

ADAMO SAL2 (2.1.2019 – 2.4.2019)

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 SAL2

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. Per alcune attività iniziate in ritardo il rilascio delle prime deliverable è stato spostato ad aprile.

Gli obiettivi intermedi raggiunti possono essere riassunti come segue:

- Identificazione di ulteriori siti per attività dimostrative, con il coinvolgimento dei principali stakeholder (gestori dei siti e imprese di restauro)
- Rielaborazione nella forma finale dell'analisi di contesto per la zona d'indagine principale prescelta (Roma Sud – Castelli), con l'inserimento dei nuovi siti.
- Svolgimento di attività sui siti:
 - Frammenti di intonaco dalla Villa della Piscina, Centocelle (esaminati in laboratorio e nel sito di stoccaggio)
 - Mura Aureliane (adiacenze Porta San Sebastiano)
 - Catacombe dei SS. Marcellino e Pietro (Tor Pignattara)
 - 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
- Disseminazione delle attività attraverso la partecipazione:
 - A eventi scientifici di rilevanza nazionale e internazionale:
 - Technoheritage (Siviglia 26-30/03/2019) (partecipazione ENEA)
 - Convegno Tematico AIAR 2019 "Dalla conoscenza alla valorizzazione: Il ruolo dell'archeometria nei musei" (Reggio Calabria 27-29/03/2019) (partecipazione INFN)
 - A mostre e fiere:
 - Fiera di Nazionale di Grottaferrata (Grottaferrata 23-31/03/2019) – presentazione del progetto ADAMO e di sistemi per diagnostiche ed imaging laser allo stand ENEA.
 - Sui media e sulla stampa divulgativa (anche in rete):
 - Articolo su Archeomatica Newsletter n.85 del 23 Gennaio 2019 "Il progetto ADAMO del DTC Lazio ha iniziato la sperimentazione"
https://www.archeomatica.it/index.php?option=com_content&view=article&id=6618:il-progetto-adamo-del-dtc-lazio-ha-iniziato-la-sperimentazione-dimostrativa-sul-sito-della-villa-della-piscina-di-centocelle-raccogliendo-informazioni-diagnostiche-sui-frammenti-di-affresco-ivi-rinvenuti&catid=87:documentazione
- Promozione di corsi di studio (triennali, magistrali anche in lingua inglese, master)
- Nella presentazione di progetti di valenza UE (H2020, ESPON, Panoramед), nazionali (MEF) e regionali (Lazio, Toscana ecc.)

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

Legend

- Ⓜ Deliverable
- Ⓜ Intermediate Deliverable
- Ⓜ Project Meeting
- Ⓜ Conference

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

Tutti gli AR previsti nel progetto hanno preso servizio, come pure un contrattista a Uniroma1, 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 2.2, task 2.3 e task 4.3	25/03/2019 3 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.

A seguire il sunto delle attività svolte per ciascun WP (con indicazione dei partner partecipanti, in neretto il principale promotore 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 – La scelta dei siti, effettuata nel primo trimestre e oggetto della prima deliverable del Task 1.1 (attività svolta da **Uni. Roma 2**), è stata affinata tenendo conto delle esigenze di progetto, in particolare di quelle di accessibilità dei siti nella zona prescelta e di disponibilità dei materiali su cui effettuare le campagne dimostrative. Ai siti già attivati nel primo trimestre si è aggiunta la Chiesa di San Nicola in Carcere che presenta problematiche di interesse per la Regione (infiltrazioni d'acqua, biodegrado, affreschi moderni della metà del XIX secolo) in un cantiere aperto al quale l'impresa romana Euresarte srl ci ha concesso l'accesso per le misure in situ. E' stata inoltre formalizzata l'offerta di una campagna dimostrativa di monitoraggio sul Duomo di Monte Porzio Catone da parte dell'ENEA utilizzando fra l'altro i sensori in fibra ottica di cui al T6.5.

Al di fuori dell'area selezionata, e quindi non oggetto dell'analisi di contesto, è stato confermato il sito di Villa Blanc per il monitoraggio dei parametri ambientali (T6.1), il portale metallico della Chiesa di Santa Maria del Popolo esclusivamente per le misure di caratterizzazione in situ di cui al T4.4. Sono inoltre previste attività specifiche di archeoantropologia per il Tak7.2 sul sito Locis Feroniae e presso il Museo di Casal dei Pazzi (Roma) contenete reperti anche umani del Pleistocene. La scelta di questi ultimi due siti è motivata dalla particolarità dei reperti necessari per lo studio specifico dei biologi.

I siti sono stati scelti in base a quanto evidenziato da una prima analisi di contesto, condotta attraverso la metodologia STeMA 3.0, ponendo particolare attenzione ai beni presenti al di fuori dei circuiti turistici tradizionali principali e in linea con gli obiettivi prefissati. Come risulta dal documento rilasciato l'8/11/2018 "PRIMA INDIVIDUAZIONE AREA DI STUDIO" (*allegato n.1* al precedente SAL1) la scelta è ricaduta nell'area delimitata dal tratto delle mura di Porta San Sebastiano, dalla Regina Viarum Via Appia che qui ha origine, e dalla Via Casilina fino a Castelli Romani (limitatamente a Frascati, Monteporzio Ariccia). In quest'area il progetto ha già raccolto la disponibilità ad essere adottati come siti per le previste attività di ricerca applicata e campagne dimostrative di:

- Mura Aureliane nel tratto presso porta San Sebastiano (per attività di monitoraggio degli effetti dell'ambiente e del clima sulla struttura)
- Villa della Piscina nel parco Archeologico di Centocelle (per ottenere dati utili a definirne la cronologia, le fasi costruttive e la storia)
- Palazzo Vescovile di Frascati (per verificare lo stato di conservazione degli affreschi e dei dipinti murali)
- Villa Mondragone di Monte Porzio Catone (delle fontane nel giardino e in generale dei lapidei esterni costruiti nella caratteristica locale pietra tufacea)
- Palazzo Chigi di Ariccia (per effettuare indagini su reperti unici ivi conservati, fra cui arredi e decorazioni in cuoio da parete, oltre che dei dipinti su tela della pinacoteca, degli affreschi e dei busti marmorei della galleria)
- Catacombe dei SS: Marcellino e Pietro per monitorare e contrastare il bio-degrado degli affreschi.
- Museo Archeologia Per Roma, per studi di paleo dieta su reperti umani.
- Catacombe di San Callisto, per caratterizzazione di microorganismi responsabili del bio-degrado.

Il Task 1.1 è stato prolungato nel sesto mese di progetto per includere nell'analisi di contesto i siti non inizialmente previsti. I risultati complessivi della nuova analisi di contesto sono riassunti nella nuova mappa (allegato #1).

Task 1.2 – il contesto socio-economico: analisi di mercato

I ricercatori di UniRoma2 e UniRoma3 coinvolti in questo Task hanno ipotizzato la creazione di un sistema a crescita diffusa e progressiva, incentrato sulla valorizzazione di un'economia del locale non più dipendente e subordinata a quella della Capitale. Hanno prefigurato a questo scopo le modalità di creazione delle condizioni per l'attuazione di un sistema territoriale che, nell'ambito di un unico progetto attuativo di coordinamento, valorizzi le peculiarità culturali attrattive dei singoli siti integrandole tra loro e rendendole complementari. L'analisi ex ante con STeMA-VAS condotta da RM2, in corso di completamento, sta mettendo in luce la differenziazione dei ruoli e delle vocazioni, evidenziando il valore delle diversità, la compresenza di molteplici fattori che costituiscono ricchezza e complessità dell'offerta reale e potenziale dei siti e dell'intera area di riferimento (area vasta).

Come efficace strumento per lo sviluppo socio-economico dell'area si prospetta dunque l'integrazione tra le diverse realtà produttive locali (siti e contorni), sia di tipo verticale (nell'ambito delle filiere produttive) che orizzontale, interrelando le diverse problematiche dei vari settori economici in un'unica strategia di sviluppo.

Le passate esperienze hanno evidenziato numerosi punti di debolezza dovuti principalmente a problemi di carattere strutturale e organizzativo tra le singole realtà territoriali e di integrazione tra le varie proposte progettuali di valorizzazione e recupero dei manufatti trattati dal progetto ADAMO. Tali esperienze erano infatti carenti nella definizione degli obiettivi di sviluppo socio-economico e delle linee guida su cui articolare le proposte progettuali. Gli obiettivi e, più in generale, la cornice di riferimento è costituita dall'insieme di progetti singoli non integrati, molti dei quali preesistenti e legati a esigenze locali, con difficoltà di inserimento in un unico e coerente piano di sviluppo.

Le linee guida progettuali in corso di preparazione individuano tre elementi caratteristici dell'area: gli obiettivi legati al patrimonio Culturale; l'idea che esprime il concetto strategico sul quale si basa l'azione sul patrimonio Culturale; i settori di intervento nei quali articolare il Piano strategico d'Azione locale (LAP) secondo l'impianto europeo.

Lo sviluppo di queste linee, adattabili a diversi e mutevoli scenari sociali, economici, permetterà una integrazione trasversale dei singoli interventi, e un'ottimizzazione dei risultati derivanti dall'impiego di tecnologie avanzate.

Nel trimestre di riferimento è stato preparato un dettagliato rapporto che riassume le metodologie adottate e i risultati attesi calati nel contesto territoriale considerato (Allegato #2), che costituisce deliverable congiunta del T1.1 e del T1.2.

Task 1.3 – Alcune attività di disseminazione 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:

- TechnoHeritage "IV International Congress Science and Technology for the Conservation of Cultural Heritage – Seville (Spain) 26-30/03/2019". La dott. Roberta Fantoni ha presentato una

relazione su invito relativa alle attività di trasferimento tecnologico dell'**ENEA** condotte su progetti finanziati dalla regione Lazio, fra cui ADAMO. Il testo della relazione sarà pubblicato sugli atti della conferenza.

I partecipanti si sono inoltre fatti carico di raccogliere su ciascun sito materiale fotografico per documentare l'attività svolta e metterla a disposizione del gruppo di **UniRoma1** per il docufilm finale.

ENEA ha invitato il gruppo di RA13 ad effettuare riprese durante la caratterizzazione mediante LIF dei busti marmorei della Galleria di palazzo Chigi di Ariccia. Le riprese sono state trasmesse durante la rubrica Grand'Arte del TGR del 1/02/2019. Il link al filmato è disponibile sul sito di progetto.

<http://progettoadamo.enea.it/photogallery/>

WP2 – Analisi e diagnostiche Chimico-fisiche

Task 2.1 – Diagnostiche Raman di laboratorio effettuate da **UniRoma3**. Sono proseguite le indagini spettroscopiche di laboratorio su ulteriori 6 frammenti di dipinti murari della Villa della Piscina al fine di aumentare la significatività statistica dei risultati preliminari.

- I nuovi risultati confermano quanto già osservato in precedenza da UniRoma3 e dagli altri partner (INFN T3.1, CNR T4.3), ovvero una tavolozza pittorica consistente con il tipo di manufatto, con l'epoca storica e con l'area geografica ed è inoltre omogenea tra i vari frammenti stilisticamente compatibili, costituita da cinabro, terre (ematite e magnetite, goetite, celadonite), malachite, blu egizio, calcite e dolomite, nero fumo.

I più rilevanti elementi di novità sono i seguenti:

- Si pone in evidenza la presenza di caolino, un'argilla bianca, utilizzata in miscela alle terre gialle (a base di goetite FeOOH) al fine di stemperarne la tonalità. Da sottolineare che la spettroscopia Raman rileva solamente per via indiretta la presenza di tale argilla, rivelando le impurezze di biossido di titanio (TiO_2 - anatasio) che comunemente la accompagnano. L'intervallo spettrale in cui cade la banda Raman più intensa dell'anatasio è praticamente sovrapposto alla regione in cui cadono le vibrazioni dei legami degli ossidi di piombo (PbO): alla luce di questa considerazione, anche per il campione "Gruppo 3A" possiamo escludere la miscela di terra gialla e ossidi di Pb (preliminarmente avanzata come possibilità), ma considerare l'utilizzo di caolino in miscela (come confermato dalle misure FTIR eseguite da LNF-INFN sullo stesso campione, v. T3.1).
- Sulla base di un dettagliato lavoro di letteratura - *Ospitali et al. J. Raman Spectrosc. 2008; 39: 1066–1073* - è stato possibile determinare la giacenza di origine dei pigmenti verdi a base di celadonite ($\text{K}(\text{Mg}, \text{Fe}_2^+)(\text{Fe}_3^+ \text{Al})\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$), attribuendogli provenienza Veneta, (miscela di minerali provenienti dalle cave di Monte Baldo e Montecchio Maggiore, nei pressi di Verona);
- Tutti i blu, che siano delle piccole decorazioni oppure delle vaste aree pigmentate, sono stati realizzati con il Blu Egizio ($\text{CaCuSi}_4\text{O}_{10}$), in alcuni casi in miscela con grani di terra verde al fine di modularne la tonalità.
- Di particolare interesse risulta essere il "campione 15", appartenente al gruppo 1, il quale si distingue, non per tavolozza pittorica, ma per tecnica di realizzazione, dal totale degli altri 18 campioni esaminati con la spettroscopia Raman. Il campione mostra una stratigrafia pronunciata, caratteristica di una deposizione del pigmento in più fasi di stesura. Evidenzia poi una particolare attenzione alla tonalità cromatica dei vari decori, infatti per esaltare gli elementi decorativi viene utilizzato del Blu Egizio in miscela molto diluita nelle terre rosse e gialle, e nel verde, che risulta essere quasi esclusivamente di malachite macinata grossolanamente. Questa scelta conferisce brillantezza al pigmento sfruttando il riflesso vetroso del Blu Egizio, senza andare ad alterare la resa cromatica. Si evidenzia anche la presenza di cinabro misto a ocre per dare brillantezza ad alcuni decori rossi. Al fine di creare un forte contrasto in modo da esaltare la brillantezza dei pigmenti impiegati, il fondo pittorico del frammento presenta uno strato compatto di colore nero (Nero fumo). Per dettaglio cromatico e tecnica di realizzazione questo campione sembra appartenere ad un

elemento pittorico di differente significatività artistica rispetto a quelli esaminati e discussi in precedenza.

I risultati (allegato #3), 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 il 6/03/2018 in una riunione di lavoro, volta anche a definire le strategie per il prosieguo delle attività.

Questi risultati, congiuntamente a quelli sugli altri task pertinenti (T3.1, T4.3, T5.2) sono stati oggetto di due abstract accettati per la conferenza internazionale TECHNART, che si terrà a Bruges (B) a maggio.

Inoltre su un campione di affresco della Villa della Piscina sono state effettuate da **ENEA** misure di tempo di volo mediante spettroscopia THz-TDS (risolta in tempo) che hanno permesso di ricavare informazioni quantitative circa il profilo del campione e la sua stratigrafia. I dati ottenuti mostrano chiaramente la stratificazione dei diversi pigmenti fornendo indicazioni circa la tecnica di esecuzione. L'analisi preliminare dei risultati permette di ricostruire il profilo esterno della superficie e misurare lo spessore, di 40-50 micron, di alcuni dei decori in corrispondenza di parziali distacchi. L'analisi stratigrafica permette infine di osservare, al di sotto degli strati esterni pigmentati, la presenza uno strato in linea di massima uniforme, di circa 130 micron di spessore.

Da **ENEA** sono state pianificate ulteriori misure LIBS microdistruttive, per ottenere informazioni sulla tecnica realizzativa di un paio di campioni.

T2.2 Spettrometria di massa, SIMS, e tecnologie chimiche di analisi. Per lo studio sono stati selezionati campioni di cuoi da parati di Palazzo Chigi. Le indagini da eseguire, tenendo conto dei restauratori a cui i campioni sono già stati sottoposti e delle esigenze conoscitive dei conservatori, sono state già pianificate, saranno eseguite quando i campioni prelevati, che girano fra i partecipanti, verranno portati a **UniRoma3**. In preparazione degli esperimenti è stato effettuato uno studio preliminare di bibliografia sulle tecniche in precedenza applicate per la caratterizzazione degli scarsi campioni analoghi già studiati (allegato #4). Considerata la letteratura relativa allo studio del cuoio dipinto e le competenze all'interno del task si è proposto lo studio di alcuni frammenti di cuoio dorato e dipinto provenienti da Palazzo Chigi attraverso un approccio multitecnica. La caratterizzazione di questi manufatti così come lo studio dei processi di degrado è di fondamentale importanza per il loro restauro e conservazione.

T2.3 – Tecniche di microscopia avanzata e nanoingegneria. A **UniRoma3** sono iniziate le indagini su alcuni campioni di malta prelevati dai frammenti di affresco della Villa della Piscina, per determinarne la durezza.

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. Si tratta quindi di attività a cavallo tra i task T2.3 e T2.4 (vedi seguito).

Per quanto riguarda le attività di microscopia, più pertinenti a questo task, su campioni di cuoi da parati provenienti dal palazzo Chigi di Ariccia sono state effettuate, analisi SEM/EDX utilizzando un microscopio elettronico a scansione con sorgente di tungsteno ad effetto campo (FE-SEM), modello Zeiss Auriga, coadiuvato da un sistema per analisi EDS con raffreddamento a cella Peltier (Bruker Quantax EDX).

I campioni sono stati rivestiti mediante sputtering con 30 nm di Cr prima delle analisi SEM onde evitare il caricamento elettrostatico del campione nel corso delle misure. Le micrografie SEM sono state eseguite su campioni delle tre tipologie: 1) Olandese; 2) Veneziano; 3) Spagnolo. Non si sono osservate sostanziali differenze tra le morfologie dei tre campioni, ma una superficie marcatamente più "fibrosa" per il lato interno, adiacente all'intonaco nel montaggio a parete, per tutti i campioni analizzati. L'analisi elementale a dispersione di fotoni X, eseguita sul solo esterno, ha permesso di rilevare la presenza 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).

T2.4 Analisi genetiche, biochimiche e microbiologiche. Sono state considerate diverse tipologie di campioni:

- ✓ Pergamene. A **UniRoma1** sono state completate le attività di collaborazione volte alla caratterizzazione mediante microscopia a forza atomica (AFM) e microscopia a scansione elettronica (SEM), eventualmente coadiuvata da analisi elementale EDS, di frammenti di pergamene irradiati da **ENEA** (mediante la facility REX di Frascati) a diversi dosaggi al fine di valutarne l'effetto sull'integrità dei manufatti curati con radiazioni ionizzanti (vedi T4.3).
- ✓ Sempre da parte del gruppo di **UniRoma1** sono stati effettuati studi di microbiologia su campioni di cuoi da parati, dal Palazzo Chigi, Ariccia, di origine rispettivamente spagnola, olandese e veneziana, accompagnati da irraggiamenti con radiazioni ionizzanti per la rimozione del biodegrado riscontrato (gli irraggiamenti mediante acceleratori lineari sono stati effettuati sempre dal gruppo **ENEA** nell'ambito delle attività del T3.2). Analisi di controllo della presenza e della crescita di colonie di microrganismi sono state effettuate sui campioni tal quali e su campioni irraggiati a dosi di radiazione variabili fino a 750 Gy. Il risultato preliminare (allegato #5) ottenuto nella prima campagna di irraggiamento rivela che sui tre tipi di cuoio il trattamento REX ha buon esito in un intervallo di dose compreso fra 500 e 750 Gy. Una seconda campagna di studio è in atto per la conferma dell'effetto, per la verifica della riproducibilità dei dati, per la definizione del livello di dose minimo necessario per la completa disattivazione dei microrganismi e per la stima dell'omogeneità del biodegrado sui campioni tal quali. Una nuova campagna di studio è in atto per la conferma dell'effetto del processo di irraggiamento, per la verifica della riproducibilità dei dati e per la definizione del livello di dose minimo necessario per la completa disattivazione dei microrganismi. Per un opportuno controllo del metodo, data la grande eterogeneità dei campioni tal quali e dato il basso livello riscontrato della carica microbica, si reputa necessario procedere con la preparazione di campioni uniformemente contaminati con microrganismi viventi rappresentativi. Indagini SEM ed EDX sono state già eseguite sui campioni tal quali per la caratterizzazione microscopica delle unità di biodegrado oltre che delle fibre.

Per la caratterizzazione degli effetti e l'applicabilità della radiazione X come trattamento di disinfezione dei supporti in cuoio presso **UniRoma2** sono in corso valutazioni tramite Light Transmission Analysis (LTA) caratterizzando la stabilità idrotermica della molecola di collagene. La temperatura di denaturazione, misurata durante il deterioramento indotto nella membrana mediante l'uso combinato di calore e acqua, risulta dipendente dal grado di danneggiamento della struttura della molecola di collagene, eventualmente indotto dal processo di irraggiamento con RX.

L'inizio delle attività di **UniRoma3** in questo task è stato rimandato al successivo trimestre, avendo verificato che sia il sito di Villa Mondragone che quello di Palazzo Chigi risultano inadatti allo svolgimento di quanto proposto. Al rientro da una sua campagna in oriente, la responsabile di UniRoma3 selezionerà un più sito idoneo fra quelli disponibili.

T2.5 – Il responsabile del task 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. G.B. Fidanza ha inoltre organizzato la prima riunione di discussione dei dati raccolti a Palazzo Chigi presso la facoltà di Lettere di UniRoma2 il giorno 22/03/2019 fra tutti i gruppi partecipanti e il direttore del museo.

Per quanto riguarda il task specifico a **UniRoma2** è già stata eseguita una TAC di un piccolo crocifisso in deposito presso l'Istituto Superiore Conservazione e Restauro del Mibac, mentre ne sono state pianificate altre per settembre 2019 su dipinti di Palazzo Chigi di Ariccia, da trasportare presso la facility disponibile a UniRoma2.

WP3 – Analisi mediante large scale facilities

Task 3.1 - Presso **LNF-INFN** sono proseguite le indagini ottiche e spettroscopiche non distruttive di laboratorio mediante le facilities accessorie a DAFNE su frammenti di affresco della Villa per supportarne l'attribuzione su base storica a differenti stanze. Nel secondo trimestre sono state eseguite le seguenti attività:

- ✓ Villa della Piscina di Centocelle
 - Misure di spettroscopia infrarossa tramite FT-IR portatile in situ (6-8/3/2019) e in laboratorio su altri 21 frammenti di affresco romani.
 - Caratterizzazione mediante diverse tecniche spettroscopiche disponibili dei materiali pittorici e patine superficiali dovute a precedenti interventi di restauro.
 - Confronto con le archeologhe sui risultati ottenuti per l'assegnazione dei frammenti studiati ai diversi gruppi stilistici da loro in precedenza identificati
 - Integrazione dei risultati con quelli ottenuti dal prototipo LIF, realizzato nell'ambito del T4.1.

I risultati ottenuti sulla tavolozza di pigmenti confermano quanto osservato mediante spettroscopia Raman nel T2.1). I risultati complessivi sono stati discussi con la responsabile del sito per la Sovrintendenza Capitolina e le archeologhe che hanno lavorato agli scavi il 6/03/2018 nella già citata riunione di lavoro, volta anche a definire le strategie per il prosieguo delle attività.

- ✓ Palazzo Chigi Ariccia: è stata eseguita una campagna di misure in situ (4-5/03(2019) mediante le facilities accessorie a DAFNE, comprendente:
 - Misure di spettroscopia infrarossa tramite FT-IR portatile in situ su disegno murale a sanguigna di Gian Lorenzo Bernini
 - Caratterizzazione dei materiali pittorici (pigmenti e leganti)
 - Integrazione dei risultati con quelli ottenuti dal prototipo LIF, realizzato nell'ambito del T4.1 dal gruppo INFN-Tor Vergata.

I risultati preliminari ottenuti sulla sanguigna del Bernini e su dipinti ad olio di Mario dei Fiori e altri contemporanei sono stati presentati al direttore del Museo durante l'incontro organizzato a Uniroma2 il 22/03/2019.

- ✓ Chiesa di S. Nicola in Carcere, Roma: Campagna di misure in situ: 13/03/2019.
 - Misure di spettroscopia infrarossa tramite FT-IR portatile in situ su affresco di Vincenzo Pasqualoni nel cupolino sopra l'abside. Il pittore appartiene alla scuola romana di Pio IX, un gruppo di pittori poco conosciuti, i cui affreschi sono caratterizzati da una paletta di colori che vede la transizione tra i pigmenti di origine minerale e quelli di origine chimica (seconda metà del secolo XIX). Risultati preliminari indicano la presenza di coloranti a base di cromo e cobalto, non presenti negli affreschi di epoche precedenti.
 - Caratterizzazione dei materiali pittorici e eventuali consolidanti superficiali.
 - Integrazione dei risultati con quelli ottenuti dal prototipo LIF, realizzato nell'ambito del task 4.1 dal gruppo INFN-Tor Vergata.
 - Integrazione dei risultati con quelli ottenuti da **ENEA** (28/3/2019) mediante una sonda Raman portatile operante a 785nm (v. T4.5).

I risultati preliminari dell'intera attività, assieme a quelli ottenuti dal gruppo **INFN-TorVergata** nel WP4, sono stati presentati come orale al Convegno Tematico AIAR 2019, Reggio Calabria (27-29/03/2019): "In situ investigation and non-invasive diagnostics to support material analyses and restoration activities within the ADAMO project of the Technological District of Cultural Heritage-DTC Lazio" L. Pronti, M. Romani, G. Verona-Rinati, M. Cestelli-Guidi, M. Marinelli, F. Colao.

T3.2 – Misure PIXE (**ENEA**). E' 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).

Nell'attesa dell'arrivo dei componenti per l'up-grading del sistema PIXE di Frascati già progettato, sono state 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 (Centocelle, Roma). Si è effettuata la caratterizzazione dei pigmenti di campioni, selezionati dai restauratori del sito archeologico (21_4; 33_3; 32_3; 31_3; 34_5; 40; 38_31; 39_25).
- 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.

E' stato prodotto un rapporto preliminare (allegato #6, e suo attached) sulle modalità operative e i risultati preliminari delle analisi qualitative per i componenti elementali dei pigmenti nelle due tipologie di campioni.

T3.3 - 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 pianificate per il terzo trimestre.

L'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. Mentre fino a 2 mesi fa non era associato ufficialmente alcun sito a SORGENTINA, un progetto finanziato dalla Regione Emilia Romagna ha fatto sì che ci sia una direzione privilegiata verso questa ubicazione geografica e dunque parlare di SORGENTINA per la regione Lazio (al momento) non è in linea con le scelte dell'ENEA. Ciò che invece c'è nel Lazio è il progenitore di SORGENTINA, cioè l'impianto 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.

Sono stati presi accordi preliminari per la presentazione del progetto ADAMO alla conferenza italiana SINS, che verrà organizzata a **UniRoma3** a fine giugno. Nell'ambito del XXX Congresso della Società Italiana di

Spettroscopia Neutronica (SISN), che si terrà a Roma dal 24 al 26 giugno 2019, è prevista una sessione sull'utilizzo dei neutroni per lo studio dei beni artistici. Questa iniziativa, aperta al pubblico, va intesa come un evento divulgativo delle attività del centro di eccellenza del Distretto Tecnologico per i beni e le attività culturali del Lazio (DTC Lazio). In particolare, è stato richiesto ai responsabili del progetto ADAMO di partecipare alla sessione presentando una relazione su invito.

WP4 – Analisi e diagnostiche in situ e remote

Task 4.1 – Per quanto riguarda lo sviluppo di hardware previsto in questo task, l'unità **INFN-Tor Vergata** ha provveduto alla realizzazione di un primo prototipo "ibrido" del sistema TR-LIF miniaturizzato portatile, allestendo lo strumento, completando i test di laboratorio ed utilizzandolo anche per i primi test sul campo. Il sistema utilizza un laser impulsato che emette ad una lunghezza d'onda di 266 nm come sorgente di radiazione per l'eccitazione della fluorescenza. La durata degli impulsi è di circa 2ns con una frequenza di ripetizione di 10kHz. Il fascio laser viene focalizzato su una fibra ottica che trasporta la radiazione di al punto da analizzare, con uno spot di misura di circa 300µm di diametro. La luce di fluorescenza generata dal campione viene prelevata da un fascio di fibre ottiche ed inviata ad uno spettrografo miniaturizzato. Tale sistema portatile prevede l'analisi dello spettro di fluorescenza mediato nel tempo. E' stato inoltre realizzato un sistema per la misura risolta in tempo della fluorescenza. In questo caso la fibra ottica di uscita è accoppiata ad uno spettrografo dotato di una Gated CCD. Con tale sistema è possibile acquisire l'andamento temporale degli spettri di fluorescenza con una risoluzione di circa 2ns. In quest'ultimo caso il sistema è da considerarsi "trasportabile" a causa del maggiore ingombro della camera gated e della sua elettronica di controllo rispetto allo spettrografo miniaturizzato. E' stato rilasciato un rapporto preliminare (allegato #7).

Per quanto riguarda lo sviluppo software previsto **ENEA** ed INFN-LNF hanno continuato a collaborare sullo sviluppo ed applicazione di algoritmi di analisi dati, nello specifico la tecnica PARAFAC, producendo un contributo presentato come poster alla conferenza Technoheritage (Seville 26-30/03/2019): "Spectral and Time resolved LIF imaging: multivariate data analysis" R. Fantoni, F. Colao, M.Romani.

Da **INFN Tor-Vergata** sono state svolte diverse attività in situ relative a Misure LIF, TR-LIF e tecniche accessorie:

- ✓ Frammenti di affreschi romani della Villa della Piscina di Centocelle (6-8/03/2019). Sono state effettuate analisi XRF e LIF *in situ* nel deposito dei frammenti, con l'identificazione di alcuni elementi chimici che consentono di riconoscere alcuni pigmenti e miscele degli stessi su 21 campioni.
- ✓ Palazzo Chigi Ariccia (4-5/03/2019):
 - ✓ Sulla sanguigna del Bernini sono state eseguite analisi LIF puntuali e di imaging multispettrali (UV, VIS, NIR, SWIR). Le analisi effettuate hanno permesso di indagare la tecnica esecutiva del dipinto, nonché la presenza di un sottostante disegno eseguito con un materiale non trasparente all'IR. Sui dipinti: Andrea Sacchi - "Ebbrezza di Noè", Nuzzi Mario/ Morandi Giovanni Maria - "Ritratto di Mario Nuzzi", Mario de' Fiori e Filippo Lauri - "La Primavera" il gruppo **INFN-Tor Vergata** ha eseguito riflettografie IR (NIR, SWIR) di tre dipinti su tela conservati a Palazzo Chigi (Ariccia, Roma). Le immagini ottenute hanno consentito la visualizzazione dei disegni preparatori e dei "pentimenti".
- ✓ Chiesa di S. Nicola in Carcere, Roma (13/03/2019):
 - ✓ sull'affresco di Vincenzo Pasqualoni nel cupolino sopra l'abside sono state eseguite analisi LIF, XRF e Riflettografia IR (SWIR). Le analisi effettuate hanno consentito l'identificazione della tecnica esecutiva e dei pigmenti impiegati (risultati citati nel T3.1)

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

- ✓ Palazzo Vescovile di Frascati – è stata completata l’analisi sui risultati ottenuti mediante LIF e TR-LIF in una sala delle stufette e nella Sala dei Paesaggi, rilasciando un rapporto (allegato #8), nella prima campagna eseguita al Palazzo Vescovile di Frascati. I dati raccolti mediante il prototipo RGB-ITR inella medesima campagna hanno inoltre permesso di evidenziare e localizzate discolorazioni dovute a precedenti infiltrazioni d’acqua sul soffitto della Sala dei Paesaggi ed alterazioni nella trama del tessuto da parati dipinto nella medesima sala. E’ stato preparato un rapporto con i risultati, in corso di sottomissione: “Post-processing color correction using distance based calibration curves on the 3D color model of the hall of Landscapes in the Bishop Palace at Frascati” Ottavia Santorelli, Massimiliano Guarneri, Mario Ferri De Collibus, Massimo Francucci, Massimiliano Ciaffi.
- ✓ Palazzo Chigi di Ariccia
 - Sui busti marmorei della Galleria - E’ stata eseguita una campagna di misura (22-25/01/2019) con i sistemi LIF imaging e a scansione puntuale sui marmi della galleria del palazzo, esaminando 3 busti con l’intento di rivelare dettagli originali della lavorazione, quali la presenza delle patine aggiunte dagli autore (scuola del Bernini) per un effetto estetico di simulazione delle ombre. Nello specifico sul busto di papa Alessandro VII è stata evidenziata la patina, in particolare sui capelli, e ne è stata raccolta la firma spettrale e sono in corso confronti con standard di materiali usati all’epoca per accertarne composizione.
 - Sul dipinto “La primavera” di Mario dei Fiori, nella sala delle quattro stagioni - E’ stata eseguita la scansione mediante il nuovo prototipo IR-ITR per dimostrare la possibilità di ottenere remotamente sia l’immagine IR che il modello 3D su cui riportare tutti i dati puntuali. Su questo dipinto, esaminato a diversi metri di distanza sono stati evidenziati ripensamenti e ritocchi, ottenuti anche da sistemi termografici a distanze inferiori (T4.5 e T4.6)

I risultati preliminari sono stati presentati al direttore del Museo durante l’incontro organizzato a UniRoma2 il 22/03/2019.

- ✓ Basilica di san Nicola in carcere – E’ stata pianificata una scansione del cupolino dell’abside, da terra mediante RBG-ITR e LIF scanning, allo smontaggio dei ponteggi (previsto a inizio maggio), con lo scopo di fornire un modello di riferimento su cui riportare tutti i dati spettroscopici raccolti su questo affresco. Sul medesimo affresco sono state inoltre eseguite misure Raman (28/03/2019) con sonda portatile e pianificate misure XRF.

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

Nel secondo semestre sono iniziate entrambe le attività in carico rispettivamente al CNR e all’ENEA.

- ✓ Imaging NMR - attività svolta dal **CNR-ISB**
 - Basilica di San Nicola in Carcere – Utilizzando il sistema portatile, dall’ 11 al 15/03/2019 è stata eseguita una campagna di Misure di Risonanza Magnetica Portatile (NMR Unilaterale) per la valutazione del contenuto e della distribuzione dell’umidità nella parte bassa dell’abside della

chiesa di San Nicola in Carcere a Roma. Per queste misure (allegato #9) è stata utilizzata una sonda di misura che consente di effettuare le misure a circa 0.3 cm di profondità trascurando il segnale della superficie. Le misure NMR sono state eseguite su una matrice di 50 punti. Il segnale NMR è proporzionale alla quantità di umidità presente nella muratura e, tramite una calibrazione effettuata in laboratorio su provini di intonaco pozzolanico sia secchi che portati alla saturazione di acqua, è possibile correlare il segnale NMR all'umidità ponderale presente nella muratura. I valori del segnale NMR registrato sulla muratura dell'abside hanno mostrato che l'umidità è presente ai lati destro e sinistro dal basso fino ad una altezza di circa 1.50 m, mentre il fronte cala al centro rimanendo localizzato ad una altezza di circa 70-80 cm. L'elaborazione dei dati è in corso con un software di contour plot. Per ottenere la misura precisa del valore di umidità, cioè della quantità di acqua effettivamente contenuta nella muratura, è stata messa già a punto una procedura di calibrazione del segnale NMR con l'uso di opportuni provini che permetterà di correlare il segnale NMR all'umidità ponderale presente nella muratura.

- Palazzo Chigi di Ariccia. Mediante l'NMR sono inoltre state pianificate per il trimestre successivo misure di laboratorio per la caratterizzazione dei cuoi da parati, da confrontare con i dati acquisiti mediante scanner THz. All'inizio di giugno si è pianificato di effettuare poi la campagna di misure in situ sui cuoi da parati presenti a Palazzo Chigi per caratterizzarne lo stato di degrado, il tipo di concia e il contenuto d'acqua.

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

- Palazzo Chigi di Ariccia. Sono state eseguite una prima serie di misure di laboratorio su campioni di parati di cuoio non attualmente montati a parete (allegato #10), in quanto lo scarso spessore del cuoio avrebbe portato alla visualizzazione dell'intonaco retrostante nella misura in situ.

Il sistema utilizzato presso il centro ENEA di Frascati si basa su un principio fisico differente dal convenzionale metodo Time Domain: con tale sistema è possibile utilizzare piccole sorgenti di radiazione a stato solido misurando la fase della radiazione riflessa dal campione. La radiazione proveniente da una sorgente a 97 GHz viene lanciata sul campione tramite una guida d'onda WR10 troncata. Utilizzando un semplice modello teorico che tiene in conto dell'effetto della diffrazione, è possibile analizzare i dati sperimentali ottenuti facendo variare la distanza della guida di lancio dal campione, e tramite un processo di interpolazione ricavare dati sulle proprietà ottiche del materiale studiato. Nel caso dei cuoi da parati si sono state sfruttate le caratteristiche di penetrazione della radiazione THz per rilevare la sovrapposizione di strati pittorici, sfruttando l'elevata riflettività delle vernici con pigmenti metallici. Per effettuare le misure è stato utilizzato un sistema di scansione 3D. Sono state effettuate misure su superfici di circa 10x10 cm², con risoluzione laterale di 1 mm. Il tempo di misurazione è dell'ordine di 10 minuti per ogni campione. Sono stati esaminati diverse zone del campione, in corrispondenza di particolari dipinti (es. figure di animali). Ad una prima analisi in confronto con le immagini nel visibile, sono state evidenziate "anomalie" come zone "scure" cui non corrisponde alcuna struttura visibile in superficie, presumibilmente corrispondenti ad un layer subsuperficiale, cui è stato sovrapposto uno strato di pittura "a coprire". Una più completa analisi prevede di

effettuare, nei prossimi mesi, misure in trasmissione, utilizzando frequenze più elevate ed una differente configurazione sperimentale, che permetta di depurare le misure dal dato topologico. Verranno poi effettuate misure, su frammenti di minori dimensioni, per verificare la capacità del sistema di rilevare la presenza di umidità all'interno dei campioni, confrontando i risultati con quelli dell'NMR.

Task 4.3 – Diagnostiche su materiali cartacei e pergamenei. Sono state svolte diverse attività:

- ✓ Su pergamene. E' stato concluso lo studio effettuato da **UniRoma2** (in collaborazione con **ENEA**) 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). E' stato rilasciato un rapporto sintetico (allegato #11) e la relativa pubblicazione è stata sottomessa (v. paragrafo 4).
- ✓ Su carta.
 - E' stata conclusa l'attività di monitoraggio non distruttivo mediante spettroscopia ottica e analisi dei dati mediante simulazioni computazionali ab-initio effettuata durante il restauro di opere d'arte su carta, è stata condotta congiuntamente da **CNR** e **UniRoma2**. La relativa memoria scritta è stata pubblicata su rivista: "Non-destructive monitoring of molecular modifications in the restoration of works of art on paper", M. Missori, A. Mosca Conte, O. Pulci, L. Teodonio, S. Dominijanni, S. Puteo, Eur. Phys. J. Plus (2019) (allegato #12).
 - E' inoltre riferibile a questa attività il completamento della **Tesi di laurea triennale**: *Studio Diagnostico di Carte Moderne sottoposte a pulitura mediante Idrogel: risultati preliminari di un approccio multidisciplinare*. Autore: Manuel Tumati, Università degli Studi di Roma Tor Vergata, Corso di Laurea Triennale in Chimica Anno accademico: 2017-2018; Relatori: Prof.ssa Laura Micheli, Dott.ssa Claudia Mazzuca, Relatore esterno: Dott. Mauro Missori
 - Sono stati presi accordi per diagnostiche sullo stato di conservazione delle Lettere di San Francesco di Sales, custodite presso Palazzo Chigi, da parte di **UniRoma2** e **CNR**.

Task 4.4 - Diagnostiche in situ relative a manufatti metallici.

L'indisponibilità di adeguati reperti metallici presso il Palazzo Chigi di Ariccia, in tempi compatibili con il progetto, ha reso necessaria una completa riprogrammazione dell'attività di questo task. Il gruppo di **UniRoma1**, a seguito di un sopralluogo eseguito l'11 marzo 2019, ha concordato con la ditta di restauro Euresarte srl, che ha un cantiere aperto nella Chiesa di santa Maria del Popolo a Roma, l'esecuzione di misure di 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 stati già stati eseguiti test in laboratorio su provini di riferimento mirati all'ottimizzazione della tecnica e alla taratura della strumentazione. Le prime misure sono pianificate per il prossimo trimestre, la campagna di acquisizione dati seguirà la tempistica del restauro. Le misure saranno eseguite sulla superficie delle formelle in bronzo bagnate in precedenza. In tal modo è possibile includere nella valutazione della velocità di corrosione istantanea anche l'effetto di qualsiasi impurezza o deposito superficiale, quali particolato

solido, cloruri o altri sali solubili. Per una più completa interpretazione delle misure di velocità di corrosione saranno effettuate parallele valutazioni dello spessore delle patine superficiali e/o del rivestimento protettivo artificiale eventualmente presente. La scelta del sito e la descrizione dettagliata della tecnica di misura sono riportate in un rapporto preliminare (allegato #13).

Per quanto riguarda le altre diagnostiche in situ su metalli, in carico al **CNR-ISMN** con la collaborazione di **UniRoma3**, si è concordato che, data l'indisponibilità in cantieri aperti di campioni con problematiche di "tumore del bronzo", sono state eseguite misure di laboratorio su campioni di interesse della regione. L'attenzione si è focalizzata sullo studio dei processi di deterioramento di manufatti in rame dorati. La tecnica della doratura ad amalgama è stata largamente impiegata nel mondo antico fino ai secoli passati più recenti come principale metodo di applicazione di uno strato dorato sulla superficie di oggetti realizzati in metalli differenti, meno nobili, in particolare le leghe di rame. Il principale fenomeno da monitorare è tuttavia il cosiddetto "cancro del bronzo", una corrosione ciclica distruttiva attivata dall'idrolisi e ossidazione di un prodotto di alterazione primario del rame, il cloruro rameoso (nantokite, CuCl). 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. L'approccio è discusso in un rapporto tecnico preliminare (allegato #14). L'attività del **CNR-ISMN** e di **UniRoma3** è stata anche finalizzata a dimostrare la capacità di ottenere in situ informazioni riguardanti la composizione chimica di manufatti metallici di interesse storico-artistico-archeologico mediante l'impiego di strumentazione portatile XRF. Tale attività ha la propedeutica necessità di effettuare misure preliminari XRF utilizzando standard di riferimento a composizione nota. Poiché tali materiali non sono spesso reperibili commercialmente, il gruppo ha prodotto alcune leghe base rame e argento quali bronzi, oricalchi, le cui caratteristiche metallurgiche sono simili a quelle antiche, che sono state prima analizzate mediante tecniche analitiche convenzionali e SEM-EDS e quindi mediante XRF portatile. L'analisi mediante XRF portatile è stata quindi condotta su alcune opere d'arte in lega base rame sia antica che moderna, fra cui parti che compongono un leggio gotico del '400 e la chimera dell'insigne maestro Mirko Basaldelli.

Task 4.5 – Indagini Riflettografiche e spettroscopiche in diverse regioni spettrali sono state eseguite su siti diversi:

- ✓ 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 laboratorio di Analisi Non Distruttive e Archeometria – LANDA del Dip. SBAI di **UniRoma1**. E' stato preparato un rapporto preliminare con i risultati (allegato #15) ed inviato un contributo accettato alla conferenza TECHNART (Bruges, maggio 2019).
- ✓ Villa della Piscina di Centocelle – Il **CNR-ISC** Ha eseguito in situ, nel deposito dei frammenti, misure di riflettografia nel visibile per l'assegnazione di 11 frammenti incogniti alla parete di epoca più antica esaminata, sulla base dell'identificazione dei pigmenti già effettuata in laboratorio. Durante la stessa campagna di misure per aumentare la base di dati disponibili sono stati analizzati altri

frammenti la cui assegnazione è conosciuta con certezza. La tecnica puntuale di riflettanza visibile è stata preferita a quella di fluorescenza eccitata nell'UV in quanto, a differenza di quest'ultima, insensibile all'eventuale presenza di consolidanti su alcuni dei frammenti (osservata nelle prime analisi). Gli spettri di riflettanza hanno permesso di identificare i pigmenti utilizzati negli affreschi degli intonaci mediante confronto con le banche dati riportate nella letteratura scientifica. Per quanto riguarda i frammenti di intonaco di cui non è ancora nota l'associazione ad uno specifico ambiente della Villa, si sono confrontati gli andamenti spettrali ottenuti sui pigmenti dei campioni di cui si conosce l'associazione alla parete con quelli dei campioni non associati. La grande somiglianza degli andamenti e delle caratteristiche spettrali dei pigmenti ha permesso di suggerisce l'associazione dei campioni incogniti a gruppi di campione già associati ad una specifica parete (allegato #16).

- ✓ Basilica di San Nicola in Carcere – rilievi sugli affreschi mediante tecniche di imaging e spettroscopiche:
 - Il laboratorio RavMaLab di **UniRoma1** ha effettuato una campagna di misure di spettroscopia di riflettanza nel range spettrale VIS-SWIR (350 -2500 nm) mediante uno spettrofotoradiometro portatile ASD FieldSpec® 4 Standard Res. La sonda utilizzata è progettata per effettuare misurazioni a contatto con materiali solidi ed è costituita da un sistema illuminante a lampada alogena con uno spot di acquisizione pari a 10 mm. L'uso di questa tecnica per l'analisi dei sistemi pittorici è principalmente focalizzata all'identificazione dei pigmenti, coloranti e prodotti di alterazione. Essendo una tecnica non invasiva e non distruttiva, l'approccio proposto consente l'acquisizione di un alto numero di spettri in tempi relativamente brevi. Tali spettri possono essere elaborati e comparati con dati spettrali di riferimento attraverso metodi statistici multivariati. Attraverso l'uso di spettri di riferimento di stesure pittoriche riprodotte in laboratorio è possibile creare un modello di classificazione che permette l'identificazione del tipo di pigmento presente. Al fine d'avere una migliore capacità predittiva sono stati utilizzati due differenti dataset di calibrazione e i risultati sono stati comparati fra loro. È stata messa quindi a punto una procedura di calibrazione degli spettri in riflettanza con l'ausilio di preprocessamenti che hanno evidenziato le caratteristiche spettrali di ogni pigmento in modo da poter identificare tutti gli spettri acquisiti durante la campagna di misure in situ. Sarà quindi eseguito un confronto dei risultati ottenuti mediante altre metodologie d'indagine condotte nelle medesime aree (allegato #17).
 - Il laboratorio LANDA di **UNiRoma1** ha eseguito in situ indagini multispettrali nell'ultravioletto, visibile e vicino infrarosso sull'affresco dell'abside, al fine di individuare i materiali e le tecniche utilizzate per la realizzazione dell'opera. La campagna si è svolta dal 18 al 22/03/2019; sono stati acquisiti 8 set di immagini multispettrali e 37 immagini nel solo vicino infrarosso. Per l'acquisizione delle immagini è stata utilizzata una camera CCD digitale a basso rumore, raffreddata con un dispositivo Peltier. La camera è equipaggiata con un obiettivo Leica e una ruota portafiltri interna. Sono stati utilizzati filtri passa banda centrati alle seguenti lunghezze d'onda: 365 nm, 380 nm, 390 nm, 400 nm, 410 nm, 420 nm, 450 nm, 470 nm, 500 nm, 550 nm, 600 nm, 650 nm, 680 nm, 700 nm, 750 nm e 800 nm. E' stato inoltre utilizzato un filtro passa alto a 1000 nm. Per l'illuminazione nel visibile e vicino infrarosso, oltre alle lampade di cantiere,

sono state utilizzate delle lampade alogene mentre per quella nell'ultravioletto sono stati utilizzati solo dei LED con emissione centrata a 365 nm. Dall'analisi dei riflettogrammi si sono ottenute informazioni sulle tecniche esecutive dell'affresco, ad esempio il bordo di una giornata di lavoro, la riproduzione di fregi con la tecnica dello spolvero, le incisioni utilizzate come guida per la realizzazione delle figure. Sono state acquisite immagini di fluorescenza indotta dall'UV utilizzando 10 filtri (390 nm – 1000 nm). Si è osservato che alcune zone mostrano un'intensa fluorescenza giallo-verde che potrebbe essere dovuta alla presenza di bianco di zinco. Sono state ricostruite immagini in falsi colori ottenute utilizzando le immagini acquisite con i filtri 1000 nm (R), 700 nm (G) e 550 nm (B). Il cambio di colore presente in queste immagini può fornire informazioni sui pigmenti utilizzati, ad esempio, il probabile uso di pigmenti a base di cobalto (allegato #18).

- Da parte del gruppo **CNR-ICVBC** sono state eseguite indagini in situ mediante rilievi termografici nell'abside precisamente nella zona absidale inferiore al fine di individuare la distribuzione termica superficiale delle murature (in laterizio) e degli intonaci indagati che presentano problemi di umidità per coadiuvare l'intervento di restauro dell'intera chiesa. L'indagine termografica è stata eseguita principalmente nella zona inferiore del catino absidale, dal pavimento fino a circa cm 200 in altezza, compatibilmente con la presenza del ponteggio metallico che creava interferenza con l'acquisizione dei termogrammi. Già ad un primo esame visivo era identificabile una differenza di comportamento fra il lato sinistro, più umido, e quello destro, più asciutto, della zona absidale. Pertanto ciascuna area di ripresa, da sinistra a destra e dal basso in alto, è stata suddivisa in riquadri di circa 50 cm, fino ad un'altezza massima dal pavimento di circa 200 cm. Dalla lettura dei termogrammi acquisiti è stata rilevata una presenza di umidità elevata, continua ed uniforme nella parte bassa della muratura, quella con i conci di laterizio a vista (h circa 50 cm, temperatura rilevata pari a 9-10°C). In tutta la fascia perimetrale bassa, infatti, è stato recentemente rimosso l'intonaco proprio per consentire la fuoriuscita dell'umidità. Nelle immagini termografiche la presenza di umidità si evince in quanto le zone più fredde appaiono di colore blu scuro. Risalendo verso la sommità della muratura, invece, la termografia rileva delle zone più calde di colore verde, giallo, le quali indicano che la parete è più asciutta. La presenza di umidità caratterizza, invece, la zona sinistra dell'abside anche nelle parti al di sopra dei 50 cm, fino a circa 200 cm di altezza. Tale fenomeno non è stato rilevato nelle restanti zone, da 50 a 200 cm, da sinistra verso destra. La presenza di umidità nella muratura ha causato evidenti alterazioni cromatiche con presenza di consistenti efflorescenze saline sull'intonaco. Infine, una ripresa termografica è stata effettuata nella sommità del catino absidale, per confermare che qui non sono presenti tracce di umidità dovute alle possibili infiltrazioni dal tetto (allegato #19).
- Il 28/3/2019 **ENEA** ha eseguito misure Raman sul cupolino dell'abside. Allo scopo di identificare i vari pigmenti presenti sull'affresco sono stati campionati 48 punti sul cupolino dell'abside acquisendo un totale di circa 130 spettri (2-3 spettri per ciascun punto) utilizzando il sistema i-Raman BWTek operante a 785 nm, dotato di sonda portatile. Gli spettri Raman hanno messo in evidenza la presenza di calcite (CaCO_3), ocre gialle e rosse (Fe_2O_3), phoenicochroite ($\text{PbCrO}_4 \cdot \text{PbO}$) come pigmento rosso, blu oltremare ($3\text{Na}_2\text{O} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 2\text{Na}_2\text{S}$), ossido di cromo verde (Cr_2O_3). Il confronto degli spettri acquisiti con quelli delle banche dati di riferimento e con

dati presenti in letteratura ha confermato l'identificazione corretta dei pigmenti. In alcuni punti tuttavia, la presenza di un alto fondo di fluorescenza nello spettro non ha permesso di evidenziare picchi Raman riconducibili al materiale utilizzato. I risultati sono in corso di elaborazione.

T4.6 - Indagini termografica e riflettografica nell' IR sono state effettuate in diversi siti:

- ✓ Chiesa di Santa Maria in Cosmedin - Si sono concluse le misure in situ sull'icona della Madonna col Bambino presso la chiesa di S. Maria in Cosmedin. Lo studio è stato eseguito dal laboratorio LANDAC di **UniRoma2** (allegato #20). E' stato preparato un rapporto preliminare con i risultati e il lavoro congiunto con il gruppo di UniRoma1 (T4.5) sarà presentato a TECHNART (Bruges, maggio 2019).

- ✓ Palazzo Chigi di Ariccia:
 - Il laboratorio LANDAC di **UniRoma2** ha eseguito indagini termografiche e riflettografiche nel medio infrarosso (3-5 μm) su quattro opere conservate presso Palazzo Chigi di Ariccia. Lo scopo è stato quello di ricostruire il modus operandi dell'artista attraverso lo studio dei disegni preparatori e delle variazioni dell'apparato iconografico (ad esempio i pentimenti) e analizzare lo stato di conservazione del supporto. Le misure sono state effettuate in situ su: 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 (allegato #21). 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. Ad esempio ne "La primavera" il termogramma evidenzia dettagli strutturali del supporto, quali le lacune risarcite, mentre il riflettogramma ha permesso di evidenziare una posizione iniziale dell'anulare diversa da quella osservabile nel visibile. Nella sanguigna su muro, le indagini hanno permesso di mappare efficacemente le condizioni strutturali del supporto evidenziando sia nel termogramma che nel riflettogramma la presenza di una stuccatura, alcune crepe e numerosi fori. Per quanto riguarda il disegno, il termogramma ha permesso anche di visualizzare i tratti grafici con un miglior contrasto, come osservato anche nelle immagini IR raccolte dal gruppo **INFN-TorVergata** (T4.5).
 - Il gruppo **CNR-IC** ha effettuato 40 misure XRF e quasi 30 radiografie sulle medesime opere del gruppo di **UniRoma2**. Il rivelatore utilizzato per le radiografie è una lastra elettronica o Image Plate che permette di realizzare immagini digitali di dimensioni 27.7 cm X 14.40 cm, con scala di grigi da 16 bit e risoluzione 600 dpi. Le indagini radiografiche effettuate su La Primavera hanno permesso di individuare dei ripensamenti nell'esecuzione del piede e della mano e un volto nascosto. Quelle effettuate su l'Ebbrezza di Noè hanno permesso di individuare dei ripensamenti nell'esecuzione dei volti delle figure in piedi. Infine quelle effettuate sul Ritratto di Mario Nuzzi hanno messo in evidenza un pentimento nell'esecuzione della testa del personaggio. Tutte queste indagini sono in sostanziale accordo con quelle effettuate dagli 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 (allegato #22).

L'indicatore utilizzato nell'analisi delle immagini raccolte, ovvero la percentuale di assorbimento dell'energia acustica ABS%, permette una prima diagnosi, che si può riassumere nei seguenti punti:

- l'immagine acustica indica chiaramente uno stato conservativo migliore nella parte superiore del dipinto, al di sopra dei volti dei personaggi, rispetto alla parte inferiore, caratterizzata da numerose zone che rispondono considerevolmente alla sollecitazione acustica;
 - in basso nella zona centrale si rileva una cavità, presumibilmente in corrispondenza della canna fumaria;
 - un affiancamento di zone solide e zone molto critiche induce a ritenere che siano stati eseguiti interventi di consolidamento, che hanno modificato solo parzialmente lo stato conservativo generale;
 - infine, si rileva la presenza di zone, disseminate in quasi tutta la muratura, estese solo qualche centimetro che mostrano una risposta acustica compatibile con piccole cavità. Tali zone sembrano essere compatibili con una struttura interna della muratura eterogenea e con cavità.
- Il gruppo **ENEA** 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 (allegato #23). Nelle misure ultrasonore le velocità sono simili alle prove soniche. La muratura si conferma essere a sacco. Nella muratura sottostante l'affresco Graecia Vetus si conferma la ipotesi di una 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 perimetrale tra le finestre della stanza dell'Ariosto e la porta della biblioteca corrispondente ad un paramento murario costituito da muratura piena che compone una muratura a sacco. Il sacco potrebbe essere riempito di altro materiale (pietre non regolari senza malta) stipato all'interno e non vuoto.

✓ 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 (allegato #24). 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 casi si è estratto come dato indicativo della muratura umida la percentuale di assorbimento acustico, ABS%. secche. I due metodi sperimentali, simili tra di loro, non erano mai stati impiegati per tale finalità prima d'ora. I risultati sono coerenti con le aspettative da un punto di vista qualitativo:

- nelle zone dove ci sono evidenze di muratura umida, con presenza di muffe ed efflorescenze di sali, sono stati riscontrati valori di assorbimento acustico ABS% elevato;
- nelle zone che appaiono non affette da tale problema, zona centrale, sono stati riscontrati valori di assorbimento acustico ABS% molto limitato;

- in aggiunta il primo metodo (metodo della risposta impulsiva), impiegato in maniera relativamente più estesa, ha rilevato zone distaccate e con fessurazioni nella zona centrale destra.

L'analisi preliminare fin qui eseguita non ha permesso di valutare la correlazione tra l'assorbimento acustico e la percentuale di umidità, che potrà essere oggetto di successivi approfondimenti mediante anche test di laboratorio su appositi provini.

Anche in questo caso i risultati sono coerenti con quelli del sistema NMR portatile (cfr T4.2).

WP5: Analisi materiali e valutazione trattamenti

T5.1 – Verifica di materiali e trattamenti per i restauro

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

- ✓ Completamento della sperimentazione di laboratorio per la verifica di materiali di restauro, in particolare formulati commerciali water colours e prodotti di produzione di Uni. Tuscia, tutti impiegati per la reintegrazione pittorica. I risultati sono stati pubblicati su rivista: "Hyperspectral Imaging as Powerful Technique for Investigating the Stability of Painting Samples", G. Bonifazi, G. Capobianco, C. Pelosi, S. Serranti, *Journal of Imaging*, 5(8), 2019, 1-19, doi:10.3390/jimaging5010008 (allegato #25).
- ✓ Applicazione di un sistema di acquisizione multispettrale su modelli 3D, creati da sculture policrome, per la documentazione dello stato di conservazione e dei materiali di restauro a supportare l'intervento conservativo. La sperimentazione ha riguardato la possibilità di creare modelli 3D in fluorescenza UV e in riflettografia IR per documentare lo stato di conservazione e i materiali di restauro, attraverso sistemi fotogrammetrici low-cost. Il metodo è stato messo a punto su un busto reliquario raffigurante San Rodonio, datato al XVII° secolo, in corso di restauro presso i laboratori di UniTuscia. I risultati sono stati pubblicati su rivista "A New Practical Approach for 3D Documentation in Ultraviolet Fluorescence and Infrared Reflectography of Polychromatic Sculptures as Fundamental Step in Restoration", L. Lanteri, G. Agresti, C. Pelosi, *Heritage*, 2, 2019, 207-215, doi:10.3390/heritage2010015 (allegato #26).
- ✓ 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. Il sito è caratterizzato dalla presenza di mosaici pavimentali di epoca romana con decorazioni ottenute da tessere musive bianche e nere e resti di muratura con tracce di policromia. Al momento dell'avvio il cantiere didattico il sito era interessato dalla presenza di depositi di acqua e diffuse patine biologiche proliferate sia sul mosaico pavimentale che sulle murature. I test sono stati eseguiti su alcune aree scelte, sia sul mosaico sia sulla parete esterna con le seguenti miscele:
 - acqua deionizzata
 - Miscela di oli essenziali: MIX 10 Bis prodotto da Egeria Pharm srl per conto di Exentiae srl conf. da 130g (composizione 40 g di *Coridothymus capitatus* oil, 40 g di *Eugenia caryophyllus* oil, 20 g *Cinnamomum zeylanicum* oil, 30 g di Tween 20) da diluire in 10 L di H₂O deionizzata
 - Benzalconio cloruro 0,1 % in acqua deionizzata
 - Psillio (*Plantago ovata*) con funzione viscosizzante aggiunto alla miscela di acqua e oli essenziali o benzalconio cloruro al 2% p/v

Prima e dopo 3 tempi prestabiliti (1 giorno, 3 giorni e 7 giorni) sono state eseguite misure di colore. Nelle immagini raccolte, messe a confronto prima e dopo il trattamento, è stato evidenziato chiaramente che gran parte della patina biologica è stata rimossa, anche se non completamente, e

le tessere sono maggiormente visibili. Gli spettri di riflettanza nel visibile hanno mostrato che dopo il trattamento è stata eliminata la componente verde e i valori di riflettanza sono risultati piuttosto uniformi su tutta la regione (allegato #27).

Sul sito è in corso un'azione di monitoraggio microclimatico (v. T6.2) finalizzato a verificare l'eventuale ricomparsa del biodegrado in funzione dei parametri ambientali.

- ✓ Valutazione delle possibilità di restauro virtuale. L'attività ha riguardato lo studio delle superfici architettoniche della Cripta del Santo Sepolcro ad Acquapendente (VT) per una caratterizzazione dei materiali, dello stato di conservazione e per una possibile ricostruzione delle policromie originali ai fini di proporre un possibile restauro virtuale. Per le caratterizzazioni sono stati eseguiti campionamenti in situ su punti con evidenti segni della policromia originale per effettuare: sezioni lucide in fluorescenza UV e spettri FTIR, questi ultimi hanno rivelato la presenza di un legante proteico, di ossidi di ferro e del gesso.

Il lavoro sarà presentato all'XI Symposium on Religious Art, Restoration and Conservation (ESRARC2019) che si terrà a Valencia ad aprile 2019. Lo short paper inviato per il book dei Proceedings è già stato accettato.

T5.2 – Materiali e metodi per la conservazione. Nel trimestre sono state svolte attività su lapidei e malte, mentre sono state pianificate attività su metalli.

- ✓ Trattamento dei Lapidari Villa Mondragone. L'attività svolta in collaborazione fra **UniTuscia** ed **ENEA** ha finora comportato:

- Prelievo dei campioni in data 27/02/2019 di frammenti della roccia tufacea (pietra sperona) con cui è costruito l'esterno della Villa, in particolare la facciata, i giardini e le fontane
- Taglio dei provini per i test di laboratorio
- Ricerca di letteratura per la scelta dei prodotti da testare

La procedura sperimentale concordata, e attualmente in corso, prevede:

- Applicazione protettivi: Elastometri fluorurati, Silossani; Emulsioni con nanomateriali (SiO_2 , TiO_2)
 - Invecchiamento artificiale in Solarbox presso **UniTuscia**
 - Invecchiamento artificiale in camere climatiche presso **ENEA**
 - Analisi spettrocolorimetrica presso **UniTuscia**
 - Hyperspectral Imaging (HSI) presso **UniRoma1**
 - Analisi SEM-EDS presso **ENEA**
 - Test mediante Ultrasuoni presso **ENEA**
- ✓ Analisi di materiali da costruzione sui frammenti di affresco della Villa della Piscina, in corso presso **ENEA** finalizzate a chiarire le tecniche di lavorazione degli affreschi, e di costruzione delle pareti/soffitti. L'attività ha previsto l'utilizzo di diverse tecniche di caratterizzazione dei materiali:
 - Diffratometro di Raggi X utilizzato sia per lo studio dei composti cristallini che sono stati utilizzati per i pigmenti, sia, dove possibile, per riconoscere l'inerte e il legante utilizzato per la preparazione della malta;

- Microscopia Elettronica a Scansione SEM con microanalisi (SEM-EDS), per lo studio della composizione di alcuni pigmenti, in particolare quelli che si ipotizzano contengano piombo;
- Stereomicroscopio per l'osservazione degli strati preparatori e della posa dei pigmenti.

Fra i risultati sui pigmenti si riporta che si è osservato l'utilizzo di pigmenti differenti in miscela per ottenere un colore finale molto più intenso rispetto ai singoli componenti. In alcuni campioni è stata trovata la presenza di pozzolana. Nel trimestre sono stati già effettuati microprelievi per caratterizzare le malte.

I risultati sugli affreschi sono oggetto di un abstract con **UniRoma3** e **INFN** accettato per la presentazione a TECHNART, Bruges, maggio 2019.

- ✓ **UniRoma3** l'attività pianificata sui metalli riguarda il contrasto al "tumore del bronzo". I risultati relativi ad un primo reperto storico di bronzo dorato sono stati presentati nel T4.4, che condivide la finalità di diagnostiche su metalli.

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

- ✓ **UniTuscia**, collaborazione con **UniRoma1**, 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 (allegato #28). 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". La tecnica brevettata dalla GRAPHIC REPORT ha esteso il suo impiego su svariati materiali come legno, intonaco civile, cemento grezzo, mattoni. Trova applicazione nel settore del restauro, essendo l'unica tecnica disponibile a livello mondiale in grado di riprodurre in modo fedele affreschi perduti o danneggiati sia in quanto a immagine che in quanto a supporto (muro).

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

- Realizzazione di alcuni campioni con supporti e malte differenti
- Applicazione di pigmenti con l'ausilio della tecnica del Tattoo Wall®
- Applicazione di differenti protettivi e nanoprotettivi
- Analisi Colorimetriche e iperspettrali pre-invecchiamento artificiale
- Cicli di invecchiamento artificiale in Solar Box e in camera ad elevata UR%
- Analisi Colorimetriche e iperspettrali post- invecchiamento artificiale

I risultati ottenuti sono in corso di elaborazione per creare mappe di predizione per valutare il comportamento di tali materiali.

Dalle prime elaborazioni dei dati relativi al colore, è stato riscontrato che i Tattoo Wall, soprattutto quelli invecchiati ad elevata umidità relativa, risultano molto stabili, in generale, e non hanno subito significative variazioni cromatiche in seguito all'esposizione.

I risultati saranno presentati ai seguenti convegni: SPIE Optical Metrology che si terrà a Monaco di Baviera a giugno 2019 (abstract già inviato e accettato), TECHNART che si terrà a Bruges (Belgio) a maggio 2019 (abstract già inviato e accettato).

- ✓ Le analisi previste da effettuare su campioni di lapidei da villa Mondragone prima e dopo il trattamento con consolidati, a base di nanoparticelle e polimeri, e dopo l'invecchiamento artificiale da parte del gruppo di **UniRoma1**, precedentemente concordate, inizieranno nel successivo trimestre alla disponibilità dei campioni.

WP6 – Sistemi di Monitoraggio ambientale.

Le attività di monitoraggio sono iniziate per due siti, e con un'attività di laboratorio.

T6.1 – Questo task riguarda lo sviluppo di una modellistica matematica per la simulazione dei fenomeni di degrado da azioni climatiche e da inquinanti atmosferici su superfici lapidee/metalliche e loro previsione.

Per lo svolgimento delle attività riguardanti questo task, anzitutto si è proceduto all'individuazione del sito d'interesse. È stato indicato l'edificio di Villa Blanc, a Roma, realizzato alla fine del 1800 in stile eclettico. La scelta è ricaduta su questo edificio perché il gruppo di Fisica di **Uni Roma1** ha messo a disposizione del progetto i dati raccolti durante le precedenti campagne di monitoraggio in situ svolte sia nel periodo degli ultimi lavori di restauro (06-2016/05-2017), che successivamente nel periodo post-lavori (06-2017/05-2018).

L'eclettismo di Villa Blanc si rivela, oltre che dallo stile architettonico, anche nelle tecniche e nell'uso combinato di ferro, cemento, vetro, laterizio, travertino e legno istoriato. Quest'aspetto risulta rilevante quando si valuta l'influenza della CO₂ negli ambienti dell'edificio poiché i diversi materiali potrebbero avere un'interazione non trascurabile con l'acidità di tale gas. La presenza di questo gas è determinante per la frequentazione del pubblico negli ambienti confinati: un numero elevato di visitatori può comportare un suo aumento e, quindi, condizionare lo stato di conservazione degli ambienti stessi. Il modello deve poter descrivere la crescita della CO₂ nell'ambiente, in relazione al numero dei visitatori e valutarne la velocità di deposizione sulle superfici, come acido carbonico, in relazione ai valori di umidità relativa e temperatura ambiente registrata.

I modelli individuati sono definiti idrodinamici per la loro capacità di inserire e sviluppare parametri fisici e chimici contemporaneamente, per meglio descrivere l'interazione e i cambiamenti che avvengono su determinati materiali. L'approccio iniziale è quello di determinare i parametri necessari e individuare i fenomeni di degrado ad essi correlati. Umidità relativa e temperatura ambiente sono sicuramente due elementi che si legano a diversi fenomeni di degrado, quali la cristallizzazione salina e la corrosione metallica. I modelli proposti sono modelli matematici alle derivate parziali (essenzialmente basati su equazioni paraboliche con reazione rapida o frontiera libera) che prendono spunto dall'esperienza del gruppo **CNR-IAC** e **UniRoma1** su analoghi studi relativi alla degradazione da solfatazione di materiali lapidei e sono stati proposti per quantificare la velocità di questo danno e la sua dipendenza dalla concentrazione di inquinanti. Un esempio di questi modelli, presente in letteratura, è il seguente.

$$\begin{cases} \partial_t(\phi(c)s) - \nabla \cdot D(\phi(c)\nabla s) = -k\phi(c)sc \\ \partial_t c = -k\phi(c)sc \end{cases}$$

c: densità del substrato
s: concentrazione di CO₂
φ: porosità del materiale
D: diffusione di SO₂
k: velocità di reazione

Il modello così definito può diventare uno strumento previsionale sia sul numero di visitatori ammessi, sia come parametro di allarme per interrompere la visita stessa ed evitare effetti degradativi sui materiali presenti negli ambienti della Villa Blanc. Il modello dovrà essere oggetto di validazione e messa a punto di algoritmi e simulatori idonei a rappresentare la realtà degli eventi degradativi sulle superfici

lapidei/metalliche/lignee esposte agli agenti atmosferici e inquinanti. La validazione sarà studiata sul caso reale misurato dentro Villa Blanc.

Più specificatamente, nel caso dei materiali lapidei, nello specifico il marmo, il carbonato di calcio (CaCO_3) reagendo con il diossido di zolfo forma una crosta esterna di solfato di calcio (gesso), un materiale eterogeneo più fragile e solubile del marmo stesso. Dei modelli matematici alle derivate parziali (essenzialmente basati su equazioni paraboliche con reazione rapida o frontiera libera) sono stati proposti per quantificare la velocità di questo danno e la sua dipendenza dalla concentrazione di inquinanti. Questi modelli includono alcuni aspetti importanti dei fenomeni, come la dilatazione del gesso, l'influenza dell'umidità e della temperatura, la disomogeneità del materiale, e seguono le indicazioni degli specialisti delle Scienze della Conservazione.

Nel caso invece dei materiali metallici, il gruppo di ricerca si è focalizzato sullo studio dei prodotti di corrosione di leghe rame-stagno, esposte ad una atmosfera controllata di diossido di zolfo, sviluppando un modello matematico basato su equazioni differenziali alle derivate parziali, che descrive l'evoluzione della formazione dei prodotti di corrosione (ossidi di rame e di zolfo) in funzione del tempo.

T6.2 – Questo task riguarda lo sviluppo di un sistema di monitoraggio e previsione della dinamica della cristallizzazione di sali all'interno dei mezzi porosi soggetti a risalita capillare per il controllo del degrado chimico-fisico delle murature in ambienti ipogei o semi-confinati.

La cristallizzazione di sali all'interno di mezzi porosi è legato al degrado di opere murarie (sia per le normali abitazioni per uso civile sia per opere sottoposte a vincoli storici e architettonici). I sali penetrano nelle murature per effetto della risalita capillare di acqua (in cui sono disciolti i sali). Quando la pietra è in contatto con l'aria, le molecole di acqua vengono scambiate con l'ambiente esterno attraverso l'evaporazione: la velocità di evaporazione dipende dall'umidità relativa dell'aria. A questo punto la concentrazione di sale all'interno della matrice porosa aumenta al punto che la soluzione salina diventa supersatura. Appena si raggiunge un alto livello di supersaturazione il sale precipita e forma dei cristalli che da un lato bloccano il flusso di acqua nella matrice porosa, dall'altro possono portare a deformazioni e fratture interne alla pietra. In questo contesto il gruppo **CNR-IAC** ha sviluppato un modello matematico di simulazione del trasporto e diffusione di soluzioni saline all'interno di mezzi porosi e della formazione di cristalli di sale. In particolar modo, il modello sviluppato descrive l'effetto del fosfocitrato (PC) sulla cristallizzazione del solfato di sodio all'interno di mattoni. Inoltre è stata identificata ed implementata una procedura di adattamento numerico dei parametri del modello per il caso del mattone trattato con PC che per quello non trattato. I risultati numerici mostrano l'efficacia del nostro metodo, poiché si ottiene un errore medio basso (circa il 12%) tra i dati misurati e i valori simulati.

Il modello consiste in un'equazione parabolica non lineare per il trasporto di acqua in mezzi porosi, considerando la porosità come funzione della concentrazione dei sali precipitati; in un'equazione di trasporto e diffusione di sali disciolti nella soluzione acquosa; in un'equazione per la precipitazione dei sali (con conseguente formazione di cristalli). Di seguito la formulazione matematica.

$$\partial_t(\theta c_i) = -\partial_z \left(c_i \frac{k \left(\frac{\theta_l}{n} \right)}{\mu_l} \left(\frac{n}{n_0} \right)^2 \left(\partial_z P_c - \rho_l g \right) - \theta_l D \partial_z c_i \right) - K_s c_i (n - \theta_l) - \bar{K} (c_i - \bar{c}) + \theta_l$$

$n = \theta_l + \theta_s$
 Diffusività e viscosità fluido
 $P_c = P_c \left(\frac{\theta_l}{n} \right)$
 Coeff. Diffusione solfato
 Velocità formazione cristalli
 Velocità formaz. cristalli a saturazione
 Conc. ioni liberi
 Conc. ioni a saturazione

La velocità di formazione dei cristalli e l'equazione di stato della porosità, sono espresse rispettivamente come in seguito.

$$\frac{dc_s}{dt} = K_s c_i (n - \theta_l) + \bar{K} (c_i - \bar{c}) + \theta_l$$

$$n(t) = n_0 - \gamma c_s$$

Il gruppo CNR-IAC ha sviluppato, inoltre, un modello di simulazione del danneggiamento chimico ad opera di oggetti metallici (ferro) inseriti in strutture lapidee museali o all'aperto. Il modello matematico utilizzato è una modifica del modello classico di reazione-diffusione di Keller-Rubinow, per riprodurre la formazione di strutture conosciute come anelli di Liesegang in materiali porosi a contatto con fonti di ferro. Il modello è costituito da equazioni alle derivate parziali per le sostanze coinvolte (l'elettrolita interno al materiale, l'elettrolita esterno ed il prodotto di reazione intermedio) e da un'equazione di precipitazione del prodotto di reazione verso il precipitato che viene descritta dalla funzione di precipitazione. Nel nostro caso la sostanza interna è data dal carbonato di calcio della pietra, la sostanza esterna è un composto di ferro, mentre il prodotto di reazione è la green-rust che precipita in modo periodico formando gli anelli di Liesegang. Vista l'instabilità del modello di Keller-Rubinow già osservata già nel caso monodimensionale nella formazione delle bande di precipitato, il modello è stato opportunamente modificato con l'introduzione di uno smoothing nella funzione di precipitazione. I dati sperimentali forniti dal Dipartimento di Chimica di **UniRoma1** sono stati effettuati su campioni di pietra di Lecce a contatto con del filo di ferro. Tali dati hanno permesso di assegnare opportunamente i parametri del modello in modo da simulare il processo di formazione di anelli di Liesegang in un dominio bidimensionale che riproduce la struttura dei campioni usati in laboratorio.

Un'ulteriore validazione dei modelli matematici proposti sarà attuata mediante l'utilizzo dei dati sperimentali relativi alla ricerca condotta dal gruppo di lavoro del Laboratorio di diagnostica e scienza dei materiali di **UniTuscia**, dove sono in atto studi relativi alla distribuzione della concentrazione degli anioni presenti in campioni sperimentali di calcarenite per poter definire i fattori di rischio per la conservazione dei manufatti.

L'attività è in corso tra i partecipanti delle unità coinvolte basandosi sull'applicazione di un modello matematico messo a disposizione dalle unità **UniRoma1** e **CNR-IAC** per la determinazione e il controllo del fenomeno disgregativo delle efflorescenze saline su murature affrescate e non in ambienti confinati o semi-confinati. Anche in questo caso si potranno stabilire simulatori, validati con dati reali forniti da **UniTuscia** relativi al Balneum di Villa sab Giovanni in Tuscia (T5.1), come strumento per la previsione delle condizioni di conservazione di monumenti interessati agli effetti della cristallizzazione salina.

Si segnala che l'ipotizzata sostituzione del responsabile del T6.2 da UniTuscia a UniRoma1 non è più avvenuta, pertanto il responsabile del Task rimane Claudia Pelosi.

T6.3 – L'attività riguarda lo sviluppo di una modellistica matematica per la simulazione dei fenomeni biodegradativi e tecniche di biomonitoraggio con metodi ecologici per la valutazione dei fenomeni di biodeterioramento e sue dinamiche per la conservazione preventiva. Si tratta di una attività di modellistica in carico al **CNR-IAC**.

Il danneggiamento causato dall'azione di microrganismi, principalmente batteri, ma anche alghe, funghi e licheni, muffe è di interesse per la conservazione dei BC. Gli effetti di queste colonizzazioni sono dati dalla presenza di colorazioni indesiderate, dalla produzione di depositi (sostanze polimeriche extra-cellulari) e dall'accumulo, sotto la patina biologica, di inquinanti atmosferici. Tra gli organismi presenti sulla superficie dei monumenti, si trovano batteri che producono acidi nitrici o solforici e vari composti organici. Tra i più studiati ci sono i cianobatteri, la cui crescita crea una pressione supplementare all'interno dei pori e delle fessure della pietra, che permette la penetrazione dell'umidità e degli inquinanti. Lo studio matematico del danneggiamento delle superfici lapidee prodotto da agenti biologici è effettuabile utilizzando modelli differenziali non lineari di tipo diffusivo e risolvendoli numericamente con metodi opportuni. L'idea principale è quella di accoppiare opportunamente i modelli descritti per i due problemi precedenti, ossia degrado chimico dei monumenti e movimenti dei batteri, e di studiare l'interazione di questi ultimi direttamente con la pietra e con il degrado chimico. A questo scopo, il gruppo CNR-IAC sta lavorando per aggiungere, alle equazioni classiche che descrivono il movimento dei batteri, alcuni termini che quantifichino il mutamento della struttura del substrato lapideo. In parallelo, studierà l'utilizzo di microrganismi per l'eliminazione delle croste di solfato.

Per la verifica delle simulazioni sul biodegrado in ambiente ipogeo **UniRoma1** mette a disposizione i risultati sulla crescita dei microrganismi caratterizzati alle catacombe di San Callisto.

T6.4 – È proseguita l'attività di laboratorio per caratterizzazione di microrganismi prelevati da diversi siti ipogei (catacombe) in Roma:

- ✓ E' stato completato il lavoro su un frammento di affresco dalle Catacombe dei SS. Marcellino e Pietro di Tor Pignattara relativo alla caratterizzazione delle comunità microbiche presenti all'interno delle catacombe. Inoltre, è stata messa a punto e testata una nuova strategia per ridurre la crescita fototrofica sulle superficie dipinte ad affresco di tali catacombe, tramite l'utilizzo di due oli essenziali (*L. angustifolia* e *T. vulgaris*), che ha dimostrato un'ottima capacità biocida. La fluorescenza indotta da laser (LIF) e la riflettanza sono state impiegate per valutare eventuali modifiche chimiche e cambiamenti di colore indotte sulle superfici pittoriche dall'applicazione degli oli essenziali.

L'attività è stata condotta dal gruppo di Biologia di **UniRoma2** in collaborazione con **ENEA** per la prevista caratterizzazione LIF. I risultati sono stati accettati per la pubblicazione su rivista "Biodeterioration of Roman hypogea: the case study of the catacombs of SS. Marcellino and Pietro (Rome, Italy)" Laura Bruno, Lorenza Rugnini, Valeria Spizzichino, Luisa Caneve, Antonella Canini, Neil Thomas William Ellwood, *Annals of Microbiology* e sono già disponibili on-line <https://doi.org/10.1007/s13213-019-01460-z> (allegato #29)

- ✓ 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. Questo permetterà di valutare possibili effetti sinergici o antagonisti delle diverse comunità microbiche e fornirà i dati per la costruzione del modello matematico nel T6.3. Anche questi studi verranno integrati con esperimenti di LIF imaging, che saranno svolti in collaborazione con ENEA.

T 6.5 – Applicazioni di sensori in fibra ottica per monitoraggi ambientali e strutturali.

- ✓ **ENEA** ha predisposto nuovi sensori per l'installazione anche sulle catene sulle Mura Aureliane nel tratto adiacente a Porta San Sebastiano. Nello specifico è stata eseguita l'installazione di una nuova dorsale in fibra ottica, a servizio di nuovi sensori di prossima installazione su pareti di Torre L3 e catene metalliche del camminamento da Torre L1 a Torre L3. I sensori, finalizzati a misure strutturali e di parametri ambientali, sono in fase di realizzazione e caratterizzazione in laboratorio. Tutti i sensori sono basati su tecnologia in fibra ottica Fiber Bragg Grating. I sensori per la misura di Umidità Relativa sono funzionalizzati con Agrosio e Chitosano; i sensori estesimetrici sono realizzati su lamina metallica sagomata; i sensori di temperatura sono realizzati su lamina metallica. I sensori possono essere cablati in serie, anche nel caso di sensori per diverso misurando. Contestualmente alla installazione dei nuovi sensori, è previsto un rilievo fotogrammetrico con tecnologia Structure From Motion e rilievo topografico. Per l'installazione si è in attesa del perfezionamento del pre-esistente accordo di collaborazione con la Sovrintendenza Capitolina (essendo cambiato il direttore).
- ✓ 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 e all'utilizzo dei dati per una valutazione dell'attuale stato di vulnerabilità del complesso monumentale.

- ✓ E' stato inoltre concordato da **ENEA** con **UniCassino**, in qualità di stakeholder – non essendo partner di ADAMO - un allestimento dimostrativo sul Ninfeo Ponari di epoca romana presente a Cassino, con 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. Nei giorni 7-8/03/2019 sono stati eseguiti sopralluoghi ed attività preliminari, come segue:
 - 07/03 Sopralluogo con ispezione e valutazioni preliminari (in collaborazione con UniCassino, con supporto di Progetto PoC ASCANIO; con supporto di ML Mongelli Progetto EcoDigit)
 - 08/04 Rilievo fotogrammetrico dell'intero ambiente per ricostruzione 3D con Structure From Motion. Rilievo topografico di prova; definita disposizione di mire topografiche fisse di prossima installazione. Valutazione del quadro fessurativo, definita posizione per fessurimetri in fibra ottica di prossima installazione.

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 intende arrivare alla realizzazione 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.

La realizzazione dei dispositivi procede attraverso la deposizione del colloide su un substrato di biossido di silicio con contatti d'oro, il protocollo di deposizione dei QD utilizza la tecnica di drop casting. E' in corso l'allestimento del laboratorio di test in funzione dei parametri ambientali per determinare la sensibilità dei sensori ad inquinanti atmosferici, le misure vengono eseguite comunque al buio. La risposta di un primo nanosensore con QD di solfuro di piombo (PbS) è stata testata nei riguardi dell'acetone. Su questa attività è stata prodotta una relazione preliminare (allegato #30).

- ✓ 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.

Un dispositivo recentemente realizzato è stato concepito sia per il monitoraggio di ambienti indoor, sia per il monitoraggio di composti volatili provenienti dal bio-deterioramento dei manufatti artistici, lapidei e/o cartacei). La suscettibilità al bio-chemo-fisi-deterioramento di un manufatto è infatti connessa sia alle condizioni esterne sia alla sua composizione chimica. I sensori alloggiati all'interno del dispositivo sono basati sia su trasduttori gravimetrici (QCMs, microbilance di quarzo), sia su trasduttori conduttometrici (IDEs, microelettrodi interdigitati) in sistemi modulari facilmente sostituibili. Sono stati in particolare sviluppati sensori nanostrutturati sensibili sia agli acidi organici, solitamente precursori responsabili della solubilizzazione dei substrati lapidei, e a gas inquinanti solitamente dannosi per i manufatti. Altri gruppi di sensori sono stati sviluppati con maggiore sensibilità per aldeidi, composti aromatici e azotati che si possono sviluppare nella

degradazione dei materiali lignei e cartacei. I sensori progettati in laboratorio sono basati su materiali nanostrutturati polimerici compositi, ispirati alle strutture dei recettori sensoriali naturali, caratterizzati da elevate superfici di esposizione all'ambiente circostante. I materiali nanostrutturati sono stati progettati e testati per interagire selettivamente con definite classi di composti chimici volatili mediante la tecnologia dell'elettrofilatura con funzionalizzazione chimica. flessioni, cilia, strutture fibrose, pori, ecc...

Per il monitoraggio di ambienti esterni, anche difficilmente raggiungibili da operatori, è stato sviluppato un drone terrestre 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 CO₂ e con sensori di tipo elettrochimico per l'ossido di carbonio CO, il biossido di azoto NO₂, l'anidride solforica SO₂ e l'acido solfidrico H₂S. Su questa attività è stata prodotta una relazione di progetto (allegato #31).

WP7 – Bioarcheologia, antropologia e biologia ambientale

I partecipanti al WP hanno recuperato il ritardo iniziale e tutte le attività sono iniziate.

T7.1 – Sulle attività di Archeobotanica sono attivi due gruppi distinti:

- ✓ Il gruppo di **UniRoma2** ha scelto di lavorare sul Museo APR e sul sito di Passo Lombardo (resti Villa rustica romana per effettuare studi di archeobotanica). Sono in corso attività di ricerca sui resti scheletrici del sito di Boccone del Povero, conservati al museo APR di Roma, per stabilire il pattern alimentare.

Il laboratorio di Botanica ha svolto il campionamento di tartaro dalla giovane donna del sarcofago del Boccone del Povero (campagna 2001, sepoltura CLXXXI), poiché gli altri non erano disponibili o non presentavano tale matrice. Il calcolo dentale è stato analizzato tramite la microscopia ottica e la gas-cromatografia associata a spettrometria di massa. Al momento i risultati ottenuti sono in fase di interpretazione per determinare i microresti d'origine vegetale (e.g. granuli di amido, fitoliti, granuli pollinici, fibre vegetali e spore fungine) e i composti chimici organici che potranno ricondursi a piante utilizzate nella dieta sia a scopi alimentari che medicinali.

- ✓ Il gruppo di **UniRoma1** è invece in attesa dei campioni dal *Lucus Feroniae*. E' stata già fatta una selezione in base all'elenco, il materiale da analizzare sarà fornito dal funzionario secondo la sua disponibilità nel prossimo trimestre.

T7.2 – 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 dalla prima campagna di scavo (1995-96) del sito di Boccone del Povero. Analizzando la composizione isotopica dei reperti umani si possono avere indicazioni sull'alimentazione di un individuo negli ultimi 10-15 anni della sua esistenza. Il rapporto tra l'isotopo pesante e quello leggero del C e del N riflette la componente proteica della dieta: l'azoto deriva esclusivamente dalle proteine, mentre il carbonio, oltre che dalle proteine, deriva anche da altre fonti come i lipidi e i carboidrati. Al momento stanno procedendo all'analisi statistica e interpretazione dei risultati. Inoltre, è stato svolto lo studio a livello morfologico e morfometrico dello scheletro di una giovane donna (Boccone del Povero campagna 2001, sepoltura CLXXXI) presente in un sarcofago di travertino e attualmente esposta al museo APR di Roma. Su questo individuo è stato campionato un frammento di costa, estratto il collagene e, al momento, stiamo aspettando i risultati delle analisi spettrometriche degli isotopi stabili del C e N.
- ✓ Il laboratorio di **UNiRoma1** ha selezionato i campioni sugli Scavi di *Locus Feroniae* ed è in attesa del materiale osseo umano da studiare. Il medesimo gruppo ha inoltre manifestato interesse per reperti umani custoditi al Museo di Casal Dei Pazzi a Roma, che contiene lo scavo di un sito del Pleistocene. In entrambi i casi i siti si trovano al di fuori della zona considerata per l'analisi di contesto nel WP1, ma la particolarità dei reperti ne ha implicato l'inserimento nello studio.

T7.3 – Per Botanica ambientale **UniRoma3** e **UniTuscia** hanno scelto di lavorare prevalentemente su Villa Mondragone e a Palazzo Chigi.

- ✓ Le attività a Villa Mondragone sono iniziate con un primo sopralluogo effettuato per verificare il degrado di artefatti lapidei tufacei provenienti dal giardino e raccogliere foto. Personale di **UniRoma 3**, **UniTuscia** e **UniRoma1** ha esaminato le foto e la relazione relativa al sopralluogo da cui risulta una situazione di generale degrado. Si è pianificato di organizzare un secondo sopralluogo, con tutti i gruppi partecipanti, ad aprile per il campionamento e l'identificazione delle varie specie vegetali e la verifica dei danni che possono arrecare.

- ✓ La parte dell'attività di **UniRoma2** relativa alla biologia ambientale negli ambienti ipogei è stata completata con la pubblicazione su *Annals of Microbiology*, già citata relativamente al T6.4 di monitoraggio.

Validazione dei risultati conseguiti (deliverable intermedie)

- T1.1 – Aggiornamento della prima deliverable già rilasciata “Scelta dei siti + mappa GIS” (all.1: nuova mappa)
- T1.2 – Rapporto preliminare sull’analisi di contesto e socio-economica. (all.2)
- T1.3 – Partecipazione Technoheritage (*non pianificata in quanto invito ricevuto dopo la stesura della proposta*)
- T2.1 –Aggiornamento della prima deliverable sui risultati delle analisi Raman di laboratorio su frammenti di affresco della Villa della Piscina, con determinazione della tavolozza dei pigmenti e informazioni sull’origine dei materiali e sull’esecuzione dei dipinti. (all.3)
- T2.2 – Messa a punto della metodologia per analisi SM e SIMS di cuoi da parati. (all.4)
- T2.4 – Validazione dei trattamenti di contrasto al bio-degrado su pergamene, a seguito del trattamento di disinfestazione mediante radiazioni. (all.5) in comune con T2.3.
- T3.2 – Analisi PIXE di campioni di affresco dalla Villa della Piscina; Analisi PIXE di campioni di cuoi da parati dal Palazzo Chigi, Ariccia. (all. 6)
- T4.1 – Prototipo TR-LIF di INF-TorVergata (all.7); misure LIF in situ al Palazzo Vescovile di Frascati (all.8).
- T4.2 – Misure NMR a San Nicola in carcere (all.9); Misure THz su cuoi dipinti da parete dal Palazzo Chigi (all.10).
- T4.3 – Misure su pergamene trattate per conservazione (all.11); Misure su carte trattate per conservazione (all.12 – pubblicazione).
- T4.4 - Messa a punto di una tecnica per la valutazione quantitativa della velocità di corrosione di superfici metalliche per mezzo di strumentazione elettrochimica portatile (all.13); caratterizzazione di dorature su bronzo (all.14) in comune con T5.2.
- T4.5 – Misure preliminari di riflettografia in situ a Santa Maria in Cosmedin (all. 15), su frammenti della villa della Piscina (all.16); misure a San Nicola in carcere (all.17, all.18, all.19).
- T4.6 – Termografia a Santa Maria in Cosmedin (all.20). Misure a palazzo Chigi: Termografia (all.21), tecniche acustiche (all.22), prove soniche (all.23); Misure a San Nicola in carcere mediante tecniche acustiche (all.24).
- T5.1 – Attività di laboratorio e in situ (VT) di caratterizzazione di materiali e metodi per il restauro: acquerelli (all. 25 - pubblicazione), riflettografia 3D nell’UV (all. 26 - pubblicazione), oli essenziali per contrastare il bio-degrado (all. 27).
- T5.3 – Test di procedure di laser printing per integrazione di affreschi (all. 28).
- T6.4 – Studio del biodegrado nella catacombe dei SS Pietro e Marcellino (all. 29 – pubblicazione) in comune con T7.3.
- T6.6 - Sviluppo e test di nanosensori per il monitoraggio dell’inquinamento atmosferico (all. 30, all. 31).

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

Saranno inoltre coinvolti 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 che operano sul sito della Villa della Piscina, in cui è in fase di appalto un nuovo lavoro di scavo propedeutico alla realizzazione del museo
- ❖ 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, ARS MENSURAE srl che collabora già con UniRoma1 e ARCHEOARES che collabora già con UniTuscia (tutte 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.

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

Uso degli oli essenziali per contrastare il biodegrado, dimostrazione di differenti composizioni per biodegrado in catacombe (**UniRoma2**) e su scavi archeologici (**UniTuscia**).

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

Attività di disseminazione mediante la partecipazione a mostre e fiere:

- Fiera di Nazionale di Grottaferrata (Grottaferrata 23-31/03/2019) – presentazione del progetto ADAMO e di sistemi per diagnostiche ed imaging laser allo stand ENEA.

Attività di disseminazione a livello nazionale e internazionale:

- TechnoHeritage “IV International Congress Science and Technology for the Conservation of Cultural Heritage – Seville (Spain) 26-30/03/2019”:
 - “Laser remote and in situ spectroscopic diagnostics to CH surfaces - results of case studies in recent regional projects: COBRA and ADAMO in Latium” R. Fantoni. Il testo della relazione sarà pubblicato sugli atti della conferenza (T1.3).
 - “Spectral and Time resolved LIF imaging: multivariate data analysis” R. Fantoni, F. Colao, M. Romani (T4.1). Il testo della relazione sarà pubblicato sugli atti della conferenza (T1.3).
- Convegno Tematico AIAR 2019, Reggio Calabria, Oral presentation (T3.1)
“In situ investigation and non-invasive diagnostics to support material analyses and restauration activities within the ADAMO project of the Technological District of Cultural Heritage-DTC Lazio” L. Pronti, M. Romani, G. Verona-Rinati, M. Cestelli-Guidi, M. Marinelli, F. Colao.
- TECHNART 2019, 7-10 Maggio, Bruges – abstract accettati
- “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).
- “Assessing the irradiation-driven restoration of biodeteriorated parchments through AFM and SEM” - Vadrucchi, C. Cicero and G. De Bellis) - Bruges, 7-10 May 2019 (T4.3).
- ECAART “PIXE spectroscopy for the ADAMO project” - M. Vadrucchi, M. Chiari, L. Giuntini, L. Picardi, C. Ronsivalle, B. Sorrentino) - May 5-10 2019, Split, Croatia (T3.2).
- Workshop “Le scienze e i beni culturali: innovazione e multidisciplinarietà”, 26 Febbraio 2019, Milano. Poster dal titolo: “Diagnostic study of Durium phonographic discs on paper substrate” L. D'Aleo, A. Ciccola, N. Ghofraniha, S. Sennato, S. Magrini and M. Missori (T4.3)

Web News:

- INFN-LNF: THE COLOURS OF ANCIENT ROME IN A NEW LIGHT, INFN activities within the CHNet (Cultural Heritage Network) network. <http://w3.inf.infn.it/the-colours-of-ancient-rome-new-light/?lang=en>, 19 December 2018 (T3.1)
- CHNet News: <http://chnet.infn.it/en/home-3/> (T3.1)
- CHNet News: <https://www.facebook.com/INFN.CHNet/> (T 3.1)
- Articolo su Archeomatica Newsletter n.85 del 23 Gennaio 2019 “Il progetto ADAMO del DTC Lazio ha iniziato la sperimentazione” (T2.1)
https://www.archeomatica.it/index.php?option=com_content&view=article&id=6618:il-progetto-adamo-del-dtc-lazio-ha-iniziato-la-sperimentazione-dimostrativa-sul-sito-della-villa-della-piscina-di-centocelle-raccogliendo-informazioni-diagnostiche-sui-frammenti-di-affresco-ivi-rinvenuti&catid=87:documentazione

Pubblicazioni su rivista internazionale

Lavori pubblicati:

1. Giuseppe Bonifazi, Giuseppe Capobianco, Claudia Pelosi and Silvia Serranti “Hyperspectral imaging as powerful technique for investigating the stability of painting samples” *J. Imaging* 2019, 5(1), 8; <https://doi.org/10.3390/jimaging5010008> (UniTuscia - T5.1).
2. Luca Lanteri, Giorgia Agresti and Claudia Pelosi “A New Practical Approach for 3D Documentation in Ultraviolet Fluorescence and Infrared Reflectography of Polychromatic Sculptures as Fundamental Step in Restoration” *Heritage* 2019, 2(1), 207-215; <https://doi.org/10.3390/heritage2010015> (UniTuscia - T5.1)
3. Mauro Missori, Adriano Mosca Conte, Olivia Pulci, Lorenzo Teodonio, Serena Dominijanni, Silvia Puteo, Simonetta Iannuccelli, Silvia Sotgiu and Maria Letizia Sebastiani “Non-destructive monitoring of molecular modifications in restoration of works of art on paper”, submitted to *The European Physical Journal Plus* (2019) 134: 99 DOI 10.1140/epjp/i2019-12524-3 (CNR e UniRoma2 – T4.3).
4. Laura Bruno, Lorenza Rugnini, Valeria Spizzichino, Luisa Caneve, Antonella Canini, Neil Thomas William Ellwood: “Biodeterioration of Roman hypogea: the case study of the catacombs of SS. Marcellino and Pietro (Rome, Italy)” *Annals of Microbiology* <https://doi.org/10.1007/s13213-019-01460-z> on-line (UniRoma2 e ENEA – T6.4 e T7.3)

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).

Sito web di progetto

La Divisione per lo sviluppo Sistemi per l'Informatica e l'ICT (DTE ICT) di **ENEA** ha progettato e sviluppato il sito web dedicato al progetto ADAMO: progettoadamo.enea.it. Il sito, realizzato con il CMS WordPress, vuol essere un facile strumento 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 è così strutturato:

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

Il sottomenù nella sezione Progetto include:

- Attività
- Laboratori
- SAL
- Giovani risorse.

All'interno della sottosezione Attività sono descritti in modo schematico i singoli Work Package (WP), nel seguente modo:

- WP leader
- Obiettivi
- Deliverables
- Elenco Task
- Esperienze pregresse
- Risultati
- Collaboratori.

In particolare, nell'elenco Task ogni singolo titolo di task rimanda ad una pagina dedicata alle specifiche attività svolte in quell'ambito, con la possibilità di effettuare il download di relazioni tecniche sui risultati ottenuti o in itinere, o eventuali altro materiale che possa risultare utile alla divulgazione delle competenze e strumentazione messe in campo. Inoltre, ogni pagina dedicata ad un task ha al suo interno una serie di immagini (foto dell'opera, del sito o della tecnologia applicata) estrapolate dal materiale scientifico prodotto, o raccolte durante le campagne svolte in situ.

Poiché il progetto prevede anche il finanziamento di assegni di ricerca e contratti per personale, nel sito è presente una pagina dedicata alle giovani risorse che partecipano al progetto. In essa sono pubblicati i CV brevi degli assegnisti con indicata l'organizzazione di appartenenza e i task in cui sono coinvolti.

Nella sezione Risultati è stata creata una pagina per ciascun WP, in cui l'utente trova raccolti i vari prodotti della ricerca articolati in base al task di afferenza:

- Pubblicazioni
- Presentazioni a conferenza
- Progress report
- Altri prodotti della ricerca.

Per facilitare la visualizzazione della specifica attività sono state inserite anche delle immagini con didascalia, in corrispondenza di ciascun documento linkato.

Molte delle immagini raccolte dalle campagne di misurazioni e dai report che documentano i risultati ottenuti sono raccolte nella sezione Media, in cui è stata creata anche un'area per la pubblicazione di Video.

Nella sezione News ed Eventi è possibile avere un aggiornamento sulle partecipazioni di uno o più partner a eventi di divulgazione scientifica, come workshop, convegni e fiere in cui tutti o in parte i risultati del progetto sono stati esposti e presentati ad un vasto pubblico.

Tutte le organizzazioni coinvolte nel progetto sono elencate e rappresentate - con il relativo logo - nella sezione Partner.

Le principali informazioni relative al progetto, i suoi obiettivi e le attività in generale, sono tradotte in inglese nella sezione English, in cui sono linkati anche i documenti prodotti in inglese o tradotti per ciascun WP.

Infine, nel Footer sono indicati altri siti web e portali correlati al progetto.

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

- n. 4 pubblicazioni già apparse su rivista internazionale.
- n. 27 rapporti di progetto relativi a deliverable consolidate nel trimestre di riferimento (si ricorda che altri n. 6 allegati sono stati già forniti nella relazione del primo trimestre, costituendo altrettante deliverables anticipate).

Il coordinatore ha preparato la presente relazione SAL2 e presentato i risultati relativi nella riunione tenuta a Sapienza il 19/03/2019.

Luogo, Data

Timbro e firma
(del legale rappresentante)