

# ARCHEOLOGIA E CALCOLATORI

32.1

2021

*All'Insegna del Giglio*

ARCHEOLOGIA E CALCOLATORI



CNR – DIPARTIMENTO SCIENZE UMANE E SOCIALI, PATRIMONIO CULTURALE

ISTITUTO DI SCIENZE DEL PATRIMONIO CULTURALE

Rivista annuale open access e peer reviewed  
fondata da Mauro Cristofani e Riccardo Francovich

Comitato Scientifico: Giovanni Azzena, John Boardman, Robin B. Boast, Francisco Burillo Mozota, Alessandra Caravale, Christopher Carr, Martin O.H. Carver, Francesco D'Andria, François Djindjian, James E. Doran, Virginie Fromageot-Laniece, Salvatore Garraffo, Filippo Giudice, Antonio Gottarelli, Maria Pia Guermandi, Anne-Marie Guimier-Sorbets, Ian Hodder, F. Roy Hodson, Donna C. Kurtz, Adriano Maggiani, Daniele Manacorda, Costanza Miliani, Paola Moscati, Tito Orlandi, Clive R. Orton, Maria Cecilia Parra, Xavier Rodier, Francesco Roncalli, Grazia Semeraro, Paolo Sommella, Gianluca Tagliamonte, Marco Valenti

Direttore responsabile: Paola Moscati

Redazione: Claudio Barchesi, Francesca Buscemi, Letizia Ceccarelli, Sara Di Marcello, Alessandra Piergrossi, Irene Rossi

Policy and Guidelines: <http://www.archcalc.cnr.it/pages/guidelines.php>

Autorizzazione del presidente del Tribunale di Firenze n. 3894 del 6/11/1989

Indirizzo Redazione: Rivista «Archeologia e Calcolatori», CNR – ISPC, Area della Ricerca di Roma 1, Via Salaria Km 29,300, 00015 Monterotondo Stazione (RM)  
Tel. +39.06.90672670 – Fax +39.06.90672818  
E-mail: [redazioneac.ispc@ispc.cnr.it](mailto:redazioneac.ispc@ispc.cnr.it)  
<http://www.archcalc.cnr.it/>

Edizione e distribuzione: Edizioni ALL'INSEGNA DEL GIGLIO s.a.s.,  
Via Arrigo Boito 50-52, 50019 Sesto Fiorentino (FI)  
Tel. +39.055.6142675  
E-mail: [redazione@insegnadelgiglio.it](mailto:redazione@insegnadelgiglio.it) – [ordini@insegnadelgiglio.it](mailto:ordini@insegnadelgiglio.it)  
<https://www.insegnadelgiglio.it/>

# ARCHEOLOGIA E CALCOLATORI

32.1

2021

*All'Insegna del Giglio*

Realizzazione grafica della sovracoperta di Marcello Bellisario  
Rivista «Archeologia e Calcolatori» (ISSN 1120-6861, e-ISSN 2385-1953)  
ISBN 978-88-9285-056-9, e-ISBN 978-88-9285-057-6  
© 2021 – All’Insegna del Giglio s.a.s. – [www.insegnadelgiglio.it](http://www.insegnadelgiglio.it)  
Sesto Fiorentino (FI), novembre 2021  
Stampa, MDF print

Abbonamento 2021: 2 volumi, 32.1 e 32.2, € 60,00.  
Spedizione: Italia, gratuita; estero, a carico del destinatario.  
<https://www.insegnadelgiglio.it/categoria-prodotto/abbonamenti/>

*in ricordo di Gianni Adamo*

«La dinamicità e la capacità di integrazione che caratterizzano il metodo e gli strumenti dell'informatica costituiscono una via privilegiata attraverso la quale è auspicabile far transitare le conoscenze e i risultati ottenuti anche da prospettive diverse, per alimentare il patrimonio di risorse linguistiche e nozionali al quale ha bisogno di attingere, con immediatezza e in modo unitario, la società multilingue dell'informazione» (G. Adamo, *Tra lessicologia e terminologia*, Lexicon Philosophicum. Quaderni di terminologia filosofica e storia delle idee, 10, 1999, 17).

## INDICE

EMANUELE CANCELLIERI, <i>Morphometric analysis of Middle Stone Age tanged tools from South-Western Libya, Central Sahara. A regional perspective</i>	7
ENRICO LUCCI, <i>Understanding the effect of trampling in a spatial perspective: a case study from a long-lived-in dwelling space of the Bronze Age settlement of Coppa Nevigata (South-Eastern Italy)</i>	25
DAVIDE DELPIANO, <i>Antiche e moderne tecnologie: l'applicazione delle tecniche di rilevamento tridimensionale per la rappresentazione e l'analisi dei manufatti litici</i>	43
KAMAL ALDIN NIKNAMI, HAYYAN JABARZADEH, MAHSA VAHABI, <i>Archaeological survey of the western boundary strip of Iran through using remote sensing techniques</i>	63
ILARIA CACCIARI, GIORGIO F. POCOBELLI, <i>The contribution of artificial intelligence to aerial photointerpretation of archaeological sites: a comparison between traditional and machine learning methods</i>	81
JOSÉ MARÍA GUERRERO VEGA, ANTONIO PIZZO, <i>Análisis arquitectónico y aplicación de metodología BIM en el santuario extraurbano de Tusculum</i>	99
MICHELE ABALLE, MARCO CAVALAZZI, <i>Morphometric analysis for geoarchaeological research: from testing different methods to results verification in the Romagna Plain</i>	117
ALESSANDRO ALESSIO RUCCO, <i>Estensione delle Valli di Comacchio tra 1000 e 1500 d.C.: geoarcheologia, cartografia storica e informatica</i>	137
ELISABETTA GIORGI, LUCA LUPPINO, NICOLA LAPACCIANA, JACOPO SCOZ, <i>Accurata, ma sostenibile: soluzioni operative per la documentazione grafica e fotografica dello scavo sul sito di Vignale</i>	155
LORENZO CALVELLI, LUIGI SPERTI, MYRIAM PILUTTI NAMER, ELEONORA DELPOZZO, <i>Misurazioni digitali non invasive di spolia veneziani: innovazioni di metodo e proposte di applicazione</i>	175
GIULIANO DE FELICE, ADRIANA CAMERINO, REMO PAVONE, <i>Archeologia virtuale del passato contemporaneo. Dal rilievo alla ricostruzione digitale del campo PG 65 di Altamura (BA)</i>	195
FRANCESCO GABELLONE, <i>Principi e metodi dell'archeologia ricostruttiva. Dall'approccio filologico alla ricostruzione tipologica</i>	213
ELISA BRENER, GIORGIA CAFICI, GIULIA DEOTTO, <i>La statua ritrovata. Identificazione, analisi e proposta di ricostruzione virtuale di una scultura conservata presso il Museo Egizio di Torino</i>	233
MARIA DE FALCO, MARIA LAURA NAPPI, ANTONIA AULETTA, CARLA LANGELLA, <i>Dal digitale al materiale: design e tecnologie digitali per la creazione di kit esperienziali per il Museo Archeologico Nazionale di Napoli</i>	251

ALESSIA MORIGI, FILIPPO FONTANA, FRANCESCO GARBASI, <i>ParmAumentata. Ricerca archeologica, augmented reality e user experience nella ricostruzione del paesaggio urbano di Parma</i>	269
ALEXANDRA CHAVARRÍA ARNAU, PAOLO VEDOVETTO, <i>Wiki Loves Churches! La piattaforma WikiCARE per la catalogazione collaborativa delle chiese altomedievali in Italia</i>	291
MATTEO FRASSINE, STEFANIA DE FRANCESCO, ALESSANDRO ZAMBETTI, <i>RAPTOR reloaded. Un geodatabase gestionale per la tutela archeologica: nuovi aggiornamenti per un sistema aperto</i>	307
IRENE ROSSI, NICOLÒ PARACIANI, <i>IT applications to archaeology and the OA diamond journals' challenge. Enhancing access and reuse of textual and visual resources</i>	325

\*  
\*   \*

FROM DIGITALISATION AND VIRTUAL RECONSTRUCTION OF ANCIENT MUSICAL INSTRUMENTS TO SOUND HERITAGE SIMULATION AND PRESERVATION, edited by ANGELA BELLIA

ANGELA BELLIA, <i>Introduction: an overview of how virtual reconstructions and sound simulations can improve our knowledge on ancient musical instruments and sound heritage</i>	351
ANTONIO RODÀ, GIOVANNI DE POLI, SERGIO CANAZZA, ZEZHOU SUN, EMILY WHITING, <i>3D virtual reconstruction and sound simulation of old musical instruments</i>	359
ANGELA BELLIA, DANILO PAOLO PAVONE, <i>Computed Tomography and handcrafting processes of an ancient musical instrument: the aulos from Poseidonia</i>	375
STEFAN HAGEL, <i>Assessing unknown parameters of instrument finds by writing software</i>	403
GEORGIOS KOUROUPETROGLOU, SPYROS POLYCHRONOPOULOS, KONSTANTINOS BAKOGIANNIS, <i>Augmentation and enrichment of cultural exhibits via digital interactive sound reconstruction of ancient Greek musical instruments</i>	423
PAMELA JORDAN, <i>Searching for ancient sonic experience in present-day landscapes</i>	439
MARIA CRISTINA MANZETTI, NIKOS PAPADOPOULOS, <i>Being a spectator in a Roman theatre: a VR APP</i>	457
SERGIO CANAZZA, GIOVANNI DE POLI, ALVISE VIDOLIN, <i>Not only paper: computer engineering to contrast the eclipse of the audio documents. The case study of a personal archive</i>	469

*Note e Recensioni:*

*Diritto d'autore, copyright e licenze Creative Commons* (A. Caravale), p. 489; A. DEL BIMBO *et al.* (eds.), *Pattern Recognition. ICPR International Workshops and Challenges Virtual Event, January 10-15, 2021, Proceedings, Part VII, 2<sup>nd</sup> International Workshop on Pattern Recognition for Cultural Heritage* (LNCS, vol. 12667), Springer 2021 (F. Buscemi), p. 492; R. VECCHIATTINI (ed.), *La datazione delle malte in architettura tra archeologia e archeometria*, «Archeologia dell'Architettura», 24, 2019, 1-119 (L. Ceccarelli), p. 497.

## ESTENSIONE DELLE VALLI DI COMACCHIO TRA 1000 E 1500 D.C.: GEOARCHEOLOGIA, CARTOGRAFIA STORICA E INFORMATICA

### 1. INTRODUZIONE

Le lagune antiche rappresentano un tema di forte interesse a livello internazionale. Il quadro europeo e mediterraneo conta ormai numerosi studi<sup>1</sup> in cui all'importanza della ricostruzione in sé si affianca quella del metodo utilizzato, ormai piuttosto standardizzato, che fa dell'approccio geoarcheologico la chiave di volta della ricerca. Lo studio di contesti lagunari è un filone di ricerca ben sviluppato anche in Italia, con riferimento sia al bacino tirrenico che a quello adriatico<sup>2</sup>.

Per quanto riguarda le Valli di Comacchio, non esistono ad oggi rappresentazioni grafiche precedenti il 1580, anno cui risale la realizzazione della cosiddetta Carta Pasi<sup>3</sup> (Fig. 1). L'unico tentativo che ci risulti essere stato fatto in questo senso risale al 2015, quando lo scrivente ha pubblicato una carta (Fig. 2) in cui si ipotizzava l'estensione degli spazi acquei comacchiesi tra VII e X secolo d.C. (Rucco 2015a, 2015b). La carta teneva conto non solo del tasso di subsidenza media calcolato per l'arco adriatico settentrionale<sup>4</sup> (ANTONIOLI *et al.* 2008), ma anche di una serie di aspetti topografici desunti da fonti scritte, risalenti alle cronologie in questione, in cui si menzionavano campi, boschi, paludi, ovvero elementi che potevano essere facilmente ricondotti a terraferma o spazi umidi. Quella rappresentazione, tuttavia, risentiva di due problemi. Il primo di natura cronologica: essa restituiva, cioè, un'immagine piuttosto vaga se rapportata al grado di alterazione che i paesaggi deltizi possono subire anche nell'arco di pochissimo tempo. In secondo luogo, essa risentiva di una mancanza di carattere tecnico: il modello digitale del terreno (da ora DTM) utilizzato per calcolare l'estensione degli spazi acquei risultava

<sup>1</sup> Cfr. ad es. OOST, DE BOER 1994; BEHRE 2004; FOUACHE *et al.* 2010; VESPREMEANU-STROE *et al.* 2013; GHILARDI *et al.* 2014; GIAIME *et al.* 2017; EMMANOULIDIS *et al.* 2018; FAÏSSE *et al.* 2018; HANSSON *et al.* 2018; ÜNER 2018; GIAIME, MARRINER, MORHANGE 2019; RUIZ-PEREZ, CARMONA 2019.

<sup>2</sup> Cfr. ad es. GOETHALS, DE DAPPER, VERMEULEN 2009; GOIRAN *et al.* 2010, 2014; BERNASCONI, STANLEY 2011; CITTER, ARNOLDUS-HUYZENDEVELD 2012; MADRICARDO, DONNICI 2014; SACCHI *et al.* 2014; VITTORI *et al.* 2015; BELLOTTI *et al.* 2016; DELILE *et al.* 2016; FONTANA *et al.* 2017; SALOMON *et al.* 2018.

<sup>3</sup> M.A. PASI, *Carta degli Stati Estensi*, 1580, Biblioteca Estense Universitaria di Modena, C. G. A. 4. Disegno a penna e colori, 3120x1760 mm (8 fogli); la carta è descritta in RUCCO 2015a, 54 ss.

<sup>4</sup> Si rimanda alla bibliografia dei contributi citati per un chiarimento sulle modalità di costruzione di questa carta.



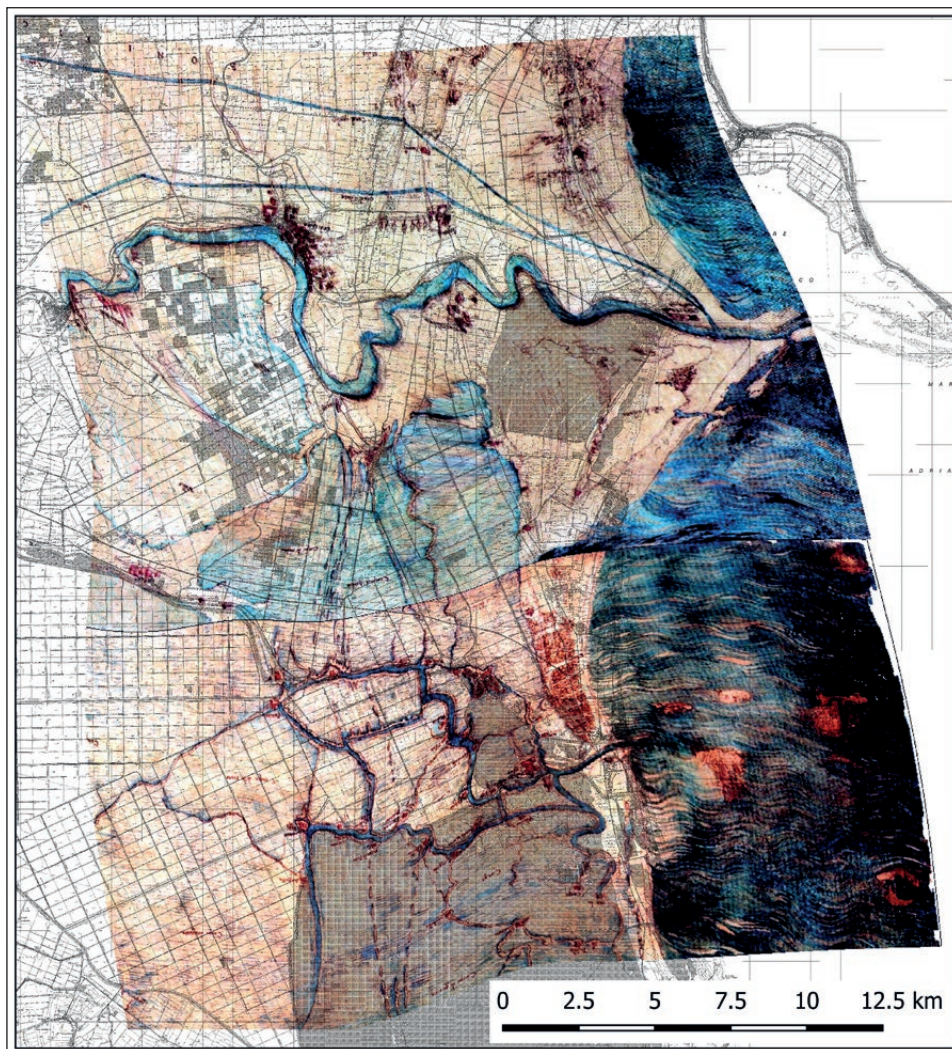


Fig. 1 – Carta Pasi georeferenziata tramite TPS (Thin Plate Spline).

disturbato dalle opere antropiche che hanno interessato il paesaggio comacchiese dalla fine delle bonifiche a oggi, vale a dire nell'ultimo secolo circa.

In questa sede si vuole proporre, invece, una scansione cronologica più serrata, e provare a restituire, sempre tramite metodi informatici ma con l'ausilio di fonti in parte diverse e più aggiornate rispetto a quelle utilizzate nel 2015, l'aspetto delle Valli di Comacchio in un lasso di tempo compreso

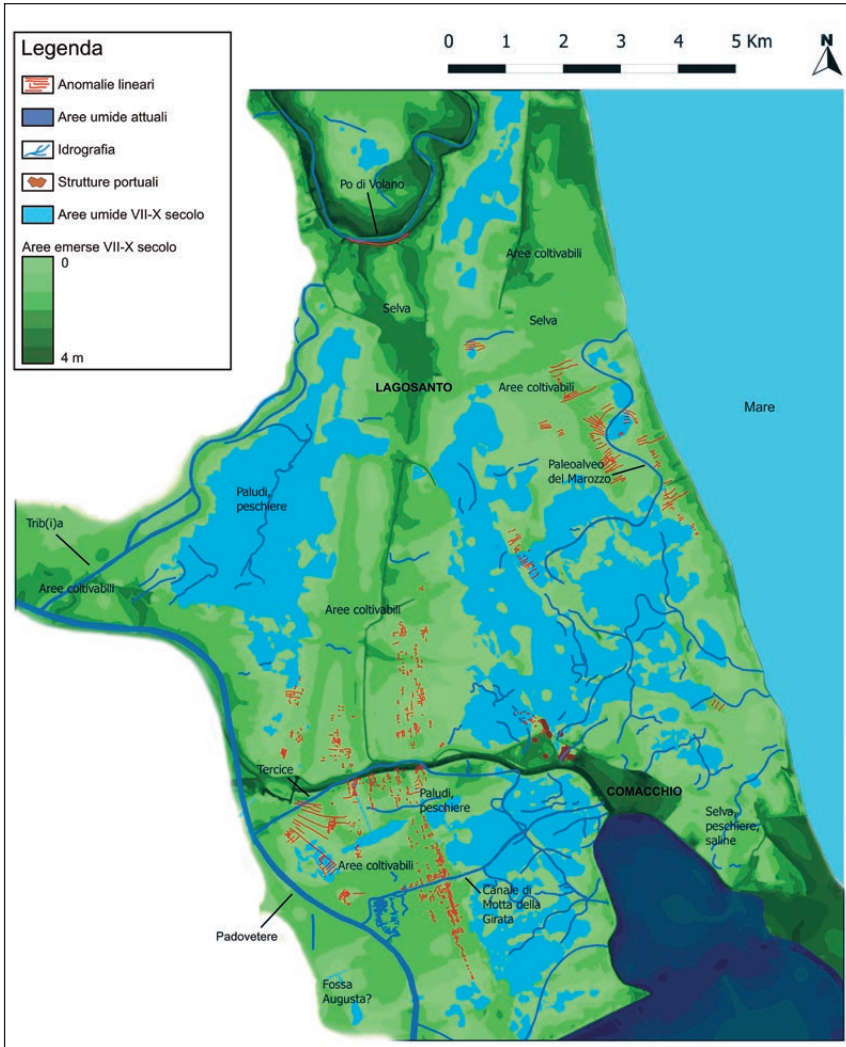


Fig. 2 – Ricostruzione degli spazi umidi del paesaggio comacchiese (da Rucco 2015a).

generalmente tra il 1000 e il 1500 d.C. Si proporranno delle carte per ogni singolo secolo, fino ad avanzare un confronto tra la Carta Pasi del 1580 e la restituzione informatica relativa alla stessa cronologia. Tutto questo, non soltanto per dare conferma della validità del metodo utilizzato, ma anche per discutere dell'effettiva evoluzione di questo settore deltizio nel corso del pieno medioevo e della primissima età moderna. In conclusione, si offriranno

degli spunti di riflessione riguardo all'utilizzo dei dati prodotti per ricostruire segmenti di storia e valutare le evidenze archeologiche nello spazio alla luce di nuovi dati di paesaggio.

## 2. MATERIALI

I materiali utilizzati per raggiungere l'obiettivo proposto sono di tre nature: stratigrafica, cartografica e informatica.

1) La valutazione dell'estensione delle Valli di Comacchio in ragione del livello medio-mare relativo alle diverse cronologie è stata effettuata sulla base di un dato ottenuto attraverso alcuni carotaggi geoarcheologici eseguiti dallo scrivente in collaborazione con il Dipartimento di Geoscienze dell'Università di Padova nel quartiere di Villaggio San Francesco, all'estrema periferia settentrionale di Comacchio. In quell'occasione, sondando i livelli antropizzati relativi alle fasi di occupazione altomedievali del contesto, si è potuto inferire che il livello medio-mare relativo nel momento in cui il quartiere di villaggio San Francesco venne "colonizzato" e utilizzato a scopo portuale si attestava intorno ai -3 m rispetto al livello medio-mare attuale (MOZZI, RUCCO, ABBÀ 2021).

Tale dato, risalente circa all'VIII secolo d.C., è stato considerato come il *terminus post quem* per il calcolo ipotetico dei livelli medio-mare corrispondenti alle cronologie considerate in questo articolo. Il dato dedotto su base stratigrafica trova conferma – e conferma a sua volta, caratterizzando l'area in esame come SLIP (Sea Level Index Point) – in quanto emerso dall'esame di numerosi siti in area deltizia. Com'è noto, la zona del delta padano risulta caratterizzata da tassi di subsidenza media oscillanti tra -0,6 e -1,4 mm/anno (LAMBECK *et al.* 2004; ANTONIOLI *et al.* 2009; LAMBECK *et al.* 2011; VACCHI *et al.* 2016; BENJAMIN *et al.* 2017). Uno studio recentissimo relativo all'area di Pinarella di Cervia (FC) ha permesso di stimare, coerentemente con quanto detto, un rlm di  $-2,8 \pm 0,10$  m per i secoli compresi tra il II a.C. e il VI d.C. (CREMONINI 2019, 34).

2) Come anticipato, si è fatto riferimento alla Carta Pasi del 1580, una realizzazione non solo di particolare pregio estetico, ma anche di grandissima accuratezza. La georeferenziazione di questa mappa, effettuata tramite TPS (Thin Plate Spline) attraverso il programma QGIS, ha consentito di notare come il posizionamento dei confini tra le Valli, corrispondenti agli alti morfologici offerti dai cordoni litoranei fossili, coincidessero pressoché esattamente con le realizzazioni di fine '800 ad opera dell'IGM (Fig. 3). Uno strumento cartografico di primario interesse, quindi, proprio per la sua accuratezza in un'operazione come quella che si presenta in questa sede. L'estensione delle Valli nella Carta Pasi ha rappresentato il *terminus ante quem* per la valutazione delle caratteristiche della laguna di Comacchio tra il 1000 e il 1500 d.C.



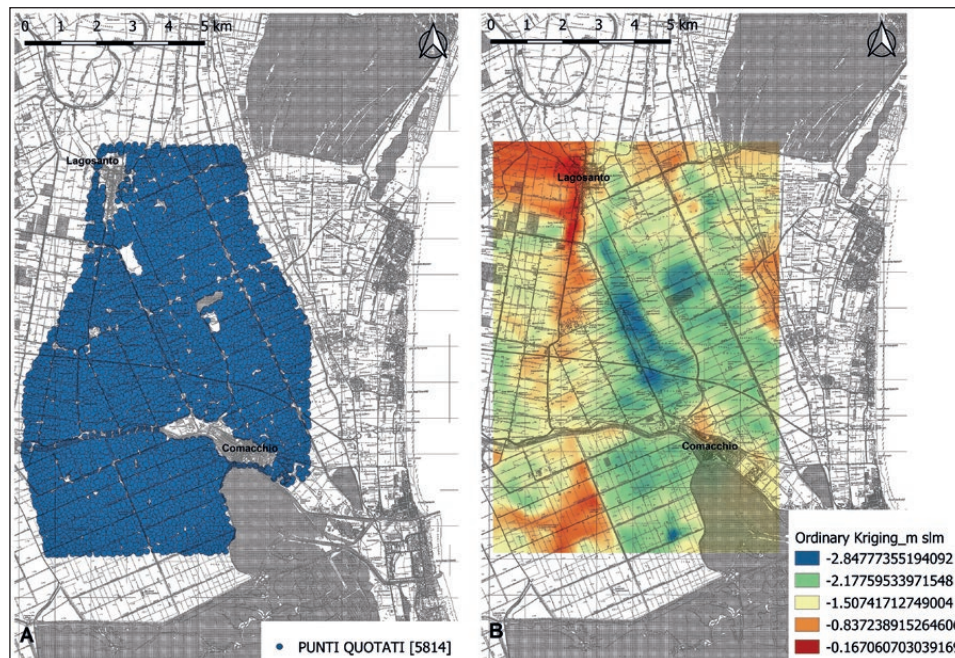


Fig. 4 – Fasi di costruzione del DTM.

Vale la pena descrivere ora come è stato costruito il DTM che ha rappresentato la base per i nostri calcoli. Come anticipato nell'introduzione, il DTM utilizzato nel 2015 risentiva di problemi formali dovuti al fatto che non era stato possibile, allora, ripulire il modello dai condizionamenti antropogenici. In questa sede, invece, il problema è stato ovviato operando alla radice: si è costruito cioè un DTM nuovo tramite la digitalizzazione di 5814 punti di quota (Fig. 4) desunti dalle carte tecniche regionali alla scala 1: 5000. I punti sono stati inseriti in uno shapefile e successivamente interpolati attraverso un Ordinary Kriging<sup>5</sup>. Il risultato offre un DTM più affidabile proprio perché tutte le quote corrispondenti a terrapieni e/o a eventuali opere di escavazione sono state espunte direttamente in sede di costruzione del dataset. Tale operazione, naturalmente, è stata condotta con riferimento ad interventi visibili; come valutare, tuttavia, l'impatto areale, quindi non direttamente individuabile, delle bonifiche e stabilire se il DTM attuale conserva, al netto delle differenze di quota, la morfologia pre-bonifica? Questo esame è stato

<sup>5</sup> Per una discussione sui criteri di scelta degli algoritmi si rimanda a RUCCO, VIANELLO, VITELLI 2017 e relativa bibliografia.

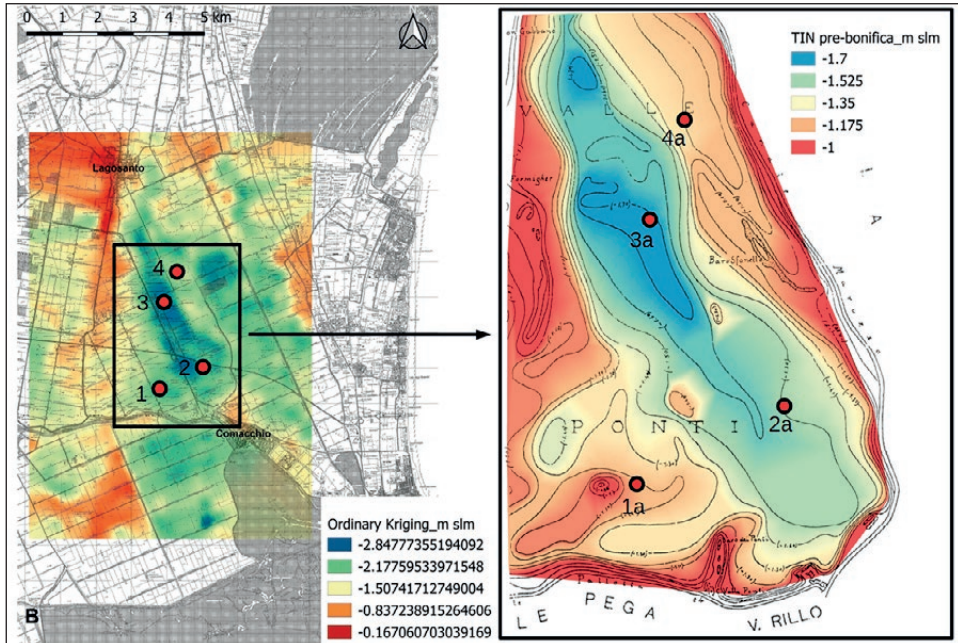


Fig. 5 – Confronto tra DTM costruito sulla base delle quote attuali (a sinistra) e di una carta batimetrica pre-bonifica (a destra).

effettuato confrontando il DTM attuale con un TIN realizzato a partire da una carta batimetrica pubblicata nel 1932 (BARATTA 1932) e relativa al momento immediatamente precedente le operazioni di drenaggio di Valle Ponti (Fig. 5).

Come facilmente percepibile al primo colpo d'occhio, la morfologia generale del territorio comacchiese non è mutata nell'arco dell'ultimo secolo. Lo stesso discorso non vale, però, per le altimetrie di dettaglio, che come dimostrato dalla tabella sottostante (Tab. 1), hanno registrato un decremento medio di circa 80 cm, soltanto 15-20 dei quali possono essere imputati alla subsidenza.

2021	1932	Differenza
Punto 1: -1,7 m slm	Punto 1a: -1 m slm	70 cm
Punto 2: -2,7 m slm	Punto 2a: -1,7 m slm	100 cm
Punto 3: -2,1 m slm	Punto 3a: -1,3 m slm	80 cm
Punto 4: - 2 m slm	Punto 4a: -1,2 m slm	80 cm

Tab. 1 – Confronto tra le altimetrie nei punti di controllo.

Con particolare riferimento alla zona di Valle Ponti, quindi, dobbiamo tenere in considerazione come le quote slm della superficie topografica attuale

siano state abbassate in media di 60-65 cm ca. (al netto della subsidenza, come anticipato); ciò, comunque, non ha comportato variazioni della morfologia complessiva e non altera, dunque, se non al livello del micro-dettaglio, la percezione che si vuole proporre in queste pagine.

### 3. METODI

Il calcolo del livello medio-mare cui far corrispondere le diverse condizioni di allagamento del DTM è stato eseguito secondo il processo descritto di seguito:

a) Il presupposto per tutta l'operazione è rappresentato dal valore ricostruito per l'VIII secolo d.C., corrispondente a -3 m ca. rispetto al livello medio-mare attuale.

b) Il passaggio successivo è stato quello di ricostruire a posteriori il livello medio-mare nel 1580 (Carta Pasi). Per fare questo, la Carta Pasi è stata sovrapposta al DTM e si è quindi proceduto ad allagare quest'ultimo progressivamente, fino a far coincidere l'estensione delle aree allagate con quelle presenti nella carta. Il dato ottenuto attraverso questa operazione del tutto empirica è il seguente: alla fine del XVI secolo d.C., il livello medio-mare registrabile nelle Valli di Comacchio corrispondeva al valore di -1,3 m ca. rispetto all'attuale; nell'arco di otto secoli circa, quindi, il livello medio-mare aveva subito una variazione di 1,7 m ca.

c) A questo punto, per inferire i livelli medio-mare ipotetici – va ribadito – per i singoli secoli, si sarebbe potuto dividere il valore di 1,7 per il numero di secoli da ricostruire; in questo modo si sarebbe ottenuto un delta da aggiungere al livello medio-mare di partenza (-3) per poter allagare sempre di più il DTM; questa via è stata scartata per cercare di individuare, almeno in fase progettuale, degli appigli attraverso cui corroborare, anche soltanto in un punto medio tra VIII e XVI secolo, valori di volta in volta inferiti.

d) Questa operazione è stata effettuata congiungendo due ordini di dati: il primo, ancora una volta, di natura geomorfologica; il secondo di natura schiettamente archeologica:

1) il dato di natura geomorfologico cui si fa riferimento è il tasso di subsidenza stimato per gli ultimi 2000 anni nell'Adriatico settentrionale: si suppone che in questo lasso di tempo, il tasso sia stato corrispondente a 2 mm ca. l'anno; ne consegue che, intorno all'anno 1000, il livello medio-mare delle Valli di Comacchio sarebbe stato più basso di 2 m ca. rispetto all'attuale;

2) il secondo elemento è costituito da una serie di anomalie canaliformi rintracciate nel palinsesto comacchiese attraverso aerofotointerpretazione e corrispondenti, con ogni probabilità, a elementi di suddivisione

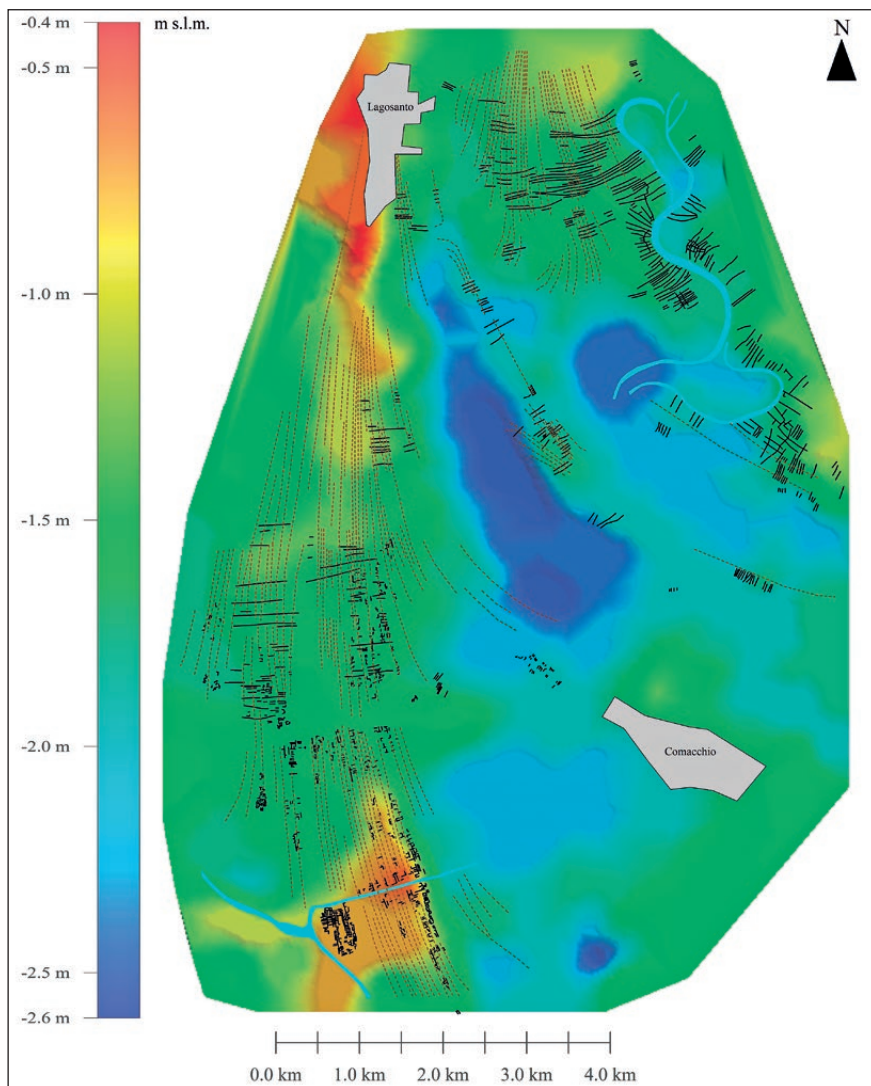


Fig. 6 – Anomalie canaliformi diffuse nel territorio comacchiese.

podereale, vale a dire a scoline di separazione tra appezzamenti agricoli (RUCCO 2015a-b). Tali anomalie, diffuse in tutto il territorio comacchiese e in parte già pubblicate da G. SCHMIEDT (1984), si estendono fino al territorio di Lagosanto e vanno a occupare la sommità di cordoni litoranei fossili la cui formazione risale almeno alla fine della tarda antichità (Fig.



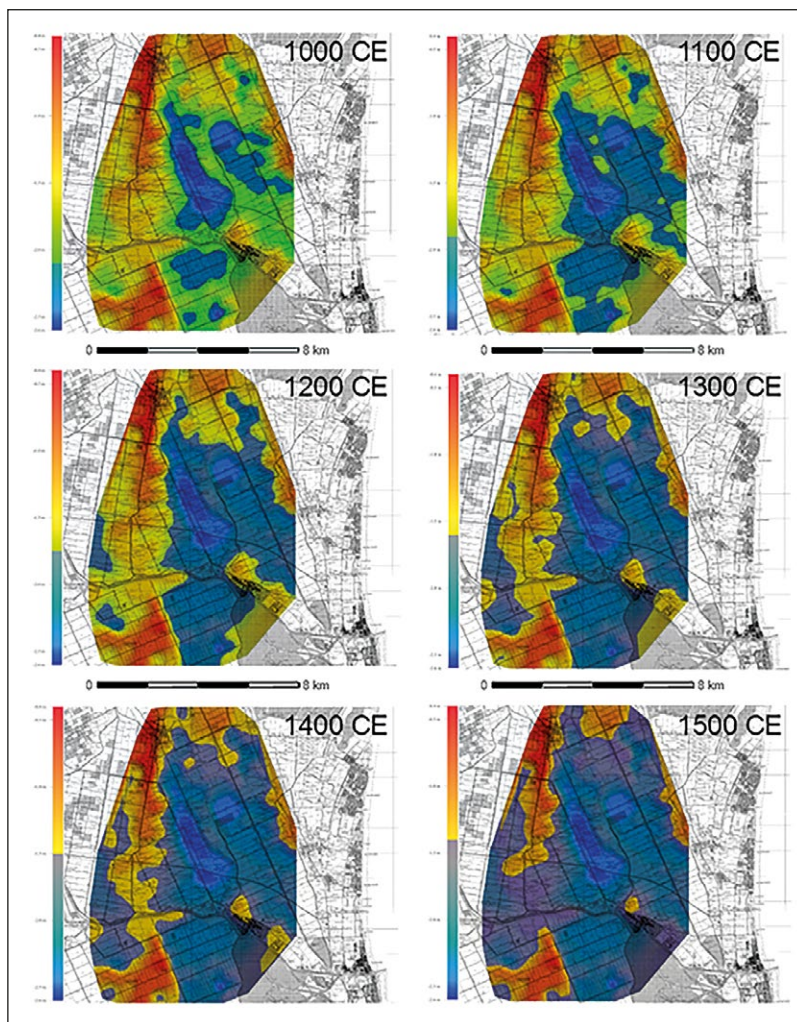


Fig. 7 – Estensione degli spazi umidi nel corso dei secoli.

6). Si tratta dunque di tracce corrispondenti ad attività databili almeno a partire dal VII secolo d.C. Ora, se ci rivolgiamo alle fonti documentarie e consultiamo le carte comacchiesi dal X al XIV secolo d.C. (DONDARINI, SAMARITANI 1993; BOZZINI, GHINATO 1995) ci accorgiamo che la zona di Lagosanto diventa particolarmente “calda” proprio tra l’XI e il XIII secolo, quando vengono menzionati sempre più appezzamenti di terreno localizzabili su base toponomastica precisamente tra Lagosanto e il Po di

Volano, vale a dire in quella zona dove si collocano le tracce canaliformi più recenti. Si tratta ancora una volta di un dato non del tutto stringente, ma che messo nel complesso delle informazioni disponibili offre un appiglio non da poco. Se infatti sovrapponiamo le anomalie suddette al DTM e lo allaghiamo secondo un valore compreso tra -2 m e -1,8 m, ci accorgiamo che soltanto in questo intervallo gli spazi sommersi rispettano e risultano conformi alla localizzazione e alla estensione delle zone appoderate: qualunque valore più alto ne comporterebbe la sommersione. Da tutto ciò consegue che il valore di -2 m per l'anno 1000 può essere considerato affidabile.

e) Gli appigli utilizzabili per la nostra ricostruzione sono diventati tre: il primo, di natura stratigrafica, corrispondente ai -3 m ca. dell'VIII secolo d.C.; il secondo, di natura informatico-cartografica, corrispondente ai -1,3 m ca. della fine del XVI secolo d.C.; il terzo, di natura archeologica-geomorfologica-documentaria, corrispondente al -1,9 ca. del XII secolo d.C. (valori medi sia per allagamento che per cronologia). A questo punto, si è proceduto a calcolare i tassi di incremento del livello medio-mare nei singoli secoli verificando di rimanere all'interno delle forbici ottenute: il delta di incremento è stato calcolato su base congetturale, assegnando a ciascun secolo un tasso costante, (Tab. 2). I risultati sono proposti in Fig. 7.

Secolo	Livello medio-mare
XI	-2 m slm
XII	-1,88 m slm
XIII	-1,76 m slm
XIV	-1,64 m slm
XV	-1,52 m slm
XVI	-1,40 m slm
Fine XVI	-1,28 m slm

Tab. 2 – rlm ipotizzati.

#### 4. INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI OTTENUTI

Si indicano qui di seguito i principali risultati delle indagini, seguendo un criterio cronologico.

Nell'XI secolo d.C., gli spazi acquei comacchiesi sembrano distribuirsi in parte nella zona più orientale di Valle Pega, in Valle Trebba e in una piccola porzione di Valle Isola. Come marcatamente emerse si caratterizzavano le zone corrispondenti all'affioramento dei cordoni litoranei tra Valle Ponti, Valle Trebba e Valle Isola, con particolare riferimento all'area immediatamente a SE di Lagosanto e ai cordoni databili tra l'età del Bronzo e la primissima età romana tra Valle Ponti e Valle Pega. Anche l'area

di Comacchio si doveva presentare tutto sommato emersa, con ampi spazi calpestabili a NE del centro.

Nel XII secolo d.C., gli spazi acquei nella zona di Valle Pega paiono subire una variazione minima, mentre sembrano estendersi decisamente a N di Comacchio. In effetti, stando al modello, Valle Ponti e Valle Isola risultano divise ormai da due modesti isolotti, mentre le tracce dei cordoni litoranei che appena un secolo prima contribuivano a suddividere marcatamente le due valli sono andate ormai scomparendo. La zona a E e a SE di Lagosanto continua a restare emersa stabilmente; lo stesso dicasi per l'ampia fascia di cordoni che separa Valle Ponti da Valle Trebba fino a Santa Maria in Padovetere. Durante il XIII secolo d.C., la situazione sembra rimanere grosso modo simile a quella del secolo precedente; si segnala una pressoché totale connessione, ormai, tra le acque di Valle Ponti e di Valle Pega, e la comparsa di zone umide anche a O dei cordoni di separazione tra Valle Ponti e Valle Trebba; l'area a SE di Lagosanto continua a rimanere all'asciutto.

Nel 1300 si potrebbe avvertire un passaggio importante perché se la zona di Valle Pega e di Valle Isola resta sostanzialmente inalterata malgrado un'ulteriore trasgressione delle acque lagunari verso O, la zona che sembra più risentire di allagamenti è proprio quella a E di Lagosanto, dove permangono dei lembi di aree ancora asciutte che man mano vanno assottigliandosi verso il mare. La situazione descritta per il secolo precedente non pare subire particolari alterazioni nel corso del XV secolo d.C.; occorre notare semplicemente la progressiva restrizione delle aree emerse tra Valle Trebba e Valle Ponti. Nel 1500 le acque di Valle Ponti e di Valle Trebba si congiungono definitivamente: i cordoni che dividevano in precedenza le due valli restano emersi soltanto fino all'altezza di Volania, mentre in Valle Pega rimane emerso soltanto un isolotto in corrispondenza dell'area di Motta della Girata.

## 5. DISCUSSIONE

Un dato da considerare, anzitutto, è il seguente: tra il 1000 e il 1600, il tasso di subsidenza dei 2 mm l'anno potrebbe dover essere leggermente rivisto in favore di un tasso più vicino evidentemente agli 1,2 mm. Se consideriamo, in effetti, le differenze tra il 1600 e la fine del 1800, cioè se confrontiamo l'estensione dei bacini acquei della Carta Pasi con quelli riportati sull'IGM del 1893, notiamo come il livello medio-mare ricostruibile per la fine del XIX secolo si attesti grosso modo intorno a -1 m; ne consegue dunque che tra il 1600 e la fine dell'Ottocento, cioè nell'arco di tre secoli, il livello medio-mare sarebbe variato di 30 cm ca., il che conferma un tasso di subsidenza più prossimo a 1 che a 2 mm l'anno. Fatta questa precisazione, la discussione che si propone di qui in avanti non riguarda tanto le caratteristiche formali del risultato raggiunto quanto piuttosto le sue implicazioni euristiche.

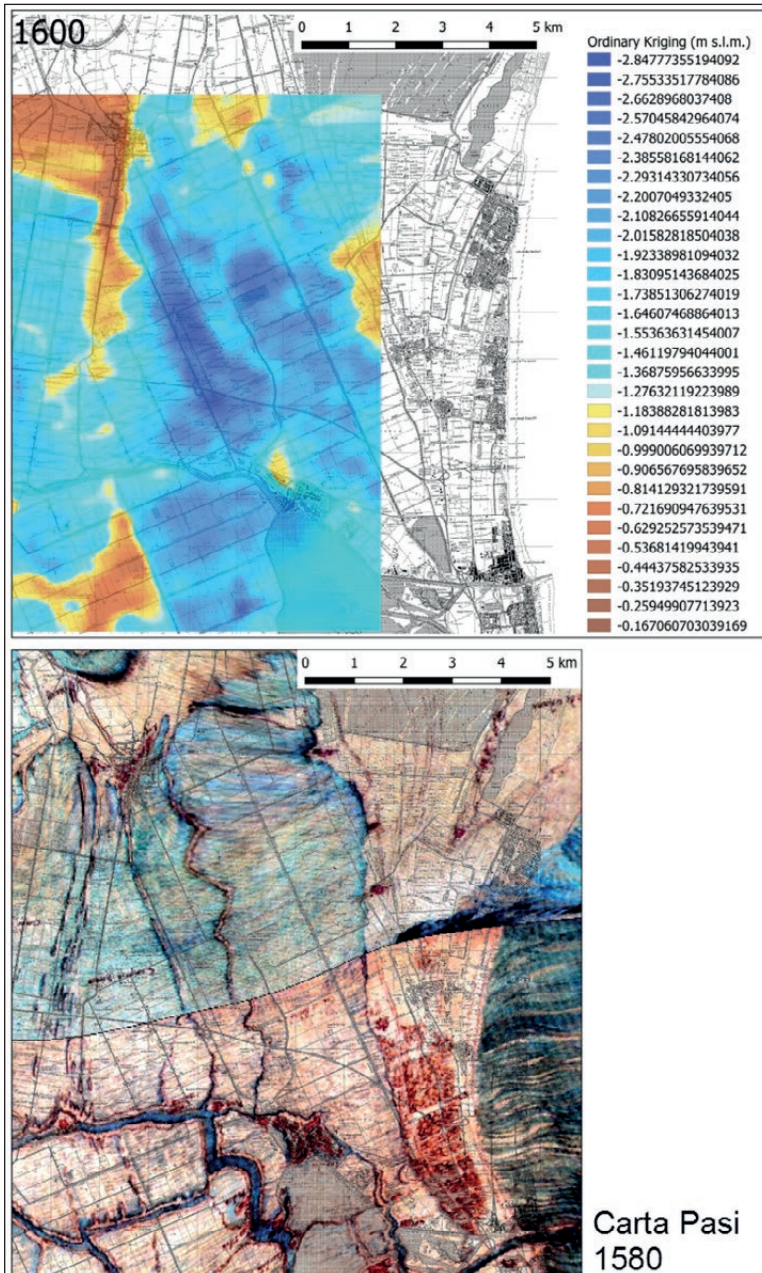


Fig. 8 – Estensione delle valli comacchiesi alla fine del XVI secolo: modello e realtà cartografica a confronto.

La costruzione di un DTM ha permesso di constatare come tutto il territorio comacchiese, almeno nella zona compresa tra il canale Pallotta e Lagosanto, si sia conservato piuttosto bene, nelle sue linee generali, negli ultimi quattro secoli (Fig. 8). Le zone in cui possiamo individuare potenzialmente le maggiori attività antropiche sono proprio quelle degli alti morfologici, e le ricostruzioni proposte ci permettono di notare come anche in queste zone l'attività antropica non si manifesti con caratteri particolarmente spiccati.

Tale conservatività è molto interessante perché ha ripercussioni dirette sulla valutazione del potenziale informativo del nostro territorio. Prima di tutto, ci offre la possibilità di costruire delle zonizzazioni di potenziale con una precisione areale molto alta. In altre parole, si possono isolare con un certo grado di precisione le zone interessate dalla presenza di acqua e le zone sempre emerse nel corso del tempo. Il che si ripercuote non soltanto sulle caratteristiche generali, ma anche su aspetti molto particolari di conservazione del record (si pensi, ad es., a ciò che si conserva bene in ambiente anossico e a ciò che invece si preserva maggiormente in ambiente sub-aereo). In secondo luogo, la conservatività del paesaggio ci mette in condizione di suddividere il territorio in zone a potenziale differenziato a seconda delle varie epoche di riferimento, cosicché il pieno medioevo risulti ben distinto dall'età moderna non su basi congetturali, ma a partire da precise caratteristiche morfologiche, cui corrispondono altrettanto precise condizioni di giacitura.

In terzo luogo, si delinea la possibilità di cartografare il potenziale categorizzandolo sulla base della tipologia delle evidenze. Se la nostra ricerca si vorrà indirizzare verso lo studio delle infrastrutture da pesca, considereremo ad alto potenziale le zone interessate dalla presenza di acqua nel corso dei secoli; se la nostra ricerca vorrà invece focalizzarsi su infrastrutture di natura portuale, ci si potrà concentrare sulle zone intertidali; se infine ci si vorrà dedicare a studiare sistemazioni agricole, necropoli e le aree latamente insediative, ci si potrà rivolgere alle zone che nel corso dei secoli si sono mantenute costantemente asciutte.

## 6. PROSPETTIVE

Si è proposto un metodo per ricostruire le caratteristiche delle Valli di Comacchio tra 1000 e 1500 d.C. La combinazione di diversi tipi di fonti – stratigrafiche, geomorfologiche, cartografiche e storiche – e la loro elaborazione attraverso uno strumento informatico hanno portato non solo ad ottenere un risultato visivo, benché schematico, ma anche a definire alcune questioni di natura teorica, che riguardano il tema della valutazione del potenziale e con quello della programmazione della ricerca. Risulta evidente come la possibilità

di studiare un paesaggio nella diacronia attraverso la ricostruzione areale delle sue caratteristiche morfologiche consente di aprire nuove possibilità di lettura di vari tipi di dati. Le ricostruzioni che abbiamo proposto, infatti, possono essere valide nella considerazione di aspetti di natura stratigrafica, topografica, cartografica e documentaria.

Naturalmente, da tutto ciò discende l'importanza rivestita da simili approcci nella pianificazione della ricerca. Lo abbiamo già accennato, ma, con tutta evidenza, la possibilità di conoscere, seppure per via di modelli, le caratteristiche di un territorio nel corso dei secoli fornisce ovviamente delle possibilità di riflessione cronologicamente, tipologicamente e arealmente indirizzate nei confronti di ciò che ci interessa, e rende quindi decisamente più semplice – ma anche più oneroso sul piano delle responsabilità deontologiche – il lavoro del ricercatore nel momento in cui decide di pianificare la propria attività d'indagine.

ALESSANDRO ALESSIO RUCCO  
Dipartimento di Studi Umanistici  
Università Ca' Foscari Venezia  
alessandro.rucco@unive.it

#### BIBLIOGRAFIA

- ANTONIOLI F., FERRANTI L., FONTANA A., AMOROSI A., BONDESAN A., BRAITENBERG C., DUTTON A., FONTOLAN G., FURLANI S., LAMBECK K., MASTRONUZZI G., MONACO C., SPADA G., STOCCHI P. 2009, *Holocene relative sea-level changes and vertical movements along the Italian and Istrian coastlines*, «Quaternary International», 1-32.
- ANTONIOLI F., FURLANI S., LAMBECK K., STRAVISI F., AURIEMMA R., GADDI D., GASPARI A., KARINJA S., KOVAČIĆ V. 2008, *Archaeological and geomorphological data to deduce sea level changes during the late Holocene in the Northeastern Adriatic*, in R. AURIEMMA, S. KARINJA (eds.), *Terre di mare. L'archeologia dei paesaggi costieri e le variazioni climatiche. Atti del Convegno Internazionale di Studi (Trieste 2007)*, Udine, Università degli Studi di Trieste, 221-234.
- BARATTA M. 1932, *Il Sito di Spina. Con due tavole*, «Athenaeum», n.s., 10, 3, 217-246.
- BEHRE K.-E. 2004, *Coastal development, sea-level change and settlement history during the later Holocene in the Clay District of Lower Saxony (Niedersachsen), northern Germany*, «Quaternary International», 112, 1, 37-53.
- BELLOTTI P., CALDERONI G., DALL'AGLIO P.L., D'AMICO C., DAVOLI L., DI BELLA L., D'OREFICE M., ESU D., FERRARI K., BANDINI MAZZANTI M., MERCURI A.M., TARRAGONI C., TORRI P. 2016, *Middle-to late-Holocene environmental changes in the Garigliano delta plain (Central Italy): Which landscape witnessed the development of the Minturnae Roman colony?*, «The Holocene», 26, 9, 1457-1471.
- BENJAMIN J., ROVERE A., FONTANA A., FURLANI S., VACCHI M., INGLIS R.H., GALILI E., ANTONIOLI F., SIVAN D., MIKO S., MOURTZAS N., FELJA I., MEREDITH-WILLIAMS M., GOODMAN-TCHERNOV B., KOLAITI E., ANZIDEI M., GEHRELS R. 2017, *Late Quaternary sea-level changes and early human societies in the central and eastern Mediterranean Basin: An interdisciplinary review*, «Quaternary International», 449, 29-57.
- BERNASCONI M.P., STANLEY J.-D. 2011, *Coastal margin evolution and postulated "basin-shipyard" area at ancient Locri-Epizephiri, Calabria, Italy*, «Geoarchaeology», 26, 1, 33-60.

- BOZZINI P., GHINATO A. 1995 (eds.), *Comacchio nelle antiche carte. Volume I. Per un Codice Diplomatico Comacchiese (715-1399)*, Bologna, Nuova Alfa Editoriale.
- CITTER C., ARNOLUD-HUYZENDEVELD A. 2012, *New approaches to old issues: The application of predictive maps in archaeology. A Case study: Modelling the location the Grosseto's salt work from 700 BC to AD 1200*, «Medieval Settlement Research», 27, 1-11.
- CREMONINI S. 2019, *Il territorio di Cervia tra mare e terra. Geomorfologia ed evidenze stratigrafiche dallo scavo della Rotatoria di Cervia*, in C. GUARNIERI (ed.), *La salina romana e il territorio di Cervia. Aspetti ambientali e infrastrutture storiche*, Bologna, AnteQuem, 27-56.
- DELILE H., GOIRAN J.-P., BLICHER-TOFT J., ARNAUD-GODET F., ROMANO P., BRAVARD J.-P. 2016, *A geochemical and sedimentological perspective of the life cycle of Neapolis harbour (Naples, Souther Italy)*, «Quaternary Science Reviews», 150, 84-97.
- DONDARINI R., SAMARITANI A. 1993 (eds.), *Guida alle fonti archivistiche per la storia di Comacchio*, Casalecchio di Reno, Grafis Edizioni.
- EMMANOULIDIS A., KATRANTSIOTIS C., NORSTROM E., RISBERG J., KYLANDER M., SHEIK T.A., ILIOPOULOS G., AVRAMIDIS P. 2018, *Middle to late Holocene palaeoenvironmental study of Gialova Lagoon, SW Peloponnese, Greece*, «Quaternary International», 476, 46-62.
- FÀISSE C., MATHE V., BRUNIAUX G., LABUSSIÈRE J., CAVERO J., JEZEGOU M.-P., LEFEVRE D., SANCHEZ C. 2018, *Palaeoenvironmental and archaeological records for the reconstruction of the ancient landscape of the Roman harbour of Narbonne (Aude, France)*, «Quaternary International», 463, 124-139.
- FONTANA A., VINCI G., TASCA G., MOZZI P., VACCHI M., BIVI G., SALVADOR S., ROSSATO S., ANTONIOLI F., ASIOLI A., BRESOLIN M., DI MARIO F., HAJDAS I. 2017, *Lagoonal settlements and relative sea level during Bronze Age in Northern Adriatic: Geoarchaeological evidence and paleogeographic constraints*, «Quaternary International», 439, 17-36.
- FOUACHE E., VELLA C., DIMO L., GRUDA G., MUGNIER J.-L., DENELE M., MONNIER O., HOTYAT M., HUTH E. 2010, *Shoreline reconstruction since the Middle Holocene in the vicinity of the ancient city of Apollonia (Albania, Seman and Vjosa deltas)*, «Quaternary International», 216, 118-128.
- GHILARDI M., PSOMIADIS D., PAVLOPOULOS K., MÜLLER ÇELKA S., FACHARD S., THEURILLAT T., VERDAN S., KNOELL A.R., THEODOROPOULOU T., BICKET A., BONNEAU A., DELANGHE-SABATIER D. 2014, *Mid- to Late Holocene shoreline reconstruction and human occupation in Ancient Eretria (South Central Euboea, Greece)*, «Geomorphology», 208, 225-237.
- GIAIME M., MARRINER N., MORHANGE C. 2019, *Evolution of ancient harbours in deltaic contexts: A geoarchaeological typology*, «Earth-Science Reviews», 191, 141-167.
- GIAIME M., MORHANGE C., CAU ONTIVEROS M.Á., FORNÓS J.J., VACCHI M., MARRINER N. 2017, *In search of Pollentia's southern harbour: Geoarchaeological evidence from the Bay of Alcúdia (Mallorca, Spain)*, «Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology», 466, 184-201.
- GOETHALS T., DE DAPPER M., VERMEULEN F. 2009, *Geo-archaeological implications of river and coastal dynamics at the Potenza river mouth (The Marches, Italy)*, in M. DE DAPPER, F. VERMEULEN, S. DEPPEZ, D. TAELEMAN (eds.), *Ol' Man River. Geo-archaeological Aspects of Rivers and River Plains*, Ghent, Academia Pr Scientific Pub, 407-438.
- GOIRAN J.-P., SALOMON F., MAZZINI I., BRAVARD J.-P., PLEUGER E., VITTORI C., BOETTO G., CHRISTIANSEN J., ARNAUD P., PELLEGRINO A., PEPE C., SADORI L. 2014, *Geoarchaeology confirms location of the ancient harbour basin of Ostia (Italy)*, «Journal of Archaeological Science», 41, 389-398.
- GOIRAN J.-P., TRONCHÈRE H., SALOMON F., CARBONEL P., DJERBI H., OGNARD C. 2010, *Palaeoenvironmental reconstruction of the ancient harbors of Rome: Claudius and Trajan's marine harbors on the Tiber delta*, «Quaternary International», 216, 3-13.
- HANSSON A., NILSSON B., SJOSTROM A., BJORCK S., HOLMGREN S., LINDERSON H., MAGNELL O., RUNDGREN M., HAMMARLUND D. 2018, *A submerged Mesolithic lagoonal landscape*

- in the Baltic Sea, southeastern Sweden - Early Holocene environmental reconstruction and shore-level displacement based on a multiproxy approach*, «Quaternary International», 463, 110-123.
- LAMBECK K., ANTONIOLI F., ANZIDEI M., FERRANTI L., LEONI G., SCICCHITANO G., SILENZI S. 2011, *Sea-level change along the Italian coast during the Holocene and projections for the future*, «Quaternary International», 232, 250-257.
- LAMBECK K., ANTONIOLI F., PURCELL A., SILENZI S. 2004, *Sea-level change along the Italian coast for the past 10,000 yr*, «Quaternary Science Reviews», 23, 1567-1598.
- MADRICARDO F., DONNICI S. 2014, *Mapping past and recent landscape modifications in the Lagoon of Venice through geophysical surveys and historical maps*, «Anthropocene», 6, 86-96.
- MOZZI P., RUCCO A.A., ABBA T. 2021, *Indagini geoarcheologiche nel sito altomedievale di Villaggio San Francesco*, in S. GELICHI (ed.), *Un emporio e la sua cattedrale. Gli scavi di piazza XX Settembre e Villaggio San Francesco a Comacchio*, Sesto Fiorentino (FI), All'Insegna del Giglio, 187-197.
- OOST A.P., DE BOER P.L. 1994, *Sedimentology and development of barrier islands, ebb-tidal deltas, inlets and backbarrier areas of the Dutch Wadden Sea*, «Senckenbergiana Maritima», 24, 65-115.
- RUCCO A.A. 2015a, *Comacchio nell'alto medioevo. Il passaggio tra topografia e geoarcheologia*, Sesto Fiorentino (FI), All'Insegna del Giglio.
- RUCCO A.A. 2015b, *Dalle "carte" alla terra. Il paesaggio comacchiese nell'alto medioevo*, «Reti Medievali Rivista», 16, 2, 197-229 (<https://doi.org/10.6092/1593-2214/475>).
- RUCCO A.A., VIANELLO M., VITELLI D. 2017, *Geostatistical and deterministic predictive methods for a 3D reconstruction of the ancient morphology and the anthropic remains of the early medieval port of Comacchio (Ferrara - Italy)*, «Archeologia e Calcolatori», 28.1, 239-255 (<https://doi.org/10.19282/AC.28.1.2017.14>).
- RUIZ-PEREZ J.-M., CARMONA P. 2019, *Turia river delta and coastal barrier-lagoon of Valencia (Mediterranean coast of Spain): Geomorphological processes and global climate fluctuations since Iberian-Roman times*, «Quaternary Science Reviews», 219, 84-101.
- SACCHI M., MOLISSO F., PACIFICO A., VIGLIOTTI M., SABBARESE C., RUBERTI D. 2014, *Late-Holocene to recent evolution of Lake Patria, South Italy: An example of a coastal lagoon within a Mediterranean delta system*, «Global and Planetary Change», 117, 9-27.
- SALOMON F., GOIRAN J.-P., NOIROT B., PLEUGER E., BUKOWIECKI E., MAZZINI I., CARBONEL P., GADHOUM A., ARNAUD P., KEAY S., ZAMPINI S., KAY S., RADDI M., GHELLI A., PELLEGRINO A., MORELLI C., GERMONI P. 2018, *Geoarchaeology of the Roman port-city of Ostia: Fuvio-coastal mobility, urban development and resilience*, «Earth-Science Reviews», 177, 265-283.
- SCHMIEDT G. 1984, *Cosa si vede dal cielo*, in M. MARINI (ed.), *I Pollia alla ricerca di Spina I*, Ravenna, Edizioni del Girasole, 195-232.
- ÜNER S. 2018, *Evolution of Çolpan barrier and lagoon complex (Lake Van-Turkey): Sedimentological and hydrological approach*, «Quaternary International», 486, 73-82.
- VACCHI M., MARRINER N., MORHANGE C., SPADA G., FONTANA A., ROVERE A. 2016, *Multiproxy assessment of Holocene sea-level changes in the western Mediterranean: Sea-level variability and improvements in the definition of the isostatic signal*, «Earth-Science Reviews», 155, 172-197.
- VESPREAMEANU-STROE A., PREOTEASA L., HANGANU D., BROWN A.G., BÎRZESCU I., TOMS P., TIMAR-GABOR A. 2013, *The impact of the Late Holocene coastal changes on the rise and decay of the ancient city of Histria (southern Danube delta)*, «Quaternary International», 293, 245-256.
- VITTORI C., MAZZINI I., SALOMON F., GOIRAN J.-P., PANNUZI S., ROSA C., PELLEGRINO A. 2015, *Palaeoenvironmental evolution of the ancient lagoon of Ostia Antica (Tiber delta, Italy)*, «Journal of Archaeological Science», 54, 374-384.



ABSTRACT

The paper proposes the representation of the evolution of the Comacchio Valleys between the 11<sup>th</sup> and 16<sup>th</sup> centuries CE. The bases for this representation are provided by stratigraphic, topographical, cartographic and historical-documentary data; the frame is offered by information technology. The possibility of reconstructing the physical characteristics of a landscape in a diachronic perspective with a certain degree of detail offers valuable insights not only in order to refine our knowledge on the given topic but also in view of the evaluation of the archaeological potential and planning of research.

32.1  
2021

€ 40,00

ISSN 1120-6861

e-ISSN 2385-1953

ISBN 978-88-9285-056-9

e-ISBN 978-88-9285-057-6

AC-32-1



ARCHEOLOGIA  
E CALCOLATORI