

**ANALISI DELL'ESPOSIZIONE E DELLA VULNERABILITA' NELLE AREE
INTERESSATE DA RISCHIO DAM BREAK E RISCHIO IDRAULICO
A VALLE DOVUTO ALLE GRANDI DIGHE LOMBARDE**



Ricerca finanziata dalla Regione Lombardia – Direzione Generale Territorio e Protezione Civile sui temi della pianificazione di protezione civile relativa all'analisi del rischio nelle aree interessate dalla presenza di "grandi dighe" lombarde, ai fini di contrastare le situazioni di pericolo connesse con la propagazione delle onde di piena originate da manovre degli organi di scarico (Rischio idraulico a valle) ovvero dall'ipotetico collasso degli sbarramenti (Rischio diga), e alla salvaguardia e all'autoprotezione delle popolazioni esposte.

Responsabili del progetto:

Andrea Zaccone, Geologo

Dirigente Unità Organizzativa Protezione Civile

Massimo Noris, Dottore in scienze forestali

Dirigente Struttura Pianificazione e Volontariato di Protezione Civile

Referenti tecnici delle attività:

Antonella Belloni, Architetto; **Claudia Zuliani**, Geologo

Struttura Pianificazione e Volontariato di Protezione Civile

Responsabile scientifico:

Scira Menoni, Architetto

Politecnico di Milano

ha collaborato alla ricerca:

Veronica Gazzola, Ingegnere

Politecnico di Milano

Indice

Premessa	5
Capitolo 1	
Introduzione	6

PARTE 1 Elementi di contesto

Capitolo 2	
Indirizzi operativi per la gestione dell'emergenza e la prevenzione in territori a rischio diga.....	9
2.1 Il contesto nazionale: principali riferimenti normativi e strumenti in materia	9
2.1.1 La Direttiva Dighe – DPCM 8 luglio 2014	9
2.1.2 Il Documento di Protezione Civile (DPC)	10
2.1.3 Il Piano di Emergenza della Diga (PED)	14
2.1.4 Il Foglio di Condizioni per l'Esercizio e la Manutenzione (FCEM)	15
2.1.5 Il Progetto di Gestione dell'invaso	15
2.1.6 Il Programma triennale di aggiornamento dei Documenti di Protezione Civile	16
2.2 Esperienza di altre Regioni italiane	17
2.3 Cenni al panorama estero sulle procedure di protezione civile nei casi di emergenza dighe ...	20

Capitolo 3	
Le "grandi dighe" nel contesto territoriale della Regione Lombardia	23

Capitolo 4	
Sviluppo di linee Guida per la pianificazione di emergenza dighe	29
4.1 Struttura e principali contenuti di un PED	29
4.2 Metodologia di lavoro per la predisposizione e approvazione di un PED	34

PARTE 2 Casi di studio

Capitolo 5	
La Diga di Ponte Cola (BS)	40
5.1 Inquadramento territoriale e caratterizzazione tecnica della diga	40
5.2 Pericolosità territoriale.....	42
5.3 Evento storico di riferimento	43
5.4 Elementi rilevanti ai fini della pianificazione di emergenza diga	44
5.4.1 Scenari di riferimento	44

5.4.2 Strutture e infrastrutture potenzialmente coinvolte	47
5.4.3 Punti di presidio territoriale (idraulici e idrogeologici)	49
5.4.4 Aree di ammassamento dei soccorritori e delle risorse	50
 Capitolo 6	
La Diga di Pagnona (LC)	52
6.1 Inquadramento territoriale e caratterizzazione tecnica della diga	52
6.2 Pericolosità territoriale.....	53
6.3 Evento storico di riferimento	54
6.4 Elementi rilevanti ai fini della pianificazione di emergenza diga	55
6.4.1 Scenari di riferimento	55
6.4.2 Strutture e infrastrutture potenzialmente coinvolte	57
6.4.3 Punti di presidio territoriale (idraulici e idrogeologici)	57
6.4.4 Aree di ammassamento dei soccorritori e delle risorse	58
 Capitolo 7	
La Traversa di Lago d'Idro (BS)	60
7.1 Inquadramento territoriale e caratterizzazione tecnica della diga	60
7.2 Pericolosità territoriale.....	62
7.3 Elementi rilevanti ai fini della pianificazione di emergenza diga	62
7.3.1 Scenari di riferimento	62
 Capitolo 8	
La Diga di Isola Serafini (PC)	67
8.1 Inquadramento territoriale e caratterizzazione tecnica della diga	67
8.2 Pericolosità territoriale.....	68
8.3 Elementi rilevanti ai fini della pianificazione di emergenza diga	69
8.3.1 Scenari di riferimento	69
 Capitolo 9	
Conclusioni	71
 Allegati	
Allegati	77
Riferimenti bibliografici, normativi e sitografici	79
Acronimi	82
Indice figure e tabelle	83

Premessa

Per l'anno 2019-2020, Regione Lombardia ha sottoscritto con il Politecnico di Milano (Dipartimento di Architettura e Studi Urbani, DASTU) un rapporto di collaborazione finalizzato al supporto e allo sviluppo di studi e ricerche relativamente all'analisi del rischio nelle aree in cui sono presenti le "grandi dighe" lombarde ai fini della pianificazione di protezione civile per contrastare situazioni di pericolo connesse con la propagazione delle onde di piena originate dall'ipotetico collasso (Rischio Diga) o da manovre degli organi di scarico (Rischio idraulico a valle) degli sbarramenti e sviluppare misure per fronteggiare queste situazioni di emergenza mediante allertamento, misure di salvaguardia anche preventive, assistenza e soccorso della popolazione.

Con lo specifico obiettivo di diffondere e promuovere la cultura di protezione civile, il presente report raccoglie gli esiti del lavoro di ricerca svolto, presentando e caratterizzando struttura dei contenuti e metodologia operativa proposti per la redazione di specifici piani da utilizzare in aree a Rischio diga o Rischio idraulico a valle.

Partendo da una breve introduzione sul tema della sicurezza in territori in cui sono presenti dighe (Capitolo 1), vengono approfonditi e caratterizzati i principali riferimenti normativi e strumenti che alla scala nazionale attualmente sono di riferimento in materia di gestione dell'emergenza e prevenzione in ambiti territoriali a "rischio diga" (Capitolo 2). Secondo tale normativa, per ogni "grande diga" deve essere predisposto un Piano di Emergenza Diga (PED) su base regionale contenente in ottica preventiva sia scenari di rischio che permettono di costruire una sintetica rappresentazione quali-quantitativa dei danni e delle perdite che si possono verificare in uno specifico contesto a "rischio diga", che strategie operative e modello di intervento da attuare in caso di situazioni di crisi. Sulla base del Programma triennale di aggiornamento dei Documenti di Protezione Civile (DPC) del Ministero Infrastrutture e Trasporti, è previsto che Regione Lombardia debba redigere 77 PED di cui 8 in priorità 1 (Capitolo 3). L'esperienza diretta di studio maturata nell'ambito di specifici contesti lombardi in cui sono presenti "grandi dighe" (Capitolo 5-6) ha permesso di trarre molteplici indicazioni quali reali opportunità e difficoltà da considerare nella predisposizione di un PED, soprattutto con particolare riguardo agli aspetti di coordinamento tra i diversi strumenti di pianificazione e di collaborazione degli Enti e delle autorità interessate in materia di protezione civile, gestione e governo sostenibile del territorio ai diversi livelli; all'attuale livello di aggiornamento degli studi teorici e delle simulazioni idrauliche che risultano datati e non tengono conto delle reali dinamiche territoriali e di conseguenza all'importanza di disporre di dati e di informazioni sui reali effetti che si sono verificati nel territorio a seguito di alcuni eventi storici significativi (Capitolo 7). Sulla base di quanto appreso sono state quindi formulate delle proposte per la pianificazione di emergenza dighe da considerare nella predisposizione e approvazione di un Piano di Emergenza Diga nonché dei diversi scenari di evento date le caratteristiche e le dinamiche dei territori a valle (Capitolo 4).

Capitolo 1

Introduzione

Da sempre le dighe sono considerate importanti infrastrutture strategiche per la gestione e l'uso sostenibile delle risorse idriche nei diversi ambiti di utilizzo (civile, energetico, agricolo e zootecnico, industriale); questo sarà ancor più vero nel futuro prossimo quando si verificheranno sempre maggiori richieste di acqua dolce in conseguenza dell'aumento della popolazione mondiale e l'accentuarsi delle variabilità climatiche con l'acuirsi dei periodi di siccità e carenza idrica e dei fenomeni delle precipitazioni intense con gli annessi fenomeni di alluvionamento, sia nelle aree urbane che in quelle rurali (Commissione Internazionale delle Grandi Dighe, ITCOLD). Le dighe permettono - accumulando acqua durante eventi meteorici importunanti per poi rilasciarla più gradatamente nel tempo - di controllare la regolazione dei livelli idrici massimi dei fiumi e dei corsi d'acqua più importanti, evitando così inondazioni ed alluvioni a valle a seguito di eventi piovosi intensi.

Dall'inizio del XX secolo ad oggi, la costruzione di sbarramenti artificiali è stata soprattutto conseguenza di cambiamenti socio-economici legati ai processi dell'industrializzazione; in Italia, gli anni tra le due guerre mondiali (1920-1940) e il periodo post bellico (1950-1970) hanno in particolare rappresentato le fasi temporali di maggior intensità del processo realizzativo di nuove dighe, la maggior parte delle quali oggi ha ampiamente superato la propria "vita utile", stimata in 50-60 anni. Attualmente in conseguenza della mancanza di siti favorevoli per vincoli legati all'intesa antropizzazione del territorio, alle problematiche di impatto ambientale relative opposizioni, alle difficoltà finanziarie associate ai lunghi tempi di ritorno degli investimenti nei settori idrico e idroelettrico, la costruzione di nuove dighe nei paesi più industrializzati è un fatto molto raro.

Sono soprattutto gli aspetti legati alla sicurezza e agli impatti ambientali nei territori in cui si localizzano, a mettere in risalto il tema delle dighe considerate sempre più spesso negativamente per gli effetti "nocivi" e "distruttivi" che possono determinare sull'ambiente. Nel corso del secolo scorso, numerose sono state le catastrofi che hanno coinvolto territori a valle di dighe; i nomi di Gleno, Vajont, Molare, Val di Stava - per citare i più noti - si associano in Italia a eventi disastrosi con danni ingenti e centinaia di morti che si sono verificati prevalentemente in conseguenza della mancanza e inadeguatezza dei controlli tecnici e delle norme di gestione del territorio, nonché della scarsa cura per l'ambiente.

In generale, il rischio legato alla presenza, in un determinato territorio, di invasi ("rischio diga"), è legato alle eventuali alluvioni delle zone di valle determinate da:

- possibili collassi o cedimenti delle strutture principali o accessorie degli sbarramenti artificiali (fenomeno accidentale/incontrollato);
- da manovre dei relativi organi di scarico in concomitanza o meno di eventi alluvionali legati ad eventi meteorologici (fenomeno controllato).

Pur annoverato tra i "rischi antropici", il "rischio diga" presenta diverse analogie (anche normative) con il "rischio meteo-idrogeologico e idraulico".

Partendo dall'attenzione posta anche a livello europeo e nazionale sulla Protezione delle Infrastrutture Critiche (Direttiva Europea sulla identificazione e designazione delle IC Europee del 5 giugno 2008) e come definito dal Decreto Legislativo del 2 gennaio 2018, n. 1 "Codice della Protezione Civile", il Servizio nazionale della protezione civile svolge funzioni di protezione civile volte a tutelare la vita, l'integrità fisica, i beni, gli insediamenti, gli animali e l'ambiente dai danni anche derivanti dal "rischio diga". Si intendono attività di protezione civile quelle volte alla "previsione", "prevenzione e mitigazione dei rischi", alla "gestione delle emergenze" e al loro superamento (D. Lgs. 1/2018, art. 2).

Le attività di "previsione" sono finalizzate allo studio del territorio, all'analisi del rischio territoriale e delle sue componenti in base anche agli eventi storici rilevanti, al preannuncio e sorveglianza degli eventi mediante monitoraggio. Ogni sbarramento artificiale può essere soggetto a un duplice tipo di pericolo: il pericolo connesso agli eventi naturali (precipitazioni, frane, scosse sismiche) e al pericolo strutturale/artificiale, connesso alla solidità del manufatto e all'adeguato utilizzo dell'invaso. Il "rischio diga" può essere quindi determinato dal collasso dello sbarramento, per ragioni strutturali o indotte da fenomeni esterni, come frane o terremoti; dall'apertura degli scarichi determinata dalla necessità di alleggerire il bacino o regolarne comunque il volume; precipitazioni o fenomeni di scioglimento neve che siano in grado di riversare nel bacino una massa di acqua superiore al volume che esso può contenere o smaltire; eventi franosi che interessino i versanti del bacino, riversando al suo interno masse di materiali con conseguente innalzamento o tracimazione dell'invaso.

La crescente consapevolezza che l'impatto di eventi disastrosi che possono provocare vari gradi di danneggiamento in un territorio e sulle comunità che lo abitano può essere ridotto rafforzando la loro capacità di risposta a situazioni di crisi, rende fondamentale considerare la pianificazione di opportune attività e procedure finalizzate a organizzare tali sistemi sociali, economici e ambientali per renderli preparati in caso di crisi (*Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030*). Le attività di "prevenzione" (strutturali e non strutturali) sono volte alla riduzione delle possibilità che si verifichino danni a seguito di un evento, anche grazie alle conoscenze acquisite tramite studi di previsione. La pianificazione di protezione civile ai diversi livelli territoriali è l'attività di prevenzione non strutturale, basata sulle attività di previsione e, in particolare, di identificazione degli scenari (D. Lgs. 1/2018, art. 18).

Attualmente il concetto di "pianificazione d'emergenza" deve essere inteso come l'insieme di strategie e azioni messe in atto per mitigare gli impatti negativi dei rischi in un territorio, aiutando le comunità ad affrontare e superare eventuali situazioni di emergenza (Menoni, 2013). Se fino agli anni Novanta i piani di emergenza erano soprattutto finalizzati a organizzare uomini, mezzi e procedure per fronteggiare possibili rischi, oggi si predilige un nuovo approccio che modifica il concetto tipicamente interventistico del soccorso e attribuisce alle diverse Autorità pubbliche e soggetti a vario titolo coinvolti, un ruolo più attivo in merito alla previsione e prevenzione del rischio, nonché all'attuazione delle misure necessarie per mitigarne le conseguenze. Inoltre, per la complessa natura dei cambiamenti che si possono verificare in un ambiente, la pianificazione d'emergenza è da intendersi come un processo operativo (Perry e Lindell, 2003) dotato di struttura dinamica i cui contenuti devono essere aggiornati costantemente sia durante il periodo ordinario (o tempo di pace) che in considerazione di lezioni apprese nel tempo (a seguito per esempio di emergenze e/o periodiche esercitazioni). In questo processo è richiesto un

approfondito livello di conoscenza relativa non solamente (come avveniva invece in passato) alla disponibilità di mezzi e risorse disponibili localmente da utilizzare in momenti di crisi per il soccorso alle popolazioni ma anche riguardo agli eventuali fattori di rischio presenti in un territorio e degli specifici caratteri di pericolosità, vulnerabilità, esposizione e resilienza.

Sono allora riconosciute quali parti fondamentali della pianificazione di emergenza:

- A. L'“inquadramento territoriale” in cui sono raccolte le principali informazioni sugli elementi caratterizzanti il territorio oggetto di pianificazione (i.e. assetto fisico, regime meteo-climatico, insediamento antropico, dotazione infrastrutturale, principali rischi naturali e antropici, etc.).
- B. La “definizione di scenari di rischio” che permettono di costruire una sintetica rappresentazione quali-quantitativa dei danni e delle perdite che si possono verificare in uno specifico contesto in conseguenza di un evento pericoloso. Oltre che strumento orientato all'assunzione di decisioni finalizzate alla gestione di emergenze con attività di tipo specialistico, organizzativo e collettivo, lo scenario di rischio può essere finalizzato (se opportunamente concepito, rappresentato e comunicato) anche all'assunzione di decisioni di livello individuale, familiare o comunitario, da tradurre nell'adozione delle più efficaci azioni di autoprotezione che possono essere consapevolmente intraprese.
- C. Il “modello di intervento” che consiste nell'organizzazione della risposta operativa per la gestione dell'emergenza in caso di evento calamitoso previsto o in atto. Il modello d'intervento include anche le attività di “allertamento” per l'emanazione dei livelli di allerta necessari all'attivazione del sistema di emergenza; il “sistema di coordinamento” che regola il flusso delle comunicazioni ai diversi livelli territoriali (comunali, provinciali, regionali, nazionali) e le “procedure operative” relative alle azioni che i soggetti coinvolti nella gestione dell'emergenza devono porre in essere (ai diversi livelli di coordinamento) per fronteggiarla. Dal momento che le attività previste nella pianificazione di emergenza devono essere compatibili con le risorse effettivamente disponibili in termini di risorse (uomini, materiali e mezzi), il modello di intervento deve essere tale da garantire la sostenibilità e attuabilità del piano di emergenza.

Nel caso specifico di “rischio diga”, la suddivisione nelle sopradefinite sezioni di “inquadramento territoriale”, “definizione di scenari di rischio” e “modello di intervento” viene assunta al fine di omogeneizzare il metodo di pianificazione d'emergenza che, per la gestione degli effetti derivanti da eventi di diversa natura e gravità, deve di fatto però adattarsi alla realtà territoriale di riferimento (regionale, provinciale/città metropolitana/area vasta, di ambito e comunale).

PARTE PRIMA

Elementi di contesto

Capitolo 2

Indirizzi operativi per la gestione dell'emergenza e la prevenzione in territori a rischio diga

2.1 Il contesto nazionale: principali riferimenti normativi e strumenti in materia

La normativa italiana sulle dighe di ritenuta risulta particolarmente complessa. Al fianco di norme di legge di carattere generale (regolamentare e amministrativo) e di norme tecniche di dettaglio, si pongono numerose altre disposizioni che disciplinano l'attività dell'Autorità tutoria nazionale (prima Servizio Nazionale Dighe, poi Registro Italiano Dighe, oggi Direzione Dighe del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti) o che impartiscono direttive di tutela ambientale o ai fini di protezione civile.

Oltre alle caratteristiche funzionali di uno sbarramento che lo possono annoverare o meno tra le opere soggette alle disposizioni di legge sulla costruzione e sull'esercizio degli sbarramenti di ritenuta (dighe e traverse) (Decreto Min. II.TT. 26 giugno 2014), risultano rilevanti per la normativa italiana anche le dimensioni dello sbarramento, in particolare l'altezza e il volume di invaso. Tali dimensioni inquadrano una diga come "grande" o "piccola", assegnandone la competenza (per quanto attiene alla vigilanza sulla progettazione, esecuzione ed esercizio da parte dei concessionari) allo Stato o alle Regioni e Province autonome. In particolare, la Legge 21 ottobre 1994, n. 584 prevede che rientrino nella competenza dello Stato (e dunque del Servizio Nazionale Dighe, oggi Direzione Dighe del MIT) *"le opere di sbarramento, dighe di ritenuta o traverse che superano 15 metri di altezza o che determinano un volume di invaso superiore a 1'000'000 di metri cubi"*; invece, rientrano nella competenza delle Regioni e delle Province autonome di Trento e Bolzano *"gli sbarramenti che non superano i 15 metri di altezza e che determinano un invaso non superiore a 1'000'000 di metri cubi"*. Nel primo caso si parla di "grandi dighe", nel secondo di "piccole dighe".

Nell'ambito del presente lavoro di ricerca, vengono approfonditi e caratterizzati i principali riferimenti normativi e strumenti che alla scala nazionale attualmente sono di riferimento in materia di gestione dell'emergenza e prevenzione in ambiti territoriali in cui sono presenti "grandi dighe".

2.1.1 La Direttiva Dighe – DPCM 8 luglio 2014

La Direttiva Presidente del Consiglio dei Ministri 8 luglio 2014, *"Indirizzi operativi inerenti all'attività di protezione civile nell'ambito dei bacini in cui siano presenti grandi dighe"*, aggiorna ed integra, rispetto al quadro normativo previgente (Circolari Min. LL.PP. 28 agosto 1986, n. 1125 e 4

dicembre 1987, n. 352, e dalle successive Circolari P.C.M. 13 dicembre 1995, n. DSTN/2/22806 e 19 marzo 1996, n. DSTN/2/7019), le procedure e le attività di gestione dell'emergenza finalizzate alla sicurezza delle dighe e dei territori a valle. In particolare, essa intende:

- stabilire le condizioni di attivazione delle fasi di allerta;
- definire le azioni conseguenti all'attivazione delle fasi di allerta medesime;
- stabilire i legami funzionali e procedurali tra i vari soggetti coinvolti;
- individuare i soggetti istituzionalmente preposti alla predisposizione dei piani di emergenza delle dighe.

Di fatto, le disposizioni della Direttiva Dighe DPCM 8 luglio 2014 si attuano attraverso la redazione di due distinti documenti: il Documento di Protezione Civile (DPC) e il Piano di Emergenza della Diga (PED). Il DPC costituisce il quadro di riferimento per la redazione del Piano di Emergenza relativo ai territori che possono essere interessati dagli effetti derivanti dalla presenza della diga. La revisione del DPC e il conseguente aggiornamento del relativo PED devono avvenire ogni qualvolta si verifichi un intervento sulla diga o sull'invaso (i.e. miglioramento idraulico e strutturale, limitazione dell'invaso, etc.) che vada di fatto a modificare i relativi dati tecnici.

2.1.2 Il Documento di Protezione Civile (DPC)

In accordo anche con quanto indicato nel relativo Foglio di Condizioni per l'Esercizio e la Manutenzione (FCEM) (§2.1.4), il DPC contiene di norma le seguenti informazioni:

- localizzazione, tipologia costruttiva, caratteristiche dimensionali e utilizzazione della diga;
- superficie del bacino idrografico direttamente sotteso e allacciato;
- quota massima di regolazione e di massimo invaso ed eventuale quota autorizzata se diversa da quella di massima regolazione;
- eventuali limitazioni di invaso per motivi di sicurezza;
- volume di laminazione proprio del serbatoio, ossia quello compreso tra la quota di massima di regolazione e la quota di massimo invaso;
- eventuali peculiarità costruttive o di esercizio aventi rilievo ai fini dell'applicazione del DPC;
- presenza di invasi artificiali a monte e a valle con indicazione dei rispettivi volumi di invaso e di laminazione;
- elenco delle Regioni, delle Province e dei Comuni i cui territori sono interessati dalle aree di allagamento conseguenti a manovre di apertura degli scarichi e a ipotetico collasso dello sbarramento;
- denominazione degli uffici e delle autorità competenti per l'applicazione del DPC e indicazione dei tempi e dei modi con cui il Gestore della diga informa i medesimi circa l'attivazione delle fasi di allerta e circa i rilasci della diga, i livelli di invaso e le manovre di scarico;
- indicazione dei modi con cui il Gestore della diga riceve – secondo le procedure di allerta regionali – gli avvisi di criticità idrogeologica e idraulica;
- rubrica telefonica.

Con l'obiettivo di ridurre e gestire il rischio idraulico a valle, il DPC deve altresì contenere riferimenti:

- al Piano di Laminazione (DPCM 27 febbraio 2004) ove previsto e adottato;
- alle portate massime scaricabili dagli organi di scarico alla quota di massimo invaso e alla portata massima transitabile in alveo a valle dello sbarramento contenuta nella fascia di pertinenza idraulica (Q_{max});
- ai valori della/e portata/e di "attenzione scarico diga" Q_{min} e delle soglie incrementali ΔQ .

Inoltre, il Documento di Protezione Civile (DPC) stabilisce - per ciascuna diga - le condizioni per l'attivazione del sistema di protezione civile e le comunicazioni e procedure tecnico-amministrative da attuare nel caso di:

- a) eventi, temuti o in atto, riguardanti l'impianto di ritenuta o una sua parte e rilevanti ai fini della sicurezza della diga e dei territori di valle (Rischio Diga);
- b) attivazione degli scarichi della diga con portate per l'alveo di valle che possono comportare fenomeni di onda di piena e rischio di esondazione (Rischio idraulico a valle).

Si verifica Rischio Diga al manifestarsi di fenomeni di collasso, anche parziali, o comunque alla comparsa di danni all'impianto di ritenuta o di fenomeni franosi che determinino il rilascio incontrollato di acqua o che inducano ragionevolmente a ipotizzare l'accadimento di un evento catastrofico, con rischio di perdite di vite umane o di ingenti danni. Rischio Diga può essere dichiarata anche per fenomeni che riguardano specifiche opere accessorie costituenti l'impianto di ritenuta (ad esempio la casa di guardia), ricorrendo i presupposti sopra indicati. Nello specifico, le principali cause associate al Rischio Diga sono:

- Apertura di una breccia sul manufatto (collasso parziale); il processo di svuotamento incontrollato dell'invaso può progressivamente aumentare le dimensioni della breccia, fino al totale collasso;
- Dissesti gravitativi e/o cedimenti direttamente incombenti sul manufatto o sul lago ad esso sotteso, tali da causare onde in grado di compromettere la stabilità della diga o tracimare il coronamento della stessa;
- Eventi sismici che, per magnitudo e distanza epicentrale, comportano la necessità di effettuare specifici controlli;
- Tracimazione incontrollata oltre il coronamento (NON attraverso gli scarichi di superficie). Lo straripamento è associato all'impossibilità di compensare le portate entranti con un adeguato volume di laminazione e/o con le portate uscenti degli appositi scarichi; in questo caso la diga non è più in grado di influire sulle condizioni di deflusso naturale del bacino (condizione potenzialmente verificabile durante significativi eventi meteorici).

Lo Scenario Rischio idraulico a valle fa riferimento alla movimentazione volontaria degli organi di scarico della diga con conseguenti rilasci di portate a valle. Tali operazioni possono essere svolte sia per motivi di normale esercizio e controlli imposti dall'autorità competente, sia in occasione di eventi di piena che richiedano l'apertura degli stessi allo scopo di non superare le quote di invaso imposte. Il Documento di Protezione Civile regola entrambe le casistiche, in presenza o in previsione di evento di piena ed in assenza di tali condizioni, dando specifiche indicazioni sul flusso comunicativo da attuare.

Per ciascun impianto di ritenuta, le condizioni per l'attivazione, da parte del gestore, delle fasi di allerta sono differenziate in relazione agli eventi temuti e allo stato della diga (in esercizio normale, limitato o sperimentale, fuori esercizio, in costruzione). Per Rischio Diga sono definite le fasi di "Preallerta", "Vigilanza Rinforzata", "Pericolo" e "Collasso"; per Rischio idraulico a valle sono invece definite le fasi di "Preallerta" e "Allerta" (Figura 1). Mentre in caso di Rischio Diga, le fasi di allerta sono definite dal raggiungimento di stati di sollecitazione sulla struttura, ovvero di stati limite, progressivamente più severi (per crescita del livello di invaso o per il verificarsi di eventi sismici) (Tabella 1), in caso di Rischio idraulico a valle le fasi di allerta sono definite dalle portate scaricate a valle (Tabella 2).

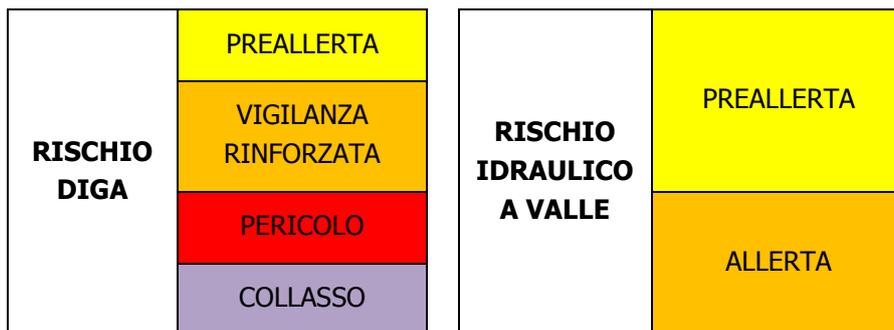


Figura 1 – Fasi di allerta per Rischio Diga e Rischio idraulico a valle.

FASI DI ALLERTA PER RISCHIO DIGA – Condizioni per l'attivazione		
PREALLERTA	Evento di piena	<p>DIGHE IN ESERCIZIO NORMALE: Avviso di criticità CFD (o comunque situazione ritenuta significata dal Gestore) + superamento della quota di massima regolazione (o, nei casi in cui la quota di massimo invaso coincida o sia di poco superiore alla quota massima di regolazione, necessità di aprire gli scarichi per mantenerla *).</p> <p>DIGHE IN ESERCIZIO LIMITATO O SPERIMENTALE: Avviso di criticità CFD (o comunque situazione ritenuta significata dal Gestore) + superamento della quota autorizzata (o necessità di aprire gli scarichi per mantenerla *).</p> <p>DIGHE IN COSTRUZIONE O FUORI ESERCIZIO TEMPORANEO: Avviso di criticità CFD (o comunque situazione ritenuta significata dal Gestore) + superamento di una prefissata soglia di invaso o di portata defluita/scaricata a valle.</p>
	Evento sismico	Sisma che, per magnitudo e distanza epicentrale (fonte INGV), comporti la necessità di specifici controlli secondo quanto stabilito dal FCEM o, in via generale dalla DGDighe (vedi Circola DG Dighe 8 novembre 2017, n. 25157).
VIGILANZA RINFORZATA	Evento di piena	DIGHE IN ESERCIZIO NORMALE: Temuto o presunto superamento della quota di massimo invaso o superamento di prefissate soglie di attivazione indicate nel DPC.
		DIGHE IN ESERCIZIO LIMITATO O SPERIMENTALE: Temuto o presunto superamento della quota massima raggiungibile in via straordinaria in caso di piena o superamento di prefissate soglie di attivazione indicate nel DPC.
	Altri scenari	<p>Osservazioni a vista o strumentali che facciano presumere o rilevino l'insorgere di anomali comportamenti dello sbarramento, della fondazione, delle opere accessorie o delle sponde del serbatoio, ovvero significativi malfunzionamenti degli organi di scarico.</p> <p>Sisma, allorché i controlli attivati in fase di preallerta evidenzino gli anomali comportamenti di cui sopra, ovvero danni "lievi o riparabili" che non comportino pericolo di rilascio incontrollato di acqua ovvero di compromissione delle funzioni di tenuta idraulica o di regolazione o della stabilità delle opere o delle sponde.</p>

		Ragioni previste nel piano dell'organizzazione della difesa militare o disposizione del Prefetto per esigenze di ordine pubblico o di difesa civile.
		Accadimento di altri eventi , anche di origine antropica, aventi conseguenze, anche potenziali, sulla sicurezza della diga.
PERICOLO	Evento di piena	DIGHE IN ESERCIZIO NORMALE: Superamento della quota di massimo invaso.
		DIGHE IN ESERCIZIO LIMITATO O SPERIMENTALE: Superamento della quota massima raggiungibile in via straordinaria in caso di piena.
		DIGHE IN COSTRUZIONE O FUORI ESERCIZIO TEMPORANEO: Superamento della quota massima raggiungibile in via straordinaria in caso di piena.
	Altri scenari	Filtrazioni, spostamenti, lesioni, movimenti franosi o altre manifestazioni interessanti lo sbarramento, le fondazioni, gli organi di scarico o altre parti dell'impianto di ritenuta, che facciano temere o presumere la compromissione della tenuta idraulica o della stabilità delle opere stesse, o comunque la compromissione delle funzioni di regolazione dei livelli di invaso.
		Sisma , allorché i controlli attivati nelle fasi precedenti evidenzino danni "severi o non riparabili" che, pur allo stato senza rilascio incontrollato di acqua, facciano temere, anche a causa della loro eventuale progressione, la compromissione delle funzioni di cui sopra.
		Movimenti franosi interessanti le sponde dell'invaso, ivi compresi i versanti sovrastanti, che possono preludere a formazioni di onde con repentini innalzamenti del livello di invaso.
COLLASSO	Fenomeni di collasso o comunque la comparsa di danni all'impianto di ritenuta o di fenomeni franosi che determinino il rilascio incontrollato di acqua o che inducano ragionevolmente a ipotizzare l'accadimento di un vento catastrofico, con rischio di perdite di vite umane o di ingenti danni. La fase di collasso può essere dichiarata anche per fenomeni che riguardano specifiche opere costituenti l'impianto di ritenuta, ricorrendo i presupposti predetti.	
Note - * Il Documento di Protezione Civile può stabilire, per particolari tipologie di sbarramenti, una soglia di portata scaricata al di sotto della quale non si attiva la fase di preallerta.		

Tabella 1 - Condizioni per l'attivazione delle fasi di allerta per Rischio Diga.
Fonte: MIT.

FASI DI ALLERTA PER RISCHIO IDRAULICO A VALLE – Condizioni per l'attivazione	
PREALLERTA	Avviso di criticità del CFD e conferma, da parte del CFD, delle condizioni di piena prevista o in atto + previsione (o inizio) di operazioni di scarico effettuate tramite apertura di paratoie a comando volontario o automatico , indipendentemente dal valore della portata.
ALLERTA	Portata complessivamente scaricata dalla diga, inclusi gli scarichi a soglia libera (e le portate turbinate, se rilevanti per entità e luogo di restituzione), superiore al valore <i>Q_{min}</i> .

Tabella 2 - Condizioni per l'attivazione delle fasi di allerta per Rischio idraulico a valle.
Fonte: MIT.

Il DPC è predisposto dall'Ufficio Tecnico delle Dighe (UTD), con il concorso dell'autorità idraulica competente per l'alveo di valle, della Protezione civile regionale, nonché del gestore, ed è approvato dal Prefetto competente per il territorio in cui ricade la diga. Il Prefetto notifica il DPC approvato al gestore e ne trasmette copia all'UTD, all'autorità idraulica, alla Protezione civile regionale, al Centro Funzionale Decentrato (CFD), alla Provincia, al Comune nel cui territorio è ubicata la diga, nonché al Dipartimento della Protezione Civile e al Ministero dell'interno – Dipartimento dei Vigili del fuoco del soccorso pubblico e della difesa civile. Per le dighe il cui alveo a valle, interessato dal Rischio Diga e dal Rischio idraulico a valle di cui al DPC, si estenda nei territori di più Province o Regioni, il Prefetto provvede alla notifica del DPC ai Prefetti delle altre Province eventualmente interessate, per gli analoghi adempimenti nei confronti di Province e

Comuni; la Prefettura-UTG competente per il territorio in cui ricade la diga provvederà alla suddetta notifica nei confronti delle altre Prefetture-UTG e Protezioni civili regionali coinvolte.

La Direzione Generale delle Dighe (DG Dighe) e gli UTD collaborano con i Prefetti, con le protezioni civili regionali, con i Centri Funzionali Decentrati, e con il Dipartimento di Protezione Civile, fornendo il supporto tecnico specialistico per ciascuna delle fasi di allerta, per i conseguenti interventi di Protezione civile e per gli atti di pianificazione, a salvaguardia delle popolazioni e dei territori interessati da eventi che coinvolgono grandi dighe.

Per le dighe ubicate in Stato estero confinante e inducenti rischio idraulico per i territori italiani, la Protezione civile regionale competente per i territori a valle, in raccordo con la DG Dighe, il Prefetto o i Prefetti competenti per i territori di valle e la delegazione italiana della Commissione binazionale eventualmente istituita in base a specifico accordo tra gli Stati, promuove la definizione e l'adozione di documenti aventi contenuti e obiettivi analoghi al Documento di Protezione Civile.

2.1.3 Il Piano di Emergenza della Diga (PED)

Per ciascuna "grande diga" presente nel suo territorio, la Regione, in accordo con le Prefetture-UTG territorialmente interessate, predispone e approva un piano di emergenza su base regionale per contrastare le situazioni di pericolo connesse con la propagazione di un'onda di piena originata da manovre degli organi di scarico ovvero dall'ipotetico collasso dello sbarramento. Alla predisposizione dei PED, collaborano con la Regione e le Prefetture-UTG i Comuni e le Province i cui territori sono interessati dalle aree di allagamento. Nel caso l'onda di piena possa interessare i territori di altre Regioni, è la Regione sul cui territorio è ubicata la diga a fornire alle altre amministrazioni regionali interessate le informazioni necessarie alla predisposizione e approvazione dei PED nei territori di competenza.

Oltre a quanto previsto nel Documento di Protezione Civile e nei Piani di Laminazione (ove adottati) di ciascuna diga, un PED deve riportare:

- gli scenari riguardanti le aree potenzialmente interessate dall'onda di piena, originata sia da manovre degli organi di scarico sia dal collasso della diga;
- le strategie operative per fronteggiare una situazione di emergenza, mediante l'allertamento, l'allarme, le misure di salvaguardia anche preventive, l'assistenza e il soccorso della popolazione;
- il modello di intervento, che definisce il sistema di coordinamento con l'individuazione dei soggetti interessati per il raggiungimento di tale obiettivo e l'organizzazione dei centri operativi.

I Comuni, i cui territori possono essere interessati da un'onda di piena originata da manovre degli organi di scarico ovvero dall'ipotetico collasso dello sbarramento, devono - ai sensi del D. Lgs. n. 1/2018, art. 18 - prevedere nel proprio piano di protezione civile una sezione dedicata alle specifiche misure - organizzate per fasi di allertamento e operative congrue con quelle dei PED - di allertamento, diramazione dell'allarme, informazione, primo soccorso e assistenza alla popolazione esposta al pericolo derivante dalla propagazione dell'onda di piena. Tale attività avviene con il supporto della Prefettura-UTG, della Provincia e della Regione che forniscono ai Comuni tutte le informazioni utili (pericolosità territoriale, scenari di rischio, etc.). Particolare attenzione deve

essere posta relativamente alla previsione di adeguate iniziative di informazione alla popolazione sul rischio e sulle norme di comportamento da seguire prima, durante e dopo l'evento.

I PED realizzati devono essere verificati tramite periodiche esercitazioni di Protezione civile, secondo quanto previsto dalla Direttiva PCM 8 luglio 2014.

2.1.4 Il Foglio di Condizioni per l'Esercizio e la Manutenzione (FCEM)

La circolare Min.LL.PP. 4 dicembre 1987, n. 352 ha introdotto il Foglio di Condizioni per l'Esercizio e la Manutenzione, un documento ampio e dettagliato, sempre modificabile, contenente le seguenti informazioni:

- il numero, il tipo e la localizzazione delle apparecchiature di controllo nonché le specie e le frequenze delle misure;
- i luoghi da assoggettare ad osservazione diretta con la relativa frequenza nonché le modalità della guardiania che dovrà essere svolta da personale adeguatamente qualificato ed affidabile;
- le cadenze e le modalità secondo le quali il concessionario (o il richiedente la concessione o, in mancanza di questo, il proprietario delle opere) deve provvedere con personale specializzato a ispezioni periodiche e sistematiche intese ad accertare le condizioni generali e particolari delle opere e delle loro pertinenze, comprese le sponde del serbatoio, nonché l'efficienza della strumentazione di controllo;
- tipo, tempi e forma della trasmissione dei dati e di ogni altra comunicazione sia all'interno della struttura organizzativa del gestore che nei confronti dei competenti organi di sorveglianza e di protezione civile, sia durante il periodo degli invasi sperimentali che durante l'esercizio del serbatoio;
- installazione di cartelli monitori, dei dispositivi di segnalazione acustica e della strumentazione idrometrica prevista con la Circolare Ministeriale 28-8-1986, n. 1125.

Deve far parte integrante del FCEM, il documento, approvato dalle autorità competenti nel campo della protezione civile, contenente le condizioni che devono verificarsi perché si debba attivare il sistema di protezione civile e le procedure da porre in atto.

In particolare, devono essere definite le varie fasi di allerta in funzione delle diverse situazioni tecniche tipiche di ciascuna diga (tipo, geometria della struttura e degli scarichi, capacità di invaso e di laminazione, fondazioni, condizioni delle sponde, situazione a valle, etc.) e dei fattori esterni (idrologia, sismica, etc.).

2.1.5 Il Progetto di Gestione dell'invaso

L'interrimento dell'invaso è legato alla sedimentazione delle particelle di suolo e roccia erose nel bacino idrografico a monte dello sbarramento e trasportate dalle acque affluenti e può determinare

effetti negativi diretti sulla struttura, ovvero riduzione del volume di invaso con conseguente minore capacità di regolazione dei deflussi e di laminazione delle piene; possibile blocco delle opere di derivazione e degli scarichi di fondo; abrasione delle opere civili (sfioratori, gallerie) e dispositivi elettromeccanici (turbine e paratoie); aumento della sollecitazione sulla diga e possibili erosioni localizzate sia al piede della stessa che sul corso d'acqua sbarrato (sovralluvionamento del letto a monte del serbatoio, con possibili maggiori rischi di inondazione); abbassamento generalizzato dell'alveo a valle del serbatoio, con possibili erosioni localizzate, pericoli per la stabilità delle infrastrutture (ponti, arginature, opere di presa) e riduzione di apporti solidi verso i litorali.

Strumento di pianificazione e attuazione delle operazioni di gestione del materiale sedimentato nell'invaso, il Progetto di Gestione dell'invaso viene predisposto dal Gestore dello sbarramento e approvato dalla Regione. Esso descrive le operazioni necessarie a mantenere l'invaso libero dai sedimenti e le misure di prevenzione adottate a tutela del corpo idrico di valle, dell'ecosistema acquatico, delle attività di pesca e delle acque invase e rilasciate a valle della diga durante le operazioni di svasso delle dighe. Tali operazioni vengono effettuate sia per ragioni di sicurezza degli sbarramenti (garantendo prioritariamente il funzionamento degli organi di scarico e/o presa) sia per recuperare la capacità di invaso persa con l'interrimento, e in ogni caso minimizzando gli effetti negativi sull'ambiente, in particolare sugli ecosistemi dei tratti fluviali a valle degli sbarramenti.

Il Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 "*Norme in materia ambientale*" e il Decreto Ministeriale del 30/06/2004 "*Criteri per la redazione del progetto di gestione degli invasi*" costituiscono a livello nazionale il riferimento tecnico e procedurale per l'esecuzione delle attività di gestione dei sedimenti degli invasi. Con DGR X/5736 del 24/10/2016, la Regione Lombardia ha approvato le "*Direttive Tecniche per la predisposizione, l'approvazione e l'attuazione dei progetti di gestione degli invasi*".

2.1.6 Il Programma triennale di aggiornamento dei Documenti di Protezione Civile

Come previsto dalla DPCM 8 luglio 2014, la Direzione Generale per le Dighe e le Infrastrutture idriche ed elettriche ha provveduto a definire d'intesa con le Regioni, con il Dipartimento della Protezione Civile e con il Dipartimento dei Vigili del fuoco del soccorso pubblico e della difesa civile del Ministero dell'interno, un Programma triennale di aggiornamento dei Documenti di Protezione Civile delle "grandi dighe" già approvati, che devono essere modificati e integrati secondo i criteri e le disposizioni del DPCM 8 luglio 2014. Approvato il 30 ottobre 2015, tale programma prevede priorità di redazione dei DPC su 3 livelli e 3 conseguenti annualità (2016, 2017, 2018) entro le quali provvedere alle relative approvazioni. La priorità di aggiornamento del DPC determina di conseguenza la priorità di redazione dei PED. In tutto il Programma individua:

- A. 122 dighe in **prima annualità**;
- B. 182 dighe in **seconda annualità**;
- C. 216 dighe in **terza annualità**;
- D. 19 casi specifici per i quali non è stata indicata la priorità di aggiornamento del DPC in quanto relativi a dighe per le quali non è ancora completata la costruzione e dighe fuori esercizio. Per quest'ultime, in funzione della progressione dei procedimenti di costruzione o

dismissione, verrà valutata la necessità o meno di redazione/aggiornamento dei DPC relativi.

2.2 Esperienza di altre Regioni italiane

Accanto all'esperienza descritta nel presente report relativamente alla ricerca finanziata da Regione Lombardia in materia di pianificazione di protezione civile in aree interessate dalla presenza di "grandi dighe" [1], merita di essere fatto cenno anche al livello di conoscenza e attività maturato sul tema da parte delle altre Regioni italiane. Durante questa fase di analisi e ricerca, è stato riscontrata l'attuale grande difficoltà nel reperire informazioni web sul tema per molte delle Regioni italiane. In conseguenza, nel paragrafo si annotano i soli contributi regionali in materia di cui è stato possibile reperire informazioni; in particolare di alcune Regioni italiane che non solo si sono occupate della predisposizione - secondo le priorità di aggiornamento dei DPC - dei PED per le relative "grandi dighe" (Tabella 3), ma hanno anche definito dei modelli o delle linee guida con utili indicazioni da considerare nella redazione dei piani di emergenza per "rischio dighe".

Regione	Numero "Grandi dighe"	Priorità di aggiornamento DPC			
		1	2	3	casi specifici
Lombardia	77	8	30	39	-
Piemonte	60	16	19	24	1
Sardegna	59	13	21	22	3
Toscana	54	12	13	26	3
Sicilia	46	11	15	19	1
Trentino Alto-Adige	37	5	20	12	-
Emilia-Romagna	21	10	5	6	-
Calabria	21	3	7	10	1
Lazio	21	3	9	8	1
Veneto	18	4	1	13	-
Campania	17	5	9	3	-
Marche	16	3	9	4	-
Abruzzo	14	2	3	9	-
Basilicata	14	6	4	3	1
Liguria	13	6	4	1	2
Friuli Venezia-Giulia	12	5	3	4	-
Umbria	10	3	1	5	1
Puglia	9	2	5	2	-
Valle d'Aosta	8	2	3	3	-
Molise	7	3	1	3	-
Totale Italia	534	122	182	216	14

Tabella 3 – "Grandi dighe" italiane con indicazione della priorità di aggiornamento dei Documenti di Protezione Civile.
Fonte: Ministro delle Infrastrutture e dei Trasporti.

[1] Sito web di riferimento per Piani Emergenza Dighe – Regione Lombardia: www.regione.lombardia.it/wps/portal/istituzionale/HP/DettaglioRedazionale/servizi-e-informazioni/Enti-e-Operatori/protezione-civile/piani-di-emergenza/piani-emergenza-dighe-ped/piani-emergenza-dighe-ped

È il caso per esempio della Regione Piemonte [2] che nel 2018 - oltre alla predisposizione del Piano di emergenza della diga transfrontaliera del Moncenisio (TO) - si è occupata della redazione di un "modello di Piano di Emergenza comunale per le dighe" (approvato con determinazione direttoriale n.486 del 21/02/2018) con l'obiettivo di fornire un supporto ai Comuni per l'individuazione e l'analisi del rischio derivante dai potenziali impatti creati da sbarramenti artificiali per l'accumulo idrico presenti sul proprio territorio comunale (o che potrebbero avere influenze sullo stesso), e la definizione delle conseguenti azioni di protezione civile da adottarsi. Tenuto conto delle disposizioni di cui alla DPCM dell'8 luglio 2014 (§ 2.1.1) relative alla pianificazione e gestione dell'emergenza e l'obbligo di considerare nei piani di protezione civile comunale anche il rischio derivante dalla presenza di sbarramenti artificiali per l'accumulo idrico, la Regione ha quindi diffuso il modello di PED tra i Comuni piemontesi sottolineando loro la possibilità (non obbligo) di adozione quale allegato al proprio piano comunale di protezione civile. Il "modello di piano" si compone di 3 distinte sezioni:

- A. SEZIONE DESCRITTIVA - Lineamenti della Pianificazione con indicazione della tipologia di rischio, del tema e obiettivi e dell'ambito di riferimento del Piano;
- B. SEZIONE ORGANIZZATIVA - MODELLO ORGANIZZATIVO e Soggetti coinvolti (Rubrica);
- C. SEZIONE TECNICA - Scenario d'Evento contenente la descrizione tecnica degli scenari, le fasi di allerta, le procedure operative e le schede tecniche di ogni sbarramento.

La Regione Toscana ha invece approvato dei "criteri generali per l'elaborazione degli scenari di evento ai fini della predisposizione dei piani di emergenza per rischio grandi dighe" presentando un possibile approccio alla redazione dei piani di protezione civile che consenta di valutare l'elemento di pericolosità "diga" nel contesto nel quale si trova, evidenziando gli scenari di danno ipotizzabili. Risultano molto interessanti le considerazioni formulate in merito agli studi tecnici e idraulici disponibili per la costruzione degli scenari di rischio. Relativamente a quelli connessi allo Scenario Rischio Diga si sottolinea "l'ampio grado di incertezza, dovuto all'accuratezza del modello matematico utilizzato e alle ipotesi di calcolo imposte (Circolare PCM/DSTN/2/22806 del 13/12/1995) che presuppongono ad esempio nella simulazione l'alveo asciutto. Pertanto, nell'utilizzare queste mappature ai fini della pianificazione d'emergenza, occorre valutare bene l'opportunità di rivedere e modificare le aree perimetrate in base alla reale morfologia del territorio anche attraverso sopralluoghi e approfondimenti. Particolare attenzione deve essere posta ai tempi di propagazione dell'onda di piena generata che possono variare in maniera consistente anche a seconda della dinamica della procedura di collasso, la cui conoscenza quindi è fondamentale per una corretta pianificazione delle procedure operative". Per quanto riguarda il Rischio idraulico a valle, si fa presente invece che, per le ipotesi di partenza con cui viene redatta, la cartografia di allagamento per "manovra di apertura totale degli scarichi" è riferita ai soli scarichi manovrati: "tale cartografia è quindi da ritenersi esaustiva per questo tipo di scenario solo nei casi in cui esistano esclusivamente scarichi manovrati, senza possibilità di ulteriori rilasci da soglie libere. In tutti gli altri casi in cui si hanno scarichi di più tipologie (manovrati e non manovrati), occorre

[2] Sito web di riferimento per Piani Emergenza Dighe – Regione Piemonte: www.regione.piemonte.it/web/temi/protezione-civile-difesa-suolo-opere-pubbliche/difesa-suolo/dighe/grandi-dighe

valutare la necessità di produrre cartografie ad hoc che considerino la portata effluente da tutti gli scarichi e le condizioni dei livelli in alveo a valle della diga, anche tenuto conto dell'apporto degli affluenti a valle della diga per tutto il tratto del corso d'acqua suscettibile di essere interessato dalle portate uscenti dall'invaso. In tal modo si individuerà uno o più scenari di riferimento per manovre estreme più aderenti alle possibili realtà".

Nei Piani di Emergenza Diga di propria competenza, le Regioni Molise [3] e Abruzzo hanno inserito - oltre alle parti fondamentali della pianificazione di emergenza (i.e. descrizione ambito territoriale di riferimento, scenari di rischio, fasi di allerta, modello di intervento, etc.) - una sezione relativa all'individuazione e descrizione degli eventi storici significativi accaduti negli ultimi decenni, riconoscendo l'importanza di disporre di una conoscenza di dettaglio dei dati storici (anche recenti) al fine di rappresentare quali-quantitativamente un fenomeno in una determinata area territoriale.

Infine, va citata la Regione Emilia-Romagna [4] che sul tema di pianificazione di protezione civile in caso di "rischio diga" risulta particolarmente attiva avendo provveduto ad approvare i PED per 8 delle 10 "grandi dighe" individuate in priorità 1.

[3] Sito web di riferimento per Piani Emergenza Dighe – Regione Molise: www.protezionecivile.molise.it/19-joomla/protezione-civile-regione-molise/31-rischio-dighe.html

[4] Sito web di riferimento per Piani Emergenza Dighe – Regione Emilia-Romagna: <https://protezionecivile.regione.emilia-romagna.it/gestione-emergenze/piani-emergenza-dighe-ped>

2.3 Cenni al panorama estero sulle procedure di protezione civile nei casi di emergenza dighe

Svariati Paesi esteri europei e mondiali dispongono di procedure di protezione civile riguardanti le emergenze dighe (Tabella 4). Tali procedure sono generalmente contenute in piani di emergenza predisposti dalle Autorità di protezione civile. Analogamente all'esperienza italiana, le procedure estere riguardano le fasi di prevenzione dai rischi, individuati attraverso preliminari fasi conoscitive e di controllo dei fenomeni, di informazione e di allerta, di gestione dell'emergenza con attività di soccorso ed evacuazione della popolazione.

Nazione	Dighe regolate da specifica normativa		Pianificazione di emergenza	Autorità
	Dimensioni	N° classi (Classificazione)		
Austria	$H > 30$ o $V > 5$	-	Grandi dighe - EAP	Ministero federale dell'agricoltura, delle foreste, dell'ambiente e della gestione delle acque; Water Law Authorities.
Finlandia	Classi da 1 a 3	3 (C)	Classe 1 - EAP Classe 2 e 3 - sistemi di allarme	Ministero dell'Agricoltura e Foreste.
Francia	$H \geq 2$	4 (H, V)	$H \geq 20$ e $V \geq 15$ - EAP	Ministero dell'Ecologia, dell'Energia, dello Sviluppo Sostenibile e del Mare.
Germania	$H > 5$ and $V > 1$	6	Servizio di Protezione civile	Ministero per l'ambiente e la protezione della natura, l'agricoltura e la protezione dei consumatori.
Italia	$H > 15$ o $V > 1$	-	Grandi dighe - EAP	Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti; Direzione Generale per le Dighe e le infrastrutture idriche ed elettriche.
Paesi Bassi	$H = 3$ a 13	2 (H)	Comitato locale per il controllo idrico - EAP	Ministero delle infrastrutture e dell'ambiente; Direzione generale dei lavori pubblici e della gestione delle acque.
Norvegia	$H > 2$ e $V > 0.01$ Classi da 0 a 4	5 (C)	Classe 2,3,4 - EAP	Ministry of Petroleum and Energy and Norwegian Water Resources and Energy Directorate
Portogallo	$H \geq 15$ o $V \geq 0.1$	3 (C)	Classe 1 - EAP	Ministero dell'agricoltura, del mare, dell'ambiente e dell'assetto territoriale; Agenzia portoghese per l'Ambiente.
Romania	Classi da 1 a 4	4 (H, V)	Classe 1,2, 3 e $V > 10$ - EAP	Ministero dell'ambiente e delle foreste
Slovenia	$H \geq 15$ o $H \geq 10$ m e $V \geq 1.000.000$ m ³	3 (C)	Classe 1 – Analisi di <i>dam break</i>	Ministeri dell'Agricoltura e dell'Ambiente, dello Sviluppo economico e della Tecnologia; della Difesa.
Spagna	$H \geq 15$ m $H \geq 10$ e $V \geq 1$	3 (C)	Classe A, B - EAP	Ministero dell'Agricoltura, dell'Alimentazione e dell'Ambiente; Dirección General del Agua.
Svezia	$H \geq 5$ o $V \geq 0.05$	4 (C)	Servizio di Protezione civile	Corte per i diritti in materia di acque; Consigli provinciali.
Svizzera	$H \geq 10$ $H \geq 5$ e $V \geq 5$ o "pericolo significativo"	4 (H, V)	$V \geq 2.000.000$ m ³ Sistemi speciali di allarme	Ufficio federale della gestione delle acque dei Cantoni.
Regno Unito	$V \geq 0.25$		Servizio di Protezione civile	Agenzia per l'ambiente.

H: altezza (m); V: volume d'invaso (10⁶ m³); C: conseguenze; EAP: Emergency Action Plan.

Tabella 4 - Norme per la sicurezza delle dighe in alcuni Paesi europei.

Fonte: ICOLD, 2012.

Negli Stati Uniti, due importanti strumenti sono attualmente considerati in tema di pianificazione d'emergenza per la riduzione dei rischi associati al crollo di una diga: l'*Emergency Action Plan* (EAP) e l'*Emergency Operations Plan* (EOP). Un EAP è un documento predisposto dal Gestore della diga contenente informazioni sulle potenziali condizioni di "rischio diga" e sulle azioni specifiche da attuare per minimizzare perdite e danni. Esso contiene anche mappe delle aree potenzialmente inondabili (sia in caso di crollo, sia in caso di evento alluvionale). Un EOP è invece un piano governativo che descrive il sistema organizzativo e le attività di preparazione e gestione di un'emergenza in una specifica giurisdizione territoriale (statale o locale) considerata.

Il *Plan Particulier d'Intervention* (PPI) di uno sbarramento costituisce una componente specifica dell'organizzazione della risposta di sicurezza civile in Francia. Esso definisce in particolare le modalità di diffusione dell'allerta e l'organizzazione dei mezzi di soccorso in caso di "rischio diga".

Dal 1995 in Norvegia tutti i gestori delle dighe sono tenuti a predisporre un piano di emergenza per far fronte ai maggiori incidenti possibili relativi ai serbatoi, sia per cedimenti strutturali della diga, sia per eventi naturali. Il piano di emergenza norvegese è suddiviso in 9 parti principali:

- D. fase iniziale che specifica quali sono le persone che devono essere immediatamente allertate e cosa devono fare;
- E. lista dei contenuti del piano;
- F. organizzazione che assegna i compiti e le responsabilità delle persone coinvolte;
- G. piano di notifica che assicura la corretta e tempestiva divulgazione dell'allerta;
- H. piano di azione che descrive le modalità di gestione dell'emergenza. Esso comprende anche un "piano di evacuazione" elaborato dal Rescue Service sulla base delle mappe delle aree sommergibili per dam break, fornite dal gestore per ciascuna diga;
- I. piano delle risorse disponibili, che deve essere mantenuto continuamente aggiornato;
- J. piano di informazione nei confronti del pubblico, stampa, TV;
- K. piano delle comunicazioni che devono comunque essere garantite durante gli eventi calamitosi mediante la predisposizione di soluzioni alternative (per es. VHF) per mantenere il contatto con il centro di controllo;
- L. training che deve essere effettuato, per gli eventi di maggior importanza, con frequenza triennale o quinquennale a seconda dell'importanza della diga, ed in coordinamento con le altre dighe nel caso in cui vi siano più opere sullo stesso bacino imbrifero.

Per quanto concerne l'identificazione delle aree a "rischio diga", in alcuni Stati viene utilizzata una zonizzazione specifica definita in funzione delle caratteristiche dell'onda di piena (i.e. altezza, velocità, tempo di arrivo, etc.). Per esempio, a seconda del tempo di arrivo dell'onda nel piano di emergenza francese vengono identificate 3 specifiche "zone di allarme": "zona a 15 minuti", generalmente localizzata a distanza di 5-10 km dalla diga dove deve essere previsto un sistema di allarme pubblico mediante sirene acustiche; "zona di allarme I" dove è obbligatorio disporre di un piano di emergenza per le operazioni di soccorso; "zona di allarme II" dove danni e perdite sono poche.

In Svizzera sono invece previste due distinte aree a rischio, "vicina" o "lontana" in considerazione della distanza percorsa dall'onda di piena nell'arco temporale di 2 ore.

In Portogallo, l'area di maggior pericolo è localizzata alla distanza percorsa in 30 minuti (e comunque minima di 5 km) dall'onda di propagazione. In questa area, il gestore della diga può

avere la responsabilità di allertare la popolazione; tale responsabilità può anche essere condivisa con le autorità di protezione civile.

Il sistema di allertamento riveste un ruolo importante all'interno della gestione dell'emergenza quale mezzo non strutturale volto alla riduzione degli impatti delle inondazioni sulle popolazioni e territori a valle delle dighe. Esistono differenti tipi di sistemi di allertamento: allarmi pubblici mediante sistemi acustici (i.e. sirene e altoparlanti fissi o mobili) o visibili (i.e. cartelli monitori); notifica diretta via telefono oppure comunicazione "porta a porta"; trasmissioni televisive o radiofoniche. Tali sistemi possono essere utilizzati in modo integrato (Tabella 5).

Nazione	Sistema di allertamento
Austria	Sistema nazionale di allarme composto da 700 sirene.
Danimarca	Sistema di 1100 sirene elettromeccaniche esterne che permettono di avvisare l'80% della popolazione totale.
Finlandia	1500 sirene all'aperto che coprono zone urbane. Nelle regioni con bassa densità di popolazione, sono utilizzati veicoli con altoparlanti.
Paesi Bassi	45 stazioni di controllo regionali e circa 3500 sirene all'aperto, per avvertire il totale del Paese. Ulteriori raccomandazioni attraverso le trasmissioni televisive o radiofoniche.
Norvegia	Sistema di sorveglianza e allarme basato su sirene pneumatiche per il primo allarme. Sistema di allarme gestito dalle autorità di protezione civile. Ulteriori raccomandazioni attraverso le trasmissioni televisive o radiofoniche.
Svezia	Allarme esterno costituito da 4800 sirene esterne in 250 comuni, concentrato in contesti siti urbani con più di 1000 abitanti.

Tabella 5 - Sistemi di allarme in diversi Paesi europei.

Fonte: ICOLD, 2012.

Infine, per quanto concerne l'addestramento e l'informazione, anche a livello internazionale sono riconosciute quali attività strategiche per assicurare la riuscita del Piano di emergenza. Negli Stati Uniti, la FEMA (*Federal Emergency Management Agency*) ha predisposto differenti tipologie di esercitazione, di complessità crescente, da eseguire periodicamente, che coinvolgono progressivamente tutte le parti attive nel processo di emergenza. Grande attenzione della Francia rispetto invece l'informazione ai cittadini attraverso non solo la pubblicazione del piano di emergenza e il deposito degli estratti del piano presso ciascun Municipio, ma anche il rilascio di informazioni specifiche ed avvisi da parte di soggetti abilitati e la predisposizione di un fascicolo riguardante la zona immediatamente a valle della diga redatto e distribuito da Concessionario alla popolazione residente.

Capitolo 3

Le "grandi dighe" nel contesto territoriale della Regione Lombardia

La Regione Lombardia è la regione italiana con il maggior numero di "grandi dighe" (Tabella 3), in tutto 77, per un volume d'invaso complessivo di quasi 2.000 milioni m³, localizzate maggiormente in territorio montano (nelle Province di Sondrio, Bergamo e Brescia) (Figura 2) e prevalentemente a uso idroelettrico (circa 90%) (Tabella 6).

In termini di pericolosità sismica territoriale, considerando la zonazione sismica dei Comuni della Regione Lombardia (D.G.R. 11 luglio 2014, n. 2129), vi sono:

- 3 "grandi dighe" in Zona sismica 2 (medio-alta probabilità sismica);
- 64 "grandi dighe" in Zona sismica 3 (media probabilità sismica);
- 10 "grandi dighe" in Zona sismica 4 (bassa probabilità sismica).

Relativamente invece al problema di interrimento degli invasi artificiali, la Struttura Gestione invasi idroelettrici, utenze idriche e reti energetiche di Regione Lombardia riferisce che tra il 2006 e il 2018 sono state effettuate più di 30 operazioni di svasso o gestione dei sedimenti e che attualmente in Regione è previsto un Piano di Gestione dell'invaso (§ 2.1.5) per 68 "grandi dighe", per 1 "grande diga" internazionale e per 4 "piccole dighe", per un totale di 73 Piani di cui 59 approvati e 14 in fase di istruttoria. Per queste dighe, si registra il seguente livello di interrimento:

- Il 60% delle dighe presenta un livello di interrimento trascurabile: interrimento < 5% ai danni del volume utile e tasso di interrimento annuo < 0,5% rispetto al volume totale e gli scarichi non tendono ad interrersi;
- il 12% dighe presenta un livello di interrimento non trascurabile: interrimento tra il 5 ed il 20% e/o tasso di interrimento annuo tra 0,5 e 1% e/o possibile tendenza all'interrimento degli scarichi;
- il 21% dighe presenta un livello di interrimento rilevante: interrimento > 20% e/o tasso di interrimento annuo > 1% e/o tendenza all'interrimento degli scarichi.

Sul territorio lombardo possono ricadere anche gli effetti della diga di Isola Serafini (PC) di competenza della Regione Emilia-Romagna, della diga del Brugneto (GE) di competenza della Regione Liguria e di 3 invasi svizzeri (la diga di Poschiavo, la diga di Albigna sulla Mera e la diga di Lugano sul lago Ceresio). Inoltre, la regolazione della diga di Miorina, sul Verbano, ha effetti anche sul territorio piemontese e svizzero del Canton Ticino, mentre la regolazione della diga di Salionze, sul Benaco, ha effetti anche sul territorio veneto.

Questa prima caratterizzazione del "parco dighe" della Regione Lombardia, risulta fondamentale per comprendere le eventuali problematiche che si possono verificare con riguardo al tema della sicurezza del territorio regionale.

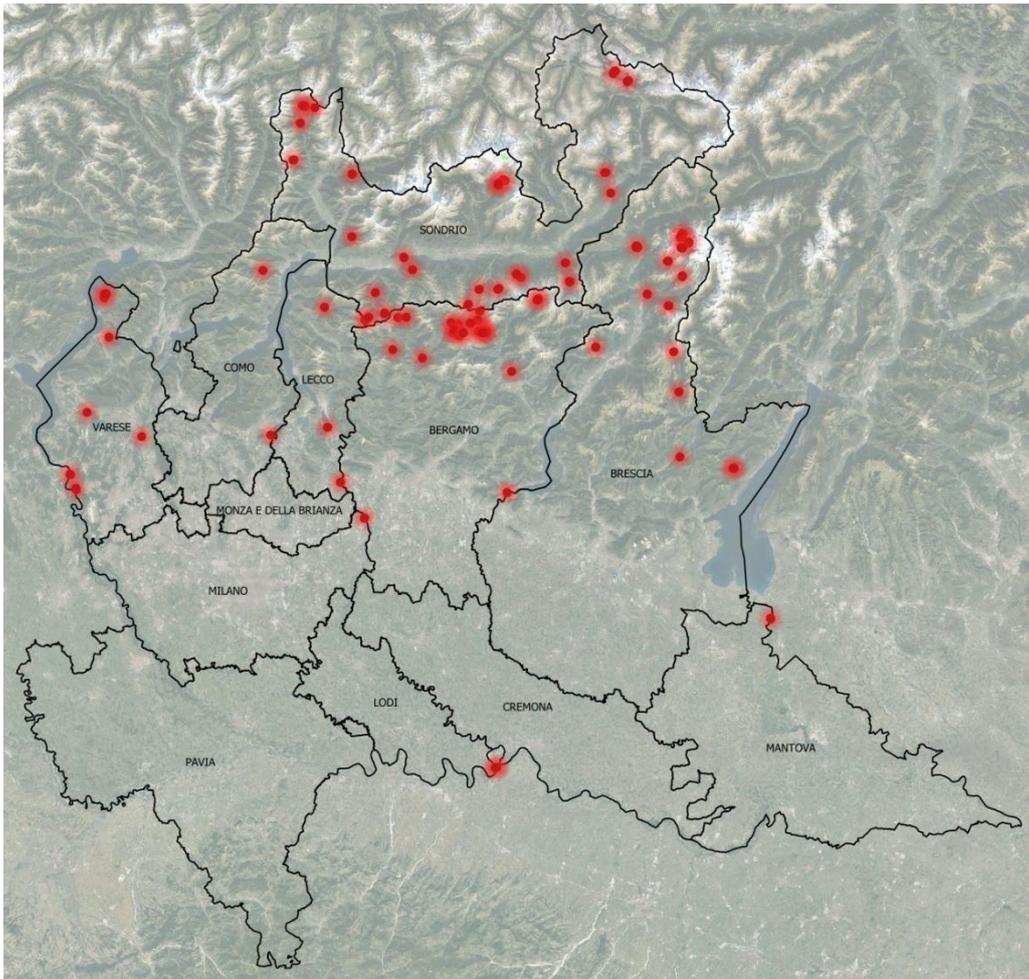


Figura 2 – Localizzazione territoriale delle “grandi dighe” presenti in Regione Lombardia.

Tutte le “grandi dighe” in esercizio sul territorio lombardo sono dotate del Documento di Protezione Civile (ai sensi delle Circolari Min. LL.PP. 352/87 e PCM-DSTN 19 marzo 1996) e su quasi tutte è stato effettuato lo studio dell’onda di piena (ai sensi della Circ. PCM DSTN/2/22806 del 13/12/1995). I contenuti di tali studi risultano essere stati ripresi nella pianificazione di emergenza di alcune Province lombarde per la definizione di scenari di rischio a scala provinciale. Per contro, ancora pochi Piani di Protezione civile di Comuni a “rischio diga” hanno recepito tali informazioni.

In Regione Lombardia, per favorire la redazione dei piani di emergenza, la Direzione Generale per le Dighe e le infrastrutture idriche ed elettriche ha provveduto alla digitalizzazione degli studi teorici sulle onde di piena artificiali; inoltre ha predisposto una specifica applicazione WebGIS (<http://onde.mit.gov.it:8080/mit>) per la diffusione tra i vari soggetti del Sistema nazionale di Protezione Civile, delle informazioni relative alle caratteristiche delle onde di piena artificiali nei casi di ipotetico collasso, apertura degli scarichi profondi e contemporanea apertura degli scarichi profondi e di superficie di quasi tutti gli sbarramenti lombardi. Dal momento che durante l'acquisizione delle mappe di esondazione dalle cartografie originali degli studi è stata osservata una difformità [5] tra il perimetro dell'area mappata rispetto all'andamento altimetrico, dell'asta

[5] Tale difformità è dovuta a diversi fattori quali deformazione delle cartografie originali; errori di georeferenziazione dovuti a carenza di punti di appoggio; imprecisioni dovute alle differenze di scala (ad esempio cartografia originale in scala 1:25.000 sovrapposta a cartografia in scala 1:10.00); cartografia originale obsoleta; variazioni dell'orografia intervenute in epoche successive allo studio.

fluviale e della valle, tracciato sulle carte digitali aggiornate, per ognuna delle ipotesi sono state generate superfici d'inondazione (Aree) di tipologie differenti:

- Aree Acquisite – sono il perimetro del piano di massima esondazione acquisito dalla mappatura delle aree di esondazioni negli studi originali. Sono rappresentate con il colore **blu**;
- Aree Rettificate (generate solo per il bacino del Po) – sono il risultato di un'elaborazione correttiva manuale per rendere congruente con la CTR regionale aggiornata il perimetro del piano di massima esondazione con la CTR regionale aggiornata. Sono rappresentate con il colore **verde**;
- Alveo Modificato (generate solo per il bacino del Po) – è un caso particolare (molto raro) quando sono state riscontrate differenze anche nell'andamento dell'alveo fluviale. Sono rappresentate con il colore **rosso**.

Per ognuna delle aree esondabili sono riportate le sezioni di calcolo, caratterizzate da alcuni attributi che riportano i valori delle grandezze idrauliche dell'onda di piena nel relativo profilo. È possibile ottenere tali informazioni in formato shapefile (.shp) mediante richiesta telematica all'indirizzo dg.digheidrel@pec.mit.gov.it.

A titolo esemplificativo, si riporta in Figura 3 le aree esondabili acquisite (blu) e rettificate (verde) conseguenti a manovre di apertura degli scarichi e collasso della diga di Pagnona (LC).



Figura 3 - Aree esondabili acquisite (blu) e rettificate (verde) conseguenti a ipotetico collasso della diga di Pagnona (LC).
Fonte: Direzione generale per le dighe e le infrastrutture idriche ed elettriche.

Per la redazione dei piani di emergenza di "grandi dighe" di competenza di Regione Lombardia, la Direzione Generale Territorio e Protezione civile ha provveduto a istituire un Gruppo di Lavoro interdirezionale ed interfunzionale denominato "PIANO DI EMERGENZA DIGHE - DPCM 8 LUGLIO 2014" (Decreto del Direttore Generale n. 215 del 11 gennaio 2019), poi prorogato con Decreto del Direttore Generale n. 4675 del 17 aprile 2020. In considerazione dei contenuti richiesti dalla Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri dell'8 luglio 2014, tale Gruppo è costituito di

diverse Direzioni Generali regionali ed Enti del Sistema regionale allargato, nonché di Enti esterni a Regione Lombardia, quali Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Direzione Generale per le Dighe e le Infrastrutture idriche ed elettriche – Ufficio Tecnico per le Dighe di Milano, Prefetture–UTG, Province, Comuni, Comunità Montane, Consorzi di Bonifica, Gestori delle dighe, Agenzia Interregionale per il Fiume Po, Autorità di Bacino distrettuale per il Fiume Po, ARPA Lombardia. A partire già dal 2015, la Regione Lombardia ha effettuato una prima ricognizione delle autorità idrauliche a valle delle “grandi dighe” lombarde: per 63 grandi dighe lombarde l’autorità idraulica di valle è la Regione stessa (tramite gli Uffici Territoriali Regionali-UTR), per 10 è AIPo, per 4 dighe le autorità idrauliche sono amministrazioni comunali, poiché sono localizzate sul reticolo idraulico minore. Tali autorità forniscono informazioni relative alle portate critiche a valle degli sbarramenti fondamentali per l’elaborazione degli scenari di “Rischio idraulico a valle” dei Piani di Emergenza Diga.

In Lombardia, come nel resto delle Regioni italiane, le attività di predisposizione dei PED avvengono nel rispetto al Programma triennale di aggiornamento dei Documenti di Protezione Civile approvato con il decreto MIT DG Dighe prot. n. 22127 del. 30.10.2015 dal Ministero per le Infrastrutture e i Trasporti (§ 2.1.6), che per il territorio lombardo identifica:

- 8 “grandi dighe” in **PRIORITA' 1**
- 30 “grandi dighe” in **PRIORITA' 2**
- 39 “grandi dighe” in **PRIORITA' 3**

In Tabella 6 sono evidenziate con il colore **arancione**, **giallo** e **verde** le “grandi dighe” lombarde rispettivamente in priorità 1, 2 e 3. Si collocano in priorità 1 anche la diga di Isola Serafini in provincia di Piacenza, di competenza della Regione Emilia-Romagna con ricadute sui territori lombardi in provincia di Lodi e Cremona, nonché la diga di Brugneto di competenza della Regione Liguria con ricadute in provincia di Pavia.

Codice identificativo	Nome	Provincia	Altezza (metri) L.584/94	Volume di invaso (milioni di metri cubi) L.584/94	Bacino	Tipologia	Concessionario	Anno di costruzione (inizio-fine lavori)	Usò prevalente
957	ALPE GERA	SO	160	68,1	Torrente Cormor	Gravità ordinaria in calcestruzzo	ENEL PRODUZIONE S.P.A.	1958-1964	Idroelettrico
632	ALTO MORA	BG	40,1	0,84	Torrente Val Mora	Gravità ordinaria in muratura di pietrame con malta	ITALGEN S.P.A.	1952-1953	Idroelettrico
972	ARDENNO	SO	9	1,13	Fiume Adda	Traversa in calcestruzzo	ENEL PRODUZIONE S.P.A.	1959-1962	Idroelettrico
400	BARDELLO	VA	2,9	22,37	Fiume Bardello	Traversa in calcestruzzo	CONSORZIO DEGLI UTENTI DELLE ACQUE	1927-1931	ND
41C	CAMPELLI	BG	25	0,87	Torrente Goglio	Cupola	ENEL PRODUZIONE S.P.A.	1959-1962	Idroelettrico
681	CAMPO MORO (I)	SO	81,5	10,75	Torrente Cormor	Gravità ordinaria in calcestruzzo	ENEL PRODUZIONE S.P.A.	1955-1959	Idroelettrico
681	CAMPO MORO (II)	SO	35,6	ND	Torrente Cormor	Muratura in pietrame a secco	ENEL PRODUZIONE S.P.A.	1955-1959	Idroelettrico
55	CAMPO TARTANO	SO	59,15	1,28	Fiume Tartano	Gravità ordinaria in muratura di pietrame con malta	ENEL PRODUZIONE S.P.A.	1925-1929	Idroelettrico
665	CANCANO	SO	125,5	124,1	Fiume Adda	Arco gravità	A2A S.P.A.	1954-1956	Idroelettrico
27A	CARDENELLO	SO	72,69	32,56	Torrente Liro	Gravità ordinaria in calcestruzzo	EDIPOWER S.P.A.	1927-1932	Idroelettrico
142	CARONA	BG	26	0,5	Fiume Brembo	Gravità ordinaria in calcestruzzo	ENEL PRODUZIONE S.P.A.	1926-1931	Idroelettrico
617	CASSIGLIO	BG	19,3	0,08	Torrente Cassiglio	Gravità ordinaria in calcestruzzo	ITALGEN S.P.A.	Non disponibile-1953	Idroelettrico
183	CREVA	VA	27	0,99	Fiume Tresa	Gravità ordinaria in calcestruzzo	ENEL PRODUZIONE S.P.A.	1927-1929	Idroelettrico
901	DAZARÉ	BS	19,25	0,09	Torrente Caffaro	Arco semplice	EDISON S.P.A.	1959-1959	Idroelettrico
631	FRERA	SO	138	50,1	Torrente Belviso	Arco gravità	EDISON S.P.A.	1955-1959	Idroelettrico
52	FUSINO	SO	58,45	0,18	Torrente Roasco D'Eita	Arco gravità	A2A S.P.A.	1919-1924	Industriale
486	GANDA	SO	25,2	0,07	Torrente Belviso	Arco semplice	EDISON S.P.A.	1947-1947	Idroelettrico
520	ISOLATO	SO	34,6	1,76	Torrente Liro	Cupola	EDIPOWER S.P.A.	1949-1953	Idroelettrico
128A	LAGHI GEMELLI	BG	36	6,99	Torrente Borleggia	Gravità ordinaria in calcestruzzo	ENEL PRODUZIONE S.P.A.	1925-1932	Idroelettrico
41B	LAGO AVIASCO	BG	16	0,45	Torrente Goglio	Muratura in pietrame a secco	ENEL PRODUZIONE S.P.A.	1922-1923	Idroelettrico
182	LAGO BAITONE	BS	37,9	10,65	Torrente Baitone	Gravità ordinaria in muratura di pietrame con malta	ENEL PRODUZIONE S.P.A.	1927-1930	Idroelettrico
371	LAGO BENEDETTO	BS	31	6,96	Torrente Avio	Gravità ordinaria in muratura di pietrame con malta	ENEL PRODUZIONE S.P.A.	1937-1940	Idroelettrico
41E	LAGO CERNELLO	BG	21	0,24	Torrente Goglio	Muratura in pietrame a secco	ENEL PRODUZIONE S.P.A.	1924-1926	Idroelettrico
48	LAGO COLOMBO	BG	32	2,55	Rio Gorno	Gravità ordinaria in calcestruzzo	ENEL PRODUZIONE S.P.A.	1924-1929	Idroelettrico
43	LAGO D'ARNO	BS	36,85	22,8	Rio Piz	Gravità ordinaria in muratura di pietrame con malta	ENEL PRODUZIONE S.P.A.	1910-1927	Idroelettrico
51	LAGO D'AVIO	BS	39,55	12,38	Torrente Avio	Gravità ordinaria in muratura di pietrame con malta	ENEL PRODUZIONE S.P.A.	1922-1929	Idroelettrico
239B	LAGO DEL DIAVOLO	BG	25,5	2,56	Fiume Brembo	Gravità ordinaria in muratura di pietrame con malta	ENEL PRODUZIONE S.P.A.	1929-1933	Idroelettrico
1331	LAGO DELIO NORD	VA	26,6	ND	T. Casmera e Molin	Gravità ordinaria in calcestruzzo	ENEL PRODUZIONE S.P.A.	1969-1973	Idroelettrico
1331A	LAGO DELIO SUD	VA	31,5	7,9	T. Casmera e Molin	Gravità ordinaria in calcestruzzo	ENEL PRODUZIONE S.P.A.	1969-1973	Idroelettrico
113	LAGO DELLA VACCA	BS	17,5	2,45	Rio Laione	Gravità ordinaria in muratura di pietrame con malta	EDISON S.P.A.	1925-1927	Idroelettrico
118	LAGO DI LOVA	BS	18	0,46	Torrente Lovareno	Terra e/o pietrame con nucleo verticale	SISTEMI DI ENERGIA S.P.A.	1930-1935	Idroelettrico
272	LAGO DI MEZZO	SO	28,3	0,49	Torrente Armisa	Gravità ordinaria in calcestruzzo	EDISON S.P.A.	1929-1930	Idroelettrico
409	LAGO DI TRONA	SO	53	5,35	T. Bitto Di Gerola	Gravità a speroni a vani interni	ENEL PRODUZIONE S.P.A.	1939-1942	Idroelettrico
143	LAGO D'IDRO	BS	8,02	33,5	Fiume Chiese	Traversa in calcestruzzo	Soc. LAGO D'IDRO S.R.L.	1929-1930	Idroelettrico
595	LAGO FREGABOLGIA	BG	60	4,68	Fiume Brembo	Gravità ordinaria in muratura di pietrame con malta	ENEL PRODUZIONE S.P.A.	1949-1953	Idroelettrico
407	LAGO INFERNO	SO	37	4,17	Torrente Inferno	Gravità a speroni a vani interni	ENEL PRODUZIONE S.P.A.	1941-1944	Idroelettrico
48A	LAGO MARCIO	BG	18	0,85	Vallone Foppone	Gravità ordinaria in muratura di pietrame con malta	ENEL PRODUZIONE S.P.A.	1923-1925	Idroelettrico
41A	LAGO NERO	BG	38	3,48	Torrente Goglio	Gravità ordinaria in calcestruzzo	ENEL PRODUZIONE S.P.A.	1924-1929	Idroelettrico
563	LAGO PESCEGALLO	SO	21,25	1,1	T. Bitto Di Gerola	Gravità ordinaria in calcestruzzo	ENEL PRODUZIONE S.P.A.	1948-1949	Idroelettrico
484	LAGO PUBLINO	SO	41	5,18	Torrente Livrio	Arco gravità	EDISON S.P.A.	1949-1952	Idroelettrico
1830	LAGO PUSIANO	CO	2,64	13,2	Fiume Lambro	Terra omogenea	Parco della Valle del Lambro	1811	Varie
50	LAGO SALARNO	BS	38,4	11,34	Torrente Salarno	Gravità ordinaria in muratura di pietrame con malta	ENEL PRODUZIONE S.P.A.	1919-1928	Idroelettrico
48B	LAGO SARDEGNANA	BG	37	2,3	Vallone Sardegnana	Gravità ordinaria in muratura di pietrame con malta	ENEL PRODUZIONE S.P.A.	1921-1930	Idroelettrico
54	LAGO TRUZZO	SO	29,5	14	Torrente Truzzo	Gravità ordinaria in muratura di pietrame con malta	EDIPOWER S.P.A.	1924-1928	Idroelettrico
239A	LAGO VALDIFRATI	BG	18,07	0,25	Fiume Brembo	Gravità ordinaria in muratura di pietrame con malta	ENEL PRODUZIONE S.P.A.	1930-1948	Idroelettrico
56	LAGO VENINA	SO	44,5	11,19	Torrente Venina	Volte sostenute da contrafforti	EDISON S.P.A.	ND-1942	Idroelettrico
505	MADESIMO	SO	17,5	0,16	Torrente Scaloggia	Gravità ordinaria in calcestruzzo	EDIPOWER S.P.A.	1960-1964	Idroelettrico

368	MIORINA	VA	7,9	580	Fiume Ticino	Traversa in calcestruzzo	CONSORZIO DEL TICINO	1938-1942	Irriguo
349	MOLEDANA	SO	37,3	0,1	Torrente Ratti	Arco semplice	EDISON S.P.A.	1935-1936	Idroelettrico
96	OGNA SUPERIORE	BG	25,18	0,14	Torrente Ogna	Gravità ordinaria in calcestruzzo	ENEL GREEN POWER S.P.A.	1922-1929	Idroelettrico
450	OLGINATE	LC	3,9	565,5	Fiume Adda	Traversa in calcestruzzo	CONSORZIO DELL'ADDA	ND-1944	Irriguo
1669	OLONA	VA	16	1,52	Fiume Olona	Gravità ordinaria in calcestruzzo	Provincia di Varese, AIPo	2007-2009	Laminazione
45	PAGNONA	LC	18,75	0,12	Torrente Varrone	Gravità ordinaria in muratura di pietrame con malta	ENEL GREEN POWER S.P.A.	1921-1923	Idroelettrico
437	PANIGAI	SO	31,5	0,12	T.Bitto Di Gerola	Arco semplice	ENEL PRODUZIONE S.P.A.	1940-1941	Idroelettrico
447	PANTANO D'AVIO	BS	59	12,67	Torrente Avio	Gravità a speroni a vani interni	ENEL PRODUZIONE S.P.A.	1949-1956	Idroelettrico
128B	PIAN CASERE	BG	40	2,48	Torrente Borleggia	Gravità ordinaria in calcestruzzo	ENEL PRODUZIONE S.P.A.	1941-1946	Idroelettrico
124	PIANO BARBELLINO	BG	63,3	18,85	Fiume Serio	Gravità ordinaria in calcestruzzo	ENEL PRODUZIONE S.P.A.	1925-1931	Idroelettrico
396	POGLIA	BS	49,4	0,5	Fiume Poggia	Gravità a speroni a vani interni	EDISON S.P.A.	1948-1950	Idroelettrico
760	PONTE COLA	BS	122	52,25	Torrente Toscolano	Cupola	ENEL PRODUZIONE S.P.A.	1960-1962	Idroelettrico
583	PONTE DELL'ACQUA	BG	22,1	0,04	Fiume Brembo	Gravità ordinaria in calcestruzzo	ITALGEN S.P.A.	1949-1950	Idroelettrico
638	PORTO DELLA TORRE	VA	11,4	5,7	Fiume Ticino	Traversa in calcestruzzo	ENEL GREEN POWER S.P.A.	1951-1954	Idroelettrico
372	REGGEA	CO	26,5	0,15	Torrente Albano	Arco semplice	EDISON S.P.A.	1961-1962	Idroelettrico
1275	ROBBIATE	LC	16,8	2,5	Fiume Adda	Traversa in muratura di pietrame con malta	EDISON S.P.A.	ND-1919	Idroelettrico
1778	SALIONZE	MN	6,9	2027	Lago di Garda	Traversa in calcestruzzo	AGENZIA INTERREGIONALE PER IL FIUME PO	1942-1950	Irriguo
377	SAN GIACOMO DI FRAELE	SO	83,5	64	Fiume Adda	Gravità a speroni pieni	A2A S.P.A.	1938-1950	Idroelettrico
194	SANTO STEFANO	SO	20,4	0,62	Torrente Armisa	Gravità ordinaria in calcestruzzo	EDISON S.P.A.	1929-1929	Idroelettrico
285	SARNICO	BS	4,5	180	Fiume Oglio	Traversa in calcestruzzo	CONSORZIO DELL'OGGIO	1931-1933	Irriguo
127	SCAIS	SO	60	9,06	Torrente Caronno	Gravità a speroni pieni	EDISON S.P.A.	1935-1939	Idroelettrico
27B	STUETTA	SO	29	ND	Torrente Liro	Gravità ordinaria in calcestruzzo	EDIPOWER S.P.A.	1927-1932	Idroelettrico
41D	SUCOTTO	BG	23	0,58	Torrente Goglio	Muratura in pietrame a secco	ENEL PRODUZIONE S.P.A.	1954-1955	Idroelettrico
1276	TREZZO SULL'ADDA	MI	10	1,9	Fiume Adda	Traversa in calcestruzzo	ENEL GREEN POWER S.P.A.	1900-1904	Idroelettrico
774B	VAL GROSINA	SO	51,5	1,34	T. Roasco D'Eita	Gravità a speroni pieni	A2A S.P.A.	1958-1959	Idroelettrico
42	VAL MORTA	BG	22	0,27	Fiume Serio	Gravità ordinaria in muratura di pietrame con malta	ENEL PRODUZIONE S.P.A.	1917-1923	Idroelettrico
386	VALNEGRA	BG	24,5	0,55	Fiume Brembo	Gravità ordinaria in calcestruzzo	ENEL PRODUZIONE S.P.A.	1938-1947	Idroelettrico
1531	VASCA DI EDOLO	BS	23,9	1,32	Fiume Oglio	Terra con manto	ENEL PRODUZIONE S.P.A.	1979-1984	Idroelettrico
728	VENEROCOLO	BS	26,9	2,55	Torrente Venerocolo	Gravità a speroni a vani interni	ENEL PRODUZIONE S.P.A.	1956-1959	Idroelettrico
531	VILLA DI CHIAVENNA	SO	32,8	0,94	Fiume Mera	Gravità ordinaria in calcestruzzo	EDIPOWER S.P.A.	1947-1949	Idroelettrico

Tabella 6 - "Grandi dighe" presenti in Regione Lombardia con indicazione delle priorità di aggiornamento dei Documenti di Protezione Civile.

Fonte: Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

Capitolo 4

Sviluppo di Linee Guida per la pianificazione di emergenza dighe

4.1 Struttura e principali contenuti di un PED

Anche in considerazione della letteratura scientifica di riferimento sul tema della pianificazione di Protezione Civile (§ Capitolo 1), sono state identificate le seguenti parti come costitutive della pianificazione di emergenza da attuare in ambiti territoriali in cui vi è la probabilità di accadimento di eventi alluvionali determinata da ipotetico collasso/cedimento delle strutture principali/accessorie di "grandi dighe" ovvero da manovre dei relativi organi di scarico:

- Parte 1 - INQUADRAMENTO DEL PIANO contenente:
 - i principali riferimenti normativi;
 - la descrizione dello sbarramento;
 - l'ambito territoriale di riferimento;
 - la pericolosità territoriale;
 - gli eventi storici significativi.
- Parte 2 - PIANO OPERATIVO contenente:
 - gli scenari di rischio;
 - il modello di intervento;
 - l'individuazione aree di ammassamento dei soccorritori e delle risorse;
 - la rubrica telefonica di emergenza;
 - le modalità di comunicazione del PED;
 - gli allegati (i.e. Documento di Protezione Civile; Schede ammassamento soccorritori debitamente validate da Comuni direttamente interessati; Tavole cartografiche, etc.).

La parte di "**Inquadramento del piano**" riporta una sintesi dei contenuti (normativi, tecnici e di inquadramento) necessari a caratterizzare il contesto territoriale oggetto di pianificazione. Partendo quindi dalle informazioni tecniche relative allo sbarramento e all'invaso (caratteristiche generali dell'invaso, opere di scarico, bacino imbrifero, alveo a valle dello sbarramento, accessi alla diga, interrimento, dispositivi di segnalazione acustica) ricavate dai principali documenti di riferimento quali il Documento di Protezione Civile, il Foglio di Condizione per la Manutenzione e l'Esercizio e il Progetto di Gestione dell'invaso (§ 2.1), si passa a descrivere l'ambito territoriale di riferimento con informazioni su inquadramento amministrativo e demografico; inquadramento orografico, idrografico e meteo-climatico; infrastrutture viarie e punti di accessibilità; reti tecnologiche; sistema economico; patrimonio culturale e ambientale. Già a partire da queste prime informazioni è possibile trarre importanti considerazioni sul livello di Esposizione e Vulnerabilità del territorio e delle comunità che lo abitano.

Oltre ai fattori di Esposizione e Vulnerabilità, la Pericolosità (idrogeologica, sismica, da incendio boschivo, etc.) è l'ulteriore altra componente da considerare per definire il livello di rischio territoriale inteso come probabilità di accadimento di uno o più eventi potenzialmente dannosi che, con una certa intensità/magnitudo e in un determinato spazio/tempo, possono essere causa di perdite fisiche, economiche e/o sociali. Desunta mediante una serie di strati informativi, documenti

disponibili (i.e. Inventario Fenomeni Franosi in Italia (IFFI)) e strumenti della pianificazione ai diversi livelli territoriali (i.e. Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale, Piano di Emergenza e Programma di Previsione e Prevenzione Provinciale di Protezione Civile, Piano Gestione Rischio Alluvioni (PGRA), Piano Soccorso Rischio Sismico (PSRS) di Regione Lombardia, Piano Antincendio Boschivo (AIB), Piano di Governo del Territorio comunale, Piani di Protezione Civile comunali, Studi di Microzonazione Sismica e Analisi di Condizioni Limite per l’Emergenza (CLE), etc.), tale componente è fondamentale anche per valutare la possibilità e gli effetti sul territorio dell’accadimento simultaneo di più eventi pericolosi (multirischio).

Infine, data l’attuale complessa natura dei cambiamenti che si possono verificare in un ambiente e la necessità di redigere Piani di Protezione civile dotati di struttura dinamica e i cui contenuti devono essere aggiornati costantemente sia durante il periodo ordinario (o tempo di pace) che in considerazione di lezioni apprese nel tempo, si è ritenuto utile introdurre - dove possibile - una sezione di approfondimento su eventi storici significativi descrittiva degli effetti territoriali determinati. Conservare la memoria storica di eventi di questo tipo permette di costruire un quadro conoscitivo significativo utile alla redazione e/o l’aggiornamento di un Piano di Protezione civile che sappia tener conto anche dei reali effetti del cambiamento climatico. In riferimento a ciò, si segnala però l’attuale difficoltà di recuperare in modo esteso dati e informazioni di dettaglio alla scala locale relativamente i danni registrati in un territorio e sui suoi elementi. Il sistema per la Raccolta delle Schede Danni (RASDA) della Regione Lombardia [6] risulta utile sostanzialmente per effettuare un’analisi preliminare tra gli eventi storici significativi che si sono verificati sul territorio regionale in quanto contiene segnalazioni effettuate dagli Enti locali relativamente a eventuali danni al settore pubblico e privato le spese di prima emergenza conseguenti ad eventi calamitosi naturali verificatisi a partire dal 2004. Le informazioni che si possono ricavare consultando il sistema RASDA risultano sintetiche; è necessario ricorrere a documentazioni più precise e detenute prevalentemente dagli Enti locali del territorio (i.e. UTR e Ufficio Tecnico comunale).

Tutti i contenuti costitutivi della prima parte di “Inquadramento del piano” risultano essenziali e necessari per poter trattare e definire con coerenza la parte di “**Piano operativo**” del PED che - come definito da normativa (§ Capitolo 2.1) - deve definire scenari di rischio, strategie operative e modello di intervento per organizzare una risposta efficiente per la gestione dell’emergenza in caso di evento calamitoso previsto o in atto.

Come già anticipato (§ 2.1.2), gli scenari di rischio permettono di costruire una sintetica rappresentazione quali-quantitativa dei danni e delle perdite che si possono verificare in uno specifico contesto in conseguenza di un evento pericoloso. Oltre che strumento orientato all’assunzione di decisioni finalizzate alla gestione di emergenze con attività di tipo specialistico, organizzativo e collettivo, lo scenario di rischio può essere finalizzato (se opportunamente concepito, rappresentato e comunicato) anche all’assunzione di decisioni di livello individuale, familiare o comunitario, da tradurre nell’adozione delle più efficaci azioni di autoprotezione che possono essere consapevolmente intraprese. Gli scenari di riferimento si rifanno alla documentazione esistente redatta dai concessionari e gestori (ai sensi Circolare STN/2/2280/1995) reperibili anche presso la Prefettura e l’Ufficio Tecnico per le Dighe (UTD) competenti. In relazione a quanto disposto nella DPCM dell’8 luglio 2014, si parla di Rischio diga e Rischio idraulico a valle. Il MIT - Direzione Generale per le dighe e le infrastrutture idriche ed elettriche, per favorire la

[6] Sistema RASDA - Raccolta delle Schede Danni Regione Lombardia.
Link: www.rasda.regione.lombardia.it/rasda/

redazione dei piani d'emergenza, si è occupata della digitalizzazione e della diffusione tra i soggetti del Sistema nazionale di Protezione Civile, dello studio teorico di piena artificiale (§ Capitolo 3). Attualmente, tali studi risultano datati non considerando né i reali effetti del cambiamento climatico (e in particolare la probabilità di accadimento di eventi molto intensi) né le reali dinamiche territoriali intercorse nel tempo. Anche il livello di interrimento dell'invaso non è un'informazione che viene di fatto considerata nel DPC. Nella predisposizione di un PED risulta fondamentale disporre di studi tecnici e simulazioni idrauliche aggiornate per definire correttamente gli scenari di rischio, nello specifico le aree allagabili, le strutture e le infrastrutture potenzialmente coinvolte in relazione al loro livello di Esposizione e Vulnerabilità.

Inoltre, per la costruzione degli scenari di rischio occorre conoscere il livello di Esposizione inteso come intende la quantità e la qualità dei diversi elementi antropici che compongono una realtà territoriale e le cui condizioni e il cui funzionamento possono essere danneggiati, alterati o distrutti da fattore/i di pericolosità. A questo proposito costituisce riferimento l'elenco delle tipologie degli edifici e delle opere infrastrutturali di interesse strategico e di quelli che possono assumere rilevanza per le conseguenze di un eventuale collasso approvato in Regione Lombardia con il Decreto dirigente unità organizzativa 22 maggio 2019 - n. 7237 (in attuazione della DGR n. 19964 del 7 novembre 2003) (Tabella 7) [7]. Sono di interesse strategico, gli edifici e/o le opere infrastrutturali la cui funzionalità assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile, in quanto ospitanti in tutto o in parte funzioni di comando, supervisione e controllo delle operazioni di protezione civile in emergenza. Gli edifici e/o le opere infrastrutturali che possono assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso invece sono:

- le costruzioni pubbliche o comunque destinati allo svolgimento di funzioni pubbliche nell'ambito dei quali siano normalmente presenti comunità di dimensioni significative, nonché edifici e strutture aperti al pubblico suscettibili di grande affollamento;
- le strutture il cui collasso può comportare gravi conseguenze in termini di danni ambientali;
- le costruzioni il cui collasso può determinare danni significativi al patrimonio storico, artistico e culturale.

Per ciascun elemento esposto è importante dare informazioni non solo sulla relativa localizzazione geografica ma anche sulla presenza di eventuali "caratteri di Vulnerabilità" che possono influenzare il livello di propensione al danneggiamento fisico dell'elemento stesso e/o delle persone ivi presenti al verificarsi di un evento pericoloso. Nello specifico, deve essere presa nota delle caratteristiche fisiche delle strutture/infrastrutture (numero di piani interrati e fuori terra, di strutture temporanee, di barriere perimetrali, etc.), di particolari categorie di persone presenti (i.e. disabili, anziani, etc.), della destinazione d'uso (i.e. commerciale, produttiva, ricettiva), delle funzionalità ridondanti per comprendere se e come - in caso di emergenza - lo specifico sistema urbano considerato e i suoi elementi possono comportarsi.

[7] Regione Lombardia, Decreto dirigente unità organizzativa 22 maggio 2019 - n. 7237 "Elenco delle tipologie di opere infrastrutturali e di edifici di interesse strategico e di quelli che possono assumere rilevanza per le conseguenze di un eventuale collasso".

Edifici ed opere infrastrutturali di interesse STRATEGICO

- Edifici destinati a sedi dell'Amministrazione regionale/provinciale/comunale, di Comunità Montane*;
- Sale Operative, Centro funzionale e Centri di coordinamento di protezione civile (DICOMAC, CCS, COM, COC, UCL, etc.);
- Strutture regionali, provinciali e comunali, adibite all'attività logistica per il personale, i materiali e le attrezzature;
- Edifici destinati all'informazione e all'assistenza alla popolazione, nonché per la gestione dell'emergenza individuati nei Piani Provinciali e Comunali di Protezione civile;
- Strutture ospedaliere di ricovero e cura pubbliche e private dotate di DEA di I o II livello, IRCCS dotati di DEA di I o II livello, centrali operative del 118 e 112 NUE.
- Strutture connesse con l'approvvigionamento, il deposito e la distribuzione dell'acqua potabile (es. impianti di potabilizzazione, serbatoi, etc.);
- Dighe e grandi invasi;
- Strutture connesse con la produzione, il deposito, il trasporto e la grande distribuzione di materiali combustibili e di energia elettrica individuati nei piani di protezione civile, nonché strutture connesse agli impianti di cogenerazione al servizio di insediamenti urbani e di aree produttive (sono escluse le reti);
- Strutture quali discariche, inceneritori, impianti di trattamento delle acque reflue, il cui collasso può determinare un'interruzione di pubblico servizio, grave nocimento alla salute dei centri abitati circostanti e/o gravi conseguenze in termini di danni ambientali;
- Strutture destinate alle comunicazioni e alla trasmissione di dati e informazioni per la gestione dell'emergenza, individuate nei piani di protezione civile (sono escluse le reti);
- Autostrade, strade statali e regionali, e relative opere d'arte (ponti, viadotti, gallerie, opere di contenimento e sostegno, ...);
- Strade provinciali e comunali ed opere d'arte annesse (ponti, viadotti, gallerie, opere di contenimento e sostegno, ...); reti ferroviarie ed opere annesse come ponti e opere di ingegneria appartenenti alla rete ferroviaria regionale e stazioni/fermate su detta rete; aeroporti, eliporti, porti e stazioni lacuali e fluviali individuate nei Piani Provinciali di emergenza o in altre disposizioni di protezione civile; altre opere infrastrutturali.

Edifici ed opere infrastrutturali RILEVANTI

- Sedi degli Enti pubblici e sedi adibite a funzione pubblica di dimensioni significative e soggette a rilevante accesso di pubblico;
- Scuole di ogni ordine e grado; Centri di formazione professionale; Servizi educativi per l'infanzia; Strutture universitarie;
- Strutture di ricovero cura ed IRCCS non ricompresi tra gli edifici strategici, Strutture Ambulatoriali Territoriali con superficie complessiva superiore a 1.000 mq, Residenze Sanitario-Assistenziali con ospiti non autosufficienti (comprese RSD e REMS), Hospice, Strutture residenziali di riabilitazione, di assistenza residenziale extraospedaliera, terapeutiche di psichiatria per adulti e neuropsichiatria dell'infanzia e dell'adolescenza;
- Chiese ed edifici aperti al culto;
- Strutture fieristiche, ricreative, culturali e per lo spettacolo (quali cinema, teatri, auditorium, sale convegni e conferenze, discoteche e luoghi della cultura quali musei, biblioteche e archivi)
- Strutture ad alta ricettività quali coperture fisse per spettacoli all'aperto, sagre, luoghi di ristorazione e ospitalità, attività ricreative, con superficie utile maggiore di 200 mq o con capienza complessiva utile superiore a 100 unità;
- Sale ricreative, oratori ed edifici assimilabili per funzioni con capienza utile superiore a cento unità;
- Stadi ed impianti sportivi, dotati di tribune anche mobili con capienza superiore a 100 persone;
- Mercati coperti, esercizi e centri commerciali aventi superficie di vendita superiore a 1500 mq e suscettibili di grande affollamento;
- Palazzi di Giustizia; Carceri.
- Strutture non di competenza statale connesse con la produzione, trasporto e distribuzione di energia elettrica;
- Strutture non di competenza statale connesse con la produzione, trasporto e distribuzione di materiali combustibili (oleodotti, gasdotti, etc.);
- Strutture connesse con il funzionamento di acquedotti locali;
- Strutture non di competenza statale connesse con i servizi di comunicazione (radio, telefonia fissa e mobile, televisione);
- Impianti e industrie, con attività pericolose per l'ambiente (es. materie tossiche, prodotti radioattivi, chimici o biologici potenzialmente inquinanti, etc.);
- Edifici industriali in cui è prevista una presenza contemporanea media superiore a cento unità;

* Edifici ospitanti funzioni/attività connesse con la gestione dell'emergenza.

Tabella 7 - Categorie di edifici ed opere infrastrutturali di competenza regionale di interesse strategico e rilevante per le finalità di protezione civile.

Alla luce degli scenari di rischio definiti, si organizza la risposta operativa per la gestione dell'emergenza in caso di evento calamitoso. Il modello d'intervento deve includere:

- le attività di allertamento per l'emanazione dei livelli di allerta necessari all'attivazione del sistema di emergenza;
- il sistema di coordinamento che regola il flusso delle comunicazioni ai diversi livelli territoriali;
- le procedure operative relative alle azioni che i soggetti coinvolti nella gestione dell'emergenza devono porre in essere (ai diversi livelli di coordinamento) per fronteggiarla.

Il Documento di Protezione Civile costituisce il punto di riferimento per la definizione del modello di intervento, nello specifico per le fasi di allertamento e il flusso delle comunicazioni. È possibile caratterizzare meglio invece le azioni dei soggetti coinvolti con specifiche indicazioni che dovranno essere poi recepite dagli strumenti di pianificazione di loro competenza in merito ad esempio:

- all'istituzione di nuovi punti di presidio (idraulici e idrogeologici) rispetto a quanto già definito dai Quaderni di Presidio [8] vigente sul territorio;
- alla necessità di prevedere un'accessibilità viabilistica alternativa rispetto a quella esistente potenzialmente a rischio di interruzione;
- alla necessità di prevedere una collocazione alternativa alle strutture deputate alla gestione dell'emergenza che ricadono all'interno dell'area potenzialmente alluvionabile;
- all'implementazione di un adeguato sistema di allerta alla popolazione e segnaletica in aree a rischio diga;
- etc.

Precise indicazioni devono essere invece date in riferimento alle aree di ammassamento dove devono trovare sistemazione idonea i soccorritori e le risorse necessarie a garantire un razionale intervento nelle zone di emergenza. Tali aree devono essere selezionate a seguito di sopralluoghi organizzati sul territorio al fine di verificarne l'idoneità rispetto i criteri normativi richiesti [9]:

- dimensione media di circa 25.000 m²;
- dotate di pavimentazione e fornitura dei servizi essenziali;
- con posizione baricentrica rispetto alla Provincia d'appartenenza e nelle vicinanze dell'area oggetto del PED;
- accessibili (vicinanza con autostrade o arterie principali);
- vicinanza di area stoccaggio e smaltimento risorse, ambienti coperti secondo cui sono state scelte in zone baricentriche rispetto alla Provincia d'appartenenza e nelle vicinanze dell'area oggetto del PED.

[8] In Regione Lombardia a livello locale il servizio di piena e i presidi territoriali idraulici e idrogeologici sono compiti garantiti e gestiti dagli Uffici Tecnici Regionali (UTR). Ogni UTR predispone il Quaderno di presidio territoriale di sua competenza al fine di svolgere attività tecnica e di controllo attivo, durante i fenomeni meteorologici estremi.

[9] Indicazioni operative inerenti "La determinazione dei criteri generali per l'individuazione dei Centri di Coordinamento e delle Aree di Emergenza" emanati dal Capo Dipartimento del Dipartimento della Protezione Civile il 31 marzo 2015 (n°1099 del 31/03/2015).

Nella scelta di queste aree, risulta fondamentale il coordinamento con gli Enti locali che conoscono il territorio, i suoi elementi e le relative caratteristiche. Un'area di ammassamento soccorritori non può inoltre coincidere con aree già individuate nel Piano di Protezione Civile comunale per l'attesa e l'assistenza della popolazione.

La rubrica telefonica di riferimento da utilizzare in caso di evento emergenziale deve coincidere con quella riportata all'interno del Documento di Protezione Civile; deve essere costantemente aggiornata con inserimento del contatto di enti/istituzioni interessate al PED.

Infine, tra gli allegati di un Piano di Emergenza Diga non possono mancare le cartografie tematiche descrittive dei caratteri territoriali con riguardo al livello di pericolosità, alla perimetrazione delle aree colpite dall'onda di piena conseguente al collasso e all'apertura degli scarichi dello sbarramento, alla localizzazione degli edifici e delle infrastrutture strategiche/rilevanti coinvolte, all'ubicazione delle aree di ammassamento soccorritori individuate rispetto al territorio di interesse per il PED e al relativo sistema infrastrutturale di collegamento (stradale, ferroviario, lacuale, etc.). I materiali cartografici costituiscono supporto anche per l'assunzione di decisioni di livello individuale, familiare o comunitario, da tradurre nell'adozione delle più efficaci azioni di autoprotezione che possono essere consapevolmente intraprese. Non si tratta di vivere la presenza della diga come un potenziale e prossimo pericolo, ma di essere consci di come viene gestita e di cosa bisogna fare in caso di allerta. Questo anche sulla scorta di quanto stabilito dal nuovo codice di protezione civile in materia di rischi, e cioè il fatto che i cittadini devono partecipare attivamente alla prevenzione dei rischi, essere consapevoli dei rischi esistenti sul proprio territorio e sapere cosa bisogna fare in caso di allerta. Una responsabilità da condividere con le istituzioni, insomma, che è il primo passo di un atteggiamento resiliente.

A questo proposito e come previsto da normativa (§ 2.1), i PED realizzati devono essere verificati tramite esercitazioni di protezione civile quali occasioni di coinvolgimento dei cittadini e delle Amministrazioni per far conoscere meglio le procedure d'allerta specifiche.

4.2 Metodologia di lavoro per la predisposizione e approvazione di un PED

La metodologia di lavoro che Regione Lombardia ha seguito per la predisposizione e l'approvazione di un PED prevede diverse fasi operative e il coordinamento dei vari Enti del Gruppo di Lavoro istituito (i.e. Ministero Infrastrutture e Trasporti – Ufficio Tecnico Dighe Milano, Prefetture, Province, UTR, Gestori, Comunità Montane, Comuni, Consorzi Bonifica, DG Ambiente RL) per la condivisione dei contenuti del piano e per lo scambio reciproco di informazioni.

Soprattutto nelle prime fasi di lavoro, vengono organizzati sopralluoghi tecnici e incontri di collaborazione sul territorio volti alla raccolta di materiali e documenti di interesse (i.e. DPC, FCEM, Progetto di gestione, Quaderno di presidio territoriale, studi idraulici, etc.). Da normativa (§ 2.1.3) alla predisposizione dei PED, collaborano con la Regione e le Prefetture-UTG anche i Comuni e le Province i cui territori sono interessati dalle aree di allagamento. Nel contempo, i Comuni ricevono supporto dalla Prefettura-UTG, dalla Provincia e dalla Regione per l'aggiornamento dei propri piani di protezione civile comunali. L'Ufficio Territoriale Regionale, la Provincia e gli uffici tecnici locali costituiscono invece il supporto per l'identificazione e verifica d'idoneità delle aree di emergenza di ammassamento soccorritori di carattere provinciale/regionale.

Ruolo di grande rilevanza è quello rappresentato dalla Direzione Generale per le Dighe e le Infrastrutture idriche ed elettriche che collabora con il Dipartimento della Protezione Civile della Presidenza del Consiglio dei Ministri nell'ambito del sistema di allertamento nazionale e regionale per il rischio idrogeologico e idraulico (Direttiva P.C.M. del 27.02.04). Nello specifico svolge attività di supporto alla rete dei Centri Funzionali attraverso l'analisi dei fenomeni idrologico-idraulici connessi alla presenza di sbarramenti, l'individuazione di indicatori di rischio idraulico-idrologico delle dighe e la predisposizione di un modello in tempo reale per la valutazione dei rilasci attraverso gli scarichi, anche con particolare riguardo al monitoraggio delle grandi dighe in tempo reale, riguardante gli aspetti di sicurezza idraulica previsti dalla legge 139/2004. Nelle fasi di emergenza la Direzione Generale collabora con il Centro Funzionale Centrale, presso il Dipartimento della Protezione Civile, con i Centri Funzionali Decentrati, nonché con i Prefetti nel territorio in cui ricadono le dighe di competenza. Nell'ambito della prevenzione ed ai fini della pianificazione delle emergenze, la Direzione Generale promuove gli studi di propagazione delle onde di piena conseguenti a manovre volontarie degli organi di scarico delle dighe ed a seguito di ipotetico collasso delle stesse, individuando le aree esposte al connesso rischio idraulico. La Direzione Generale inoltre concorre, con le Regioni, i Centri Funzionali Decentrati, le Autorità di Bacino, sotto il coordinamento della D.P.C., alla predisposizione di piani di laminazione finalizzati alla riduzione del rischio idraulico a valle degli invasi.

A seguito dell'approvazione con Deliberazione di Giunta Regionale, il PED viene trasmesso a tutte le Amministrazioni e agli Enti territorialmente coinvolti, anche ai fini del conseguente aggiornamento delle relative pianificazioni correlate. Con finalità conoscitiva e come previsto da DPCM dell'8 luglio 2014, il PED deve essere trasmesso al Dipartimento della Protezione Civile (allo scopo di poter attuare, se necessario, il modello organizzativo per l'intervento del livello nazionale a supporto e integrazione della risposta locale di protezione civile), pubblicato sul BURL e sul sito istituzionale di Regione Lombardia, quindi presentato alle Amministrazioni e agli stakeholder (es. ANCI, Ordini professionali, Università, ecc..) mediante apposito incontro informativo.

Come anticipato (§ 5.1), il PED deve essere verificato tramite esercitazione di protezione civile che la Regione Lombardia organizza in collaborazione con gli Enti territorialmente interessati, valutandone insieme la modalità di realizzazione (operativa o per posti di comando). L'organizzazione e la gestione dell'esercitazione di protezione civile, essendo basata sulla simulazione di una emergenza reale, deve essere organizzata coinvolgendo sin da subito i diversi enti ed amministrazioni responsabili del coordinamento e dello svolgimento delle attività di soccorso e salvaguardia della popolazione e dei beni, alla stregua di quanto accadrebbe in una emergenza reale.

PARTE SECONDA

Casi di studio

Rispetto a quanto definito nel Programma triennale di aggiornamento dei Documenti di Protezione Civile (§ 2.1.6) e nell'ambito del rapporto di collaborazione sottoscritto per l'anno 2019-2020 con il Politecnico di Milano, Regione Lombardia ha avviato le attività per la predisposizione dei PED delle seguenti "grandi dighe" lombarde (Figura 4):

- la diga di Ponte Cola in provincia di Brescia (Figura 5);
- la diga di Pagnona in Provincia di Lecco (Figura 6);
- la traversa fluviale di Lago d'Idro in Provincia di Brescia (Figura 7);
- la diga di Isola Serafini in provincia di Piacenza, con ricadute sul territorio lombardo (Figura 8).

Nei capitoli che seguono, si presentano e caratterizzano i contenuti messi a punto per la predisposizione dei PED di ciascuna diga. Le indicazioni e gli elementi messi in risalto come rivelanti ai fini della pianificazione di emergenza devono essere considerati dalla Regione Lombardia nella definizione delle fasi di allertamento e del modello di intervento di ciascun PED.

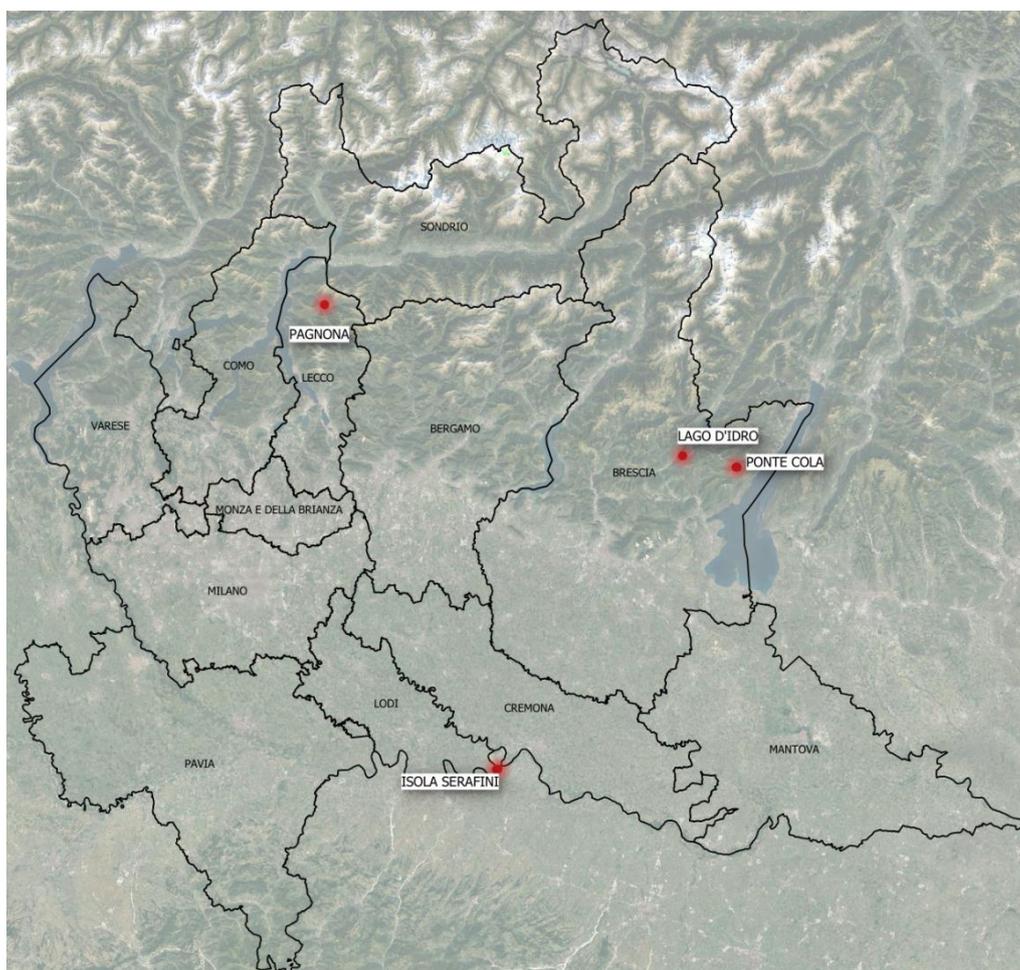


Figura 4 - Localizzazione delle dighe lombarde oggetto di studio e analisi.

Le prime attività di studio e ricerca sono state avviate con riferimento alla diga di Ponte Cola e alla diga di Pagnona, due sbarramenti differenti per caratteristiche tecniche con particolare riguardo alle dimensioni, al volume e allo stato dell'invaso, al livello di interrimento. Diverso è anche il livello di pericolosità sismica del territorio in cui sono localizzate. Per contro, l'alveo a valle di entrambi gli

sbarramenti scorre in valli molto incise che terminano in corrispondenza di conoidi detritiche dove sono localizzati gli abitati dei Comuni di Dervio (LC) e Toscolano Maderno (BS) in cui sono presenti numerosi insediamenti turistici che, soprattutto nel periodo estivo, vedono un incremento del numero di persone presenti.

Con riferimento alla diga di Ponte Cola, si segnala l'approvazione con DGR n.3405 del 20/07/2020 del Piano Emergenza Diga .Di seguito il link dal quale poter scaricare la documentazione completa: <https://www.regione.lombardia.it/wps/portal/istituzionale/HP/istituzione/Giunta/sedute-delibere-giunta-regionale/DettaglioDelibere/delibera-3405-legislatura-11>.

Per quanto concerne la diga di Pagnona, si segnala invece la sospensione - nel mese di maggio 2020 - dell'iter di approvazione del PED in corso in conseguenza alla necessità di effettuare interventi di miglioramento idraulico e strutturale sullo sbarramento. I contenuti presentati nel report fanno riferimento al Documento di Protezione Civile approvato dalla Prefettura di Lecco il 22 novembre 2017. Poiché ai sensi dell'art. 4 della Direttiva PCM luglio 2014, il DPC è propedeutico per la redazione del Piano di Emergenza Diga, in seguito all'approvazione del suo aggiornamento, si implementeranno i contenuti presentati in questo report tenendo conto delle risultanze del nuovo Documento di Protezione Civile e probabilmente anche dello studio idraulico e idrogeologico, a scala di sottobacino del Torrente Varrone, commissionato alla Comunità Montana Valsassina, Valvarrone, Val D'Esino Riviera. In seguito a quanto sopra citato il PED della diga di Pagnona è stato approvato con DGR n. 3731 del 26/10/2020.

Infine, si segnala che le attività di ricerca e lavoro finalizzate alla predisposizione dei PED relativi alla traversa di Lago d'Idro e alla diga di Isola Serafini sono state avviate ma fortemente influenzate dall'emergenza epidemiologica COVID-19 che a partire dalla metà di febbraio 2020, ha coinvolto l'Italia e in particolare la Regione Lombardia. Le Province di Brescia, di Lodi e Cremona (di interesse nell'ambito del presente lavoro di ricerca) sono state tra le più colpite e centro dei primi focolai di contagio. Decreti attuativi e ordinanze sono stati emanati con indicazione di misure da adottare in materia di contenimento e gestione dell'emergenza e che - da marzo a maggio - hanno vietato lo spostamento/trasferimento fisico di persone in comuni diversi da quelli di residenza (salvo che per comprovate esigenze lavorative, di assoluta urgenza ovvero per motivi di salute) nonché la chiusura di attività produttive non essenziali o strategiche. Pertanto, da febbraio fino al termine dell'incarico in oggetto (giugno 2020), nel rispetto delle misure definite, le attività di ricerca si sono svolte a distanza mediante l'organizzazione di svariati video incontri con gli Enti e i soggetti istituzionali coinvolti per competenza. Durante questo periodo non è stato poi possibile né svolgere sopralluoghi né consultare materiali depositati in archivi o presso uffici; l'interazione con alcuni Enti territoriali fortemente coinvolti in fase di emergenza è risultata difficoltosa, in alcuni casi non possibile. Nel caso specifico della diga di Isola Serafini, si è valutato di limitare l'attività al recupero dei principali materiali e/o all'impostazione preliminare del lavoro da affrontare come riportato nel presente report.

Per quanto riguarda invece la Traversa del Lago d'Idro, le attività di ricerca svolte hanno messo in evidenza la necessità di programmare e redigere - con finalità di protezione civile - uno studio per la definizione del rischio idraulico conseguente al collasso di una frana di vaste proporzioni in corrispondenza dell'incile del Fiume Chiese in uscita dal Lago d'Idro, in comune di Idro in sponda sinistra Chiese. Tale studio risulta fondamentale per la definizione di adeguati scenari di rischio che attualmente possono fare riferimento agli studi idraulici eseguiti nel 1996 dalla Società Lago d'Idro.



Figura 5 - Bacino e paramento di monte della diga di Ponte Cola.



Figura 6 - Vista da monte sulla diga di Pagnona con scarico di fondo, sgrigliatore e casa di guardia (maggio 2006).



Figura 7 - Vista panoramica sul bacino del Lago d'Idro. Fonte: Società Alpina SpA.



Figura 8 - Vista aerea sullo sbarramento di Isola Serafini. Fonte: Società Alpina SpA.

Capitolo 5

La Diga di Ponte Cola (BS)

Si riportano di seguito le principali informazioni di carattere generale e tecnico relative allo sbarramento oggetto del presente capitolo, nonché gli elementi identificati come rilevanti ai fini della pianificazione di emergenza diga.

Il quadro di riferimento è rappresentato dal Documento di Protezione Civile approvato il 18 gennaio 2019 dalla Prefettura di Brescia [10].

5.1 Inquadramento territoriale e caratterizzazione tecnica

Situata nel comune di Gargnano, in Provincia di Brescia, la diga di Ponte Cola intercetta le acque del torrente Toscolano - immissario del lago di Garda - creando un invaso di circa 52,25 x 106 m³ di volume chiamato anche lago di Valvestino (come l'omonima valle) le cui acque sono utilizzate per la produzione di energia elettrica tramite la centrale di Gargnano. L'alveo a valle dello sbarramento scorre in una valle molto incisa, caratterizzata da forre, assenza di insediamenti e di rilevante fruizione turistica (specialmente la Valle delle Cartiere), che termina a monte dell'abitato di Toscolano Maderno dove (a 1 km dalla foce) sono presenti numerosi insediamenti ricettivi. La vocazione turistica dei comuni di Toscolano Maderno e Gargnano fa sì che in questi ambiti territoriali, soprattutto nei periodi estivi, vi sia un notevole incremento della popolazione presente.

Sulla base di quanto indicato dal DPC, i Comuni con territori interessati dalle aree di allagamento conseguenti a manovre di apertura degli scarichi ovvero a ipotetico collasso dello sbarramento di Ponte Cola sono Toscolano Maderno e Gargnano. Si considera tuttavia quale ambito territoriale di riferimento del presente piano di emergenza quello costituito dai Comuni rivieraschi interessati dalla presenza della diga, ovvero quelli a monte confinanti con l'invaso e quelli a valle confinanti con l'alveo fino a una distanza non superiore a 10 km o fino alla confluenza in un corpo idrico di maggiori dimensioni. Pertanto, il territorio in esame comprende oltre ai comuni di Toscolano Maderno e Gargnano anche quello di Valvestino per una superficie totale di circa 170 km². Gli enti territoriali sovracomunali di riferimento, per tutti i comuni sopramenzionati, sono Prefettura-UTG di Brescia, Ufficio Territoriale Regionale e Provincia di Brescia, Comunità Montana Parco Alto Garda Bresciano.

Comune	Gargnano
Provincia	Brescia
Regione	Lombardia
Corso d'acqua sbarrato	Torrente Toscolano
Corsi d'acqua a valle	Lago di Garda/Fiume Mincio
Bacino idrografico	Fiume PO
Comuni afferenti alla diga	Gargnano (BS), Valvestino (BS), Toscolano Maderno (BS)
Periodo di costruzione	1962 - Fine costruzione, 1963 - Collaudo

Tabella 8 –Informazioni di inquadramento della diga di Ponte Cola. Fonte: DPC Diga Ponte Cola.

[10] Documento di Protezione Civile della diga di Ponte Cola approvato dalla Prefettura di Brescia il 18 Gennaio 2019 con protocollo n. 3664/12A.10.24/P.C.

Dal punto di vista tecnico, si segnala l'esistenza di un limite di invaso alla quota di 480,00 m s.l.m. imposta in seguito a verifiche condotte sul comportamento idraulico e meccanico della roccia di fondazione e con specifico riferimento ai fenomeni registrati (quali elevati valori di pressione interstiziale alla base del concio centrale e innalzamento dei caposaldi di livellazione del pulvino) attribuiti all'eccezionale carico termico verificatosi nella stazione estiva del 2003 (nota RID/UPM/0048/07 del 09/01/2007 dell'Ufficio di Milano del Registro Italiano Dighe) (Tabella 9).

Inoltre, dai rilievi batimetrici effettuati a settembre 2012 sul bacino della diga, è possibile ottenere una stima di massima del quantitativo di sedimento presente nell'invaso: dal confronto tra i volumi d'invaso originari e quelli del 2012 risulta che nel volume d'invaso sono presenti circa 710.000 m³ di materiale sedimentato, con un tasso di interrimento medio annuo di circa 15.000 m³/anno. Se si considera invece il volume utile di regolazione, calcolato rispetto alla quota di massima regolazione di progetto, risulta che al 2012 sono presenti circa 40.000 m³ di materiale sedimentato, corrispondente a una perdita dello 0.1% della capacità utile dell'invaso (Tabella 10).

Tipologia diga (D.M. 26/6/14)	Ab3 - Diga muraria a volta, a cupola
Altezza diga (L.584/94)	122,00 m
Volume di invaso (L. 584/94)	52,25 x 106 m ³
Utilizzazione prevalente	Idroelettrico
Ente Gestore	Enel Green Power Italia Srl
Stato dell'invaso	Limitato
Superficie bacino idrografico direttamente sotteso	97,25 km ²
Superficie bacino idrografico allacciato	24,58 km ²
Quota massima di regolazione	503,00 m s.l.m.
Quota di massimo invaso	504,00 m s.l.m.
LIMITAZIONE DI INVASO PER MOTIVI DI SICUREZZA	
Quota autorizzata (quota limitata di regolazione)	480,00 m s.l.m.
Quota limitata raggiungibile in via straordinaria in caso di piena	483,00 m s.l.m.
Volume autorizzato	26,62 Mm ³
PORTATE CARATTERISTICHE DEGLI SCARICHI	
Portata massima scarico di superficie (alla quota di massimo invaso)	152 m ³ /s
Portata massima scarico di mezzo fondo (alla quota di massimo invaso)	107 m ³ /s
Portata massima scarico di fondo (alla quota di massimo invaso)	87 m ³ /s
Portata massima scarico di mezzofondo (alla quota attuale di limitazione)	91 m ³ /s
Portata massima scarico di fondo (alla quota attuale di limitazione)	80 m ³ /s
Qmax – portata massima transitabile in alveo contenuta nella fascia di pertinenza idraulica	38 m ³ /s
Qmin - portata di attenzione scarico diga	15 m ³ /s
ΔQ – soglie incrementali	5 m ³ /s

Tabella 9 - Informazioni tecniche Diga di Ponte Cola.
Fonte: DPC Diga Ponte Cola.

Volumi d'invaso, volumi utili e quantitativi di sedimento	Quantità
Volume di invaso originario (ai sensi della L.584/1994)	52.250.000 m ³
Volume di invaso al 2012 (ai sensi della L.584/1994)	51.540.000 m ³
Volume utile di regolazione originario	47.550.000 m ³
Volume utile di regolazione al 2012	47.510.000 m ³

Tabella 10 - Rilievo batimetrico diga di Ponte Cola (settembre 2012).
Fonte: Progetto di gestione invaso Diga di Ponte Cola.

Con riferimento ai sistemi segnaletici di pericolo e di allarme che devono entrare in funzione per manovre di apertura volontaria degli organi di scarico per avvisare dell'arrivo dell'onda di piena le persone eventualmente presenti nell'area immediatamente a valle dello sbarramento e nelle zone dell'alveo adiacenti gli sbocchi degli scarichi, oltre alla sirena installata presso lo sbarramento come richiesto da normativa (Circolare del 28 agosto 1986 n. 1125), si segnala in via straordinaria la presenza di un ulteriore dispositivo secondario di segnalazione acustica localizzato in posizione sovrastante l'abitato di Toscolano Maderno (Figura 9).

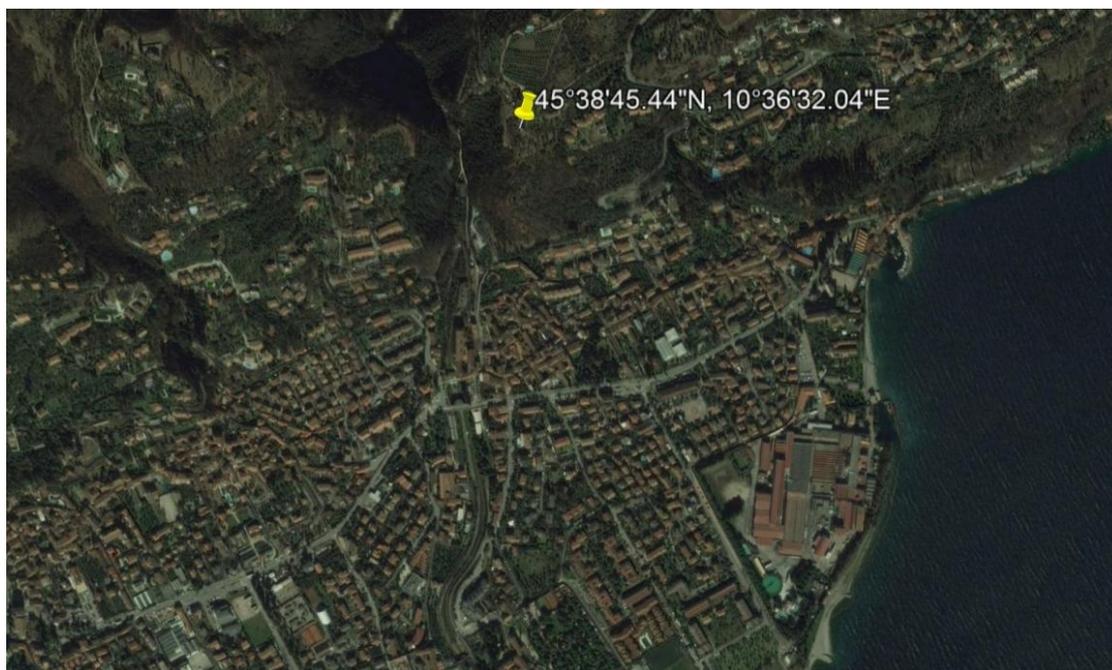


Figura 9 - Localizzazione del dispositivo secondario di segnalazione acustica.

5.2 Pericolosità territoriale

In Tabella 11 è definito il livello di pericolosità idrogeologica (frane, alluvioni e valanghe), sismica e da incendio boschivo per l'ambito territoriale di riferimento, rappresentato anche mediante Tavole cartografiche 1, 2, 3, 4, 5 e 6 allegate al report.

PERICOLOSITÀ		CONSIDERAZIONI	
SISMICA		X	Gli ambiti territoriali di riferimento risultano classificati in Zona sismica 2 (Zona a medio-alta probabilità sismica). La quasi totalità del territorio comunale di Toscolano Maderno nella porzione urbanizzata (porzione a lago ed immediato entroterra) risulta stabile ma suscettibile di amplificazioni locali.
IDROGEOLOGICA	ALLUVIONI	X	L'area del conoide di Toscolano Maderno è potenzialmente interessata da piene alluvionali causate dall'esondazione del torrente Toscolano.
	FRANE	X	I frequenti nubifragi verificatisi in questi ultimi anni hanno causato la parziale riattivazioni di fenomeni quiescenti nonché numerosi nuovi distacchi e crolli lungo i versanti della Valle delle Cartiere (Comune di Toscolano Maderno).
	VALANGHE	-	Non si segnalano aree a rischio valanga che possono determinare interruzioni di opere e/o infrastrutture strategiche o rilevanti per la gestione dell'emergenza.
INCENDIO BOSCHIVO		X	Gli ambiti territoriali di riferimento risultano in classi di rischio da incendio boschivo medio-elevato.

Tabella 11 – Caratteri di pericolosità nell'ambito territoriale di interesse per la diga di Ponte Cola.

5.3 Evento storico di riferimento

Relativamente al comune di Toscolano Maderno, ambito territoriale di fatto interessato da ipotetica onda di piena nel caso di collasso o apertura organi di scarico della diga di Ponte Cola, tra gli eventi storici di interesse va segnalato il terremoto che il 24 novembre 2004 con magnitudo locale 5.2 ha colpito l'area della provincia di Brescia sul versante occidentale del Lago di Garda fra i comuni di Vobarno, Salò, Gardone Riviera e Toscolano Maderno.

I danni maggiori rilevati post-evento riguardano principalmente i centri storici delle località colpite dal sisma, opere la cui vulnerabilità sismica appare particolarmente elevata, localizzate tra il comune di Salò e la Val Sabbia. Nello specifico i comuni maggiormente colpiti sono stati: Vobarno, Sabbio Chiese, Salò, Gardone Riviera, Roè Volciano, Villanuova sul Clisi, Gavardo. In Tabella 12 che segue sono riportati gli edifici pubblici, le infrastrutture e le opere di difesa del suolo che sono stati danneggiati durante il sisma negli ambiti comunali d'interesse. Il sistema viabilistico non è stato danneggiato ed è stata garantita l'accessibilità alla diga per verificarne la funzionalità e/o eventuali anomalie.

Comune	Edificio	Importo danni segnalati [€]
Gargnano	Municipio	32.500,00
	Caserma Carabinieri	13.000,00
	Ex Municipio	13.000,00
	Appartamenti comunali	26.000,00
	Chiesa Parrocchiale di S. Martino	550.000,00
	Chiesa Parrocchiale di S. Maria Assunta	420.000,00
	Chiesa Parrocchiale di S. Pier D'Agrino	425.000,00
	Altri edifici ecclesiastici non prioritari (somma complessiva)	1.561.938,58
Valvestino	Municipio	91.000,00
	Scuola elementare dell'infanzia	Medesimo edificio del municipio
	Ex Scuola elementare Armo	13.000,00
	Altri edifici ecclesiastici non prioritari (somma complessiva)	548.897,66
Toscolano Maderno	Asilo infantile Visintini	9.500,00
	Villa Zanardelli (A.N.N.F.F.A.S.)	182.030,48
	Villa Dalla Rosa (A.N.N.F.F.A.S.)	132.102,32
	Casa di riposo "Bianchi"	14.880,00
	Chiesa Parrocchiale di SS. Pietro e Paolo	15.562,08
	Chiesa Parrocchiale di SS. Faustino e Giovita	148.440,94
	Canonica	452.200,00

Tabella 12 - Interventi per la messa in sicurezza ed il ripristino degli edifici e delle infrastrutture danneggiati dal sisma. Fonte: UTR Brescia.

Con riferimento alla diga di Ponte Cola, l'accelerazione in sito registrata in corrispondenza dell'evento sismico del 24 novembre 2004 ($M_{locale} = 5.2$) è stimata pari a circa $a_g = 0.13g$ [11].

Come previsto dalla procedura relativa ai controlli da effettuare a seguito di sisma [12], l'ingegnere responsabile per la sicurezza della diga ha asseverato - in data 01 dicembre 2004 - lo stato di

[11] Relazione tecnica "Considerazioni sulle verifiche di sicurezza in presenza di carichi sismici" della diga di Ponte Cola, sottoscritta dall'ing. Ruggeri Giovanni nel marzo 2008.

[12] Circolare S.N.D. 1 luglio 2002, n.3536 "Controlli straordinari a seguito di eventi sismici".

conservazione e manutenzione dell'impianto di ritenuta e l'assenza di comportamenti anomali e/o malfunzionamenti, specificando quanto di seguito riportato [13]:

- le opere relative al corpo diga sono in buono stato di conservazione;
- le sponde dell'invaso non presentano dissesti significativi nei confronti della sicurezza dell'opera;
- le apparecchiature di servizio degli organi di scarico della diga e le fonti di energia ausiliare sono in buono stato di conservazione, manutenzione ed efficienza;
- la strumentazione di controllo della diga, in buono stato di efficienza, con le tolleranze ammesse dal Foglio di Condizioni per l'Esercizio e la Manutenzione, evidenzia un normale comportamento dell'opera di sbarramento anche nelle ore immediatamente successive al sisma;
- l'aggiornamento dei diagrammi delle misure essenziali o ritenute significative per il comportamento dell'opera, eseguite in seguito all'evento sismico evidenziano un normale comportamento dell'opera stessa;
- alla data odierna non si ravvisano situazioni di pericolo per le popolazioni.

5.4 Elementi rilevanti ai fini della pianificazione di emergenza

5.4.1 Scenari di riferimento

Da normativa (§ Capitolo 2), gli scenari di riferimento da considerare nella pianificazione di emergenza diga sono il "Rischio Diga" e il "Rischio idraulico a valle".

Per la diga di Ponte Cola, la pericolosità derivante dallo Scenario Rischio Diga trova la sua descrizione nello Studio eseguito nell'Aprile 1990 dalla ISMES S.p.A. [14]; mentre lo studio dell'onda di piena conseguente alle manovre d'apertura degli organi di scarico (Scenario Rischio idraulico a valle) è stato eseguito nel 1989 dall'ISMES SpA [15]. Per entrambi gli scenari, la perimetrazione dettagliata delle aree potenzialmente coinvolte dall'evento di collasso o dall'apertura degli organi di scarico è riportata nelle Tavole cartografiche 7 e 9 allegate al presente report.

Scenario Rischio Diga

L'onda di piena conseguente il collasso della diga di Ponte Cola è da considerarsi un evento estremamente distruttivo. Come evidenziato in Tabella 13 l'onda di *dam break* presenta caratteristiche estremamente distruttive, sia in termini di portata che di tempi di percorrenza del tratto fluviale che separa il corpo diga dal centro abitato di Toscolano Maderno (Sez. 9, Figura 10) pari a 240 secondi ovvero 4 minuti. Inoltre, visti i potenziali volumi dell'onda di *dam break*, e considerata l'energia con cui questa raggiunge la sponda del lago di Garda, non si esclude la

[13] Asseverazione Diga di Ponte Cola (rif. 327/760). Evento sismico del 24 novembre 2004. Invio Asseverazione Straordinaria prevista dalla procedura relativa ai controlli da eseguire a seguito di sisma di cui alla nota SDI/3536/02 del 01 luglio 2002 (Nota ENEL prot. 439 del 03/12/2004).

[14] Studio ISMES - Calcolo dell'onda di sommersione conseguente all'ipotetico collasso dell'opera di ritenuta (1990).

[15] Studio ENEL-CRIS - Calcolo del profilo delle onde di piena artificiali a valle della diga di Ponte Cola (novembre 1989).

possibilità che essa sia in grado di produrre effetti sulle sponde limitrofe, sulle imbarcazioni presenti nel lago e sull'opposta sponda veneta. Considerando ciò, diventa ancor più importante al fine di tutelare le vite umane gestire opportunamente le differenti fasi di allerta e le conseguenti azioni previste dal modello di intervento prevedendo anche - in ottica preventiva - di inibire la navigazione dell'area antistante la conoide del Comune di Toscolano Maderno e prevedere l'evacuazione della zona costiera adiacente l'area coinvolta dall'onda di *dam break* lungo la quale ci si aspetta un'onda di ritorno.

Sez.	Progr. [m]	Q [m ³ /s]	Altezza [m]	Livelli [m]	Velocità [m/s]	Tempi [s]
Diga	0	174625	62,60	480,60	21,43	0
2	912	146532	49,79	424,74	50,03	18,20
3	1898	134241	61,66	411,67	42,35	40,00
4	3001	125241	48,97	373,96	39,35	69,18
5	3968	121462	35,69	335,64	39,08	93,98
6	5301	118338	42,73	292,50	33,43	130,29
7	6119	118160	26,57	176,62	42,53	154,15
8	6924	118079	36,98	161,98	38,61	174,07
9	8533	117059	13,43	103,44	15,12	240,00
10	9600	107455	8,09	76,35	7,70	345,63

Tabella 13 - Risultati della simulazione idraulica di *dam break*. Fonte: Studio ISMES (1990).

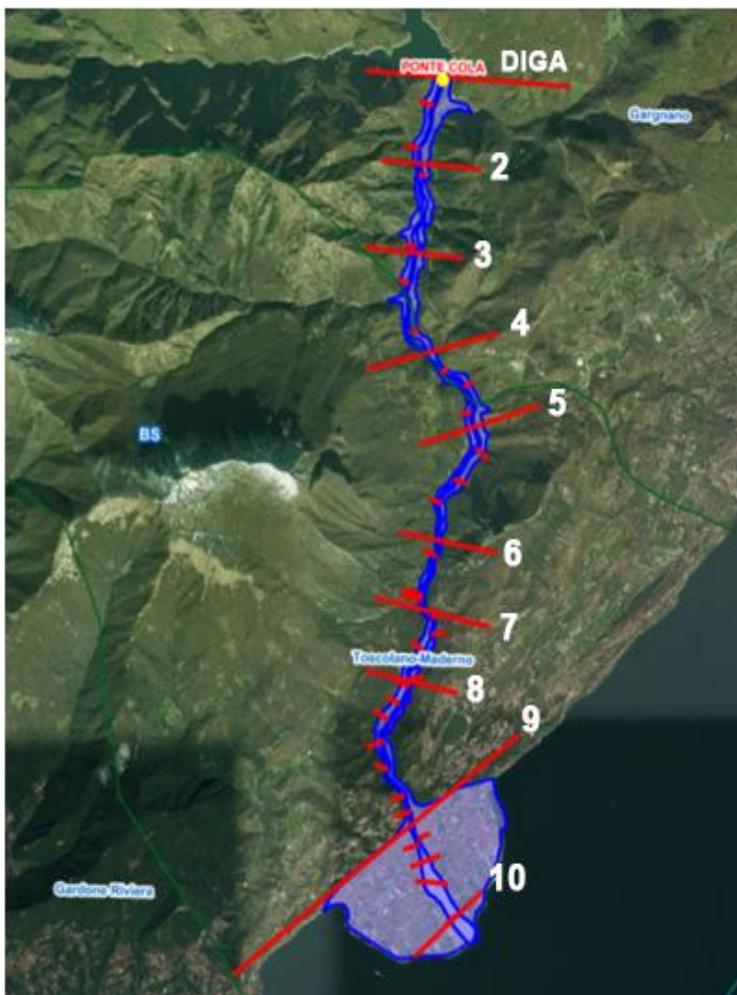


Figura 10 - Sezioni fluviali considerate nella simulazione idraulica di collasso. Fonte: Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, applicativo Web-Gis.

Scenario Rischio idraulico a valle

La modellazione idraulica svolta da ENEL (1989) si presenta con caratteristiche a favore di sicurezza rispetto al reale potenziale Scenario II - Rischio idraulico a valle. Sulla base di quanto riportato il tronco di fiume a valle della diga sperimenta potenzialmente delle portate (ad alveo asciutto) leggermente inferiori a quelle simulate.

Successivamente alla redazione dello studio ISMES (1989), sono state effettuate due prove idrauliche di deflusso controllato a valle della diga di Ponte Cola [16] [17] al fine di conservare la pervietà del tronco d'alveo compreso tra la diga e il centro abitato di Toscolano Maderno, valutare la portata minima defluente senza causare esondazioni e conoscere il reale livello di rischio. Entrambi i sopradetti studi evidenziano l'elevata pericolosità prerogativa del tratto fluviale alla foce in corrispondenza del Camping Riviera e del villaggio turistico La Foce. Dal momento che a quest'area è attribuita sia un'elevata pericolosità che un notevole valore esposto, risulta di fondamentale importanza il presidio e la messa in sicurezza dell'area sia durante le manovre di scarico che, soprattutto, durante gli eventi di piena naturali. Dalla Tabella 14 è possibile estrapolare i tempi di propagazione dell'onda di piena dalla diga alla foce: questi diminuiscono all'aumentare della portata fluente e sono dell'ordine dei 60 - 90 minuti. In caso d'improvvisa necessità d'apertura degli scarichi è necessario quindi organizzare un'evacuazione tale da rispettare i tempi caratteristici del torrente Toscolano e intrapresa dall'area esposta al maggior pericolo.

Portata [m³/s]	Località	Orario – propagazione tot.
5	Diga	10.48
	Lusetti	11.30
	Ponte Maina	11.38
	Località Garde (ingresso Toscolano)	11.56
	Foce	12.30 (102 minuti)
10	Diga	12.40
	300 m a valle della diga	12.45
	Valle Campiglio	12.50
	Ponte Camerate	13.30
	Foce	14.18 (98 minuti)
15	Diga	14.37
	300 m a valle della diga	14.41
	Valle Campiglio	14.46
	Ponte Camerate	15.23
	Foce	16.15 (98 minuti)
20	Diga	16.30
	300 m a valle della diga	16.33
	Valle Campiglio	16.38
	Ponte Camerate	17.07
	Foce	17.45 (75 minuti)

Tabella 14 - Tempi di propagazione dell'onda di piena dalla sezione della diga di Ponte Cola alla foce.
Fonte: Prove idrauliche di deflusso controllato nel torrente Toscolano, 2000.

[16] Prove di deflusso controllato del serbatoio di Valvestino, 12 dicembre 1995.

[17] Prove idrauliche di deflusso controllato nel torrente Toscolano a valle della diga, 24 febbraio 2000.

5.4.2 Strutture e infrastrutture potenzialmente coinvolte

Il Decreto dirigente unità organizzativa 22 maggio 2019 - n. 7237 (Tabella 7) costituisce il riferimento per la mappatura delle strutture e infrastrutture potenzialmente coinvolte in caso di Rischio Diga e Rischio idraulico a valle

Scenario Rischio Diga

In seguito al collasso della diga di Ponte Cola si prevedono gravi danni all'abitato di Toscolano Maderno con potenziale perdita di vite umane e/o totale/parziale compromissione degli edifici e delle infrastrutture strategiche e rilevanti. In Tavola cartografica 8 allegata sono rappresentati e riportati nel dettaglio gli edifici e le infrastrutture strategiche e rilevanti presenti del Comune di Toscolano Maderno potenzialmente coinvolti dall'onda di piena e considerati di particolare interesse al fine della gestione dell'emergenza.

Nel Comune di Toscolano Maderno la popolazione residente nella zona del promontorio potenzialmente coinvolta dall'evento di collasso è di 5240 persone (Fonte: Ufficio Anagrafe Comune di Toscolano Maderno, dato aggiornato al 22/04/2020). In aggiunta è bene tenere in considerazione che durante il periodo estivo il comune è interessato da significativi flussi turistici. Nello specifico all'interno dell'area potenzialmente coinvolta dall'onda di piena sono presenti numerose strutture ricettive rilevanti quali campeggi, villaggi turistici e alberghi.

Dal momento che la sede dell'Unità di Crisi Locale e del Centro Operativo Comunale ricade all'interno dell'area potenzialmente alluvionabile è necessario che la pianificazione di protezione civile comunale preveda una collocazione alternativa di queste strutture deputate alla gestione dell'emergenza.

A monte del centro abitato di Toscolano Maderno, lungo la Valle della Cartiere si registra la presenza dei seguenti elementi esposti considerati di particolare interesse al fine della gestione dell'emergenza:

- Garde - S.E.T. Società Elettrica di Toscolano Maderno S.P.A
- Casa Scout, località Luseti
- Museo della Carta, via Valle delle Cartiere
- 6 persone residenti
- Bed & breakfast, via Valle delle Cartiere 79
- Riserva di pesca gestita da associazione U.P.D.G.
- Area boulder attrezzata di Covoli e Forra con percorso di torrentismo attrezzato

Analogamente il torrente Toscolano scorre anche all'interno della Valle delle Camerate; lungo questa vi sono i seguenti esposti:

- Centrale Elettrica Covoli - S.E.T. Società Elettrica Di Toscolano Maderno S.P.A
- Stazione pompaggio sorgente Acqua salata (Acque Bresciane srl)
- Agriturismo San Lorenzo, via Camerate 39
- 2 persone residenti
- Incubatoio di valle gestito da APD La Fario
- Riserva di pesca
- Area boulder attrezzata di Camerate

I valori di portata e i tiranti idraulici riassunti in Tabella 13 sono tali da attendersi un completo e distruttivo coinvolgimento di tutte le strutture e infrastrutture presenti all'interno delle Valli. Al fine di tutelare l'incolumità di coloro che frequentano l'area si ritiene fondamentale a livello comunale implementare un adeguato sistema di allerta alla popolazione e segnaletica lungo le vie d'accesso alle Valli, nonché prevedere la cautelativa totale evacuazione e impedirne l'accesso durante la fase di Pericolo.

L'evento di collasso può inoltre determinare l'interruzione della circolazione lungo le infrastrutture stradali e/o pedonali. Nello specifico, nel centro abitato di Toscolano Maderno sono direttamente coinvolti dall'onda di *dam break* i seguenti attraversamenti del torrente Toscolano:

- Ponte Vecchio, via Monte Maderno;
- Ponte SS45bis, via Statale Toscolano;
- Ponte Garberia, strada comunale Via Vincenzo Bellini
- Passerella pedonale lungolago.

Al verificarsi di tale circostanza, la sponda del lago di Garda in destra orografica al torrente Toscolano resta isolata dalla sponda in sinistra orografica; il collegamento tra le due macroaree può avvenire attraverso la SP9 (Gargnano-Valvestino-Magasa) che collega il lago d'Idro al lago di Garda, passando per il Comune di Gargnano. Si segnala che questo tratto stradale è costituito da una serie di tornanti che possono risultare di difficile percorrenza per alcuni mezzi di grandi dimensioni o qualora si verificano fenomeni di smottamento tali da compromettere la normale circolazione veicolare. Alternativamente l'area a nord di Toscolano Maderno (sinistra orografica torrente Toscolano) può essere raggiunta attraverso la navigazione lacuale o tramite la rete stradale proveniente dalle sponde trentine del lago di Garda.

Scenario Rischio idraulico a valle

Secondo quanto dedotto dallo studio dell'onda di piena conseguente alle manovre d'apertura degli organi di scarico (ENEL, 1989) in Tabella 15 sono segnalate le situazioni che presentano aspetti di particolare criticità. È bene considerare che gli effetti riportati per le sezioni successive la numero 28 (riquadrate in rosso) interessano direttamente il centro abitato di Toscolano Maderno. Diversamente le sezioni precedenti sono ubicate a monte del paese, lungo la Valle delle Cartiere. Gli esposti presenti al suo interno sono i seguenti:

- Garde - S.E.T. Società Elettrica di Toscolano Maderno S.P.A
- Casa Scout, località Luseti
- Museo della Carta, via Valle delle Cartiere
- 6 persone residenti
- Bed & breakfast, via Valle delle Cartiere 79
- Riserva di pesca gestita da associazione U.P.D.G.
- Area boulder attrezzata di Covoli e Forra con percorso di torrentismo attrezzato

La loro posizione li rende particolarmente esposti al pericolo di esondazione e difficilmente raggiungibili durante la fase di scarico. Pertanto, risulta fondamentale delineare azioni a livello comunale volte a inibire l'accesso alla Valle delle Cartiere e, in caso di necessità, a prevedere un'evacuazione preventiva, dal momento che la Valle - a causa della sua morfologia e litologia - risulta particolarmente esposta e suscettibile a microcrolli e cedimenti, sia corticali che profondi, che possono essere facilmente attivati durante intensi eventi meteorologici.

Q [m ³ /s]	Sezione	Progressiva [m]	Criticità
Q ₁ =217.50	5	2275	Ponte sommerso
	14	6090	Fabbricati in sponda sinistra prossimi alla zona interessata da inondazione
	15	6140	Passerella sommersa
	22	7625	Fabbricati in sponda destra in fregio all'alveo
	26	8735	Sentiero sommerso in sponda sinistra
	27	9025	Sezione appena sufficiente per il deflusso. Fabbricati interessati da inondazione
	29	9260	Fabbricati prossimi alla zona interessata da inondazione
	30	9495	Sezione insufficiente per il deflusso; fabbricati interessati da inondazione su entrambe le sponde
Q ₂ =354.90	31	9965	Sezione insufficiente per il deflusso; interessati da inondazione fabbricati, strade e campeggio
	5	2275	Ponte sommerso
	14	6090	Fabbricati in sponda sinistra prossimi alla zona interessata da inondazione
	15	6140	Passerella sommersa e sponde insufficienti al deflusso
	17	6585	Passerella sommersa
	19	7140	Sezione appena sufficiente per il deflusso
	22	7625	Fabbricati in sponda destra in fregio all'alveo
	23	7882	Ponte sommerso
	26	8735	Sentiero sommerso in sponda sinistra
	27	9025	Ponte canale sommerso e fabbricati interessati da inondazione
	29	9260	Sezione insufficiente per il deflusso; fabbricati interessati da inondazione
	30	9495	Sezione insufficiente per il deflusso; fabbricati interessati da inondazione su entrambe le sponde
31	9965	Sezione insufficiente per il deflusso; interessati da inondazione fabbricati, strade e campeggio	

Tabella 15 - Situazioni di criticità riscontrate in caso di Rischio idraulico a valle.
Fonte: Studio idraulico ENEL, 1989.

Nella Tavola cartografica 10 allegata sono rappresentate le strutture e le infrastrutture strategiche e rilevanti potenzialmente interessate da ipotetica onda di piena in caso di Scenario II - Rischio idraulico a valle. Per ciascun elemento esposto viene data indicazione non solo della relativa localizzazione geografica ma anche della presenza di eventuali "elementi di vulnerabilità" che possono influenzare i livelli di propensione al danneggiamento fisico dell'elemento stesso e/o delle persone ivi presenti al verificarsi di un evento pericoloso.

La modellazione idraulica eseguita (riferimento allo studio), non presuppone l'interruzione totale della circolazione lungo i ponti. La loro luce infatti, a meno d'ingente trasporto solido e sotto l'ipotesi di ininfluenza valore di portata naturale in alveo, è teoricamente sufficiente a smaltire la portata proveniente da monte. Non sono presenti specifici studi a riguardo ma vista e considerata la natura dell'alveo a monte, la litologia e la morfologia dei pendii sovrastanti è probabile che, durante precipitazioni di particolare intensità ed i conseguenti eventi di piena, il materiale detritico venga movimentato in massa.

5.4.3 Punti di presidio territoriale (idraulici e idrogeologici)

Durante il susseguirsi delle fasi d'emergenza associate sia allo Scenario Rischio diga che lo Scenario Rischio idraulico a valle, si ritiene utile attivare, oltre ai punti di presidio (idraulici e idrogeologici) definiti da Quaderno di Presidio vigente [18] e di seguito riportati:

[18] Quaderno di Presidio Territoriale Idraulico e Idrogeologico di Brescia, approvato con decreto dirigente unità organizzativa n. 13792 del 22 dicembre 2016, ai sensi della DGR 19/06/2016 n. 3723.

1. Comune di Toscolano Maderno, ponte via Monte Maderno
2. Comune di Toscolano Maderno, ponte SS45bis
3. Comune di Toscolano Maderno, ponte Garberia
4. Comune di Toscolano Maderno, passerella lungolago

anche i seguenti ulteriori punti:

5. Comune di Toscolano Maderno nella Valle delle Cartiere, località Garde
6. Comune di Toscolano Maderno nella Valle delle Cartiere, forra di Covoli in corrispondenza della passerella pedonale sospesa sul torrente
7. Comune di Toscolano Maderno nella Valle delle Camerate, località "sorgente Acqua Salata".

In Figura 11 che segue sono localizzati tutti i sopradetti punti dove le attività di presidio devono avvenire garantendo agli operatori addetti le opportune condizioni di sicurezza. Il presidio idraulico dei ponti risulta di fondamentale importanza nel momento in cui le portate rilasciate alla diga, sommate a quelle presenti in alveo (non più influenti), tendono ai valori limite smaltibili nella sezione oggetto di presidio. In questo caso la circolazione lungo i ponti, secondo il parere delle amministrazioni competenti, può essere compromessa o eccessivamente rischiosa; allora, accade che la parte in destra idrografica e in sinistra idrografica del centro abitato di Toscolano Maderno risultano vicendevolmente isolate fino all'esaurimento della fase di scarico.



Figura 11 - Localizzazione dei punti di presidio, Rischio idraulico a valle.

5.4.4 Aree di ammassamento dei soccorritori e delle risorse

In linea con le indicazioni operative inerenti "*La determinazione dei criteri generali per l'individuazione dei Centri di Coordinamento e delle Aree di Emergenza*" (RIFERIMENTO), le aree ammassamento soccorritori sono state scelte in zone baricentriche rispetto alla Provincia

d'appartenenza e nelle vicinanze dell'area oggetto del PED. Nello specifico, le aree identificate sono localizzate nei seguenti comuni:

- Salò (BS), località Cunettone
- Lonato (BS), area Centro Multisala KING
- Gavardo (BS), Centro Sportivo "Giovanni Paolo II"/Pala Fiera

Le aree individuate nei comuni di Lonato e Gavardo rientrano tra le aree di ammassamento dei soccorritori e delle risorse già identificate a livello regionale/provinciale nel Piano Soccorso Rischio Sismico di Regione Lombardia [19] e nel Piano Stralcio di Emergenza Provinciale [20]. Per ciascuna area individuata, si allegano Tavole cartografiche 11, 12 e 13 localizzative accompagnate da schede descrittive e tecniche redatte secondo normativa.

[19] Piano di Soccorso Rischio Sismico di Regione Lombardia - Organizzazione di protezione civile e elementi conoscitivi del territorio, approvato con DGR n. 7576 del 18 dicembre 2017, ai sensi della Direttiva della Presidenza del Consiglio dei Ministri 14 gennaio 2014.

[20] Pianificazione di emergenza provinciale per il rischio idrogeologico - idraulico del Lago d'Idro approvato il 8 ottobre 2019, Provincia di Brescia.

Capitolo 6

La Diga di Pagnona (LC)

Si riportano di seguito le principali informazioni di carattere generale e tecnico relative allo sbarramento oggetto del presente capitolo, nonché gli elementi identificati come rilevanti ai fini della pianificazione di emergenza diga.

Si segnala che in data 22 ottobre 2018, sulla diga sono stati intrapresi lavori di miglioramento idraulico e strutturale volti ad aumentarne la capacità di scarico e aumentarne il peso della massa muraria, mediante la realizzazione di un placcaggio armato. A questo proposito, il 13 marzo 2019 è stato approvato uno specifico DPC dalla Prefettura di Lecco, a revisione di quello precedente approvato il 22 novembre 2017 dalla Prefettura di Lecco. In seguito al transito di piene eccezionali (avvenute in data 8 marzo 2019 e 12 giugno 2019) che ha determinato il crollo della tura provvisoria necessaria ai fini di cantiere, l'intervento idraulico strutturale sopra riportato è stato sospeso. Il quadro di riferimento è quindi rappresentato dal Documento di Protezione Civile approvato il 22 novembre 2017 dalla Prefettura di Lecco [21].

6.1 Inquadramento territoriale e caratterizzazione tecnica della diga

Situata nel territorio del Comune di Premana, a circa 37 km in direzione nord da Lecco nella cui provincia ricade, la diga di Pagnona intercetta le acque del torrente Varrone che appartiene al bacino idrografico del Po e che si estende per quasi 20.9 km. Ai fini della pianificazione di emergenza diga, il tratto d'alveo di interesse si estende dalla diga, localizzata nel Comune di Premana, fino alla confluenza con il Lago di Como, per una lunghezza di circa 11 km. I territori interessati dalle aree di allagamento conseguenti a manovre di apertura degli scarichi ovvero ad ipotetico collasso dello sbarramento si trovano infatti all'interno dei Comuni di Premana, Pagnona, Casargo, Valvarrone (comune istituito il 1° gennaio 2018 dalla fusione dei comuni di Tremenico, Introzzo e Vestreno), Sueglio, Bellano (comune che ha incorporato il comune di Vendrogno dal 1° gennaio 2020) e Dervio. Il territorio in esame copre una superficie totale di circa 106 km² e la vocazione turistica di alcuni di questi comuni fa sì che, soprattutto nei periodi estivi, vi sia un incremento notevole della popolazione presente. Gli enti territoriali sovracomunali di riferimento, per tutti i comuni sopramenzionati, sono Prefettura-UTG di Lecco, Provincia di Lecco e Comunità Montana della Valsassina, Valvarrone, Val d'Esino e Riviera.

Comune	Premana
Provincia	Lecco
Regione	Lombardia
Corso d'acqua sbarrato	Torrente Varrone
Corsi d'acqua a valle	Lago di Como
Bacino idrografico	Fiume PO
Comuni afferenti alla diga	Casargo, Dervio, Pagnona, Premana, Sueglio, Vendrogno, Valvarrone (Tremenico, Introzzo e Vestreno) in provincia di Lecco
Periodo di costruzione	1923

Tabella 16 - Informazioni di inquadramento della diga di Pagnona. Fonte: DPC Diga Pagnona.

[21] Documento di Protezione Civile relativo alla diga di Pagnona (LC) elaborato dall'Ufficio Tecnico per le Dighe di Milano (Revisione 2) e approvato in data 22 novembre 2017.

Da un punto di vista tecnico, si tratta di una diga in muratura a gravità massiccia con andamento planimetrico arcuato realizzata all'inizio degli anni '20 in calcestruzzo di cemento (in fondazione) e in pietrame a grossi blocchi, con malta mista di cemento e calce idraulica (in elevazione).

Tipologia diga	D.M. LL. PP. 24.03.1982	A.a.1. Gravità ordinaria in muratura
	D.M. Infrastrutture 26.06.2014	d. Misto o Vario
Altezza diga (D.M. Infrastrutture 26.06.2014)	21,50m	
Volume di invaso (D.M. Infrastrutture 26.06.2014)	0,12 x 10 ⁶ m ³	
Utilizzazione prevalente	Idroelettrico	
Ente Gestore	ENEL GREEN POWER S.p.A.	
Stato dell'invaso	Esercizio ordinario	
Superficie bacino idrografico direttamente sotteso	46 Km ²	
Superficie bacino idrografico allacciato	0 Km ²	
Quota massima di regolazione	693 m.s.m.	
Quota di massimo invaso	694 m.s.m.	
Eventuali limitazioni di invaso	NO	
Volume di laminazione proprio del serbatoio in esercizio	0,02 x 10 ⁶ m ³	
Portate caratteristiche degli scarichi		
Portata massima scarico di superficie (alla quota di massimo invaso)	52 m ³ /s	
Portata massima scarico di mezzo fondo (alla quota di massimo invaso)	22 m ³ /s	
Portata massima scarico di fondo (alla quota di massimo invaso)	26 m ³ /s	
Qmax - portata massima transitabile in alveo contenuta nella fascia di pertinenza idraulica	100 m ³ /s	
Qmin - portata di attenzione scarico diga	50 m ³ /s	
ΔQ - soglie incrementali	15 m ³ /s	

Tabella 17 - Informazioni tecniche Diga di Pagnona.
Fonte: DPC Diga Pagnona.

La valutazione dello stato d'interrimento dell'opera è stata fatta in seguito all'esecuzione - negli anni 2008-2012-2018 - di rilievi batimetrici [22]. I risultati delle indagini (Tabella 18) indicano che attualmente nel volume utile di regolazione vi è una presenza significativa di circa 80.000 m³ di materiale sedimentato e che la capacità d'invaso si è ridotta di circa l'80% rispetto ad inizio esercizio. Le quote dei sedimenti sono risultate essere superiori alle quote soglie d'imbocco degli scarichi profondi (fondo e mezzofondo); tuttavia la funzionalità e l'efficienza di quest'ultimi risulta garantita, come riscontrato durante le periodiche verifiche di funzionamento degli scarichi. Da segnalare che in conseguenza all'evento di piena che si è verificato il 12 giugno 2019 (§ 5.3), il volume di interrimento del bacino è aumentato considerevolmente.

	Rilievo originario [m ³]	Rilievo 2008 [m ³]	Rilievo 2012 [m ³]	Rilievo 2018 [m ³]
Volume d'invaso (L.584/94)	120'000	52'000	37'400	20'300
Volume utile di regolazione	100'000	50'900	37'300	19'600

Tabella 18 - Confronto tra rilievi batimetri – Diga di Pagnona.
Fonte: Rapporto CESI, marzo 2018.

6.2 Pericolosità territoriale

In Tabella 19 è brevemente definito il livello di pericolosità idrogeologica (frane, alluvioni e valanghe), sismica e da incendio boschivo per l'ambito territoriale di riferimento, rappresentato anche mediante Tavole cartografiche 1, 2, 3, 4, 5, 6 allegate al presente report.

[22] Rapporto CESI (2018), Bacino di Pagnona (LC) – Rilievi morfobatimetrici. Stima della quantità di materiale depositato nell'invaso a marzo 2018 e confronto con i dati di precedenti rilievi.

PERICOLOSITÀ		CONSIDERAZIONI	
SISMICA		-	L'intero ambito territoriale di riferimento ricade in Zona sismica 4.
IDROGEOLOGICA	ALLUVIONI	X	Il tratto che dalla diga di Pagnona arriva alla sommità della conoide di Dervio non è soggetto a pericolosità idraulica. Il centro abitato di Dervio risulta potenzialmente alluvionabile.
	FRANE	X	Il tronco del torrente Varrone compreso tra la diga di Pagnona e l'abitato di Dervio è interessato da dissesti gravitativi di scivolamento, prevalentemente quiescenti, in alcuni casi puntualmente attivi. Fenomeni di instabilità in località Prati di Ronco, in versante idrografico sinistro del Val Varrone (in Premana).
	VALANGHE	-	Assenza di fenomeni valanghivi che possono interessare il tronco fluviale tra la diga di Pagnona e il lago di Como.
INCENDIO BOSCHIVO		-	Pericolo incendio boschivo basso.

Tabella 19 – Caratteri di pericolosità nell'ambito territoriale di interesse per la diga di Pagnona.

6.3 Evento storico di riferimento

Relativamente al Comune di Dervio, ambito territoriale interessato da ipotetica onda di piena nel caso di collasso o apertura organi di scarico della diga di Pagnona, tra gli eventi registrati significativi è da segnalare l'evento verificatosi il 12 giugno 2019 quando il territorio della provincia di Lecco è stato investito da un intenso evento idro-meteorologico che ha causato l'esonazione del torrente Varrone in più punti dell'asta torrentizia determinando condizioni di pericolo per la pubblica incolumità e per la viabilità locale (Figura 12). Nel comune di Dervio la popolazione coinvolta dall'evento ed evacuata dalla propria abitazione e dagli edifici a rischio, è stata di circa 1000 persone. Inoltre, le infrastrutture stradali e pedonali che attraversano il torrente Varrone sono state fortemente coinvolte dall'onda di piena; le pile dei ponti sono state ostruite da materiale solido in arrivo da monte, tra cui tronchi; la parte in sinistra idrografica del Comune di Dervio è risultata isolata rispetto alla parte in destra idrografica, e viceversa. Per entrambe le macroaree l'evacuazione delle zone a rischio è stata possibile lungo la SP 72; per la parte in destra idrografica è stata anche possibile tramite la SS 36 attraverso la SP 67.



Figura 12 - Infrastrutture di collegamento del Comune di Dervio colpite dall'onda di piena del 12/06/2019.
Fonte: Comune di Dervio.

Nella Tavola cartografica 7 allegata sono rappresentate le aree realmente colpite dall'onda di piena che ha interessato il territorio comunale di Dervio. La perimetrazione delle aree è stata eseguita post-evento con verifica puntuale degli edifici e delle infrastrutture interessate dall'esonazione (Tavola cartografica 8 allegata).

6.4 Elementi rilevanti ai fini della pianificazione di emergenza diga

6.4.1 Scenari di rischio

Da normativa (§ Capitolo 2), gli scenari di riferimento da considerare nella pianificazione di emergenza diga sono il "Rischio Diga" e il "Rischio idraulico a valle".

Per la diga di Ponte Cola, la pericolosità derivante dallo Scenario Rischio Diga trova la sua descrizione nello Studio eseguito nel 1993 dalla ISMES S.p.A. [23]; mentre lo studio dell'onda di piena conseguente alle manovre d'apertura degli organi di scarico (Scenario Rischio idraulico a valle) è stato eseguito nel 1988 dall'ENEL [24]. Per entrambi gli scenari di rischio, la perimetrazione dettagliata delle aree potenzialmente coinvolte dall'evento di collasso o dall'apertura degli organi di scarico è riportata nelle Tavole cartografiche 9, 11 allegate al presente report.

Scenario Rischio Diga

L'onda di piena conseguente il collasso della diga di Pagnona è da considerarsi un evento estremamente distruttivo. Le caratteristiche di quest'ultimo e dell'onda di piena associata al collasso del manufatto sono riassunte in Tabella 20.

Sez.	Progr. [m]	Q [m ³ /s]	Altezza [m]	Livelli [m]	Velocità [m/s]	Tempi [hh:mm:ss]
Diga	0	5790	15,87	688,87	10,04	00:00:00
2	1121	2016	7,78	636,49	13,96	00:01:10
3	1730	1487	7,64	614,73	12,40	00:01:55
4	3033	994	9,07	563,59	12,31	00:03:45
5	4191	765	7,43	518,92	10,88	00:05:24
6	5113	700	7,62	470,43	11,74	00:06:46
7	6511	521	9,56	414,56	10,05	00:08:55
8	7720	495	5,22	344,12	10,29	00:10:52
9	8778	432	4,80	291,21	10,83	00:12:34
10	9357	426	4,32	247,29	12,32	00:13:25
11	9694	402	7,55	216,15	9,92	00:13:55
12	10500	187	1,57	203,01	1,64	00:20:19

Tabella 20 - Risultati della simulazione idraulica di *dam break*.

Fonte: Studio ISMES 1993.

Sono evidenziate con riquadro rosso le sezioni fluviali che riguardano il centro abitato di Dervio, ovvero la sezione 11 e 12 (Figura 13).

[23] Studio ISMES S.p.A. 1993 – Calcolo dell'onda di sommersione conseguente all'ipotetico collasso dell'opera di ritenuta ai sensi della Circolare del Ministero dei Lavori pubblici n. 352 del 4 dicembre 1987.

[24] Calcolo del profilo delle onde di piena artificiali a valle della diga di Pagnona, ENEL, 1988.



Figura 13 - Sezioni fluviali considerate nella simulazione idraulica di collasso.
Fonte: Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, applicativo Web-Gis.

Scenario Rischio idraulico a valle

La relazione di calcolo riportato nello studio idraulico di ENEL (1988) non segnala situazioni di criticità dovendo, la portata in esame, transitare all'interno della fascia di pertinenza idraulica senza esondare. Tuttavia, è opportuno pensare che in caso di particolari condizioni o mutamenti locali, il passaggio dell'onda di piena lungo il tronco fluviale possa essere influenzato in quanto lo studio idraulico ENEL considera un idrogramma di piena pari a $46.10 \text{ m}^3/\text{s}$, ovvero al 92.2 % del fissato valore Q_{min} ; inoltre, l'apertura degli scarichi sul corpo diga è in grado di rilasciare portate superiori a quella simulata (Tabella 21). In quest'ottica il territorio a valle della diga risulta esposto ad onde di piena maggiormente pericolose rispetto a quella risultante dallo studio ENEL dal 1988.

Q_{min}	$50 \text{ m}^3/\text{s}$
Q_{max}	$100 \text{ m}^3/\text{s}$
ΔQ	$15 \text{ m}^3/\text{s}$

Tabella 21 - Soglia d'attenzione, portata massima transitabile in alveo, soglie incrementali.
Fonte: DPC Diga di Pagnona.

Inoltre, si evidenzia che l'apertura degli scarichi è normalmente associata ad importanti eventi idro - meteorologici durante i quali la diga non è in grado di laminare i volumi di piena in entrata senza raggiungere il livello di massimo invaso. Nel corso di questi eventi di piena i torrenti affluenti nel tronco torrentizio del Varrone compreso tra l'opera di sbarramento e l'abitato di Dervio contribuiscono concretamente e considerevolmente ad aumentare le portate in alveo. In quest'ottica il centro abitato di Dervio risulta esposto ad una pericolosità maggiore rispetto a quella definita dallo studio idraulico di ENEL (1988).

6.4.2 Strutture e infrastrutture potenzialmente coinvolte

Il Decreto dirigente unità organizzativa 22 maggio 2019 - n. 7237 (Tabella 7) costituisce il riferimento per la mappatura delle strutture e infrastrutture potenzialmente coinvolte in caso di Rischio Diga e Rischio idraulico a valle.

Scenario Rischio Diga

L'onda generata dal collasso della diga di Pagnona è considerata un evento catastrofico che determina gravi danni all'abitato di Dervio. Infatti, la parte centrale della conoide di deiezione sulla quale sorge il centro abitato di Dervio, nelle adiacenze del torrente Varrone, è coinvolta dall'onda di piena. In Tavola cartografica 10 allegata sono rappresentati e riportati nel dettaglio gli edifici e le infrastrutture strategiche e rilevanti presenti del Comune di Dervio potenzialmente coinvolti dall'onda di piena e considerati di particolare interesse al fine della gestione dell'emergenza.

Si evidenzia l'elevata pericolosità dell'area a monte del ponte ferroviario: la sezione critica in corrispondenza di quest'ultimo, non essendo in grado di smaltire la portata in arrivo da monte, può potenzialmente fungere da "argine" provocando un ingente esondazione a monte. Inoltre, l'evento di collasso può determinare un'interruzione della circolazione sulle infrastrutture stradali e/o pedonali che attraversano il torrente Varrone, isolando la parte in sinistra idrografica del Comune di Dervio rispetto a quella in destra idrografica. Nel Comune di Dervio la popolazione totale potenzialmente coinvolta dall'evento di collasso è superiore a 1000 persone (Comune di Dervio, novembre 2019). È bene tenere in considerazione che durante il periodo estivo il Comune è interessato da significativi flussi turistici; nello specifico all'interno dell'area potenzialmente coinvolta dall'onda di piena sono presenti due campeggi: Turisport camping (bungalow, 200 piazzole camper, 10 piazzole tende) e Campeggio Europa (26 camere, 12 bungalow, 60 piazzole).

Dal momento che la sede dell'Unità di Crisi Locale e del Centro Operativo Comunale ricade all'interno dell'area potenzialmente alluvionabile, è necessario che la pianificazione di protezione civile comunale preveda una collocazione alternativa di queste strutture deputate alla gestione dell'emergenza.

Scenario di Rischio idraulico a valle

Come rappresentato, in Tavola cartografica 12 allegata, né edifici strategici né edifici rilevanti risultano potenzialmente interessati da ipotetica onda di piena; per contro (se la portata rilasciata supera la Q_{min}) sono potenzialmente compromesse l'accessibilità e la circolazione lungo i ponti sul torrente Varrone.

6.4.3 Punti di presidio territoriale (idraulici e idrogeologici)

Durante il susseguirsi delle fasi d'emergenza associate a entrambi gli scenari di Rischio Diga e Rischio idraulico a valle, si ritiene utile attivare oltre ai punti di presidio (idraulici e idrogeologici) definiti da Quaderno di Presidio vigente [25]:

1. Comune di Dervio, ponte provinciale su SP 67, via Duca d'Aosta
2. Comune di Dervio, ponte provinciale su SP 72, via G. Matteotti

i seguenti ulteriori punti:

[25] Quaderno di Presidio – Ufficio Territoriale Regionale di Lecco (ai sensi della DGR 19/06/2016 n. 3723), approvato con decreto n. 16363 del 19/12/2017.

3. Comune di Dervio, ponte ferroviario
4. Comune di Dervio, ponte comunale in via Penati Don Luigi
5. Comune di Dervio, ponte comunale in via alla Darsena

In Figura 14 che segue sono localizzati tutti i sopradetti punti dove le attività di presidio devono avvenire garantendo agli operatori addetti le opportune condizioni di sicurezza. Il presidio idraulico dei ponti risulta di fondamentale importanza nel momento in cui le portate rilasciate alla diga, sommate a quelle presenti in alveo, tendono ai valori limite smaltibili nella sezione oggetto di presidio (confronta studio idraulico per i ponti SP 67 e SP 72 riportati nel capitolo 4.3). Si evidenzia che nel caso in cui la circolazione lungo i ponti fosse compromessa o eccessivamente rischiosa, secondo il parere delle amministrazioni competenti, la parte in destra idrografica e in sinistra idrografica del centro abitato di Dervio potrebbero risultare vicendevolmente isolate.



Figura 14 - Localizzazione dei punti di presidio per Rischio Diga.

6.4.4 Aree di ammassamento dei soccorritori e delle risorse

In linea con le indicazioni operative inerenti *“La determinazione dei criteri generali per l’individuazione dei Centri di Coordinamento e delle Aree di Emergenza”* [26], le aree ammassamento soccorritori sono state scelte in zone baricentriche rispetto alla Provincia d’appartenenza e nelle vicinanze dell’area oggetto del PED.

[26] Indicazioni operative inerenti *“La determinazione dei criteri generali per l’individuazione dei Centri di Coordinamento e delle Aree di Emergenza”* emanati dal Capo Dipartimento del Dipartimento della Protezione Civile il 31 marzo 2015 (n°1099 del 31/03/2015).

Nello specifico, le aree identificate sono localizzate:

- nel comune di Lecco (LC), in località Bione
- nel comune di Piantedo (SO), presso il parcheggio del Centro commerciale Iperal Fuentes

Per ciascuna area individuata, si allegano Tavole cartografiche 13 e 14 localizzative accompagnate da schede descrittive e tecniche redatte secondo normativa.

Capitolo 7

La Traversa di Lago d'Idro (BS)

Si riportano di seguito le principali informazioni di carattere generale e tecnico relative allo sbarramento oggetto del presente capitolo, nonché gli elementi identificati come rilevanti ai fini della pianificazione di emergenza diga.

Il quadro di riferimento è rappresentato dal Documento di Protezione Civile approvato dalla Prefettura – UTG di Brescia il 25 Giugno 2018 [27] e dagli studi sulla propagazione delle piene artificiali per manovre volontarie degli organi di scarico e per ipotetico collasso dello sbarramento (art. 24, comma 6, lettera e) del decreto del Presidente della Repubblica n. 85/1991).

7.1 Inquadramento territoriale e caratterizzazione tecnica

Il Lago d'Idro è il primo lago naturale italiano a essere regolato da uno sbarramento artificiale costruito a cavallo tra gli anni Venti e Trenta dalla Società Lago d'Idro. Esso ricade interamente nella Regione Lombardia, Provincia di Brescia, ad eccezione di una piccola porzione della sua riva settentrionale che ricade in territorio della Provincia Autonoma di Trento. Complessivamente, l'estensione del bacino imbrifero del lago d'Idro risulta di 617 km², dei quali 390,5 km² sono rappresentati dalla valle dell'Alto Chiese, 151 km² dalla valle dell'affluente Caffaro, 64 km² dalle gronde del lago d'Idro e dalle convalle che in esso si gettano direttamente (la sorgente di Ocla, il Re d'Anfo, il rio Liperone sulla sponda destra del lago mentre il rio Bondone, il rio Vesta, il rio Vantone, il rio Neco e la Val Grande d'Idro sulla sponda sinistra) ed infine 11,5 km² sono rappresentati dallo specchio d'acqua, misurato alla quota di 370,00 m. Si segnala che la regolazione del livello del lago è connessa anche all'attività di altre dighe (Tabella 22).

Diga	Esercente o Proprietario	Altezza [m]	Capacità invaso [m ³]	Comune	Torrente	Tipologia
Vasca di Cimego	Hydro Dolomiti Energia Srl	10,60	267.000	Cimego (TN)	Chiese	Traversa fluviale
Ponte Murandin	Hydro Dolomiti Energia Srl	28,70	330.000	Daone (TN)	Chiese	Gravità massiccia
Malga Boazzo	Hydro Dolomiti Energia Srl	53,50	12.260.000	Daone (TN)	Chiese	Gravità alleggerita
Malga Bissina	Hydro Dolomiti Energia Srl	81,00	61.000.000	Daone (TN)	Chiese	Gravità alleggerita
Dazarè	Edison spa	19,25	150.000	Bagolino (BS)	Caffaro	Arco
Lago della Vacca	Edison spa	17,50	2.450.000	Breno (BS)	Rio Laione (emissario)	Gravità

Tabella 22 – Invasi che interessano la regolazione dei livelli del Lago d'Idro.

Sulla base di quanto indicato dal DPC, i territori interessati dalle aree di allagamento conseguenti a manovre di apertura degli scarichi ovvero ad ipotetico collasso della traversa di Lago d'Idro

[27] Documento di Protezione Civile Lago d'Idro approvato dalla Prefettura di Brescia il 25 Giugno 2018 con protocollo n. 29003/12A.10.24/P.C.

appartengono ai comuni di Idro, Anfo, Bagolino, Lavenone, Vestone, Barghe, Sabbio Chiese e Vobarno in Provincia di Brescia e Bondone in Provincia di Trento. Gli enti territoriali sovracomunali di riferimento, per tutti i comuni sopramenzionati, sono Prefettura-UTG di Brescia, Provincia di Brescia e Comunità Montana di Valle Sabbia.

Comune	Idro
Provincia	Brescia
Regione	Lombardia
Corso d'acqua sbarrato	Fiume Chiese
Corsi d'acqua a valle	Chiese - Oglio - Po
Bacino idrografico	Fiume Po
Comuni afferenti alla diga	Idro, Anfo, Bagolino, Lavenone, Vestone, Barghe, Sabbio Chiese e Vobarno in Provincia di Brescia e Bondone in Provincia di Trento
Periodo di costruzione	Anni Venti e Trenta

Tabella 23 –Informazioni di inquadramento della traversa di Lago d'Idro.
Fonte: DPC traversa di Lago d'Idro.

Le opere idrauliche realizzate per la riduzione del Lago a serbatoio ai fini irrigui risultano costituite da una traversa mobile disposta (sita nel Comune di Idro) a sbarramento del Fiume Chiese e da una galleria di svaso (detta "degli agricoltori") ricavata all'interno del versante destro della sezione di sbarramento. Il manufatto di derivazione, invece, è costituito dalla galleria industriale ENEL Idro – Vobarno. La galleria di scarico di fondo risulta interessata da ricorrenti dissesti ed abbassamenti del suo asse che ne hanno fortemente diminuito il grado di affidabilità statica. La motivazione di tali fenomeni è legata alle caratteristiche geomeccaniche del terreno nel quale l'opera è stata realizzata. In ragione di ciò il valore della portata transitante in galleria è stato limitato a 50 m³/s.

Secondo quanto riportato dal FCME, l'invaso artificiale soggetto a regolazione non risulta interessato da fenomeni di interrimento di entità apprezzabile.

Tipologia diga	D.M. Infrastrutture 26.06.2014	Traversa fluviale
Altezza diga (ai sensi della L. 854/94)		8,02 m
Volume di invaso (ai sensi della L. 854/94)		33.500.000 m ³
Utilizzazione prevalente		Uso irriguo idroelettrico
Ente Gestore		Società Lago d'Idro
Stato dell'invaso		Esercizio limitato
Superficie bacino idrografico direttamente sotteso		617 km ²
Superficie bacino idrografico allacciato		-
Quota massima di regolazione		370 m s.l.m.
Quota di massimo invaso		370 m s.l.m.
LIMITAZIONE DI INVASO PER MOTIVI DI SICUREZZA		
Quota autorizzata (quota limitata di regolazione)		368,50 m s.l.m.
Quota limitata raggiungibile in via straordinaria in caso di piena		369,00 m s.l.m.
Volume autorizzato dalla quota 367,00 alla 368,50		16,07 Mm ³
Volume di laminazione dalla quota 368,50 alla 369,00		5,36 Mm ³
PORTATE CARATTERISTICHE DEGLI SCARICHI		
Portata massima scarico di superficie (alla quota di massimo invaso)		80 m ³ /s
Portata massima scarico di fondo (alla quota di massimo invaso)		50 m ³ /s
Q_{max} - portata massima transitabile in alveo contenuta nella fascia di pertinenza idraulica		400 m ³ /s
Q_{min} - portata di attenzione scarico diga		50 m ³ /s
ΔQ - soglie incrementali		10 m ³ /s

Tabella 24 - Informazioni tecniche traversa di Lago d'Idro.
Fonte: DPC traversa di Lago d'Idro.

7.2 Pericolosità territoriale

In Tabella 25 è brevemente definito il livello di pericolosità idrogeologica (frane, alluvioni e valanghe), sismica e da incendio boschivo per l'ambito territoriale di riferimento, rappresentato anche mediante Tavole cartografiche 1, 2, 3, 4, 5, 6 allegate al presente report.

PERICOLOSITÀ		CONSIDERAZIONI	
SISMICA		X	La traversa del Lago d'Idro e i comuni afferenti a essa sono collocati prevalentemente in Zona 2 (Zona a media probabilità sismica), ad eccezione dei comuni di Anfo e Lavenone in Zona sismica 3 (Zona a bassa probabilità sismica).
IDRO- GEOLOGICA	ALLUVIONI	X	Nel Piano Stralcio di Emergenza Provinciale relative alle azioni di intervento in caso di emergenza idrogeologica e idraulica nell'area del Lago d'Idro [28] si evidenziano le aree potenzialmente allagabili in caso di eventi di piena caratterizzati da tempo di ritorno 20, 200 e 500 anni.
	FRANE	X	L'intero versante sinistro del fiume Chiese è potenzialmente soggetto a fenomeni di dissesto idrogeologico. Nello specifico ambito territoriale di riferimento in cui è localizzata la traversa insiste un deposito di paleofrana monitorata da ARPA Lombardia.
	VALANGHE	-	Nell'ambito territoriale di riferimento non si segnalano aree a rischio valanga che possono determinare interruzioni/danneggiamento per le opere/infrastrutture strategiche/rilevanti per la gestione dell'emergenza.
INCENDIO BOSCHIVO		-	Pericolo incendio boschivo basso.

Tabella 25 – Caratteri di pericolosità nell'ambito territoriale di interesse per la traversa di Lago d'Idro.

7.3 Elementi rilevanti ai fini della pianificazione di emergenza diga

Da normativa (§ Capitolo 2), gli scenari di riferimento da considerare nella pianificazione di emergenza diga sono il "Rischio Diga" e il "Rischio idraulico a valle".

Per la traversa di Lago d'Idro, la pericolosità derivante dagli Scenari Rischio Diga e Rischio idraulico a valle trova la sua descrizione negli studi eseguiti nel 1996 dalla Società Lago d'Idro [29]. Per entrambi gli scenari di rischio, la perimetrazione dettagliata delle aree potenzialmente coinvolte dall'evento di collasso o dall'apertura degli organi di scarico è riportata nelle Tavole cartografiche 7 e 8 allegate al presente report.

7.3.1 Scenari di rischio

Le massime portate delle piene artificiali prese in considerazione nello studio degli effetti sull'alveo fluviale a valle dello sbarramento sono riportate nella Tabella 26 che segue.

CONDIZIONE		VALORI DI PORTATA
Manovre di apertura degli scarichi	Solo scarico di fondo	100 m ³ /s
	Scarico di fondo + scarico di superficie	280 m ³ /s
Collasso dello sbarramento		200 m ³ /s

Tabella 26 - Valori di portata delle piene artificiali.
Fonte: Studio idraulico Società Lago d'Idro, 1996.

[28] Pianificazione di emergenza provinciale per il rischio idrogeologico - idraulico del Lago d'Idro approvato il 8 ottobre 2019, Provincia di Brescia.

[29] Studi relativi alle onde di piena artificiali nel fiume Chiese conseguenti a manovre degli organi di scarico e all'ipotetico collasso della diga del Lago d'Idro, Società Lago d'Idro. Brescia, 25 settembre 1996.

Per la diga in esame, stanti le specifiche caratteristiche dello sbarramento e delle sue opere di scarico, gli effetti più gravosi si verificano nell'ipotesi di apertura contemporanea dei due scarichi e non per il collasso dello sbarramento. Considerato ciò, l'esame degli effetti di piene artificiali sull'alveo del fiume Chiese a valle del lago d'Idro è stato effettuato per la peggiore delle due ipotesi di base. L'indagine è stata estesa all'alveo a valle dello sbarramento per uno sviluppo di 20 km, con individuazione di 53 sezioni trasversali, ipotizzando lo stesso privo di deflussi prima dell'apertura degli scarichi (Figura 15). In Tabella 27 sono riportate le situazioni particolarmente critiche verificabili in caso di esondazione del fiume Chiese.

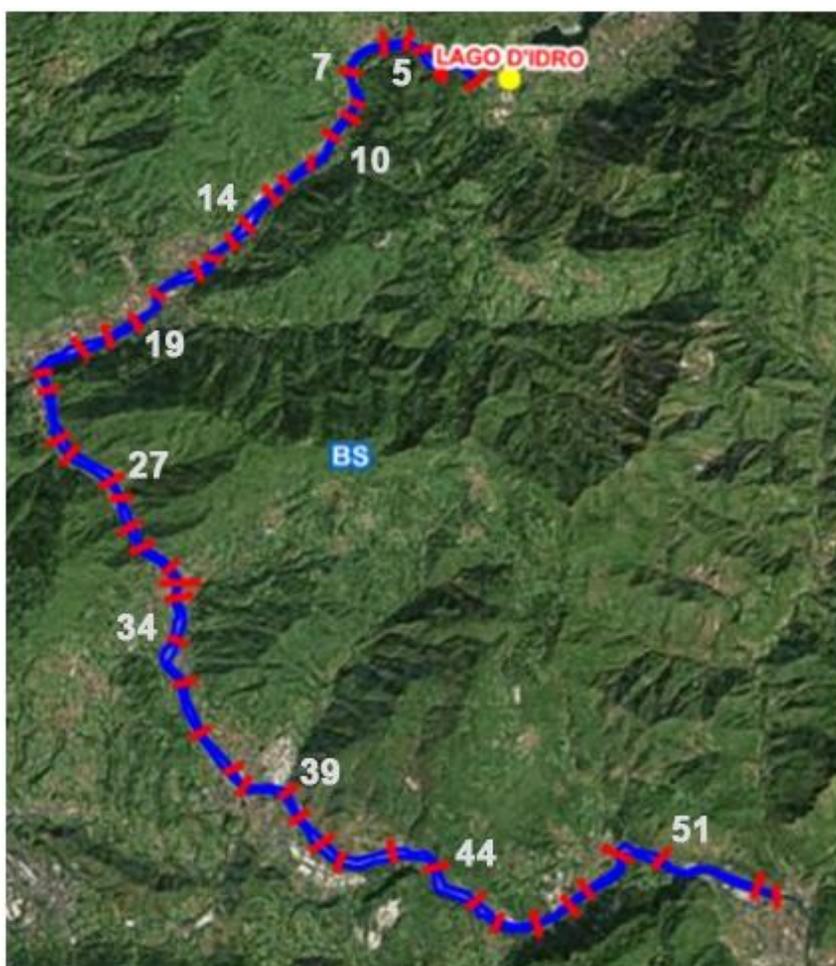


Figura 15 - Sezioni fluviali considerate nella simulazione idraulica di collasso.
Fonte: Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, applicativo Web-Gis.

Sezione	Situazioni di criticità
2	La corrente assume velocità molto elevate con conseguente pericolo di erosioni spondali.
5 (Lavenone)	La corrente giunge a lambire il campo sportivo sito alla confluenza del torrente Albioccolo nel Chiese.
7	La corrente investe la passerella sorpassandola di circa 70 cm in corrispondenza del suo punto più basso e giunge a interessare i fabbricati in sponda sinistra con altezza di circa 20 cm.
8	La corrente lambisce il fabbricato industriale in sponda sinistra.
10	La corrente investe la passerella sorpassandola nel mezzo di circa mezzo metro e interrompendo l'accesso dal sentiero in sponda sinistra.
11	Il livello dell'acqua sfiora il ciglio del muro di contenimento del terrapieno sul quale è stato realizzato un deposito ANAS e, in posizione un poco più arretrata, la sede della SS 237.
13	La corrente lambisce il fabbricato industriale in sponda destra interessandone la parte seminterrata.
14	La corrente invade il prato in sponda sinistra investendo i già citati fabbricati rurali con altezza d'acqua fino a 1.30 m.
17	La corrente di piena esonda in sponda sinistra, investe la strada secondaria che corre parallela all'alveo (via S. Lucia) lambendo i fabbricati industriali serviti dalla stessa. Proseguendo verso valle lungo via S. Lucia, la corrente interessa altri fabbricati civili e industriali prospicienti la sponda per almeno 400 m.
18	Il ponte della strada per Treviso Bresciano ha un buon franco di 1.12 m rispetto il livello teorico della corrente. Un suo

	intasamento anche parziale da parte del materiale fluitato, potrebbe comunque provocare ulteriori rigurgiti della corrente mettendo di conseguenza a rischio di allagamento diversi edifici presenti a monte del ponte (quartiere S. Lucia). Da segnalare che la corrente è caratterizzata in questa zona da velocità elevate anche superiori a 3 m/s.
19	La corrente potrebbe lambire alcuni fabbricati in sponda destra interessandone le cantine. Franco piuttosto modesto per il parcheggio auto e per la SS 237.
21	La corrente interessa i fabbricati in sponda destra con altezze d'acqua variabili tra 0 e 90 cm. Sempre modesto il franco per la SS 237.
22 (Nozza)	La corrente passa a soli 2 cm dal punto più basso della passerella e invade il sentiero in sponda sinistra. Risulta inoltre lambito dalla corrente un fabbricato ubicato in sponda destra circa 280 m più a monte.
23	La corrente interessa i fabbricati civili in sponda destra con altezza massima di 15 cm.
24/25	In sponda destra, in zona intermedia tra le due sezioni, alcuni fabbricati industriali potrebbero essere interessati dalla corrente. Modesto altresì franco per la SS 237.
27	La corrente lambisce i fabbricati industriali in sponda sinistra. La situazione risulterebbe certamente aggravata in caso di intasamento del ponte Re con conseguente rigurgito a monte.
28 (Barghe)	Il punto in chiave dell'intradosso del ponte Re ha un franco di 1.38 m rispetto alla quota teorica della corrente; per la forma a volta è tuttavia da prendere in considerazione la possibilità di parziali intasamenti.
29	Il fabbricato industriale in sponda sinistra risulta interessato dalla corrente con altezze d'acqua fino a 40 cm.
32 (ponte centrale di Barghe)	L'intradosso ha nella luce centrale un franco di 2.55 m e di 1.30 m in quelle laterali; pertanto non dovrebbero sussistere rischi particolare per i fabbricati a monte prospicienti l'alveo che si trovano a quote sufficientemente più elevate rispetto a quella della corrente, tranne due costruzioni in sponda sinistra a circa 130 m dal ponte che potrebbero avere scantinati sotto il livello dell'acqua.
34	La corrente lambisce i fabbricati industriali in sponda sinistra.
38 (Sabbio Chiese)	Il ponte vecchio ha un franco all'intradosso di soli 70 cm. Tenuto conto della sua formazione ad arco, è da temere un intasamento dell'area libera da parte dei materiali trascinati dalla corrente. In tal caso il rigurgito aggraverebbe il rischio di allagamento per i fabbricati prospicienti l'alveo a monte su entrambe le sponde, specie per quelli a quote più basse. La stessa sede della SS 237 sarebbe probabilmente interessata dall'esondamento.
43/44	Nel tratto di circa 600 m compreso tra le due sezioni, la corrente di piena lambirebbe il rilevato della SS 237 con qualche pericolo di erosione specie nei tratti in curva.
49/50	A rischio di allagamento le porzioni più basse dell'ampia zona prativa in sponda sinistra ed alcuni vecchi fabbricati qui esistenti; nessun rischio per quelli nuovi realizzati su rilevanti a quota più elevata.

Tabella 27 - Situazioni di criticità riscontrate in caso di Rischio idraulico a valle.

Fonte: Studio idraulico Società Lago d'Idro, 1996.

Si segnala che gli studi idraulici sopradetti sono stati utilizzati dalla Provincia di Brescia per l'aggiornamento delle procedure operative del Piano Stralcio di Emergenza Provinciale relative alle azioni di intervento in caso di emergenza idrogeologica e idraulica nell'area del Lago d'Idro [28]. Gli scenari di evento individuati dalla pianificazione provinciale sono i seguenti:

1. eventi idrologici con differenti tempi di ritorno in funzione dei livelli del lago e delle portate in ingresso ed in uscita dal lago stesso, con riferimento a:
 - a) alluvione alle sponde del lago (Rischio Diga);
 - b) esondazione del fiume Chiese (Rischio idraulico di valle).
2. rilasci eccezionali d'acqua, dovuti alle dighe a monte della traversa di regolazione del lago d'Idro;
3. superamento delle soglie di preallarme ed allarme registrato ed inviato dalla strumentazione di controllo installata sull'area di frana e/o riattivazione della frana rif. PAI area PS267 n. 26 con tre possibili scenari, come da studio Griffini:
 - a) SCENARIO A: collasso di materiale in alveo di volume fino a 8.000 m³;
 - b) SCENARIO B: collasso di materiale in alveo di volume superiore a 5,5 Mm³;
 - c) SCENARIO C: collasso di materiale in alveo, nella parte orientale dell'area di frana, di volume pari a circa 30.000 m³.
4. collasso della traversa di regolazione del lago d'Idro.

Con riferimento agli scenari di rischio ricadenti nel punto 1. ovvero eventi idrogeologici con differenti tempi di ritorno in funzione dei livelli del lago e delle portate in ingresso e in uscita dal lago stesso, nel Piano Stralcio sono riportati i danni attesi nei Comuni interessati sia in caso di Rischio Diga che in caso di Rischio idraulico a valle. In particolare, sono state evidenziate le aree allagabili in occasione degli eventi di piena caratterizzati da tempo di ritorno 20, 200 e 500 anni. Partendo da monte verso valle si è riscontrato quanto riportato in Tabella 28.

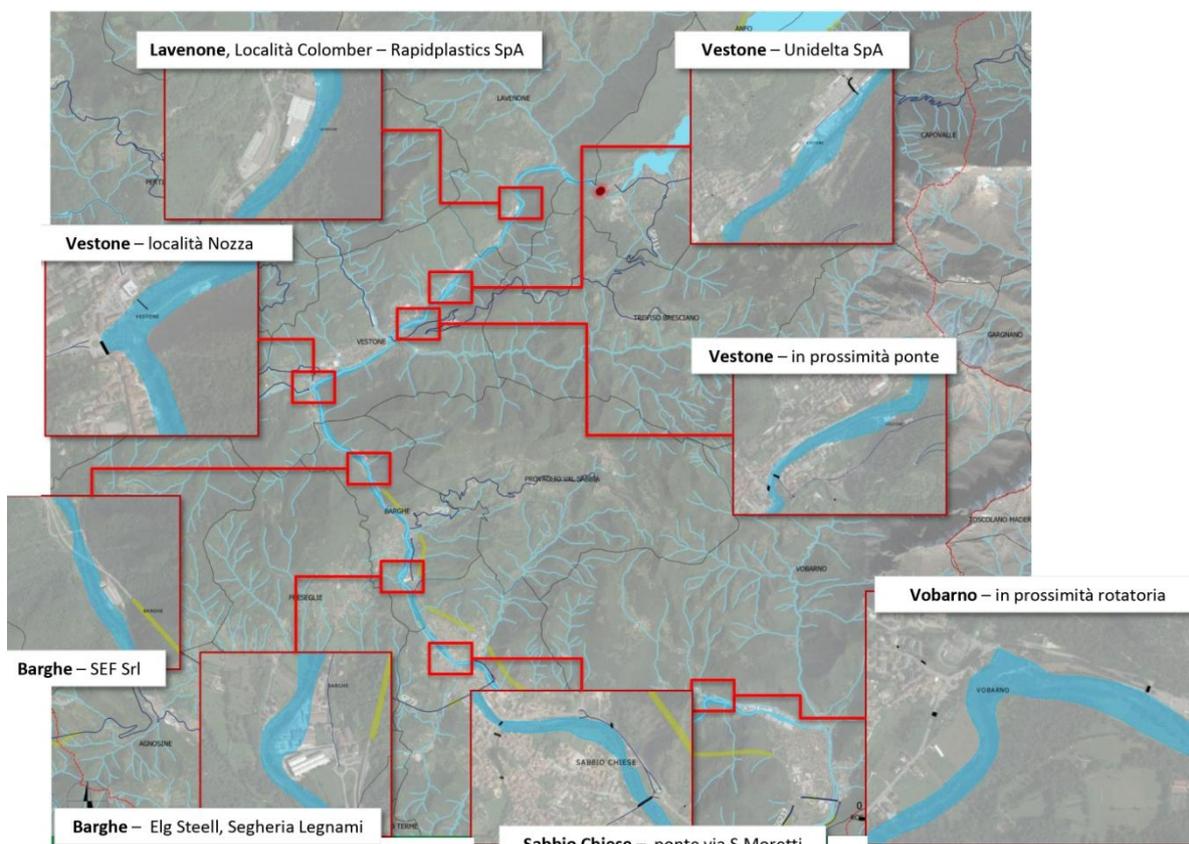


Figura 16 – Localizzazione dei punti critici riscontrati in caso di esondazione del fiume Chiese per Rischio idraulico di valle.

Tratto territoriale	Situazioni di criticità
Tratto di fiume compreso tra la galleria di scarico di fondo ed il confine comunale Lavenone – Vestone	Si osserva l'allagamento di numerose zone pianeggianti prossime all'alveo, con estensioni di poco variabili all'aumentare del tempo di ritorno. Tali zone costituiscono una naturale fascia di espansione del corso d'acqua, essendo basse e di immediata continuità con l'alveo di magra, infatti esse non sono edificate ma sono coperte da prati e arbusti. Due soli tratti presentano delle criticità. Il primo si localizza a valle dello sbocco della galleria di progetto, presso la confluenza con il torrente Abbioccolo, dove, per i tempi di ritorno più alti, il flusso arriva a lambire il campo sportivo. Per questo è stata già prevista, a corredo del progetto di costruzione delle nuove opere di regolazione del lago, la realizzazione di un intervento di messa in sicurezza. Più a valle si osserva inoltre l'allagamento di un edificio in destra idraulica. Le zone industriali rimangono a margine delle esondazioni.
Tratto di alveo compreso tra Vestone e Barghe	Si osserva l'allagamento delle piane più basse e prossime all'alveo ma si riconoscono anche diverse criticità. La prima zona critica si trova a Vestone, a monte del ponte che conduce all'Oratorio, e riguarda la via Santa Lucia; in sinistra idraulica, per tutti i tempi di ritorno, si riscontra l'allagamento di una fascia parzialmente occupata da campi e parzialmente edificata, con l'interessamento delle abitazioni più vicine alla sponda. Il secondo tratto in cui si manifestano delle criticità è localizzato a Nozza. Qui, il flusso raggiunge le abitazioni più vicine all'alveo in destra idraulica, sia a monte che a valle dell'immissione dell'omonimo affluente, espandendosi, per i due tempi di ritorno più elevati, fino alla strada retrostante ad esse. Il terzo punto critico si trova a monte di Barghe, dove i capannoni del consorzio agrario vengono allagati per tempi di ritorno pari a 200 e 500 anni. Infine, in corrispondenza della traversa in località San Gottardo la strada viene allagata a causa del rigurgito che si instaura a monte del salto indotto dall'opera.
Tratto di alveo compreso tra Barghe e Sabbio Chiese	Si osserva come il flusso raggiunga le abitazioni che sorgono a ridosso della sponda sinistra, già per l'evento di minore intensità. Per i due tempi di ritorno più alti, l'area di esondazione arriva ad interessare anche un nucleo di abitazioni posto a monte del ponte, in destra idraulica.
Tratto di alveo compreso tra Sabbio Chiese e la località	Si osserva l'allagamento di un'area occupata da serre e capannoni, sulla quale sorge anche una cabina ENEL, raggiunta dall'acqua per i due tempi di ritorno più elevati. Un punto particolarmente critico si riconosce in centro a Sabbio Chiese, a causa del restringimento di sezione in corrispondenza del ponte antico. A monte del

Pavone	<p>ponte si forma un marcato profilo di rigurgito, che induce un innalzamento dei livelli idrici; si ha così un'espansione del flusso sulla strada in sinistra idraulica e l'allagamento di una fascia urbanizzata, in destra. Solo con un evento avente tempo di ritorno 20 anni, gli edifici non vengono raggiunti. A valle di Sabbio Chiese, in località Pavone, con un tempo di ritorno di 200 anni vengono raggiunte alcune abitazioni, di recente costruzione, in prossimità della sponda; per 500 anni di tempo di ritorno, esse ricadono all'interno dell'area si esondazione.</p>
Tratto di alveo compreso tra località Pavone e l'area industriale a monte di Vobarno	<p>Gli allagamenti interessano principalmente le piane erbose adiacenti all'alveo e solo in un breve tratto, si riscontra l'allagamento della strada che si sviluppa parallelamente al corso d'acqua.</p>
Tratto di alveo che scorre all'interno dell'abitato di Vobarno	<p>Si manifestano le criticità più estese e significative. In centro a Vobarno, il ponte "De Preda", localizzato in corrispondenza della sede municipale, determina una significativa riduzione della sezione di deflusso, inoltre, la traversa posta alcune centinaia di metri più a valle sostiene ulteriormente i livelli. Infatti, a monte del ponte si forma un marcato profilo di rigurgito e si verificano estese esondazioni. In destra idraulica il flusso fuoriesce in corrispondenza della piazzetta a monte del ponte, propagandosi verso l'abitato; gli allagamenti interessano anche il giardino sopraelevato a monte del ponte. In sinistra idraulica, fatta eccezione per il tempo di ritorno di 20 anni, viene allagata la strada fino alle prime case. Tra il ponte e la traversa si osserva l'allagamento del piazzale in destra idraulica, mentre a valle della traversa, con un tempo di ritorno di 500 anni viene allagato un lungo tratto di strada in sinistra. Ulteriori esondazioni si verificano in sinistra idraulica, a causa della risalita del flusso nell'alveo dell'affluente Agna che si immette nel Chiese a valle della traversa.</p>
Tratto di alveo compreso tra Vobarno e ponte Pier a Roè Volciano	<p>I tratti più critici si localizzano in corrispondenza della traversa di Pompegnino, a Roè e a monte di ponte Pier. A monte della traversa si osserva, per tempi di ritorno superiori a 20 anni, un'estesa area di esondazione che si estende fino alla zona industriale di Pompegnino che, tuttavia, essendo a quota maggiore, non viene allagata.</p>
In prossimità di ponte Pier	<p>Il flusso rimane all'interno dell'alveo soltanto per eventi frequenti e poco intensi, mentre per eventi con tempo di ritorno di 200 anni si osserva l'allagamento della strada in destra idraulica; allagamento che, con un tempo di ritorno di 500 anni, arriva ad interessare anche gli edifici.</p>
In zona di Gavardo	<p>La zona di via Sormani, in sinistra idraulica, viene allagata con portate di tempo di ritorno di 20 anni.</p>

Tabella 28 - Situazioni di criticità riscontrate in caso di esondazione del fiume Chiese per Rischio idraulico di valle.

Fonte: [28].

La necessità di avere anche per ciascuno dei diversi scenari di evento franoso in corrispondenza dell'incile del fiume Chiese in uscita dal lago d'Idro (scenario A, scenario B e scenario C) come definiti negli studi precedenti (Modellazione geotecnica e individuazione delle soglie di criticità nelle aree di frana monitorate dal CMG di ARPA Lombardia a firma del Prof. Geol. Lamberto Griffini su incarico di ARPA Lombardia), si è ritenuto opportuno programmare uno studio tecnico che dovrà valutare l'idrogramma di piena conseguente all'erosione o collasso del corpo frana che dovesse sbarrare l'alveo del fiume Chiese, per una lunghezza dell'asta fluviale individuato con i medesimi criteri previsti per gli studi di dam break. Tale valutazione dovrà essere effettuata attraverso modellazione bidimensionale a fondo mobile in grado di stimarne l'evoluzione nel tempo e le conseguenze in termini di formazione dell'idrogramma di piena. Ciò effettuando varie ipotesi di livelli idrici nel lago d'Idro al verificarsi dell'evento franoso e assegnando a ciascuna ipotesi un corrispondente valore probabilistico.

Capitolo 8

La Diga di Isola Serafini (PC)

Si riportano di seguito le principali informazioni di carattere generale e tecnico relative allo sbarramento oggetto del presente capitolo, nonché gli elementi identificati come rilevanti ai fini della pianificazione di emergenza diga.

Il quadro di riferimento è rappresentato dal Documento di Protezione Civile approvato dalla Prefettura – UTG di Piacenza il 31 ottobre 2017 [30] e dagli studi sulla propagazione delle piene artificiali per manovre volontarie degli organi di scarico e per ipotetico collasso dello sbarramento (art. 24, comma 6, lettera e) del decreto del Presidente della Repubblica n. 85/1991).

Ulteriore riferimento è costituito dal Piano di Emergenza Diga approvato dalla Regione Emilia-Romagna con delibera n. 523 del 08 aprile 2019 [31].

8.1 Inquadramento territoriale e caratterizzazione tecnica

Situata nel Comune di Monticelli d’Ongina (in Provincia di Piacenza), nelle vicinanze della confluenza con il Fiume Adda, la diga di Isola Serafini intercetta le acque del fiume Po, creando un invaso utilizzato per finalità di produzione di energia elettrica. Lo sbarramento è stato realizzato mediante una traversa mobile avente 11 luci, ciascuna dell’ampiezza di 30 m; la lunghezza dell’opera è di circa 362 metri e la larghezza, misurata fra l’estremità a monte e quella a valle delle pile, è di 34 m. Oltre allo sbarramento, l’opera è composta da una centrale con opere di presa e canale di scarico e dalla conca di navigazione.

Sulla base di quanto indicato dal DPC, i territori interessati dalle aree di allagamento conseguenti a manovre di apertura degli scarichi ovvero ad ipotetico collasso della traversa di Lago d’Idro appartengono ai comuni di Monticelli d’Ongina, Castelvetro Piacentino in Provincia di Piacenza, Castelnuovo Bocca d’Adda in Provincia di Lodi, Crotta d’Adda, Spinadesco e Cremona, Gerre dè Caprioli in Provincia di Cremona. Gli enti territoriali sovracomunali di riferimento, per tutti i comuni sopramenzionati, sono le Prefettura-UTG e le Province di Piacenza, Lodi e Cremona.

Comune	Monticelli d’Ongina
Provincia	Piacenza
Regione	Emilia-Romagna
Corso d’acqua sbarrato	Fiume Po
Corsi d’acqua a valle	Fiume Po
Bacino idrografico	Fiume Po
Comuni afferenti alla diga	Monticelli d’Ongina, Castelvetro Piacentino (PC); Castelnuovo Bocca d’Adda (LO); Crotta d’Adda, Spinadesco e Cremona, Gerre dè Caprioli (CR)
Periodo di costruzione	1962

Tabella 29 – Informazioni di inquadramento della diga di Isola Serafini.

Fonte: DPC diga di Isola Serafini.

[30] Documento di Protezione Civile della Diga di Isola Serafini, approvato dalla Prefettura - UTG di Piacenza con Decreto Prefettizio n. 32446 del 31/10/2017.

[31] <https://protezionecivile.regione.emilia-romagna.it/gestione-emergenze/piani-emergenza-dighe-ped/il-ped-della-diga-di-isola-serafini>

Di seguito si riportano i dati tecnici relativi alla diga di Isola Serafini come da DPC.

Tipologia diga (DM Infrastrutture 26.06.2014)	Traversa fluviale
Altezza diga (DM Infrastrutture 26.06.2014)	26,50 m
Volume di invaso (L584/1994 e DM 26.06.2014)	19,0x10 ⁶ m ³
Utilizzazione prevalente	Idroelettrico
Ente Gestore	
Stato dell'invaso	Esercizio normale
Superficie bacino idrografico direttamente sotteso	43.230 Km ²
Superficie bacino idrografico allacciato	-
Quota massima di regolazione	41,50 m s.l.m.
Quota di massimo invaso	41,50 m s.l.m.
LIMITAZIONE DI INVASO PER MOTIVI DI SICUREZZA	
Quota autorizzata (quota limitata di regolazione)	41,00 m s.l.m.
Volume autorizzato dalla quota 367,00 alla 368,50	
Volume di laminazione dalla quota 368,50 alla 369,00	
PORTATE CARATTERISTICHE DEGLI SCARICHI	
Portata massima scaricata dalla traversa alla quota di massima regolazione e/o invaso di 41,50 m s.l.m.	11.370 m ³ /s
Portata massima scaricata dalla traversa alla quota di massima autorizzata di 41,00 m s.l.m.	10.100 m ³ /s
Qmax - portata massima transitabile in alveo contenuta nella fascia di pertinenza idraulica	8.500 m ³ /s
Qmin - portata di attenzione scarico diga	6.500 m ³ /s
ΔQ - soglie incrementali	1.000 m ³ /s

Tabella 30 - Informazioni tecniche diga di Isola Serafini.

Fonte: DPC diga di Isola Serafini.

Con nota prot. n. 16888/3 del 29 dicembre 1964, l'Ufficio del Genio Civile di Piacenza del Provveditorato alle OO.PP. della Regione Emilia-Romagna ha imposto una limitazione alla quota di massima regolazione per motivi indipendenti dalla sicurezza dell'opera e delle popolazioni a valle, ma al fine di contenere effetti negativi "sulla falda interessante l'abitato di S. Nazzaro e la relativa fognatura" a monte della diga. Si segnala inoltre che la regolazione del livello del bacino della diga è connessa anche all'attività di altre dighe (Tabella 31).

Diga	Esercente o Proprietario	Altezza [m]	Capacità invaso [Mm ³]	Comune	Torrente	Tipologia
Miorina	CONSORZIO DEL TICINO	7,9	426	Golasecca (VA)	Ticino	Traversa fluviale in calcestruzzo
Porto Della Torre	ENEL GREEN POWER	11,4	5,7	Somma Lombardo (VA)	Ticino	Traversa fluviale

Tabella 31 - Invasi che interessano la regolazione dei livelli della diga di Isola Serafini.

8.2 Pericolosità territoriale

In Tabella 32 è brevemente definito il livello di pericolosità idrogeologica (frane, alluvioni e valanghe), sismica e da incendio boschivo per l'ambito territoriale di riferimento, rappresentato anche mediante Tavole cartografiche 1, 2, 3, 4, 5, 6 allegate al presente report.

PERICOLOSITÀ		CONSIDERAZIONI	
SISMICA		-	I Comuni appartenenti all'ambito territoriale di riferimento sono ascritti in zona sismica 3.
IDRO-GEOLOGICA	ALLUVIONI	X	Il Piano Provinciale di protezione civile - integrato con uno studio specifico approvato con Deliberazione di Consiglio Provinciale n.27 del 25.02.2004 relativo alle criticità denominato "Individuazione delle criticità idrauliche sul reticolo idrico primario nel territorio provinciale di Cremona per la predisposizione dei piani d'emergenza e per le attività di previsione, pianificazione e prevenzione" (Commissionato dalla Provincia di Cremona allo Studio Telò nel 2003) - ha evidenziato all'interno dell'ambito territoriale di riferimento aree con grado di criticità idraulica differente.

	FRANE	-	Nell'ambito territoriale di riferimento non si segnalano aree a rischio frana che possono determinare interruzioni di opere/infrastrutture strategiche/rilevanti.
	VALANGHE	-	Nell'ambito territoriale di riferimento non si segnalano aree a rischio frana che possono determinare interruzioni di opere/infrastrutture strategiche/rilevanti.
INCENDIO BOSCHIVO		-	Secondo quanto definito dal Piano Regionale Antincendio Boschivo (Piano AIB), tutti i comuni lombardi afferenti alla Diga di Isola Serafini fanno parte dell'area Omogenea F14 – Pianura Orientale caratterizzata da un basso livello di pericolosità da incendio boschivo.

Tabella 32 – Caratteri di pericolosità nell'ambito territoriale di interesse per la diga di Isola Serafini.

8.3 Elementi rilevanti ai fini della pianificazione di emergenza diga

Da normativa (§ Capitolo 2), gli scenari di riferimento da considerare nella pianificazione di emergenza diga sono il "Rischio Diga" e il "Rischio idraulico a valle".

ENEL GREEN POWER S.p.A., gestore della diga di Isola Serafini, ha commissionato all'Istituto Sperimentale Modelli e Strutture (ISMES) gli studi teorici finalizzati a individuare il profilo dell'onda di piena artificiale a valle dello sbarramento connessa a manovre degli organi di scarico [32] o conseguente ad ipotetico collasso dello sbarramento stesso [33].

Per entrambi gli scenari di rischio, la perimetrazione dettagliata delle aree potenzialmente coinvolte dall'evento di collasso o dall'apertura degli organi di scarico è riportata nelle Tavole cartografiche 7 e 8 allegate al presente report.

8.3.1 Scenari di rischio

La simulazione della propagazione dell'onda di linea ha permesso di ricavare, in corrispondenza delle varie sezioni della valle considerate, le differenti caratteristiche dell'onda (livello massimo, portata massima, altezza massima, velocità massima, tempo di arrivo del fronte). I valori di suddette grandezze sono presentati in forma riassuntiva nelle Tabella 33 e Tabella 34.

Sez.	Progr. [Km]	Q [m ³ /s]	Altezza [m]	Livelli [m s.l.m.]	Velocità [m/s]	Tempi [hh:mm:ss]
Diga	0	19324	13.55	44.84	6.59	0:00:00
1	0.133	19162	11.95	42.18	12.21	0:00:08
2	1.023	15079	13.24	41.39	12.10	0:01:29
3	2.163	12810	10.81	41.67	6.24	0:03:49
4	3.114	12810	12.32	41.58	6.37	0:06:20
5	4.253	12810	12.48	41.34	5.36	0:09:45
6	5.625	12810	12.62	41.02	4.53	0:14:28
7	6.724	12810	13.25	40.66	4.50	0:18:41
8	8.313	12810	12.95	40.52	4.51	0:24:41
9	9.334	12810	12.12	40.28	3.69	0:28:58
10	10.128	12810	14.47	40.13	5.19	0:32:06
11	11.055	12810	11.49	39.28	3.61	0:35:54

[32] "Calcolo del profilo delle onde di piena artificiali a valle della Diga di Isola Serafini" dell'Istituto Sperimentale Modelli e Strutture (ISMES), verificato e approvato successivamente dal Centro Ricerca Idraulica e Strutturale (CRIS) di ENEL (Dicembre 1991).

[33] "Diga di Isola Serafini - Calcolo dell'onda di sommersione conseguente all'ipotetico collasso dell'opera di ritenuta ai sensi della Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici n. 352 del 4 dicembre 1987" dell'Istituto Sperimentale Modelli e Strutture (ISMES), verificato e approvato successivamente dal Centro Ricerca Idraulica e Strutturale (CRIS) di ENEL (Ottobre 1993).

12	12.119	12810	12.97	39.21	4.28	0:40:30
13	13.070	12810	12.75	38.66	4.02	0:44:21
14	13.820	12810	12.81	38.45	4.68	0:48:03
15	15.028	12810	15.51	38.25	4.59	0:53:35
16	15.819	12810	13.86	37.95	3.54	0:57:21
A	16.396	12810	12.70	37.65	3.09	1:00:42
17	16.676	12810	12.18	37.17	4.26	1:02:30
18	17.579	12810	14.52	37.04	4.51	1:06:45
19	18.454	12810	13.28	36.38	3.45	1:11:00
20	19.257	12810	10.31	35.02	5.36	1:14:59
B	20.553	12810	10.50	33.93	3.74	1:22:25

Tabella 33 - Risultati della simulazione idraulica di *dam break*. Fonte: [33].

Sez.	Progr. [Km]	Q [m ³ /s]	Altezza [m]	Livelli [m s.l.m.]	Velocità [m/s]	Tempi [hh:mm:ss]
1	0.133	7384	9.19	39.42	2.73	0:00:00
2	1.023	6949	10.55	38.65	3.74	0:06:45
3	2.163	6036	7.04	37.94	2.96	0:14:31
4	3.114	5298	8.07	37.32	3.08	0:20:40
5	4.253	4655	7.70	36.56	2.89	0:26:90
6	5.625	4049	7.39	35.79	2.62	0:35:30
7	6.724	3411	8.03	35.43	2.64	0:42:48
8	8.313	2742	7.00	34.57	2.66	0:52:76
9	9.334	nd	nd	nd	nd	nd
10	10.128	2033	8.07	33.72	3.25	0:64:73
11	11.055	1837	5.59	33.41	2.04	0:71:15
12	12.119	1556	6.79	33.02	2.54	0:78:78
13	13.070	1449	6.36	32.28	2.73	0:85:03
14	13.820	1412	5.37	31.02	2.34	0:90:98
15	15.028	1343	7.56	30.30	2.80	0:99:68
16	15.819	1237	6.05	30.13	1.90	1:75:90
A	16.396	1171	5.10	30.04	1.59	1:85:40
17	16.676	1131	4.99	29.98	1.93	1:88:93
18	17.579	971	7.29	29.81	2.12	2:02:73
19	18.454	932	6.53	29.62	1.96	2:15:62
20	19.257	924	4.47	29.17	1.77	2:28:18
B	20.553	913	4.31	27.74	1.80	1:50:62

Tabella 34 - Risultati della simulazione idraulica di Rischio idraulico a valle. Fonte: [33].

Gli effetti dell'ipotetica onda di piena in corrispondenza delle prime 6 sezioni interessano il territorio della Provincia di Lodi, oltre invece i territori della provincia di Cremona dove si riscontrano variate attività agricole potenzialmente esposte. Per quanto riguarda il sistema infrastrutturale, si deve analizzare il livello di vulnerabilità ed esposizione del tratto autostradale della A21 Piacenza-Brescia, della strada provinciale SP44 e della rete ferroviaria RFI che potrebbero essere totalmente/parzialmente danneggiate dagli eventi precedentemente descritti.

Nel PED redatto dalla Regione Emilia-Romagna è possibile inoltre ricavare indicazioni rilevanti ai fini della pianificazione di emergenza diga della Regione Lombardia. Ad esempio, si prende nota delle aree di ammassamento già individuate nel territorio emiliano, ovvero il parcheggio antistante Centro Sportivo - via Edison, 7 nel Comune di Monticelli d'Ongina, il polo Scolastico Unico - via Kennedy nel Comune di Castelvetro Piacentino e la piazza G. Marocchi, 1 (ed area prospiciente) nel Comune di Villanova sull'Arda.

Conclusioni

L'esperienza maturata nel corso dello studio è stata particolarmente intensa, interessante e istruttiva per tutti i soggetti coinvolti, in primis per il Gruppo di lavoro del Politecnico di Milano chiamato a un ruolo non facile di cerniera tra aspetti di tipo tecnico, soprattutto per quanto attiene alla caratterizzazione dell'esposizione e della vulnerabilità del territorio a valle delle dighe e l'esigenza di produrre piani di emergenza da parte delle amministrazioni coinvolte e in particolare della Regione che ha la responsabilità di redigere e approvare tali piani.

Le riflessioni che si possono condurre a valle di un'esperienza tanto ricca e in alcuni casi anche intricata, indubbiamente resa ancor più complessa dalla necessità di lavorare a distanza per una parte del progetto in seguito alla chiusura imposta dalla pandemia Covid 19, sono molteplici e si cerca nel prosieguo di riportarle seguendo un ordine logico che da quelle di natura più eminentemente tecnica arrivano a quelle relative al governo del rischio in senso più sociale e di decisione in ambito di politiche pubbliche.

Per quanto riguarda gli aspetti tecnici, questo rapporto illustra anche un percorso di sviluppo di un modello prototipale di piano che, come illustrato nella disamina del quadro nazionale e internazionale, non fornisce delle indicazioni e delle linee guida che possano essere seguite pedissequamente. Costruire un prototipo ha richiesto indubbiamente del tempo, un lavoro di analisi delle fonti informative, del materiale documentale disponibile presso una molteplicità di amministrazioni a diversi livelli di governo, da quello locale dei comuni coinvolti a quello nazionale dell'Ufficio Dighe. D'altronde, qualunque esempio sviluppato in un paese estero, per quanto interessante, deve essere calato all'interno del contesto nazionale prima e di quello lombardo in seconda battuta, caratterizzati da una ben definita compagine istituzionale, da normative e leggi che occorre seguire e da procedure che sono proprie dell'amministrazione e all'interno delle quali occorre calare qualunque proposta affinché risulti praticabile.

Inevitabilmente quindi si è andati per livelli di approssimazione successivi, che hanno fatto maturare un modello di piano attraverso il lavoro di squadra sulle quattro dighe sulle quali si è svolta la ricerca e con continuità e maggiore completezza per le due per le quali si sono svolti anche gli incontri con i gruppi di lavoro nelle sedi istituzionali delle Prefetture. Il modello si è quindi stabilizzato in due parti, una relativa alla caratterizzazione del contesto territoriale nel suo complesso e della diga oggetto di piano, una relativa alla descrizione ed esplicitazione degli scenari di evento e delle corrispondenti azioni da prevedere nelle diverse fasi dalla pre-allerta all'emergenza e al post-emergenza e sorveglianza. Giova rammentare che lo scenario di evento per come inteso nel lavoro non si limita alla considerazione del tipo di evento meteorico e idrologico che può produrre danni all'infrastruttura o richiedere improvvisi scarichi a valle, ma considera nell'insieme come tali eventi possono impattare un territorio a valle, definendo la popolazione esposta nonché le principali infrastrutture e strutture aventi valenza sovralocale. Peraltro, nella popolazione esposta si tiene conto delle condizioni specifiche e del periodo e stagione dell'anno, in quanto molti ambiti a valle di dighe sono turistici e quindi è possibile prevedere una differente presenza di diverse fasce di popolazione a seconda del momento in cui l'evento incidentale accade.

Dal punto di vista tecnico, la definizione dello o degli scenari di riferimento si è scontrata con la disponibilità effettiva di studi idraulici, idrologici e di caratterizzazione geologica e geomorfologica del contesto, a volte datati, a volte inadatti per scala considerata o per ambito territoriale studiato. E' quindi un importante risultato del lavoro svolto nel corso della ricerca avere evidenziato la necessità di sviluppare studi di maggiore approfondimento sia sulle opere idrauliche sia per caratterizzare l'insieme delle valli che insistono sugli abitati che hanno a monte una diga di rilievo per poter definire nel complesso sia i possibili eventi scatenanti un incidente a valle sia stimare gli impatti sul territorio e le comunità esposte. Senza questi approfondimenti gli scenari redatti sono poco affidabili e alla fine non significativi al fine di strutturare una risposta per un'eventuale emergenza nonché definire degli ambiti di attenzione anche per la pianificazione del territorio, seguendo le indicazioni dell'articolo 18 del D.lgs. 1/2018.

Un secondo elemento di criticità degli scenari di evento considerati in quanto già definiti nei documenti ufficiali sui quali si deve basare il PED, riguarda la validità di previsioni effettuate sulla base di serie storiche di eventi passati. I tempi di ritorno sui quali si fondano le previsioni idrologiche devono essere valutati oggi rispetto ai cambiamenti climatici in atto che influiscono sull'incidenza e l'intensità delle precipitazioni con valori diversificati e non facili da stimare a livello regionale e ancor più locale. Sembra tuttavia che emerga una maggiore criticità nella stima includendo gli effetti dei cambiamenti climatici sui bacini montani, per i quali i tempi di risposta sono molto più veloci e quindi anche critici per la messa in sicurezza della popolazione e dei beni a valle. Peraltro, alle trasformazioni indotte sul regime delle precipitazioni, dei venti, dei periodi di accumulo e scioglimento della neve in alta quota, si sommano in modo complesso le trasformazioni degli ultimi vent'anni degli abitati a valle che hanno visto aumentare a volte in modo molto significativo, le aree edificate anche in aree di potenziale pericolo per piene moderate e catastrofiche. Peraltro, sono cambiati in questi anni anche i modi di fruizione dello spazio naturale, con l'incremento di alcune attività legate alla pesca, al trekking, agli sport che sfruttano la corrente dei torrenti, che creano fonti di esposizione aggiuntive ancorché non continuative nel tempo ma potenzialmente molto vulnerabili perché in periodi dell'anno in cui sono più probabili cambi repentini delle condizioni meteorologiche.

Un terzo elemento di criticità riguarda i limiti nella costruzione di possibili scenari di impatto deriva dalla scarsità di dati relativi ai danni conseguenti ad eventi passati, soprattutto per quelli meno recenti per i quali non si dispone di dichiarazioni contenute nel sistema regionale RASDA.

Dal punto di vista dei fattori socio-economici di contesto, occorre rilevare che se da un lato gli obiettivi energetici europei (e nazionali) spingono nella direzione dell'uso di fonti rinnovabili e carbon free quali sono indubbiamente le derivazioni a scopo idroelettrico, è altresì vero che negli ultimi anni il rapporto tra dighe e territorio è diventato molto più complesso a fronte della moltiplicazione degli usi e delle strutture a valle e della crescente richiesta di sicurezza. L'accettabilità sociale dei rischi e quindi anche del rischio diga è generalmente diminuita e di conseguenza è diventato spesso difficile mediare tra le posizioni, spesso contrapposte, dei Concessionari e dei numerosi portatori di interesse che operano nel territorio dove le dighe sono ubicate. Come in altre condizioni di rischio le ragioni economiche che motivano i produttori di energia a investire sulle dighe e la loro sicurezza si contrappongono alle esigenze di sicurezza, siano esse ragionevolmente motivate o meno. Come si diceva poco sopra infatti, non sempre la sicurezza è minacciata dalla presenza della diga tour court. Spesso invece si tratta di un uso

indiscriminato del territorio, nonostante i limiti imposti dalla Legge regionale 12/2005 che con la relazione di supporto alla pianificazione urbanistica locale dovrebbe limitare la fattibilità nelle zone più critiche. Inoltre, le condizioni di rischio a valle non sono sempre prodotte dalla sola diga, ma da un complesso insieme di fattori legati alle condizioni geomorfologiche di un insieme di valli e torrenti che confluiscono sullo stesso abitato e possono essere coinvolti in misura diversi nell'ambito di uno steso fenomeno calamitoso.

Dal punto di vista della redditività delle dighe peraltro, i fenomeni in atto hanno prodotto nel tempo un progressivo interrimento degli invasi, problema questo comune a quasi tutte le dighe e tali da comportare da un lato l'esigenza di interventi consistenti per il ripristino di una minima capacità utile, dall'altro problemi di sicurezza alle stesse opere. Peraltro, i cambiamenti in atto e le conformazioni idro-geo-morfologiche in cui sono collocate alcune dighe sono molto dinamici, rendendo il ritorno degli investimenti molto incerto.

- Elementi per una valutazione della qualità dei piani di emergenza

Negli anni 2015-2016 la Regione Lombardia ha sviluppato un sistema di monitoraggio della qualità dei piani di emergenza comunali con l'obiettivo di migliorare la capacità operativa locale, la standardizzazione rispetto alle linee guida nazionali e regionali, la previsione di azioni e risorse rispetto a scenari di evento possibili nei diversi territori. Abbiamo ritenuto che la griglia di indicatori allora individuata potesse essere rivisitata, rivista e completata rispetto a quelle che sono le nostre conoscenze e passate esperienze di pianificazione di emergenza con l'obiettivo di aiutare il sistema a migliorare costantemente i piani, renderli sempre più degli strumenti operativi che ai vari livelli fungono da guida per enti e organizzazioni che devono intervenire in caso si verifichi un evento calamitoso o incidentale. Regione, nell'ambito del D.lgs. n. 1 del 2018 "Codice della Protezione Civile", ha sviluppato una piattaforma informativa "Piani di Protezione Civile online" per la redazione e l'aggiornamento dei piani di protezione civile; tale piattaforma sarà parte integrante delle linee guida regionali attualmente in corso di aggiornamento.

La griglia di valutazione proposta è presentata in Tabella 35.

Gli indicatori si riferiscono a cinque aree principali presentati nella prima colonna e che verranno brevemente discussi rispetto ai due piani che sono stati illustrati e rispetto al modello di pianificazione che si è sviluppato nel lavoro di ricerca applicata a supporto dello sviluppo dei piani di emergenza dighe.

a. Il primo gruppo di indicatori di grande rilevanza si riferisce all'identificazione di scenari opportuni rispetto ai quali calibrare le azioni previste nel piano. Nella prima parte delle conclusioni si sono già evidenziate alcune criticità riscontrate nella definizione di scenari a fronte della carenza di studi aggiornati relativamente ai bacini di riferimento e al contesto territoriale dal punto di vista delle dinamiche geomorfologiche, idrologiche anche in considerazione dei cambiamenti climatici. I piani elaborati nonostante tali criticità hanno messo a punto un metodo che permette di aggiornare gli scenari di impatto nel momento in cui siano disponibili scenari più aggiornati e approfonditi. Peraltro, si raccomanda di considerare anche scenari poco probabili ma comunque possibili soprattutto nel caso diano luogo ad impatti complessi e gravosi sulle persone, sui beni e le infrastrutture. La considerazione di scenari gravosi infatti consente alle organizzazioni e agli enti di intraprendere azioni migliorative della propria preparazione e di identificare attrezzature, risorse, e

specializzare il proprio personale in modo da rispondere ad eventuali eventi gravosi, anche meno di quelli ipotizzati negli scenari. Indubbiamente una criticità riguarda la considerazione di scenari molto gravosi come vincolanti anche per la pianificazione del territorio. Occorre probabilmente considerare in modo meno rigido e davvero più integrato la necessità di coordinare i due tipi di pianificazione, non pensando a vincoli solamente, ma anche ai modi per calibrare vulnerabilità e pesi insediativi e tipo di localizzazioni nelle aree a maggior rischio. Gli scenari che sono stati sviluppati nei due casi completi qui riportati consistono sostanzialmente nella combinazione di fenomeni capaci di danneggiare le dighe o richiedere scarichi a valle, e delle infrastrutture, strutture e popolazione esposta. Non sono stati considerati esplicitamente indicatori di vulnerabilità, tali da discriminare tra oggetti e persone egualmente esposti ma con una diversa propensione al danno date le loro caratteristiche intrinseche. Si ritiene che la letteratura, un certo numero di progetti europei conclusi sul tema degli indicatori di vulnerabilità e della loro valutazione permetta un passo in avanti, esplicitando tali fattori che comunque sono già implicitamente laddove si attribuisce un peso maggiore ad alcune infrastrutture, ad alcuni servizi, etc. Benché la caratterizzazione della vulnerabilità e del rischio inteso come funzione di variabili quali hazard, esposizione, vulnerabilità non siano completamente valutabili con modelli e metodi quantitativi, si ritiene che esistano oggi metodi e approcci che ne consentono una valutazione semi-quantitativa tale da fornire un utile supporto alla pianificazione di emergenza.

b. Strettamente connessi agli indicatori di scenario, vanno considerati gli aspetti di vulnerabilità sistemica, ovvero relativi alle interdipendenze e alla presenza di elementi di sicurezza e ridondanza soprattutto a livello delle reti infrastrutturali. Il piano di emergenza considera sia la variabile dell'accessibilità alle diverse zone (quelle di impatto, quelle di emergenza e anche quelle che dovranno essere utilizzate dai soccorritori) sia la dotazione di infrastrutture a rete e di eventuali nodi e impianti critici. Dal punto di vista sistemico devono essere considerati anche gli effetti cosiddetti a cascata, conseguenti alla co-occorrenza di più fenomeni che possono essere concatenati in una medesima sequenza o semplicemente accadere simultaneamente. Si pensi ad esempio ad un evento meteorologico estremo che può innescare sia frane sia alluvioni, piuttosto che a un evento sismico che può innescare alcune frane. Al momento la considerazione di scenari multirischio non è molto sviluppata né in Italia né in altri Paesi date le difficoltà significative connesse alla loro modellazione. Sono in corso diversi sforzi di ricerca che hanno come obiettivo quello di identificare metodi e strumenti per la valutazione non solo delle catene di eventi ma anche dei loro impatti complessivi. Occorre ricordare che tali fenomeni sono più frequenti di quanto si sia portati a credere soprattutto in ambito montano.

c. Per quanto attiene agli aspetti logistici, le aree per l'ammassamento delle forze di soccorso sono chiaramente definite e ne viene verificata la disponibilità anche dal punto di vista legale e dell'eventuale proprietà interessata. Meno definita formalmente la previsione di aree ed edifici per l'evacuazione della popolazione, che viene demandata al livello locale di pianificazione di protezione civile. E' opportuno indicare da parte della Regione alcuni criteri per la scelta delle aree e degli edifici anche rispetto a esigenze e opportunità intercomunali.

d. La definizione delle fasi temporalmente rilevanti costituisce un elemento qualificante e molto importante nei piani di emergenza, poiché ad ogni fase corrisponde un tipo di attività che devono essere messe in campo. I diversi livelli di intervento e il tipo di intervento viene in effetti dettagliato considerando lo sviluppo temporale dei diversi scenari, alcuni molto rapidi e tali quindi

da non consentire un'efficace fase di preallerta, altri che invece permettono di mettere in campo azioni preventive mirate alla salvaguardia delle persone in primis e dei beni in seconda battuta. In generale si suppone che gli scenari concernenti le dighe siano di sviluppo relativamente rapido, tale da consentire un rapido passaggio da una fase emergenziale a quella del successivo ripristino. Occorre verificare che in tutti gli scenari di evento relativi alle diverse dighe questa sia effettivamente la condizione più frequente o se viceversa occorra considerare tempi di ripristino e ritorno alla normalità più lunghi, che porrebbero diverse criticità sia in termini di fruibilità di alcune aree, delle vie di comunicazione, etc. La scala temporale è importante anche nel definire l'iter di un piano in corso di sviluppo. In presenza infatti di opere di mitigazione o di messa in sicurezza della struttura o di riduzione del rischio a valle, occorre definire un piano "provvisorio" di transizione fino a quando le opere non porteranno ad un cambiamento nei profili e scenari di rischio tali da richiedere la revisione del piano stesso. Tali tempi tuttavia non sono noti a priori, non sempre dipendono solo dalle procedure amministrative ma a volte dipendono dall'evoluzione stessa dei bacini che rende alcuni interventi molto gravosi e forse a volte inopportuni.

Macro-ambiti di valutazione	Indicatori	Criteri di valutazione
Piani sviluppati sulla base di scenari completi di evento	Gli scenari cosiddetti peggiori sono considerati	Si/No eventuali ragioni di supporto
	Gli eventi più frequenti e probabili sono considerati	Si/No
	Gli scenari considerano eventuali condizioni multirischio	Si/No eventuali ragioni di supporto
	Fenomeni a cascata sono considerati	Si/No eventuali ragioni di supporto
	La popolazione esposta è stimata	Si/No, metodi usati
	Sono valutati i bersagli sensibili e gli elementi e le zone esposti	Si/No, metodi usati
	I gruppi sociali più vulnerabili sono considerati	Si/No, metodi usati
	E' valutata la vulnerabilità dei bersagli e delle zone sensibili	Si/No, metodi usati
	Strumenti e metodi per la valutazione speditiva del danno sono previsti	Si/No, strumenti usati inclusa attivazione di servizi comunitari
	Strumenti e metodi per la valutazione dei danni sono previsti	Si/No possibili miglioramenti nelle procedure di valutazione dei danni
Vulnerabilità sistemiche comprese negli scenari	Interventi per la messa in sicurezza della popolazione e dei beni sono previsti	Si/No
	E' valutata l'accessibilità alle aree critiche considerando anche eventi a cascata	Si/No quali modelli sono usati
	L'accessibilità alle aree di ammassamento e di evacuazione è valutata	Si/No quali modelli sono usati
Aspetti logistici e territoriali considerati	Potenziali impatti con e tra infrastrutture critiche sono considerati	Si/No che tipo di interdipendenze sono tenute in conto considerando le specificità del contesto territoriale
	Le aree per le forze di ammassamento delle forze di soccorso sono definite	Si/No e adeguate alle caratteristiche territoriali in termini di vulnerabilità sistemica
	Aree e vie di evacuazione sono identificate e opportunamente attrezzate (urbanizzate o urbanizzabili)	Si/No e adeguate alle caratteristiche territoriali in termini di vulnerabilità sistemica
Piani sviluppati rispetto ad uno sviluppo temporale dell'evento e dei danni	Potenziali danni in aree anche lontane da dove l'evento si è verificato sono considerati	Si/No a quale livello si ferma l'analisi (locale, provinciale, regionale, nazionale, transfrontaliero)
	Sistemi di allertamento precoce sono disponibili e operativi	Sistemi di monitoraggio tecnico sono presenti, canali di comunicazione tra gli enti e con la popolazione sono identificati
	La sequenza dell'allertamento e gli eventuali mezzi necessari sono identificati	Tra le forze di protezione civile, con i gestori delle infrastrutture critiche
	Le attività da svolgere a seconda della fase dell'emergenza sono specificate	Ogni tipo di hazard implica una diversa composizione di fasi e relative attività (importante considerare eventi multipli)
Operatività dei piani e conoscenza operativa dei piani da parte dei soggetti coinvolti	I piani tengono conto dell'eventuale lunga durata dell'emergenza	Alcune emergenze durano nel tempo e non si risolvono nell'arco di giorni/settimane
	I piani sono aggiornati regolarmente	Si/No, ultimo aggiornamento
	I piani sono distribuiti a tutti gli attori	Si/No seguendo un elenco predefinito
	Esercitazione e formazione sono previsti	Si/No e tipologia di formazione/esercitazione
	Comunicazione del piano ai soggetti interessati inclusa la popolazione	Esternamente agli enti di protezione civile
	I piani sono pubblicati in rete	Si/No, parzialmente
	Vi è un servizio di vigilanza 24h	Si/No
I piani identificano responsabilità precise e concordate tra diversi soggetti istituzionali	Si/No quali soggetti, con nomi e riferimenti	

Tabella 35 - Griglia di indicatori di valutazione di qualità dei piani di emergenza.

e. L'ultimo gruppo di indicatori riguarda l'operatività del piano, la sua utilizzabilità in caso di emergenza e come riferimento per i vari piani di protezione civili locali. Il processo di condivisione

con gli attori locali e in generale con tutti gli enti che hanno un ruolo nella gestione delle dighe e del rischio ad esse associate è sicuramente un passaggio necessario e valutabile molto positivamente. Ovviamente tale processo può in alcune circostanze particolarmente complesse, come nel caso in cui eventi estremi recenti hanno reso evidenti i rischi territoriali presenti mettendo in luce alcune criticità legate sia alla presenza di opere, sia alle complesse dinamiche geomorfologiche, idrologiche e climatiche montane, sia alle decisioni urbanistiche presenti e passate e alla configurazione del territorio.

Allegati

DIGA DI PONTE COLA (BS)

- Documento di Protezione Civile della diga di Ponte Cola approvato dalla Prefettura di Brescia il 18 Gennaio 2019 con protocollo n. 3664/12A.10.24/P.C.
- Tavola n. 1 Pericolosità idrogeologica - Alluvioni
- Tavola n. 2 Pericolosità idrogeologica – Frane_estado attività
- Tavola n. 3 Pericolosità idrogeologica – Frane_tipologia
- Tavola n. 4 Pericolosità idrogeologica - Valanghe
- Tavola n. 5 Pericolosità sismica
- Tavola n. 6 Pericolo incendio boschivo
- Tavola n. 7 Scenario Rischio Diga
- Tavola n. 8 Scenario Rischio Diga - Esposto strategico/rilevante
- Tavola n. 9 Scenario Rischio idraulico a valle
- Tavola n. 10 Scenario Rischio idraulico a valle – Esposto strategico/rilevante
- Tavola n. 11 Area ammassamento soccorritori – Salò e scheda descrittiva/tecnica
- Tavola n. 12 Area ammassamento soccorritori – Lonato e scheda descrittiva/tecnica
- Tavola n. 13 Area ammassamento soccorritori – Gavardo e scheda descrittiva/tecnica

DIGA DI PAGNONA (LC)

- Documento di Protezione Civile relativo alla diga di Pagnona (LC) elaborato dall'Ufficio Tecnico per le Dighe di Milano (Revisione 2) e approvato in data 22 novembre 2017.
- Tavola n. 1 Pericolosità idrogeologica - Alluvioni
- Tavola n. 2 Pericolosità idrogeologica – Frane_estado attività
- Tavola n. 3 Pericolosità idrogeologica – Frane_tipologia
- Tavola n. 4 Pericolosità idrogeologica - Valanghe
- Tavola n. 5 Pericolosità sismica
- Tavola n. 6 Pericolo incendio boschivo
- Tavola n. 7 Evento di riferimento 12 Giugno 2019
- Tavola n. 8 Evento di riferimento 12 Giugno 2019 – Esposto strategico/rilevante
- Tavola n. 9 Scenario Rischio Diga
- Tavola n. 10 Scenario Rischio Diga - Esposto strategico/rilevante
- Tavola n. 11 Scenario Rischio idraulico a valle
- Tavola n. 12 Scenario Rischio idraulico a valle – Esposto strategico/rilevante
- Tavola n. 13 Area ammassamento soccorritori – Piantedo (SO) e scheda descrittiva/tecnica
- Tavola n. 14 Area ammassamento soccorritori – Lecco, Bione (LC) e scheda descrittiva/tecnica

TRAVERSA DI LAGO D'IDRO (BS)

- Documento di Protezione Civile Lago d'Idro approvato dalla Prefettura di Brescia il 25 Giugno 2018 con protocollo n. 29003/12A.10.24/P.C.
- Tavola n. 1 Pericolosità idrogeologica - Alluvioni
- Tavola n. 2 Pericolosità idrogeologica – Frane_stato attività
- Tavola n. 3 Pericolosità idrogeologica – Frane_tipologia
- Tavola n. 4 Pericolosità idrogeologica - Valanghe
- Tavola n. 5 Pericolosità sismica
- Tavola n. 6 Pericolo incendio boschivo
- Tavola n. 7 Scenario Rischio Diga
- Tavola n. 8 Scenario Rischio idraulico a valle

DIGA DI ISOLA SERAFINI (PC)

- Documento di Protezione Civile della Diga di Isola Serafini, approvato dalla Prefettura - UTG di Piacenza con Decreto Prefettizio n. 32446 del 31/10/2017.
- Tavola n. 1 Pericolosità idrogeologica - Alluvioni
- Tavola n. 2 Pericolosità idrogeologica – Frane_stato attività
- Tavola n. 3 Pericolosità idrogeologica – Frane_tipologia
- Tavola n. 4 Pericolosità idrogeologica - Valanghe
- Tavola n. 5 Pericolosità sismica
- Tavola n. 6 Pericolo incendio boschivo
- Tavola n. 7 Scenario Rischio Diga
- Tavola n. 8 Scenario Rischio idraulico a valle

Riferimenti bibliografici, normativi e sitografici

- Asseverazione Diga di Ponte Cola (rif. 327/760). Evento sismico del 24 novembre 2004. Invio Asseverazione Straordinaria prevista dalla procedura relativa ai controlli da eseguire a seguito di sisma di cui alla nota SDI/3536/02 del 01 luglio 2002 (Nota ENEL prot. 439 del 03/12/2004).
- Calcolo del profilo delle onde di piena artificiali a valle della Diga di Isola Serafini dell'Istituto Sperimentale Modelli e Strutture (ISMES), verificato e approvato successivamente dal Centro Ricerca Idraulica e Strutturale (CRIS) di ENEL (Dicembre 1991).
- Calcolo del profilo delle onde di piena artificiali a valle della diga di Pagnona, ENEL, 1988.
- Circ. Ministero LL.PP. 28 agosto 1986 n. 1125 "Sistemi di Allarme e Segnalazioni di pericolo".
- Circ. Ministero LL.PP. 4 dicembre 1987 n. 352 "Prescrizioni inerenti l'applicazione del Regolamento Dighe approvato con D.P.R. n. 1363/1959".
- Circ. P.C.M. 13 dicembre 1995 n. DSTN/2/22806 "Disposizioni attuative ed integrative in materia di dighe".
- Circ. P.C.M. 13 dicembre 1995 n. DSTN/2/22806 "Disposizioni attuative ed integrative in materia di dighe".
- Circolare P.C.M. 29 Marzo 1996 n. DSTN/2/7019 "Disposizioni inerenti l'attività di Protezione Civile nell'ambito dei bacini in cui siano presenti Dighe".
- Circolare S.N.D. 1 luglio 2002, n.3536 "Controlli straordinari a seguito di eventi sismici".
- Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n.152 "Norme in materia ambientale".
- Decreto Legislativo n.1 del 2 gennaio 2018, Codice della protezione civile.
- Diga di Isola Serafini - Calcolo dell'onda di sommersione conseguente all'ipotetico collasso dell'opera di ritenuta ai sensi della Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici n. 352 del 4 dicembre 1987 dell'Istituto Sperimentale Modelli e Strutture (ISMES), verificato e approvato successivamente dal Centro Ricerca Idraulica e Strutturale (CRIS) di ENEL (Ottobre 1993).
- Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri 27 febbraio 2004 "Indirizzi operativi per la gestione organizzativa e funzionale del sistema di allertamento nazionale e regionale per il rischio idrogeologico ed idraulico ai fini di protezione civile".
- Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri dell'8 luglio 2014, Indirizzi operativi inerenti l'attività di protezione civile nell'ambito dei bacini in cui siano presenti grandi dighe.
- DM Ambiente e Tutela del territorio 30 giugno 2004 "Criteri per la redazione del progetto di gestione degli invasi, ai sensi dell'articolo 40, comma 2, del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152, e successive modifiche ed integrazioni, nel rispetto degli obiettivi di qualità fissati dal medesimo decreto legislativo"
- DM Infrastrutture e Trasporti 26 giugno 2014 "Norme tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta (dighe e traverse)".
- Documento di Protezione Civile della Diga di Isola Serafini, approvato dalla Prefettura - UTG di Piacenza con Decreto Prefettizio n. 32446 del 31/10/2017.

Documento di Protezione Civile della diga di Ponte Cola approvato dalla Prefettura di Brescia il 18 Gennaio 2019 con protocollo n. 3664/12A.10.24/P.C.

Documento di Protezione Civile Lago d'Idro approvato dalla Prefettura di Brescia il 25 Giugno 2018 con protocollo n. 29003/12A.10.24/P.C.

Documento di Protezione Civile relativo alla diga di Pagnona (LC) elaborato dall'Ufficio Tecnico per le Dighe di Milano (Revisione 2) e approvato in data 22 novembre 2017.

Legge 21 ottobre 1994, n. 584 Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 8 agosto 1994, n. 507, recante: «Misure urgenti in materia di dighe».

Menoni S. (2013), "Emergency Planning", Geographic information systems (GIS) and natural hazards, 276-280.

Perry W. e Lindell M. (2003), "Preparedness for emergency response: guidelines for the emergency planning process", Disasters, 27: 336-350.

Pianificazione di emergenza provinciale per il rischio idrogeologico - idraulico del Lago d'Idro approvato il 8 ottobre 2019, Provincia di Brescia.

Pianificazione di emergenza provinciale per il rischio idrogeologico - idraulico del Lago d'Idro approvato il 8 ottobre 2019, Provincia di Brescia.

Piano di Soccorso Rischio Sismico di Regione Lombardia - Organizzazione di protezione civile e elementi conoscitivi del territorio, approvato con DGR n. 7576 del 18 dicembre 2017, ai sensi della Direttiva della Presidenza del Consiglio dei Ministri 14 gennaio 2014.

Prove di deflusso controllato del serbatoio di Valvestino, 12 dicembre 1995.

Prove idrauliche di deflusso controllato nel torrente Toscolano a valle della diga, 24 febbraio 2000.

Quaderno di Presidio – Ufficio Territoriale Regionale di Lecco (ai sensi della DGR 19/06/2016 n. 3723), approvato con decreto n. 16363 del 19/12/2017.

Quaderno di Presidio Territoriale Idraulico e Idrogeologico di Brescia, approvato con decreto dirigente unità organizzativa n. 13792 del 22 dicembre 2016, ai sensi della DGR 19/06/2016 n. 3723.

Quadro di riferimento di Sendai per la Riduzione del Rischio di Disastri (Sendai Framework for Disaster Risk Reduction) 2015-2030.

Rapporto CESI (2018), Bacino di Pagnona (LC) – Rilievi morfobatimetrici. Stima della quantità di materiale depositato nell'invaso a marzo 2018 e confronto con i dati di precedenti rilievi.

Relazione tecnica "Considerazioni sulle verifiche di sicurezza in presenza di carichi sismici" della diga di Ponte Cola, sottoscritta dall'ing. Ruggeri Giovanni nel marzo 2008.

Studi relativi alle onde di piena artificiali nel fiume Chiese conseguenti a manovre degli organi di scarico e all'ipotetico collasso della diga del Lago d'Idro, Società Lago d'Idro. Brescia, 25 settembre 1996.

Studio ENEL-CRIS - Calcolo del profilo delle onde di piena artificiali a valle della diga di Ponte Cola (novembre 1989).

Studio ISMES - Calcolo dell'onda di sommersione conseguente all'ipotetico collasso dell'opera di ritenuta (1990).

Studio ISMES S.p.A. 1993 – Calcolo dell'onda di sommersione conseguente all'ipotetico collasso dell'opera di ritenuta ai sensi della Circolare del Ministero dei Lavori pubblici n. 352 del 4 dicembre 1987.

Applicazione WebGIS - Studi teorici sulle onde di piena artificiali

<http://onde.mit.gov.it:8080/mit>

ITCOLD, Comitato Nazionale Italiano per le Grandi Dighe

<https://www.itcold.it/>

Ministro delle Infrastrutture e dei Trasporti

<http://dati.mit.gov.it/catalog/dataset/grandi-dighe-italiane>

Sistema RASDA - Raccolta delle Schede Danni Regione Lombardia.

www.rasda.regione.lombardia.it/rasda/

Acronimi

AIB	Antincendio Boschivo
AIPo	Agenzia Interregionale per il fiume Po
ARPA	Agenzia Regionale per la Protezione dell’Ambiente
BURL	Bollettino Ufficiale della Regione Lombardia
CCS	Centro Coordinamento Soccorsi
CFD	Centro Funzionale Decentrato
CLE	Condizione Limite per l’Emergenza
COC	Centro Operativo Comunale
CRIS	Centro di Ricerca Idraulica e Strutturale
DG Dighe	Direzione Generale per le Dighe
DPC	Documento di Protezione Civile
DPCM	Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri
FCEM	Foglio di Condizioni per l’Esercizio e la Manutenzione
IFFI	Inventario Fenomeni Franosi in Italia
ISMES	Istituto Sperimentale Modelli e Strutture
ITCOLD	Comitato Nazionale Italiano per le Grandi Dighe
MIT	Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
PC	Protezione Civile
PED	Piano di Emergenza Diga
PGRA	Piano Gestione Rischio Alluvioni
RASDA	Raccolta delle Schede Danni
RFI	Rete Ferroviaria Italiana
SP	Strada Provinciale
SS	Strada Statale
UCL	Unità Crisi Locale
UCR	Unità Crisi Regionale
UTD	Ufficio Tecnico Dighe - MIT
UTG	Ufficio Territoriale di Governo – Prefettura
UTR	Ufficio Territoriale Regionale

Indice figure e tabelle

Figura 1 – Fasi di allerta per Rischio Diga e Rischio idraulico a valle.	12
Figura 2 – Localizzazione territoriale delle “grandi dighe” presenti in Regione Lombardia.	24
Figura 3 - Aree esondabili acquisite (blu) e rettificata (verde) conseguenti a ipotetico collasso della diga di Pagnona (LC)	25
Figura 4 - Localizzazione delle dighe lombarde oggetto di studio e analisi.	36
Figura 5 - Bacino e paramento di monte della diga di Ponte Cola.	38
Figura 6 - Vista da monte sulla diga di Pagnona con scarico di fondo, sgrigliatore e casa di guardia (maggio 2006).	38
Figura 7 - Vista panoramica sul bacino del Lago d’Idro.....	39
Figura 8 - Vista aerea sullo sbarramento di Isola Serafini	39
Figura 9 - Localizzazione del dispositivo secondario di segnalazione acustica.....	42
Figura 10 - Sezioni fluviali considerate nella simulazione idraulica di collasso.....	45
Figura 11 - Localizzazione dei punti di presidio, Rischio idraulico a valle.....	50
Figura 12 - Infrastrutture di collegamento del Comune di Dervio colpite dall’onda di piena del 12/06/2019.....	54
Figura 13 - Sezioni fluviali considerate nella simulazione idraulica di collasso.....	56
Figura 14 - Localizzazione dei punti di presidio per Rischio Diga.....	58
Figura 15 - Sezioni fluviali considerate nella simulazione idraulica di collasso.....	63
Figura 16 – Localizzazione dei punti critici riscontrati in caso di esondazione del fiume Chiese per Rischio idraulico di valle.	65
Tabella 1 - Condizioni per l’attivazione delle fasi di allerta per Rischio Diga.	13
Tabella 2 - Condizioni per l’attivazione delle fasi di allerta per Rischio idraulico a valle	13
Tabella 3 – “Grandi dighe” italiane con indicazione della priorità di aggiornamento dei Documenti di Protezione Civile	17
Tabella 4 - Norme per la sicurezza delle dighe in alcuni Paesi europei.	20
Tabella 5 - Sistemi di allarme in diversi Paesi europei.	22
Tabella 6 - “Grandi dighe” presenti in Regione Lombardia con indicazione delle priorità di aggiornamento dei Documenti di Protezione Civile.....	28
Tabella 7 - Categorie di edifici ed opere infrastrutturali di competenza regionale di interesse strategico e rilevante per le finalità di protezione civile.....	32
Tabella 8 –Informazioni di inquadramento della diga di Ponte Cola.	40

Tabella 9 - Informazioni tecniche Diga di Ponte Cola.....	41
Tabella 10 - Rilievo batimetrico diga di Ponte Cola (settembre 2012).	41
Tabella 11 – Caratteri di pericolosità nell’ambito territoriale di interesse per la diga di Ponte Cola.	42
Tabella 12 - Interventi per la messa in sicurezza ed il ripristino degli edifici e delle infrastrutture danneggiati dal sisma.	43
Tabella 13 - Risultati della simulazione idraulica di <i>dam break</i>	45
Tabella 14 - Tempi di propagazione dell’onda di piena dalla sezione della diga di Ponte Cola alla foce.....	46
Tabella 15 - Situazioni di criticità riscontrate in caso di Rischio idraulico a valle	49
Tabella 16 - Informazioni di inquadramento della diga di Pagnona.....	52
Tabella 17 - Informazioni tecniche Diga di Pagnona.....	53
Tabella 18 - Confronto tra rilievi batimetri – Diga di Pagnona	53
Tabella 19 – Caratteri di pericolosità nell’ambito territoriale di interesse per la diga di Pagnona. ...	54
Tabella 20 - Risultati della simulazione idraulica di <i>dam break</i>	55
Tabella 21 - Soglia d’attenzione, portata massima transitabile in alveo, soglie incrementali.	56
Tabella 22 – Invasi che interessano la regolazione dei livelli del Lago d’Idro.	60
Tabella 23 –Informazioni di inquadramento della traversa di Lago d’Idro.....	61
Tabella 24 - Informazioni tecniche traversa di Lago d’Idro.....	61
Tabella 25 – Caratteri di pericolosità nell’ambito territoriale di interesse per la traversa di Lago d’Idro.	62
Tabella 26 - Valori di portata delle piene artificiali.....	62
Tabella 27 - Situazioni di criticità riscontrate in caso di Rischio idraulico a valle.	64
Tabella 28 - Situazioni di criticità riscontrate in caso di esondazione del fiume Chiese per Rischio idraulico di valle	66
Tabella 29 – Informazioni di inquadramento della diga di Isola Serafini.	67
Tabella 30 - Informazioni tecniche diga di Isola Serafini	68
Tabella 31 - Invasi che interessano la regolazione dei livelli della diga di Isola Serafini.....	68
Tabella 32 – Caratteri di pericolosità nell’ambito territoriale di interesse per la diga di Isola Serafini.	69
Tabella 33 - Risultati della simulazione idraulica di <i>dam break</i>	70
Tabella 34 - Risultati della simulazione idraulica di Rischio idraulico a valle.	70
Tabella 32 - Griglia di indicatori di valutazione di qualità dei piani di emergenza.....	71

