

REGIONE PIEMONTE



PROVINCIA DI VERCELLI



UNIONE MONTANA
VALSESIA



CAMERA DI COMMERCIO
INDUSTRIA E ARTIGIANATO
E AGRICOLTURA



COMUNE DI ALAGNA
VALSESIA



COMUNE DI SCOPELLO



MONTEROSA 2000 S.p.A.

COMPLETAMENTO DEL SISTEMA SCIISTICO DELLA VALSESIA

AGGIORNAMENTO DELL'ACCORDO DI PROGRAMMA
SIGLATO IL 14 NOVEMBRE 2006

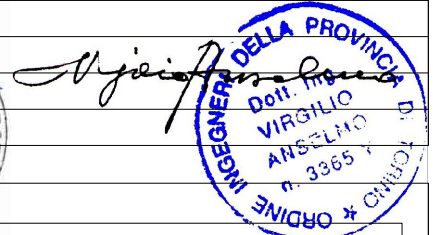
TITOLO ELABORATO



ACCORDO DI PROGRAMMA Realizzazione invaso artificiale a cielo aperto per impianto di innevamento programmato in località Mullero Progetto Esecutivo **Relazione idrologica e idraulica**

ELABORATO n° 2.3	SCALA	DATA GIUGNO 2019	REDATTO	Giugno 2019	D. Spada
			CONTROLLATO	Giugno 2019	V. Anselmo
			APPROVATO	Giugno 2019	C. Francione
NOME FILE	2.3 Relazione idrologica e idraulica				

REVISIONE N°	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE E RIFERIMENTI DOCUMENTI SOSTITUTIVI
	Giugno 2019	Emissione

ORDINE DEGLI ARCHITETTI
PROVINCIA DI TORINO
arch. Pier Augusto Donna Bianco
n° 2801



<p>PROPONENTE</p>  <p>MONTEROSA 2000 S.p.A. FRAZIONE BONDA, 19 13021 ALAGNA VALSESIA (VC)</p>	<p>PROGETTISTA</p>  <p>MONTEROSA 2000 S.p.A. FRAZIONE BONDA, 19 13021 ALAGNA VALSESIA (VC)</p> <p>ECOPLAN SOCIETA' DI INGEGNERIA & ARCHITETTURA AMBIENTALE 10154 TORINO Via S. Botticelli, 57</p> <p>Studio ANSELMO Associati Via Vittorio Emanuele n° 14 10023 CHERI (TO)</p>	<p>Ing. Claudio Francione</p> <p>Arch. Pier Augusto Donna Bianco Dott. geologo Emilio Macchi Dott. Nat. Massimo Forneri</p> <p>Prof. Ing. Virgilio Anselmo</p>
---	---	---

INDICE

1.	PREMESSA.....	2
2.	INQUADRAMENTO MORFOLOGICO.....	3
3.	INQUADRAMENTO IDROGRAFICO.....	4
4.	QUADRO DEI FABBISOGNI E DEI PRELIEVI PER INNEVAMENTO E GESTIONE IMPIANTI.....	6
5.	MODELLO IDROLOGICO DI RIFERIMENTO.....	8
6.	SITUAZIONE CONCESSORIA E COMPATIBILITÀ DEI PRELIEVI.....	18
7.	SISTEMA DI ALIMENTAZIONE DEL BACINO.....	27
8.	SISTEMA DI SCARICO DEL BACINO.....	29
9.	VALUTAZIONI IDRAULICHE IN MERITO AL COLLASSO DELLA STRUTTURA DELL’INVASO.....	35
9.1	PREMESSA.....	35
9.2	LA DEFINIZIONE DELL’ONDA DI PIENA.....	37
9.3	LA DEFINIZIONE DEL CAMPO DI INONDAZIONE.....	38
10.	CONCLUSIONI.....	42
APPENDICE A. CARATTERISTICHE DEL CODICE DI CALCOLO DAMBRK E DESCRIZIONE DELLA PROCEDEURA ATTIVATA PER LA DETERMINAZIONE DELL’ONDA DI PIENA DERIVANTE DAL COLLASSO DELL’INVASO.....		
		43
APPENDICE B. CARATTERISTICHE DEL CODICE DI CALCOLO BIDIMENSIONALE SOBEK-RURAL.....		
		48

1. PREMESSA

Le opere in progetto comprendono la realizzazione di un invaso artificiale e le relative opere complementari, finalizzato ad alimentare gli impianti di innevamento programmato del comprensorio sciistico di Alagna, incrementando le riserve idriche disponibili.

L'invaso in progetto è finalizzato a:

- incrementare le disponibilità di risorsa idrica stoccata, raccolta nei periodi con maggiori precipitazioni meteoriche e soprattutto di maggior disponibilità di portata idrica naturale nel Torrente Olen, per ottimizzare le condizioni di alimentazione degli impianti di innevamento esistenti e previsti del comprensorio sciistico di Alagna;
- rappresentare un esempio di particolare attenzione alla conservazione della biodiversità con riferimento alla realizzazione di un bacino artificiale di accumulo idrico in un'area già caratterizzata dalla presenza di zone di ristagno e dunque di specie vegetali di pregio, che non verranno intaccate o penalizzate dalla presenza del manufatto in progetto.

Con la predisposizione della presente relazione si corrisponde inoltre ad una specifica prescrizione della Determinazione Dirigenziale n. 168 del 16/05/2018 della Direzione Promozione della Cultura, del Turismo e dello Sport – Settore Offerta turistica e sportiva con cui il progetto del bacino è stato escluso dalla procedura di VIA. Detta prescrizione, punto 3.1 "Verifiche idrauliche" dell'allegato A alla citata Determinazione, richiede:

"Dovrà essere svolta una modellazione idraulica in moto vario ipotizzando l'apertura di una breccia nel rilevato arginale con differenti velocità di evoluzione,, la portata liquida stimata dall'apertura della breccia andrà incrementata con una quota di portata relativa al trasporto solido mobilizzato dalla breccia e dalle elevate velocità della corrente nel torrente. Si richiede quindi una verifica di rottura dell'invaso completa di simulazione idraulica ed evidenziazione dell'area di esondazione a valle su planimetria, nella quale dovranno essere riportate anche la traccia delle sezioni trasversali utilizzate nel modello, nonché gli edifici o infrastrutture interessate dallo scenario indagato."

I risultati della simulazione idraulica, descritta nel successivo capitolo 9, sono illustrati nella tavola del progetto definitivo.

Le opere di prevista realizzazione sono localizzate nel versante in sinistra idrografica del torrente Olen, in corrispondenza di un pianoro posto alla quota di riferimento 2150 m, a lato della pista da sci "Mullero" (figura che segue).

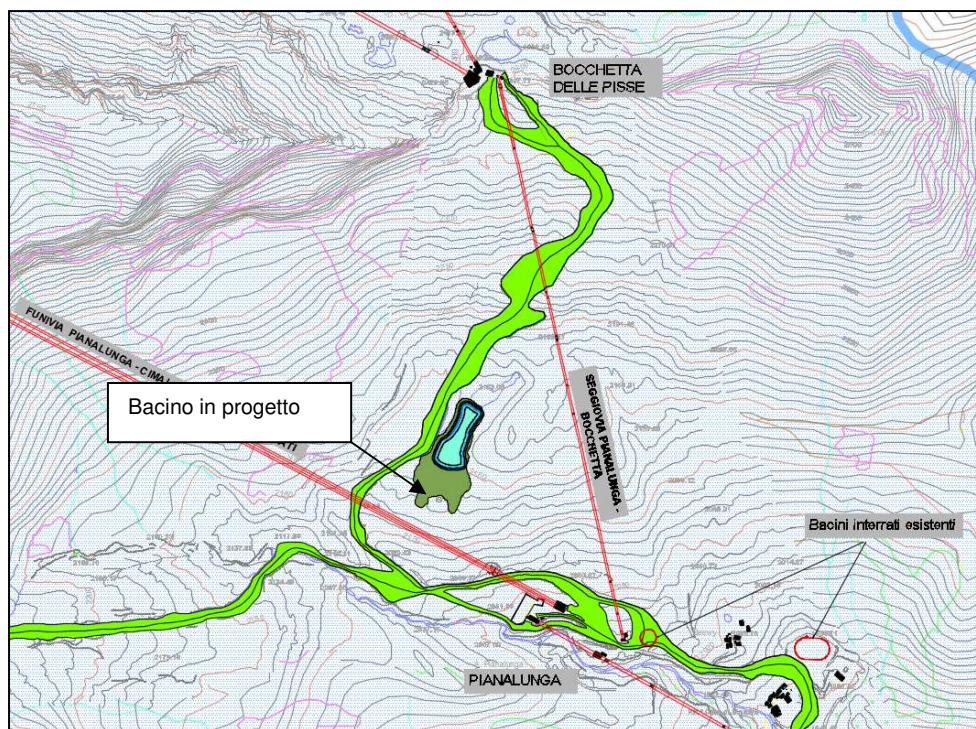


Figura 1/1 Localizzazione del bacino in progetto

La cartografia ufficiale di riferimento, per la zona in esame, è la seguente:

- tavoletta IGM alla scala 1:25.000 Alagna Valsesia - I quadrante S.E. del Foglio n.29 della Carta d'Italia;
- Carta Tecnica Regionale della Regione Piemonte, alla scala 1:10.000 - Sezione n. 071110 Punta Indren.

Il bacino in progetto verrà alimentato tramite pompaggio dal bacino interrato in calcestruzzo armato per l'innevamento programmato situato a Pianalunga. L'intervento non si configura di conseguenza come diga, ma unicamente come bacino artificiale, non prevedendo alcun manufatto in corrispondenza di corsi d'acqua o immissari naturali.

2. INQUADRAMENTO MORFOLOGICO

La morfologia del settore vallivo entro cui ricade il sito di progetto è caratterizzata dalla presenza, a nord-ovest, delle bastionate rocciose (alte oltre 100 m) che scendono dall'altopiano di Cimaegna, fino ad una quota di circa 2350 m s.l.m.; al piede di queste si sviluppa un pendio con esposizione prevalente sud sud-est, con una pendenza media pari a 30°, con alcuni settori rocciosi con pendenze più elevate: fino a 45° nel settore prospiciente la partenza della seggiovia Mullero.

A nord-est il versante che scende dal Corno d'Olen ha una pendenza media di circa 35° nel tratto di monte, per addolcirsi successivamente a partire da quota 2200 m circa.

In corrispondenza del sito di progetto (quota 2150 m circa), si sviluppa un vasto avvallamento (circa 3 ettari). A valle di questo settore sub-pianeggiante il versante, rivolto verso sud sud-est, prosegue con una pendenza di 20-25°.

3. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO

Il reticolo idrografico che interessa le aree di intervento è costituito dal Fiume Sesia, dal Torrente Olen e dal Rio delle Pisse anche denominato Torrente Bors. Il regime idrologico che li caratterizza è quello nivale di montagna. Sono infatti alimentati da bacini di alta quota, con ghiacciai perenni ed estese coperture nivali; le portate presentano infatti un picco massimo nel mese di giugno, in corrispondenza della fusione delle nevi ed un altro massimo relativo all'inizio di autunno.

Il Fiume Sesia rappresenta il corso d'acqua principale e percorre il fondovalle attraversando Alagna con un bacino di 56 km². Il punto culminante del suo bacino idrografico, che comprende vaste superfici glaciali, è la Punta Gnifetti (quota 4.559 m).

Il Torrente Olen ha origine dall'altopiano di Cimalegna, e percorre la valle Olen fino ad Alagna, dove si immette nel Sesia. Le portate di piena con tempo di ritorno duecentennale del Torrente Olen, all'altezza di Pianalunga, sono dell'ordine dei 23 m³/s.

Il Rio delle Pisse o Torrente Bors percorre la valle di Bors e si immette nel Sesia a quota 1.700 m circa, appena a valle di Alpe Bors. Il suo bacino glaciale è molto ampio e culmina nella Punta Giordani, a 4.046 m.

Le piogge sono dell'ordine dei 1200 mm/anno (vedi figura seguente), distribuite con una marcata prevalenza nei mesi tra maggio e ottobre.

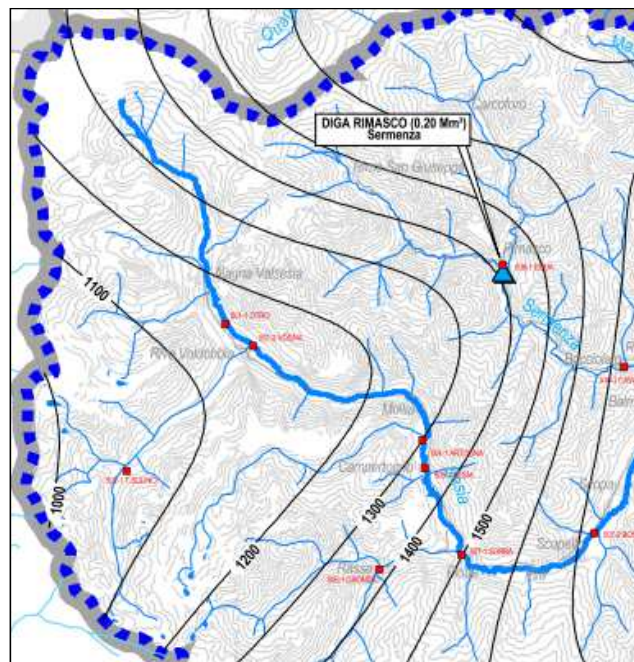


Figura 3/1 - Carta delle isoiete

L'intervento ricade nella valle del torrente Olen, tributario di destra del Fiume Sesia.

Nel settore di versante entro cui è situato il bacino in progetto non sono presenti corsi d'acqua di un qualche rilievo: il drenaggio è concentrato in incisioni di modesto sviluppo, entro cui avviene una circolazione idrica di carattere stagionale. Le acque di pioggia tendono ad infiltrarsi nei terreni, generalmente molto permeabili.

Ad ovest del sito di progetto, oltre il rilevato della pista da sci, è presente un'incisione con un limitato deflusso idrico. La circolazione superficiale presente entro tale incisione si infiltra negli accumuli di pietraie ad ovest della pista da sci (vedi figura 3/2).

I pendii prospicienti il bacino in progetto hanno un'estensione di circa 3 ettari. L'elevata permeabilità delle rocce che costituiscono tali versanti riduce fortemente, se non annulla, lo scorrimento superficiale.



Figura 3/2 – Incisione lungo il settore ovest del Piano del Mullero - Immagine da ripresa APR

4. QUADRO DEI FABBISOGNI E DEI PRELIEVI PER INNEVAMENTO E GESTIONE IMPIANTI

I fabbisogni di Monterosa 2000 S.p.A. sono rappresentati dalle necessità igienico-sanitarie delle stazioni funiviarie dell'area di Pianalunga e dall'acqua che viene utilizzata per la produzione di neve programmata; risulta attualmente in corso la messa in servizio di una centrale idroelettrica, che consente di sfruttare il salto geodetico disponibile fra le opere di presa di site all'Alpe Pianalunga e la rete dell'impianto di innevamento che scende lungo la pista verso Alagna. Tali fabbisogni vengono soddisfatti grazie a tre punti di prelievo siti nella zona dell'Alpe Pianalunga che nello specifico sono costituiti da due opere di presa da sorgente e da un'opera di presa mediante traversa su acqua superficiale. L'acqua ad uso igienico e assimilati viene prelevata interamente dall'opera individuata come sorgente Mullero, che risulta ad uso plurimo con uso igienico come primario e produzione di neve programmata come secondario. La sorgente Mullero e l'opera sul Torrente Olen sono ad esclusivo uso per la produzione di neve programmata; come detto, l'opera di presa sul Torrente Olen, nel solo periodo compreso fra la tarda primavera e l'inizio dell'autunno, viene utilizzata a scopo idroelettrico.

L'acqua ad uso igienico viene prelevata indicativamente lungo tutto l'arco dell'anno, anche se in ragione delle effettive attività della Monterosa 2000 S.p.A. soprattutto legate ai periodi di apertura al pubblico. L'acqua per la produzione di neve programmata viene prelevata invece principalmente nei periodi tardo estivi e autunnali per essere stoccata temporaneamente all'interno di tre bacini di accumulo e successivamente utilizzata nei periodi di esercizio dell'impianto di innevamento programmato. La necessità di avere dei bacini di accumulo è determinata dal fatto che i periodi utili per il funzionamento dell'impianto di innevamento programmato sono piuttosto ridotti nel corso della stagione autunnale e invernale, quindi gli impianti di innevamento sono dimensionati per poter trattare una portata istantanea di acqua tramite gli innevatori molto consistente, che non sarebbe compatibile con la portata emungibile dalle opere di presa, soprattutto nei momenti di magra. Il prelievo a scopo idroelettrico avviene invece nei periodi di maggior disponibilità di portata idrica nel Torrente Olen e consente di alimentare la centrale di produzione con un regime di funzionamento ad acqua fluente.

I bacini di stoccaggio consentono di accumulare una riserva idrica complessiva di 19.000 m³ di acqua, nei tre siti di Pianalunga (5.000 m³), della Grande Halte (9.000 m³) e del Passo dei Salati (5.000 m³); il fabbisogno idrico complessivo medio attuale per la produzione di neve programmata consiste in circa 94.000 m³ annui da ripartire sulle varie piste. Appare chiaro che tale consumo dipende dalle condizioni ambientali che consentono la produzione di neve e soprattutto dall'effettivo fabbisogno di neve per la battitura delle piste che è funzione della presenza più o meno abbondante di neve al suolo.

Nella figura che segue vengono indicati i bacini di accumulo esistenti ed i punti di presa delle acque.

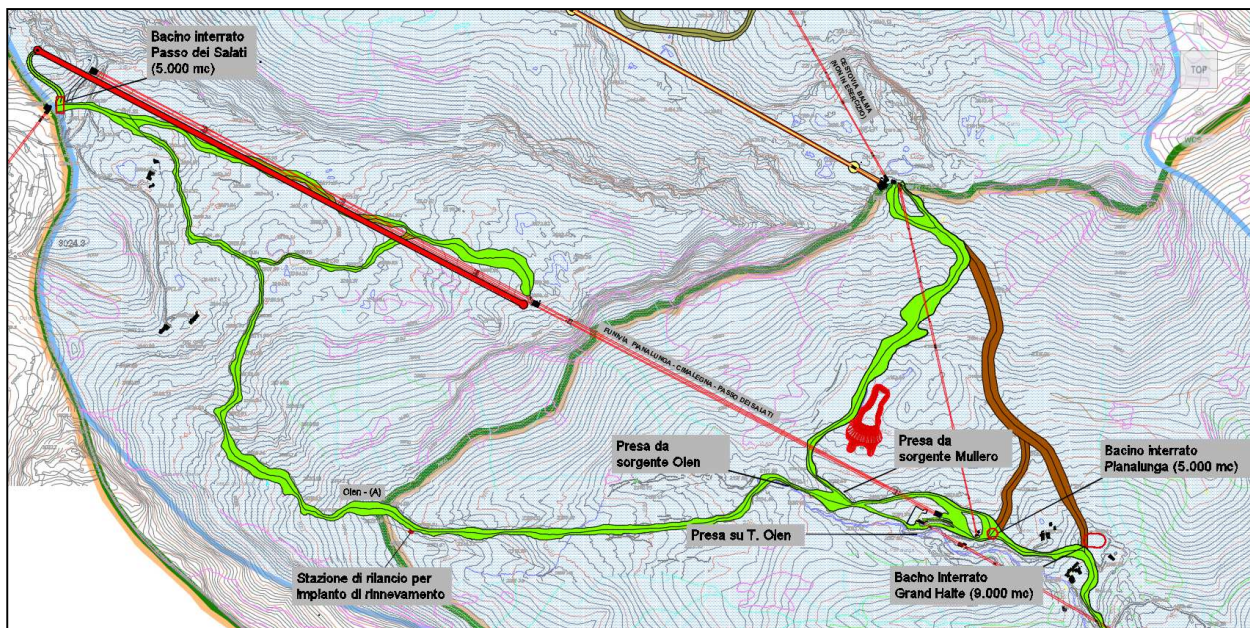


Figura 4/1 – Ubicazione dei bacini esistenti e dei punti di presa delle acque

5. MODELLO IDROLOGICO DI RIFERIMENTO

Per la determinazione del modello idrologico e quindi della compatibilità idraulica dei prelievi rispetto alle disponibilità idriche, è necessario tenere conto in prima istanza delle caratteristiche del bacino idrografico di riferimento.

Il bacino idrografico è la porzione di territorio il cui deflusso idrico superficiale viene convogliato verso una determinata sezione di un corso d'acqua, chiamata sezione di chiusura del bacino. Unendo le curve di livello a maggiore quota secondo la pendenza massima si ottiene lo spartiacque, rappresentante la delimitazione del bacino.

Lo studio delle caratteristiche del bacino di Alagna è stato condotto con un'analisi software del modello cartografico del bacino, con lo scopo di estrapolare i valori numerici significativi legati alla morfologia e all'idrografia del territorio.

Tramite alcuni passaggi, quali la localizzazione della sezione di chiusura, la definizione del reticolo idrografico, le direzioni di flusso e la correzione delle quote, è stato possibile estrarre il bacino idrografico della zona interessata con sezione di chiusura la traversa sul torrente Olen.

Dopo di ciò è stata calcolata la curva ipsografica (insieme dei punti del grafico che rappresentano, per ogni quota, la percentuale di superficie di bacino che si trova al di sopra di quella quota) i cui valori sono stati esportati ed elaborati.

La quota mediana è definita come l'altezza corrispondente a metà della superficie del bacino, mentre la quota media è la quota che rappresenta la media integrale del diagramma. Tale quota rappresenta dunque l'altezza di un rettangolo avente area pari a quella sottesa alla curva ipsografica, e base pari alla superficie del bacino.

Matematicamente il valore è ricavato tramite la seguente espressione:

$$\bar{H} = \frac{1}{A} \int_0^A h dA = \frac{1}{A} \sum_{i=1}^N h_i \cdot a_i$$

Dove:

A: superficie complessiva del bacino;

a_i: area i-esima;

h_i: altezza corrispondente all'area i-esima;

N: numero di coppie i-esime.

Il risultato di quanto appena esposto e di altre caratteristiche può essere letto nella tabella seguente.

Caratteristiche del bacino valle Olen alla traversa in località Pianalunga.

Quota massima [m] s.l.m.	3.022
Quota sezione di chiusura [m] s.l.m.	2.046
Quota mediana [m] s.l.m.	2.591

Quota media [m] s.l.m.	2.363,24
Rilievo ($H_{max}-h_{min}$) [m]	975,9
Superficie del bacino [km ²]	3,803
Lunghezza asta principale [m]	2.704

La curva ipsografica, in relazione alla pendenza del bacino, evidenzia due andamenti principali: il primo, a quota media superiore, è caratterizzato da scarsa pendenza, mentre il secondo presenta una pendenza più accentuata.

In occasione della richiesta prima richiesta di concessione per uso igienico e assimilati e per produzione beni e servizi (innevamento programmato), avvenuta nel 2005, ai fini di individuare le portate disponibili all'altezza della sezione di chiusura in corrispondenza della traversa sul Torrente Olen, si era applicato un modello afflussi-deflussi standard, partendo, per la determinazione degli afflussi, dalle serie storiche disponibili per il pluviometro di Campertogno.

La valutazione effettuata consisteva nella stima degli afflussi sulla base delle serie storiche di Campertogno che, una volta ragguagliati alla posizione ed alle caratteristiche del bacino imbrifero di nostra competenza, consentivano di stimare gli afflussi effettivi sul bacino sotteso dalla sezione di chiusura di Pianalunga. Dalla stima degli afflussi, applicando un modello di corrivazione, è stato possibile individuare il deflusso disponibile medio alla sezione di chiusura.

Sotto il profilo strettamente teorico il modello idrologico corretto operante a scala mensile, ai fini della stima dei deflussi, si basa sull'applicazione della seguente equazione di bilancio:

$$R_j = SR_j + P_j^+ - ET_{act,j} + M_{act,j}$$

dove:

R_j : deflusso al j-esimo mese;

SR_j : frazione della precipitazione che contribuisce direttamente al deflusso superficiale nel mese j-esimo;

P_j^+ : precipitazione nel j-esimo mese;

$ET_{act,j}$: evapotraspirazione effettiva al mese j-esimo;

$M_{act,j}$: deflusso dovuto allo scioglimento del manto nevoso.

In figura è proposto lo schema sintetico della struttura del modello.

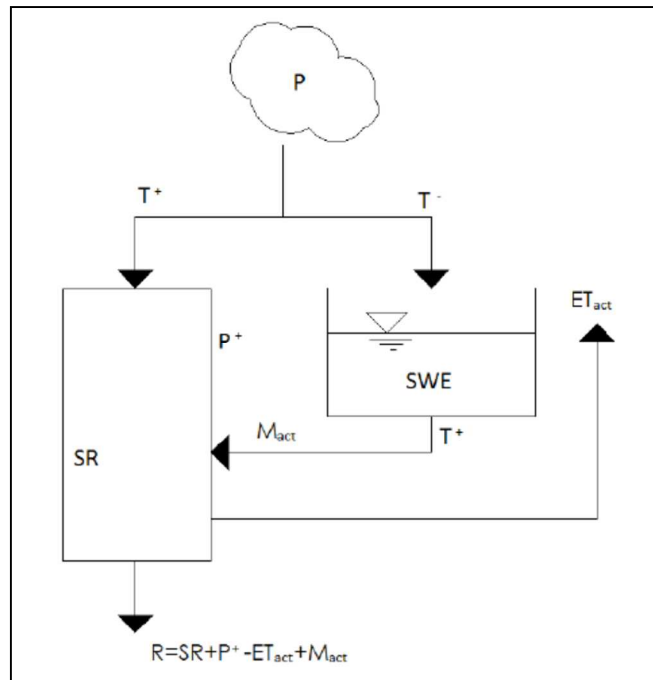


Figura 5/1 – Struttura schematica del modello

Sotto il profilo pratico, la Provincia di Vercelli ha commissionato nell'anno 2003 la realizzazione dello studio *Attività conoscitiva finalizzata alla tutela e valorizzazione del Fiume Sesia*, volto ad effettuare una valutazione delle potenzialità idrologiche del Sesia e dei suoi affluenti, con lo scopo di evidenziare in termini oggettivi le possibilità di sfruttamento delle risorse idriche del bacino idrografico del Sesia, anche alla luce della compatibilità con un utilizzo di tipo turistico legato agli sport di acqua viva dei corsi d'acqua principali. Lo studio è stato commissionato all'Associazione Temporanea di Imprese costituita da Hydrodata S.p.A., Ecostudio S.r.l. e Studio Graia con la finalità di predisporre un quadro omogeneo ed integrato dei dati e delle conoscenze di base, necessari per la caratterizzazione dei corpi idrici della Valsesia e dei relativi bacini di riferimento.

Visto l'alto grado di approfondimento del lavoro, si è dunque ritenuto opportuno utilizzare i dati idrologici contenuti nello Studio della Provincia di Vercelli, ai fini della stima delle effettive disponibilità alla sezione di chiusura di Pianalunga.

In particolare si è fatto riferimento all'elaborato *Fase I – Caratterizzazione dei bacini idrografici tributari dell'alto corso del Fiume Sesia* ove sono riportati i bilanci idrologici dei sottobacini tributari del Fiume Sesia in corrispondenza di alcune sezioni di chiusura significative. Sull'asta del Torrente Olen, in corrispondenza del punto di posizionamento della nuova centralina sulla rete dell'impianto di innevamento programmato, è presente un'opera di presa di un impianto idroelettrico di proprietà della Società Gestimi S.r.l.; la centrale è situata presso la Frazione Ponte ad Alagna Valsesia ed è alimentata con due opere di presa funzionanti in parallelo, una sul Sesia e una sul Torrente Olen. Nello studio della Provincia di Vercelli la sezione in corrispondenza della presa sul Torrente Olen di Gestimi è censita con il codice 501-4, che d'ora in poi utilizzeremo per individuare tale sezione. Lo studio analizza diversi scenari idrologici e il bilancio tra risorse e utilizzi viene definito con due modalità:

- in condizioni statiche, mediante il confronto tra le portate medie caratteristiche dei sottobacini in esame, derivanti dall'analisi statistica, con le portate di concessione delle utilizzazioni
- in condizioni dinamiche mediante la simulazione a scala giornaliera, su un periodo rappresentativo di riferimento, dell'andamento delle serie cronologiche di portata nei nodi di interesse del sistema idrografico, in presenza delle utilizzazioni attuali o potenziali funzionanti secondo le loro tipiche regole operative di derivazione.

La prima modalità di bilancio consente di stabilire per grandi linee di la suddivisione dei volumi di risorsa disponibili tra le idroesigenze naturali e quelle antropiche, individuando e quantificando le situazioni di conflitto. La modalità dinamica consente l'effettiva analisi di dettaglio dei possibili scenari di utilizzo delle risorse, individuando l'entità e la frequenza delle situazioni di criticità con riferimento sia alle magre idrologiche sia alle punte di richiesta delle utenze.

Il bilancio statico è applicabile ai singoli sottobacini, partendo da un approccio idrologico omogeneo sull'intero ambito idrografico. Si riportano di seguito i dati principali della sezione relativa al sottobacino del Torrente Olen precisando che i valori relativi al DMV, sono quelli calcolati con le norme regionali vigenti al 2003.

cod.	descrizione	Superficie [km ²]	affl. annuo [mm]	defl. annuo [mm]	coeff. defl. [-]	Q _{med,a} [m ³ /s]	DMV [m ³ /s]
501-4	Olen	8,31	1177	1117	0,95	0,294	0,040

Le attività sviluppate nella prima fase dello studio, che in questa sede si riassumono soltanto, rimandando ai relativi elaborati per ulteriori approfondimenti, sono state:

- caratterizzazione fisiografica e geomorfologica
- caratterizzazione meteorologica
- caratterizzazione idrologica

Risulta poi opportuno precisare che lo Studio più volte citato e il Piano di Tutela delle Acque della Regione Piemonte ripercorrono, in egual misura, lo schema e le analisi del progetto *Indagini e studi finalizzati alla predisposizione del Piano di Tutela delle Acque di cui al D. Lgs 152/1999* della Regione Piemonte, garantendo il fatto che lo studio provinciale si configuri come un approfondimento specifico del PTA sul territorio della Valsesia. Ripercorriamo brevemente le principali fasi di studio analizzate in modo da rendere evidenti le premesse teoriche e scientifiche che hanno consentito il raggiungimento dei risultati che più avanti andremo a esporre.

Il quadro di riferimento su ciascun sottobacino riguarda gli aspetti relativi a

- caratteristiche geografiche e fisiche
- caratteristiche geomorfologiche
- caratteristiche geologiche

si precisa che le attività analitiche sono state condotte individuando la schematizzazione di riferimento sia riguardo al reticolo idrografico superficiale principale, sia ai bacini sottesi principali e secondari. Rispetto alle

linee guida individuate dal progetto del PTA, lo studio provinciale prevedeva un'analisi di maggior dettaglio legata a bacini secondari, tributari del Sesia, che di per sé non sarebbero rientrati negli obiettivi di studio regionali, ma che la Provincia ha ritenuto di includere alla luce di particolari interessi locali sotto il profilo della tutela della risorsa idrica, ovvero per la presenza di opere idrauliche o di punti di prelievo esistenti o potenziali, che giustificavano un particolare approfondimento. Sono state dunque individuate 80 sezioni idrografiche, che sono state caratterizzate secondo la loro posizione sul territorio e le caratteristiche fisiche e amministrative rispetto al bacino principale.

Per ciascun bacino sono stati individuati i seguenti dati geografici:

- superficie del bacino
- perimetro del bacino
- posizione geografica del centro delle aree
- lunghezza del vettore orientamento
- orientamento prevalente del bacino

basandosi poi su strumenti informatici facenti riferimento a modelli tridimensionali del terreno, sono stati valutati i seguenti dati fisiografici e morfometrici:

- altitudine massima, media e minima
- pendenza media del bacino
- curva ipsografica
- lunghezza dell'asta
- pendenza media dell'asta
- densità di drenaggio

nonché diversi fattori di forma che caratterizzano l'andamento del bacino. Infine sono stati valutati alcuni dati geologici delle aree interessate dai bacini e le caratteristiche geomorfologiche.

Sotto il profilo strettamente idrologico si è poi provveduto ad effettuare un'attenta caratterizzazione meteorologica. Le attività svolte per la caratterizzazione della risorsa idrica prevedono la costituzione di un quadro conoscitivo di tipo climatico-idrologico, contenente sia le caratteristiche, riferite alla scala annua, delle principali grandezze climatiche (precipitazione, temperatura, evapotraspirazione, nevosità e radiazione solare), sia le caratteristiche di regime climatico (pluviometrico, termometrico) ed idrometrico. Tale attività si basa principalmente sulle banche dati disponibili, contenenti osservazioni storiche di lungo periodo nelle stazioni di misura del S.I.M.N. aggiornate fino ai primi anni '90 e successivamente integrate con i dati delle stazioni di misura della rete meteorologica della Regione Piemonte. Con riferimento alle attività di analisi meteorologica ed alle conseguenti elaborazioni condotte nell'ambito degli studi, l'analisi dei dati climatici è stata differenziata in relazione alle serie storiche disponibili ed alla sensibilità, ai fini della stima del bilancio idrologico, delle grandezze climatiche in esame. Maggior attenzione è stata peraltro portata all'analisi delle precipitazioni di lungo periodo e più recenti, quale parametro fondamentale nelle analisi di bilancio, ritenendo gli altri fattori climatici (temperatura, evapotraspirazione e radiazione solare) di più difficile oggettiva interpretazione e rappresentazione, sia in termini spaziali sia in termini temporali.

L'analisi delle precipitazioni, intese come il parametro climatico più significativo ai fini delle successive attività di caratterizzazione idrologica, è stata condotta su tutto il territorio regionale nell'ambito del PTA, costruendo le curve isoiete delle piogge totale annue medie. Da tale distribuzione territoriale è stato calcolato, in termini matematici, il valore di afflusso medio annuo su tutti i bacini individuati, parametro di base sia per la caratterizzazione climatica sia per la successiva caratterizzazione idrologica. Sulla base dei dati rilevati nelle varie stazioni di misura, si è rilevato un regime medio pluviometrico caratteristico dell'alto Sesia, che è stato possibile esprimere attraverso 12 coefficienti mensili adimensionali, i quali rappresentano ciascuno la frazione della precipitazione del singolo mese rispetto al valore totale annuo. Non entriamo ulteriormente nel dettaglio delle elaborazioni statistico-matematiche effettuate ai fini dell'individuazione del regime medio relativo alla temperatura ed all'evapotraspirazione. Ci si sofferma invece sulle valutazioni che stanno alla base dello studio ai fini della valutazione della componente nevosa delle precipitazioni. La valutazione della precipitazione nevosa sul bacino dell'alto Sesia è stata possibile grazie all'analisi dei dati derivanti dalle stazioni meteo disponibili, sia manuali che automatiche, che in particolare sono presenti presso l'abitato di Alagna Valsesia e a Bocchetta delle Pisse a circa 2.400 m s.l.m. sempre in Comune di Alagna. Riguardo ai regimi nivometrici, l'analisi dei dati misurati mostra una distribuzione della neve il cui fattore di correlazione preponderante è rappresentato dalla quota altimetrica. Sia le altezze cumulate stagionali, sia il numero di giorni nevosi alle diverse quote altimetriche sono stati elaborati, individuati in entrambi i casi una relazione lineare diretta. È stato quindi stimato l'incremento delle precipitazioni nevose all'aumentare della quota, calcolando il rapporto fra la differenza di altezza cumulata media stagionale sulle stazioni di misura e la rispettiva differenza di quota. Infine, per quanto riguarda i dati di radiazione solare, non essendo disponibili dati misurati direttamente nell'area di interesse, si è fatto riferimento ai valori di letteratura.

Le precipitazioni dell'Alta Valsesia presentano un andamento tipico alpino, bimodale (due massimi e due minimi stagionali), ma questi presentano, caratteristica locale, valori massimi in maggio e in ottobre quasi della stessa entità e valori minimi assoluti a gennaio-febbraio; tale regime viene generalmente definito di tipo prealpino. Sull'area oggetto di studio, come si evince dalla carta delle isoiete, le precipitazioni medie annue si attestano intorno ai 1200 mm/anno, con un massimo di oltre 2000 mm/anno sul bacino del Torrente Sabbiola a un minimo di circa 1000 mm/anno sul bacino del Torrente Vogna. Analogamente il regime idrometrico presenta caratteristiche molto simili al regime pluviometrico sul bacino sotteso, quindi con portate più abbondanti in relazione ai periodi di maggior afflusso; chiaro è che ciò non risulta del tutto corretto ove siano presenti condizionamenti antropici sui regimi delle portate.

La caratterizzazione statistica dei deflussi, estesa a tutto il reticolo idrografico interessato dai bacini individuati, è stata eseguita principalmente mediante procedure di regionalizzazione derivate da espressioni ottenute da analisi di regressione multipla svolte sulla rete di monitoraggio del servizio idrografico e successivamente regionale. Sulle serie dei dati storici giornalieri disponibili è stata invece condotta un'analisi mirata alla definizione dei valori caratteristici di regime ordinario e di magra ed alla valutazione di indicatori di criticità elaborati anche in termini probabilistici. Le caratteristiche idrologiche sui bacini sono state definite quindi attraverso i principali parametri di bilancio idrologico, i valori di regime ordinario dei deflussi e di magra, i valori delle curve di durata delle portate e i valori probabilistici di criticità di magra.

L'analisi dei dati storici idrometrici è stata condotta al fine di fornire elementi utili all'individuazione degli indicatori di magra, sia statistici che, soprattutto, probabilistici, dei deflussi sui corsi d'acqua regionali. Sono

stati pertanto elaborati i valori osservati, disponibili su base giornaliera a partire dal 1942 sui bacini idrografici chiusi alle stazioni di misura del S.I.M.N., dotate di serie storiche delle osservazioni sufficientemente lunghe al fine di fornire valori delle variabili idrologiche analizzate ai quali possa essere attribuito significato statistico. In primis ci si è soffermati sulla definizione del valore della portata media annua e del regime idrologico mensile ordinario e di magra. Dall'analisi statistica delle serie storiche disponibili, è stato possibile definire per ogni stazione il valore delle portate medie mensili e della portata media annua, nonché i valori minimi mensili assoluti per ogni anno, ottenuti dall'elaborazione dei dati giornalieri (ove disponibili). L'analisi dei valori medi mensili e minimi mensili descrive compiutamente sia il regime medio delle portate dei singoli corsi d'acqua sia il regime minimo e permette di individuare i mesi più critici di magra durante l'anno.

Le curve di durata delle portate rappresentano le funzioni che legano ciascun valore di portata al corrispondente numero di giorni in cui mediamente essa viene superata nell'arco di un anno. Per ogni stazione di misura è stato possibile definire la tabella dei valori caratteristici della scala di durata delle portate per ogni anno. I valori caratteristici di base per ogni durata sono: valore medio, valore massimo, valore minimo e deviazione standard, calcolati sui valori caratteristici della curva di durata. I tratti terminali delle curve di durata delle portate sono ovviamente quelli di interesse per le analisi di magra per i corsi d'acqua con regime tipicamente alpino quali il Sesia e i suoi affluenti; per tali corsi d'acqua il regime dei deflussi permanente risulta localizzato nel tratto terminale della curva di durata, su cui solitamente si concentrano le analisi ai fini delle magre e che è delimitato nell'intorno delle portate Q_{347} - Q_{365} . Il tempo di permanenza di un fenomeno di magra può essere definito come il tempo per cui la portata media giornaliera rimane inferiore ad un valore di soglia prefissato. L'analisi sviluppata sulle serie storiche giornaliere dei dati di portata misurati è stata volta a definire anno per anno, alcuni valori di portata di riferimento legati a diverse durate consecutive in giorni; sono stati cioè individuati i valori di soglia di portata (minimi annui) che, su differenti estensioni di durata consecutiva, individuano periodi con portate di entità minore. Il calcolo è stato svolto applicando il metodo della media mobile su 365 valori, sulla base della quale è stata valutata la serie dei valori minimi annui relativi agli intervalli di 7, 15 e 30 giorni consecutivi; tali valori rappresentano ciascuno il valore medio dei minimi valori di portata consecutivi, per durate definite, che si verificano durante l'anno. Premesso che i principali indicatori numerici di magra sono generalmente individuati da alcuni valori caratteristici del tratto terminale della curva di durata delle portate stimata nelle stazioni di misura localizzate sugli stessi corsi d'acqua, anche i risultati dell'analisi di persistenza delle magre precedentemente descritta sono significativi indicatori di criticità idrologica. Gli indicatori di magra calcolati, sono stati quindi successivamente regolarizzati attraverso funzioni di probabilità, al fine di individuarne i valori di criticità idrologica di assegnato tempo di ritorno. Le serie storiche dei valori di portata di assegnata durata calcolati per ogni anno, sull'intero periodo di osservazione sono state regolarizzate statisticamente, salvo nei casi in cui il campione di dati a disposizione non presentava la lunghezza della serie sufficientemente estesa.

Oltre a quanto appena descritto in merito alla caratterizzazione idrologica del Sesia nelle sezioni fluviali strumentate, utilizzando diverse metodologie di elaborazione dei dati misurati, risulta però fondamentale la caratterizzazione statistica dei deflussi, estesa a tutto il reticolo idrografico interessato dai bacini individuati nello studio.

La scelta intrapresa è stata quella di utilizzare formule di regionalizzazione idrologica che permette di poter rappresentare omogeneamente le caratteristiche dei deflussi sugli ambiti predefiniti in funzione delle

caratteristiche peculiari morfo-climatiche. Inoltre nel campo della regionalizzazione delle portate naturali sono state definite da Hydrodata formule, denominate SIMPO, valide sull'intero bacino padano aventi struttura semplice e flessibile, tale da permettere di conseguire ulteriori guadagni, in termini di rispondenza ed affidabilità, con aggiornamenti delle stesse anche a scala locale. Le formule, ottenute mediante modelli statistici a regressione multipla per ricercare le leggi di dipendenza delle portate da fattori fisico-climatici, calibrate sulla base dei risultati dell'analisi sui dati storico-statistici, consentono di determinare i valori caratteristici di deflusso per qualsiasi sezione del reticolo idrografico, noti i dati di base. In particolare, data la loro genesi e struttura, è possibile ritrarre tali formule a livello locale utilizzando i dati di misura disponibili sull'ambito in esame. Il modello statistico utilizzato per le SIMPO ha fornito delle espressioni per il calcolo dei contributi specifici di portata riferiti ai valori caratteristici del deflusso (portata media annua, portate medie mensili e valori della scala di durata delle portate), che legano tali valori di portata alle principali grandezze fisico-climatiche del bacino idrografico. Le formule hanno una struttura matematica di tipo polinomiale ovvero di tipo esponenziale e dipendono, a seconda del tipo di grandezza, da queste quattro variabili fondamentali:

- superficie del bacino
- altitudine media del bacino
- afflusso medio annuo sul bacino
- deflusso medio annuo specifico

Le formule sono state applicate inizialmente alle sezioni di misura delle portate del SIMN, con la finalità di ricalibrare, in maniera regressiva, i parametri delle funzioni in modo da renderle il più possibile conformi alle caratteristiche specifiche dei bacini in esame. Tenendo conto delle caratteristiche delle sezioni di cui erano disponibili i dati di deflusso e delle particolarità dei bacini ad esse sottesi, si è andati ad operare principalmente sulla taratura delle curve di durata, tenendo conto anche delle finalità dello studio. In altri casi si è valutata l'introduzione di un coefficiente correttivo medio caratteristico sul bacino, risultando di fatto pressoché impossibile andare ad operare sui singoli sottobacini individuati.

Sulla base dei valori di afflusso medio annuo precedentemente definiti attraverso l'analisi delle curve isoiete medie annue di lungo periodo ed i valori dei principali parametri fisiografici S [km²] e H_{med} [m s.l.m.], stimati per ciascun bacino della schematizzazione adottata, sono stati calcolati attraverso le formule di regionalizzazione idrologica SIMPO i principali valori di portata defluente in tutte le sezioni di interesse.

Fatte tutte queste necessarie premesse, che giustificano le indicazioni desunte dallo studio sul bacino dell'alto Sesia in corrispondenza della sezione di chiusura individuata con il codice 501-4, che si attesta in corrispondenza del ponte in legno lamellare sul Torrente Olen, punto di realizzazione della nuova centralina idroelettrica sull'impianto di innevamento programmato, si riportano di seguito le caratteristiche del bacino ad essa sotteso e riportate nelle tabelle dello studio.

CARATTERISTICHE GEOGRAFICHE							
cod. bacino	corpo idrico	S [km ²]	perimetro [km]	coordinata UTM X	coordinata UTM Y	vettore orient. [km]	orientamento prevalente
501-4	Olen	8,31	13,781	416682	5079175	2,3	SE

CARATTERISTICHE FISICHE											
Q _{max}	Q _{min}	Q _{med}	i _{med}	curva ipsografica [percentili - m s.l.m.]							
[m]	[m]	[m]	[%]	2,50%	5,00%	10,00%	25,00%	50,00%	75,00%	90,00%	95,00%
3039	1462	2301	28,0	2977	2934	2848	2606	2247	1937	1773	1721

CARATTERISTICHE FISICHE							
cod. bacino	Fattori di forma				lungh. asta	i _{med,asta}	dens. dren.
	circolarità	allungamento	compattezza	forma	[km]	[%]	[km/km ²]
501-4	0,55	0,70	1,34	1,43	4,62	29,1	2,64

CARATTERISTICHE CLIMATICHE							
cod. bacino	corpo idrico	S [km ²]	H _{med} [m s.l.m.]	Affl _{med,a} [mm]	% afflusso nevoso	T _{med,a} [°C]	ETP _{med,a} [mm]
501-4	Olen	8,31	2301	1177	70,1	0,7	74

vengono ora indicate le caratteristiche idrologiche del bacino alla sezione di chiusura in esame

CARATTERISTICHE IDROLOGICHE						
cod. bacino	S [km ²]	H _{med} [m s.l.m.]	Affl _{med,a} [mm]	Defl _{med,a} [mm]	Q _{med,a} [m ³ /s]	q _{med,a} [l/s/km ²]
501-4	8,31	2301	1177	1117	0,29	35,4

CURVA DI DURATA						
cod. bacino	Q ₁₀ [m ³ /s]	Q ₉₁ [m ³ /s]	Q ₁₈₂ [m ³ /s]	Q ₂₇₄ [m ³ /s]	Q ₃₅₅ [m ³ /s]	q ₃₅₅ [l/s/km ²]
501-4	1,55	0,35	0,14	0,06	0,03	3,74

ora si indicano i valori dei coefficienti adimensionali medi mensili dei deflussi, calcolati come rapporto fra il valore del deflusso medio mensile e il valore del deflusso medio annuo

REGIME DEI DEFLUSSI											
kQ _{gen}	kQ _{feb}	kQ _{mar}	kQ _{apr}	kQ _{mag}	kQ _{giu}	kQ _{lug}	kQ _{ago}	kQ _{set}	kQ _{ott}	kQ _{nov}	kQ _{dic}
0,35	0,31	0,39	0,83	1,87	2,47	1,69	1,13	1,00	0,90	0,68	0,40

ragionando in termini di portata media annua e applicando i coefficienti mensili, si ottengono i valori medi mensili di portata alla sezione di chiusura 501-4.

PORTATE MEDIE MENSILI [l/s]											
gennaio	febbraio	marzo	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	settembre	ottobre	novembre	dicembre
103	91	115	244	550	727	497	332	294	265	200	118

A questo punto, seguendo le stesse logiche che hanno portato alla valutazione numerica delle portate appena descritte, secondo un procedimento di ragguglio alla superficie dell'area sottesa, si è provveduto al calcolo delle portate alla sezione di chiusura sita presso l'Alpe Pianalunga, in corrispondenza dell'opera di presa sul Torrente Olen.

La superficie di bacino sottesa da tale sezione di chiusura risulta pari a 3,80 km², pertanto applicando il contributo di portata specifica media annua già stimato per il medesimo bacino in $q_{med,a} = 35,4$ l/s/km², si ottiene un valore di portata media annua pari a 134 l/s. Da ciò i valori di portata media mensile risultano

PORTATE MEDIE MENSILI [l/s]											
gennaio	febbraio	marzo	aprile	maggio	giugno	luglio	agosto	settembre	ottobre	novembre	dicembre
47,12	41,73	52,50	111,74	251,75	332,53	227,52	152,13	134,63	121,16	91,55	53,85

I valori indicati in tabella costituiscono la base di partenza per la definizione delle disponibilità idriche naturali, in relazione alle quali considerando le idroesigenze esistenti e potenziali e gli obiettivi di qualità ambientale, è valutata la compatibilità delle opere contenute nel presente progetto.

6. SITUAZIONE CONCESSORIA E COMPATIBILITÀ DEI PRELIEVI

La Monterosa 2000 S.p.A. risulta titolare di una concessione di prelievo assentita in prima istanza nel 2005, nell'ambito del progetto di realizzazione dell'impianto di innevamento programmato sulla tratta compresa tra Bocchetta delle Pisse e Alagna Valsesia. In tale occasione infatti era stata richiesta e regolarmente rilasciata una concessione idrica che prevedeva tre punti di prelievo costituiti rispettivamente dalla sorgente Mullero, dalla sorgente Olen e dal Torrente Olen. L'uso inizialmente previsto per la risorsa prelevata era di due tipi, quello igienico e assimilati per l'alimentazione dei servizi e delle infrastrutture dell'area di Pianalunga e quello ad uso produzione di beni e servizi (ora riclassificato in uso per innevamento programmato) per l'alimentazione del primo lotto dell'impianto di innevamento programmato.

I fabbisogni di Monterosa 2000 S.p.A. sono rappresentati dalle necessità igienico-sanitarie delle stazioni funiviarie dell'area di Pianalunga e dall'acqua che viene utilizzata per la produzione di neve programmata; a ciò si è aggiunto l'esercizio di una centrale idroelettrica, che consente di sfruttare il salto geodetico disponibile fra le opere di presa site all'Alpe Pianlunga e la rete dell'impianto di innevamento che scende lungo la pista verso Alagna. Tali fabbisogni vengono soddisfatti grazie ai tre punti di prelievo sopra descritti siti nella zona dell'Alpe Pianalunga. L'acqua ad uso igienico e assimilati viene prelevata interamente dall'opera individuata come sorgente Mullero, che risulta ad uso plurimo con uso igienico come primario e produzione di neve programmata come secondario. La sorgente Mullero e l'opera sul Torrente Olen sono ad esclusivo uso per la produzione di neve programmata; come detto, l'opera di presa sul Torrente Olen, nel solo periodo compreso fra la tarda primavera e l'inizio dell'autunno, viene utilizzata invece a scopo idroelettrico.

L'acqua ad uso igienico viene prelevata indicativamente lungo tutto l'arco dell'anno, anche se in ragione delle effettive attività della Monterosa 2000 S.p.A. soprattutto legate ai periodi di apertura al pubblico. L'acqua per la produzione di neve programmata viene prelevata invece principalmente nei periodi tardo estivi e autunnali per essere stoccata temporaneamente all'interno di tre bacini di accumulo e successivamente utilizzata nei periodi di esercizio dell'impianto di innevamento programmato. La capacità di accumulo idrico aggiuntiva, stimata nell'ordine dei 31.000 m³ di acqua, andrà a sommarsi a quelle già presenti, che ammontano a circa 19.000 m³, migliorando ulteriormente la flessibilità di esercizio dell'impianto di innevamento programmato rispetto alla disponibilità di prelievo idrico naturale.

La necessità di avere dei bacini di accumulo è determinata dal fatto che i periodi utili per il funzionamento dell'impianto di innevamento programmato sono piuttosto ridotti nel corso della stagione autunnale e invernale, quindi gli impianti di innevamento sono dimensionati per poter trattare una portata istantanea di acqua tramite gli innevatori molto consistente, che non sarebbe compatibile con la portata emungibile dalle opere di presa, soprattutto nei momenti di magra. Il prelievo a scopo idroelettrico avviene invece nei periodi di maggior disponibilità di portata idrica nel Torrente Olen e consente di alimentare la centrale di produzione con un regime di funzionamento ad acqua fluente.

I bacini di stoccaggio consentono di accumulare una riserva idrica complessiva di 19.000 m³ di acqua, nei tre siti di Pianalunga (5.000 m³), della Grande Halte (9.000 m³) e del Passo dei Salati (5.000 m³); il fabbisogno idrico complessivo medio attuale per la produzione di neve programmata consiste in circa 94.000 m³ annui da ripartire sulle varie piste (fabbisogno che aumenterà a circa 114.400 m³ per effetto della costruenda pista

Mullero 2). Appare chiaro che tale consumo dipende dalle condizioni ambientali che consentono la produzione di neve e soprattutto dall'effettivo fabbisogno di neve per la battitura delle piste che è funzione della presenza più o meno abbondante di neve al suolo.

A seguito della realizzazione della nuova centralina idroelettrica sull'impianto di innevamento programmato, si è provveduto a richiedere una variante sostanziale alla concessione di prelievo originale, che consentisse anche l'utilizzo idroelettrico. Tale variante sostanziale, oltre ad aggiungere un nuovo utilizzo alla risorsa idrica prelevata, ha determinato anche un consistente incremento del volume massimo prelevabile nonché della portata media annua, dovuto al prolungamento del prelievo nei mesi compresi fra la primavera e l'autunno al solo scopo energetico, nonché una parziale rimodulazione dei prelievi fra i tre punti di presa anche ai fini dell'utilizzo per innevamento programmato.

La situazione concessoria attualmente vigente, a seguito della variante sostanziale alla prima concessione, assentita con Atto n. 2268 del 24/09/2015 della Provincia di Vercelli – Settore Pianificazione Territoriale/Urbanistica – Risorse Idriche - Energia – V.I.A. – Geologico e Difesa del Suolo – Ufficio Geologico, Difesa del Suolo e Risorse Idriche, con allegato Disciplinare n. 12 di Repertorio del 15/10/2015, prevede i seguenti parametri di prelievo

presa	uso	Q _{med} [l/s]	Q _{max} [l/s]	Vol. tot. [mc]
sorgente "Mullero"	igienico e assimilati	1,75	10,0	55.256
	neve programmata	1,10	10,0	34.560
sorgente "Olen"	neve programmata	1,37	10,0	43.200
traversa su torrente Olen	neve programmata	3,08	40,0	97.200
	idroelettrico	28,00	40,0	883.000
	subtotale volume uso neve			174.960

L'inserimento del nuovo bacino di accumulo idrico non determina alcuna forma di prelievo aggiuntivo e quindi non richiede la necessità di modifiche alla concessione di prelievo.

L'uso inizialmente previsto per la risorsa prelevata era di due tipi, quello igienico e assimilati per l'alimentazione dei servizi e delle infrastrutture dell'area di Pianalunga e quello ad uso produzione di beni e servizi (ora riclassificato in uso per innevamento programmato) per l'alimentazione del primo lotto dell'impianto di innevamento programmato. La prima concessione conteneva la deroga al rilascio del Deflusso Minimo Vitale minimo, considerando il valore rappresentato dal Deflusso Minimo Vitale di base, calcolato secondo la norma previgente al Regolamento Regionale n. 8/R del 2007.

Il nuovo Regolamento Regionale n. 8/R del 2007 prevede invece che per i prelievi da acqua superficiale in corrispondenza di bacini idrografici che sottendono una superficie inferiore ai 50 km², il deflusso vitale minimo sia da considerare pari a 50 l/s, indipendentemente dal valore calcolato in termini di D.M.V. di base.

Tale valore di rilascio non risulta tuttavia compatibile con il regime idrologico naturale del corso d'acqua, che presenta per alcuni periodi una portata naturale complessiva inferiore al valore limite di 50 l/s.

Nell'ambito della procedura di rilascio della variante strutturale alla concessione di prelievo, assentita con disciplinare n. 12 di repertorio del 15/10/2015, nella quale sono stati rivisti i valori di prelievo e dove è stato introdotto un nuovo utilizzo per la risorsa idrica prelevata, ovvero quello energetico, si è provveduto ad affrontare il necessario adeguamento al dettato del Regolamento n. 8/R del 2008, pur tenendo conto delle caratteristiche fisiche e idrologiche del corso d'acqua sul quale è in corso il prelievo.

In ragione di quanto previsto dal Regolamento regionale all'allegato C, è stata dunque proposta una curva di prelievo con modulazione del DMV rilasciato di tipo B.

Il calcolo del Deflusso Minimo Vitale di base contenuto nella Relazione Idraulica e Idrologica del presente progetto e nel progetto della centralina idroelettrica sull'impianto di innevamento programmato è stato condotto sulla base dei disposti del Regolamento 8/R del 17 luglio 2007 e differisce leggermente, in termini di D.M.V. di base, dal valore calcolato con la precedente normativa. I valori di prelievo indicati all'interno del progetto sono stati valutati secondo due scenari, contenuti all'interno dello Studio promosso dalla Provincia di Vercelli e denominato "Attività conoscitiva finalizzata alla tutela e valorizzazione del Fiume Sesia", ovvero quello di anno medio e quello di anno scarso, che si riportano di seguito

SCENARIO DI ANNO MEDIO

Mese	Q _{med} [l/s]	Q _{prel} [l/s]	D.M.V. _{eff,med} [l/s]	V _{prel} [m ³]
gennaio	47,12	10	37,12	26.784
febbraio	41,73	10	31,73	24.192
marzo	52,50	20	32,50	53.568
aprile	111,74	40	71,74	103.680
maggio	251,75	40	211,75	107.136
giugno	332,53	40	292,53	103.680
luglio	227,52	40	187,52	107.136
agosto	152,13	40	112,13	107.136
settembre	134,63	40	94,63	103.680
ottobre	121,16	40	81,16	107.136
novembre	91,55	40	51,55	103.680
dicembre	53,85	20	33,85	53.568

I dati contenuti all'interno della presente tabella dimostrano in maniera piuttosto evidente che la portata media mensile rilasciata, a valle dell'opera di presa, supera largamente il valore del D.M.V. di base calcolato

secondo il citato Regolamento Regionale 8/R del 17/07/07. In particolare poi, se si considera il valore di D.M.V. minimo di 50 l/s di cui all'art. 6 del Regolamento, ripartito su base annua, si ottiene un volume di rilascio minimo pari a 1.576.800 m³ di acqua. Si riportano dunque nella tabella successiva i confronti fra i valori minimi e quelli effettivi.

Volume minimo annuo da rilasciare	1.576.800 m ³
Volume effettivo annuo rilasciato	3.264.086 m ³

Nello scenario di anno medio il volume annuo effettivamente rilasciato è pari a circa il doppio di quello minimo previsto dalla normativa. Da ciò ne deriva un valore di Deflusso Minimo Vitale medio annuo effettivo pari a

$$DMV_{\text{eff,med,a}} = 103,5 \text{ l/s}$$

Per quanto riguarda l'articolazione del rilascio della portata, ai sensi di quanto contenuto nell'allegato C del Regolamento 8/R, nell'ambito della procedura di variante alla concessione di prelievo si è inteso applicare la modulazione di tipo B ovvero una regolazione delle portate rilasciate su base media mensile, tenuto anche conto del raffronto tra il valore della portata media mensile e la portata media annua.

Lo scenario idrologico più gravoso, dal punto di vista del rilascio e conseguentemente dei prelievi, è rappresentato da quello che lo Studio commissionato dalla Provincia individua come anno scarso. Tale contesto idrologico consente di individuare i valori medi mensili di magra di un anno mediamente scarso in termini di precipitazioni.

Dal confronto fra il volume minimo annuo da rilasciare e il volume effettivamente rilasciato nel caso di anno idrologico scarso, si rileva un possibile deficit quantitativo. Di seguito si è dunque provveduto a modificare la curva dei prelievi medi mensili, nel caso di anno scarso, in modo tale da compensare l'andamento idrologico e conseguentemente rispettare i vincoli definiti dal Regolamento 8/R del 2007.

Nella fattispecie si evidenzia che il periodo a minor prelievo risulta il mese tardo invernale di marzo, durante il quale normalmente non si provvede all'utilizzo dell'impianto di innevamento programmato e per il quale non era già previsto, nell'anno scarso, alcun prelievo per produzione di energia idroelettrica.

La tabella numerica che consente il pareggio su base annua è dunque la seguente.

Mese	Q _{med,scarso} [l/s]	Q _{prel,scarso} [l/s]	DMV _{eff,min} [l/s]	V _{prel,scarso} [m ³]
gennaio	32,03	7	25,03	18.749
febbraio	27,46	5	22,46	12.096
marzo	27,46	1,3	26,13	3.549
aprile	64,07	40	24,07	103.680

maggio	164,75	40	124,75	107.136
giugno	178,48	40	138,48	103.680
luglio	128,14	40	88,14	107.136
agosto	82,38	40	42,38	107.136
settembre	54,92	25	29,92	64.800
ottobre	45,76	20	25,76	53.568
novembre	45,76	20	25,76	51.840
dicembre	32,03	7	25,03	18.749

Volume minimo annuo da rilasciare	1.576.800 m ³
Volume effettivo annuo rilasciato	1.576.800 m ³

Nello scenario di anno scarso il volume annuo effettivamente rilasciato è pari a quello minimo previsto dalla normativa. Da ciò ne deriva un valore di Deflusso Minimo Vitale medio annuo effettivo pari a

$$DMV_{\text{eff,med,a}} = 50 \text{ l/s}$$

Lo scenario idrologico di anno scarso, come evidenziato nella tabella soprastante, ha costituito lo scenario di riferimento per la valutazione dei valori di D.M.V. medio mensile, secondo la modulazione di tipo B ai sensi del Regolamento 8/R, per l'individuazione dei valori contenuti nel disciplinare di concessione della variante strutturale alla concessione.

Ricapitolando i valori medi mensili minimi di portata rilasciata dalle opere di presa, ovvero il deflusso minimo vitale effettivo medio, in regime di modulazione di tipo B sono i seguenti

Mese	DMV _{eff,min} [l/s]	DMV _{eff,med} [l/s]
gennaio	25,03	37,12
febbraio	22,46	31,73
marzo	26,13	32,50
aprile	24,07	71,74
maggio	124,75	211,75
giugno	138,48	292,53
luglio	88,14	187,52
agosto	42,38	112,13
settembre	29,92	94,63
ottobre	25,76	81,16
novembre	25,76	51,55
dicembre	25,03	33,85

La prima colonna, identificata con il termine $DMV_{eff,min}$, contiene il valore di deflusso minimo vitale medio mensile riferito all'anno idrologico scarso che coincide con i valori recepiti all'interno del disciplinare di concessione allegato alla variante 2015; la seconda, identificata con il termine $DMV_{eff,med}$, contiene il valore della portata media mensile rilasciata in corrispondenza della traversa di presa sul Torrente Olen con riferimento all'anno idrologico medio.

In termini di curva di prelievo, si riporta di seguito una stima dei prelievi medi mensili localizzati sulla traversa del Torrente Olen; il significato dei dati riportati in tabella è il seguente:

$Q_{prel,med}$	portata media mensile prelevata – anno idrologico medio
$V_{prel,med}$	volume medio mensile prelevato – anno idrologico medio
$Q_{prel,scarso}$	portata media mensile prelevata – anno idrologico scarso
$V_{prel,scarso}$	volume medio mensile prelevato – anno idrologico scarso

mese	$Q_{prel,media}$ [l/s]	$V_{prel,med}$ [m ³]	$Q_{prel,scarso}$ [l/s]	$V_{prel,scarso}$ [m ³]
gennaio	10	26.784	7	18.749
febbraio	10	24.192	5	12.096
marzo	20	53.568	1,3	3.549
aprile	40	103.680	40	103.680
maggio	40	107.136	40	107.136
giugno	40	103.680	40	103.680
luglio	40	107.136	40	107.136
agosto	40	107.136	40	107.136
settembre	40	103.680	25	64.800
ottobre	40	107.136	20	53.568
novembre	40	103.680	20	51.840
dicembre	20	53.568	7	18.749

Dalla tabella di confronto si nota che fra l'andamento del prelievo nell'anno idrologico medio e quello dell'anno scarso vi sono importanti differenze dovute al possibile andamento statistico del regime del corso d'acqua.

La presenza di uno stock aggiuntivo a parità di prelievo consente, come più volte ribadito, una maggior flessibilità di funzionamento dell'impianto di innevamento programmato che consente di limitare il periodo di funzionamento dei generatori di neve ai momenti di maggior rendimento, riducendo notevolmente il numero di riempimenti della riserva idrica e dunque il potenziale periodo di prelievo della risorsa nei mesi invernali.

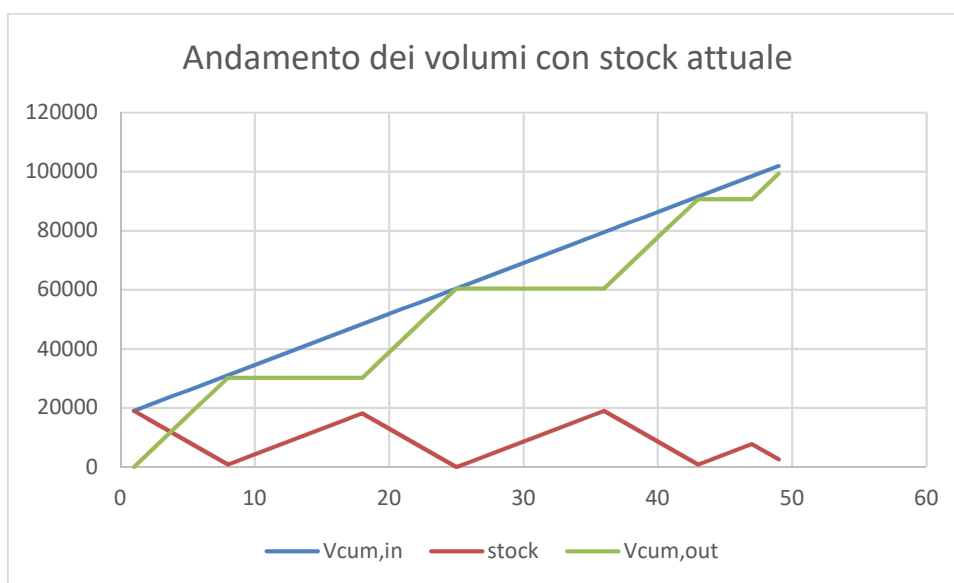
A livello statistico infatti, l'andamento medio mensile può subire notevoli scostamenti rispetto all'andamento reale giornaliero del corso d'acqua, che soprattutto nel caso di asta torrentizia come quella del Torrente Olen risente notevolmente delle variazioni legate alle precipitazioni. Scostamenti importanti in termini di portata

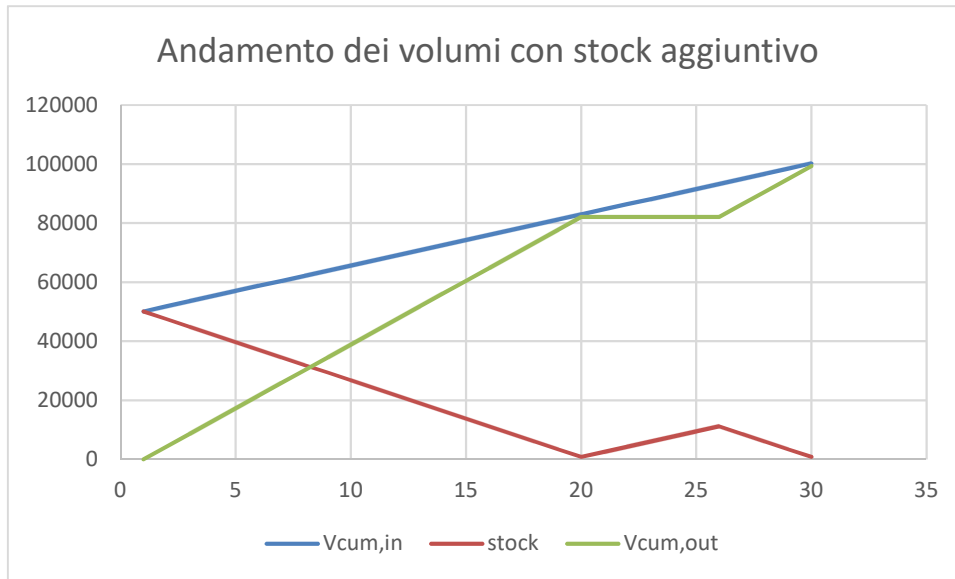
media mensile o, più significativamente di portata giornaliera, possono essere sfruttati con prelievi istantanei più elevati che, pur nei limiti massimi imposti dal disciplinare di concessione, consentono di aumentare il volume di riserva nei momenti di maggior disponibilità. Viceversa, una capacità di stoccaggio ridotta, una volta colmata, porta a un'interruzione del prelievo che potenzialmente dovrà poi essere riattivato in momenti successivi caratterizzati da maggiore criticità idrologica.

Si evidenziano di seguito, a titolo esemplificativo, gli scenari di confronto per ciascuno dei quali vengono esposti i parametri di funzionamento dell'impianto.

Scenario 1

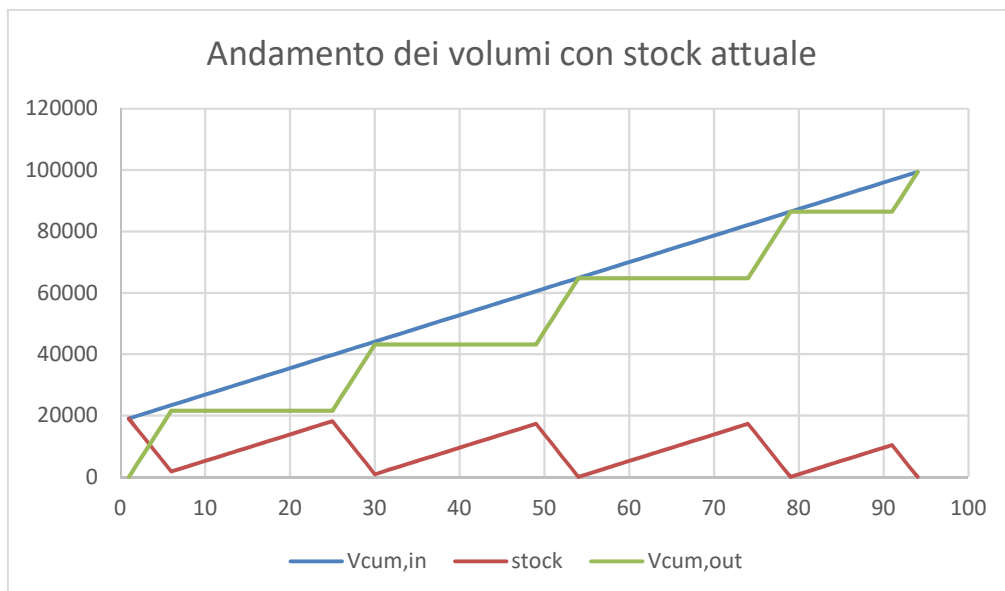
- portata in ingresso costante pari a 20 l/s
- portata in uscita di alimentazione dell'impianto pari a 50 l/s
- capacità di stock attuale 19.000 m³
- capacità di stock futura 50.000 m³
- volume complessivo processato per innevamento 97.000 m³ circa

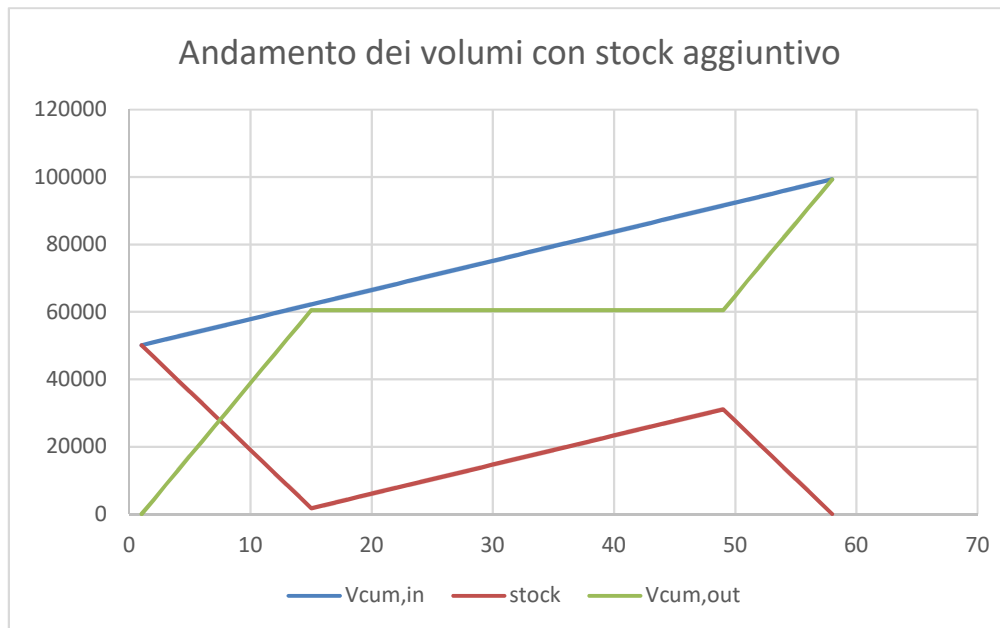




Scenario 2

- portata in ingresso costante pari a 10 l/s
- portata in uscita di alimentazione dell'impianto pari a 50 l/s
- capacità di stock attuale 19.000 m³
- capacità di stock futura 50.000 m³
- volume complessivo processato per innevamento 97.000 m³ circa





I due scenari descrivono due possibili condizioni teoriche di funzionamento dell'impianto di innevamento programmato nell'ambito di una stagione invernale. Partendo dal valore complessivo di acqua prelevabile per il funzionamento stagionale dell'impianto di Monterosa 2000 S.p.A. che, con riferimento alla presa sul Torrente Olen, ammonta a circa 97.000 m³, si assume che tale valore sia pari al volume in uscita dai bacini di stoccaggio su un periodo stagionale. Si considera poi (condizione del tutto ideale) che, al momento in cui i bacini sono pieni, vi siano le condizioni termoisometriche per procedere con l'attivazione dell'impianto di innevamento che, come valore di riferimento, assorba una portata costante di 50 l/s.

Nello scenario 1, il confronto fra il regime di funzionamento con stock attuale e con stock aggiuntivo evidenzia una contrazione del periodo di funzionamento dell'impianto di innevamento da 49 a 30 giorni mentre nello scenario 2 si scende da 94 a 58 giorni. In entrambi i casi si è considerato di partire con gli stock pieni, il che è assolutamente plausibile e aderente con il regime tardo estivo e autunnale del corso d'acqua naturale. Dalle due analisi si rileva invece che la presenza dello stock aggiuntivo, consentirebbe nel rispetto dei deflussi minimi vitali mensili prescritti dal disciplinare di concentrare i prelievi tra novembre e dicembre, senza sostanzialmente avere la necessità, in condizioni ideali, di prolungare il prelievo nel corso dell'inverno, quando le condizioni idrologiche sono più gravose.

In termini di numero di riempimenti stagionali, lo stock attuale richiede indicativamente 5 riempimenti a stagione, che si ridurrebbero a poco più di uno con lo stock incrementato.

Sinteticamente si può quindi affermare che la presenza dello stock aggiuntivo consente di prelevare la risorsa idrica quasi interamente all'inizio della stagione invernale, limitando al minimo i prelievi successivi nel corso dell'inverno; ciò con il duplice positivo effetto di poter sfruttare al meglio le condizioni termoisometriche di funzionamento dell'impianto di innevamento e di concentrare i prelievi quando vi sono minori criticità idrologiche.

E' opportuno anche precisare che la valutazione sin qui svolta non tiene conto dell'effetto aggiuntivo determinato dalla presenza dei due punti di prelievo in corrispondenza della sorgente Olen e della sorgente Mullero, che a favore di sicurezza permetteranno di fornire il fabbisogno richiesto anche a parziale copertura

di momentanee situazioni di magra relative al regime del Torrente Olen. Si ribadisce peraltro che i volumi prelevati ad uso igienico e assimilati derivano esclusivamente dalla presa denominata sorgente Mullero, in regime prioritario rispetto alle portate prelevate ad uso produzione neve o produzione di energia e che pertanto vanno considerati in aggiunta rispetto al volume prelevato alla sezione di chiusura rappresentata dalla traversa sul Torrente Olen.

7. SISTEMA DI ALIMENTAZIONE DEL BACINO

L'impianto di innevamento programmato esistente è dotato di due serbatoi interrati destinati allo stoccaggio idrico nei mesi invernali per fare fronte all'elevata portata di punta necessaria all'innnevamento artificiale. Il primo, della capacità di 5000 m³, è situato all'Alpe Pianalunga presso la stazione di partenza della seggiovia Pianalunga-Bocchetta delle Pisse mentre il secondo, della capacità di 9000 m³ è situato in località Grande Halte. Vi è poi un terzo serbatoio di stoccaggio, della capacità di 5000 m³, sito al Passo dei Salati che consente la gestione dell'impianto di innevamento programmato sulla pista di sci Olen.

Per quanto riguarda la produzione idroelettrica, i serbatoi hanno un minimo scopo di compensazione degli eventuali periodi siccitosi o di abbondante piovosità tramite il volume idrico stoccato. Nella fattispecie il serbatoio utilizzato a tale scopo è il serbatoio di Pianalunga, poiché il serbatoio sito in loc. Grande Halte è dotato di un bypass idraulico che consente di non perdere il dislivello presente fra i due serbatoi. La struttura del bacino, di forma circolare, risulta totalmente interrata tranne che per una parte aggiunta, affacciata sulla pista di servizio che arriva a Pianalunga, dove sono alloggiata la camera valvole ed i sistemi di pompaggio.

Il bacino è dotato di scarico di fondo e di scarico di superficie. Il primo è una tubazione posta sulla piastra di fondazione del bacino ed è regolata attraverso una valvola manuale in modo da consentire il completo svuotamento del serbatoio in caso di necessità. Lo scarico di superficie è invece costituito da uno sfioratore a calice che alimenta un tubo atto a trasportare l'acqua a valle della valvola di regolazione dello scarico di fondo. La tubazione finale risulta quindi essere comune e recapita l'acqua nel vicino Torrente Olen. Il serbatoio di Pianalunga è lo snodo indispensabile per la gestione dell'intera rete idraulica in quanto le condotte di adduzione uscenti dall'opera di presa sul torrente Olen recapitano in esso l'acqua derivata. Oltre a ciò lo stesso serbatoio funge da vasca di sedimentazione evitando che particelle anche molto fini in sospensione possano essere distribuite lungo la rete dell'impianto.

La stazione di pompaggio, prospiciente al bacino consente di alimentare le seguenti linee:

1. Linea con funzionamento a gravità (bidirezionale) per riempimento bacino Grande Halte
2. Linea con funzionamento mediante pompaggio di rilancio per alimentazione dei generatori di neve da Pianlunga fino alla Loc. Zar Oltu
3. Linea con funzionamento in pompaggio per alimentazione dei generatori di neve della pista Mullero da Pianalunga fino a Bocchetta delle Pisse
4. Linea con funzionamento in pompaggio per alimentazione dei generatori di neve della pista Olen fino alla stazione di rilancio denominata Booster

La partenza della linea 3 e della linea 4 è unica fino a un pozzetto di biforcazione posto poco a monte di Pianalunga in corrispondenza del punto di intersezione fra le piste Mullero e Olen, a monte del quale si ha la divisione nei due rami. L'alimentazione della partenza comune alle linee 3 e 4 avviene grazie a quattro pompe centrifughe ad alta pressione con avviamento mediante soft starter e regolazione con valvola proporzionale motorizzata.

Rispetto a quanto previsto in sede di progetto preliminare, si è ritenuto opportuno inserire nel progetto la realizzazione di una nuova linea idrica di collegamento fra la costruenda sala macchine ES100 e la sala macchine esistente PS100; tale linea correrà parallelamente alla linea dell'impianto di innevamento esistente che alimenta la pista Mullero e sarà costituita, oltre che dalla tubazione per l'acqua, anche da una linea di dialogo in fibra ottica e dal tondino di messa a terra.

Con la realizzazione della nuova tubazione, si ottengono una serie di vantaggi che si riassumono di seguito:

- Funzionamento indipendente del sistema di carico e di scarico del nuovo bacino rispetto al volume idrico contenuto nel serbatoio della PS100 e rispetto al funzionamento delle linee di innevamento
- Possibilità di alimentazione diretta del bacino di nuova costruzione con pompe a pressione ridotta con grande risparmio energetico
- Possibilità di sovralimentazione delle pompe ad alta pressione esistenti e collegate alle linee 3 e 4 della sala macchine, con la pressione geodetica presente fra la ES100 e la PS100.

In questo contesto si provvederà dunque (con progetto già in corso di realizzazione) a una modifica del piping della PS100 come indicato sulle tavole di progetto e all'installazione di una terza pompa a immersione (di caratteristiche idrauliche analoghe a quelle esistenti) all'interno del serbatoio della PS100, in modo da garantire la portata sufficiente per un tempo di riempimento del bacino congruo.

Accanto alle due pompe denominate P105 e P106, si affiancherà una P107 con le seguenti caratteristiche

Pompa	Portata [l/s]	Prevalenza [m]	Potenza [kW]
P105	23	194	59
P106	23	194	59
P107	23	194	66

Dalla tabella si desume che la portata massima erogabile dalla stazione di Pianalunga verso il nuovo bacino assomma a

$$Q_{\max} = 69 \text{ l/s}$$

poiché il dislivello fra la quota di minimo invaso del bacino di Pianalunga e quella di massimo invaso del nuovo bacino in località Mullero è pari a circa 125 m.

La nuova tubazione che collegherà la PS100 alla ES100 è costituita da un tubo in acciaio saldato PN 40, rivestito esternamente in polietilene e internamente in resina epossidica, con un diametro nominale di 300 mm dal quale si desume una velocità del fluido in condotta pari a

$$v = 0,90 \text{ m/s}$$

La lunghezza complessiva della condotta forzata è di circa 1.025 m con un dislivello lordo di 125 m; considerando la formula di *Darcy* per il tratto e per la portata massima si può ricavare la prevalenza necessaria con tre pompe in parallelo.

La formula per il calcolo delle perdite distribuite per regimi di moto turbolento in tubo scabro è la seguente

$$i = \beta \frac{Q^2}{d^5} \quad \text{perdita distribuita per unità di lunghezza}$$

dove

Q portata di progetto

d diametro interno del tubo

$$\beta = \frac{64}{\pi^2 \chi^2}$$

dove

$\chi = cR^{1/6}$ indice di resistenza

R raggio idraulico

$c = 80 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ coefficiente di scabrezza

Trattandosi di un regime classico di lunga condotta, non si tiene conto delle perdite concentrate dovute alle curve o alla riduzione di sezione a fondo linea.

Quindi le perdite di carico distribuite a portata massima assommano a

$$\Delta H_{\text{distr}} = 3,91 \text{ m}$$

A cui va sommato il dislivello geodetico dei due bacini pari a 125 m, che porta a una prevalenza minima complessiva di

$$\Delta H_{\text{tot}} = 129 \text{ m}$$

Valore compatibile con le caratteristiche idrauliche delle pompe.

Il tempo di riempimento con pompe a pieno regime e considerando un volume invasato di circa 31.000 m³ ammonta a 5,20 giorni, con un consumo energetico massimo di circa 22.500 kWh.

8. SISTEMA DI SCARICO DEL BACINO

Il bacino non presenta opere di captazione dedicate della risorsa idrica poiché sfrutterà le opere di presa esistenti, costituite da due sorgenti e da una traversa da acqua superficiale site nell'area di Pianalunga. Tale

opere alimentano direttamente il bacino di stoccaggio esistente di Pianalunga, che risulta anche dotato della stazione di pompaggio principale della rete dell'impianto di innevamento di Alagna.

Il nuovo bacino sarà dunque dotato di una linea di adduzione e scarico, con funzionamento bidirezionale indipendente, di collegamento fra la nuova sala macchine ES100 e la sala macchine PS100 realizzata in acciaio saldato con diametro nominale DN300 mm.

Sono previsti poi previsti due tipi di scarico del bacino: uno scarico di fondo e uno scarico di superficie.

Entrambi gli scarichi recapitano le acque al piede del rilevato, dove verrà realizzata una area di dissipazione dell'energia. A valle di tale area le acque ruscelleranno all'interno di un'incisione naturale in terreni permeabili con presenza di grossi massi rocciosi (vedi foto che segue).



Figura 8/1 – Incisione naturale di recapito delle acque di scarico del bacino

Scarico di fondo

Lo scarico di fondo verrà realizzato tramite la posa di una tubazione in acciaio di diametro nominale DN 300 mm che consentirà in caso di emergenza di svuotare l'acqua stoccata in una incisione posta frontalmente all'area di riporto del materiale di scavo che costituisce il fronte di contenimento del manufatto.

La tubazione, il cui imbocco è posto entro un pozzetto nel fondo del bacino, è alloggiata in un cunicolo tecnico scatolare, ispezionabile, di sezione netta interna 175 cm x 200 cm, entro cui sono alloggiati anche i tubi di adduzione e scarico, scarico drenaggi, boullage e la linea di dialogo (vedi figura che segue).

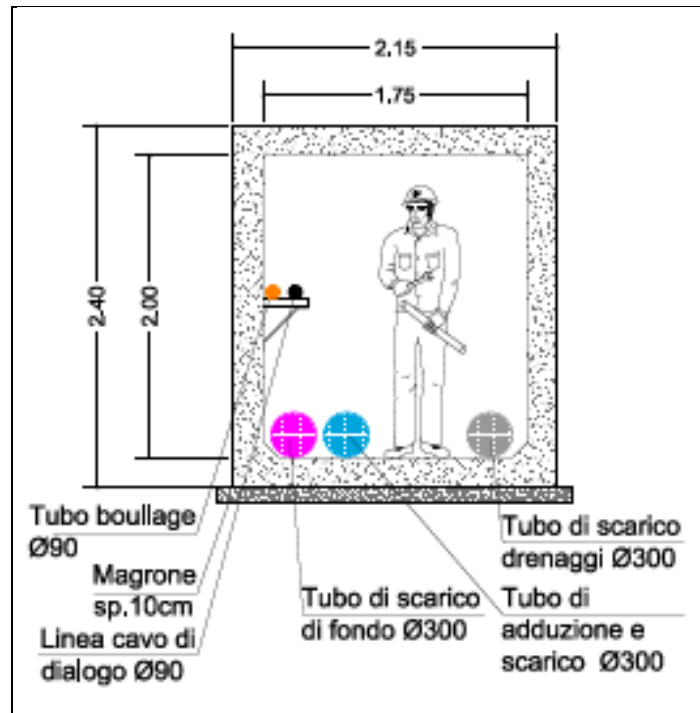


Figura 8/2 – scatolare alloggiamento tubazioni

Lo scarico di fondo viene trattato come un tubo di borda inserito nel bacino soggetto al battente idraulico dell'acqua invasata.

Per un diametro interno di 312 mm la portata massima a lago pieno e quindi con un battente idraulico di 8,58 m è pari a circa

$$Q_{max} = 0,701 \text{ m}^3/\text{s}$$

Di seguito viene riportato il calcolo del tempo di svuotamento del bacino, considerando un andamento per strati della riduzione del livello dell'acqua

H [m]	Q [mc/s]	A [mq]	ΔV [mc]	tempo [s]	tempo [min]
8,58	0,701	6580,53	0,00	0	0,00
7,92	0,674	6229,66	4227,36	6274	104,57
7,58	0,659	5885,08	2059,51	3124	52,07
7,39	0,651	5546,78	1086,03	1669	27,81
6,91	0,629	5214,78	2582,77	4104	68,40
6,42	0,607	4889,03	2475,43	4081	68,01
5,94	0,584	4569,59	2270,07	3890	64,84
5,46	0,559	4256,43	2118,24	3786	63,10
4,98	0,534	3949,55	1969,44	3686	61,43
4,51	0,508	3648,96	1785,65	3512	58,53
4,05	0,482	3354,66	1610,83	3343	55,72
3,59	0,454	3066,64	1476,90	3256	54,26
3,13	0,424	2784,9	1345,85	3177	52,96
2,68	0,392	2509,45	1191,23	3039	50,65
2,23	0,358	2240,28	1068,69	2989	49,82
1,79	0,320	1977,41	927,89	2897	48,28
1,35	0,278	1720,89	813,63	2925	48,75
0,91	0,228	1471,04	702,22	3075	51,24
0,48	0,166	1228,32	580,36	3499	58,31

Dalla somma dei tempi di svuotamento dei vari strati, si ricava che il tempo complessivo ammonta a circa 17,3 ore.

Se si considera poi che, oltre alla tubazione dello scarico di fondo, si trova anche la tubazione di scarico normale, che presenta caratteristiche idrauliche analoghe, in caso di funzionamento di emergenza con entrambe le tubazioni in parallelo, si ottiene un tempo complessivo di svuotamento stimabile in circa 9 ore.

Scarico di superficie

Lo scarico di superficie è costituito da una soglia di sfioro posta alla quota di massimo invaso che smaltirà l'eventuale volume di acqua in eccesso nella zona antistante il bacino di accumulo.

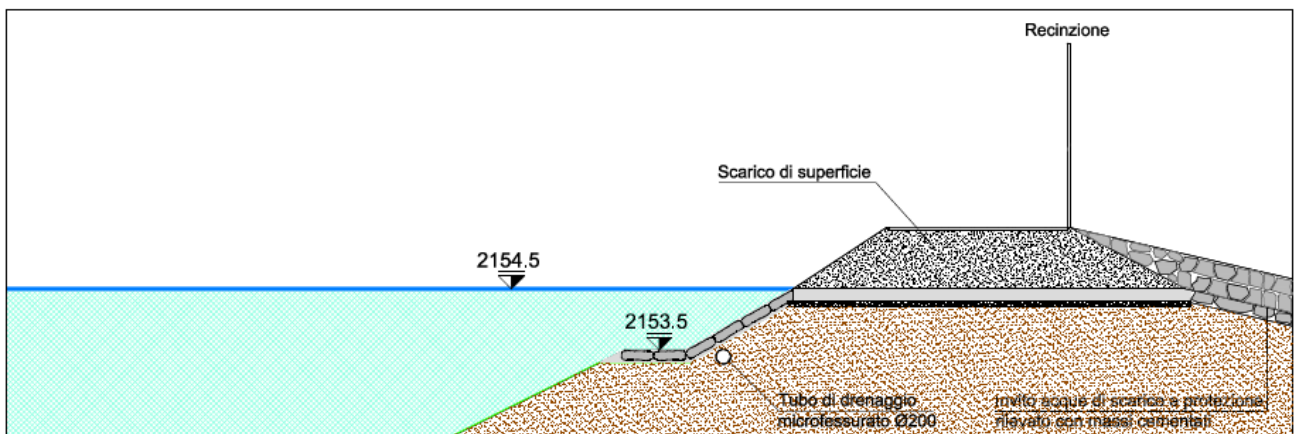


Figura 8/3 – scarico di superficie

La soglia di sfioro, come illustrato nella figura che segue, è realizzata con un manufatto in calcestruzzo armato a sezione rettangolare con base 1.5 m e altezza 1 m; il fondo della soglia coincide con il massimo livello idrico nell'invaso. E' prevista una copertura grigliata che permette di non interrompere la transitabilità della pista di coronamento.

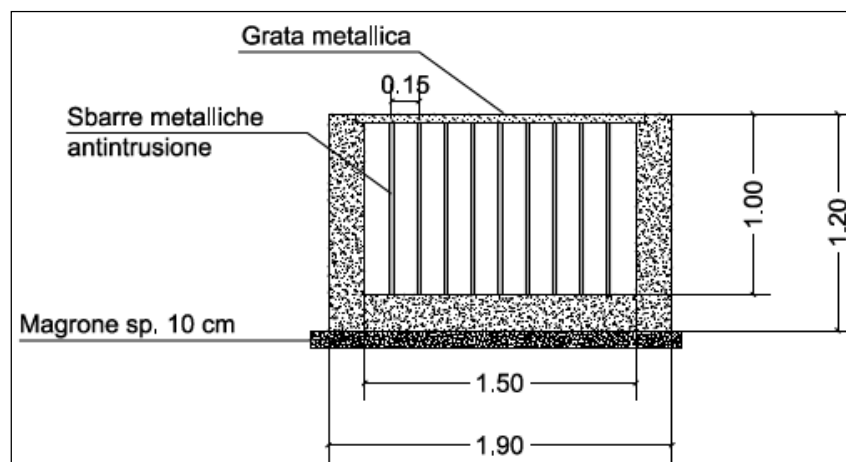


Figura 8/4 – scarico di superficie

A valle della soglia di sfioro verrà realizzata una canaletta a sezione trapezia in massi cementati (figura che segue) per proteggere il rilevato dall'azione erosiva delle acque e che ne indirizza le acque al piede dove verrà realizzata una area di dissipazione dell'energia. A valle di tale area le acque ruscelleranno all'interno di un'incisione naturale in terreni permeabili con presenza di grossi massi rocciosi.

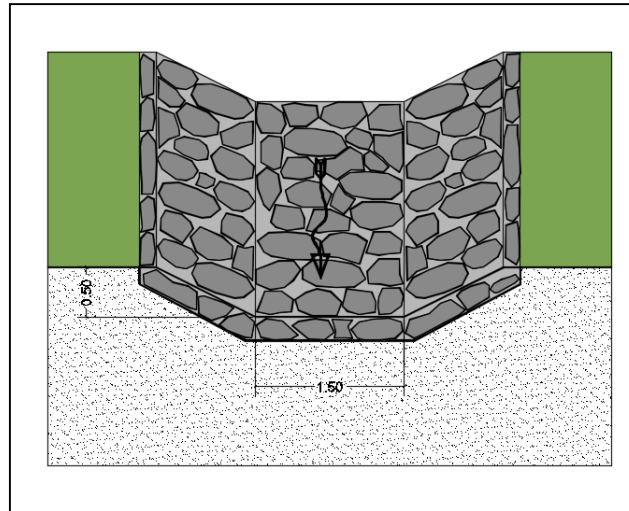


Figura 8/5 – canaletta in massi cementati

La verifica idraulica delle scarico di superficie, che è costituito da una soglia di sfioro posta alla quota di massimo invaso che smaltirà l'eventuale volume di acqua in eccesso nella zona laterale posta ad est del bacino di accumulo era stata effettuata considerando la necessità di smaltire la portata derivante dalla somma di una precipitazione meteorica di notevole intensità che avvengano con il bacino alla quota di massimo invaso ovvero per anomalie di funzionamento delle pompe di alimentazione che rimangano in funzione anche a livello di massimo invaso raggiunto.

A riguardo, è stata calcolata la portata conseguente ad un evento di pioggia insistente sul bacino, di breve durata e alta intensità. E' stato considerato un tempo di risposta minimo pari a 10 minuti.

Partendo dalle curve di possibilità pluviometrica ottenute per $t > 1$ h, è stato dunque necessario, applicando una nota metodologia proposta in letteratura (AAVV, Sistemi di fognatura, Manuale di progettazione, 1997, ed. HOEPLI), estendere il campo di validità delle curve di possibilità pluviometrica anche alle durate di pioggia inferiori all'ora partendo dalle serie storiche di dati disponibili che comprendono unicamente altezze di pioggia registrate per durate superiori all'ora.

In particolare, il sopraccitato metodo parte dall'osservazione che i rapporti rd fra le altezze di pioggia di durata inferiori all'ora e l'altezza oraria sono relativamente poco dipendenti dalla località [Bell 1969]. Per le finalità del presente studio, in cui la maggior parte dei tempi di pioggia è dell'ordine di pochi minuti, si è quindi ritenuto legittimo fare riferimento ai dati disponibili per il pluviografo di Milano Monviso dove, su un campione di 17 anni di osservazioni (Piga E. Salis M. Passoni G. 1990 – “Analisi statistica delle piogge intense di breve e brevissima durata nell'area metropolitana di Milano” – Città Studi, Milano) sono stati calcolati i rapporti rd dei valori medi delle massime altezze di pioggia annue di diversa durata (tra 1 e 45 minuti) rispetto al valor medio della massima altezza annua oraria $h1$.

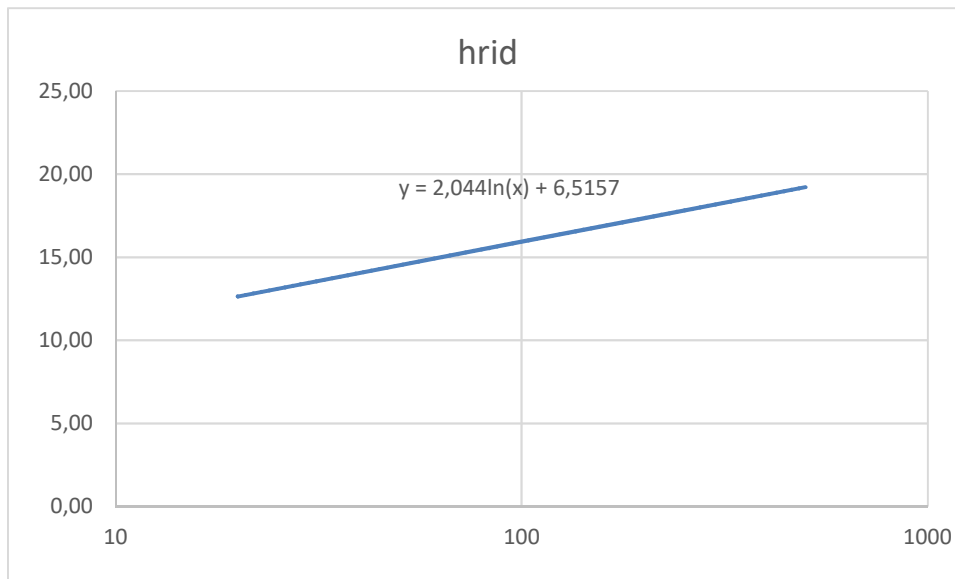
Considerando tempi di risposta dell'ordine dei 10 minuti, poiché le curve di possibilità pluviometrica sono state ottenute mediante l'elaborazione delle piogge intense aventi durate superiore o uguale all'ora, nei successivi calcoli sono stati utilizzati i seguenti rapporti tra la massima altezza di precipitazione di durata δ e la massima altezza oraria.

δ (minuti)	1	2	3	4	5	10	15	30	45
$r\delta = h_{\delta m} / h_{1m}$	0.155	0.178	0.215	0.241	0.304	0.449	0.568	0.7	0.799

La legge di pioggia per durate superiori all'ora, assunta per l'area di progetto, è quella fornita dall' Autorità di Bacino del Fiume Po – Piano per l'Assetto Idrogeologico - Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica” (Allegato 3 Distribuzione spaziale delle precipitazioni intense – Parametri delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica per tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni). Tale documento predispose, per l'intero bacino del fiume Po, la definizione di un reticolo costituito da celle elementari di lato pari a 2 km, di cui definisce i parametri a ed n in riferimento a diversi tempi di ritorno. Al fine della presente verifica è stato considerato un tempo di ritorno di 200 anni. L'ambito di studio considerato rientra nella cella identificata come BF60 i cui parametri, per i tempi di ritorno disponibili sulla Direttiva PAI sono

	$T_r = 20$ anni	$T_r = 100$ anni	$T_r = 200$ anni	$T_r = 500$ anni
a	28,14	35,49	38,64	42,79
n	0,565	0,567	0,568	0,569
h (t = 1 ora)	28,14	35,49	38,64	42,79
$r\delta$ (t = 10 min)	0,449	0,449	0,449	0,449
h_{rid}	12,63	15,94	17,35	19,21

Riportando l'andamento del valore di h_{rid} in funzione di T_r su un grafico con le ascisse in scala logaritmica si ottiene



Estrapolando la retta al valore di $T_r = 3000$ anni si ottiene che $h_{rid} = 22,85$. Si ottiene dunque un'altezza di pioggia di 22,85 mm in 10 minuti, corrispondente ad un coefficiente udometrico pari a 0.038 l/s per mq.

Considerata la superficie del coronamento di 8.600 mq ne consegue una portata di 326,80 l/s che, sommata alla portata delle pompe di 69 l/s, determina una portata totale massima con $T_r = 3000$ anni di 395,8 l/s.

Considerando lo sfioratore come uno stramazzo in parete grossa, tale portata risulta smaltita in condizioni di altezza sul fondo dello stramazzo pari a 29 cm.

La stessa portata viene smaltita lungo la canaletta in massi cementati con un tirante di 15 cm, considerando una pendenza media del 5%.

Sia lo sfioratore di superficie che la canaletta a valle di esso risultano dunque ampiamente verificate rispetto alle condizioni considerate.

9. VALUTAZIONI IDRAULICHE IN MERITO AL COLLASSO DELLA STRUTTURA DELL'INVASO

9.1 PREMESSA

Scopo dell'indagine è la definizione del campo di inondazione determinato dalla propagazione verso valle dell'onda di piena derivante dall'ipotetico collasso dell'invaso artificiale in Località Mullero a servizio degli impianti di innevamento programmato.

Lo studio prevede le seguenti fasi:

- 1) determinazione delle caratteristiche dell'onda di piena originatasi a seguito del collasso della struttura di contenimento. Le valutazioni vengono effettuate mediante l'impiego del codice di calcolo DAMBRK (vedi APP. A) sulla base della geometria dell'invaso e della struttura. L'idrogramma così ottenuto rappresenta la condizione al contorno di monte per l'attivazione del codice di calcolo impiegato per la delimitazione del campo di inondazione.

- 2) evoluzione dell'onda di piena verso valle e delimitazione delle aree interessate dal potenziale allagamento. Le valutazioni vengono effettuate mediante l'impiego del codice di calcolo SOBEK (vedi par. 0) attivato in moto vario bidimensionale (2D) sulla base dei prodotti topografici realizzati dalla Regione Piemonte (DTM 5x5 m acquisito con metodologia LiDAR con ripresa aerea ICE 2009-2011).

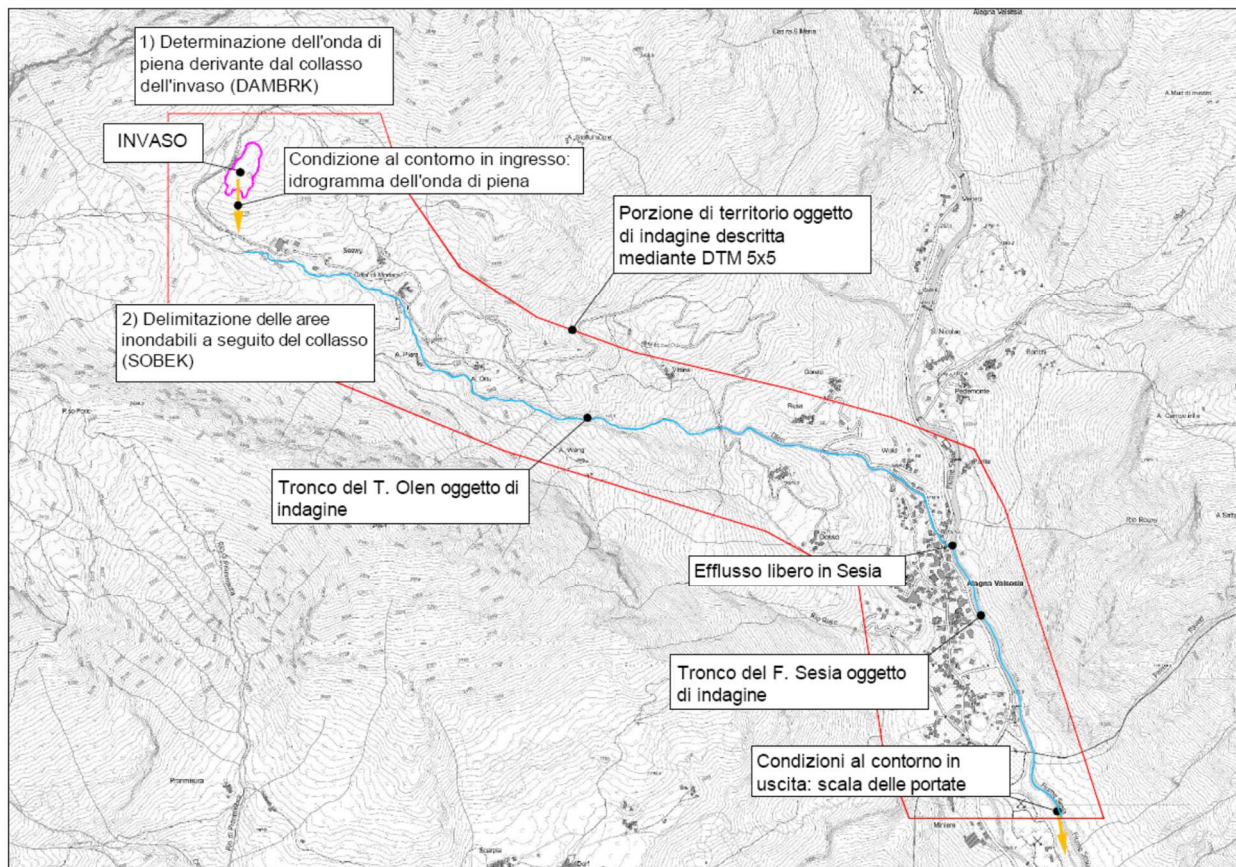


Figura 9/1. Schema impiegato per la definizione delle aree inondabili a seguito di collasso dell'invaso.

9.2 LA DEFINIZIONE DELL'ONDA DI PIENA

Lo studio del comportamento dell'onda di piena conseguente al collasso dello sbarramento viene condotto ipotizzando il totale cedimento della struttura di contenimento a seguito dello sviluppo di una breccia per sifonamento che si sviluppa partire dal fondo dell'invaso (totale svuotamento dell'invaso). La simulazione è stata attivata considerando un incremento di portata relativa al trasporto solido mobilizzato a seguito dell'apertura della breccia e del collasso della struttura. L'ipotesi di collasso prevede che il cedimento avvenga nel paramento di valle della struttura.

Dettagli in merito al codice di calcolo, alle ipotesi effettuate ed alle condizioni al contorno sono riportati in APP. A.

La procedura ha consentito di ricavare l'idrogramma dell'onda di piena (vedi Figura 9-2, portata al colmo pari a $66 \text{ m}^3/\text{s}$) che rappresenta la condizione al contorno di monte per l'attivazione del codice di calcolo in moto vario bidimensionale (2D) impiegato per la delimitazione del campo di inondazione.

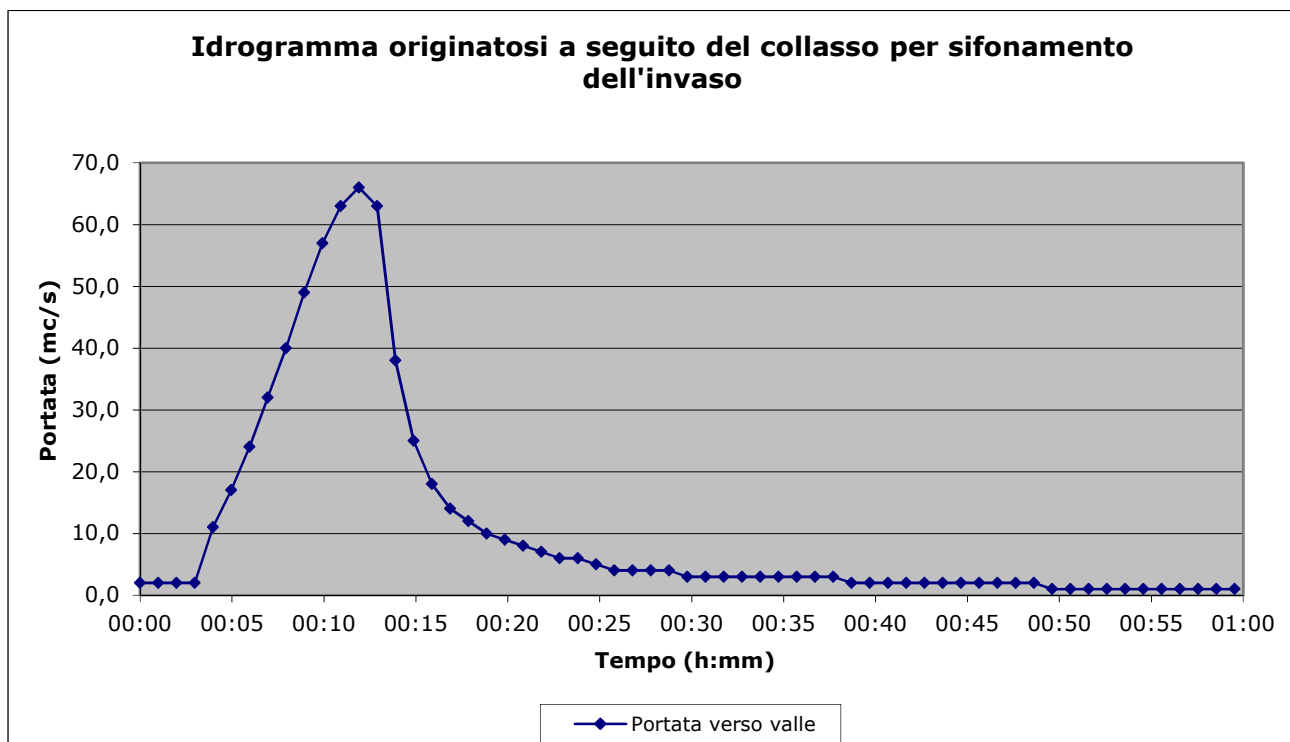


Figura 9-2. Idrogramma dell'onda di piena originatasi a seguito del collasso della struttura di contenimento dell'invaso artificiale ottenuta con modellazione idraulica di tipo dam break (portata al colmo pari a $66 \text{ m}^3/\text{s}$). L'idrogramma rappresenta la condizione al contorno di monte per l'attivazione del codice di calcolo in moto vario bidimensionale (2D) impiegato per la delimitazione del campo di inondazione.

9.3 LA DEFINIZIONE DEL CAMPO DI INONDAZIONE

L'evoluzione dell'onda di piena verso valle e la conseguente delimitazione delle aree interessate dal potenziale allagamento a seguito del collasso dell'invaso viene condotta sulla base delle seguenti ipotesi:

- a) La condizione al contorno in ingresso è rappresentata dall'idrogramma dell'onda di piena originatasi a seguito del collasso della struttura di contenimento dell'invaso artificiale ottenuto mediante simulazione di tipo *dam break* (dettagli in par. 9.2 APP. A). L'idrogramma viene inserito sul piano campagna mediante l'opzione *2D Boundary node* in corrispondenza del paramento di valle dell'invaso.
- b) La delimitazione del campo di inondazione viene effettuata mediante simulazione idraulica in moto vario bidimensionale (2D) con le seguenti caratteristiche (dettagli sul codice di calcolo in APP. B):
 - La porzione di territorio oggetto di indagine è stata descritta mediante l'impiego del modello digitale del terreno (DTM 5x5 m) realizzato dalla Regione Piemonte (ripresa aerea ICE 2009-2011) mediante l'impiego di laser-scanner aviotrasportato (LiDAR in standard di livello 4, tolleranza altimetrica media di ± 0.30 m e ± 0.60 m per le aree boscate). Nell'ambito dell'attivazione del codice di calcolo, sia l'alveo che il piano campagna sono stati descritti mediante DEM (modello digitale delle elevazioni in formato ASCII) con celle quadrate di dimensione 5x5 m pari alla risoluzione planimetrica del rilievo.
 - Al T. Olen ed al Fiume Sesia si assegna un contributo di portata nullo.
 - Alla confluenza tra il T. Olen ed il Fiume Sesia si assegna la condizione di efflusso libero.
 - Le condizioni di scabrezza sono state fissate con riferimento ai valori n di Manning, utilizzando i dati riportati nella Direttiva 4 del PAI.
Cautelativamente è stato impiegato il valore medio di $n = 0.050 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$.
 - I settaggi di calcolo sono stati impostati con *time-step* di calcolo pari a 1 minuto.
 - Ai fini cautelativi la simulazione è stata attivata considerando il solo modulo 2D, pertanto non sono stati inseriti attraversamenti e manufatti interferenti.
- c) La condizione al contorno in uscita fa riferimento alla scala delle portate calcolata per l'ultima sezione di controllo posta a valle. In questo modo il livello d'acqua risulta variabile e dipende dal valore della portata in transito.

Al fine della delimitazione del campo di inondazione e della corretta interpretazione dei risultati, in merito alla geometria impiegata per la modellazione idraulica si precisa quanto segue:

- La base altimetrica fa riferimento al DTM 5x5 m della Regione Piemonte. I risultati sono strettamente legati alla tolleranza altimetrica e dimensionale del DTM di origine (il valore in quota di ogni cella del DTM rappresenta l'intera superficie pari a 5x5 m).
- Poiché il DTM non consente di apprezzare eventuali particolarità delle discontinuità lineari, la presenza di ostacoli al ruscellamento rappresentati da muri perimetrali, recinzioni e arredi urbani viene trascurata.

Il criterio risulta cautelativo anche in considerazione del fatto che tali particolari non possono essere paragonati ad un limite morfologico, poiché sussiste la possibilità che possano essere modificati, danneggiati o ammalorati.

- Il DTM a disposizione non restituisce gli edifici;

I risultati ottenuti evidenziano quanto segue:

- 1) L'area interessata dall'inondazione, così come fornita dal codice di calcolo è richiamata in **Figura 9-3**. Sulla base di quanto sopra esposto e delle precedenti esperienze maturate in occasione di valutazioni simili, si ritiene che i risultati citati siano attendibili per la valutazione in corso. La topografia andrebbe approfondita nel caso in cui le valutazioni fossero fatte a scala di singolo edificio a supporto della stesura della Carta di Sintesi. Il limite dell'area inondabile descritto in apposito elaborato grafico, è conseguente a valutazioni qualitative emerse a seguito dell'assunzione di elementi locali.
- 2) La propagazione dell'onda di piena è riassunta in **Figura 9-4**. I risultati evidenziano che, in considerazione della morfologia dei luoghi (in cui l'alveo del T. Olen risulta fortemente inciso e con pendenze elevate) la laminazione della portata, nel tronco di T. Olen considerato, è limitata.
- 3) Il tempo di percorrenza dell'onda di piena nel tronco d'alveo del T. Olen compreso tra l'invaso e la confluenza con il Fiume Sesia, è pari a circa 10 minuti. La lama d'acqua in prossimità della viabilità e degli edifici potenzialmente coinvolgibili ha altezza compresa tra 0.2 e 0.4 m e velocità compresa tra 0.5 e 4 m/s. Il tronco di alveo del Fiume Sesia indagato risulta ampiamente sufficiente al convogliamento della portata di progetto.

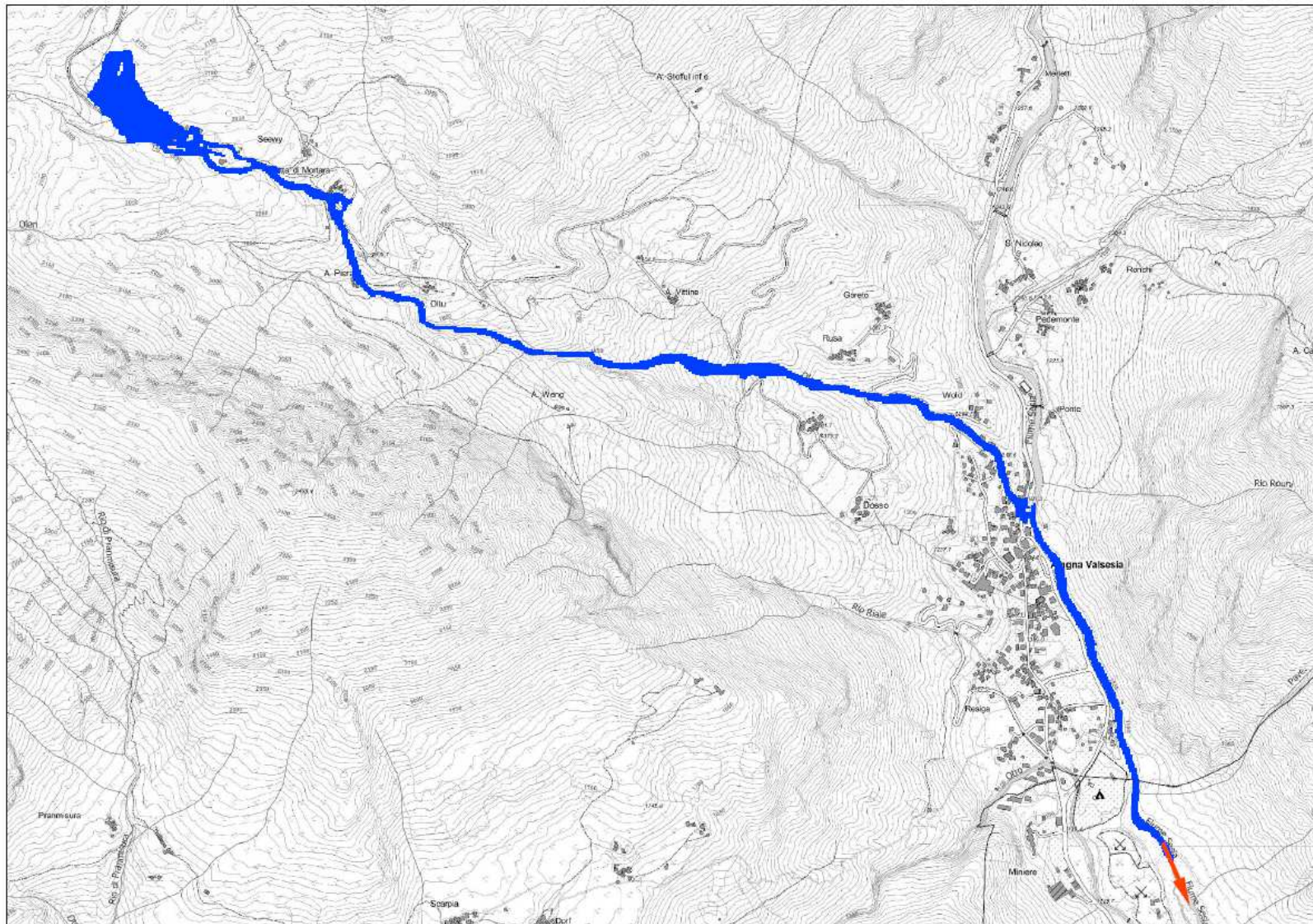


Figura 9-3. Rappresentazione dei risultati grezzi della modellazione bidimensionale in moto vario ottenuta impiegando il DTM 5x5 m prodotto dalla Regione Piemonte. La freccia indica la direzione dell'acqua all'esterno del limite indagato.

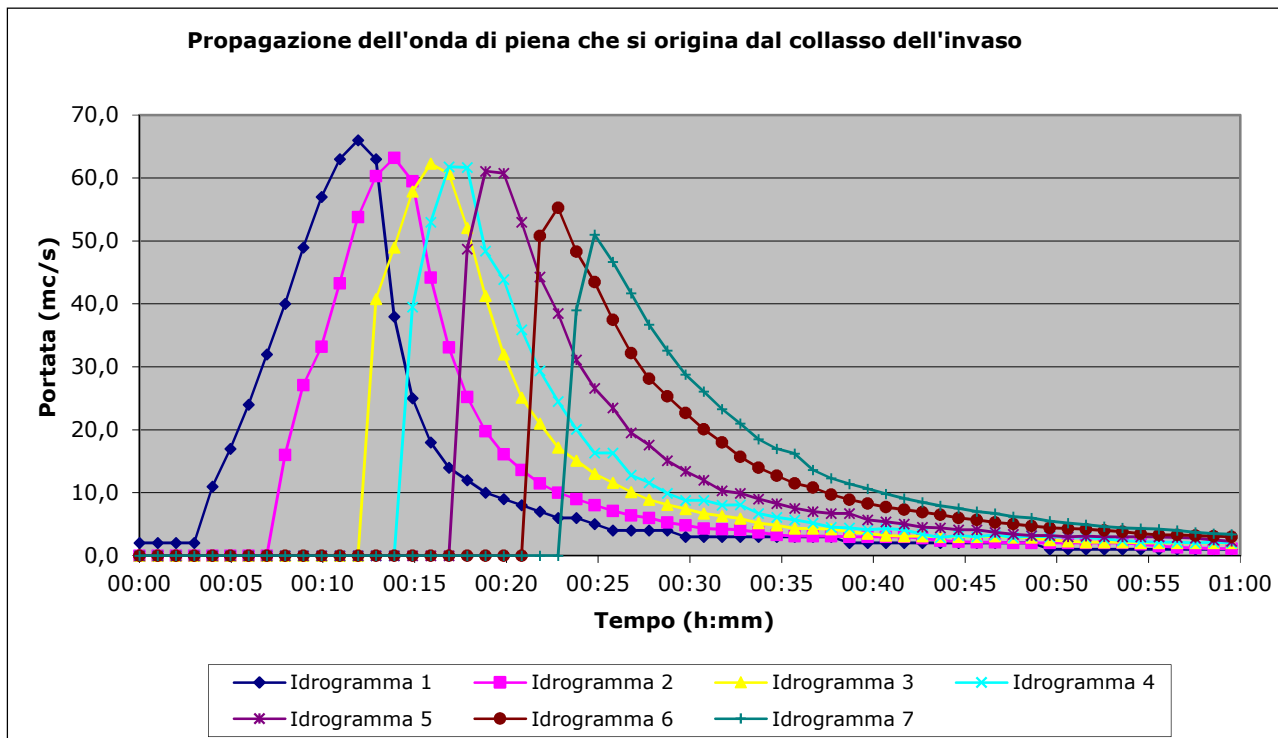


Figura 9-4. Propagazione dell'onda di piena originata a seguito del collasso dell'invaso. Con riferimento alla numerazione progressiva degli idrogrammi, i valori di portata al colmo sono rispettivamente pari a 66.0, 63.2, 62.3, 61.8, 61.1, 55.3 e 51.0 m³/s.

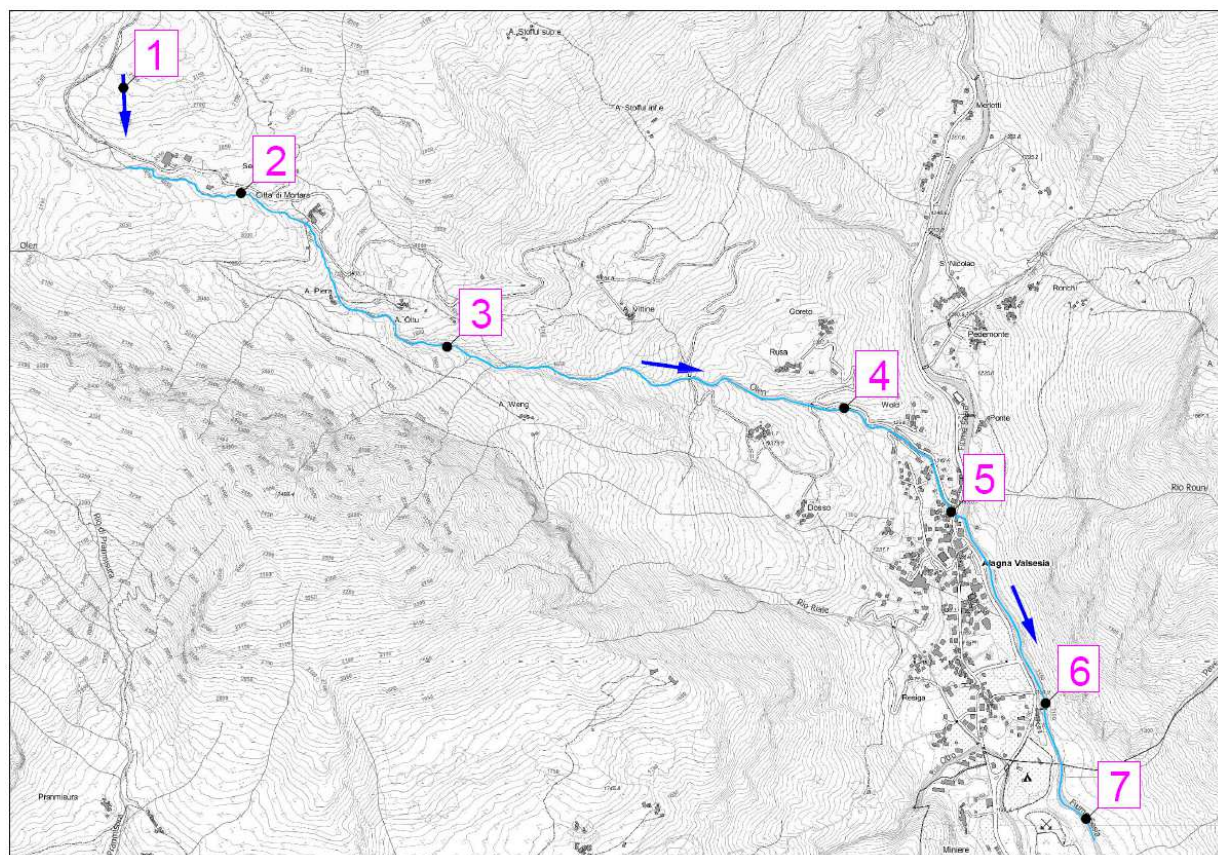


Figura 9-5. Posizioni a cui sono riferiti gli idrogrammi in transito riportati in Figura 9-4.

10. CONCLUSIONI

La presente relazione idrologica e idraulica è stata redatta a corredo del progetto di un invaso artificiale nel Comune di Alagna Valsesia in località Mullero necessario per incrementare il volume di accumulo per alimentare gli impianti di innevamento programmato della stazione sciistica. Nella presente sono state analizzate le tematiche di natura idraulica e idrologica che ineriscono la realizzazione della nuova opera in particolare con riferimento alla connessione con la rete degli impianti esistenti e con le relative opere di presa. Nel presente elaborato sono inoltre stati verificati in termini di dimensionamento e di funzionamento idraulico i principali organi di regolazione e di scarico del bacino, comprensivo della sala macchine annessa.

Nella seconda parte della relazione (in particolare al paragrafo 9), con il supporto del prof. Virgilio Anselmo, è stata effettuata un'analisi di dam break con lo scopo di valutare le conseguenze potenziali a valle del manufatto per effetto del collasso del paramento di contenimento del volume idrico. A tale scopo il prof. Anselmo ha effettuato la stima di un idrogramma di piena valutato in moto vario, comprensivo sia del contributo in fase liquida che di quello in fase solida, derivante dall'apertura di una breccia sul paramento del bacino. Tale idrogramma in uscita è stato poi simulato con un codice di calcolo bidimensionale in moto vario lungo tutto lo sviluppo del Torrente Olen fino alla confluenza con il Fiume Sesia, per un'estensione fino al confine comunale di Alagna Valsesia con Riva Valdobbia. Dalla simulazione è stata ricavata una planimetria specifica nella quale è stata evidenziata, su base topografica derivante dal DTM con maglia 5 x 5 m della Regione Piemonte, la potenziale area di inondazione. Tale modellazione è stata prodotta a seguito di una specifica prescrizione da parte della Regione Piemonte – Settore Difesa del Suolo allo scopo di un suo successivo recepimento nei piani di protezione civile del Comune di Alagna Valsesia.

APPENDICE A. CARATTERISTICHE DEL CODICE DI CALCOLO DAMBRK E DESCRIZIONE DELLA PROCEDURA ATTIVATA PER LA DETERMINAZIONE DELL'ONDA DI PIENA DERIVANTE DAL COLLASSO DELL'INVASO.

Gli effetti del collasso delle strutture di contenimento sono stati indagati mediante il codice di calcolo Boss-Dambrk versione 3.0, costituente una ingegnerizzazione dell'originario programma denominato DamBreak, presentato dalla NWS nel 1977 (FREAD, 1977). Il codice genera, a partire da assegnate condizioni geometriche e idrauliche che definiscono la modalità del collasso della struttura, l'idrogramma uscente dal dispositivo di invaso ed i conseguenti livelli nelle sezioni a valle.

Il codice di calcolo è monodimensionale e risolve le equazioni di moto vario in canali a pelo libero. Il codice consiste di tre parti funzionali (rif. BOSS DAMBRK USER'S MANUAL):

- 1) descrizione delle modalità di collasso dello sbarramento (intervallo di tempo in cui si sviluppa la breccia, dimensioni geometriche della breccia). Le modalità con cui si sviluppa il collasso dello sbarramento dipendono dalla tipologia costruttiva della struttura:
 - nel caso di dighe ad arco in cemento generalmente si assume il crollo totale ed istantaneo della struttura;
 - nel caso di sbarramenti in terra questa ipotesi non è appropriata in quanto, in base alle informazioni derivanti dall'osservazione di casi reali, il collasso avviene per formazione di una breccia nella struttura. La rottura può avvenire a partire dal coronamento dello sbarramento (*Overtopping breach* par.6.6.1) oppure per sifonamento con apertura di un orifizio che cresce nel tempo (*Piping failure* par.6.6.2).

Ai fini del presente studio viene considerata l'ipotesi di formazione della breccia per sifonamento (*Piping failure*) secondo lo schema riportato in Figura A - 1.

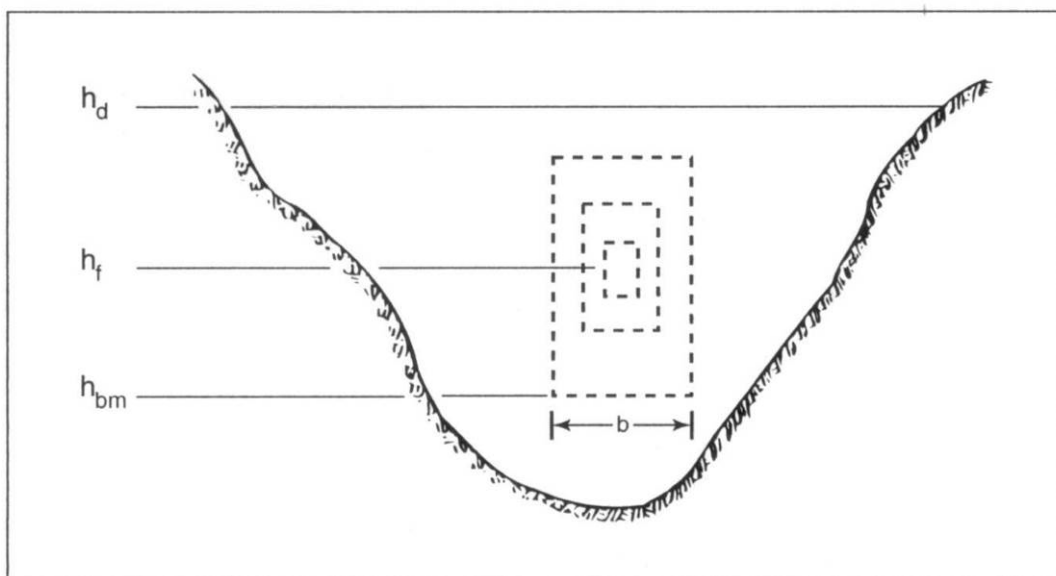


Figure 6.6.2.1 Front view of dam showing formation of orifice breach

Figura A - 1. Schema di formazione della breccia per tracimazione di un rilevato in terra (da Boss DAMBRK User's manual, 2000).

Nel caso dell'invaso artificiale in Località Mullero a servizio degli impianti di innevamento programmato, si formula l'ipotesi di una breccia che si sviluppa per sifonamento a partire dal fondo dell'invaso.

La simulazione idraulica predisposta, prevede che la quota dell'acqua nell'invaso al momento del collasso della struttura sia pari a quella di regolazione (2154.5 m, volume sotteso pari a circa 30 000 m³).

In ottemperanza alla richiesta degli uffici, la simulazione è stata attivata considerando un incremento di portata relativa al trasporto solido mobilizzato a seguito dell'apertura della breccia e del collasso della struttura. Premesso che nell'ambito della simulazione di tipo dam break l'entità della portata defluente è calcolata correlando il volume trattenuto nell'invaso al momento del collasso con la geometria della struttura, la valutazione dell'incremento di portata dovuto al trasporto solido viene effettuata con medesimo criterio. Speditivamente viene valutato che il volume di trasporto solido mobilizzato sia pari ad 1/3 del volume d'acqua invasato al momento del collasso pari a 30 000 / 3 = 10 000 m³ (l'ipotesi è stata assunta mutuando il criterio speditivo indicato in alcune richieste di integrazioni espresse dai Settori regionali nell'ambito degli approfondimenti idraulici a supporto dei PRG, secondo cui il ruolo del trasporto solido può essere valutato incrementando di 1/3 il tirante idrometrico, riservando in pratica al trasporto solido una quota di sezione pari ad 1/3 della sezione necessaria per il deflusso della portata liquida). Dal punto di vista della modellazione idraulica, quanto richiamato si traduce nell'incremento di volume pari a 10 000 m³ nell'ambito della relazione volume-quota di invasato (si assumerà pertanto che il volume sotteso al momento del collasso, assunta pari alla quota di regolazione, sia pari a 30 000 + 10 000 = 40 000 m³).

I valori dei parametri richiesti per l'attivazione del codice di calcolo sono ricavati seguendo le indicazioni suggerite dal manuale d'uso per sbarramenti in materiali sciolti, mediante formule tarate sulla base di casi reali, nel seguito riportate:

LARGHEZZA MEDIA DELLA BRECCIA (formula 6.4 in BOSS DAMBRK USER'S MANUAL)

$$b_{bar} = 9.5k_o (V_r h_d)^{0.25}$$

in cui:

b_{bar} = larghezza media della breccia (in ft)

k_o = coefficiente (pari a 1.4 nel caso di scavalco dell'opera)

V_r = volume immagazzinato (in acre-ft)

h_d = altezza dell'acqua al di sopra del fondo della breccia (in ft)

con:

1 ft = 0.3048 m;

1 acre = 4047 m²;

fattore di conversione m³/acre-ft = 1233.5

AMPIEZZA FINALE DELLA BRECCIA (formula 6.1 in BOSS DAMBRK USER'S MANUAL)

$$b = b_{bar} - 0.5 \cdot Z \cdot h_d$$

con

b larghezza alla base (in ft)

b_{bar} larghezza media della breccia (in ft)

Z proiezione sull'orizzontale del lato obliquo per 1 m di verticale. Si ammette che il parametro z vari tra 0 e 2 in funzione dell'angolo di attrito del terreno.

h_d profondità della breccia (in ft) calcolata come $h_d = h_0 - h_{bm}$

TEMPO DI FORMAZIONE DELLA BRECCIA (formula 6.5 in BOSS DAMBRK USER'S MANUAL)

$$\tau = 0.8 \left(\frac{V_r}{h_d^2} \right)^{0.5}$$

in cui:

τ = tempo di rottura (h)

K_o = coefficiente pari a 1.0 nel caso di breccia per sifonamento

V_r = volume immagazzinato a tergo dell'invaso (acre-ft)

H_d = altezza dell'acqua al di sopra del fondo della breccia (ft)

Lo sviluppo dei calcoli per il caso oggetto di studio porta ai seguenti valori:

$$b_{bar} = 9.5 \times 1.0 \times (24.32 \times 6.56)^{0.25} = 33.77 \text{ (ft)} = 10.3 \text{ (m)}$$

$$b = 33.77 - (0.5 \times 1 \times 6.56) = 30.48 \text{ (ft)} = 9.3 \text{ (m)}$$

$$\tau = 0.8 \times \left(\frac{24.32}{6.56^2} \right)^{0.5} = 0.60 \text{ (h)}$$

Il merito alla quantificazione del tempo di collasso della struttura, al fine di valutare il ruolo del telo impermeabile in HDPE posto a contatto con il paramento interno del rilevato, il valore calcolato con la formula 6.5 è stato empiricamente raddoppiato.

L'ipotesi è stata attivata considerando un tempo di formazione della breccia pari a 1.2h.

- 2) calcolo dell'idrogramma uscente dallo sbarramento durante il collasso in funzione delle caratteristiche della breccia, della relazione volume-quota di invaso, del funzionamento dell'eventuale sfioratore e delle condizioni di moto a valle. Ai fini del presente studio vengono considerati i seguenti dati di ingresso:

INPUT CONTROL PARAMETERS	VALUE
Problem Specification Option	1
Number of Dynamic Routing Reaches (KKN)	1
Type of Reservoir Routing (KUI)	0 (storage routing)
BREACH DESCRIPTION	
Initial Elevation of Reservoir Surface (YO, m MSL)	2154.5
Bottom of Dam Elevation (DATUM, m MSL)	2146.0
Top of Dam Crest Elevation (HD, m MSL)	2155.5
Water Surface Elevation at Time of Breach (HF, m MSL)	2154.5
Breach Side Slope (Z)	1 :1 (da User's manual)
Breach Bottom Elevation (YBMIN, m MSL)	2146.0
Breach Base Width (BB, m)	9.3 (calcolato con 6.1)
Time of Breach Formation (TFH, hr)	1.2 (calcolato con 6.5x2)
Uncontrolled Spillway Crest Elevation (HSP, m MSL)	2154.5
Uncontrolled Spillway Discharge Coefficient (CS)	0.38 (da User's manual)
Dam Overtopping Discharge Coefficient (CDO)	1.44 (da User's manual)
Turbine discharge	0.03 (da User's manual)
RESERVOIR DESCRIPTION	
Elevation (m MSL)	Volume (cu-m E6)
2154.5	0.040
2153.0	0.035
2152.0	0.028
2151.0	0.024

2150.0	0.019
2149.0	0.014
2148.0	0.009
2146.0	0.001
CHANNEL-VALLEY BOUNDARY CONDITIONS	
Critical Flow Froude Number (DFR)	0.990 (da User's manual)
Stage Convergence Criterion (EPSY, m)	0.100 (da User's manual)
Slope of Channel Downstream of Dam (SOM, m/km)	250.00 (da DTM 5x5)
SUMMARY OF PROGRAM CONTROL PARAMETERS	
Problem Specification Option (KKN, KUI, MULDAM, IDAM)	1
Flow Type Parameter (KSUPC)	Mixed - option 2 (D)

- 3) calcolo della propagazione dell'idrogramma uscente a valle dell'invaso. Il codice numerico, che opera in moto vario monodimensionale (1D), consente la cinematizzazione dell'onda di piena ed il calcolo del livello idrometrico in un tronco d'alveo descritto per sezioni (occorre evidenziare che DAMBRK non utilizza la consueta descrizione delle sezioni per punti secondo le coordinate x,y (z) rinvenibile in codici di calcolo simili es. hec-ras ma richiede di associare ad una specifica quota la larghezza dell'alveo). Il codice di calcolo non è ottimizzato per la definizione delle aree inondabili. Per il caso oggetto di studio la definizione delle aree inondabili sarà effettuata con codice di calcolo in moto vario bidimensionale (2D) più adatto a questo tipo di analisi. Dettagli in par. 0).

La procedura attivata ha consentito di ricavare l'idrogramma dell'onda di piena (vedi Figura A - 2) che si può originare a seguito del collasso della struttura di contenimento dell'invaso artificiale e che rappresenta la condizione al contorno di monte per l'attivazione del codice di calcolo SOBEK-Rural impiegato per la delimitazione del campo di inondazione.

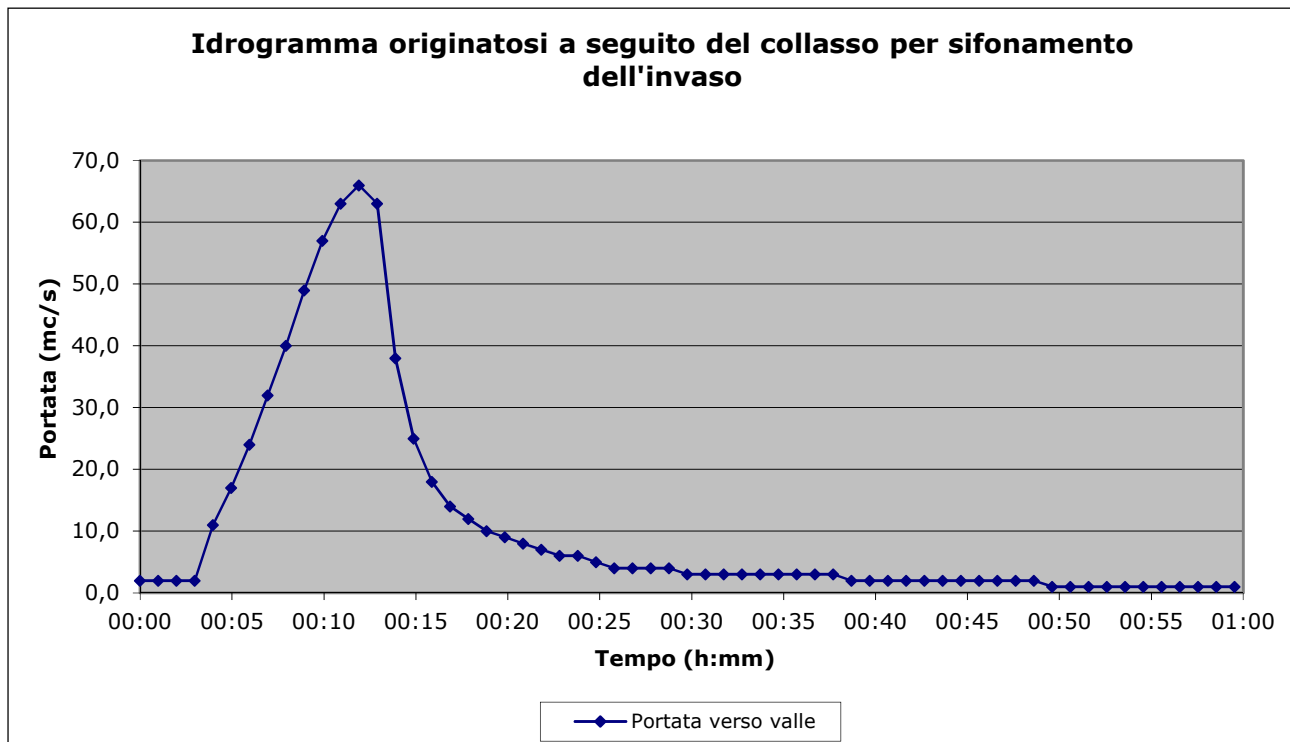


Figura A - 2. Idrogramma dell'onda di piena originatasi a seguito del collasso della struttura di contenimento dell'invaso artificiale ottenuta con modellazione idraulica di tipo dam break. L'idrogramma rappresenta la condizione al contorno di monte per l'attivazione del codice SOBEK-Rural impiegato per la delimitazione del campo di inondazione.

RIFERIMENTI

BOSS (2000): *Boss DAMBRK Hydrodynamic Flood Routing, User's Manual*, Boss International, Inc.

CEMAGREF (1994): *Castor, notice d'utilisation, version 1.6*, Cemagref Division Hydrologie-Hydraulique.

CHOW V.T. (1959): *Open-Channel Hydraulics*, McGraw-Hill, New York.

FREAD D.L. (1977): *The development and testing of a dam-break flood forecasting model*, Proceedings, dam-break flood modelling workshop, Water Resources Council, Washington D.C..

FREAD D.L. (1981): *Some limitations of contemporary dam-break flood routing models*, preprint 81-525: Annual Meeting of ASCE, oct 1982, St Louis, Missouri.

FROELICH D.C. (1987): *Embankment-Dam breach parameters*, Proceedings of the 1987 National Conference on Hydraulic Engineering, ASCE, New York, New York, Aug., pp 570-75.

HAGEN V.K. (1982): *Re-evaluation of design floods and dam safety*, Paper presented at fourteenth ICOLD Congress, Rio de Janeiro.

U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE (1997): *Ponds-Planning, Design, Construction*, Washington.

U.S. DEPARTMENT OF THE Interior (1997): *Design of Small Dams – A water Resources Technical Publication*.

APPENDICE B. CARATTERISTICHE DEL CODICE DI CALCOLO BIDIMENSIONALE SOBEK-RURAL.

Per il caso oggetto di studio la definizione delle aree inondabili sarà effettuata con codice di calcolo in moto vario bidimensionale (2D) redatto sulla base del DTM 5x5 della Regione Piemonte (ripresa aerea ICE 2009-2011) alimentato con l'idrogramma calcolato mediante simulazione di tipo dam break (dettagli in par. 0).

Il codice di calcolo SOBEK-Rural è uno strumento per la modellazione di corsi d'acqua naturali ed è ottimizzato per la definizione delle aree inondabili. Una tipica applicazione del programma è la simulazione della progressione di un evento di piena in un'area inondabile inizialmente asciutta (WL Delft Hydraulics, 2003). Il modello è in grado di simulare ogni tipo di condizioni di deflusso, sub o supercritiche ed il passaggio da un regime all'altro.

Derivato da un originario modello monodimensionale, presenta caratteristiche interessanti di sovrapposizione fra modulo 1D e 2D: permette infatti di operare un passaggio automatico da monodimensionale (moto nell'alveo incanalato) a bidimensionale (sommersione progressiva del piano campagna) e risulta, pertanto, particolarmente adatto per le indagini legate all'analisi delle aree inondabili e/o del ruolo di interventi programmati/realizzati.

Il modulo 1D è costituito dalle sezioni trasversali dell'alveo a distanze appropriate l'una dall'altra, mentre il modulo 2D si basa su una griglia di calcolo a maglie quadrate, che rappresenta la regione fluviale: ad ogni cella della griglia sono assegnate la quota s.l.m. e il valore della scabrezza.

Il modello si basa sulle equazioni di De Saint Venant per il bilancio della quantità di moto e la conservazione della massa. Lo schema di soluzione utilizza il metodo delle differenze finite. Per la conservazione della quantità di moto i moduli 1D e 2D rimangono strettamente separati: le velocità sulla verticale e le forze di taglio tra 1D e 2D sono trascurate. Per la conservazione della massa, gli appropriati volumi 1D e 2D sono combinati in modo da avere congruenza dei livelli idrometrici (Figura B - 1).

Ad ogni time step della simulazione i risultati ottenuti nello schema monodimensionale sono usati come condizioni al contorno interne per lo schema bidimensionale, utilizzato per simulare i processi di inondazione delle aree golenali (Stelling et al., 1998; Frank et al., 2001). L'accoppiamento tra 1D e 2D avviene a livello dei punti di calcolo 1D (calculation points) quando si trovano sovrapposti alle celle della griglia 2D (Figura B - 2). I modi con cui l'acqua può fuoriuscire dall'alveo 1D e inondare le aree circostanti (griglia 2D) sono due:

- 1) l'acqua entra nella griglia 2D quando il livello idrometrico nell'1D supera la quota della sponda più alta o più bassa (opzione: assume highest/lowest level of embankments). In questo caso le sponde formano una barriera tra l'alveo e la griglia 2D, sia per l'acqua che fuoriesce dall'alveo, sia per l'acqua che rientra nell'alveo (Figura B - 3).
- 2) l'acqua entra nella griglia 2D non appena il livello idrometrico raggiunge la quota del terreno nella griglia 2D, mentre la parte di sponda al di sopra di tale livello è trascurata (opzione: assume no dikes). Questa opzione è utile quando non sono presenti argini e non si conosce l'esatta connessione locale tra il profilo 1D e il piano campagna (Figura B - 3).

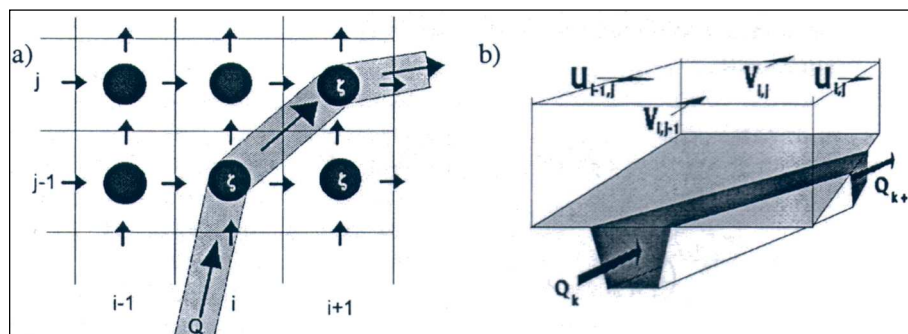


Figura B - 1. Schema del modello idraulico: a) combinazione 1D/2D; b) combinazione dei volumi 1D/2D (da: Frank et al., 2001)

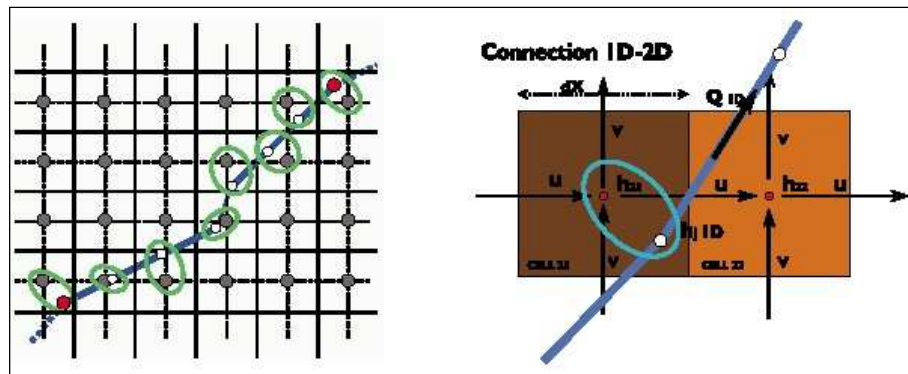


Figura B - 2. Accoppiamento tra la rete 1D e le celle 2D (h : livello idrometrico (lo stesso per 1D e 2D); u, v : velocità in direzione x e y ; dX : dimensione della cella; Q : portata nel ramo 1D). (WL Delft, 2000).

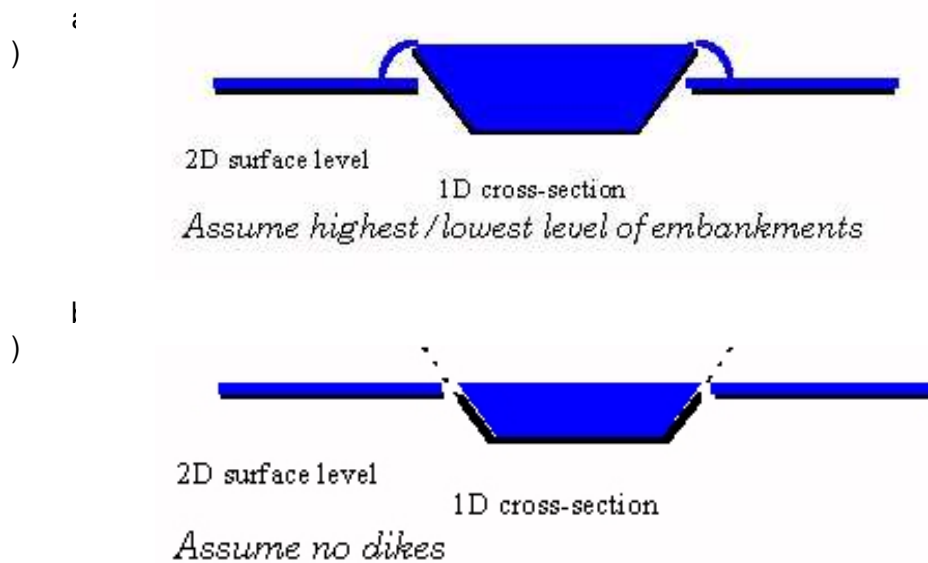


Figura B - 3. Opzioni di fuoriuscita dell'acqua dall'alveo 1D alla griglia 2D (figure tratte dalla guida in linea del programma).

In merito alle indagini avviate si richiama l'attenzione sul fatto che nei modelli bidimensionali, che utilizzano una rappresentazione del territorio con celle triangolari o quadrate, il moto è determinato mediante la conservazione della massa nella cella in funzione delle caratteristiche altimetriche ed idrauliche delle celle adiacenti, pertanto non vale la schematizzazione secondo cui area bagnata e pelo libero sono individuabili su di un piano ortogonale al vettore velocità media nella sezione. La direzione della corrente varia quindi da cella a cella e, con essa, la quota del pelo libero che normalmente risulta diverso tra celle confinanti. Il modello si presta a descrivere al meglio le situazioni reali in cui talvolta la corrente torna indietro a colmare depressioni o ristagna. In funzione della morfologia del terreno e delle situazioni di moto locali, il pelo libero può adagiarsi sul terreno in funzione della profondità locale non essendo più valido il concetto di velocità media nella sezione e quindi di pelo libero ⁽¹⁾.

⁽¹⁾ Nel caso di un modello monodimensionale, il moto è determinato dalla pendenza della linea dell'energia e il pelo libero entro la sezione bagnata si mantiene orizzontale ed uniforme in tutta la sezione rappresentata. La quota del pelo libero è determinata dalla conservazione dell'energia fra due sezioni adiacenti determinando la differenza di livello, a partire dalla sezione di valle (nel caso della corrente lenta) con un processo iterativo in base alle caratteristiche geometriche di scabrezza. Nella sezione, il calcolo procede utilizzando la media pesata della capacità di convogliamento dell'alveo inciso e delle porzioni golenali adiacenti. Lo schema resta valido per correnti incanalate (canale, alveo naturale inciso, alveo naturale con golene) pur ammettendo variazioni di scabrezza in settori diversi della stessa sezione. Nel caso in cui la

Campi di applicazione e risultati ottenibili

Il modello può essere utilizzato in due modalità:

ACCOPPIAMENTO 1D-2D: particolarmente utile per lo studio dell'allagamento progressivo delle aree vicine all'alveo nel caso di un evento di piena (l'alveo è descritto tramite sezioni trasversali nel modulo 1D, mentre le zone golenali sono descritte dalla griglia 2D) o l'effetto di strutture trasversali (per esempio ponti e traverse, descritte nel modulo 1D)

SOLO 2D: utile nel caso di alvei molto ampi e ramificati. Sia l'alveo, sia le aree golenali sono descritti dalla griglia 2D. La modellazione mostra la distribuzione della corrente nell'alveo e permette di valutare i punti critici (erosioni di sponda, riattivazione di alvei antichi).

Requisiti minimi dei dati di partenza per l'uso del modello

I dati necessari per allestire il modello sono:

Topografia di dettaglio

PUNTI QUOTATI: sia l'alveo, sia la regione fluviale devono essere descritti da un numero sufficiente di punti quotati. È importante sia la densità dei punti quotati, sia la loro accuratezza altimetrica. In generale, si ottengono buoni risultati dall'interpretazioni di ortofotografie digitali (un punto quotato ogni 25 m², con un'accuratezza altimetrica di $\pm 20-40$ cm).

BREAKLINES: polilinee 3D che descrivono una "rottura" nel rilievo, ossia un brusco cambiamento di pendenza determinato, per esempio, da rilevati stradali e ferroviari, argini, corsi d'acqua.

SEZIONI TRASVERSALI: nel caso di accoppiamento 1D-2D lungo tutto il tronco d'alveo oggetto di studio sono necessarie sezioni trasversali ad una distanza adeguata una dall'altra (il modello interpola la geometria tra una sezione e la successiva). Nel caso di solo 2D, è necessaria almeno una sezione in uscita.

EVENTUALI STRUTTURE TRASVERSALI: ponti, traverse (larghezza, quota del coronamento, ecc.)

Dall'elaborazione in ambiente G.I.S. di punti quotati e breaklines si ottiene la griglia, a maglie quadrate, delle quote: l'ampiezza del lato delle celle della griglia è scelta in base alla densità dei punti iniziali e al caso di studio (generalmente varia da un minimo di 2-4 m, ad un massimo di 25-50 m).

Condizioni al contorno:

IDROGRAMMA/I IN INGRESSO

SCABREZZE dell'alveo e della regione fluviale

LIVELLO IDROMETRICO IN USCITA: fisso, variabile oppure relazione Q-H (scala delle portate).

Output delle simulazioni

Gli output del modello, per ogni timestep di simulazione, sono:

- livelli idrometrici e velocità della corrente (scalare e vettoriale) nella rete 1D e nella griglia 2D;
- aree inondate e profondità dell'acqua in ogni cella della griglia.

I risultati possono essere agevolmente esportati in ambiente GIS per ulteriori considerazioni, per esempio, sulla massima area inondata e sulle profondità dell'acqua nelle zone inondate.

I risultati sono inoltre esportabili anche sotto forma di filmati che illustrano la progressione dell'evento di piena.

configurazione dell'area attraversata dal corso d'acqua sia tale per cui, in caso di straripamento, la corrente possa avviarsi sul piano campagna adiacente e muoversi su di esso in maniera indipendente dalla corrente in alveo, lo schema del moto monodimensionale cade in quanto non più riconducibile ad un insieme di tubi di flusso paralleli.

RIFERIMENTI

FRANK E., OSTAN A., COCCATO M., STELLING G.S. (2001): *Use of an integrated one dimensional-two dimensional hydraulic modelling approach for flood hazard and risk mapping*. Proceedings of the Conference on River Basin Management 2001, 11-13 September 2001, Cardiff, UK.

GUIOT E. (2004): *Valutazione della pericolosità dei fenomeni torrentizi e fluviali lungo la rete idrografica ai fini della riorganizzazione del territorio*. Tesi di dottorato, Università di Torino.

STELLING G.S., KERNKAMP H.W.J., LAGUZZI M.M. (1998): *Delft Flooding System: a powerful tool for inundation assessment based upon a positive flow simulation*. In Hydroinformatics '98, Babovic and Larsen (eds), 1998 Balkema, Rotterdam.

WL | DELFT HYDRAULICS (2000): *R&D 2000. Annual Report*.

WL | DELFT HYDRAULICS (2003): *SOBEK-Rural Reference Manual*.