

Convenzione Quadro ENEA-INFN

Ricognizione sulle collaborazioni in atto nell'ambito specifico delle “Tecnologie per i Beni Culturali”



Referenti:

INFN (Francesco Taccetti)

ENEA (Roberta Fantoni)

Premessa

Nell'ambito delle attività promosse dal Comitato d'indirizzo della Convenzione Quadro tra ENEA ed INFN è stata effettuata una prima ricognizione delle collaborazioni in atto tra i due enti con l'obiettivo di individuare le opportunità di potenziamento della collaborazione stessa.

All'interno della collaborazione, sono stati individuati i seguenti ambiti specifici:

- Acceleratori
- Aerospazio
- Ambiente
- Applicazioni mediche
- Beni culturali
- Calcolo ad alte prestazioni, Big Data, intelligenza artificiale, ecc.
- Economia della conoscenza
- Fisica ambientale
- Fissione
- Fusione
- Sorveglianza e gestione rifiuti radioattivi, ispezioni, ecc.
- Tecniche sperimentali innovative

Per ciascuno di essi, sono stati designati un referente per ENEA e uno per INFN. Ad essi è stato assegnato il compito di raccogliere le collaborazioni in atto e presentarle in forma organica durante la giornata di lavoro prevista per il 2/12/2020.

Il presente rapporto presenta il risultato di tale ricognizione nell'ambito specifico delle “**Tecnologie per i Beni Culturali**”. Le collaborazioni censite sono riportate nella Tabella 1.

Le tematiche di riferimento identificate nell'ambito delle Tecnologie per i Beni Culturali sono distinte grossolanamente per oggetto (disseminazione/sviluppo di strumentazione) e scala (internazionale/regionale). Fra le tematiche ne va inserita anche una specifica per l'ICT, che fornisce piattaforme di fruizione per i BC.

Nel seguito, per ciascuna tematica censita, è riportata una breve descrizione (corredata della lista dei risultati congiunti), che sintetizza quanto riferito da rispettivi referenti specifici per le attività considerate nei due Enti, che sull'argomento sono da considerare iniziate anche con atti formali alla fine del 2015.

In calce al rapporto sono discusse le modalità di collaborazione instauratesi ed elencate le proposte congiunte, ancora in corso di valutazione, che mirano a consolidare la collaborazione su progetti finanziati.

Tematica N 1

Attività di beni culturali congiunte (progetti, internazionalizzazione, terza missione, etc)

Le attività su questa linea sono partite per prime in corrispondenza dell'ingresso dell'ENEA nella rete di proponenti della nuova infrastruttura di ricerca delocalizzata E-RIHS (European Research Infrastructure on Heritage Science) a coordinamento CNR, e delle prime ipotesi di aggregazione di nodi nazionali e locali.

➤ La prime attività congiunte di disseminazione a livello internazionale si sono svolte nell'ambito di Workshop promossi dal network europeo IPERION CH (in particolare dalla rete INFN CHNet) per valorizzare la proposta E-RIHS:

1. Roberta Fantoni (ENEA) - partecipazione agli incontri di amicizia Italia-America Latina: “Science and Innovation for the study and conservation of works of art” (Buenos Aires 1.12.2015, Rio de Janeiro 5.12.2015), con presentazione a Buenos Aires della relazione “Applications of ionizing and non-ionizing and enabling technologies to Cultural Heritage” centrata sulle finalità del progetto Regionale ENEA COBRA (v. T2). Francesco Taccetti nell'ambito dell'evento presentò “The network of the Italian National Institute of Nuclear Physics for cultural heritage” a Rio de Janeiro.
2. Franca Persia (ENEA) - partecipazione all'evento internazionale “Studio, conservazione e restauro del patrimonio culturale e archeologico: tecnologie e infrastrutture di ricerca per la Scienza del Patrimonio Culturale” / “Estudio, conservación y restauración del patrimonio cultural y arqueológico: tecnologías e infraestructuras para la investigación en Ciencia del Patrimonio” Organizado en el marco del “Año de Italia en América Latina” (AIAL) por: Consejo Nacional de Investigación de Italia (CNR) Ministero degli Affari Esteri e della Cooperazione Internazionale (MAECI) Embajada de Italia en México Instituto Italiano de Cultura en México (IIC) 2-3/02/2016.
3. Roberta Fantoni (ENEA) – partecipazione, con la presentazione intitolata “Applications of ionizing and non-ionizing and enabling technologies to Cultural Heritage”, al primo Italian-German Workshop on “Technologies and Infrastructures for Cultural Heritage” organized by Rathgen-Forschungslabor, SMB-SPK and Ambasciata d'Italia – Berlino, 12.04.2016, Berlin (Germany). Nel medesimo evento Piero Mandò (INFN) presentò “Radiocarbon dating and authentication issues in modern and contemporary art”.

Riunioni preliminari per E-RIHS: Durante tutto il 2016 Roberta Fantoni ha personalmente organizzato una serie di incontri con in colleghi dell'INFN e del CNR potenzialmente interessati a partecipare al macro-nodo di E-RIHS del Centro Italia, con adesioni da parte di ENEA Frascati e ENEA-Casaccia, INFN-LNF, INFN-Sez. RM2, INFN Sez.RM3, INFN-LNGS. In queste occasioni è stato possibile approfondire le competenze e le facilities disponibili presso i partecipanti. E' stato anche realizzato uno studio preliminare della possibile articolazione dell'offerta potenziale da parte del macro-nodo. INFN Sez.RM3, con la collaborazione dei partner, ha messo a punto una piattaforma dimostrativa (E-RIHS database) dell'offerta da parte del nodo. Nell'anno successivo parte di queste esperienze sono confluite naturalmente nella rete

di Laboratori del Centro di Eccellenza del DTC Lazio in fase di proposizione, di cui sia ENEA che INFN sono poi stati soci fondatori.

Sempre in ambito E-RIHS, ENEA, INFN e CNR hanno successivamente sottoscritto un **ACCORDO DI COLLABORAZIONE PER LA COSTITUZIONE DEL NODO ITALIANO DI E-RHIS TRAMITE UNA JOINT RESEARCH UNIT (JRU) DENOMINATA E-RHIS.it** il 29/09/2018, atta a promuovere attività congiunte a livello nazionale.

Presentazioni congiunte sulle tecniche di diagnostica per i beni culturali in occasione della General Conference IAEA del 16-20 settembre 2019 allo stand italiano su “Nuclear Technology Applications in Italy: From the Past to the Future”, con organizzazione a cura di ENEA e rappresentanza italiana presso l'ONU.

Workshop di presentazione di tecnologie organizzato presso l'ETRI dall'Ambasciata Italiana a Seul (Corea del Sud) 2/04/2020: Francesco Taccetti e Marina Leonardi “ENEA and INFN for Cultural Heritage: activities and strategies in the national and international context”
Presentazione congiunta INFN ed ENEA.

➤ Attività di disseminazione congiunta a livello nazionale sono state svolte mediante la partecipazione a mostre e fiere e altri eventi:

1. Partecipazione ENEA (Roberta Fantoni e altri) al Salone del restauro di Ferrara (4-8/04/2016), con lo stand sulle tecnologie ENEA per i Beni Culturali e un intero WS organizzato da ENEA (8/04/2016) dedicato ai Laboratori aperti per l'applicazione di tecnologie ai Beni Culturali. Nel corso del WS si è tenuta una tavola rotonda sui nodi regionali dell'infrastruttura europea E-RIHS, relativamente all'Italia Centrale (Emilia-Romagna, Toscana-Umbria e Lazio-Abruzzo), con partecipazione per INFN di Lisa Castelli e Chiara Ruberto.
2. Partecipazione ENEA Roberta Fantoni alla Tavola Rotonda organizzata nell'ambito dell'evento “Tecnologie per i Beni culturali: infrastrutture e servizi INFN per il Trasferimento Tecnologico - 8 Febbraio 2018” organizzato da INFN-LNF (Frascati) nella serie Seminari Industriali 2018.
3. Partecipazione ENEA alla manifestazione Technology for All (www.technologyforall.it) tenutasi a Roma presso l'Istituto Superiore Antincendi. Il giorno 3/10/2018 nell'ambito del workshop di archeologia industriale, è stata effettuata una dimostrazione focalizzata sull'utilizzo delle diagnostiche di laboratorio e in situ previste nel progetto ADAMO del DTC Lazio. Per questa attività l'organizzazione ha messo a disposizione un pilastro in ferro della vecchia struttura di scarico del porto fluviale per la valutazione del suo stato di conservazione. ENEA ha dimostrato il proprio LIF-imaging mentre INFN ha presentato la spettroscopia LIF anche risolta in tempo (oggetto del Task 4.1 congiunto ENEA-INFN Sez.RM2).

4. Partecipazione dell'INFN a LUBEC 2018 (4-5.10/2018) (<https://www.lubec.it/>). Nei poster allo stand sono state presentate diagnostiche INFN ed ENEA sviluppate congiuntamente in ADAMO. La disseminazione dell'evento è avvenuta tramite la rete INFN, mediante news CHNet. Francesco Colao (ENEA) nell'ambito del laboratorio su "Vedere l'invisibile: la Fisica per l'archeologia e i Beni Culturali" ha tenuto il seminario dal titolo "La spettroscopia di fluorescenza con eccitazione UV per l'imaging di opere d'arte",. Nella Tavola Rotonda successiva sono intervenuti: F.Taccetti INFN FI, M.P.Morigi INFN BO, M.Cestelli Guidi INFN LNF, F. Colao ENEA.
5. Nell'ambito dell'evento RO-ME Museum Exhibition (Fiera di Roma 28/11-1/12/2018) Roberta Fantoni ENEA ha organizzato per il DTC Lazio (v.T2) la partecipazione ai dei partner caffè scientifici presentando 6 contributi propri e invitando INFN a presentare i contributi:
 - Vincenzo Napolano "Installazioni digitali per raccontare la scienza" il 29/11/2018 (INFN, Dip. Comunicazione)
 - Marco Marinelli, Martina Romani, Gianluca Verona Rinati "Il Laboratorio mobile di diagnostica per musei dell'INFN". (INFN Sez.RM2)
6. Partecipazione dell'INFN a LUBEC 2019 (3-3.10/2019): allo stand sono state presentate le attività congiunte ENEA-INFN sia in ambito progetti regione Lazio, sia per la formazione. Valeria Spizzichino (ENEA) ha tenuto un seminario su "Digitale e Beni Culturali: fruizione, documentazione, conservazione e volano per uno sviluppo sostenibile".
7. Nell'ambito dell'evento RO-ME Museum Exhibition (Fiera di Roma 27-29/11/2019) sono state organizzate due attività congiunte:
 - Presentazione ENEA con slide show del progetto ADAMO e distribuzione della brochure di progetto "Progetto ADAMO un anno di risultati" realizzata da ENEA con il contributo di INFN e di tutti i partner di progetto
 - dimostrazione di strumenti portatili dell'INFN LNF e Sez.RM2, quest'ultimo sviluppato in collaborazione con ENEA nel T4.1.
8. Nell'ambito della Manifestazione "Fuori dai Fori" tenutasi al Museo Nazionale Romano alle Terme di Diocleziano il 14/1/2020 R. Fantoni ha tenuto la presentazione: "Diagnostiche innovative in situ applicate nel cantiere di restauro della basilica di San Nicola in Carcere. Un sito del progetto ADAMO finanziato dalla Regione Lazio" (coautori: M. Romani, A. Grottoli, A. Acconci, M. Beccaccioli, G. Bonifazi, G. Capobianco, M. Ciaffi, M. Cestelli-Guidi, F. Colao, R. Fantoni, A. C. Felici, M. Francucci, M. Guarneri, M. Mangano, M. Marinelli, L. Pronti, A. Puiu, D. Uccelletti, M. Reverberi, M. L. Santarelli, C. Seccaroni, S. Serranti, A. Tognacci, M. Vendittelli, G. Verona-Rinati) relativa la lavoro congiunto svolto in situ da ENEA – INFN (LNF e Sez.RM2) assieme ad altri partner del progetto ADAMO.
9. Alla presentazione dei risultati finali ottenuti dal DCTLazio nella prima fase di attività durante l'evento "Un anno di DTC Lazio. 1° Convegno Annuale del Distretto Tecnologico Beni e Attività Culturali della Regione Lazio" Roma 30/09/2019 (Uni. Sapienza), Roberta

Fantoni (ENEA) e Mariangela Cestelli Guidi (INFN-LNF) hanno preso parte alla tavola rotonda sull'innovazione nelle diagnostiche per i BC facendo il punto sull'offerta aggiornata agli stake-holders.

10. Partecipazione concordata su invito al ciclo seminariale dell'ordine degli ingegneri della provincia di Roma il 30/09/2020 "Le Applicazioni della Ricerca Nucleare in ambito civile e industriale non finalizzate alla produzione di energia elettrica" con le presentazioni:
- Roberta Fantoni "COBRA e ADAMO. Progetti per i beni culturali" (ENEA)
 - Lorenzo Giuntini "CHNet - Rete di ricerca e infrastruttura per la scienza e la tecnologia applicata ai beni culturali" (INFN-FI).

➤ Attività di formazione e trasferimento tecnologico svolte attraverso stage sul campo con strumentazione e personale INFN e ENEA, organizzati da INFN:

Nell'ambito di IperionCH.it (su finanziamento FOE):

- 2015 – L'Aquila
- 2016 – Siracusa

Nell'ambito di E-RIHS.it (su finanziamento FOE):

- 2017 – Sassari.
- 2018 – Gioia del Colle.

Partecipazione personale ENEA come discenti agli stage:

1. Valeria Spizzichino con il dimostratore CALIFFO al Training camp, "Tecniche innovative per i beni culturali, conoscenza e caratterizzazione di siti e reperti archeologici", 13-22/09/2017, Porto Conte, Alghero (SS). Titolo delle lezioni: "Laser Induced Fluorescence e imaging di fluorescenza per la caratterizzazione e la mappatura di superfici storico-artistiche".
2. Valeria Spizzichino con il sistema LIBS LiRa al Training Camp 2018 "Innovazione e Tecnologia" tenutosi a Gioia del Colle (BA) dal 30/9 al 6/10/2018. Lezioni orali dal titolo "LIBS: Laser Induced Breakdown Spectroscopy" ed attività laboratoriale sull'utilizzo della tecnica LIBS su reperti selezionati per analisi qualitativa e semi-quantitativa.

Partecipazione personale ENEA come discenti agli stage:

1. Adriana Puiu – partecipazione al Terzo Training Camp di IPERION CH.it sulla diagnostica non invasiva sui beni culturali, 25-30 settembre 2016, Siracusa, Italia.

Presentazione di attività congiunte in una scuola organizzata da INFN LNF:

1. International School of Cultural Heritage - Campuses of INFN-LNF and ENEA, 12/12/2019
3 partecipazioni INFN e 1 ENEA relative ad attività svolte congiuntamente sul campo.

➤ Organizzazione di workshop di progetto aperto agli stake holders per trasferimento tecnologico:

1. Organizzazione del workshop di progetto dal titolo "Risultati della campagna di misure nella Chiesa di San Nicola in Carcere durante il cantiere di restauro" presso INFN-LNF il 9/07/2019 (<https://agenda.infn.it/event/19516/>) con partecipazione di ENEA e altri partner del progetto ADAMO.

2. Organizzazione del Workshop di progetto pubblico al Palazzo Chigi di Ariccia “Le tecniche diagnostiche utilizzate a Palazzo Chigi di Ariccia”– Ariccia 15/11/2019 (organizzazione ENEA, partecipazione INFN e altri partner del progetto ADAMO).

➤ Varie

1. Dal 30.10.2018 Roberta Fantoni (ENEA) fa parte dell’USP di DAFNE-Luce a INFN LNF per la valutazione delle richieste di accesso su proposte afferenti alla caratterizzazione di materiali relativi a BC.
2. Diversi ricercatori ENEA coinvolti nelle attività di diagnostiche e monitoraggio sui Beni Culturali hanno l’associazione annuale all’INFN, alcuni da tempo collaborando con l’INFN anche su altre tematiche:
 - Michele Caponero (FSN-TECFIS-MNF)
 - Francesco Colao (FSN-TECFIS-DIM)
 - Valeria Spizzichino (FSN-TECFIS-DIM)
 - Luisa Caneve (FSN-TECFIS-DIM)

1.2 Risultati

- i. E-RIHS Lazio-Abruzzo database realizzato dal Prof. Luca Tortora (INFN Sez.RM3)
- ii. Sottoscrizione del JRU per E-RIHS a livello nazionale.

Tematica N. 2

Materiali e tecniche di caratterizzazione nei beni culturali

Queste attività sono partite a supporto dell'aggregazione del nodo regionale del Lazio di E-RIHS, con partecipazione di ENEA e INFN a progetti del partner indipendentemente finanziati, in preparazione di attività congiunte successive nell'ambito del Centro di Eccellenza del DTC (Distretto Tecnologia per la Cultura della Regione Lazio).

Le attività tecnico scientifiche sono state principalmente svolte all'interno di due progetti di ricerca per il trasferimento tecnologico coordinati da ENEA:

1. Progetto ENEA COBRA "Sviluppo e diffusione di metodi, tecnologie e strumenti avanzati per la Conservazione dei Beni culturali, basati sull'applicazione di radiazioni e di tecnologie Abilitanti" – partecipazione fuori regione (non finanziabile) INFN LABEC (FI) per il PIXE; collaborazione con INFN Sez.RM2 sul TG-LIF con condivisione di una dottoranda (Martina Romani) [21/07/2015 - 20/12/2017]
2. Progetto ADAMO all'interno del CoE del DTC Lazio, a coordinamento ENEA, con partner INFN (ed altri 5 soci fondatori). Collaborazione ENEA-INFN principalmente nel WP3 "Diagnostiche mediante Large scale facilities" INFN LNF – ENEA (con partecipazione esterna di INFN LABEC nel task PIXE) e al WP4 "Diagnostiche in situ" ENEA – INFN Sez.RM2. [2.10.2019 – 25.01.2020]

2.1 Risultati

- Partecipazione a campagne di misura congiunte nell'ambito dei suddetti progetti:
 1. Misure di laboratorio PIXE su pigmenti storici, ceramiche e monete in ambito COBRA
 2. Misure in situ per caratterizzazione spettroscopica (LIF, XRF) di affreschi in tombe etrusche in ambito COBRA
 3. Misure in situ per caratterizzazione spettroscopica (LIF, XRF) di affreschi in catacombe romane in ambito COBRA
 4. Misure di laboratorio e in situ su frammenti di affreschi della Villa della Piscina in ambito ADAMO
 5. Misure in situ su dipinti al Museo del Barocco, Villa Chigi Ariccia in ambito ADAMO
 6. Misure di laboratorio su frammenti cuoi da parati da parati al Museo del Barocco, Villa Chigi Ariccia in ambito ADAMO
 7. Misure in situ sull'affresco dell'abside della Basilica di San Nicola in Carcere, Roma in ambito ADAMO
- Presentazioni di attività congiunte a conferenze e workshop:
 1. M. Vadrucchi, G. Bazzano, F. Borgognoni, M. Chiari, A. Mazzinghi, L. Picardi, C. Ronsivalle, C. Ruberto, F. Taccetti "A new small-footprint external-beam PIXE facility for cultural heritage applications using pulsed proton beams" 12th European Conference on Accelerators in Applied Research and Technology Jyväskylä, Finland, July 3 - 8 2016. ENEA-INFN LABEC.

2. M. Vadrucci, M. Chiari, A. Gorghinian, V. Lazic, R. Fantoni, A. Mazzinghi, C. Ruberto, "Analysis of Roman Imperial coins by combined PIXE, m-XRF and LIBS techniques", TECHNART 2017 - Non-destructive and microanalytical techniques in art and cultural heritage, Bilbao 2-6/05/2017; ENEA-INFN LABEC e LNF.
3. M. Romani, S. Almaviva, F. Colao, R. Fantoni, M. Marinelli, A. Pasqualucci, A. Puiu, G. Verona-Rinati "An integrate use of Raman and Time Resolved Laser Induced Fluorescence spectroscopy to identify ancient and contemporary painted materials" TECHNART 2017 Bilbao, Spain, 2-6th May 2017. ENEA-INFN Sez.RM2.
4. M. Chiari, A. Mazzinghi, C. Ruberto, L. Carraresi, R. Fontana, J. Striova, M. Vadrucci "External-beam "Total-IBA" measurements in cultural heritage applications" IBA 2017 - 23rd International Conference on Ion Beam Analysis - Shanghai, China, 8 – 13/10/2017. INFN LABEC-ENEA.
5. A. Puiu, S. Almaviva, F. Colao, R. Fantoni, M. Romani, G. Verona-Rinati, L. Giacomini, "Non-destructive characterization of frescos in the Etruscan tomb of "Blue Demons" (Italy) by means of spectroscopy techniques", 12th Int. Conf. ART17, 22-24th Nov. 2017, Torino, Italia. ENEA-INFN Sez.RM2.
6. L. Pronti, M. Romani, G. Verona-Rinati, M. Cestelli-Guidi, M. Marinelli, F. Colao. "In situ investigation and non-invasive diagnostics to support material analyses and restauration activities within the ADAMO project of the Technological District of Cultural Heritage-DTC Lazio" presentazione orale al Convegno Tematico AIAR 2019, Reggio Calabria (27-29/03/2019). ENEA-INFN Sez.RM2
7. M. Vadrucci, M. Chiari, L. Giuntini, A. Mazzinghi, L. Picardi, C. Ronsivalle, B. Sorrentino "PIXE spectroscopy for the ADAMO project" 13th European Conference on Accelerators in Applied Research and Technology, Split, Croatia, May 5 - 10 2019.
8. M.Sbroscia, M. Cestelli-Guidi, S. Falzone, C. Gioia, D. Mirabile-Gattia, M. Missori, L. Pronti, M. Romani, A. Sodo, M.A. Ricci, R. Fantoni "Raman and FT-IR spectroscopy for the reconstruction of the decorative motives of Villa della Piscina, Roma", Presentazione orale alla conferenza Internazionale TECHNART 2019, 7-10 Maggio, Bruges, presentazione orale (T3.1) TECHNART 2019, 7-10/05/2019, Bruges (B) ENEA_INFN LFN e altro partner di ADAMO.
9. R. Fantoni, M. Guarneri, M. Francucci, F. Colao, A. Puiu, M. Cestelli Guidi, M. Romani, L. Pronti, M. Marinelli, G. Verona Rinati, C. Seccaroni, A. Tognacci, A. Acconci, M. Mangano "Caratterizzazione remota ed in-situ dell'affresco di Vincenzo Pasqualoni sull'abside della basilica di San Nicola in Carcere a Roma" presentazione alla XLVII Conferenza Nazionale della Divisione di Chimica Fisica della Società Italiana di Chimica, Roma, 1-4/07/2019: (ENEA - INFN LFN e SezRM2 con altri partner del Progetto ADAMO)
10. R. Fantoni, V. Lazic, M. Vadrucci, B. Sorrentino, M. Chiari, A. Mazzinghi, S. Falzone, C. Gioia; E. Maria Loreti "Complementary characterization of ancient Roman frescoes by PIXE and LIBS techniques" EMSLIBS2019 – Xth Euromediterranean Conference on Laser Induced Breakdown Spectroscopy", Brno 9-12/09/2019 (presentazione ENEA - INFN LABEC).

Tesi di dottorato:

1. Tesi di dottorato in Ingegneria Industriale "Time Gated Laser Induced Fluorescence spectroscopy in the field of Cultural Heritage" della dott.ssa Martina Romani con conseguimento del PhD presso l'Università di Roma Tor Vergata il 19 settembre 2017.

Nella tesi sono discussi risultati delle attività sul tema condotte in ambito COBRA (Campagne su tombe etrusche e catacombe) dal team ENEA-INFN sez.RM2.

Pubblicazioni congiunte:

1. M. Vadrucchi, F. Borgognoni, M. Chiari, A. Mazzinghi, L. Picardi, C. Ronsivalle, C. Ruberto, F. Taccetti, “A new small-footprint external-beam PIXE facility for cultural heritage applications using pulsed proton beams”, *Int. J. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms*, Volume 406, Part A, 1 September 2017, Pages 314-317, <https://doi.org/10.1016/j.nimb.2017.02.045> (ENEA- INFN LABEC)
2. V. Lazic, M. Vadrucchi, R. Fantoni, M. Chiari, A. Mazzinghi, A. Gorghinian, “Applications of laser induced breakdown spectroscopy for cultural heritage: A comparison with XRF and PIXE techniques”, *Spectrochim. Acta B* 149, 2018, 1–14. (ENEA- INFN LABEC e LNF)
3. S. Almaviva, R. Fantoni, F. Colao, A. Puiu, F. Bisconti, V. Fiochi Nicolai, M. Romani, S. Cascioli, S. Bellagamba, “LIF/Raman/XRF non-invasive microanalysis of frescoes from St. Alexander catacombs in Rome”. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 201, 207-215, (2018). (ENEA - INFN Sez.RM2).
4. S. Almaviva, S. Lecci, A. Puiu V. Spizzichino R. Fantoni, M. Falconieri, S Gagliardi, M. Chiari A. Mazzinghi, C. Ruberto G. Casaril, G. Bandini, S. Morretta, “Raman/MAXRF/EDX microanalysis of 2nd-century stuccoes from Domus Valeriorum in Rome”, *J. Cultural Heritage* 37, 2019, 225-232. (ENEA- INFN LABEC).
5. L. Pronti, M. Romani, G. Verona-Rinati, O. Tarquini, F. Colao, M. Colapietro, A. Pifferi, M. Cestelli-Guidi, M. Marinelli., “Post-Processing of VIS, NIR, and SWIR Multispectral Images of Paintings. New Discovery on the The Drunkenness of Noah, painted by Andrea Sacchi, Stored at Palazzo Chigi (Ariccia, Rome)”. *Heritage*, 2(3), 2275-2286, (2019). (INFN Sez.RM2 – ENEA).
6. M. Romani, S. Almaviva, F. Colao, R. Fantoni, M. Marinelli, A. Pasqualucci, A. Puiu, G. Verona-Rinati, “Raman and time gated-LIF spectroscopy for the identification of painting materials”, *Journal of Applied Spectroscopy*, Vol. 86, No. 2, May, 2019 (INFN Sez.RM2 – ENEA).
7. M. Vadrucchi, A. Mazzinghi, A. Gorghinian, L. Picardi, C. Ronsivalle, C. Ruberto, M. Chiari, “Analysis of Roman Imperial coins by combined PIXE, HE-PIXE and μ -XRF”, *Applied Radiation and Isotopes - Volume 143*, 2019, 35-40 (ENEA- INFN LABEC e LNF).
8. Sbroscia, M; Cestelli-Guidi, M; Colao, F; Falzone, S; Gioia, C; Gioia, P; Marconi, C; Mirabile Gattia, D; Loreti, EM; Marinelli, M; Missori, M; Persia, F; Pronti, L; Romani, M; Sodo, A; Verona-Rinati, G; Ricci, M.A; Fantoni, R; “Multi-analytical non-destructive investigation of pictorial apparatuses of “Villa della Piscina” in Rome” *Microchemical J.*, 153 (2020) p.104450. (ENEA-INFN Sez.RM2)

9. M. Romani , G. Capobianco , L. Pronti , F. Colao , C. Seccaroni , A. Puiu , A.C Felici , G. Verona-Rinati , M. Cestelli-Guidi , A. Tognacci , M. Vendittelli , M. Mangano , A. Acconci , G. Bonifazi , S. Serranti , M. Marinelli , R. Fantoni , “Analytical chemistry approach in cultural heritage: the case of Vincenzo Pasqualoni’s wall paintings in S. Nicola in Carcere (Rome), *Microchemical Journal* 156, 2020, 104920 (ENEA-INFN Sez.RM2)
10. M. Vadrucci, A. Mazzinghi, B. Sorrentino, S. Falzone, C. Gioia, P. Gioia, E.M. Loreti, M. Chiari “Characterisation of ancient Roman wall painting fragments using non-destructive PIXE and XRF techniques”. *X-Ray Spectrometry*, 2020, 3178. (ENEA-INFN LABEC)
11. Ceccarelli, S., Guarneri, M., Romani, M., Giacopini, L., Francucci, M., Ciaffi, M., *et al.* Fantoni, R. (2020). “Are the blue daemons really blue? Multidisciplinary study for the colours characterization of the mural paintings inside the Blue Daemons Etruscan tomb”. *Journal of Cultural Heritage*, accettato per la pubblicazione sett. 2020. (ENEA-INFN Sez.RM2)

Docufilm divulgativo

Nell’ambito del Progetto ADAMO ENEA (con il supporto del proprio gruppo i relazioni esterne REL) si è fatto carico di raccogliere su ciascun sito esaminato materiale fotografico per documentare l’attività svolta e metterla a disposizione per la realizzazione congiunta del docufilm finale, che è stato rilasciato sui media (<https://www.youtube.com/watch?v=Me80dtvBfOw&feature=youtu.be>) il 23/1/2019 e condiviso sia sul sito di progetto (<http://progettoadamo.enea.it/vedi-il-docufilm-sul-progetto-adamo/>) che sul sito del distretto DTC Lazio <https://dtclazio.it/notizie/docufilm-sul-progetto-adamo-realizzato-da-enea-rel>. In questo docufilm intitolato “ADAMO – Interazione con gli Stakeholder” sono riportate immagini ed interviste raccolte presso i laboratori ENEA ed INFN di Frascati.

Tematica n. 3 Piattaforme per la fruizione di BC.

Questa è la tematica più recente congiuntamente considerata da INFN ed ENEA a partire dalla collaborazione instaurata all'interno del progetto del DTC Lazio EcoDIgit "Ecosistema Digitale per la fruizione e la valorizzazione dei beni e delle attività culturali del Lazio", coordinato dal CNR di cui ambedue gli enti fanno parte, iniziato a fine 2018.

Il progetto prevedeva la progettazione e lo sviluppo delle componenti software in grado di integrare e rendere fruibili dati eterogenei relativi al mondo dei Beni Culturali della Regione Lazio, archiviati e gestiti dal Progetto Anagrafe, parimenti a partecipazione sia di ENEA-ICT che di INFN. Tali componenti sono sostanzialmente 2:

1. la componente middleware, ossia l'insieme di software per l'acquisizione e l'integrazione di dati e servizi contenuti in Anagrafe
2. la componente di presentazione ovvero un servizio web based in grado di esporre dati e servizi di Anagrafe

In particolare, al fine di dimostrare la fattibilità e le funzionalità del sistema, sono stati sviluppati un *Proof of Concept* del componente middleware da ENEA ed un prototipo per l'interfaccia da INFN e La Sapienza. Seppur distinte, le due componenti insieme a quella di archiviazione e gestione dati di Anagrafe, devono necessariamente essere in grado di comunicare tra loro. Per questo nelle fasi di progettazione e sviluppo di PoC e prototipo, è stata necessaria l'interazione tra i team di ENEA ed INFN. Hanno inoltre interagito congiuntamente con il team di sviluppo della Digital Library del CNR, tecnologia sulla quale si basa l'infrastruttura di Anagrafe.

In accordo con tutti gli altri partner di progetto, la progettazione e lo sviluppo del software sopra citato sono avvenuti grazie alla piattaforma per la condivisione e controllo di versione del codice github. Tale piattaforma (insieme ad altre simili come gitlab o bitbucket) rappresenta ormai uno standard per i moderni metodi di sviluppo collaborativo. L'intero codice sviluppato per il progetto è rilasciato con licenze Open Source ed è pubblicato e liberamente accessibile, sempre mediante la piattaforma di sviluppo citata, in appositi *repository*^{1,2}.

Per la definizione del *Proof of Concept* della componente middleware sono stati anzitutto censiti i dati ed i servizi da integrare. Dall'analisi è emersa la necessità di integrare principalmente la possibilità di fruire dati 3D come ricostruzioni fotogrammetriche. A questo scopo è stata sviluppata l'automazione dello strumento 3DHOP, in grado di restituire l'oggetto 3D una volta ricercato nel database. Il collegamento tra il motore di ricerca presente nell'interfaccia web e l'automazione del visualizzatore 3D rappresenta un esempio tecnico di interazione tra i due team di sviluppo, reso particolarmente agile dalla scelta condivisa di adottare lo sviluppo di microservizi che potessero interagire tra loro. E' stata infine predisposta una macchina virtuale dal CNR sulla quale ENEA ed INFN hanno potuto testare l'interazione tra i codici sviluppati, rendendola fruibile mediante l'indirizzo: <http://150.146.207.67/prototipo/>

1 <https://github.com/ecodigit/3dhop-react>

2 <https://github.com/ecodigit/prototipo>

Risultati congiunti

1. M. Puccini, M. Mongelli, M. Ceriani, L. Asprino, M. Saccone, A. Budano. “D2.3 Proof of Concept del componente middleware. Deliverable Progetto EcoDigit.2019”
2. A. Budano, C. Lucarelli, M. Ceriani, M.Puccini, M. Saccone. “D4.4 Prototipo di servizio avanzato per la fruizione dei beni culturali nel dominio della formazione. Deliverable Progetto EcoDigit. 2020”

Collaborazioni informali ed esempi di best practice

Come risulta evidente sia dalle numerose attività di divulgazione e formazione pratica svolte insieme che dai risultati delle attività scientifiche congiunte condotte su progetti comuni, la collaborazione nel campo delle tecnologie applicate ai beni culturali negli ultimi 5 anni è stata vivace, articolata e proficua, supportata anche dalla prossimità di LNF con il Centro ENEA di Frascati e dagli scambi di personale (associazione INFN per dipendenti ENEA, ospitalità ENEA per assegnisti INFN) implementati.

Il personale coinvolto in entrambi gli enti si è sforzato di trarre il massimo vantaggio dalle opportunità offerte dalla collaborazione in essere, anche al di sopra del singolo progetto di ricerca, per trovare sinergie ed evitare duplicazioni o peggio atteggiamenti concorrenziali.

Gli esempi di best practice in entrambe le direzioni sono numerosi e hanno senz'altro favorito le possibilità di approfondimento delle tematiche di interesse congiunto da entrambe le parti. Si riportano nel seguito alcuni esempi di best practice particolarmente adatti a spiegare il rationale che ha alimentato la collaborazione tecnico-scientifica pluriennale a cui hanno dato luogo.

1. Collaborazione relativa alla spettroscopia PIXE (fra INFN-LABEC e ENEA FSN-TECFIS-APAM). INFN LABEC ha a Firenze un acceleratore per analisi PIXE già funzionante per caratterizzazione di BC, ENEA in COBRA si è impegnato a costruirne uno, con maggiori possibilità di stratigrafia tramite tuning dell'energia del fascio di protoni sfruttando un proprio acceleratore in costruzione per applicazioni mediche. Viceversa ENEA, nel suo laboratorio TECFIS-DIM aveva anche esperienza di stratigrafia laser mediante LIBS ad alta risoluzione su BC. La messa sistema di queste competenze ha portato a studi congiunti su differenti materiali di interesse per i BC: affreschi e stucchi dipinti, ceramiche, monete, cuoi da parati. I sistemi disponibili sono stati sviluppati in parallelo e applicati (successivamente nel progetto ADAMO del DTCLazio) per ottenere informazioni complementari (analisi quantitativa dei componenti principali, rivelazione di componenti in traccia). La collaborazione per l'analisi dati raccolti sui cuoi da parati è tuttora in corso. E' stato già concordato di proseguirla su monete antiche di argento e successivamente sulla base della disponibilità di manufatti e oggetti che possono essere portati nei relativi laboratori.
2. Collaborazione relativa alla spettroscopia LIF. Nel laboratorio FSN-TECFIS-DIM c'era un progresso ventennale di sviluppo di sistemi da campo utilizzabili remotamente per applicazioni ambientali e ai BC risolte spettralmente e con capacità di imaging. Nella Sez.RM2 di INFN è maturato l'interesse per la realizzazione di sistemi in situ anche con capacità risolte in tempo, oggetto della sua partecipazione al progetto ADAMO. I principali risultati congiunti sono stati ottenuti sugli affreschi della Basilica di San Nicola in Carcere, per i quali ambedue i partner hanno beneficiato dello sviluppo del software effettuato da ENEA, oltre che della sua pregressa esperienza sul campo.
3. Collaborazione relativa all'applicazione congiunta di sistemi da campo commerciali per FT-IR (disponibili presso INFN-LNF) e Raman (disponibile presso ENEA-TECFIS-DIM) con utilizzo congiunto dei rispettivi data base durante le campagne del progetto ADAMO,

integrando ove opportuno i risultati con quelli della spettroscopia LIF sia risolta spettralmente che in tempo.

Sono state inoltre messe a sistema le collaborazioni a livello internazionali disponibili fra ENEA e INFN, in particolare quelle con l'America Latina (Argentina per INFN, Messico per ENEA) sin dall'inizio della collaborazione, e quelle con la Spagna in Europa (Università di Siviglia e di Valencia per ENEA), e promosse congiuntamente quelle con la Corea del Sud.

Ricerche in collaborazione a livello internazionale sono iniziate con:

1. L'università di Valencia che è stata in particolare stimolata da ENEA a sottoporre una propria richiesta di accesso a DAFNE-luce per la caratterizzazione di campioni di spezie/pigmenti storici dalla Spezieria di Santa Maria della Scala in Roma, sito sul quale ha un proprio progetto "Roma Hispana: Inteligencia Artificial y Nuevas Tecnologías aplicadas al estudio, la musealización y la puesta en valor de Patrimonio Cultural español en Roma: la Spezeria de Santa Maria della Scala", approvato dalla Conselleria d'Innovación, Universitat, Ciència i Societat Digital (Generalitat Valenciana) nella modalità Ayudas para Grupos de Investigación Consolidables (2020-2021) nel quale è recentemente entrato anche ENEA (FSN-TECFIS-DIM) per diagnostiche ottiche remote mediante imaging laser.
2. L'Università Pablo de Olavide (UPO) di Siviglia che ha un accordo di collaborazione pluriennale con ENEA sul tema della conservazione dei BC. Nello specifico UPO in collaborazione con lo IAPH (Istituto Andaluso del Patrimonio Culturale) ha effettuato uno studio sui cuoi da parati medievali di Granada ed è interessata al confronto con quelli rinascimentali italiani caratterizzati congiuntamente nell'ambito del progetto ADAMO. Sull'argomento è stato svolto un primo workshop da remoto nel maggio 2020.

Coerentemente con il rationale espresso per la collaborazione ENEA e INFN hanno rinunciato talvolta a partecipare a cordate con eccesso di sovrapposizione e scarse possibilità di sviluppi paralleli. Ad esempio nelle proposte per la seconda fase del DTC, INFN si è presentato assieme a UniRM3 in una cordata a cui l'ENEA non ha partecipato, per non sovrapporsi su analisi spettroscopiche in situ che non necessitavano di imaging.

Proposte congiunte in valutazione

Congiuntamente ENEA e INFN hanno sottomessa al MIUR la proposta SPICE “Smart Platform for Italian Cultural hEritage - Piattaforma smart per i Beni Culturali italiani” all’ Avviso Pubblico "FONDO INTEGRATIVO SPECIALE PER LA RICERCA (FISR) " D.D. 1179 del 18/6/2019. Per la proposta si è optato per il coordinamento di ENEA-DTC-ICT, per la rilevanza della piattaforma ICT nell’impianto del progetto, partner sono INFN e Università Politecnica Marche.

Il progetto SPICE è un progetto di estremo interesse perché coinvolge competenze già presenti in ENEA e INFN nei seguenti campi:

- Integrazione di grandi moli di dati (Big Data) provenienti da sorgenti eterogenee e funzionalità di accesso agli stessi in modo distribuito;
- Applicazione di sistemi di calcolo ad alte prestazioni (HPC) per data analysis e machine learning;
- Gestione di ambienti virtuali basati su cloud computing;
- Sviluppo di tecnologie, processi e strumentazione di derivazione nucleare e laser nei settori dell’optoelettronica e fotonica.

Il progetto si propone di integrare, in un’unica piattaforma, i repository di tipo diverso gestiti da enti e strutture di ricerca, eventualmente integrabile con quelli che verranno creati in futuro dalle diverse istituzioni preposte alla tutela (MIBAC e sue strutture periferiche o specializzate) e alla comunicazione (regioni e singole istituzioni culturali), nonché da parte delle industrie creative. Il sistema prevede inoltre la definizione di linee guida per la creazione di repository, sistemi di sharing e storage, protocolli di trasmissione dedicati a comunità di ricercatori “orfani”, quali ad esempio ricercatori di università/settori disciplinari che non dispongono di idonee strutture di deposito, che potranno dunque, adottando gli standard definiti, conservare i propri dati o convogliarne flussi in tempo reale nella piattaforma, in aree loro dedicate, attraverso una convenzione con il sistema in completa sicurezza, accessibili da remoto da qualsiasi luogo.

Il sistema proposto sviluppa, integra ed estende il modello creato con successo, per i soli dati archeologici, nei progetti Europei ARIADNE e ARIADNEplus, a cui INFN partecipa, adottato in generale da altre infrastrutture di ricerca sui beni culturali, e implementa anche in questo campo i principi FAIR e l’applicazione del concetto di Open Science.

L’integrazione delle tecnologie digitali con le diagnostiche non invasive, principalmente di con capacità di imaging (Laser scanner, fotogrammetria, analisi multispettrali, ecc.) rappresenta uno strumento efficace non solo per la comunicazione nel senso più ampio del termine dell’arte, ma che, arricchendo la documentazione museale, può supportare la programmazione di interventi di conservazione e restauro. L’insieme dei dati sul bene disponibili sulla piattaforma costituisce infatti per gli enti gestori del bene la base per un modello di “smart museum” per la condivisione in rete assieme a quelli provenienti da sensoristica ambientale per il monitoraggio e il controllo dei flussi di visitatori. Tali dati potranno oltretutto rappresentare un innovativo terreno di sviluppo e ricerca mediante tecniche di “Machine Learning” per supportare l’ottimizzazione della fruizione in sicurezza del bene. La proposta SPICE (FISR2019_03549) purtroppo non è stata valutata finanziabile dal MIUR (23.12.2020) ma i proponenti contano di ripresentarla, con opportune integrazioni, in ambito EU.

Tabella I – Collaborazioni in essere ENEA-INFN nell’ambito specifico delle “**Tecnologie per i Beni Culturali**”.

N.	Titolo o tematica tecnico-scientifica	Sedi INFN coinvolte	Contatto INFN	Email contatto INFN	Sedi ENEA coinvolte	Contatto ENEA	Email contatto ENEA
1	Attività di beni culturali congiunte (progetti, internazionalizzazione, terza missione, etc)	Firenze, LNF	F. Taccetti	francesco.taccetti@fi.infn.it	Frascati (FSN-TECFIS)	Roberta Fantoni Valeria Spizzichino	Roberta.fantoni@enea.it Valeria.spizzichino@enea.it
2	Caratterizzazione di materiali mediante tecniche spettroscopiche in situ e grandi impianti	Firenze, LNF	M. Chiari, M.Cestelli-Guidi	chiari@fi.infn.it mariangela.cestelliguidi@lnf.infn.it	Frascati (FSN-TECFIS)	Monia Vadrucci Francesco Colao	Monia.vadrucci@enea.it Francesco.colao@enea.it
3	Piattaforme ICT per valorizzazione e fruizione di BC	Firenze, Bologna, Sez. RM3	Franco Nicolucci, Antonio Budano	Franco.nicolucci@gmail.com , antonio.budano@infn.it luca.dellagnello@cnaf.infn.it	Roma Sede (TERIN-ICT)	Silvio Migliori Marialuisa Mongelli	silvio.migliori@enea.it marialuisamongelli@enea.it