



Mauro Buonincontri
**Ecologia e archeologia degli usi forestali
nella Toscana meridionale tirrenica nel
medioevo: le analisi antracologiche come
strumento di ricerca**

Keywords: Ecologia storica, Alto medioevo, Toscana

Contenuto in: Culture, economie e politiche del bosco in Italia. Dal Medioevo all'età contemporanea

Curatori: Giacomo Bonan, Federico Del Giudice, Claudio Lorenzini e Giulio Taccetti

Editore: Forum

Luogo di pubblicazione: Udine

Anno di pubblicazione: 2025

Collana: Tracce. Itinerari di ricerca/Area umanistica e della formazione

ISBN: 978-88-3283-521-2

ISBN: 978-88-3283-575-5 (versione digitale/pdf)

Pagine: 17-43

DOI: 10.4424/978-88-3283-575-5-02

Per citare: Mauro Buonincontri, «Ecologia e archeologia degli usi forestali nella Toscana meridionale tirrenica nel medioevo: le analisi antracologiche come strumento di ricerca», in Giacomo Bonan, Federico Del Giudice, Claudio Lorenzini e Giulio Taccetti (a cura di), *Culture, economie e politiche del bosco in Italia. Dal Medioevo all'età contemporanea*, Udine, Forum, 2025, pp. 17-43

Uri: <https://forumeditrice.it/percorsi/storia-e-societa/tracce/culture-economie-e-politiche-del-bosco-in-italia/ecologia-e-archeologia-degli-usi-forestali-nella>

Ecologia e archeologia degli usi forestali nella Toscana meridionale tirrenica nel medioevo: le analisi antracologiche come strumento di ricerca

Mauro Buonincontri

Università degli Studi di Siena

1. Foreste nel tempo: interpretare la biodiversità storica tra natura e attività umane

La struttura e la composizione delle foreste hanno conosciuto significative trasformazioni nel corso del tempo, evolvendosi attraverso dinamiche complesse e interconnesse. Un'evoluzione condizionata tanto da forze ambientali intrinseche quanto dall'impatto delle attività antropiche, che ha generato ecosistemi in continuo mutamento, nei quali l'equilibrio naturale è stato costantemente ridefinito. Nei paesaggi mediterranei, dove l'interazione tra natura e intervento umano affonda le proprie radici nella metà dell'Olocene¹, le evidenze paleoecologiche restituiscono le risposte degli ecosistemi alle variabili climatiche e alle pressioni antropiche del passato e risultano strumenti indispensabili per valutare le attuali condizioni paesaggistiche, il grado di alterazione subito, la persistenza dei componenti naturali e la vulnerabilità futura del territorio².

¹ A. ZAPOLSKA, M.A. SERGE, F. MAZIER, A. QUIQUET, H. RENNSSEN, M. VRAC, R. FYFE, D.M. ROCHE, *More than agriculture: Analysing time-cumulative human impact on European land-cover of second half of the Holocene*, in «Quaternary Science Reviews», 314 (2023), p. 108227; A.M. MERCURI, L. SADORI, *Mediterranean Culture and Climatic Change: Past Patterns and Future Trends*, in S. GOFFREDO, Z. DUBINSKY (editors), *The Mediterranean Sea. Its History and Present Challenges*, Springer, Dordrecht 2014, pp. 507-527.

² C. WHITLOCK, D. COLOMBAROLI, M. CONEDERA, W. TINNER, *Land-use history as a guide for forest conservation and management*, in «Conservation Biology», 32 (2018), n. 1, pp. 84-97; K.L. HJELLE, S. KALAND, M. KVAMME, T.K. LØDØEN, B. NATLANDSMYR, *Ecology and long-term land-use, palaeoecology and archaeology – the usefulness of interdisciplinary studies for knowledge-based conservation and management of cultural landscapes*, in «International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management», 8 (2012), n. 4, pp. 321-337; M. SŁOWIŃSKI, M. LAMENTOWICZ, D. ŁUCÓW, J. BARABACH, D. BRYKAŁA, S. TYSZKOWSKI, A. PIEŃCZEWSKA, Z. ŚNIESZKO, E. DIETZE, K. JAŹDŹEWSKI, M. OBREMSKA, F. OTT, A. BRAUER, K. MARCISZ, *Paleoecological and historical data as an important tool in ecosystem management*, in «Journal of Environmental Management», 236 (2019), pp. 755-768; A. EVERARD, J.E. SCHOFIELD, T. MIGHALL, S. TIMPANY, G. PLUNKETT, *The missing woodland*

Gli studi basati sull'analisi degli indicatori biologici vegetali, come pollini e carboni prelevati da sequenze stratigrafiche sedimentarie, forniscono contributi di primaria importanza per l'ecologia e la biogeografia del Mediterraneo. Questi approcci consentono di ricostruire l'evoluzione e la dispersione delle piante nel tempo, approfondendo le intricate interazioni tra elementi biotici (piante, altri organismi) e abiotici (clima, suolo), nonché l'influenza delle attività umane, valutando contestualmente l'impatto dei disturbi sulla distribuzione della vegetazione³. In tal modo si delineano potenziali nicchie ecologiche, si caratterizza la natura della vegetazione e si descrive la dinamica degli alberi e delle foreste, offrendo al contempo elementi di riflessione sui modelli evolutivi di biodiversità, sulla composizione e struttura degli habitat, per gli effetti sia dell'intervento umano che dei cambiamenti climatici⁴.

Critiche recenti, tuttavia, hanno posto l'accento su una tendenza deterministica nell'interpretazione dei dati paleoecologici, soprattutto se considerati all'interno delle ampie scale temporali e spaziali adottate in cui la complessità degli ecosistemi forestali e i processi di adattamento ed evoluzione delle specie vegetali rischiano di essere semplificati e ridimensionati. L'affidabilità dei proxy paleoecologici, spesso elaborati su cronologie estese e vasti ambiti geografici, tende a trascurare le peculiarità locali dei cambiamenti antropogenici,

story: Implications of 1700 years of stand-scale change on 'naturalness' and managing remnant broadleaved woodlands, in «People and Nature», 2024 (<https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/pan3.10752>, consultato il 13 giugno 2025).

³ S. STODDART, J. WOODBRIDGE, A. PALMISANO, A.M. MERCURI, S.A. MENSING, D. COLOMBAROLI, L. SADORI, D. MAGRI, F. DI RITA, M. GIARDINI, M.M. LIPPI, C. MONTANARI, C. BELLINI, A. FLORENZANO, P. TORRI, A. BEVAN, S. SHENNAN, R. FYFE, C.N. ROBERTS, *Tyrrhenian central Italy: Holocene population and landscape ecology*, in «The Holocene», 29 (2019), n. 5, pp. 761-775; A.M. MERCURI, A. FLORENZANO, F. BURJACHS, M. GIARDINI, K. KOULI, A. MASI, L. PICORNELL-GELABERT, J. REVELLES, L. SADORI, G. SERVERA-VIVES, P. TORRI, R. FYFE, *From influence to impact: The multifunctional land use in Mediterranean prehistory emerging from palynology of archaeological sites (8.0-2.8 ka BP)*, in «The Holocene», 29 (2019), n. 5, pp. 830-846; ZAPOLSKA, *More than agriculture...* cit., p. 108227; D. MAGRI, E. AGRILLO, F. DI RITA, G. FURLANETTO, R. PINI, C. RAVAZZI, F. SPADA, *Holocene dynamics of tree taxa populations in Italy*, in «Review of Palaeobotany and Palynology», 218 (2015), pp. 267-284; T. FEISS, H. HOREN, B. BRASSEUR, J. BURIDANT, E. GALLET-MORON, G. DECOCQ, *Historical ecology of lowland forests: Does pedoanthracology support historical and archaeological data?*, in «Quaternary International», 457 (2017), pp. 99-112; T. FEISS, V. ROBIN, D. ARAN, J. LEVILLAIN, T. PAUL, J.-L. DUPOUEY, *Are western European oak forests man-made constructs? The pedoanthracological perspective*, in «Forest Ecology and Management», 552 (2024), 121588; O. NELLE, V. ROBIN, B. TALON, *Pedoanthracology: Analysing soil charcoal to study Holocene palaeoenvironments*, in «Quaternary International», 289 (2013), pp. 1-4.

⁴ H.J.B. BIRKS, *Contributions of Quaternary botany to modern ecology and biogeography*, in «Plant Ecology & Diversity», 12 (2019), n. 3-4, pp. 189-385.

riducendoli a mere correlazioni tra periodi storici e mutamenti ambientali⁵. Per questo motivo, risulta necessario integrare con approcci più dinamici, capaci di rispecchiare l'evoluzione naturale e culturale dei paesaggi nel tempo, ed interpretazioni socioculturali più approfondite, che adottino prospettive regionali, subregionali e persino microregionali, al fine di cogliere appieno la ricchezza e la complessità dei processi in atto⁶.

Le ricerche paleoecologiche, se stimolate da una riflessione profonda sulla complessità dei processi ecologici e delle vicende umane, hanno messo in luce anche i limiti dell'approccio tradizionale adottato nelle analisi territoriali della vegetazione naturale potenziale⁷. Tale concetto definisce lo stato maturo della vegetazione, ovvero la configurazione finale che si svilupperebbe in assenza di interventi antropici. Attraverso l'approccio floristico-fitosociologico, la vegetazione potenziale viene individuata mediante l'analisi della vegetazione 'matura',

⁵ K. WALSH, *The Archaeology of Mediterranean Landscapes: Human-Environment Interaction from the Neolithic to the Roman Period*, Cambridge University Press, New York 2014, p. 70; J. HALDON, L. MORDECHAI, T.P. NEWFIELD, A.F. CHASE, A. IZDEBSKI, P. GUZOWSKI, I. LABUHN, N. ROBERTS, *History meets palaeoscience: Consilience and collaboration in studying past societal responses to environmental change*, in «Proceedings of the National Academy of Sciences», 115 (2018), n. 13, pp. 3210-3218; K. HOLMGREN, A. GOGOU, A. IZDEBSKI, J. LUTERBACHER, M.-A. SICRE, E. XOPLAKI, *Mediterranean Holocene climate, environment and human societies*, in «Quaternary Science Reviews», 136 (2016), pp. 1-4.

⁶ S. MENSING, E.M. SCHOOLMAN, J. PALLI, G. PIOVESAN, *A consilience-driven approach to land use history in relation to reconstructing forest land use legacies*, in «Landscape Ecology», 35 (2020), n. 12, pp. 2645-2658; C.N. ROBERTS, J. WOODBRIDGE, A. PALMISANO, A. BEVAN, R. FYFE, S. SHENNAN, *Mediterranean landscape change during the Holocene: Synthesis, comparison and regional trends in population, land cover and climate*, in «The Holocene», 29 (2019), n. 5, pp. 923-937; FEISS, *Are western European oak forests man-made constructs?* cit., p. 121588; SŁOWIŃSKI, *Paleoecological and historical data...* cit., pp. 755-768; HJELLE, *Ecology and long-term land-use, palaeoecology and archaeology...* cit., pp. 321-337.

⁷ A. CHIARUCCI, M.B. ARAÚJO, G. DECOCQ, C. BEIERKUHNLIN, J.M. FERNÁNDEZ-PALACIOS, *The concept of potential natural vegetation: an epitaph?*, in «Journal of Vegetation Science», 21 (2010), n. 6, pp. 1172-1178; J.S. CARRIÓN, S. FERNÁNDEZ, *The survival of the 'natural potential vegetation' concept (or the power of tradition)*, in «Journal of Biogeography», 36 (2009), n. 12, pp. 2202-2203. Per la discussione che ne è derivata: J. LOIDI, M. DEL ARCO, P.L. PÉREZ DE PAZ, A. ASENSI, B. DÍEZ GARRETAS, M. COSTA, T. DÍAZ GONZÁLEZ, F. FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, J. IZCO, Á. PENAS, S. RIVAS-MARTÍNEZ, D. SÁNCHEZ-MATA, *Understanding properly the 'potential natural vegetation' concept*, in «Journal of Biogeography», 37 (2010), n. 11, pp. 2209-2211; E. FARRIS, G. FILIBECK, M. MARIGNANI, L. ROSATI, *The power of potential natural vegetation (and of spatial-temporal scale): a response to Carrión & Fernández (2009)*, in *ivi*, pp. 2211-2213; I. SOMODI, Z. MOLNÁR, J. EWALD, *Towards a more transparent use of the potential natural vegetation concept – an answer to Chiarucci et al.*, in «Journal of Vegetation Science», 23 (2012), n. 3, pp. 590-595; J. LOIDI, F. FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, *Potential natural vegetation: reburying or reboring?*, in *ivi*, pp. 596-604.

cioè quella attualmente osservabile che, in assenza di disturbi antropici e in equilibrio con le condizioni ambientali e climatiche correnti, si postulerebbe come stadio conclusivo. Tuttavia, l'influenza millenaria dell'intervento umano ha profondamente modificato le dinamiche naturali, alterando la composizione e la struttura delle comunità vegetali e innescando processi di adattamento ed evoluzione tali da rendere in alcuni casi inadeguato l'utilizzo della vegetazione attuale come riferimento per definire uno stato 'naturale' potenziale⁸. È pertanto fondamentale riconoscere che le comunità vegetali del passato potrebbero non avere analoghi diretti nel presente, evidenziando ulteriori sfide metodologiche nel confronto tra dati paleoecologici e la vegetazione moderna.

Nello studio delle comunità vegetali e dei paesaggi è indispensabile, dunque, evitare una riduzione eccessiva e semplicistica delle cause. Piuttosto, è necessario fare un uso sistematico dei dati empirici disponibili per formulare e testare ipotesi innovative che sappiano cogliere la complessità delle dinamiche coinvolte. In questo contesto, l'integrazione di fonti storiche e archeologiche riveste un'importanza fondamentale per indagare chi, in quale periodo, con quali modalità e per quali ragioni abbia innescato quei cambiamenti ambientali che, nel tempo, hanno plasmato i paesaggi forestali, determinandone struttura e specificità. Questa prospettiva multidisciplinare pone gli ecosistemi in un punto d'incontro imprescindibile tra le scienze umane, sociali ed ecologiche, evidenziando come le dinamiche demografiche, le attività economiche, e le politiche di gestione delle risorse forestali rivestano ruoli determinanti. In particolare, l'interazione di questi fattori socio-economici nelle epoche preindustriali costituisce un ambito di studio spesso trascurato, malgrado la loro rilevanza nel modellare l'utilizzo delle terre forestali. La paleoecologia nel comprendere la traiettoria evolutiva delle foreste deve offrire una visione integrata, capace di fondere le dinamiche antropiche con i processi ecologici complessi, valorizzando la natura intrinsecamente non lineare degli ecosistemi forestali.

2. Ecosistemi nella diacronia: una ricostruzione integrata del paesaggio medievale toscano

Nel contesto della Toscana centrale tirrenica, il Dipartimento di Scienze Storiche e Beni Culturali dell'Università di Siena, precedentemente denominato

⁸ P. QUÉZEL, *Large-Scale Post-Glacial Distribution of Vegetation Structures in the Mediterranean Region*, in S. MAZZOLENI, G. DI PASQUALE, M. MULLIGAN, P. DI MARTINO, F. REGO (eds.), *Recent Dynamics of the Mediterranean Vegetation and Landscape*, Wiley, Chichester 2004, pp. 3-12.

Dipartimento di Archeologia e Storia delle Arti, ha condotto per quasi quattro decenni campagne di scavo archeologico su oltre venti insediamenti di natura rurale e urbana di epoca medievale. A tali scavi si è affiancata un'attenta e sistematica attività di ricognizione sul campo, volta a censire e documentare ogni evidenza archeologica presente. Questa rilevante stagione di ricerca ha consentito di esplorare, descrivere e interpretare gli spazi, le vicende storiche e la cultura materiale risalenti al periodo compreso tra i secoli VII e XIII, con particolare riferimento al comprensorio delle Colline Metallifere e delle valli fluviali che discendono verso l'alto mar Tirreno.

Le indagini archeologiche e topografiche hanno fornito un solido substrato conoscitivo, consentendo così la realizzazione di un'indagine sistematica e integrata finalizzata a colmare la ricostruzione complessiva del paesaggio medievale. Questo obiettivo è stato perseguito nell'ambito del progetto europeo ERC-Advanced 'nEU-Med: Origins of a new economic union (7th-12th centuries): resources, landscapes and political strategies in a Mediterranean region' (1 ottobre 2015-30 settembre 2020), che ha focalizzato l'analisi sui nodi cruciali del dibattito sull'economia medievale. In particolare, il progetto ha privilegiato come *case study* i corridoi fluviali della Maremma settentrionale, specificamente le valli dei fiumi Cornia e Pecora, situate tra le Colline Metallifere e il litorale tirrenico. La regione, caratterizzata da una complessa eterogeneità geomorfologica – che comprende sistemi collinari, pianure alluvionali e una fascia costiera instabile e paludosa – e dotata di risorse ambientali superficiali (foreste, lagune, saline) e depositi minerari (rame, ferro, piombo, argento), si configura infatti come un modello rappresentativo delle dinamiche socio-economiche che hanno interessato altre aree del Mediterraneo centrale durante l'alto e il pieno medioevo⁹.

La progressione storica degli ecosistemi mediterranei nella Maremma settentrionale è stata oggetto di approfonditi studi paleoambientali, i quali,

⁹ Il progetto di ricerca 'nEU-Med', ospitato dall'Università di Siena e coordinato dal prof. Richard Hodges (PI) e dalla prof.ssa Giovanna Bianchi del Dipartimento di Scienze Storiche e dei Beni Culturali, ha beneficiato del contributo sinergico di diverse unità di ricerca caratterizzate da competenze interdisciplinari. L'approccio metodologico integrato ha coinvolto specialisti in archeologia, storia medievale, paleoecologia e archeometallurgia, tra le altre discipline. I risultati scientifici derivati da tale collaborazione sono stati disseminati attraverso molteplici canali accademici, includendo contributi in volumi collettanei dedicati alle tematiche del progetto, monografie focalizzate su aspetti specifici delle indagini e dei materiali, e un considerevole numero di articoli pubblicati su riviste scientifiche internazionali di elevato impatto, pertinenti alle diverse aree di specializzazione coinvolte. Le note successive riportano parte delle pubblicazioni prodotte, per una disamina dettagliata si rimanda al sito web ufficiale di 'nEU-Med', disponibile (al momento dell'edizione di questo contributo) all'indirizzo <https://neu-med.unisi.it>.

nell'ambito della ricerca archeologica, trovano espressione nella disciplina dell'archeologia ambientale. Quest'ultima si occupa dell'analisi di tutti gli aspetti fisici e biologici dell'ambiente, nonché delle interazioni tra l'uomo e il suo contesto naturale nel corso del tempo, avvalendosi di metodologie e tecniche provenienti dalle scienze naturali¹⁰. Il percorso di ricerca è stato articolato secondo un duplice approccio. Da un lato, l'approccio ecologico interpreta ambiente e culture come elementi interdipendenti di un sistema dinamico e in continuo mutamento. Dall'altro, l'approccio formale considera il paesaggio come il risultato di culture antiche collocabili in specifiche epoche storiche, le cui conseguenze si riflettono ancora oggi¹¹. L'approccio ecologico analizza l'evoluzione ambientale del passato mediante l'uso di record geo- e biostratigrafici esterni ai siti archeologici (off-site), considerati preziosi archivi delle oscillazioni climatiche e delle attività antropiche, con applicazioni su scale che spaziano dal micro al supra-regionale. L'approccio formale, invece, concentra l'attenzione sui record provenienti dai siti archeologici stessi (on-site), dove l'impatto umano su ambiente e paesaggio risulta evidente, permettendo di definire dinamiche a scala locale.

L'impianto multidisciplinare della ricerca nEU-Med si è concentrato sull'analisi diacronica degli eventi che hanno plasmato il territorio, indagando l'evoluzione delle comunità locali, i loro modelli insediativi e le strategie di sfruttamento dello spazio e delle risorse naturali¹². Contestualmente, l'indagine ha

¹⁰ Al fine di indagare le reciproche influenze tra società e contesti naturali, attraverso l'analisi congiunta di testimonianze materiali e dati paleoambientali, l'approccio integrato dell'archeologia ambientale è a doppio filo. La bioarcheologia focalizza la propria indagine sui reperti organici, per comprendere gli aspetti biologici e culturali delle popolazioni passate. Parallelamente, la geoarcheologia concentra la propria attenzione sul contesto fisico e geologico, mirando alla comprensione dell'ambiente in cui le popolazioni si insediarono e delle modalità in cui influenzò le loro attività e la conformazione dei siti archeologici. Nello specifico, le discipline bioarcheologiche annoverano l'archeobotanica, dedicata allo studio dei macro e microresti vegetali antichi; la zooarcheologia, incentrata sull'analisi dei resti faunistici; e l'antropologia biologica, che si occupa dello studio dei resti scheletrici umani. Il novero delle discipline geoarcheologiche include, tra le altre, la geomorfologia, che analizza le configurazioni del terreno e i processi di modellamento paesaggistico diacronici; la pedologia, orientata all'analisi dei paleosuoli; e la sedimentologia, che investiga i processi di formazione e gli ambienti di deposizione dei sedimenti archeologici e paleoambientali.

¹¹ A.M. MERCURI, *Genesis and evolution of the cultural landscape in central Mediterranean: the 'where, when and how' through the palynological approach*, in «Landscape Ecology», 29 (2014), n. 10, pp. 1799-1810.

¹² M.P. BUONINCONTRI, M. ROSSI, G. DI PASQUALE, *Medieval forest land use along the Tyrrhenian coast (Tuscany, central Italy): The archaeo-anthracological signal (AD 750-250)*, in «Quaternary International», 723 (2025), 109704; G. POGGI, L. DALLAI, V. VOLPI, *Mining*

mirato a comprendere le dinamiche ambientali endogene e le loro risposte alle trasformazioni sociali, politiche, economiche e culturali che hanno caratterizzato le epoche considerate¹³. Questa sinergia metodologica ha permesso di integrare prospettive analitiche complementari, consentendo una ricostruzione più olistica e approfondita della complessa coevoluzione naturale e antropica dei paesaggi mediterranei.

3. Tra terra e acqua: un'indagine sul paesaggio fluviale nella valle del Pecora

Nelle Colline Metallifere, il bacino del fiume Pecora costituisce un collegamento naturale di rilevanza geografica e ambientale, mettendo in relazione le pendici meridionali del comprensorio collinare con la costa tirrenica. Il corso d'acqua, esteso per circa 20 km e con un bacino idrografico di circa 250 km², collega le dorsali di Massa Marittima al Golfo di Follonica con una direttrice che si sviluppa da nord-est a sud-ovest (fig. 1).

under the canopy: Unveiling the archaeo-mining record in the Colline Metallifere with LiDAR analysis and multidisciplinary studies, in *ivi*, 705 (2024), pp. 16-36; G. POGGI, V. VOLPI, L. DALLAI, *Tracing natural and anthropic dynamics in alluvial and coastal plain through multidisciplinary sources: A new protocol for the study of historical landscapes in Val di Cornia (southern Tuscany, Italy)*, in *ivi*, 728 (2025), p. 109725; M.P. BUONINCONTRI, P. PIERUCCINI, D. SUSINI, C. LUBRITTO, P. RICCI, F. REY, W. TINNER, D. COLOMBAROLI, R. DRESCHER-SCHNEIDER, L. DALLAI, L. MARASCO, G. POGGI, G. BIANCHI, RICHARD HODGES, G. DI PASQUALE, *Shaping Mediterranean landscapes: The cultural impact of anthropogenic fires in Tyrrhenian southern Tuscany during the Iron and Middle Ages (800-450 BC / AD 650-1300)*, in «The Holocene», 30 (2020), n. 10, pp. 1420-1437; L. DALLAI, M.P. BUONINCONTRI, G. POGGI, V. VOLPI, *Paesaggio naturale ed antropico nell'area costiera della Toscana meridionale (Val di Cornia): sistemi di fonti, strumenti e metodi di studio per una nuova lettura storico-archeologica dell'ambiente e delle sue trasformazioni*, in «L'archeologo subacqueo», 76 (2024), pp. 1-16.

¹³ P. PIERUCCINI, D. SUSINI, M.P. BUONINCONTRI, G. BIANCHI, R. HODGES, C. LUBRITTO, G. DI PASQUALE, *Late Holocene human-induced landscape changes in Calcareous Tufa environments in Central Mediterranean valleys (Pecora river, Southern Tuscany, Italy)*, in «Geomorphology», 383 (2021), p. 107691; BUONINCONTRI, *Medieval forest land use...* cit., pp. 109704; BUONINCONTRI, *Shaping Mediterranean landscapes...* cit., pp. 1420-1437; E. CLÒ, E. FURIA, A. FLORENZANO, A.M. MERCURI, *Flora-vegetation history and land use in Medieval Tuscany: The palynological evidence of a local biodiversity heritage*, in «Quaternary International», 705 (2024), pp. 1-15; E. FURIA, E. CLÒ, A. FLORENZANO, A.M. MERCURI, *Human-induced fires and land use driven changes in tree biodiversity on the northern Tyrrhenian coast*, in *ivi*, pp. 37-52; D. SUSINI, P. PIERUCCINI, *Geoarchaeological analysis of the early mediaeval site of Vetricella (Southern Tuscany, Italy): Site formation processes and circular ditches*, in «Journal of Archaeological Science: Reports», 54 (2024), 104445.

Il territorio in esame, piuttosto piccolo, si configura come un nodo di convergenza privilegiato per l'analisi delle dinamiche storico-naturali che lo hanno plasmato, favorendo intrinsecamente approcci di indagine sia di matrice culturale che ambientale. Il bacino fluviale è caratterizzato da sorgenti carsiche e dalla presenza di tufo calcareo, una roccia sedimentaria porosa costituita principalmente da carbonato di calcio (CaCO_3), che è riconosciuta come un prezioso archivio paleoclimatico e paleoambientale¹⁴. Il tufo calcareo è uno dei pochi record continentali capaci di collegare gli ambienti fisici e biologici del passato con gli effetti delle attività antropiche, essendo estremamente sensibile ai cambiamenti ambientali, soprattutto quelli indotti dall'intervento umano. L'intera valle è stata oggetto di ricognizioni archeologiche di superficie che nel tempo hanno raccolto un ampio censimento di siti storici e ipotizzato la maglia insediativa a partire dall'età etrusca¹⁵. Nel tratto distale del tracciato fluviale del Pecora, nella piana litoranea, fonti storiche attestano la presenza della *curtis de Valli*, che venne donata nel 937 da Ugo di Arles, re del Regno Italico, a sua moglie Berta di Svevia e alla figlia (di lei) Adelaide (futura moglie di Ottone I ed imperatrice consorte), in un atto politico che mirava a indebolire il potere marchionale nella Tuscia rafforzando il controllo regio su aree strategiche¹⁶. In sintesi, le peculiarità geologiche del territorio in esame, archivi privilegiati dei mutamenti ambientali, congiuntamente alle testimonianze archeologiche e storiche, che ne attestano la rilevanza politica, segnatamente durante l'alto medioevo, dischiudono una prospettiva analitica peculiare per esaminare la complessa interazione bidirezionale tra l'impronta antropica sull'ecosistema del bacino fluviale e le modificazioni indotte da quest'ultimo sulle dinamiche insediative umane.

Nel corso della realizzazione di un bacino di espansione in sponda sinistra idrografica del fiume Pecora, localizzato nel tratto distale della valle a breve distanza dalla sua foce nel Mar Tirreno, è stata identificata una sequenza stratigrafica off-site (fig. 1). L'infrastruttura idraulica, estendendosi per 400 m parallelamente al corso fluviale e per 100 m perpendicolarmente, ha reso possibi-

¹⁴ M.G. BENVENUTI, M. BENVENUTI, P. COSTAGLIOLA, G. TANELLI, *Quaternary evolution of the Pecora River (southern Tuscany, Italy): paleohydrography and sediments provenance*, in «Italian Journal of Geosciences», 128 (2009), n. 1, pp. 61-72; PIERUCCINI, *Late Holocene human-induced landscape changes...* cit., 107691.

¹⁵ Una rassegna bibliografica esaustiva è consultabile nella sezione dedicata in BUONINCONTRI, *Shaping Mediterranean landscapes...* cit., pp. 1427-1428.

¹⁶ G. VIGNODELLI, *Berta e Adelaide: la politica di consolidamento del potere regio di Ugo di Arles*, in «Reti medievali», 13 (2012), n. 2, pp. 247-294; G. BIANCHI, *Recenti ricerche nelle Colline Metallifere ed alcune riflessioni sul modello toscano*, in «Archeologia medievale. Cultura materiale, insediamenti, territorio», 42 (2015), pp. 9-26.

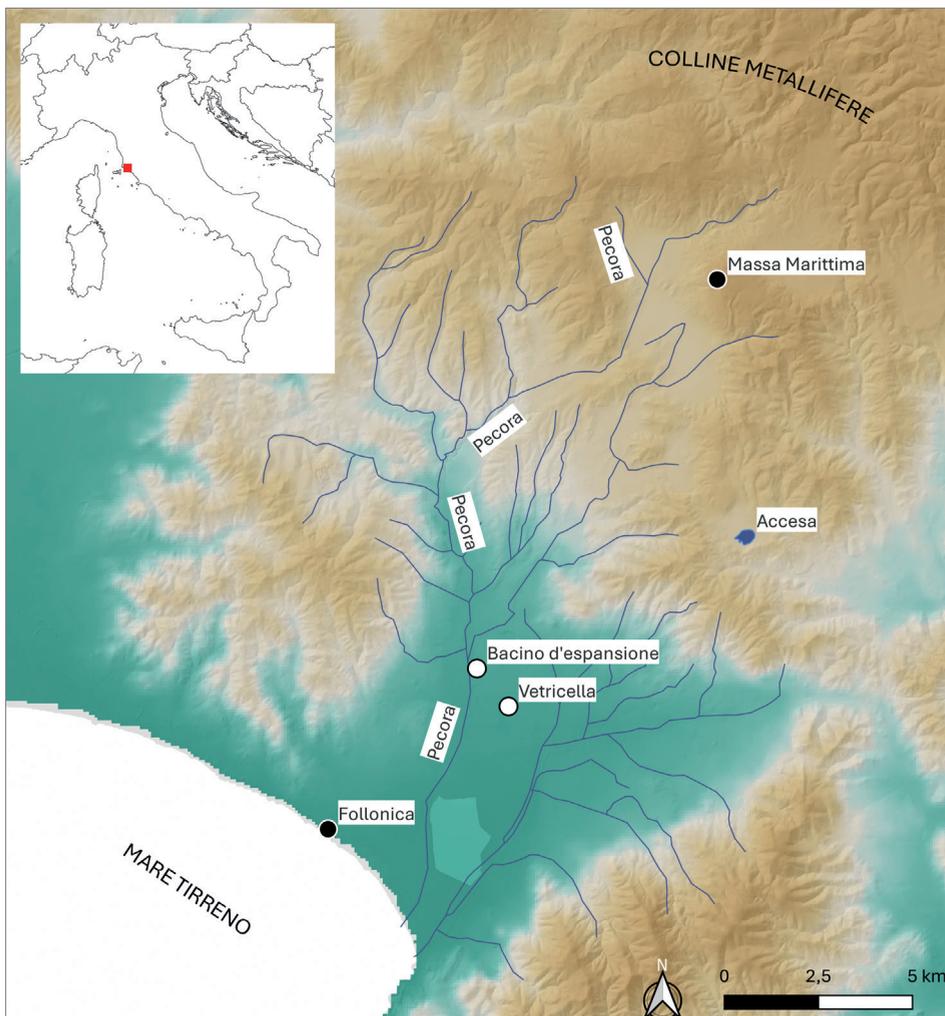


Figura 1. Area di studio della valle del fiume Pecora. La mappa mostra la rete idrografica (linee blu), le località menzionate nel testo (punti neri) e i siti sottoposti ad analisi archeologica ambientale (punti bianchi). Fonti cartografiche: pcn.minambiente.it - Dtm Italia; geodati.gov.it - Reticolo Idrografico (QGIS 3.22.14-Białowieża).

le l'osservazione di una sezione trasversale che intersecava un paleoalveo di circa 50 m di larghezza e 3 m di profondità (fig. 2). L'analisi della sezione ha evidenziato la presenza di diverse facies deposizionali e di un consistente apporto sedimentario di origine fluviale, dando avvio alla ricerca scientifica sull'evoluzione ecologica del paesaggio fluviale.



Figura 2. *a*) Sezione nord-ovest del bacino d'espansione intersecante il paleoalveo del fiume Pecora. I differenti colori evidenziano le facies deposizionali individuate con l'analisi sedimentologica. I punti neri indicano i prelievi di carbone datati al radiocarbonio. La cronologia degli eventi geomorfologici è espressa nell'intervallo calendariale due sigma dell'era comune (dove BCE sta per 'Before Common Era' - a.C.). Elaborazione da PIERUCCINI, *Late Holocene human-induced landscape changes...* cit., pp. 107691; *b*) Vista dal drone dello scavo archeologico di Vetricella e del tratto distale della pianura del fiume Pecora verso la costa (elaborazione di Giulio Poggi, Dipartimento di Scienze Storiche e Beni Culturali, Università di Siena); *c*) Ortofoto UAV del sito di Vetricella, campagna di scavo 2018 (elaborazione di Giulio Poggi, Dipartimento di Scienze Storiche e Beni Culturali, Università di Siena).

A circa 500 m dal sito della cassa d'espansione, il sito archeologico di Vetricella (nel comune di Scarlino), ubicato su un terrazzo formatosi per deposizione alluvionale del fiume a circa 6 km dalla linea di costa del Mar Tirreno (fig. 1), è stato oggetto di un'estesa campagna di scavo archeologico che ha consentito l'avvio di ricerche archeologiche ambientali on-site (fig. 2). Le evidenze rinvenute hanno permesso di identificare il sito con il centro fiscale della corte regia di *Valli*, frequentato già a partire dal secolo VIII e preposto, successivamente, al controllo delle risorse economiche e produttive locali fino alla metà del secolo XIII¹⁷. Le indagini hanno offerto un'opportunità scientifica di eleva-

¹⁷ G. BIANCHI, S. COLLAVINI, *Public estates and economic strategies in Early Medieval Tuscany: towards a new interpretation*, in R. HODGES, G. BIANCHI (eds.), *Origins of a new economic union (7th-12th centuries): preliminary results of the nEU-Med project: October 2015-March 2017*, All'Insegna del Giglio, Firenze 2018 (Biblioteca di Archeologia Medievale, 25), pp. 147-159; L. MARASCO, A. BRIANO, *The stratigraphic sequence at the site of Vetricella (Scarlino)*,

ta rilevanza, consentendo una ricostruzione dettagliata degli ecosistemi forestali ed un'analisi critica delle strategie del loro sfruttamento da parte dalle popolazioni insediate lungo la valle fluviale.

La ricerca condotta sul bacino d'espansione nella valle del fiume Pecora ha adottato un approccio geoarcheologico integrato¹⁸. L'analisi sedimentologica ha esaminato le sezioni affioranti, sia naturali che artificiali, per identificare caratteristiche fluviali quali dinamiche di flusso, elementi deposizionali e modelli sedimentari. L'obiettivo era la definizione di stili fluviali e delle loro relazioni con il paesaggio. Attraverso l'analisi stratigrafica, i sedimenti sono stati classificati e ordinati cronologicamente, mentre la datazione al radiocarbonio di frammenti di carbone, opportunamente individuati e recuperati dai sedimenti, ha permesso di precisare l'età degli eventi geomorfologici. A queste indagini si è affiancato uno studio bioarcheologico archeobotanico, che ha analizzato i carboni recuperati nei sedimenti¹⁹. Inoltre, la ricerca geomorfologica è stata abbinata anche a rilievi sul campo e analisi remote mediante catasto storico, foto aeree, dati LiDAR e modelli DTM. Nel suo insieme, l'indagine ha restituito un quadro dettagliato della morfologia del paesaggio fluviale e delle sue trasformazioni, evidenziando micro- e macro-cambiamenti avvenuti nel sistema di gestione ambientale, specificamente durante il medioevo.

Presso il sito di Vetricella è stata intrapresa una meticolosa indagine archeobotanica, con specifica attenzione al recupero di materiale vegetale destinato ad analisi antracologiche²⁰. Tali investigazioni, incentrate sullo studio dei resti di combustibile legnoso carbonizzato, rivestono una notevole importanza in quanto riflettono in modo diretto l'interazione tra le comunità umane e l'ambiente forestale circostante. Atteso che i residui lignei carbonizzati derivano esclusivamente da processi di produzione e dispersione di natura antropica, essi costituiscono una fonte informativa privilegiata per l'indagine sui segnali paleoecologici e culturali intrinseci ai depositi archeologici di una comunità, svelando le varie fasi delle relazioni storiche tra vegetazione, condizioni ambientali e pratiche di gestione forestale. La metodologia adottata prevede la raccolta di carboni che non derivano da un'unica fonte o evento deposiziona-

Grosseto): a revised interpretation (8th-13th centuries), in R. HODGES, G. BIANCHI (eds.), *The nEU-Med project: Vetricella, an early Medieval royal property on Tuscany's Mediterranean*, All'Insegna del Giglio, Sesto Fiorentino 2020 (Biblioteca di Archeologia Medievale, 28), pp. 9-22; G. BIANCHI, *Archeologia dei beni pubblici: alle origini della crescita economica in una regione mediterranea (secc. IX-XI)*, All'Insegna del Giglio, Sesto Fiorentino 2022 (Biblioteca di Archeologia Medievale, 35), pp. 15-40.

¹⁸ PIERUCCINI, *Late Holocene human-induced landscape changes...* cit., pp. 107691.

¹⁹ BUONINCONTRI, *Shaping Mediterranean landscapes...* cit., pp. 1427-1428.

²⁰ BUONINCONTRI, *Medieval forest land use...* cit., 109704.

le, bensì da accumuli progressivi nel tempo, attraverso processi di scarto e distribuzione ampia e discontinua nel sito archeologico del combustibile impiegato in diverse applicazioni. Questi resti racchiudono una diversità di combustibile tale da rappresentare, in maniera omnicomprensiva o quasi, l'intera area di approvvigionamento di legna da ardere caratteristica di un determinato periodo storico. L'identificazione dei legni e dei carboni si basa su dettagli morfologici osservati al microscopio: l'analisi delle caratteristiche anatomiche consente di individuare il genere e, in alcuni casi, la specie di appartenenza, fornendo una descrizione ricca e diacronica delle piante legnose sfruttate come combustibile. La composizione floristica relativa a epoche diverse può essere successivamente confrontata, permettendo di individuare trasformazioni nello sfruttamento delle risorse legnose in funzione delle attività umane, dei periodi storici e delle influenze culturali. I risultati delle analisi antracologiche hanno prodotto risultati significativi, tra cui: la ricostruzione della storia delle comunità vegetali decidue e sempreverdi in un contesto bioclimatico mediterraneo; la definizione dello sfruttamento antropico delle risorse forestali e l'identificazione degli usi produttivi del bosco; l'analisi dei cambiamenti vegetazionali verificatisi a scala locale tra i secoli IX e XII, offrendo un contributo importante alla comprensione della gestione forestale durante il medioevo. Questi studi arricchiscono la visione delle dinamiche forestali e antropiche nel passato, fornendo strumenti utili per interpretazioni storico-ecologiche di lungo termine.

4. Flussi d'acqua e fuochi del passato: un territorio in evoluzione

L'approccio geoarcheologico integrato, condotto off-site lungo il corso del fiume Pecora e presso l'opera idraulica della cassa d'espansione, ha permesso di ricostruire significative fasi dell'evoluzione fluviale nel tempo. Nel tratto superiore della valle, la deposizione e sedimentazione di tufi calcarei era attiva circa 4.000 anni fa, caratterizzata dalla presenza di paludi, cascate e sbarramenti naturali²¹. Contemporaneamente, il fiume Pecora presentava un corso sinuo-

²¹ Nel sistema fluviale del Pecora era presente un ciclo complesso di dissoluzione e precipitazione del carbonato di calcio, fenomeno fondamentale per la sedimentazione dei tufi calcarei. Le acque sorgive, captando il carbonato, favorivano la sua solubilizzazione mediante l'apporto di anidride carbonica, derivante dalla copertura vegetale sui suoli sviluppati, secondo la reazione: $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightarrow \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$. Successivamente, quando le acque, arricchite di bicarbonato, attraversavano fasi di degassazione – in particolare nelle zone caratterizzate da salti di quota e cascate, dove la nebulizzazione e l'evaporazione incentivavano il rilascio di CO_2 , oppure nelle aree pianeggianti con stagni e

so e meandriforme, scorrendo in un letto composto prevalentemente da ghiaie e sabbie almeno fino all'età etrusca (VIII - metà V secolo a.C.; fig. 2). Successivamente, depositi sedimentari di epoca medievale (datati tra la metà del secolo VII e la fine del secolo XIII; fig. 2) testimoniano un cambiamento radicale nella morfologia del fiume. In questo periodo, il Pecora non scorreva più con un andamento meandriforme, ma si sviluppava in una complessa rete di canali intrecciati all'interno di un ampio alveo ghiaioso, arricchito da detriti e clasti di tufo calcareo. Questa trasformazione morfologica suggerisce chiaramente l'inizio di un processo di erosione del calcare precedentemente sedimentato da parte delle acque fluviali, indicando un evento che aveva interrotto il precedente sistema di deposizione caratterizzato da cascate e paludi.

Parallelamente all'indagine stratigrafica e sedimentaria condotta presso la cassa d'espansione, è stata intrapresa un'analisi antracologica sui resti carboniosi rinvenuti nei sedimenti²². La presenza di questi macroresti vegetali testimonia la combustione di vegetazione legnosa naturale e rivelano, di conseguenza, che incendi boschivi coinvolsero il bacino fluviale nel passato. L'analisi ha permesso di identificare quattro distinte fasi di incendio, correlate ai processi erosivi definiti dalla contemporanea indagine stratigrafico-sedimentaria (fig. 2), relativi alle due principali dinamiche fluviali. La prima fase, risalente all'Età del Ferro (800-450 a.C.), coincise con il periodo in cui il fiume presentava un corso caratterizzato da un alveo ghiaioso e sabbioso e da un regime meandriforme. Le successive tre fasi sono datate al medioevo (intervalli: 650-850/900, 850/900-1050 e 1150-1300) e si verificarono durante la fase fluviale contraddistinta da un sistema di canali intrecciati che scorrevano su un letto di ghiaia composta da tufi calcarei.

La determinazione tassonomica dei carboni, eseguita in laboratorio tramite microscopia, ha rivelato la composizione delle comunità vegetali arboree e arbustive che caratterizzavano l'area fluviale nelle diverse epoche²³. Durante l'età del Ferro (800-450 a.C.), gli incendi interessarono la vegetazione che prosperava in aree umide, ripariali e nel fondovalle pianiziale, soggetta a inondazioni dal fiume Pecora con frequenza variabile, così come la vegetazione presente su

zone paludose in cui l'azione batterica sottraeva anidride carbonica – la reazione invertiva il suo iter, determinando la precipitazione del calcare concrezionato. Il progressivo accumulo di questi depositi portava alla formazione di sbarramenti, contribuendo a consolidare la presenza di ambienti umidi e paludosi lungo il corso della valle, osservabili ancora oggi e confermati dall'analisi toponomastica locale: PIERUCCINI, *Late Holocene human-induced landscape changes...* cit.; BENVENUTI, *Quaternary evolution of the Pecora River...* cit., pp. 61-72.

²² BUONINCONTRI, *Shaping Mediterranean landscapes...* cit., pp. 1427-1428.

²³ *Ibidem*.

terreni pianeggianti ben drenati e sui versanti della valle. A partire dall'alto medioevo (metà del secolo VII), gli incendi coinvolsero prevalentemente la vegetazione delle aree umide, ripariali, allagate stagionalmente e/o permanentemente, e planiziali. Nell'intervallo 850/900-1050, l'impatto del fuoco si estese a una porzione più ampia della valle: gli incendi colpirono principalmente la vegetazione delle zone umide, la fascia ripariale lungo il fiume Pecora e nelle golene, la vegetazione della piana alluvionale, ma interessarono anche la vegetazione di aree ben drenate, sia di alta che di bassa pendenza, costituita da una foresta mista a dominanza di querce caducifoglie. Infine, nell'intervallo 1150-1300, gli incendi interessarono soprattutto la copertura forestale presente sulle aree ben drenate, sia sui pendii superiori che inferiori.

L'analisi delle dinamiche paesaggistiche fluviali del Pecora ha sollevato interrogativi cruciali, tra cui l'evento che ha determinato l'interruzione della deposizione dei tufi calcarei, i fattori responsabili dell'erosione del calcare sedimentato nel corso dei millenni e la connessione tra questi fenomeni e le cause e gli effetti degli incendi forestali. Le possibili cause di tali processi possono essere ricondotte a due ambiti principali: le variazioni climatico-ambientali e l'uso del suolo da parte delle comunità umane²⁴. La sedimentazione dei tufi calcarei è strettamente legata al regime pluviometrico, così come la probabilità che si verificano incendi. In particolare, una fase climatica medievale calda e caratterizzata da una ridotta quantità di precipitazioni, potrebbe aver influenzato l'alterazione e la conservazione dei depositi di tufo calcareo, oltre a favorire incendi naturali. Rari episodi di piogge intense su suoli privi di copertura vegetale avrebbero potuto provocare significativi processi erosivi, contribuendo ulteriormente alla modificazione del paesaggio fluviale. Tuttavia, il medioevo nella valle del fiume Pecora è stato un periodo caratterizzato da un clima caldo, ma anche da una significativa umidità e frequenti precipitazioni, al pari dell'età etrusca²⁵. Di conseguenza, variazioni climatiche naturali non

²⁴ PIERUCCINI, *Late Holocene human-induced landscape changes...* cit., pp. 107691; BUONINCONTRI, *Shaping Mediterranean landscapes...* cit., pp. 1427-1428.

²⁵ Per la ricostruzione paleoclimatica della Maremma settentrionale, i sedimenti del Lago dell'Accesa, situato nei pressi di Massa Marittima (fig. 1), rappresentano una delle fonti più affidabili. Questi depositi lacustri hanno restituito preziose informazioni sulle variazioni del regime pluviometrico e sulla frequenza degli incendi nel corso dei millenni, permettendo di analizzare le trasformazioni ambientali e i fattori che hanno influenzato il paesaggio della regione. M. MAGNY, J.-L. DE BEAULIEU, R. DRESCHER-SCHNEIDER, B. VANNIÈRE, A.-V. WALTER-SIMONNET, Y. MIRAS, L. MILLET, G. BOSSUET, O. PEYRON, E. BRUGIAPAGLIA, A. LEROUX, *Holocene climate changes in the central Mediterranean as recorded by lake-level fluctuations at Lake Accesa (Tuscany, Italy)*, in «Quaternary Science Reviews», 26 (2007), n. 13-14, pp. 1736-1758; B. VANNIÈRE, D. COLOMBAROLI, E. CHAPRON, A. LEROUX, W. TINNER, M. MAGNY,

possono essere considerate il fattore principale degli incendi né la causa della disattivazione del sistema di deposizione dei tufi calcarei. Pertanto, è altamente probabile che le trasformazioni del paesaggio e le modifiche nel regime fluviale del Pecora siano state determinate principalmente da interventi di origine antropica²⁶.

L'analisi integrata del rapporto tra cambiamenti ambientali e uso del territorio rappresenta, quindi, la chiave interpretativa fondamentale per comprendere quali esigenze storiche e culturali hanno forgiato il paesaggio della valle del fiume Pecora. Le evidenze archeologiche di superficie a disposizione e, in parte, le fonti documentarie testimoniano le scelte e le strategie delle comunità locali, che si sono dimostrate attive protagoniste nella gestione e nella modificazione dei propri spazi vitali lungo lo strategico asse fluviale (fig. 3).

Durante l'età del Ferro, tra il secolo VIII e il secolo V a.C., la valle si caratterizzava per un processo di antropizzazione fortemente influenzato dalla prosimità con la città etrusca di Vetulonia. In questo contesto, i confini del territorio d'influenza di Vetulonia si estendevano verso le pendici collinari sud-orientali della Val di Pecora, dove l'economia si basava prevalentemente su attività agricole e sull'estrazione mineraria. L'uso del fuoco emergeva come strumento essenziale per la colonizzazione, in quanto agevolava l'apertura e la ripulitura degli spazi boschivi, rappresentando così un elemento chiave nella trasformazione del paesaggio.

Nel periodo altomedievale, sebbene le comunità presenti nella valle fossero ancora di modeste dimensioni, il controllo esercitato dalle autorità longobarde iniziò a incidere in maniera determinante sull'economia locale. La denominazione del fiume come *Teupascio* – ossia 'acqua del re' – a partire dalla metà del secolo VIII, evidenzia il ruolo centrale delle istituzioni pubbliche nella gestione delle risorse idriche e del territorio. Tale designazione non solo sottolinea la presenza di un'autorità centralizzata, ma comprova che le dinamiche di controllo e intervento coinvolsero l'ambiente naturale. Il secolo IX rappresentò poi il punto di svolta nella gestione del territorio lungo il fiume Pecora, inserendosi nel contesto della Marca di Tuscia. Strategie di bonifica volte a eliminare le barriere naturali in calcare e a favorire uno sfruttamento più diretto delle aree pianeggianti stagnanti e paludose liberarono il flusso idrico da ostacoli e facilitarono l'erosione dei tufi calcarei, in un approccio sistemico volto a trasformare le caratteristiche morfologiche del paesaggio. Asciugate le terre, le tecniche

Climate versus human-driven fire regimes in Mediterranean landscapes: the Holocene record of Lago dell'Accesa (Tuscany, Italy), in *ivi*, 27 (2008), n. 11-12, pp. 1181-1196.

²⁶ PIERUCCINI, *Late Holocene human-induced landscape changes...* cit., pp. 107691; BUONINCONTI, *Shaping Mediterranean landscapes...* cit., pp. 1427-1428.

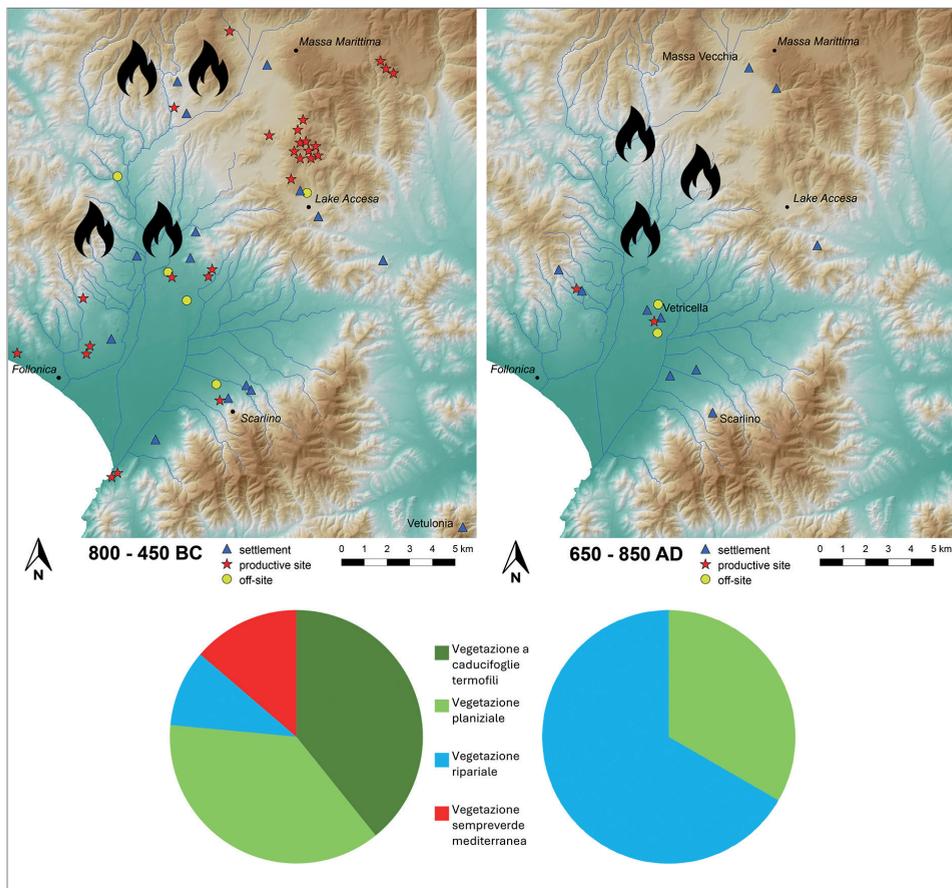
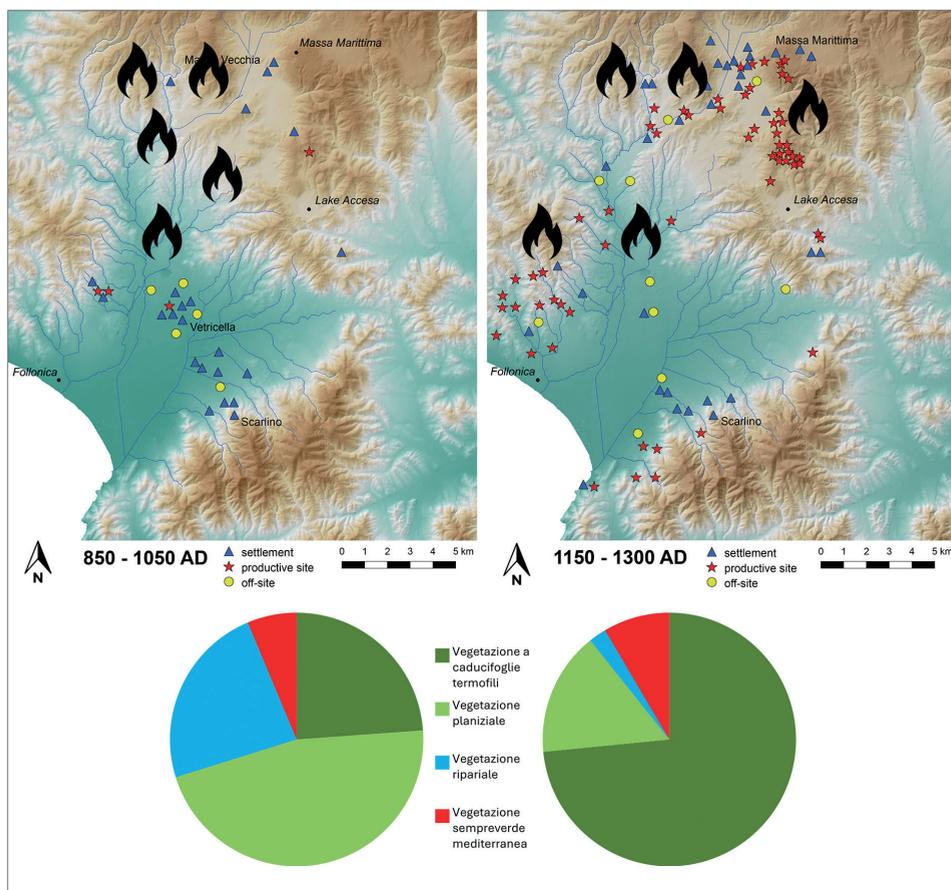


Figura 3. Incendi e modelli di insediamento archeologico nel bacino del fiume Pecora durante i quattro periodi storici correlati ai processi erosivi definiti dall'indagine archeologico-ambientale. I grafici illustrano le percentuali dei tipi di vegetazione, così determinate attraverso l'analisi tassonomica sui carboni. La mappatura, la datazione e la classificazione *settlement* comprendono

di disboscamento, sostenute con l'impiego controllato del fuoco, aprivano nuove aree pianeggianti per l'insediamento e l'agricoltura.

Questi interventi furono propedeutici per lo sviluppo della maglia insediativa nei secoli centrali del medioevo. Autorità che inizialmente operavano nell'ultima fase della Marca carolingia (metà IX secolo) fondarono siti chiave dal punto di vista economico e strategico come Vetricella, successivamente integrati nelle strutture amministrative e difensive dei regni d'Italia e degli imperatori ottoniani, con particolare riferimento alla *curtis de Valli* a metà del secolo X. L'incentivazione del flusso fluviale e i processi di erosione permisero la



villaggi, fattorie, edifici, castelli e necropoli; *productive site* raggruppa miniere, fonderie e cumuli di scorie; *off-site* rappresenta forme di occupazione sporadiche. Elaborazione da BUONINCONTI, *Shaping Mediterranean landscapes...* cit., pp. 1427-1428.

bonifica e la liberazione dalla vegetazione di ulteriori terre pianeggianti. L'espansione delle aree coltivabili contribuì anche alla ridefinizione dell'assetto territoriale attraverso una graduale antropizzazione dei versanti collinari e delle zone di fondovalle. Il continuo consumo delle aree boschive generò un incremento dei processi erosivi e della sedimentazione a valle, evidenziando una forte interrelazione tra le scelte politiche e le dinamiche ambientali.

A partire dalla metà del secolo XII, si assiste a una svolta epocale nella gestione del territorio della valle del Pecora. L'affermarsi di una forte presenza antropica, associata alla transizione da un controllo centralizzato basato su

autorità fiscali pubbliche verso un sistema feudale più locale, si tradusse in nuove modalità di insediamento. L'insorgenza di comunità fortificate, spesso collocate in posizioni strategiche quali le cime collinari, e la progressiva costruzione di castelli, portarono progressivamente ad assorbire i siti minori disseminati nelle pianure. In questo contesto, il ruolo di Massa Marittima – situata nella testata della valle – si intensificò, diventando un centro politico ed economico di primaria importanza. Tale trasformazione fu accompagnata da una crescente presenza di incendi, fenomeno strettamente connesso sia alla necessità di affermare il controllo sulle aree delle Colline Metallifere²⁷ sia alla spinta forzante della crescita urbanistica e architettonica, che privilegiava la liberazione del territorio dalle barriere boschive.

5. Vetricella: archeologia dei boschi tra legno e comunità

Il sito archeologico di Vetricella si configura come un punto nodale nell'analisi delle trasformazioni socio-economiche e ambientali medievali. Nel contesto della *curtis de Valli*, Vetricella emerge come catalizzatore e protagonista nel controllo amministrativo, in particolare nella gestione delle risorse economiche e produttive tra la metà del secolo IX e la metà del secolo XI²⁸. I suoi accumuli archeologici costituiscono un archivio privilegiato di segnali paleoecologici e culturali e offrono la possibilità di un confronto interdisciplinare tra le trasformazioni ambientali e le manifestazioni della vita comunitaria. Un contributo particolarmente rilevante a questa ricostruzione storica proviene dalle analisi archeobotaniche sui resti lignei carbonizzati rinvenuti nel sito. Questi studi, che coprono l'intera sequenza insediativa dal secolo VIII fino alla metà del secolo XIII, hanno delineato un quadro diacronico dettagliato delle risorse forestali utilizzate e compreso le pratiche di gestione selvicolturale di tali risorse²⁹.

L'analisi quantitativa dei frammenti di carbone, classificati tassonomicamente, evidenzia una marcata predominanza di querce caducifoglie nel corso dei

²⁷ Nel territorio di Massa Marittima, i secoli XIII e XIV si distinguono per un rinnovato interesse verso le risorse minerarie, alimentato dall'incremento della domanda di metalli su scala regionale e sovregionale. Durante questo periodo si evidenzia un fitto reticolo di miniere di dimensioni relativamente contenute, in cui l'estrazione e la prima fase di lavorazione dei minerali venivano effettuate direttamente in loco; POGGI, *Mining under the canopy...* cit., pp. 16-36. La crescente richiesta di spazi aperti e di combustibile legnoso imponeva evidentemente un approccio più impattante nella gestione degli ambienti boschivi.

²⁸ BIANCHI, *Archeologia dei beni pubblici...* cit., pp. 15-40.

²⁹ BUONINCONTRI, *Medieval forest land use...* cit., pp. 109704.

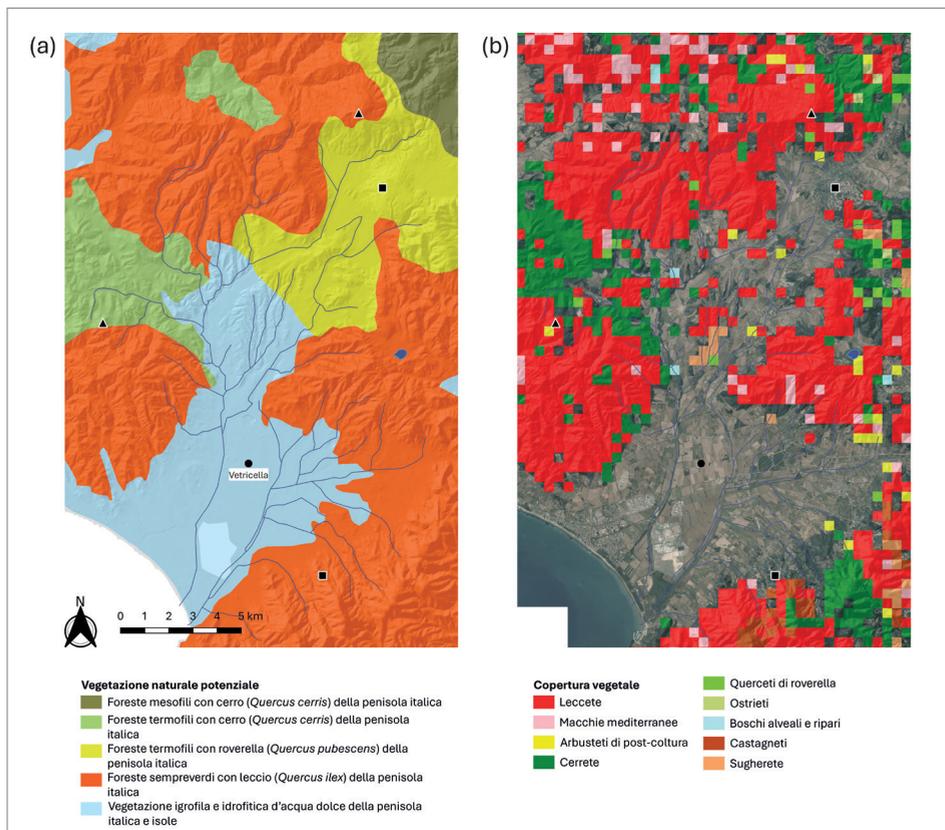
cinquecento anni esaminati (fig. 4). L'elevata e costante frequenza suggerisce la possibilità di una copertura forestale in cui le querce caducifoglie rappresentassero il taxon dominante, ipotizzando così la presenza di querceti o, in maniera più specifica, di boschi di cerro, in virtù dell'abbondante rappresentatività di questo taxon nell'assemblaggio antracologico³⁰.

Nel contesto della valle del fiume Pecora, i boschi di cerro sono attualmente localizzati su pendii e colline a quote comprese tra 100 e 200 m s.l.m., in prossimità (circa 6 km) del sito di Vetricella. Al contrario, la vegetazione mediterranea sempreverde domina la copertura lungo i pendii attraverso la presenza di leccio e di arbusti tipici della macchia mediterranea, ma risulta scarsamente rappresentata nei dati antracologici, limitandosi prevalentemente a specie arbustive come l'erica (fig. 4)³¹. Questo aspetto potrebbe indicare che, in epoca pregressa, i boschi di cerro si estendessero ben oltre le attuali aree riconducibili alla foresta mediterranea sempreverde. Diverse ricerche hanno approfondito la modellazione dell'uso forestale e l'ecologia degli ecosistemi passati mediante l'analisi del carbone³². In questo ambito, numerosi autori sostengono che la frequente presenza di alcune specie come fonte di combustibile non rispecchi unicamente la loro abbondanza o produttività in loco, ma risulti anche dall'elevato recupero della biomassa e dalle specifiche caratteristiche fisico-chimiche del legno. Allora, nel caso studiato a Vetricella, la foresta di cerro poteva trovarsi a una distanza maggiore rispetto alle aree dominate dal leccio (come è oggi), ma essa appare predominante nel record antracologico probabilmente a causa della sua maggiore efficienza come combustibile. Tuttavia, arbusti e alberi sempreverdi presentano poteri calorifici analoghi o addirittura superiori, escludendo così una scelta unicamente basata sulle proprietà termiche. Dall'analisi dei dati risulta ipotizzabile che la cerreta fosse presente dai pendii verso la pianura alluvionale, specialmente in aree soggette a inondazioni sporadiche, dove le condizioni di suolo – profondo, fertile e ricco di

³⁰ *Ibidem*.

³¹ Per quanto riguarda la coperta vegetale attuale, la valle del Pecora rientra nel bioclima mesomediterraneo e presenta diverse serie di vegetazione naturale potenziale (fig. 4). Attualmente, i pendii più ripidi nell'alta e media valle sono caratterizzati principalmente dalla vegetazione mediterranea sempreverde dominata dal leccio consociato con vari arbusti di macchia e piccoli, sparsi, nuclei di latifoglie decidue termofile, come roverella e orniello. I popolamenti di vegetazione arborea a caducifoglie dominati dal cerro sono prevalenti sui pendii più freschi a nord ovest del bacino. L'uso del suolo dei pendii collinari più dolci e delle aree pianeggianti delle porzioni di fondovalle è invece destinato alla coltivazione di seminativi, vigneti e oliveti. La copertura vegetale è fortemente influenzata dall'erosione, portando a suoli immaturi e pendii nudi.

³² BUONINCONTRI, *Medieval forest land use...* cit., pp. 109704.



umidità – risultavano particolarmente favorevoli. In tali contesti, la cerreta poteva coesistere con specie planiziali tipiche come *Ulmus minor* Mill. e *Fraxinus angustifolia* Vahl subsp. *oxycarpa* (M. Bieb. ex Willd.) Franco & Rocha Afonso, nonché con alberi ripariali quali *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. Questo tipo di foresta di pianura alluvionale è ancora oggi presente in Toscana, dove sopravvissuta alle moderne attività di bonifica e coltivazioni agrarie. L'evidenza comparativa dei taxa riscontrati nella documentazione antracologica supporta l'ipotesi di un'associazione forestale simile ben consolidata nella Val di Pecora a partire da metà secolo VIII.

Nel sito si evidenzia chiaramente come, oltre alla rilevante attività di approvvigionamento di combustibile, la domanda di legname destinato all'edilizia abbia rivestito un ruolo di notevole importanza³³. Sebbene le campagne di scavo

³³ *Ibidem*.

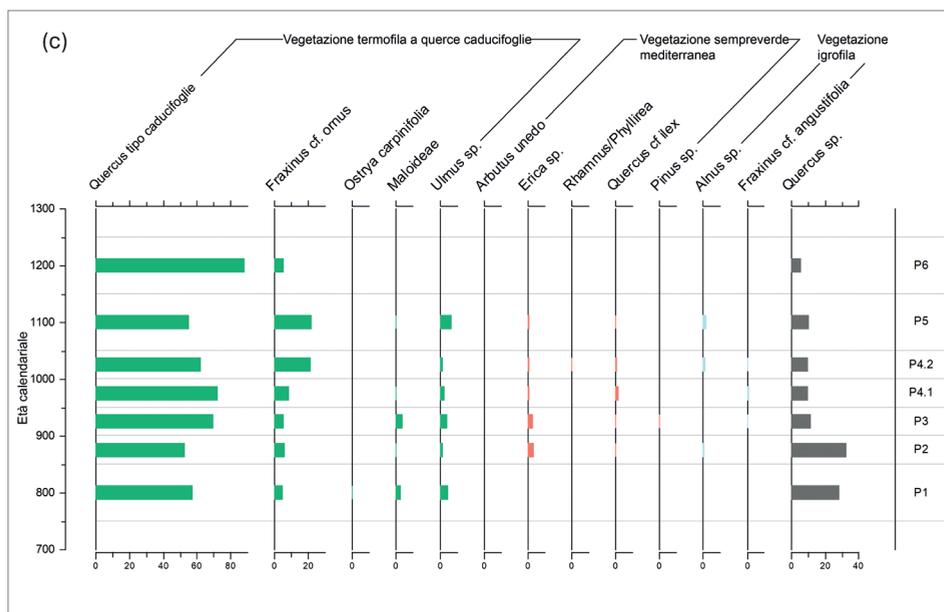


Figura 4. a) Mappa della vegetazione naturale potenziale della valle del fiume Pecora; b) Mappa della vegetazione forestale attuale della valle del fiume Pecora; c) Diagramma a barre delle analisi sui resti di carbone da Vetricella. Nell'asse y sono indicati gli intervalli temporali in età calendariale e i relativi periodi cronologici del sito. Sull'asse x sono riportate le percentuali di ciascun taxon determinato, calcolate sul totale dei resti determinati di carboni per ogni intervallo. Le barre colorate raggruppano i taxa secondo le seguenti categorie: vegetazione termofila a querce caducifoglie (verde); vegetazione sempreverde mediterranea (rossa); vegetazione igrofila (azzurro chiaro). Elaborazione da BUONINCONTRI, *Medieval forest land use...* cit., pp. 109704.

non abbiano portato al recupero di elementi lignei particolarmente conservati – come pali o travi – l’analisi dei numerosi elementi costruttivi rinvenuti ha permesso di delineare, con una certa attendibilità, le dimensioni e le caratteristiche funzionali di tali strutture in legno. Uno studio di distribuzione morfometrica condotta sulle evidenze negative – ovvero le buche di inserimento nel terreno, ben conservate grazie alla presenza di malta e/o riempimenti lapidei – evidenzia l’impiego di legname con diametri compresi tra 20 e 25 cm (fig. 5). Ricerche attuali condotte nei boschi di cerro gestiti a ceduo hanno evidenziato, in condizioni naturali, che i polloni possono raggiungere un diametro medio di circa 9 cm e un’altezza di 11 m dopo 35 anni. Per ottenere esemplari con diametri maggiori – mediamente attorno ai 20 cm – si richiede un periodo superiore a 40 anni, in sistemi forestali moderni che prevedono la conversione da bosco ceduo a bosco ad alto fusto mediante tecniche di diradamento. In questo contesto, l’approvvigionamento di legname a Vetricella si fondava su pratiche di

taglio selettivo, mediante le quali la comunità locale abbattava gli alberi ritenuti più maturi e idonei alla produzione di legname d'opera.

Per l'approvvigionamento di legname da costruzione o come combustibile, probabilmente, la forma di governo più diffusa era il ceduo tagliato a ceppaia, con il taglio del fusto rasente la terra, che le fonti storiche indicano come principale, se non unico, metodo di taglio alla fine del medioevo nelle Colline Metallifere e nella Maremma settentrionale³⁴. Successivamente, la rigenerazione naturale – favorita dalla comparsa di nuovi polloni dalle ceppaie o direttamente dalle radici – garantiva il rinnovamento continuo della risorsa forestale ed evitava la necessità di reiterati impianti forestali. La sinergia tra la pratica della ceduzione, la naturale capacità rigenerativa delle piante e l'espansione delle foreste di querce caducifoglie giustifica, in modo coerente, lo sfruttamento continuo e predominante di tale legname durante l'intera fase di insediamento a Vetricella.

Oltre al persistente e importante uso di legna di querce caducifoglie e cerro, a Vetricella la comunità ha utilizzato in modo continuativo specie legnose, accessorie nel ceduo di cerro, fin dai primi secoli dell'insediamento. Se la presenza di alberi e arbusti termofili delle Maloideae è piuttosto sporadica, così come l'uso di sempreverdi termo-xerofili come erica e leccio, lo sfruttamento di orniello (*Fraxinus* cf. *ornus*) e olmo (*Ulmus* sp.) appare più elevato e costante. In particolare, l'uso di orniello aumenta dopo la metà del secolo X, fino a triplicare le percentuali iniziali nel secolo XI e fino alla metà del secolo XII (fig. 4).

Nelle Colline Metallifere attuali il profilo forestale si caratterizza per la presenza tipica di orniello nei boschi misti di latifoglie decidue o sempreverdi, che si integra con le unità forestali dominate dal cerro. Questa specie si distingue per la sua frugalità e rapidità di crescita, qualità che le consentono di colonizzare habitat aperti e aree scarsamente boscate. In particolare, l'orniello prospera in suoli poveri, mentre, in condizioni di maggiore fertilità, subisce la competitiva pressione di altre latifoglie. Parallelamente, l'olmo si distribuisce nelle Colline Metallifere lungo la piana alluvionale, dove i suoli profondi e ricchi di humus sono soggetti a ristagno idrico, e sui primi versanti caratterizzati da un buon drenaggio. In qualità di specie pioniera, l'olmo è esigente in termini di luce, cresce rapidamente e riesce a sopportare vari livelli di stress ambientale. La gestione mediante ceduzione, pur rispondendo all'esigenza di produrre

³⁴ Il taglio a qualche metro di altezza – 'a capitozza' –, o il taglio dei soli rami – a 'sgamollo' – non risultano dai testi. P. PIUSSI, O. REDON, *Storia agraria e selvicoltura*, in A. CORTONESI, M. MONTANARI (a cura di), *Medievistica italiana e storia agraria: risultati e prospettive di una stagione storiografica*, Atti del convegno (Montalcino, 12-14 dicembre 1997), Clueb, Bologna 2001 (Biblioteca di storia agraria medievale, 18), pp. 179-210.

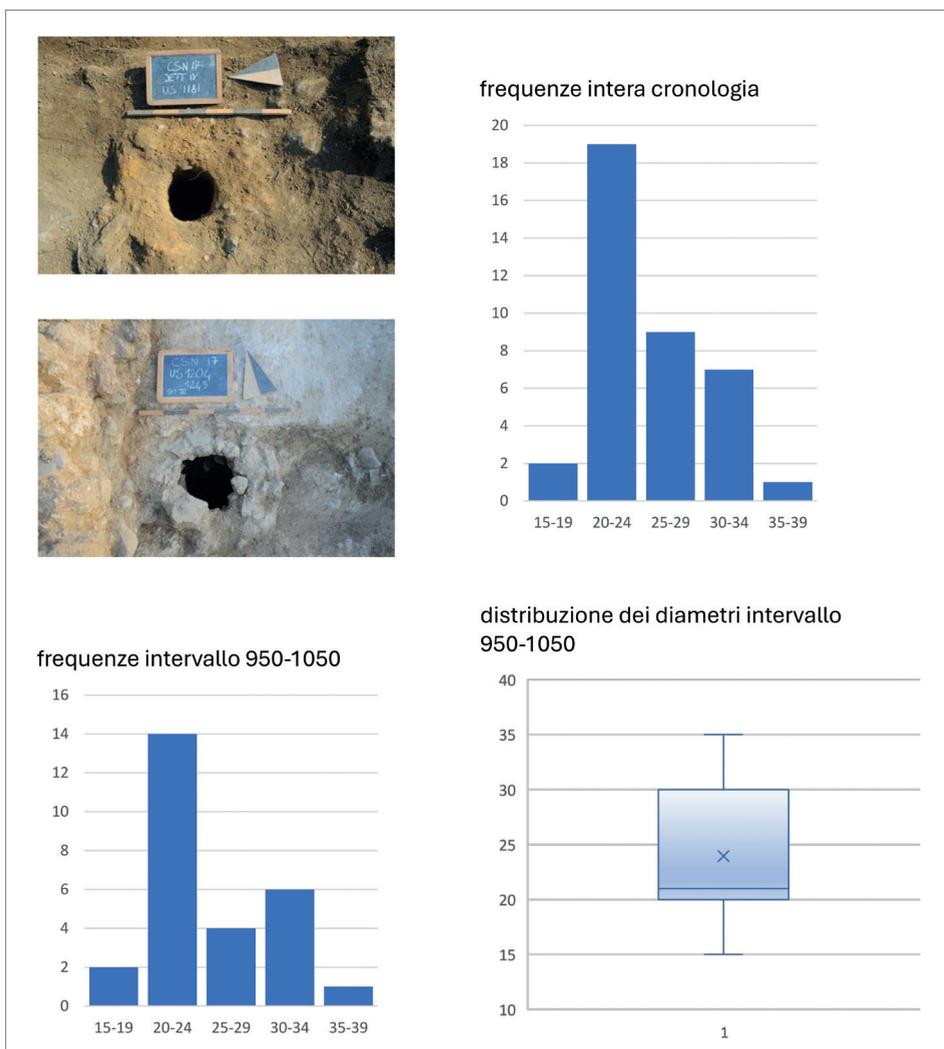


Figura 5. Fotografie delle buche da palo in corso di scavo e distribuzione dei relativi diametri. Gli istogrammi mostrano la distribuzione dei diametri a intervalli di 4 cm per tutti i periodi cronologici di Vetricella e, in dettaglio, per l'intervallo cronologico da metà X a metà XI secolo. L'asse x indica gli intervalli di diametro (in cm), mentre l'asse y espone i valori assoluti del numero di buche da palo per ciascun intervallo. Il grafico a scatola (*box plot*) illustra la distribuzione del campione registrato nell'intervallo cronologico da metà X a metà XI secolo sulla base dei diametri misurati. Elaborazione da BUONINCONTRI, *Medieval forest land use...* cit., pp. 109704.

combustibile e legname d'opera, manifesta effetti destabilizzanti sul bosco di cerro. La riduzione della copertura e il diradamento della lettiera limitano notevolmente l'intercettazione della radiazione solare, del calore e delle precipi-

tazioni. Il sistema suolo può perdere la capacità di resistere a prolungati periodi di siccità estiva, ad intense precipitazioni e all'erosione da dilavamento, effetti che si amplificano in presenza di condizioni quali suoli poco profondi, esposizione meridionale e pendenze elevate. In questo contesto, le capacità adattative specifiche di orniello e olmo le rendono le specie più resilienti e competitive, sia nelle fasi iniziali sia nel prosieguo dello sviluppo ecologico, configurandosi così come le principali componenti accessorie all'interno del bosco ceduo di cerro.

Il notevole incremento, registrato a Vetricella nell'intervallo 950-1150, della presenza di orniello impiegato come combustibile, appare riconducibile alla diffusione di questa specie pioniera, favorita dal degrado ambientale del suolo e dall'espansione delle pratiche di ceduazione³⁵. Il secolo X si configura come un periodo determinante in cui lo sfruttamento intensificato delle risorse forestali condusse a evidenti mutamenti dell'habitat forestale collinare, in concomitanza con nuove modalità di utilizzo del suolo nella valle del fiume. Contestualmente, una serie di interventi – fra cui la costruzione di nuove fortificazioni, l'erezione di un basamento in pietra per la torre centrale e la creazione di un'area sepolcrale probabilmente correlata a un edificio religioso – testimonia una radicale trasformazione del sito di Vetricella. L'aumento della domanda di legname in questo periodo risulta evidente, considerando che la maggior parte delle buche di palo, indicatori del rinnovamento strutturale, appartiene a questa fase di profondo mutamento. Tale dinamica sottolinea l'importanza strategica delle risorse forestali e il loro ruolo cruciale nei processi di trasformazione dell'insediamento.

Il sistema di gestione selvicolturale consisteva quindi in un bosco di cerro sfruttato con taglio a raso, nei cui spazi aperti e soleggiati, progressivamente degradati a causa della scarsa presenza di copertura arborea, si espandevano alberi eliofili e arbusti. Gli elementi ceduati venivano tagliati diradando il numero di polloni sui ceppi, preceduti a loro volta dalla rimozione degli arbusti del sottobosco. Al fine di fornire a Vetricella il necessario approvvigionamento di travi e pali, la gestione del bosco prevedeva chiaramente il rilascio di alberi matricine – ossia alberi lasciati crescere per un periodo più lungo – per la produzione di un assortimento di legname di maggior calibro. Le matricine potevano essere piante decennali nate da semi oppure polloni selezionati e conservati per un ciclo di ceduo più lungo. Questo sistema selvicolturale avrebbe prodotto popolamenti a più strati costituiti da un sottobosco di età omogenea e da uno strato superiore disetaneo di matricine trattate ad alto fusto. Lo strato inferiore era regolarmente tagliato per ottenere materiale di piccole dimensioni, tra cui il

³⁵ BUONINCONTRI, *Medieval forest land use...* cit., pp. 109704.

combustibile, mentre dal superiore si mirava alla produzione di legname da opera. Questo sistema, noto come ceduo composto, ha evidenziato, in ambito di silvicoltura moderna, alcune limitazioni – quali la mortalità dei ceppi e la ridotta crescita dei polloni – motivo per cui è stato oggetto di critiche³⁶. D'altra parte, nei boschi medievali il rilascio di matricine soddisfaceva ampiamente la produzione di legname, rispetto alle richieste dell'attuale mercato. Contestualmente, questa pratica favoriva la vegetazione erbacea del sottobosco, che, insieme ai germogli dai ceppi, rappresentava foraggio per il bestiame al pascolo. Le matricine di cerro garantivano, oltretutto, la produzione di ghiande sia per la rigenerazione del bosco da seme, sia per l'alimentazione degli animali³⁷.

6. In conclusione

Gli studi di archeologia ambientale costituiscono strumenti fondamentali per delineare l'utilizzo, la gestione e l'ecologia delle aree forestali in epoca preindustriale, specialmente in contesti in cui le fonti scritte risultano scarse. È possibile, infatti, realizzare analisi socio-culturali basate su osservazioni geo- e biostratigrafiche in contesti ambientali e archeologici nei quali si sono articolate le attività delle comunità locali.

La ricerca condotta nella Val di Pecora ha evidenziato l'importanza di un indicatore paleoambientale – rappresentato dai frammenti di legna carbonizzata – che consente di integrare le dinamiche antropiche con i processi ecologici complessi, mettendo in luce la struttura intrinseca degli ecosistemi forestali del passato. L'antracologia fornisce 'una fotografia' della vegetazione storica, evidenziando la presenza e la frequenza di specie emblematiche come, nel caso in esame, le querce caducifoglie rispetto alla vegetazione arborea e arbustiva a sclerofille sempreverdi, ma anche altri taxa caratteristici degli ambienti locali umidi e planiziali, come ontano (*Alnus* sp. in fig. 4) e frassino meridionale (*Fraxinus* cf. *angustifolia*). L'approccio ha consentito di definire un quadro di riferimento per comprendere come e quanto la vegetazione attuale – e, in particolar modo, la vegetazione naturale potenziale che funge da 'benchmark' per lo stato naturale dell'ecosistema – si discosti dalla realtà storica dei biotopi³⁸.

³⁶ *Ibidem*.

³⁷ M.P. BUONINCONTRI, V. ANICETI, *Il taglio ed il pascolo: colonizzazione e gestione del bosco nella Toscana medievale tirrenica (VIII-XIII secolo)*, in M. MILANESE (a cura di), *IX Congresso Nazionale di Archeologia Medievale*, Atti del convegno (Alghero, 28 settembre-2 ottobre 2022), vol. II, All'Insegna del Giglio, Sesto Fiorentino 2022, pp. 401-406.

³⁸ In merito a questo argomento: B. MAS, S. RIERA, E. ALLUÉ, *Modelling Mediterranean oak*

L'applicazione dell'antracologia ha permesso di ricostruire la storia degli incendi boschivi e l'utilizzo del suolo forestale a fini di raccolta di legna da ardere e legname, delineando con precisione gli spazi e i tempi di interazione tra le attività umane e gli habitat forestali. In questo modo, è stata realizzata una caratterizzazione composita e diacronica del paesaggio forestale medievale. La lettura integrata e olistica delle dinamiche insediative e ambientali, con riferimento al percorso del fiume Pecora, evidenzia come le comunità locali siano state non solo reattive, ma anche proattive nella gestione del territorio, con le istituzioni amministrative centrali nel coordinare e gestire il processo. Gli interventi guidati dal fuoco, le pratiche di bonifica e la costante interazione fra l'azione politica e le necessità economiche, anche per la raccolta e gestione della legna da ardere e da opera, hanno contribuito a modellare un panorama in cui i cambiamenti ambientali e le dinamiche di successione ecologica si intrecciano indissolubilmente con la storia delle comunità.

Questo approccio multidimensionale, che integra dati archeologici e analisi ambientali, si configura come uno strumento prezioso per comprendere la complessità delle trasformazioni paesaggistiche e per interpretare le relazioni simbiotiche tra attività umane e ambiente nel corso dei secoli. Una prospettiva metodologica particolarmente efficace nell'analisi delle dinamiche di adattamento e innovazione delle comunità in contesti ambientali e socio-economici complessi, offrendo una rielaborazione teorica utile a chiarire i meccanismi di interazione tra risorse naturali, attività economiche e organizzazione sociale in quegli scenari in cui le fonti scritte risultano parzialmente inadeguate.

La riflessione qui proposta invita a considerare il valore del dialogo fra le interpretazioni storico-archeologiche e le evidenze ambientali geo- e bio-stratigrafiche più dinamiche, come appunto lo studio dei carboni, al fine di arricchire le indagini sullo sviluppo territoriale. L'impiego costante di metodologie analitiche avanzate insieme a un approccio interdisciplinare promette di affinare ulteriormente la ricostruzione storica dei processi che hanno plasmato il paesaggio culturale e ambientale, con particolare attenzione alle distribuzioni specifiche delle singole specie arboree e alle loro possibili associazioni rispetto ai mutamenti ambientali, fornendo così scenari evolutivi più realistici e flessibili. In tal senso, si prospettano modelli di studio che integrino approcci quan-

palaeolandscapes using the MaxEnt model algorithm: The case of the NE Iberia under the Middle Holocene climatic scenario, in «Ecological Informatics», 74 (2023), 101984; M.P. BUONINCONTRI, L. BOSSO, S. SMERALDO, M.L. CHIUSANO, S. PASTA, G. DI PASQUALE, *Shedding light on the effects of climate and anthropogenic pressures on the disappearance of Fagus sylvatica in the Italian lowlands: evidence from archaeo-anthracology and spatial analyses*, in «Science of The Total Environment», 877 (2023), 162893.

titativi e qualitativi per esplorare le profonde interconnessioni fra natura, società e cultura, nonché per definire strategie di conservazione volti a proteggere simultaneamente gli elementi naturali e culturali.

Alla luce della recente *Natural Restoration Regulation* dell'Unione Europea, ufficialmente denominata *Nature Restoration Law* – che costituisce un punto di svolta rilevante nella lotta contro la perdita di biodiversità e nella mitigazione degli impatti del cambiamento climatico – il settore forestale assume un ruolo strategico nel recupero degli habitat degradati, contribuendo alla realizzazione di un futuro resiliente e sostenibile³⁹. Il miglioramento qualitativo degli ecosistemi forestali si fonda sull'utilizzo di indicatori di salute dell'habitat, quali la composizione autoctona, la ricchezza floristica, la continuità ecologica e la capacità di resistenza agli stress biotici⁴⁰. In questo contesto, e in sintonia con le riflessioni congiunte sul ruolo delle scienze umanistiche ed ecologiche nella programmazione e collaborazione ai progetti relativi alla NRL⁴¹, le evidenze bioarcheologiche preindustriali che documentano gli impatti antropici sui biota naturali, in cronologie trascurate per l'assenza di fonti scritte, possono essere un ulteriore valore aggiunto nella pianificazione della futura conservazione della biodiversità. L'intrinseca connessione fra dimensioni archeologiche, ecologiche e sociali costituisce un elemento chiave per definire priorità di ricostruzione, gestione e conservazione dei paesaggi forestali, promuovendo un approccio sistemico e multidimensionale alla conservazione del patrimonio naturale.

³⁹ Il Regolamento, individuato come Regolamento (UE) 2024/1991, è stato adottato dal Parlamento europeo e dal Consiglio in data 17 giugno 2024, pubblicato in Gazzetta Ufficiale in data 24 giugno, e ha avuto la sua entrata in vigore ufficiale in data 18 agosto 2024: https://environment.ec.europa.eu/topics/nature-and-biodiversity/nature-restoration-regulation_en (consultato in data 22 aprile 2025).

⁴⁰ Regulation (EU) 2024/1991, pp. 28-29.

⁴¹ N. GABELLIERI, *Nature Restoration Law e programmazione ambientale: quali prospettive per la ricerca geografico-storica?*, «Rivista Geografica Italiana», 4 (2024), pp. 69-78; K. PRACH, P. JANEČKOVÁ, L.R. WALKER, *Europe's Nature Restoration Law has now been adopted. What comes next?*, «Oikos», 7 (2025), e11209.