate. Tale metodo riduce al minimo la variazione all'interno di ciascun intervallo, quindi le aree all'interno di ciascuno di essi sono il più vicine possibile tra loro in valore. L'algoritmo d'interruzioni naturali di Jenks, proprio come K-medie, assegna i dati a uno dei gruppi K in modo tale da ridurre al minimo le distanze all'interno del gruppo. Proprio come K-significa, è necessario selezionare K prima di eseguire l'algoritmo (Ahmad, 2019) <https://medium.com/analytics-vidhya/jenks-natural-breaks-best-range-finder-algorithm-8d1907192051>

Figura 5 – Mappa di Cagliari



Il risultato, visibile dalle cromature dei gruppi centrali, ci permette di considerare Sassari una città in cui a Ovest e a Nord lo *sprawl* occupa una vasta area attorno al nucleo più centrale. Questi dati sono confortati da diversi lavori (Brundu, 2014; Brundu, Manca, 2016) sulla città che descrivono come negli ultimi decenni l'espansione di Sassari sia avvenuta consumando una fascia rurale anticamente ricca di oliveti e orti, oggi occupata da un tessuto urbano rado e da strade e altre infrastrutture. Le stesse indagini sono state condotte anche su Cagliari, capoluogo sardo, e le due città, uniche dell'isola con popolazione superiore agli 80.000 abitanti, mostrano differenti tipi di concentrazione e rarefazione urbana. L'analisi del numero degli edifici per sezione censuaria mostra che mentre Sassari presenta uno *sprawl* evidente, a Cagliari tale fenomeno è inesistente e la città si presenta compatta e circondata da altri comuni ad alta densità abitativa. Le stesse analisi sono state condotte su alcune città della Toscana e della Sicilia, con i risultati qui evidenziati dalle relative mappe.

Figura 6 - Mappa di Arezzo e Pistoia

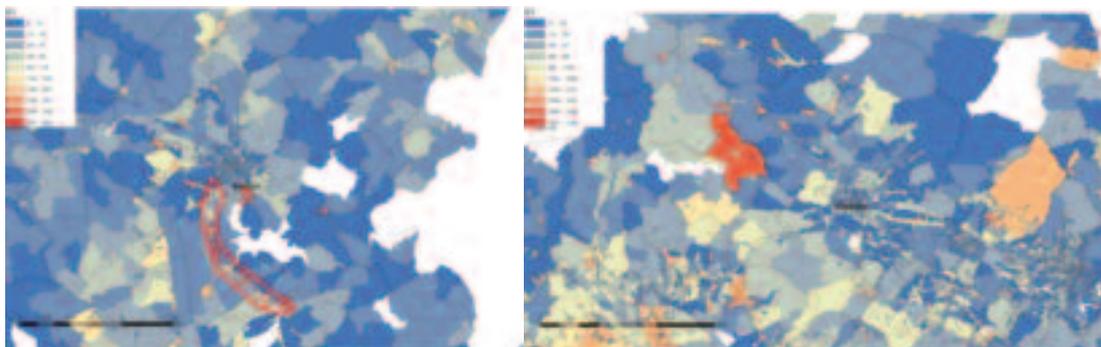
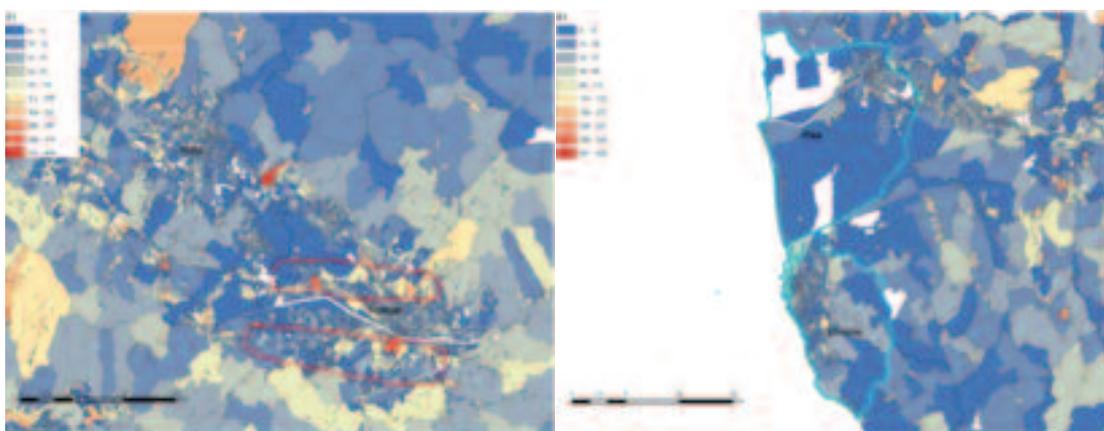


Figura 7 - Mappa di Prato, Firenze, Pisa e Livorno



Tra le città toscane Firenze è quella in cui lo *sprawl* è più evidente, occupa due aree a Sud e Nord della città e già nel 2006, afferma Preti (2013), essa aveva un indice di dispersione pari a 3,47 % a livello mondiale.

Le altre città della regione presentano poche aree in cui si evidenzia uno *sprawl* elevato; nullo o quasi a Pisa, sviluppato lungo un asse ad Arezzo, presente ma non in modo importante attorno all'abitato di Pistoia.

Figura 8 - Mappe di Palermo e Marsala

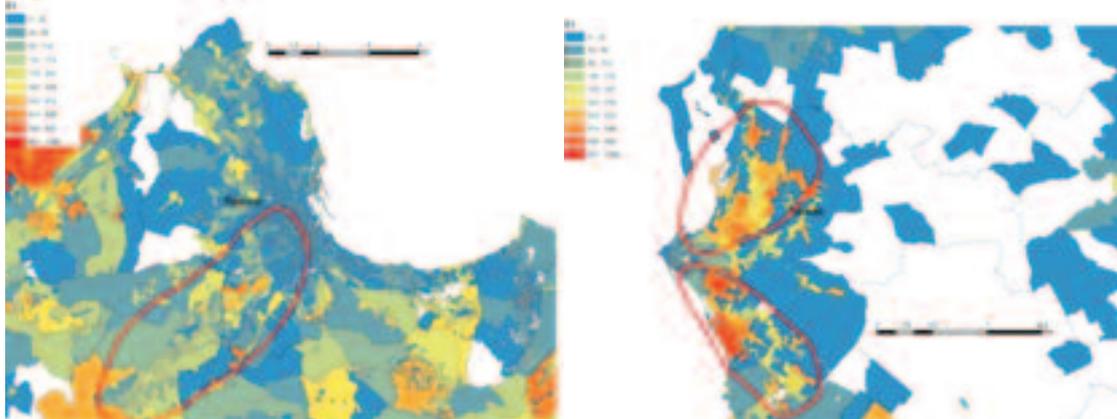
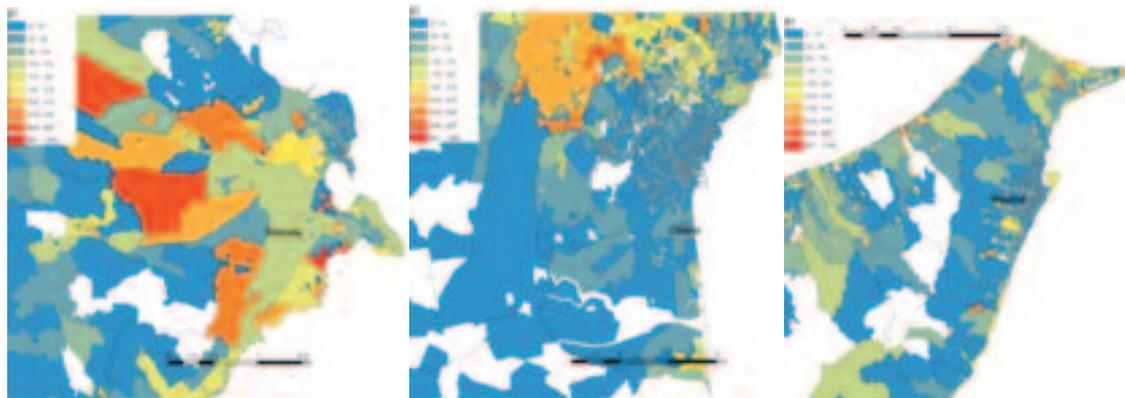


Figura 9 - Mappe di Siracusa, Catania e Messina



Tra le città siciliane Marsala e Siracusa mostrano, anche se con caratteristiche differenti, un evidente *sprawl*. Palermo presenta un'area retrostante la città verso l'interno in cui si evidenzia un *sprawl* dato da centri abitati con attorno edifici sparsi che vanno a formare con la città che si apre sul mare una forma a T. Le restanti città siciliane analizzate mostrano uno sviluppo prevalente lungo la costa e le aree rurali antistanti la città sono occupate da strutture abitative sparse, tipiche di queste stesse aree.

4. - Conclusioni

Il metodo individuato per cartografare lo *sprawl*, qui riportato, può trovare applicazione anche in altre regioni italiane, inoltre, può essere arricchito da ulteriori analisi attraverso quelle variabili censuarie relative alle tipologie degli edifici, al loro utilizzo, alla loro altezza, al numero di piani e/o interni. Il presente studio rappresenta una prima stesura atta all'individuazione di alcune tipologie di *sprawl* riferibili a città medio piccole e inserite in contesti provinciali. Differenti risultati si possono avere utilizzando questo metodo per città di maggiori dimensioni caratterizzate da uno sviluppo tipico delle metropoli.

Dalle carte riportate nel lavoro è visibile sulla base dei cromatismi ottenuti l'esistenza di geometrie differenti da città a città, si possono avere *sprawl* lineari ad anello o con forme del tutto differenti. Non esiste una forma specifica ma un adattamento delle dinamiche urbane alle morfologie dei territori, solo in pochi casi scelte urbanistiche attuate dai comuni hanno confermato volutamente lo *sprawl*.

Il presente studio si inserisce in un percorso di ricerca sullo *sprawl* sotto un profilo prettamente geografico, supportato dall'utilizzo del GIS e di strumenti di analisi statistiche che prevede, successivamente alla sua individuazione territoriale, l'analisi di tutte le altre variabili censuarie riferite alle sezioni mappate per individuare quali caratteristiche socio economiche esso possa assumere o interpretare nelle differenti città italiane. I risultati scaturiti dallo studio potrebbero presentare una certa utilità nella gestione del fenomeno

che per le sue implicazioni ambientali e sociali può risultare negativo per le comunità territoriali analizzate. Norme urbanistiche e scelte di pianificazioni coerenti con un quadro di sostenibilità ambientale elaborate sulla base di dati scaturiti anche da elaborazioni di tal genere potrebbero inserirsi nel vasto percorso di pianificazione oggi in atto nei nostri paesi per ridurre e limitare i fenomeni negativi che spesso accompagnano l'urbanizzazione.

Bibliografia

- Bianchi G., Di Pede F., Reale A., Talice S. (2010), "Aree di Censimento, nuove suddivisioni sub-comunali per la raccolta campionaria di informazioni aggiuntive durante il prossimo censimento della popolazione: applicazione nella Regione Marche", *XXXI Conferenza scientifica annuale AISRe*, 1-16.
- Brueckner, J.K. "Urban Sprawl: Lessons from Urban Economics," in Gale W.G., Pack J.R. (2001), *Brookings-Wharton, Papers on Urban Affairs*, Brookings Institution Press, 65-89.
- Brundu B. (2018), "Smart city: il verde urbano quale indicatore smart nel centro storico di Sassari", in *Bollettino della Associazione Italiana di Cartografia*, 162, 44-57.
- Brundu B. (2014), "I paesaggi viticoli della Sardegna nord-occidentale, tra storia, innovazione e turismo", *Atti del Convegno Dialogo intorno al Paesaggio Culture Territori Linguaggi*, 4, II: 69-83
- Brundu B., Manca I. (2017), "La smart governance del verde urbano", *XXI Conferenza Nazionale ASITA*, 183-191.
- Brundu B., Manca I. (2016), "La geo-governance: tecnologie smart per la sostenibilità", *XX Conferenza Nazionale ASITA*, 103-110.
- Brundu B., Manca I. (2013), "L'analisi dei modelli di paesaggi vitati per la promozione del territorio. Sardegna Nord-Occidentale", *XVII Conferenza Nazionale ASITA*, 259-267.
- Camagni, R. Capello, R. Caragliu A. (2013), "One or infinite optimal city sizes? In search of an equilibrium size for cities". *The Annals of Regional Science*, 51, 309-341.
- European Environment Agency (2006), *Urban sprawl in Europe – The ignored challenge*, EEA Report 10.
- Grigorescu I., Kucsicsa G. (2017), "Spatial and temporal dynamics of urban sprawl in the romanian plain over the last century", *Rev. Roum. Géogr./Rom. Journ. Geogr.*, Bucureşti, 61, 109-123.
- Jaeger J.A.G., Bertiller R., Schwick C., Kienast F. (2010), "Suitability criteria for measures of urban sprawl", *Ecological Indicators*, 10, 397-406.
- Lelli C., Pezzi G. (2012), "Urban sprawl, come valutare l'urbanizzazione", *Ecoscienze*, 5, 80-83.
- Li Feng (2009), "Applying remote sensing and GIS on monitoring and measuring urban sprawl. A case study of China", *Revista Internacional de Sostenibilidad, Tecnologia y Humanismo*, 4, 47-56.

Preti G. (2103), *Firenze, a sprawl city*

<https://www.eoi.es/blogs/guidopreti/2013/12/13/firenze-a-sprawl-city/>

* Il lavoro è stato realizzato in collaborazione tra i due autori, tuttavia a I. Manca spettano i paragrafi 1 e 2, mentre a B. Brundu i paragrafi 3 e 4.

