

**ITCOLD**

**COMITATO ITALIANO GRANDI DIGHE**

*Criteri e tecniche innovative per il  
miglioramento delle dighe*

Rapporto finale



2017

## **Componenti del Gruppo di Lavoro**

Carlo Ricciardi

Ezio Baldovin

Giuseppe Donghi

Michele Fanelli

Francesco Fornari

Paolo Gigli

Marco Corsetti

Luca Furgani

## 1. INTRODUZIONE

Le opere di sbarramento ed i serbatoti artificiali presenti nel nostro paese possono ritenersi riferibili ad un settore maturo per gli aspetti sia tecnici, sia di gestione e di regolamentazione. La ultra secolare esperienza nella progettazione, costruzione e gestione di sbarramenti ed invasi, ha condotto ad un livello di competenza che, specie nel passato, ha avuto riscontri anche in attività in paesi esteri.

L'ambito delle dighe e degli invasi è fortemente caratterizzato dalla necessità di interventi a salvaguardia e ridefinizione delle funzioni di opere ed impianti esistenti, in quanto da anni si è notevolmente ridotto il numero di nuove realizzazioni. È ancora più marcata, pertanto, rispetto ad altri campi dell'ingegneria civile la necessità di intervenire su opere esistenti, eseguite in tempi e contesti diversi dall'attuale, per i quali non sempre sono pertinenti gli attuali metodi e criteri definiti per nuove opere.

La salvaguardia del patrimonio infrastrutturale esistente è un tema sempre più presente in tutti i settori .

Le condizioni economiche, le rinnovate esigenze per uno sviluppo sostenibile, l'emergere di istanze dalla società volte a contenere il consumo di suolo sono tutti fattori che concorrono ad una tendenza con progressivo incremento della quota di interventi ed investimenti che saranno rivolti all'esistente. Il settore delle dighe, in quanto caratterizzato dalle opere in esercizio da più anni, rappresenta un ambito in cui emerge con più evidenza che tutti gli strumenti disponibili: normativa, regole di gestione e finalità d'uso, verifiche di sicurezza e metodi di calcolo, tecniche di intervento, sono calibrati per lo più per opere di nuova realizzazione.

Gli interventi sull'esistente presuppongono la conoscenza di opere in esercizio da anni, con capacità di leggere le opere in relazione all'epoca di concepimento e costruzione ed al loro comportamento nel tempo. È un approccio in cui ogni valutazione è

da progetto condizionato, non tutte le scelte sono possibili, occorre conservare e sviluppare la capacità di valutare l'opera alla luce dei dati del comportamento.

L'innovazione è sempre stata presente e ha dato luogo ad una evoluzione continua nel settore delle dighe, sia per gli aspetti di sicurezza che di funzionalità in relazione all'uso della risorsa acqua. Tali aspetti non dovrebbero essere considerati disgiunti, in una accezione della sicurezza che non è un valore assoluto, quanto un prerequisito inderogabile nel perseguire la funzionalità delle opere ed i benefici connessi.

Sono evolute le tecniche di intervento e di controllo delle opere che rappresentano solo una parte delle attività, che comprendono momenti decisionali e verifiche di sicurezza che devono tener conto del quadro normativo di riferimento.

L'esigenza di un esame di criteri e tecniche innovative non è tanto riferibile a singoli aspetti di merito, quanto piuttosto ad una visione generale del settore che, per ragioni di varia natura, richiede una maggiore consapevolezza complessiva in tutte le fasi decisionali che preludono eventuali interventi, nonché nella definizione degli stessi.

In ambito di ITCOLD è stato richiamato un preciso termine "Soggezione" che è un giudizio complessivo sul settore delle dighe che, senza entrare nel merito di specifici aspetti tecnici, ben focalizza la necessità di un aggiornamento e ridefinizione del quadro di riferimento, che valorizzi le innovazioni che si sono succedute nel tempo su singoli aspetti.

*I regolamenti, le consuetudini, alcuni pregiudizi e financo luoghi comuni hanno esercitato una profonda influenza sulla pratica professionale in tema di dighe, come in altri settori dell'Ingegneria. Questa soggezione può aver smorzato in alcuni casi e per qualche aspetto l'inventiva progettuale; è accaduto cioè che il progettista e/o*

*l'autorità di controllo abbiano trascurato di esplorare l'ampia gamma di possibili soluzioni e scambiato quei vincoli per pacchetti preconfezionati, lasciandosi trasportare automaticamente dalle disposizioni e dall'abitudine, anche quando i condizionamenti lasciano spazio all'interpretazione. La questione riguarda anche gli interventi di miglioramento e riabilitazione dell'esistente, di prevalente interesse oggi nel Paese.*

*Sul tema sarà opportuno riflettere, affinché la ricerca progettuale possa esprimersi in maniera innovativa e senza soggezioni, pur sempre nel rigoroso rispetto delle norme di sicurezza.*

I caratteri che qualificano la realtà fisica, l'ambito della gestione delle opere, le tecniche di intervento e la regolamentazione non dovrebbero costituire motivo di condizionamento.

In presenza di un settore maturo, quale quello delle dighe, già oggetto di un processo continuo di innovazione è comunque opportuno un esame delle nuove esigenze, superando i limiti di un approccio per settori e considerando l'opera di sbarramento, il serbatoio, le opere e gli impianti connessi come un sistema unitario.

È, infatti, da rilevare che le valutazioni della funzionalità e della sicurezza nel campo delle infrastrutture stanno sempre più evolvendo verso un approccio di sistema, in cui prevale un esame di insieme in cui, anche grazie alla evoluzione dei sistemi di controllo ed acquisizione dati in esercizio, è possibile valorizzare con opportuna efficacia le c.d. misure organizzative: sistemi di telecontrollo e monitoraggio, qualifica dell'organizzazione dei gestori, informazione alla cittadinanza, piani di emergenza.

L'innovazione dovrebbe superare l'evoluzione spontanea per singole linee di attività e essere orientata in una visione di sistema, in cui la sicurezza è certamente un aspetto fondamentale ed imprescindibile, ma non il solo per garantire condizioni di sviluppo, esercizio ed uso della risorsa acqua al livello dei benefici

attesi, che si sono modificati rispetto a quelli iniziali dell'epoca della originaria realizzazione delle opere.

Ne consegue che l'esame dei processi innovativi per sua natura deve seguire uno sviluppo continuo senza limiti di soluzione temporale, quanto piuttosto rappresentare una sorta di osservatorio permanente.

La visione unitaria delle innovazioni già acquisite ed il confronto con l'evoluzione delle linee di attività di interesse per le dighe, possono rappresentare una occasione di valorizzare ed estendere e consolidare quanto già acquisito e nel contempo individuare le future linee di sviluppo. È da recuperare l'originario significato dei processi di innovazione, superando una mera evoluzione spontanea, per promuovere una maggiore efficienza ed efficacia nel perseguimento di obiettivi di sicurezza e funzionalità delle opere.

## **2. DIGHE ESISTENTI ED EVOLUZIONE DEL CONTESTO**

La specificità rappresentata da un considerevole patrimonio di infrastrutture per gran parte realizzato in epoche non recenti ha dato luogo ad una serie di modifiche sopraggiunte rispetto a quanto previsto negli originari progetti e relative a:

- destinazione d'uso e fabbisogni idrici che hanno richiesto modifiche delle modalità e finalità di uso della risorsa acqua; ribadita la priorità dell'uso idropotabile si sono diffusi usi plurimi e promiscui, con l'introduzione di colture agricole che richiedono maggiori fabbisogni di acqua, che devono confrontarsi con le modifiche rilevate negli anni negli apporti delle precipitazioni meteoriche;
- verifiche di compatibilità per accresciute sensibilità verso le tematiche ambientali e territoriali (salvaguardia dell'ambiente e deflusso minimo vitale, gestione dei

sedimenti, previsioni propagazione onde di sommersione, ecc.);

- verifiche di sicurezza in relazione ad accresciute conoscenze in ambito di sismicità di base e regime idrologico.

Nel tempo sono emerse richieste di verifiche ed interventi con modifica delle regole di funzionamento che hanno per lo più seguito uno sviluppo differenziato e specifico per le singole realtà. Ne è scaturita a volte una visione deformata della funzione del patrimonio infrastrutturale delle dighe, con percezione dei soli potenziali danni e pericoli, come richiamato da varie disposizioni correttive e mitigative, senza una valorizzazione e confronto con i benefici derivanti dalla fondamentale funzione di regolazione fra fabbisogni e afflussi naturali, utile non solo per gli usi della risorsa acqua, ma anche con funzione di protezione idraulica dei territori di valle.

Nel contempo sono emersi malintesi sulla proprietà dell'acqua. La risorsa acqua è stata da sempre considerata risorsa pubblica, come esplicitamente previsto dalle vigenti disposizioni normative: R.D. 1733/1935 e s.m.i. In quanto risorsa pubblica le destinazioni d'uso non sono circoscritte e limitate all'ambito territoriale ed al contesto idrogeologico in cui la risorsa appare disponibile nell'ambito del ciclo dell'acqua. Questo si sviluppa su grandi aree che sono ben più rilevanti rispetto a quelle dei singoli bacini idrografici: a partire dall'evaporazione prevalentemente dalla superficie marina, si dà luogo a trasferimento di aria umida, precipitazioni meteoriche, infiltrazione e corrivazione al netto di evaporazione con alimentazione delle falde, e recapito al mare.

La vita dell'uomo è da sempre stata condizionata dalla presenza e disponibilità di risorsa idrica, dalla capacità di regolare nel tempo e nella quantità la disponibilità ai fabbisogni.

La disponibilità e l'accesso alla risorsa acqua è stato motivo di contenzioso e si sono sviluppate regole d'uso che meriterebbero una apposita ricerca storica, che sono pervenute da tempo alla formalizzazione del regime di concessione d'uso dell'acqua.

La direttiva 2014/23/UE del Parlamento europeo e del Consiglio del 26 febbraio 2014 sull'aggiudicazione dei contratti di concessione, di recente recepita con D.lgs. n.50 del 18 aprile 2016, esclude le concessioni d'acqua dall'ambito di applicazione, ma ne ribadisce l'importanza. La motivazione di esclusione riporta che *Le concessioni nel settore idrico sono spesso soggette a regimi specifici e complessi che richiedono una particolare considerazione data l'importanza dell'acqua quale bene pubblico di valore fondamentale per tutti i cittadini dell'Unione.*

Nella legislazione nazionale sono state progressivamente recepite le esigenze per una accresciuta sensibilità verso un uso compatibile, con uso idropotabile privilegiato rispetto ad altre finalità d'uso. Sono da decenni previsti oltre ai canoni di concessione, forme di ristoro e compensazioni per i comuni presenti nei bacini tributari (Bacini Idrici Montani) e paesi rivieraschi. Inizialmente previste per le concessioni ad uso idroelettrico mediante cessione di quota parte dell'energia prodotta, nel tempo sono state trasformate in forma monetizzata.

La gestione e l'esercizio delle dighe esistenti è regolata in regime di concessione e, da più parti interessate vengono rappresentate istanze per un uso della risorsa acqua improntato a principi di sviluppo sostenibile, nel senso di conservazione del ciclo della disponibilità della risorsa anche per le generazioni future. Pur riconoscendo necessità di miglioramenti ed aggiornamenti nella regolazione delle concessioni d'uso di una risorsa pubblica, i benefici dovrebbero essere valutati su grande scala piuttosto che in termini localistici. Le difficoltà comprensibili ed inevitabili nel contemperare le varie esigenze non dovrebbero essere motivo di



condizionamento dei principi del regime di concessione pubblica, ribadendo la chiara distinzione fra natura della risorsa pubblica e modalità amministrativa di gestione della stessa, che non implica il ricorso ad un criterio esclusivo di gestione pubblica, quanto piuttosto un aggiornamento nei criteri di regolazione delle concessioni compresi i disciplinari ed i controlli in corso di esercizio.

### **3. REGOLA DI GESTIONE DEI SERBATOI, NUOVE FUNZIONALITÀ DEGLI SCHEMI IDRICI**

Nel corso del tempo si sono sostanzialmente modificate le funzioni originariamente attribuite ai serbatoi, per diversificazione degli usi con ricerca di condizioni di uso plurimo, per la salvaguardia dell'ambiente e la diffusa adozione di un deflusso minimo vitale, per la laminazione delle piene naturali con finalità di protezione idraulica dei territori.

La configurazione degli schemi idrici dovrebbe prendere sempre più in considerazione la possibilità di ricorrere ad interconnessione fra serbatoi ricadenti in bacini contigui, non solo in successione lungo la stessa asta idrografica.

L'esteso incremento di impianti di produzione che ricorrono a nuove forme di energia rinnovabile (eolico e fotovoltaico) ha modificato la tradizionale funzione degli impianti di pompaggio, realizzati per modulare le fasi di produzione di energia termica ed idroelettrica in relazione alla variazione dei fabbisogni giornalieri.

Sono pertanto stati adottati nuovi criteri nella definizione delle regole di gestione degli invasi, che sarebbe opportuno esaminare e sviluppare in termini sistematici, per la messa a punto di modelli di riferimento che consentano di soddisfare ai nuovi fabbisogni secondo criteri di efficienza, oltre che di sicurezza.

a. Il carattere privilegiato dell'uso idropotabile, sul piano quantitativo non dovrebbe porre particolari condizionamenti sugli altri usi, fatte salve le variazioni delle concessioni d'uso già in essere. La qualità delle acque e l'idoneità per l'uso umano è sostanzialmente risolta mediante cicli di trattamento delle acque stesse.

È da valutare la possibilità di adottare regole di gestione, specie in presenza di serbatoi interconnessi e contigui, che con maggiore attenzione alla qualità delle acque, in termini di protezione e controlli, consentano di minimizzare i trattamenti, con quel che ne consegue in termini di contenimento dei costi di gestione.

La qualità delle acque per il consumo umano è da ritenersi fabbisogno primario ai fini della salute pubblica e appare singolare che a fronte di un gran numero di invasi presenti lungo l'arco alpino, gran parte dei territori sottesi, in particolare la Pianura Padana, si approvvigionino da acque da falde profonde mediante emungimento, che richiedono un più elevato livello di controllo e trattamento per la verifica delle loro caratteristiche di idoneità.

b. La definizione dei livelli di compatibilità ambientale in termini di deflusso minimo vitale è attualmente diversificata per i vari bacini idrografici. Sarebbe opportuna una accresciuta consapevolezza sugli obiettivi e sui controlli dei livelli di qualità delle aste idrografiche, in modo da realizzare condizioni più uniformi del DMV dai serbatoi, anche mediante una parimenti accorta gestione delle aste idrografiche a monte ed a valle dei serbatoi stessi.

c. La protezione dei territori a valle delle dighe è oggetto di uno specifico richiamo della normativa vigente (*Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri dell'8 luglio 2014: indirizzi*

*operativi di protezione civile per bacini con grandi dighe*) che individua una particolare e qualificante funzione dei serbatoi, la cui valorizzazione non è pari ai dibattiti che si innescano a seguito di eventi naturali di piena.

Numerosi sono i casi di dighe realizzate in Italia con prevalente funzione di laminazione. La possibilità di una funzione di laminazione estesa alla generalità delle dighe dovrebbe essere sviluppata salvaguardando criteri di efficienza nell'utilizzo della risorsa acqua e dei volumi di invaso disponibili, attuando prevenzione senza ricorrere a non utili limitazioni di invaso, specie in relazione alla stagionalità.

Sarebbe pertanto necessario sviluppare ed aggiornare i modelli di previsione degli eventi meteorologici calibrandoli mediante rilevazione dei vari parametri afferenti i bacini di interesse, predisponendo una adeguata rete di rilievo delle grandezze di interesse lungo i singoli bacini.

- d. I fabbisogni a fini irrigui per produzione agricola si sono incrementati nel tempo per una maggiore estensione delle superfici destinate a colture di maggior pregio, con evoluzione dal seminativo alle orticole, con la previsione di più raccolti in uno stesso anno, attività tutte a vantaggio della produzione agricola e dei valori economici associati. La variabilità negli anni delle condizioni degli apporti naturali ha condotto a evidenziare condizioni di insufficienza della risorsa acqua, fino a risentimenti da crisi da siccità.

La risoluzione di tali problemi ha già condotto a proposte di interventi che migliorano le condizioni di funzionamento degli schemi irrigui. Sono già state sviluppate proposte di incremento dei volumi di invaso mediante innalzamento/rifacimento delle opere di sbarramento esistenti (nuova diga lungo il torrente Sessera), di regimazione delle reti di adduzione e distribuzione

con trasformazione da deflusso a pelo libero (quale testimonianza di epoche di presunta abbondanza di acque) a deflusso in condotta. Tali trasformazioni prevedono spesso lo sfruttamento a fini di produzione di energia dei salti idraulici lungo la rete di adduzione.

Quanto è possibile sviluppare in termini di disponibilità della risorsa dovrebbe essere associato alla realizzazione di impianti di irrigazione che ottimizzino l'uso della risorsa disponibile.

Le modellazioni e le tecnologie di intervento sono strumenti già disponibili, andrebbe però superata la carenza di una impostazione complessiva che, anziché condurre ad una programmazione di fabbisogni economici e forme di finanziamento, conduce ad una parcellizzazione degli interventi secondo approcci settoriali che non favoriscono certo l'economicità complessiva degli interventi.

- e. Gli impianti di pompaggio, di cui si hanno numerosi esempi in Italia, sono stati sviluppati in passato dai principali produttori di energia elettrica quale forma di compensazione fra esuberi di produzione di energia termica, nelle ore notturne e nei giorni festivi, e fabbisogni nelle ore di punta dei giorni feriali, mediante produzione di energia dagli impianti idroelettrici. Gli impianti sono stati progettati per il sollevamento in bacini in quota delle acque in ore notturne e successivo sfruttamento del salto idraulico in ore di fabbisogni di punta.

Le originarie condizioni di progetto sono mutate per le modifiche nelle condizioni di produzione e di mercato dell'energia, anche a seguito di disposizioni di regolazione del mercato e di sviluppo e incentivo delle fonti rinnovabili di energia promosse da disposizioni comunitarie.

La difficoltà di prevedere e programmare la produzione di energia da fonti eoliche o fotovoltaiche può infatti dare luogo a

punte di produzione non facilmente prevedibili, quindi con la necessità di ricorrere alle funzionalità degli impianti di pompaggio anche con sollevamenti in ore diurne.

Lo sviluppo di regole di esercizio, ma anche di protocolli di scambio fra diversi produttori, è presupposto per una più efficiente gestione degli impianti, con indubbi vantaggi a parità di costi, sicurezza e sostenibilità.

La Commissione Europea nel 2015 ha promosso uno studio sulla potenzialità degli impianti di pompaggio in Europa, esteso anche alla Svizzera e la Norvegia, da cui risulta che l'Italia è uno dei paesi con maggiori potenzialità per lo sviluppo di impianti di pompaggio.

- f. Gli invasi esistenti sono caratterizzati da un livello di interconnessione in prevalenza impostato sull'ottimizzazione dell'uso a fini idroelettrici, mediante la realizzazione di impianti in cascata lungo una stessa asta idrografica, con opere di sbarramento distribuite a varie quote.

La realizzazione di bacini "allacciati" consente di incrementare le acque addotte ad un unico invaso, ma non rappresenta la interconnessione e messa in rete di più invasi.

In anni recenti sono state studiate e progettate interconnessioni fra bacini contigui per un impiego ottimale dei volumi di invaso disponibili e migliore distribuzione della risorsa acqua disponibile, in relazione ai fabbisogni, per lo più per finalità di tipo irriguo. Gli invasi con tale destinazione d'uso sono stati progettati prefigurando una regolazione pluriennale, proprio in relazione alla variabilità negli anni degli apporti meteorici, quindi possono presentare condizioni di temporaneo esubero di capacità di invaso che potrebbe essere utilmente impiegata per eventuali afflussi da bacini limitrofi.

L'interconnessione Tirso – Flumendosa, già realizzata fra gli omonimi bacini ed in corso di ulteriore ampliamento, consentirà di dare corso al trasferimento d'acqua fra le zone a nord della Sardegna, caratterizzate da maggiore piovosità rispetto alle zone meridionali dell'isola, che periodicamente incorre in condizioni di scarsità di acqua disponibile che possono configurarsi con caratteri di siccità.

Quale esercizio che astrae dalle specifiche situazioni, è stato sviluppato (RSE 2010) uno studio che ipotizza una ipotetica e generalizzata interconnessione fra gli invasi italiani esistenti. Lo studio non è entrato nel merito delle effettive condizioni di fattibilità e dei benefici conseguibili nelle singole realtà. Ma ha comunque messo in luce le potenzialità di tale linea di intervento che meriterebbe la opportuna attenzione.

Gli sviluppi sopra delineati presentano numerosi casi di applicazione già realizzati ed in atto. Sarebbe opportuno, anche avvalendosi di tali esperienze approfondire gli aspetti riconducibili a previsione ed attuazione delle regole di gestione, che spesso possono coinvolgere gestori differenti, con quel che ne consegue sia per gli aspetti amministrativi ed economici, nonché per gli aspetti connessi alla sicurezza ed alla funzionalità nella gestione di schemi interconnessi, anche in relazione ai profili di responsabilità.

Valorizzare gli invasi esistenti, in condizioni di limitata e condizionata accettabilità e disponibilità alla realizzazione di nuovi invasi, consentirebbe a parità di condizioni di incrementare i benefici conseguenti. Condizione questa che non solo contribuirebbe ad accrescere l'utilità delle opere esistenti, ma potrebbe fornire l'opportunità e le risorse economiche per una rivalutazione della sicurezza e della funzionalità di opere da lungo tempo in esercizio.

#### 4. OPERE ESISTENTI CONOSCENZA DIAGNOSTICA

L'intervento sul patrimonio di infrastrutture esistenti si caratterizza quale importante linea di attività per il patrimonio infrastrutturale del nostro paese, in tutti i campi dell'ingegneria civile, dal patrimonio immobiliare, alle infrastrutture viarie, alle opere idrauliche.

Considerazione ineludibile nell'intervento sull'esistente è il ruolo e la funzione che tali opere svolgono nel presente, con i seguenti connessi benefici diretti e indiretti, che non si è disponibili a perdere, anzi con la ragionevole aspettativa di vederli crescere. Contesto ben diverso dalla linea di intervento per nuove opere, in cui la mancata o ritardata realizzazione comporta conseguenze sui benefici futuri, e che rappresentano una penalizzazione economica e finanziaria nel presente, seppure possa non essere immediatamente percepita.

Sono molteplici i fattori che caratterizzano tale linea di attività e che interessano l'intero ambito delle opere civili:

- verifica dell'idoneità e compatibilità delle opere in relazione ai mutati rapporti con l'ambiente ed il territorio;
- aggiornamento delle funzioni dell'opera in relazione della domanda;
- invecchiamento delle opere.

I fattori esterni alle opere, aggiornamento delle condizioni ambientali e territoriali, analisi della domanda, sono riconducibili ad ambiti che hanno propri sviluppi e approfondimenti, a cui si rimanda.

La caratterizzazione delle opere esistenti assume però un significato altrettanto importante e tale da condizionare in forma determinante le scelte progettuali.

Le domande in merito alla conoscenza delle opere nello stato attuale diventano essenziali per qualsiasi strategia di intervento,

anche di semplice ripristino, fino ad un miglioramento, adeguamento o aggiornamento delle condizioni di sicurezza e di servizio. Il mantenimento dell'opera in esercizio anche parziale nel corso dei lavori rappresenta condizione auspicabile in relazione alla conservazione dei benefici conseguibili.

La progettazione concettuale dovrebbe fare ricorso a schemi o tipologie di intervento del tutto differenti rispetto a quelli adottati per opere di nuova costruzione, con la configurazione finale delle opere che risulta da una combinazione delle scelte della originaria fase di progettazione e di quella integrativa da sviluppare

Lo stato attuale di opere da lungo tempo in esercizio richiede una conoscenza la cui articolazione comprende:

- progetto originario;
- andamento del processo di costruzione, che potrebbe aver comportato modifiche documentate o meno ed eventuali difetti occulti;
- invecchiamento dei materiali anche con evoluzione delle condizioni di sito con cui interagiscono i manufatti;
- comportamento in esercizio anche in occasione di eventi particolari.

L'ambito delle dighe è certamente quello che è in grado di mettere a disposizione un significativo volume di informazioni rispetto a quanto sopra delineato. In Italia la presenza di un organo di vigilanza e controllo che, secondo assetti organizzativi diversi nel tempo, ha operato con continuità da circa un secolo (1925) ha dato luogo, salvo eccezioni, a condizioni di documentazione dell'esistente di particolare rilevanza, specie se confrontato con altri ambiti di infrastrutture.

La disponibilità di documenti e dati estesi ad intervalli temporali pluridecennali è inevitabilmente affetto da variabilità nel grado di omogeneità, attendibilità e completezza.



Potrebbe apparire semplicistica l'affermazione che la disponibilità di documenti e dati possa di per sé rappresentare e costituire una buona conoscenza dell'opera. In realtà è certamente un patrimonio di informazioni irripetibile che, ricorrendo a già note metodologie di valutazione ed elaborazione, dovrebbe concorrere a riferirsi ad una codificata graduazione di livelli di conoscenza.

La definizione di *livelli di conoscenza* è già stata introdotta nella definizione dei parametri che intervengono nella verifica sismica di edifici esistenti.

Stante la specificità delle opere di sbarramento, sarebbe auspicabile poter definire una graduazione dei livelli di conoscenza, eventualmente articolati e differenziati per sottosistemi, quali ad esempio: opera di sbarramento, tenuta in fondazione e lungo le imposte, scarichi, sponde, organi elettromeccanici, sistemi di monitoraggio, ecc....

La documentazione e i dati disponibili fin dall'epoca della costruzione, compreso il comportamento in esercizio ed in occasione di eventi particolari (eventi di piena e risentimenti di sismi) potranno, attraverso opportuni criteri di codifica, condurre a definire i livelli di conoscenza. Questi potranno essere presi a riferimento per l'aggiornamento dei piani di monitoraggio e controllo, nonché per programmare eventuali indagini integrative.

Ulteriore valorizzazione sarebbe il recepimento in ambito di normativa tecnica che, sebbene allo stato attuale sia sviluppata per le nuove opere, già prevede una specifica parte dedicata alle opere esistenti. In futuro non può che ritenersi auspicabile un ulteriore sviluppo della trattazione relativa all'esistente, con modalità di conduzione delle verifiche graduate in relazione ai livelli di conoscenza, proprio in relazione all'importanza ed alle funzioni del patrimonio infrastrutturale già in esercizio.

Le indagini sull'esistente sono state sopra richiamate quale importante strumento di conferma e di integrazione da quanto noto su base documentale.

La diagnostica è un ambito in cui si assiste ad un continuo aggiornamento in relazione sia alla evoluzione della strumentazione, specie nell'acquisizione e nei metodi di elaborazione, sia nel ricorso ad indagini che fanno riferimento a principi di nuova adozione, quali ad esempio i rilievi satellitari, la tecnologia laser e le fibre ottiche.

L'affidabilità dei mezzi di indagine, con considerazioni sulla precisione, accuratezza e ripetibilità delle misure e dei rilievi, è fattore essenziale. Le tecniche che si riferiscono a valori puntuali ricorrono in prevalenza a misure dirette che in genere forniscono risultati più affidabili.

Le metodologie che fanno riferimento a misure indirette riescono ad indagare ampie porzioni delle opere e le grandezze di interesse sono derivate da grandezze misurate con successive fasi di elaborazione e trattamento dei dati, quali ad esempio le indagini di natura geofisica.

In questa sede non si entra nel merito delle potenzialità delle varie tecniche di indagine e di misura, nonché della opportunità e necessità di integrare indagini che fanno riferimento a tecniche diverse, che è attività da rinviare ad una corretta programmazione di una fase di indagini.

Si ritiene invece opportuno richiamare l'attenzione sulla caratterizzazione delle varie tecniche di indagine in relazione alle affidabilità dei risultati conseguibili nelle specifiche situazioni.

La sempre maggiore attenzione alle condizioni di economicità delle indagini può indurre a potenziali equivoci, si evidenziano contenimento dei costi e prestazioni nominali delle varie tecniche, senza la necessaria attenzione sulla loro affidabilità che, a pari

condizioni di strumentazione ed operatori, può variare da caso a caso.

È auspicabile poter disporre, per le varie tecniche di indagine, specie per quelle di più recente adozione, di un quadro di riferimento sulla loro affidabilità, anche in relazione alla qualifica dei processi e degli operatori, che già codificata in ambito europeo su base volontaria è, in alcuni casi, quali quello delle prove sui materiali e sui terreni, prevista in ambito cogente in sede nazionale.

## 5. VERIFICHE DI SICUREZZA METODI DI CALCOLO

È un aspetto che allo stato presente si caratterizza per gli effetti della rivoluzione metodologica introdotta a partire dall'ultima parte del secolo passato dalla sempre crescente e pervasiva disponibilità di mezzi di calcolo automatico di potenza e versatilità apparentemente illimitate.

Forte, di conseguenza, è la tentazione di affidarsi fiduciosamente alla potenza del calcolo numerico (percepita talvolta addirittura come il più evoluto livello di competenza cui delegare con fiducia la soluzione dei problemi), saltando quelle che erano tradizionalmente le tappe intermedie di formulazione critica del modello concettuale di riferimento, del ricorso a metodi di analisi semplificate, dell'abitudine di ricorrere a successive approssimazioni e tentativi, di attente comparazioni con esperienze precedenti e rinunciando sostanzialmente alla facoltà di controllo passo-passo delle fasi di elaborazione.

Queste tappe sia preliminari che intermedie sviluppavano le doti di *'intuizione strutturale'* che oggi tendono purtroppo ad essere in parte atrofizzate a favore dell'apparente facilità nell'ottenere una massa di risultati numerici di cui non è per contro agevole valutare criticamente il reale significato fisico, né l'attendibilità del trasferimento di tali risultati all'oggetto reale.

Non si tratta, ovviamente, di negare o minimizzare l'importanza ed i vantaggi della disponibilità dei moderni mezzi di analisi numerica, ma di segnalare e prevenire gli inconvenienti che possono derivare da una incontrollata fiducia e frettoloso impiego acritico di tali strumenti, alimentati da dati di input spesso dubbiosi scelti a cuor leggero senza tener conto delle possibili conseguenze negative sulla rappresentatività dell'output rispetto al mondo reale (si ricordi il detto, purtroppo ben attuale "*garbage in, garbage out*"!).

E' rivelatrice la considerazione che nel passato, anche remoto, si sono edificate strutture magnificamente concepite addirittura senza avere il sussidio di alcun tipo di calcolo né di modelli concettuali di base, e che molte di tali strutture monumentali sono giunte sino a noi ancora ben funzionali, nonostante talvolta affette da patologie che le limitate conoscenze teoriche non avevano consentito di prevedere.

Quali sono stati, allora, i fattori di un tale successo? Escludendo la tesi riduttiva che attribuisce tali esempi di duratura sopravvivenza a fortunate ma casuali coincidenze, è da ritenere che fattori preminenti di successo fossero appunto lo studio delle realizzazioni antecedenti, la chiara distinzione, enunciazione (le specifiche) e pianificazione dei fini e delle conseguenti esigenze prestazionali e proprietà caratteristiche da ottenere (gli standard, potremmo dire in termini moderni) di ciò che si intendeva realizzare, l'esperienza pratica e la diretta conoscenza e controllo dei materiali nell'effettiva costruzione di strutture gradualmente più complesse ed audaci seguita dall'esercizio di un paziente follow-up del comportamenti delle strutture, assistiti continuamente proprio da un'intuizione strutturale istintiva che attraverso l'espletarsi di tali fasi complementari veniva gradualmente sviluppata ed affinata e che, assieme alla continua osservazione consapevole delle circostanze previste ed impreviste

del manufatto nel suo concretizzarsi da progetto in oggetto, poteva anche suggerire opportune varianti in corso d'opera.

La funzione di ingegneria sembra in alcune circostanze aver smarrito il proprio riferimento, spesso anche per i condizionamenti e lunghi tempi degli iter autorizzativi, che concorrono a confinare in un secondo piano gli aspetti ingegneristici.

La necessità di attribuire la dovuta attenzione agli aspetti concettuali nel confronto con gli aspetti computazionali è quanto mai attuale in ambito nazionale, specie a seguito della predisposizione delle nuove Norme tecniche per la progettazione e costruzione delle opere di sbarramento.

Il riferimento dell'impianto delle norme tecniche ai principi degli stati limiti ed ai fattori parziali, come codificati dalle Norme tecniche per le costruzioni di diretta derivazione dagli Eurocodici, ha di fatto indotto una prevalente attenzione ai criteri di scelta dei vari parametri di ingresso alle analisi numeriche.

Tale innovazione ha rappresentato un ulteriore motivo per possibili equivoci circa l'assimilazione di una verifica di sicurezza ad un modello di calcolo.

Il ricorso a modelli di calcolo evoluti è un elemento di cui è doveroso riconoscere il pregio nell'ambito di un più generale processo di verifiche di sicurezza. Sono noti i problemi in merito ad una documentata scelta dei parametri di ingresso, nonché i limiti nello sviluppo di analisi parametriche dovuti ai tempi di calcolo. Nell'ambito dei metodi di calcolo sono presenti, infatti, esempi di ottimizzazione dei tempi di calcolo, particolarmente utili nel caso di analisi di sensibilità (ETA Method).

La potenzialità degli strumenti di calcolo deve trovare una adeguata consapevolezza e competenza nel loro utilizzo. Le valutazioni allo stato dell'arte fanno ritenere la attuale codifica delle norme tecniche per le dighe agli stati limite, non del tutto

aggiornata ad analisi probabilistiche in senso proprio del termine. Ci si ferma al primo livello a coefficienti costanti, andrebbero invece fatti variare i coefficienti, passando ai livelli successivi.

In ogni caso, l'innovazione connessa all'impiego di tecniche di calcolo complesse dovrebbe essere maggiormente suffragata dal confronto con casi reali, per poter pervenire a linee guida che non si limitino alla descrizione delle potenzialità dei vari metodi, quanto piuttosto ad una disamina dei criteri che intervengono nella scelta dei parametri di ingresso alle analisi.

Le analisi numeriche con modelli complessi dovrebbero essere sempre sostenute da un confronto con metodi semplificati, che andrebbero presi a riferimento per analisi di tipo indipendente e nelle fasi propedeutiche per analisi più complesse. Il ricorso a metodi semplificati specie nelle fasi iniziali e di scelta dovrebbe consentire di salvaguardare l'impostazione concettuale ingegneristica nella definizione del progetto o di valutazione della sicurezza dell'opera.

Le stesse Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al DM 2008, molto spesso riconosciuto quale riferimento non pertinente per le opere di sbarramento in quanto calibrato per gli edifici, ancorché richiamato esplicitamente dalle Nuove Norme tecniche per tali opere, fanno un esplicito richiamo alla funzione delle verifiche indipendenti con metodi semplificati. In particolare al Cap. 10 *Norme per la redazione dei progetti esecutivi* si riporta:

*Giudizio motivato di accettabilità dei risultati.*

*Spetta al progettista il compito di sottoporre i risultati delle elaborazioni a controlli che ne comprovino l'attendibilità.*

*Tale valutazione consisterà nel confronto con i risultati di semplici calcoli, anche di larga massima, eseguiti con metodi tradizionali e adottati, ad esempio, in fase di primo proporzionamento della struttura. Inoltre, sulla base di considerazioni riguardanti gli stati*

*tensionali e deformativi determinati, valuterà la consistenza delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.*

La previsione della normativa appare del tutto ovvia e condivisibile nella sua formulazione e forse proprio per tali ragioni non valorizzata e adeguatamente attuata nella pratica corrente.

## **6. CONTROLLI IN ESERCIZIO SISTEMI SCADA**

L'ingegneria industriale ha consentito di mettere a punto modelli evoluti di gestione dei controlli che si sono progressivamente trasferiti anche ad alcuni settori dell'ingegneria civile. I sistemi tipo SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*) in ambito della gestione delle infrastrutture autostradali sono largamente utilizzati.

Il settore delle dighe ha da lungo tempo adottato sistemi di monitoraggio e controllo in automatico. Sarebbe però opportuno esaminare quanto già adottato secondo criteri improntati ad una logica di sistema. Presupposto essenziale per politiche di sicurezza e gestione che non operino per singoli temi (idrologia, sisma sicurezza strutturale, ecc.) quanto per scenari di evento, approccio non solo più efficace per individuare le sequenze più sfavorevoli di eventi, quanto anche più efficiente ed in grado di conferire diverso peso ai possibili interventi correttivi.

Il controllo delle modalità di esercizio è ancora molto condizionato dal concetto di guardiania continua, retaggio del controllo "a vista" del secolo scorso. Per confronto si può richiamare la intervenuta automazione nel controllo dell'esercizio ferroviario, ambito in cui casi recenti di incidente (Corato 2016) hanno messo in evidenza una problematica criticità del controllo a vista.

È noto che la rilevazione in telemisura in automatico consente di acquisire un dato continuo e di cogliere variazioni giornaliere non certo rilevabili con misure manuali necessariamente discontinue. È il caso in cui prevalgono variazioni nel breve periodo, quali serbatoi a regolazione giornaliera, invasi e sbarramenti in zone alpine che, con apporti di falda da scioglimento delle nevi, oltre che stagionale, presentano grandezze con variabilità giornaliera. A questi si aggiungono le deformazioni termiche provocate per temperatura ambiente, ma anche per condizioni di esposizione.

La telemisura è una funzione di cui si conoscono i benefici, la si chiede in molti casi, la si apprezza nella capacità di risolvere e comprendere il comportamento delle opere. Non altrettanto avviene per il telecontrollo che è una funzione associata alla teleconduzione largamente praticata, non solo in campo idroelettrico.

In anni recenti si è sempre più accresciuta l'attenzione sulla sorveglianza e vigilanza dei luoghi e la sicurezza degli impianti rispetto a potenziali intrusioni ostili e lesive per la sicurezza.

È un problema di *security*, che ha una sua importanza e che merita una autonoma e specifica trattazione, nell'ambito di quanto già codificato dalla normativa in ambito di strutture ed obiettivi sensibili.

Tale tema, anche in ambito internazionale, è stato trattato per lo più in forma disgiunta dalla sicurezza in ambito tecnico. Emergono a volte alcune contraddizioni fra i due approcci, la diffusione e la facilità di accesso a informazioni di ordine tecnico che è condizione ricercata per la sicurezza delle opere e la compatibilità con il territorio, è per contro oggetto di valutazione di opportunità di riservatezza delle informazioni in ambito di obiettivi sensibili e sicurezza pubblica.



## 7. TRASFERIMENTO CONOSCENZE

L'evoluzione delle specializzazioni in campo tecnico, che notevolmente ha contribuito alla comprensione dei fenomeni naturali e del comportamento delle costruzioni, comporta quale risvolto critico la dispersione della conoscenza, con maggiori difficoltà a pervenire ad un quadro unitario. Come in precedenza richiamato, il livello delle conoscenze in alcuni ambiti normativi, quale quello delle costruzioni, è preso a riferimento, sebbene in termini qualitativi, per una scelta differenziata di alcuni parametri che intervengono nelle verifiche di sicurezza.

Il settore delle dighe, per importanza delle opere e tradizione, nell'ambito delle opere civili è quello per il quale i livelli di conoscenza sono potenzialmente maggiori che in altri ambiti infrastrutturali.

Il lungo arco temporale di esercizio di dighe e serbatoi, con disponibilità di dati e documentazione relativi al comportamento in esercizio ed a eventuali lavori, dovrebbe indurre a definire criteri per la selezione delle informazioni che è necessario conservare nel tempo, individuando livelli di sintesi con richiami a documenti di maggior dettaglio, da aggiornare a cadenze periodiche o in occasione di eventi di particolare importanza. In alcune nazioni sono stati definiti degli standard per la compilazione di dossier relativi alle dighe (Comitato Svizzero Dighe)

Il trasferimento di conoscenze è un problema reale, ma solo di rado riconosciuto ed ancor meno studiato con intenti risolutivi.

E' fatto storico che le conoscenze acquisite e sviluppate dai tecnici di un dato periodo possono venire in parte dimenticate o comunque ignorate dalla generazione successiva. Le conseguenze non sono di poco conto, potendo comportare nei casi meno dannosi

perdite di tempo e di efficienza nel lavoro professionale, ma talvolta addirittura gravi incidenti con pesanti ricadute anche economico-finanziarie.

Questo dato storico riscontrabile in ogni epoca si sta esasperando negli ultimi tempi, poiché i rapidi progressi ad esempio (ma non solo) nel calcolo numerico portano non di rado a ritenere che sia inutile rinvangare 'vecchie' metodologie e conoscenze che vengono saltate a piè pari, affidando le elaborazioni alla potenza del mezzo automatico e rinunciando ad elaborazioni preliminari, dove le conoscenze pregresse potrebbero suggerire impostazioni e modus operandi più razionali e fruttuosi.

In modo solo apparentemente paradossale, la conoscenza approfondita delle conoscenze pregresse è premessa indispensabile al progresso delle tecniche ed alle innovazioni. Se c'è da migliorare, occorre sapere quali sono le potenzialità ed i limiti delle conoscenze acquisite, e per confronto con i mutamenti quantitativi e qualitativi delle esigenze realizzative concepire una strategia di miglioramenti da perseguire.

La generazione dei tecnici di più lunga esperienza dovrebbe mettersi a disposizione di uno sforzo concentrato rivolto a proporre ed attuare misure di efficace trasferimento dell'immenso patrimonio di conoscenze e know-how, che altrimenti rischia di disperdersi e di dover essere in seguito nuovamente ritrovato con irrazionale dispendio di energie.

Il trasferimento di conoscenze non si pone solo in relazione al naturale avvicendamento fra generazioni, le condizioni attuali del mondo produttivo rendono molto più frequente rispetto al passato la mobilità degli addetti, per modifiche negli assetti organizzativi nell'ambito delle singole realtà produttive. Sempre più frequenti sono i casi di avvicendamenti fra gestori per mutati assetti societari, con vere e proprie cessioni di rami di azienda.

Non da ultimo il trasferimento di conoscenze ha una valenza di tipo amministrativo, in caso di rinnovo delle concessioni d'acqua. Lo stato di consistenza dell'opera all'atto del nuovo periodo di concessione, che avviene con procedura di gara, rappresenta un elemento documentale che ha significativa rilevanza contrattuale in termini di definizione del piano economico finanziario e nella definizione del piano finanziario del nuovo concessionario, in cui potrebbe eventualmente dover essere prevista una indennità di subentro da questo dovuto a quello uscente.

Sarebbero da prendere in considerazione codificati periodi e momenti formativi a favore delle generazioni più giovani incentrati sulla specifica realtà delle varie dighe, ad integrazione di quanto verosimilmente già svolto in linea generale, per essere opportunamente pianificato, istituzionalizzato ed organizzato.

Gli stretti legami tra innovazioni e miglioramenti via via acquisiti dai progressi teorici e tecnologici, e l'accumulo e trasmissione nel tempo delle nozioni e dei mezzi di analisi via via sviluppati, integrati in una visione unitaria dell'opera, del suo ambiente e delle condizioni di realizzazione, dovrebbero essere identificati chiaramente. Vi è oggi un eccesso di informazione, o meglio di comunicazione, circa gli ausili analitici disponibili per effettuare valutazioni quantitative sofisticate, é che l'eccesso di informazione può essere altrettanto inutile di una carenza di informazione. Pertanto diventa essenziale il colloquio tra generazioni di ingegneri che non dovrebbe essere relegato a circostanze episodiche.

## **8. NORMATIVA**

Una trattazione della normativa richiede innanzitutto un chiarimento su quali siano gli ambiti e le competenze secondo l'attuale ordinamento nazionale e su come si confrontano con

questo le c.d. norme internazionali. È molto frequente, infatti, una incertezza nella necessaria distinzione fra norme tecniche, regolamento e norme procedurali, distinzione fra norme cogenti e volontarie.

Le norme tecniche prendono in esame ai fini della progettazione e delle verifiche di sicurezza, gli aspetti tecnici relativi a stati di riferimento, a carichi, loro combinazioni, indicazioni su metodi di calcolo, valori di riferimento per l'accettabilità dei risultati, prescrizioni sugli elementi compositivi del progetto potenzialmente rilevanti ai fini della sicurezza. Le norme tecniche sono emanate in via esclusiva dallo Stato, per opere di qualunque altezza e volume di invaso, e di recente sono state aggiornate con il DM 26 giugno 2014.

Le norme procedurali, che trovano la loro formulazione in Regolamenti, riportano compiti e responsabilità dei vari soggetti coinvolti (gestori, autorità di vigilanza, altre amministrazioni, ecc.), le fasi di approvazione dei progetti, le modalità di controllo in fase di costruzione e nei primi cicli di invaso, gli adempimenti in corso di esercizio (monitoraggi, rapporti di misura, visite ispettive, ecc.), particolari condizioni in cui si rendono necessarie attività straordinarie (pianificazione emergenze, regole di gestione del serbatoio a fini di protezione idraulica e di salvaguardia dell'ambiente, ecc.). I regolamenti sono emanati dagli organi competenti che sono lo Stato, per le dighe di altezza superiore a 15 m o volume di invaso superiore a 1 milione di m<sup>3</sup> (attualmente è in vigore il DPR 1363/1959 in corso di aggiornamento), dalle regioni per le dighe di caratteristiche inferiori.

Nel seguito si riporta parte delle considerazioni sulla regolamentazione e la sicurezza presentate a Stava nel 2015 in occasione di una giornata su *La sicurezza dei riempimenti di terra: bacini di decantazione, colmate e discariche*.

## *Regolamentazione tecnica*

In ambito di norme tecniche, quando ci si confronta con normative straniere, non sempre è chiara la distinzione fra norme cogenti, che valgono in tutti i casi, e norme di buona prassi che, con rango di non cogenza, riportano metodi e indicazioni più orientati allo stato dell'arte. Le norme non obbligatorie sono certamente un utile e significativo riferimento per contesti ottimali; per quei casi particolari in cui non è possibile una loro applicazione integrale non prevedono, a differenza delle norme cogenti, la necessità di una esplicita procedura di deroga, proprio in considerazione del carattere di adozione volontaria.

Quando si predispone una nuova normativa, stimolati dalle migliori intenzioni, spinti dalla necessità di comprendere aspetti innovativi nel frattempo intervenuti, sia per quanto afferisce modelli e metodi di calcolo e verifica, sia in relazione a nuove tecnologie disponibili, si rischia frequentemente di predisporre norme improntate allo stato dell'arte delle varie discipline.

Le norme a carattere cogente quanto più riportano metodi di verifica, requisiti e tecniche allo stato dell'arte, tanto più assumono un carattere prescrittivo ed è probabile che i termini di riferimento siano in breve tempo superati, proprio dall'evoluzione delle conoscenze più aggiornate.

La necessità di frequenti aggiornamenti non è certo compatibile con i tempi di emanazione degli aggiornamenti mediante decreto. L'articolato iter di emissione nelle norme tecniche per le dighe prevede anche il concerto con altri soggetti istituzionali (Ministero interno, Dipartimento protezione civile, Conferenza unificata in cui sono rappresentati Regioni ed associazioni dei Comuni) che è richiesto nel rispetto di salvaguardia delle garanzie delle varie componenti istituzionali. I tempi e l'onerosità di un tale percorso di emanazione possono essere

recepiti quale difetto o ridondante onere burocratico, ma il giudizio potrebbe anche essere ricondotto ad una incertezza in ambito tecnico. Questo dovrebbe proporre norme tecniche da emanare con decreto che devono riportare principi e contenuti tecnici stabili, demandando regole e protocolli operativi per la conduzione delle verifiche a disposizioni di rango inferiore, con carattere di linee guida.

Inoltre, è da richiamare l'attenzione sull'impatto che una nuova norma tecnica può avere sull'esistente. La salvaguardia del patrimonio esistente, in termini di adeguamento e continuità di esercizio, è una linea di intervento sempre più rilevante, pur nella previsione di realizzare nuove infrastrutture.

Le norme quando obbligatorie, devono tener conto di tutte le possibili condizioni di impiego, devono far riferimento a requisiti minimi da applicare in tutte le condizioni, e quanto più sono prescrittive, in termini di metodi e requisiti di riferimento, tanto più assumono la veste di norme applicabili per nuove realizzazioni, per le quali tutte le scelte sono possibili e non sussistono i problemi di inapplicabilità derivanti dai condizionamenti che possono caratterizzare le opere già realizzate.

Le norme a prevalente carattere prescrittivo sono di frequente incongrue a trattare l'esistente, che è una realtà condizionata nei caratteri fisici, in quanto determinati requisiti, quali tipologie, dimensioni e materiali, possono non essere facilmente modificabili, e dalla necessità di salvaguardare la continuità di esercizio e di fruibilità delle opere già esistenti.

Quanto sopra riportato assume maggior rilievo se si considera che le dighe e gli impianti ad essi connesse assumono di fatto carattere di prototipo, specie in relazione all'importanza delle specifiche condizioni di sito in cui sono impostate le opere.

Le considerazioni sopra riportate concorrono a far ritenere, come dai più recenti sviluppi nel campo delle norme sulle costruzioni, l'indirizzo normativo prestazionale preferibile a quello prescrittivo.

Il rispetto di aspetti formali complessi specialistici e di dettaglio, imposti da norme cogenti, possono condizionare la necessaria attenzione al progetto concettuale. Fase indispensabile per individuare i principi base di funzionamento delle opere, che rappresentano una caratteristica del progetto che è separata e distinta rispetto al livello di sviluppo e dettaglio dello stesso, convenzionalmente articolato nelle fasi di preliminare, definitivo ed esecutivo.

Riguardo le verifiche di sicurezza, gli scenari di evento sono presi in esame separatamente, previa definizione di diversi Stati Limite di riferimento in accordo alle recenti norme di cui al D.M. 26 giugno 2014. Si tiene conto delle varie azioni agenti mediante un processo di combinazione che è riconducibile ad una sovrapposizione in varia misura delle stesse, in cui tutte le possibili azioni sul piano formale assumono pari importanza.

Nella realtà gli sbarramenti e le opere connesse costituiscono un "sistema", quanto accade in un certo punto ad un dato istante è la conseguenza di quanto si è verificato prima in senso spazio-temporale. L'evento indesiderato non è mai riconducibile ad una sola causa, bensì ad una concatenazione di eventi sfavorevoli, in cui rileva la successione degli effetti secondo rapporti di causa effetto e non la sola sovrapposizione degli effetti stessi.

L'Analisi di rischio è una metodologia da tempo impiegata in vari settori dell'ingegneria industriale, può essere sviluppata sia in termini qualitativi sia mediante valutazioni di tipo quantitativo. In quest'ultimo caso, a partire da considerazioni di carattere probabilistico, si possono riconoscere attraverso analisi del tipo

albero dei guasti e delle cause, con associate le rispettive probabilità di accadimento, l'insorgere di eventi critici, la cui evoluzione modellata mediante analisi ad albero degli eventi consente di definire i possibili scenari di evento, con corrispondenti fatalità e probabilità di accadimento. Ne può discendere che non tutti gli scenari in condizioni più severe abbiano la stessa probabilità di accadimento e, nel contempo, si focalizza l'attenzione su alcuni scenari minori che, per maggiore probabilità di accadimento associata, possono anch'essi risultare significativi.

In tale tipo di analisi le misure di sicurezza adottate non sono solo riconducibili alle caratteristiche e dimensioni delle opere. Infatti, possono essere prese in conto anche gli effetti di misure di sicurezza di tipo non strutturale, quali ad esempio organizzazione del gestore, sistemi di monitoraggio con soglie di allerta, grado di conoscenza del comportamento pregresso delle opere. In tal modo si riescono a valorizzare una serie di entità significative ai fini della sicurezza, il cui ruolo sfugge in ambito di verifiche convenzionali, specie nel caso in cui tali misure risultino per ragioni di varia natura carenti.

Misure non strutturali altrettanto importanti sono quelle riconducibili alle fasi di pianificazione della gestione delle emergenze. A pari condizioni di pericolo, i corrispondenti rischi possono essere mitigati mediante predisposizione di piani di emergenza, con livelli di allerta opportunamente graduati.

Attraverso l'analisi di rischio si riescono a determinare i rischi residui su base quantitativa da confrontare con livelli di rischio socialmente accettabili. Sono sempre più frequenti le proposte e gli esempi di applicazione in ambito internazionale (USA; Australia, Gran Bretagna, Spagna) e l'ICOLD ha emanato un documento di studio (Bulletin 130 - 2005 - Risk Assessment in Dam Safety Management), documenti per lo più sviluppati in un contesto che non riveste carattere di cogenza.



L'accettabilità di livelli di rischio e la definizione delle corrispondenti soglie può certamente porre dei problemi in un contesto quale quello italiano, tradizionalmente ancorato a certezze di tipo deterministico, piuttosto che ad accettabilità e gestione di rischi residui per quanto rari.

L'analisi di rischio può quanto meno rappresentare un valido strumento di supporto alle decisioni in ambito di esame comparativo fra una pluralità di situazioni per definire, in un ambito di una serie di dighe le condizioni più critiche, verso cui orientare successivi approfondimenti di analisi ed eventuale adozione di interventi. In tal modo si può disporre di criteri di priorità per rendere più efficienti le attività di vigilanza, di indagini e studi, di programmazione di eventuali interventi.

Altro contributo che può fornire l'analisi di rischio è l'esame sistematico e codificato delle possibili concatenazioni di eventi che, in ambito di approccio tradizionale, è affidato al giudizio ed all'esperienza del progettista o di chi sviluppa l'analisi di sicurezza. In alcuni contesti normativi, quale quello francese, è stato introdotto lo studio di pericolo che rappresenta una delle fasi iniziali dell'analisi di rischio. Dovrebbero essere riconoscibili i vantaggi connessi all'adozione di un approccio sistemico, non affidato all'esperienza degli operatori ma che si avvale delle esperienze pregresse dell'intero settore, attraverso una articolata codifica degli scenari di riferimento.

Senza entrare in questa sede nel merito della metodologia proposta in ambito internazionale, è da tener presente che la rappresentatività dei risultati dell'analisi di rischio è condizionata dalla quantità e qualità dei dati disponibili sulle frequenze di accadimento degli eventi incidentali osservati e delle potenziali magnitudo delle conseguenze.

Ne consegue una accresciuta importanza dei c.d. ritorni di esperienza, con appropriato esame di tutti gli eventi significativi nel corso di esercizio della diga e delle opere connesse. È da osservare che il confronto fra le singole realtà in ambito di dighe, non è immediato in quanto la specificità delle singole situazioni non consente di ricostruire basi statistiche significative, al pari di altri settori dell'ingegneria.

### ***Regolamentazione procedurale***

Riguardo la regolamentazione in materia di dighe in ambito internazionale, la Banca Mondiale ha predisposto un rapporto (*Regulatory framework for dam safety*, 2002) in cui si confrontano gli impianti normativi in materia di sicurezza delle dighe in ambito mondiale. Dal confronto emerge quale principio irrinunciabile la presenza di un soggetto indipendente dal gestore, con funzione di vigilanza e controllo rispetto a quanto svolto dai gestori stessi, ed è di frequente previsto un organo collegiale con funzioni consultive per l'organo indipendente.

Il regolamento italiano è sostanzialmente in linea con tali indicazioni, con la funzione di vigilanza sulla sicurezza svolta da un organo istituzionale di natura pubblica.

In occasione di esame e parere dello schema di nuovo regolamento, il Consiglio superiore dei lavori pubblici, con voto 80/2012 reso nell'adunanza di Assemblea generale del 18 ottobre 2013, ha auspicato l'emissione in tempi brevi del testo proposto, considerato che quello vigente risale al 1959. Si è condivisa la necessità di dare attuazione agli aggiornamenti a seguito di normative sopraggiunte ed alla evoluzione delle competenze che, nel corso degli anni, hanno dato luogo ad un accresciuta difficoltà nel rendere disponibile un quadro unitario degli adempimenti a carico dei concessionari/gestori.

Nel contempo, sono state espresse una serie di considerazioni di ordine generale che richiamano l'attenzione su alcuni temi oggetto da tempo di discussione e confronto nel settore dighe, che richiedono approfondimenti in un contesto di studi pre-normativi, al fine di proporre eventuali future evoluzioni in materia, anche con riferimento alla regolamentazione della sicurezza delle dighe in ambito internazionale.

- È stata richiamata l'attenzione su opere esplicitamente escluse dall'ambito di applicazione del Regolamento, quali le dighe di ritenuta di competenza delle regioni, nonché altre opere che svolgono funzione di contenimento, quali i bacini minerari e le arginature fluviali. Ferma restando la ripartizione di competenze sul piano amministrativo, è da rilevare che in ambito tecnico sarebbe auspicabile sviluppare un confronto con opere che, per la loro funzione di contenimento, sono assimilate alle dighe.
- Con riferimento all'ambito di applicazione si dovrebbe tener conto che ci si riferisce in prevalenza a dighe esistenti, problema comune a molti paesi specie europei. Sarebbe auspicabile prevedere un collegamento fra il riesame complessivo delle singole opere esistenti, con le scadenze a lungo periodo, e la vigenza delle concessioni in essere, contesto che sarebbe da prendere quale opportuno riferimento per dare corso ad interventi preventivi. La vita effettiva delle opere, infatti, è ben superiore alla vita nominale di riferimento, concetto quest'ultimo che, sebbene a rigore applicabile per le opere di nuova costruzione, dovrebbe essere esteso anche alle opere esistenti in occasione di rinnovi del ciclo di vita delle stesse, tenendo conto delle modifiche intervenute nel tempo nelle disposizioni tecniche di riferimento e nelle condizioni d'uso del territorio.
- In ambito internazionale, nella gran parte delle regolamentazioni, sono state adottate suddivisioni in classi per le grandi dighe, cui è associata una differente graduazione dei procedimenti da

applicare. Si ritiene debba essere approfondita tale possibilità, in modo da orientare la vigilanza ed i controlli secondo modalità differenziate, in relazione alle effettive potenziali criticità, secondo criteri da definire. La mancanza di differenziazione comporta che per tutte le opere siano indistintamente previsti gli stessi procedimenti e loro modalità di attuazione. Tale impostazione ha quale presupposto che si possano perseguire i prefissati livelli di sicurezza, per opere differenti, adottando le medesime modalità di controllo in ogni caso. Nella realtà è da ritenersi verosimile che a parità di obiettivi di sicurezza, i procedimenti di vigilanza e controllo possano essere graduati e differenziati, secondo criteri che è opportuno approfondire, distinguendo le condizioni potenzialmente più critiche.

- Sempre in ambito internazionale è a volte prevista una preventiva qualifica a cura dell'Organo istituzionale di controllo, dei soggetti preposti alla progettazione ed alle attività di controllo in esercizio delle opere di sbarramento. Stante l'elevato e specifico livello di qualificazione tecnica richiesta in materia di dighe, l'eventualità di prevedere preventive qualifiche in ambito tecnico potrebbe, tra l'altro, costituire un valido strumento per salvaguardare la soglia di specializzazione che in passato ha particolarmente distinto la realtà tecnica nazionale.

## 9. PROGRAMMI

Quanto sopra illustrato evidenzia che l'innovazione è attuata secondo un processo continuo, che è anche oggetto di confronti nell'ambito della comunità tecnica che opera nell'ambito delle opere di sbarramento. Sarebbe opportuno sviluppare un coordinamento fra i vari processi innovativi per promuoverne una più efficace attuazione nella pratica corrente.

Lo sviluppo delle conoscenze e dell'innovazione tecnica in un settore non dovrebbe essere affidato alla iniziativa dei singoli o alla risoluzione di temi contingenti. Sarebbe auspicabile operare in un contesto in cui siano delineati programmi di intervento, con l'intento di promuovere lo sviluppo del settore per il soddisfacimento del quadro aggiornato dei fabbisogni, che potrebbero fornire le migliori condizioni per l'introduzione di innovazioni, con attenzione anche al contesto economico in grado di favorirle.

La programmazione nel settore delle dighe e dei serbatoi artificiali dovrebbe essere oggetto di una maggiore adeguata attenzione, come illustrato nel contesto del numero monografico della rivista *Acqua* dedicato alle dighe. Le considerazioni riportate nel seguito sono in buona parte riprese da quanto riportato in quella sede (Lettera et al.).

Gli interventi programmati ed in parte realizzati in anni recenti, pur in presenza di un ristretto numero di nuove opere, hanno per lo più riguardato completamenti di opere in corso e manutenzioni di opere esistenti. Impostazione che può ritenersi riduttiva rispetto alle esigenze e potenzialità del settore, pur non considerando nuove opere e valorizzando le esistenti secondo aggiornati criteri di utilizzo della risorsa.

Il prevalente carattere di completamento dei lavori, che negli ultimi anni hanno interessato le dighe e le opere comprese nei corrispondenti schemi idrici, è coerente con i principali documenti programmatici emanati nello stesso periodo.

Nel 2001 il CIPE ha approvato, con delibera n. 121 del 21 dicembre, il Programma delle Infrastrutture Strategiche (PIS), che prevedeva un'articolata serie di interventi infrastrutturali per sostenere lo sviluppo e la modernizzazione del Paese e considerati a tal fine di interesse prioritario.

Il *Programma Sistemi Idrici* relativo ad *Interventi per emergenza idrica nel Mezzogiorno*, prevedeva tra le altre, opere che rappresentavano completamenti di schemi idrici per l'utilizzazione a valle di dighe esistenti, nonché alcuni interventi per opere di sbarramento, che concorrevano a completare schemi idrici, in alcuni casi avviati da decenni.

Nel 2005 con la Delibera CIPE n.74 è stata approvata la proposta di programma nazionale degli interventi nel settore idrico, ed i documenti programmatici negli anni successivi hanno di fatto riproposto quanto in precedenza già previsto.

La continua riproposizione degli stessi interventi, se da un lato è indicativo delle difficoltà non solo di reperimento di risorse finanziarie ma anche autorizzative, dall'altro evidenzia che si è in ambito di completamenti di schemi idrici pianificati da tempo.

Sarebbe auspicabile che i documenti di pianificazione prevedano, oltre ai completamenti, interventi di potenziamento degli schemi idrici, che dovrebbero recepire gli opportuni aggiornamenti sui fabbisogni ed usi idrici, anche alla luce di criteri di sviluppo sostenibile della risorsa.

È da segnalare che i programmi di cui sopra hanno quale elemento comune, in quanto in prevalenza riferiti al settore irriguo, il fabbisogno di finanziamenti pubblici del tipo a fondo perduto, non emerge un quadro delle linee programmatiche relative ad invasi, quali quelli a prevalente destinazione idroelettrica, che per i relativi interventi fanno capo a risorse finanziarie reperite direttamente dai concessionari che hanno nella maggior parte dei casi un profilo privatistico.

La programmazione di un settore, quale quello delle dighe e delle attività connesse, dovrebbero articolarsi secondo una successione di fasi quali predisposizione di piani, programmi di attuazione, individuazione delle fonti e forme di finanziamento,

autorizzazione ed esecuzione dei singoli interventi con i relativi controlli in fase di costruzione ed esercizio.

La specificità del settore dighe, per quanto in precedenza richiamato, comprende infrastrutture che per il 35% del loro numero sono in esercizio da oltre 70 anni e per oltre l'85% da più di 40 anni.

La vetustà delle opere richiede interventi di manutenzione per far fronte a fenomeni connessi all'invecchiamento ed al miglioramento o adeguamento delle condizioni di sicurezza, aggiornando le iniziali ipotesi di progetto in relazione ai valori delle portate di piena e della sismicità basati sulle conoscenze del presente.

Il rispetto della sicurezza nell'esercizio e dei sopraggiunti obiettivi di sostenibilità ambientale deve necessariamente trovare una sua attuazione attraverso la considerazione del bilancio economico nell'esercizio delle opere. La valorizzazione di benefici diretti dalla gestione delle acque, in un momento di pesanti vincoli sulla disponibilità di risorse finanziarie pubbliche, può rappresentare il presupposto attraverso il quale verificare e attuare condizioni di sostenibilità, intesa come adozione di iniziative che non pregiudichino la disponibilità di risorse e dell'ambiente per le generazioni future.

Finora è prevalsa una evoluzione spontanea, quasi confidando che il sistema si possa autoregolare. Nella realtà gli equilibri sono determinati da un confronto fra varie esigenze antagoniste, in cui sembrano prevalere le componenti che, caso per caso, si avvalgono di maggiore determinazione in termini di capacità propositiva o, all'opposto, di contrasto.

Sarebbe necessario ripristinare una sequenza che dovrebbe articolarsi secondo fasi in successione di pianificazione, programmazione, progettazione dei singoli interventi, in grado di

valorizzare la funzione di serbatoio di accumulo fin dalla fase di pianificazione, affrontando unitariamente le esigenze di sicurezza, quelle per un uso sostenibile della risorsa e dell'ambiente, nonché l'equilibrio e la sostenibilità economica della costruzione e gestione.

In mancanza di una chiara sequenza delle fasi soprarichiamate, vengono proposti progetti di intervento per specifiche situazioni, che sono quelle per le quali verosimilmente sussistono margini residui di redditività. Inoltre, il singolo progetto rimane isolato e viene esaminato dovendosi far carico di una serie di incertezze che sono effetto di carenze delle fasi precedenti e che non sempre sono risolvibili nel contesto del singolo progetto.

La mancanza di espliciti riferimenti programmatici dilata i tempi di progettazione, autorizzazione e decisione, che sono diventati confrontabili con i tempi di esecuzione degli interventi, tempi che si sono anch'essi progressivamente accresciuti. Il tutto rappresenta un aggravio di costi per la singola iniziativa e per la collettività.

Il rinnovo delle concessioni alla loro scadenza potrebbe essere l'occasione per prevedere nuovi cicli di vita delle opere con piani di investimento per il loro ammodernamento, in funzione di miglioramenti ed adeguamenti normativi, cui deve seguire un idoneo periodo di gestione per il loro ammortamento. L'equilibrio economico della gestione degli invasi, come in precedenza richiamato è esigenza sempre più pressante in relazione alle maggiori restrizioni sui contributi di finanza pubblica del tipo a fondo perduto, con la necessità di ridurre quanto possibile quest'ultima componente.

Sarebbe da promuovere il recupero di unitarietà del quadro conoscitivo a scala nazionale. Indipendentemente dalla ripartizione delle competenze fra istituzioni centrali e territoriali, è innegabile



l'utilità di un momento unitario di condivisione di conoscenze e di criteri di pianificazione e programmazione.

L'uniformità di condizioni per regimi concessori improntati ad una maggiore efficienza nell'utilizzo della risorsa, per la pubblica utilità, per la salvaguardia ambientale sono principi che possono meglio essere attuati mediante una diffusa condivisione di conoscenze e linee di azione.

In precedenza si sono richiamate per le opere esistenti le sopraggiunte esigenze di sicurezza, riesame delle condizioni sismiche ed idrologiche con eventuale necessità di interventi, e di compatibilità ambientale, con previsioni di rilascio del DMV e di Piani di gestione dei serbatoi con specifico riferimento ai fenomeni di interrimento.

A fronte di tali sopraggiunte esigenze, non è sempre condotta una verifica delle condizioni economiche nella gestione dei serbatoi.

È, peraltro, necessario prendere atto che la sicurezza e la compatibilità ambientale non è appropriato percepirle solo come costi aggiuntivi; queste rappresentano piuttosto costi di fattori di produzione che, al pari di altri, sono di base per l'esercizio di attività economiche. Poter esercire in sicurezza ed in condizioni compatibili con l'equilibrio dell'ambiente è condizione di base per procedere alla gestione di un impianto con una affidabile previsione sui conseguenti benefici, sia diretti per il gestore, sia di pubblica utilità, cui l'impianto stesso è finalizzato.

Bisogna realisticamente prendere in considerazione le condizioni economiche e forme e fonti di finanziamento, non solo quelle autorizzative. L'equilibrio economico e finanziario fra investimenti e ritorni dalla gestione può rappresentare il presupposto per incentivare gli interventi di verifica e di sicurezza quando ritenuti necessari e l'adozione di una gestione rispettosa dell'ambiente. La realistica focalizzazione degli aspetti

economici dovrebbe condurre a linee di azione che promuovano investimenti, in cui emerge l'importanza di benefici della collettività che vanno oltre a quelli del singolo operatore.

Se le risorse pubbliche del tipo a fondo perduto sono sempre meno disponibili, necessariamente occorre fare riferimento a forme e fonti di finanziamento con capitali rimborsabili pubblici o privati che siano.

Dare luogo ad interventi di rinnovo e connessa rivalutazione funzionale rende necessario prevedere Piani Economici e Finanziari per nuovi cicli di esercizio delle opere esistenti. È infatti inappropriato prendere in considerazione dette attività, ma anche solo gli adeguamenti per sopraggiunta normativa, per condizioni invariate delle concessioni in corso, in cui la durata residua potrebbe non essere compatibile con i tempi di ammortamento degli investimenti necessari.

L'equilibrio economico delle gestioni, da analizzare in fase di piani economici e finanziari, fatti salvi i criteri per una loro adeguata e pertinente valutazione, è il presupposto per poter dare attuazione agli interventi programmati.

A fronte delle problematiche sopra descritte, è da rilevare che al di fuori degli addetti al settore, le dighe vengono percepite quasi come una costante nel sistema paese, che rappresenta una solida invariante, forse suggerita dalla massività ed importanza che tali opere assumono e dalla suggestione che evocano.

In assenza di un soggetto istituzionale unico competente in materia di pianificazione idrica, con riguardo agli invasi esistenti sarebbe opportuno sviluppare, anche richiamando esperienze recenti, proposte per predisposizione di un piano di valorizzazione delle dighe esistenti, e non di semplice conservazione. L'obiettivo di un accrescimento dei benefici conseguibili e i metodi e criteri per una loro valorizzazione, oltre a rispondere ad aggiornate esigenze

di utilità della società, potrebbe costituire il presupposto per contribuire al reperimento delle risorse necessarie alla salvaguardia ed accrescimento delle condizioni di sicurezza.

## 10. CONCLUSIONI

L'innovazione è uno degli aspetti di una naturale e irrinunciabile tendenza alla ricerca del nuovo. In passato ne sono conseguiti processi di continuo sviluppo in tutti i settori infrastrutturali.

La maggior consapevolezza che richiede uno sviluppo sostenibile, inteso come rispetto di una disponibilità di risorse almeno pari a quelle attuali anche per le generazioni future, fa emergere con sempre maggiore evidenza una linea di sviluppo verso la valorizzazione dell'esistente, in cui è compresa anche l'opzione di rinnovo con completo rifacimento delle opere.

La rassegna dei vari ambiti in cui possono riconoscersi approcci innovativi è stata sviluppata forse in termini limitati, ma cercando di accrescere la sensibilità verso un approccio che dovrebbe caratterizzarsi per caratteri interdisciplinari e intergenerazionali, che richiedono un effettivo interscambio e non una semplice compatibilità di caratteri multidisciplinari.

Si ritiene che quanto proposto possa costituire un utile riferimento per sviluppare in maggior dettaglio quanto in questa sede solo delineato, avendo presente quell'approccio sistemico che può rappresentare una linea metodologica per affrontare la valorizzazione del patrimonio esistente, obiettivo certo più impegnativo che dare corso a nuove realizzazioni inserite in contesti non del tutto sensibili a condizionamenti ambientali e territoriali.