

Ezio Baldovin^(*)

BILANCINO SUL FIUME SIEVE.

Una diga ad uso plurimo per Firenze

1. CENNI STORICI

La scelta dell'area di Bilancino per realizzare un grande serbatoio ha una storia lunga.

Il rifornimento idrico della città di Firenze è basato essenzialmente, da decenni, sul prelievo dall'Arno. Sino dagli anni '50 le Amministrazioni responsabili degli acquedotti fiorentini si sono poste il problema di individuare, in rapporto alle crescenti esigenze dell'utilizzazione, risorse alternative od integrative. In questa ottica, nel 1959, il Comune di Firenze subentrò ad esistenti domande di concessione per l'utilizzazione dell'acqua dei Torrenti Carza e Carzola, affluenti di destra del Fiume Sieve, con un invaso sul Torrente Carzola.

Subito dopo, il Comune stesso presentava domanda di concessione per l'utilizzazione ad uso idropotabile delle acque dei Fiumi Sieve, Carza e Carzola, con un progetto integrato che prevedeva due invasi, uno sul Fiume Sieve a Bilancino e l'altro sul Carlone a Paterno, in concorrenza con altra domanda di concessione tendente ad utilizzare le acque del Fiume Sieve. Dopo alterne vicende, il Comune di Firenze affidava nel 1964 la progettazione esecutiva dell'Invaso di Bilancino e della derivazione verso Firenze all'Ing. A. Guadagni, sulla traccia di detto progetto integrato. Mentre era in corso la progettazione dell'opera, il 4 Novembre 1966 si verificava la devastante alluvione di Firenze, con una portata di picco di 4200 m³/s.

Firenze e l'Arno hanno sempre costituito, nei secoli, una cosa sola. In città il fiume è modesto, con un letto basso e stretto, che fu sfruttato in pieno fin dal Medioevo per le molteplici attività locali connesse con la vita, il commercio ed il conosciuto artigianato.

I Fiorentini hanno però sempre nutrito nei confronti del fiume un secolare timore. Piene ed alluvioni sono infatti, per la città, quasi una maledizione che dura da 800 anni.



Figura 1 - Battistero - Alluvione 1966.

^(*)Presidente e Direttore Tecnico Geotecnica Progetti S.r.l. (e.baldovin@geotecnaprogetti.com), partecipante al gruppo di progettazione e responsabile delle verifiche di sicurezza e dell'analisi dinamica.

Tra le più tragicamente celebri, si ricordano quelle del 1177, del 1269, del 1333, del 1557, del 1740, del 1844. Per tutte, il mese ricorrente è stato sempre lo stesso: novembre.

Conseguentemente prendeva corpo l'idea di aumentare la capacità dell'invaso affidando ad esso anche una funzione di controllo delle piene. In effetti il progetto dell'Ing. A. Guadagni prevede di destinare una capacità utile di 64.5 milioni di m³ agli usi acquedottistici e di 19.5 milioni di m³ per il contenimento delle piene.

Nel 1968 l'invaso di Bilancino veniva inserito nel Piano Regolatore Generale Acquedotti e precisamente fra le opere previste al n.23 dello schema a servizio dei Comuni di Firenze ed altri limitrofi, che poi dettero vita proprio al "Consorzio per le Risorse Idriche - Schema 23" che ha realizzato l'invaso.

Sempre a seguito dell'alluvione del '66, venne insediata la Commissione Interministeriale per lo studio della sistemazione idraulica e la difesa del suolo (Commissione De Marchi-Supino), che elaborò, nel 1970, il "Piano per la sistemazione del Bacino dell'Arno".

È da rilevare che fino a tale periodo (1970) gli studi ed i dibattiti nel nostro Paese consideravano il problema della difesa del suolo senza stabilire una sua stretta correlazione con gli usi dell'acqua a scopi civili e produttivi.

Per inquadrare i problemi in una visione più organica, nacque così l'iniziativa, concertata fra la Regione Toscana ed il Ministero del Bilancio e della Programmazione Economica, di un "Progetto Pilota per la sistemazione del Bacino dell'Arno".

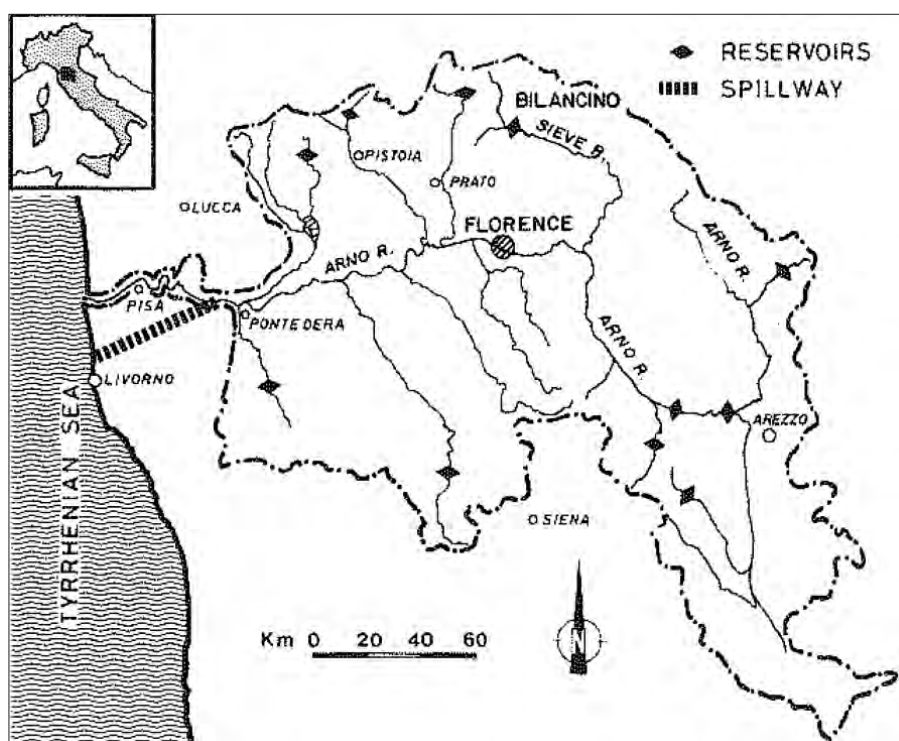
Tra gli interventi indicati da questo Progetto figuravano 11 serbatoi, di cui 3 a monte di Firenze, la sistemazione dell'alveo del fiume attraverso la città di Firenze e la costruzione di una diversione delle acque

(scolmatore) da Pontedera al mare, ai fini della difesa dalle piene dell'altra città, Pisa, che, come Firenze, ha tanto sofferto nei secoli per la violenza dell'Arno.

Il serbatoio di Bilancino era indicato come una delle opere prioritarie, anche in forza della sua possibile destinazione polivalente, con scopi acquedottistici e di regimazione delle acque del fiume.

Si andava nel frattempo delineando una nuova impostazione del "problema acqua" da parte della Regione Toscana che non solo vedeva l'aspetto acquedottistico inse-

**Figura 2 - Piano
De Marchi-Supino.**



parabile da quello della difesa del suolo, ma anche stabiliva che ogni soluzione dovesse rientrare in una visione più generale di tutela ambientale.

Fino ad allora, per l'uso acquedottistico di Bilancino era stata prospettata la possibilità di una derivazione in condotta dal serbatoio verso Firenze. Tale soluzione, peraltro, avrebbe privato il Fiume Sieve di una parte delle sue risorse idriche. Veniva pertanto preferito un nuovo modo di esercire il serbatoio, che consisteva nel restituire le acque nel loro alveo naturale immediatamente a valle dello sbarramento.

In definitiva, il Serbatoio di Bilancino veniva chiamato essenzialmente a: contribuire ad una maggior disponibilità idrica a favore delle utenze di Firenze e del suo Comprensorio, con una integrazione programmata delle portate estive; migliorare le caratteristiche dell'Arno, sotto il profilo della tutela dagli inquinamenti, grazie al maggior tasso di diluizione; ridurre i rischi di alluvione grazie all'effetto di laminazione e di contenimento delle piene esercitato dal serbatoio.

Il Concessionario, cui la Regione Toscana nel 1978 ha affidato la costruzione e la gestione di questo invaso, è il Consorzio Risorse Idriche "Schema 23", formato dal Comune di Firenze e da 10 Comuni circostanti.

Sulla traccia di tali indirizzi, esso assegnò ad un Gruppo di Progettazione, coordinato dall'Ing. Giuseppe Baldovin e comprendente anche l'Ing. Arrigo Forasassi e l'Ing. Giorgio Hautmann, l'incarico di redigere il Progetto Esecutivo del Serbatoio di Bilancino, tenendo presenti, da un lato, i criteri di utilizzo delle acque indicati più sopra e, dall'altro, l'obiettivo degli Enti Locali, come il Comune di Barberino e la Comunità Montana, di ridurre il più possibile l'impatto dell'invaso sul territorio.

Il Progetto fu completato nel 1982, mentre i lavori relativi, che vengono qui illustrati, sono iniziati nel 1984 e, anche a seguito di vicissitudini legate alla intervenuta indisponibilità amministrativa in corso d'opera di alcune cave di progetto, sono stati completati nel 1995.

Da segnalare che nel 1998 per evitare il riproporsi di tali problematiche e regolamentare in maniera organica questa materia la Regione Toscana approvò il "Testo Unico in materia di cave, torbiere e miniere" (L.R. 3 novembre 1998, n. 78), successivamente ripetutamente perfezionato.

2. LE PREESISTENZE

La situazione dei luoghi, fin dal primo impatto, appariva relativamente chiara sotto il profilo tecnico, ma assai impegnativa nei riguardi della concezione e della collocazione delle opere nel territorio e nell'ambiente.

Infatti, la conca dell'invaso si presentava del tutto conforme ai rilievi esistenti ed ai risultati dei precedenti studi ed indagini: un caratteristico fondo alluvionale di un antico lago, dalla forma piuttosto piatta, occupata in parte da aree coltivate, ma in misura molto rilevante da ter-

reni incolti, cespugliati o coperti da erbe palustri, sede relativamente recente del corso d'acqua, che ivi aveva infatti un andamento meandriforme, con direzione Ovest-Est.

Ai margini del fondo valle correvano un primo tratto della Strada Statale 65 della Futa e la Provinciale 131 che collegava quest'ultima con l'abitato di Barberino.

Molto marcate erano, sulle sponde, le incisioni nelle alluvioni che segnavano la confluenza con il Fiume Sieve di torrenti minori in sponda sinistra, sul lato Nord: Lora, Stura, Colecchia, Tavaiano, da cui proveniva la maggior parte degli apporti idrici.

La conca, di forma rettangolare, aveva sponde asimmetriche, nel senso che la sinistra, appunto, aveva pendenze molto dolci, mentre la destra era notevolmente acclive, il tutto in perfetta corrispondenza con la ricostruzione dell'origine geologica del vecchio lago.

Rari, e di modesto valore, erano gli edifici alle quote prossime al fondo.



Figura 3 - La stretta della diga delimitata dal Poggio Campiano sulla destra e dal Poggio Mausoni sulla sinistra.

Il perimetro del futuro invaso era tutto contrassegnato da pendici coltivate ed alberate; la zona della diga vedeva la presenza, alle due estremità, di due poggi caratteristici, Poggio Campiano sulla destra e Poggio Mausoni sulla sinistra, completamente coperti da ciuffi boschivi molto belli, quasi due sentinelle allo sbocco dell'antico lago. Sulla sponda sinistra dell'invaso risaltava l'ingresso alla Villa Le Maschere, che si intravedeva sullo sfondo a quota più elevata.

All'estremità Ovest della conca, ove si immette il Fiume Sieve, sorgevano le propaggini meridionali dell'abitato di Barberino.

Tutto ciò era inserito in un ambiente che, appena mezzo chilometro più a valle, era dominato dallo storico retaggio del Castello di Cafagiolo, residenza medicea. Il tema da svolgere era arduo ed assolutamente fuori dal comune: ogni scelta doveva essere condizionata dall'esigenza di realizzare un grande invaso in un'area preziosa, immersa nella storia, di cui andavano preservate le caratteristiche, e ciò piegando, se necessario, le soluzioni tecniche all'obiettivo primario della scrupolosa modellazione del territorio, pur senza rinunciare, anche minimamente, ai canoni di sicurezza e funzionalità che comporta la formazione di una diga e di un grande serbatoio.



**Figura 4 - Cancello
d'ingresso Villa
Le Maschere.**

Su questa linea, dunque, si è sviluppata tutta l'attività di studio, indagine e progettazione, dapprima con la scelta della quota massima dell'invaso, che doveva essenzialmente minimizzare l'impatto con il vicino abitato di Barberino, e poi con lo sviluppo organico e parallelo di capitoli fondamentali di ricerca ed elaborazione così sintetizzabili:

- le opere di sbarramento vere e proprie,
- la nuova viabilità,
- l'inserimento ambientale del complesso di manufatti,
- gli interventi per la tutela della qualità delle acque del lago,
- la realizzazione di un razionale sistema fognario che, bypassando il lago intercettasse, convogliandoli a valle, gli apporti confluenti da tutto il bacino del Fiume Sieve.

3. L'INVASO DI BILANCINO

L'area di Barberino scelta per la creazione del serbatoio fu già sede, in epoca "geologicamente recente", del grande Lago del Mugello, che si estendeva fino a Prateria, e di cui la zona ora impegnata con l'invaso rappresenta la parte più ad Ovest, delimitata a valle da una soglia rocciosa di fondo che si situa proprio in corrispondenza dell'attuale asse diga.

Le condizioni naturali del fondo e delle sponde sono invero particolarmente idonee, per l'impermeabilità e per la stessa forma della conca dell'invaso, alla creazione di un serbatoio artificiale. La "soglia rocciosa" di cui sopra è, per sue caratteristiche, e per la posizione fra due spalle naturali, la sede adatta per l'impostazione di una diga.

L'invaso è stato realizzato sbarrando un affluente dell'Arno, il Fiume Sieve, che dà apporti rilevantissimi all'idrologia del bacino principale ("Arno non cresce se Sieve non mesce"), il che garantisce la possibilità di un cospicuo accumulo nei mesi invernali per il successivo utilizzo in estate e consente di trattenere, nel volume del serbatoio, una parte importante delle piene che, dal Fiume Sieve, vengono riversate in Arno.

Alla sezione di sbarramento, in località Bilancino, il bacino imbrifero, che sottende una superficie tipicamente appenninica di 149 km², dà

luogo a deflussi annui variabili fra 47 e 265 milioni di m^3 con valore medio di $115 \times 10^6 \text{ m}^3$.

L'area di invaso fa parte di un bacino rettangolare di circa $16 \times 9 \text{ km}$, con asse W-E, che tende a chiudersi alla stretta di Bilancino. Corrisponde al settore occidentale di un antico lago pleistocenico, detto appunto "del Mugello", che fu prosciugato definitivamente dagli Etruschi. Vi si individuano in prevalenza formazioni di rocce sedimentarie calcareo marnose d'epoca miocenica, denominate Macigno del Mugello ed Alberese di Monte Morello.

In subordine sono presenti litotipi pseudocoerenti conosciuti come complesso argilloso-calcareo, argille a palombini, complesso caotico. Sul lato sinistro ove confluiscono gli affluenti del Sieve le rocce sono ricoperte da depositi argillosi recenti di origine lacustre, sul fondo da coltri alluvionali.

La capacità utile del serbatoio è stata fissata in 62.5 milioni di m^3 ; un ulteriore volume di 2.5 milioni di m^3 è stato riservato per i possibili interrimenti.

La ritenuta normale è a q. 252.0 m s. m., ove la superficie del serbatoio è di 4.88 Km^2 . In condizioni di massima piena il livello dell'acqua può raggiungere la q. 254.50 m s. m..

Nel progetto del serbatoio queste quote sono state considerate le massime compatibili con la presenza, nelle adiacenze, del centro abitato di Barberino di Mugello, che è appunto lambito dalle acque dell'invaso.

Il volume utile che ne deriva consente di soddisfare questi obiettivi:

- assicurare il fabbisogno idrico e potabile per i centri lungo la valle della Sieve, per la città di Firenze e per l'area della vicina città di Prato, con una erogazione media annua di $55 \times 10^6 \text{ m}^3$;
- garantire un valore minimo di $8 \text{ m}^3/\text{s}$ per le portate estive dell'Arno a Firenze. Si ottiene così un miglioramento delle caratteristiche dell'acqua del fiume: il limite iniziale del B.O.D. che era di 5060 p. p. m. veniva ridotto a circa 20 p. p. m.;
- garantire una minima portata ecologica nella valle durante tutto il periodo dell'anno;
- conseguire un sensibile effetto di laminazione delle piene, grazie anche ad un riempimento controllato del serbatoio durante l'inverno, con benefici molto importanti specie nei riguardi degli eventi autunnali, che sono storicamente i più pericolosi;
- realizzare una piccola centrale elettrica immediatamente a valle della diga.

4. LA DIGA

La diga è ubicata in corrispondenza della stretta subito a monte della frazione di Bilancino.

L'imposta è costituita da arenarie fini, siltiti ed argille siltose sovraconsolidate appartenenti al Macigno.

La roccia ha strati sottili, con spessore massimo di qualche decimetro,

disposti in successione monoclinale, ribaltata, con immersione a S40-50W ed inclinazione di 35-50 gradi.

La permeabilità della formazione è in genere bassa, quantunque localmente vi siano varie zone in cui, per la presenza diffusa di fratture, si sono riscontrati valori di permeabilità di 10 e più unità Lugeon. La roccia integra ha soddisfacenti caratteristiche di consistenza. Le caratteristiche delle rocce di fondazione, ed in particolare la deformabilità delle formazioni, dovuta alla fitta alternanza di strati sottili di variabile consistenza ed alla presenza diffusa di fratturazioni, hanno determinato la scelta di una diga del tipo in materiali sciolti con nucleo centrale. La massima altezza del rilevato è di m 42 sulle fondazioni.

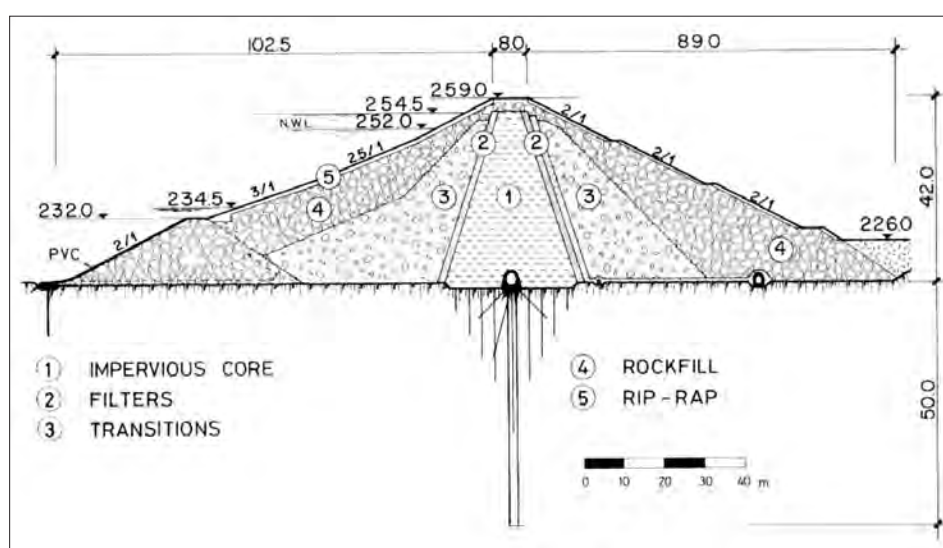


Figura 5 - Sezione tipo della diga.

La zonatura della diga tiene conto della sismicità medio-elevata del sito.

In fondazione si è perciò prevista l'asportazione completa delle alluvioni, cosicché l'opera è fondata interamente su roccia. Il corpo dello sbarramento è formato da un ampio nucleo in limi argillosi e argille limose, preventivamente miscelati ed omogeneizzati tra loro, di media plasticità ($PI = 15-25\%$), contenuto da due transizioni in materiali alluvionali selezionati per garantirne un'adeguata permeabilità, a loro volta rinalzate da due spalle in rockfill compattato, formato in parte con materiale di natura calcarea ed in parte con diabase.

La diga, con un andamento mistilineo, ha uno sviluppo planimetrico di 720 m.

Il piede del rinfillo di monte, realizzato con rockfill diabasiaco, ha funzionato, in una prima fase dei lavori, da avandiga: la tenuta era affidata ad una geomembrana in PVC di spessore 1.2 mm applicata su un geotessile a filo continuo di grammatura 350 g/m^2 sul paramento di monte e ad uno schermo di iniezioni al piede della stessa, adeguatamente collegati e resi continui mediante una struttura in calcestruzzo armato.

Per incrementare da 520 a 720 m^3/s la potenzialità della deviazione provvisoria garantita dalla galleria dello scarico di fondo, una parte

del paramento di valle dell'avandiga venne attrezzata per la tracimazione utilizzando materiale di pezzatura grossolana intasato con calcestruzzo magro.

Lo schermo di impermeabilizzazione è disposto su due file in asse diga, e prosegue sui due fianchi sino a raggiungere in sinistra le argille lacustri ed in destra una formazione francamente marnosa. Il suo sviluppo complessivo è di 1300 m; la profondità varia da 50 m, sul fondo, a 30 m sui fianchi.

Si sono eseguite iniezioni con miscele di due tipi: cementizie, con correzione di bentonite (3-4%), per le file principali; di argilla, cemento e bentonite (80-15-5% rispettivamente) per quelle integrative in asse.

Alla base del nucleo è previsto un cunicolo continuo, che rende possibili le riprese dello schermo, ove necessario, in corso di esercizio. Iniezioni di contatto e dispositivi speciali di cucitura sono stati realizzati per assicurare la saldatura fra il nucleo e la fondazione; in particolare, sulla spalla destra, ove l'imposta è piuttosto ripida, la fondazione è stata rivestita con una culla in calcestruzzo, secondo uno schema già utilizzato con successo in altre dighe italiane.

Il volume complessivo della diga è di 2.2 milioni di m³.



Figura 6 - Paramento di valle dalla sponda sinistra.

Sulla sponda destra, subito a monte della diga ed in regolare raccordo con essa, è localizzato un ampio placcaggio, realizzato con rockfill e con materiale alluvionale. Il suo scopo è quello di rincalzare la formazione rocciosa che è interessata, in questa zona, da una linea di faglia con giacitura subverticale ed andamento all'incirca parallelo all'asse dello sbarramento.

Il comportamento della diga e delle sponde è rilevato in tempo reale da un articolato sistema di monitoraggio manuale ed automatico. Gli strumenti ed i sensori permettono di misurare gli spostamenti planimetrici e altimetrici, i livelli piezometrici, i cedimenti, le deformazioni del terreno e del rilevato, le filtrazioni e le perdite. Completano il sistema 3 accelerometri triassiali.



Figura 7 - Placcaggio in destra e paramento di monte (sullo sfondo il nuovo viadotto della SS della Futa).

4. SISMICITÀ E VERIFICHE DI SICUREZZA

Alla luce delle risultanze di uno studio preliminare sulla sismicità del Mugello del Prof. R. Cassinis in sede di Progetto Esecutivo si è assimilata la zona delle opere a sismica di 1^a categoria e la diga è stata analizzata con il metodo pseudostatico per $S=12$ (D.M. 24 Marzo 1982) con risultati soddisfacenti. Le medesime verifiche sono state ripetute considerando le modifiche intervenute in fase costruttiva ottenendo coefficienti di sicurezza superiori ai minimi previsti per tutte le condizioni richieste dal Regolamento Dighe.

In considerazione della delicatezza del tema venne inoltre svolta una calcolazione dinamica preliminare monodimensionale tipo “shear-beam”. Applicando accelerogrammi con tempo di ritorno millenario e basandosi su dati di letteratura per i parametri geotecnici, si sono ottenute accelerazioni in cresta e spostamenti permanenti compatibili con le caratteristiche dell’opera

Durante la costruzione è stata altresì sviluppata, come richiesto nel Voto di approvazione del Progetto Esecutivo da parte della Quarta Sezione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, una approfondita indagine sperimentale sulle caratteristiche dinamiche dei terreni utilizzati, con l’intervento dell’Istituto di Geotecnica dell’Università di

Napoli. Quest'ultimo ha operato sia in laboratorio, effettuando prove di colonna risonante e di torsione ciclica sui materiali da nucleo, sia in situ svolgendo una campagna di prove cross-hole, down-hole e SASW sui rilevati parzialmente realizzati della diga.

Nel frattempo i controlli geotecnici sui materiali messi in opera, effettuati a cura del Laboratorio della Direzione Lavori e di Laboratori Specializzati, hanno fornito parametri di resistenza meccanica generalmente superiori a quelli adottati prudenzialmente in fase di calcolo.

Utilizzando i risultati del Progetto Finalizzato Geodinamica è stata inoltre rielaborata l'analisi di hazard sismico arrivando alla definizione di due livelli sismici di progetto, rispettivamente con tempo di ritorno millenario (MDE) e bicentenario (OBE) ed identificando il primo con una time-history registrata a Tolmezzo nel 1976.

In base ai dati ottenuti con le indagini, i controlli e gli strumenti di misura installati nello sbarramento, si sono infine effettuate analisi statiche bidimensionali con leggi costitutive tipo Cam-Clay e Mohr-Coulomb, ed analisi dinamiche bidimensionali lineari equivalenti applicando i terremoti di progetto sopra definiti.

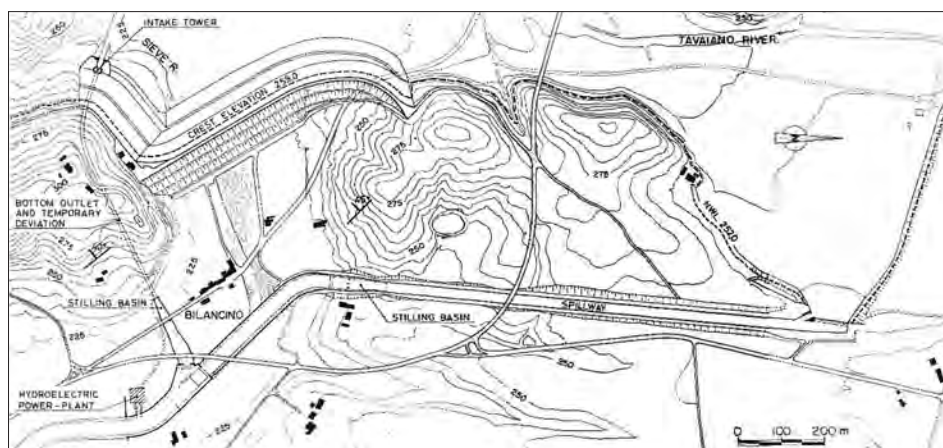
I risultati di quest'ultima calcolazione sono inoltre serviti per ulteriori elaborazioni con il metodo di Newmark.

In definitiva, lo sbarramento in condizioni statiche non manifesta alcun problema di fratturazione idraulica e presenta uno stato tensionale regolare.

Inoltre, l'applicazione di entrambi i sismi di progetto determina accelerazioni in cresta e deformazioni permanenti perfettamente compatibili con la struttura e le caratteristiche della diga.

5. LE OPERE DI SCARICO E DI PRESA

Figura 8 - Planimetria generale sbarramento, opere di scarico e di derivazione, viabilità.



Sfruttando la morfologia dei luoghi, lo scarico di superficie è stato ubicato in sponda sinistra, in corrispondenza di un ramo secondario del serbatoio.

È costituito da una soglia fissa, lunga 75 m, cui è affiancata una luce di 12x3 m controllata da una paratoia a ventola automatica. Questa paratoia scarica tutte le piene più frequenti, con livello costante. Per por-

tate superiori a $116 \text{ m}^3/\text{s}$, l'acqua defluisce anche sulla soglia fissa: per la piena millenaria $1450 \text{ m}^3/\text{s}$, è prevista una portata massima in uscita di $940 \text{ m}^3/\text{s}$. Il canale di scarico ha forma rettangolare di larghezza 20 m e si sviluppa, con andamento rettilineo, per 900 m, terminando con una vasca di dissipazione. Sono previste velocità crescenti fino ad un massimo di 13 m/s nella parte terminale, ove la corrente è aerata mediante bocche disposte sul fondo.

Lo sfioratore ed il canale sono impostati sulle argille lacustri, e sono quindi fondati interamente su pali e su elementi di paratia. La vasca di dissipazione, ricavata in roccia, è ancorata in profondità con tiranti.

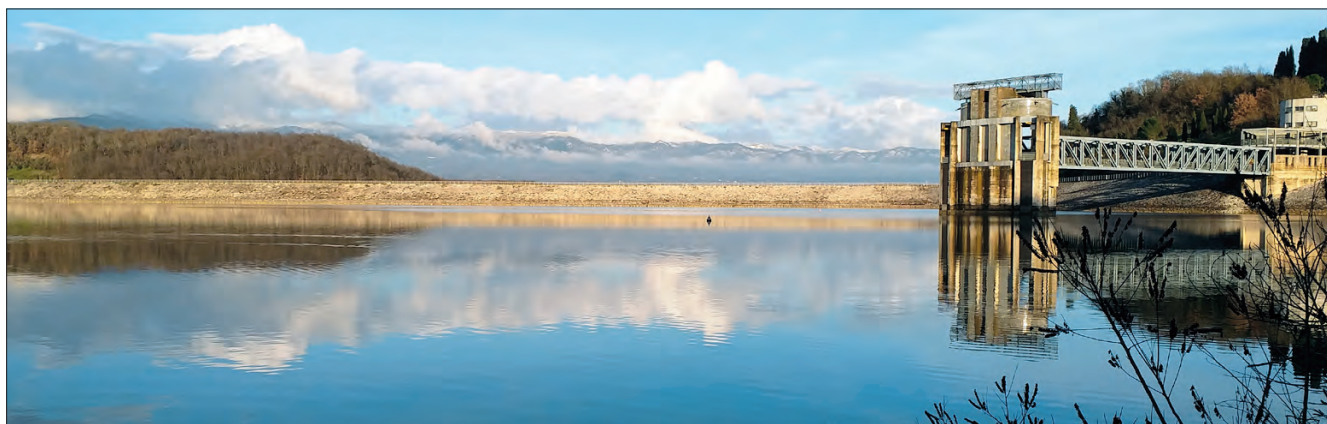


Lo scarico di fondo è ubicato in sponda destra e consiste in una galleria policentrica di diametro 8.50 m, lunga 550 m. Tale galleria, nella fase di costruzione della diga, è stata utilizzata come deviazione provvisoria, in grado di scaricare portate fino a $520 \text{ m}^3/\text{s}$.

Lo scarico di fondo, intercettato da paratoie disposte nella torre di presa, è in grado di evacuare una portata di $250 \text{ m}^3/\text{s}$. La derivazione delle acque avviene dalla torre di presa e quindi attraverso due tubazioni di diametro 1100 mm, disposte sul fondo della galleria.

Figura 9 - Lo sbarramento e la vasca di smorzamento dello scarico di superficie.

Figura 10 - Diga, torre di presa e casa di guardia.



Allo sbocco dello scarico di fondo è ubicata una centrale idroelettrica. Essa produce a pieno regime fino a 8.15 milioni di KWh all'anno, sfruttando il salto indotto dall'invaso.

6. L'INSERIMENTO AMBIENTALE

Come anticipato, il serbatoio è ubicato in un'area densamente popolata e di grande interesse culturale e turistico. Villaggi, chiese, castelli, edifici artistici e storici sono disseminati all'intorno in un ambiente naturale semplice, ma splendido e ricco di tradizioni.

Nella zona adiacente al futuro lago sorge il Castello di Cafaggiolo, residenza della famiglia dei Medici. Non molto lontano è pure la casa natale di Giotto. La creazione del serbatoio in un contorno così affascinante ha posto rilevanti problemi di impatto e determinato scelte fondamentali di progetto.



Figura 11 - S. Giovanni in Petriolo e l'invaso dalla sponda destra.

Per inserire il lago in armonia con il territorio si è previsto un modellamento di gran parte delle sponde, tale da evitare bassi fondali, allontanare le acque dai nuclei abitati, limitare la superficie di emersione nei mesi di svasso del serbatoio. L'obiettivo è stato raggiunto mediante la formazione di ampie colmate, su di un'area di 130 ha, e con l'apporto di circa 3.6 milioni di metri cubi di materiale proveniente dagli scavi. Le sponde, su circa 5 km, sono state rivestite con rockfill o con blocchi di "pietra serena", la pietra delle costruzioni monumentali fiorentine.

Il perimetro del lago è stato poi attrezzato per attività ricreative, per turismo e per sport acquatici.

Per la difesa delle acque del lago nei riguardi di possibili fenomeni di eutrofizzazione tutti gli scarichi fognari dei centri abitati a monte sono stati raccolti ed immessi in un condotto sublacuale che, attraverso la galleria di scarico, li convoglia a valle della diga sino ad un impianto di depurazione.

Una nuova rete viabile dello sviluppo di circa 14 km inserisce il serbatoio nella dinamica del territorio e dei centri abitati circostanti.

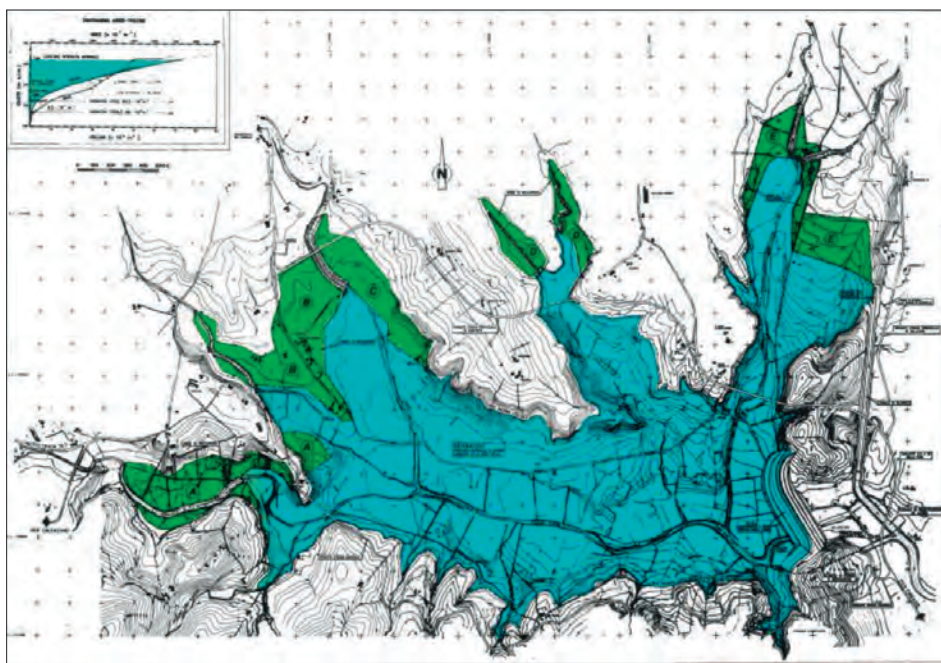


Figura 12 - In verde le aree rimodellate per evitare bassi fondali.

7. LA REALTÀ ODIERNA

A partire dal 1° gennaio 2002, Publiacqua S.p.A in qualità di società affidataria della gestione del servizio idrico integrato dell'Ambito Territoriale Ottimale n.3 Medio Valdarno, un territorio che interessa le province di Firenze, Prato, Pistoia e Arezzo, gestisce la diga ed il serbatoio. L'infrastruttura garantisce l'approvvigionamento di acqua per 1.2 milioni di persone, tra Firenze, Prato, Pistoia e parte del Chianti. Il Serbatoio di Bilancino costituisce una riserva strategica che durante la sua storia ha consentito di arginare le gravi siccità del 2003, 2012 e 2017, giocando un ruolo essenziale nel biennio 2022-2023, caratterizzato da una prolungata assenza di piogge.

L'invaso, tuttavia, riveste altre importanti funzioni per la sicurezza dei due fiumi, la produzione di energia da fonti rinnovabili, la tutela naturalistica e la valorizzazione turistica del territorio. A seguito dell'adozione dello Stralcio del Piano di Laminazione, dall'ottobre 2017 il serbatoio viene sfruttato per limitare l'effetto di eventi meteorologici eccezionali su Sieve e Arno, grazie alla gestione attenta dei rilasci di acqua, in modo da prevenire ed attenuare piene e alluvioni. La stessa regolazione dei deflussi inoltre consente mediante il rilascio della portata ecologica il mantenimento delle portate dei due fiumi, garantendo perfino in situazioni di siccità l'apporto d'acqua necessario per alimentare i corsi d'acqua e la fauna ittica. Dal 2006 è attiva, inoltre, la centrale idroelettrica di Bilancino, che sfruttando il salto determinato dallo sbarramento, produce a pieno regime fino a 8.15 milioni di KWh all'anno, evitando di immettere nell'ambiente oltre 6,000 tonnellate di anidride carbonica. Allo stesso tempo il Lago di Bilancino è un valore aggiunto dal punto di vista turistico e naturalistico per il Mugello e la Toscana. Balneabile in quattro diverse zone, tra cui una spiaggia attrezzata di ombrelloni e lettini, consente la pratica di sport come vela, canoa e windsurf. Dal 2004 ospita l'oasi WWF di Gabbianello.



Figura 13 - La Diga e l'Invaso di Bilancino.

8. PERSONALIA

Si ricordano con gratitudine Amministratori, Tecnici ed Imprese che hanno fornito il loro prezioso contributo per la realizzazione della diga: in particolare i presidenti ed i consiglieri del Consorzio Risorse Idriche - Schema 23, il Commissario Straordinario Dott. Alvaro Gomez y Paloma, i Progettisti Ing. Giuseppe Baldovin (coordinatore), Ing. Arrigo Forasassi, Ing. Giorgio Hautmann, il Direttore dei Lavori Ing. Giuseppe Baldovin (a seguire Ing. Denis Zuliani), Geotecna Progetti, l'Ingegnere Capo Ing. Alessandro Martelli (in seguito Ing. Sergio Rizzo), il Raggruppamento delle Imprese Cogefarimpresit - C.M.C. - Lodigiani con Direttore Tecnico l'Ing. S. G. Cardu, il Servizio Dighe e la Commissione di Collaudo.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Baldovin E., 1989. *Impermeabilizzazione dell'avandiga di Bilancino con geomembrana*. Atti 2° Convegno Geosintetici per costruzioni di Terra, Bologna 1988. L'Ingegnere 1/4.

Baldovin E., Zuliani D., 1989. *Fondazioni profonde per lo scarico di superficie della diga di Bilancino*. Atti XVII Convegno Nazionale di Geotecnica, Taormina.

Baldovin E., 1992. *New developments of filters in some recent Italian embankment dams*. Proceedings Geofilter '92, Karlsruhe.

Baldovin G., 1988. *Bilancino Dam - A Reservoir for Florence*. Idrotecnica n.2.

Baldovin G., 2011. *Il Bilancino, una diga per la sicurezza della Piana*. Risposte a intervista grafica per Microstoria. Anno XIII, dicembre.

Benucci S., 1986. *Caro Arno*. Edizione Regione Toscana Giunta Regionale, Firenze.

<https://senzafiltro.publiacqua.it/storia-lago-bilancino/>

Regione Toscana e Ufficio del Commissario per l'invaso di Bilancino, 1997. *Bilancino un invaso per Firenze, un lago per il Mugello*. Firenze, Inartecno.