

Consiglio Nazionale delle Ricerche
Dipartimento Scienze Umane e Sociali, Patrimonio Culturale (DSU)

ISBN 978-88-8080-485-7



9 788880 804857

2022

© Cnr Edizioni
P.le Aldo Moro, 7 - 00185 Roma
www.edizioni.cnr.it



CAPITOLO 3

LA SFIDA DELLE COMPETENZE PER IL PATRIMONIO CULTURALE: COMPLEMENTARITÀ, INTEGRAZIONE, INTERAZIONE

Alessandra Caravale, Costanza Miliani, Paola Moscati e Carla Sfameni

Istituto di Scienze del Patrimonio Culturale – ISPC



SOMMARIO

Il capitolo si configura come un percorso nell'area delle scienze del patrimonio culturale, dalle sperimentazioni pionieristiche avviate negli anni Sessanta all'esigenza attuale di realizzare una classificazione dei settori della ricerca coinvolti e un'anagrafe delle competenze. Un'indagine, avviata nel 2020, ha previsto: la raccolta della documentazione prodotta dai ricercatori dell'Istituto di Scienze del Patrimonio Culturale (ISPC) nell'ultimo decennio (pubblicazioni e progetti di ricerca); l'identificazione e la classificazione dei documenti afferenti al dominio "Cultural Heritage"; l'estrazione automatica dei *topic* emergenti; la mappatura delle competenze (tematiche di ricerca e collaborazioni); la valutazione quantitativa dei prodotti dell'ISPC in rapporto al CNR, alle università e agli attori della ricerca nazionali e internazionali. I risultati relativi a un settore di studio specifico, l'informatica applicata all'archeologia, vengono analizzati in dettaglio, con le relative risultanze. L'obiettivo è di mostrare il ruolo svolto dal CNR per favorire l'interazione tra scienze esatte e scienze umane e per promuovere un approccio interdisciplinare allo studio del patrimonio culturale, favorendo la diffusione della cultura scientifica.

3.1 - Dalla Commissione per le Scienze Sussidiarie dell'Archeologia all'Istituto di Scienze del Patrimonio Culturale

Per la sua peculiare vocazione alla multidisciplinarietà, il CNR ha partecipato pienamente al percorso culturale e scientifico che ha caratterizzato il settore dei Beni Culturali a partire dagli anni Sessanta del secolo scorso, proponendo e sperimentando attività in linea con le disposizioni legislative e il dibattito nazionale e internazionale.

La legge del 2 marzo 1963, n.283, infatti, ampliava le competenze dell'Ente ai settori umanistico, giuridico e socio-economico (Zoppi, 2001): nasceva così il Comitato per le Scienze Storiche, Filosofiche e Filologiche (1963) e, negli anni seguenti, erano creati i Centri di Ricerca per gli Studi Micenei ed Egeo-Anatolici (1968), per la Civiltà Fenicia e Punica e per l'Archeologia Etrusco-Italica (1970). Sono questi gli anni in cui la Commissione Franceschini operava a livello nazionale per una profonda riforma che rimediasse allo «stato di generale precarietà e decadenza del patrimonio storico, ambientale, librario e archivistico italiano» (Franceschini, 1967, I, p.6).

Alla fine degli anni Sessanta, figure di spicco dell'Ente contribuirono a sviluppare attività di ricerca per la messa a punto di soluzioni per il salvataggio dei beni danneggiati dall'alluvione di Firenze del 1966. In particolare, Franco Piacenti, come membro del Comitato di Consulenza per la Chimica del CNR, sollecitò interventi atti a promuovere le ricerche nel settore della conservazione del Patrimonio Culturale e favorì l'istituzione di tre Centri di Studio sulle Cause di Deperimento e i Metodi di Conservazione delle Opere d'Arte con sede a Milano, Firenze e Roma. Alla nascita dei primi Centri di Ricerca dedicati all'archeologia si accompagnava nel 1969 la creazione di una Commissione per le Scienze Sussidiarie dell'Archeologia (SSA), affiancata, l'anno successivo, da un Programma speciale e da un Servizio dedicati (Notiziario, 1971; Donato, 1969; Donato, s.d.). Nel 1973, introducendo il catalogo della mostra sulla Civiltà arcaica dei Sabini nella Valle del Tevere, Massimo Pallottino, insigne archeologo, fondatore dell'Etruscologia come disciplina moderna e creatore del Centro per l'Archeologia Etrusco-Italica del CNR, sottolineava come i contributi offerti dal Programma e Servizio SSA alla ricognizione del sottosuolo archeologico e allo studio dei reperti potessero

considerarsi «un modello di cooperazione tecnica ai fini del più perfetto rendimento conoscitivo delle operazioni di ricerca» (in Santoro, 1973, p. 4).

Parallelamente, a livello nazionale, l'acceso dibattito sui Beni Culturali in Italia portava all'istituzione del Ministero per i Beni Culturali e Ambientali (1974), destinato a variare più volte denominazione e competenze, ma senza modificare le sue prerogative specifiche in materia di tutela e salvaguardia del Patrimonio Culturale del Paese.

In linea con i risultati del Servizio SSA, Giuseppe Donato si fece quindi promotore della creazione dell'Istituto per le Tecnologie Applicate ai Beni Culturali (ITABC) nel 1981. L'anno seguente, i due Centri di Studio archeologici si trasformarono in veri e propri Istituti: l'Istituto per l'Archeologia Etrusco-Italica e quello per la Civiltà Fenicio-Punica (1982). Nel 1984, a Catania, nacque il Centro di Studio sull'Archeologia Greca, mentre nel 1988 vennero creati l'Istituto per la Conservazione delle Opere Monumentali a Lecce e l'Istituto Internazionale di Studi Federiciani a Potenza. Nello stesso anno, inoltre, si costituì il Comitato per la Scienza e la Tecnologia dei Beni Culturali, con compiti di coordinamento e promozione delle ricerche nel settore.

Qualche anno dopo, un'iniziativa determinante fu il Progetto Finalizzato Beni Culturali che, con un finanziamento per il quinquennio 1996-2000, si propose l'obiettivo di incentivare ricerche finalizzate a salvaguardare e valorizzare i Beni Culturali attraverso una serie di sotto-progetti e azioni specifiche di carattere fortemente innovativo (figura 1). Le varie discipline e competenze del settore umanistico e dell'ambito delle scienze sperimentali furono chiamate a collaborare su temi e obiettivi comuni, in un'ottica pienamente multidisciplinare per realizzare prodotti ad alto contenuto di innovazione tecnologica nei settori della conoscenza, conservazione e fruizione dei Beni Culturali (Progetto Finalizzato, 1997). Il progetto lanciò la rivista *Journal of Cultural Heritage*, edita dal CNR e pubblicata da Elsevier, che oggi rappresenta un punto di riferimento internazionale per la ricerca nel settore. Insieme ad altre iniziative, il Progetto Finalizzato elaborò una solida base di riflessione sul tema dell'identità culturale, anche in relazione alla definizione del 5° Programma Quadro sulla Ricerca e l'Innovazione Tecnologica dell'Unione Europea varato nel 1998 (Guarino, 1998).

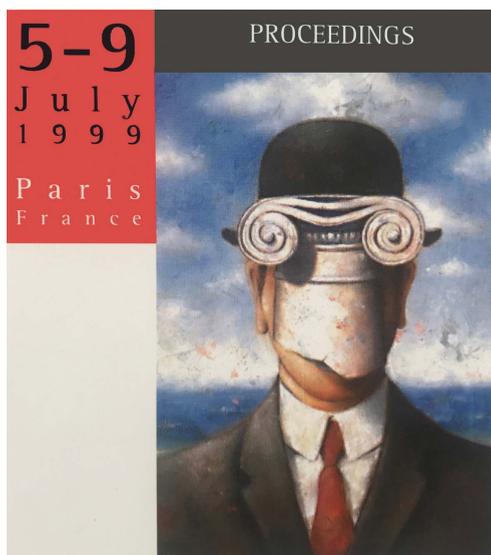


Figura 1. Il manifesto illustrativo del II Congresso internazionale organizzato nel 1999 a Parigi dal Progetto Finalizzato Beni Culturali del CNR. Dalla seconda metà degli anni Novanta il forte coinvolgimento del Consiglio Nazionale delle Ricerche nel settore del Patrimonio Culturale si concretizza in modo determinante con l'avvio del Progetto Finalizzato Beni Culturali. Con un programma quinquennale, avviato nel 1996, e con i suoi cinque sotto-progetti (Individuazione delle risorse nello spazio e nel tempo; Diagnosi dello stato di conservazione e metodologie d'intervento; Patrimonio documentale e librario; Archivio biologico ed etnoantropologico; Museologia e museografia), il progetto si proponeva la salvaguardia dei beni culturali tramite azioni innovative e interdisciplinari basate su tre obiettivi fondamentali: tutela, valorizzazione e fruizione. Nell'ambito del progetto sono stati organizzati alcuni incontri internazionali dedicati a *Science and Technology for the Safeguard of Cultural Heritage in the Mediterranean Basin*, inaugurati a Catania nel 1996 e succedutisi nel tempo con regolarità: Parigi 1999, Alcalá de Henares 2001, Il Cairo 2009, Istanbul 2011, Atene 2013. In particolare, l'incontro di Parigi del 1999, promosso in collaborazione con il CNRS e l'Università di Nanterre, prevedeva oltre 500 interventi, poi raccolti in due volumi di Atti.

Nel 2001 è stato avviato un processo di riorganizzazione degli Istituti che lavoravano sui Beni Culturali: dall'unione dei tre Centri di Studio che si occupavano delle cause di deperimento e dei metodi di conservazione delle opere d'arte è nato l'Istituto per la Conservazione e la Valorizzazione dei Beni Culturali (ICVBC); si formò inoltre l'Istituto di Studi sulle Civiltà Italiane e del Mediterraneo Antico (ISCIMA), dalla fusione dei due Istituti sulle civiltà etrusco-italiche e fenicio-puniche. Nello stesso anno vennero ancora costituiti l'Istituto di Studi sulle Civiltà dell'Egeo e del Vicino Oriente (ICEVO) e l'Istituto per i Beni Archeologici e Monumentali (IBAM), che riuniva il Centro di Studio sull'Archeologia Greca di Catania e gli Istituti di Lecce e Potenza.

Gli anni 2000 sono stati particolarmente importanti per il settore delle Scienze Umane del CNR, come dimostra la relazione di Roberto De Mattei, vicepresidente negli anni 2004-2007 (De Mattei, 2008): a seguito del D.Lgs. n.127/2003, la rete scientifica dell'Ente viene costituita dai Dipartimenti, oltre che dagli Istituti. Vengono così creati due dipartimenti nell'ambito delle Scienze Umane, il Dipartimento Identità Culturale e il Dipartimento Patrimonio Culturale (2006).

Il 2006 è anche l'anno in cui l'espressione "Heritage Science" è utilizzata per la prima volta dallo Science and Technology Committee del governo britannico per indicare ricerche multi e interdisciplinari che comprendano approcci scientifici e umanistici; la nuova denominazione sottende una diversa concezione della ricerca nel settore che verrà sempre più affermandosi negli anni successivi a livello europeo.

In quegli anni, il CNR ha continuato a distinguersi nel campo delle tecnologie per i Beni Culturali applicate nei settori della «conoscenza, comunicazione, protezione, diagnostica, restauro» (Tecnologie, 2010), mentre sono proseguite attivamente le ricerche archeologiche promosse in Italia e all'estero dall'IBAM e dai due Istituti specificamente dedicati all'archeologia, l'ISCIMA e l'ICEVO, che nel 2013 si sono fusi a costituire l'Istituto di Studi sul Mediterraneo Antico (ISMA). L'anno prima, inoltre, i due Dipartimenti di Identità Culturale e Patrimonio Culturale erano stati uniti a costituire l'attuale Dipartimento di Scienze Umane e Sociali, Patrimonio Culturale (DSU).

Il dibattito sul Patrimonio Culturale è proseguito intanto a livello nazionale ed europeo. Il MiBACT nel 2014 si è riorganizzato con l'istituzione delle Soprintendenze uniche Archeologia, Belle Arti e Paesaggio e la creazione di Poli Museali Regionali e di 18 Grandi Musei, in un'ottica che mirava a superare le specializzazioni settoriali. Nel 2016 la proposta a guida CNR (con il supporto dei ministeri MIUR, MiBAC e MISE) per la creazione di una infrastruttura europea per le scienze del patrimonio E-RIHS (European Research Infrastructure on Heritage Science) viene inclusa nella Roadmap ESFRI nel settore della Social & Cultural Innovation. E-RIHS (<http://www.e-rihs.eu>) ha la missione di sostenere l'innovazione e la competitività della ricerca per il Patrimonio Culturale fornendo libero accesso su base competitiva a: i) metodologie scientifiche d'avanguardia; ii) database fisici/digitali; iii) sistemi informatici e iv) competenze interdisciplinari di eccellenza, per l'interpretazione, la conservazione e la gestione del Patrimonio Culturale

(E-RIHS SS 2020). La creazione di una infrastruttura europea dedicata alle scienze del patrimonio con sede in Italia rappresenta una opportunità unica per il sistema nazionale della ricerca, al fine di consolidare e rafforzare la propria posizione di eccellenza nel settore, esportando internazionalmente conoscenze e metodologie scientifiche e incrementando la capacità di attrarre talenti e di acquisire risorse europee.

Nel 2018, l'Anno Europeo del Patrimonio Culturale ha determinato lo slancio necessario per dare al patrimonio una posizione centrale nell'Agenda dell'Unione Europea. In seguito alle riflessioni del 2018, emergono quattro principi che definiscono il Patrimonio Culturale europeo nella sua essenza: partecipazione, sostenibilità, protezione e innovazione. All'interno di questi quattro principi sono di interesse le azioni riferite alla condivisione del patrimonio con le comunità anche attraverso la digitalizzazione, al ruolo del patrimonio per sostenere lo sviluppo sostenibile e l'innovazione attraverso ricerche in ambito delle scienze del patrimonio. Questa linea strategica emerge nella struttura del nuovo programma quadro dell'UE, Horizon Europe (2021-2027), che, all'interno del Cluster 2 (Culture, Creativity and Inclusive Society) del Pillar 2 (Global Challenges and European Industrial Competitiveness) prevede un settore specificamente dedicato al Cultural Heritage.

Nel 2019, l'Ente non solo ha riconosciuto il valore strategico del settore Patrimonio Culturale, ma ne ha colto l'evoluzione verso l'interdisciplinarietà ossia verso l'integrazione e la sintesi di informazioni, dati, tecniche, strumenti, prospettive e concetti, propri di differenti campi del sapere per affrontare problemi le cui soluzioni vanno oltre la portata di un insieme giustapposto di discipline. La transizione verso una visione olistica ed un approccio inclusivo e interdisciplinare è attuata con la creazione del nuovo Istituto di Scienze del Patrimonio Culturale (ISPC) promossa dal Dipartimento di Scienze Umane e Sociali, Patrimonio Culturale.

La costituzione dell'Istituto di Scienze del Patrimonio Culturale deriva dalla riorganizzazione degli istituti IBAM (Istituto per i Beni Archeologici e Monumentali), ICVBC (Istituto per la Conservazione e Valorizzazione dei Beni Culturali), ISMA (Istituto di Studi sul Mediterraneo Antico) e ITABC (Istituto per le Tecnologie Applicate ai Beni Culturali). Valorizzando le risorse umane, strumentali e progettuali dei quattro istituti coinvolti nella riorganizzazione, l'ISPC ha la missione di favorire l'integrazione bilanciata

di principi teorici, metodologie sperimentali, risorse tecniche e norme delle scienze umane e sociali e di quelle naturali e formali per sviluppare ricerche rigorose e rilevanti e contribuire in modo innovativo alla conoscenza, salvaguardia e comunicazione del Patrimonio Culturale.

Il nuovo Istituto opera concretamente nella e per la società della conoscenza, che basa crescita e competitività sul sapere, sulla ricerca e sull'innovazione. Per avviare nuovi processi di produzione e trasferimento della conoscenza quale risorsa culturale e sociale, si è dunque investito in un'analisi che permettesse di evidenziare e classificare competenze specifiche e sviluppare reti di relazioni nazionali e internazionali basate sull'interconnessione pluridisciplinare.

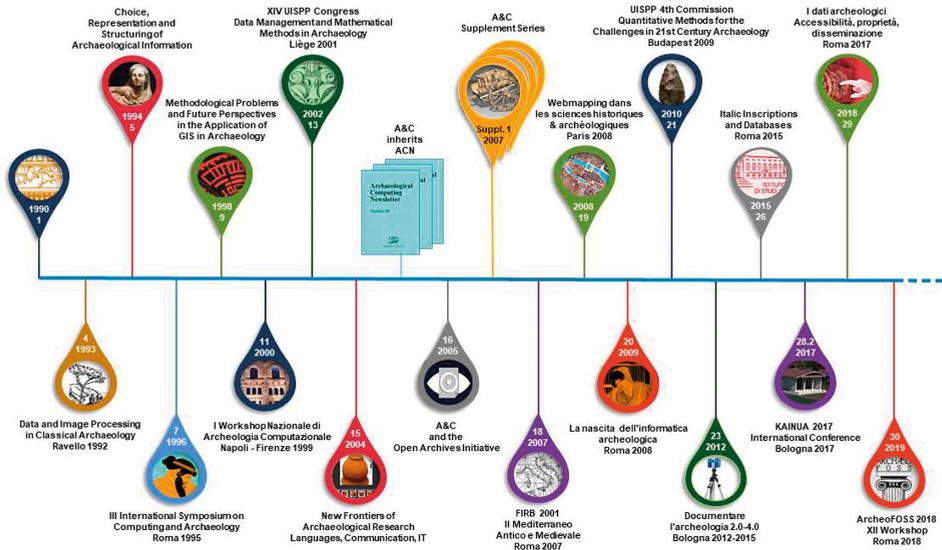
3.2 - Un metodo di analisi delle competenze: classificazione, tipologie, tassonomie

La classificazione di un settore disciplinare è sempre un compito arduo, perché implica un'operazione intellettuale che dà vita a categorizzazioni che possono raggiungere diversi livelli di generalità. Classificare un settore della ricerca interdisciplinare, come quello del Patrimonio Culturale, è un compito ancor più arduo, perché richiede di superare le singole specializzazioni per giungere a descrivere in modo sistematico e a raggruppare le varianti riscontrabili in unità disciplinari chiaramente differenziate e riconducibili a tre aree distinte del sapere: umanistica, scientifica e tecnologica.

Per classificare le competenze dell'ISPC e per valorizzare il contributo del CNR attraverso uno studio comparativo con i principali attori della ricerca italiana e internazionale, è stato avviato un progetto di analisi di un corpus di grandi dimensioni di dati testuali, estratti dalle attività di ricerca e progettuali, con un metodo *top-down*, cioè procedendo dal caso generale al caso particolare. Lo studio è stato condotto dalla società europea di consulenza e ricerca SIRIS Academic, in collaborazione con un team interdisciplinare di ricercatori dell'ISPC. SIRIS è impegnata da alcuni anni nello sviluppo del concetto di "intelligenza collettiva" (Levy, 1994) nel campo dell'istruzione superiore, della ricerca e dell'innovazione, il cui studio richiede un metodo fortemente interdisciplinare. Con questo obiettivo, la società ha collaborato

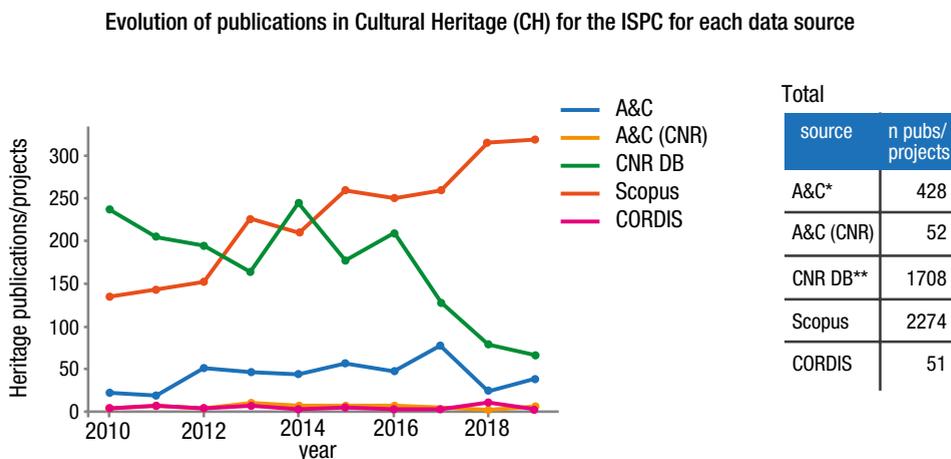
con numerose università, centri di ricerca, enti governativi e agenzie per la valutazione della qualità della ricerca. L'analisi si è sviluppata su due piani distinti, tra loro strettamente interrelati: individuare le competenze di settore all'interno del CNR e quindi passare a un'analisi più approfondita della realtà dell'ISPC. Le fasi della ricerca hanno previsto una serie di tappe successive, che si sono avviate con l'identificazione e l'estrazione dei progetti e dei prodotti della ricerca del CNR, in un intervallo compreso tra il 2010 e il 2019 inclusi. Quali fonti dei dati sono stati scelti: il database citazionale Scopus per le pubblicazioni; il Servizio Comunitario di Informazione in materia di Ricerca e Sviluppo CORDIS per i progetti finanziati nell'ambito dei programmi quadro dell'Unione Europea (FP7 e H2020); infine, il database dei progetti del programma Creative Europe, tutti disponibili in formato open.

Per quanto concerne l'ISPC, poiché l'Istituto è significativamente caratterizzato da settori della ricerca non bibliometrici con prodotti spesso non indicizzati nei database internazionali (ad es. Scopus), sono stati aggiunti i dati presenti in People, la piattaforma CNR che ospita l'archivio istituzionale dei prodotti della ricerca e che è una delle componenti fondamentali del sistema informativo dell'Ente. Questi dati sono stati integrati con le informazioni relative alle risorse elettroniche contenute nel *repository* della rivista *open access Archeologia e Calcolatori* (figura 2), che nel corso della sua attività editoriale trentennale ha operato una classificazione degli articoli pubblicati utilizzando una duplice tassonomia: la tipologia delle applicazioni informatiche e i settori della ricerca archeologica maggiormente coinvolti nell'applicazione dei metodi informatici (cfr. § 4). Il metodo utilizzato in questo caso, partendo dalla conoscenza di aspetti specifici da parte di esperti del settore, si è dimostrato utile per il confronto con l'approccio della presente ricerca.



«ARCHEOLOGIA E CALCOLATORI» 30th ANNIVERSARY. TIMELINE OF MAJOR EVENTS

Figura 2. La linea del tempo con indicati i principali avvenimenti che hanno segnato l'attività editoriale di *Archeologia e Calcolatori* tra il 1990 e il 2019 (<http://www.archcalc.cnr.it/pages/anniversary30.php>). Il numero 30 della rivista *Archeologia e Calcolatori* ha costituito l'occasione per un bilancio complessivo. Alcuni dati quantitativi sono indicativi: il repository della rivista contiene più di 1100 risorse digitali, pari ad altrettanti articoli pubblicati nella rivista e nei supplementi, per un totale di oltre 15.000 pagine. Gli autori sono più di 1300 e provengono da quasi tutte le nazioni europee e dai continenti extraeuropei, anche grazie alla scelta del multilinguismo come fonte di arricchimento identitario. La pubblicazione di numeri tematici e di oltre 20 convegni internazionali completa il quadro editoriale. Nel 2021 è stata anche avviata, all'interno della collana *Futuro Anteriore* pubblicata dalle Edizioni del Giuglio di Firenze, una nuova serie editoriale dal titolo *30 anni di informatica archeologica*. Il primo volume, disponibile anche in accesso aperto nella homepage del sito web della rivista (<http://www.archcalc.cnr.it/assets/FA-4-ebook-v3.pdf>), è dedicato all'esame critico della *Bibliografia di informatica archeologica* pubblicata nei primi dieci numeri della rivista. Un'analisi retrospettiva, ma anche prospettica, ha costituito lo spunto per descrivere il panorama culturale internazionale degli anni Novanta, collegandolo alle conquiste dei decenni precedenti e alle sfide degli anni a seguire.



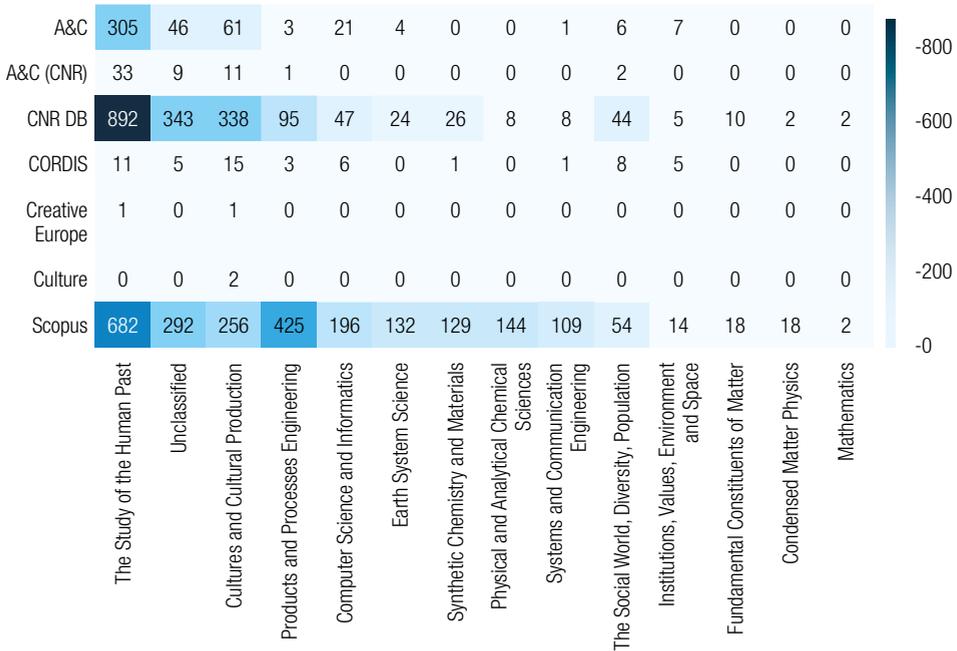
* The results of Archaeology and Computing (A&C) refer to all publications, not only to CNR publications.

** Only publications produced by ISPC have been extracted from the CNR DB - People.

Alla fase di raccolta dei dati e di identificazione delle affiliazioni degli autori ai singoli istituti CNR è seguita una necessaria operazione preliminare di disambiguazione all'interno del complesso dei testi degli abstract delle pubblicazioni (oltre 108.000 prodotti, dei quali 2600 presenti in People e non in Scopus) e delle descrizioni dei progetti (1235) – scritti direttamente in inglese o tradotti in lingua inglese – per individuare quelli relativi al dominio specifico dei Beni Culturali. È stato così definito un vocabolario controllato di concetti e termini di riferimento, costruito avvalendosi anche di risorse preesistenti, come il ben noto Art & Architecture Thesaurus (AAT) del Getty Research Institute e la classificazione elaborata nell'ambito del progetto RICHES (Renewal, Innovation & Change: Heritage and European Society) per delineare concettualmente il settore delle tecnologie digitali applicate al Patrimonio Culturale.

La percentuale di pubblicazioni CNR riferibili all'ambito Beni Culturali rispetto al totale risulta in costante aumento nell'arco temporale analizzato, attestandosi a ca. il 3% di tutta la produzione scientifica nel 2019 (database Scopus). Il corpus testuale, validato anche attraverso il confronto con set di dati tratti da alcune riviste di settore, è stato quindi ripartito in 13 delle aree strategiche (*panel*) definite dallo European Research Council, di cui 4 individuate tra le Scienze Sociali e Umane (SH3, 5, 6) e 9 tra le Scienze Fisiche

e Ingegneria (PE1-8, PE10), e indicate da Gilberto Corbellini come le più rappresentative del settore dell’Heritage Science (Corbellini, 2018). Nel loro complesso, queste aree descrivono le attività di ricerca orientate ad affinare la conoscenza e la cura del Patrimonio Culturale anche attraverso azioni di salvaguardia e di valorizzazione all’interno di una società sempre più consapevole del ruolo centrale della ricerca quale volano anche per l’economia. Di questi *panel* il più rappresentato è sicuramente “The Study of the Human Past” (SH6), cui seguono, con meno della metà dei casi, “Cultures and Cultural Production” (SH5) e “Products and Processes Engineering” (PE8) e, ancor più distanziati, “Computer Science and Informatics” (PE6), “Synthetic Chemistry and Materials” (PE5), “Earth System Science” (PE10).



Di particolare interesse per i suoi risvolti euristici è stata infine la fase della ricerca dedicata all’analisi dei contenuti e all’individuazione degli argomenti più rilevanti trattati nelle pubblicazioni (*topic modelling*). A tal fine, si è utilizzato un metodo computazionale di *text mining*, che consente di approfondire la conoscenza su un determinato dominio attraverso l’applicazione di tecniche di *information retrieval*, di elaborazione del linguaggio naturale e di analisi statistica (Gambosi, Lancia, 2013). Questo metodo si applica a testi non strutturati e consente di individuare su base statistico-pro-

babilistica dei *cluster* lessicali (*topic*) co-occorrenti che caratterizzano una collezione di documenti e di analizzarne la distribuzione.

In questa fase diventa fondamentale l'intervento degli esperti di settore: i metodi di apprendimento automatico non supervisionato, che consentono di determinare l'appartenenza o meno di un dato documento a uno specifico argomento (raggruppamento tematico) e di dare un'organizzazione alle informazioni, sono usati soprattutto in fase esplorativa, quando si vuol far emergere dai dati alcune strutture altrimenti non facilmente individuabili e porre in evidenza associazioni tra argomenti apparentemente separati, ma che presentano una terminologia comune. La riclassificazione e l'organizzazione dei risultati di questa procedura, anche in vista di proporre interpretazioni ed effettuare previsioni, sono compito dei ricercatori, che devono individuare un modello o un'ipotesi critica che orientino e regolino l'indagine. Questo lavoro di squadra ha portato alla definizione dei seguenti 17 *topic* emergenti:

- Archaeological Research and Methods
- Conservation, Monitoring and Preventive Solutions
- Creative Industry
- Dating Techniques
- Digital Libraries and Semantic Web
- Digital Technologies and Applications for Museum
- Epigraphy, Numismatics and Text Studies
- Geophysics, Digital Mapping and GIS
- Management of Historic Monuments
- Material Characterization Techniques
- Paleoenvironment, Palaeoecology and Landscape
- Photogrammetry, Image Processing and Digital Reconstruction
- Population Dynamics, Cultural Evolution and Genetics
- Remote Sensing
- Risk and Hazard Evaluation and Management
- Thermography, Ultrasonic, and other Electromagnetic Techniques
- Urban, Local and Tourism Development

L'analisi dei risultati, come dalle premesse dell'indagine, si è sviluppata su due piani paralleli e si è potuta giovare della possibilità di armonizzare diversi tipi di risorse disponibili sotto forma di prodotti della ricerca, cioè sia le pubblicazioni scientifiche sia i testi dei progetti di ricerca, per ana-

lizzare quegli aspetti di interdisciplinarietà, competenza, competitività che sono stati individuati dal DSU come gli assi portanti del settore delle scienze del Patrimonio Culturale.

Per quanto riguarda il ruolo del CNR in ambito nazionale, l'Ente si conferma come l'attore principale per quanto riguarda le pubblicazioni e i progetti europei del settore dei Beni Culturali. Sempre rispetto al territorio nazionale, emerge con evidenza il *topic* "Archaeological Research and Methods" seguito da "Conservation, Monitoring and Preventive Solutions", mentre all'interno del CNR i tre *topic* più frequenti sono "Material Characterization Techniques", al primo posto, e i due suddetti a seguire, tutti caratterizzati da un incremento esponenziale nel corso del decennio analizzato. In ambito europeo, il CNR è sicuramente al passo con il CNRS e il CSIC e risulta particolarmente competitivo di nuovo nel settore archeologico e in "Digital Libraries and Semantic Web", "Digital Technologies and Applications for Museum" e "Creative Industry".

L'ISPC, valutato come somma degli istituti in esso inseriti, rappresenta trasversalmente tutti i campi di ricerca individuati attraverso i *topic*. A livello italiano, è tra le prime 10 istituzioni per numero di pubblicazioni e per partecipazione a progetti europei e il suo contributo scientifico è particolarmente rilevante nelle seguenti tematiche: "Archaeological Research and Methods", "Remote Sensing", "Conservation, Monitoring and Preventive Solutions", "Digital Technologies and Applications for Museum".

Ora lo studio deve essere approfondito seguendo singoli percorsi di ricerca per verificare se quanto ottenuto dall'analisi automatica e dall'attenta revisione di un comitato di esperti sia sufficiente a descrivere i singoli apporti disciplinari. L'equilibrio va trovato in una via intermedia tra la moltiplicazione delle tematiche di ricerca, che causa una frammentazione piuttosto che un'interazione dei saperi, e una visione globale che mira a uniformarli sulla spinta di indirizzi tecnologici che propongono basi metodologiche comuni con l'obiettivo di predisporre contenuti digitali, attivare procedure per archiviare e gestire depositi di dati, e generare infrastrutture di ricerca per rendere accessibili strumenti scientifici insieme a conoscenze innovative.

3.4 - L'informatica per la ricerca archeologica

Nell'attuale visione olistica del Patrimonio Culturale, l'archeologia svolge un ruolo trainante «per la sua naturale propensione alla globalità e alla complessità», laddove «la globalità va intesa anche come un ulteriore sviluppo della stessa interdisciplinarietà, che è ormai parte del bagaglio metodologico degli specialisti dei beni culturali» (Volpe, 2015, p.33, 36). Nell'analisi delle competenze dell'ISPC, in cui l'archeologia occupa un ruolo fondamentale, in un continuo dialogo con le altre discipline, particolare attenzione va rivolta al tema dei metodi della ricerca archeologica, anche per il rilievo quantitativo e qualitativo delle pubblicazioni ad esso dedicate. Al fine di approfondire questo risultato e offrirne una lettura critica, ci siamo soffermati sulle applicazioni informatiche – un settore della ricerca che oggi viene in genere definito “archeologia digitale” – sia per la capacità di integrazione e la dinamicità che contraddistinguono i metodi e gli strumenti dell'informatica sia perché il campione dei dati, quantitativamente significativo, era già qualitativamente strutturato grazie all'esperienza classificatoria trentennale maturata dalla rivista *Archeologia e Calcolatori*.

L'informatica archeologica abbraccia quel settore della ricerca che utilizza metodi e tecniche dell'informatica per acquisire, elaborare e trasmettere i dati sull'antico. Nelle ricerche sul campo, nell'analisi dei dati in laboratorio, nella gestione, valorizzazione e diffusione del patrimonio l'informatica garantisce la possibilità di usare strumenti di supporto sofisticati e aggiornati idonei alla ricostruzione e divulgazione scientifica delle testimonianze del passato.

In ambito CNR una linea di ricerca dedicata a questo ambito di studi si è aperta già negli anni Ottanta, grazie alla lungimiranza di Mauro Cristofani, allora direttore dell'Istituto per l'Archeologia Etrusco-Italica. Tale settore si è poi rapidamente consolidato e oggi rivolge il suo sguardo attento ai prodotti più innovativi, con l'obiettivo di analizzare gli aspetti originali connessi con l'interazione fra metodologie informatiche e studi archeologici, anche sotto il profilo della storia degli studi. Alla ricostruzione storica della disciplina è dedicato specificatamente il progetto del Virtual Museum of Archaeological Computing (<http://archaeologicalcomputing.lincoln.it/>), realizzato d'intesa tra il CNR e l'Accademia Nazionale dei Lincei. Si tratta di un museo virtuale consultabile in rete che ha l'obiettivo di proporre, attraverso

media differenti, un panorama degli studi a partire dagli anni Cinquanta del Novecento fino agli sviluppi attuali: schede dedicate a istituzioni, protagonisti e progetti si accompagnano a risorse aperte e ad itinerari multimediali, per evidenziare le tappe fondamentali dell'informatica archeologica e approfondire alcuni aspetti particolarmente significativi della materia (Moscato e Orlandi, 2019).

Dall'inizio degli anni Novanta, inoltre, l'informatica archeologica ha trovato un suo spazio editoriale specifico nella rivista internazionale *open access Archeologia e Calcolatori* (A&C, <http://www.archcalc.cnr.it/>; Moscato, 2019), che si pone come osservatorio attento sugli aspetti teorici e metodologici della disciplina per offrire un monitoraggio aggiornato di tendenze e sviluppi nei diversi settori applicativi. La trasversalità della disciplina che tocca per sua natura ambiti di ricerca tra loro diversi, integrando sapere scientifico e umanistico, ha fatto sì che negli anni la rivista abbia unito le esperienze di studiosi di molteplici settori. Sono confluiti nelle sue pagine anche lavori di esponenti degli istituti CNR legati a diverso titolo ai Beni Culturali, che oggi sono parte del nuovo ISPC. Ma non solo. La rivista ha coinvolto infatti anche ricercatori di affiliazione diversa (ad es. dall'Istituto di Scienza e Tecnologie dell'Informazione o da quello di Scienze e Tecnologie della Cognizione) a riprova che la multidisciplinarietà è uno degli aspetti più attrattivi di questo ambito di studi.

Il *repository* digitale della rivista conta oggi oltre 1100 record tra numeri annuali e Supplementi. Per facilitare ricerche mirate tra i tanti testi della rivista editi digitalmente e offrire una sintesi dei settori della ricerca archeologica più direttamente coinvolti nell'uso degli strumenti informatici, nonché evidenziare le applicazioni più diffuse, delineandone lo sviluppo e controllandone la presenza, tutti gli articoli editi sono stati classificati secondo una doppia tassonomia di parole chiave: una prima relativa alla "tipologia informatica", concernente quindi i metodi di trattamento informatico dei dati, e l'altra relativa all'"ambito disciplinare", riguardante dunque i settori della ricerca archeologica toccati dall'informatica.

Per la tipologia informatica le classi scelte sono: 1) History of applications and research projects; 2) Data encoding and metadata; 3) Database; 4) GIS and cartography; 5) Computer graphics, Image processing, CAD; 6) Multimedia and web tools; 7) Remote Sensing; 8) Simulation and Artificial Intelligence; 9) Statistics; 10) Virtual Reality and 3D modelling. Nella clas-

sificazione relativa ai settori dell'indagine archeologica sono rappresentate invece le tematiche: 1) Archaeometry; 2) Classification of archaeological finds; 3) Cultural Resource Management; 4) Data dissemination and education; 5) Conservation and restoration; 6) Epigraphy and numismatics; 7) Survey and excavations; 8) Geoarchaeology; 9) Theoretical and methodological problems (Caravale, 2020; Caravale e Moscati, 2021).

Tale classificazione è stata verificata nel corso degli anni per valutare la corrispondenza delle scelte effettuate con il naturale evolversi della disciplina. È stata infatti più recentemente inserita una voce specifica dedicata alla Realtà Virtuale, che fino all'inizio degli anni Duemila era inglobata tra le applicazioni di image processing e di grafica computerizzata, ma che oggi ha assunto un ruolo di tale ampiezza che necessita di un suo spazio adeguato; all'interno della voce "codifica dei dati" è stata inoltre aggiunta la specifica voce "metadati", i descrittori del contenuto delle risorse elettroniche, fondamentali per la loro identificazione, visibilità e diffusione in rete, oggi più che mai necessari per il dialogo tra archivi digitali di diversa origine.

Dai dati di sintesi che emergono dai record degli articoli editi nell'ultimo decennio si rileva, per quanto riguarda le classi della tipologia informatica, un netto prevalere delle tematiche legate alla cartografia numerica e ai sistemi GIS, sistemi ampiamente impiegati in ambito archeologico, per la loro capacità di archiviare, gestire ed elaborare grossi quantitativi di informazioni e dati di tipo diverso, legati prevalentemente alla ricerca sul campo. Rilevante anche lo spazio che conosce la valorizzazione del dato visuale attraverso l'uso delle tecniche 3D e della realtà virtuale: tecniche che sono entrate ormai a far parte abituale di allestimenti museali e mostre con soluzioni che attirano il visitatore anche non esperto, permettendogli di vivere esperienze sensoriali coinvolgenti e che hanno aperto nuove strade di trasmissione del sapere rivolte ad un pubblico ampio di utenti interessati. Nuove forme di trasferimento della conoscenza sono anche quelle rese possibili attraverso le risorse elettroniche per l'archeologia, altro settore che appare decisamente in crescita con un alto numero di attestazioni tra i testi della rivista.

L'ambito della ricerca archeologica più coinvolto dall'uso degli strumenti informatici risulta quello dedicato alla ricerca sul campo: un dato questo che corrisponde certamente all'alto numero di attestazioni associate all'uso dei Sistemi Informativi Geografici, di cui sopra si è detto. Ben rappresen-

tato è anche il settore relativo alla gestione del patrimonio archeologico e storico-artistico, nelle sue diverse forme legate alla tutela, valorizzazione e diffusione: un ambito che negli anni più recenti è riuscito a sperimentare tante soluzioni innovative supportate da un uso massiccio delle tecnologie informatiche che hanno aperto anche nuove forme di Archeologia pubblica nel suo rapporto con la società e le comunità locali. Forte anche la presenza del settore della diffusione delle informazioni e della didattica, certamente associato all'incremento di progetti relativi alle risorse digitali per l'archeologia.

I dati di A&C tracciano dunque in qualche modo la direzione in cui si muove l'archeologia digitale degli ultimi anni: una archeologia che rimane fortemente ancorata al suo ambito di ricerca tradizionale dello scavo e delle altre attività sul campo, ma che tramite le tecnologie si apre con decisione verso altri settori fortemente radicati nel presente, rinnovando se stessa, sperimentando e producendo nuove forme di riflessione, fruizione e dialogo con un'utenza multilivello.

Il lavoro di analisi delle competenze nell'Heritage Science (cfr. § 3) ha tenuto conto anche degli articoli di A&C, prendendo in esame circa 500 contributi redatti anche da ricercatori CNR e pubblicati tra il 2010 e il 2019. Sulla base dei risultati raggiunti, è interessante verificare come i settori più specifici rilevati nella classificazione operata per la rivista si siano rapportati al più ampio settore del Patrimonio Culturale. Dall'analisi dei dati il primo elemento che emerge con chiarezza è che la specificità di vari aspetti della ricerca archeologica si vada affievolendo, essendo i record confluiti in gran parte in *topic* più ampi e generici, che inglobano metodi entrati ormai stabilmente a far parte dell'indagine. Prevalente è innanzitutto quello relativo ad "Archaeological Research and Methods", a cui seguono i due riguardanti "Digital Libraries and Semantic Web" e "Paleoenvironment, Palaeoecology and Landscape".

La prevalenza netta delle ricerche sul campo che emergeva dalla classificazione di A&C risulta certamente meno evidente essendo la voce distribuita tra *topic* diversi: oltre i due ultimi sopra indicati anche tra quelli relativi a "Geophysics, Digital Mapping and GIS", "Photogrammetry, Image Processing and Digital Reconstruction" e "Remote Sensing" (figure 3-4). Se l'aspetto tecnico-scientifico della ricerca emerge dunque con chiarezza, quello più tradizionale e più strettamente umanistico lo è certamente di

meno, essendo valorizzato in uno solo dei *topic* presenti, quello concernente “Epigraphy, Numismatics and Text Studies”, discretamente rappresentato al pari degli aspetti connessi con la divulgazione dei dati confluiti nei *topic* “Creative Industry” “Digital Technologies and Applications for Museum” e “Urban, Tourism and Local Development”.



Figura 3. Immagine satellitare pancromatica del 2005 in cui compare l'area urbana di Hierapolis di Frigia (Turchia) e il territorio circostante (https://www.ispc.cnr.it/it_it/2021/05/14/archaeological-mapping-lab/). L'immagine di Hierapolis di Frigia, in cui la MAIER (Missione Archeologica Italiana a Hierapolis) opera da più di sessant'anni, ben sintetizza l'intensa attività di ricerca promossa dal CNR nel campo dell'"aerotopografia archeologica" e delle applicazioni di telerilevamento da satellite ad alta risoluzione allo scopo di individuare, documentare e monitorare siti e aree di interesse archeologico, soprattutto in mancanza di riprese aeree e di adeguati supporti cartografici. Nel caso di Hierapolis di Frigia, di cui oggi possediamo un completo Atlante cartografico, le immagini pancromatiche e multi-spettrali riprese dal satellite QuickBird hanno permesso di individuare anomalie di superficie e tracce legate ad antiche strutture sepolte o a elementi paleoambientali. Inoltre, le riprese telerilevate sono state utilizzate per realizzare modelli 3D e per visualizzare e documentare a visitatori virtuali aree archeologiche fisicamente non accessibili. A tal fine sono state sviluppate metodologie di image processing finalizzate a migliorare l'identificazione delle tracce e delle anomalie archeologiche attraverso l'enfaticizzazione della risposta spettrale delle immagini satellitari: algoritmi di data fusion, di data enhancement e di edge detection.

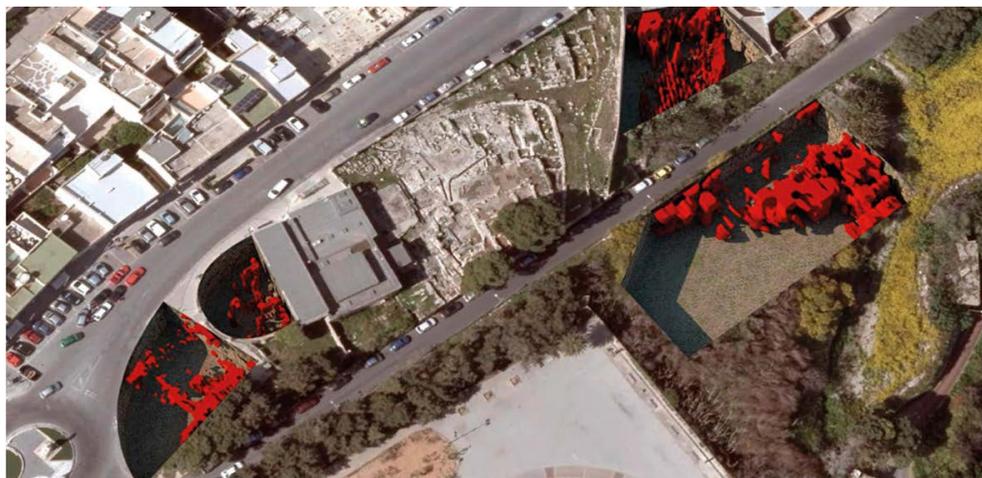


Figura 4. Rabat (Malta): rappresentazione 3D delle anomalie georadar inserite in uno scavo virtuale nell'area della domus romana (https://www.ispc.cnr.it/it_it/2021/02/16/laboratorio-di-geofisica/). Le ricerche geofisiche, che hanno a lungo caratterizzato la storia delle tecnologie applicate ai Beni Culturali, seguono oggi un percorso conoscitivo inteso a collocare le testimonianze nello spazio e nel tempo, privilegiando metodi non distruttivi e strumenti tecnologicamente avanzati grazie alle prestazioni dei sensori e di altri dispositivi atti a migliorare la qualità dei dati acquisiti. L'intervento dell'informatica risulta indispensabile, sia nella fase di acquisizione dei dati sul campo sia per le successive fasi di postelaborazione e restituzione tridimensionale dei dati acquisiti. Negli ultimi decenni, l'affermarsi del GPR (Ground Penetrating Radar) tra i sistemi d'indagine del sottosuolo ha consentito di ottenere risultati di particolare rilevanza per la determinazione della stratigrafia del terreno, l'individuazione di cavità naturali e artificiali e la ricostruzione tridimensionale delle strutture. Il GPR permette d'individuare discontinuità geometriche ed elettriche nel sottosuolo, offrendo una ricostruzione dettagliata degli spessori di terreno investigato. Per queste caratteristiche, è oggi una delle più diffuse metodologie per la prospezione geofisica dei primi metri di sottosuolo nella ricerca di strutture di origine antropica di interesse archeologico.

Le classificazioni dei saperi possono aiutare a generare informazioni che stimolino la produzione di prospettive di ricerca in linea con i cambiamenti della società. Nello scenario più generale legato all'Heritage Science, è importante che vengano valorizzate anche specifiche settorialità, soprattutto se supportate da una forte tradizione di studi e ricerche, nell'ambito di un processo innovativo di crescita e sviluppo capace di coniugare ricerca, tutela, diffusione scientifica e rapporto con la società.

Riferimenti bibliografici

- Caravale, A. 2020. Principi Fair ed editoria elettronica. L'archeologia open di "Archeologia e Calcolatori", in F.R. Cerami, M.L. Scaduto, A. De Tommasi (eds.), *I bacini culturali e la progettazione sociale orientata all'heritage-making, tra politiche giovanili, innovazione sociale, diversità culturale*, Edizioni All'Insegna del Giglio, Firenze, 209-220.
- Caravale, A. e Moscati, P. 2021. *La bibliografia di informatica archeologica nella cultura digitale degli anni Novanta*, Edizioni All'Insegna del Giglio, Firenze <https://www.insegnadelgiglio.it/wp-content/uploads/2021/09/FA-4-ebook-v3.pdf>.
- Corbellini, G. 2018. *Heritage Science at the Consiglio Nazionale delle Ricerche*, <https://www.slideshare.net/E-RIHS/gilberto-corbellini-cnr>.
- De Mattei, R. 2008. *Il CNR e le Scienze umane, Una strategia di rilancio. Attività della Vice Presidenza 2004-2007*, CNR, Roma.
- Donato, G. (senza data). *Note e interventi sulle Scienze Sussidiarie dell'Archeologia*, CNR, Roma.
- Donato, G. 1969. *Scienze sussidiarie dell'archeologia*, Quaderni de "La ricerca scientifica", 60, CNR, Roma.
- Franceschini, F. (a cura di) 1967. *Per la salvezza dei Beni Culturali in Italia. Atti e documenti della Commissione d'indagine per la tutela e la valorizzazione del patrimonio storico, archeologico, artistico e del paesaggio*, I, Casa editrice Colombo, Roma.
- Gambosi G. e Lancia, M. 2013. *Data Mining e Text Mining*, in R. Guarasci (ed.), *Documenti digitali*, 285-329 http://www.labdoc.it/wp-content/corsi/guarasci/sc_inf/Documenti%20Digitali.pdf, Milano 2013, ITER.
- Guarino, A. 1998. *L'Europa dei Beni Culturali*, in *Conferenza annuale della Ricerca* (Roma, 21-25 ottobre 1996), Atti dei Convegni Lincei 137, Accademia Nazionale del Lincei, CNR, Roma, 525-529.
- Levy, P. 1994. *L'Intelligence collective. Pour une anthropologie du cyberspace*, Paris, La Découverte.

- Moscato, P. (ed.) 2019. 30 anni di Archeologia e Calcolatori. Tra memoria e progettualità. *Archeologia e Calcolatori*, 30, 9-138.
- Moscato, P. e Orlandi, T. (eds.) 2019. Il Museo virtuale dell'informatica archeologica. Una collaborazione tra l'Accademia Nazionale dei Lincei e il Consiglio Nazionale delle Ricerche. Atti della "Segnatura" (Roma 2017). *Rendiconti della Classe di Scienze morali, storiche e filologiche dell'Accademia Nazionale dei Lincei*, 30, 39-156.
- Notiziario, 1971. Commissione Scienze sussidiarie dell'Archeologia, *Notiziario I*, CNR, Roma, febbraio.
- Progetto Finalizzato 1997. *Progetto Finalizzato Beni Culturali, Consiglio Nazionale delle Ricerche 1996-2000*, CNR, Roma.
- Santoro, P. (a cura di) 1973. *Civiltà arcaica dei Sabini. Le scoperte della necropoli di Colle del Forno, Catalogo della Mostra (maggio-luglio 1973)*, CNR, Roma.
- Simili, R. e Paoloni, G. 2001. *Per una storia del Consiglio Nazionale delle Ricerche*, Laterza, Roma-Bari, vol. 1-2.
- Tecnologie, 2010. *Le tecnologie del CNR per i Beni Culturali*, CNR, Roma.
- Volpe, G., 2015. *Patrimonio al futuro. Un manifesto per i Beni Culturali*, Electa, Milano.
- Zoppi, S., 2001. Il Comitato per le Scienze Storiche, Filosofiche e Filologiche, in Simili e Paoloni 2001, 525-531.