

L'area orientale di Napoli e il comprensorio di bonifica delle paludi di Napoli e Volla

I quaderni del Centro Studi sulle Bonifiche nell'Italia meridionale

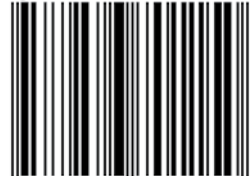
7/2023

7
2023

I quaderni del Centro Studi sulle Bonifiche nell'Italia meridionale

€ 15,00

ISBN 978-88-8497-875-2



9 788886 701150





L'area orientale di Napoli e il comprensorio di bonifica delle paludi di Napoli e Volla

I quaderni del Centro Studi Sulle Bonifiche nell'Italia meridionale
7/2023



Copyright © 2023 CLEAN
via Diodato Liroy 19, 80134 Napoli
tel. 0815524419
www.cleanedizioni.it
info@cleanedizioni.it

Tutti i diritti riservati
È vietata ogni riproduzione

ISBN 978-88-8497-875-2

Editing
Anna Maria Cafero Cosenza

Indice

- 5 Candida Carrino
Prefazione. La storia come esercizio per immaginare il futuro
- 7 **Introduzione**
- 10 Ugo Leone
Entrare nella storia e riflettere
- 13 Alfonso De Nardo
Il destino di un territorio
- 20 Giovanni Dispoto
L'area orientale di Napoli: un paesaggio di suoli e di acque
- 23 Antonio di Gennaro
L'agricoltura urbana: il tesoro nascosto per il recupero dell'area orientale di Napoli
- 30 Maria Ronza, Giovanni Mauro
Trasformazioni del paesaggio nella Piana del Sebeto: monitoraggio mediante telerilevamento
- 46 Bruno Miccio
La falda a oriente di Napoli e l'alimentazione idrica della città
- 64 Giuseppe Pignatelli Spinazzola
Il fumo del progresso. Su alcune rappresentazioni Ottocentesche del Ponte della Maddalena e dei Granili di Napoli
- 76 Alessio De Dominicis
Pascone e Pasconcello alle paludi
- 81 Amedeo Vitale
Le paludi di Napoli e Volla nella cinematografia
- 92 Alessio De Dominicis
Bibliografia ragionata interattiva sul comprensorio di bonifica delle paludi di Napoli e Volla

COMITATO SCIENTIFICO DEI QUADERNI CESBIM

prof. ing.	Michele Di Natale (Università della Campania L. Vanvitelli)
prof. ing.	Giacomo Rasulo (Università degli Studi Federico II di Napoli)
prof.ssa. arch.	Maria Rita Pinto (Università degli Studi Federico II di Napoli)
prof. ing.	Paolo Villani (Università degli Studi di Salerno)
prof. ing.	Mauro Fiorentino (Università degli Studi della Basilicata)
prof. ing.	Pasquale Versace (Università degli Studi della Calabria)
prof. ing.	Nunzio Romano (Università degli Studi Federico II di Napoli)
prof.ssa arch.	Stefania de Medici (Università degli Studi di Catania)
prof. ing.	Giovanni De Marinis (Università degli Studi di Cassino)
dr.	Massimo Gargano (Direttore Generale ANBI)
dr.	Bruno Miccio (componente “Gruppo 183”)

Prefazione

La storia come esercizio per immaginare il futuro

Candida Carrino *Direttore Archivio di Stato di Napoli*

Lo studio del passato non è stato sempre visto in maniera dinamica. È ancora oggi diffusa una vecchia concezione che la ricerca e lo studio delle fonti, che ci raccontano quanto si è verificato prima della nostra quotidianità, sia materia specialistica e accessibile solo a chi abbia interesse a coltivare questo tipo di studi. Insomma, un esercizio intellettuale. Il volume che qui si pubblica vuole essere uno strumento non solo per lo studioso puro, ma anche per coloro che ambiscono a diventare cittadini consapevoli pronti a un impegno civico.

In un tempo come il nostro dove l'attenzione per le tematiche ambientali nel governo del territorio sta crescendo di pari passo con la sempre maggiore sensibilità pubblica su tali questioni, si sta prendendo finalmente coscienza che i problemi relativi all'ambiente necessitano, per essere affrontati, di un approccio che non può essere limitato ai confini degli enti amministrativi, ma che richiede una visione più ampia, organica, che deve derivare dallo studio consapevole di cosa e quanto è stato fatto finora per arrivare alla situazione attuale.

Gli aspetti ambientali richiedono, oggi, per essere affrontati, non solo una visione di area vasta ma anche una conoscenza di dettaglio delle informazioni territoriali, informazioni che devono superare la tradizionale e radicata logica settoriale, a favore di un approccio più interdisciplinare.

La ricerca e lo studio delle fonti in un ambito ricco di storia e di storie come quello delle antiche paludi, attraverso gli atti ufficiali, cartografie d'epoca, descrizioni letterarie, l'iconografia artistica, i trattati tecnico-scientifici, architettonici, urbanistici possono essere d'aiuto per una consapevole programmazione ambientale, insediativa e infrastrutturale?

Come formare le competenze programmatiche su temi specifici (paesaggio, difesa del suolo, viabilità, ecc.) se non attraverso il superamento della frammentazione delle competenze?

Affrontare oggi la questione delle bonifiche in Italia vuol dire rappresentare un complesso e dinamico sistema di gestione del territorio, il cui ruolo è fondamentale non solo per l'agricoltura e per le aree rurali.

Viviamo in un mondo articolato e proiettato verso un futuro pieno di sfide, ma con una tradizione alle spalle nella quale è possibile leggere gran parte della nostra storia negli ultimi secoli e trovare spiegazioni ai cambiamenti che possono aiutare i tecnici

Trasformazioni del paesaggio nella Piana del Sebeto: monitoraggio mediante telerilevamento

Maria Ronza *Università di Napoli "Federico II"*

Giovanni Mauro *Università della Campania "Luigi Vanvitelli"*¹

Introduzione. Il Sebeto, un fiume nascosto

L'interpretazione di dati satellitari sta assumendo un ruolo centrale nell'analisi dei cambiamenti territoriali: l'utilizzo diffuso sui *media* di geoportali come *Google Earth* ha aumentato la nostra capacità di valutare correttamente il "dato raster", ossia il modello di rappresentazione del territorio che utilizza immagini georiferite acquisite da remoto. Visualizzare estese porzioni della superficie terrestre in falsi colori per individuarne con immediatezza gli aspetti più significativi o monitorare i cambiamenti paesistico-ambientali con una sequenza d'immagini a intervalli costanti costituiscono informazioni geografiche di grande impatto comunicativo, oltre a testimoniare una continua innovazione scientifico-tecnologica.

Il presente contributo prende in esame dati telerilevati con l'obiettivo di analizzare a medio-grande scala (1:40.000 circa) le trasformazioni che hanno interessato la Piana del Sebeto. Com'è noto, essa si colloca a est delle Colline orientali di Napoli e a ovest del complesso vulcanico Monte Somma-Vesuvio, sviluppandosi in direzione NE-SO per una lunghezza di circa dieci chilometri, in direzione del golfo di Napoli (Bellucci, 1994). Fino alla metà dello scorso secolo si trattava di un'area paludosa le cui acque venivano incanalate nel fiume Sebeto, un corso che nella tradizione popolare ha assunto carattere leggendario (tanto da essere celebrato dall'omonima fontana), ma che era poco più di un rigagnolo già a partire dall'Alto Medioevo. Lungo circa una decina di chilometri, il Sebeto raccoglieva anche acque di altre sorgenti (tra cui la più rilevante era quella della Volla alle pendici del Monte Somma-Vesuvio) e le convogliava a mare. Agli inizi del Novecento questa piana di modesta estensione, posta in prossimità dell'area urbana partenopea, era ancora caratterizzata dalla presenza diffusa di orti rigogliosi proprio in virtù della ricchezza d'acqua (Ruocco, 1966). Tuttavia, già a partire dalla prima metà dello scorso secolo (Russo, 1961), la suburbanizzazione della città di Napoli, ossia la rapida espansione edilizia e industriale dell'area metropolitana, ha portato a una progressiva riduzione del livello di naturalità di quest'area, fino a ridurre drasticamente la visibilità del Sebeto. Nella parte più vicina al mare sono state realizzate grandi opere infrastrutturali e strutture industriali (depurato-



Fig. 1. Il fiume Sebeto oggi, in località Volla (Napoli). Foto degli Autori.

ri, centrali elettriche, impianti petrolchimici, ecc.) che hanno cambiato radicalmente il paesaggio da rurale a industriale e periferico. Tale paesaggio contraddistingue oggi il Sito di Interesse Nazionale (SIN) "Napoli Orientale", perimetrato mediante decreto dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare ai fini della bonifica ambientale. In tale contesto, il Sebeto è un fiume nascosto; pur attraversando questo territorio, per lunghi tratti è canalizzato e resta visibile solo in alcuni punti, dove appare simile a un canale di scolo (Fig.1).

Dopo aver delimitato nel modo più accurato possibile l'area oggetto di studio, il presente contributo prende in esame una serie di immagini satellitari a risoluzione spaziale medio-elevata ma con diversa risoluzione radiometrica e spettrale. In particolare, il dataset dei dati telerilevati comprende un'immagine di un satellite spia del 1975 e tre immagini Landsat (1989, 2001 e 2022). Mediante procedure di analisi visuale e l'elaborazione di indici di vegetazione, saranno delineate le dinamiche territoriali dell'area oggetto di studio nel corso degli ultimi cinquant'anni.

La delimitazione della Piana del Sebeto

Circoscrivere in modo abbastanza accurato la Piana del Sebeto non è operazione semplice, malgrado sia nota la sua localizzazione nell'area identificata come "Napoli Est" e sia stata oggetto di analisi a carattere pedologico (di Gennaro, 2002). Nel presente contributo se ne tracciano i confini, utilizzando metodologia GIS. Si vuole, tuttavia, sottolineare che si tratta di una proposta operativa, finalizzata al presente studio e alla necessità di individuare un territorio omogeneo non soltanto dal punto di vista pedologico e geomorfologico, ma anche dal punto di vista storico e geografico. Per questi motivi è stato sviluppato un *historical GIS* (Grava et al., 2020), ossia un progetto GIS che implementa fonti eterogenee, tra cui cartografia storica realizzata secondo norme geodetiche, cartografia moderna, cartografia digitale, al fine di

1. Sebbene frutto di riflessioni comuni, il contributo si deve a Maria Ronza per i paragrafi primo, secondo e quinto e a Giovanni Mauro per i paragrafi terzo e quarto.

comprendere i recenti cambiamenti di questo territorio dalle funzionalità complesse. Nello specifico, sono stati presi in esame una carta antecedente rispetto allo sviluppo urbanistico di Napoli (processo che avrebbe in parte celato il corso del Sebeto) e il modello digitale del terreno, realizzato dall'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA)², al fine di valutare l'orografia del territorio.

Per quanto concerne la cartografia storica, è stata considerata la carta denominata "Topografia dell'Agro Napoletano con le sue adiacenze" di Giovanni Antonio Rizzi Zannoni (1793); essa rappresenta, in scala 1: 55.000, il paesaggio agrario e i principali centri abitati del territorio compreso tra il Lago Patria, i centri di Aversa, Acerra e Nola fino ad arrivare al litorale vesuviano e Torre Annunziata. La carta è costruita su basi geodetiche e con rilievo di dettaglio, proveniente dalle levate di campagna dei migliori topografi coordinati dall'illustre cartografo padovano (Associazione Almagià, 2014). La scelta è ricaduta su questa carta in quanto, oltre a riportare la traccia del fiume Sebeto, è un documento che testimonia la situazione pregressa all'espansione urbanistica dell'area urbana a un livello di dettaglio non trascurabile per il periodo storico di riferimento. A differenza di carte topografiche più recenti³, la città di Napoli rivela una struttura abbastanza compatta e identificabile rispetto alla fitta rete di centri presenti a mo' di corona intorno alla capitale del Regno.

La georeferenziazione di una carta di fine Settecento richiede l'adozione di una procedura piuttosto complessa. In tal senso, è stata presa in esame la rete viaria principale e sono state analizzate le possibili analogie con quella odierna; è stata considerata la posizione di numerosi beni culturali di una certa rilevanza ed evidenza cartografica, quali Castel Sant'Elmo o l'Eremo dei Camaldoli, posti sulle colline partenopee; è stata esaminata l'orografia del territorio, considerando quegli elementi soggetti a variazioni minime. Pur evidenziando limiti geometrici del tutto compatibili con il periodo in cui è stata realizzata⁴, la cartografia mostra un elevato grado di sovrapposizione con la cartografia moderna, a testimonianza della qualità dei rilievi e della resa grafica. La carta, così georiferita, si è rivelata particolarmente utile per la delimitazione



Fig. 2. Stralcio relativo alla Piana del Sebeto della carta "Topografia dell'Agro Napoletano con le sue adiacenze" opportunamente georiferita; a essa sono state sovrapposte le curve di livello (equidistanza 10 m) derivate dal modello del terreno dell'ISPRA. Elaborazione degli Autori.

della Piana del Sebeto: alla carta "Topografia dell'Agro Napoletano con le sue adiacenze" sono state sovrapposte le isolinee (con un'equidistanza pari a 10 metri) estratte automaticamente dal modello digitale del terreno dell'ISPRA (Fig.2).

Selezionando le superfici poste al di sotto dei 30 metri s.l.m., è stato possibile identificare in modo univoco la depressione topografica compresa tra la struttura tufacea dei Campi Flegrei (su cui sorge anche parte del centro storico di Napoli) a ovest e il cono vulcanico del Vesuvio a est. La carta storica riporta nel dettaglio sorgente, corso e foce del fiume Sebeto e analogamente per il corso del Volla (indicato come "Acqua della Volla"). L'analisi puntuale della simbologia e della toponomastica ha permesso, inoltre, di definire le destinazioni d'uso del suolo, ossia le aree paludose, le aree coltivate e le aree edificate presenti nella Piana del Sebeto fino alla fine del XVIII secolo. Tali indicazioni sono, talvolta, anche piuttosto esplicite: "Le Paludi" e "Li Pantani" individuano aree acquitrinose e canneti, la prima esterna alle antiche mura della città di Napoli (corrispondente all'attuale Centro Direzionale), la seconda in prossimità della località Arpino.

La presenza diffusa di masserie, di filari alberati lungo la rete infrastrutturale (ai mar-

2. L'ISPRA, in qualità di organo cartografico di Stato, rende condivisibili a utenti esterni informazioni cartografiche derivate da elaborazioni progettuali di competenza, in ottemperanza della direttiva INSPIRE (Krasna, 2016). Tra i vari prodotti disponibili, vi è anche il *layer* relativo al modello digitale del terreno realizzato a scala nazionale con risoluzione spaziale medio-alta (20 m x 20 m).

3. È il caso, ad esempio, delle tavolette IGM della serie 25V del 1907: malgrado vengano dettagliatamente rappresentate le aree paludose comprese tra Napoli e il Vesuvio, in tale cartografia è già presente l'area edificata posta in prossimità della 'nuova' stazione ferroviaria di piazza Garibaldi, nonché le aree edificate lungo la fascia costiera compresa tra Napoli e San Giovanni a Teduccio.

4. Per poter eseguire la procedura di georeferenziazione della Carta del Rizzi Zannoni, sono stati individuati 18 *Ground Control Point* (GCP). L'algoritmo di trasformazione prescelto è una polinomiale di secondo ordine con un errore quadratico medio (RMSE) pari a circa 110 m.

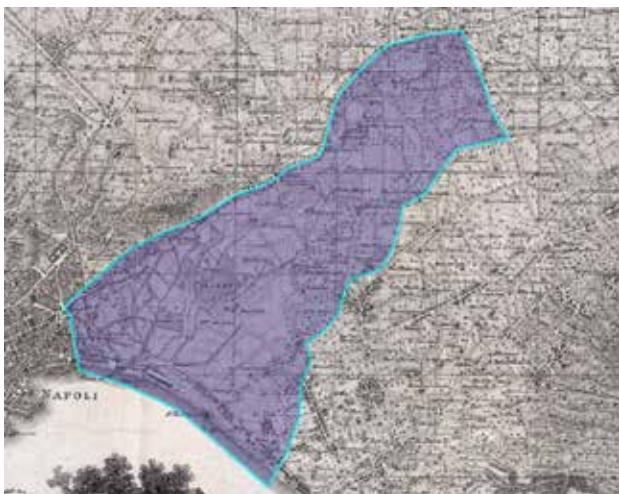


Fig. 3. La Piana del Sebeto, approssimativamente tracciata a partire dalla carta "Topografia dell'Agro Napoletano con le sue adiacenze" georiferita. Elaborazione degli Autori.

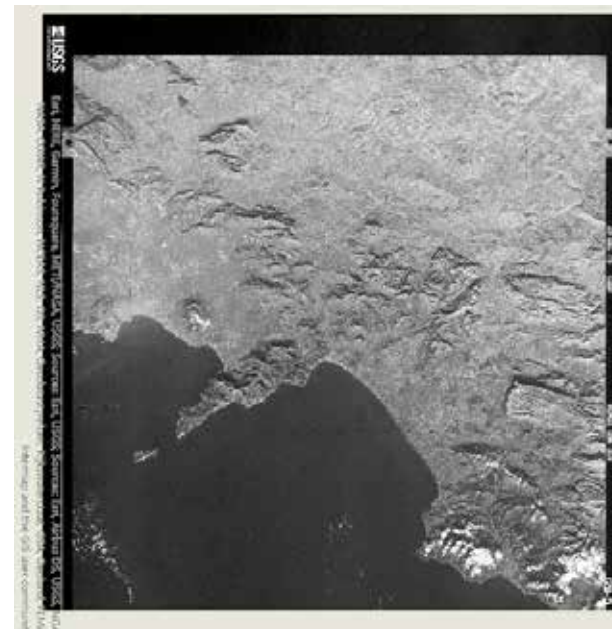


Fig. 4. L'immagine satellitare relativa a una sezione della Regione Campania, acquisita nell'ambito del programma USA Hexagon (codice KH-9) il 29 dicembre 1975 (fonte: USGS, 2022).

gini delle aree paludose) testimonia la peculiare varietà di un paesaggio in cui gli aspetti della ruralità coesistevano con quelli propri delle zone a elevata naturalità.

Per la definizione dell'area studio sono state considerate le aree naturali (per lo più paludi) e quelle rurali (aree coltivate e piccoli borghi rurali), localizzate in prossimità dei due corsi d'acqua che attraversavano questo territorio (il Sebeto e la Volla), poste a meno di trenta metri sul livello del mare. Pur consapevoli dei limiti legati agli errori di georeferenziazione (si rimanda alla Nota 4), partendo dalla Carta di fine Settecento georiferita si è tracciato un poligono che delimita approssimativamente la Piana del Sebeto (Fig. 3). L'area studio è, a ovest, esterna al tracciato delle antiche mura di Napoli e posta a ridosso della scarpata del Monte Lotrecco (in prossimità della località Poggioreale), con il limite che corre lungo l'antica strada "Regia Strada di Puglia". Il poligono si chiude in prossimità del punto di risorgenza della Volla (presso la località omonima) e a sud-est è definito dalle isolinee del sistema Monte Somma-Vesuvio. Nel complesso, si tratta di un'area con un'estensione pari a quasi 26 Km², di forma valliva, con una larghezza media di circa 2,5 Km e una lunghezza di circa 8,5 Km. Su quest'area sono state successivamente eseguite le analisi con i dati telerilevati, di cui al Paragrafo 3.

Le immagini satellitari per l'area studio

Per analizzare le trasformazioni paesistico-ambientali dell'area studio sono state analizzate immagini satellitari, disponibili a titolo gratuito, con risoluzione spaziale medio-elevata. Le immagini satellitari sono state acquisite dal portale cartografico *Earth Explorer* dell'agenzia scientifica statunitense denominata *United States Geological Survey* (USGS). Tale piattaforma (<https://earthexplorer.usgs.gov/>) mette a disposizione

diverse fonti cartografiche come, ad esempio, immagini radar, modelli digitali del terreno, foto aeree, dati satellitari a elevata definizione spaziale (ad esempio, immagini IKONOS). Nel caso specifico, dal portale USGS sono state acquisite immagini spia, recentemente deciptate, e tre immagini satellitari del programma NASA denominato Landsat. Il *dataset* di dati telerilevati presi in considerazione copre, complessivamente, gli ultimi cinquant'anni.

La prima immagine è stata acquisita dal satellite spia del programma americano Hexagon (nome in codice Key Hole 9 o KH-9). Si stima che tale programma, operante tra il 1972 e il 1980 e per il quale sono stati spediti in orbita 20 satelliti, abbia raccolto quasi 30.000 immagini per un'area totale pari a circa 3.400 Km² (Burnett, 2012). Agli inizi del Duemila tali immagini sono state declassificate; quest'operazione permette, oggi, di utilizzarle anche per studi scientifici. Nel caso specifico, l'immagine utilizzata è datata 29 dicembre 1975 e ha una risoluzione inferiore ai 4m⁵. L'immagine originale, la cui risoluzione spettrale è minima (si tratta di un'immagine con un'unica banda), copre un'area che va dalla città di Napoli fino al Promontorio di Palinu-

5. Si vuole evidenziare la differenza che esisteva all'inizio degli anni Settanta tra le immagini di satelliti civili, la cui risoluzione spaziale era (nel caso delle immagini del programma Landsat) di circa 80 m, e quelle dei satelliti militari la cui risoluzione era di qualche metro.

ro lungo la linea costiera e dal Massiccio del Matese fino al centro di Candela (Foggia) nell'entroterra (Fig. 4). Le altre tre immagini sono state acquisite rispettivamente dai satelliti Landsat5 TM (in data 27 giugno 1984), Landsat7 ETM+ (in data 25 giugno 2001) e Landsat8 (in data 6 luglio 2022; Fig.5). Tutti questi vettori satellitari appartengono, nell'ambito delle missioni NASA, alla categoria dei satelliti ETRSs (*Earth Resources Technology Satellites*), ossia quella serie di satelliti il cui scopo è l'osservazione della Terra per il monitoraggio ambientale. Landsat5 è stato lanciato il 1° marzo 1984 e ha fornito immagini di alta qualità per un periodo molto più lungo rispetto a quello programmato inizialmente (29 anni, con interruzione dell'invio d'immagini nel giugno 2013). Landsat7, invece, è stato lanciato il 15 aprile 1999; tuttavia, a causa di un problema tecnico, invia da marzo 2003 immagini di bassa qualità, poco utilizzabili per studi ordinari di telerilevamento. Per entrambi l'orbita ha un'altezza di 705 km, è vicino polare (9°N), ripetitiva. Questo significa che i satelliti del programma Landsat passano sopra la stessa area della superficie terrestre ogni 16 giorni e riescono a effettuare 14,5 orbite al giorno con un periodo di 98,9 minuti. L'immagine telerilevata ricopre un'area quadrata di 185 km di lato. Il Landsat5 porta il sensore TM (*Thematic Mapper*)⁶; il Landsat7 il sensore ETM+ (*Enhanced Thematic Mapper plus*). Il secondo sensore, anche se costituisce un'evoluzione (ad esempio, l'acquisizione di una banda pancromatica a 15 m), presenta caratteristiche tecniche molto simili al precedente (Lillesand e Kiefer, 2000).

A febbraio 2013 è stato mandato in orbita il più recente satellite della costellazione Landsat: Landsat8. Alla stregua dei precedenti, la sua orbita ha un'altezza di 710 Km ed è ripetitiva. L'inclinazione dell'orbita è di 98° N. L'ampiezza di ripresa è sempre la stessa (185 Km circa), ma è migliorata la frequenza di acquisizione delle immagini (700 immagini al giorno contro le 450 di Landsat7).

Su Landsat8 sono stati montati due sensori: OLI (*Operational Land Imagery*) e TIRS (*Thermal InfraRed Sensor*). Il primo acquisisce immagini su nove bande nello spettro delle onde corte; esso va a potenziare le prestazioni dei precedenti sensori della serie Landsat in quanto è stato implementato di una banda (la 'nuova' banda 1) che fornisce migliori informazioni sulle aree costiere e di un'ulteriore banda nello spettro dell'infrarosso medio per lo studio di nubi in alta troposfera. La loro risoluzione spaziale varia tra 15 metri (banda 8, pancromatica) e 30 metri. È stata migliorata anche la risoluzione radiometrica⁷, passata da 8-bit (256 livelli di grigio) a 12-bit (4.096 li-

6. Il Landsat5 porta anche il sensore MSS (*Multi Spectral Scanner*), ma in occasione di questa ricerca le immagini satellitari utilizzate, relative a questo satellite, fanno riferimento unicamente al sensore TM.

7. La risoluzione radiometrica è la minima differenza d'intensità che un sensore può rilevare tra due valori di energia raggiante. Nell'immagine satellitare viene registrata sotto forma di numeri (*Digital Numbers* o DN) compresi generalmente fra 0 e 255, che esprimono la gamma delle radianze regi-



Fig. 5. L'immagine satellitare acquisita dal satellite Landsat8 OLI/TIRS il 6 luglio 2022, visualizzata a colori naturali (RGB: 432) (fonte: USGS, 2022).

velli di grigio). Il sensore TIRS acquisisce due ulteriori bande con risoluzione spaziale 100 metri nell'infrarosso termico.

Elaborazioni delle immagini satellitari

Dopo aver inquadrato tutte le immagini satellitari nel medesimo sistema di riferimento (EPSG: 32633)⁸, sui dati telerilevati si è proceduto alla selezione dell'area relativa alla Piana del Sebeto, come individuata in Figura 3.

Successivamente, mediante le procedure di interpretazione visiva e – qualora possibile – attraverso l'elaborazione dell'indice vegetazionale NDVI (*Normalized Difference*

strate dal sensore. Il numero 255 è legato al fatto che le misure sono memorizzate in byte, l'unità di base dei computer, e il byte è formato da 8 bit, cioè 2⁸=256 valori di cui il primo è 0, cioè radiazione misurata nulla, e l'ultimo 255, cioè radiazione misurata massima. Se per memorizzare le misure si usasse un solo bit, si potrebbero rappresentare solo due livelli di radianza (0 e 1), mentre con 8 bit si possono rappresentare 256 differenti livelli di intensità, aumentando in questo modo la risoluzione radiometrica (Lillesand e Kiefer, 2000).

8. Mentre si è dovuto georiferire l'immagine satellitare del 1975 (12 GCP; algoritmo di trasformazione: polinomiale di primo ordine; RMSE: circa 3,5m), le restanti immagini vengono distribuite da USGS come prodotti *Landsat Collection 2 Level-2 Science Product*. Questo significa, tra l'altro, che le immagini sono già proiettate nel sistema di riferimento prescelto (Datum: WGS84 UTM, zona 33N).

Vegetation Index), sono stati delineati i principali cambiamenti che hanno interessato l'area oggetto di studio nel periodo 1975-2022.

Interpretazione visiva

L'identificazione e la distinzione degli elementi in un'immagine satellitare, senza ricorrere a procedure di classificazione automatica, viene denominata "interpretazione visiva". Nel caso di dati telerilevati, tale metodo permette molteplici livelli di approfondimento nella conoscenza della copertura del suolo in funzione delle diverse risoluzioni (spaziale, spettrale e radiometrica) dell'immagine presa in esame. Elementi di interpretazione visiva sono il colore (a banda singola o mediante la composizione delle bande, *color composite*), le dimensioni e la forma degli elementi a terra, la disposizione spaziale degli elementi (tessitura e *pattern*), il contesto spaziale e la scala di riferimento (Olson, 1960).

Nel caso specifico, si tratta di cartografie elaborate a scala medio-grande (circa 1:40.000), le cui possibilità interpretative sono condizionate dalla diversa risoluzione spaziale, spettrale e radiometrica delle immagini prese in esame. Nel caso dell'immagine del 1975, essa presenta un'ottima risoluzione spaziale⁹ ma, trattandosi di un'immagine in unica banda, non si possono fare combinazioni di colori (in Fig. 6 è riportata in gradazioni di grigio). Tuttavia, si evince chiaramente come il territorio della Piana del Sebeto fosse già fortemente antropizzato soprattutto nelle zone limitrofe all'area urbana. La sezione di nord-ovest preserva un forte carattere di naturalità; infatti, la presenza di aree residenziali e industriali risulta più polverizzata.

Le immagini satellitari Landsat sono, invece, visualizzate a colori composti. Nel caso specifico, la composizione di colori prescelta è stata l'associazione della banda dell'infrarosso medio (1,5-1,7 μm) al canale del rosso (R), dell'infrarosso vicino (0,7-0,9 μm) al canale verde (G) e dell'infrarosso medio (2,1-2,3 μm) al canale blu (B). Nel caso di Landsat5 e Landsat7 la combinazione è RGB:547, mentre nel caso di Landsat8 è RGB: 657. Questa combinazione di colori permette di far risaltare aree vegetate e, di converso, aree residenziali e industriali (Mauro, 2016). Nel complesso, esse testimoniano quale sia stato il processo di suburbanizzazione avvenuto nella Piana del Sebeto fino a oggi. Se gli assetti appaiono nel 1984 abbastanza invariati rispetto al 1975 (anche per i condizionamenti interpretativi legati alla risoluzione spaziale), la tessitura e i colori delle immagini successive suggeriscono come la crescita sia avvenuta dapprima lungo le infrastrutture viarie che attraversano l'area, per poi riempire progressivamente gli spazi vuoti con assi viari ed estesi capannoni (2022). In tal senso, la migliorata profondità radiometrica - garantita dall'utilizzo dell'immagi-

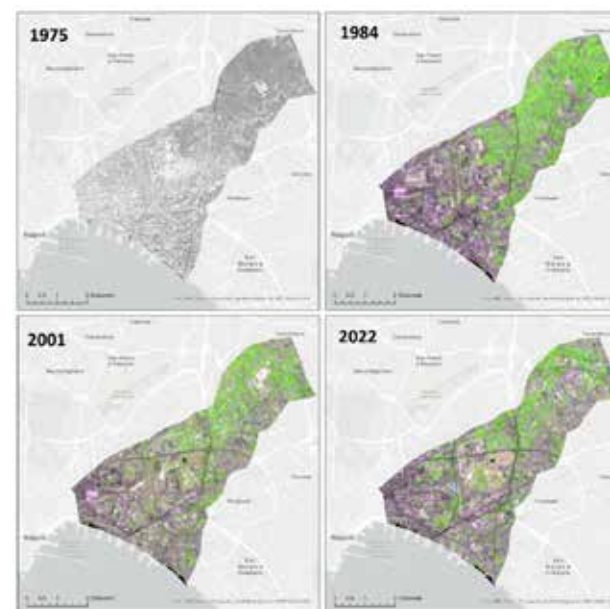


Fig. 6. Le immagini satellitari, opportunamente georiferite e ritagliate, sono visualizzate come variazione di grigi (1975) o combinazione di colori (1999, 2001 e 2022). La combinazione scelta è RGB: 547 per le immagini del 1999 e del 2001, mentre per l'immagine del 2022 è RGB:657.

Elaborazione degli Autori.

ne Landsat8 OLI/TIRS - permette di cogliere la portata delle trasformazioni territoriali avvenute negli ultimi vent'anni (2001-2022). La lettura di queste immagini satellitari, semplificata dalla particolare combinazione di colori, consente d'identificare la presenza di vecchi depositi petroliferi (caratterizzati dalla peculiare forma tondeggiante), di serie di capannoni affiancati l'un l'altro, di numerose infrastrutture viarie e ferroviarie in un territorio che, negli ultimi trent'anni, ha completamente perso la propria ruralità a favore di un paesaggio industriale.

Classificazioni basate sull'indice vegetazionale NDVI

Successivamente all'interpretazione visiva, qualora possibile¹⁰, è stato elaborato l'indice di vegetazione *Normalized Difference Vegetation Index*, più comunemente noto come NDVI. Diverse metodologie sono state sviluppate per lo studio quantitativo e qualitativo della vegetazione da immagini satellitari. Per ridurre il numero di parametri presenti nelle misure multispettrali a un unico valore sono stati sviluppati gli indici di vegetazione. Si tratta di combinazioni di canali spettrali diversi; il valore risultante rispecchia il contributo della vegetazione in funzione della risposta spetra-

9. Purtroppo, parte dell'immagine è leggermente disturbata dalla presenza di parziale copertura nuvolosa, centrata nell'area industriale orientale di Napoli.

10. Come spiegato successivamente, nel caso dell'immagine satellitare del 1975 non è stato possibile elaborare alcun indice perché si tratta di dati con risoluzione spettrale minima, ossia acquisiti in un'unica banda corrispondente all'intero campo di variazione del visibile.

le di un'area, minimizzando il contributo di altri fattori come il suolo o le condizioni di illuminazione.

Rouse et al. (1974) hanno definito l'NDVI che viene calcolato come segue:

$$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)}$$

Ove: *NIR* - valore di riflettanza del singolo pixel all'infrarosso vicino e *RED* - valore di riflettanza del singolo *pixel* al rosso. Tale indice assume valori tra -1 e 1, ossia valori facilmente interpretabili. Valori bassi di NDVI si registrano in aree a bassa copertura vegetale oppure dove la vegetazione presente è senescente o sofferente. Alti valori dell'indice rispecchiano una situazione di forte attività fotosintetica (massimo assorbimento nel rosso e massima riflettanza nell'infrarosso vicino) e, quindi, di elevata presenza di biomassa verde. Nuvole, acqua e neve presentano valori negativi, mentre rocce e suolo nudo hanno riflettanze simili in entrambe le bande, rendendo l'indice prossimo a zero. In ambiti urbani può assumere anche valori negativi.

Nel caso specifico, l'indice NDVI è stato elaborato sulla mini-serie delle immagini Landsat (1984, 2001 e 2022), successivamente classificate secondo una procedura di tipo mista¹¹. Sono state individuate cinque classi (basso, medio-basso, medio, medio-alto, alto) con valori di riferimento uguali tra le tre immagini Landsat prese in esame. Tale scelta permette di poter confrontare le variazioni in termini percentuali di questo indice vegetazionale nel periodo 2001-2022 (Fig.8). Nel caso dell'immagine del 1975 è stata classificata, invece, la risposta spettrale nel visibile¹² ed è stata adottata una gradazione di colori¹³ che richiama le classificazioni fatte sulle altre tre immagini (Fig.7). Ovviamente, non si tratta della classificazione di un indice di vegetazione: in questo caso, infatti, non è possibile elaborare alcun indice, trattandosi di dati telerilevati in un'unica banda.

Nel loro complesso, la serie di immagini – classificate secondo le modalità indicate – conferma quanto emerso dalla loro interpretazione visiva, ossia la progressiva urbanizzazione della Piana del Sebeto avvenuta da Napoli verso l'area più periferica, in particolare nel periodo 1984-2022. I valori di NDVI sono piuttosto bassi: nelle tre

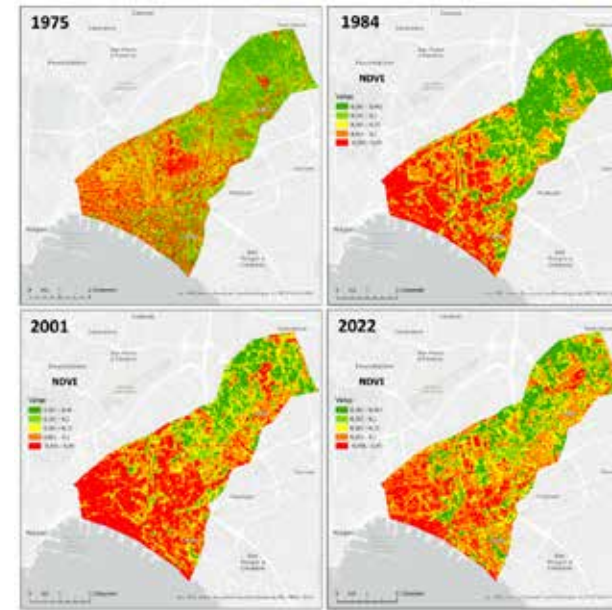


Fig. 7. Immagini satellitari classificate in cinque classi. Nel caso dell'immagine del 1975 è stata classificata la risposta spettrale; per le altre tre immagini (1984, 2001 e 2022) si è classificato l'indice di vegetazione NDVI. Elaborazione degli Autori.

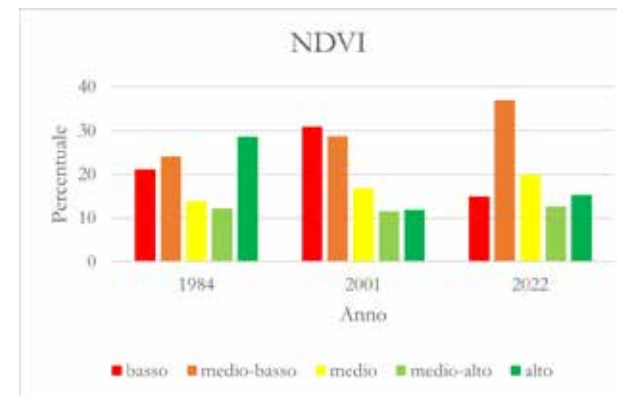


Fig. 8. Variazioni del peso percentuale relativo alle diverse classi di NDVI individuate nelle immagini Landsat del 1984, 2001 e 2022.

immagini almeno il 70% dei valori è inferiore a 0,2 con valori medi variabili tra 0,14 (1984) e 0,1 (2022). Valori così bassi sono giustificati dal periodo di acquisizione (fine giugno e inizio luglio) e dal fatto che non si tratta di aree boschive ma, tutt'al più, di aree mantenute a prato. Colpisce, inoltre, la forte frammentazione delle residue aree vegetate: si tratta di zone marginali, spesso comprese tra vecchi capannoni e infrastrutture viarie e ferroviarie (la cui presenza è piuttosto frequente, considerata la vicinanza alla stazione centrale di Napoli) o poste in prossimità dei depositi petroliferi.

11. Sulla base dei risultati emersi (ossia degli istogrammi di frequenza dell'indice NDVI nei diversi anni presi in esame), lo schema adottato è stato il seguente: i valori estremi corrispondono ai valori minimo e massimo, mentre per i restanti valori di classificazione si è scelto un intervallo di uguale ampiezza (range 0,05). In termini concreti (come si può comprendere anche dalle legende riportate in Figura 6), al fine di definire cinque classi omogenee per le tre immagini Landsat prese in esame, gli intervalli sono i seguenti: valore minimo – 0,05 – 0,1 – 0,15 – 0,2 – valore massimo.

12. Algoritmo di classificazione: *Natural Jenks*. Numero di classi: 5.

13. La scelta dei colori non intende essere ingannevole, ma solo utile a un confronto d'acchito con le restanti immagini Landsat.

Anche l'analisi puntuale del peso percentuale delle diverse classi di NDVI (Fig.8) conferma le dinamiche territoriali in atto nella Piana del Sebeto. Negli ultimi trent'anni, infatti, si è assistito a una forte contrazione delle aree più vegetate (la cui estensione si è ridotta di oltre il 10%) a favore delle classi medio-basse. Considerando le due classi con valori più elevati, il peso percentuale delle aree vegetate passa da circa il 41% dell'intera Piana del Sebeto nel 1984 a circa il 28% nel 2022.

Verso una difficile riqualificazione urbana e funzionale.

Riflessioni conclusive su un territorio in transizione

I SIN rappresentano, oggi, un'emergenza ambientale di livello nazionale da sottoporre a bonifica. Come già accennato, il SIN "Napoli Orientale" si è sviluppato già a partire dalla prima metà dello scorso secolo a ridosso della città, in corrispondenza della Piana del Sebeto. Si tratta di un'area pianiziale poco estesa, posta a margine del corso d'acqua partenopeo (lungo il tracciato conosciuto dall'Alto Medioevo in poi), dove erano presenti in passato aree paludose e coltivazioni orticole che trovavano il loro naturale mercato nella vicina città. Cercare d'identificare le recenti dinamiche di questo territorio, mediante l'utilizzo di dati telerilevati, è operazione non priva di criticità.

La prima è stata quella di delimitare l'area oggetto di studio. Infatti, anche se la collocazione della piana era ben conosciuta, per definirla in modo abbastanza accurato sono state messe a confronto cartografie non omogenee, ossia una carta storica (la carta denominata "*Topografia dell'Agro Napoletano con le sue adiacenze*", realizzata dal Rizzi Zannoni e pubblicata nel 1793) e il recente modello digitale del terreno realizzato dall'ISPRA. Mediante l'integrazione di tali fonti in ambiente GIS è stata identificata l'area studio, ovvero la Piana del Sebeto. Tale procedura ha messo in evidenza la qualità della cartografia storica, alquanto precisa da un punto di vista topografico e in grado di testimoniare la presenza di un paesaggio rurale complesso in prossimità di Napoli alla fine del XVIII secolo.

Il successivo confronto tra dati telerilevati dal 1975 a oggi evidenzia gli effetti del processo di suburbanizzazione, legato alla delocalizzazione delle industrie verso aree urbane periferiche e al successivo decentramento di alcune attività terziarie. Se, tra gli anni Settanta e gli anni Ottanta, la Piana del Sebeto era ancora caratterizzata dalla presenza di caratteri rurali nella parte più interna, oggi il paesaggio si qualifica come periferico e industriale. Depuratori o depositi di carburante dismessi, nuovi capannoni affiancati gli uni agli altri, l'intreccio di assi viari a scorrimento veloce e linee ferroviarie in un'area posta a ridosso della stazione centrale di Napoli caratterizzano oggi lo *skyline* di questo territorio. L'interpretazione visiva e l'elaborazione dell'indice di vegetazione NDVI hanno permesso di documentare tale trasformazione morfo-funzionale, avvenuta dagli anni Novanta a oggi, che ha portato a un ulteriore decremento delle residualità di aree verdi superiore al 10% rispetto alla situazione già deteriorata degli anni Ottanta. Pur avendo, talvolta, la sensazione che le fonti di analisi individuate (le immagini Lan-

dsat con una risoluzione spaziale di 30 m) non fossero così adeguate a una scala medio-grande come quella del caso studio, la possibilità di poterle confrontare con dati *raster* a elevata risoluzione spaziale (l'immagine spia del 1975) ha reso ancora più evidenti le potenzialità applicative dell'approccio prescelto. La possibilità d'identificare e cartografare i luoghi in cui si sono verificate le principali trasformazioni nell'area, nonché di quantificarle, fa comprendere quanto le immagini satellitari Landsat (oggi disponibili a titolo gratuito), acquisite con l'obiettivo di monitorare il nostro pianeta, siano più che mai attuali e funzionali all'analisi territoriale. Il caso della Piana del Sebeto lo dimostra ancora una volta: adottare questa metodologia per confronti diacronici – anche su territori poco estesi – può rivelarsi una prospettiva di ricerca efficace per suscitare una rinnovata sensibilità verso le questioni ambientali alla scala locale.

Problemi urbanistici, sociali, ambientali e produttivi affliggono, infatti, quest'area compressa tra la città di Napoli e le falde del Vesuvio. Non priva di una sua individualità storico-naturalistica, come si evince dalla lettura della cartografia settecentesca analizzata, la Piana del Sebeto assume già alla fine dell'Ottocento (Pianta di Napoli Giambarda-Schiavoni, 1874) una connotazione funzionale complessa per la coesistenza di strutture rurali, granili e primi edifici industriali in un territorio identificato come "Le Paludi" e prospiciente la linea di costa. L'accessibilità dovuta alla peculiare posizione geografica e alle connotazioni geomorfologiche, l'assenza di un tessuto insediativo denso hanno reso quest'area (la Piana del Sebeto, identificata come Napoli Est) il luogo privilegiato per l'accesso alla città di Napoli e al suo litorale. Assi infrastrutturali a scorrimento veloce fanno da connessione tra la stazione, il porto e l'aeroporto internazionale; trasporto su gomma e su ferro contraddistinguono tale ambito, contribuendo alla scarsa qualità urbanistica e ambientale legata agli ingenti volumi di traffico. La deindustrializzazione, com'è noto, ha determinato una progressiva dequalificazione e perdita di valore degli immobili e dell'area: depositi, fabbriche dismesse, aree petrolchimiche, edifici degradati necessitano di una riprogettazione complessiva (Dansero et al., 2001). Nella fase post-industriale la competizione tra le grandi città si gioca proprio sulla capacità di connessione intermodale e sulla logistica; questa è una delle motivazioni per cui l'attenzione di urbanisti, economisti, enti e istituzioni è stata rivolta verso un contesto periferico e degradato. La mancanza di restrizioni e vincoli, che tutelano aree storicamente più strutturate e stratificate, ha contribuito ad avviare nuove progettualità. Già negli anni Sessanta, la realizzazione di un *Business Center* sul modello delle metropoli nord-americane (il cosiddetto "Centro Direzionale") ha interessato un'area a est della città. Contrastanti sono le valutazioni su questo progetto in termini urbanistici e funzionali, considerato come un innesto estraneo al tessuto cittadino e non integrato nel contesto sociale.

La presenza di poli universitari legati allo sviluppo delle ICTs (*Innovation and Communication Technologies*) proprio in quest'area riveste un forte significato simbolico, oltriché economico e sociale. L'idea che la riqualificazione urbana possa essere innescata

da funzioni di livello elevato nel settore della formazione, del digitale e dell'innovazione ha fatto ipotizzare la nascita di una "Silicon Valley" partenopea (De Falco, 2016). Si configurerebbe, così, una radicale e ulteriore trasformazione funzionale della Valle del Sebeto da zona agricola ad area industriale e periferica; da zona degradata e post-industriale ad area competitiva, innovativa e interconnessa. Si tratta, qualora tale processo dovesse verificarsi compiutamente, di dinamiche di medio-lungo termine. Attualmente interessa monitorare il livello d'integrazione e partecipazione della comunità locale, le economie di prossimità e l'indotto, le ricadute in termini di reddito e occupabilità degli *insiders*.

Ai progetti realizzati con l'obiettivo d'innescare un'inversione di tendenza, si affiancano quelli *in fieri* sui quali si cerca di costituire forme di partenariato pubblico-privato per la necessità d'ingenti risorse finanziarie. La riqualificazione del *waterfront* Vigliena-Pietrarsa (la fascia costiera della Piana del Sebeto) è legata alla realizzazione di strutture per la diportistica di livello elevato con l'obiettivo di fornire opportunità di attracco a tale segmento della nautica nel Golfo di Napoli, in prossimità della città stessa.

È evidente che tale progettualità non può prescindere da interventi per la bonifica dei siti industriali dismessi e per il recupero della balneabilità. Va in questa direzione l'Accordo di Programma con il Ministero dell'Ambiente, della Tutela del Territorio e del Mare (oggi Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza energetica) che è impegnato nella riqualificazione dei SIN (Siti d'Interesse Nazionale) attraverso interventi specifici, analisi e carotaggi nelle aree inquinate.

Tali interventi sono finalizzati anche a una ripresa del mercato immobiliare, a sollecitare e sostenere una riqualificazione dell'edilizia dei quartieri di San Giovanni a Teduccio, Barra e Ponticelli che si snodano lungo la Piana del Sebeto dalla costa verso l'interno (Bencardino e Nesticò, 2017).

Armonizzare questi interventi diversi in una strategia unitaria costituisce la sfida più complessa, anche per la difficoltà di conciliare esigenze diverse, a volte antitetiche e contrastanti, in un'area di transizione tra la città di Napoli e l'*hinterland* metropolitano (Caiazzo et al., 2021). La partecipazione delle comunità locali è un nodo fondamentale per assicurare una ricaduta positiva alle azioni proposte o già attuate; le numerose associazioni che operano sul territorio e sono inserite nel tessuto sociale svolgono un ruolo non trascurabile per innescare processi partecipativi verso le politiche di trasformazione urbana in atto. Tuttavia, anche l'intervento del capitale privato è essenziale e vanno garantite quelle condizioni di contesto per invogliare i grandi investitori a concorrere nella riqualificazione di un'area dai mutevoli caratteri identitari, formali e funzionali.

Bibliografia

- BELLUCCI F., *Nuove conoscenze stratigrafiche sui depositi vulcanici del sottosuolo del settore meridionale della Piana Campana*, in "Bollettino della Società Geologica Italiana", vol. 113, 1994, pp. 395-42.
- BENCARDINO M., NESTICÒ A., *Demographic Changes and Real Estate Values. A Quantitative Model for Analyzing the Urban-Rural Linkages*, in "Sustainability", 9, 2017, pp. 1-14. DOI: 10.3390/su9040536
- BURNETT M., *Hexagon (KH-9) mapping camera Program and evolution (national reconnaissance Office (NRO))*. Chantilly, VA: Center for the Study of National Reconnaissance (CSNR), 2012.
- CAIAZZO S., DAL PIAZ A., DE NARDO A., *Colli di bottiglia. L'azione pubblica nel governo del territorio e il New Generation Eu*, CLEAN, Napoli 2021.
- DE FALCO S., *Vesuvius Valley. Perché Napoli è la città più innovativa al mondo*, Cultura Nova, Napoli 2016.
- DI GENNARO A. (a cura di), *I sistemi di terre della Campania*, Regione Campania, Napoli 2002.
- GRAVA M., C. BERTI, N. GABELLIERI, A. GALLIA, *Historical GIS. Strumenti digitali per la geografia storica in Italia*, in "Studi Monografici, Associazione Italiana Cartografia", 4, EUT, Trieste 2020.
- KRASNA F., *Strumenti pubblici per la distribuzione dell'informazione geografica: IRDAT nel Friuli-Venezia Giulia*, in "Bollettino dell'Associazione Italiana di Cartografia", 156, 2016, pp. 157-169.
- LILLESAND T.M., KIEFER R.W., *Remote sensing and Image Interpretation*, Fourth ed., Wiley & Sons, New York 2000.
- MAURO G., *Dinamiche urbane e città post-socialiste: monitoraggio mediante telerilevamento. Casi di studio*, in "Studi Monografici, Associazione Italiana di Cartografia", 1, EUT, Trieste 2016.
- OLSON C.E. JR., *Element of photographic interpretation common to several sensors*, Photogrammetric engineering and remote sensing, 56(2), 1960, pp. 651-656.
- ROUSE J.W., HASS R.H., SHELL J.A., DEERING D.W., HARLAN J.C., *Monitoring the vernal advancement of retrogradation of natural vegetation. Final Report, Type III*, NASA/GSFC, Greenbelt, MD, 371, 1974.
- RUOCCO D., *La Campania*, in: *Le Regioni d'Italia* (a cura di: ALMAGIÀ-MIGLIORINI), Vol. 13, UTET, Torino 1965.
- RUSSO G., *Il Risanamento e l'ampliamento della città di Napoli*, Arte Tipografica, Napoli 1961.