



Laghetti collinari e dighe

Guida pratica per la progettazione,
l'esercizio e la manutenzione

[Scheda sul sito >](#)



Competenze geologiche, geotecniche, ingegneristiche, agronomiche e ambientali
Esempi pratici, tecniche e mezzi per la costruzione
Problematiche gestionali e di manutenzione
Tecniche di controllo e osservazione, Normativa vigente

*A mio padre
maestro di vita e di professione*

FRANCESCO UZZANI

LAGHETTI COLLINARI E DIGHE

GUIDA PRATICA PER LA PROGETTAZIONE,
L'ESERCIZIO E LA MANUTENZIONE



Dario Flaccovio Editore

Francesco Uzzani

LAGHETTI COLLINARI E DIGHE

ISBN 978-88-579-0154-1

© 2012 by Dario Flaccovio Editore s.r.l. - tel. 0916700686

www.darioflaccovio.it info@darioflaccovio.it

Prima edizione: settembre 2012

Uzzani, Francesco <1961->

Laghetti collinari e dighe : guida pratica per la progettazione, l'esercizio e la manutenzione

/ Francesco Uzzani. - Palermo : D. Flaccovio, 2012.

ISBN 978-88-579-0154-1

1. Dighe [e] Laghi collinari.

627.4 CDD-22

SBN Pal0247033

CIP - Biblioteca centrale della Regione siciliana "Alberto Bombace"

Stampa: Tipografia Priulla, Palermo settembre 2012

Nomi e marchi citati sono generalmente depositati o registrati dalle rispettive case produttrici.

L'editore dichiara la propria disponibilità ad adempiere agli obblighi di legge nei confronti degli aventi diritto sulle opere riprodotte.

La fotocopiatura dei libri è un reato.

Le fotocopie per uso personale del lettore possono essere effettuate nei limiti del 15% di ciascun volume/fascicolo di periodico dietro pagamento alla SIAE del compenso previsto dall'art. 68, commi 4 e 5, della legge 22 aprile 1941 n. 633. Le riproduzioni effettuate per finalità di carattere professionale, economico o commerciale o comunque per uso diverso da quello personale possono essere effettuate solo a seguito di specifica autorizzazione rilasciata dagli aventi diritto/dall'editore.

INDICE

Premessa

Prefazione

1. Cenni introduttivi

1.1. Generalità e cenni storici	pag. 11
1.2. Definizioni e precisazioni	» 14
1.3. Guida alla lettura.....	» 18

2. Progettazione

2.1. Discipline e professionalità.....	» 21
2.1.1. Agronomia	» 21
2.1.2. Topografia e geomorfologia.....	» 31
2.1.3. Geologia.....	» 35
2.1.4. Idrologia.....	» 46
2.1.4.1. Calcolo degli apporti idrici e simulazione di invaso	» 51
2.1.4.2. Valutazione delle portate di piena	» 53
2.1.5. Idraulica	» 66
2.1.6. Geognostica e geotecnica	» 71
2.1.7. Ambiente e urbanistica	» 79
2.1.7.1. Progetto di gestione.....	» 83
2.1.7.2. Deflusso minimo vitale (DMV)	» 84
2.1.8. Relazione tecnica generale e allegati.....	» 86
2.2. Le opere oggetto di progettazione	» 88
2.2.1. Corpo diga, sue tipologie e caratteristiche costruttive.....	» 88
2.2.1.1. Dighe in terra omogenea	» 89
2.2.1.2. Dighe zonate con nucleo impermeabile	» 94
2.2.1.3. Dighe con altri tipi di impermeabilizzazione	» 96
2.2.2. Scarichi di superficie	» 99
2.2.3. Scarichi di fondo, opere di presa e derivazione.....	» 110
2.2.4. Opere accessorie e di completamento, strumentazione	» 117

3. Costruzione

3.1. Tecniche, mezzi e materiali	» 125
3.1.1. Corpo diga e lavori in terra.....	» 125
3.1.2. Scarichi	» 135
3.1.2.1. Scarico di superficie	» 135
3.1.2.2. Scarico di fondo e opera di presa	» 137

4. Gestione, esercizio e manutenzione

4.1. Generalità e invasi sperimentali.....	» 141
4.1.1. Inquadramento del problema	» 141
4.1.2. Invasi sperimentali.....	» 142
4.2. Problematiche gestionali e metodologie di controllo	» 143
4.2.1. Generalità sulle osservazioni, misure, controlli e vigilanza ..	» 143
4.2.1.1. Fogli di condizioni per l'esercizio e la manutenzione	» 144
4.2.2. Osservazioni dirette	» 148
4.2.3. Misure, annotazioni e grafici	» 152
4.2.4. Prove di funzionalità e verifica.....	» 155
4.2.5. Possibili problemi e loro soluzioni	» 158
4.2.6. Gestione di situazioni di emergenza	» 162
4.3. I laghetti collinari come elementi ambientali del territorio	» 163

5. Normativa

5.1. Generalità, cenni storici e competenze	» 167
5.2. Normativa nazionale	» 168
5.3. Normative regionali	» 175

APPENDICE – Norme nazionali	» 185
-----------------------------------	-------

BIBLIOGRAFIA.....	» 233
-------------------	-------

Premessa

A cavallo degli anni '60 in Italia sono state costruite svariate migliaia di laghetti collinari, grazie a finanziamenti che tendevano a incentivare la produzione agricola in ambiente di collina.

Per vari motivi, negli anni successivi la costruzione di dighe, anche piccole, ha subito un arresto quasi totale, producendo fra l'altro una discontinuità culturale nella preparazione di almeno una generazione di tecnici nel campo dell'ingegneria idraulica e geotecnica.

Tale fenomeno diviene preoccupante per vari aspetti, ma in particolare considerando l'improrogabile necessità di conservare questo grande numero di opere in condizioni di sicurezza per il territorio.

Il quadro diviene ancor più allarmante, considerando che i gestori di tali impianti spesso non utilizzano più la risorsa idrica immagazzinata, perdendo l'interesse a ben conservarli, e che ancora non esistono leggi o norme nazionali per la progettazione, esercizio e manutenzione di una parte di essi.

Questo volume pertanto si propone come guida pratica per l'analisi delle problematiche progettuali, nonché quelle gestionali, tenendo presente che non sempre esse sono fra loro disgiunte: laddove infatti occorre eseguire lavori di straordinaria manutenzione, di riparazione o di ripristino di opere esistenti, necessita anche averne una conoscenza tecnica di base.

Considerando inoltre che anche la bibliografia in questo particolare settore si è interrotta nel tempo, risulta importante che tali competenze siano aggiornate di pari passo alle conoscenze tecniche generali.

Mentre cinquanta anni fa il progetto di un laghetto collinare consisteva nella redazione di una breve e generica relazione, corredata da qualche disegno, oggi è necessario che varie professionalità contribuiscano a redigere progetti più complessi, nel rispetto delle Norme tecniche che nel frattempo sono state aggiornate.

Il testo pertanto descrive queste competenze e propone al lettore un riferimento aggiornato sulle problematiche relative alla progettazione di nuovi impianti o di lavori di adeguamento, indicando le tecniche costruttive e le modalità per una corretta gestione delle strutture esistenti e offrendo un quadro delle normative tecniche nazionali e regionali oggi vigenti.

L'autore

Prefazione

Gli invasi collinari costituiscono una risorsa importante per il nostro Paese. La disponibilità diffusa di risorsa idrica costituisce difatti un punto strategico ineludibile che queste opere, se ben localizzate, progettate, costruite e, non dimentichiamolo, correttamente gestite, possono offrire in piena sicurezza e nel sostanziale rispetto dell'assetto territoriale. Ricorda bene Francesco Uzzani, nell'introduzione di questo libro, l'andamento altalenante e alle volte un po' schizofrenico della nostra opinione pubblica in tema di "grandi opere", in particolare, quando si tratta di dighe di ritenuta. La catastrofe del Vajont ha segnato l'immaginario di una intera generazione, assommando in sé il tema dell'"incidente tecnologico", del dissesto geomorfologico e dell'inondazione, combinati in un cocktail micidiale che costò la vita a duemila persone. E la successiva tragedia di Stava, nel 1985, suggellò quella impressione, estendendola alle opere "minori", delle quali stiamo trattando, determinando una visione di insieme cupa e preoccupante.

Si è dunque passati, alle volte con ondate alterne, da una visione comunque positiva e rassicurante delle opere di ingegneria, sorta di indice naturale, auspicato e incontrastabile del "progresso", a una demonizzazione spesso "senza se e senza ma" comunque sterile, laddove basata su argomentazioni generiche, apodittiche e inconcludenti. Può essere opportuno ricordare, per fare un esempio tra tanti, la grande alluvione di Firenze del 4 novembre 1966. Ancora oggi, a distanza di cinquanta anni da quell'evento, resta diffusa l'opinione che la tragedia fu in qualche modo determinata dalle dighe di Levane e La Penna, situate a monte di Firenze in provincia di Arezzo. Vere e proprie leggende metropolitane che persistono tutt'oggi, sebbene tutte le valutazioni di ordine tecnico e scientifico, prima ancora di palmari sentenze della magistratura, abbiano in ogni sede stabilito incontrovertibilmente il contrario.

Dunque, un rapporto travagliato, quello tra il nostro Paese e le "opere (in particolare) idrauliche", che origina addirittura dall'epoca post unitaria, per passare attraverso l'elettrificazione del Paese, il ventennio fascista con il completamento delle grandi bonifiche, il dopoguerra, con le esigenze di energia e risorsa dettate (assieme a una certa *deregulation*) dalle impellenti necessità della ricostruzione, per approdare ad oggi, dove la sensibilità ambientale e territoriale ha fatto strada, rallentando sì alcuni processi ma, al contempo, segnando una crescita culturale e giuridica di grande valore.

Tutte queste istanze vanno dunque raccolte, comprendendone le ragioni e, in qualche modo, metabolizzandole. Entra così in gioco un concetto apparentemente un po' logoro e spesso abusato, ma fondamentale per qualsiasi ulteriore sviluppo, che è quello di "sostenibilità". Un concetto che, qualora bene inteso e compreso, consente di regolare correttamente il rapporto tra pressioni antropiche e ambiente, inteso nelle sue diverse accezioni di contesto naturale, sociale e culturale. La condivisione di alcune scelte strategiche con le comunità locali e, ove necessario, l'attivazione di processi partecipati, purché adeguatamente e concordemente stabiliti in procedure e tempi certi, costituisce altresì un elemento da non trascurare. Con queste premesse, è dunque estremamente opportuno rivalutare e riconsiderare il patrimonio dei nostri invasi collinari, prevedendone anche, laddove appunto, sostenibile, lo sviluppo.

La tradizione dell'ingegneria italiana non è così incline alla manualistica come lo è, ad esempio, quella tedesca e, più in generale, quella anglosassone. Forse perché siamo un popolo creativo, fantasioso e, in buona sostanza, insofferente alle regole codificate. Ma, tant'è. Il *Manuale dell'Ingegnere* di Colombo, senz'altro preveggennte in tempi nei quali internet era ben al di là da venire, ha difatti costituito un caso diffusissimo ma pressoché unico, almeno fino a tempi relativamente recenti. Per gli invasi collinari, ad esempio, non possiamo fare a meno di ricordare che il "Bureau of reclamation" dell'US Department of the interiors pubblicava la prima edizione del suo "mitico" *Design of Small Dams* già nel 1960, cui ne seguivano ulteriori a cadenza più o meno decennale. Un elemento tipico di un patrimonio di *Technical publications* di grande ausilio per i progettisti, ricche di formule pratiche, esempi, dettagli costruttivi. Nel nostro Paese, non sussiste una simmetrica produzione governativa, anche a fronte di diversi tentativi succedutisi nel tempo, possiamo citare ad esempio il lavoro del GNDCI del CNR, con diversi esempi positivi ma privi di continuità e organicità complessiva. Lavori spesso orientati a scienziati piuttosto che a tecnici.

Né si hanno analoghi riscontri nella manualistica operativa da parte delle case editrici che invece, ad esempio negli Stati Uniti, è altrettanto fiorente. Basti citare, ad esempio, gli *handbooks* della Mc Graw Hill, alcuni dei quali hanno accompagnato (e accompagnano tuttora) il lavoro degli ingegneri di mezzo mondo.

Il testo di Francesco Uzzani inizia dalla progettazione indicando immediatamente e saggiamente il carattere interdisciplinare del problema ove si rammentano le diverse professionalità che compongono il team in grado di risolvere le tante questioni, dall'urbanistica alla geologia, dalla topografia alla geotecnica, dall'idraulica alla biologia, che caratterizzano il problema. Anche in questo caso, proprio nello specifico del tema che stiamo trattando, abbiamo assistito in un passato non troppo lontano, a una visione drasticamente e ostinatamente concorrenziale, piuttosto che cooperante da parte dei diversi attori professionali. Una questione che solo adesso, e con fatica, si sta superando e che è bene ribadire ad ogni occasione.

Si passa dunque alle problematiche relative alla redazione del progetto, alla costruzione per approdare alla questione cruciale che accompagnerà l'opera per la maggior parte della sua vita, la gestione. Utili poi le parti normative, sia a livello statale che regionale.

Ho dunque assai apprezzato questo libro, che si pone francamente e operativamente il problema di assistere il progettista in tutte le fasi della vita di un vaso collinare, dalla pianificazione, alla progettazione alla costruzione e poi alla gestione. Uno stile semplice e diretto, eredità della lunga esperienza professionale dell'autore.

Un lavoro coraggioso e in controtendenza. In un periodo storico nel quale la conoscenza affronta la travagliata rivoluzione dettata dal dominio di internet, ove tutto è fluido, dinamico, transitorio in attesa della successiva novità, si decide di fissare alcuni criteri, regole, esempi e suggerimenti. Questioni che potranno essere comunque approfondite e aggiornate ma che rappresentano in ogni caso un inquadramento concreto e un punto di partenza utile ed esaustivo.

Giovanni Menduni

1. Cenni introduttivi

1.1. Generalità e cenni storici

Il tema dei laghetti collinari e più in generale degli invasi artificiali è da sempre molto controverso e presenta spesso molte posizioni contrarie nell'opinione pubblica, che tendono a sottolineare gli aspetti negativi che questo tipo di opere può generare.

Spesso tali posizioni derivano da una conoscenza solo parziale delle problematiche reali connesse e soprattutto da una limitata consapevolezza dei benefici che essi producono.

Queste posizioni generalmente sono condizionate da episodi del passato assolutamente eccezionali, primo fra tutti il disastroso evento del Vajont, che hanno avuto negli anni passati molta influenza sull'opinione pubblica, episodi che non potrebbero mai accadere nuovamente su gran parte degli invasi esistenti.

Al contrario, sul territorio italiano esiste una quantità molto consistente di impianti che, anche se di per sé costituiti da opere ben eseguite e non pericolose, vengono mal conservati e non valorizzati.

Si tratta di un atteggiamento imprudente da parte di enti e/o privati che gestiscono tali opere che di fatto può generare situazioni assolutamente delicate per il territorio.

Il presente libro si prefigge lo scopo di offrire una panoramica il più possibile completa delle tematiche e delle problematiche connesse con questo tipo di opere, dando in modo oggettivo spiegazione degli aspetti sia progettuali che gestionali ed evidenziando sia i benefici che gli invasi artificiali provocano sul territorio sia le particolari criticità che richiedono attenzione, diligenza e competenza da parte degli enti preposti al controllo e dei gestori.

In Italia, la maggior parte dei piccoli invasi presenti sul territorio è iniziata negli anni '50, vedendo poi negli anni '60 il suo maggiore sviluppo fino ai primi anni del decennio successivo. In questo periodo, infatti, il governo italiano prevedeva consistenti aiuti economici con finanziamenti a fondo perduto per la realizzazione di questo tipo di opere.

Erano questi anni in cui lo sviluppo del Dopoguerra era particolarmente impor-

tante e la risorsa idrica vedeva consumi sempre crescenti sia per l'agricoltura che per altri usi.

A partire dagli anni '80, specialmente dopo l'altro gravissimo evento accaduto in Italia (luglio 1985), conosciuto come "disastro di Stava", la realizzazione di questo tipo di opere trovò sempre più avversione.

Da allora, infatti, ben poche sono le dighe che sono state progettate e soprattutto eseguite.

Alle dighe finalizzate all'approvvigionamento idrico sono state preferite opere di presa fluviali, a quelle idroelettriche sono stati preferiti impianti ad energie alternative, a quelle con scopo di laminazione delle piene sono state preferite le casse di espansione o laminazione e così via.

Gli aspetti di impatto ambientale in questi casi hanno avuto importanza predominante; in altre parole si è diffuso il concetto che questo tipo di opere sia altamente impattante sul territorio e, di conseguenza, da limitare il più possibile.

Per i motivi sopra esposti, oggi il panorama delle dighe in Italia è costituito da impianti ormai datati, presenti sul territorio da circa mezzo secolo.

Solo negli ultimi anni si registra l'inizio di un'inversione di tendenza nell'opinione delle organizzazioni deputate al controllo e prevenzione delle piene, a quelle che si interessano dell'approvvigionamento della risorsa idrica e a quelle che si interessano della programmazione e pianificazione del territorio.

L'importanza della risorsa idrica è infatti sempre più sentita; ovunque si dice che la risorsa idrica sarà sempre più preziosa nel futuro, e conseguenza di questo è la riscoperta di sistemi che consentano di immagazzinare importanti quantità di acqua, capaci di trattenere la risorsa bilanciando i periodi di sovrabbondanza con quelli di carenza idrica.

Sicuramente l'aspetto ambientale, verso cui oggi si è molto più sensibilizzati rispetto agli ultimi decenni del secolo scorso, comporta la necessità di un'attenzione molto maggiore nella progettazione di questo tipo di opere.

Rimane ancora molto difficile scalzare un'opinione pubblica dei cittadini, che vedono spesso in questo tipo di opere solo un serio pericolo per la propria incolumità.

In questo senso e in questo panorama, l'aspetto gestionale e di controllo degli invasi artificiali risulta particolarmente importante.

Per le cosiddette *grandi dighe*, di seguito definite, è presente su tutto il territorio nazionale un ufficio che si interessa, oltre all'istruzione e l'approvazione dei progetti di nuovi impianti, al controllo delle dighe esistenti.

L'ufficio, fino a qualche anno fa chiamato Servizio Nazionale Dighe, poi Registro Italiano Dighe, oggi è inglobato nel Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti. Nei primi anni '90, oltre alla sede principale di Roma, sono stati istituiti uffici periferici, deputati prevalentemente al controllo degli impianti esistenti.

Per le dighe di minore importanza, la competenza è delle regioni, le quali spesso, come in Toscana, demandano alle province il compito di controllare queste opere sul territorio.

Riguardo all'utilizzazione di queste opere, va premesso e ricordato che l'acqua è una risorsa naturale indispensabile per la vita, per lo sviluppo, per le attività antropiche in generale, che non può essere sostituita da alcun'altra risorsa.

Come già accennato, questo bene naturale ha avuto negli ultimi decenni un incremento notevole di consumo, che aumenta nei periodi di siccità e diminuisce in quelli di maggiore piovosità. Si potrebbe dire, in altre parole, che la disponibilità e la richiesta d'acqua sono inversamente proporzionali.

Nasce da qui la necessità di avere, il più possibile diffusi sul territorio, sistemi di immagazzinamento della risorsa, capaci di trattenere l'acqua nei periodi di esubero e di utilizzarla nei periodi di carenza e deficit.

Il territorio italiano, da questo punto di vista, si presenta per la sua singolare morfologia particolarmente adatto alla costruzione di questo tipo di opere: a differenza di molti paesi, anche europei, dove si è costretti a prelevare l'acqua direttamente dai fiumi, a valle di intere regioni e città, e soprattutto a valle dello scarico di milioni di abitanti e di innumerevoli industrie, l'Italia è uno dei pochi paesi che ha territori collinari e montani ovunque vicini.

Il vantaggio di questa caratteristica è la possibilità di avere dappertutto acqua pregiata, sia per la relativamente alta qualità che per quota, riducendo quindi i costi di gestione per la depurazione e la potabilizzazione, ma anche per mancato o ridotto pompaggio.

Molteplici sono gli usi dei bacini artificiali in generale e dei laghetti collinari in particolare.

Storicamente, i laghetti collinari per la maggior parte furono studiati e realizzati come detto negli anni '60 per far fronte al problema dell'approvvigionamento idrico per l'irrigazione di terreni collinari, che in quel periodo rappresentava una pratica sempre più di importanza strategica.

Nel corso del tempo, si sono aggiunti altri tipi di utilizzazione, non meno importanti, quali la lotta agli incendi boschivi, l'approvvigionamento idropotabile o industriale, la pesca sportiva, la laminazione delle piene e in certi casi anche un recupero energetico.

Riguardo all'aspetto della laminazione delle piene, è importante soffermarsi e riflettere sull'importanza che queste opere, essendo molto diffuse sul territorio, esercita a livello preventivo.

In un periodo infatti in cui la natura tende prepotentemente a riprendere possesso delle aree vocate all'espansione dei fiumi, dove purtroppo oggi sono stati costruiti insediamenti abitativi e produttivi generando danni a volte incalcolabili, c'è da chiedersi cosa accadrebbe se non fossero presenti diffusamente queste opere

sul territorio e se sia giusto proseguire nella direzione strategica di non volerne costruire altre.

1.2. Definizioni e precisazioni

Per facilitare la lettura del presente manuale, sembra opportuno fornire alcune precisazioni di carattere generale e definizioni di termini tecnici che saranno di seguito utilizzati.

Innanzitutto occorre chiarire che non esiste (almeno dal punto di vista normativo) una precisa definizione di *laghetto* o *lago collinare*.

Evidentemente, prendendo alla lettera la dizione, il solo vincolo perché un lago, grande o piccolo che sia, possa essere definito in tal modo è quello che sia realizzato in ambiente di collina.

Poiché, dal punto di vista geologico, la formazione di importanti corsi d'acqua presuppone per la maggior parte dei casi anche la formazione di estese pianure alluvionali o ambienti dove il corso d'acqua solca valli montane sarà abbastanza raro che la morfologia del terreno collinare possa ospitare laghi di grandissime dimensioni.

Comunque, al di là di questa considerazione puramente qualitativa e non vincolante, nella pratica comune, per laghi o laghetti collinari si intendono piccoli impianti, con volumi idrici invasati sicuramente inferiori al milione di metri cubi, a servizio prevalentemente dell'agricoltura.

Al contempo, occorre osservare che invece per le dighe la normativa tecnica nazionale distingue due tipi di opera, le grandi e le piccole dighe.

Tale distinzione, che come meglio specificato nel capitolo 5, dedicato alla normativa, ha visto negli anni diversi criteri di valutazione, oggi è stabilita in base all'altezza del rilevato e al volume immagazzinato nell'invaso, e più in particolare si definisce *grande diga* quella che è alta oltre 15 metri o che forma un vaso il cui volume idrico è superiore a un milione di metri cubi.

Di contro, è da considerarsi *piccola diga* quell'opera di ritenuta che è alta non più di 15 metri e che chiude un vaso il cui volume è non superiore ad un milione di metri cubi.

Conseguenza di quanto appena affermato è che possono in realtà esistere dei laghetti collinari realizzati mediante la costruzione di una "grande diga", non tanto per effetto del volume invasato, quanto per l'altezza del rilevato.

Nel panorama delle svariate migliaia di laghetti collinari presenti sul nostro territorio (dell'ordine della decina di migliaia, per volumi complessivi dell'ordine di 300 milioni di metri cubi invasati) è comunque da osservare che questi casi sono in minoranza rispetto ai laghetti formati da dighe inferiori a 15 metri di altezza.

In linea teorica, si deve inoltre osservare che può essere realizzato un piccolo lago

sia mediante escavazione del terreno che mediante la formazione di una diga che chiude una piccola valle naturale con un rilevato.

Fra le due tipologie, di fatto, non c'è una vera e propria soluzione di continuità: è il caso delle dighe *a corona* o a *semicorona*, che non chiudono una vera e propria valle solcata da un corso d'acqua perenne, ma sono realizzate in corrispondenza di impluvi più o meno accentuati, dove l'escavazione da una parte e il riporto dall'altra possono formare uno specchio liquido di piccole dimensioni.

Fra le tipologie sopra menzionate di laghetti collinari quella senz'altro più diffusa sul territorio e frequente, per motivi morfologici, è la prima, che vede la formazione di una diga su un corso d'acqua, anche se non perenne.

Alla luce di quanto sopra specificato, è importante dunque evidenziare che questo libro, occupandosi di laghetti collinari, tratta le problematiche più tipiche delle piccole dighe, ma al contempo cerca di descrivere le più frequenti problematiche progettuali anche di dighe con maggiori dimensioni che spesso sbarrano corsi d'acqua con bacini anche di qualche chilometro quadrato, sulle quali esiste una maggiore bibliografia.

È evidente che dunque sul panorama degli aspetti progettuali qui descritti, il progettista dovrà fare un'analisi critica riguardo all'effettiva opportunità di affrontare alcune problematiche qui descritte o sulla necessità di approfondirne altri aspetti, in base alle dimensioni dell'opera che intende realizzare, all'estensione del bacino sotteso, alle caratteristiche geologiche e geotecniche dei terreni interessati, all'uso a cui l'opera sarà destinata.

Di seguito sono elencati alcuni fra i termini tecnici più frequenti, ciascuno con la propria definizione, validi sia per le piccole che per le grandi dighe.

Coronamento della diga: piano orizzontale che costituisce la testa della diga.

Paramento interno della diga: piano inclinato di interfaccia fra il corpo diga e l'invaso.

Paramento esterno della diga: piano inclinato, eventualmente interrotto da uno o più piani orizzontali, dette *berme*, sul lato esterno di valle della diga.

Altezza della diga: dislivello tra quota del piano di coronamento e quota del punto più depresso dei paramenti.

Quota di massimo invasore: quota massima a cui può giungere il livello dell'acqua dell'invaso nel caso in cui si verifichi il più gravoso evento di piena previsto in progetto, escluso la sopraelevazione del moto ondosso.

Quota di massima regolazione: quota del livello dell'acqua dal quale ha inizio automaticamente lo sfioro.

Altezza di massima ritenuta: dislivello tra la quota di massimo invasore e quella del punto più depresso dell'alveo naturale in corrispondenza del paramento di monte.

Franco: dislivello tra quota del piano di coronamento e quota di massimo invaso.

Franco netto: dislivello tra quota del piano di coronamento e quota di massimo invaso, aggiunta a questa la semiampiezza della massima onda prevista nel serbatoio.

Volume totale di invaso: capacità del serbatoio compresa tra la quota di massimo invaso e la quota minima di fondazione.

Volume utile di regolazione: volume compreso tra quota massima di regolazione e quota minima del livello dell'acqua alla quale può essere derivata, per l'uso previsto, l'acqua invasata.

Volume di laminazione: volume compreso tra la quota di massimo invaso e la quota massima di regolazione.

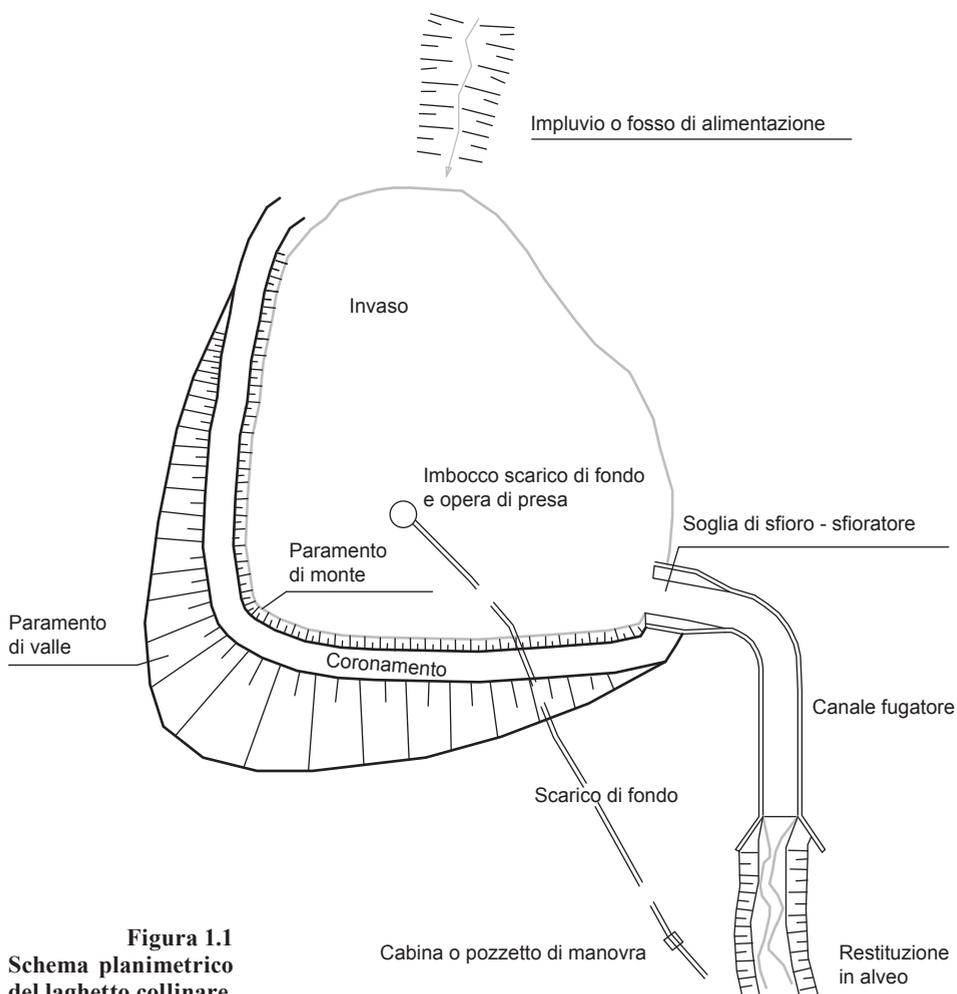


Figura 1.1
Schema planimetrico
del laghetto collinare

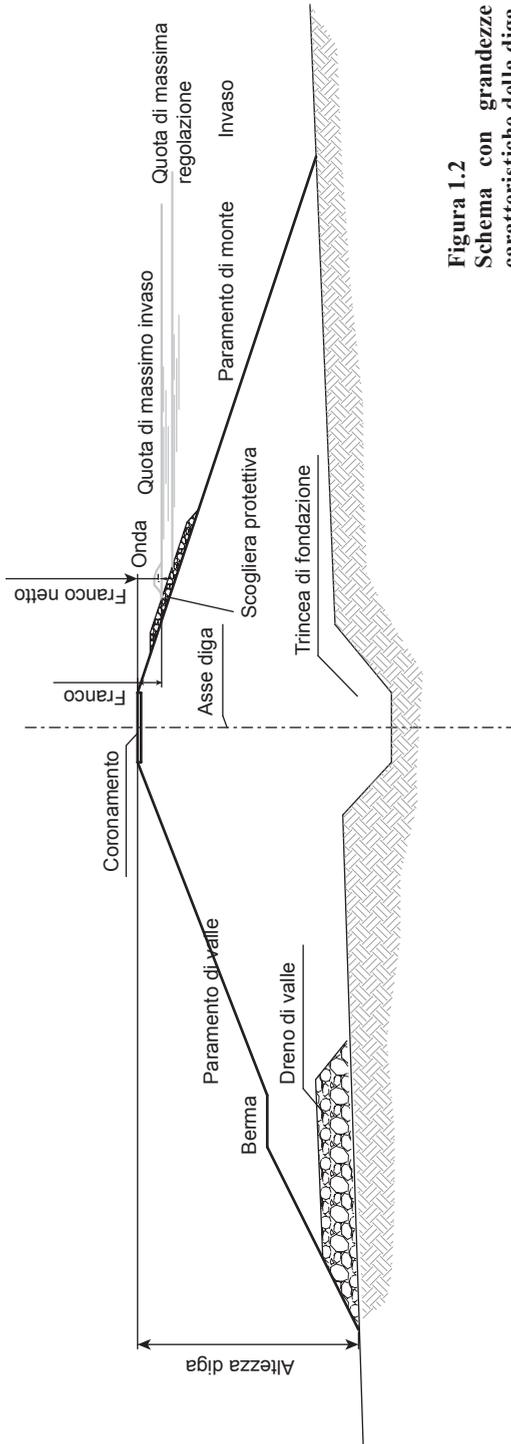


Figura 1.2
Schema con grandezze
caratteristiche della diga

Canale collettore: collegamento tra la soglia sfiorante e l'imbocco del canale fugatore.

Canale fugatore: tra le opere di scarico superficiale e il recapito finale delle acque di esubero.

Sempre in termini di definizione, occorre adesso fornire un inquadramento sulla tipologia delle dighe, che da un punto di vista normativo, come meglio specificato nell'apposito capitolo, si distinguono in due grandi categorie:

- *dighe murarie*;
- *dighe in materiali sciolti*.

DIGHE MURARIE

Le dighe murarie sono a loro volta distinguibili in dighe *a gravità (ordinaria o con speroni e vani interni)*, le dighe *a volta (ad arco, ad arco-gravità o a cupola)* e quelle *a volta sostenute da contrafforti*.

Le dighe murarie in genere sono prevalentemente costruite o per grandi bacini montani (specialmente ad uso idroelettrico) o per traverse fluviali.

DIGHE IN MATERIALI SCIOLTI

Anche le dighe in materiali sciolti si possono distinguere in sottocategorie e più in particolare dighe *di terra omogenee, di terra e/o pietrame zonate* (con nucleo di terra per la tenuta) e dighe *di terra permeabile o pietrame, con manto o diaframma di tenuta di materiali artificiali*.

Le dighe in materiali sciolti e più frequentemente quelle di terra omogenea costituiscono la maggior parte dei lagheti collinari, sia per motivi economici che per motivi tecnici e ambientali.

Per questo motivo verranno qui trattate solo queste ultime tipologie.

1.3. Guida alla lettura

Il volume è strutturato in cinque capitoli: il secondo tratta le problematiche legate alla progettazione di una diga e del suo invaso collinare e ha come scopo innanzitutto l'illustrazione delle discipline e delle tematiche coinvolte nelle sue varie fasi (paragrafo 2.1), nonché il dimensionamento delle opere e i criteri di progetto (paragrafo 2.2).

Poiché, come già osservato, l'invaso collinare sarà formato non necessariamente da una diga di competenza regionale, si sono fornite indicazioni che possono essere applicate anche a invasi collinari formati da diga superiore a 15 metri di altezza.

Gli argomenti trattati in questo capitolo devono essere intesi validi non solo per la progettazione di una nuova opera, ma anche per il progetto di tutti i lavori di straordinaria manutenzione che potrebbero rendersi necessari durante la vita e l'esercizio di una diga esistente.

Il capitolo 3 tratta invece delle problematiche legate alla costruzione della diga e del lago, questa volta sottolineando le caratteristiche di un cantiere tipico di un semplice vaso collinare.

Al crescere delle dimensioni del cantiere, infatti, le problematiche diventano molto più complesse e legate alle caratteristiche territoriali specifiche (ad esempio, problemi di viabilità, di reperimento di materiali particolari, di interazione con il corso d'acqua sbarrato e così via).

Il capitolo 4 si interessa delle problematiche legate all'esercizio dell'opera. Pur dando dei cenni sull'esercizio di dighe di competenza statale, anche in questo caso valgono le considerazioni appena fatte per il capitolo 3, per cui il target principale è quello di un vaso e diga di competenza regionale.

Connesso ai capitoli precedenti è il quinto, che si interessa della normativa oggi vigente in materia di dighe.

Viste le premesse, sono forniti i riferimenti della normativa nazionale, ma anche alla normativa delle varie regioni.

In appendice sono riportate le leggi e regolamenti principali a carattere nazionale. Come apparirà chiaro dalla lettura del capitolo 5 e dell'appendice, la situazione delle norme regionali è molto eterogenea.

Attualmente è in fase di studio un regolamento a cura del Consiglio dei lavori pubblici che sarà applicato a tutti gli sbarramenti di ritenuta del territorio nazionale. Le amministrazioni competenti per la vigilanza e la sicurezza delle dighe potranno poi decidere nei vari casi quali saranno le norme da applicare.

Tutto ciò fa capire come questa materia sia in continuo divenire, per cui la trattazione deve essere interpretata come fotografia dello stato attuale.

2. Progettazione

2.1. Discipline e professionalità

2.1.1. Agronomia

Come già accennato nell'introduzione, i laghetti collinari sono nati prevalentemente per scopi irrigui e anche se oggi si assiste alla tendenza di abbandonare le colture irrigue collinari e in certi casi anche alla trasformazione delle strutture esistenti nel senso dell'utilizzazione, appare comunque importante accennare alle problematiche legate al dimensionamento dell'opera, soffermandosi proprio su questo particolare tipo di impiego.

Entra dunque qui in gioco la figura professionale dell'*agronomo*.

Scopo del suo intervento è la definizione dei comprensori irrigui, la determinazione dei volumi idrici necessari, le modalità e le tecniche irrigue che si intendono utilizzare.

Il suo intervento quindi sta sicuramente a monte della vera e propria fase di progettazione e pertanto solitamente non interviene direttamente in essa, ma più propriamente è di fondamentale importanza a livello pianificatorio preliminare.

Ai fini della progettazione, lo studio agronomico ha dunque l'importante compito di determinare a priori, sulla base dell'analisi delle condizioni climatiche del sito in esame, delle caratteristiche geo-morfologiche e delle condizioni pedologiche del comprensorio, i parametri irrigui necessari per dimensionare il fabbisogno della risorsa idrica.

Il primo passo di tale analisi è dunque l'esame delle condizioni climatiche, che si definiscono utilizzando i dati termo-pluviometrici rilevati nelle stazioni meteorologiche più prossime al sito in esame.

Normalmente, i dati a disposizione per questo tipo di analisi provengono dai Servizi Idrologici Regionali, facenti parte della Direzione Generale delle Politiche Territoriali e Ambientali (ex Servizi Idrografici Nazionali), ma a volte sono disponibili dati provenienti dall'osservatorio meteorologico dell'Aeronautica Militare o da reti agrometeorologiche locali.

Nella scelta delle stazioni di riferimento, è importante determinare la stazione o le stazioni più rappresentative, valutando oltre la vicinanza geografica, anche la

Tabella 2.12. Valori di riferimento di C_N in funzione del tipo di suolo

Tipo di copertura o uso del suolo	A	B	C	D
Terreno coltivato, senza trattamenti di conservazione	72	81	88	91
Terreno coltivato, con trattamenti di conservazione	62	71	78	81
Terreno da pascolo in cattive condizioni	68	79	86	89
Terreno da pascolo in buone condizioni	39	61	74	80
Praterie in buone condizioni (prati tagliati)	30	58	71	78
Terreni boscosi o forestati su terreno sottile, con sottobosco povero, senza foglie	45	66	77	83
Terreni boscosi o forestati con sottobosco e copertura buoni	25	55	70	77
Spazi aperti, prati rasati, parchi in buone condizioni, con almeno il 75% di superficie coperta da manto erboso	39	61	74	80
Spazi aperti, prati rasati, parchi in condizioni normali, con circa 50% di superficie coperta da manto erboso	49	69	79	84
Aree commerciali (impermeabilità 85%)	89	92	94	95
Aree industriali (impermeabilità 72%)	81	88	91	93
Aree residenziali con impermeabilità media 65%	77	85	90	92
Aree residenziali con impermeabilità media 38%	61	75	83	87
Aree residenziali con impermeabilità media 30%	57	72	81	86
Aree residenziali con impermeabilità media 25%	54	70	80	85
Aree residenziali con impermeabilità media 20%	51	68	79	84
Parcheggi impermeabilizzati, tetti	98	98	98	98
Strade pavimentate, con cordoli e fognature	98	98	98	98
Strade inghiaiate o selciate con buche	76	85	89	91
Strade bianche (non asfaltate)	72	82	87	89

Tabella 2.13. Classe in funzione dell'umidità iniziale del suolo

Classe	Precipitazione nei 5 giorni precedenti (mm)	
	Stagione non vegetativa	Stagione vegetativa
I	< 13	< 36
II	13-28	36-54
III	> 28	> 54

Una volta calcolati i parametri I_a e S con i metodi sopra descritti, operativamente a ogni istante di integrazione dell'idrogramma occorre valutare il P_{net} , secondo le formulazioni di (2.22).

Data comunque la delicatezza del tipo di dimensionamento che deve essere fatto e considerando che gli eventi idrologicamente più pesanti avvengono in generale dopo periodi di prolungate precipitazioni, durante le quali il terreno del bacino sotteso si satura completamente, è buona norma utilizzare dei coefficienti molto cautelativi, vicini all'unità, anche in presenza di bacini del tutto naturali.

2.1.5. *Idraulica*

Compito dell'ingegnere idraulico è quello di provvedere al dimensionamento degli organi di scarico di superficie e di fondo del futuro invaso.

Tale dimensionamento deve tenere conto dei risultati ottenuti con lo studio idrologico, valutando l'effetto di laminazione che il lago provocherà nei confronti della piena in ingresso al bacino; in altre parole, tale effetto misura la capacità dell'invaso di attenuare il valore di picco della piena, "diluendo" le portate nel tempo.

Rimandando la trattazione del dimensionamento vero e proprio affrontato nel seguente paragrafo 2.2, in questa fase occorre stabilire la massima portata di progetto dello sfioratore.

Questo calcolo viene affrontato una volta conosciuta la morfologia del futuro lago, almeno per la parte compresa altimetricamente fra la quota della soglia di sfioro e quella del coronamento della diga.

L'evento idrologico di progetto di riferimento per tale calcolo è quello millenario, ma è da sottolineare che, per un corretto dimensionamento, è necessario non limitarsi ad eventi che massimizzano il valore di picco della portata affluita (tempo di pioggia = tempo di corrivazione o tempo critico).

Non è detto infatti, proprio in funzione dell'effetto di laminazione, che la peggiore condizione di progetto si raggiunga nel caso di massima portata in ingresso al lago; possono dunque accadere fenomeni di precipitazione che, a parità di probabilità di accadimento, provocano maggiori portate in uscita dal lago.

Conviene pertanto eseguire tali calcoli considerando più scenari e in particolare nella pratica si valutano anche idrogrammi seguenti a precipitazioni con diverse durate e in special modo almeno quelle di due e tre volte il tempo di corrivazione. Oltre al dato morfologico del lago, per poter svolgere questo calcolo occorre conoscere la scala di deflusso dello sfioratore. Quest'ultima presuppone che siano già effettuati il dimensionamento e la scelta tipologica dello sfioratore stesso e pertanto il calcolo dovrà essere svolto per tentativi successivi, ipotizzando una soglia di sfioro e verificando poi che il risultato ottenuto sia compatibile con gli altri parametri legati al progetto della diga, in particolare con il franco di sicurezza.

In linea di principio, è utile considerare che più la soglia ha quota depressa rispetto al coronamento e larghezza minore e più l'effetto di laminazione sarà accentuato (minore portata in uscita dal lago), provocando maggiore altezza della lama d'acqua durante l'evento, e viceversa maggiore sarà la larghezza della soglia, minore sarà l'effetto di laminazione.

Quanto sopra è anche intuitivo se si pensa che maggiore è l'officiosità idraulica dello sfioratore, minore sarà l'effetto di laminazione, con bassi battenti e piccoli volumi immagazzinati nel lago durante l'evento di piena; viceversa, maggiore

sarà il battente idraulico sopra la soglia di sfioro, maggiore sarà anche il volume immagazzinato temporaneamente nel lago e di conseguenza anche l'effetto di laminazione.

Da un punto di vista teorico, il problema idraulico si pone scrivendo l'equazione di continuità dell'invaso:

$$dV/dt = Q_i(t) - Q_u(t)$$

dove

dV/dt = variazione del volume invasato al tempo t nell'intervallo infinitesimo dt

$Q_i(t)$ = portata in ingresso al lago al tempo t (idrogramma in ingresso dato per punti)

$Q_u(t)$ = la portata uscita dall'invaso sempre al tempo t .

Esprimendo dV come $S(h)dh$, dove $S(h)$ rappresenta la superficie del lago alla quota idrica h , e esprimendo $Q_u(h)$ come funzione data per punti (scala di deflusso) interpolabile linearmente, si può ridurre l'equazione in termini della variabile dipendente $h(t)$.

La superficie dell'invaso infatti può essere espressa come funzione polinomiale della quota di invasato $S(h(t))$, mediante una regressione nel senso dei minimi quadrati.

L'equazione differenziale che ne deriva sarà integrabile utilizzando metodi numerici, fra cui uno dei più usati è quello di Runge Kutta a 4 o 5 stadi.

Operativamente occorre innanzitutto descrivere la morfologia del lago, dapprima con tabelle del tipo 2.14, e poi con funzioni polinomiali che meglio approssimano l'andamento morfologico misurato (figura 2.17).

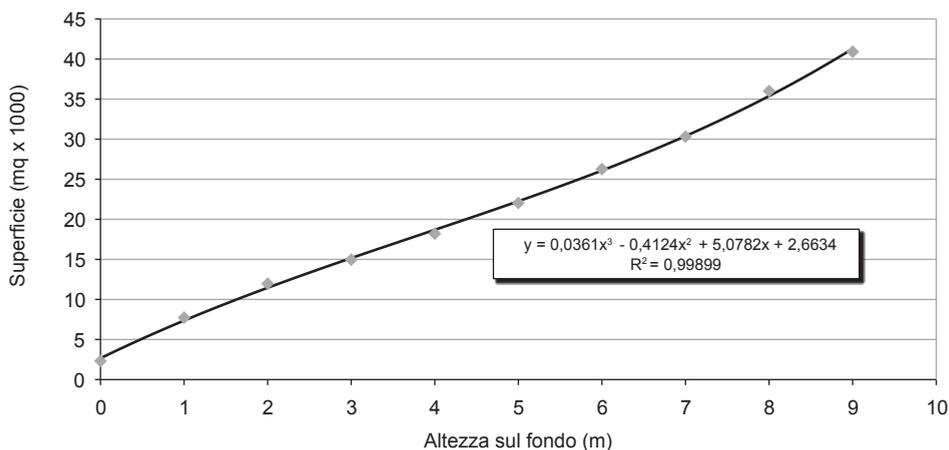


Figura 2.17. Superficie dell'invaso in funzione dell'altezza idrica

Tabella 2.14. Morfologia dell'invaso

Quota (m s.l.m.)	Superficie misurata (mq)	Superficie media (mq)	Delta h (m)	Volume parziale (m ³)	Volume progressivo (m ³)
150.7	2320				0.0
		5025.0	1.0	5025.0	
151.7	7730				5025.0
		9850.0	1.0	9850.0	
152.7	11970				14875.0
		13465.0	1.0	13465.0	
153.7	14960				28340.0
		16585.0	1.0	16585.0	
154.7	18210				44925.0
		20130.0	1.0	20130.0	
155.7	22050				65055.0
		24160.0	1.0	24160.0	
156.7	26270				89215.0
		28295.0	1.0	28295.0	
157.7	30320				117510.0
		33163.0	1.0	33163.0	
158.7	36006				150673.0

Riguardo invece alla legge che lega la portata uscente $Q_u(t)$ rispetto all'altezza dell'acqua sulla soglia (scala di deflusso), come detto è esprimibile per punti, fra loro interpolabili linearmente (figura 2.18).

I risultati di tali calcoli possono essere espressi mediante tabelle più o meno sin-

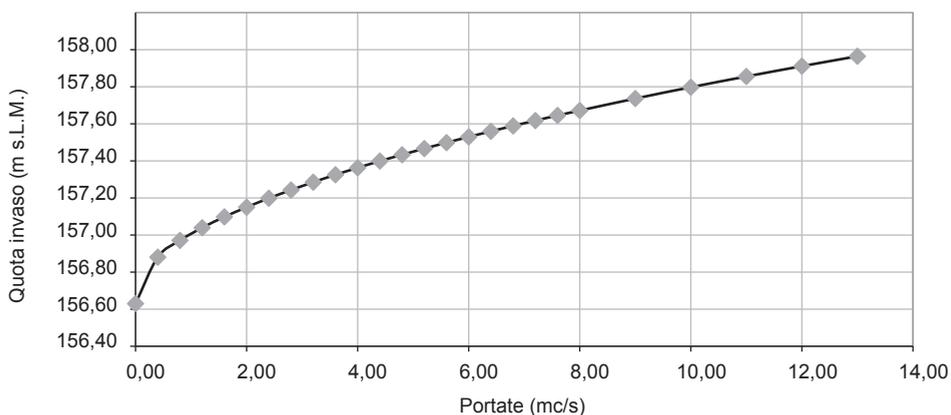


Figura 2.18. Scala di deflusso interpolata per punti

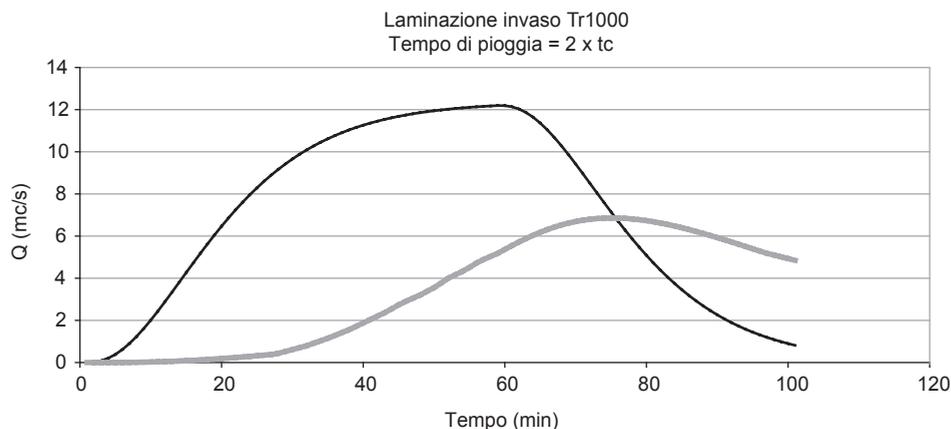


Figura 2.19. Effetto di laminazione – Idrogrammi in ingresso e in uscita dal lago

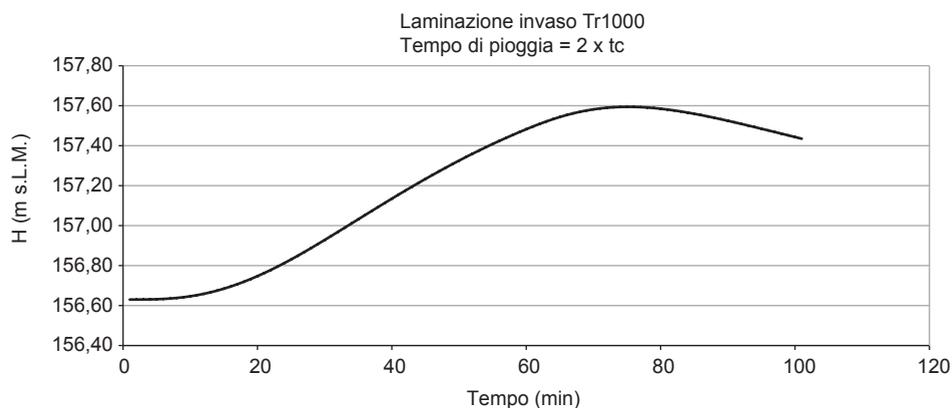


Figura 2.20. Effetto di laminazione – Quota idrica del lago durante la piena

tetiche, ma è utile che siano descritti anche mediante grafici, che consentano di avere immediatamente la sensazione dell'efficacia e della correttezza del calcolo. Un esempio è dato dalle figure 2.19 e 2.20, calcolate per una durata di pioggia pari a due volte il tempo di corrivazione.

Un secondo argomento di carattere idraulico, ma non strettamente connesso con l'aspetto più puramente progettuale, è quello della verifica dell'ipotetico collasso della diga (*dam break*).

Tale evenienza, che non può evidentemente essere ipotizzabile a livello progettuale, è invece utile e, da un punto di vista normativo, necessaria, ai fini della redazione dei piani di protezione civile: occorre infatti stabilire a priori quale potrebbe essere il territorio in qualche misura interessato da un ipotetico evento calamitoso di tali dimensioni, perché possano essere prese in tempo quelle misure

necessarie a salvare le vite umane, misure da adottarsi nel caso in cui avvengano eventi che potrebbero produrre il collasso della struttura.

Il calcolo viene svolto concettualmente in due fasi successive: una prima nella simulazione della formazione di una breccia, che per dighe in materiali sciolti può avvenire in linea teorica o per sifonamento o per tracimazione del coronamento, e una seconda per il calcolo della propagazione a valle dell'onda di piena.

I primi modelli matematici che hanno affrontato questo problema risalgono alla fine degli anni '70 e hanno avuto importanti affinamenti, anche dal punto di vista dell'interfaccia utente, nell'inserimento dei dati e nel controllo dei risultati, fino ad arrivare ai giorni d'oggi, con la disponibilità di schematizzare questo fenomeno anche attraverso software di pubblico dominio (*freeware*), come Hec Ras, sviluppato dal U.S. Army Corps of Engineers.

Il calcolo, che di per sé è estremamente sofisticato, si deve basare necessariamente su una serie di dati difficilmente riscontrabili e verificabili, come ad esempio il tempo complessivo della formazione della breccia o le dimensioni finali della stessa, per cui deve essere valutato con la consapevolezza delle incertezze in esso insite.

Da un punto di vista normativo, questo tipo di calcolo fu reso obbligatorio per le dighe con altezza superiore a 10 metri e/o volume invasato superiore a 100.000 m³ sia nei progetti di nuove strutture che per dighe esistenti, con la circolare del Ministero dei Lavori Pubblici n. 352 del 4/12/1987.

Il calcolo di propagazione dell'onda di piena seguente al crollo della struttura normalmente, nel caso di piccoli invasi collinari, viene svolto ricavando le sezioni della valle direttamente dalla cartografia (almeno in scala 1:10.000 possibilmente) e viene svolto per un tratto della valle sufficientemente lungo affinché la piena raggiunga il mare o un alveo capace di contenerla.

Normalmente la restituzione del calcolo si traduce in un elaborato cartografico con la segnalazione delle aree potenzialmente inondabili per effetto del collasso della struttura, una serie di sezioni trasversali con l'indicazione del tirante d'acqua, ed un profilo longitudinale della corrente.

Le dighe con altezza compresa fra 10 e 15 m o volume invasato compreso fra 100.000 m³ e 1.000.000 m³, per effetto della legge n. 584 del 21/10/1994, essendo passate dalla competenza del controllo e approvazione dall'allora Servizio nazionale dighe alle regioni, sono soggette alle singole leggi e regolamenti di carattere regionale, pur rimanendo in vigore la citata legge nazionale 352/87.

Per piccole strutture, di competenza regionale, alcuni hanno proposto dei metodi semplificativi, come a titolo d'esempio, nel caso della procedura proposta dalla Regione Valle d'Aosta, o anche delle *Linee guida sugli adempimenti in materia di sbarramenti artificiali toscani*, redatte dalla provincia di Arezzo (settembre 2010).

In questo documento si definisce una superficie fittizia della sezione trasversale dell'invaso in corrispondenza dello sbarramento, pari al prodotto fra l'altezza di massima ritenuta e la larghezza media dello sbarramento.

Sulle sezioni di valle, da tracciare nei luoghi più significativi sia per importanza strategica del territorio che per cambiamenti bruschi di morfologia, viene ipotizzato il mantenimento della stessa superficie liquida.

L'area bagnata così calcolata per ciascuna di esse consente di ricostruire sia il tirante che le porzioni di territorio interessate dall'inondazione.

Per dighe in materiali sciolti la superficie S viene valutata considerando una larghezza della breccia $B = 2.5 h + 6.1$ dove h è l'altezza dello sbarramento.

2.1.6. Geognostica e geotecnica

La caratteristica principale dello studio geognostico e geotecnico è forse quella che più di ogni altra disciplina e professionalità deve necessariamente accompagnare il progettista di un vaso collinare a partire dalle fasi preliminari di fattibilità fino alla conclusione del progetto esecutivo.

In altre parole, essa necessita di un continuo scambio di informazioni fra il geologo, l'esperto in materia geotecnica (ingegnere o geologo) e, nel caso in cui non sia una di queste due figure professionali, il progettista.

La geognostica nella fase iniziale e preliminare della progettazione deve innanzitutto definire tutte le campagne di indagini che si ritengono necessarie per verificare la fattibilità dell'intervento.

Dopo che il progettista e il geologo hanno individuato sul territorio la posizione o, meglio, le posizioni che potrebbero ospitare la futura diga e il futuro vaso dal punto di vista strategico, di disponibilità della risorsa idrica in quantità sufficiente rispetto all'uso e destinazione, occorre infatti immediatamente verificare l'idoneità dei siti e, nel caso di più soluzioni, la scelta del sito più adatto.

Questo comporta la necessità di programmare una campagna di indagini che, per evitare spreco di denaro, può anche essere fatta in due fasi: in particolare, potrà essere demandata a un approfondimento successivo di conoscenza l'individuazione e la caratterizzazione dei terreni che serviranno come cava di prestito per la costruzione del rilevato, concentrando la fase iniziale sulle problematiche di conoscenza stratigrafica della zona di imposta, con le dovute verifiche di permeabilità.

Evidentemente il grado di approfondimento delle suddette indagini sarà funzione dell'importanza dell'opera; essendo invasi collinari, si tratterà sempre e comunque di opere abbastanza limitate sia in altezza della diga (e quindi dei massimi battenti idraulici) che nelle dimensioni dell'invaso, per cui anche il numero di sondaggi e di prove sarà funzione di questi parametri.

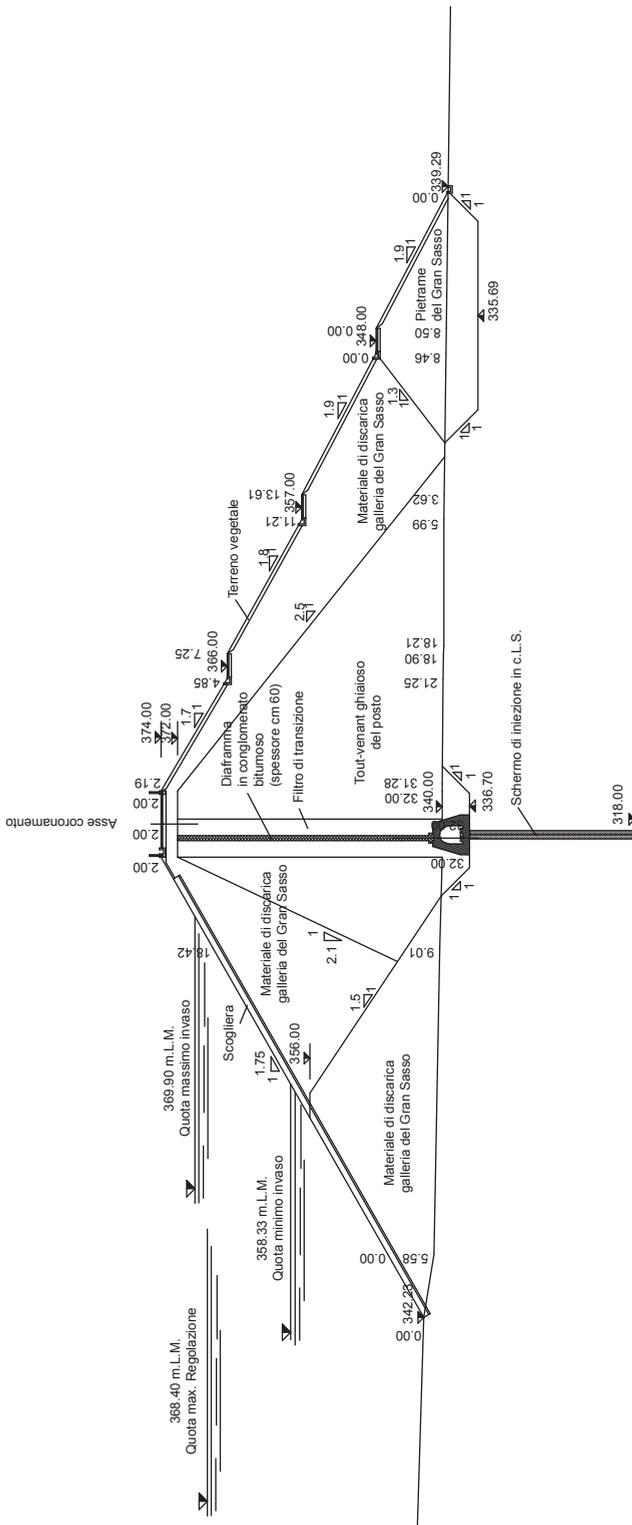


Figura 2.26. Diga con diaframma in conglomerato bituminoso

Al posto dei rivestimenti bituminosi a volte sono utilizzate membrane di materie plastiche o bituminose (quest'ultime stese direttamente a caldo sul paramento).

Altre volte sono stati utilizzati tappeti di argilla compattata ed eventualmente miscelata a bentonite, con strati ben più spessi rispetto ai precedenti.

L'utilizzo di fanghi bentonitici è frequente nel caso di piccoli bacini che necessitano di essere impermeabilizzati al loro interno.

Il procedimento della posa in opera prevede una miscelazione (eseguita con benne miscelatrici o con piccoli frantoi mobili), di terra con bentonite, da stendere sul terreno da trattare precedentemente regolarizzato e privato di pietre o arbusti o coperture erbose; segue una stesura in piccoli strati, la loro compattazione e l'aspersione di acqua per idratazione della bentonite.

Nel caso di trattamento di terreno in posto da impermeabilizzare, dopo lo scoticamento e la stesura della bentonite si dovrà passare con frangizolle per miscelarla con il terreno, quindi compattata e bagnata.

La bentonite è di fatto un materiale largamente usato per queste applicazioni, in quanto offre alte prestazioni di tenuta idraulica, anche a pressioni considerevoli.

2.2.2. Scarichi di superficie

Gli scarichi di superficie di piccoli invasi collinari sono sempre costituiti da soglie libere che immettono le acque di sfioro nel canale fugatore.

Lo scarico di superficie ha lo scopo fondamentale di evitare che una piena particolarmente gravosa porti alla tracimazione dello sbarramento; sarà costituito da un profilo tracimante, seguito da canale collettore e fugatore a cielo aperto.

Si tratta pertanto di un'opera particolarmente importante per la sicurezza dell'intero impianto e di conseguenza necessita di particolare attenzione sia nel dimensionamento progettuale che nella normale gestione e manutenzione.

L'evento di progetto che deve essere considerato nel dimensionamento è funzione dell'importanza della diga, del bacino idrografico sotteso e del rischio indotto a valle diga (presenza o meno di insediamenti o infrastrutture nelle vicinanze della diga), ma normalmente viene considerata come riferimento almeno la piena millenaria o la cinquecentennale nel caso di piccoli invasi.

Per piccolissimi invasi (dell'ordine delle decine di migliaia di m³ di volume invaso) nel caso di rischio indotto modesto, può essere ammesso anche il riferimento all'evento duecentennale, magari accompagnato da altre ipotesi cautelative.

La scelta dell'evento di progetto sarà comunque compatibile con le norme regionali di competenza.

Esistono varie tipologie di soglia dipendenti dalla sezione o dalla forma planimetrica, come indicato nelle figure 2.28-2.31.



Figura 2.28. Esempio di soglia sagomata con profilo Creager



Figura 2.29. Esempio di soglia non sagomata non rigurgitata



Figura 2.30. Esempio di soglia non sagomata rigurgitata



Figura 2.31. Esempio di soglia con immissione diretta nel canale

Una soglia di sfioro sagomata secondo il profilo Creager (figura 2.32) consente una maggiore capacità di scarico, rispetto a una di pari lunghezza non sagomata e pertanto, a parità di battente, essa permette di scaricare una portata maggiore. Come indicato dalla figura 2.32, il profilo Creager è appena superiore alla vena libera inferiore di uno stramazzo in parete sottile, tipo Bazin. L'equazione del profilo Creager è la seguente (si veda figura 2.32):

$$Y = \frac{y}{h_0} = 0.47 \left(\frac{x}{h_0} \right)^{1.8} = 0.47 X^{1.8}$$

La sagoma Creager consente di utilizzare un coefficiente di efflusso $\mu = 0.48$ nella nota formula dello stramazzo:

$$Q = \mu L h \sqrt{2gh} \quad (2.24)$$

dove

Q = portata scaricata (in m^3/s)

L = sviluppo longitudinale della soglia di sfioro (in m)

h = carico idraulico sulla soglia (in m)

g = accelerazione di gravità (9.81 m/s^2).

Nei casi (più frequenti nelle opere esistenti) di soglia non sagomata il coefficiente di efflusso μ assume valori diversi e si può schematizzare il comportamento idraulico come quello di stramazzo in parete grossa (figura 2.33).

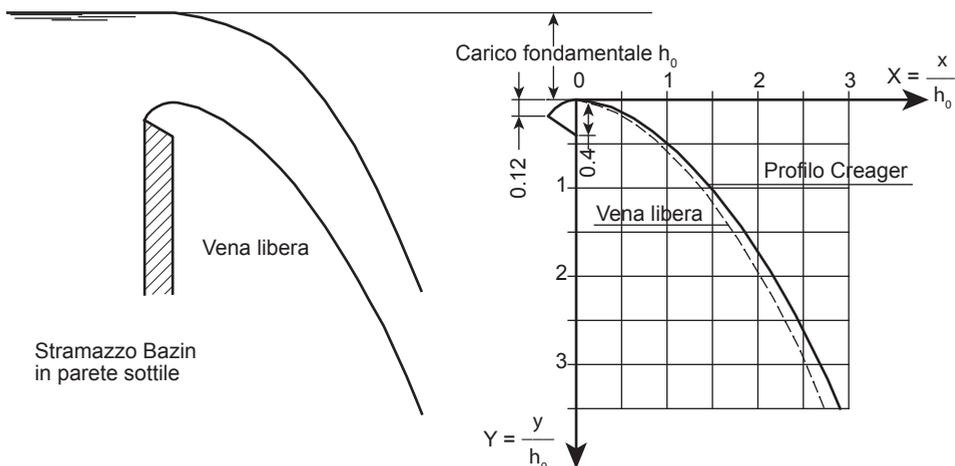


Figura 2.32. Profilo Creager e vena libera di efflusso

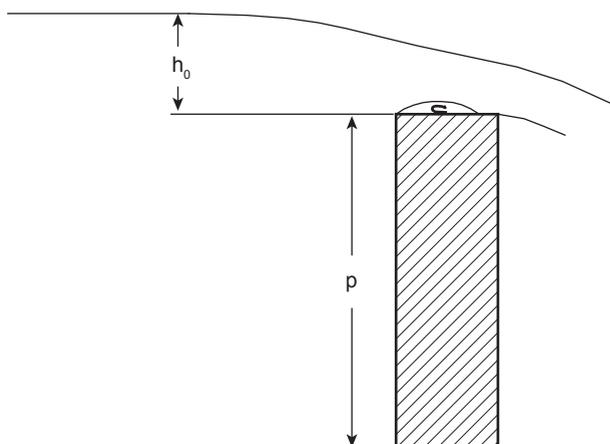


Figura 2.33
Stramazzo in parete grossa

In caso di stramazzo in parete grossa, il coefficiente μ teorico da utilizzare nella 2.24 è pari a 0.385.

Da un punto di vista planimetrico, in dipendenza dell'orografia del luogo dove si decide di realizzare lo sfioratore, si distinguono diverse soluzioni. Le più frequenti sono indicate nelle figure precedenti: l'esempio di figura 2.28 rappresenta infatti una soluzione con soglia rettilinea e canale collettore a essa parallelo con pianta rettangolare (o trapezia divergente in alternativa); l'esempio di figura 2.29, con andamento a semicerchio.

Se il progetto prevede un canale collettore, come appunto nei citati esempi, esso deve essere progettato in dimensioni planimetriche e pendenza in modo tale da non provocare rigurgiti tali che possano limitare l'efflusso libero sopra la soglia. Dal punto di vista idraulico, il problema da indagare è quello di una corrente gradualmente varia con portata linearmente crescente (nel caso di figura 2.28). Dal punto di vista scientifico, si osserva che l'incontro di due correnti (quella sfiorante e quella longitudinale nel collettore) provoca forti dissipazioni di energia e se si vuole valutare il profilo idraulico all'interno del collettore occorre rifarsi al teorema della quantità di moto, che da un punto di vista matematico si traduce in un'equazione differenziale abbastanza complessa.

Nel caso di piccoli sfioratori può essere conveniente allora fare qualche ipotesi semplificativa nel senso della maggiore cautela, ad esempio, ipotizzando che la portata nel collettore, fin dalla sua sezione iniziale, sia data dalla totalità della portata sfiorata, estendendo a monte il calcolo del profilo di rigurgito del canale fuggatore.

In ogni caso, comunque, occorre verificare che al raggiungimento della portata massima di progetto non si verifichi il parziale o totale rigurgito dello stramazzo, controllando quindi che, con riferimento alla figura 2.34, sia $h_2 = 0$, o almeno che h_2 non superi mai la quota di sfioro sommata a $2/3$ di h_1 .

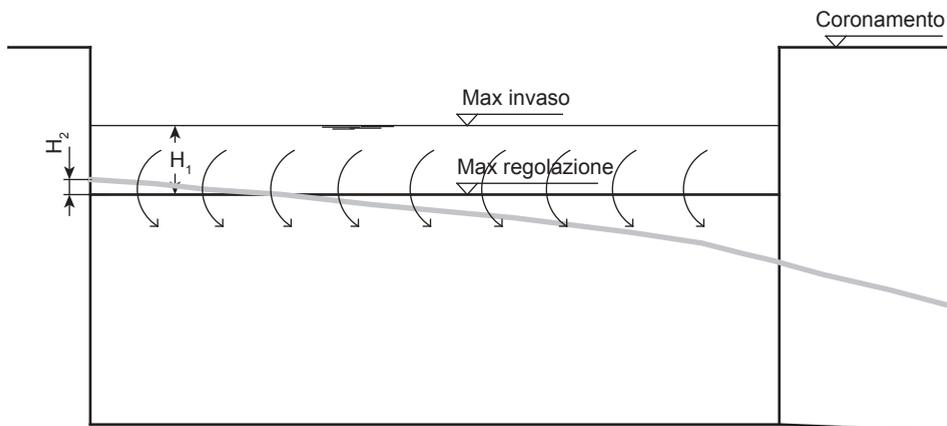


Figura 2.34. Verifica canale collettore

In questo caso infatti si avrebbe un parziale funzionamento di stramazzo rigurgitato fino alla condizione di completo ingolfamento del collettore nel caso in cui $h_2 = h_1$. Il caso più frequente comunque, nei piccoli laghetti collinari, è quello indicato dalla figura 2.31, con immissione diretta dell'acqua di sfioro nel canale fuggatore, senza una vera e propria soglia idraulica.

In questo caso, la verifica da svolgere, eseguibile con software di pubblico dominio come Hec-Ras, è quella che nella sezione di imbocco del canale la quota energetica della corrente, ottenuta dalla quota del pelo libero sommata alla frazione cinetica $U^2/2g$ (con U pari alla velocità media della corrente nella sezione), non superi per la portata di progetto la quota di massimo invaso.

Nel caso di verifica di impianti esistenti, la quota di massimo invaso può essere considerata proprio tale quota energetica.

In generale, il problema progettuale si pone perché a priori non si può conoscere il valore della massima portata in uscita, in quanto essa dipende, come già visto, dal fenomeno di laminazione.

Il dimensionamento pertanto, può essere eseguito o in modo estremamente cautelativo, considerando l'invaso "trasparente" nel senso del fenomeno di laminazione, stimando pertanto la massima portata in uscita dal lago pari alla massima portata in entrata, oppure per tentativi successivi, secondo la seguente sequenza:

1. prima ipotesi di dimensionamento della soglia, dell'eventuale collettore e del canale fuggatore;
2. costruzione per punti della scala di deflusso, che lega ad ogni portata il livello di invaso raggiunto;
3. calcolo di laminazione dell'invaso, con valutazione della massima portata in uscita, del massimo battente idraulico sopra la soglia e quindi della quota di massimo invaso;

4. nuova verifica del sistema soglia-collettore-fugatore da eseguirsi con la portata in uscita calcolata al punto 3);
5. eventuale ridimensionamento del sistema soglia-collettore-fugatore;
6. ricalcolo a partire dal punto 2).

Dal punto di vista progettuale la scelta dell'ubicazione del sistema di sfioro dovrà consentire sempre di mantenere l'intero manufatto (soglia sfiorante, canale collettore e fugatore) al di fuori del corpo diga, almeno come piano di fondazione e pertanto la scelta fra la sinistra o la destra idrografica dovrà essere funzione della logistica nell'accesso diga e nella valutazione orografica, per evitare scavi eccessivamente onerosi.

Là dove si immagini che sia opportuno garantire in fase di esercizio un collegamento carrabile fra la sinistra e la destra idraulica della valle, si dovrà prevedere un ponte che attraversi il canale fugatore.

Per strutture di minore importanza il canale fugatore, generalmente costruito in cemento armato con sezione rettangolare per il primo tratto, può proseguire verso valle anche su terreno naturale, eventualmente rivestito con gabbioni o materassi metallici o con scogliera, laddove il tracciato planimetrico sia tale da allontanarsi adeguatamente dal corpo diga.

Il calcolo di verifica avviene con software tipo Hec-Ras che consentono di schematizzare il comportamento idraulico della corrente; l'approccio che verrà usato

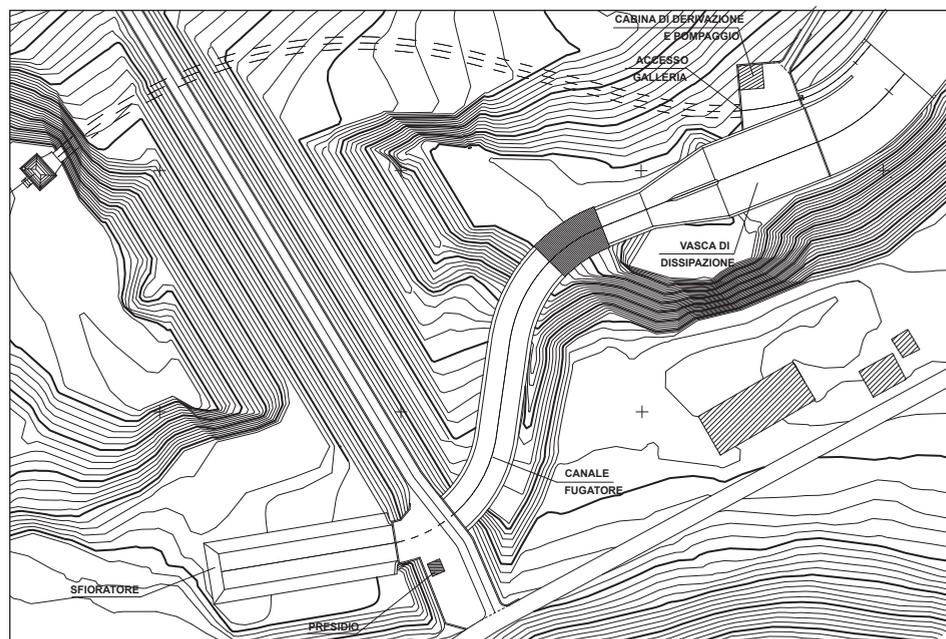


Figura 2.35. Planimetria canale fugatore con curve

sarà quello di moto permanente, in quanto non interessano in questo caso informazioni legate ai volumi idrici, ma solo la situazione istantanea che si viene a creare nell'istante più critico ammesso dal progetto.

Il canale dunque dovrà essere dimensionato in modo tale da garantire il transito della massima portata di progetto con un franco compatibile con le norme locali relative ai progetti di arginatura di corsi d'acqua, di ricalibratura di alvei o di attraversamenti di corsi d'acqua.

Normalmente il franco minimo adottato non scende sotto il mezzo metro, ma a volte è richiesto anche un franco superiore o funzione del battente idraulico.

Nel caso di canale che presenta curve accentuate è consigliabile calcolare anche il sovrizzo della corrente in curva.

Considerando che nella quasi totalità dei casi il fenomeno avviene in condizioni di corrente rapida, è possibile calcolare l'altezza delle onde stazionarie generate dalla variazione del vettore velocità in curva.

Dal profilo di moto permanente, nella sezione di calcolo più vicina alla fine della curva, si deducono le grandezze:

- y (tirante idrico in rettilineo, in m);
- A (area bagnata in m^2);
- V (velocità media della corrente in m/s);
- F (numero di Froude).

Con riferimento alla figura 2.36 l'altezza d'acqua in curva y_c , come somma dell'altezza liquida y e dell'onda positiva, è ricavabile dalla:

$$y_c = yF^2 \operatorname{sen}^2 (\beta + \theta/2)$$

dove

$$\beta = \operatorname{arcsen}(1/F)$$

$$\theta = \operatorname{arctan} \left(\frac{b}{(R + b/2) \tan(\beta)} \right)$$

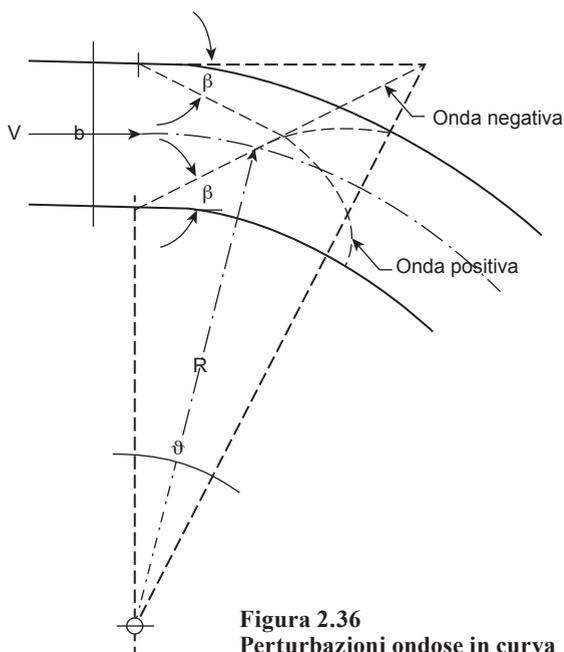


Figura 2.36
Perturbazioni ondose in curva

Nel caso in cui il sovrizzo calcolato sia tale da non consentire un adeguato franco fra il livello dell'acqua e quello dei muri di contenimento, può essere previsto di coprire il canale limitatamente al tratto interessato, come mostrato in figura 2.35. Nel progetto di dighe il cui sfioratore può scaricare portate consistenti (alme-

4.2.2. Osservazioni dirette

Per una corretta gestione di un lago collinare e della sua diga occorre, innanzitutto, come visto nel precedente paragrafo, eseguire con regolarità dei semplici sopralluoghi controllando visivamente lo stato delle opere.

La frequenza dei sopralluoghi, laddove non è codificata dall'ente controllore, è funzione dell'importanza dell'opera di sbarramento e del lago, ma anche della stagione climatica, dalla condizione meteorologica e dal livello dell'invaso oppure dall'eventuale presenza di particolari problemi.

È consigliabile sempre che non trascorra mai un lungo periodo, indicativamente superiore a una settimana per gli impianti più importanti, e ad un mese per quelli più piccoli e semplici, senza che il gestore o un suo incaricato svolga il sopralluogo effettuando le dovute osservazioni dirette.

In occasione di eventi meteorici di particolare intensità, con quota di invaso prossima alla massima regolazione, o dopo l'accadimento di un evento sismico è sempre consigliabile intensificare la frequenza dei sopralluoghi, per accertare che non si siano verificate lesioni o problemi particolari.

Questo semplice schema comportamentale può dunque preservare da problemi enormemente più gravi, consentendo di affrontare eventuali situazioni anomale con prontezza, efficienza e sicurezza.

È anche consigliabile che a svolgere tale mansione di controllo visivo sia sempre la stessa persona che, seppure non dotata di bagaglio tecnico particolare, impari a conoscere la diga e il suo normale comportamento; a questa persona sarà più semplice infatti individuare eventuali anomalie degne di nota.

Durante il sopralluogo, l'osservazione più importante è il corpo diga, evidentemente in riferimento al paramento di valle e alla parte emersa di quello di monte: occorre infatti verificare che non si stiano formando irregolarità su di essi (rigonfiamenti, smottamenti o crepe), che non compaiano particolari filtrazioni nel corpo diga o nelle aree limitrofe a valle, che non siano presenti dissesti evidenti. In particolare per quello che riguarda il coronamento è opportuno che venga percorso a piedi, verificando che non si formino crepe sullo stesso.

Fermo restando che occorre fare sempre un'analisi diretta e specifica, normalmente la formazione di crepe sul coronamento può dipendere da più fattori:

- crepe parallele al coronamento stesso possono indicare l'inizio di fenomeni di instabilità di uno o di entrambi i paramenti; quando si verificano occorre pertanto controllare che non aumentino rapidamente in quantità e apertura;
- crepe perpendicolari al coronamento e localizzate possono indicare un dissesto in fondazione, magari causato dalla rottura di uno scarico di fondo; anche in questo caso, occorre tenere il fenomeno sotto stretta sorveglianza;
- crepe senza un andamento planimetrico predominante possono essere invece

causate più semplicemente dall'eccessiva frazione argillosa del corpo diga, se il coronamento non è adeguatamente protetto con manto erboso o con massicciata, come indicato nel capitolo 3; in questo caso, occorrerà provvedere a una sua migliore sistemazione, prima che la precipitazione meteorica penetri nelle crepe, provocando un peggioramento della situazione.

Il paramento di valle può essere ispezionato visivamente purché esso sia coperto di manto erboso non troppo alto e che non siano cresciuti arbusti o addirittura alberi su di esso.

Riguardo alla parte emersa del paramento di monte vale lo stesso concetto, in quanto a volte nascono, a causa dell'ambiente umido, canneti o vegetazioni spontanee che limitano fortemente l'ispezione visiva (figura 4.3).



Figura 4.3. Canneti nati sul paramento di monte

Il manto erboso del paramento di valle garantisce la sua integrità nei confronti della corrivazione delle acque meteoriche, ma la presenza di erba troppo alta o di cespugli di maggiore consistenza impedisce il controllo visivo della regolarità del paramento stesso.

Normalmente, lo sfalcio dell'erba è opportuno che venga eseguito almeno due

o tre volte all'anno, di cui l'ultima da eseguirsi in settembre o inizio ottobre, in modo da conservare per tutta la stagione invernale una condizione ottimale.

Quando si dovesse mettere mano ad una diga ormai lasciata per lungo tempo senza questo tipo di manutenzione, occorre asportare i cespugli privi di radici profonde.

Nel caso in cui sulla diga siano cresciute delle vere e proprie essenze arboree, è invece preferibile non asportarle, in quanto l'eventuale marcescenza delle radici potrebbe costituire delle vie preferenziali di filtrazioni: in questo caso, la loro asportazione risulterebbe più dannosa della presenza stessa della pianta.

Il manto erboso inoltre assume il compito di "spia" nel caso in cui si manifestino fenomeni di filtrazione nel corpo diga che appaiono sul paramento di valle: in queste circostanze, infatti, nascono spontaneamente delle erbe idrofile caratteristiche di ambiente umido.

Nella figura 4.4 si nota la nascita di erbe idrofile causate da filtrazione.

Tale fenomeno si può manifestare normalmente (ma non sempre) nei primi anni di esercizio dell'opera e può essere causato da uno strato mal compattato durante la costruzione della diga.

Le osservazioni dirette non si limitano al corpo diga: occorre infatti controllare le sponde dell'invaso, verificando che non sussistano fenomeni di instabilità (figura 4.5) oppure che non siano presenti oggetti di grosse dimensioni in prossimità del bagnasciuga (tronchi d'albero caduti, vecchie imbarcazioni abbandonate o altro).



Figura 4.4. Insorgenza di erbe idrofile



Figura 4.5. Fenomeni di instabilità delle sponde

In circostanza di piena, infatti, tali oggetti potrebbero ostruire totalmente o parzialmente il libero deflusso delle acque dallo sfioratore, provocando situazione di pericolo.

Il fenomeno di instabilità di sponde può manifestarsi più facilmente dopo degli svuotamenti rapidi dell'invaso.

Anche l'alveo a valle della diga (quando esistente) richiede un controllo visivo, al fine di verificare l'assenza di fenomeni di instabilità delle sponde, che, in occasione di sfiori o di scarichi dal fondo, potrebbero creare rigurgiti e stagnazioni di acqua al piede diga.

L'ispezione visiva deve comprendere evidentemente gli scarichi e in particolare lo scarico di superficie: come già detto, infatti, l'insieme soglia di sfioro-canale collettore-canale fugatore costituisce l'elemento più importante per la sicurezza del rilevato affinché questo non sia sormontato dalle acque in eccesso: l'ispezione deve pertanto verificarne l'integrità e la pulizia, in modo che l'acqua possa sfiorare senza ostacoli secondo le previsioni progettuali.

Anche lo scarico di fondo sarà oggetto di controllo e di prove di funzionalità come descritto nel paragrafo 4.2.4, insieme all'eventuale strumentazione connessa.

Da non trascurare nell'ispezione visiva è anche la strada di accesso alla diga: in caso di emergenza, infatti, è importante che il gestore e le pubbliche autorità possano raggiungere la diga senza difficoltà.

Infine si raccomanda il controllo, quando presenti, dei cartelli monitori: questi

sono richiesti dalla normativa per le dighe oltre i 15 metri e vengono posizionati lungo l'alveo a valle diga, nei punti di adiacenza con strade o sentieri (figura 4.6).

4.2.3. Misure, annotazioni e grafici

Durante le visite di ispezione visiva normalmente vengono anche rilevate le misure e le annotazioni che consentono di tenere aggiornato il registro cartaceo. È importante che tale registro venga aggiornato da chi esegue le misure, ma anche che in seguito le misure vengano raccolte, possibilmente in formato elettronico, al fine di poter redigere i grafici, che meglio mettono in luce eventuali anomalie. I grafici saranno prodotti per ciascuna grandezza misurata e dovranno evidenziare il comportamento per un tempo relativo ad almeno gli ultimi cinque anni. A volte (ad esempio per la piezometria o per le perdite) sarà utile poter sovrapporre diverse misure per verificare la correlazione con il livello di invaso o con la misura della precipitazione.



Figura 4.6. Cartelli monitori

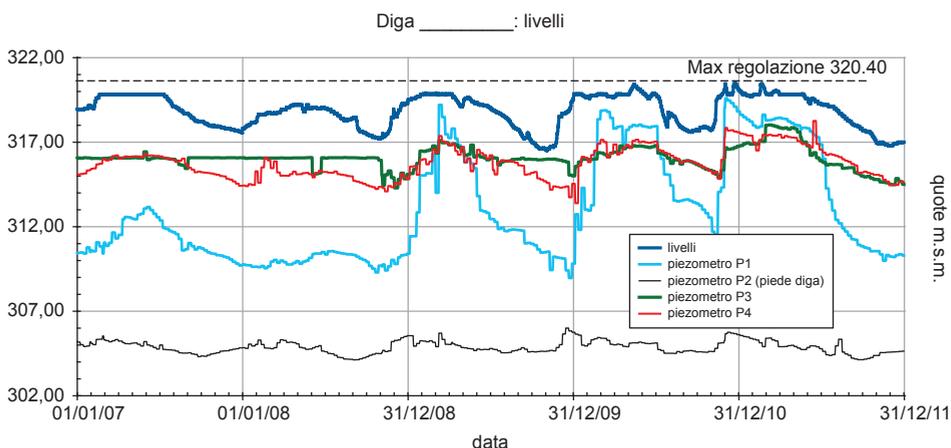


Figura 4.7. Grafico del livello di invaso e dei piezometri

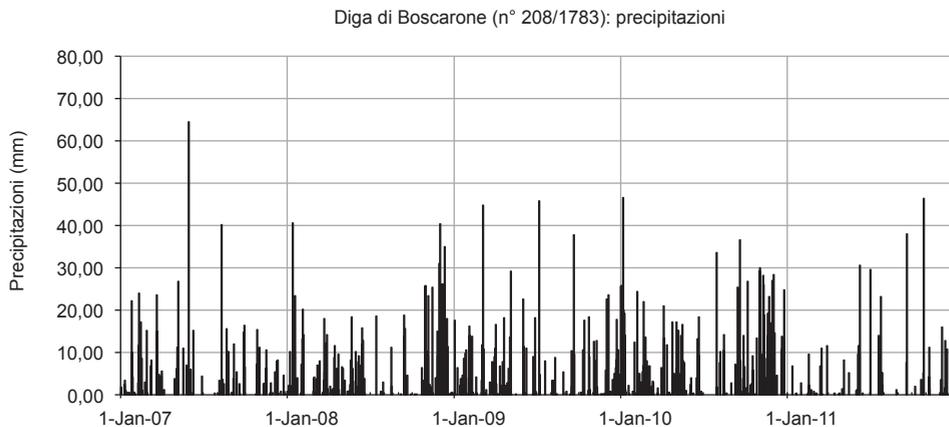


Figura 4.8. Grafico delle precipitazioni giornaliere

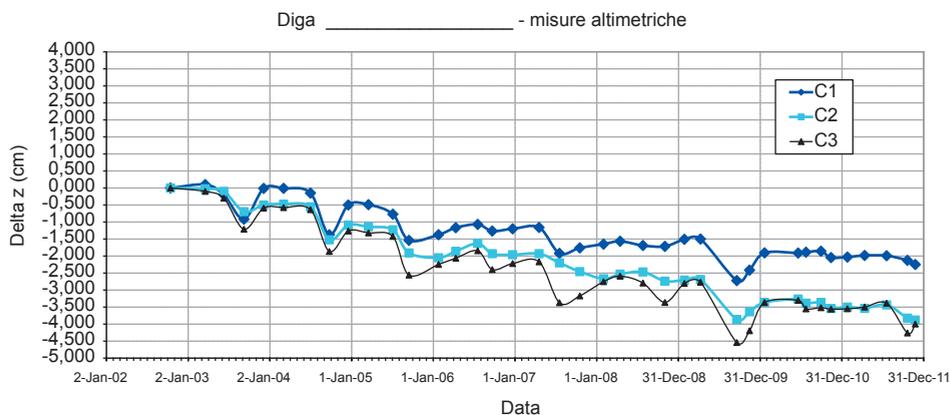


Figura 4.9. Grafico delle misure altimetriche del coronamento

Le misure frequentemente eseguite sono, oltre al livello di invaso, la pioggia, la temperatura giornaliera massima e minima, l'altezza piezometrica, gli spostamenti altimetrici o plano-altimetrici e le perdite. Di seguito sono riportati alcuni esempi relativi a quanto ora descritto (figure 4.7-4.11).

Ad esempio il grafico 4.7 relativo ai livelli di una diga dotata di quattro piezometri, di cui tre sul coronamento e uno sull'unghia di valle della diga (P2), mostra che il piezometro P1, posto sul coronamento, necessita abbastanza spesso di spurgo: per tre anni consecutivi (2008-2011) infatti ha registrato misure anomale e non attendibili rispetto agli anni precedenti.

In questi tre anni infatti si osservano quote piezometriche troppo alte e quasi coincidenti con la quota di invaso.

La stessa immagine mostra come il piezometro P2, sul piede diga, registra valori abbastanza costanti e non risente molto del livello di invaso. Questo dato è

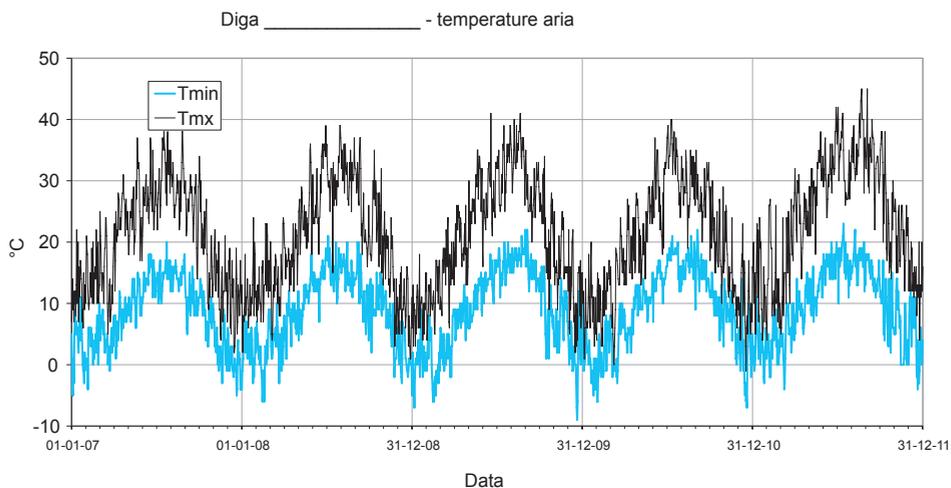


Figura 4.10. Grafico delle temperature

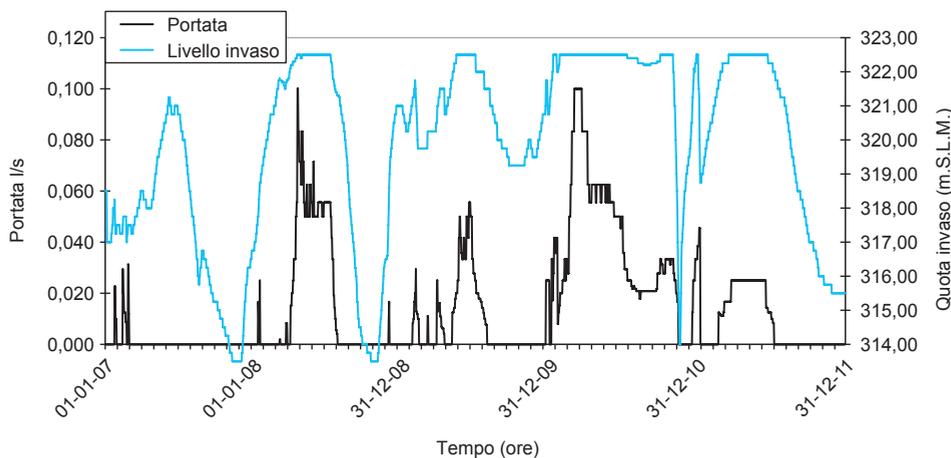


Figura 4.11a. Grafico delle perdite associate ai livelli di invaso

confortante in quanto, proprio perché installato presso il dreno, la linea di falda risulta sempre ben abbattuta.

Il grafico di figura 4.9 mostra come su una diga dove all'inizio del 2002 furono installati tre punti di misura altimetrica sul coronamento sia avvenuto un fenomeno di consolidazione che tende con il tempo a diminuire.

Il grafico, misurando lo spostamento relativo in centimetri rispetto alla misura iniziale, mostra anche come, al di là di un errore strumentale mai nullo, il corpo diga risente anche della stagionalità, evidenziando la tendenza a un piccolo rigonfiamento nei mesi invernali e piovosi e una tendenza al ritiro nella stagione secca. Il grafico di figura 4.11a, che esprime le perdite di una diga in un certo punto

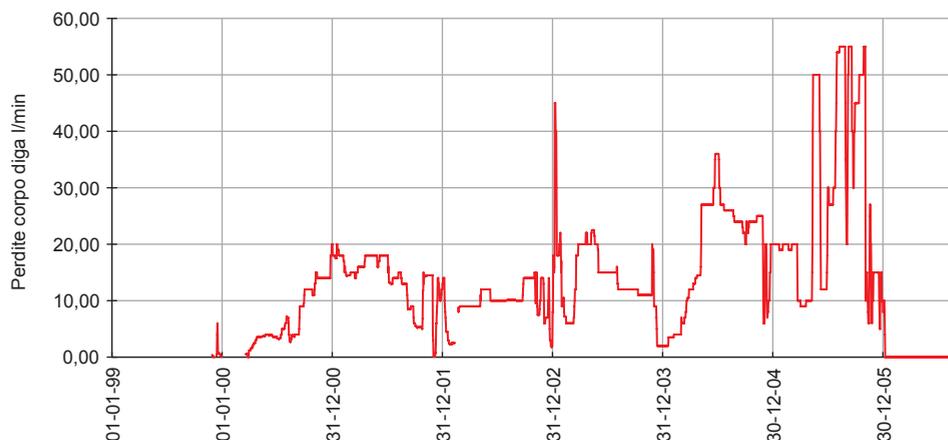


Figura 4.11b. Perdite dal corpo diga legate ad un dissesto

del paramento di valle in funzione del livello di invaso, mostra che il fenomeno di filtrazione in questo caso avviene solo quando il livello idrico raggiunge una quota molto prossima alla massima regolazione.

Il grafico di figura 4.11b invece mostra un caso in cui la perdita si è manifestata all'inizio del 2000 ed è aumentata fino a raggiungere dimensioni tali da dover affrontare il problema che le causava (estate 2005). In questo caso, si trattava di una perdita dallo scarico di fondo e fu risolta mediante la posa in opera di una nuova tubazione di scarico all'interno della precedente e di diametro leggermente inferiore.

4.2.4. Prove di funzionalità e verifica

Pur essendo evidentemente dipendenti dalla dotazione, dalla strumentazione e in generale dalle caratteristiche della singola opera, si possono individuare due verifiche che possono essere condotte periodicamente dal gestore di una diga nella maggior parte dei casi.

Il primo controllo di funzionalità potrà essere periodicamente eseguito sul sistema di illuminazione, non necessariamente fisso, della diga.

Se infatti il progetto non ha previsto questo tipo di dotazione, è comunque opportuno che un gestore abbia in azienda una strumentazione con fari e gruppo elettrogeno trasportabile o in alternativa un mezzo semovente (meglio più di uno) capace di illuminare a dovere i due paramenti.

Non si può infatti, e non si deve escludere, l'ipotesi che sia necessario in casi del tutto eccezionali ispezionare la diga anche in condizioni di oscurità.

È di conseguenza corretto e prudente che periodicamente venga eseguita la verifica di funzionalità del sistema di illuminazione.

Laddove questo sistema era stato previsto in progetto, con impianto fisso, sarà opportuno verificare almeno tre o quattro volte l'anno che i fari siano funzionanti e ben orientati.

I punti più importanti da poter illuminare sono lo sfioratore, il coronamento e i paramenti, specialmente quello di valle.

Un buon impianto di illuminazione, come già accennato, non necessariamente deve essere collegato con la rete fissa di energia elettrica, purché sia prevista la presenza del gruppo elettrogeno.

La seconda prova di funzionalità da eseguirsi con la periodicità di una volta al mese oppure ogni due mesi è quella degli organi di manovra degli scarichi dal fondo. Tale prova consiste nella semplice apertura delle saracinesche di scarico e/o derivazione con rilascio temporaneo di acqua.

I vantaggi di questo controllo sono due: oltre al controllo finalizzato alla verifica del proprio funzionamento, la manovra periodica di apertura, anche se per pochi minuti, consente di tenere pulito dai sedimenti l'imbocco dello scarico dentro al lago. Non è raro infatti trovare scarichi di fondo che dopo anni di non funzionamento diventano del tutto inutilizzabili o per blocco delle saracinesche a valle o per intasamento da parte dei sedimenti a monte.



Figura 4.12. Operazione di prova saracinesca di scarico



Figura 4.13a. Saracinesche da sostituire



Figura 4.13b. Saracinesche sostituite

piano di coronamento e quella del punto più depresso dei paramenti; il volume d'invaso è pari alla capacità del serbatoio compreso tra la quota più elevata delle soglie sfioranti degli scarichi, o della sommità delle eventuali paratoie, e la quota del punto più depresso del paramento di monte”.

La stessa legge inoltre specifica che “rientrano nella competenza delle regioni a statuto ordinario e a statuto speciale e delle province autonome di Trento e Bolzano le attribuzioni di cui al decreto del Presidente della Repubblica 1° novembre 1959, n. 1363, per gli sbarramenti che non superano i 15 metri di altezza e che determinano un invaso non superiore a 1.000.000 di metri cubi”.

Quest'ultima legge, attualmente in vigore, definisce dunque le competenze per l'approvazione dei progetti di nuove dighe, pur lasciando inalterato quanto disposto dalle precedenti normative citate in merito al contenuto dei progetti degli impianti con altezza diga compresa fra 10 e 15 metri e volume di invaso compreso fra 100.000 ed 1.000.000 m³.

5.2. Normativa nazionale

Come sopra descritto, le competenze per l'approvazione dei progetti e per la vigilanza delle opere esistenti da una parte, e le norme per la progettazione e l'esercizio dall'altra, vedono nella legislazione italiana dei riferimenti un po' articolati. La Legge 584/94, tra le altre cose, prevedeva l'uscita di un regolamento a carattere nazionale per la disciplina del procedimento di approvazione dei progetti e del controllo sulla costruzione e l'esercizio delle dighe entro sei mesi dalla sua entrata in vigore, ma questo non è ancora avvenuto.

A tale regolamento doveva succedere entro successivi sei mesi l'impegno da parte delle regioni di redigere e adottare ciascuna un proprio analogo regolamento per le dighe di loro competenza.

Fino all'entrata in vigore del regolamento nazionale, le normative di riferimento per la progettazione, costruzione ed esercizio rimangono essenzialmente quelle già citate.

A queste poi sono succedute varie circolari integrative ed esplicative che hanno introdotto alcuni aspetti non trattati nelle citate norme.

A fianco della normativa tecnica specifica è poi stato emanato il D.Lgs. 152/03/04/2006 in materia ambientale, ma l'argomento è già stato trattato nel capitolo 3 al quale si rimanda.

In appendice, si riporta il testo delle tre leggi e delle circolari più significative sopra citate.

Esiste infine un documento redatto dal Ministero dell'agricoltura e delle foreste nel 1956 che detta i principi tecnici per la costruzione dei laghetti collinari.

Pur non avendo la valenza di legge, appare comunque opportuno riportare in ap-

pendice anche questo testo in quanto unico documento ufficiale che tratta espressamente l'argomento dei laghetti collinari: Decreto Presidente della Repubblica 1 novembre 1959 n. 1363: Regolamento per la compilazione dei progetti, la costruzione e l'esercizio degli sbarramenti di ritenuta (dighe e traverse).

Il decreto, per la parte ancora vigente (parte I) non sostituita dal D.M. 24/3/82, individua innanzitutto il campo di applicazione per gli sbarramenti con dighe di altezza superiore a 10 metri o quelli con invaso superiore a 100.000 m³.

Al capo I definisce il contenuto tecnico del progetto e si sofferma su alcune regole da seguire nella progettazione, di cui si sottolineano le seguenti:

gli scarichi di superficie devono essere disposti fuori del corpo dello sbarramento; gli scarichi di fondo devono essere manovrabili mediante almeno due fonti indipendenti di energia, oltre che a mano.

Sempre nel capo I vengono descritte le modalità di approvazione del progetto esecutivo e il contenuto del foglio di condizioni.

Il secondo capo (artt. 7-14) si interessa della costruzione, indicando le modalità di autorizzazione all'esecuzione dei lavori, gli obblighi della direzione e della vigilanza lavori, le prove da eseguire sui materiali di costruzione e il loro controllo. Particolare attenzione viene posta nella nomina dell'assistente governativo, ingegnere nominato da parte del Genio civile che ha il compito di vigilare sull'osservanza delle regole emanate nel decreto e delle prescrizioni del foglio di condizioni. Vengono infine date norme sugli invasi sperimentali e sul collaudo.

Il terzo e ultimo capo (artt. 15-19) affronta le questioni della vigilanza durante l'esercizio, definisce gli obblighi del concessionario per la derivazione idrica e le regole che normalmente sono specificate in dettaglio nel foglio di condizioni per l'esercizio e la manutenzione in merito alle osservazioni e alle misure.

Esso inoltre stabilisce gli accertamenti periodici e gli eventuali provvedimenti di urgenza da svolgere da parte del genio civile (per le dighe superiori a 15 metri oggi tali adempimenti vengono curati dall'ufficio dighe).

DECRETO MINISTERO LAVORI PUBBLICI 24 MARZO 1982

Come detto, sostituisce la seconda parte del decreto 1363 e, non essendovi altre specificazioni, ne ha lo stesso campo di applicazione; a parte la classificazione di cui si è già riferito al paragrafo 2.2.1, viene definita l'altezza della diga come descritto al precedente paragrafo 5.1 e le grandezze principali caratteristiche della diga e dell'invaso.

Le norme generali contenute si riferiscono a:

- ampiezza massima delle onde nel serbatoio;
- terreni di fondazione;
- verifiche di sicurezza;
- azioni sismiche;