



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 MESSINA - DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA

PER

**“Studi e ricerche per la valutazione di pericolosità e rischio da colate detritiche e da
correnti iperconcentrate; modellazione dei fenomeni idraulici in piccoli bacini fortemente
antropizzati”**

CUP G69J17000820001

ANNESSO TECNICO

Sommario dell'Annesso Tecnico

1. Premessa	1
2. Gli obiettivi generali del progetto	1
2.1. SUPPORTO ALLA DEFINIZIONE E IMPLEMENTAZIONE DEL SISTEMA REGIONALE DI VALUTAZIONE E GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI	1
2.2. DEFINIZIONE E IMPLEMENTAZIONE DI UN SISTEMA DI SUPPORTO ALLE DECISIONI	2
2.3. AGGIORNAMENTO TECNICO-SCIENTIFICO	2
3. Contesto d'intervento	2
4. Strutturazione delle attività di ricerca	3
4.1. A1. SVILUPPO DI METODOLOGIE PER LA STIMA DELLE PORTATE SOLIDE DI PIENA IN CONDIZIONI DI ELEVATO TRASPORTO SOLIDO	3
4.2. A2. SVILUPPO DI METODOLOGIE PER L'UTILIZZO DI MODELLI IDRAULICI DI PROPAGAZIONE DELLE CORRENTI IDRICHE AD ELEVATO TRASPORTO SOLIDO	6
4.3. B. SVILUPPO DI PROCEDURE DI VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ E DEL RISCHIO IDRAULICO PER LE INONDAZIONI DA CORRENTI AD ELEVATO TRASPORTO SOLIDO	7
4.4. C. ELABORAZIONE FINALE DELLE METODOLOGIE RELATIVE AGLI STRUMENTI MODELLISTICI CON APPLICAZIONI A BACINI PILOTA	10
4.5. D1. SCRITTURA RELAZIONI, MANUALI E LINEE GUIDA PER L'ELABORAZIONE DEGLI STUDI IDRAULICI	10
4.6. D2. ATTIVITÀ DI FORMAZIONE E TRAINING DI UN GRUPPO DI TECNICI DELLA PUBBLICA AMMINISTRAZIONE	10
5. PRODOTTI	11
6. Il DING	11
7. Beneficiari	12
8. Fasi e tempi di realizzazione	12
9. Articolazione dei costi	13

1. Premessa

L'applicazione della Direttiva 2007/60, 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 della elaborazione del 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'ambito del Piano di Azione e Coesione, 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 stipuli appositi accordi di collaborazione con enti pubblici di ricerca per lo svolgimento delle attività.

2. Gli obiettivi generali del progetto

L'obiettivo strategico dell'attività in linea con il Piano di Azione e Coesione è quello di supportare l'attuazione della Direttiva Alluvioni e in particolare di aggiornare e integrare gli strumenti di analisi e valutazione e gli studi elaborati nell'ambito delle attività condotte per la realizzazione del PAI e più in generale a fornire un supporto all'attuazione del PGRA. Le attività perseguono gli obiettivi discussi di seguito.

2.1. SUPPORTO ALLA DEFINIZIONE E IMPLEMENTAZIONE DEL SISTEMA REGIONALE DI VALUTAZIONE E GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI

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 multidisciplinare e multiattoriale, 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, identificando e quantificando l'influenza dell'incertezza nei processi di valutazione e pianificazione. 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.

Con il presente progetto si intendono pertanto definire e rendere disponibili gli strumenti modellistici e 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 progettazione.

2.2. DEFINIZIONE E IMPLEMENTAZIONE DI UN SISTEMA DI SUPPORTO ALLE DECISIONI

La pianificazione degli interventi richiede la definizione e l'implementazione di un sistema di supporto alle decisioni (SSD_PGPA). Occorre infatti considerare che la complessità delle interazioni tra ambiente naturale e antropico, anche alla luce della esigua disponibilità delle risorse finanziarie, impone una pianificazione che, tenendo in conto le azioni di adattamento, tenda ad un sistema bilanciato di interventi strutturali e di azioni non strutturali basato su alcuni criteri tra i quali:

- Definizione del concetto di rischio residuale.
- Stima della robustezza delle scelte di pianificazione.
- Flessibilità.
- Individuazione e valutazione dell'incertezza associata all'applicazione di metodi, dati e modelli, e all'influenza dell'effetto dei cambiamenti climatici.
- Sostenibilità ambientale.

2.3. AGGIORNAMENTO TECNICO-SCIENTIFICO

L'individuazione delle aree di pericolosità e di rischio attualmente operata sulla base degli studi, metodi e indagini definiti nell'ambito dei PAI richiede un aggiornamento e miglioramento sulla base di studi e modelli rispondenti agli obiettivi della direttiva per quanto riguarda, in particolare, la pianificazione delle misure e l'adattamento ai cambiamenti climatici.

3. Contesto d'intervento

In questo contesto il programma di studi e ricerche da svolgere persegue i seguenti obiettivi generali di sistema:

- Definizione di procedure per la stima delle portate per trasporto solido di massa.
- Sviluppo di metodologie per l'utilizzo di modelli idraulici di propagazione delle correnti ad elevato trasporto solido.

- Sviluppo di procedure di valutazione della pericolosità e del rischio idraulico per le inondazioni da correnti ad elevato trasporto solido.
- Creazione di linee guida per la redazione di studi idraulici.
- Applicazione a 5 bacini pilota.

4. Strutturazione delle attività di ricerca

Le attività di studio e ricerca oggetto della convenzione sono sintetizzabili nelle seguenti attività:

- A1. *Sviluppo di metodologie per la stima delle portate solide di piena in condizioni di elevato trasporto solido.*
- A2. *Sviluppo di metodologie per l'utilizzo di modelli idraulici di propagazione delle correnti idriche ad elevato trasporto solido.*
- B. *Sviluppo di procedure di valutazione della pericolosità e del rischio idraulico per le inondazioni da correnti ad elevato trasporto solido.*
- C. *Elaborazione finale delle metodologie relative agli strumenti modellistici con applicazioni a bacini pilota.*
- D1. *Scrittura relazioni, manuali e linee guida per l'elaborazione degli studi idraulici.*
- D2. *Attività di formazione e training di un gruppo di tecnici della pubblica amministrazione.*

Nel seguito sono esposte in dettaglio le attività previste nell'ambito di ciascuno dei diversi punti.

4.1. A1. SVILUPPO DI METODOLOGIE PER LA STIMA DELLE PORTATE SOLIDE DI PIENA IN CONDIZIONI DI ELEVATO TRASPORTO SOLIDO

La formazione di una corrente (colata) detritica si può ricondurre in generale al contemporaneo verificarsi di tre condizioni: presenza di materiale detritico, apporto di fluido in quantità sufficiente a mobilitare il materiale, pendenza del fondo adeguata.

Le colate detritiche sono principalmente originate da eventi piovosi di notevole intensità oppure da fenomeni di repentino scioglimento dei ghiacciai dovuto a drastiche variazioni della temperatura. Nel caso di un evento piovoso, si avrà uno scorrimento superficiale dell'acqua sull'ammasso granulare e un'infiltrazione attraverso gli interstizi tra i granuli.

Per pendenze elevate, può avvenire una movimentazione verso valle della parte superiore del letto granulare prima della comparsa di una corrente superficiale, non appena lo spessore dello strato saturo arriva ad un livello critico. Oltre questo livello le forze mobilizzanti dovute all'azione del peso dello strato superficiale superano le forze d'attrito. Un apporto idrico graduale produce in questo caso eventi franosi più o meno saturi, che normalmente non si trasformano in colate detritiche poiché l'acqua è insufficiente per portare ad una fluidificazione del materiale. In presenza di eventi di pioggia particolarmente gravosi tali pendenze possono tuttavia generare colate detritiche intense e rapide, prodotte dalla mobilitazione dell'intero spessore dello strato di deposito.

Per un pendio meno inclinato non si ha la movimentazione dell'ammasso granulare finché non si arriva alla saturazione del letto. Quando le forze di trascinamento della corrente di piena aumentano

e superano le forze resistenti dello strato superficiale del letto, si forma un debris flow che può percorrere tratti molto lunghi.

Per il calcolo delle portate associate a questo tipo di fenomeni esistono in letteratura diverse metodologie empiriche di tipo speditivo, che permettono di stimare il volume di materiale mobilitato a seguito di una colata detritica da un bacino idrografico in funzione di alcuni parametri morfometrici del bacino stesso. A dispetto della loro semplicità, però, queste relazioni hanno il difetto di non includere nella loro struttura nessun parametro probabilistico il che le rende inutilizzabili nelle applicazioni progettuali ove è necessario considerare il tempo di ritorno delle forzanti.

Per questi motivi per gli scopi di questo progetto si propone di utilizzare il metodo volumetrico basato semplicemente sulla amplificazione della portata liquida di picco così come proposto da Takahashi (1991) e sull'invarianza del sedimentogramma rispetto all'idrogramma di piena (Armanini, 1997).

La formula di Takahashi permette di stimare la portata solida Q_{solida} in funzione delle caratteristiche della colata detritica, al variare della portata liquida $Q_{liquida}$ del bacino:

$$Q_{solida} = \frac{c^*}{c^* - c_v} \cdot Q_{liquida}$$

con:

$\frac{c^*}{c^* - c_v}$ fattore di amplificazione della portata liquida;

c^* concentrazione dei sedimenti depositati nel letto in condizioni statiche nel caso di massimo impaccamento;

c_v concentrazione volumetrica di equilibrio dei solidi (fini e grossolani) trasportati dalla colata supposta in moto uniforme.

Per gli ammassi naturali non coesivi in generale si può assumere $c^* = 0,65$ mentre il valore della concentrazione volumetrica può essere calcolato in funzione delle caratteristiche degli ammassi granulari e della pendenza del fondo alveo tramite la seguente espressione:

$$c_v = \min \left[\frac{\rho_l \tan \vartheta}{(\rho_s - \rho_l) \cdot (\tan \phi - i_f)} \quad 0,9c^* \right]$$

con: ρ_s = densità dei solidi grossolani (2650 kg/m³); ρ_l = densità acqua (1000 kg/m³); i_f = pendenza alveo (in gradi); ϕ = angolo attrito interno materiale (36°).

Questa relazione permette di legare la concentrazione della miscela solido-liquida alla pendenza dell'alveo (Fig.1) e, seguendo una classificazione proposta sempre da Takahashi, distinguere il tipo di corrente in relazione ai valori della concentrazione (Tab.1).

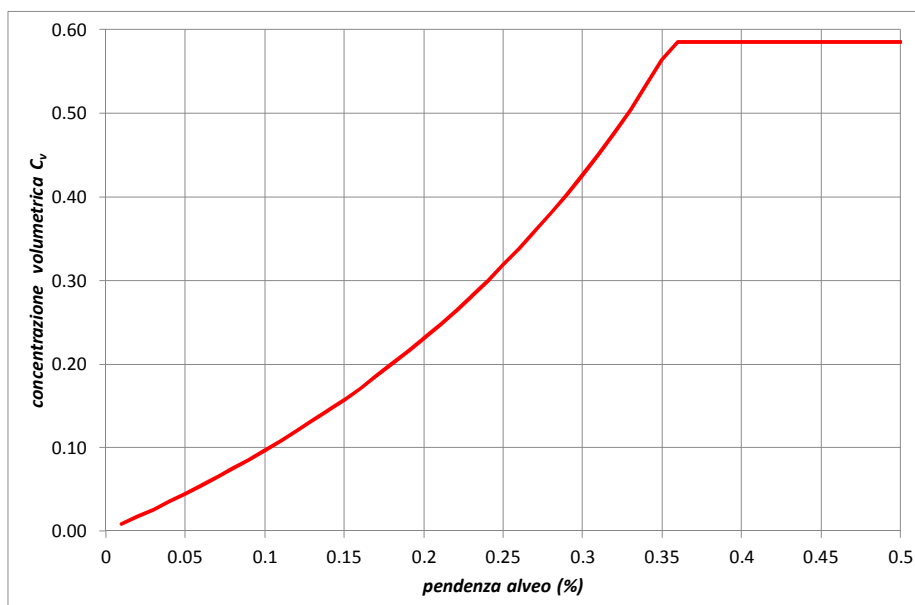


Figura 1. Concentrazione volumetrica in funzione della pendenza dell'alveo

Per le applicazioni di questo studio è stato quindi possibile legare il fattore di amplificazione della portata liquida alla pendenza dell'alveo in modo da poter ricavare per le diverse analisi il valore della portata solida da utilizzarsi.

Concentrazione volumetrica di equilibrio dei solidi	Evoluzione della tipologia di trasporto solido
$c_v < 0.02$ ($i_f < 20\%$)	Acqua chiara con trasporto solido di fondo (bedload)
$0.02 \leq c_v < 0.2$ ($20\% < i_f < 30\%$)	Colata detritica immatura (intenso trasporto solido di fondo)
$c_v \geq 0.2$ ($i_f < 30\%$)	Colata detritica matura

Tabella 1. Soglie di concentrazione volumetrica per le colate

Questo legame è riportato nella figura 2 ove è possibile osservare come il fattore di amplificazione è compreso tra 3 e 10 per alvei con pendenza di fondo superiore al 30% (con un valore costante pari a 10 per pendenze superiori al 35-37%), tra 1,8 e 3 per alvei con pendenza di fondo compresa tra il 20 e il 30%, e tra 1 e 1,8 per alvei con pendenza di fondo inferiori al 20%.

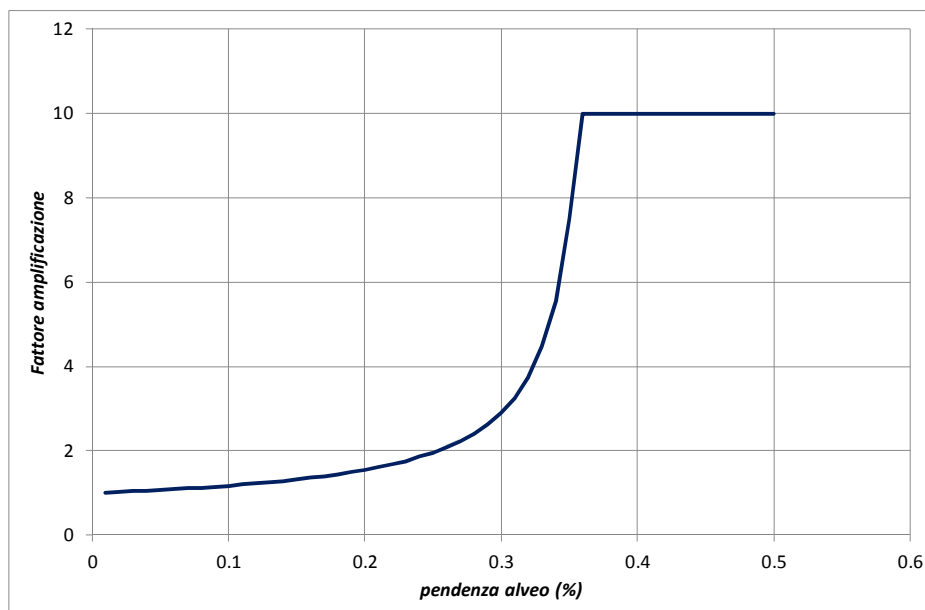


Figura 2. Fattore di amplificazione delle portate liquide in funzione della pendenza dell'alveo

4.2. A2. SVILUPPO DI METODOLOGIE PER L'UTILIZZO DI MODELLI IDRAULICI DI PROPAGAZIONE DELLE CORRENTI IDRICHE AD ELEVATO TRASPORTO SOLIDO

Obiettivo di tale attività è quello di definire una procedura ragionata per la scelta e l'uso dei modelli idraulici di propagazione delle correnti solide più "adatti" da utilizzare per la derivazione delle grandezze idrauliche necessarie alla successiva fase di mappatura della pericolosità e del rischio.

La scelta sull'utilizzo di modelli di propagazione (mono o bidimensionali) dovrà avvenire principalmente:

- a) per il tipo di area soggetta ad inondazione (aree urbane, aree naturali);
- b) per la complessità topografica dell'area in studio;
- c) per il tipo di grandezza idraulica che si intende derivare (altezza idrica, velocità corrente, spinte idrodinamiche, concentrazioni solide, ecc.);
- d) per il grado di dettaglio richiesto dai problemi idraulici da investigare, anche in funzione dei dati topografici disponibili (modelli digitali ad elevata risoluzione, presenza infrastrutture, aree edificate, ecc.) e delle condizioni morfologiche dell'alveo fluviale (alveo a fondo fisso o a fondo mobile). Nella scelta di questi modelli dovrà essere posta particolare attenzione alla schematizzazione geometrica di attraversamenti o altre opere idrauliche (es. argini, tombature, attraversamenti, ecc.) nonché alla presenza di infrastrutture che possano condizionare i fenomeni di propagazione;
- e) per le condizioni di moto delle correnti (moto vario o permanente);
- f) per il grado di incertezza associato alle grandezze derivate.

Particolare attenzione dovrà essere posta nella distinzione tra i modelli capaci di analizzare la propagazione delle correnti chiare e/o con trasporto solido di fondo ordinario e i modelli capaci di analizzare la propagazione di correnti ad elevato trasporto solido vista la differente struttura matematica delle equazioni idrauliche (perdite idrauliche).

Il prodotto finale di tale attività di ricerca sarà lo sviluppo di un protocollo di validazione dei modelli idraulici. Tale protocollo, in particolare, terrà conto della qualità e quantità delle informazioni che si hanno a disposizione per l'esecuzione delle analisi. L'obiettivo perseguito in tal modo sarà quello di mettere a punto un protocollo di validazione condiviso, al fine di proporre uno standard riconosciuto, ovvero un criterio di valutazione comune che permetta di incrementare la robustezza dell'analisi e dei risultati ottenuti.

4.3. *B. SVILUPPO DI PROCEDURE DI VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ E DEL RISCHIO IDRAULICO PER LE INONDAZIONI DA CORRENTI AD ELEVATO TRASPORTO SOLIDO*

Il rischio di un evento è generalmente definito come combinazione della probabilità che tale evento si verifichi e delle conseguenze ad esso associate. Il termine rischio comprende quindi, sia la probabilità di accadimento di un certo evento (solitamente indesiderabile) sia le conseguenze del manifestarsi di quel particolare evento.

In un'ottica di mitigazione dei rischi naturali, l'enfasi viene posta maggiormente sulle conseguenze, per cui il rischio viene identificato con il danno atteso, cioè con il danno potenziale a persone, proprietà o attività socio-economiche in conseguenza di un particolare fenomeno naturale. Con riferimento a questa definizione, il rischio viene generalmente espresso come:

$$R = P \cdot V \cdot E$$

dove:

P rappresenta la pericolosità dell'evento calamitoso, cioè la probabilità che un fenomeno potenzialmente dannoso si verifichi in un dato tempo ed in una data area. Essa è funzione del tempo di ritorno T e dell'intensità dell'evento, quest'ultima a sua volta descritta da variabili che caratterizzano l'intensità dell'evento (ad es. il tirante idrico, la spinta idrostatica e/o idrodinamica, ecc.);

V rappresenta la vulnerabilità, cioè il grado di perdita prodotto su un certo elemento esposto a rischio, risultante dal verificarsi di un fenomeno naturale di una certa intensità. La vulnerabilità dipende dalla capacità degli elementi esposti a rischio di sopportare le sollecitazioni causate dall'evento e si può esprimere mediante un coefficiente compreso tra 0 (assenza di danno) e 1 (perdita totale);

E rappresenta l'esposizione, cioè il valore socio-economico e/o ambientale degli elementi presenti in una data area esposta a rischio (popolazione, proprietà, attività economiche, ecc.).

La stima del rischio è pertanto una valutazione non assoluta ma relativa, essendo legata alla natura dei vari elementi in gioco ed alla loro vulnerabilità, nonché al particolare evento ed alla sua pericolosità.

Per ciascuno degli scenari di piena che possono essere considerati, utilizzando le elaborazioni provenienti dagli studi idrologici- idraulici, i principali parametri da indicare per la fase di quantificazione della pericolosità e del rischio sono (comm.3 – art.6 D.Lgs.49/2010):

- il massimo valore dell'altezza idrica (pelo libero - s.l.m.) o del livello (tirante – m);
- le caratteristiche del deflusso intese come: velocità media della corrente (m/s) e/o relativa portata idrica.

La pericolosità di una inondazione dipende quindi in larga misura sia dal tirante idrico che si realizza sia dalla velocità con cui la corrente idrica si muove, per cui sarebbe auspicabile introdurre quest'indice nelle procedure per la valutazione della pericolosità idraulica.

Nella valutazione della pericolosità associata alla propagazione di correnti ad elevato trasporto solido (correnti iperconcentrate o colate detritico-fangose), considerare che l'intensità dell'evento dipende solo dal massimo valore dell'altezza idrica o dalla velocità media della corrente non sembra del tutto adeguato. Per questo motivo, la spinta idrodinamica totale per unità di larghezza potrebbe essere utilizzato come ulteriore indicatore migliore dell'intensità dell'evento. La spinta idrodinamica totale si può calcolare tramite la:

$$\Sigma_{tot} = \rho_m (u^2 + v^2) + \frac{1}{2} \rho_m g h$$

dove: $\rho_m = c \cdot \rho_s + (1 - c) \cdot \rho$ è la densità del miscela solido-liquido, h è il tirante idrico, u e v sono le componenti (nelle direzioni x e y) della velocità della corrente.

Un'ulteriore obiettivo di questa attività sarà quindi quello di definire matrici di pericolosità idraulica per correnti ad elevato trasporto solido basate sulle caratteristiche del deflusso in termini di spinte idrodinamiche totali. Un possibile esempio di matrice di pericolosità è mostrato in tabella 2.

Intensità (spinta idrodinamica)	Probabilità		
	$T = 50 \text{ yrs}$	$T = 100 \text{ yrs}$	$T = 300 \text{ yrs}$
$h < 0.1 \text{ m}$	P2	P1	P1
$\Sigma_{tot} < 20 \text{ kPa}$	P3	P2	P2
$20 \text{ kPa} < \Sigma_{tot} < 35 \text{ kPa}$	P4	P3	P2
$\Sigma_{tot} > 35 \text{ kPa}$	P4	P4	P3

Tabella 2. Matrice di pericolosità per le correnti ad elevato trasporto solido

In questo esempio, le soglie sulle spinte sono riferite a possibili danni alle strutture: una spinta di 20 kPa corrisponde a danni strutturali di lieve entità, 35 kPa corrisponde a danni strutturali di significativa entità.

La valutazione del rischio comporta non poche difficoltà per la complessità e la articolazione delle azioni da svolgere ai fini di una adeguata quantificazione dei fattori che compaiono nelle equazioni sopra riportate. In particolare per la valutazione degli elementi esposti a rischio (E) e della loro vulnerabilità (V) è necessario disporre di informazioni il cui dettaglio deve essere necessariamente commisurato alla scala di redazione delle mappe.

In pratica, le fasi della procedura per la determinazione delle condizioni di rischio possono essere così sintetizzate:

- definizione delle categorie di elementi esposti a rischio di alluvione attraverso la ricognizione degli insediamenti abitativi (indicando il numero degli abitanti potenzialmente interessati), dei beni strutturali (edifici strategici, di servizio pubblico, ecc.) ed

infrastrutturali (reti di servizio, di trasporto e comunicazione), dei beni ambientali, storico-archeologici, paesaggistici unici, e di così grande rilevanza da costituire un patrimonio irrinunciabile per la collettività);

- stima del valore degli elementi esposti
- valutazione della vulnerabilità degli elementi esposti;
- definizione del danno potenziale attraverso la derivazione delle curve di danno (funzioni tiranti-danno o velocità-danno)

Le tipologie di elementi esposti da considerare sono già indicate sia nel PAI Regione Sicilia sia nel D.Lgs. 49/2010 e classificate secondo scale di priorità che verranno prese a base di questo studio.

Poiché allo stato attuale non si dispone di elementi conoscitivi o informativi tali da stabilire il valore specifico dei singoli beni esposti, si propone di definire delle classi omogenee di Valore degli Elementi esposti così definite:

- **E1** (*Valore esposto moderato o nullo*) - Case sparse, impianti sportivi e ricreativi, cimiteri, insediamenti agricoli a bassa tecnologia, insediamenti zootecnici;
- **E2** (*Valore esposto medio*): - Reti e infrastrutture tecnologiche di secondaria importanza e/o a servizio di ambiti territoriali ristretti (acquedotti, fognature, reti elettriche, telefoniche, depuratori, ecc.), viabilità secondaria (strade provinciali e comunali che non rappresentino vie di fuga), insediamenti agricoli ad alta tecnologia, aree naturali protette;
- **E3** (*Valore esposto elevato*): - Nuclei abitati, ferrovie, viabilità primaria e vie di fuga- Aree di protezione civile (attesa, ricovero e ammassamento), reti e infrastrutture tecnologiche di primaria importanza (reti elettriche e gasdotti), beni culturali, architettonici e archeologici sottoposti a vincolo, insediamenti industriali e artigianali, impianti;
- **E4** (*Valore esposto molto elevato*) - Centri abitati, edifici pubblici di rilevante importanza (es. scuole, chiese, ospedali, ecc.).

Le procedure per la valutazione della vulnerabilità, riferita alla singola classe di elementi a rischio o ancora più in dettaglio riferita al singolo elemento a rischio, risultano spesso complesse e onerose; infatti, non è sempre possibile valutare il livello di protezione del costruito (inteso ad esempio come conoscenza delle caratteristiche strutturali di un edificio o come la definizione di piani di protezione civile) o l'energia d'impatto della corrente e quindi arrivare a definire numericamente il grado di sopportazione agli stress indotti dal verificarsi dell'evento naturale estremo. Si deve inoltre considerare che, in linea teorica, la vulnerabilità richiederebbe la conoscenza congiunta della esatta tipologia, magnitudo e frequenza della fenomenologia considerata e del comportamento delle strutture di fronte ai fenomeni in questione.

Per questi motivi verranno studiate e proposte due approcci differenziati per la valutazione della vulnerabilità e del danno atteso.

Nel primo approccio (semplificata), poiché allo stato attuale non si dispone di elementi conoscitivi o informativi tali da stabilire una vulnerabilità specifica dei singoli beni in funzione delle caratteristiche dell'inondazione, né si ritiene possibile stabilire una scala di valori circa l'importanza relativa dei beni stessi la valutazione del parametro vulnerabilità potrà essere effettuata, assegnando il valore di 1 a tutti gli elementi esposti considerati. In questo caso il valore

del danno atteso D è pari al valore dell'elemento stesso E .

Nel secondo approccio verranno invece derivate in forma analitica delle funzioni di vulnerabilità per alcune tipologie di elementi esposti per i quali si siano resi disponibili dati sulle loro caratteristiche costruttive e strutturali. Le procedure di derivazione verranno poi codificate in metodologie standardizzate che verranno trasferite all'Autorità di Bacino Distrettuale (AdB).

Queste funzioni di vulnerabilità permetteranno (sulla base della conoscenza del valore effettivo e reale dell'elemento esposto) di ottenere le corrispondenti curve di danno (funzioni tiranti-danno o velocità-danno). Ove possibile le curve di danno verranno validate sulla base di dati di danno post-evento (quando disponibili).

Una volta definite le varie classi di danno, occorrerà definire il valore del rischio in funzione della pericolosità dell'evento atteso. Pertanto, fissate le condizioni di rischio accettabile dalla sovrapposizione dei vari livelli di pericolosità (P_4, P_3, P_2, P_1) e di danno potenziale (D_4, D_3, D_2, D_1) verranno definiti i quattro livelli di Rischio R_1, R_2, R_3 ed R_4 e quindi redatte le carte del rischio.

4.4. C. ELABORAZIONE FINALE DELLE METODOLOGIE RELATIVE AGLI STRUMENTI MODELLISTICI CON APPLICAZIONI A BACINI PILOTA

L'applicabilità e la robustezza delle metodologie e del framework modellistico di cui ai punti 4.1, 4.2 e 4.3 saranno verificate tramite studi pilota su cinque bacini che saranno scelti in accordo con l'AdB, sulla base della rappresentatività del territorio regionale e prioritariamente nell'area del messinese, nell'ambito del primo elenco di comuni individuati nel Decreto assessoriale 7.9.2015.

4.5. D1. SCRITTURA RELAZIONI, MANUALI E LINEE GUIDA PER L'ELABORAZIONE DEGLI STUDI IDRAULICI

Il programma di attività previsto nel presente documento consentirà altresì, sulla base dei risultati provenienti dalle attività precedentemente esposte, la redazione di manuali contenenti le linee guida che offrano un'affidabile e univoca metodologia per la valutazione di studi idraulici di dettaglio per i casi di corsi d'acqua nei quali i fenomeni di trasporto solido giocano un ruolo significativo per la valutazione del rischio di alluvione. Le linee guida, rivolte ai tecnici della Regione e delle pubbliche amministrazioni, intendono fornire un ausilio per la pianificazione, la progettazione e la gestione dei sistemi e delle infrastrutture che interagiscono con i corsi d'acqua e, più in generale, per la mitigazione del rischio idraulico, anche in relazione all'applicazione delle normative in materia emanate negli anni recenti dalla stessa Regione.

4.6. D2. ATTIVITÀ DI FORMAZIONE E TRAINING DI UN GRUPPO DI TECNICI DELLA PUBBLICA AMMINISTRAZIONE

Le attività di formazione e training saranno indirizzate al trasferimento delle conoscenze sulle metodologie e sui modelli sviluppati ai tecnici della pubblica amministrazione. Questo avverrà attraverso lo svolgimento di incontri periodici di formazione e addestramento secondo un calendario concordato tra le parti e congruente con lo sviluppo delle attività.

5. PRODOTTI

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

1. Strumenti modellistici per il calcolo delle portate solide di piena in piccoli bacini.
2. Linee guida per l'utilizzo di modelli idraulici di propagazione delle correnti ad elevato trasporto solido.
3. Linee guida per valutazione della pericolosità e del rischio idraulico nelle inondazioni da correnti ad elevato trasporto solido.
4. Relazioni tecniche finali.
5. Corsi di formazione e addestramento.
6. Test case su 5 bacini pilota.

6. IL DING

Il Dipartimento di Ingegneria dell'Università di Messina nasce nel 2015 dalla fusione del Dipartimento di Ingegneria Civile, Informatica, Edile, Ambientale e Matematica Applicata con il Dipartimento di Ingegneria Elettronica, Chimica e Ingegneria Industriale. Ha in forza circa 120 unità tra docenti (professori ordinari e associati), ricercatori (a tempo indeterminato, a tempo determinato, dottorandi, assegnisti e collaboratori alla ricerca) e personale tecnico amministrativo.

Il Dipartimento di Ingegneria ospita il gruppo di ricerca di Idrologia e Costruzioni Idrauliche costituito da docenti e ricercatori le cui attività di ricerca si focalizzano sui seguenti argomenti: modelli di previsione e preannuncio-preavviso di eventi idro-meteorologici estremi; modellazione della propagazione delle onde di piena finalizzata alla valutazione del rischio idraulico sia in aree urbane sia naturali; studio delle piene lampo nei bacini soggetti anche a fenomeni di trasporto solido intenso; gestione del rischio di alluvione sia in aree urbane sia naturali; idrologia degli eventi estremi.

L'attività di ricerca è stata svolta nell'ambito di progetti di ricerca nazionali ed internazionali o di convenzioni con enti pubblici e società private. Tra i principali progetti si segnalano:

- Studi sulla pericolosità e sul rischio idraulico di aree potenzialmente inondabili e verifiche idrauliche di opere di tombinamento nel territorio comunale di Messina (Ente finanziatore: Comune di Messina).
- Sviluppo di modelli previsionali di fenomeni idraulici e franosi con specifico riferimento all'allertamento per finalità di protezione civile per il costituendo Centro Funzionale Decentrato Multirischio della Regione Siciliana (Ente finanziatore: Dipartimento Regionale di Protezione Civile della Regione Siciliana).
- Realizzazione del sistema informativo idromorfologico nell'ambito dell'aggiornamento e la gestione del Piano di Tutela e della realizzazione del Sistema informativo e di monitoraggio unico a supporto della gestione del Distretto Idrografico Sicilia (Ente finanziatore: Osservatorio delle Acque della Regione Siciliana).
- Valutazione della pericolosità idraulica nel territorio comunale di Messina, dei torrenti/fiumare: Galati, Mili, Lardereria, Zafferia, San Filippo, Cumia-Bordonaro, Bisconte-Cataratti e Papardo (Ente finanziatore: Comune di Messina).

- Analisi delle criticità idrauliche e geomorfologiche, monitoraggi, studi idraulici e geologici dei bacini del versante ionico della provincia di Messina (Ente finanziatore: Dipartimento Regionale di Protezione Civile della Regione Sicilia).
- Procedure innovative per la valutazione, la mitigazione e la gestione del rischio da inondazione (Messaggeri della Conoscenza, Ente finanziatore: MIUR).
- Valutazione probabilistica del rischio di inondazione in aree urbane attraverso simulazioni Monte Carlo e analisi di incertezza (Progetti di ricerca congiunti CNR/British Council, Ente finanziatore: CNR).
- Il ruolo dell'incertezza modellistica e della vulnerabilità infrastrutturale nella redazione delle mappe del rischio d'inondazione (Progetti di ricerca CNR-Short Term Mobility, Ente finanziatore: CNR).
- L'informazione spaziale nella modellazione idrodinamica dei fenomeni di inondazione: dettaglio, risoluzione e incertezza (Progetti di ricerca CNR-Short Term Mobility, Ente finanziatore: CNR).

Il gruppo di ricerca vanta anche numerose collaborazioni scientifiche nazionali ed internazionali.

7. Beneficiari

I beneficiari diretti dei risultati delle attività dell'Accordo di Programma sono costituiti da:

- l'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia (AdB) che potrà eventualmente aggiornare il P.G.R.A. e il P.A.I. in base ai risultati del presente studio;
- i Comuni in cui ricadono i bacini pilota, oggetto di studio, che riceveranno un rapporto sulle condizioni di pericolosità, associata alla propagazione di correnti idriche ad elevato trasporto solido, da utilizzare quale base per gli aggiornamenti della pianificazione territoriale e per la risoluzione di emergenze e calamità (Piani comunali di protezione civile);
- tutti quei Comuni siciliani che presentano problematiche di dissesto idraulico analoghe a quelle dei bacini pilota oggetto di studio (correnti iperconcentrate e colate detritico-fangose).

La messa a punto di una corretta procedura per la valutazione della pericolosità di correnti idriche ad elevato trasporto solido e della loro influenza di queste sul rischio alluvionale e la relativa applicazione ai bacini pilota, potrà costituire un punto di riferimento sia a livello regionale che nazionale per sviluppare analoghi studi di base.

8. Fasi e tempi di realizzazione

La durata delle attività inizialmente prevista sarà di 24 mesi e comunque deve essere contenuta entro il termine massimo di validità contrattuale salvo eventuale proroga.

Il DING dovrà produrre, in collaborazione con l'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia, e consegnare le Linee guida (di massima), per consentire il rapido avvio delle attività di studio (che saranno assegnate tramite bando pubblico) sui cosiddetti Siti d'attenzione (aree del P.A.I. soggette ad inondazione ma non ancora conformi al P.G.R.A. di cui alla Direttiva Alluvioni) di cui all'elenco dei Comuni con aree prioritarie del Decreto Assessoriale 07/09/2015 (GURS n.49 del 27-11-2015). In tal modo, le valutazioni idrologico/idrauliche da condurre sui Siti d'attenzione saranno tra loro coerenti e standardizzate alle suddette metodologie di studio prodotte.

Il termine entro cui rendere disponibili tali Linee guida è fissato, d'intesa con il DING, in quattro

(nr.4) mesi dall'avvio dell'Accordo di Collaborazione; esse saranno altresì aggiornate con cadenza semestrale.

Elenco della attività	1° quad	2° quad	3° quad	4° quad	5° quad	6° quad
A1. Sviluppo di metodologie per la stima delle portate solide di piena in condizioni di elevato trasporto solido						
A2. Sviluppo di metodologie per l'utilizzo di modelli idraulici di propagazione delle correnti ad elevato trasporto solido	(*)					
B. Sviluppo di procedure di valutazione della pericolosità e del rischio idraulico per le inondazioni da correnti ad elevato trasporto solido	(*)					
C. Elaborazione finale delle metodologie relative agli strumenti modellistici con applicazioni a 5 bacini pilota						
D1. Scrittura relazioni, manuali e linee guida per l'elaborazione degli studi idraulici						
D2. Attività di formazione e training di un gruppo di tecnici della pubblica amministrazione						

Figura 3. Cronogramma delle attività (suddivisione in quadrimestri, totale 24 mesi)

(*) Consegna linee guida (di massima) di cui ai punti 2 e 3 del capitolo Prodotti

L'articolazione particolareggiata delle fasi ed il relativo cronogramma verranno definite nella prevista relazione preliminare prevista dall'art. 6, comma 1, lett. a) dell'Accordo di Collaborazione, da trasmettere entro 30 giorni dalla notifica del decreto di approvazione dell'Accordo di collaborazione. Nello stesso art. 6 alla lett. b) è prevista la consegna di relazioni tecniche intermedie da trasmettere con cadenza semestrale e alla lett c) la trasmissione della relazione tecnica finale sugli studi svolti.

9. Articolazione dei costi

L'onere finanziario a carico dell'AdB Sicilia è costituito di € 25.130,90 quale valore dell'impegno di risorse umane nel progetto, riepilogati nella tabella 3, e di € 150.000,00 per il ristoro delle spese sostenute dal DING, a valere sulle risorse stanziare dal PAC linea 5.B.6 – A3, questi sono complessivamente riepilogati nella tabella 4.

Tabella 3 – Valutazione costo impegno risorse umane a carico dell'AdB Sicilia

N. unità personale	Qualifica	Costo orario [€]	Anno	ore/uomo anno					Costo personale				Costo totale personale [€/anno]
				Attività A	Attività B	Attività C	Attività D	Totale	Attività A	Attività B	Attività C	Attività D	
1	Dirigente	43,42	2021	10	15	20	20	65	434,20	651,30	868,40	868,40	2.822,30
1	Dirigente	43,42	2022	20	25	30	30	105	868,40	1.085,50	1.302,60	1.302,60	4.559,10
1	Dirigente	43,42	2023	10	15	20	20	65	434,20	651,30	868,40	868,40	2.822,30
Totale 2021/2023				40	55	70	70	235	1.736,80	2.388,10	3.039,40	3.039,40	10.203,70
1	Funzionario	15,88	2021	40	60	80	80	260	635,20	952,80	1.270,40	1.270,40	4.128,80
1	Funzionario	15,88	2022	80	100	120	120	420	1.270,40	1.588,00	1.905,60	1.905,60	6.669,60
1	Funzionario	15,88	2023	40	60	80	80	260	635,20	952,80	1.270,40	1.270,40	4.128,80
Totale 2021/2023				160	220	280	280	940	2.540,80	3.493,60	4.446,40	4.446,40	14.927,20
Totale				1.175					4.277,60	5.881,70	7.485,80	7.485,80	25.130,90

Tabella 4. Quadro economico a valere sui fondi PAC 2007-2013 – III Fase Linea 5.B.6 – Sottoazione A3

	<i>Personale</i>	<i>Mesi uomo</i>	<i>Costi</i>	<i>Totale per attività</i>
ATTIVITA' A	<i>Assegnista di ricerca</i>	4	8.400 euro	20.300 euro
	<i>Borsista</i>	7	11.900 euro	
ATTIVITA' B	<i>Assegnista di ricerca</i>	5	10.500 euro	30.900 euro
	<i>Borsista</i>	12	20.400 euro	
ATTIVITA' C	<i>Assegnista di ricerca</i>	5	10.500 euro	36.000 euro
	<i>Borsista</i>	15	25.500 euro	
ATTIVITA' D	<i>Assegnista di ricerca</i>	10	21.000 euro	38.000 euro
	<i>Borsista</i>	10	17.000 euro	
SUBTOTALE ACCORDO DI COLLABORAZ.		68		<u>125.200 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)				<u>24.800 euro</u>
Totale Convenzione a valere sui fondi PAC 2007-2013 – III Fase Linea 5.B.6 – Sottoazione A3				<u>150.000 euro</u>

Il numero di unità impiegate per lo stesso profilo professionale potrà variare in relazione alle fasi del progetto, rimanendo invariato l'importo complessivo relativamente a ciascuna attività.

Nelle tabelle a seguire è riportata la valutazione analitica dei costi a valere sui fondi PAC.

Tabella 5. Numero di mesi/uomo anno per l'attività del personale DING a valere sul PAC

Numero unità personale DING	Qualifica Personale	mesi/uomo						
		Attività A1	Attività A2	Attività B	Attività C	Attività D1	Attività D2	TOTALE [mesi/anno]
2	Assegnista di ricerca	0	4	5	5	5	5	24
3	Borsista	0	7	12	15	5	5	44
Totale 2021/2022		0	11	17	20	10	10	68
Totale 2021/2023 per Attività		A		B	C	D		Mesi biennio
		11		17	20	20		68

Tabella 6. Costi per l'attività del personale DING a valere sui fondi PAC

Numero unità personale DING	Qualifica Personale	€						
		Attività A1	Attività A2	Attività B	Attività C	Attività D1	Attività D2	TOTALE [€]
2	Assegnista di ricerca	0	8.400	10.500	10.500	10.5000	10.5000	50.400
3	Borsista	0	11.900	20.400	25.500	8.500	8.500	74.800
Totale 2021/2023		0	20.300	30.900	36.000	19.000	19.000	125.200
Totale 2021/2023 per Attività		A		B	C	D		Tot attività
		20.300		30.900	36.000	38.000		125.200

Per quanto riguarda l'onere finanziario a carico del DING (euro 20.071,00) questo deriverà dal seguente impegno orario di risorse umane interne:

Tabella 7. Costi orari e totali per l'attività del personale a carico del DING

Figura e qualifica	Ore uomo	Costo orario	Costi
Prof. Ordinario T.P	200	€/h 67,82	€ 13.564,00
Prof. Associato T.P	140	€/h 46,48	€ 6.507,00
Costo Totale			€ 20.071,00

Nelle tabelle a seguire è fornita l'articolazione dettagliata dei costi a carico del DING.

Tabella 8. Numero di ore/uomo anno per l'attività del personale a carico del DING

Numero unità personale DING	Qualifica Personale	anno	ore/uomo						
			Attività A1	Attività A2	Attività B	Attività C	Attività D1	Attività D2	TOTALE [ore]
1	Prof. Ordinario T.P.	2021	90	15	25	25	0	0	155
1		2022	0	0	0	15	15	15	45
Totale 2021/2023			90	15	25	40	15	15	200
1	Prof. Associato T.P.	2021	60	10	20	20	0	0	110
1		2022	0	0	0	10	10	10	30
Totale 2021/2022			60	10	20	30	10	10	140
Parziali			150	25	45	70	25	25	340
Totale 2021/2023 per Attività			A		B	C	D		Ore biennio
			175		45	70	50		340

Tabella 9. Costi totali per l'attività del personale a carico del DING

Numero unità DING	Qualifica Personale	anno	€						
			Attività A1	Attività A2	Attività B	Attività C	Attività D1	Attività D2	TOTALE [€]
1	Prof. Ordinario T.P.	2021	6,103.80	1,017.30	1,695.50	1,695.50	0.0	0.0	10,512.10
1		2022	0.0	0.0	0.0	1,017.30	1,017.30	1,017.30	3,051.90
Totale 2021/2022			6,103.80	1,017.30	1,695.50	2,712.80	1,017.30	1,017.30	13,564.00
1	Prof. Associato T.P.	2021	€ 2,788.80	€ 464.80	€ 929.60	929.60	0.00	0.00	5,112.80
1		2022	0.0	0.0	0.0	464.80	464.80	464.80	1,394.40
Totale 2021/2023			2,788.80	464.80	929.60	1,394.40	464.80	464.80	6,507.20
Parziali			8,892.60	1,482.10	2,625.10	4,107.20	1,482.10	1,482.10	20,071.20
Totale 2021/2023 per Attività						C	D		Tot. attiv.
			10,374.70		2,625.10	4,107.20	2,964.20		20,071.20