

1. Progetto delle attività ed obiettivi dell'incarico per una borsa di studio

Tutte le elaborazioni e le valutazioni che saranno effettuate in questo ambito prendono origine da dati già strutturati e forniti a **Eni** da enti terzi (Università o Società di Servizio) che hanno certificato le misure di subsidenza acquisite in ogni campagna di misura. Naturalmente tali valori vanno sempre considerati come espressione subsidenziale complessiva (naturale + antropica indifferenziata).

In coerenza con quanto indicato e richiesto, tutto il sistema di georeferenziazione utilizzato dovrà rispettare le regole tecniche previste dal "Sistema di riferimento geodetico nazionale". Viene quindi adottato il sistema di riferimento denominato ETRF2000 (realizzazione del Sistema geodetico europeo ETRS89) integrato con gli altri sistemi di coordinate basati su sistemi geodetici ancora in uso in Italia (Roma40- Gauss-Boaga; ED50 (European Datum 1950, utilizzato nella rappresentazione UTM); WGS84 (World Geodetic System 1984, utilizzato nella rappresentazione UTM).

Per eseguire la trasformazione tra le varie coordinate all'interno dell'area geografica regionale è stato utilizzato il programma ConveRgo con grigliati GK2 IGM, considerando anche i rispettivi sistemi cartografici (rappresentazioni UTM e Gauss-Boaga), compreso il sistema regionale denominato "UTMRER"¹. Più in particolare, sotto il profilo tecnico- applicativo, in relazione ai sistemi informatici che trattano i dati territoriali, tutto il materiale di riferimento è stato convertito per arrivare al sistema adottato, quello denominato: **ETRF2000 / UTM Zone 33N (codice EPSG: 6708)**².

2. Mappe Di Subsidenza Derivanti Dalla Livellazione Geometrica

I dati derivanti dalle campagne di livellazione geometrica 2017 e 2021 verranno utilizzati per elaborare e produrre cartografie di sintesi utili per evidenziare, anche ad una prima disamina speditiva, l'evoluzione del fenomeno subsidenziale registratosi nel territorio ravennate in anni recenti. In quest'ottica, verranno realizzate carte tematiche sia relative ai tassi di subsidenza (velocità espresse in mm/anno), sia all'abbassamento cumulativo (espresso in centimetri).

In particolare, le elaborazioni cartografiche relativi all'area comunale saranno realizzate applicando metodi di interpolazione ad isolinee e classi di colore adottando una tra le più diffuse tecniche di interpolazione adottate in casi del genere e cioè il *kriging*. Stessa metodologia adottata per la rappresentazione di tutte le precedenti cartografie esistenti per l'intervallo 1998 - 2014 realizzate in studi precedenti. Il *kriging* resta infatti la migliore interpolazione geostatistica utilizzabile in simili casi poiché risulta "pesata" poiché derivante dal calcolo geostatistico del "variogramma", ossia della funzione che mette in relazione l'interdistanza tra i punti campione ed il relativo valore misurato. Anche per questo il *kriging* è uno strumento molto potente ed utile per interpolare dataset di punti scarsamente ed irregolarmente distribuiti sull'area da analizzare. Oltre a generare la superficie richiesta fornisce anche una mappa di deviazione standard che permette di valutare ed evidenziare l'affidabilità della superficie stessa;

Gli errori presenti nelle misure di campagna, la limitatezza, irregolarità e non simultaneità delle misure rendono spesso inutilizzabile l'uso di metodi più tradizionali di approssimazione deterministica, richiedendo l'uso di strumenti statistici. Nel caso in esame, il *kriging*, oltre ad elaborare nel modo più obiettivo possibile tutte le informazioni disponibili, fornisce anche una valutazione sull'attendibilità del valore ricostruito stabilendo così carenze o ridondanze dei punti di

¹ <http://geoportale.regione.emilia-romagna.it/it/services/servizi-di-conversione-delle-coordinate/software-per-la-conversione-fra-sistemi-di-coordinate-in-emilia-romagna>

² <http://www.regione.emilia-romagna.it/entra-in-regione/archivio-cartografico/sistemi-di-riferimento-geodetici> ; https://geoportale.regione.emilia-romagna.it/it/contenuti-allegati/Trasformazione_Sistemi_Coordinate_v1.0.2.pdf/view

misura. In questo contesto, la ricostruzione della velocità di subsidenza e la sua rappresentazione viene indubbiamente meglio condotta utilizzando questa tecnica di interpolazione stocastica.

Per altro, per quanto riguarda una simile tecnica vale anche precisare che essa si basa sull'analisi geo-statistica di distribuzione dei valori nello spazio. Con questa tecnica di interpolazione i valori dei punti misurati vengono ponderati per ricavare un valore previsto in tutti i punti "non misurati". I pesi sono basati sulla distanza tra i punti misurati, le posizioni dei punti incogniti e la disposizione spaziale complessiva tra i punti misurati. Quando il campione dei dati risulta distribuito in modo rado e sparso rispetto all'area da investigare, il *kriging* produce un risultato più efficace degli altri metodi di interpolazione, in quanto fornisce un procedimento, relativamente semplice ma in grado di caratterizzare la varianza, quindi la precisione dei punti previsti. Nello specifico si basa cioè sulla teoria della "variabile regionalizzata", che presuppone come la variazione spaziale dei dati modellati sia omogenea lungo la superficie.

Le fasi di editing e layout verranno poi ultimate mediante il software ArcGIS™ (ESRI Inc.), col quale si arriverà a generare, oltre alle superfici di abbassamento complessivo del terreno (naturale + antropici), le relative isolinee di velocità dei movimenti del suolo. Le mappe riporteranno anche la posizione dei capisaldi di livellazione rappresentati in scala di colore in funzione dei valori di subsidenza. Questo può favorire a valutare con maggiore oggettività i risultati delle interpolazioni, mettendo in evidenza il peso che viene attribuito ai singoli punti campionati.

Per quanto riguarda l'equidistanza isocinetica che sarà scelta per le singole rappresentazioni è stato adottato un intervallo minimo di 2 mm/a per le rappresentazioni di area vasta e -1 mm/a per il solo territorio comunale, in considerazione di:

- a) teorica risoluzione, pari ad 1 mm/a, generalmente assegnata alle misure di livellazione
- b) irregolare distribuzione, in anni diversi e nelle complessive geometrie delle linee, dei punti di misura;
- c) le differenze di velocità registrate risultano spesso modeste e attigue ai valori prossimi di tolleranza (la deviazione standard associata alle singole quote raggiunge valori massimi intorno ai 3 mm; DISTART, 2012);
- d) confronti ed incertezze associate alle stime di velocità eseguite utilizzando le osservazioni GPS (~1-2 mm/anno) e InSar (~2 mm/anno).

In continuità con quanto realizzato negli anni precedenti verranno infine prodotte mappe dei tassi di subsidenza annuale e mappe di subsidenza cumulativa coerenti con quanto già prodotto negli anni passati in maniera da rendere di immediata lettura e confronto i risultati sintetici del presente studio, come da esempio in Fig. 02.

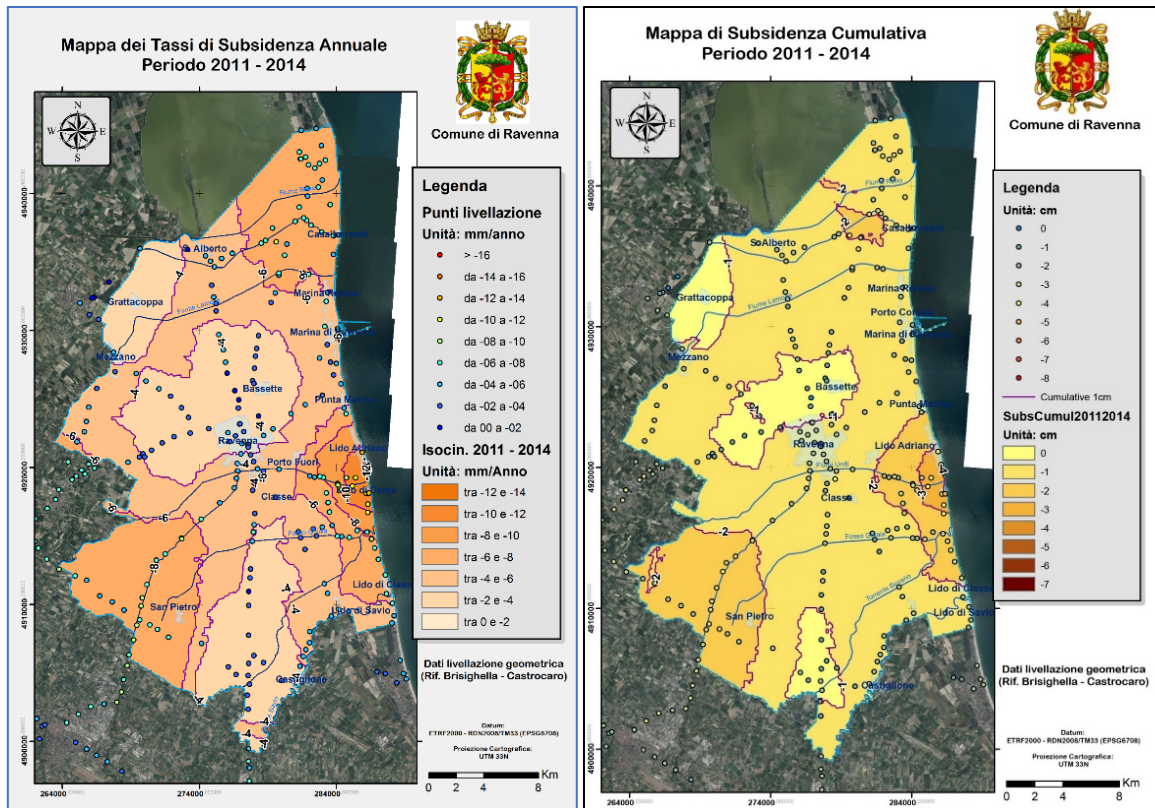


Figura 02 – Mappa della subsidenza registrabile nel comune di Ravenna nell’intervallo 2011-2014.