

# ADAMO SAL3 (2.4.2019 – 1.7.2019)

## RELAZIONE SCIENTIFICA

### **1. Descrizione del progetto: oggetto, finalità, obiettivi e risultati intermedi/finali raggiunti, validazione dei risultati conseguiti, ecc.**

#### Oggetto

Il progetto ADAMO propone una ricerca applicata per trasferimento alle imprese di tecnologie di analisi, diagnostica e monitoraggio ambientale finalizzate alla conservazione e al restauro di beni culturali (BC), mobili ed immobili, della regione Lazio. Allo scopo prevede attività di studi di contesto sia storico artistico che socio-economico, attività di ricerca per adeguamento delle tecnologie più mature alle specifiche richieste dei BC di tecniche sia di laboratorio, anche con *large scale facilities* uniche nel panorama regionale, che in situ, e attività dimostrative su casi studio selezionati per il coinvolgimento sia delle imprese che degli utenti finali. In armonia con il suo scopo sarà dato ampio spazio all'azione di disseminazione dei risultati, per completare il coinvolgimento degli operatori e aprire prospettive di internazionalizzazione.

Il progetto risponde pienamente alla richiesta di attività che fanno capo alla terza missione delle università e degli organismi di ricerca, integrandosi efficacemente nella proposta del Centro di Eccellenza per il DTC Lazio che prevede parallele attività di formazione necessarie alla produzione di figure professionali in grado di utilizzare successivamente le tecnologie dimostrate e trasferite. Le attività sperimentali verranno svolte presso i laboratori afferenti all'Infrastruttura di Ricerca del DTC Lazio.

#### Finalità

- Trasferimento tecnologico per analisi, diagnostiche e monitoraggio ambientale su BC.
- Offerta di servizi alle imprese con l'utilizzo di infrastrutture di eccellenza uniche, che includono impianti di fisica delle alte energie per diagnostiche, laboratori di caratterizzazione con apparati operanti con strumentazione in ultra alto vuoto o in camere pulite presso OdR e università partner del CoE del DTC Lazio, brevetti nazionali ed internazionali di proprietà dei partner del CoE.
- Dimostrazione su selezionati casi studio, relativi a BC sia mobili che immobili, dell'efficacia delle tecniche per le quali è stata sviluppata strumentazione apposita e/o strumentazione commercializzabile, che può essere utilizzata direttamente in laboratorio o sul campo dagli utenti, eventualmente preparati nei paralleli corsi di formazione erogati dal CoE.
- Sviluppo di prototipi e test di prodotti innovativi a basso impatto ambientale adatti all'utilizzo sul campo da parte degli utenti finali, che per le loro caratteristiche di costo contenuto, rapidità di risposta e semplicità di operazione possano in tempi medio-brevi essere acquisiti direttamente dalle PMI interessate (previa commercializzazione realizzazione anche tramite start-up o spin-off locali).

#### Obiettivi intermedi raggiunti a SAL3

Il progetto si articola in 7 WP, di cui 6 relativi a specifiche attività di sviluppo di tecnologie e trasferimento tecnologico, mentre il primo si occupa degli studi di contesto e della disseminazione. Per lo svolgimento

delle attività è stato proposto lo schema riportato nel diagramma di Gantt (figura 1), in cui sono evidenziate in rosso le attività svolte nel primo trimestre, con indicazione delle deliverable conseguite. Come si osserva dalla fig. 1, dopo gli iniziali aggiustamenti le attività sono andate avanti regolarmente e tutti i task sono iniziati e, a parte il T3.3 e il T2.5, hanno rilasciato almeno una deliverable, 2 o più nella maggioranza dei casi.

Gli obiettivi intermedi raggiunti nel trimestre possono essere riassunti come segue:

- Svolgimento di attività sui siti:
  - ✓ Frammenti di intonaco dalla Villa della Piscina, Centocelle (ulteriori esami di laboratorio)
  - ✓ Mura Aureliane (adiacenze Porta San Sebastiano)
  - ✓ Museo Archeologia Per Roma (Tor Vergata)
  - ✓ Palazzo Chigi, Ariccia
  - ✓ Villa Mondragone, Monte Porzio Catone
  - ✓ Chiesa di San Nicola in Carcere (in collaborazione con l'impresa di restauro Euresarte S.r.L.)
- Svolgimento di attività di laboratorio, aperte alle imprese
  - ✓ Preparazione e caratterizzazione di materiali per restauro (Viterbo)
  - ✓ Attività di diagnostica su materiali cartacei e pergamene
  - ✓ Attività su metalli
  - ✓ Attività su cuoi da parati
- Disseminazione delle attività attraverso la partecipazione:
  - A eventi scientifici di rilevanza nazionale e internazionale:
    - ✓ Conferenza Internazionale TECHNART, Bruges 7-10 Maggio 2019
      - "Raman and FT-IR spectroscopy for the reconstruction of the decorative motives of Villa della Piscina, Roma" (presentazione UniRM3, INFN, ENEA, CNR, archeologhe)
      - "FT-IR microspectroscopy for in-situ monitoring the laser induced degradation of organic binders in artworks" (presentazione INFN, INFN-UniRM2))
      - "Wall paintings in "Villa della Piscina" (Rome): a combined SEM-EDX and XRD investigation" (presentazione ENEA, UniRM3, archeologhe)
      - "Stratigraphic analysis on Santa Maria in Cosmedin wooden altarpiece by medium wavelength infrared imaging techniques" (presentazione UniRM2).
      - "Hyperspectral imaging as powerful technique for evaluating the stability of Tattoo Wall"® (presentazione UniRM1/UniTus).
      - Diagnostic study of ancient Durium phonographic discs" (presentazione CNR e UniRM1)
    - ✓ Conferenza Internazionale NANOINNOVATION –Workshop "Nanotechnologies and nanomaterials for cultural heritage" (Organizzazione ENEA/UniRM1, partecipazione ENEA/UniRM1/UniTus/CNR ) Roma 13-14/6/2019
    - ✓ Congresso Internazionale Optical Metrology (Optics for Art, Architecture and Archaeology), Munich 24-28 giugno 2019
      - "Tattoo Wall®: study of the stability of an innovative decorative technique through hyperspectral imaging and possible application in the mural painting's restoration" (presentazione UniTus/UniRM1).

- ✓ XXX Congresso annuale della SISN Società Italiana di Spettroscopia Neutronica Roma 24-26/6/2019 (organizzazione UniRM3, partecipazione ENEA)
- A eventi divulgativi, mostre e fiere:
  - Italia Smart Community, Tavola rotonda “I beni culturali nell’era dell’intelligenza artificiale” Matera 30/5-1/6/2019 (partecipazione ENEA).
- Sui media e sulla stampa divulgativa (anche in rete):
  - Articolo su Archeomatica Newsletter n. 88 del 18 aprile 2019 Il progetto ADAMO del DTC Lazio al Palazzo Chigi di Ariccia  
[https://www.archeomatica.it/index.php?option=com\\_content&view=article&id=6702:il-progetto-adamo-del-dtc-lazio-al-palazzo-chigi-di-ariccia&catid=87:documentazione](https://www.archeomatica.it/index.php?option=com_content&view=article&id=6702:il-progetto-adamo-del-dtc-lazio-al-palazzo-chigi-di-ariccia&catid=87:documentazione)
  - Articolo su Archeomatica Newsletter n. 90 del 11 giugno 2019  
<https://www.archeomatica.it/restauro-e-conservazione/il-progetto-adamo-del-dtc-lazio-ha-completato-i-rilievi-e-le-misure-diagnostiche-durante-il-cantiere-di-restauro-nella-chiesa-di-san-nicola-in-carcere-a-roma>
  - Servizio TV andato in onda nell’ambito della rubrica GrandArte di TgR Lazio sulle attività svolte a San Nicola in Carcere. 24/05/2019 RAI 3 TGR LAZIO - 14.00 - Durata: 00.03.36. (ENEA)
  - Webinar sulle tecnologie digitali per i beni culturali del 3/4/2019 nella serie “in rete fvg – seminari per l’innovazione in rete promossi dalla regione Friuli Venezia Giulia (ENEA).
- Organizzazione di workshop di progetto aperto agli stake holders: UniRM3 16/5/2019 ore 15.00 “Risultati della caratterizzazione dei frammenti di affresco dalla villa della piscina, stanze della zona termale”.

	1	2	3	4	M	1	6	7	8	9	M	1	2	3	4	M	3	LEAD ER
<b>WP1: Costruzione, consolidamento e condivisione</b>																		<b>RM2</b>
Task 1.1 - Contesto storico		Ⓜ	X	X	X	Ⓜ												RM2
Task 1.2 - Contesto socio-economico				X	X	Ⓜ	X	X	X					Ⓜ				RM3
Task 1.3 – Comunicazione e disseminazione		Ⓜ	X		X	X				Ⓜ			Ⓜ				Ⓜ	RM1
<b>WP2: Analisi e diagnostiche chimico-fisiche</b>																		<b>RM3</b>
Task 2.1 – Spettroscopia ottica		X	X	Ⓜ	X	X	X	X	X	Ⓜ							Ⓜ	ENEA
Task 2.2 – SM, SIMS e tecnologie chimiche di analisi					X	Ⓜ	X	X	X	Ⓜ							Ⓜ	RM3
Task 2.3 – Microscopia avanzata e nano-ingegneria		X	X	X	X	X	Ⓜ	X	X	Ⓜ							Ⓜ	RM1
Task 2.4 – Analisi genetiche, biochimiche e microbiologiche				X	X	Ⓜ	X	X	Ⓜ								Ⓜ	RM3
Task 2.5 – Diagnostica per immagini			X	X	X	X				Ⓜ							Ⓜ	RM2
<b>WP3: Large scale facilities</b>																		<b>INFN</b>
Task 3.1 – Spettroscopia IR con Luce di Sincrotrone		X	X	Ⓜ	X	X	X	X	X	Ⓜ							Ⓜ	INFN
Task 3.2 – Spettroscopia PIXE con fascio di protoni				X	X	Ⓜ	X	Ⓜ	X								Ⓜ	ENEA
Task 3.3 – Valutazione di tecniche neutroniche			X	X	X				X	Ⓜ			Ⓜ				Ⓜ	RM3
<b>WP4: Analisi e diagnostiche in situ e remote</b>																		<b>CNR</b>
Task 4.1 – Imaging LIF remoto		X	X	Ⓜ	X	X	X	X	X	Ⓜ							Ⓜ	INFN
Task 4.2 – Imaging e stratigrafia mediante THz ed NMR				X	X	Ⓜ	X	X	Ⓜ								Ⓜ	ENEA
Task 4.3 – Diagnostica su fibre di cellulosa e pergamene		X	X	Ⓜ	X	X	X	X	Ⓜ								Ⓜ	RM2
Task 4.4 – Diagnostica di manufatti metallici					X	Ⓜ				Ⓜ							Ⓜ	RM1
Task 4.5 – Uso dei laboratori mobili LANDA, DICMA e ICVBC		X	X	Ⓜ	X	X	X	X	X	Ⓜ							Ⓜ	CNR
Task 4.6 – Diagnostiche strutturali acustiche e termografiche		X	X	Ⓜ	X	X	X	X	Ⓜ								Ⓜ	CNR
<b>WP5: Analisi materiali e valutazione trattamenti</b>																		<b>TUS</b>
Task 5.1 – Verifica di trattamenti su lapidei e lignei		X	X	Ⓜ	X	X	X	X	Ⓜ								Ⓜ	TUS
Task 5.2 – Sviluppo e validazione di metodi per bronzi, altri materiali		X	X	Ⓜ	X	X	X	X	Ⓜ								Ⓜ	RM3
Task 5.3 – Caratterizzazione di materiali nanostrutturati				X	X	Ⓜ	X	X	Ⓜ								Ⓜ	RM1
<b>WP6: Sistemi di monitoraggio ambientale</b>																		<b>RM1</b>
Task 6.1 – Modellistica per simulazione di degrado ambientale			X	X	X	X	X	X	Ⓜ								Ⓜ	RM1
Task 6.2 – Monitoraggio della formazione di efflorescenze					X	X	Ⓜ	X	Ⓜ								Ⓜ	TUS
Task 6.3 – Modellistica per simulazione di biodegrado				X	X	X	X	X	Ⓜ								Ⓜ	CNR
Task 6.4 – Diagnostiche spettroscopiche su biodegrado		X	X	X	X	X	Ⓜ	X	X	X			Ⓜ				Ⓜ	RM1
Task 6.5 – Sensori FBG per monitoraggio ambientale		X	X	Ⓜ	X	X	X	X	Ⓜ								Ⓜ	ENEA
Task 6.6 – Nanosensori per monitoraggio ambientale				X	X	Ⓜ	X	X	Ⓜ								Ⓜ	RM3
<b>WP7: Bioarcheologia, antropologia e biologia amb.</b>																		<b>RM1</b>
Task 7.1 – Archeobotanica					X	X	X	X	Ⓜ								Ⓜ	RM2
Task 7.2 – Antropologia e archeozoologia			X	X	X	X	X	X	Ⓜ								Ⓜ	RM2
Task 7.3 – Biologia Ambientale		X	X	X	X	Ⓜ	X	X	Ⓜ								Ⓜ	RM3

<b>Legend</b>	
Ⓜ	Deliverable
Ⓜ	Intermediate Deliverable
Ⓜ	Project Meeting
Ⓜ	Conference

Figura 1 - Diagramma di Gantt di ADAMO, aggiornato al termine del secondo trimestre. Attività svolte evidenziate in rosso

Per quanto riguarda il personale assunto sul progetto tutti gli AR previsti avevano già preso servizio, come pure un contrattista a Uniroma1, a questi si è aggiunto altro personale a contratto come dettagliato nella Tabella 1 sottostante.

*Tabella 1 – Personale assunto con contratti sul progetto: è specificata l’istituzione, la tipologia di contratto, l’attività prevalente, la data d’inizio e la durata prevista*

Nome e Cognome	Istituzione	Tipologia	Attività (task)	Data inizio e durata
Lucilla Pronti	INFN	AR	Task 3.1 e task 4.1	2/01/2019 12 mesi
Marco Sbroscia	UniRoma3	AR	Task 2.1, task 4.4 e task 4.5	1/02/2019 12 mesi
Sandra Leonardi	UniRoma2*	AR	Task 1.1, task 1.2 e task 1.3*	15/01/2019 12 mesi
Michele Pigliucci	UniRoma2*	AR	Task 1.1, task 1.2 e task 1.3*	15/01/2019 12 mesi
Alessandro Fessina	UniRoma2*	AR	Task 1.1, task 1.2 e task 1.3*	15/01/2019 12 mesi
Maria Federica Caso	ENEA	AR	Task 4.1, task 5.2 e task 6.4	29/03/2019 12 mesi
Luca Lanteri	UniTuscia	AR	Task 5.1, task 5.2 e task 5.3	1/04/2019 12 mesi
Margherita Vendittelli	UniRoma1	Contratto di collaborazione	Task 4.5	1/03/2019 2 mesi
Cristina Cicero	UniRoma1	Contratto di collaborazione	Task 4.3	25/03/2019 3 mesi
Mohammad Sharbaf	UniRoma1**	AR	Task 6.1, 6.2	1/05/2019 12 mesi

(\*) Gli AR di UniRoma2 sono impegnati su tutte le attività di UniRoma2 nell’ambito del DTC, non esclusivamente sul progetto ADAMO, in particolare anche sul progetto EcoDigit e sull’Anagrafe delle Competenze.

(\*\*) L’AR Sharbaf è impegnato anche nelle attività del Progetto SISMI

A seguire il sunto delle attività svolte per ciascun WP (con indicazione dei partner partecipanti, in neretto il principale responsabile della singola azione). Il dettaglio viene fornito solo per le attività che non hanno rilasciato deliverable in questo trimestre, per le altre si rimanda ai dettagli riportati negli allegati alla presente relazione.

## **WP1 – Costruzione, consolidamento e condivisione**

### **Task 1.1 – Il contesto storico**

Il Task 1.1, così come riportato nel SAL1, ha prodotto come risultato l'individuazione dell'area di studio ("PRIMA INDIVIDUAZIONE AREA DI STUDIO" - *allegato n.1* al SAL1) entro la quale ricadono i siti scelti per l'applicazione delle tecnologie di analisi, diagnostica, monitoraggio per la conservazione e il restauro dei beni culturali. Già al SAL2 il task è stato completato riportando gli ultimi risultati nell'allegato congiunto del T1.1 e T1.2.

### **Task 1.2 – Il contesto socio-economico**

L'obiettivo generale del lavoro svolto da **UniRoma2** (RM3 ha concluso il suo apporto nel SAL2) attuato in questo trimestre è quello relativo alla costruzione di una strategia di valorizzazione d'area per il complesso delle risorse legate ai beni culturali e in particolare per i siti individuati nel progetto.

L'obiettivo strategico generale per l'area si inquadra nello sviluppo e gestione dell'impresa parco integrato Appia-Castelli e include la valorizzazione del turismo ricettivo, la fruizione del paesaggio naturale e del paesaggio storico-archeologico, la gestione integrata della risorsa idrica potabile e l'implementazione del sistema integrato istruzione - ricerca - alta sperimentazione.

L'applicazione della metodologia STeMA all'area di studio ha prodotto una serie di mappe che costituiscono passaggi di costruzione del processo valutativo e/o mappe di sintesi. Attraverso l'analisi dei risultati è possibile fornire una lettura degli aspetti socioeconomici del territorio utili alla valorizzazione (All.T1.2).

In generale, dall'insieme delle mappe esemplificative riportate e considerando quanto già emerso nel SAL2, è possibile anticipare, al di là del completamento della valutazione ex ante in corso, la vocazione dell'area come la più atta ad accogliere azioni legate all'economia della scienza e della conoscenza e, dunque, del turismo scientifico, attualmente non valorizzato nel sistema metropolitano romano.

L'area di studio, infatti ha offerto una serie di spunti interessanti su cui RM2 ha posto la sua attenzione per arrivare alla realizzazione del piano di valorizzazione turistica. Dalla letteratura analizzata, confermata da quanto si evince dalle mappe realizzate e allegate, si delineano tre sotto aree da collegare tra loro per i fini turistici:

- Area centrale romana - un'area interna corrispondente al centro storico che si spinge fino alle mura aureliane;
- Area intermedia – un'area di insediamento consolidato e periurbano che dalle mura aureliane arriva oltre il Comune di Roma e fino al confine esterno dell'area dei Castelli romani;
- Area esterna – fascia esterna in cui ricadono anche i comuni del Parco dei Castelli romani che rientrano nell'area di ADAMO.

Dalla preliminare analisi dedotta dallo studio dei dati demografici comparati e sovrapposti ai risultati ottenuti dalle mappe realizzate con STeMA si rileva un livello di antropizzazione decisamente elevato che accoglie, oltre a centri e insediamenti storici ricchi di testimonianze di grande pregio, un altro livello di

diffusione insediativa che caratterizza anche buona parte del territorio agricolo delle pendici del vulcano laziale.

Dunque, oltre al ricchissimo patrimonio storico e naturalistico, l'area ADAMO denota una vocazione culturale di tutto rispetto tale da poter costituire un modello di sviluppo e di investimento. Da questa analisi iniziale si può ipotizzare che le tre sotto aree possono ambire, interrelate tra loro, a diventare il terzo polo culturale, tecnico-scientifico e formativo (anche internazionale) della Città metropolitana di Roma Capitale.

Le 17 mappe tematiche dei servizi territoriali e delle infrastrutture realizzate (v. allegato) confermano le potenzialità dell'area. Un'ulteriore riprova rispetto alle prime ipotesi è data dalle competenze distinte territoriali risultanti dalla struttura del paesaggio, dal tessuto produttivo del territorio, dalla presenza di livelli di concentrazione e di specializzazione produttiva e, infine, dalla presenza di produzioni tipiche.

Relativamente alle imprese si segnala che il livello di internazionalizzazione nel suo complesso risulta essere modesto, fatta eccezione per le relazioni e gli scambi attivati dalla presenza dell'Università di Tor Vergata, dall'ESA-ESRIN, ASI, ENEA, CNR e INFN.

Seguendo questa prospettiva, e cercando di individuare una progettualità innovativa che rispetti in pieno le vocazioni socio economiche dell'area ADAMO, è possibile ipotizzare una proposta di valorizzazione che si basi su processi di eduntainment, learning by doing, di integrazione e attivazione di percorsi turistici legati alla scienza mediante l'utilizzo di linguaggi differenti, atti a valorizzare non solo il patrimonio e i beni culturali in se ma anche le procedure e le tecnologie che il team ADAMO nel suo complesso ha messo in campo.

### **Task 1.3 – Comunicazione e disseminazione**

Le attività di comunicazione sono proseguite sul sito di progetto appositamente realizzato nel semestre precedente [progettoadamo.enea.it](http://progettoadamo.enea.it) in particolare con il costante aggiornamento dei risultati delle attività e la segnalazione degli eventi di rilievo per il progetto. Quest'ultima è stata prontamente rimbalzata anche sul sito del DTCLazio.

Ulteriori attività di disseminazione, previste a fine progetto, sono state anticipate per renderle compatibili con le date di svolgimento di eventi scientifici nazionali e internazionali a cui i partecipanti sono stati inviati, i dettagli sono riportati nel #4 della presente relazione. Si richiamano in questo paragrafo solo quelle relative all'intero progetto evidenziando il ruolo dei partecipanti:

NANOINNOVATION 2019 – La dott.ssa R.Fantoni ENEA ha organizzato su invito di UNIRM1 la sessione **“Diagnostics and nanotechnologies for cultural heritage”** nell'ambito del Workshop “Nanotechnologies and nanomaterials for cultural heritage” con presentazione del progetto ADAMO e di suoi risultati ottenuti da ENEA, UniRM1, UniTus e CNR.

Per favorire la successiva internazionalizzazione delle attività di progetto, al workshop è stato invitato un gruppo dell'Università Pablo De Olavide di Siviglia (UPO) che ha presentato in collegamento via rete un contributo intitolato: New Nanomaterials for the Conservation of Historic Limestone Buildings (autori Pilar Ortiz, Javier Becerra Luna). Lo svolgimento di questo workshop costituisce la seconda deliverable anticipata del T3.1 (vedi lista).

I partecipanti al T3.1, e in particolare **ENEA** con il suo gruppo di Relazioni esterne, si sono inoltre fatti carico di raccogliere su ciascun sito materiale fotografico per documentare l'attività svolta e metterla a disposizione per la realizzazione congiunta del docufilm finale.

**ENEA** ha invitato il gruppo di RAI3 ad effettuare riprese nella Basilica di San Nicola in Carcere durante misure in situ. Le riprese sono state trasmesse durante la rubrica Grand'Arte del TGR del 24/05/2019. Il link al filmato (video) è disponibile sul sito di progetto. <http://progettoadamo.enea.it/photogallery/>. Sono state inoltre concordate riprese presso ENEA Frascati per il programma FUTURO 24 di RAINNEWS24 per il mese di luglio, relativamente alle tecnologie laser sui Beni Culturali dimostrate in ADAMO.

Si segnala inoltre che la responsabilità del T1.3 passa da UniRM1 ad ENEA nella persona della dott.ssa Roberta Fantoni.



## WP2 – Analisi e diagnostiche Chimico-fisiche

### Task 2.1 – Analisi con Spettroscopia ottica

Come nei trimestri precedenti, l'attività di questo task è stata interamente svolta su frammenti di affresco romano dalla Villa della Piscina di Centocelle, Roma.

Per quanto riguarda le diagnostiche Raman di laboratorio effettuate da **UniRM3** è stata completata l'elaborazione dei dati e i risultati, assieme a quelli dell'FT-IR nel T3.1 sono stati discussi con la responsabile del sito per la Sovrintendenza Capitolina e le archeologhe che hanno lavorato agli scavi in un workshop appositamente organizzato a **UniRM3** il 16/05/2019, con la partecipazione del Tutor di Lazio INNOVA Edoardo Lampis.

Questi risultati, congiuntamente a quelli sugli altri task pertinenti (T3.1, T4.3, T5.2) sono stati oggetto di due presentazioni alla conferenza internazionale TECHNART (Bruges (B) 4-8 maggio 2019 e sono oggetto di una pubblicazione congiunta in preparazione (titolo: Multi-analytical non-destructive investigation for the reconstruction of decorative apparatuses of "Villa della Piscina" in Rome – autori di UniRM3, INFN, ENEA, CNR, archeologhe, sovrintendenza Capitolina), che sarà sottomessa al Microchemical Journal entro il 31 agosto 2019.

Al WS sono stati presentati anche i risultati di **ENEA** relativi alla caratterizzazione di frammenti di affresco mediante spettroscopia THz-TDS, utilizzando il sistema di laboratorio disponibile in Casaccia e misure LIBS, mediante il sistema di laboratorio per microanalisi disponibile a Frascati, che hanno fornito informazioni sulla stratificazione dei campioni e sulla tecnica di esecuzione degli affreschi, oltre che sui materiali utilizzati per i substrato e come pigmenti.

Per quanto riguarda le misure LIBS di laboratorio, queste sono state eseguite su un campione caratteristico (campioni: 17, 35, 31 e 21) di ciascuno dei quattro gruppi di frammenti identificati dalle archeologhe nei locali delle terme della Villa (risalenti alla prima metà del II secolo dC). I risultati preliminari (ottenuti sui campioni 21 e 31), ottenuti in combinazione con il PIXE (T3.2), hanno permesso di risolvere due questioni rimaste aperte dall'analisi Raman e di fluorescenza della superficie affrescata: a) la rivelazione di biossido di titanio, b) la presenza diffusa di piombo (rivelato dall'XRF). Mediante l'ottima correlazione osservata sui colori chiari fra la stratigrafia del titanio e dell'alluminio (che hanno concentrazione massima in superficie) è stata confermata la presenza del biossido di titanio nella caolinite utilizzata come schiarente. Viceversa la quantità di piombo è risultata confrontabile sia su tutti strati esaminati che per tutti i colori su cui è stata eseguita la misura LIBS, pertanto se ne conclude che si tratta di una impurezza diffusa legata ai materiali utilizzati nel substrato (calcite) (all.T2.1).

I risultati delle analisi LIBS/PIXE sono stati presentati nel corso della relazione su invito "Diagnostiche di Spettroscopia Atomica con possibilità di Stratigrafia sui Beni Culturali – applicazioni nel progetto ADAMO" tenuta da R. Fantoni alla conferenza SISN Roma 26/6/2019.

Inoltre un contributo orale è stato approvato per la presentazione alla conferenza interazionale EMSLIB 2019 che si terrà a Brno 8-13/09/2019 (titolo: Complementary characterization of ancient Roman frescoes by PIXE and LIBS techniques - autori: R. Fantoni, V. Lazic, M. Vadrucchi, et al.).

## **T2.2 - Spettrometria di massa, SIMS, e tecnologie chimiche di analisi.**

Il Laboratorio Analisi Superfici, INFN - **UniRM3**, ha realizzato lo studio di campioni di cuoio dorato e dipinto provenienti dal Palazzo Chigi di Ariccia e datati al XVII secolo, attraverso un approccio multitecnica, in collaborazione con **UniRM1**. Diverse tecniche analitiche sono state impiegate per poter ottenere precise informazioni a differente scala. In particolare, i campioni sono stati analizzati mediante MA-XRF (macro X-ray fluorescence), ATR-FTIR (Attenuated Total Reflectance-Fourier transform infrared spectroscopy) e mediante bombardamento ionico a bassa energia ToF-SIMS (time of flight secondary ion mass spectrometry). Particolare attenzione è stata rivolta alla spettrometria ToF-SIMS, tecnica di analisi di superficie, che permette di individuare e localizzare contemporaneamente la presenza di composti inorganici e organici difficili da identificare mediante l'impiego di tecniche analitiche convenzionali.

L'approccio multitecnica utilizzato per studiare i campioni di cuoio dorato e dipinto provenienti dal Palazzo Chigi di Ariccia, ha permesso di ottenere informazioni sui materiali costitutivi (supporto in cuoio, foglia d'argento, vernice dorata e strati dipinti – in particolare il blu con indaco e il verde con coloranti a base di rame), tecnica di produzione (fissaggio delle lamine e dei coloranti sul cuoio) e sui prodotti di degrado. La spettrometria ToF-SIMS è stata principalmente impiegata come tecnica di analisi superficiale per l'identificazione e localizzazione di composti organici e inorganici. Inoltre, sebbene a diversa scala, la spettroscopia infrarossa (ATR-FTIR) ha fornito interessanti informazioni di supporto alle indagini ToF-SIMS. Infine, l'analisi MA-XRF è stata cruciale per confermare per aree più ampie le considerazioni fatte a scala micrometrica sui componenti inorganici. I risultati sono riassunti nel rapporto allegato [\[all.T2.2\]](#).

I risultati preliminari del suddetto lavoro sono stati sottomessi (titolo: Exploring manufacturing process and degradation products of gilt and painted leather – autori: M. Iorio, V. Graziani, S.A.B. Lins, S. Ridolfi, P. Branchini, A. Fabbri, G.M. Ingo, G. Di Carlo, and L. Tortora – collaborazione UniRM3, UniRM1, CNR e impresa Ars Mensurae) per la pubblicazione sulla rivista scientifica "Applied Science-MDPI" come invited paper per lo special issue "Applications of Surface Science Methods in the Field of Cultural Heritage.

## **T2.3 – Tecniche di microscopia avanzata e nanoingegneria.**

A **UniRoma3** sono state effettuate indagini su alcuni campioni di frammenti di affresco della Villa della Piscina con i seguenti obiettivi:

- Valutazione della possibilità di utilizzare tecniche e metodologie della Scienza e Tecnologia dei Materiali allo studio di campioni di interesse storico/archeologico;
- Misura degli spessori degli strati superficiali di un affresco (FIB cross-section);
- Mappatura delle proprietà meccaniche di diverse malte (Nanoindentazione ad alta velocità);
- Analisi chimica semi-quantitativa degli elementi presenti nelle diverse malte (SEM-EDS).

I risultati ottenuti, descritti in dettaglio nell'allegato rapporto [\[all.T2.3\\_1\]](#) hanno permesso di correlare su scala sub-micrometrica la morfologia superficiale con le proprietà meccaniche (modulo elastico) e con gli elementi chimici presenti in entrambi i campioni testati.

*Campione 23 Gruppo 4:* tre diverse fasi meccaniche sono state individuate nella zona inferiore (modulo elastico: 15, 19 e 34 GPa), mentre nella zona superiore le quattro fasi discriminate hanno mostrato valori molto diversi (modulo elastico 39, 52, 67 e 69 GPa). Ciò conferma l'estrema eterogeneità dei materiali in

profondità. Anche gli elementi chimici osservati sono risultati diversi tra zona superiore e inferiore: ossido di Magnesio, ossido di Alluminio e ossido di Al-Si nella zona superiore, alluminati di calcio e silicato di alluminio nella regione inferiore.

*Campione 17 Gruppo 2:* quattro fasi con valori di modulo elastico molto elevati sono state individuate nella regione inferiore mentre sono stati misurati valori più bassi per le fasi rilevate nella regione superiore. Per quanto riguarda l'analisi chimica, nella zona superiore sono stati identificati silicato di ossido di alluminio e Magnesio, composti di ossido di Calcio, SiO<sub>2</sub> e Si-Al nella regione inferiore.

Le attività di microscopia avanzata presso **UniRoma1** sono state effettuate in collaborazione con **ENEA**, nell'ambito dello studio del Biodegrado e Studi di Micro-Biologia a seguito di trattamenti di cura con Radiazioni Ionizzanti eseguiti su pergamene [all.T2.3\_2] e su cuoi da parati [all.T2.3\_3]. Si tratta quindi di attività a cavallo tra i task T2.3 e T2.4.

*Caratterizzazione AFM della pergamena* - Le analisi sono state condotte (Dipartimento di Ingegneria Astronautica Elettrica ed Energetica dell'Università Sapienza di Roma, Prof. Giovanni De Bellis) con un Microscopio a Forza Atomica (AFM) Bruker, Dimension Icon, assistito da un controller Nanoscope V, e con un Bruker Multimode AFM, equipaggiato con un controller Nanoscope III utilizzando per entrambi la modalità operativa cosiddetta "tapping". Gli strumenti sono stati equipaggiati con punte Bruker, RTESP 300 con frequenza di risonanza di circa 300 kHz. Le acquisizioni sono state fatte su aree che vanno da 1 µm a 10 µm con una velocità di scansione di circa 0,5/1 Hz sul lato cosiddetto "carne" del foglio membranaceo. La possibilità di effettuare analisi su campioni senza la necessità di un particolare trattamento (come avviene ad esempio nella microscopia elettronica) rendono la tecnica particolarmente utile nel campo della diagnostica per i beni culturali. Nello specifico della caratterizzazione della pergamena, attraverso l'utilizzo di questa tecnica è possibile condurre una valutazione sull'integrità del networking fibrillare e sulle variazioni indotte sulla sua struttura ordinata, tipica della molecola di collagene, in funzione della dose di irraggiamento.

*Caratterizzazione SEM della pergamena* - L'analisi microscopica è stata eseguita utilizzando un Microscopio elettronico a scansione a emissione di campo (FE-SEM), modello Zeiss Auriga, disponibile presso il laboratorio di Nanoscienze e Nanotecnologie della Sapienza (SNN-Lab) su campioni di pergamena rivestiti con un coating di Cr di 30 nm. Le immagini presentate sono state acquisite con una tensione di accelerazione di 3 keV, utilizzando ingrandimenti da 1 kX a 50 kX, sul campione non trattato e sui campioni della stessa pergamena trattati con diversi irraggiamenti (100 Gy, 200 Gy, 350 Gy, 700 Gy, 1000 Gy e 3000 Gy). Lo scopo principale della caratterizzazione è stato la valutazione delle differenze nella morfologia superficiale, nella struttura ordinata della rete fibrillare e nella struttura periodica della singola fibrilla, eventualmente indotte dal trattamento di irraggiamento.

I risultati dello studio sono stati presentati a due conferenze internazionali:

- Technart 2019 (Bruges, 7-10 Maggio 2019), presentazione poster dal titolo "Assessing the irradiation-driven restoration of biodeteriorated parchments through AFM and SEM" (G. De Bellis)
- Nanoinnovation 2019 (Roma, 11-14 Giugno 2019), presentazione poster dal titolo "Nanoscale evaluation of the effect of X-rays irradiation on parchment artefacts through AFM and SEM" (G. De Bellis)

*Caratterizzazione SEM di cuoi da parati* - Le micrografie SEM su campioni delle tre tipologie: 1) Olandese; 2) Veneziano; 3) Spagnolo, sono state eseguite sia sul lato con pigmento che su lato del campione a contatto con l'intonaco di parete (campioni a perdere). L'analisi elementare a dispersione di fotoni X,

eseguita sul solo lato dei pigmenti, ha permesso di rilevare la presenza di silicio, calcio, alluminio su tutti i campioni, di rame (probabilmente in forma di ossido) sia sul campione olandese che su quello spagnolo e di argento soltanto sul campione di cuoio olandese (lato pigmentato). I risultati saranno confrontati con quelli ottenuti mediante PIXE (vedi T3.2) su campioni della medesima tipologia.

#### **T2.4 - Analisi genetiche, biochimiche e microbiologiche**

Il gruppo di **UniRM1** ha eseguito studi di microbiologia su campioni di cuoio da parati, dal Palazzo Chigi di Ariccia. Il cuoio (come la pergamena, è un derivato dalla pelle animale e quindi maggiormente composto da collagene di Tipo I. Esso (differentemente dalla pergamena) si ottiene tramite un processo di “concia” della pelle animale tale da renderla imputrescibile e che funge da “stabilizzatore” dei processi di deterioramento della molecola di collagene. Nello specifico i cuoi provenienti da palazzo Chigi sono stati utilizzati nel XVII secolo come parati da rivestimento per le mura delle stanze del palazzo e per questo erano riccamente decorati con impressioni ad oro e argento e dipinti. Lo studio è stato intrapreso per caratterizzare il danno indotto da raggi X (**ENEA** Frascati) sulla stabilità strutturale della molecola di collagene al fine di determinare la loro eventuale applicabilità come trattamento di disinfezione nei casi di manufatti affetti da bio-deterioramento. I risultati sono riportati nel rapporto allegato **[T2.4\_1]**.

*Caratterizzazione microscopica del cuoio*- sono state utilizzate le tecniche descritte al punto T2.3 dal medesimo gruppo di UniRM1.

*Caratterizzazione microbiologica del cuoio* - La validazione del metodo di disinfezione mediante la sorgente di raggi X e l'individuazione della dose soglia in grado di inibire la crescita batterica sugli stessi campioni di cuoio affetti da bio-deterioramento è stata effettuata tramite una caratterizzazione microbiologica (Dipartimento di Biologia e Biotecnologie C. Darwin, Università Sapienza, Prof. D. Uccelletti). Sono stati effettuati campionamenti prelevando, mediante l'uso di tamponi sterili, campioni batterici su porzioni di cuoio che presentavano decorazioni di origine spagnola.

Le culture batteriche sono state fatte crescere a 30°C e sono state piastrate su appositi terreni “agarizzati” che hanno reso possibile l'isolamento in base alle diverse morfologie delle colonie batteriche. I batteri formanti tali colonie sono stati poi identificati attraverso l'amplificazione del DNA ribosomale 16s e successivamente sequenziati. Il sequenziamento ha permesso di identificare diversi microrganismi, tra cui il batterio Gram-positivo *Bacillus cereus* e il Gram-negativo *Massilia timonae*. In letteratura diversi studi descrivono come le due specie batteriche siano coinvolte nel processo di deterioramento di beni culturali.

*Caratterizzazione della denaturazione del cuoio* - Sono stati condotti studi sulla caratterizzazione della temperatura di denaturazione della molecola di collagene costituente il cuoio (Dipartimento di Ingegneria Industriale, **UniRM2**, Prof. F. Mercuri) in funzione della dose di irraggiamento tramite la tecnica Light Transmission Analysis (LTA) ed uno studio tramite Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) in modalità ATR (Attenuated Total Reflectance) (Dipartimento di Scienze e Tecnologie Chimiche, **UniRM2**, Prof. C. Mazzuca) per caratterizzare il livello di idrolisi/gelatinizzazione del collagene dei cuoi trattati.

I risultati saranno oggetto di una prossima pubblicazione sulla rivista International Journal of Biodeterioration and Biodegradation: M. Vadrucci, C. Cicero, F. Borgognoni, G. De Bellis, C. Mazzuca, F. Mercuri, N. Orazi, E. Schifani, D. Uccelletti, Effects of the ionizing radiation disinfection treatment on historical leather.

Le attività di **UniRoma3** hanno riguardato Villa Mondragone e in particolare la Fontana della Girandola, la Fontana del Drago e il Giardino segreto. I rilievi sul biodegrado (all.T2.4\_2) sono stati eseguiti in collaborazione con **UniTus**, mentre la caratterizzazione dell'ecologia dei sistemi è eseguita da **UniRm3** (all.T2.4\_3). Purtroppo alcune zone non sono accessibili, perché pericolanti.

Per quanto riguarda la Fontana della Girandola sono state effettuate le seguenti osservazioni:

- Sulla superficie perimetrale è presente un colore superficiale 'giallo Napoli', differente rispetto al colore rosato visibile sotto la rete metallica, di possibile origine biogena.
- La guaina bituminosa del fondo vasca risulta staccata in più punti e su di essa si è stabilita una diffusa vegetazione; la determinazione delle specie rappresentate non è stata possibile a causa dell'inaccessibilità al piano fondo vasca.
- Sulle pareti della vasca principale è presente una diffusa colonizzazione di colore rosa e nero, nella quale si possono riconoscere muschi inglobati in una matrice complessa dominata da cianobatteri e che con ogni probabilità ospita anche batteri, alghe unicellulari e funghi.
- Sul piano calpestabile della fontana è presente un fitto e soffice tappeto di muschi nei quali troviamo peresempio *Tortula muralis* Hedw., *Bryum capillare* Hedw e *Grimmia pulvinata* (Hedw.) Sm.
- Tutt'intorno alla vasca centrale sono presenti diffuse colonie di cianobatteri appartenenti al genere *Nostoc*. Il parapetto della vasca presenta una copertura pressoché continua dominata da muschi frequentemente associati a *Cladonia pyxidata* (L.) Hoffm. - le coppe risultano colonizzate prevalentemente da fototrofi (alghe e/o cianobatteri).

Nella metà superiore della vasca della Fontana del Drago l'intonaco, ove presente, risulta fortemente ammalorato, frammentato e friabile. Esso presenta ampie colonizzazioni di licheni crostosi sulla superficie a conferma del fatto che da lungo tempo la fontana risulta inattiva. Sotto l'intonaco infiltrato sono visibili colonizzazioni di fototrofi e molluschi gasteropodi ma non si esclude che la comunità casmoendolitica non sia ben più complessa. La superficie brulica di acari bruni, traslucidi e di *Balaustium* cfr. *murorum*. Sul parapetto della vasca principale troviamo una netta prevalenza di licheni crostosi e qualche lichene foglioso, più rare le colonizzazioni di muschi.

Nel Giardino segreto, la piccola edicola in marmo di Carrara decorata a mosaico è l'unico elemento preso in considerazione per un eventuale restauro. L'intervento grossolano di riempimento delle ampie lacune rimaste prive di tessere ha determinato un aumento della biorecettività della superficie, ciò ha facilitato la colonizzazione da parte di funghi neri meristemati ed altri funghi filamentosi neri probabilmente del genere *Cladosporium*. Le colonne, caratterizzate da una colorazione residua celeste e da una notevole l'erosione biogena, risultano colonizzate da un'unica specie lichenica (*Dirina massiliensis* Durieu & Mont). Non è stato invece possibile determinare le colonizzazioni presenti sul timpano modanato.

## **T2.5 – Diagnostica per immagini: RX, Riflettografie, UV, TC**

Il responsabile del task Prof. G.B. Fidanza (**UniRoma2**) ha svolto il prezioso ruolo di tramite con il direttore del Museo di Palazzo Chigi di Ariccia, coordinando assieme al responsabile del WP4 l'esecuzione delle campagne in situ e anche gli incontri per i prelievi di campioni da esaminare in laboratorio nel WP2 e WP3. L'attività è proseguita per i rilievi eseguiti nel mese di giugno e la pianificazione degli ultimi per l'inizio di

ottobre. Per quanto riguarda il task specifico a **UniRoma2** è stata confermata la pianificazione di TAC a settembre 2019 su dipinti di Palazzo Chigi di Ariccia, da trasportare presso la facility disponibile a UniRoma2 (Policlinico Tor Vergata).

## WP3 – Analisi mediante large scale facilities

### Task 3.1 – Spettroscopia IR mediante luce di Sincrotrone

Presso **LNF-INFN** sono proseguite le indagini ottiche e spettroscopiche non distruttive di laboratorio mediante le facilities accessorie a DAFNE.

- ✓ Frammenti di affresco della Villa per supportarne l'attribuzione su base storica a differenti stanze. Nel trimestre di riferimento è stata eseguita la ripetizione delle analisi su più punti per migliorar la statistica, nello specifico sono stati analizzati un totale di 40 frammenti di affresco attraverso analisi di spettroscopia IR. Il post-processing dei dati ha previsto l'utilizzo di analisi statistiche, come Principal Component Analysis (PCA) e cluster analysis, per cercare delle somiglianze di composizione chimica tra i vari frammenti analizzati. L'elaborazione dei dati è ancora in corso. I risultati ottenuti sulla tavolozza di pigmenti sono stati oggetto di presentazione congiunta con UniRM3 a TECHNART e sono in corso di pubblicazione (v. T2.1).
  
- ✓ Palazzo Chigi Ariccia: sono stati analizzati i risultati delle misure spettroscopia IR in situ già eseguite delle misure sulla Sanguigna del Bernini, e sui Quadri di Mario dei Fiori e Andrea Sacchi. I risultati dell'attività sono stati riportati nel lavoro già presentato alla Convegno tematico della AIAR (Reggio Calabria 27-29 marzo), e sono oggetto della pubblicazione "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)" (congiunta INFN, UniRM2, ENEA, IC-CNR) sottomessa il 30 giugno alla rivista Heritage.
  
- ✓ Chiesa di S. Nicola in Carcere, Roma: Campagna addizionale di misure in situ: 25/06/2019.
  - Misure di spettroscopia infrarossa tramite FT-IR portatile in situ su affresco di Vincenzo Pasqualoni sulla parete dell'abside. Caratterizzazione dei materiali pittorici, eventuali consolidanti superficiali e materiali utilizzati per precedenti restauri
  - Integrazione dei risultati con quelli ottenuti dal prototipo LIF, realizzato nell'ambito del task 4.1 dal gruppo INFN-Tor Vergata, e il sistema di imaging TR-LIF dell'ENEA.La combinazione delle due tecniche ha supportato l'ipotesi di utilizzo di consolidanti acrilici per quanto riguarda la parte inferiore dell'abside. Sono presenti inoltre ritocchi bianchi a base di Bianco di Zinco (ZnO) oltre ad evidenziare le zone non interessate dal consolidante superficiale. I risultati dell'intera attività di caratterizzazione dei materiali nell'affresco, assieme a quelli ottenuti dai gruppi **INFN-TorVergata** ed **ENEA** (XRF, Raman, TG-LIF) nel WP4, sono oggetto di un lavoro congiunto in fase di stesura, che vede anche la partecipazione della Sovrintendenza Capitolina e dell'impresa di restauro Euresarte, intitolato tentativamente "Improvement of selectivity to identify the pictorial materials by using remote fluorescence imaging: Allegoria of Vincenzo Pasqualoni of S. Nicola in Carcere, in Rome".

### **T3.2 – Misure PIXE**

Grazie al coinvolgimento personale della responsabile **ENEA** di questo task, dott.ssa Monia Vadrucci, è proseguita la disponibilità degli acceleratori lineari di elettroni, come generatori di raggi X, del laboratorio APAM di ENEA per esperimenti di disinfestazione da microorganismi, con applicazione sia su pergamene (v. T4.3) che su cuoi da parati (v. T2.3 e T2.4). I principali risultati ottenuti e le deliverable rilasciate sono richiamati nei task di pertinenza principale.

Nel trimestre di riferimento sono arrivati i componenti per l'up-grading del sistema PIXE di **ENEA** Frascati e sono stati testati e calibrati sull'acceleratore TOP-IMPLART, l'operazione si è quindi conclusa. E' inoltre proseguita l'analisi e la quantificazione delle misure eseguite misure di caratterizzazione mediante il sistema PIXE disponibile presso LABEC-INFN su:

- ✓ Frammenti di affreschi dalla Villa della Piscina, Centocelle Roma.  
Analisi PIXE con fascio di protoni da 3 MeV su frammenti di affresco della Villa della Piscina Le analisi hanno confermato la diffusa presenza di modeste quantità di piombo, a prescindere dal colore esaminato.
- ✓ Frammenti di cuoi da parati dipinti da Palazzo Chigi Ariccia, Ariccia (RM).  
Analisi PIXE con fascio di protoni da 3 MeV su frammenti di parati in cuoio del Palazzo Chigi Ariccia, Ariccia (RM). Si è effettuata la caratterizzazione dei pigmenti di campioni di cuoio di origine spagnola, olandese e veneziana. Sono state ottenute informazioni principalmente sui metalli utilizzati per argentatura (Ag) e doratura (Cu, Ni). Mentre è stato rilevato piombo utilizzato nel processo di lavorazione e Ferro/Manganese come terra d'ombra per i contorni nei dei motivi decorativi.

E' stato prodotto un rapporto **(all.T3.2)** che riporta i principali risultati ottenuti sulle due tipologie di campioni.

I risultati delle misure PIXE su entrambe le tipologie di campioni sono stati presentati al convegno ECAART 2019 (Split, 5-10 Maggio 2019), organizzato da Ruđer Bošković Institute, Zagabria, in cooperazione con International Atomic Energy Agency (IAEA) e Center of Excellence for Advanced Materials and Sensing Devices., con una presentazione poster dal titolo "PIXE spectroscopy for the ADAMO project".

I risultati relativi alla caratterizzazione LIBS/PIXE dei campioni esaminati sono stati presentati dalla dott.ssa R. Fantoni alla conferenza nazionale SiSN (Roma 26 giugno) e saranno inoltre presentati alla conferenza Internazionale EMSLIBS 2019 (Brno, 8-13/9/2019), per la quale è già stato accettato l'abstract di un contributo orale (v. T2.1 LIBS).

### **T3.3 – Utilizzo di tecniche neutroniche**

Le attività del gruppo del NAST di **UniRoma2** presso la sorgente di neutroni pulsati STFC-ISIS del Rutherford Appleton Laboratory (UK) su campioni di interesse della Regione Lazio sono state rimandate al quarto trimestre.



La prevista attività congiunta di **UniRoma3** e **ENEA** per l'implementazione di una sorgente adatta allo studio di Beni Culturali e alla produzione di radioisotopi, detta Sorgentina si è arrestata nel trimestre precedente. Mentre è proseguito lo studio di fattibilità per l'utilizzo dell'impianto **ENEA FNG**, su cui da qui a breve l'ENEA vorrebbe potenziare l'attuale intensità di quasi un ordine di grandezza. FNG (attualmente in funzione) può essere inserito come facility nel Lazio, e in corso di valutazione il suo utilizzo nell'ambito di test e studi per i BC potrebbe nell'ambito del progetto, allo scopo sono state pianificate per il prossimo trimestre misure di caratterizzazione mediante spettroscopia neutronica di campioni di interesse per il progetto ADAMO (I cuoi di Palazzo Chigi). Si prevede di rilasciare una deliverable sull'argomento al termine dell'attività. La variazione di obiettivo in corso d'opera ha richiesto lo spostamento della data prevista per il conseguimento della deliverable alla fine del quarto trimestre.

Nell'ambito del XXX Congresso della Società Italiana di Spettroscopia Neutronica (SISN), Roma dal 24-26 giugno 2019, è stata presentata una relazione su invito che riguarda le tecniche di stratigrafia associabili a caratterizzazioni atomiche non distruttive mediante laser (LIBS), protoni (PIXE) e neutroni (SN). La relazione, presentata dalla dott.ssa Roberta Fantoni che ha introdotto il progetto ADAMO, è intitolata "Diagnostiche di Spettroscopia Atomica con possibilità di Stratigrafia sui Beni Culturali"(autori ENEA: R.Fantoni, V. Lasic, M. Vadrucci, V. Nigro) ed è disponibile sul sito di progetto nella sezione eventi.

## WP4 – Analisi e diagnostiche in situ e remote

### Task 4.1 – Imaging di fluorescenza remoto

Per quanto riguarda lo sviluppo di hardware previsto in questo task, l'unità **INFN-Tor Vergata** ha in questo trimestre portato sul campo per prima volta il sistema TR-LIF miniaturizzato portatile, allestendo lo strumento per misure in situ non risolte temporalmente. Le misure sono state eseguite a San Nicola in carcere, sull'affresco di Vincenzo Pasqualoni sito nella parte alta dell'abside e sul cupolino. I dati sono stati raccolti operando lo strumento portatile dall'impalcatura montata dai restauratori. Il sistema ha permesso di localizzare alcuni ritocchi con intensa emissione fluorescente che sono stati assegnati all'ossido di zinco (emissione a 380 nm). La sua sensibilità non è risultata tuttavia sufficiente a rivelare la presenza di consolidanti sull'affresco.

Per completare la caratterizzazione mediante imaging di fluorescenza remoto sull'affresco di Vincenzo Pasqualoni a San Nicola in Carcere è stato usato, sia in modalità integrata che TR (time resolved) il sistema LIF scanning dell'**ENEA**. Le misure sono state eseguite in situ da terra allo smontaggio dell'impalcatura (10-13 maggio 2019). In particolare sono state raccolte immagini nell'area di sinistra dell'abside a tre diverse altezze. Sul coro, da terra a 2 m, per avere informazioni sul bio-degrado (T6.4), sulla parte affrescata dell'abside e sul cupolino sovrastante. È stato prodotto un rapporto dettagliato con tutti i risultati per la condivisione con i partner ([all.T4.1\\_1](#) TR-LIF San Nicola)

In estrema sintesi, sul coro dalle misure LIF e TR-LIF sono state ottenute informazioni precoci sul procedere delle infiltrazioni d'acqua, sulla presenza di biodegrado nelle zone non trattate e sull'efficacia del biocida nelle zone trattate il mese precedente (in basso). Durante il lavoro sono stati evidenziati i meccanismi associati a questi effetti sugli spettri di fluorescenza, in particolare l'aumento di intensità delle bande della calcite a seguito dell'idratazione, la comparsa di nuove bande UV (tra 320 e 360 nm) assegnate a materiale proteico nel caso di biodegrado (amminoacidi fluorescenti, es. triptofano), il quenching della fluorescenza delle medesime nel caso di rimozione a seguito di pulitura.

Per quanto riguarda le zone affrescate sovrastanti è stata rilevata la presenza di diversi consolidanti di tipo acrilico con una banda caratteristica tra 290 e 305 nm, e di un altro gruppo di consolidanti caratterizzati da emissioni a lunghezze d'onda maggiori, i tempi di decadimento più lenti osservati per questi ultimi sembrerebbero indicare la presenza di composti vinilici o altri leganti organici. È stato infine confermato l'utilizzo di ZnO per ritocchi molto localizzati (ali dell'angelo, occhi di alcuni santi). L'imaging ha permesso di ottenere la distribuzione di tutte queste specie nelle aree esaminate. Gli operatori di proiezione SAM sono stati impiegati in questo tipo di analisi preliminari.

Da **INFN-LNF** sono state svolte ulteriori attività in situ relative a Misure mediante tecniche accessorie per completare la caratterizzazione dei consolidanti sull'abside della Chiesa di S. Nicola in Carcere, Roma (giugno 2019). Nello specifico sono state eseguite misure FT-IR che hanno confermato (tramite la banda del CO) la presenza di consolidanti acrilici nelle zone identificate sulle immagini LIF e la loro assenza nelle altre. La simmetria della banda IR ha consentito anche di verificare che si trattasse effettivamente di prodotti moderni di sintesi del XX secolo.

La caratterizzazione dei pigmenti dell'affresco di Vincenzo Pasqualoni mediante LIF in situ e altre tecniche spettroscopiche in situ è oggetto dell'abstract accettato per la Conferenza nazionale della Divisione di

Chimica Fisica (Roma 1-4 luglio) intitolato “Caratterizzazione remota ed in-situ dell’affresco di Vincenzo Pasqualoni sull’abside della basilica di San Nicola in Carcere (autori ENEA, INFN, Sovrintendenza, Euresarte). Inoltre sull’argomento è in corso la preparazione di una pubblicazione congiunta da sottomettere ad Applied Spectroscopy: “Improvement of selectivity in identification of materials in remote fluorescence imaging” (autori M. Marinelli, G.L. Verona Rinati, M. Cestelli Guidi, M. Romani, L. Pronti, F. Colao, A. Puiu, C. Seccaroni, R. Fantoni, AC. Felici, D. Capobianco, A. Acconci. M. Mangano,) che discute contemporaneamente i risultati delle misure effettuate nel T4.1 e nel T4.5.

Da **ENEA** sono state svolte attività di reporting e di acquisizione dati in situ:

- ✓ *Sui busti marmorei della Galleria di palazzo Chigi di Ariccia* - E’ stata completata l’analisi dati e sono state svolte ricerche per identificare le patine presenti sul marmo, che in alcune zone (es. capelli) ne hanno alterato l’emissione di fluorescenza. Come descritto nel rapporto allegato (all.4.1\_2) stato realizzato un database di laboratorio con campioni di marmi di Carrara trattati con oli, cere e colle in cui sono stati dissolti diversi pigmenti inorganici (ocre) e organici (neri di vario tipo). Dall’analisi dati sui busti di palazzo Chigi si è riscontrato l’uso diffuso di un olio (presumibilmente olio di lino o di girasole, dagli spettri Raman raccolti in situ da ENEA (T4.5)), e la presenza occasionale di cere in punti di evidenti restauri precedenti. Viceversa non si è riscontrata la presenza di bande Raman assegnabili a pigmenti organici neri (nero fumo o nero d’ossa), nonostante l’intensità attesa per le bande del carbonio, e quindi eventuali effetti di ombreggiatura voluti dall’autore potrebbero essere relativi a pigmenti inorganici non fluorescenti (che abbassano la resa di fluorescenza del marmo) oppure a materiali che siano stati totalmente rimossi in processi di pulitura precedenti, non documentati.

I risultati sono stati presentati, come relazione su invito intitolata “Characterization of CH surfaces by different laser techniques”, dalla dott.ssa Valeria Spizzichino al WS sui Beni Culturali nell’ambito della conferenza internazionale FLAMN che si è tenuto a San Pietroburgo il 2 luglio 2019 e saranno oggetto di successiva pubblicazione.

- ✓ *Basilica di san Nicola in carcere* – E’ stata eseguita la scansione dell’intero abside, cupolino compreso, da terra mediante il prototipo RBG-ITR, allo smontaggio dei ponteggi (8-11 maggio), con lo scopo di fornire un modello di riferimento su cui riportare tutti i dati spettroscopici raccolti su questo affresco.

Si segnala che da maggio 2019 la responsabilità del **T4.1** è passata da INFN-Sez. Tor Vergata a ENEA (dott. Francesco Colao).

#### **Task 4.2 – Imaging in situ e in profondità mediante NMR e THz portatili**

Nel terzo trimestre sono proseguite entrambe le attività in carico rispettivamente al CNR e all’ENEA.

- ✓ **Imaging NMR** - attività svolta dal **CNR-ISB**
  - Basilica di San Nicola in Carcere – Elaborazione dei dati raccolti utilizzando il sistema portatile, raccolti durante la campagna di Misure di Risonanza Magnetica svolta dall’ 11 al 15/03/2019 per la valutazione del contenuto e della distribuzione dell’umidità nella parte bassa dell’abside

della chiesa di San Nicola in Carcere a Roma. In particolare, mediante il software appositamente sviluppato, partendo dai dati puntuali sono state elaborate le mappe con la distribuzione di umidità, idonee al confronto con quelle ottenute mediante diverse tecniche di imaging (termografia, acustica, fluorescenza). I risultati hanno mostrato un pieno accordo fra le distribuzioni ottenute mediante le diverse tecniche, evidenziando la prevalente risalita di umidità da basso, con una maggiore penetrazione nella parte sinistra dell'abside.

- Palazzo Chigi di Ariccia. Mediante l'NMR portatile sono state eseguite dapprima (maggio 2019) misure di laboratorio preliminari per la caratterizzazione dei cuoi da parati (su frammenti), da confrontare con i dati acquisiti mediante scanner THz ed utilizzare per la calibrazione dei dati ottenuti in situ. All'inizio, come pianificato, è stata effettuata poi la campagna di misure in situ sui cuoi da parati presenti a Palazzo Chigi nella Stanza del Cardinale. Nelle misure di laboratorio sono stati eseguiti spettri al  $^{13}\text{C}$  per ottenere informazioni sulle componenti organiche delle pelli e sull'utilizzo di sostanze note nella concia (tannino). Le misure sul campo invece sono state mirate a valutare lo spessore delle pelli ed eseguire una indagine stratigrafica del materiale, con la tecnica utilizzata infatti è possibile effettuare una stratigrafia degli strati ricchi di protoni del materiale con una risoluzione di circa 30-50  $\mu\text{m}$  in maniera non invasiva e non distruttiva. La stratigrafia è risultata abbastanza uniforme nei vari punti analizzati e lo spessore della pelle è di circa 1mm, costante per tutti i punti misurati. Sono stati acquisiti anche altri esperimenti ancora in fase di processing che daranno un'idea del grado di conservazione e di idratazione della pelle dei parati. I risultati preliminari sono riportati nel rapporto allegato (all.T4.2).

✓ Imaging al THz – attività svolta da **ENEA**

- Palazzo Chigi di Ariccia. E' proseguita l'elaborazione dei dati relativo alla prima serie di misure di laboratorio su campioni di parati di cuoio non attualmente montati a parete, necessaria a valutare la fattibilità di successive misure in situ.

Sono in corso sia l'up-grading del sistema di acquisizione ed elaborazione dati nel sistema per analisi di laboratorio, che l'upgrading dell'hardware e l'ottimizzazione software di controllo per lo scanner 3D da campo.

### **Task 4.3 – Diagnostiche su materiali cartacei e pergamenacei**

Sono state svolte diverse attività:

- ✓ *Su pergamene* - E' stato pubblicato lo studio effettuato da **UniRoma2** (in collaborazione con **ENEA** e l'archivio vaticano in qualità di Stakeholder) che ha riguardato la caratterizzazione degli effetti e l'applicabilità della radiazione X come trattamento di disinfezione di supporti in pergamena affetti da deterioramento microbiologico (rilevato da **UniRoma1** nel T2.3-2.4):

M. Vadrucci, F. Borgognoni, C. Cicero, N. Perini, L. Migliore, F. Mercuri, N. Orazi, A. Rubechini "Parchment processing and analysis: Ionizing radiation treatment by the REX source and multidisciplinary approach characterization" Applied Radiation and Isotopes 149 (2019) 159-164

[all.T4.3\_1].

- ✓ *Su carta* - Sono state eseguite dal **CNR-ISC** le pianificate diagnostiche ottiche sullo stato di conservazione delle Lettere di San Francesco di Sales, custodite presso il Museo di Palazzo Chigi (Ariccia). Nello specifico si è svolta una campagna di indagini non distruttive in situ mediante fotografia multispettrale in luminescenza ultravioletta (Ultraviolet-Induced Luminescence - UVL), in riflessione Visibile (Visible-Reflected - VIS) e in riflessione infrarossa (Infrared-Reflected - IRR), e spettroscopia di riflettanza ultravioletto-visibile (UV-Vis) su due lettere autografe di San Francesco di Sales (1567-1622). Le indagini sono state eseguite il 4 giugno 2019 e sono state mirate alla documentazione, alla caratterizzazione e alla diagnostica dei beni per fornire indicazioni utili per un successivo lavoro di restauro.

Complessivamente sono state acquisite 12 immagini VIS, 12 UVL e 12 IRR, sia a bassa sia ad alta risoluzione, sul verso e sul recto di ogni lettera. Le immagini permettono di ben evidenziare le aree soggette a fenomeni di degradazione dovuti probabilmente ad un contatto della carta con acqua liquida avvenuto nel passato.

Le immagini IRR hanno mostrato come gli inchiostri utilizzati nella scrittura siano di tipo ferrogallico, una tipologia molto utilizzata nel periodo storico in cui è vissuto San Francesco di Sales. Infatti gli inchiostri ferrogallici sono trasparenti nel vicino infrarosso. Questo comporta la loro quasi totale scomparsa nelle immagini IRR.

Inoltre in diversi punti della carta sono stati misurati spettri di riflettanza e ottenuti i relativi spettri di assorbimento. È risultata evidente una marcata perdita di riflettanza nelle regioni del blu-violetto dello spettro visibile della carta, ancora più marcata nella regione UV. Nelle stesse regioni spettrali lo spettro di assorbimento delle fibre di cellulosa della carta mostra alti valori, indice della formazione di diverse tipologie di gruppi ossidati cromofori nella carta. I risultati sono mostrati in dettaglio nel rapporto allegato [T4.3\_2].

- ✓ *Su cuoi da parati* - Da parte di **UniRM2** Sono state eseguite misure ottiche e spettroscopiche per il monitoraggio della denaturazione del materiale di cellulosa durante il processo di disinfestazione mediante raggi X. In particolare è stata utilizzata la tecnologia ottica innovativa della LTA (light transmission analysis) sul collagene, già messa a punto per i materiali pergamenei, ed è stato eseguito uno studio uno studio tramite Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) in modalità ATR (Attenuated Total Reflectance per caratterizzare il degrado monitorando l'intensità delle diverse bande IR delle ammidi durante l'irraggiamento.

I risultati, riassunti nella relazione allegata (all. T4.3\_3) saranno oggetto di una prossima pubblicazione sulla rivista International Journal of Biodeterioration and Biodegradation: M. Vadrucci, C. Cicero, F. Borgognoni, G. De Bellis, C. Mazzuca, F. Mercuri, N. Orazi, E. Schifani, D. Uccelletti. "Effects of the ionizing radiation disinfection treatment on historical leather".

#### **Task 4.4 - Diagnostiche in situ relative a manufatti metallici.**

Le misure concordate da **UniRoma1** con la ditta di restauro Euresarte srl, sul cantiere aperto nella Chiesa di santa Maria del Popolo a Roma, relative alla velocità di corrosione pre e post pulitura, e successivamente all'applicazione del protettivo sulle formelle in bronzo di Michele Guerrisi (1920) che costituiscono il

portone principale della Chiesa, sono state rimandate per ragioni di opportunità pratica al trimestre successivo.

Per quanto riguarda le altre diagnostiche in situ su metalli, in carico al CNR-ISMN con la collaborazione di UniRoma3, sono proseguite misure di laboratorio su campioni di interesse della regione. L'attività diagnostica si è focalizzata sullo studio dei processi di deterioramento di manufatti in rame dorati, per supportarne il successivo restauro (T5.2). Il caso di studio identificato per il progetto è dato dalle due fibbie di rame dorato ritrovate nel fiume Tevere a Roma e datate al 16°-17° secolo, che fornisce una importante occasione per approfondire la conoscenza dei fenomeni di corrosione di questa particolare classe di manufatti e contribuire all'ottimizzazione delle procedure di restauro da attivare. Per quanto riguarda le diagnostiche sono state impiegate diverse tecniche per la descrizione completa dei fenomeni di corrosione. Una parte delle analisi è stata effettuata sulla superficie dell'oggetto mentre le restanti sono state condotte sui campioni prelevati. In particolare, le analisi di microscopia ottica e metallografica, nonché SEM-EDS, sono state condotte sulle sezioni per rivelare la struttura, la composizione e lo stato di conservazione di tutte le parti del manufatto dopo la corrosione (patina esterna, doratura, strato di corrosione interna, core metallico). La spettrometria di massa a ioni secondari (ToF-SIMS) è stata impiegata direttamente sulla superficie del manufatto per caratterizzare in maniera precisa la chimica dei processi intervenuti e assegnare le evidenze elementali ottenute al SEM-EDS a specifiche classi di composti, in particolare in riferimento agli strati più superficiali. L'alta sensibilità e risoluzione spaziale (sia orizzontale che in profondità) del ToF-SIMS hanno consentito di ottenere informazioni stratigrafiche, accurate e spazialmente localizzate. I risultati sono riportati nel rapporto allegato al T5.2 (v. oltre).

#### **Task 4.5 – Indagini Riflettografiche e spettroscopiche in diverse regioni spettrali**

Sono state eseguite varie campagne ed analizzati i dati ottenuti:

- ✓ Chiesa di santa Maria in Cosmedin – Si sono concluse le misure in situ sull'icona della Madonna con bambino conservata presso la chiesa di santa Maria in Cosmedin in Roma, eseguite mediante riflettografia nel vicino IR dal Laboratorio di Analisi Non Distruttive e Archeometria – LANDA del Dip. SBAI di **UniRoma1**. E' stato presentato un poster con le conclusioni del lavoro alla conferenza TECHNART (Bruges, maggio 2019): "Stratigraphic analysis on Santa Maria in Cosmedin wooden altarpiece by medium wavelength infrared imaging techniques" (autori S. Ceccarelli, N. Orazi, C. Cicero, F. Mercuri, U. Zammit, S. Paoloni, M. Nuzzo, F. Matera, A. C. Felici, G.B. Fidanza), ed è in corso di stesura una pubblicazione per *Microchemical Journal*).
- ✓ Basilica di San Nicola in Carcere – rilievi sugli affreschi mediante tecniche di imaging e spettroscopiche:
  - Dal gruppo di **UniRoma1** sono state effettuate delle misure in riflettanza nel range spettrale VIS-SWIR (350 -2500 nm) mediante lo spettroradiometro portatile ASD FieldSpec® 4 Standard Res e in imaging multispettrale nel range spettrale da 380 a 1000 nm. L'obiettivo della campagna di acquisizione è stato quello di definire la gamma di colori utilizzati per la realizzazione del dipinto ed ottenere una mappa predittiva della distribuzione dei pigmenti sulle immagini multispettrali acquisite utilizzando, come dataset di calibrazione, gli spettri identificati attraverso lo spettro-

radiometro ASD FieldSpec Standard Res. I risultati finali ottenuti sono riportati in dettaglio nel rapporto allegato (all. T4.5\_1), assieme alle immagini multispettrali delle medesime aree fornite dal Laboratorio di Analisi Non Distruttive e Archeometria (LANDA) di UniRoma1. L'elaborazione dei dati è stata effettuata in ambiente Matlab attraverso l'uso di tecniche di analisi multivariata. Sono stati adoperati due dataset di riferimento per l'identificazione di pigmenti dagli spettri di radianza. Il primo dataset comprende un'ampia gamma di pigmenti inorganici, organici naturali ed artificiali e permette una prima identificazione delle tipologie presenti sull'affresco. Il secondo dataset comprende ocre, terre naturali e prodotti commercialmente utilizzati nel restauro e ha come obiettivo l'identificazione di aree sottoposte ad interventi di ripristino. Per quanto riguarda le immagini multispettrali è stato fatto un pretrattamento per allineare le immagini e ridurre i disturbi in modo da poter essere comparati con le medesime lunghezze d'onda acquisite con lo spettrometro puntuale. Per l'identificazione dei pigmenti su immagini come metodo di classificazione è stata utilizzata la partial least squares discriminant analysis (PLS-DA). I principali risultati ottenuti riguardano la rivelazione di pigmenti a base di cobalto nelle aree blu scuro e nelle porzioni celeste chiaro la presenza di blu oltremare artificiale. Le regioni color rosso sono risultate composte principalmente da ocra rossa, mentre le regioni color giallo sono composte da ocra gialla probabilmente mista a orpimento. La regione verde è stata identificata come pigmento a base di verde cromo.

- Il 28/3/2019 **ENEA** ha eseguito misure Raman sul cupolino dell'abside. Sono stati elaborati gli spettri raccolti nel periodo precedente sull'affresco dell'abside. Le elaborazioni, con sottrazione del fondo di fluorescenza ove possibile, hanno confermato l'utilizzo di calcite e gesso come schiarenti per le tonalità più chiare, di ocre gialle e rosse sia da sole che in miscela nei rispettivi colori tradizionali, mentre non è stato rivelato minio, nonostante l'abbondanza di piombo riscontrata nelle analisi XRF. E' stata inoltre confermata la presenza di pigmenti moderni quali la phoenicochroite ( $PbCrO_4 \cdot PbO$ ) come pigmento rosso, il blu oltremare ( $3Na_2O \cdot 3Al_2 \cdot 6SiO_2 \cdot 2Na_2S$ ), ossido di cromo verde ( $Cr_2O_3$ ). Sono stati inoltre evidenziati picchi dell'orpimento in alcune zone gialle (in accordo con le misure di riflettanza). Il fondo di fluorescenza è risultato maggiore nella zona bassa dell'abside, rispetto al cupolino, confermando così il massiccio uso di consolidanti in precedenti restauri ivi localizzato dall'imaging LIF (vedi T4.1). I risultati sono discussi in dettaglio nella relazione allegata (all.T4.5\_2).
- Il gruppo **ENEA-SSPT-PROMAS** ha eseguito misure XRF in situ su 50 punti dell'affresco sull'abside e sul cupolino di Vincenzo Pasqualoni. L'indagine è stata eseguita allo scopo di caratterizzare in maniera non distruttiva la tavolozza utilizzata dall'artista. Infatti in aggiunta ai pigmenti tradizionali della tecnica ad affresco ne sono stati individuati altri, contenenti cromo e zinco, entrati in circolazione solo nel corso del XIX secolo. Come riportato in dettaglio nel rapporto allegato (all.T4.5\_3) sono stati osservati pigmenti tradizionali a base di ferro (ocre gialle e rosse), e di cobalto che dalla correlazione con nichel, arsenico e bismuto sembra provenire da uno smaltino piuttosto che da un azzurro cobalto di sintesi, quest'ultimo utilizzato soprattutto nei colori composti con il blu (es. viola), è anche stato rivelato arsenico, probabilmente in relazione ad orpimento nelle zone della carnagione rosea. I pigmenti moderni sono risultati a base di cromo e

piombo, sul rosso, e di solo cromo sul verde, in accordo con le assegnazioni degli spettri Raman. L'uso dell'ossido di zinco sembra sporadicamente associato a ritocchi piuttosto che all'ottenimento di tinte più chiare. Nelle dorature delle aureole è stato verificato l'utilizzo di oro.

#### **T4.6 - Indagini termografica e riflettografica nell' IR, radiografie X**

Le indagini sono state effettuate in diversi siti e i dati sono stati analizzati:

- ✓ Chiesa di Santa Maria in Cosmedin – È stata completa l'analisi delle misure in situ sull'icona della Madonna col Bambino presso la chiesa di S. Maria in Cosmedin eseguite dal laboratorio LANDAC di **UniRoma2** in collaborazione con il gruppo di UniRoma1 (T4.5) per la caratterizzazione stratigrafica dell'icona. Le analisi hanno portato alla luce numerosi elementi pittorici nascosti sotto il livello visibile, quali pentimenti e tratti di disegno preparatorio in corrispondenza dei volti, permettendo una migliore comprensione delle fasi realizzative dell'opera. Inoltre è stato possibile effettuare una mappatura dei difetti strutturali sub-superficiali utile per l'analisi delle condizioni conservative del supporto ligneo. I risultati sono stati presentati a TECHNART2019 (Bruges, maggio 2019) e recentemente sottoposti a valutazione per la partecipazione alla conferenza MetroArchaeo2019 (Firenze, dicembre 2019).
  
- ✓ Palazzo Chigi di Ariccia:
  - Il laboratorio LANDAC di **UniRoma2** ha completato l'analisi delle indagini termografiche e riflettografiche nel medio infrarosso (3-5  $\mu\text{m}$ ) su quattro opere conservate presso Palazzo Chigi di Ariccia: Andrea Sacchi, "Ebbrezza di Noè", olio su tela; Filippo Lauri e Mario Nuzzi, "La primavera", olio su tela; Giovanni Maria Morandi e Mario Nuzzi, "Ritratto di Mario Nuzzi", olio su tela; Gian Lorenzo Bernini, "San Giuseppe col bambino", sanguigna su muro. Nel caso dei dipinti, la comparazione dei risultati termografici e riflettografici nel medio infrarosso ha permesso di ricostruire le fasi realizzative, portando alla luce pentimenti e porzioni del disegno preparatorio. Le indagini sul "Ritratto di Mario Nuzzi" di Giovanni Maria Morandi e Mario Nuzzi hanno messo in evidenza numerosi elementi non visibili ad occhio nudo in corrispondenza del volto di Mario Nuzzi, come i tratti della capigliatura e delle ombreggiature intorno al volto, oltre ad alcune differenze nel disegno di bocca e baffi. Questi risultati sono stati recentemente sottoposti a valutazione per la partecipazione alla conferenza MetroArchaeo2019 (Firenze, dicembre 2019).
  - Il gruppo **CNR-IC** ha effettuato nel trimestre precedente 40 misure XRF e quasi 30 radiografie sul dipinti e sulla sanguigna del Bernini. L'elaborazione dei dati ha portato ai seguenti risultati riportati nel dettagliato rapporto allegato (T4.6\_1), riassumibili come segue.  
Le analisi XRF sull'opera "**San Giuseppe con Bambino**" di Gian Lorenzo Bernini si individuano gli elementi tipici per questo tipo di manufatto. Il disegno è stato realizzato con la sinopia (terra rossa). Lo stronzio è legato agli ossidi di ferro e il calcio al carbonato di calcio dell'intonaco. Si rivela anche la presenza dello zolfo che potrebbe essere indice di una alterazione chimica dovuta ad inquinanti atmosferici come la solfatazione, in cui il carbonato di calcio si trasforma in gesso. Nell'opera pittorica "La Primavera" di Mario de' Fiori e Filippo Lauri con l'XRF sono stati analizzati alcuni pigmenti verdi, bianchi, rossi, gialli e bruni e ne è stata assegnata alla composizione chimica. Tutte le misure rivelano la presenza di piombo e calcio in diverse percentuali, indice di una preparazione



della tela con uno strato di gesso e colla per rendere la superficie della tela uniforme e successivamente uno strato di biacca per rendere impermeabile la superficie. Risultati analoghi, relativamente alla caratterizzazione dei pigmenti sono stati ottenuti sul dipinto "Ritratto di Mario Nuzzi che dipinge un vaso di fiori".

Le riflettografie hanno rivelato danni e ripensamenti. Sul dipinto "La primavera" sono state analizzate tre zone con la radiografia: la mano, il piede e la testa della figura femminile. Nel confronto tra l'immagine visibile e quella radiografica del piede si rivela qualche incertezza nell'esecuzione delle dita, così come nel confronto relativo alla mano, assieme ad un danneggiamento della pellicola pittorica nascosti da un precedente restauro. La radiografia della zona della testa della figura femminile rivela un sorprendente ripensamento nell'esecuzione del personaggio. Infatti la testa era stata precedentemente realizzata in posizione eretta con una differente ghirlanda di fiori rispetto a quella attualmente visibile (ripensamento osservato anche nelle riflettografie IR eseguite da altri gruppi).

Le indagini radiografiche non hanno rivelato particolari ripensamenti nell'esecuzione del dipinto "Ritratto di Mario Nuzzi che dipinge un vaso di fiori", se non nell'esecuzione della testa del personaggio che originariamente era stato realizzato con un copricapo tipo papalina successivamente coperto dai capelli.

Nell'opera pittorica l'"Ebbrezza di Noè" di Andrea Sacchi è stata utilizzata soltanto l'indagine radiografica che ha rivelato dei ripensamenti e delle imprecisioni nell'esecuzione dei volti dei tre personaggi in piedi dietro la figura di Noè addormentato (evidenziati anche nelle riflettografie IR eseguite da altri gruppi).

- Il gruppo **CNR-INM** ha acquisito Immagini acustiche per la valutazione della presenza di cavità sub-superficiali sul dipinto murale monocromo Graecia Vetus nella Sala dell'Ariosto. Parte dei risultati è stata presentata in un rapporto allegato a SAL2, sono in corso ulteriori analisi dei dati acquisiti per estrarre immagini risolte in frequenza.
- Il gruppo **ENEA-SSPT** ha eseguito indagini con prove soniche e ultrasoniche sulla muratura nella sala di Ariosto, su tutte le pareti prive di quadri, anche su quella contenente il dipinto murale Graecia Vetus. Rispetto ai risultati già riportati in un allegato a SAL2 sono state eseguite ulteriori analisi che hanno evidenziato che le onde acustiche ultrasonore possiedono velocità di propagazione simili a quelle soniche. Questo risultato è stato spiegato con la consistenza della muratura portante: infatti le onde ultrasonore sono direzionali mentre quelle soniche sono omnidirezionale, la presenza di muratura continua fa sì che entrambe si propaghino alla stessa velocità. Dalle analisi e dalle esperienze pregresse si ipotizza che la muratura sia a sacco con paramenti murari perimetrali. Nella muratura sottostante l'affresco si ipotizza un'intercapedine di grosse dimensioni che potrebbe essere o una canna fumaria o un condotto per l'aria. Le velocità più alte sono state registrate sulla muratura esterna (NORD EST) tra le finestre della stanza dell'Ariosto e la porta della biblioteca, e possono essere spiegate con una tipologia muraria costituita da muratura piena.

✓ Basilica di San Nicola in Carcere

- Il gruppo **CNR-INM** ha acquisito immagini acustiche per la valutazione della presenza di umidità nella muratura dell'abside L'indagine è stata condotta misurando la riflessione dell'onda sonora dalla parete negli otto settori, secondo due metodi sperimentali: 1) metodo della risposta

impulsiva; 2) metodo del rapporto tra ampiezze. In entrambi i metodi si è estratto come dato indicativo della muratura umida la percentuale di assorbimento acustico, ABS%, che sarà maggiore nella parete umida rispetto alla parete secca. L'analisi preliminare ancora non presenta in maniera diretta la correlazione tra la percentuale di assorbimento acustico e la percentuale di umidità. Le evidenze finora raccolte saranno oggetto di successivi approfondimenti integrandole con test di laboratorio su appositi provini al fine di ottenere una calibrazione della mappa riferendola alla percentuale di acqua, e di comprendere dove possibile se si rileva umidità superficiale e/o in profondità. Le elaborazioni relative sono riportate nel rapporto allegato (all.T4.6\_2) che aggiorna il precedente prodotto per SAL2.

Anche in questo caso i risultati sono coerenti con quelli del sistema NMR portatile (cfr T4.2), in riferimento ai quali è stato possibile armonizzare la scala in falsi colori impiegata per la modalità di visualizzazione. La mappa di assorbimento acustico è stata aggiornata, assieme alla relazione tecnica. I risultati conseguiti saranno calibrati mediante test di laboratorio. Sui risultati di questo Task relativi alle infiltrazioni di umidità sulle pareti dell'abside, analizzati assieme ai risultati ottenuti nel T4.2, è in preparazione una pubblicazione (CNR, ENEA, UniRoma1): "Indagini NMR, termografiche, acustiche e LIF sulle infiltrazioni di umidità nell'abside" (autori. L. Luvidi, C. Prestileo, P. Calicchia, De Simone, A. Tati, N. Proietti, Capitani, Di Tullio, F. Colao).

## WP5: Analisi materiali e valutazione trattamenti

### T5.1 – Verifica di materiali e trattamenti per i restauri

L'attività di **UniTuscia** è andata avanti su più argomenti distinti:

- ✓ Verifica dell'efficacia di miscele di oli essenziali per la rimozione di patine biologiche presso il Balneum di Villa S. Giovanni in Tuscia. L'ambiente del Balneum di Largo delle Fortezze di Villa S. Giovanni in Tuscia è stato utilizzato per il progetto in quanto sede del cantiere didattico di studenti del III anno del Corso di laurea in Conservazione e Restauro dei Beni Culturali  
I risultati sono stati presentati dalla prof. C. Pelosi a NANOINNOVATION il 14 giugno a Roma, nell'ambito del WS sui beni culturali con il contributo intitolato: "Experimental tests for evaluating the effectiveness of essential oil mixtures for the removal of the biological patina at the Balneum of Villa San Giovanni in Tuscia (Viterbo)." (autori: Ulderico Santamaria, Giorgia Agresti, Claudia Pelosi)

- ✓ Test di verifica di trattamenti protettivi per la pietra Sperone di Villa Mondragone. L'attività è stata svolta in collaborazione fra **UniTuscia** ed **ENEA**.

I provini lapidei, ottenuti dal materiale raccolto nella zona della Fontana della Girandola di Villa Mondragone, sono stati caratterizzati otticamente e petrograficamente prima e dopo tre tipi di trattamento diversi utilizzabili per tufacci. Le tre categorie di protettivi per pietre con caratteristiche analoghe alla Sperone sono: 1) Elastomeri fluorurati; 2) Polisilossani; 3) Emulsioni basati su nano-protettivi. Tra i protettivi disponibili in commercio sono stati scelti: Fluoline HY (un elastomero fluorurato fornito dal CTS) e Rhodorsil H224 (un polisilossano fornito da Siliconi Padova sas). Per quanto riguarda il protettivo nanostrutturato, il dott. Borgioli del CTS è stato disponibile a fornire un prodotto non ancora in commercio a base di nanosilice funzionalizzata denominato Silo N7. I risultati preliminari dopo i trattamenti hanno dimostrato che Silo N7 e Fluoline HY hanno causato i più bassi cambiamenti di colore sulla superficie della pietra. Inoltre sembrano più adatti a Sperone in termini di applicabilità e omogeneità delle superfici trattate. Questi risultati e la pianificazione per il prosieguo dell'attività sono discussi nel rapporto allegato ([all.T5.1](#)).

I primi risultati sono stati presentati dalla Prof. C. Pelosi a NANOINNOVATION il 14 giugno a Roma, nell'ambito del WS sui beni culturali con il contributo intitolato: "Surface protection of "Sperone" of Villa Mondragone by nanostructured materials in the framework of ADAMO project" (autori: Claudia Pelosi, Giorgia Agresti, Luca Lanteri, Gianluca Rubino, Franca Persia, Giuseppe Bonifazi, Silvia Serranti, Giuseppe Capobianco)

### T5.2 – Materiali e metodi per la conservazione.

Nel trimestre sono state svolte sia attività su lapidei e malte, che su metalli.

- ✓ Il successivo test dei trattamenti dei Lapidari da Villa Mondragone ha finora comportato il trasferimento dei provini preparati all'**ENEA** per l'esposizione in camere climatiche. I campioni trattati con i diversi protettivi sono stati: SILO 4-5-6; FLUOLINE: 20-21-22; RHODORSIL: 12-12-14;

TQ: 28-29-30, che sono stati sottoposti a 15 cicli di invecchiamento artificiale per temperatura e umidità relativa nella camera climatica Angelantoni. Ogni ciclo della durata di 12 ore ha 1 ora di salita per arrivare a T= 60°C e RH = 90%, una permanenza a T=60°C e Rh=90% per 10 ore e poi una discesa di 1 ora per tornare a T =20°C e RH =30%. La durata dell'invecchiamento è stata di 180 ore. Un campione non trattato e uno trattato con SILO sono stati sottoposti anche ad analisi SEM. I risultati sono in fase valutazione.

- ✓ Analisi di materiali da costruzione sui frammenti di affresco della Villa della Piscina, in corso presso **ENEA-SSPT** finalizzate a chiarire le tecniche di lavorazione degli affreschi, e di costruzione delle pareti/soffitti. Come descritto in dettaglio nel rapporto allegato (**all.T5.2\_1**) nell'attività sono state utilizzate diverse tecniche di caratterizzazione dei materiali sia sull'affresco che sulla malta sottostante, nello specifico: diffrattometria di Raggi X, Microscopia Elettronica a Scansione SEM con microanalisi (SEM-EDS), Stereomicroscopia. Sulle malte sono proseguite sono state già effettuate analisi microdistruttive. L'obiettivo dello studio è quello di definire tutti gli strati che costituiscono i frammenti: dal pigmento fino al supporto. E' stata quindi preparata la sezione del campione G4S-42 con dimensioni di circa 4 X 4 cm. Il campione presenta i segni della posa su un incannucciato, quindi probabilmente era parte di un soffitto.  
I risultati sugli affreschi sono oggetto di una presentazione poster congiunta **ENEA, UniRoma3 e INFN** a TECHNART, Bruges, maggio 2019 intitolato "Wall paintings in "Villa della Piscina" (Rome): A combined SEM-EDS and XRD investigation".

- ✓ Contrasto al "tumore del bronzo". L'attività congiunta di **UniRoma3 e CNR**. Il caso di studio dato da una fibbia di rame dorato ritrovate nel fiume Tevere a Roma e datata al 16°-17° secolo (su cui sono state eseguite le diagnostiche nel T4.4) ha costituito una importante occasione per approfondire la conoscenza dei fenomeni di corrosione di questa particolare classe di manufatti e contribuire all'ottimizzazione delle procedure di restauro da attivare. La tecnica di realizzazione della decorazione è la doratura ad amalgama che è stata largamente impiegata fin dall'antichità per applicare uno strato dorato sulla superficie di oggetti realizzati in metalli differenti, meno nobili, in particolare le leghe di rame. Le sezioni stratigrafiche analizzate al SEM-EDS hanno mostrato la presenza di un ampio strato di corrosione del substrato al di sotto della doratura. Nello strato di corrosione si distinguono i bordi dei grani, evidenziando così la natura cristallina di questo strato prodotto della reazione-ricristallizzazione del substrato di rame più interno. E' stato individuato lo spessore dello strato di oro (variabile tra i 2-4 µm) ed osservata la presenza dei nanocanali di evaporazione del mercurio ( $\varnothing \sim 20$  nm). L'analisi elementare ha confermato la presenza di mercurio in corrispondenza dello strato di oro, della massiccia presenza di ossidi di rame nello strato di corrosione, di piombo in corrispondenza delle segregazioni bianche disperse sia nella matrice che nello strato di corrosione. Lo studio complessivo è riportato in dettaglio nella relazione allegata (**all. 5.2\_2**).

I risultati ottenuti sono in corso di sottomissione, con titolo provvisorio "Exploring in depth degradation phenomena of ancient gilded objects" per pubblicazione sulla rivista scientifica "Frontiers

in Chemistry-Nanoscience” Frontiers Media all’interno dello special issue “Nanoscience and Nanomaterials for the Knowledge and Conservation of Cultural Heritage”.

### **T5.3 – Valutazione e caratterizzazione di materiali multifunzionali nanostrutturati**

**UniTuscia** ha condotto una sperimentazione finalizzata alla verifica della stabilità di un sistema innovativo per la reintegrazione pittorica e per una ricostruzione potenziale di dipinti murali, denominato Tattoo Wall® o affresco digitale. L’Affresco Digitale è un’innovativa tecnica di decorazione che utilizza immagini elaborate al computer e trasferite su superfici di qualsiasi natura e dimensioni. L’Affresco Digitale consiste nell’effettivo trasferimento del colore direttamente sulla superficie desiderata. Il risultato sarà quello dell’“effetto affresco”.

Al fine di valutare la stabilità di tali innovativi materiali è stata svolta la seguente sperimentazione:

- 1 - Realizzazione di alcuni campioni con supporti e malte differenti;
- 2 - Applicazione della stampa realizzata dalla Graphic Report sulle malte precedentemente preparate tramite l’uso di un primer;
- 3- Applicazione di differenti protettivi e nanoprotettivi;
- 4 – Prima dell’invecchiamento artificiale in Solar Box e in camera ad elevata umidità relativa, è stato misurato il colore e è stata eseguita l’acquisizione tramite HSI;
- 5 – invecchiamento dei provini in solar box e in camera ad umidità controllata;
- 6 – misura del colore con la medesima acquisizione eseguita prima dell’invecchiamento artificiale.

Il procedimento è dettagliatamente descritto nella relazione allegata ([all.T5.3\\_1](#)). I risultati ottenuti sono in corso di elaborazione per creare mappe di predizione per valutare il comportamento di tali materiali.

I risultati sono stati presentati ai seguenti convegni: SPIE Optical Metrology, Monaco di Baviera 24-27 giugno 2019, nella sezione: O3A: Optics for Arts, Architecture, and Archaeology (<http://spie.org/conferences-and-exhibitions/optical-metrology?SSO=1>). L’articolo è già stato pubblicato sui Proceedings di SPIE: G. Agresti, G. Bonifazi, G. Capobianco, L. Lanteri, C. Pelosi\*, S. Serranti, A. Veneri, “Tattoo Wall®: study of the stability of an innovative decorative technique through hyperspectral imaging and possible application in the mural painting’s restoration”, Proc. of SPIE, Vol. 11058 – 51, 2019 ([All. T5.3\\_2](#)).

I risultati sono stati inoltre presentati come contributo orale alla conferenza TECHNART Bruges, 10-13 maggio 2019: G. Agresti, G. Bonifazi, Giuseppe Capobianco, C. Pelosi, S. Serranti and A. Veneri “Hyperspectral imaging as a powerful technique for evaluating the stability of Tattoo Wall®” L’articolo completo è in preparazione e sarà sottomesso ad agosto 2019 alla rivista Microchemical Journal. L’attività è stata svolta in collaborazione con **UniRoma1**.

## **WP6 – Sistemi di Monitoraggio ambientale**

### **T6.1 – Modellistica del degrado su lapidei indotto da agenti atmosferici**

L'attività del task in questo periodo si è concentrata sulla definizione del miglior modello di simulazione per valutare l'interazione della CO<sub>2</sub> su una superficie lapidea calcarea. Il modello ha avuto lo scopo di costruire uno strumento di valutazione dell'azione di degrado di una sostanza inquinante acida pericolosa sia in ambienti outdoor che indoor. Il modello di simulazione si basa su principi di diffusione (leggi di Stokes adattate), tenendo in considerazione la possibilità di reazione con substrati porosi e calcarei.

I dati ottenuti dal rilevamento effettuato a Villa Blanc e già discussi nei SAL precedenti sono stati utilizzati per la validazione del modello di simulazione. Tutti i risultati sono riportati nel rapporto scientifico allegato (all.T6.1).

### **T6.2 – Modellizzazione della ricristallizzazione di Sali su murature in ambiente ipogeo**

L'attività in questo task è concentrata sulla valutazione di effetti di cristallizzazione salina in mezzi porosi con modelli matematici di diffusione. Anche in questo caso il modello diventa uno strumento previsionale per la previsione di danno da efflorescenze e sub-efflorescenze. Il modello è stato sviluppato e messo a punto tenendo in considerazione la diffusione e la cristallizzazione di Sali solubili quali solfato di calcio, notoriamente molto distruttivi. I risultati ottenuti vengono riportati nel rapporto scientifico allegato (all.T6.2). La validazione del modello su dati di rilevamento raccolti dai partner di progetto in altri Task sarà oggetto di sviluppo futuro.

### **T6.3 – Modellizzazione dello sviluppo di bio-degrado in ambienti ipogei**

Nel trimestre di riferimento i ceppi batterici, isolati dalle catacombe e le cui crescite vengono utilizzate per la costruzione di un modello matematico per la prevenzione del biodegrado, sono stati caratterizzati da un punto di vista morfologico. In particolare è stata valutata la capacità di questi microrganismi di formare il biofilm. I microrganismi infatti, possono vivere in forma planctonica o come biofilm e il comportamento di uno stesso microrganismo differisce nelle due forme. Lo sviluppo del biofilm si può osservare su quasi tutte le superfici solide in cui è disponibile umidità sufficiente. Esso conferisce numerosi vantaggi ai microrganismi, in particolare la resistenza agli stress ambientali, come essiccazione, biocidi, carenza di nutrienti ecc., aumento della comunicazione e scambio genetico tra microrganismi e resistenza agli antibiotici. Questi vantaggi fanno sì che le cellule batteriche preferiscano vivere in fase sessile, poiché sono in grado di sopravvivere meglio in condizioni di adesione. In particolare, i ceppi, *A. xylosoxidans*, *B. cereus*, *A. aurescens* e *S. maltophilia* sono stati valutati per la loro capacità di formare biofilm su due diversi tipi di superficie: vetro e plastica. La metodologia impiegata ha rivelato che, sebbene tutti e 4 i microrganismi erano in grado di produrre biofilm, *S. maltophilia* è il maggior produttore.

Sono stati effettuati esperimenti di crescite combinate a due a due dei diversi ceppi a 37°C e i risultati sono stati forniti al gruppo del Dr. Natalini per l'elaborazione del modello matematico.

I risultati dell'approccio matematico vengono riportati nel rapporto scientifico allegato (all.T6.3).

#### **T6.4 – Sistema di analisi e controllo in situ dei fenomeni di biodegrado**

Nel trimestre di riferimento è proseguita l'attività di laboratorio per caratterizzazione di microorganismi prelevati da diversi siti ipogei e giardini, nonché la sperimentazione di trattamenti per contrastare i fenomeni di biodegrado:

- ✓ L'attività di **UniRoma2** sulle Catacombe dei SS. Pietro e Marcellino si è conclusa nel trimestre precedente. E' in fase di pianificazione con **ENEA** un'ulteriore analoga attività alle Catacombe Ad Decimum di Grottaferrata.
- ✓ Il gruppo di Biologia di **UniRoma1** ha continuato gli esperimenti volti alla caratterizzazione fisiologica di microrganismi biodeteriogeni precedentemente isolati nelle catacombe di San Callisto, all'Appio Latino. Gli studi sono fatti al variare sia delle diverse condizioni ambientali, quali luce e temperatura, che delle diverse tipologie di microrganismi. Gli studi sviluppati hanno permesso di valutare possibili effetti sinergici o antagonisti delle diverse comunità microbiche e i dati sono stati utilizzati per la costruzione del modello matematico nel T6.3, come già riportato in precedenza.
- ✓ Il gruppo di Biologia di **UniRoma1** ha eseguito prelievi di microrganismi biodeteriogeni nella basilica di San Nicola in Carcere ad aprile, nella parte bassa dell'abside, e nella sottostante cripta (v. T2.4). Al termine della caratterizzazione dei medesimi sarà possibile valutare l'utilità di un secondo prelievo per un monitoraggio stagionale. Sono state caratterizzate le efflorescenze saline presenti nella Chiesa, evidenziando la presenza di solfato di calcio nelle strutture absidali della chiesa e di gesso nella struttura ipogea. L'attività prosegue nel WP7 nello sviluppo previsto in quella proposta.
- ✓ Il gruppo **Uniroma3** (dip. Scienze Prof. M.A. Ricci e collaboratori) ha fornito la sperimentazione relativa a un trattamento innovativo antifouling e antimicrobico adatto a controllare l'azione e il rilascio di biodeteriogeni, controllandone così l'efficienza e la dispersione in ambiente. Al fine di ridurre la quantità di biocidi utilizzati e di aumentare l'efficacia antivegetativa del coating, sono stati sviluppati due diversi tipi di nanocontenitori di silice caricati in fase di sintesi con specifici composti attivi: da un lato delle nanocapsule con struttura core-shell (Si-NP) e dall'altro delle nanoparticelle mesoporose (Si-MNP). In una prima fase si è scelto di incapsulare il 2-mercaptobenzotiazolo (MBT), un prodotto commerciale le cui proprietà vegetative sono note da letteratura. Successivamente, al fine di aumentare l'ecocompatibilità del prodotto finale, si è proceduto con l'incapsulamento di due biocida, inseriti dalle linee guida europee nella categoria dei prodotti naturali antifouling (NPA): lo zosterato di sodio, prodotto dalla alga *Zostera marina*, e l'acido usnico, un metabolita secondario, prodotto da diverse specie di licheni. I test di efficacia su provini di laboratorio sono in corso.
- ✓ Il gruppo **Uniroma3** ha fornito risultati di studi ottenuti presso la Villa Mondragone utilizzando una metodologia di correlazione tra lo sviluppo di degrado biologico e la presenza di acqua e luce. L'approccio ecologico dinamico effettuato sulle Fontane del Drago e della Girandole nel giardino della Villa viene descritto nel task di riferimento T7.3, e il relativo rapporto scientifico è ivi allegato (all.T7.3).

## **T 6.5 – Monitoraggio combinato strutturale e di parametri ambientali sulle strutture**

Applicazioni di sensori in fibra ottica per monitoraggi ambientali e strutturali. **ENEA** ha realizzato e caratterizzato i nuovi sensori FBG per l'installazione in situ.

Nel trimestre di riferimento sono state svolte due attività in situ, descritte dettagliatamente nel rapporto allegato (all. T6.5):

- ✓ Sulle Mura Aureliane sono state considerate per le nuove installazioni catene nel tratto adiacente a Porta San Sebastiano. A seguito del perfezionamento del pre-esistente accordo di collaborazione con la Sovrintendenza Capitolina sono stati eseguiti tutti i rilievi preliminari fotogrammetrici per il corretto posizionamento dei sensori, che è stato programmato per settembre.
- ✓ Sono iniziate le attività per l'allestimento dimostrativo sul sito sul Ninfeo Ponari di epoca romana presente a Cassino, miranti lo scopo di verificarne la stabilità strutturale e l'impatto degli eventi climatici. Lo studio, largamente al di fuori del contesto prescelto, ma di interesse nella partnership del DTC, proseguirà oltre gli obiettivi di progetto. Anche in questo caso sono stati eseguiti tutti i rilievi fotogrammetrici e gli studi preliminari del quadro fessurativo necessari a procedere con l'installazione dei sensori, prevista nel prossimo trimestre.  
E' stata inoltre concordata con UniCAS la presentazione dell'installazione e dei risultati preliminari a Gaeta in occasione della notte della ricerca (30 settembre).

Sempre da **ENEA** sono state condotte riunioni preliminari con la Curia di Frascati, su richiesta della medesima, volte a definire la fattibilità di un monitoraggio in fibra ottica di significative pareti del Duomo di Monte Porzio Catone, nell'area dei castelli Romani selezionata per le attività del progetto ADAMO, e all'utilizzo dei dati per una valutazione dell'attuale stato di vulnerabilità del complesso monumentale. Per procedere è in fase di stesura un'apposita Convenzione.

## **T6.6 – Sviluppo ed applicazione di sensori nano dimensionali per la qualità dell'aria**

Diverse attività sono state intraprese dai gruppi partecipanti:

- ✓ Il gruppo di **UniRoma3** si è focalizzato sullo sviluppo di sensori basati su quantum dot colloidali, cercando di ottimizzare il processo di fabbricazione per migliorarne le prestazioni e la stabilità nel tempo. Si è arrivati alla realizzazione in laboratorio di un array multisensoriale in grado di rilevare gas differenti grazie all'impiego di diversi leganti o diversi materiali di partenza per la realizzazione dei quantum dot e sono stati eseguiti i primi test per la rivelazione degli ossidi di azoto. L'attività è descritta nel rapporto allegato (all.T6.6).
- ✓ Alcuni dispositivi ibridi sia portatili che mobili e basati anche su sensori nanostrutturati, sono stati progettati e sviluppati al **CNR-IIA** (Istituto Inquinamento Atmosferico) e testati per applicazioni di interesse progettuale per il monitoraggio dell'ambiente in cui si conservano BC.



Per il monitoraggio di ambienti esterni, anche difficilmente raggiungibili da operatori, è stato sviluppato il drone terrestre denominato “ENOSE for outdoor monitoring and mapping”, basato su un sistema di radio-controllo che oltre a pilotare il veicolo a distanza, permette di visualizzare gli ambienti esplorati (es. catacombe, sotterranei, cunicoli, ecc.) attraverso una telecamera ed è in grado di ricevere e conservare i dati in tempo reale. Nello specifico, il drone terrestre è stato sviluppato per monitorare gas e polveri sottili. La piattaforma sensoristica a bordo del drone è equipaggiata con un sensore a trasduzione ottica NDIR per l’anidride carbonica CO<sub>2</sub> e con sensori di tipo elettrochimico per l’ossido di carbonio CO, il biossido di azoto NO<sub>2</sub>, l’anidride solforica SO<sub>2</sub> e l’acido solfidrico H<sub>2</sub>S.

I risultati dello sviluppo e il sistema ENOSE sono stati presentati dalla Dott.ssa A. Macagnano a NANOINNOVATION il 14 giugno a Roma, nell’ambito del WS sui beni culturali con il contributo intitolato: “Hybrid devices based on nanostructured sensors for gas and VOCs monitoring” (autori: Antonella Macagnano, Emiliano Zampetti, Paolo Papa, Andrea Bearzotti, Joshua Avossa, Fabrizio De Cesare).

## **WP7 – Bioarcheologia, antropologia e biologia ambientale**

### **T7.1 – Archeobotanica**

Sulle attività di Archeobotanica sono attivi due gruppi distinti che hanno entrambi prodotti risultati ne trimestre di riferimento:

- ✓ Il gruppo di **UniRoma2** lavorato su reperti conservati nel Museo APR e relativi al sito di Passo Lombardo (resti Villa rustica romana per effettuare studi di archeobotanica) effettuando studi sui resti scheletrici del sito di Boccone del Povero, conservati al museo APR di Roma, per stabilire il pattern alimentare.  
Dal campionamento di tartaro dalla giovane donna del sarcofago del Boccone del Povero (campagna 2001, sepoltura CLXXXI), sono state ottenute informazioni sulla paleodieta, in particolare sul consumo di cereali tipici della regione nell'epoca romana. Dai dati isotopici è stata inoltre riscontrato un insolitamente alto consumo di pesce, probabilmente da bacini di allevamento. I risultati completi sono riportati nel dettagliato rapporto fornito ([all.T7.1\\_1](#))
  
- ✓ Il gruppo di **UniRoma1** ha invece operato su dei campioni vegetali provenienti da una stipa votiva (scavi di Locus Feroniae). Da analisi preliminari svolte su terre di riempimento di alcuni vasetti miniaturistici recuperati durante gli scavi del Santuario sono stati estratti campioni di origine vegetale combusti. Nel rapporto allegato è stata descritta la procedura messa a punto per l'analisi. I risultati ([all.T7.1\\_2](#)) hanno mostrato che si trattava principalmente di campioni di legno di quercia, in un caso è stato possibile anche definire che si tratta di querce caducifoglie.

### **T7.2 – Antropologia**

Questo task prevede attività di antropologia distinte in due sottogruppi, relativi rispettivamente alla paleodieta umana e all'archeantropologia:

- ✓ Attività sui reperti del Museo APR (sito di Tor Vergata). Il laboratorio di Antropologia di **UniRoma2** ha effettuato l'estrazione del collagene e analizzato gli isotopi stabili del C e N di 42 individui provenienti della prima campagna di scavo (1995-96) del sito di Boccone del Povero. Dai dati isotopici è stato inoltre riscontrato un insolitamente alto consumo di pesce, probabilmente da bacini di allevamento. I risultati completi sono riportati nel dettagliato rapporto fornito, già citato al punto T7.1 per questo sito.
  
- ✓ Il laboratorio di **UniRoma1** ha esaminato i resti umani di 200 individui provenienti dagli Scavi di Locus Feroniae. Gli studi eseguiti sulle ossa, riportati dettagliatamente nel rapporto allegato ([all.T7.2](#)), hanno rivelato che la necropoli esaminata era stata utilizzata per la sepoltura di una popolazione di basso ceto sociale dedita prevalentemente a lavori manuali e occasionalmente sottoposta a percosse / incidenti (braccianti, schiavi, veterani...). La loro dieta era prevalentemente quella tipica di zone rurali di terra con proteine vegetali e prodotti caseari. Notevole in questo caso

l'assenza quasi totale di prodotti ittici, a differenza del sito esaminato in prossimità di Tor Vergata con la medesima tecnologia (isotopi stabili del carbonio e dell'azoto).

### **T7.3 – Biologia ambientale**

Sono proseguiti sia gli studi in ambienti all'aperto, che quelli in ambiente ipogeo.

Per Botanica ambientale **UniRoma3**, hanno lavorato in questo trimestre su Villa Mondragone (vedi T2.4). ai prelievi hanno partecipato anche i gruppi di **UniRoma1** e **UniTuscia**.

- ✓ Le attività a Villa Mondragone sono state dedicate a studi di ecologia ambientale nelle fontane presenti nel giardino (all.T7.3), in particolare nella fontana della girandola e nella fontana del Drago. In base alla copertura ed alle specie coinvolte, si è constatato come la successione ecologica in atto sulle superfici lapidea del complesso monumentale della Fontana della Girandola e della Fontana del Drago risulta piuttosto avanzata. Infatti, in diversi tratti le specie pioniere non sono più isolate, ma arrivano ad entrare in contatto sia sul piano orizzontale che su quello verticale andando a definire in ampi tratti una comunità complessa che arriva a coinvolgere non soltanto specie vegetali annuali ma anche di artropodi di vario tipo e molluschi gasteropodi. La distribuzione delle specie risulta essere in stretta relazione all'esposizione alla luce solare, nonché al tenore idrico, con una certa prevalenza di specie silicicole. La fontana del Drago, inattiva da molto tempo e posizionata in un contesto più aperto, risulta in una condizione xerica più marcata, testimoniata dalla sporadicità di muschi e dalla distribuzione dei licheni, fra cui spicca *Xanthoparmelia verruculifera*, specie sassicola ed eliofila unicamente presente nel lato sud.
  
- ✓ Per la parte dell'attività di **UniRoma1** relativa alla biologia ambientale negli ambienti ipogei sono stati eseguiti prelievi di microrganismi sul Sito di San Nicola In Carcere, sia nella chiesa oggetto di trattamenti con biocida durante il restauro, sia nella cripta sottostante (campionamento aprile 2019). I prelievi sono stati fatti su pareti dell'abside sia nella zona non restaurata che nella zona sottoposta ad interventi di restauro, nelle zone prossimali all'abside stesso e nella zona ipogea. Si è quindi proceduto all'analisi microbiologica sia isolando i microrganismi coltivabili che estraendo direttamente il DNA dai campioni prelevati per identificare, con approccio di Deep-sequencing, i microrganismi coltivabili e non. I microrganismi sono stati ottenuti facendo crescere l'eluato dei tamponi a 30°C per diversi giorni su appositi terreni agarizzati. Questo ha reso possibile l'isolamento di diverse colonie batteriche e fungine che sono in corso di caratterizzazione in base alle diverse morfologie. Inizialmente sei colonie batteriche sono state caratterizzate in base alla colorazione Gram e la resistenza agli antibiotici. Cinque specie sono risultate appartenere al gruppo dei Gram-negativi ed una ai Gram-positivi. Queste specie hanno mostrato essere resistenti a numerosi antibiotici. In seguito, è stata valutata la loro capacità di formare biofilm su vetro e su plastica, dal momento che il processo di biodeterioramento di beni culturali è dovuto all'attività metabolica di microrganismi aggregati in biofilm. Mentre tutte le specie analizzate sono in grado di formare un biofilm su plastica, quattro mostrano questa capacità anche sul vetro. Al momento sono in corso sia prove di biofilm su substrati lapidei che l'identificazione molecolare di queste specie. L'approccio di Deep-sequencing è al momento in corso, i primi dati ottenuti sui campioni derivati dall'ipogeo hanno rilevato la presenza di diversi microrganismi e piante.

Attraverso spettrometria FTIR, sono stati poi analizzati chimicamente i campioni di efflorescenze saline prelevate in loco. Dalle porzioni dell'abside sono stati ottenuti solfato di sodio con tracce di nitrati e ossalati, probabilmente dovuti all'azione metabolica di funghi e di alcuni batteri. I prelievi ipogei sono invece caratterizzati dalla presenza di gesso e nitrati in tracce, sostanze cioè prodotte da solfo- e nitro-batteri. Infine, dai campioni prelevati da zone non restaurate è emersa una discreta quantità di solfato di sodio puro.

## **Validazione dei risultati conseguiti** (deliverable intermedie)

- T1.3 – Partecipazione NANOINNOVATION con una sessione specifica relativa ai risultati di ADAMO sul tema *(non pianificata in quanto invito ricevuto dopo la stesura della proposta)*
- T1.2 – Applicazione della metodologia STeMA per l'analisi di contesto socio-economico (all.T1.2)
- T2.1 – Risultati preliminari delle analisi LIBS di laboratorio su frammenti di affresco della Villa della Piscina, con determinazione della stratigrafia e risoluzione di alcune questioni rimaste aperte nell'analisi Raman. (all.T2.1)
- T2.2 – Risultati dell'applicazione delle analisi SM e SIMS di cuoi da parati. (all.T2.2)
- T2.3 – Risultati delle indagini eseguite mediante tecniche di microscopia avanzata e nanoingegneria su campioni di frammenti di affresco e malte della Villa della Piscina (all.T2.3\_1)
- T2.3 – Risultati della caratterizzazione mediante tecniche di microscopia della rimozione del biodegrado su pergamene (all.T2.3\_2)
- T2.4 – Valutazione del bio-degrado su cuoi da parati (all\_T2.4\_1).
- T2.4 – Valutazione del bio-degrado sulle fontane dei giardini di Villa Mondragone (all\_T2.4\_2).
- T3.2 – Risultati delle analisi PIXE di campioni di affresco dalla Villa della Piscina e di cuoi da parati dal Palazzo Chigi, Ariccia (all.T3.2)
- T4.1 – Diagnostica remota mediante fluorescenza indotta da laser su porzioni dei muri absidali di San Nicola in Carcere. (all.T4.1\_1)
- T4.1 - Misure spettroscopiche sui busti marmorei di palazzo Chigi di Ariccia (all.T4.1\_2)
- T4.2 - Misure di Risonanza Magnetica allo stato solido e portatile per la caratterizzazione dello stato di conservazione dei cuoi provenienti d Villa Chigi
- T4.3 – Pubblicazione sul trattamento disinfestante delle pergamene (all. T4.3\_1)
- T4.3 – Indagini in-situ mediante fotografia multispettrale e spettroscopia di riflettanza (FORS) UV-Vis delle lettere di San Francesco di Sales di Palazzo Chigi di Ariccia (all. T4.3\_2)
- T4.3 – Caratterizzazione della denaturazione del cuoio dei parati di Palazzo Chigi (all. T4.3\_3)
- T4.5 - Misure di riflettanza sull'affresco absidale della Basilica San Nicola in Carcere a Roma (all.T4.5\_1)
- T4.5 - Misure di spettroscopia Raman sull'affresco absidale della Basilica San Nicola in Carcere a Roma (all.T4.5\_2)
- T4.5 – Indagini di fluorescenza X sull'affresco di Vincenzo Pasqualoni nel catino absidale della basilica di san Nicola in Carcere a Roma (T4.5\_3)
- T4.6 - Radiografia X, Fluorescenza X su opere pittoriche custodite presso il Museo di Palazzo Chigi ad Ariccia (Rm) (all.T4.6\_1)
- T4.6 - Misure acustiche eseguite a san Nicola in Carcere (all.T4.6\_2)
- T5.1 - Test di verifica di trattamenti protettivi per la pietra Sperone di Villa Mondragone: prima parte (all.T5.1)
- T5.2 - Studio dei materiali, dello strato pittorico alle malte, nella realizzazione dell'affresco della villa della Piscina (all.T5.2\_1)
- T5.2 - Studio dei processi di degrado di manufatti antichi in rame dorato (all.T5.2\_2)
- T5.3 - Verifica della stabilità di un sistema innovativo per la reintegrazione pittorica e per una ricostruzione potenziale di dipinti murali, denominato Tattoo Wall® o affresco digitale (all.T5.3\_1)

- T5.3 - Pubblicazione relativa alla Verifica della stabilità del sistema innovativo Tattoo Wall® o affresco digitale (all.T5.3\_2)
- T6.1 – Modellizzazione del degrado da agenti atmosferici indotto su lapidei (all.T6.1)
- T6.2 – Monitoraggio della formazione di croste saline su lapidei in ambienti ipogei (all.T6.2)
- T6.3 – Modellizzazione dello sviluppo di microorganismi su lapidei (all.T6.3)
- T6.5 – Sensori FBG per il monitoraggio basati su tecnologia ottica di tipo FBG (all.T6.5)
- T6.6 – Nanosensori per il monitoraggio della qualità dell'aria (all.T6.6)
- T7.1 – Analisi antropologiche e archeobotaniche su resti scheletrici del Museo APR (all.T7.1.\_1)
- T7.1 - Analisi di resti vegetali estratti dai sedimenti contenuti all'interno di vasetti da stipe votiva degli scavi di Locus Feroniae (all.T7.1\_2)
- T7.2 - Studio dei resti scheletrici umani provenienti dalla necropoli romana di Locus Feroniae (all.T7.2)
- T7.3 – Caratterizzazione ecologica degli organismi presenti sulle fontane di Villa Mondragone (all.T7.3)

## **2. Attivazione e coinvolgimento delle imprese laziali/stakeholders nel progetto, attuali e potenziali collaborazioni**

Per la scelta dei siti sono stati coinvolti gli stakeholder di riferimento (proprietari o gestori):

- Diocesi di Frascati
- Sovrintendenza Capitolina, con le sue direzioni relative a:
  - Mura Aureliane
  - Parco Archeologico di Centocelle
  - Chiesa di Santa Maria in Cosmedin
- Fondazione Villa Mondragone
- Comune di Ariccia
- Pontificia Commissione di Archeologia Sacra per le Catacombe
- Museo APR di Tor Vergata
- Impresa di restauro Euresarte srl
- Sovrintendenza speciale archeologia, belle arti e paesaggio di Roma per San Nicola in Carcere

Sono state già coinvolte nelle attività le imprese:

- ❖ Di restauro che collaborano con UniTuscia nei test di nuovi consolidanti, in cantieri aperti a Viterbo e provincia
- ❖ Di restauro che collaborano con CNR e RM2 nello sviluppo di nuovi metodi per il restauro di beni cartacei (Art'è s.n.c., ditta individuale Lorenzo Civiero, e BPMI S.r.L)
- ❖ Di archeologi (ditte individuali) che operano sul sito della Villa della Piscina
- ❖ ARS MENSURAE srl che collaborava già in precedenza con UniRoma1 e con il CNR

Saranno inoltre coinvolte nelle attività le imprese:

- ❖ Di monitoraggio già attivi sul sito di Villa Blanc TECNO-EL srl (<http://www.tecno-el.it/> o successivamente coinvolgibili Ascisse srl (<http://ascisse.it/>), MCQ (<http://www.mcqinst.com/>) Di installazione ed operazione di sensoristica in fibra ottica: Ingegneria integrata srl, Somma srl, LER srl, già partner di ENEA in precedenti progetti (COBRA).

Sono inoltre potenziali collaboratori le imprese Around Culture srl che collabora già con ENEA, e ARCHEOARES che collabora già con UniTuscia (presenti del board del DTC).

Sono inoltre interessate le ditte: Valentina Romè (impresa individuale) Roma; Maria Gigliola Patrizi, Conservazione Restauro Opere d'Arte, Roma; Stella Cascioli (ditta individuale) Fiumicino (Roma); Eleonora Gioventù, CòIRA Restauro, Roma; Alberto Mazzoleni, (ditta individuale) Roma; Consorzio Aureo, Roma; Algorithmica Srl, Roma; Cester Impresa s.r.l., Roma; "Hubstract - made for art, Viterbo (VT); Nextant Applications & Innovative Solutions S.r.l. NAIS, Roma; SAARCH società di Ingegneria s.r.l. (Roma).

### **3. Eventuali innovazioni/avanzamenti tecnologici prodotti dal progetto in relazione allo stato dell'arte dello specifico settore di riferimento**

Un avanzamento era già stato riscontrato in SAL2 relativo all' "Uso degli oli essenziali per contrastare il biodegrado, dimostrazione di differenti composizioni per biodegrado in catacombe (**UniRoma2**) e su scavi archeologici (**UniTuscia**)".

Si segnalano ulteriori avanzamenti relativi a

1. "Uso della tecnica non distruttiva LTA (light transmission analysis) per verificare il degrado di sostanze organiche costituenti BC". La tecnica proposta da **UniRoma2**, e verificata in collaborazione con ENEA e Uniroma1, è stata applicata con successo a pergamene (come da pubblicazione T4.3) e verificata anche sui cuoi da parati.
2. Utilizzo della tecnica Tatroo wall per la reintegrazione di affreschi, messa a punto da **UniTuscia** (come da pubblicazione (all., T5.3\_2).

Inoltre alcuni elementi della ricerca condotta nell'ambito del task 1.2 da **UniRoma2** risultano particolarmente innovativi. Tra questi, allo sto di sviluppo del progetto, si evidenziano:

- Il processo di valutazione ex ante condotto attraverso la metodologia STeMA (v. all.T1.2) che consente di stabilire i limiti di sostenibilità entro cui elaborare il progetto di valorizzazione.
- La conseguente proposta – da verificare in fase di simulazione ex post – dello sviluppo di un'economia della cultura e della creatività basata sulle risorse localizzate e fortemente integrate con i BC oggetto di approfondimento in ADAMO.



#### 4. Diffusione dei risultati del progetto: pubblicazioni, seminari, congressi, ecc.;

##### Partecipazione a eventi divulgativi, mostre e fiere:

- Italia Smart Community, Tavola rotonda “I beni culturali nell’era dell’intelligenza artificiale”  
Matera 30/5-1/6/2019 (intervento R.Fantoni ENEA).

##### Attività di disseminazione a livello nazionale e internazionale:

- ✓ Congresso Internazionale Optical Metrology (Optics for Art, Architecture and Archaeology), Munich 24-28 giugno 2019
  - “Tattoo Wall®: study of the stability of an innovative decorative technique through hyperspectral imaging and possible application in the mural painting’s restoration” (presentazione UniTus/UniRM1).
- ✓ TECHNART 2019, 7-10 Maggio, Bruges
  - “Raman and FT-IR spectroscopy for the reconstruction of the decorative motives of Villa della Piscina, Roma” 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, TECHNART 2019, 7-10 Maggio, Bruges, presentazione orale (T3.1)
  - “FT-IR microspectroscopy for in-situ monitoring the laser induced degradation of organic binders in artworks” M. Romani, M. Marinelli, G. Verona-Rinati, A. Ciccola, M. Cestelli-Guidi, Presentazione orale (T3.1)
  - “Wall paintings in “Villa della Piscina” (Rome): a combined SEM-EDX and XRD investigation” D. Mirabile Gattia, F. Persia, M. Sbroscia, S. Falzone, C. Gioia, E.M. Loreti, A. Sodo, M.A. Ricci. Presentazione poster (T5.2)
  - “Stratigraphic analysis on Santa Maria in Cosmedin wooden altarpiece by medium wavelength infrared imaging techniques” S. Ceccarelli, N. Orazi, C. Cicero, F. Mercuri, U. Zammit, S. Paoloni, M. Nuzzo, F. Matera, A. C. Felici, G.B. Fidanza. Presentazione poster (T4.5).
  - Hyperspectral imaging as powerful technique for evaluating the stability of Tattoo Wall® G. Agresti, G. Bonifazi, Giuseppe Capobianco, C. Pelosi, S. Serranti and A. Veneri. Presentazione orale (T5.3)
- ✓ XXX Congresso annuale della SISN Società Italiana di Spettroscopia Neutronica Roma 24-26/6/2019 (organizzazione UniRM3, partecipazione ENEA)
  - “Diagnostiche di Spettroscopia Atomica con possibilità di Stratigrafia sui Beni Culturali – Applicazioni nel progetto ADAMO” relazione su invito tenuta da R. Fantoni (autori: R. Fantoni, V. Lazic, M. Vadrucci, V. Nigro)

##### Web News:

- Articolo su Archeomatica Newsletter n. 88 del 18 aprile 2019 Il progetto ADAMO del DTC Lazio al Palazzo Chigi di Ariccia  
[https://www.archeomatica.it/index.php?option=com\\_content&view=article&id=6702:il-progetto-adamo-del-dtc-lazio-al-palazzo-chigi-di-ariccia&catid=87:documentazione](https://www.archeomatica.it/index.php?option=com_content&view=article&id=6702:il-progetto-adamo-del-dtc-lazio-al-palazzo-chigi-di-ariccia&catid=87:documentazione)

- Articolo su Archeomatica Newsletter n. 90 del 11 giugno 2019 <https://www.archeomatica.it/restauro-e-conservazione/il-progetto-adamo-del-dtc-lazio-ha-completato-i-rilievi-e-le-misure-diagnostiche-durante-il-cantiere-di-restauro-nella-chiesa-di-san-nicola-in-carcere-a-roma>
- Webinar sulle tecnologie digitali per i beni culturali del 3/4/2019 nella serie “in rete fvg – seminari per l’innovazione in rete promossi dalla regione Friuli Venezia Giulia (ENEA).

#### Partecipazione a programmi televisivi

- Servizio TV andato in onda nell’ambito della rubrica GrandArte di TgR Lazio sulle attività svolte a San Nicola in Carcere. 24/05/2019 RAI 3 TGR LAZIO - 14.00 - Durata: 00.03.36. (ENEA)

#### Pubblicazioni su rivista internazionale

Lavori pubblicati, ai 4 lavori già pubblicati nei primi due trimestri si aggiungono le pubblicazioni n.5 e 6:

1. M. Vadrucci, F. Borgognonia, C. Cicero, N. Perini, L. Migliore, F. Mercuri, N. Orazi, A. Rubechini “Parchment processing and analysis: Ionizing radiation treatment by the REX source and multidisciplinary approach characterization” Applied Radiation and Isotopes 149 (2019) 159-164. (UniRoma2, UniRoma1, ENEA – all. T4.3\_1)
2. Giorgia Agresti, Giuseppe Bonifazi, Giuseppe Capobianco, Luca Lanteri, Claudia Pelosi, Silvia Serranti, Antonella Veneri, "Tattoo Wall: study of the stability of an innovative decorative technique through hyperspectral imaging and possible application in the mural painting’s restoration," Proc. SPIE 11058, Optics for Arts, Architecture, and Archaeology VII, 110581G (12 July 2019); doi: 10.1117/12.2525726. (uniTuscia – all. T5.3\_2)

Lavori sottomessi, ancora in attesa di valutazione:

1. Noemi Orazi, Cristina Cicero, Ugo Zammit, Stefano Paoloni, Monia Vadrucci, Fulvio Mercuri “Mid-Wavelength Infrared Reflectography and Thermography for the study of book materials, submitted to Infrared Physics and Technology (UniRoma2 e ENEA).
2. Francesco Colao, Roberta Fantoni, Martina Romani “Multivariate analysis of time resolved LIF spectral data” submitted to Studies in Conservation (ENEA e INFN - T4.1).
3. Lucilla Pronti, Martina Romani, Gianluca Verona-Rinati, Ombretta Tarquini, Francesco Colao, Marcello Colapietro, Augusto Pifferi, Mariangela Cestelli-Guidi<sup>1</sup> and Marco 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 (INFN, UniRM2, ENEA, IC-CNR (T3.1-T4.1).
4. M. Iorio, V. Graziani, S.A.B. Lins, S. Ridolfi, P. Branchini, A. Fabbri, G.M. Ingo, G. Di Carlo, and L. Tortora “Exploring manufacturing process and degradation products of gilt and painted leather Applied Science-MDPI, invited paper per lo special issue "Applications of Surface Science Methods in the Field of Cultural Heritage” (UniRM3, UniRM1, CNR e impresa Ars Mensurae – T2.2).

5. R. Fantoni, L. Caneve, F. Colao, M. Ferri De Collibus, M. Francucci, M. Guarneri, V. Spizzichino, O. Santorelli "Laser remote and in situ spectroscopic diagnostics to CH surfaces" Science and Technology for the Conservation of Cultural Heritage (ENEA - T4.1)
6. M. Vadrucci, C. Cicero, F. Borgognoni, G. De Bellis, C. Mazzuca, F. Mercuri, N. Orazi, E. Schifani. D. Uccelletti. "Effects of the ionizing radiation disinfection treatment on historical leather" International Journal of Biodeterioration and Biodegradation (ENEA, UniRoma1, UniRoma2 – T4.3)

### Sito web di progetto

Il sito web di progetto è stato progettato e realizzato nel corso del secondo trimestre dalla Divisione per lo sviluppo Sistemi per l'Informatica e l'ICT (DTE ICT) di **ENEA**: [progettoadamo.enea.it](http://progettoadamo.enea.it) in maniera che sia possibile avere la massima facilità di accesso alle attività svolte e ai risultati ottenuti dai laboratori coinvolti nel progetto. È strutturato in modo da rendere facile ed immediato il reperimento di tutte le informazioni base inerenti i singoli task. Inoltre, sono pubblicati i SAL, le relazioni tecniche e gli abstract delle pubblicazioni scientifiche prodotte dai vari gruppi di lavoro coinvolti.

Il menù principale, così strutturato:

- Progetto
- Risultati
- Media
- News ed Eventi
- Partner
- Contatti
- English.

È stato continuamente aggiornato nel corso del terzo trimestre.

---

Tutta la documentazione preliminare relativa allo svolgimento delle attività è riportata sul sito di progetto.  
Si allegano alla presente relazione:

- n. 2 pubblicazioni già apparse su rivista internazionale (che si aggiungono a n. 4 pubblicazioni già allegate a SAL2).
- n. 34 rapporti di progetto relativi a deliverable consolidate nel trimestre di riferimento (si ricorda che altri n. 6 allegati sono stati già forniti nella relazione di SAL1 e altri n. 27 allegati sono stati già forniti nella relazione di SAL2, costituendo altrettante deliverables).

Il coordinatore ha preparato la presente relazione SAL3.

**Luogo, Data**  
**Frascati 18.07.2019**

Il coordinatore di progetto  
Dott.ssa Roberta Fantoni

