



REGIONE SICILIANA
Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia



Allegato 1

ACCORDO DI COLLABORAZIONE SCIENTIFICA

TRA

REGIONE SICILIANA

DIPARTIMENTO REGIONALE DELL'AUTORITÀ DI BACINO DEL DISTRETTO IDROGRAFICO

DELLA SICILIA

E

L'UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO - DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA (DI)

PER LE SEGUENTI ATTIVITÀ'

**“Studi e ricerche: Tecniche di telerilevamento per la valutazione dei
cambiamenti di uso del suolo e per l'analisi delle fasce fluviali in attuazione della
direttiva 2007/60”**

CUP: G69J17000740001

ANNESSO TECNICO

1. Premessa

L'applicazione della Direttiva 2007/60/CE del 23 ottobre 2007, concernente la valutazione e gestione del rischio alluvioni, richiede un adeguato quadro conoscitivo relativo alla valutazione del rischio che insiste sul territorio, con particolare attenzione alla valutazione della vulnerabilità.

La perimetrazione e la classificazione delle aree di pericolosità e di rischio, operata in occasione dell'elaborazione del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) e dei successivi aggiornamenti e condotta sulla base degli studi, dei metodi e delle indagini nell'ambito dei PAI, richiede un aggiornamento e un adattamento degli stessi al fine di renderli rispondenti a quanto richiesto dalla Direttiva, in particolare con riferimento agli obiettivi della pianificazione e agli effetti dei cambiamenti climatici.

Nell'adozione delle mappe di pericolosità e di rischio in attuazione della Direttiva 2007/60/CE è stato stabilito di procedere con gli studi di aggiornamento e approfondimento per completare le valutazioni necessarie e/o per produrre i livelli informativi stabiliti dalla normativa. Così come previsto nel documento approvato con deliberazione della giunta Regionale 349/2013 gli studi idrologici e idraulici, da elaborare per l'aggiornamento del quadro delle aree di pericolosità, vanno supportati sulla base di una preliminare attività di studio e ricerca in alcune aree principali di approfondimento propedeutiche per l'elaborazione degli studi.

Nell'ambito del Piano di Azione e Coesione (PAC), adottato con delibera di Giunta Regionale 286/2013 e, successivamente, modificato con delibere 361/2013, 151/2014, 100/2015, 203/2015 e 280/2015, alla linea 5.B.6, è stata prevista l'attuazione di interventi per mitigare gli effetti delle inondazioni in attuazione della "Direttiva "Alluvioni" 2007/60/CE mediante un piano di interventi non strutturali (studi, indagini e reti di monitoraggio) procedendo con l'effettuazione di attività di studio e ricerca così come previsto dalla deliberazione della Giunta Regionale n. 349 del 14 ottobre 2013.

La delibera 361/2013 ha altresì previsto che il Dipartimento Regionale dell'Ambiente (ora AUTORITÀ DI BACINO DEL DISTRETTO IDROGRAFICO DELLA SICILIA -Autorità di Bacino) stipuli appositi accordi di collaborazione con enti pubblici di ricerca per lo svolgimento delle attività.

Il presente accordo di collaborazione si inquadra nell'ambito del Piano di gestione del Rischio di Alluvioni in Attuazione della Direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni (pubblicato in data 28 dicembre 2015). Le norme di attuazione di tale Piano riportano le definizioni delle fasce fluviali. In particolare, l'art. 7 di tali norme dispone che "l'Assessorato Regionale del Territorio e dell'Ambiente, nell'ambito delle risorse disponibili, provveda ad individuare per i corsi d'acqua principali e per gli affluenti principali (partendo dalla sezione fluviale che sottende un bacino idrografico con superficie superiore a 10 km²) le fasce fluviali così come di seguito definite:

- a) Fascia fluviale A: area inondata a seguito di piene con tempo di ritorno di 50 anni;

- b) Fascia fluviale B: area inondata a seguito di piene con tempo di ritorno di 100 anni non compresa nella fascia A;
- c) Fascia fluviale C: area inondata a seguito di piene con tempo di ritorno di 300 anni non compresa nelle fasce A e B.

All'interno della Fascia A è, altresì, individuata la fascia di pertinenza fluviale denominata A₀. I soggetti gestori degli invasi, ai sensi della circolare della Protezione Civile N. DSTN/2/22806 del 13 dicembre 1995 e della Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri dell'8 luglio 2014, devono valutare la massima portata di piena transitabile in alveo a valle dello sbarramento contenuta nella fascia A₀ di pertinenza fluviale, il cui valore non dovrà essere superato nel corso delle manovre ordinarie degli organi di scarico".

Su quest'ultimo argomento la Legge 5 gennaio 1994 n. 37 stabilisce le "Norme per la tutela ambientale delle aree demaniali dei fiumi, dei torrenti, dei laghi e delle altre acque pubbliche". In particolare, l'Art. 1 sostituisce l'articolo 942 (Terreni abbandonati dalle acque correnti) del codice civile con:

- I terreni abbandonati dalle acque correnti, che insensibilmente si ritirano da una delle rive portandosi sull'altra, appartengono al demanio pubblico, senza che il confinante della riva opposta possa reclamare il terreno perduto. Ai sensi del primo comma, si intendono per acque correnti i fiumi, i torrenti e le altre acque definite pubbliche dalle leggi in materia.

L'art. 4 delle stesse norme stabilisce che: *"La disposizione dell'articolo 941 non si applica nel caso in cui le alluvioni derivano da regolamento del corso dei fiumi, da bonifiche o da altri fatti artificiali indotti dall'attività antropica. In ogni caso è esclusa la sdemanializzazione tacita dei beni del demanio idrico".*

Ciò significa che le unioni di terra e gli incrementi, che si formano successivamente e impercettibilmente nei fondi posti lungo le rive dei fiumi o torrenti, non appartengono al proprietario del fondo, salvo quanto è disposto dalle leggi speciali.

2. Gli obiettivi generali del progetto

Tutto ciò premesso, lo scopo generale del presente accordo di collaborazione è di stabilire criteri e metodologie per l'individuazione delle fasce fluviali per come indicato dalle norme di attuazione del PGRA. In particolare, s'intende definire una metodologia standard che possa essere riportata sotto forma di linee guida. Si utilizzeranno tecniche di Osservazione della Terra per definire la tipologia e i cambiamenti dell'uso del suolo in zone *buffer* che includano le fasce fluviali suddette. Le varie tipologie di uso/copertura del suolo saranno collegate a *range* di coefficienti di scabrezza da utilizzare nella modellistica idrodinamica 2D per la definizione delle fasce fluviali.

Allo stato attuale diversi soggetti pubblici regionali e comunali intervengono nelle diverse fasi dell'intero processo di valutazione, pianificazione e attuazione delle misure di mitigazione e gestione del rischio. Al fine di rendere più incisivi questi processi occorre pervenire ad una gestione integrata e unitaria basata sul coordinamento e sulla valorizzazione dei ruoli delle varie amministrazioni affinché si favorisca un approccio multi-disciplinare e multi-attoriale, in un'ottica di rete e basata sul principio di sussidiarietà.

Sotto il profilo tecnico, si dovrà tendere a integrare le varie attività in maniera coerente per supportare le scelte di pianificazione di lungo termine con quelle di gestione dell'evento. Andrà anche definito un modello organizzativo sostenibile in funzione dell'entità delle attività che vedono come soggetti principali le amministrazioni pubbliche, non escludendo l'ipotesi di dover ricorrere all'esternalizzazione di alcuni servizi e attività. A tal fine e anche in relazione agli ambiti progettuali e di studio, le attività forniranno le guide metodologiche di riferimento e gli strumenti per l'attività progettuale e di pianificazione alle strutture tecniche della rete che presidieranno i processi tecnici relativi ai diversi livelli istituzionali d'intervento, con diversi livelli di approfondimento e con determinati livelli di affidabilità.

Tutto ciò premesso, con il presente progetto si intendono definire e rendere disponibili le metodologie appropriate ai diversi soggetti della rete cooperanti in una visione sistemica in relazione alle competenze ad essi attribuite e in particolare:

- agli uffici dell'amministrazione regionale per le attività di pianificazione, programmazione e attuazione;
- agli uffici degli enti locali per le attività di pianificazione urbanistica e regolamentazione e di protezione civile;
- ai soggetti pubblici e privati e alle categorie professionali per quanto attiene le attività di progettazione.

Nel seguito sono descritte in dettaglio le attività di ricerca previste nell'ambito dell'accordo di collaborazione.

3. Strutturazione delle attività di ricerca

La conoscenza dell'uso del suolo è di importanza rilevante in molteplici campi di applicazione (idrologia, agronomia, pianificazione). L'aggiornamento della mappa di uso del suolo è un requisito di base per comprendere le dinamiche del territorio. Tale strato informativo di base è anche *input* fondamentale di modelli per la comprensione dei processi fisici, come la trasformazione afflussi/deflussi.

Tale mappa oltre che essere caratterizzata da una risoluzione geometrica moderata, presenta anche imprecisioni, talvolta grossolane, dovute sia a errori di genesi sia a causa del processo di evoluzione del territorio.

Pertanto, l'utilizzo del suddetto strato informativo non può prescindere da una valutazione dell'incertezza che è associata ai dati di input.

3.1. Obiettivi dell'accordo di collaborazione

Fatte queste premesse, gli **obiettivi**, relativi a questa parte dell'accordo di collaborazione, saranno i seguenti:

- i. mettere a punto una metodologia di classificazione dell'uso del suolo basata su dati telerilevati (es., da piattaforma satellitare);
- ii. definire delle tabelle di transizione tra l'uso del suolo ed i coefficienti di scabrezza del letto fluviale da impiegarsi nella modellazione idrodinamica;
- iii. definire una metodologia di modellazione idrodinamica fluviale 2D nelle fasce fluviali A, B e C;

- iv. definire una metodologia per la perimetrazione della fascia di pertinenza fluviale denominata A_0 ;
- v. definire la procedura di impiego di sistemi aeromobili di pilotaggio remoto (SAPR) per l'ispezione "visiva" di ostruzioni fluviali (es., ponti, viadotti);
- vi. definizione delle linee guida.

Nei seguenti paragrafi verranno descritti gli obiettivi specifici di ciascuna attività e la metodologia operativa.

3.2. Definizione delle aree pilota

Le attività suddette saranno condotte dal Dipartimento di Ingegneria (DI) su aree pilota di alcuni bacini siciliani rappresentativi della variabilità idrologica, morfologica e dell'uso del suolo.

In particolare, l'Autorità di Bacino e il DI selezioneranno 2 bacini idrologici e per ognuno di questi 3 sottobacini con superficie compresa tra circa 10 km² e 40 km² ed asta fluviale principale di lunghezza pari a circa 5-10 km. Di questi sottobacini verranno individuate delle zone *buffer* che includano le fasce fluviali che saranno usate come aree pilota.

Nell'arco dei 24 mesi di durata della convenzione, e in maniera congruente quanto stabilito nel paragrafo precedente, l'Autorità di Bacino porterà avanti le attività, sotto la supervisione del DI, su altre aree pilota che potranno essere individuate in altri bacini della regione siciliana.

3.3. Dataset

Dataset a media risoluzione spaziale. Si ritiene opportuno avvalersi delle immagini satellitari acquisite a partire dal Febbraio 2013 e da Giugno 2015 in seno ai programmi *Landsat Data Continuity Mission* della NASA (*National Aeronautics and Space Administration*, USA) e *Sentinel* dell'ESA (*European Space Agency*, Europa) rispettivamente.

Dati ottico e termico:

Dataset Landsat 8. Ci si avvarrà delle immagini multispettrali (MS), pancromatiche (PAN) e termiche (TIR) acquisite tramite i sensori (*OLI, Operational Land Imager* e *TIRS, Thermal Infrared Sensor*) a bordo dei satelliti della costellazione Landsat 8 (LS8). Le relative immagini, infatti, possiedono caratteristiche tecniche (tabella 1) adeguate per l'implementazione a scala di bacino o regionale, di algoritmi di classificazione delle immagini volte alla realizzazione di mappe di uso del suolo e al miglioramento geometrico delle mappe esistenti, nonché la facilità di reperimento delle suddette immagini, rese disponibili online a titolo gratuito.

Dataset Sentinel-2. Si impiegheranno le immagini MS acquisite dai sensori (*MSI, Multispectral Instrument*) a bordo dei satelliti della costellazione Sentinel-2 (S2), in quanto possiedono caratteristiche tecniche (tabella 2) parimenti adeguate e pertanto completano il dato Landsat e ne formano con questo una costellazione virtuale.

Dato RADAR:

Dataset Sentinel-1. Si utilizzeranno immagini radar in banda C acquisite da sensore SAR a bordo dei satelliti della costellazione Sentinel-1 (S1), operanti giorno e notte, in tutte le condizioni meteo, e le cui caratteristiche spettrali (tabella 3) integrano il dato ottico consentendo la determinazione di caratteristiche del territorio altrimenti non classificabili con il solo dato ottico e termico.

Dataset ad alta risoluzione spaziale. Al fine di realizzare caratterizzazioni di dettaglio progressivamente crescente potranno essere utilizzate immagini satellitari ad alta risoluzione spaziale (e.s., dal repository Planet e/o acquisite dai sensori WorldView-2 e WorldView-3) o immagini acquisite da piattaforma SAPR (Sistema Aeromobile a Pilotaggio Remoto) per la caratterizzazione delle ostruzioni in alveo.

Planet raccoglie ed elabora immagini acquisite dalle costellazioni Planetscope, RapidEye e SkySat. Tali immagini, che sono disponibili gratuitamente per gli enti di ricerca/università per scopi di ricerca, possono essere utilizzate ai fini della convenzione per la messa a punto ed il trasferimento delle metodologie ma che, per un uso routinario da parte del Autorità di Bacino, richiederanno la sottoscrizione di un contratto con il provider a titolo oneroso.

Le immagini Dove sono acquisite da una costellazione di 120 mini satelliti su quattro bande spettrali nell'intervallo 400nm – 900nm (Visibile-Infrarosso Vicino), la risoluzione geometrica è di 3,7 m (ricampionata a 3m).

Le immagini RapidEye, sono acquisite da 5 satelliti ad una risoluzione geometrica di 6,5 m e su 4 bande spettrali (Visibile e Infrarosso Vicino).

Le SkySat sono invece acquisite da 15 piccoli satelliti su 5 bande spettrali ad una risoluzione geometrica di 0,72 m. Queste ultime sono disponibili solo a pagamento.

WorldView 2-3 acquisisce una banda pancromatica nell'intervallo 450-800 nm alla risoluzione geometrica (R_G) di 0.31 m (al nadir), bande 8 multispettrali nell'intervallo 400 nm - 1040 nm ed 8 bande SWIR (*shortwave infrared*) nell'intervallo 1195 nm - 2365 nm con $R_G = 3,7$ m, ed infine 12 bande denominate CAVIS (*Clouds, Aerosols, Water Vapor, Ice and Snow*) nell'intervallo 405 nm - 2245 nm con $R_G = 30$ m. Il periodo di rivisitazione varia tra 1 giorno al nadir e 4,5 giorni a 20° off-nadir. La risoluzione radiometrica è 11 bit nel Pan e MS, 14 bit nello SWIR. La copertura massima a terra è pari a 66.5 x 112 km. Il dato è geolocalizzato con una accuratezza < 3,0 m. Le immagini suddette non sono distribuite a titolo gratuito e pertanto l'uso di tale dato sarà facoltativo.

Piattaforma SAPR

Per quanto riguarda le tecniche di *proximity sensing*, laddove necessario, si intende utilizzare un APR (Aeromobile a Pilotaggio Remoto) progettato per imbarcare payloads di varie tipologie (fotocamere, videocamere, termocamere, sensori ambientali, etc.). Un APR attualmente in dotazione al DI è del tipo **NT 8 Contrass** ed è caratterizzato da decollo ed atterraggio verticale, peso massimo del payload 3000 g, massima endurance al peso massimo operativo 7,5 min (6,5 min per il volo+1 min per atterraggio), quota

massima operativa 70 m, massima distanza del velivolo dall'operatore 200 m. Inoltre, oltre alle normali camere RGB e termiche, è in dotazione del DI una camera iperspettrale “**Rikola Hyperspectral Camera**” caratterizzata da un campo di vista (FOV) pari a 36,5°, suddiviso 1010 x 1010 pixels, in un *range* di acquisizione tra 460 a 790 nm con una risoluzione spettrale massima pari a 10 nm ed un massimo di 24 bande spettrali se utilizzato su SAPR.

Nell'ambito della convenzione potranno essere impiegati droni caratterizzati da una endurance massima superiore.

Tab. 1 – Caratteristiche tecniche dei dati satellitari Landsat 8: Sensori OLI (bande MS e PAN) e TIRS (bande TIR)

Orbita:	elio-sincrona quasi-polare	
Ampiezza della scena:	185 km	
Risoluzione radiometrica:	16 bit	
Risoluzione temporale:	16 giorni	
Modalità di acquisizione:	in continuo	
Bande spettrali	Intervallo spettrale (μm)	R_G (m)
Blu (<i>Coastal</i>)	0,43-0,45	30
Blu	0,45-0,51	
Verde	0,53-0,59	
Rosso	0,63-0,67	
Infrarosso vicino	0,85-0,88	
Infrarosso vicino	1,57-1,65	
Infrarosso vicino	2,11-2,29	15
Pancromatico	0,50-0,68	
Infrarosso vicino (<i>Cirrus</i>)	1,36-1,38	30
Infrarosso termico	10,6-11,19	30(*), 100
Infrarosso termico	11,5-12,51	30(*), 100

(*) acquisite a 100 m, ricampionate mediante convoluzione cubica a 30 m.

Tab. 2 – Caratteristiche tecniche dei dati satellitari Sentinel-2, sensore MSI (prodotto Level-1C, riflettanza al top dell'atmosfera, TPA, ortorettificato)

Orbita:	elio-sincrona polare	
Ampiezza del prodotto:	100*100 km	
Risoluzione radiometrica:	Bit	
Risoluzione temporale:	5 giorni (*)	
Modalità di acquisizione:	in continuo	
Bande spettrali	Intervallo spettrale (μm)	R_G (m)
Blu	0,433-0,453	60
Blu	0,457-0,522	10
Verde	0,542-0,577	10
Rosso	0,650-0,680	10
<i>Red edge</i>	0,697-0,712	20
Infrarosso vicino	0,732-0,747	20
Infrarosso vicino	0,773-0,793	20
Infrarosso vicino	0,784-0,899	10
Infrarosso vicino	0,855-0,875	20
Infrarosso vicino	0,935-0,955	60
Infrarosso vicino	1,365-1,395	60
Infrarosso vicino	1,565-1,655	20

Tab. 3 – Caratteristiche tecniche dei dati satellitari Sentinel-1, SAR-C Synthetic aperture radar (SAR) operante in banda C (prodotto Level 1: geolocalizzati e calibrati).

Orbita:	Polare		
Risoluzione radiometrica:	Banda C		
Risoluzione temporale:	2 giorni (bi-settimanale per interferometria)		
Modalità di acquisizione:	Synthetic aperture radar (SAR)		
Modalità di acquisizione	Polarizzazione	Ampiezza (km)	R_G (m)
Interferometric Wide Swath (IW)	VV+VH, HH + HV	>250	20 (Azimut), 5 (Ground)
Extra Wide Swath (EW)	VV+VH, HH + HV	>410	40, 20
Wave (WV)	VV, HH	20*20	5, 5
Stripmap (SM)	VV+VH, HH + HV	>80	5, 5

(*) la costellazione attuale è composta da due satelliti lanciati nel 2014 e 2016.

Dati ancillari

DTM (*Digital Terrain Model*) e **DSM** (*Digital Surface Model*) realizzati per la Regione Siciliana, Assessorato Territorio e Ambiente, Dipartimento Urbanistica, dalla ICE Geie di Perugia, tramite scansione laser della superficie del territorio regionale. Il sensore aero-imbarcato era del tipo LiDAR (*Light Detection and Ranging*) Leica - ALS50 multi-impulso (MPiA). Il prodotto è derivato da una densità di punti pari a 0,5 - 12 punti m⁻² ed è caratterizzato da una precisione altimetrica di 0,1-0,2 m.

Mappa dell'Uso del Suolo: si intende utilizzare la Corine Land Cover (CLC) 2018 (Version 2020_20u1) resa disponibile dal portale *Copernicus Land Monitoring Service* pubblicata il 14 Giugno 2019 e revisionata il 13 Maggio 2020. Lo strato informativo, di natura vettoriale, è caratterizzato un'Unità Minima di Mappa (*Minimum Mapping Unit*, MMU) pari a 25 ettari nella rappresentazione dei dettagli areali e 100 metri per la rappresentazione dei dettagli lineari. La risoluzione spaziale è di 100 m se lo strato informativo è rilasciato in formato raster.

3.4. Metodologia

Classificazione dell'uso del suolo

L'utilizzo del dato MS satellitare garantirà quindi il miglioramento della scala geometrica della mappa di uso del suolo. Il raggiungimento di una maggiore affidabilità del dato stesso sarà perseguito utilizzando la seguente strategia:

- verranno implementati differenti algoritmi di classificazione;
- verranno utilizzate serie temporali di diversi dati di *input* (sia dati calibrati in riflettanza che indici derivati);
- le differenti metodologie applicate ai diversi dati di input verranno validate in aree test ove sono disponibili osservazioni *in situ* o dati ad alta risoluzione geometrica (es.: ortofoto, immagini disponibili su Web-GIS Google Earth, etc.).

Nello specifico si procederà secondo le seguenti fasi:

- Calibrazione radiometrica: trasformazione dei digital number (DN) in valori di riflettanza al sensore al top dell'atmosfera (TOA), laddove il prodotto non sia già rilasciato in riflettanza TOA; ciò al fine di poter confrontare immagini acquisite in momenti diversi;

- ii. Correzione atmosferica: correzione degli effetti di disturbo dell'atmosfera, laddove il prodotto non è già rilasciato in riflettanza al suolo;
- iii. Correzione geometrica: verifica dell'accuratezza di sovrapposizione delle immagini rilevate in momenti diversi ed eventuale co-registrazione;
- iv. Ricampionamento: codifica delle immagini alla risoluzione spaziale adeguata alla scala del prodotto mediante l'applicazione dell'algoritmo appropriato (prossimo più vicino, aggregazione);
- v. Miglioramento del contrasto: eventuale miglioramento della leggibilità delle immagini mediante l'applicazione di tecniche di accentuazione del contrasto attraverso operatori puntuali (gray level thresholding, level slicing, contrast stretching);
- vi. Calcolo di indici di vegetazione: produzione di indici di vegetazione pendenza basati, distanza basati, a comportamento intermedio, e resistenti alle condizioni atmosferiche, quali Normalized Difference Vegetation Index (NDVI); Modified Soil-Adjusted Vegetation Index (MSAVI), etc.
- vii. Riduzione della ridondanza di informazione: eventuale analisi delle componenti principali dei dati multispettrali;
- viii. Resolution merge: valutazione ed eventuale fusione delle immagini multispettrali con le relative immagini pancromatiche, al fine di combinare l'alta risoluzione spaziale dell'immagine pancromatica. Ad esempio: (15 m per il LS8) con l'alta risoluzione spettrale delle immagini multispettrali (30 m, LS8);
- ix. Classificazione: classificazione supervisionata (Supervised) delle immagini multispettrali e multitemporali. Tale classificazione avverrà secondo diverse fasi:
 - a. fase di training: in cui vengono definiti il numero e la tipologia di classi di copertura del suolo da utilizzare, oltreché i training samples a cui viene assegnato il relativo codice della classe di copertura del suolo e che verranno utilizzati nella fase successiva come campione rappresentativo di ogni classe per classificare tutti gli altri pixel dell'immagine;
 - b. fase di classificazione: in cui vengono impiegati diversi algoritmi basati su regole parametriche e non parametriche. Le regole di decisione (decision rules) consentono di raggruppare i pixel per clusters omogenei, pertanto ad ogni pixel è assegnato un codice di classe. Gli algoritmi di decisione verranno applicati sia alle serie temporali di dati LS-8 e S-2 (calibrati) disponibili per ciascun anno di indagine, sia a sotto-serie temporali selezionate sulla base di stagioni specifiche (es.: estate ed inverno per le quali le colture del territorio siciliano raggiungono condizioni fenologiche estreme), sia alle serie temporali di indici di vegetazione. Verrà valutato l'algoritmo più appropriato tra diversi algoritmi di classificazione (es., parallelepiped; minimum distance to mean; maximum likelihood; mahalanobis distance; spectral angle mapper, etc.);
 - c. fase di verifica dell'accuratezza: in cui verrà generata una matrice di confusione (o di errore) e calcolato il coefficiente k (valore statistico per la determinazione dell'accuratezza, variabile tra 0 e 1). In tal modo potranno essere valutati l'accuratezza complessiva della classificazione, gli errori di omissione (esclusione dalla classe di aree effettivamente

caratterizzate dall'uso del suolo in oggetto) e gli errori di commissione (inclusione all'interno della classe di aree effettivamente caratterizzate da altri tipi di uso).

Elaborazioni in ambito GIS

L'analisi delle classificazioni ottenute dall'elaborazione di immagini relative a diverse epoche permetterà l'individuazione e la valutazione delle dinamiche temporali dell'uso del suolo. Su alcune aree in cui sarà necessario un dettaglio spaziale maggiore, lo scenario di uso del suolo attuale potrebbe anche essere ottenuto mediante un'operazione GIS di vettorializzazione della fotogrammetria aerea delle zone in studio.

Analisi a scala di dettaglio

Su alcuni tratti fluviali (aree test) saranno elaborate delle mappe dell'uso del suolo, facendo uso di immagini satellitari ad alta risoluzione spaziale (Planet, WorldView 2, 3 o simili). Tali immagini consentiranno di ottenere una caratterizzazione accurata dello *status quo* ad una scala di dettaglio (soprattutto delle zone in prossimità dell'asta fluviale e delle zone ripariali). Nel caso in cui l'Autorità di Bacino acquisisca immagini WorldView, sarà possibile sfruttare l'elevata numerosità di bande spettrali di tali immagini.

L'uso delle immagini Planetscope (aventi un numero inferiore di bande spettrali) consentirà al DI di effettuare l'analisi di dettaglio suddetta, ma solo per aree test con lo scopo esclusivo di mettere a punto una metodologia (quale demo di esempio) da condividere con l'Autorità di Bacino essendo il dato Planetscope acquisibile gratuitamente dalle università/enti di ricerca solo per scopi di ricerca.

- i. Definizione delle tabelle di transizione tra l'uso del suolo ed i coefficienti di scabrezza del letto fluviale da impiegarsi nella modellazione idrodinamica;

La determinazione dei parametri di scabrezza da associare alle sezioni di calcolo presenta non poche criticità data la significativa influenza di tali valori sui tiranti e la contestuale assenza di una regola di calcolo univoca. La scelta dei parametri di scabrezza sarà condotta sulla base di un criterio per quanto possibile deterministico, definendo quindi una metodologia tale da poter essere adottata in modo standardizzato sui corsi d'acqua della Regione Siciliana.

In generale, la scabrezza caratteristica di un tratto di corso d'acqua è data dalla somma di molteplici fattori tra loro indipendenti, quali:

- la morfologia e lo sviluppo planimetrico dell'alveo;
- natura dei terreni e/o materiale costituente il fondo ed i piani golenali;
- l'irregolarità delle sezioni trasversali;
- la presenza di ostruzioni;
- la presenza di vegetazione.

A questi elementi si aggiunge poi, con peso spesso superiore rispetto agli altri fattori, ed in particolare durante gli eventi intensi quali quelli oggetto della presente analisi, l'effetto del materiale trasportato dalla corrente.

L'effetto dovuto alla presenza di vegetazione in alveo e nelle golene risulta essere particolarmente rilevante per i corsi d'acqua della Regione Siciliana. Per la valutazione della scabrezza nei tratti di sezione maggiormente vegetati saranno definite delle classi-tipo funzionali alla presenza-assenza, tipologia, densità di vegetazione sulla base delle risultanze dei rilievi vegetazionali.

- ii. definire una metodologia di modellazione idrodinamica fluviale 2D nelle fasce fluviali A, B e C.

Per quanto riguarda la definizione delle fasce fluviali come indicato dalle norme di attuazione del PGRA, si intende svolgere gli studi idrologici per la definizione delle portate di piena secondo procedure standard già adottate negli studi del PAI Sicilia. Per quanto riguarda la propagazione 1D/2D, saranno adottati codici di calcolo e software gratuiti disponibili in rete. Uno dei software maggiormente utilizzati è HEC-RAS 5.0 rilasciato dall'*Hydrologic Engineering Center* del *US Army Corps of Engineers*. Tale software consente la risoluzione delle equazioni del moto bidimensionali, discretizzando il dominio di calcolo tramite mesh strutturate e/o non strutturate. Nelle ultime versioni del software, HEC ha aggiunto la capacità di eseguire uno schema di modellazione bidimensionale all'interno della simulazione condotta HEC-RAS in regime di moto vario. Gli utenti possono quindi eseguire una modellazione in moto vario con schema monodimensionale (1D) combinato anche con uno schema quasi-bidimensionale e/o bidimensionale puro (2D).

Di seguito vengono riportati degli esempi di come le aree 2D implementate nella nuova versione possono essere utilizzate come supporto alla modellazione di HEC-RAS:

- Dettagliata modellazione 2D dell'alveo;
- dettagliata modellazione 2D dell'alveo e delle aree golenali;
- combinazione tra canale 1D e aree golenali 2D;
- combinazione tra canale 1D e aree inondabili esterne agli argini;
- connessione diretta del corpo idrico 1D all'interno delle aree inondabili 2D;
- connessione diretta tramite l'ausilio di strutture idrauliche tra aree inondabili 2D e aree di accumulo 1D;
- aree inondabili 2D multiple all'interno di una singola geometria;
- connessione diretta multipla di aree 2D con strutture idrauliche;
- simulazione dettagliata delle brecce in presenza di dighe;
- simulazione dettagliata delle brecce in presenza di argini;
- modellazione mono e bidimensionale in grado di gestire correnti veloci, lente e passaggio attraverso risalti idraulici.

Ovviamente per ogni cella/elemento di calcolo sarà possibile definire la scabrezza derivata dalla classificazione delle immagini.

- iii. Definizione di una metodologia per la perimetrazione della fascia di pertinenza fluviale denominata A₀.

La metodologia sarà definita sia in base alle caratteristiche morfologiche delle fasce A₀ sia alle caratteristiche vegetative del letto fluviale e delle aree perimetrali. In relazione al primo aspetto, sarà indagata la possibilità di utilizzare il modello digitale delle superfici (dati ancillari, sezione dataset); mentre per il secondo punto, potranno essere elaborati gli indici di vegetazione derivati nell'ambito dell'attività A1.

- iv. Definire una procedura di impiego di sistemi aeromobili di pilotaggio remoto (SAPR) per l'ispezione "visiva" di ostruzioni fluviali (*per esempio*, ponti, viadotti).

L'attività si riferisce a uno o più voli esemplificativi, in uno o più tratti fluviali caratterizzati da ostruzioni al fine di definire le procedure per la prospezione visiva delle sezioni fluviali eventualmente non raggiungibili con i rilievi tradizionali comunque in ottemperanza della normativa ENAC vigente al momento dello svolgimento delle attività.

- v. Definizione delle Linee guida

Il programma di attività previsto nella presente Accordo di collaborazione consentirà di definire le Linee Guida per la realizzazione delle attività di cui ai successivi punti B e C.

L'articolazione di questo documento sarà concordata tra le parti, al fine di ottimizzarne l'uso dei professionisti e degli uffici tecnici degli enti pubblici interessati.

4. Modalità di svolgimento delle attività

Lo sviluppo delle attività è organizzato in accordo fra le Parti che valutano lo stato di avanzamento secondo un processo che prevede per ciascuna delle varie attività l'implementazione di verifiche di rispondenza ai risultati attesi articolate secondo lo schema a seguire, che prevede: l'implementazione del database ("attività A"); la definizione delle catene modellistiche per l'ottenimento dei prodotti di base ed intermedi ("attività B"); la definizione delle catene modellistiche per l'ottenimento dei prodotti finali ("attività C"); la realizzazione dei prodotti sulle aree pilota ("attività D"); l'elaborazione delle linee guida ("attività E"); lo svolgimento di training e trasferimento *know-how* indirizzato ad un gruppo di tecnici dell'AUTORITÀ DI BACINO ("attività F").

Schema delle attività

- A1. Attività preparatorie di popolamento dei dati di input (implementazione del database, e pre-elaborazione dei dati: calibrazioni geometriche e radiometriche, derivazione degli indici di vegetazione, etc.);

- B1. Definizione di catene modellistiche per l'ottenimento di prodotti di base (uso suolo, classificazione, etc.);
- B2. Definizione di catene modellistiche per l'ottenimento di prodotti intermedi (tabelle di transizione uso del suolo - coefficienti di scabrezza);
- B3. Definizione di catene modellistiche per l'ottenimento di prodotti intermedi (definire la procedura di impiego di un SAPR per l'ispezione di ostruzioni fluviali);
- C1. Definizione di catene modellistiche per l'ottenimento di prodotti di finali (delimitazioni delle fasce fluviali A, B e C);
- C2. Definizione dei criteri l'ottenimento di prodotti finali relativamente fascia di pertinenza fluviale denominata A₀);
- D1. Realizzazione dei prodotti relativi a B1 e B2;
- D2. Realizzazione dei prodotti relativi a B3;
- E1. Elaborazione delle linee guida e delle metodologie di pre-elaborazione del dato (punto A1);
- E2. Elaborazione delle linee guida e delle metodologie di cui ai punti B1-B3;
- E3. Elaborazione delle linee guida e delle metodologie di cui al punto C1-C2;
- F1. Attività di training e trasferimento del know-how delle attività A, B, C, D ed E.

5. PRODOTTI

I prodotti della ricerca che saranno messi a punto, implementati e condivisi con l'Autorità di Bacino sono i seguenti:

Prodotti	Attività
Carta dell'uso del suolo aggiornata tramite dati telerilevati e definizione dei criteri di associazione dei range di scabrezza all'uso del suolo	D1
Linee guida e procedure per l'impiego di SAPR per l'ispezione di ostruzioni fluviali	D2
Linee guida e metodologie la pre-elaborazione del dato	E1
Linee guida e metodologie per la perimetrazione delle fasce fluviali A, B e C	E2
Linee guida e metodologie per la perimetrazione delle fasce di pertinenza fluviale A ₀	E3
Attività di training e trasferimento del know-how	F1

6. DOTAZIONI STRUMENTALI E PERSONALE

Le ricerche saranno svolte in sinergia tra l'Autorità di Bacino della Regione Sicilia ed il Dipartimento di Ingegneria (UNIPA), mediante l'interazione dei gruppi di lavoro coordinati dai responsabili scientifici dei due enti.

Il personale tecnico laureato di cui si avvarrà il DI svolgerà le proprie attività in sinergia con il personale dell'Autorità di Bacino, garantendo le relative ricadute tecnico scientifiche.

La strumentazione specifica, già in dotazione del DI, che sarà messa a disposizione dallo stesso nell'ambito delle attività previste in sinergia con l'Autorità di Bacino comprende:

- Strumentazione e rete informatica;
- *Workstation* di calcolo ad alte prestazioni;
- *Software* e procedure GIS e di calcolo.

L'Autorità metterà a disposizione per le attività da svolgere almeno 2 unità tecniche di specifica ed adeguata formazione tecnico scientifica in grado di operare e di applicare le tecniche definite nell'ambito del progetto, a tal fine collaboreranno con il personale del DI in tutte le fasi delle attività previste.

La strumentazione che sarà messa a disposizione dall'Autorità di Bacino per le attività in sinergia comprende:

- n. 2 *Workstation* per le attività di elaborazione (in fase di acquisizione);
- *Software* GIS;
- Cartografia di base già disponibile.

7. FASI E TEMPI DI REALIZZAZIONE

Modalità di svolgimento delle attività (24 mesi)

Le principali fasi del progetto sono riportate nel cronoprogramma di seguito riportato in cui la lettera **P** indica la presentazione di prodotti della ricerca parziali o di fine attività.

CRONOPROGRAMMA

Attività	Trimestri							
	1	2	3	4	5	6	7	8
A1	P							
B1	P							
B2	P							
B3	P							
C1	P							
C2	P							
D1	P							
D2	P							
E1	P							
E2	P							
E3	P							
F1	P							

- A1. Attività preparatorie di popolamento dei dati di input (implementazione del database, e pre-elaborazione dei dati: calibrazioni geometriche e radiometriche, derivazione degli indici di vegetazione, etc.);
- B1. Definizione di catene modellistiche per l'ottenimento di prodotti di base (uso suolo, classificazione, etc.);

- B2. Definizione di catene modellistiche per l'ottenimento di prodotti intermedi (tabelle di transizione uso del suolo - coefficienti di scabrezza);
- B3. Definizione di catene modellistiche per l'ottenimento di prodotti intermedi (definire la procedura di impiego di un SAPR per l'ispezione di ostruzioni fluviali);
- C1. Definizione di catene modellistiche per l'ottenimento di prodotti di finali (delimitazioni delle fasce fluviali A, B e C);
- C2. Definizione dei criteri l'ottenimento di prodotti finali relativamente fascia di pertinenza fluviale denominata A₀);
- D1. Realizzazione dei prodotti relativi a B1 e B2;
- D2. Realizzazione dei prodotti relativi a B3;
- E1. Elaborazione delle linee guida e delle metodologie di pre-elaborazione del dato (punto A1);
- E2. Elaborazione delle linee guida e delle metodologie di cui ai punti B1-B3;
- E3. Elaborazione delle linee guida e delle metodologie di cui al punto C1-C2;
- F1. Attività di training e trasferimento del know-how delle attività A, B, C, D ed E

L'articolazione particolareggiata delle fasi ed il relativo cronogramma verranno definite nella relazione preliminare.

Il DI produrrà e consegnerà le Linee guida (di massima), per consentire il rapido avvio delle attività di studio sui cosiddetti siti di attenzione (aree del PAI soggette ad inondazione ma non ancora conformi alla Direttiva Alluvioni) di cui all'elenco dei Comuni con aree prioritarie del Decreto Assessoriale 07/09/2015. In tal modo, le valutazioni idrologico/idrauliche da condurre sui siti di attenzione saranno tra loro coerenti e standardizzate alle metodologie sviluppate dal DI.

Il termine entro cui rendere disponibile una prima bozza delle linee guida è fissato, in accordo al DI, in mesi **15** dall'avvio dell'Accordo di Collaborazione; le linee guida definitive saranno rese disponibili al termine delle attività.

8. ARTICOLAZIONE DEI COSTI

L'onere finanziario a carico dell'AdB Sicilia è costituito da € 16.000 quale valore dell'impegno delle risorse umane per lo svolgimento delle attività del presente progetto (tabella 1) e da € 100.000 euro a valere sulle risorse stanziare dal PAC linea 5B6, per il ristoro delle spese sostenute dal DI nello svolgimento delle attività di progetto (tabella 2)

Tabella 1 – Valutazione costo impegno risorse umane a carico dell'AdB Sicilia

N. unità personale	Qualifica	Costo orario [€]	Anno	ore/uomo anno													Costo totale personale [€]
				A1	B1	B2	B3	C1	C2	D1	D2	E1	E2	E3	F1	Totale	
1	Dirigente	43.42	2021	7	7										3	17	738
1	Dirigente	43.42	2022/23	7	7	7	7	7	7	7	7	15	15	15	15	116	5.036
Totale 2021/2022/2023				14	14	7	7	7	7	7	7	15	15	15	18	133	5.774
1	Funzionario	15.88	2021	32	40										35	107	1.699
1	Funzionario	15.88	2022/23	35	45	45	42	45	45	45	45	45	45	45	55	537	8.527
Totale 2021/2022/2023				67	85	45	42	45	45	45	45	45	45	45	90	644	10.226
Totale 2021/2022/2023 per attività				81	99	52	49	52	52	52	52	60	60	60	108	777	16.000

Per quanto concerne le spese a valere sulle risorse stanziato dal PAC linea 5b6, il costo dell'**assegno di ricerca** è calcolato sulla base delle disposizioni minime riguardanti assegni di ricerca art. 22, legge 30 Dicembre 2010 n 240 che prevedono un costo minimo annuo di € 19.367,00, al lordo degli oneri a carico dell'assegnista che per l'anno 2016 con oneri INPS arriva a € 23.463,12 annui – tale costo è stato poi portato a 26.400 euro/anno uomo equivalente a **2.200 euro/mese uomo**.

Per la **borsa di studio** il costo è stato fissato pari a **1.500 euro/mese uomo**.

Infine, per il **ricercatore a tempo determinato di tipo A**, fissato dall'art. 24 c. 3 lett. A) Legge 240/10 è pari a **4.134 euro/mese uomo**.

Tabella 2 - Quadro economico dell'Accordo a carico dell'AdB Sicilia a valere sulle risorse stanziato dal PAC linea 5.B.6 – A3

<i>Mesi uomo</i>	<i>Totale per attività</i>
12 (Cofinanz. Ricercatore TD tipo A)	49.608 euro
12 (Assegnista)	26.400 euro
10 (Borsista)	15.000 euro
	<u>91.008 euro</u>
Altre spese rendicontabili connesse con la realizzazione delle attività del progetto: spese per viaggio/missioni, acquisto/noleggio attrezzature, spese per riunioni, servizi esterni, acquisizione immagini.	<u>8.992 euro</u>
Totale Convenzione a valere sui fondi PAC 2007-2013 – III Fase Linea 5.B.6 – Sottoazione A3	<u>100.000 euro</u>

Il numero e la tipologia di unità impiegate (ricercatore TD, tecnologo, borsista, assegnista) potranno variare in relazione alle fasi del progetto, rimanendo invariato l'importo complessivo indicato in tabella relativamente a ciascuna attività e quello relativo all'intero accordo.

Per quanto riguarda l'onere finanziario a carico del DI (16.000,00 euro) questo deriverà dal seguente impegno di risorse umane interne al DI (in 24 mesi):

	<i>Ore uomo</i>	<i>Costo orario</i>	<i>Costi (euro)</i>
Professore ordinario	130	59.15 euro/ora	7.689,50
Professore Associato	80	56.18 euro/ora	4.494,40
Ricercatore conf.	94	40.62 euro/ora	3.818,28
			<u>16.000,00 euro</u>

Numero unità personale esterno	Qualifica Personale	anno	mesi/uomo anno												TOTALE
			Attività A1	Attività B1	Attività B2	Attività B3	Attività C1	Attività C2	Attività D1	Attività D2	Attività E1	Attività E2	Attività E3	Attività F1	
1	Assegnista	2021		0,5	0,5										1
1		2022				2	2	1	1	1	1	0,5	0,5	2	11
1		2023													0
Totale 2020/21			0	0,5	0,5	2	2	1	1	1	1	0,5	0,5	2	12
1	Borsista	2021	0,5	1	1										2,5
1		2022				1	1	1	1	1	0,5	0,5	0,5	1	7,5
1		2023													0
Totale 2020/21			0,5	1	1	2	1	1	1	1	0,5	0,5	0,5	1	10
1	RTD-A	2021													0
1		2022				1	1	1	1	1	1	1,5	1,5	1	10
1		2023												2	2
Totale 2021/23			0	0	0	1	1	1	1	1	1	1,5	1,5	3	12
Totale			0,5	1,5	1,5	5	4	3	3	2	2,5	2,5	2,5	6	34
Totale 2021/22/23 per Attività			Attività A 0,50	Attività B 8,00			Attività C 7,00		Attività D 5,50		Attività D 7,50			Attività F 6,00	mesi totali 34,50
			Costo personale esterno (€)												
Attività A1	Attività B1	Attività B2	Attività B3	Attività C1	Attività C2	Attività D1	Attività D2	Attività E1	Attività E2	Attività E3	Attività F1				
0,00	1.100	1.100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	€ 2.200		
0,00	0	0	4.400	4.400	2.200	2.200	2.200	2.200	1.100	1.100	4.400	0	€ 24.200		
0,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	€ 0		
0,00	1.100	1.100	4.400	4.400	2.200	2.200	2.200	2.200	1.100	1.100	4.400	0	€ 26.400		
750,00	1.500	1.500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	€ 3.750		
0,00	0	0	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	750	750	750	1.500	0	€ 11.250		
0,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	€ 0		
750,00	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	750	750	750	1.500	0	€ 15.000		
0,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	€ 0		
0,00	0	0	4.134	4.134	4.134	4.134	4.134	4.134	6.201	6.201	4.134	0	€ 41.340		
0,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8.268	0	€ 8.268		
0,00	0	0	4.134	4.134	4.134	4.134	4.134	4.134	6.201	6.201	12.402	0	€ 49.608		
750,00	2.600	2.600	10.034	10.034	7.834	7.834	7.834	7.084	8.051	8.051	18.302	0	€ 91.008		
Attività A	Attività B			Attività C		Attività D		Attività E			Attività F	Totale attività			
750,00	15.234			17.868		15.668		23.186			18.302	91.008			

Tabella- Ripartizione costo personale esterno