

## ***Cultural Landscape risk Identification, Management and Assessment (CLIMA)***

### **a. Descrizione dell'obiettivo finale**

#### ***Premessa***

CLIMA è un progetto di ricerca cooperativa europeo e come tale prevede una metodologia di lavoro condivisa e partecipativa tra i Partner Europei in tutte le varie fasi del progetto con relativa suddivisione di responsabilità delle attività di lavoro (*Work Package – WP*), di specifici compiti (*Tasks*) nella produzione dei risultati definiti (*Deliverables*) nella proposta sottomessa e approvata a livello europeo.

CLIMA, oltre ai Partner italiani Università degli Studi della Tuscia – DISBEC (UNITUS) Coordinatore scientifico e gestionale e ALMA Sistemi sas (ALMA) PMI, annovera i seguenti Partner Europei:

- the University of Stirling (UNISTI) Regno Unito;
- the Technical University of Cyprus (CUT) Cipro;
- the University of Copenhagen, Department of Geoscience and Natural resource management, section for Geography (UCPH) Danimarca.

#### ***Contesto***

L'Europa ha un patrimonio culturale ricco e diversificato. Spesso caratterizzato dalla presenza di resti archeologici esposti e sepolti, questo patrimonio culturale, è oggi a rischio per via di specifiche pressioni di tipo antropico ed ambientale, ed in particolare a causa delle continue attività agricole intensive e dei cambiamenti climatici in corso. Queste pressioni creano una serie di minacce immediate e future per questi paesaggi culturali particolarmente sensibili e per gli archivi storici, archeologici ed ambientali che essi conservano.

Le conseguenze di queste pressioni, combinate con la costante tendenza alla diminuzione delle risorse finanziarie stanziare per la conservazione dei resti archeologici, si stanno rivelando catastrofiche per il paesaggio culturale europeo, come testimoniano ad esempio i recenti crolli di Pompei. Le autorità responsabili della conservazione dei paesaggi culturali per le generazioni future sono ben consapevoli dei costi ingenti richiesti da interventi riabilitativi rispetto a quelli preventivi. Al giorno d'oggi, le autorità hanno una forte esigenza di strumenti sistematici, efficaci e di facile utilizzo e accesso per monitorare i processi di degrado e consentire la manutenzione preventiva. Alla luce delle criticità sopracitate, il monitoraggio dei processi e dei cambi d'uso del suolo, che possono essere prodotti dalle attività agricole (pressioni antropiche) ed amplificati dai cambiamenti climatici (pressioni ambientali), e, allo stesso tempo, il monitoraggio della stabilità delle strutture può quindi aiutare a prevenire danni al nostro patrimonio archeologico, sia esposto che sepolto.

#### ***Obiettivo generale***

Il progetto CLIMA vuole promuovere una ricerca fortemente interdisciplinare, basata su un approccio orientato in particolare agli aspetti del suolo, al fine di sviluppare strumenti efficaci per le autorità responsabili della conservazione del paesaggio culturale. In particolare, **l'obiettivo principale del progetto CLIMA è di progettare ed implementare una piattaforma WebGIS multi-task che integra, in modo innovativo, diverse tecnologie di telerilevamento, in grado di garantire, su diverse scale spaziali, (sia macro che micro), la mappatura, la diagnostica e il monitoraggio dei paesaggi culturali caratterizzati dalla presenza di resti archeologici sia**

**sepolti che esposti.** La piattaforma fornirà prodotti specifici (ad esempio, mappe di vulnerabilità periodica e mappe di avviso) per consentire alle autorità responsabili della conservazione del paesaggio culturale di attuare piani di manutenzione ed azioni più efficaci. La dimostrazione e la validazione della piattaforma CLIMA saranno effettuate presso tre diversi casi di studio: in Italia (Falerii Novi), Scozia (Antonine Wall) e Cipro (Nea Paphos).

### ***Caratteristiche e prestazioni da realizzare***

Partendo da questo obiettivo generale, il progetto CLIMA si propone tre obiettivi specifici che fanno riferimento ad altrettanti Pacchi di lavoro (*Work Packages - WP*) del progetto.

[Obiettivo 1] - Analisi dei principali fattori di rischio e progettazione della piattaforma CLIMA (WP1) - L'obiettivo è quello di progettare una piattaforma WebGIS multitask, integrando tecnologie di telerilevamento satellitari e terrestri. A tal fine verranno svolte le seguenti attività: i) Analisi dei principali fattori di rischio che interessano i paesaggi culturali con presenze archeologiche; ii) Analisi e definizione dei metodi di Osservazione della Terra (EO) e della catena di elaborazione dei dati di EO relativi all'erosione del suolo, ai cambiamenti di uso del suolo, ai movimenti del suolo, alla mappatura ad alta risoluzione e all'individuazione di tracce archeologiche e paleo-ambientali; iii) Analisi e definizione di metodi di telerilevamento a terra per la mappatura e il monitoraggio delle strutture archeologiche sepolte (georadar, resistività, magnetometria) ed esposte (laser scanner); iv) Progettazione di un innovativo strumento di telerilevamento per la mappatura e il monitoraggio dei disturbi laterali e verticali dei suoli determinati da attività agricole; v) Progettare la piattaforma WebGIS per la gestione di tutti i dati disponibili dei diversi siti scelti come casi di studio; vi) Analisi e progettazione delle mappe di vulnerabilità e delle mappe di avviso riferiti all'erosione e al disturbo del suolo e alla stabilità del suolo e delle strutture.

[Obiettivo 2] - Sviluppo della piattaforma multi-task WebGIS (WP2) - L'obiettivo è lo sviluppo della piattaforma multi-task WebGIS, descritta in [Ob.1], al fine di creare uno strumento dimostrativo ed un servizio pre-operativo. Più specificamente, l'obiettivo riguarderà: i) lo sviluppo di catene di elaborazione dati EO come definito in [Ob.1]; ii) lo sviluppo di uno strumento innovativo di telerilevamento per la mappatura e il monitoraggio del disturbo laterale e verticale dei suoli interessati da attività agricole; iii) l'implementazione di un archivio comune in grado di contenere tutti i dati disponibili sui diversi siti scelti come casi di studio, i risultati intermedi e finali delle catene di elaborazione dei dati EO e tutti i dati prodotti dai diversi strumenti di telerilevamento terrestri utilizzati o sviluppati all'interno del progetto (vedi Ob.3); iv) lo sviluppo e l'implementazione di un interfaccia WebGIS per gli utenti finali; v) l'integrazione di tutti gli elementi di cui sopra in una piattaforma informatica coerente.

[Obiettivo 3] - Attività di dimostrazione (WP3) - L'obiettivo è di effettuare la dimostrazione e la convalida della piattaforma CLIMA presso i casi di studio italiano (Falerii Novi), scozzese (Antonine Wall) e cipriota (Nea Paphos). Più in particolare, l'obiettivo riguarderà: i) la creazione di una base di dati preliminare di carattere archeologico e ambientale dei diversi casi di studio; ii) l'acquisizione di immagini satellitari dei diversi casi di studio; iii) la progettazione e la realizzazione di campagne di ricerca sul campo presso i tre casi di studio volte a raccogliere dati con i diversi strumenti di telerilevamento terrestri utilizzati e sviluppati all'interno del progetto; iv) l'elaborazione dei dati satellitari e terrestri raccolti finalizzata alla calibrazione e validazione delle catene di elaborazione dei dati EO; v) l'aggiornamento del sistema di archiviazione e la valutazione finale della piattaforma CLIMA.

Il sistema CLIMA sarà pertanto costituito da un sistema distribuito di catene di elaborazione di immagini satellitari (erosione, movimenti del suolo, uso del suolo e vegetazione e mappatura e individuazione di presenze archeologiche), da un sistema di archiviazione ed elaborazione GIS

centralizzato (Web Portal) e di un interfaccia Web “client” che permetterà l’utilizzo del sistema via internet (Web Front-End). Il sistema centralizzato integrerà oltre ai dati satellitari anche dati disomogenei acquisiti con altri strumenti nell’ambito delle campagne “a terra” dimostrative del progetto. Le catene di elaborazione dei dati utilizzeranno dati e tecniche diverse a seconda dello scopo richiesto. In particolare verranno utilizzati dati da sensori ottici, multispettrali e SAR, mentre l’interfaccia Web garantirà funzioni di accesso ai dati, elaborazioni parziali, “upload” di dati e “download” di prodotti generati dal sistema.

### ***Specifiche quantitative da conseguire***

La tabella seguente riassume le aree tecniche del progetto CLIMA in termini di rischi affrontati, Elaborazione dati satellitari di Osservazione della Terra, tecniche di elaborazione di telerilevamento (ground-based e remote sensing), siti di test dimostrativo e prodotti previsti:

<b>Aree tecniche</b>	<b>Valutazione del rischio / Obiettivo</b>	<b>Catena di elaborazione dei dati EO</b>	<b>Tecniche di remote sensing terrestre</b>	<b>Siti testati</b>	<b>Prodotti previsti</b>
<b>Erosione del suolo</b>	Perdita di suolo e interferenze della stratigrafia archeologica	Erosione del suolo	Spettroscopia gamma in situ	Falcri Novii Antonine Wall Nea Paphos	Mappe di rischio di erosione e mappe di disturbo verticale/laterale del suolo
<b>Uso del suolo</b>	e del suolo a causa di pressioni antropiche	Uso del suolo	-	Falcri Novii Antonine Wall Nea Paphos	Mappe dell’uso del suolo
<b>Vegetazione</b>	Degrado di strutture esposte a causa della vegetazione	Vegetazione	-	Falcri Novii Antonine Wall	Mappe del cambiamento della vegetazione
<b>Movimenti del suolo e delle strutture</b>	Stabilità del suolo (frane, subsidenza) e stabilità delle strutture	Movimenti del suolo e delle strutture	Laser scanner	Falcri Novii Nea Paphos	Mappe di rischio della stabilità del suolo e delle strutture
<b>Mappatura/ individuazione di tracce archeologiche</b>	Mappatura/ individuazione di strutture sepolte	Mappatura/ individuazione e tracce archeologiche	Elettromagnetometro, Georadar (GPR)	Falcri Novii Antonine Wall Nea Paphos	Mappe della struttura dei siti ad alta risoluzione

### **Principali problematiche di R&S**

Il progetto CLIMA affronta la progettazione e lo sviluppo di una piattaforma multi-task unica che combina diverse tecnologie avanzate di telerilevamento (di norma utilizzate separatamente) con l’applicazione GIS per la mappatura e il monitoraggio a lungo termine del patrimonio culturale archeologico sia delle strutture esposte che di quelle sepolte.

#### **b. Durata e data di inizio del progetto**

36 mesi / 1° Giugno 2015

#### **c. Luoghi di svolgimento del progetto**

Guidonia Montecelio, Roma (sede ALMA Sistemi),  
Viterbo (sede Università della Tuscia),  
Falerii Novi e area suburbana di riferimento (Comune di Fabrica di Roma e Civita Castellana).  
Limassol (sede della Technical University of Cyprus), Cipro  
Nea-Paphos, Paphos, Cipro  
Stirling (sede dell' University of Stirling), Regno Unito  
Vallo Antonino, Scozia, Regno Unito  
Copenaghen (sede dell' University of Copenaghen), Danimarca

**d. Responsabile del progetto**

Stefano De Angeli  
nato ad Urbino, il 28 settembre 1959 ed ivi residente in via Androncello, 9

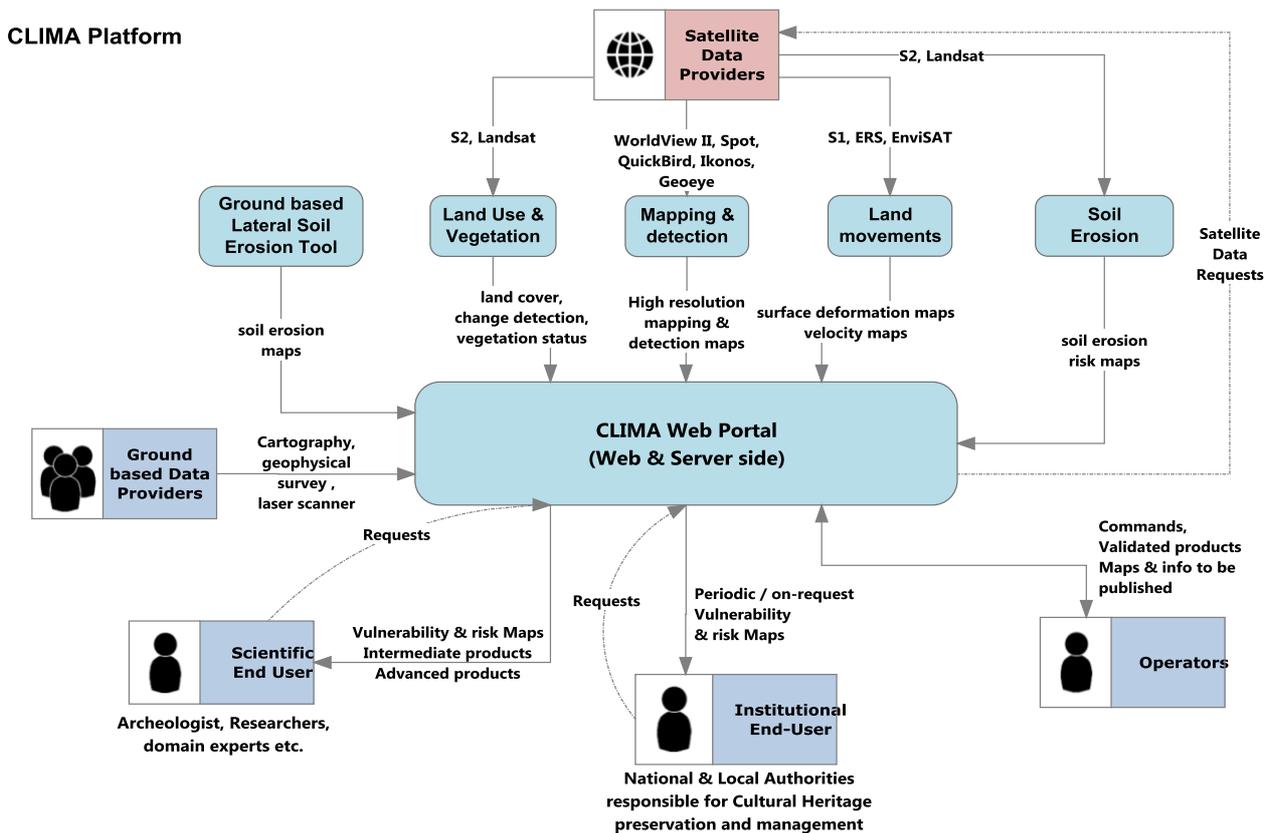
Laurea in Lettere Classiche

Professore associato di Archeologia Classica presso il Dipartimento di Scienze dei Beni Culturali dell'Università degli studi della Tuscia di Viterbo

## 2) OBIETTIVI, ATTIVITÀ E TEMPISTICA

### a. Struttura del prodotto/processo/servizio

Il presente progetto si basa sull'integrazione di diversi metodi basati su dati provenienti dall'osservazione satellitare della terra (EO) utilizzando infrastrutture informatiche. L'architettura del progetto CLIMA è di seguito indicata.



Il sistema proposto (CLIMA Platform) è costituito da un portale composto:

- da una parte front-end: Portale WEB CLIMA,
- un server-side: il lato server CLIMA Portal
- un set di catene di elaborazione dei dati satellitari (uno per ogni catena di elaborazione dei dati di EO previsto dal progetto CLIMA).

Le catene di analisi dei dati di EO forniranno sistemi di self-standing per elaborare i dati satellitari e produrre mappe di vulnerabilità da inserire nel portale Web. Il portale Web consentirà anche l'integrazione con i dati acquisiti a terra per fornire i prodotti finali per gli End User.

L'elaborazione dei dati di EO possono essere effettuate sia localmente, ad esempio situando fisicamente il server side del portale Web o in remoto con accesso ad internet attraverso il portale Web.

**L'erosione del suolo.** Il processo per l'elaborazione dei dati relativi all'erosione ha lo scopo di fornire mappe sulla base dei tassi di precipitazioni e dello stato di copertura del suolo. Le analisi tecniche di erosione (ad esempio la Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE 2)), anche se ampiamente utilizzate da molti anni, otterrebbero forti vantaggi dal miglioramento della qualità dei dati di input.

L'elaborazione dei dati proposta fa uso di mappe di precipitazione e mappe di copertura ed uso del suolo come input. L'intensità dei fenomeni di precipitazione può essere legata all'intensità della precipitazione e alla durata dell'evento. L'erosione del suolo dipende dall'intensità rilasciata dalle precipitazioni e dalla struttura del suolo.

La piattaforma CLIMA propone di migliorare lo stato attuale delle tecniche utilizzate tramite:

- l'utilizzazione dei dati da satellite per una stima dei tassi precipitazioni (ad esempio il Global Precipitation Analysis - su base giornaliera); questo permetterà di migliorare la tecnica attuale che utilizza una media mensile dei dati, permettendo così di analizzare la dinamica dei fenomeni su base giornaliera;
- la raffinazione dei dati relativi all'intensità rilasciata dalle precipitazioni con una diretta parametrizzazione della distribuzione drop-size basata su valori di frequenza della pioggia (Marshall e Palmer, 1948);
- l'utilizzo aggiornato di mappe della struttura del suolo / uso del suolo (LULC) con l'analisi multispettrale Sentinel 2 (Landsat 8) che permetterà la parametrizzazione delle mappe. Le immagini radar supplementari saranno anche testate e valutate per l'estrazione delle mappe LULC;
- la fornitura di mappe di erosione del suolo e mappe del rischio con un aggiornamento mensile per l'analisi di serie temporali e risposta rapida.

I prodotti della catena di elaborazione dei dati sarà fornito con una risoluzione spaziale e temporale di tipo satellitare, cioè con una risoluzione decametrica (15m a 10 m) e con una periodicità mensile.

**Movimenti del suolo/strutture.** Più di 20 anni dopo la sua prima applicazione, la tecnica Synthetic Aperture Radar Interferometry (InSAR) da piattaforme satellitari gioca un ruolo chiave nelle Scienze della Terra in particolare per le sue capacità di mappatura topografica e per l'analisi della deformazione della superficie terrestre. Dal 2001 le tecniche standard InSAR sono state ampiamente migliorate e sono stati sviluppati nuovi metodi InSAR (A-InSAR).

Le tecniche A-InSAR sono più efficaci sulle aree urbane, dove gli obiettivi SAR sono ben visibili. Nelle regioni rurali, il numero di bersagli radar è tuttavia limitato dalla scarsa urbanizzazione, dalle foreste, dalle aree di zone d'ombra e di sosta. Grazie alla capacità di misurare in maniera accurata spostamenti millimetrici di ogni pixel coerente (scatterers persistenti), le tecniche A-InSAR consentono di monitorare l'evoluzione temporale di una deformazione del suolo su scala pixel e sono adatte per la rilevazione e la misura degli effetti dei movimenti naturali e/o artificiali della superficie che incidono sul patrimonio culturale.

L'approccio basato sul satellite per il rilevamento e la misurazione del movimento della superficie fornirà risultati affidabili da confrontare in maniera combinata con i dati di base per la convalida (per esempio laser scanner).

Gli algoritmi A-InSAR possono essere suddivisi in due classi principali. La prima classe riguarda i metodi DInSAR ed è un'estensione diretta della classica tecnica two-step DInSAR. Questa tecnica permette di monitorare aree estese e di analizzare meccanismi di scattering con uno scarto temporale minimo. La seconda classe di tecniche multipass, la Scatterer Persistent (PS) lavora con interferometria ad alta risoluzione spaziale e permette di determinare la deformazione di singoli diffusori dominanti, tipicamente associati alle strutture artificiali (diedro, pareti, bordi, pali, inferriate, ecc). Entrambe le classi di algoritmi sono state implementate o in codici open source, o in software industriali.

Il progetto CLIMA propone l'uso di sistemi come SBAS per l'analisi del singolo bersaglio o di bersagli sparsi nelle regioni rurali, dove gli approcci PS sono meno efficaci. Con questo approccio distribuito, si prevede di monitorare zone più estese. Tuttavia, le tecniche PS possono essere applicate per garantire la piena risoluzione acquisibile laddove la zona di prova contiene abbastanza obiettivi.

L'approccio del progetto CLIMA si basa sullo sfruttamento dei dati della missione Sentinel-1 modalità IWS per studiare siti campione, rilevanti dal punto di vista dei beni culturali. Al fine di raggiungere l'obiettivo principale, che è quello di monitorare la stabilità strutturale del manufatto, si

prevede di studiare l'eventuale occorrenza di deformazioni differenziali.

I manufatti potrebbero essere stati costruiti su aree instabili, come terreni franosi o siti con cedimenti. Questi ultimi sono le principali cause di rischio che interessano un certo sito. Oltre a Sentinel-1, sarà necessario l'impiego dei dati ERS e Envisat per costruire delle serie storiche.

I risultati ottenuti con le tecniche A-InSAR sono forniti in termini di deformazioni della superficie e di velocità della superficie complessiva, con particolare attenzione per le strutture, le instabilità attive del suolo (frane, smottamenti) e la subsidenza. Tali dati saranno presi in considerazione per valutare il livello di rischio delle strutture.

**Uso del suolo e vegetazione.** La catena di elaborazione dei dati relativi all'uso del suolo e al cambiamento della vegetazione intende fornire informazioni sui processi dinamici della copertura del suolo, sia in ambienti naturali che antropici. Le mappe elaborate sono basate su serie temporali di immagini ottiche calibrate radiometricamente e co-registrate.

Due algoritmi sono applicati ai set di dati di ingresso:

(i) classificazione della copertura del suolo usando una classificazione spettrale ed individuando il cambiamento dell'immagine precedente;

(ii) indici di calcolo per la vegetazione e l'estrazione dei cicli fenologici sulla base di analisi di dati multi-temporali.

I risultati di queste elaborazioni vengono utilizzati anche come input per l'analisi dell'erosione del suolo. I dati Landsat e successivamente quelli della missione Sentinel 2 saranno utilizzati per questa catena di elaborazione dei dati.

I risultati dell'elaborazione dei dati presenteranno una risoluzione spaziale e temporale di tipo satellitare, cioè con una risoluzione decametrica (15m a 10 m) e con una periodicità mensile.

**Mappatura e individuazione di tracce archeologiche.** L'attività riguardante l'uso d'immagini satellitari ad alta risoluzione ottica per la ricerca archeologica sarà focalizzata su tre diverse aree di studio (Italia, Scozia, Cipro). Per ciascuna di queste aree si utilizzeranno le immagini di due satelliti civili con la maggiore risoluzione spaziale oggi disponibile: WorldView-2 e / o GeoEye-1, in combinazione con i dati di archivio (Ikonos, Quickbird, Spot). Entrambi i satelliti forniranno immagini a colori per l'analisi spettrale, la mappatura, la pianificazione e per applicazioni di monitoraggio. Con il progetto CLIMA si testerà l'efficacia dei metodi sopra descritti per la ricerca archeologica in contesti diversi; un'applicazione questa ancora poco sfruttata. In particolare, queste immagini saranno trattate sia per rilevare le tracce archeologiche e paleo-ambientali (anomalie, soil marks, macchie di umidità, shadow marks, ecc.) riconducibili a resti antichi sepolti e sia per la produzione di orto-immagini per la localizzazione delle evidenze archeologiche. Per ogni sito, i dati di acquisizione recente saranno analizzati e confrontati con quelli di altri periodi dell'anno per una maggiore accuratezza.

Partendo dai dati grezzi forniti dai satelliti, sarà possibile fare una serie di post-processing sulle immagini, per aumentare la loro intelligibilità; in particolare, le immagini saranno elaborate per migliorare la visibilità delle tracce archeologiche utilizzando specifici algoritmi combinanti le specifiche geometriche e multispettrali (data fusion, pan-sharpening, NDVI, PCA, ecc), comprese le bande del vicino infrarosso. Le orto-immagini saranno prodotte utilizzando DEM ad alta risoluzione e Ground Control Points misurati con un sistema GPS ad alta precisione (in particolare un sistema completamente integrato e ad alte prestazioni GNSS). Le orto-immagini così ottenute saranno utilizzate per migliorare le attività di ricognizione archeologica e per la localizzazione di siti antichi. Grazie all'elevata risoluzione spaziale dei satelliti WorldView-2 e GeoEye-1, sarà possibile generare mappe tematiche utili per gli studi archeologici, integrando i dati satellitari con altri dati e precedenti mappe, come le strade principali, la topografia e l'idrografia.

**Strumento di monitoraggio/mappatura dei disturbi laterali/verticali del suolo.** L'obiettivo è di sviluppare un nuovo strumento di remote sensing terrestre (ground-based) per consentire in tempo

reale la mappatura dell'erosione del suolo e del disturbo laterale del suolo in siti archeologici sepolti interessati da attività agricole. Lo strumento si baserà sulla spettrometria gamma in-situ (utilizzando tecnologie di detection di nuova concezione) per determinare i quantitativi di Cs-137 di origine antropica e la profondità delle strutture sepolte. Le tecniche di spettrometria gamma in-situ sono state utilizzate con successo per identificare l'erosione del suolo e nondimeno anche per la valutazione del rischio di erosione dei siti archeologici.

Tuttavia, questi studi sono stati finora limitati dai tempi di computazione assai lunghi, in genere 15-20 minuti per ogni singola misurazione. Oggi, per la prima volta, i grandi rivelatori NaI (8 litri) consentono tempi di computazione di alcuni secondi permettendo così una mappatura in tempo reale. Il miglioramento della risoluzione spettrale con i nuovi rilevatori LaBr3 (Ce) consentono di migliorare l'analisi dello scattering dei raggi gamma, fornendo potenzialmente informazioni su perturbazioni verticali del suolo ad opera di attività che possono influire negativamente sulla conservazione dei siti archeologici sepolti, come ad esempio l'aratura e la bioturbazione.

La fase di sviluppo prevedrà:

- (i) prove dell'efficienza dei rivelatori (8 litri NaI e LaBr3 (Ce)) e risposte attraverso simulazioni in laboratorio e sul campo;
- (ii) la modellazione teorica (simulazioni Monte Carlo), seguita da test di laboratorio e sul campo delle opzioni di montaggio del rivelatore;
- (iii) lo sviluppo del software per integrare, interpretare e visualizzare in tempo reale i risultati spettrali.

Il collaudo in campo e la verifica del sistema su vari tipi e usi del suolo saranno condotti da UNISTI. Il campionamento in campo consentirà di determinare la concentrazione di Cs-137 e la loro distribuzione per consentire la calibrazione e la verifica dei risultati. L'apparecchiatura sarà utilizzata nelle campagne in Inghilterra e in Italia, testando il sistema in condizioni del terreno e dell'uso del suolo in forte contrasto tra loro.

**Altri dati di remote sensing terrestre.** Saranno effettuate indagini archeo-geofisiche su larga scala e non invasive nelle diverse aree di studio, utilizzando piattaforme mobili, multicanale e controllate tramite DGPS. Queste indagini utilizzeranno, con un approccio multi-metodo, i tre metodi più significativi:

- gradiometria magnetica (MAG),
- resistività (ERT)
- georadar (GPR, con misurazioni efficienti ad alta risoluzione e dati di alta precisione).

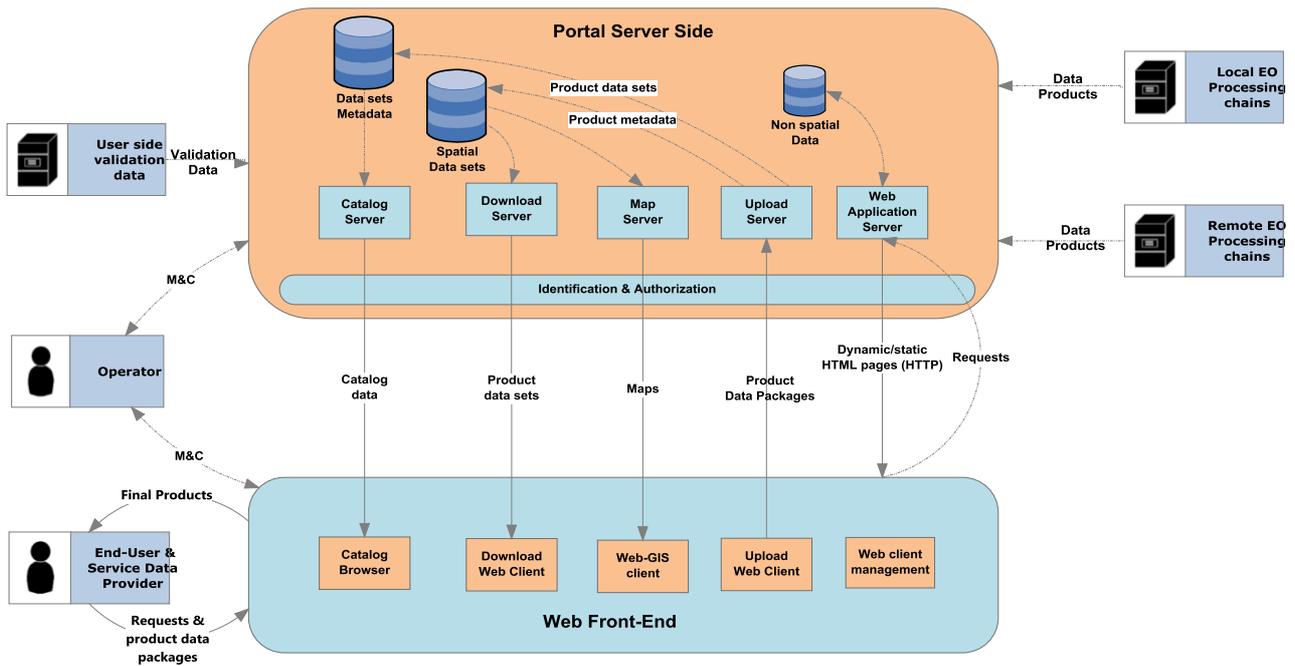
La scelta di una certa metodologia e tecnologia dipende dalle condizioni specifiche delle attività di indagine nelle aree dei casi di studio prescelti.

L'obiettivo delle indagini è la mappatura completa di strutture archeologiche sepolte e anche la modellazione e caratterizzazione dei siti archeologici stessi. In questi casi, la ricerca integrata può anche includere il confronto con i risultati ottenuti con il nuovo strumento di mappatura e rilevamento dei siti archeologici tramite le immagini satellitari (vedi sopra).

I risultati precedentemente ottenuti con indagini realizzate con la tecnica magnetometrica in alcuni siti saranno confrontati con i nuovi dati per valutare la conservazione del sito e i danni subiti dai resti archeologici sepolti negli ultimi anni.

I dati grezzi così ottenuti saranno trattati, modellati e preparati per il GIS.

**Portale Web.** Il portale web è il punto di accesso all'intera gamma di servizi del progetto CLIMA. Esso ospiterà una serie di applicazioni web client-server che prevedranno interfacce uomo-macchina 'rich-client' (pagine web ospitanti un'applicazione incorporata) sia per gli end-users registrati che per operatori. L'architettura complessiva del portale è illustrata nel seguente schema.



Il portale CLIMA è sostanzialmente composto di due parti: il front-end e il back-end (server side).

Il **front-end Web**, punto di accesso ai servizi CLIMA è composto da:

- (i) un *Catalog Browser*: front-end per il catalogo; è il punto di accesso (pagine web) al catalogo dei servizi CLIMA per l'utente finale;
- (ii) un *Download Web Client*: un front-end per il servizio di download;
- (iii) un *Client WEB-GIS*: una applicazione web per navigare attraverso le geo-informazione del sito archeologico;
- (iv) un *Web Client Management* : le pagine web di front-end per sottomettere, cancellare, e tracciare le richieste di prodotti e gestire l'interfaccia web dell'operatore;
- (v) un *Upload Client Web*: un front-end per il servizio di caricamento dati (esperti del settore che possono caricare i pacchetti di dati prodotti, compreso il loro metadati (Metadata Editor).

La parte back-end (server-side) del portale è composto di un insieme di componenti finalizzati a fornire alla parte front-end le informazioni da dare agli utenti (sia gli end-users che gli operatori).

Questo è composto da:

- (i) un *Catalog Server*: gestisce il servizio di ricerca tramite un'interfaccia OGG CSW (servizio di catalogo per il WEB);
- (ii) un *Download Server*: gestisce il servizio di scaricamento tramite un'interfaccia Atom;
- (iii) un *Upload Server*: gestisce il servizio di upload;
- (iv) un *Map Server*: fornisce mappe tramite interfaccia OGG WMS e WFS;
- (v) un *Server WEB/Application*: fornisce pagine HTML statiche/dinamiche per il web browser; esso agisce come un contenitore e ospita la parte server-side delle applicazioni web;
- (vi) una *Data Storage*: gestisce l'intero insieme di dati: i metadati, i sets di dati spaziali e non-spaziali;
- (vii) una *infrastruttura di identificazione e autorizzazione*: fornisce l'autenticazione e l'autorizzazione all'interno o attraverso i confini organizzativi ed i fornitori di servizi.

L'attuale implementazione del sistema farà ampio uso di componenti software open source e di un loro sviluppo personalizzato. La parte server side del portale web sarà realizzato in Java e PHP come un insieme di applicazioni web, ospitate dall'applicazione server Apache Tomcat e dal database MySQL. Il lato client del Portale WEB farà uso di un codice di linguaggio di scripting (ad esempio il codice JavaScript) eseguito da un motore di scripting di browser web.

**Implementazione del servizio.** Al fine di dimostrare l'efficacia della Piattaforma CLIMA nel monitorare e valutare le minacce che interessano i paesaggi culturali sotto diverse condizioni geografiche e climatiche, sono stati scelti tre diversi casi di studio: le città romana di Falerii Novi (Fabrica di Roma, Lazio), il "Vallo di Antonino" (Scozia) e la città greco-romana di Nea-Paphos (Cipro), gli ultimi due siti Patrimonio Mondiale dell'UNESCO.

La scelta di questi casi di studio è legato alle diverse e peculiari minacce che interessano tali siti come mostrato nella seguente tabella:

Casi di studio	Minacce
<p><b>Falerii Novi.</b> Città romana fondata nel 241 a.C. presso l'antica Via Amerina, in una zona pianeggiante che si affaccia su una profonda gola. Le mura della città sono conservate. All'interno dell'area urbana, oggi totalmente sepolta, è collocata la Chiesa cistercense di S. Maria di Falleri del XII secolo. Nel territorio a sud della città è documentata la presenza di numerose ville rurali romane e molti tratti lastricati della Via Amerina, con tombe ai lati.</p>	<p>Impatto dell'agricoltura sui resti archeologici sepolti. Vegetazione e accumulo di biomassa sui resti esposti (danni fisici e biodegradazione). L'erosione del suolo e i movimenti del suolo che impatta sulla stabilità delle strutture.</p>
<p><b>Nea Paphos.</b> Città greco-romana fondata alla fine del IV secolo a.C., situata su un piccolo promontorio sulla costa sud-ovest dell'isola di Cipro. Una grande area del parco archeologico non è ancora scavata con molte strutture sepolte. Patrimonio Mondiale dell'UNESCO.</p>	<p>Impatto dell'agricoltura su resti archeologici sepolti. L'erosione del suolo e i movimenti del suolo impattano sulla stabilità delle strutture. Pressione urbana.</p>
<p><b>Antonine Wall.</b> Il Vallo Antonino è la frontiera nord occidentale di difesa dell'Impero romano, costruita nel 140 a. C. La struttura, lunga 60 km, fa parte del patrimonio mondiale dell'UNESCO. Il bastione ed il fossato si conservano per gran parte della lunghezza della struttura, ma il sito contiene anche forti sepolti, accampamenti e strade, perlopiù non scavati.</p>	<p>Il pascolo e l'agricoltura impattano sui resti archeologici sepolti e sui resti di antichi terrapieno. Erosione e movimenti del suolo impattano sulla stabilità delle strutture. Le attività di pulizia, di silvicoltura e di scavo e i processi di erosione fisica del suolo possono impattare sui tratti esposti della mura.</p>

Le attività che saranno svolte in questi diversi casi di studio sono le seguenti:

- (i) creazione di una base di dati preliminare di carattere archeologico e ambientale dei casi di studio selezionati;
- (ii) progettazione di campagne di ricerca sul campo presso i tre diversi casi di studio volte a raccogliere dati con i diversi strumenti di telerilevamento terrestre utilizzati e sviluppati all'interno del progetto;
- (iii) esecuzione delle campagne di ricerca sul campo e analisi dei risultati.

Relativamente alla base di dati archeologici, saranno raccolte tutte le informazioni già disponibili, compresi i dati bibliografici, i dati di archivio, le fotografie aeree storiche, i dati di attività di scavo, i rapporti di precedenti indagini geofisiche e i dati raccolti nel corso di ricognizioni archeologiche. Tutti i dati saranno trattati per l'inserimento nella piattaforma CLIMA.

Le campagne sul campo riguarderanno anche l'indagine di diversi parametri necessari per calibrare le attività di elaborazione delle immagini satellitari (ad esempio le analisi spettrometriche in campo), così come l'impiego di strumenti per rilevare la presenza di strutture sepolte (magnetometria, georadar, etc) ed il monitoraggio della stabilità delle strutture (scanner laser).

Queste attività sono finalizzate anche a verificare e dimostrare la validità dei risultati ottenuti tramite l'elaborazione dei dati da satellite.

L'innovativo strumento di analisi del disturbo verticale e laterale del suolo sviluppato da UNISTI sarà testato nei siti del Vallo Antonino e di Falerii Novi. Tutte le altre campagne sul campo saranno

effettuate in tutti tre i casi di studio selezionati e saranno pianificate tenendo delle specificità dei siti archeologici e delle relative criticità e minacce.

**Satellite data procurement plan.** Saranno raccolti una vasta gamma di dati satellitari per la fornitura dei servizi della piattaforma CLIMA. I dati della missione Sentinel saranno raccolti tramite il Copernicus Services Accesses, mentre per le fasi di sviluppo del progetto verrà richiesto di accedere direttamente alla piattaforma di base di distribuzione (essendo Sentinel parte di un progetto finanziato dall'ESA). I dati relativi alle missioni attuali e passate e a missioni di parti terze (ad esempio ERS, Envisat) saranno raccolti tramite le piattaforme di accesso ai dati (ad es. EOLI) o attraverso portali dedicati (ad esempio, SMOS archivio rotolamento), mentre altri dati, come i dati Landsat 8, saranno raccolti direttamente tramite il fornitore di dati (ad esempio Glovis), inclusi i dati multispettrali ad alta risoluzione spaziale (<1m) (WorldView; GeoEye, QuickBird, IKONOS, etc). I dati comprenderanno sia le immagini d'archivio (1+) sia un'immagine satellitare recente (1+) per ogni sito preso in esame. Tutti i dati satellitari sopraelencati sono gratuiti, ad eccezione dei dati necessari per la mappatura ed il rilevamento dei siti archeologici ad alta risoluzione dove un budget realistico è stato considerato all'interno del progetto. La tabella seguente riassume il piano di acquisizione dei dati satellitari.

EO Processing chain	Satellite	Archive	New	Remark
Soil Erosion / land use and vegetation changes	Landsat series (5 TM; 7 ETM+, 8 LDCM)	15	24	One image every 4-8 weeks from the availability date
Soil Erosion / land use and vegetation changes	Sentinel 2 & other missions (e.g. Chris Proba)	-	~60	One image every 2-4 weeks from the availability date
Land Movements	ENVISAT ASAR	50	-	Image mode and Alternating polarization.
Land Movements	ERS	30	30	
Land Movements	Sentinel-1	-	60	
Mapping & detection	IKONOS / QuickBird / Spot	2+	-	
Mapping & detection	WorldView II / III / Geo-Eyes	-	2+	To be selected depending on availability and coverage

#### b. Obiettivi realizzativi e attività

Il progetto prevede tre pacchi principali di lavoro (WP) che corrispondono ai tre obiettivi realizzativi del progetto e un pacchetto di lavoro specifico che include le attività di gestione, diffusione e sfruttamento dei risultati.

Il **WP1 - Analisi e progettazione** fornirà i requisiti di base e la progettazione del sistema proposto, che sarà sviluppato e testato nel **WP2 - Sviluppo della piattaforma e test**. Successivamente con il **WP3 - Attività di sperimentazione dei servizi** si avvierà la fase di dimostrazione dei servizi della piattaforma nei tre siti di test selezionati.

Durante tutta la durata del progetto le attività di gestione, disseminazione e sfruttamento dei risultati (exploitation) sono affidati al **WP 4 - Gestione, disseminazione e sfruttamento**, di responsabilità dell'Università della Tuscia.

Di seguito una descrizione delle attività organizzate secondo i diversi Pacchi di Lavoro (Work Package), ognuno dei quali corrispondenti ad uno specifico obiettivo realizzativo, nonché il dettaglio dei singoli compiti (tasks) di tutti i partner, con in evidenza (grassetto) le attività sotto la diretta responsabilità dei Partner Italiani:

<b>Attività WP1 - Analisi e progettazione - Responsabile del Work Package/Obiettivo realizzativo: Università della Tuscia</b>			<b>Durata da M1 aM9 (vedi tempistica)</b>
<b>OBIETTIVO realizzativo</b> Questo pacchetto di lavoro si propone di analizzare i principali rischi che interessano il patrimonio archeologico nelle aree rurali e di individuare i metodi di osservazione della terra (EO) più appropriati per la mappatura e la diagnostica di tali rischi. L'analisi è funzionale alla progettazione complessiva della piattaforma CLIMA integrando i metodi di EO e di remote sensing terrestre con modelli di rischio. Il WP comprende anche la progettazione del nuovo strumento di monitoraggio del disturbo verticale e laterale del suolo (soil disturbance tool) che sarà utilizzato durante le attività di dimostrazione e validazione della piattaforma CLIMA nei casi di studio individuati dal progetto.			
<b>Task</b>	<b>Responsabile del task</b>	<b>Cooperazione</b>	<b>Descrizione</b>
1.1. Analisi dei maggiori rischi	UNITUS	UNISTI, CUT, UCPH	<b>Definizione delle pressioni e dei rischi antropici e connessi ai cambiamenti climatici impattanti sui paesaggi culturali caratterizzati da presenze archeologiche.</b>
1.2. Analisi dei metodi di EO	CUT	<b>ALMA, UNITUS</b> (in particolare per l'attività di mappatura e individuazione di tracce archeologiche) UCPH	<b>L'obiettivo di questa attività è quello di individuare i metodi di EO connessi alle diverse minacce individuate: erosione del suolo, stabilità delle strutture e del suolo (come ad esempio frane, subsidenza, ecc), cambiamento della vegetazione e dell'utilizzo del suolo. L'attività avrà inoltre l'obiettivo di individuare i metodi di EO per la mappatura di siti archeologici e l'individuazione di tracce di resti archeologici sepolti.</b>
1.3. Analisi dei metodi di remote sensing terrestre	UNITUS	UNISTI CUT	<b>L'obiettivo è di analizzare e selezionare i metodi di remote sensing terrestre più utili da utilizzare in combinazione con i metodi di EO (anche per l'attività di calibrazione) nelle campagne di dimostrazione della piattaforma.</b>
1.4. Progettazione di uno strumento di mappatura del disturbo verticale/laterale del suolo	UNISTI	—	<b>L'obiettivo è di progettare uno strumento di mappatura del disturbo verticale/laterale del suolo basato su una tecnica di spettrometria gamma in-situ. Lo strumento mapperà la profondità del disturbo del suolo rispetto ai resti archeologici sepolti nei casi di studio prescelti.</b>
1.5. Disegno del sistema della piattaforma WebGIS	ALMA	UNITUS	<b>L'obiettivo può essere riassunto nelle seguenti azioni: (i) definizione di un architettura complessiva del sistema; (ii) Definizione dei requisiti</b>

			del software e dell'interfaccia a livello di sistema; (iii) Sviluppo del disegno della piattaforma WebGIS
1.6. Definizione delle mappe di vulnerabilità	UNITUS	CUT UNISTI UCPH	Definizione del formato delle mappe di vulnerabilità connesse alle principali minacce che colpiscono i paesaggi culturali con presenze archeologiche (erosione del suolo e stabilità delle strutture).

<b>Attività WP2 – Sviluppo della piattaforma e test - Responsabile del Work Package/Obiettivo realizzativo: ALMA SISTEMI</b>		<b>Durata da M6 A M18 (vedi tempistica)</b>	
<b>OBIETTIVO realizzativo</b>			
Questo obiettivo realizzativo prevede la progettazione di dettaglio, lo sviluppo ed il test della piattaforma CLIMA, in accordo con i requisiti ed il disegno del sistema, i metodi di EO (Earth Observation) ed i modelli di rischio definiti in WP1. L'attività comprende la progettazione di dettaglio, lo sviluppo, l'integrazione ed il test delle seguenti azioni:			
(i) sviluppo delle catene di analisi dei dati EO e dei loro moduli secondari (erosione del suolo, movimenti del suolo/strutture, mappatura e individuazione tracce archeologiche, uso del suolo e vegetazione);			
(ii) sviluppo di uno strumento di mappatura del disturbo verticale/laterale del suolo			
(iii) sviluppo del Portale Web, tra cui Web e Server Side.			
<b>Task</b>	<b>Responsabile del task</b>	<b>Cooperazione</b>	<b>Descrizione</b>
2.1. Movimenti del suolo	CUT	—	<b>Implementazione e test dell'intera catena di elaborazione dei dati EO basati sul SAR per la mappatura dei movimenti del suolo e della stabilità strutturale.</b>
2.2. Mappatura e individuazione tracce archeologiche	UNITUS	—	<b>Implementazione e test dell'intera catena di elaborazione dei dati EO per la mappatura di siti archeologici e l'individuazione di tracce di resti archeologici sepolti</b>
2.3. Erosione del suolo	CUT	—	<b>Implementazione e test dell'intera catena di elaborazione dei dati EO per la mappatura dell'erosione del suolo.</b>
2.4. Uso del suolo e vegetazione	UCPH	—	<b>Implementazione e test dell'intera catena di elaborazione dei dati EO per la mappatura dell'uso del suolo e della vegetazione.</b>
2.5. Disturbo verticale/laterale del suolo	UNISTI	—	<b>Implementazione e test di un nuovo strumento di remote sensing basato su rilevatori ad alta risoluzione LaBr3(Ce), per il monitoraggio e la mappatura del disturbo verticale/laterale del suolo.</b>
2.6. Portale Web	ALMA,	UNITUS	<b>Progettazione di dettaglio, sviluppo e collaudo dei componenti software e delle interfacce collegate per il</b>

			<b>Portale Web della piattaforma CLIMA</b>
2.7. Integrazione e verifica del sistema	<b>ALMA,</b>	<b>UNITUS</b>	<b>Integrazione e test di tutti i componenti (elaborazione dati EO, strumento per il monitoraggio e la mappatura del disturbo verticale/laterale del suolo) e del portale web (back-end e front-end) all'interno della piattaforma CLIMA.</b>

<b>Attività WP3 - Dimostrazione dei servizi - Responsabile del Work Package/Obiettivo realizzativo: UNISTI</b>	<b>Durata da M15 a M36 (vedi tempistica)</b>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------

**OBIETTIVO realizzativo**

L'obiettivo realizzativo di questo pacchetto di lavoro prevede lo svolgimento di attività dimostrative presso i diversi casi di studio in Italia (Falerii Novi), Scozia (Vallo Antonino) e Cipro (Nea Paphos). Il pacchetto di lavoro comprende le seguenti attività:

- (i) pianificazione delle campagne dimostrative;
- (ii) la creazione di una base di dati preliminare di tipo archeologico e ambientale;
- (iii) l'esecuzione delle campagne di indagine
- (iv) l'elaborazione e l'analisi dei dati
- (v) l'aggiornamento del sistema
- (vi) la valutazione dei risultati complessivi delle attività di dimostrazione.

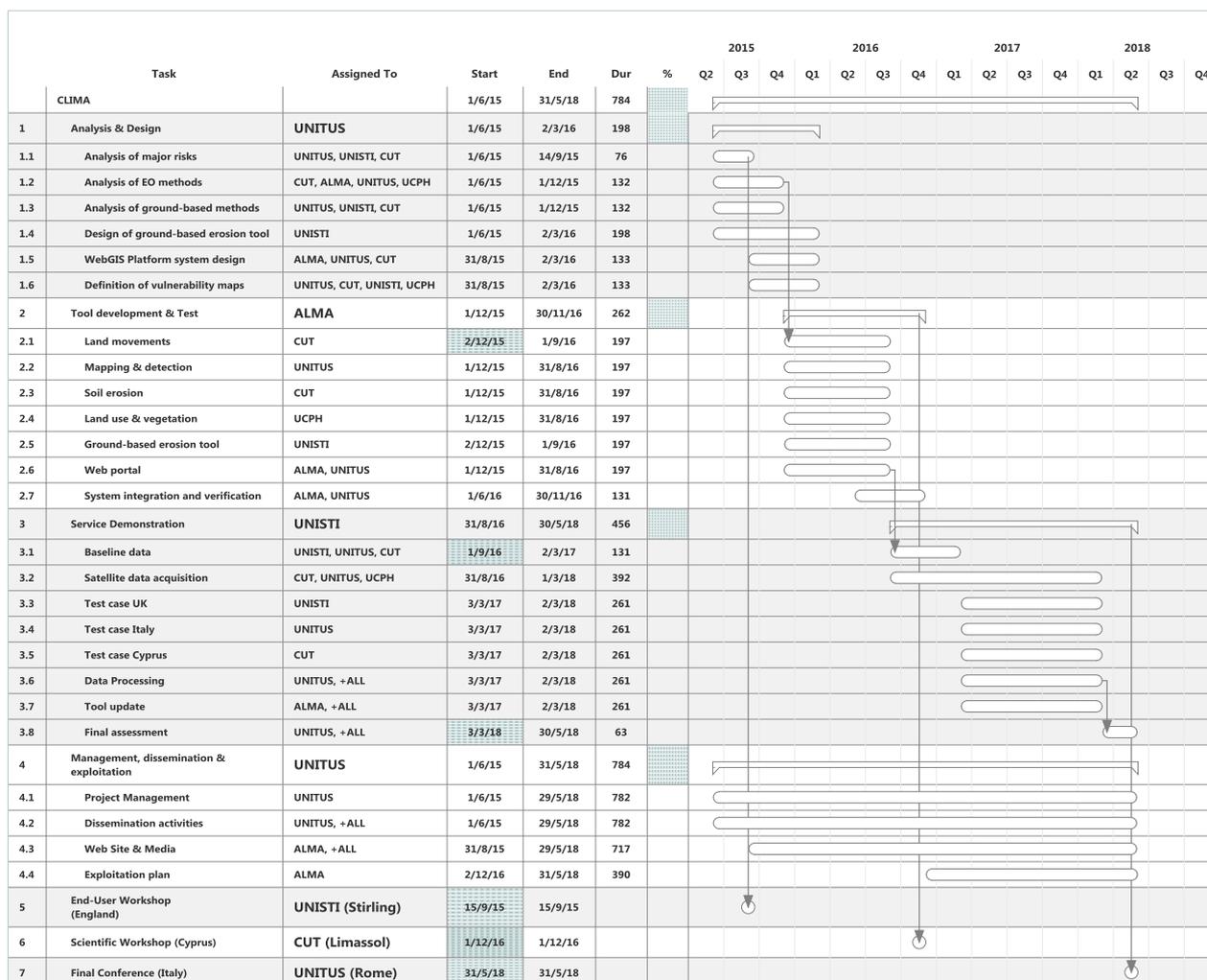
<b>Task</b>	<b>Responsabile del task</b>	<b>Cooperazione</b>	<b>Descrizione</b>
3.1. Base di dati dei casi di studio	UNISTI	<b>UNITUS</b> CUT	<b>Saranno raccolti, elaborati e caricati nel repository della piattaforma CLIMA tutte le informazioni archeologiche e ambientali già disponibili relative ai casi di studio selezionati, compresi i dati bibliografici e di archivio, mappe, fotografie aeree, i dati di precedenti indagini geofisiche, scavi archeologici e ricognizioni in campo.</b>
3.2. Acquisizione dei dati satellitari	CUT	<b>UNITUS</b> UCPH	<b>Definizione di una procedura di ricerca e acquisizione sia di immagini satellitari d'archivio che di immagini a richiesta, attraverso il portale ESA e altre fonti..</b>
3.3. Campagne in situ	UNISTI	_____	<b>La piattaforma CLIMA sarà testata in Scozia presso il sito del Vallo Antonino.</b> <b>I lavori saranno eseguiti per raccogliere dati a terra ai fini di calibrare le catene di elaborazione dei dati EO, così come di testare lo strumento di remote sensing per il monitoraggio e la mappatura</b>

			del disturbo verticale/ laterale del suolo. I risultati delle campagne sul campo saranno introdotti nel sistema di repository della piattaforma CLIMA.
3.4. Campagna in situ	UNITUS	_____	Stesso compito di 3.3 per il sito di Falerii Novii.
3.5. Campagna in situ	CUT	_____	Stesso compito di 3.3 per il sito di Nea Paphos.
3.6. Elaborazione dei dati (Data Processing)	UNITUS	UNISTI CUT ALMA UCPH	I dati prodotti dall'elaborazione di immagini satellitari d'archivio e su richiesta, insieme con i dati raccolti a terra durante le campagne in situ presso i vari casi di studio selezionati, verranno elaborati nell'ambito della piattaforma CLIMA in accordo con le catene di elaborazione dei dati sviluppate nell'ambito della piattaforma stessa. I prodotti finali saranno inseriti nel sistema di archivio per successive elaborazioni.
3.7. Aggiornamento della piattaforma	UNITUS ALMA	UNISTI CUT UCPH	Durante la fase di dimostrazione la piattaforma CLIMA sarà ampiamente testata ed i risultati delle elaborazioni saranno utilizzate per verificare il corretto funzionamento del software. La piattaforma CLIMA verrà pertanto aggiornata nel caso di difetti del software .
3.8. Valutazione finale	UNITUS	ALMA UNISTI CUT UCPH	La valutazione finale comprende le seguenti attività: (i) l'analisi dei risultati specifici ottenuti dalle attività di dimostrazione effettuate in ciascun sito; (ii) l'analisi generale dei risultati in relazione agli obiettivi iniziali e ai risultati attesi; (iii) la discussione sui risultati e le raccomandazioni finali.

<b>Attività WP4 – Gestione, diffusione e sfruttamento dei risultati -</b>		<b>Durata da</b>	
<b>Responsabile del Work Package:</b>		<b>M1 a M36</b>	
<b>UNITUS</b>		<b>(vedi tempistica)</b>	
<b>OBIETTIVO</b>			
Le attività di questo WP sono le seguenti:			
(i) garantire il conseguimento degli obiettivi del progetto attraverso la pianificazione, il coordinamento, la gestione ed il controllo delle attività;			
(ii) garantire e promuovere il corretto scambio di comunicazioni tra i partner,			
(iii) organizzare gli incontri di avanzamento e revisione del progetto			
(iv) eseguire le attività finanziarie, amministrative e contrattuali del progetto.			
Le attività di diffusione e valorizzazione si concentreranno su:			
(i) rendere il mondo scientifico, le parti interessate e gli utenti finali consapevoli dei benefici del progetto CLIMA, attraverso la partecipazione a workshop / conferenze e la produzione di articoli scientifici;			
(ii) sviluppare e mantenere il sito web del progetto;			
(iii) produrre materiali finalizzati alla diffusione mediatica del progetto			
(iv) analizzare aspetti tecnici, gestionali ed economici legati alla fornitura di servizi commerciali.			
<b>Task</b>	<b>Responsabile del task</b>	<b>Cooperazione</b>	<b>Descrizione</b>
4.1. Gestione del progetto	<b>UNITUS</b>		<b>La gestione ed il coordinamento del progetto sarà realizzata da UNITUS. Questa attività include la gestione generale tecnica e amministrativa e anche il coordinamento scientifico e l'interazione con gli altri membri del team europeo.</b>
4.2. Attività di disseminazione	<b>UNITUS</b>	UNISTI CUT ALMA UCPH	<b>Le attività di disseminazione includono la partecipazione a conferenze e workshop, la produzione di articoli scientifici, la partecipazione a congressi internazionali e lo sviluppo di materiali promozionale.</b>
4.3. Sito Web e media	<b>ALMA</b>	<b>UNITUS</b> UNISTI CUT UCPH	<b>Questa attività include l'impostazione e l'aggiornamento del website del progetto e la produzione di documenti e materiale per i media.</b>
4.4. Piano di sfruttamento	<b>ALMA</b>		<b>Questa attività prevede lo sviluppo di un piano specifico di sfruttamento dei risultati del progetto in termini di futuri servizi commerciali.</b>

c. Tempistica

Di seguito il diagramma temporale GANTT per le attività del progetto CLIMA suddiviso per WP e tasks.



La durata del progetto complessiva sarà di 36 mesi e la data del Kick-Off è stata assunta convenzionalmente il 1 Giugno 2015. Nel caso tale data non possa essere rispettata, le attività si intendono spostate di un fattore temporale pari alla differenza tra il Kick-Off convenzionale e quello effettivo.

La seguente tabella mostra i principali Meeting e reviews previste per il progetto CLIMA

Meeting	Acronym	Time	Place	Remark
Kick Off Meeting	KOM	T0	Rome, IT	MIBAC premises
End User Workshop	UW	T0 + 4 m	Stirling, UK	Advisory board & selected invited
Progress Meeting 1	PM1	T0 + 6 m	Viterbo, IT	
Progress Meeting 2	PM2	T0 + 12 m	Copenhagen, DK	
Scientific Workshop	SW	T0 + 18 m	Limassol, CY	Includes advisory board
Progress Meeting 3	PM3	T0 + 24 m	Viterbo, IT	
Progress Meeting 4	PM4	T0 + 30 m	Stirling, UK	
Final Conference	FC	T0 + 36 m	Rome, IT	Includes advisory board

I progress meetings interni si terranno ogni 3 mesi in tele o videoconferenza o quando necessario.

