



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE

**DIPARTIMENTO SCIENZE DELLA VITA E
DELL'AMBIENTE**

Corso di Laurea Magistrale
Rischio Ambientale e Protezione Civile

Definizione di linee guida finalizzate alle
attività di misura di portata fluviale.

Definition of guidelines aimed at river flow
measurement activities.

Tesi di Laurea Magistrale
di:

Francesco DEL CRUDO

Relatore
Prof.ssa

Francesca SINI

Sessione Autunnale

Anno Accademico 2022/2023

RIASSUNTO

Un'alluvione avviene quando si determina un temporaneo ricoprimento, da parte dell'acqua, di una area di terreno abitualmente libera da essa.

Le alluvioni possono derivare da fiumi, sorgenti di montagna, corsi d'acqua solitamente asciutti, che non riescono a contenere afflussi d'acqua eccessivi.

Gran parte di tali concentramenti d'acqua deriva da precipitazioni intense o prolungate, ma anche cause, tra cui l'intenso scioglimento di ghiaccio/ghiacciai, maree costiere, aumenti del livello delle acque del mare da tempesta o maremoti, possono a loro volta causare alluvioni.

Le alluvioni provocano diverse cause incidentali: esodi di popolazioni, danneggiamento dell'ambiente, compromissione dello sviluppo economico.

Lo studio del territorio e il monitoraggio delle variabili climatiche servono per migliorare la possibilità di prevedere le alluvioni.

In particolare, risulta strategico avere a disposizione le serie storiche di portata fluviali, per progettare gli interventi di sistemazione idraulica e valutare il bilancio idrico. A tal fine le attività di misura della portata fluviale in alveo risultano fondamentali per il continuo aggiornamento delle scale di deflusso, relazioni che permettono di correlare il valore di altezza idrometrica registrata dagli idrometri in portata transitante. Le

misure di portata fluviale nella regione Marche sono effettuate da operatori di Protezione Civile, che devono essere formati sui vari metodi e strumenti, addestrati e forniti di adeguati Dispositivi di Protezione Individuale per lavorare in sicurezza durante le attività in campo.

SUMMARY

A flood occurs when there is a temporary covering by water of an area of land usually free from it.

Floods can derive from rivers, mountain springs, usually dry streams, which are unable to contain excessive water inflows.

Much of this water concentration results from heavy or prolonged rainfall, but also causes, including heavy ice/glacier melt, coastal tides, sea level rises from storm surges or tsunamis, can in turn cause floods.

Floods cause various incidental causes: exodus of populations, damage to the environment, compromise of economic development.

The study of the territory and the monitoring of climatic variables serve to improve the possibility of predicting floods.

In particular, it is strategic to have the historical river flow series available, to plan the hydraulic interventions and evaluate the water balance. To this end, the measurement activities of the river flow in the riverbed are fundamental for the continuous updating of the outflow scales, relationships that allow correlating the hydrometric height value recorded by the hydrometers in transiting flow. River flow measurements in the Marche region are carried out by Civil Protection operators, who must be trained on the various methods and tools, trained, and provided with adequate Personal Protective Equipment to work safely during field activities.

INDICE

1.	INTRODUZIONE	1
2.	IL RISCHIO IDROGEOLOGICO	3
2.1.	Il dissesto idrogeologico	6
3.	LE ALLUVIONI	8
3.1.	Cosa sono le alluvioni	8
3.2.	Tipi di alluvioni	9
3.3.	Previsione delle alluvioni	11
3.4.	Prevenzione delle alluvioni	12
4.	MISURE PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO DI ALLUVIONE	15
4.1.	Descrizione	15
4.2.	Pericolosità e indicatori di rischio alluvioni	18
5.	IL PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO DI ALLUVIONI (PGRA) DELLA REGIONE MARCHE	19
6.	PORTATA FLUVIALE	33
6.1.	Portata	33
6.2.	Misure di portata in canali o fiumi	33
6.3.	Metodologie di misura della portata fluviale – Protezione Civile Regione Marche	34
7.	LE SCALE DI DEFLUSSO	48

7.1.Considerazioni generali	48
7.2.Variabilità delle scale di deflusso	51
7.3.Scale di deflusso di piena	53
8. VALUTAZIONE DEI RISCHI	56
9. IDENTIFICAZIONE DPI E FORMAZIONE	59
10. CONCLUSIONI	81
11. BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA	83

1. INTRODUZIONE

Il presente studio si pone come obiettivo la definizione di linee guida finalizzate alle attività di misura della portata fluviale.

L'aumento del numero di idrometri e la maggior richiesta negli ultimi anni di serie validate di portata fluviale ha imposto agli operatori di Protezione Civile della regione Marche un notevole incremento dell'attività di misurazione della portata in alveo per aggiornare costantemente le scale di deflusso.

La determinazione delle linee guida, oggetto centrale di questo lavoro, risulta fondamentale per la sicurezza degli addetti alle misure di portata della Protezione Civile. Tale problematica è nota a livello nazionale per tutti gli operatori che operano in questo campo e si sta lavorando per omogeneizzare le tecniche di misura e i Dispositivi di Protezione Individuali (DPI) anche attraverso il Tavolo Nazionale per i Servizi di Idrologia Operativa promosso e coordinato da ISPRA.

Lo studio indaga principalmente sulle metodologie utilizzate per la misurazione della portata fluviale, definendo quali sono i migliori Dispositivi di Protezione Individuale da utilizzare e i corsi di formazione ai quali sottoporre gli operatori addetti alle misure di portata.

La tesi è suddivisa nel seguente modo:

- introduzione al rischio alluvionale con descrizione del fenomeno delle alluvioni;
- attività di previsione e mitigazione del rischio alluvione;
- approfondimento sulle metodologie di misura della portata fluviale;
- analisi dei rischi e definizione delle linee guida;
- risultati e conclusioni.

2. IL RISCHIO IDROGEOLOGICO

Il rischio idrogeologico è, tra quelli naturali, il più ricorrente e diffuso su tutto il territorio nazionale, caratterizzato da elevate acclività e, in conseguenza delle condizioni climatiche e dell'assetto geomorfologico, condizionato anche dall'alternanza di periodi siccitosi e da precipitazioni intense.

Il verificarsi di eventi climatici estremi in limitati archi temporali, le limitate opere di regimazione dei corsi d'acqua, l'abbandono delle aree montane con la conseguente diminuzione dell'attività di opere di bonifica, nonché l'espansione urbanistica in aree potenzialmente inondabili, hanno contribuito a determinare uno scenario di rischio idrogeologico sul territorio di rilevante entità.

Le modificazioni del territorio a fini agricoli, urbani ed industriali influenzano enormemente il regime delle acque. In genere, queste attività inducono un più rapido scorrimento dell'acqua sui versanti e sul reticolo idrografico provocando un significativo aumento dei fenomeni calamitosi, quali frane, esondazioni ed allagamenti. A questo fenomeno contribuisce in maniera rilevante l'urbanizzazione, poiché le acque piovane provenienti dai tetti e dai piazzali giungono rapidamente alla rete di drenaggio, che, in alcuni casi, risulta sottodimensionata.

La mappatura del territorio permette di sviluppare varie applicazioni in grado di programmare gli interventi più opportuni per la valutazione del rischio da eventi calamitosi: il verificarsi di catastrofi naturali (terremoti, inondazioni, uragani, frane, valanghe, ecc.) dipende proprio dalla predisposizione del territorio di essere vulnerato e, quindi, dalla delimitazione geografica dell'area interessata.

La combinazione di dati morfologici, geologici, pedologici, climatici, demografici, vegetazionali e antropici permette di valutare la predisposizione di una certa zona a che si verifichi un determinato evento.

Data una porzione di territorio e considerato un particolare evento, la più generica definizione di rischio è data dalla formula:

$$\mathbf{R} = \mathbf{H} * \mathbf{V} * \mathbf{E}$$

dove:

- **R** è la magnitudo del rischio, e rappresenta la probabilità di perdita di vite umane, proprietà e attività economiche, ecc., a causa di un evento estremo;
- **H** è la pericolosità, e rappresenta la probabilità che l'area considerata sia interessata da quell'evento (tendenza naturale del territorio a essere esposto all'evento), ovvero, che si verifichi un evento estremo in un periodo specifico di tempo ed in una

determinata area;

- V è la vulnerabilità, intesa come la capacità di un determinato elemento (popolazione, edifici, infrastrutture, attività, risorse naturali) di sopportare gli effetti in funzione dell'intensità dell'evento;
- E corrisponde agli elementi a rischio (popolazione, attività economiche, infrastrutture, servizi, ecc.).

La realizzazione di mappe di pericolosità avviene generalmente combinando strati informativi di diversa natura: per esempio mappe di rischio di frane possono essere generate intersecando i dati dell'elevazione, della pendenza, della geologia superficiale, del livello degli acquiferi.

Le mappe di pericolosità, unitamente ai dati sulla popolazione, sulle attività antropiche, sui censimenti, sulle infrastrutture, offrono la possibilità di valutare gli eventuali scenari di rischio, la stima dell'impatto determinato dagli scenari e del valore economico che ricade sul territorio colpito; possono essere affiancate da modelli numerici che simulano l'evoluzione dell'evento e quindi studiare a priori le azioni da intraprendere per la mitigazione degli effetti.

2.1. Il dissesto idrogeologico

Il dissesto idrogeologico rappresenta un argomento importante, a causa degli impatti su popolazione, ambiente, beni culturali, infrastrutture di comunicazione e sul tessuto economico-produttivo. Alla naturale predisposizione del territorio italiano al dissesto, legata alle sue caratteristiche topografiche, morfologiche, geologiche e, ultimamente, meteo-climatiche, si aggiunge il fatto che l'Italia è un paese fortemente antropizzato. L'incremento delle aree urbanizzate, verificatosi a partire dal secondo dopoguerra, spesso in assenza di una corretta pianificazione territoriale, ha portato ad un considerevole aumento degli elementi esposti a rischio, ovvero di beni e persone presenti in aree soggette a pericolosità per frane e alluvioni. Le superfici artificiali sono aumentate dal secondo dopoguerra, con l'espansione urbanistica degli anni '60, unitamente all'abbandono delle aree rurali (montane e collinari), che ha causato la mancata manutenzione del territorio. I cambiamenti climatici in atto stanno determinando un aumento della frequenza degli eventi meteorologici intensi e, come conseguenza, un aumento della frequenza delle frane superficiali, delle colate detritiche e delle piene rapide e improvvise (*flash floods*).

La mappa nazionale del dissesto idrogeologico in Italia riporta che è a rischio il 94% dei comuni italiani, con oltre 8 milioni di persone che

risiedono in queste aree ad alta vulnerabilità. Rispetto al 2017 aumenta la superficie potenzialmente soggetta a frane e quella potenzialmente allagabile nello scenario medio.

3. LE ALLUVIONI

Un'alluvione è l'inondazione temporanea di aree che solitamente non sono ricoperte d'acqua. L'inondazione di tali aree può essere provocata da fiumi, torrenti, canali, laghi e, per le zone costiere, dal mare.

3.1. Cosa sono le alluvioni

La definizione di alluvione specifica la condizione che si verifica quando l'acqua fuoriesce dai limiti naturali e/o artificiali di un fiume o di un qualsiasi corpo di acqua (esondazione), oppure quando dell'acqua si accumula su aree pianeggianti (inondazione).

Le inondazioni e le esondazioni sono episodi naturali che rientrano nel normale ciclo di vita di un corso d'acqua; tuttavia, il termine alluvione è correntemente utilizzato per individuare un evento meteorologico più o meno calamitoso che può causare dei danni in seguito all'allagamento di aree abitate che generalmente sono asciutte e non ricoperte di acqua. Non tutti i corsi d'acqua, però, si presentano e si comportano allo stesso modo: i torrenti diventano veri e propri fiumi solo quando piove molto, e, al diminuire delle precipitazioni, il livello delle acque può ridursi fino a lasciare il letto asciutto.

Si definisce "rischio alluvionale" la probabilità che si verifichi

un'alluvione e i potenziali effetti negativi che questa può determinare sulla salute umana, sull'ambiente, sul patrimonio culturale e sulle attività economiche.

L'alluvione è quindi identificata, insieme ai fenomeni franosi, come uno dei fenomeni di dissesto idrogeologico più comune.

3.2. Tipi di alluvioni

Le alluvioni si possono classificare a seconda delle cause che le determinano.

- Alluvione fluviale, che si verifica quando un fiume straripa a causa di un aumento del livello dell'acqua. Questo può essere causato da piogge intense, dallo scioglimento della neve o dal cedimento di dighe o argini. Le alluvioni fluviali sono il tipo più comune, possono causare gravi danni alle infrastrutture e alla proprietà, nonché a persone e animali.
- Inondazione costiera, che si verifica quando l'acqua del mare invade aree terrestri costiere. Questo può essere causato da un'alta marea anomala, da forti venti terrestri, vento che soffia verso terra dal mare o da una tempesta. Le inondazioni costiere sono un grave pericolo per le comunità costiere. Possono causare l'erosione delle coste, la contaminazione delle acque e la perdita di vite umane.

- Ondata di tempesta, che deriva da un aumento anomalo del livello dell'acqua nelle zone costiere, al di sopra della normale marea astronomica, si verifica quando il livello dell'acqua del mare aumenta in modo significativo a causa del vento di una tempesta, dalle onde e dalla bassa pressione atmosferica. Le onde di tempesta possono essere estremamente distruttive. Possono causare danni alle infrastrutture, alla proprietà e alla vita umana.
- Inondazione interna, che si verifica quando l'acqua non può defluire in modo appropriato e invade aree terrestri. Questo può essere causato da precipitazioni intense che cadono in un breve periodo di tempo, da precipitazioni moderate che si accumulano per diversi giorni, un fiume che straripa a causa di movimenti franosi di ghiaccio o detriti, da una diga o un argine danneggiati. Le inondazioni interne possono verificarsi in qualsiasi area, anche in aree non tipicamente associate a rischi di alluvione. Possono essere causate da una varietà di fattori, tra cui precipitazioni intense, cambiamenti climatici e attività umane.
- Inondazione improvvisa, che si verifica in un breve periodo di tempo, generalmente meno di sei ore. Questo tipo di inondazione è spesso causato da forti piogge che provocano l'esonazione di torrenti o fiumi. Le inondazioni improvvise possono essere

particolarmente pericolose perché spesso non ci si aspetta.

3.3. Previsione delle alluvioni

Le alluvioni possono essere previste con un certo successo grazie agli evoluti modelli previsionali meteorologici ed idrologici, ai sistemi di monitoraggio e comunicazione moderni, nonché a serie di dati storici validate delle principali variabili meteo-climatiche. Ciò consente di prevedere in anticipo il momento, la natura e l'entità dell'alluvione potendo calibrare i modelli previsionali con i dati storici.

Tuttavia, è importante ricordare che le previsioni meteorologiche, da cui dipendono le previsioni delle inondazioni, indicano solo la probabilità di precipitazioni a cui è associata un'incertezza insita nel sistema caotico dei fenomeni atmosferici.

Per quanto riguarda le alluvioni fluviali, la capacità di previsione, di monitoraggio e di gestione aumenta con la dimensione del corso d'acqua. L'innalzamento del livello dell'acqua in un fiume di grandi dimensioni è un fenomeno che avviene lentamente, da diverse ore a più giorni. Ciò consente un monitoraggio costante e, soprattutto la messa in campo di azioni di gestione dell'emergenza. Al contrario, il livello dell'acqua di piccoli fiumi o torrenti può aumentare molto rapidamente, lasciando tempi di intervento ridotti. In questi casi, inoltre, l'incertezza

previsionale è molto più alta sia in termini temporali che spaziali.

L'entità delle inondazioni causate dall'aumento delle portate delle sorgenti può essere prevista anche più di un mese prima del loro verificarsi, analizzando lo spessore del manto nevoso, la temperatura, l'umidità del suolo e altri parametri.

Le inondazioni causate da forti venti di tempesta possono essere previste da 1-2 ore a 1-2 giorni prima del loro verificarsi.

La previsione di un'alluvione causata da un maremoto si basa sulla tempestiva valutazione dell'ubicazione dell'epicentro e della magnitudo del terremoto, da cui è poi possibile, attraverso l'utilizzo di un modello, prevederne l'arrivo ed allertare le popolazioni a rischio.

Quando si effettua una previsione, è necessario considerare, per ogni area, il regime naturale dei corsi d'acqua, influenzato dalla presenza di argini, briglie, chiuse, canali, ecc.

3.4. Prevenzione delle alluvioni

La prevenzione delle alluvioni può essere attivata alle seguenti scale:

- globale: attraverso la protezione dell'ambiente, il contrasto ai cambiamenti climatici e lo sviluppo di sistemi di previsione;
- nazionale: attraverso la realizzazione e l'implementazione di una politica nazionale per combattere le catastrofi naturali e, in

particolare, le alluvioni;

- regionale: attraverso la produzione di sistemi di prevenzione, di previsione e di allerta;
- locale, attraverso l'attivazione di un complesso di misure:
 - sviluppo e mantenimento dei piani di protezione;
 - controllo ed attività che possano contribuire alla previsione delle alluvioni ed alla riduzione delle loro conseguenze;
 - costruzione e manutenzione di strutture idrauliche (casse di espansione o bacini di laminazione).

Per ridurre l'accadimento delle alluvioni si possono impiegare diversi sistemi, da realizzare anche in forma integrata:

- tenere l'alveo fluviale pulito, in modo che possa svolgere correttamente il proprio lavoro;
- alzare gli argini, utilizzando materiali naturali, che si integrino con l'ambiente esistente;
- scavare il letto del fiume, aumentandone la sezione, in modo tale da ridurre la velocità del flusso;
- realizzare delle golene lungo i fiumi, ovvero delle zone di terreno pianeggiante comprese fra il letto di magra di un corso d'acqua e il suo argine naturale o artificiale, che può ricevere saltuariamente le acque durante gli eventi alluvionali e svolgere così l'importante

funzione idraulica di invaso di emergenza per diluire la piena e ridurre il rischio idrogeologico associato;

- costruire bacini di laminazione o casse di espansione, che vengono realizzati per ridurre la portata durante le piene di un corso d'acqua, tramite il convogliamento controllato di parte del volume dell'onda di piena, per evitare episodi di esondazione, permettendo, in questo modo, la riutilizzazione dell'acqua come risorsa idrica, nei periodi siccitosi;
- edificare dighe a monte delle zone in pericolo, o alzare quelle esistenti;
- migliorare la rete di monitoraggio e i metodi di misurazione della portata e, di conseguenza, realizzare e aggiornare costantemente le scale di deflusso.

4. MISURE PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO DI ALLUVIONE

4.1. Descrizione

La mitigazione del rischio idrogeologico è l'insieme di azioni che vengono intraprese per ridurre i danni causati da eventi naturali come inondazioni, frane e alluvioni, proteggendo gli elementi esposti diminuendone la vulnerabilità.

Le azioni per ridurre il rischio di un evento di natura idrogeologica o idraulica dipendono dalla natura dell'evento, dalla sua intensità e dalla possibilità di prevenirlo.

La prevenzione consiste nel cercare di evitare che un evento idrogeologico si verifichi o nel ridurre i suoi effetti.

La prevenzione del rischio si basa sulla conoscenza delle caratteristiche del fenomeno.

Questa conoscenza può essere ottenuta analizzando dati storici, osservazioni e indagini sul campo, e monitorando i fenomeni precursori.

In questo modo è possibile identificare le aree a rischio, come quelle sismiche, vulcaniche, franose o alluvionali.

Alcuni fenomeni, come le alluvioni, sono spesso imprevedibili e rapidi,

quindi è difficile prevenirli. Tuttavia, è possibile ridurre i danni, ad esempio costruendo dighe e argini per contenere l'acqua.

In questi casi, è possibile solo adottare misure per ridurre i danni, come la costruzione di opere di difesa o l'educazione alla sicurezza.

Ecco alcuni esempi di misure preventive:

- pianificazione territoriale per limitare l'uso del suolo in aree a rischio;
- costruzione di opere di difesa, come dighe, argini o muri di contenimento;
- drenaggio del suolo per ridurre il rischio di alluvioni;
- formazione della popolazione sui rischi naturali e buone pratiche da seguire in caso di eventi alluvionali o di allagamento urbano.

La prevenzione è la strategia migliore per ridurre il rischio idraulico ed idrogeologico. Tuttavia, è importante essere consapevoli dei possibili scenari legati ai cambiamenti climatici e dei limiti della previsione e adottare misure per ridurre i danni anche in caso di eventi imprevedibili.

Queste azioni possono essere suddivise in due categorie:

1. misure strutturali: includono la costruzione di opere di ingegneria, come dighe, argini e muri di contenimento, per controllare il processo idrogeologico;
2. misure non strutturali: includono la delocalizzazione di edifici e

infrastrutture a rischio, la creazione di reti di monitoraggio strumentale e sistemi di allertamento per il territorio, e l'educazione alla sicurezza delle persone a rischio.

La scelta delle misure da adottare dipende da una serie di fattori, tra cui:

- la natura del fenomeno idrogeologico;
- il grado di pericolosità dell'area interessata;
- i costi delle opere.

In generale, è preferibile adottare un approccio integrato che preveda l'utilizzo di misure strutturali e non strutturali.

Per le aree già edificate, è necessario adottare un approccio integrato che includa misure strutturali e non strutturali.

Per le aree non ancora edificate, è fondamentale pianificare lo sviluppo urbano in modo da ridurre l'esposizione al rischio idrogeologico.

Questo significa ubicare le aree di nuova urbanizzazione in posti sicuri, con particolare attenzione per gli edifici strategici, come ospedali, scuole e uffici pubblici.

Inoltre, è necessario applicare vincoli e regolamentazioni d'uso del territorio, come il PAI (Piano di Assetto Idrogeologico), che possono aiutare a ridurre il rischio idrogeologico nel medio-lungo termine.

Infine, oltre alla realizzazione di interventi strutturali e non strutturali, è importante investire nella conoscenza del rischio idrogeologico a

scala nazionale.

Questa conoscenza può essere ottenuta attraverso attività di ricerca, monitoraggio e modellazione, che possono aiutare a identificare le aree a rischio e a progettare interventi più efficaci.

4.2. Pericolosità e indicatori di rischio alluvioni

Nel 2018, l'ISPRA ha pubblicato la seconda edizione del Rapporto sul dissesto idrogeologico in Italia. Questo rapporto fornisce un quadro aggiornato della pericolosità da frane e alluvioni sul territorio nazionale.

Il rapporto aggiorna le mappe nazionali della pericolosità da frana e della pericolosità idraulica, realizzate dall'ISPRA sulla base delle informazioni fornite dalle Autorità di Bacino Distrettuali.

Il rapporto presenta anche degli indicatori di rischio, che sono strumenti utili per misurare l'impatto del dissesto idrogeologico sulla popolazione, le famiglie, gli edifici, le imprese e i beni culturali.

Questi indicatori possono essere utilizzati per supportare le politiche di mitigazione del rischio, che hanno l'obiettivo di ridurre l'impatto degli eventi idrogeologici.

5. IL PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO DI ALLUVIONI (PGRA) DELLA REGIONE MARCHE

Il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (di seguito PGRA) è un documento che ha lo scopo di identificare le azioni necessarie per affrontare e gestire il rischio di alluvioni in un determinato territorio.

Il PGRA è stato introdotto in Italia a partire dal 2010, in attuazione della direttiva europea 2007/60/CE sulla valutazione e gestione del rischio di alluvioni, è un documento complesso e articolato, che richiede la collaborazione di diversi attori, tra cui le autorità pubbliche, le imprese e la popolazione.

Il PGRA si basa su una valutazione della pericolosità idraulica, che identifica le aree a rischio di alluvione, e della vulnerabilità, che identifica gli elementi a rischio esposti.

Sulla base di queste valutazioni, il PGRA identifica le azioni da intraprendere per ridurre il rischio di alluvioni, che possono essere di tipo preventivo, come la costruzione di opere di difesa, o di tipo mitigativo, come la riqualificazione del territorio.

In Italia, i PGRA sono stati predisposti dalle Autorità di Bacino idrografico (di seguito AdB), che sono le autorità pubbliche responsabili della gestione delle risorse idriche.

Tuttavia, in attesa della definitiva operatività delle AdB, i PGRA sono stati predisposti dalle Unit of Management (di seguito UoM), che sono delle unità operative di minore dimensione.

Le UoM sono state individuate dal Ministero dell'Ambiente in base alle competenze delle AdB.

Il PGRA è un documento importante per la riduzione del rischio di alluvioni in Italia.

Permettendo di individuare le aree a rischio e le azioni da intraprendere per ridurre il rischio, il PGRA può contribuire a proteggere la popolazione e le infrastrutture dai danni causati dalle alluvioni.

Ecco alcune delle principali novità introdotte dai PGRA rispetto alla precedente pianificazione del rischio di alluvioni:

- l'attenzione alla gestione del rischio, intesa come la combinazione di azioni preventive e mitigative;
- l'analisi della pericolosità e della vulnerabilità a livello di distretto idrografico;
- l'inclusione delle azioni di protezione civile nel PGRA;
- la partecipazione della popolazione alla pianificazione del rischio di alluvioni.

In particolare, la novità del PGRA rispetto alla precedente pianificazione del rischio di alluvioni è racchiusa proprio nella parola

"gestione". Il piano infatti ha proprio lo scopo di individuare, una volta definite le pericolosità e gli elementi a rischio esposti, le azioni necessarie per affrontare e gestire il rischio.

Si parla di gestione dell'evento e ciò implica un notevole cambio di impostazione rispetto anche al recente passato.

Inoltre, il PGRA si basa su una valutazione della pericolosità e della vulnerabilità a livello di distretto idrografico, che permette di avere una visione più completa del rischio di alluvioni in un determinato territorio.

Infine, il PGRA prevede la partecipazione della popolazione alla pianificazione del rischio di alluvioni, che è un elemento fondamentale per la sua attuazione.

Applicando il concetto di gestione alla difesa dal rischio di alluvioni, cambiano, almeno in parte, alcuni concetti fondamentali fino ad adesso ritenuti basilari, ovvero viene gestita sia la fase prima dell'evento ("tempo differito"), che la fase durante l'evento ("tempo reale") in un'unica catena di analisi, valutazioni ed azioni conseguenti. Ciò significa che un evento si affronta sia con la prevenzione e la realizzazione delle opere che con le azioni di protezione civile, tutto organizzato in un'unica pianificazione. Si impiegano quindi risorse per ottenere risultati e raggiungere obiettivi che devono essere misurabili. Inoltre, questi risultati devono essere raggiunti in modo efficace ed

efficiente: ciò che facciamo deve essere socialmente, culturalmente ed economicamente sostenibile (analisi costi/benefici).

La gestione comporta decisioni, che possono essere anche difficili. Ad esempio, si può decidere di spostare elementi che sono a rischio, invece di proteggerli. Oppure, si può decidere di non proteggere qualcosa di meno valore, per risparmiare risorse che possono essere utilizzate per proteggere elementi con più valore.

Le scelte importanti relative alla gestione del rischio idraulico devono essere basate su un'attenta analisi della situazione. Innanzitutto, è necessario definire il quadro conoscitivo della pericolosità e del rischio idraulico, identificando gli scenari possibili o più probabili. Successivamente, è necessario individuare i risultati da raggiungere, tenendo conto dei costi e dei benefici di ogni opzione. Infine, è necessario predisporre un piano di gestione e attuarlo in modo graduale. È importante informare e coinvolgere gli stakeholder e la popolazione in tutte le fasi del processo decisionale, anche condividendo le informazioni disponibili e le incertezze.

L'Unione Europea ha riconosciuto l'importanza di una gestione integrata e sostenibile del ciclo delle acque, sia per quanto riguarda l'ordinario che l'eccezionale (come le piene e le magre).

Tale gestione è affidata all'Autorità di distretto e deve essere svolta a

livello di distretto idrografico, che può essere un singolo bacino o un insieme di bacini.

In seguito all'emanazione della direttiva “alluvioni”, tutti gli Stati membri dell'UE si sono attivati per attuare quanto previsto. I distretti idrografici individuati in Italia sono otto e coprono l'intero territorio nazionale.

Le UoM comunicate dal Ministero dell'Ambiente alla Commissione Europea sono le stesse Autorità di Bacino nazionali, interregionali e regionali già esistenti in Italia. Queste Autorità sono responsabili dell'attuazione della direttiva "alluvioni" a livello locale e per la rendicontazione alla Commissione Europea.

Nelle figure seguenti sono rappresentati il distretto dell'Appennino Settentrionale (Fig. 1) e quello dell'Appennino Centrale (Fig. 2), con le rispettive UoM.

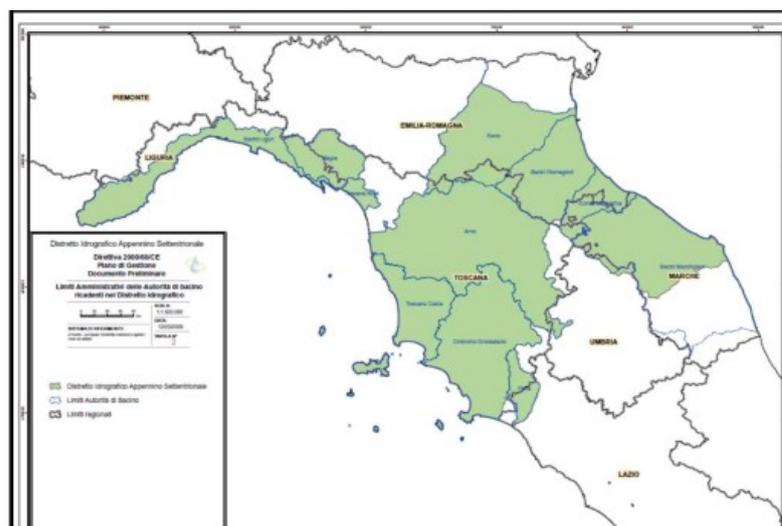


Figura 1 - Distretto Appennino settentrionale



Figura 2 - Distretto Appennino centrale

La competenza alla redazione dei piani di gestione è condivisa tra due soggetti:

- le Autorità di Bacino di rilievo nazionale, che si occupano di coordinare il processo e di definire le mappe di pericolosità, gli elementi a rischio e le misure di prevenzione e protezione;
- la Protezione Civile Nazionale e Regionale, che si occupa di definire le misure di preallarme e di evento.

Il piano in sintesi

Il PGRA si applica all'intero territorio di competenza dell'Autorità di Bacino della Regione Marche, che è di circa 8.350 kmq. L'Autorità di Bacino della Regione Marche è stata individuata come Competent Authority ed è definita come UoM ITR111.

Per l'attuazione della direttiva, il territorio di competenza della Regione Marche è suddiviso in due parti: la parte nord, che fa parte del Distretto Appennino settentrionale, è di circa 4.900 kmq; la parte sud, che fa parte del Distretto Appennino centrale, è di circa 3.450 kmq.

La redazione del PGRA è stata coordinata dalle Autorità di Bacino di rilievo nazionale del fiume Arno e del fiume Tevere. Le singole Regioni, per la parte di territorio di loro competenza, hanno provveduto agli adempimenti richiesti nel settore funzionale della protezione civile. Le scelte del Piano sono state guidate dalle caratteristiche fisiche e antropiche del territorio. I 30 bacini idrografici della Regione Marche sono caratterizzati da un regime torrentizio, ad eccezione dei tre maggiori, rappresentati dai fiumi Metauro, Esino e Chienti, che sono di tipo misto.

I tempi di scorrimento dei fiumi della Regione Marche sono già molto brevi, e sono stati ulteriormente ridotti dall'impermeabilizzazione e dall'antropizzazione del territorio. Questo ha aumentato il rischio di

alluvioni, in particolare nelle zone dove si trovano strutture e infrastrutture.

Le azioni previste dal PGRA per le Marche sono volte a ridurre il rischio di alluvioni, sia attraverso azioni di prevenzione, sia attraverso azioni di previsione e allertamento.

Le azioni di prevenzione sono volte a ridurre la vulnerabilità del territorio, attraverso la realizzazione di opere di regimazione idraulica, la promozione di pratiche di gestione sostenibile del territorio e la delocalizzazione di attività e infrastrutture esposte al rischio.

Le azioni di previsione e allertamento, di competenza della Protezione Civile regionale, sono volte a ridurre l'impatto delle alluvioni, attraverso la previsione di eventi alluvionali e l'attivazione di sistemi di allertamento.

Previsione, monitoraggio, sorveglianza ed allertamento posto in essere attraverso la rete dei centri funzionali

La Regione Marche ha una normativa regionale sul sistema di allertamento, che è in vigore dal 2001. Questa normativa è stata aggiornata nel 2005, 2006 e 2011.

Tale normativa prevede che la Regione Marche sia responsabile della gestione degli allertamenti per eventi meteorologici e idrogeologici.

Il sistema di allertamento regionale si basa su un centro funzionale, che si occupa di raccogliere e analizzare i dati meteorologici e idrogeologici ed emettere sulla base della previsione un bollettino di allerta, che viene poi diramato dalla Sala Operativa Unificata Permanente della Direzione Protezione Civile e sicurezza del territorio a tutto il sistema di Protezione Civile regionale.

I comuni, invece, sono responsabili del presidio idrogeologico e degli allertamenti alla popolazione.

Definizione degli scenari in tempo reale

Le procedure di allertamento regionali descrivono, per ognuno dei livelli di criticità, una situazione meteorologica o idrogeologica che potrebbe verificarsi.

Questi scenari non sono correlati a tempi di ritorno specifici, ma sono basati sulla valutazione dei dati disponibili.

La Regione Marche ha un sistema di allertamento che prevede quattro livelli di criticità.

1. Assenza di criticità (semaforo verde): la situazione è normale e non sono previsti fenomeni meteorologici o idrogeologici che potrebbero provocare disagi alla popolazione.
2. Ordinaria criticità (semaforo giallo): sono possibili fenomeni

meteorologici o idrogeologici di lieve entità, che potrebbero provocare disagi locali, come allagamenti e smottamenti superficiali.

3. Moderata criticità (semaforo arancione): sono possibili fenomeni meteorologici o idrogeologici di maggiore intensità, che potrebbero provocare disagi più diffusi, come esondazioni e smottamenti localizzati.

4. Elevata criticità (semaforo rosso): sono possibili fenomeni meteorologici o idrogeologici di grande intensità, che potrebbero provocare gravi disagi alla popolazione, come inondazioni e smottamenti diffusi.

I livelli di criticità sono associati a scenari meteorologici e idrogeologici specifici, che sono stati definiti a livello nazionale e recepiti anche a livello regionale.

Descrizione dei documenti di allertamento adottati a livello regionale

Giornalmente la Regione Marche, attraverso il Centro Funzionale della Protezione Civile, valuta il livello di criticità del rischio idraulico ed idrogeologico per ognuna delle sei zone di allerta in cui è suddiviso il suo territorio.

Il livello di criticità è riportato nel “Bollettino di criticità “, che viene pubblicato entro le ore 14.00.



Figura 3 – Zone di allerta regione Marche

Descrizione delle procedure di diramazione delle allerte a livello regionale

In base al Decreto del Presidente della Giunta Regionale 41/2005, il dirigente della struttura regionale di Protezione Civile, attraverso la Sala Operativa Unificata Permanente (SOUP), è responsabile dell'emissione del Messaggio di Allertamento.

La procedura prevede che, in caso di emissione di una allerta con codice colore almeno giallo, il Centro Funzionale invii il documento alla SOUP. La SOUP, a sua volta, dirama il messaggio di allertamento con

la fase operativa regionale ai seguenti soggetti:

- Dipartimento della Protezione civile nazionale
- Prefetture/UTG
- Altri soggetti del sistema regionale di protezione civile.

I documenti vengono inoltre pubblicati sul sito della Protezione Civile regionale, sul portale <https://allertameteo.regione.marche.it/>.

Descrizione della sensoristica a livello regionale

La Regione Marche ha una rete di stazioni meteorologiche e idrologiche, chiamata “Rete di monitoraggio meteo-idropluviometrica regionale” (di seguito Rete MIR), che trasmette i dati in tempo reale al Centro Funzionale della Protezione Civile.

La Rete MIR monitora costantemente le condizioni meteorologiche, idrologiche e nivometriche in tutto il territorio regionale delle Marche. La rete è stata progettata e costruita secondo le norme tecniche nazionali ed è gestita dal Centro Funzionale.

Il compito principale del sistema è quello di raccogliere dati 24 ore su 24, 7 giorni su 7, senza interruzioni, e di renderli disponibili immediatamente sotto forma di grafici e tabelle.

La struttura della Rete MIR è costituita da:

- le stazioni di monitoraggio;

- il sistema trasmissivo;
- i centri di acquisizione e controllo.

Le stazioni di monitoraggio, che sono conformi alle specifiche della World Meteorological Organization (WMO), misurano le condizioni meteorologiche e idrologiche e le trasformano in dati utilizzabili. Il sistema trasmissivo, che utilizza le infrastrutture del Sistema Regionale di Telecomunicazioni d'Emergenza, veicola i dati delle stazioni verso il centro di acquisizione e utilizzo. Il centro di acquisizione e utilizzo, che si trova presso il Centro Funzionale, gestisce le comunicazioni con le stazioni, raccoglie i dati rilevati, li elabora e li restituisce agli utenti in formato utilizzabile. Le informazioni sono disponibili in tempo reale, sia tramite interrogazioni automatiche delle stazioni a intervalli di trenta minuti, sia tramite chiamate estemporanee verso una o più stazioni.

Il Centro Funzionale controlla costantemente il funzionamento del sistema e ha stipulato contratti di manutenzione con aziende specializzate. Queste strategie consentono di risolvere rapidamente i problemi, garantendo che la Rete MIR funzioni ininterrottamente.

Di seguito (Fig. 4) è indicata l'ubicazione delle stazioni idrometriche della rete MIR, installate in corrispondenza del reticolo idrografico principale regionale. Questi sensori registrano il livello idrometrico dei corsi d'acqua ogni 30 min in condizioni di soglia verde, ogni 5 minuti

al superamento della soglia rossa.

Per poter ricavare dal livello idrometrico la corrispondente portata transitante in alveo è necessario definire per la sezione di riferimento la scala di deflusso e mantenerla nel tempo con misure in alveo di controllo.

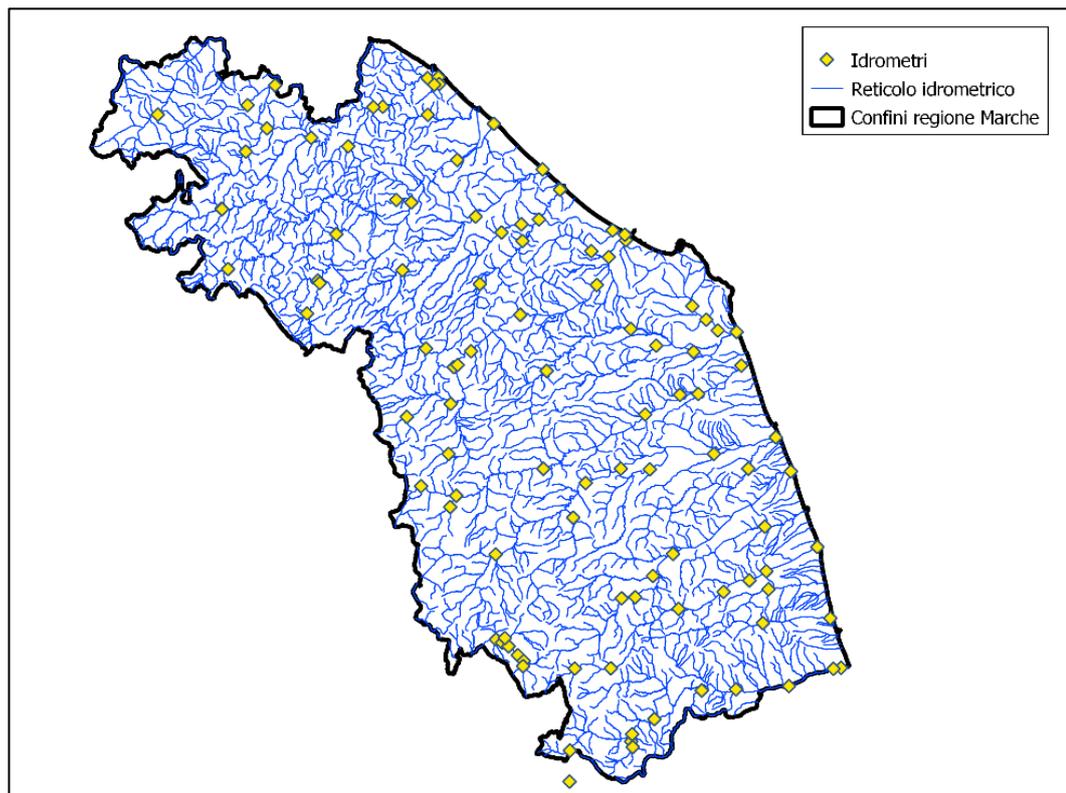


Figura 4 - Idrometri regione Marche

6. PORTATA FLUVIALE

6.1. Portata

La portata è una grandezza fisica che misura la quantità di un fluido che passa attraverso una sezione di area nell'unità di tempo.

La portata può essere espressa in diversi modi, a seconda della quantità di fluido che si intende misurare. Ad esempio, la portata volumetrica misura il volume di fluido che passa attraverso una sezione nell'unità di tempo, mentre la portata massica misura la massa di fluido che passa attraverso una sezione nell'unità di tempo.

6.2. Misure di portata in canali o fiumi

La portata di un corso d'acqua è la quantità d'acqua che scorre attraverso il suo alveo nell'unità di tempo. La portata può essere misurata in diversi modi, il metodo più comune è quello di misurare le velocità del fluido in punti noti della sezione trasversale del corso d'acqua.

La sezione trasversale di un corso d'acqua può essere suddivisa in una serie di verticali, che sono linee immaginarie parallele al fondo del corso d'acqua. Le velocità del fluido vengono misurate in punti noti lungo ciascuna verticale.

Una volta misurate le velocità, è possibile calcolare la portata

transitante in ciascuna verticale come prodotto tra l'area della verticale e la velocità media sulla verticale. La portata totale del corso d'acqua è la somma delle portate transitanti in tutte le verticali.

I metodi più comuni per misurare le velocità del fluido sono i seguenti:

- mulinelli: strumenti che misurano la velocità del fluido in base alla resistenza che il fluido oppone al movimento del mulinello;
- micromulinelli elettromagnetici: strumenti che misurano la velocità del fluido in base alla variazione del campo magnetico indotto dal movimento del fluido;
- velocimetri doppler: strumenti che misurano la velocità del fluido in base al cambiamento di frequenza di un segnale sonoro trasmesso nel fluido.

Altri metodi di misura della portata includono l'impiego di traccianti disciolti in acqua, profilatori doppler o radar.

Le misure di portata fluviale hanno lo scopo di fornire dati utili per la pianificazione di opere strutturali e la cura del territorio, migliorare il sistema di allertamento e lo sfruttamento di risorse idriche.

6.3. Metodologie di misura della portata fluviale – Protezione Civile Regione Marche

La Protezione Civile della Regione Marche utilizza diverse

metodologie di misura della portata fluviale.

Le misure di portata sono effettuate nei pressi degli idrometri già presenti; scelto il punto di misura, in base alle caratteristiche dell'alveo naturale e dell'acqua fluente, quali torbidità, velocità e altezza, l'operatore valuta la metodologia più opportuna.

Altre caratteristiche da valutare sono la presenza di dighe, tronchi, briglie o buche, in base alle quali l'operatore deciderà se entrare o meno in "zona rossa" che è determinata dalla distanza di 1 metro dal pericolo di annegamento.

Le metodologie di misure della portata utilizzate attualmente dalla Protezione Civile della Regione Marche – Centro Funzionale sono le seguenti.

Misura a guado mediante un velocimetro acustico doppler ADV (FlowTracker2 della Sontek)

Descrizione

I misuratori di velocità acustici (ADV) utilizzano l'effetto Doppler per misurare la velocità del flusso di un liquido. Gli ADV sono misuratori di velocità puntuali.

I misuratori di velocità acustici hanno una serie



Figura 5 - FlowTracker2

di vantaggi rispetto ai misuratori di corrente meccanici, tra cui:

- a) nessuna parte mobile, quindi minore manutenzione richiesta;
- b) disturbo minimo del flusso;
- c) misurazione della velocità fino a 0,0015 m/s;
- d) profondità operativa minima di 3 cm.

Il FlowTracker è un ADV specificamente progettato per effettuare misurazioni della portata a guado, è costituito da una testa della sonda collegata tramite uno stelo all'alloggiamento cilindrico dell'elettronica. La testa della sonda ospita trasduttori bistatici che trasmettono e ricevono impulsi sonori. Le velocità vengono misurate all'interno di un volume di campionamento situato a una distanza fissa dal trasduttore trasmettente.

Il FlowTracker è stato testato dall' United States Geological Survey (USGS) in laboratorio e sul campo e ha dimostrato di essere un misuratore di portata accurato e affidabile. Tuttavia, l'USGS ha notato che i misuratori FlowTracker possono essere influenzati da effetti limite quando il volume di campionamento include un confine solido, come un ciottolo o un masso nel flusso.

Attività operativa

Il principio di questo metodo consiste nel determinare la velocità e l'area della sezione trasversale ed è normato dalla ISO 748:2021.

La misura con FlowTracker viene solitamente effettuata a guado, quindi con l'operatore che entra in acqua ed esegue le misurazioni camminando sul letto del fiume da sponda a sponda.

Per misurare la velocità del flusso in un piccolo canale (meno di 5 metri di larghezza), è necessario effettuare osservazioni su diverse verticali, ovvero linee immaginarie che si estendono verticalmente dal fondo del canale alla superficie dell'acqua. Contemporaneamente alla velocità dell'acqua viene misurata la profondità della verticale.

Il numero di verticali da utilizzare dipende dalla larghezza del canale:

- canali $<0,5$ m: $n \geq 15$ verticali;
- canali $>0,5$ m <5 m: $n \geq 20$ verticali;
- canali >5 m: $n \geq 22$ verticali.

Per larghezze di canale >5 m, il numero di verticali deve essere scelto in modo tale che la portata in ciascun segmento sia inferiore al 5% del totale, e in nessun caso superiore al 10%.

La posizione delle verticali deve essere scelta dopo un precedente rilievo della sezione trasversale. La velocità in ciascun punto selezionato deve essere osservata esponendo il FlowTracker per un minimo di 30 secondi.

Misure con profilatore acustico doppler (ADCP) montato su natante

Descrizione

I metodi di misurazione che sfruttano l'effetto doppler sono diventati sempre più diffusi. Le tecnologie che hanno consentito tale diffusione sono i velocimetri Acustici Doppler (Acoustic



Figura 6 - Natante

Doppler Velocimeter ADV) e i profilatori di corrente (Acoustic Doppler Current Profiler ADCP).

Gli ADPC sono montati su piccoli natanti o imbarcazioni, consentono agli operatori di effettuare misurazioni da ponte, da funivia, a guado e da riva.

Le tecnologie di misurazione acustica continuano ad evolversi rapidamente. Sono disponibili nuovi strumenti con nuove funzionalità.

Ad esempio, fino a poco tempo fa gli ADCP potevano essere utilizzati solo a profondità superiori a circa 1 m. Gli ADCP disponibili negli ultimi anni possono essere utilizzati in acque poco profonde fino a circa 0,15 m.

Il metodo “Moving boat” è un metodo di misurazione della portata che utilizza un natante per attraversare il fiume. Il metodo misura l'entità e

la direzione della velocità utilizzando lo spostamento Doppler dell'energia acustica riflessa dal materiale sospeso nella colonna d'acqua, fornendo essenzialmente un profilo di velocità verticale completo.

Tale metodo è simile alla misurazione convenzionale con il misuratore di corrente in quanto entrambi determinano la portata calcolando la velocità della sezione, nota l'area. In entrambi i metodi, una misurazione è la somma dei prodotti delle sottosezioni della sezione trasversale del corso d'acqua e le rispettive velocità medie.

Questi strumenti raccolgono i dati necessari per il calcolo della portata della sezione.

I principali vantaggi del metodo “Moving boat” sono:

- è un metodo rapido ed efficiente per misurare la portata;
- può essere utilizzato in corsi d'acqua di grandi dimensioni o con fondali irregolari;
- può essere utilizzato in condizioni di flusso instabile.

Gli svantaggi del metodo di misura con ADCP sono:

- richiede l'uso di un natante e di attrezzature specializzate;
- può essere pericoloso in condizioni di forte turbolenza e trasporto in alveo.

Attività operativa

Il sensore ADCP deve essere accuratamente montato su un natante, con la possibilità di utilizzare una delle quattro diverse metodologie per lo spostamento della barca, scelta dall'operatore in base alla propria esperienza, valutando i pericoli presenti.

Le metodologie utilizzate dalla Protezione Civile della regione Marche sono:

1. natante trasportato a guado con asta da operatore (Fig.7)



Figura 7 – Natante a guado con asta

2. natante guidato con corda da due operatori fuori alveo (Fig.8)



Figura 8 – Natante con corda

3. natante guidato con teleferica da un operatore fuori alveo (Fig.9)



Figura 9 – Natante con teleferica

4. natante guidato con corde da un operatore da ponte (Fig.10)



Figura 10 – Natante da ponte

Il presente metodo è normato dalla ISO/TR 24578:2021.

L'ADCP deve essere gestito in tempo reale, quindi da un secondo operatore fuori zona rossa. Ciò consente di monitorare continuamente i dati e, se si verifica un problema critico di qualità dei dati, permette all'operatore che guida il natante di terminare il transetto.

Il natante deve essere posizionato il più vicino possibile alla sponda, mentre la barca è ferma il secondo operatore deve avviare il software. Quando inizia a muoversi appena verso il canale centrale può essere spinto attraverso il corso d'acqua.

La velocità media dell'imbarcazione dovrebbe essere inferiore o uguale alla velocità media dell'acqua. Inoltre, per quanto possibile, la velocità della barca dovrebbe essere uniforme. Se sono necessari cambiamenti di velocità o direzione, questi dovrebbero essere effettuati lentamente.

In condizioni di flusso costante è necessario realizzare un minimo di quattro transetti (due in ciascuna direzione). La portata misurata sarà la media delle portate dei quattro transetti. Se la portata di uno qualsiasi dei transetti differisce di oltre il 5% dalla portata misurata, si dovrebbero ottenere almeno quattro transetti aggiuntivi e la media di tutti gli otto sarà la portata misurata.

Bisogna riconoscere che a causa del comportamento idraulico del canale (ad esempio, fluttuazioni significative a breve termine nella portata), potrebbe non essere possibile raggiungere la linea guida del 5%, in tali circostanze l'operatore dovrà esprimere giudizi basati sulla propria esperienza e conoscenza del sito.

ADCP può essere montato anche su Kayak o barca a motore o drone acquatico.

Metodo della diluizione salina

Descrizione

Il metodo della diluizione salina è utile in una varietà di situazioni, tra cui:

- torrenti di montagna turbolenti, dove altri metodi potrebbero essere difficili o impossibili da utilizzare;
- tubi, canali, fogne e corsi d'acqua coperti di ghiaccio, dove altri metodi potrebbero non essere accessibili;
- corsi d'acqua con canali di sabbia, dove altri metodi potrebbero non essere accurati;
- condizioni di flusso in cui la velocità di variazione del flusso è tale che il tempo per effettuare una misurazione con il misuratore di corrente è eccessivo;
- condizioni di flusso in cui l'area della sezione trasversale non può essere misurata accuratamente come parte della misurazione della portata o cambia durante la misurazione.

Il metodo della diluizione salina è un metodo di misurazione della portata che utilizza un sale come tracciante.

Esistono due approcci principali alla misurazione della diluizione:

- metodo del recupero totale: in questo metodo, una quantità nota di tracciante viene iniettato nel flusso e la sua concentrazione viene

misurata a valle; la velocità del flusso viene quindi calcolata utilizzando la legge della diluizione;

- metodo della soluzione tracciante a velocità costante: In questo metodo, una soluzione tracciante viene iniettata nel flusso a una velocità costante; la concentrazione del tracciante a valle raggiunge un plateau dopo un certo tempo, e la velocità del flusso viene calcolata misurando la concentrazione del plateau.

I principi alla base di questo metodo sono semplici, ma la loro applicazione efficace richiede una buona conoscenza del processo di dispersione. La dispersione è il processo con cui il tracciante si diffonde nel flusso, che può essere determinata da vari fattori, tra cui la turbolenza, l'agitazione del fondo e la presenza di ostacoli.

Per eseguire misurazioni accurate utilizzando il metodo della diluizione salina è importante quindi tenere conto del processo di dispersione. Questo può essere fatto utilizzando tecniche come la miscelazione del tracciante prima dell'iniezione e il campionamento del tracciante in diversi punti lungo il percorso del flusso.

Attività operativa

Tale metodo è normato dalla ISO 9555-1:1994.

La soluzione salina deve essere preparata perfettamente omogenea, può essere utilizzato un agitatore meccanico o di una pompa di circolazione.

La soluzione viene iniettata da un operatore a guado in una sezione situata all'inizio della misurazione di portata del canale, in cui lo scarico rimane costante per tutta la durata della misurazione.

In una seconda sezione a valle di questo tratto, ad una distanza sufficiente affinché la soluzione iniettata sia uniformemente diluita, un altro operatore a guado misura la concentrazione tramite sensori per un

periodo di tempo sufficiente ed in un numero di punti adeguato ad assicurare che sia stata ottenuta una buona miscelazione.

La portata può quindi essere determinata confrontando la concentrazione della soluzione iniettata con quella misurata nella sezione di prelievo del canale.



Figura 11 - Strumenti per metodo diluizione salina

Radar

Descrizione



Figura 12 - Radar

Il radar è un dispositivo che utilizza le onde radio per rilevare e misurare la distanza di oggetti lontani. Le onde radio vengono trasmesse dall'antenna del radar e riflesse dagli oggetti. Il tempo impiegato per viaggiare

dall'antenna al bersaglio e tornare viene utilizzato per calcolare la distanza dal bersaglio.

Il radar Doppler è un tipo di radar che misura la velocità di un oggetto in movimento misurando lo spostamento Doppler delle onde radio riflesse dall'oggetto.

Il radar Doppler può essere utilizzato per misurare la velocità superficiale dell'acqua. Le onde radio vengono riflesse dalle onde che rendono ruvida la superficie dell'acqua. Il movimento di queste onde produce uno spostamento Doppler nelle onde radio riflesse che viene utilizzato per calcolare la velocità della superficie dell'acqua.

Affinché le velocità superficiali possano essere misurate con successo con questa tecnica, deve essere presente una certa rugosità superficiale dell'acqua.

La velocità superficiale può essere utilizzata come surrogato della velocità media nel profilo di velocità verticale mediante l'applicazione di un coefficiente. La velocità media moltiplicata per l'area del canale produce la portata.

Attività operativa

Viene collocato un radar mobile su un ponte per misurare la velocità superficiale dell'acqua su varie verticali.

L'utilizzo del radar impone agli operatori di effettuare o avere a

disposizione anche un rilievo accurato della sezione fluviale, ottenuto con una stazione totale scanner o altri metodi topografici, in quanto la sola velocità superficiale dell'acqua non è sufficiente per la determinazione della portata. Il software di acquisizione necessita l'inserimento di una



Figura 13 - Acquisizione dati metodo radar

sezione fluviale aggiornata per stimare la velocità media sulle varie verticali e stimare la portata transitante sulla sezione prescelta.

La stazione totale scanner va collocata nei pressi del fiume e gli operatori devono effettuare il rilievo della sezione fluviale anche attraverso un rilievo integrato con il GNSS entrando in alveo per rilevarne il fondo.

7. LE SCALE DI DEFLUSSO

7.1. *Considerazioni generali*

La portata di un corso d'acqua è la quantità di acqua che scorre attraverso una sezione data nell'unità di tempo. È una grandezza fisica difficile da misurare direttamente, quindi si ricorre a metodi indiretti che misurano una o più grandezze fisiche ad essa legate.

I metodi più comuni per misurare la portata di un corso d'acqua naturale si basano sulla misura dell'altezza dell'acqua nella sezione (tirante idrico), rispetto a un livello di riferimento chiamato zero idrometrico.

I principi dell'idraulica affermano che è possibile stabilire una relazione tra la portata e l'altezza dell'acqua in una certa sezione. Questa relazione, chiamata “scala di deflusso”, può essere determinata con un certo grado di precisione, a seconda delle condizioni del corso d'acqua.

In generale, il deflusso dell'acqua in un corso d'acqua avviene in condizioni di moto permanente. Questo significa che le condizioni idrodinamiche, come la velocità, la profondità e la pressione, sono costanti nel tempo, ma possono variare da sezione a sezione.

In altre parole, l'acqua scorre in modo uniforme, senza fluttuazioni significative. Tuttavia, la velocità dell'acqua può variare da una sezione all'altra, a seconda della geometria del corso d'acqua, della presenza di

ostacoli e di altri fattori.

Supponiamo che il moto della corrente in un corso d'acqua sia uniforme a tratti. In questo caso, è possibile utilizzare la formula di Chézy per calcolare la portata q dell'acqua in funzione dell'altezza δ della corrente.

La formula di Chézy è la seguente:

$$q = A\chi \cdot \sqrt{Ri}$$

dove:

- $A(\delta)$ è l'area della sezione idrica;
- $R(\delta) = A(\delta) / P(\delta)$ è il raggio idraulico;
- i è la pendenza dell'alveo;
- χ è un coefficiente di scabrezza.

Il coefficiente di scabrezza χ è una costante che tiene conto della rugosità del fondo del corso d'acqua.

A partire dalla formula di Chézy, si può ricavare che la portata q è proporzionale al tirante idrico δ , con un esponente che dipende dall'espressione scelta per il coefficiente di scabrezza.

Ecco le relazioni tra portata, tirante idrico e coefficiente di scabrezza:

Per il coefficiente di Chézy, χ è una costante, quindi q è proporzionale a $\delta^{(3/2)}$.

Per il coefficiente di Gauckler-Strickler, $\chi = K_s \cdot R^{(1/6)}$, dove K_s è l'indice di scabrezza dell'alveo. In questo caso, q è proporzionale a $\delta^{(5/3)}$.

Nello stato critico, in cui la velocità dell'acqua è massima, la portata è proporzionale a $\delta^{(3/2)}$.

In conclusione, la portata defluente in una sezione di un corso d'acqua è proporzionale al tirante idrico, con un esponente che dipende dall'espressione scelta per il coefficiente di scabrezza.

Quando al posto del tirante idrico δ viene utilizzato il livello idrometrico h , la relazione tra portata q e altezza idrometrica h deve essere determinata sperimentalmente. Questo significa che è necessario eseguire misure contemporanee di portata e altezza idrometrica nella sezione di interesse.

L'utilizzo della scala di deflusso semplifica notevolmente questo procedimento, in quanto consente di passare direttamente dal livello idrometrico h misurato al corrispondente valore di portata q .

È importante che la scala di deflusso sia univoca e stabile nel tempo.

L'univocità è garantita dalle leggi dell'idraulica, ma la stabilità nel tempo può essere compromessa da fattori naturali o antropici che possono modificare la morfologia del corso d'acqua.

La determinazione del valore di portata mediante la scala di deflusso è più affidabile quando il valore rientra nel campo delle misure sperimentali effettuate. Tuttavia, spesso è necessario estrapolare la scala di deflusso per stimare le portate di piena, con un conseguente

aumento degli errori.

Un modo per ridurre gli errori di stima è utilizzare una scala delle portate di piena unica per la sezione in esame.

I metodi per determinare la relazione stadio-scarico per una stazione di misura sono determinati dalla norma ISO 1100-2:2010, rivista dalla ISO 18320:2020.

7.2. Variabilità delle scale di deflusso

Gli Annali Idrologici del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale (S.I.M.N.) riportano le scale di deflusso in forma numerica, ovvero come una tabella di valori di altezza idrometrica h e portata q misurati in una sezione di un corso d'acqua. Per valori di portata superiori alla massima portata misurata, viene spesso indicata una relazione analitica che descrive la relazione tra altezza idrometrica e portata (Fig. 14).

In genere, per portate elevate, le scale di deflusso vengono ottenute per estrapolazione da una relazione matematica del tipo:

$$q = c \cdot h^{(3/2)} - d$$

dove:

- q indica la portata;
- h è l'altezza idrometrica;

- c e d sono coefficienti da stimare;
- d ha il significato di portata relativa al livello idrometrico di zero idrometrico.

Questa relazione è congruente con il legame tra altezza idrometrica e portata stabilito dalla formula di Chézy.

SCALA NUMERICA DELLE PORTATE							
Altezza idrometrica m	Portata m ³ /s	Altezza idrometrica m	Portata m ³ /s	Altezza idrometrica m	Portata m ³ /s	Altezza idrometrica m	Portata m ³ /s
0,59	0,15	0,65	0,50	0,95	3,70	1,70	47,00
0,60	0,20	0,70	0,80	1,15	9,50	2,00	76,00
0,62	0,32	0,80	1,70	1,40	26,00	2,35	125,00
Per H > 2,35 Q = 58,33 h ^{3/2} - 66,15							

Fig. 14 - Esempio di scala di deflusso riportata nella parte II, sez. C degli Annali Idrologici

In generale, le scale di deflusso riportate negli Annali Idrologici sono variabili da un anno all'altro, a causa di cause naturali, come eventi meteorologici estremi, o antropiche, come modifiche all'alveo del corso d'acqua.

Per rappresentare questa variabilità, è più appropriato utilizzare la relazione proposta da Herschy (1985):

$$q = a \cdot (h - h_0)^b$$

dove:

- q è la portata;
- h è l'altezza idrometrica;

- h_0 è una stima dell'altezza dello zero idrometrico;
- a e b sono coefficienti da stimare.

In questo modo, la scala di deflusso è definita in modo univoco per il periodo di validità indicato, dipendente dalla variabilità dell'alveo fluviale nel tratto considerato.

In genere, la scala di deflusso coincide con la legge analitica di estrapolazione indicata negli Annali. Se questa relazione non è riportata, è possibile determinarla mediante regressione sulla scala numerica, utilizzando una legge interpolare del tipo $q = a \cdot h^b$.

Con questa legge è possibile ricavare anche l'altezza al colmo h_{colmo} . Le altezze idrometriche massime annuali h_{max} così ottenute costituiranno la base dati per la costruzione di una nuova scala di deflusso valida per le portate di piena.

7.3. Scale di deflusso di piena

In generale, le variazioni delle dimensioni geometriche e idrauliche di un corso d'acqua dovute a variazioni naturali delle portate sono di natura casuale e hanno un ordine di grandezza inferiore a quello delle dimensioni tipiche della sezione. Questo significa che la parte di alveo che più viene modificata è la sezione morbida, le cui variazioni di forma incidono nella misura delle portate medio-basse. Per portate elevate,

invece, vengono interessate anche le aree golenali, che spesso presentano sezioni notevolmente maggiori rispetto alla sola sezione di magra.

Anche nel caso in cui le aree golenali non vengano attivate in corrispondenza di eventi notevoli, la variazione di sezione risulta in genere piccola. Di conseguenza, è lecito supporre che la scala di deflusso per elevati valori di portata possa rimanere quasi costante nel tempo.

Infatti, studiando le scale di deflusso pubblicate sugli Annali Idrologici per una determinata stazione, è possibile notare che esse tendono a disporsi in una forma a fuso, più aperta per i valori di portata minori. Questo andamento è ben rappresentato ad esempio dal fiume Candigliano ad Acqualagna, per il quale è possibile evidenziare una certa stabilità delle condizioni idrometriche nella sezione di misura, tanto maggiore quanto più grandi sono i valori di portata al colmo.

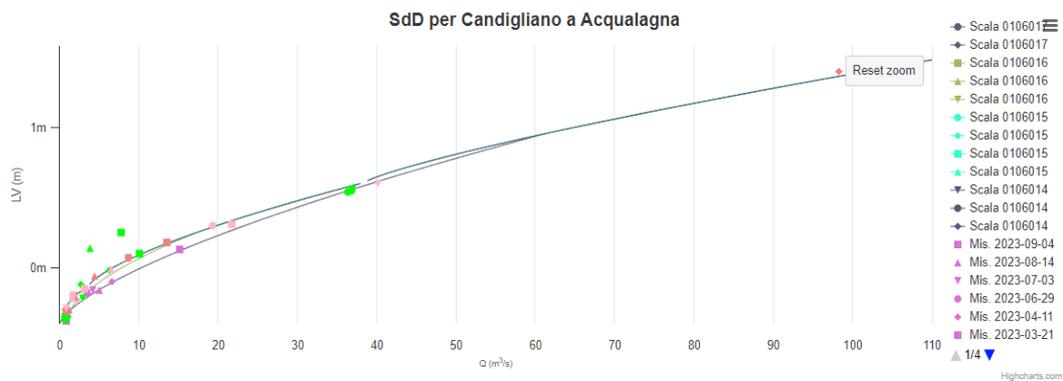


Figura 15 - Scale di deflusso e misure in alveo per la stazione di Acqualagna sul fiume Candigliano, dall'anno 2020

Questi risultati sono in accordo con l'ipotesi che le variazioni nella geometria della sezione, causate dalle portate di modellamento ordinarie, non abbiano influenza sui valori più elevati di altezza idrometrica e portata. Per questo motivo, è corretto utilizzare un'unica scala di deflusso per interpretare i valori di portata al colmo di piena.

8. VALUTAZIONE DEI RISCHI

Lo studio è stato effettuato esaminando nel dettaglio le attività di misurazione della portata da parte degli operatori di Protezione Civile della Regione Marche.

Tramite sopralluoghi in campo presso i fiumi e confronti con gli addetti alle misure di portata si è giunti alla definizione di linee guida per il lavoro in sicurezza di tali operatori determinando i Dispositivi di Protezione Individuale e i corsi di formazione per gli addetti.

Innanzitutto, sono stati valutati i rischi, divisi in base all'entrata o meno dell'operatore nella cosiddetta "zona rossa", determinata dalla distanza di 1 metro dal pericolo di annegamento.

Una volta in "zona rossa" gli operatori devono indossare tutti i D.P.I. per l'attività di torrentismo, che presenta tre rischi principali, annegamento, contusioni al capo e ipotermia.

L'attività all'esterno della "zona rossa" consiste nel carico/scarico dell'attrezzatura dal mezzo, con rischi legati alla movimentazione manuale dei carichi, il trasporto di tale attrezzatura verso il punto di misura, dove i rischi sono di scivolamento e inciampo.

Successivamente sono stati valutati i rischi, sempre all'esterno della "zona rossa", che dipendono da attività effettuate solo per alcune metodologie, come il lavoro su fune ed in quota per raggiungere il punto

prestabilito, con i rischi a loro legati, il lavoro su ponte/strada, che implica in certe situazioni il rischio di investimento, il lavoro sotto il ponte con il rischio di caduta di oggetti dall'alto.

Inoltre, durante tutta la permanenza all'esterno del mezzo si presentano rischi ambientali, quali radiazioni UV, microclima, punture di insetti e morsi di vipera.

È stato riscontrato che alcuni D.P.I. destinati all'utilizzo in ambito lavorativo non sono ottimali nelle attività in "zona rossa", quindi, per queste ultime, si è deciso di utilizzare i D.P.I. che rispettano la normativa sul torrentismo, ovvero attività sportiva, secondo il principio della massima tutela del lavoratore.

Definiti i rischi e i D.P.I. è stata determinata la formazione da somministrare agli addetti alle misure di portata fluviale.

I rischi comuni sono presenti nella formazione specifica a rischio alto, alla quale sono sottoposti tutti i lavoratori di Protezione Civile della Regione Marche che effettuano lavoro in campo, nonostante ciò, si è deciso di produrre un corso di formazione certificato per completare e migliorare la formazione dei soli addetti alle misure di portata.

Tale formazione sarà effettuata in aggiunta ai corsi lavoro in quota su fune, preposto alla sorveglianza lavoro su funi, rescue3-primario soccorso e soccorso in ambiente impervio (RLS-Remote Life Support).

Il corso sarà per lavoro in ambiente fluviale, attraverso il quale i partecipanti acquisiranno le nozioni per la gestione di tutti i rischi presenti.

La formazione degli addetti alle misure di portata e la consegna dei Dispositivi di Protezione Individuale devono comprendere tutti i rischi, sia della “zona rossa” che non, in quanto tutti gli operatori hanno la possibilità di trovarsi in entrambe le situazioni.

9. IDENTIFICAZIONE DPI E FORMAZIONE

Tramite lo studio del lavoro effettuato dagli addetti alle misure di portata sono stati definiti i Dispositivi di Protezione Individuale associati ai rischi individuati per ogni situazione lavorativa (“zona rossa” e “fuori zona rossa”), la formazione dovrà comprendere tutti i rischi elencati.

FUORI ZONA ROSSA (Tab. 1)



Figura 16 - Scarpa S3

L'ambiente impervio ed umido aumenta il rischio di SCIVOLAMENTO e INCIAMPO, sono state identificate delle calzature che rispettano la norma UNI EN ISO 20345:2022 (Calzature di sicurezza - Requisiti di base e supplementari per le calzature di sicurezza per usi generali), con suola antiscivolo ed antiperforazione, idrorepellenti, con protezione della caviglia e puntale di protezione in materiale composito (più leggero del puntale in acciaio, adatto anche ad eventuali tragitti più lunghi), la calzatura è del tipo S3 WR, sostituibili con stivali di tipo S5 a discrezione dell'operatore.



Figura 17 - Stivale S5

Il rischio MOVIMENTAZIONE MANUALE DEI CARICHI si presenta in quanto l'operatore dovrà caricare e scaricare il mezzo, trasportare l'attrezzatura fino al punto di misura per poi utilizzarla, le calzature già scelte sono idonee al presente rischio, in aggiunta a guanti che rispettino la norma UNI EN 388:2019 per la protezione meccanica e resistenti all'abrasione, per le operazioni con fune.



Figura 18 - Guanti protezione meccanica

Esiste la possibilità per gli addetti alle misure di portata di lavorare in alveo senza entrare in “zona rossa”, quindi con acqua bassa e senza pericolo di annegamento, ciò espone comunque gli operatori ai rischi legati al contatto con acqua, quali IPOTERMIA, in quanto l'acqua avendo una temperatura più bassa di quella del corpo umano ne assorbe il calore, CHIMICO e BIOLOGICO, poiché non si ha la possibilità di effettuare delle analisi dell'acqua al momento, si ha quindi la necessità di utilizzare stivali S5, conformi alla norma UNI EN ISO 20345:2022, o in alternativa possono essere scelte calzature da torrentismo, che hanno la particolarità di essere idrorepellenti, con suola antiscivolo, senza puntale e con la protezione dei lacci per evitare il rischio di INCAGLIAMENTO, che rispettano la norma UNI EN ISO 20347:2022

(Calzature da lavoro - requisiti di base e supplementari per le calzature da lavoro per usi generali).



I rischi ambientali ai quali sono soggetti

gli operatori derivano sia dall'ambiente *Figura 19 - Scarpe da torrentismo*

impervio che dal clima; per contrastare il rischio di PUNTURE DI INSETTI, MORSI DI VIPERA, ZECCHÉ si necessitano di pantaloni lunghi da lavoro che rispettano la norma UNI EN ISO 13688:2022 (Indumenti di protezione - Requisiti generali) e di repellente per insetti (in formato spray, crema o salviette); i fattori climatici espongono gli addetti alle misure di portata a RADIAZIONI SOLARI, devono quindi essere forniti occhiali da sole, secondo la norma UNI EN 1836:2008 (Protezione personale degli occhi - Occhiali da sole e filtri per la protezione contro le radiazioni solari per uso generale e filtri per l'osservazione diretta del sole), berretto e crema solare con almeno SPF 30, in caso di MICROCLIMA FREDDO devono essere utilizzati indumenti quali giubbotto, pile, pantaloni lunghi e calze tecniche che rispettano la norma UNI EN 342:2018 (Indumenti di protezione - Completi e capi di abbigliamento per la protezione contro il freddo).

In caso di lavori effettuati sotto i ponti, con rischio di CADUTA OGGETTI DALL'ALTO, l'operatore indosserà l'elmetto di



Figura 20 - Elmetto da torrentismo

protezione, la norma UNI EN 397:2013 (Elmetti di protezione per l'industria) indica elmetti non adatti all'uso per torrentismo, valutato che l'operatore potrà entrare in zona rossa e per facilitare le operazioni di trasporto e logistica

sarà utilizzato un elmetto adatto per tale attività, che rispetta la norma UNI EN 1385:2012 (Elmetti per canoa-kayak e sport in acque torrentizie).

In caso di lavori su strada l'operatore è esposto al rischio di INVESTIMENTO, dovrà quindi indossare abbigliamento ad alta visibilità, che rispetta la norma UNI EN ISO 20471:2017 (Indumenti ad alta visibilità - Metodi di prova e requisiti), tale norma può essere applicata nella scelta di indumenti anche per l'utilizzo in assenza di tale rischio, o può essere utilizzato un gilet specifico.

Per quanto riguarda i lavori in quota su fune, che espongono gli operatori al rischio di CADUTA DALL'ALTO, devono essere utilizzati tutti i D.P.I. necessari dettati dalla normativa, i quali saranno scelti in base alla tipologia di lavoro da effettuare ed utilizzati previa formazione ed addestramento, conformi alle seguenti norme:

- UNI 11578:2015 - Dispositivi di ancoraggio per installazioni permanenti

- UNI 11560:2022 - Sistemi di ancoraggio permanenti in copertura
- UNI 11158:2015 - Sistemi di arresto caduta
- UNI EN 341:2011 - Dispositivi di discesa
- UNI EN 353-1:2018 - Dispositivi di caduta di tipo guidato con linea di ancoraggio rigida
- UNI EN 353-2:2003 - Dispositivi di caduta di tipo guidato con linea di ancoraggio flessibile
- UNI EN 354:2010 - Cordini
- UNI EN 355:2003 - Assorbitori di energia
- UNI EN 358:2019 - Cinture e cordini di posizionamento sul lavoro o trattenuta
- UNI EN 360:2003 - Dispositivi anticaduta di tipo retrattile
- UNI EN 361:2003 - per il corpo
- UNI EN 363:2019 - Sistemi individuali per la protezione contro le cadute
- UNI EN 795:2012 - Dispositivi di ancoraggio
- UNI EN 813:2008 - Cinture con cosciali
- UNI EN 12841:2007 - Sistemi di accesso con fune e dispositivi di regolazione della fune
- UNI EN 1891:2001 - Corde con guaina a basso coefficiente di allungamento

- per quanto riguarda l'elmetto di protezione sarà utilizzato, per facilitare le operazioni di trasporto e logistica, un elmetto adatto per attività di torrentismo, che rispetta la norma UNI EN 1385:2012.

ZONA ROSSA (Tab. 2)

Entrando in zona rossa permane il rischio di SCIVOLAMENTO e INCIAMPO, questi rischi sono stati valutati insieme al rischio di IPOTERMIA, quando si è a contatto con l'acqua, che ha una temperatura più bassa di quella del corpo umano, ne assorbe il calore, sono state quindi identificate calzature da torrentismo, che hanno la particolarità di essere idrorepellenti, con suola antiscivolo, senza puntale e con la protezione dei lacci per evitare il rischio di INCAGLIAMENTO, che rispettano la norma UNI EN ISO 20347:2022 (requisiti di base e supplementari per le calzature da lavoro per usi generali).

Quando in zona rossa vengono utilizzate attrezzature l'operatore è soggetto al rischio di MOVIMENTAZIONE MANUALE DEI CARICHI, sono quindi utilizzati guanti che rispettino la norma UNI EN 388:2019 per la protezione meccanica e resistenti all'abrasione.

In zona rossa è sempre presente, per definizione, il rischio di ANNEGAMENTO, deve essere utilizzato il giubbotto di aiuto al

galleggiamento con svincolo rapido, che presenta requisiti diversi dal giubbotto di salvataggio, in quanto assicura di restare con la testa fuori dall'acqua permettendo all'operatore di nuotare per raggiungere la sponda del fiume, conforme alla norma UNI



Figura 21 - Giubbotto aiuto al galleggiamento

EN ISO 12402-5:2021 (Dispositivi individuali di galleggiamento - Parte 5: Aiuti al galleggiamento (livello 50) - Requisiti di sicurezza), gli accessori da aggiungere per il presente rischio sono: fischietto, cesoie e sagola da lancio.

Il contatto con acqua espone gli operatori ai rischi di IPOTERMIA, in quanto l'acqua avendo una temperatura più bassa di quella del corpo umano ne assorbe il calore, CHIMICO e BIOLOGICO, poiché non si ha la possibilità di effettuare delle analisi dell'acqua al momento, quindi l'operatore dovrà utilizzare le calzature da torrentismo UNI EN ISO 20347:2022 in aggiunta ai waders (da utilizzare tassativamente con un



Figura 22 - Idrocostume

sistema di tenuta ermetica nella parte alta, per evitare il rischio che si riempiano d'acqua) o, in alternativa, l'idrocostume, più adatto in presenza di basse temperature, conforme alla norma UNI

EN 14225-2:2018 (Tute per immersione - Parte 2: Tute stagne - Requisiti e metodi di prova).

Lavorando in zona rossa è presente il rischio di COLLISIONE DEL CAPO con detriti, corpi galleggianti, ostacoli, sarà quindi utilizzato un elmetto adatto per attività di torrentismo, che rispetta la norma UNI EN 1385:2012 (Elmetti per canoa-kayak e sport in acque torrentizie).

Lo stesso elmetto sarà utilizzato anche per il rischio di CADUTA DI OGGETTI DALL'ALTO quando si lavora sotto i ponti.

I rischi ambientali ai quali sono soggetti gli operatori derivano sia dall'ambiente impervio che dal clima; per contrastare il rischio di PUNTURE DI INSETTI, MORSI DI VIPERA, ZECCHIE si necessitano di pantaloni lunghi da lavoro che rispettano la norma UNI EN ISO 13688:2022 (Indumenti di protezione - Requisiti generali) e di repellente per insetti (in formato spray, crema o salviette); i fattori climatici espongono gli addetti alle misure di portata a RADIAZIONI SOLARI, devono quindi essere forniti occhiali da sole, secondo la norma UNI EN 1836:2008 (Protezione personale degli occhi - Occhiali da sole e filtri per la protezione contro le radiazioni solari per uso generale e filtri per l'osservazione diretta del sole) e crema solare con almeno SPF 30, in caso di MICROCLIMA FREDDO devono essere utilizzati indumenti quali giubbotto, pile, pantaloni lunghi e calze

tecniche che rispettano la norma UNI EN 342:2018 (Indumenti di protezione - Completi e capi di abbigliamento per la protezione contro il freddo), in quanto si possono utilizzare sotto l'idrocostume.

In zona rossa è molto pericoloso, e quindi vietato, essere agganciati ad una corda; quindi, non possono essere effettuati lavori in quota su fune.

Tab. 1 – FUORI ZONA ROSSA			
RISCHIO	DPI	NORMA DPI	NOTE
SCIVOLAMENTO/INCIAMPO	Calzature di sicurezza - Scarpe alte S3 WR	UNI EN ISO 20345: 2022	Scelta tra i 2 a discrezione dell'addetto
	Calzature di sicurezza - Stivali S5	UNI EN ISO 20345: 2022	
IPOTERMIA – CHIMICO/BIOLOGICO (lavoro in acqua)	Calzature di sicurezza - Stivali S5	UNI EN ISO 20345: 2022	Scelta tra i 2 a discrezione dell'addetto
	Calzature da lavoro - Scarpe da torrentismo	UNI EN ISO 20347: 2022	
MOVIMENTAZIONE CARICHI	Calzature di sicurezza - Scarpe alte S3 WR	UNI EN ISO 20345: 2022	Scelta tra i 2 a discrezione dell'addetto
	Calzature di sicurezza - Stivali S5	UNI EN ISO 20345: 2022	
	Guanti di protezione contro rischi meccanici	UNI EN 388:2019	Resistenti all'abrasione
CADUTA OGGETTI DALL'ALTO	Elmetti per canoa-kayak e sport in acque torrentizie	UNI EN 1385:2012	-
CADUTA DALL'ALTO	Elmetti per canoa-kayak e sport in acque torrentizie	UNI EN 1385:2012	-
	Dispositivi di ancoraggio per installazioni permanenti	UNI 11578:2015	Elenco completo di tutti i DPI per effettuare lavori in quota su fune, da valutare la necessità di utilizzo
	Sistemi di ancoraggio	UNI 11560:2022	

Tab. 1 – FUORI ZONA ROSSA			
RISCHIO	DPI	NORMA DPI	NOTE
	permanenti in copertura		in base alla tipologia di lavoro effettuato
	Sistemi di protezione individuale delle cadute	UNI 11158:2015	
	Dispositivi di caduta di tipo guidato con linea di ancoraggio rigida	UNI EN 353-1:2018	
	Dispositivi di caduta di tipo guidato con linea di ancoraggio flessibile	UNI EN 353-2:2003	
	Cordini	UNI EN 354:2010	
	Assorbitori di energia	UNI EN 355:2003	
	Cinture e cordini di posizionamento sul lavoro o trattenuta	UNI EN 358:2019	
	Dispositivi anticaduta di tipo retrattile	UNI EN 360:2003	
	Imbracature per il corpo	UNI EN 361:2003	
	Sistemi individuali per la protezione contro le cadute	UNI EN 363:2019	
	Dispositivi di ancoraggio	UNI EN 795:2012	
	Cinture con cosciali	UNI EN 813:2008	

Tab. 1 – FUORI ZONA ROSSA			
RISCHIO	DPI	NORMA DPI	NOTE
	Sistemi di accesso con fune - dispositivi di regolazione della fune	UNI EN 12841:2007	
	Corde con guaina a basso coefficiente di allungamento	UNI EN 1891:2001	
LAVORI SU STRADA	Indumenti ad alta visibilità - Gilet	UNI EN ISO 20471:2017	-
PUNTURE INSETTI / MORSI VIPERA, ZECCHIE ALTRO...	Indumenti di protezione - Pantaloni lunghi	UNI EN ISO 13688:2022	-
	Repellente insetti	CE	-
RADIAZIONI SOLARI	Crema solare	CE	SPF>30 - valutare la necessità
	Protezione personale degli occhi - Occhiali da sole	UNI EN 1836:2008	Valutare la necessità
	Cappello	/	Valutare la necessità
MICROCLIMA FREDDO	Completi e capi di abbigliamento per la protezione contro il freddo - Giubbotto	UNI EN 342:2018	Se si lavora in strada anche alta visibilità UNI EN ISO 20471:2017 o con sopra gilet AV - valutare la necessità
	Completi e capi di abbigliamento per la protezione contro il freddo - Pile	UNI EN 342:2018	Valutare la necessità
	Completi e capi di abbigliamento	UNI EN 342:2018	Valutare la necessità

Tab. 1 – FUORI ZONA ROSSA			
RISCHIO	DPI	NORMA DPI	NOTE
	per la protezione contro il freddo - Pantaloni lunghi		
	Completi e capi di abbigliamento per la protezione contro il freddo - Calza tecnica	UNI EN 342:2018	Valutare la necessità

Tab. 2 – ZONA ROSSA			
RISCHIO	DPI	NORMA DPI	NOTE
SCIVOLAMENTO / INCIAMPO	Calzature da lavoro - Scarpe da torrentismo	UNI EN ISO 20347: 2022	-
MOVIMENTAZIONE CARICHI	Guanti di protezione contro rischi meccanici	UNI EN 388:2019	Valutare la necessità
ANNEGAMENTO	Dispositivi individuali di galleggiamento - Giubbotto aiuto al galleggiamento	UNI EN ISO 12402-5:2021	svincolo rapido + accessori: fischietto, cesoie, sagola da lancio
IPOTERMIA – CHIMICO/BIOLOGICO (lavoro in acqua)	Calzature da lavoro - Scarpe da torrentismo	UNI EN ISO 20347: 2022	-
	Waders	/	Da utilizzare con meccanismo di tenuta ermetica in vita
	Tute per immersione - Idrocostume	UNI EN 14225-2:2018	Valutare la necessità
CADUTA OGGETTI DALL'ALTO	Elmetti per canoa-kayak e sport in acque torrentizie	UNI EN 1385:2012	-
COLLISIONE DEL CAPO IN ALVEO (DETRITI, CORPI GALLEGGIANTI, OSTACOLI)	Elmetti per canoa-kayak e sport in acque torrentizie	UNI EN 1385:2012	-
PUNTURE INSETTI / MORSI VIPERA, ZECCHIE ALTRO...	Indumenti di protezione - Pantaloni lunghi	UNI EN ISO 13688:2022	-
	Repellente insetti	CE	-

Tab. 2 – ZONA ROSSA			
RISCHIO	DPI	NORMA DPI	NOTE
RADIAZIONI SOLARI	Crema solare	CE	SPF>30 - valutare la necessità
	Protezione personale degli occhi - Occhiali da sole	UNI EN 1836:2008	Valutare la necessità
MICROCLIMA FREDDO	Completi e capi di abbigliamento per la protezione contro il freddo - Giubbotto	UNI EN 342:2018	Valutare la necessità
	Completi e capi di abbigliamento per la protezione contro il freddo - Pile	UNI EN 342:2018	Valutare la necessità
	Completi e capi di abbigliamento per la protezione contro il freddo - Pantaloni lunghi	UNI EN 342:2018	Valutare la necessità
	Completi e capi di abbigliamento per la protezione contro il freddo - Calza tecnica	UNI EN 342:2018	Valutare la necessità

FORMAZIONE

Sono stati individuati 4 corsi di formazione già presenti ed attivi ai quali sottoporre gli operatori e gli argomenti necessari per la realizzazione di un corso ad hoc per gli addetti alle misure di portata.

- LAVORI IN QUOTA SU FUNE

Tale corso prevede una formazione totale di 32 ore, divisa in modulo base (12 ore) e modulo A (20 ore), con aggiornamento almeno quinquennale di 8 ore.

La suddetta formazione è obbligatoria per effettuare lavori in quota su fune e prevede i seguenti argomenti:

Modulo base teorico-pratico - Presentazione di attrezzature e DPI (12 ore)

- Normativa generale in materia di igiene e sicurezza del lavoro con particolare riferimento ai cantieri edili ed ai lavori in quota.
- Analisi e valutazione dei rischi più ricorrenti nei lavori in quota (rischi ambientali, di caduta dall'alto e sospensione, da uso di attrezzature e sostanze particolari, ecc.).
- DPI specifici per lavori su funi.
- Classificazione normativa e tecniche di realizzazione degli ancoraggi e dei frazionamenti.
- Illustrazione delle più frequenti tipologie di lavoro con funi,

suddivisione in funzione delle modalità di accesso e di uscita dalla zona di lavoro.

- Tecniche e procedure operative con accesso dall'alto, di calata o discesa su funi e tecniche di accesso dal basso (fattore di caduta).
- Rischi e modalità di protezione delle funi (spigoli, nodi, usura).
- Organizzazione del lavoro in squadra, compiti degli operatori e modalità di comunicazione.
- Elementi di primo soccorso e procedure operative di salvataggio: illustrazione del contenuto del kit di recupero e della sua utilizzazione.

Modulo specifico pratico per l'accesso e il lavoro in sospensione (20 ore)

- Movimento su linee di accesso fisse (superamento dei frazionamenti, salita in sicurezza di scale fisse, tralicci e lungo funi).
- Applicazione di tecniche di posizionamento dell'operatore.
- Accesso in sicurezza ai luoghi di realizzazione degli ancoraggi.
- Realizzazione di ancoraggi e frazionamenti su strutture artificiali o su elementi naturali (statici, dinamici, ecc.).
- Esecuzione di calate (operatore sospeso al termine della fune) e discese (operatore in movimento sulla fune già distesa o portata al

seguito), anche con frazionamenti.

- Esecuzione di tecniche operative con accesso e uscita situati in alto rispetto alla postazione di lavoro (tecniche di risalita e recupero con paranchi o altre attrezzature specifiche).
- Esecuzione di tecniche operative con accesso e uscita situati in basso rispetto alla postazione di lavoro (posizionamento delle funi, frazionamenti, ecc.).
- Applicazione di tecniche di sollevamento, posizionamento e calata dei materiali.
- Applicazione di tecniche di evacuazione e salvataggio.

- **PREPOSTI ALLA SORVEGLIANZA LAVORO SU FUNI**

Tale corso è destinato ai lavoratori che abbiano frequentato un corso di formazione per lavori su funi, ha la durata di 8 ore, con aggiornamento almeno quinquennale di 4 ore, trattando i seguenti argomenti:

- Criteri di valutazione delle condizioni operative e dei rischi presenti sui luoghi di lavoro.
- Criteri di scelta delle procedure e delle tecniche operative in relazione alle misure di prevenzione e protezione adottabili.
- Organizzazione dell'attività di squadra anche in relazione a macchine e attrezzature utilizzate ordinariamente e cenni di

sicurezza nell'interazione con mezzi d'opera o attività di elitransporto.

- Modalità di scelta e controllo degli ancoraggi, uso dei DPI e corrette tecniche operative.
- Modalità di verifica dell'idoneità e buona conservazione (giornaliera e periodica) dei DPI e delle attrezzature e responsabilità.
- Ruolo dell'operatore con funzione di sorveglianza dei lavori nella gestione delle emergenze.

- **RLS – Remote Life Support**

Si tratta di un corso della durata di 16 ore tenuto secondo gli standard dell'International Wilderness Medicine (IWMS-standard internazionali di medicina in ambienti selvaggi).

RLS prepara il discente alla gestione delle emergenze mediche in situazioni estreme, in ambienti remoti ed impervi, con ospedali lontani e scarsi mezzi di soccorso, con tecniche di contingenza ed evacuazione, trattando i seguenti argomenti:

- Basic Life Support (rianimazione cardio-polmonare, disostruzione).
- Primo Soccorso:
 - o Kit di primo soccorso.

- Ferite (pulizia, lavaggio, disinfezione, fasciatura ecc.).
- Emorragie (Tourniquet, trattamento, ecc.).
- Shock.
- Traumi osteo articolari (fratture, lussazioni, distorsioni, ecc.).
- Ustioni.
- Medicina Ambientale:
 - Ipotermia.
 - Ipertermia.
 - Mal di montagna.
 - Annegamento.
 - Fulmini.
- Problematiche legate ad animali pericolosi:
 - Vipere.
 - Insetti.
 - Ragni e scorpioni.
 - Animali marini.
- Altre situazioni di emergenza in ambiente impervio.

- **RESCUE3 – PRIMO SOCCORSO**

Il corso, della durata di 2 giorni, tratta i seguenti argomenti essenziali per coloro che lavorano in prossimità dei corsi d'acqua:

- Fondamenti di autosoccorso e di primo intervento nel soccorso fluviale.
- Caratteristiche dell'"acqua viva".
- Rischi del fiume.
- Rischi durante un'inondazione.
- Comportamenti da tenere in caso di caduta accidentale in acqua di sé stessi e dei colleghi di lavoro.

- ADDETTI ALLE MISURE DI PORTATA

Si propone infine la certificazione di un corso per gli addetti alle misure di portata fluviale, della durata di una giornata, che analizzi i rischi associati alle principali metodologie di misura, le tecniche e l'equipaggiamento più idoneo per effettuare il lavoro in sicurezza. Il programma dovrà includere quindi i seguenti argomenti:

- Metodo della diluizione salina.
- Tecniche di misura a guado con correntometri o velocimetri acustici doppler (ADV-FlowTracker).
- Tecniche di misura con profilatori acustici doppler (ADCP) montati su natante:
 - Natante trasportato a guado.
 - Natante trasportato da una sponda all'altra con corda.

- Natante posizionato e trasportato con teleferica.
- Natante posizionato e trasportato da un ponte con corda.
- Tecniche di misura con Radar mobile.
- Rilievi topografici con stazione totale scanner e GNSS.
- Dispositivi di Protezione Individuale.

10. CONCLUSIONI

Nel presente lavoro è stato effettuato uno studio per poter effettuare le misure di portata in alveo fluviale in sicurezza e sono stati valutati i rischi ai quali sono soggetti gli addetti. Con la presente tesi si vuole porre le basi per la redazione di linee guida finalizzate a standardizzare il lavoro di misurazione della portata fluviale, per quanto riguarda gli aspetti di sicurezza in ambito lavorativo, da parte della Protezione Civile della Regione Marche. Tale analisi sarà presentata a supporto del lavoro in corso di svolgimento nell'ambito del Tavolo Nazionale per i Servizi di Idrologia Operativa coordinato da ISPRA per una condivisione della metodologia tra le varie regioni ed enti territoriali. Tutt'ora non è ancora stato definito un protocollo o standard nazionale per gli operatori che operano in questo settore.

Le linee guida definiscono i Dispositivi di Protezione Individuale più idonei per questa attività specifica e i corsi di formazione che dovranno essere somministrati agli addetti alle misure di portata fluviale per lavorare in sicurezza.

I DPI sono stati definiti in base alla modalità di lavoro, ovvero divisi in due tipologie in base all'entrata in zona rossa o meno da parte dell'addetto. Un limite è stato riscontrato nella scelta dell'elmetto, che viene utilizzato per proteggersi dalla caduta di oggetti dall'alto quando

si lavora sotto i ponti, per le attività di lavoro in quota su fune e per la protezione del capo in attività in alveo; effettuate le dovute valutazioni si è riscontrato che il migliore da utilizzare è l'elmetto per attività di torrentismo (EN 1385:2012).

Per quanto riguarda la formazione sono stati proposti, in aggiunta a quelli obbligatori da normativa (lavoro in altezza su fune e preposto alla sorveglianza lavoro su funi) dei corsi per attività di soccorso in ambiente impervio e per il primo soccorso in ambiente fluviale.

Infine, è stata riscontrata l'assenza di un corso di formazione apposito per effettuare misure di portata; visto che l'addetto deve poter decidere la modalità di lavoro senza troppi vincoli, è stato proposto un nuovo corso di formazione che addestri gli operatori ad effettuare il lavoro in sicurezza, in base al metodo di misura utilizzato ed alle condizioni ambientali.

Tale proposta sarà valutata a livello nazionale con il supporto di altre regioni, le quali utilizzano anche metodologie diverse, in collaborazione con ISPRA e il Tavolo Nazionale per i Servizi di Idrologia Operativa. Fine ultimo di questo lavoro è quindi contribuire alla definizione e certificazione di un percorso di formazione per gli addetti alle misure di portata fluviale e a delle linee guida nazionali per effettuare misure di portata fluviale con metodologie e DPI condivisi.

11. BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

- Trigila A., Iadanza C., Bussetini M., Lastoria B. (2018) *Dissesto idrogeologico in Italia: pericolosità e indicatori di rischio* - Edizione 2018. ISPRA, Rapporti 287/2018
https://www.isprambiente.gov.it/files2018/pubblicazioni/rapporti/rapporto-dissesto-idrogeologico/Rapporto_Dissesto_Idrogeologico_ISPRA_287_2018_Web.pdf
- Ufficio stampa ISPRA (2022) *Arrivano primi segnali positivi per le coste italiane Dissesto idrogeologico: quasi il 94% dei comuni a rischio frane, alluvioni ed erosione costiera* - Roma, 7 marzo 2022
<https://www.isprambiente.gov.it/files2022/area-stampa/comunicati-stampa/comunicato-dissesto-2022.pdf>
- Lastoria B., Bussetini M., Mariani S., Piva F., Braca G., 2021: Rapporto sulle condizioni di pericolosità da alluvione in Italia e indicatori di rischio associati. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, Rapporti 353/21, Roma
https://www.isprambiente.gov.it/files2021/pubblicazioni/rapporti/rapporto_alluvioni_ispra_353_16_11_2021_rev2.pdf
- Trigila A., Iadanza C., Lastoria B., Bussetini M., Barbano A. - (2021) *Dissesto idrogeologico in Italia: pericolosità e indicatori di*

rischio - Edizione 2021. ISPRA, Rapporti 356/2021

https://www.isprambiente.gov.it/files2022/pubblicazioni/rapporti/rapporto_dissesto_idrogeologico_italia_ispra_356_2021_finale_web.pdf

- Decreto legislativo n. 49 del 23 febbraio 2010 e ss.mm.ii recante Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni.
- NOAA National Severe Storms Laboratory.
- http://www.idrologia.polito.it/didattica/Idrologia/2010/Torino/Misure/scale%20deflusso_mar08.pdf
- <https://www.isprambiente.gov.it/it/attivita/suolo-e-territorio/dissesto-idrogeologico/le-alluvioni>
- http://www.appenninosettentrionale.it/rep/UOM/UoM_Mar_pa_1_2.pdf
- <https://www.mase.gov.it/pagina/investimento-2-1-a-misure-la-gestione-del-rischio-di-alluvione-e-la-riduzione-del-rischio>
- <https://besafenet.net/it/hazards/floods/>
- <https://www.nssl.noaa.gov/education/svrwx101/floods/types/>
- <https://geologobarbero.it/quali-interventi-per-la-mitigazione-del-rischio-idrogeologico/>
- [https://www.isprambiente.gov.it/it/attivita/suolo-e-](https://www.isprambiente.gov.it/it/attivita/suolo-e-territorio/dissesto-idrogeologico/le-alluvioni)

territorio/dissesto-idrogeologico/misure-per-la-mitigazione-del-rischio-idrogeologico

- <https://it.wikipedia.org/>
- Manual on Stream Gauging - Volume I – Fieldwork – WMO-No. 1044
- NORMA ISO 748:2021: Hydrometry - Measurement of liquid flow in open channels – Velocity area methods using point velocity measurements
- NORMA ISO/TR 24578:2021: Hydrometry - Acoustic Doppler profiler - Method and application for measurement of flow in open channels from a moving boat
- NORMA ISO 9555-1:1994: Measurement of liquid flow in open channels — Tracer dilution methods for the measurement of steady flow — Part 1: General
- NORMA ISO 1100-2:2010: Idrometria - Misurazione del flusso di liquidi in canali aperti - Parte 2: Determinazione della relazione stadio-scarico
- NORMA ISO 18320:2020: Idrometria - Misurazione del flusso di liquidi in canali aperti - Determinazione del rapporto stadio-deflusso