



Committente

tecnici

ORDINE DEGLI INGEGNERI  
DELLA PROV. DI BOLZANO  
**Dr. Ing. WALTER GOSTNER**  
Nr. 7191  
INGENIEURKAMMER  
DER PROVINZ BOZEN

## Progetto definitivo

RUOTI ENERGIA S.r.l.  
Piazza del Grano 3  
I-39100 Bolzano (BZ)

committente

Impianto di accumulo idroelettrico mediante pompaggio denominato "Mandra Moretta" e relative opere connesse ed infrastrutture indispensabili nei Comuni di Ruoti, Avigliano, Potenza, Pietragalla, Cancellara e Vaglio Basilicata (PZ)

progetto

Relazione sul trasporto solido e sulle relative procedure di gestione lungo la Fiumara di Ruoti

contenuto

redatto	modificato	scala	elaborato n.
cl 07.09.2023	a		PD-R.3.3
Controllato	b		
wag 28.09.2023	c		
pagine 38	n. progetto 11-213	11_213_PSKW_Ruoti\einr\text\Integrazioni_2023\PD-R.3.3_trasporto_solido_01.docx	



Studio di Geologia e GeolIngegneria  
Dott. Geol. Antonio De Carlo

Dott. Geol. Antonio De Carlo  
Via del Seminario 35 – 85100 Potenza (PZ)  
tel. +39 0971 180 0373  
[studiogeopotenza@libero.it](mailto:studiogeopotenza@libero.it)



**BETTIOL ING. LINO SRL**  
Società di Ingegneria

S.L.: Via G. Marconi 7 - 31027 Spresiano (TV)  
S.O.: Via Panà 56ter - 35027 Noventa Padovana (PD)  
Tel. 049 7332277 - Fax. 049 7332273  
E-mail: [bettiolinglinosrl@legalmail.it](mailto:bettiolinglinosrl@legalmail.it)

## patscheiderpartner

ENGINEERS

Ingegneri Patscheider & Partner S.r.l.  
i-39024 mals/malles (bz) - glurnserstraße 5/k via glorenza  
i-39100 bozen/bolzano - negrellistraße 13/c via negrelli  
a-6130 schwaz - mindelheimerstraße 6  
tel. +39 0473 83 05 05 – fax +39 0473 83 53 01  
[info@ipp.bz.it](mailto:info@ipp.bz.it) – [www.patscheiderpartner.it](http://www.patscheiderpartner.it)

## Indice

<b>1. Introduzione .....</b>	<b>2</b>
1.1 Committente .....	2
1.2 Progettisti incaricati .....	2
1.3 Oggetto del documento .....	3
<b>2. Inquadramento generale.....</b>	<b>4</b>
2.1 Valutazioni geomorfologiche .....	4
2.2 Aspetti geologici .....	6
2.3 Aspetti idromorfologici .....	8
2.4 Caratterizzazione del substrato d'alveo .....	11
<b>3. Valutazione del trasporto solido.....</b>	<b>13</b>
3.1 Premessa .....	13
3.2 Fiumara di Ruoti .....	14
3.2.1 Apporto medio annuo di sedimenti.....	14
3.2.2 Trasporto solido in condizioni di piena .....	16
<b>4. Piano preliminare di gestione degli invasi .....</b>	<b>18</b>
4.1 Generalità.....	18
4.2 Invaso di valle.....	19
4.2.1 Premessa.....	19
4.2.2 Struttura del futuro Piano di Gestione degli invasi di valle e di monte.....	20
4.2.2.1 Caratterizzazione di base .....	20
4.2.2.2 Campionamento dei sedimenti .....	21
4.2.2.3 Programmi e scenari operativi .....	22
4.2.3 Opere, misure ed interventi previsti per la gestione del materiale solido .....	22
4.2.3.1 Gestione del materiale grossolano lungo la Fiumara di Ruoti .....	22
4.2.3.2 Misure contro l'interrimento dell'invaso di valle.....	23
4.3 Interventi di rimozione previsti presso l'invaso di monte.....	33
4.3.1 Premessa.....	33
4.3.2 Rimozione meccanica .....	34
4.3.3 Tecniche alternative .....	34
4.4 Calendarizzazione preliminare degli interventi .....	36
<b>5. Conclusioni .....</b>	<b>38</b>

## 1. Introduzione

### 1.1 Committente

**RUOTI ENERGIA S.r.l.**

Piazza della Rotonda 2

I-00186 Roma (RM)

### 1.2 Progettisti incaricati

Coordinatore di progetto:

**Dott. Ing. Walter Gostner**

Ingegneri Patscheider & Partner S.r.l.

Opere civili ed idrauliche

**Ingegneri Patscheider & Partner Srl**

Via Glorencia 5/K

39024 Malles (BZ)

Responsabile opere idrauliche:

Responsabile opere civili:

Coordinamento interno:

Progettisti:

Via Negrelli 13/C

39100 Bolzano (BZ)

Dott. Ing. Walter Gostner

Dott. Ing. Ronald Patscheider

Dott. Ing. Corrado Lucarelli

Dott. Ing. Marco Demattè

MSc ETH Alex Balzarini

Dott.ssa For. Giulia Bisoffi

Tecn. Alexander Gambetta

Geom. Marion Stecher

Geom. Stefania Fontanella

Per. Agr. Luciano Fiozzi

Geologia e geotecnica

Consulenti specialistici:

**Dott. Geol. Antonio De Carlo**

Studio di Geologia e Geoingegneria

Via del Seminario 35

85100 Potenza (PZ)

Archeologia

Consulenti specialistici:

**Dott.ssa Miriam Susini**

Via San Luca 5

85100 Potenza (PZ)

Acustica

Consulenti specialistici:

**Dott. Ing. Filippo Continisio**

Acusticambiente

Via Marecchia 40

70022 Altamura (BA)

Biologia, botanica, pedo-agronomia

Consulenti specialistici:

**Dott.ssa Antonella Pellegrino**

PhD Applied Biology, Environmental Advisor

Via Gran Bretagna 37

81055 S. Maria C. V. (CE)

<https://www.ingesp.it>

Opere elettriche – Impianto Utanza per la Connessione

Progettista e consulente specialista:

**Bettiol Ing. Lino S.r.l.**

Dott.ssa Ing. Giulia Bettiol

Società di Ingegneria

Via G. Marconi 7

I-31027 Spresiano (TV)

Inserimento paesaggistico delle opere di impianto e di utanza

Consulenti:

**Architettura Energia Paesaggio**

Dott.ssa Arch. Daniela Moderini

Dott. Arch. Giovanni Selano

Santa Croce 1387

I-30135 Venezia (VE)

### 1.3 **Oggetto del documento**

Come richiesto dalla Commissione Tecnica PNRR – PNIEC del Ministero dell’Ambiente e della Sicurezza Energetica nella comunicazione inoltrata al Proponente nel maggio 2022 (CTVA. REGISTRO UFFICIALE U. 0005742.16-05-2023) in merito alle integrazioni alla documentazione presentata per l’istanza di avvio del procedimento di Valutazione di Impatto Ambientale

relativa all'”Impianto di accumulo idroelettrico mediante pompaggio denominato “Mandra Morretta” e relative opere connesse ed infrastrutture indispensabili nei Comuni di Ruoti, Avigliano, Potenza, Pietragalla, Cancellara e Vaglio Basilicata (PZ)”, si redige il presente documento relativo allo studio condotto sulle dinamiche di trasporto solido lungo la Fiumara di Ruoti che verrà sbarrata dalla realizzazione della nuova diga a servizio dell'invaso di valle. Una volta quantificati gli apporti di sedimento attesi per i vari scenari di accadimento considerati si è provveduto ad illustrare tutte le misure attive e gestionali atte a garantire la sostenibilità dell'intervento e nel contempo a implementare un programma di manutenzione di lungo periodo che consenta di preservare il volume di vaso contro il probabile interrimento a cui andrà incontro senza inficiare la qualità ambientale e idromorfologica degli alvei di valle, nel pieno rispetto delle normative di settore regionali, nazionali ed internazionali.

## 2. Inquadramento generale

### 2.1 Valutazioni geomorfologiche

La Fiumara di Ruoti è classificabile come un corso d'acqua caratterizzato da un letto relativamente largo, ghiaioso e ciottoloso, impetuoso e ricco di acqua durante i mesi invernali ed autunnali, dotato di una scarsa portata liquida e da un moto relativamente placido nel resto dell'anno.



**Figura 1. Il letto della Fiumara di Ruoti come appariva nel giugno 2012.**

Contestualizzando tale corso d'acqua nel suo bacino imbrifero, costituito da ampi depositi di materiale argilloso caratterizzato anche dalla presenza di blocchi di medie dimensioni e di formazioni conglomeratiche, il ruolo del trasporto solido assume una grande importanza nella valutazione e nella progettazione dell'impianto a pompaggio proposto, se non altro per le probabili problematiche di interrimento dell'invaso di valle che si potrebbero venire a creare nel corso degli anni e le condizioni generali di sicurezza dello stesso.



**Figura 2. L'attività torrentizia della Fiumara è visibile dalle condizioni dell'alveo**

Per le sue caratteristiche geomorfologiche ed un bacino imbrifero soggetto ad evidenti segni di dissesto idrogeologico, la Fiumara di Ruoti è infatti in grado di generare piene torrentizie con fenomeni di trasporto solido non trascurabile. Nella figura seguente sono riportate alcune immagini di una piena del corso d'acqua in esame.



(a)

(b)

**Figura 3. La Fiumara di Ruoti in condizioni di piena (a) nel novembre 2011 e (b) nel dicembre 2013.**

Data la complessità del bacino imbrifero in esame, in cui ampi depositi di materiale fino si sommano a materiale solido di pezzatura grossolana, appare chiaro come per una stima attendibile del trasporto solido in atto e potenziale per eventi estremi si renda necessaria l'applicazione di metodologie che considerino sia il contributo del trasporto solido di fondo che quello imputabile al trasporto solido in sospensione.



**Figura 4.** Recenti depositi di materiale solido lungo il corso della Fiumara di Ruoti ed allo sbocco con la Fiumara di Avigliano imputabili alla piena del dicembre 2013.



**Figura 5.** La Fiumara di Ruoti come si presentava nel novembre 2022 in alcune sezioni di controllo lungo il suo corso.

In fase di progettazione definitiva le caratteristiche salienti della Fiumara di Ruoti sono state approfondite con analisi di campo, rilievi geomorfologici nonché campagne di indagine granulometrica numerale per una caratterizzazione complessiva di dettaglio del materiale trasportabile della Fiumara in condizioni di piena.

## **2.2 Aspetti geologici**

Le componenti fisico-morfologiche delle aree interessate dal progetto sono tipicamente collinari, con forme sommitali variabili da arrotondate, a pseudo-tabulari debolmente ondulate, a pseudo-creste, a cui corrispondono versanti ad acclività variabile da bassa ad alta. Queste strutture sono fra loro raccordate da aree più depresse. I fossi presenti sono di basso ordine gerarchico e legati al reticolo idrografico secondario. Nelle aree di sedime del progetto non sono stati riscontrati segni morfoevolutivi.

Nella cartografia ufficiale le aree in esame sono comprese nel F°187 "Melfi" (scala 1:100.000) della Carta Geologica d'Italia. Nel territorio investigato affiora una successione pliocenica Conglomeratico-Sabbiosa costituita da litofacies con rapporti parzialmente eteropici (Figura 6a). La Litofacies Conglomeratica è costituita da conglomerati poligenici (prevalentemente di natura calcarea ed arenacea) a ciottoli sub-arrotondati, immersi in scarsa matrice sabbioso-limoso, di colore varabile dal grigio al rossastro, generalmente ben cementati, mal stratificati o in grossi banchi. Vi si intercalano limi sabbiosi, sabbioso-argillosi e sabbie in lenti. La Litofacies Sabbiosa è costituita da sabbie a grana media e fine e da sabbie siltose, di colore prevalentemente giallognolo, stratificate e a luoghi cementate, con intercalazioni di siltiti argillose e sabbiose, lenti conglomeratiche poligeniche, marne siltose.



**Figura 6. (a) Contatto fra le litofacies conglomeratica e sabbiosa e (b) Litofacies conglomeratica lungo la Fiumara di Ruoti.**

Da una lettura dei dati disponibili in bibliografia e dalle prime indagini geologiche e geotecniche effettuate in sito, è emerso che in corrispondenza del previsto sbarramento di valle i terreni di fondazione sono costituiti in sinistra idraulica dall'Unità Conglomeratica, caratterizzata da ottimi caratteri litotecnici, mentre in destra idrografica, dopo una copertura di qualche metro di materiale detritico, affiora subito l'Unità Sabbiosa, anch'essa rappresentata da litotipi con caratteri fisico-meccanici di riguardo.

Circa la stabilità globale dei relativi versanti di sponda, non sono stati rilevati movimenti gravitativi in atto né in preparazione, pertanto si ritiene che l'area sia idonea alla realizzazione del corpo diga. La stabilità globale dei versanti interessati dall'invaso vero e proprio sembra essere più che garantita, ad esclusione di circoscritti rilassamenti laterali dovuti al fenomeno di scalzamento al piede della scarpata di sponda. Questi ultimi dovrebbero essere irrilevanti e non incidono sulla fattibilità dell'opera, in quanto saranno quasi tutti asportati dai lavori di riprofilatura

delle scarpate per la posa in opera delle strutture impermeabilizzanti, o, comunque facilmente controllabili a lungo termine da semplici opere di contenimento o di sistemazione idraulica.

### 2.3 Aspetti idromorfologici

Le Fiumare oggetto di indagine presentano la medesima tipologia di regime idrologico, con massimo di portata invernale molto spiccato, nettamente prevalente sul minimo estivo. Tale aspetto si traduce quindi in portate abbondanti da novembre a marzo (spesso sotto forma di piene importanti e con spiccati fenomeni di instabilità degli alvei fluviali) e decisamente scarse in piena estate, con contributi specifici quasi sempre di molto inferiori a 0,5 l/s/km<sup>2</sup>, comportamento tipico delle fiumare. Si tratta di una condizione generalmente sfavorevole per le cenosi acquatiche ed in particolare per l'ittiofauna, tenuto conto anche della forte acclività degli alvei laterali (che limita fortemente la risalita naturale verso monte dei pesci) e della presenza di imponenti opere trasversali lungo gli alvei di fondovalle che risultano inesorabilmente invalicabili per i pesci. Entrambi i corsi d'acqua (la Fiumara di Ruoti in Figura 7 e la Fiumara di Avigliano in Figura 8) sono caratterizzati da letti fortemente ghiaiosi e ciottolosi con una colmatazione di materiali fino generalmente elevata, che nelle stagioni estive si presentano praticamente asciutti e non risultano mai idonei alla vita per la maggior parte delle specie ittiche.



Figura 7. La tipica conformazione idrologica della Fiumara di Ruoti nei mesi invernali (A) e nei mesi estivi (B).



**Figura 8.** La tipica conformazione idrologica della Fiumara di Avigliano nei mesi invernali (A) e nei mesi estivi (B).

Risulta interessante ai fini del presente documento analizzare anche il grado di colmatazione del fondo. Per colmatazione si intende il deposito di materiale fine (argilla, limo, sabbia fine) lungo gli alvei dei corsi d'acqua. Tale fenomeno influenza la permeabilità dei letti fluviali e riduce il volume dei pori tra i grani dominanti del fondo. Nei corsi d'acqua colmatati questa tendenza genera una forte riduzione degli habitat riproduttivi e vitali della fauna acquatica e limita anche le dinamiche di frega dei pesci.

In Figura 9 è riportata la situazione rilevata in data 06.07.2023 nei transetti monitorati della Fiumara di Avigliano. Il letto si presentava coperto di un ampio strato di fango putrescente che ha alterato anche la macroporosità tra i grani. Nei mesi tardo primaverili ed estivi, ovvero durante le secche stagionali, questo si traduce in una cementificazione naturale del fondo che impedisce di fatto la proliferazione della fauna bentonica e rende molto difficile anche le dinamiche di frega dei pesci. Pertanto, tali aree non garantiscono una persistenza temporale delle specie ittiche.



**Figura 9.** Colmatazione del fondo nei transetti monitorati della Fiumara di Avigliano.



**Figura 10.** Colmatazione del fondo nei transesti monitorati della Fiumara di Ruoti.

Lungo la Fiumara di Ruoti (Figura 10) il fondo ed i banchi di ghiaia affioranti risultavano invece coperti da un'ampia matrice sabbiosa ed il substrato ghiaioso si presentava colmato di sabbia fine e di limo. Nei tratti non ombreggiati della fiumara pertanto sono da attendersi le medesime dinamiche estive di impoverimento degli habitat ittici. Anche in questo caso, tali fluttuazioni stagionali nella costituzioni dei substrati del corso d'acqua testimoniano come tali ambienti non siano adatti alla frega dei pesci. Lungo la Fiumara di Ruoti sono presenti brevi tratti di morfologia a pozze e cascate. Se nella stagione invernale questi rappresentano dei potenziali habitat per la fauna ittica, in assenza di portata estiva tali elementi non vengono di fatto alimentati, le temperature dell'acqua diventano torride e si determina proliferazione algale che di fatto rende completamente anossici questi ambienti. Anche nei tratti morfologicamente più diversificati, l'assenza di deflusso dei mesi estivi garantisce una lama d'acqua stagnante di pochi centimetri che di fatto non consente la sopravvivenza di nessuna specie ittica.



**Figura 11.** Pozze e cascate presenti lungo il corso mediano della Fiumara di Ruoti e, a destra, uno dei tratti più diversificati da un punto di vista morfologico con un buon grado di ombreggiamento.

Occorre infine sottolineare che lungo la Fiumara di Avigliano a valle della confluenza con quella di Ruoti è presente una grande briglia di consolidamento a due balze che di fatto interrompe il continuum fluviale longitudinale.



**Figura 12.** La grande briglia di consolidamento a due balze presente lungo la Fiumara di Avigliano a valle della confluenza con quella di Ruoti.

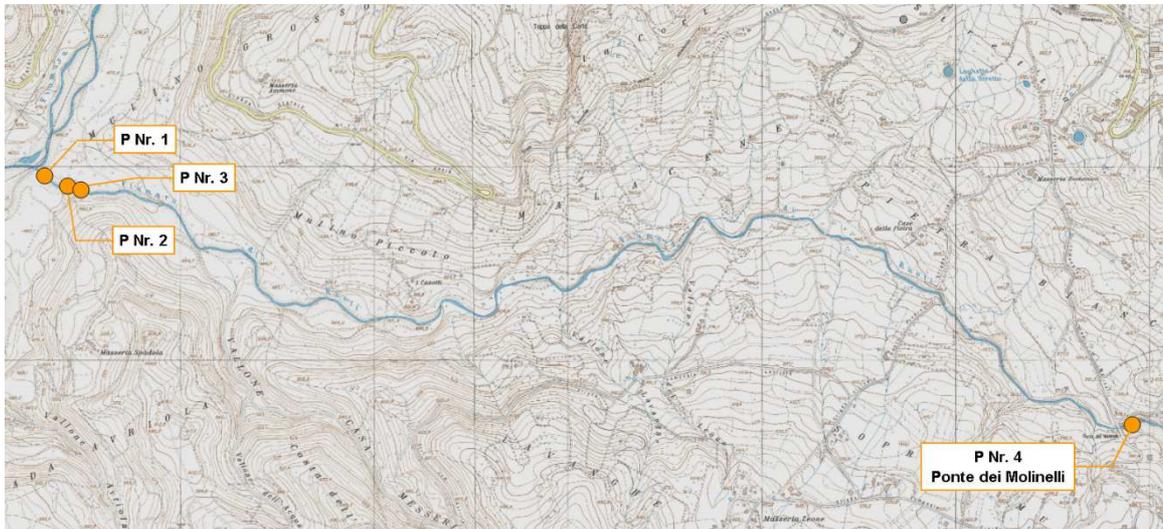
Il salto è di ca. 6 m e non esistono strutture di risalita per l'ittiofauna, pertanto l'opera è assolutamente insormontabile. Opere molto simili si localizzano anche a valle e a monte della sezione ora descritta. Pertanto, la continuità longitudinale della fiumara di fondovalle è imprescindibilmente inficiata in gran parte del suo corso e la risalita verso monte delle specie ittiche non risulta possibile.

## 2.4 Caratterizzazione del substrato d'alveo

A supporto delle valutazioni sul trasporto solido effettuate in questa sede, sono state effettuate alcune analisi di campo. In quattro siti posti lungo la Fiumara di Ruoti (vedasi Figura 13) sono stati effettuati dei campionamenti lineari della granulometria del materiale di fondo secondo la metodologia proposta da Fehr (1987)<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Fehr, R. (1987), "Einfache Bestimmung der Korngrößenverteilung von Geschiebematerial mit Hilfe der Linienzahlanalyse", Schweizer Ingenieur und Architekt, Sonderdruck aus Heft 38/1987, K. Bösch AG, Zürich.



**Figura 13. Localizzazione dei siti di analisi della granulometria del materiale di fondo.**

Dalle elaborazioni granulometriche effettuate (in Figura 15 sono riportate le curve granulometriche del materiale valutato nei punti di analisi) si evince che il materiale d'alveo disponibile alla mobilizzazione è classificabile mediamente come ghiaia grossolana con un  $d_{50}$  caratteristico di ca. 5 cm. Non si nota inoltre una sensibile variazione della granulometria del materiale a monte ed a valle della prevista area di invaso lungo la Fiumara di Ruoti.



**Figura 14. Alcune immagini delle indagini di campo effettuate in data 3 dicembre 2013.**

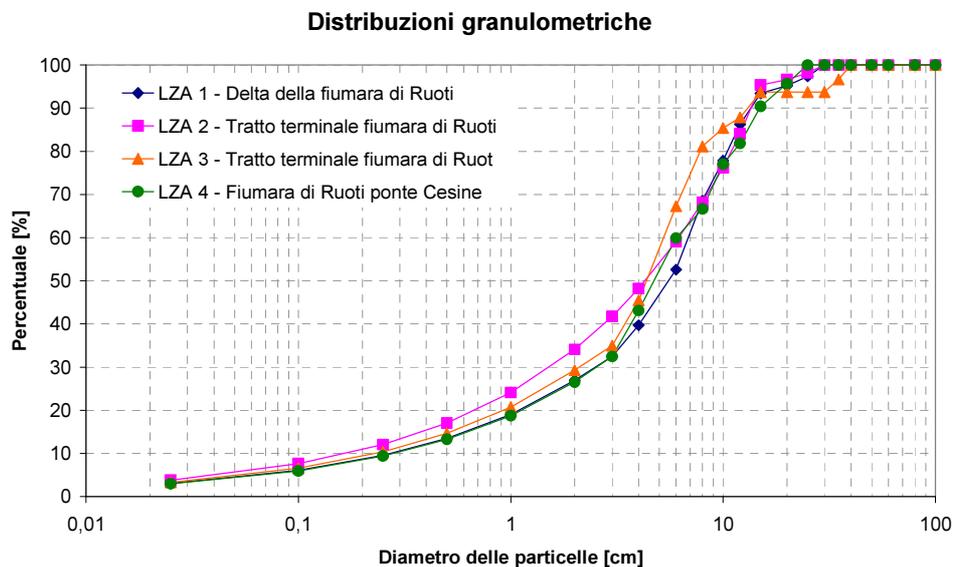


Figura 15. Distribuzioni granulometriche dei campioni analizzati in sito.

### 3. Valutazione del trasporto solido

#### 3.1 Premessa

Le dinamiche dei processi di trasporto solido e la loro quantificazione sono state indagate in dettaglio unicamente per la Fiumara di Ruoti che risulta indissolubilmente interferita dalla realizzazione del nuovo sbarramento di valle. Non si è ritenuto invece opportuno procedere ad un approfondimento dei processi erosivi e di trasporto solido caratteristici degli alvei dei piccoli incisi che caratterizzano l'areale di Mandra Moretta dove è prevista la realizzazione del nuovo invaso di monte. Questo si configura nell'ambito di un classico circuito idraulico chiuso, dato che non sarà alimentato da corsi d'acqua, ma unicamente dalle acque pompate da valle e dalle precipitazioni meteoriche che incideranno direttamente sulla sua superficie. Sono stati predisposti opportuni accorgimenti tecnici che escludere l'interferenza delle opere in progetto con i piccoli corsi d'acqua presenti che non riusciranno pertanto a raggiungere le arginature del nuovo invaso. Le uniche quantità di sedimento che possono pertanto depositarsi nel bacino di monte sono rappresentate dai materiali fini in sospensione nelle acque di pompaggio, la cui quantificazione risulta ad oggi molto complessa ed esula dalle classiche dinamiche di trasporto solido fluviale o torrentizio. Anche in questo caso sono stati previsti alcuni interventi di manutenzione che consentano sul lungo periodo di non indurre sostanziali modifiche al volume di invaso del bacino di monte e che consentano di garantire piena operatività e funzionalità a tutte le opere idrauliche previste a monte.

## 3.2 Fiumara di Ruoti

### 3.2.1 Apporto medio annuo di sedimenti

Note le caratteristiche macroscopiche del materiale d'alveo e le principali forzanti meteo-climatiche dell'area oggetto di studio, esistono strumenti che consentono di stimare in prima approssimazione l'apporto medio annuo di materiale solido nella sezione di monte dell'invaso di valle. In via preliminare è stato utilizzato il modello di Gavrilovic (1988)<sup>2</sup>, già applicato in passato per lo studio di alcuni bacini imbriferi della zona campano-lucana. Il modello di Gavrilovic è un modello empirico per la stima del volume di sedimento prodotto dall'erosione idrica in un bacino e trasportato alla sezione di chiusura. La formula di calcolo proposta è espressa come segue:

$$W = T \cdot h \cdot \pi \cdot Z^{3/2} \cdot S$$

dove  $W$  è la perdita di suolo,  $T$  è il fattore di temperatura calcolato sulla base dell'isoterma annuale media,  $h$  è la precipitazione media annua,  $S$  è la superficie del bacino imbrifero,  $Z$  è il cosiddetto coefficiente di erosione relativa. Quest'ultimo viene calcolato sulla base dell'erosività del suolo, del tipo principale di processo erosivo, della pendenza media e della destinazione d'uso della superficie.

Il modello prevede poi una correzione basata sull'entità del fenomeno di rideposizione. Tale correzione considera il perimetro del bacino, l'altezza media del bacino rispetto alla sezione di chiusura, la lunghezza del fondovalle principale e la densità del reticolo idrografico. La relazione proposta da Gavrilovic per il calcolo del volume medio annuo di materiale eroso che si raccoglie alla sezione di chiusura è espressa come:

$$G = W \cdot B \quad (\text{m}^3/\text{anno})$$

in cui  $W$  è la quantità media di sedimenti distaccatasi e  $B$ , detto coefficiente di ritenzione, tiene conto del processo di risedimentazione del materiale eroso all'interno del bacino. La quantità media di sedimenti distaccatasi viene calcolata come:

$$W = T \cdot h \cdot \pi \cdot Z^{3/2} \cdot S \quad (\text{m}^3/\text{anno})$$

dove:

- $T$  è un coefficiente di temperatura, calcolato in base alla seguente relazione:

$$T = [(t/10) + 0,1]^{1/2}$$

---

<sup>2</sup> Gavrilovic, Z. (1988), "The use of an empirical method (Erosion potential method) for calculating sediment production and transportation in unstudied or torrential streams". *International Conference on River Regime*.

t temperatura media annua nel bacino (°C)

- h è l'altezza media di precipitazione annuale nel bacino (mm/anno);
- S è l'area del bacino imbrifero (km<sup>2</sup>);
- Z è un coefficiente di erosione calcolato come:

$$Z = X \cdot Y \cdot (\varphi + I^{1/2})$$

X è un coefficiente che esprime l'azione protettiva della copertura vegetale e dell'intervento antropico (0,05 - 1,0), Y è il coefficiente dell'erodibilità del suolo,  $\varphi$  esprime il grado ed il tipo del processo di erosione ed infine I è la pendenza (%) media del bacino.

I valori di X, Y e  $\varphi$  sono riportati nelle tabelle seguenti.

Tipi di copertura vegetale	X <sub>i</sub>
Terreno completamente non coltivabile	0,95
Frutteti e vigneti senza vegetazione al suolo	0,60
Pascoli, boschi degradati e boscaglia con suolo eroso	0,35
Prati, campi di trifoglio e altre colture simili	0,20
Boschi o boscaglie densi e di buona struttura	0,01

**Tabella 1. Valori del coefficiente X in base al tipo di copertura vegetale.**

Formazioni affioranti	Y <sub>i</sub>
Rocce dure, resistenti all'erosione	0,45
Rocce di media resistenza all'erosione	0,80
Rocce friabili, stabilizzate (detriti, scisti, argille compatte)	1
Sedimenti, morene, argille e altre rocce poco resistenti	1,40
Sedimenti fini e terre, non resistenti all'erosione	1,90

**Tabella 2. Valori del coefficiente Y in base alle formazioni affioranti.**

Tipo ed estensione dell'erosione osservata	$\varphi$
Erosione bassa	0,1 - 0,2
Processi erosivi in corsi d'acqua in atto per il 20-50 % dell'area	0,3 - 0,5
Erosione nei fiumi, guglie e depositi alluvionali, erosione carsica	0,6 - 0,7
50-80% del bacino di drenaggio sottoposto ad erosione superficiale	0,8 - 0,9

Erosione sull'intero territorio	1
---------------------------------	---

**Tabella 3. Valori del coefficiente  $\phi$  in base al tipo ed all'estensione dell'erosione osservata.**

Il coefficiente B di ritenzione è espresso come:

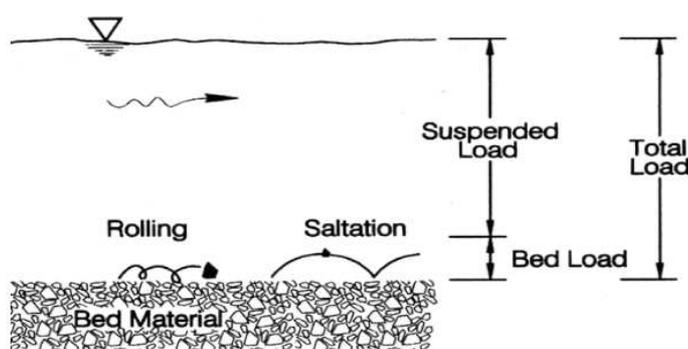
$$B = \left[ (P \cdot H_m)^{1/2} (L + L_i) \right] / [S \cdot (L + 10)]$$

in cui P è il perimetro del bacino imbrifero (km),  $H_m$  è il dislivello del bacino (km), L è la lunghezza dell'asta principale (km) e  $L_i$  è la lunghezza totale degli affluenti (km).

Applicando tale metodologia al bacino imbrifero della Fiumara di Ruoti ( $X_i = 0,35$ ,  $Y_i = 1,2$ ,  $\phi = 0,4$ ) si ottengono valori dell'ordine di 4.000 – 4.500 m<sup>3</sup>/anno di apporto solido medio annuo alla sezione di chiusura. Tali risultati sono confrontabili con le osservazioni decennali disponibili su altri corsi d'acqua simili presenti lungo la dorsale appenninica lucano-pugliese (vedasi ad esempio la pubblicazione del Politecnico di Bari, 2010<sup>3</sup>).

### 3.2.2 Trasporto solido in condizioni di piena

Per la determinazione del trasporto solido in caso di piena si è fatto riferimento all'approccio metodologico proposto da Engelund e Hansen (1967)<sup>4</sup>. Gli autori proposero un'equazione matematica che consente di stimare il trasporto solido totale di sedimento, inteso come trasporto di fondo e trasporto in sospensione (vedasi la distinzione proposta in Figura 16), nel caso di fenomeni di piena fluviale e torrentizia, come nel caso in esame.



<sup>3</sup> Politecnico di Bari (2010), "Studi propedeutici per la predisposizione del Piano Stralcio della Dinamica delle Coste". Convenzione Autorità di Bacino della Puglia e Politecnico di Bari, Dipartimento di Ingegneria delle Acque e di Chimica.

<sup>4</sup> Garde, R. J. and Ranga Raju, K. G. (2000), "Mechanics of Sediment Transportation and Alluvial Streams problems", Taylor & Francis, 686 pp..

**Figura 16. Distinzione tra trasporto solido di fondo (*bed load*) e trasporto in sospensione (*suspended load*) (Moges, 2010) <sup>5</sup>.**

L'entità del trasporto solido è calcolata in relazione allo sforzo tangenziale di fondo e ad un coefficiente di attrito del materiale di fondo. La procedura di calcolo è illustrata di seguito.

- determinazione del parametro adimensionale di Shields tramite la seguente equazione:

$$g = \frac{\tau_0}{(\gamma_s - \gamma) \cdot d}$$

in cui:

- $\tau_0$  sforzo tangenziale di fondo (N/m<sup>2</sup>)
- $\gamma_s$  densità delle particelle di sedimento (Kg/m<sup>3</sup>)
- $\gamma$  densità dell'acqua (Kg/m<sup>3</sup>)
- $d$  diametro delle particelle che compongono il letto del torrente (m)

- calcolo del coefficiente di attrito  $f$  del fondo mediante la seguente espressione:

$$f = \frac{2 \cdot g \cdot S_f \cdot h}{V^2}$$

in cui:

- $g$  accelerazione di gravità (N/m<sup>2</sup>)
- $S_f$  pendenza della linea dell'energia (m/s<sup>2</sup>)
- $h$  tirante idraulico (m)
- $V$  velocità media della corrente (m/s)

- determinazione della portata solida totale ( $Q_{S,tot}$ ) dalla seguente espressione:

$$Q_{S,tot} = 0,1 \cdot \left[ \gamma_s \cdot \left( \frac{\gamma_s - \gamma}{\gamma} \right) \cdot g \cdot d^3 \right]^{1/2} \cdot \frac{g^{5/2}}{f}$$

Applicando la metodologia precedentemente illustrata al bacino imbrifero della Fiumara di Ruoti chiuso, si ottengono le quantità di materiale solido illustrate in Tabella 4. Si nota come la concentrazione solida massima è tipica proprio di fenomeni di piena con marcato trasporto solido.

---

<sup>5</sup> Moges, E. M. (2010), "Evaluation of Sediment Transport Equations and Parameter Sensitivity Analysis using the SRH-2D Model", WAREM, Università di Stoccarda.

Allo stato attuale non si dispone di dati tecnici approfonditi per una verifica rigorosa delle quantità stimate né esistono dati quantitativi relativi a misurazioni pregresse del trasporto solido nel bacino della Fiumara di Ruoti. Nella tabella seguente è fornita al variare del tempo di ritorno di progetto una stima della portata solida massima attesa nella sezione di chiusura scelta, del volume solido complessivo stimato a scala di evento e la relativa concentrazione solida.

<b>Tempo di ritorno (anni)</b>	<b>Q<sub>S</sub> MAX (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>V<sub>S</sub> (m<sup>3</sup>)</b>	<b>c<sub>V</sub> (%)</b>
30	2,6	21.600	5,1
100	4,3	30.700	6,2
300	6,0	38.100	7
1.000	8,2	43.200	7,9
3.000	10,1	45.900	8,6
10.000	12,7	48.700	9,4

**Tabella 4. Portate solide, volumi solidi e concentrazioni solide per gli eventi di progetto.**

## **4. Piano preliminare di gestione degli invasi**

### **4.1 Generalità**

Gli invasi artificiali possono soffrire di fenomeni dell'interrimento, dovuti all'accumulo di sedimento trasportato in particolare durante le piene. La gestione di tale fenomeno è una pratica necessaria per questioni collegate non solo all'esercizio ma soprattutto per motivi di sicurezza pubblica e di funzionalità degli scarichi di fondo degli sbarramenti. Tale pratica può però comportare effetti ambientali anche significativi sugli ecosistemi fluviali posti a valle. Effetti che devono essere monitorati ed il più possibile arginati, tramite un'opportuna pianificazione e programmazione delle operazioni di gestione e di eventuale svaso.

Il Ministero delle Infrastrutture e della Mobilità Sostenibili ha emanato il Decreto 12 ottobre 2022 Nr. 205 relativo al "Regolamento recante criteri per la redazione del progetto di gestione degli invasi di cui all'articolo 114, commi 2, 3 e 4 del Decreto Legislativo 3 aprile 2006, Nr. 152" (GU Serie Generale Nr. 7 del 10 gennaio 2023). In tale atto sono forniti i criteri per la redazione del piano di gestione degli invasi artificiali nel rispetto degli obiettivi di qualità ambientale fissati dalla Direttiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio, del 23 ottobre 2000 e definiti ai sensi dell'Art. 77 del Decreto Legislativo Nr. 152/2006, per il mantenimento o il raggiungimento del buono stato ecologico e chimico dei corpi idrici interessati anche ai fini degli usi della risorsa.

Si applica ad invasi costituiti da sbarramenti, dighe e traverse, aventi le caratteristiche di cui all'Art. 1 comma 1 del Decreto Legge 8 agosto 1994 Nr. 507 convertito con modificazioni dalla Legge Nr. 584 del 21 ottobre 1994 ai fini delle operazioni di svasso, sfangamento e sghiaimento. Nell'ambito di tale Piano di gestione dovranno necessariamente essere illustrate modalità e tempistiche di gestione del sedimento depositato all'interno degli invasi, che dovrà essere opportunamente caratterizzato da un punto di vista chimico e fisico e dovrà essere gestito. Nei paragrafi seguenti vengono illustrate in via preliminare le scelte progettuali ed operative poste in atto in sede di progettazione definitiva al fine di gestione questa problematica in modo ambientale ed ecologicamente sostenibile, che dovranno essere necessaria concertate con ARPA Basilicata e gli altri Enti competenti in materia ai sensi dei vigenti indirizzi normativi internazionali, nazionali e regionali. Si rammenta che i criteri indicati nel Piano di Gestione non si applicheranno alle manovre previste dall'Art. 7 del D.M. 30 giugno 2004 (*Manovre di emergenza e prove di funzionamento degli organi di scarico*).

In questo documento si fa riferimento anche alle Linee Guida per la Caratterizzazione dei sedimenti fluviali e lacustri di ISPRA (2010), in cui vengono definite le metodologie di campionamento del sedimento, le metodiche di analisi dei campioni ed i criteri di classificazione qualitativa del materiale. Nel manuale sono forniti i criteri non solo per le attività di dragaggio ma anche per quelle di trasporto e deposizione nonché indicazioni per la redazione di specifici piani di monitoraggio che devono essere predisposti, sia in corso d'opera che nel periodo successivo alla fase finale delle operazioni di movimentazione del sedimento, al fine di verificare tutte le condizioni di salvaguardia ambientale.

## 4.2 Invaso di valle

### 4.2.1 Premessa

Quantificati nel capitolo precedente gli apporti solidi medi ed a scala di evento attesi lungo la Fiumara di Ruoti, si ritiene che le problematiche legate al trasporto solido influente nel bacino di valle siano gestibili e risolvibili predisponendo tutti gli interventi e le misure necessarie ad una corretta gestione del trasporto solido in condizioni ordinarie e straordinarie. È infatti possibile pensare (vedasi ad es. Harb et al., 2011<sup>6</sup>) sia a interventi tecnici per la riduzione degli apporti solidi in ingresso al bacino di valle che a misure tecniche per una limitazione della deposizione del materiale più fino nello stesso.

---

<sup>6</sup> Harb et al. (2011), "Dynamic operation of Hydro Power Plants for Flood Prevention and Desiltation". *Work Package 3 – Methodologies and Tools for better water & hydropower*.

Il progetto di gestione della diga di valle e del nuovo bacino di monte dovrà definire il quadro previsionale delle operazioni di svasso, sfangamento e spurgo connesse con le attività di manutenzione dell'impianto a pompaggio, che potranno essere eseguite anche per stralci. Il PdG avrà pertanto i seguenti contenuti:

- Caratterizzazione di base dei sedimenti;
- Piani operativi:
  - Sfangamenti tramite fluitazione;
  - Sfangamenti tramite asporti meccanico.
- Procedure semplificate.

Ad ogni modo si ricorda che con l'espressione sedimento si definisce il prodotto di alterazione e degradazione di una roccia che subisce un fenomeno di dissoluzione e di trasporto da parte dell'aria o delle acque di dilavamento o del ghiaccio e di successivo deposito e di accumulo.

## **4.2.2 Struttura del futuro Piano di Gestione degli invasi di valle e di monte**

### **4.2.2.1 Caratterizzazione di base**

La caratterizzazione dei sedimenti depositati all'interno dell'invaso di valle e del bacino di monte dovrà necessariamente avvenire nell'ambito di un processo tecnico così strutturato:

- Raccolta dati, così organizzata:
  - Descrizione geografica del territorio e localizzazione dell'impianto;
  - Descrizione dello sbarramento;
  - Descrizione del bacino imbrifero sotteso;
  - Descrizione delle attività antropiche e ricostruzione degli usi specifici delle acque drenate dalla Fiumara di Ruoti;
  - Descrizione degli ecosistemi e degli habitat lacustri e fluviali presenti, a monte ed a valle del nuovo invaso di valle.
- Indagini sui sedimenti e sulle acque, così articolate:
  - Determinazione dei volumi dei sedimenti nel serbatoio di valle;
  - Caratterizzazione chimica e fisica dei sedimenti, operata tramite:
    - I. Campionamenti e prelievi, sia sotto sponda che a centro invaso secondo un preciso schema geometrico normato;
    - II. Analisi chimiche, fisiche, granulometriche e mineralogiche, per un chiaro inquadramento dei sedimenti lacustri nella disciplina dei rifiuti italiana e regionale;

III. Applicazione di tutti i dettami normativi vigenti in materia e degli standard di analisi imposti a livello europeo e nazionale.

- Caratterizzazione del corpo idrico di valle, che in questo caso coincide con la Fiumara di Avigliano nella quale la Fiumara di Ruoti confluisce poche decine di metri a valle dal piede del paramento di valle della nuova diga in terra.

#### 4.2.2.2 Campionamento dei sedimenti

Il campionamento dei materiali depositati sul fondo dei bacini ha la funzione di identificare le caratteristiche chimico-fisiche dei sedimenti prima di eseguire una attività di movimentazione o di dragaggio degli stessi, ciò allo scopo anche di individuare un percorso conforme alla normativa vigente e di consentire la definizione di un quadro preciso degli eventuali costi di recupero e smaltimento. Ai fini della caratterizzazione dei sedimenti in situ si farà riferimento al “*Manuale per la movimentazione di sedimenti marini*” realizzato da APAT ICRAM nel 2006, in cui sono definiti i criteri di quantificazione della numerosità e della posizione di siti di indagine anche nei bacini lacustri. Indipendentemente dal numero di transetti di analisi e di punti di campionamento, il numero totale di punti di campionamento per individuare le caratteristiche chimico-fisiche del materiale da dragare o movimentare non sarà mai inferiore a 3. In generale le operazioni di campionamento dovranno essere propedeutiche alla determinazione delle caratteristiche fisiche e chimico-fisiche (curve granulometriche, carbonio organico totale, contenuto d’acqua, PH) e chimiche (metalli pesanti) realizzando contestualmente anche opportuni test tossicologici.

Quanto previsto in questa fase andrà riassunto in un Piano di Campionamento, da concertare con gli Uffici ambientali competenti, da redigere ai sensi dei seguenti riferimenti normativi:

- Classificazione in “*pericolo*” e “*non pericoloso*” ai sensi della Direttiva del Ministero dell’Ambiente del 9 aprile 2002 successivamente riassunta nel DLgs 152/2006 e ss.mm.ii.;
- Analisi per le verifiche del carattere di “*inerte*” secondo il DM Ambiente del 3 agosto 2005;
- Decreto Legislativo 152/2006 in merito alle cosiddette “*procedure semplificate*”;
- Decreto Legislativo 152/2006 ai sensi delle colonne a e b della Tabella 1 fornito all’Allegato 5 del testo di legge;
- Piano di Tutela delle Acque vigente.

Per quanto concerne le modalità di campionamento, gli strumenti che potranno essere utilizzati varieranno in funzione dello spessore di sedimenti che dovrà essere investigato, ad oggi non prevedibile con certezza in questo l’invaso di valle è di nuova realizzazione. In linea di massima potranno essere utilizzare delle benne o dei box corer oppure appositi carotieri.

#### 4.2.2.3 Programmi e scenari operativi

In tale sezione del Piano verranno illustrate modalità e cadenzamenti previsti per le seguenti azioni:

- Operazioni di sfangamento tramite fluitazione, con svassi parziali o totali;
- Operazioni di sfangamento tramite dragaggio;
- Operazioni sistematiche;
- Operazioni di cui all'Art. 7 del D.M. 30 giugno 2004.

Per ciascuna operazione verranno analizzati fattibilità ed effetti potenziali, definendo anche un rigido calendario di monitoraggio da concertare con ARPA Basilicata. Il Piano Operativo conterrà pertanto le seguenti indicazioni:

- Aggiornamento della caratterizzazione di base;
- Modalità operative delle operazioni di sfangamento e di rimozione dei sedimenti;
- Attività di prevenzione;
- Piano di Monitoraggio pre, durante e post operazioni;
- Piano di comunicazione e reportistica;
- Rapporto finale sulle operazioni condotte.

#### 4.2.3 Opere, misure ed interventi previsti per la gestione del materiale solido

##### 4.2.3.1 Gestione del materiale grossolano lungo la Fiumara di Ruoti

Al fine di intercettare il flusso di materiale lapideo e ghiaioso della Fiumara di Ruoti in ingresso al nuovo invaso di valle si opta per la realizzazione di una nuova briglia di trattenuta posizionata poche decine di metri a monte del limite superiore del profilo di invaso. È prevista la realizzazione di un'opera trasversale in cemento armato larga ca. 50 m ed alta 5,2 m, ammorsata nei versanti con un'apertura centrale presidiata da barre in acciaio orizzontali opportunamente spaziate. Il volume utile di trattenuta ammonta a ca. 5.000 m<sup>3</sup>. In condizioni ordinarie i deflussi liquidi riescono a raggiungere l'area di invaso, in condizioni di piena l'opera intercetta sia il trasporto lapideo che il trasporto flottante limitando pertanto l'apporto di materiali grossolani all'interno dell'invaso di valle. L'accessibilità all'opera per le inevitabili manovre di pulizia e di manutenzione è garantita dalla strada vicinale posta in destra orografia della Fiumara di Ruoti che scende dalla SP ex SS7, che dovrà essere opportunamente sistemata ed asfaltata per garantire sempre la piena funzionalità.

Il materiale depositato nella piazza a tergo della struttura dovrà essere rimosso meccanicamente e trasportato verso i siti di destinazione finale con mezzi gommati. Si attende materiale di buona qualità, che potrà essere impiegato in sistemazioni d'alveo nei tratti apicali del bacino

o lungo i corsi d'acqua limitrofi potrà essere valorizzati sul mercato edilizio locale. Il resto del materiale, se non classificato come rifiuto da smaltire, potrà essere oggetto di interventi di livellamento e/o miglioramento fondiario in alcune aree depresse del Comune di Ruoti oppure essere utilizzato per eventuali ripascimenti e reimmissioni di sedimento lungo al Fiumara di Avigliano per favorire ulteriori processi di mescolamento d'alveo e di dinamica eco-idro-morfologica. Tale opzione dovrà essere discussa in dettaglio con gli Enti ambientali competenti.



**Figura 17. Esempi di briglie di trattenuta per il materiale solido realizzate in contesti montani, accoppiate a strutture per la trattenuta del materiale flottante.**

Si rimanda alla tavola di progetto della nuova briglia di trattenuta lungo la Fiumara di Ruoti (Elaborato Nr. PD-EP.22.7) ed alle misure di mitigazione previste (Elaborato PD-VI.12.2).

#### 4.2.3.2 Misure contro l'interrimento dell'invaso di valle

##### **Premessa**

La presenza di uno sbarramento artificiale altera la naturale condizione di equilibrio dei corsi d'acqua, creando un'area caratterizzata da velocità di scorrimento molto lente e da una elevata capacità di sedimentazione del materiale solido trasportato dalla corrente. Con il passare del tempo l'invaso che si crea a tergo della diga perde parte della propria capacità di accumulo a causa dell'interrimento determinato dalla sedimentazione del trasporto solido. I sedimenti non vanno a depositarsi tutti nel punto più profondo dell'invaso, ma il processo deposizionale inizia subito dopo lo sbocco dell'immissario ovvero dove la corrente perde di velocità. La loro distribuzione lungo il serbatoio è anche funzione della granulometria del materiale e della geometria del fondo dell'invaso. A seguito di eventi di pioggia intensi si verificano accentuati fenomeni di erosione superficiale lungo i versanti erodibili e non coperti da vegetazione nonché carenti di sistemazioni idraulico-forestali, associati a fenomeni di trasporto di ingenti volumi di torbide, che generano un irreversibile processo di interrimento.

La capacità di invaso rappresenta una risorsa costosa e non rinnovabile, che diminuisce sensibilmente a causa dell'interrimento. Anche nel caso di studio occorre pertanto prevedere misure

ed accorgimenti tecnici tali da limitare il più possibile l'interrimento dell'invaso di valle e gestire in modo ottimizzato gli apporti solidi attesi lungo la Fiumara di Ruoti. Dalle valutazioni eseguite si stima un apporto medio di sedimento pari a 4.500 m<sup>3</sup>/anno che dovrà pertanto essere opportunamente gestito.

### **Manovre in esercizio dello scarico di fondo**

Le manovre di esercizio dello scarico di fondo sono le manovre ordinarie di cacciata attraverso lo scarico di fondo della diga, atte a garantirne la piena efficienza idraulica poiché la maggior parte dei depositi è localizzata nelle zone più prossime allo sbarramento e nei pressi degli scarichi più profondi. L'esecuzione di manovre di spurgo sistematico prolungato durante gli eventi di piena può contribuire, non solo al mantenimento della pervietà degli imbrocchi di scarico, ma anche a far transitare parte dei sedimenti in ingresso.

#### ➤ Manovre brevi di spurgo sistematico dello scarico di fondo

Le manovre di spurgo sistematico dello scarico di fondo sono periodiche manovre dello scarico di fondo della diga, di breve durata e con apertura parzializzata della valvola di scarico, atte a garantire la piena efficienza idraulica del manufatto. Le operazioni possono essere eseguite in condizioni idrauliche favorevoli e cioè in concomitanza con il verificarsi di eventi di morbida o piene di piccola entità. Tali attività non prevedono alcuna asportazione di materiale depositato sul fondo, fatto salvo il quantitativo depositato in prossimità degli organi di scarico.

L'attività prevede l'apertura graduale dello scarico di fondo della diga per consentire l'evacuazione del materiale sedimentato. Le manovre di esercizio sono di norma di breve durata e hanno l'effetto di rimuovere solo i sedimenti che si trovano davanti o in prossimità degli organi in esame. La quantità di materiale rimosso e fluitato a valle nel corso di ciascuna manovra di esercizio è quindi molto contenuta e caratterizzata da un impatto ambientale trascurabile.

Poiché tale manovra è di breve durata e bassa frequenza e il quantitativo di materiale eventualmente rilasciato a valle risulta molto esiguo, non si ritiene necessario pianificare un monitoraggio del corpo idrico ricettore.

#### ➤ Manovre prolungate di spurgo sistematico dello scarico di fondo

È stata valutata la possibilità di realizzare degli spurghi sistematici più consistenti e di maggiore durata in occasione di eventi idrologici di piena, valutandone quantitativamente l'efficacia di spurgo al fine di far transitare verso valle il maggior quantitativo possibile. Le operazioni di spurgo possono essere effettuate con la massima accortezza e operando, almeno nelle prime occasioni di spurgo, con portate e con durate più contenute, al fine di monitorare e valutare i

possibili impatti ambientali di valle e prevenire eventuali condizioni di criticità legate alla manovrabilità della valvola di scarico ed al franamento improvviso e incontrollato dei sedimenti nei pressi dello scarico di fondo.

L'apertura dello scarico di fondo può avvenire in maniera graduale fino al raggiungimento di una portata massima esitabile ad invaso pieno, che verrà stabilita in funzione delle portate in ingresso al bacino. Lo scarico può essere mantenuto aperto a portata costante per un certo numero di ore in funzione delle portate in ingresso al bacino e quindi dell'evento di piena. Il trasporto può interessare principalmente quei sedimenti depositati dell'intorno dell'imbocco di scarico, che sono mobilitati sotto l'azione di erosione e trascinamento esercitata dai deflussi di piena a contatto con il letto fluviale, massimizzando l'efficacia di rilascio verso valle.

All'apertura iniziale delle paratoie dello scarico di fondo si potrà produrre un primo picco di concentrazione di materiale in sospensione, corrispondente all'evacuazione del volume di sedimenti posti a ridosso del manufatto. Mantenendo la paratoia di scarico aperta si potrebbero verificare ulteriori picchi di torbidità in funzione dei processi di erosione e trasporto del materiale solido che si vengono a creare sui fondali dell'invaso a seguito dell'apertura dello scarico di fondo.

Le operazioni sono compiute in occasione delle piene, in condizioni già perturbate naturalmente e caratterizzate da abbondanza idrica. Al fine di mitigare anche l'impatto di brusche variazioni delle portate nel corpo idrico ricettore si cercherà di ridurre, per quanto possibile, l'entità delle portate in uscita dall'invaso, prolungando eventualmente il tempo di rilascio. Una volta effettuata la chiusura dello scarico di fondo, le portate idrologiche del corpo idrico di valle ed eventualmente, le portate di sfioro rilasciate dallo sbarramento, continueranno a defluire in alveo, producendo una forma di lavaggio del corpo idrico di valle e mitigando in maniera significativa l'effetto del quantitativo di sedimenti trascinati a valle dalle manovre eseguite, accelerando così il ripristino delle condizioni iniziali.

#### **Svaso del bacino per manutenzione e/o ispezione**

Nella gestione dell'invaso di valle possono essere previste periodiche operazioni di svaso totale per consentire manutenzioni e/o ispezioni del manufatto della diga e degli organi di manovra e per garantire le verifiche di funzionamento dell'opera di presa e di scarico. Il dettaglio dell'operazione di svaso sarà descritto in un Piano Operativo che sarà consegnato alle Autorità competenti almeno quattro mesi prima dell'inizio delle operazioni. Lo svuotamento del bacino può essere eseguito nel periodo idraulicamente più favorevole (periodo tardo estivo) quando le portate naturali di deflusso in alveo sono generalmente in condizioni di magra), senza che si determinino apprezzabili rilasci di materiale dal bacino. Le operazioni di svaso del serbatoio saranno

attuare con velocità di esecuzione compatibili con la natura dei versanti dell'invaso stesso. Poiché lo svuotamento del bacino avverrà per fasi e con tempistiche che, rapportate alla natura dei versanti spondali, saranno senz'altro da ritenersi cautelativamente sufficienti a garantirne l'integrità, si ritiene che la manovra gestionale di svaso non possa provocare, nel corso della sua esecuzione, smottamenti o frane delle sponde del serbatoio neppure di modesta entità. La manovra di svuotamento non ha come finalità la rimozione dei sedimenti depositati all'interno del serbatoio di valle. Nel corso delle operazioni di svuotamento, saranno prese tutte le possibili precauzioni finalizzate a minimizzare l'impatto delle operazioni stesse sul corpo idrico ricettore. Per quanto riguarda le opere di mitigazione, esse saranno concordate attraverso un tavolo tecnico con le Autorità competenti.

Il piano di indagine per la sorveglianza ambientale degli effetti idrobiologici delle operazioni di svaso totale prevede l'esecuzione di controlli ecologici lungo il torrente ricettore in due stazioni a valle dell'invaso, una localizzata subito a valle della confluenza con la Fiumara di Avigliano, l'altra in un tratto di valle da concordare con le Autorità ambientali competenti. Le indagini saranno predisposte secondo le indicazioni delle norme regionali vigenti e saranno definite nel dettaglio nel Piano Operativo delle attività. Indicativamente le indagini saranno articolate in due fasi: una prima dei rilasci, con l'obiettivo di fornire dati sulla situazione iniziale degli indicatori ecologici considerati, in condizioni di normale esercizio del nuovo invaso di valle e l'altra dopo i rilasci, per la verifica degli effetti potenziali delle operazioni idrauliche sugli indicatori presi in considerazione e il riscontro del loro recupero nel medio termine spazio-temporale.

### **Asportazioni meccaniche**

Oltre alle tecniche di fluitazione, potranno essere effettuate in casi particolari anche delle asportazioni meccaniche del sedimento depositato all'interno dell'invaso. La rimozione meccanica dei sedimenti tramite dragaggio è ormai consolidata da numerose applicazioni in dighe e bacini. L'impiego di attrezzature specifiche a bordo di pontoni consente di intervenire efficacemente sia per una rimozione mirata di sedimenti (pulizia degli organi di scarico) che di interventi a vasca scala (aumento della capacità di invaso). Il dragaggio con sistema aspirante-refluente, che consente di convogliare all'interno di una tubazione galleggiante, una miscela di acque e sedimenti, offre numerosi vantaggi:

- Possibilità di intervenire anche a profondità elevate;
- Possibilità di interventi anche in zone poco accessibili grazie all'impiego di pontoni modulari assemblati sul posto;

- Possibilità di scegliere tra diverse opzioni progettuali in merito a destino ultimo dei sedimenti rimossi (refluimento a valle, refluimento in cassa di colmata, stoccaggio provvisorio, refluimento in impianto di trattamento meccanico, dewatering);
- Possibilità di refluire anche a grandi distanze.



**Figura 18. Esempi di attrezzature installate su pontoni mobili e galleggianti.**

I fanghi di dragaggio rientrano nell'elenco dei rifiuti ai sensi dell'Allegato A del D.M. 2 maggio 2006 e ss.mm.ii., ma possono essere recuperati con le procedure semplificate, qualora il sedimento sia descrivibile come materiale composto da limi, argille, sabbie e ghiaie con contenuto d'acqua che ai fini del recupero deve essere inferiore all'80% (D.M. 5 febbraio 1998 e ss.mm.ii.). In merito alla classificazione dei fanghi di dragaggio si rimanda alla normativa specifiche di settore vigente (Parte IV del Decreto Legislativo 152/2006 e ss.mm.ii.)

Per asportazione meccanica o dragaggio si intende la rimozione del fango dal fondo di un corpo idrico (EPA). Occorre anche ricordare che nelle aree fluviali vengono considerati i sedimenti relativi ai corpi idrici superficiali naturali, siano essi perenni o temporanei, anche se sottoposti negli anni ad interventi antropici che ne hanno modificato profondamente le caratteristiche indipendentemente dalla loro dimensione. Di un'area fluviale fanno parte sia l'alveo di magra che quello di morbida (TR 50 anni). Nelle aree lacuali invece vengono considerati sedimenti quelli presenti nei bacini naturali, siano essi dotati o meno di ingressi o uscite di corsi d'acqua, indipendentemente dalla loro origine e formazione. Nei corpi idrici superficiali artificiali sono inclusi infine anche i bacini di origine antropica, all'interno dei quali è possibile la deposizione di sedimento.

Il riutilizzo dei sedimenti dragati e le relative modalità operative saranno contenute in un apposito "Progetto di escavazione/dragaggio, gestione del materiale prodotto ed individuazione della destinazione finale" da sottoporre ad approvazione da parte dell'Autorità competente prima dell'avvio delle eventuali attività di dragaggio. In base alle risultanze dei campionamenti e delle analisi che saranno effettuate, dovrà essere stabilito che il riutilizzo sia tale da soddisfare i requisiti merceologici e di qualità ambientale idonei, a garantire che l'impiego dei sedimenti non

dia luogo ad emissioni e ad impatti ambientali qualitativamente e quantitativamente diversi da quelli originariamente consentiti. Dovrà sempre essere garantita la compatibilità in funzione delle caratteristiche proprie del sito di destinazione. I materiali vegetali, le terre ed il pietrame oggetto di attività di dragaggio eseguite in un bacino lacuale sono esclusi dalla normativa sui rifiuti sulla base del Decreto Legislativo 4/2008 Art. 2 comma 22 lettera c) purché il loro eventuale livello di contaminazione rientri nei limiti stabiliti dalle norme vigenti, nello specifico per i materiali lapidei e le terre, vi deve essere compatibilità con riferimento alla destinazione d'uso degli stessi con il sito di destinazione (Tabella 1 Allegato 5 Parte IV Titolo V Decreto Legislativo 152/2006).

Per i materiali dragati dal fondo del nuovo invaso di valle è possibile pensare alle seguenti destinazioni finali:

- Nel caso di non rifiuti impiego diretto in sostituzione di materie prime in opere o interventi di riutilizzo, con identificazione del sito di destinazione, relativa autorizzazione e quantitativi consentiti o nell'ambito di processi industriali con identificazione dello stabilimento di destinazione;
- Nel caso di rifiuti recupero e riutilizzo diretto in procedure semplificate di cui all'Art. 214 Parte IV Titolo I Capo V del Decreto Legislativo 152/2006, oppure smaltimento in discariche autorizzate o trattamento/recupero in impianti autorizzati in procedure ordinarie di cui all'Art. 208 Parte IV Titolo I Capo IV del citato Decreto Legislativo.

Nel caso si renda necessario lo sgombero meccanico anche dei sedimenti depositati sul fondo del bacino di valle, questo verrà eseguito conformemente ai dettami di legge (ad. Es. D.M. 172/2016) e risulterà:

- Efficace sul piano "ecologico", in grado cioè di asportare i sedimenti inquinati dal fondo garantendo di ridurre al minimo un loro spandimento e la loro risospensione nell'acqua circostante nelle acque come anche durante le operazioni di carico, trasferimento e scarico;
- Capace di ottimizzare la concentrazione del materiale dragato in relazione alla sua destinazione finale;
- Sufficientemente preciso onde assicurare le effettive profondità di progetto;
- Tale da consentire, come previsto dal D.M. 7 novembre 2008, un buon grado di miscelazione fra sedimenti immessi nelle aree di deosito;
- Tale da consentire un rapporto tempi/costi vantaggioso.

Al fine di conseguire tali obiettivi si prevede quindi di:

- Eseguire un dragaggio ambientale di tipo idraulico e/o meccanico in funzione delle caratteristiche litologiche delle aree d'approfondire, nonché della possibilità operativa dell'utilizzo di draghe idrauliche in prossimità delle strade di accesso e perilacuali dell'invaso di valle;
- Confinare le aree di intervento con barriere antitorbidità, qualora non si reputi necessario effettuare uno svasso completo dell'invaso di valle;
- Rilevare periodicamente le aree di intervento mediante sistema Multibeam in modo da monitorare costantemente l'evoluzione delle quote del fondo dell'invaso.

In linea generale è possibile asserire che:

- Il dragaggio di tipo idraulico consente di rimuovere un grande quantitativo di sedimenti mediante aspirazione di una miscela di sedimenti ed acqua in rapporto variabile. Questa opzione consente di ridurre le tempistiche di dragaggio in quanto riesce a rimuovere quantitativi di sedimenti notevolmente superiori. Ciò determina una notevole riduzione dell'impatto generato dal cantiere in quanto si registra non solo una riduzione delle tempistiche complessive, ma anche un minor numero di unità operative coinvolte nell'esecuzione delle lavorazioni. Si opererà in questo caso per l'utilizzo di una draga THSD (Trailing Suction Hopper Dredger) o similare.
- Il dragaggio di tipo meccanico utilizza forze meccaniche per disgregare, scavare e sollevare i sedimenti e presenta il vantaggio di rendere minima la quantità di acqua rimossa insieme ai sedimenti, consentendo di raggiungere un rapporto unitario acqua-sedimenti. Il materiale così prelevato potrà essere caricato su apposite bettole di appoggio e trasferito al sito di destinazione con mezzi gommati. Sedimenti di tipo coesivo dragati con questo sistema rimangono intatto, con densità prossima alla densità del materiale in situ. Questo tipo di attività potrebbe essere necessario nelle aree sotto sponda o subito a ridosso della diga di valle. Nel caso in cui non sia possibile o non sia previsto uno svasso totale del bacino, si prevede l'utilizzo di una piccola moto-nave semovente equipaggiata con un escavatore idraulico rovescio o tralicciato a funi, a cui collegare benne ambientali bivalve.

I siti di destinazione o di eventuale riutilizzo andranno definiti in funzione della situazione del momento (ad oggi non prevedibile) ed in base alle necessità delle Amministrazioni e del mercato edilizio e industriale. Ad ogni modo, durante le operazioni di trasporto del materiale dragato, al fine di prevenire o ridurre al minimo perdite di materiale durante il tragitto, si prevede che preventivamente ad ogni trasferimento sia eseguito:

- Il controllo, anche automatico, dell'effettiva delle porte di scarico dei mezzi;
- La copertura delle tramogge quando e dove necessario;
- La limitazione del grado di riempimento dei mezzi, adottando opportuni franchi di sicurezza.

In caso di smaltimento diretto in discarica autorizzata sarà preventivamente verificata la disponibilità e la numerosità di impianti in una zona il più circoscritta possibile in modo da limitare i disagi ed il disturbo alla popolazione ed alla viabilità. Le operazioni di trasporto e collocazione del materiale richiederanno anche locali azioni di coordinamento del traffico, per le quale si avvieranno preventivamente delle azioni di coordinamento con le Amministrazioni locali e gli Enti gestori delle strade che si andranno a percorrere.

### **Asportazione di materiale a bacino pieno in prossimità degli scarichi**

Sono previste attività di asportazione a bacino pieno del materiale depositato nelle aree in prossimità degli imbocchi di derivazione e di scarico al fine di mantenere la manovrabilità e l'efficienza degli organi di manovra in fase di esercizio. Tali operazioni possono essere eseguite periodicamente fino alla scadenza della concessione, ipotizzando volumi di rimozione compresi tra i 5.000÷10.000 m<sup>3</sup> di materiale fine per ciascuna operazione. L'asportazione di materiale potrà essere eseguita tramite pompe o draghe idrauliche fissate su pontoni galleggianti opportunamente ancorati. Il materiale aspirato viene rilasciato verso il corpo idrico di valle e diluito con portate di acqua pulita prelevata direttamente dall'invaso. La profondità di scavo dipenderà dal livello idrometrico dell'invaso e dalle condizioni morfologiche dei fondali durante le operazioni di fluitazione. Il materiale aspirato è convogliato tramite tubi collettori con galleggianti ed è rilasciato a valle attraverso la condotta dello scarico di fondo. La durata delle operazioni dipenderà dai quantitativi di sedimento che devono essere rimossi e dalle portate di diluizione disponibili. Durante le operazioni di fluitazione verrà in ogni caso eseguito un controllo in continuo delle profondità raggiunte in ciascun punto, stimando le effettive quantità di materiale movimentato e valutando le condizioni di stabilità del cono che si verrà a creare per effetto delle operazioni di dragaggio. Al termine delle operazioni di fluitazione del sedimento sarà effettuato un nuovo rilievo batimetrico allo scopo di verificare gli effettivi quantitativi rimossi e aggiornare la mappa batimetrica dell'invaso. Inoltre, verrà redatta una relazione conclusiva corredata da documentazione fotografica e da rilievi di dettaglio che attestino la pervietà dello scarico e lo stato dei sedimenti all'intorno. L'attrezzatura impiegata per l'asportazione dei sedimenti avrà caratteristiche tali da rendere nulle o minime le quantità di materiale disperso limitando la torbidità e la mobilitazione di eventuali inquinanti indotta dalle operazioni. Di conseguenza le operazioni non avranno interferenze significative sull'ambiente acquatico circostante.

### **Asportazione di materiale a bacino pieno nell'invaso**

L'asportazione di materiale a bacino pieno prevede lo sfangamento del materiale depositato nel bacino e il successivo trasporto verso aree estrattive o discariche ubicate nel territorio circo-

stante. Qualora fosse necessario effettuare tale attività, il dettaglio dell'operazione sarà descritto in un Piano Operativo che sarà consegnato alle Autorità competenti almeno quattro mesi prima dell'inizio delle operazioni. Le operazioni potranno essere svolte a bacino pieno o parzialmente svasato, sia nelle aree centrali del bacino soggette a interrimento, sia in quelle prossime allo sbarramento, al fine di mantenere la manovrabilità e l'efficienza degli organi di manovra in fase di esercizio. L'attività potrebbe essere svolta durante tutto l'anno, ad eccezione dei periodi di piena caratterizzati da elevata idraulicità e possibilità di sfioro dallo scarico di superficie.

L'asportazione sarà effettuata tramite pompe o draghe idrauliche fissate su pontoni galleggianti opportunamente ancorati. Il materiale aspirato verrà convogliato, tramite tubi collettori, verso le aree di stoccaggio temporaneo (a valle della diga), dove sarà effettuato un trattamento di deidratazione del materiale prima del suo trasporto verso il sito di destinazione prescelto.

I siti ipotizzabili per lo stoccaggio temporaneo sono localizzati in sinistra orografica della Fiumara di Avigliano lungo la pista di accesso alla diga ed alla centrale di produzione.

#### **Asportazione di materiale a bacino parzialmente invasato in coda al bacino**

L'attività prevede la rimozione del volume di materiale a carattere prevalentemente grossolano depositato nella parte alta del bacino e il successivo trasporto verso aree estrattive o discariche ubicate nel territorio circostante l'invaso. Qualora fosse necessario effettuare tale attività, il dettaglio dell'operazione sarà descritto in un Piano Operativo che sarà consegnato alle Autorità competenti almeno quattro mesi prima dell'inizio delle operazioni.

Preliminarmente alle attività di scavo verrà effettuato uno svuotamento parziale dell'invaso. Le operazioni di asportazione verrebbero effettuate nelle aree emerse in coda bacino, tramite l'utilizzo di 1-2 escavatori, con produzioni medie giornaliere fino a 500 m<sup>3</sup> di materiale e spessori di scavo compresi tra 1-2 metri di profondità. Il materiale scavato verrà trasportato direttamente ai siti di stoccaggio con automezzi pesanti. L'accesso al bacino da parte dei mezzi meccanici (escavatori, pale meccaniche, ...) nell'area di intervento verrà effettuato utilizzando una discenderia da predisporre in destra orografica nei pressi della briglia di trattenuta prima citata.

Tra le possibili destinazioni finali dei sedimenti sarà presa in considerazione la possibilità di riutilizzo del materiale estratto per attività di ripascimento del corpo idrico di valle, da concordare preventivamente con le Autorità competenti.

L'operazione prevede quindi la rimozione dei sedimenti abbassando il livello dell'invaso tramite l'opera di scarico di fondo, senza produrre alcun effetto sul corpo idrico ricettore di valle. Le attività di scavo saranno condotte in aree emerse e calpestabili, senza produrre intorbidimento delle acque del bacino. L'eventuale fauna ittica che potrebbe popolare in futuro il nuovo vaso

potrà trovare ricovero temporaneo nel volume residuale dell'invaso. Saranno adottate metodologie tali da rendere nulle o minime le quantità di materiale disperso limitando la torbidità e la mobilitazione di eventuali inquinanti indotta dalle operazioni.

### **Fluitazione e svaso parziale dell'invaso**

Data la notevole alimentazione di materiale fine della Fiumara di Ruoti e le intense torbide che si verificano durante gli episodi alluvionali, si ritiene che la quota parte maggiore di materiale da gestire sia rappresentata dalla componente fine e meno grossolana del sedimento che finirà inevitabilmente di depositare sul fondo del nuovo vaso di valle.

Si prevedono pertanto periodiche operazioni di fluitazione, intendendo con ciò tutte quelle operazioni che prevedono uno svaso parziale del bacino e l'apertura dello scarico profondo dello stesso, in modo da indurre condizioni idrauliche tali da determinare, in particolare per la frazione fine del materiale, il trascinarsi, la risospensione ed il rilascio a valle dello sbarramento dei sedimenti depositati.

Affinché il flushing sia efficace è richiesto un livello dell'invaso sufficientemente basso in modo che l'erosione indotta sul fondo non sia limitata alla zona antistante lo scarico ("*cono di erosione*") ma si propaghi verso monte creando un alveo inciso ("*erosione retrogressiva*"). Nel caso dell'invaso di valle il volume annuale di acqua affluente è più grande del volume di vaso, pertanto l'opera risulta idonea alle operazioni di flushing dal momento che la disponibilità di acqua è maggiore.

Tali operazioni di difesa passiva dall'interrimento sono condizionate dalla normativa ambientale vigente. E' infatti possibile aprire gli scarichi per operazioni di gestione e manutenzione degli stessi, come previsto dal Decreto Legislativo 152/99 ma non è automaticamente e direttamente possibile aprirli per operazioni di sfangamento.

Come noto, i sedimenti in sospensione, ad elevate concentrazioni, possono influenzare la qualità dell'acqua e l'integrità degli ecosistemi posti a valle dello scarico. Pertanto verrà elaborata in fase esecutiva una proposta concreta di monitoraggio ambientale in occasione di tali interventi manutentivi, in cui le previste operazioni di svago e di sfangamento verranno inquadrare nelle normative nazionali di settore e nel quadro procedurale e programmatico regionale. Con ARPA Basilicata si determineranno delle soglie di concentrazione solida massima da non superare durante gli svassi e delle durate limite delle varie fasi delle operazioni. Si sottolinea sin da ora che la stima di tali parametri risulta assolutamente aleatoria nel caso di vaso ad oggi non esistenti, in quanto non si conoscono le dinamiche deposizionali all'interno del bacino ma soprattutto non è nota la struttura dei sedimenti che andranno a depositarsi sul fondo.

Di concerto con le Autorità competenti e gli Enti ambientali, verranno attentamente valutate le caratteristiche stagionali di sito in modo da identificare i periodi più consoni all'effettuazione di tali manovre. In via preliminare si può ipotizzare che le operazioni di sfangamento presso l'invaso di valle possano aver luogo nella stagione invernale (tra i mesi di gennaio e marzo) a cadenza pluriennale (mediamente con una frequenza compresa tra 3 e 5 anni).

### **Situazioni di emergenza**

Non sempre le attività di dragaggio e movimentazione dei sedimenti possono essere eseguite seguendo le procedure ordinarie. Infatti in situazioni di emergenza connesse ad esempio a particolari eventi alluvionali è necessario attivare immediatamente interventi di urgenza, anche e soprattutto per quanto riguarda gli sbarramenti. Lo scopo principale di questi interventi è la messa in sicurezza delle popolazioni esposte ad un eventuale rischio idraulico. In tali situazioni *"il Presidente della Giunta Regionale o il Presidente della Provincia ovvero il Sindaco possono emettere, nell'ambito delle rispettive competenze, ordinanze contingibili e urgenti per consentire il ricorso temporaneo a speciali forme di gestione dei rifiuti, anche in deroga alle disposizioni vigenti, garantendo un elevato livello di tutela e dell'ambiente"* (Decreto Legislativo 152/2006 Art. 191 comma c.1). In tali circostanze il deposito dei materiali movimentati dovrà essere tale da non provocare fenomeni di inquinamento e danni alle matrici ambientali presenti.

## **4.3 Interventi di rimozione previsti presso l'invaso di monte**

### **4.3.1 Premessa**

Come sottolineato già in precedenza, il circuito idraulico che caratterizzerà il nuovo bacino di monte sarà a ciclo chiuso. All'invaso di monte verranno addotte unicamente le acque pompate dal sottostante bacino di valle, non sono presenti affluenti e non viene sotteso un bacino imbrifero naturale. Sulla superficie del bacino di monte afferranno le precipitazioni meteoriche dirette. Si intuisce pertanto come il tema del trasporto solido debba in questo caso essere inquadrato in un'ottica differente. L'unica frazione di materiale solido che tenderà a depositarsi all'interno del bacino di monte sarà la frazione fine di materiale in sospensione presente nelle acque pompate da valle. Data l'elevata torbidità attesa presso l'invaso di valle in condizione di piena e/o dopo un evento meteorico anche di modesta intensità, si presume che dopo un determinato intervallo di tempo una parte del materiale trasportato in sospensione depositi presso il bacino di monte. Occorre pertanto anche in questo caso procedere con un costante monitoraggio delle condizioni di invaso e del fondo ed all'occorrenza procedere con mirati interventi di pulizia. Si stima un deposito massimo pari a ca. 200 m<sup>3</sup>/anno.

#### 4.3.2 Rimozione meccanica

Al fine di ripristinare la piena capacità di invaso del bacino di monte potrà essere necessario intervenire periodiche operazioni di rimozione meccanica del materiale fine depositato. In questo caso sarà necessario operare uno svasso completo del bacino e mettere fuori esercizio l'impianto a pompaggio per il tempo necessario alle operazioni di pulizia (almeno 3-4 settimane). Sulla scorta di quanto riportato già per il bacino di valle in merito alle tecniche e ai vincoli normativi esistenti, si sottolinea in questa sede quanto segue:

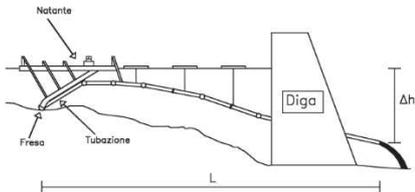
- La logistica delle operazioni verrà gestita attraverso la strada di accesso principale da località Cesina. Per l'accesso dei mezzi meccanici sul fondo del bacino sarà predisposta una rampa in terra con allestimento di opportune aree di manovra direttamente sul fondo del bacino in un intorno dell'opera di presa;
- Le operazioni saranno precedute da una campagna di caratterizzazione dei sedimenti in termini dimensionali (granulometria) e fisico-chimiche. In funzione delle risultanze di tali indagini saranno predisposti gli utilizzi consentiti per legge, provvedendo eventualmente anche al conferimento in discarica autorizzata degli stessi ma privilegiando riutilizzi del materiale in aree prossime al sito di produzione sfruttando depositi temporanei e rimodellazioni definitive del terreno.

#### 4.3.3 Tecniche alternative

Oltre alla classica soluzione del dragaggio meccanico, è possibile proporre alcune alternative in grado di garantire comunque una elevata efficienza di rimozione del sedimento depositato senza impattare eccessivamente sulla qualità delle acque:

- È possibile ricorrere a tecnologie di matrice differente, come l'idrosuzione o lo Sluicer, in modo da non operare meccanicamente all'interno dell'invaso di monte. L'idrosuzione è un sistema è basato essenzialmente su una tubazione tra le cui sezioni iniziale e finale si determina un dislivello energetico  $\Delta h$  che permette il trasferimento della miscela acqua-sedimenti dal fondo dell'invaso ad un sito opportunamente prefissato. Per facilitarne la rimozione ed il trasporto in condotta i sedimenti possono essere disgregati utilizzando elementi meccanici ausiliari. Lo schema originario dell'idrosuzione prevedeva il rilascio in alveo della miscela acqua sedimenti, cosa che, oggi, incontra rilevanti difficoltà a causa delle notevoli restrizioni dettate dalla normativa ambientale vigente. Può, ad ogni modo, essere ipotizzato un opportuno trattamento della miscela che consenta poi il rilascio di quantità controllate di sedimento nell'alveo a valle della diga ai fini del contenimento dei fenomeni erosivi che frequentemente si instaurano a valle delle opere di sbarramento. Ad ogni modo, nel caso in

esame tutti i corsi d'acqua presenti nell'intorno dell'invaso di monte hanno carattere fortemente intermittente pertanto non presentano una dotazione idrica minima tale da rendere applicabile tale soluzione.



**Figura 19.** Schema dell'idrosuzione a gravità.



**Figura 20.** Geotubi utilizzati per la disidratazione dei fanghi aspirati dal fondo dell'invaso di Monguelfo in provincia di Bolzano.



**Figura 21.** Le operazioni condotte tra il 2018 ed il 2019 presso la diga di Monguelfo in provincia di Bolzano.

I fanghi aspirati potranno essere contenuti in geotubi (*dewatering*), pompando una miscela di acqua e sedimento all'interno di strutture tubolari in geotessuto tramite un apposito sistema aspirante-refluente. I geotubi potranno essere posizionati in aree opportunamente scelte in un immediato intorno dell'invaso in modo da minimizzare gli oneri delle operazioni.

Al termine delle operazioni di dragaggio e riempimento dei geotubi si potrà proceduto al loro ricoprimento mediante un intervento di rinaturalizzazione mediante la posa di uno stato di terreno vegetale dello spessore medio di 50 cm con un completo rinverdimento delle superfici.

- Senza procedere ad interventi di aspirazione del sedimento rimobilizzato, è possibile anche procedere direttamente con un'azione di turbinamento delle acque con una concentrazione solida tale da non inficiare la funzionalità delle turbine idrauliche. La fattibilità di tale azione dipende dalle caratteristiche fisiche e mineralogiche dei sedimenti che andranno a depositarsi nel bacino di monte e dovrà essere attentamente valutata dopo i primi anni di esercizio del nuovo impianto a pompaggio. Con opportune strutture mobili sarà pertanto possibile insufflare aria sul fondo del bacino per garantire la risospensione del materiale depositato e consentire il suo smaltimento verso valle tramite la condotta forzata ed il successivo deposito nel bacino di valle da cui è arrivato. Per ottenere un'elevata efficacia di processo, le operazioni saranno condotte in concomitanza con eventi di piena lungo la Fiumara di Ruoti che richiedano l'apertura seppur parziale dello scarico di fondo, in modo da fluitare successivamente il sedimento addotto a valle verso al Fiumara di Avigliano. L'insieme di tutte le operazioni necessarie al conseguimento dell'obiettivo sarà discusso in un apposito Piano dettagliato di Intervento e sottoposto alla verifica degli organi ambientali competenti.

#### 4.4 Calendarizzazione preliminare degli interventi

Sulla scorta delle proposte di intervento per la gestione del materiale solido depositato presso gli invasi di monte e di valle a servizio del nuovo impianto a pompaggio, si propone nella seguente tabella un quadro sinottico dei possibili interventi. Tutte le operazioni riportate in Tabella 5 dovranno essere necessariamente concordate con ARPA Basilicata, con l'Autorità di Bacino di competenza e con gli uffici ambientali regionali. Nell'ambito di tutte le operazioni, soprattutto in caso di svassi parziali o totali e di fluitazioni, verrà avviata una dettagliata attività di monitoraggio, di durata, modalità e strumentalità concordate con gli Enti prima citati. Dovranno inoltre essere definite delle soglie di non superamento della torbidità delle acque in accordo con le linee guida di settore e le disposizioni regionali e nazionali in tema di qualità delle acque.

SITO	INTERVENTO	FREQUENZA
<b>Invaso di valle</b>	Rimozione meccanica materiale grossolano (briglia di trattenuta)	x 1 volta / anno <i>oppure dopo ogni piena significativa</i>

	Fluitazione con svaso parziale	x 1 volta / 3-5 anni <i>oppure in caso di intasamento parziale o totale dello scarico di fondo</i>
	Dragaggio meccanico scarico	x 1 volta / 3-5 anni
	Dragaggio meccanico invaso	x 1 volta / 30 anni
<b>Invaso di monte</b>	Dewatering	x 1 volta / 10 anni
	Dragaggio meccanico	x 1 volta / 20-30 anni

**Tabella 5. Calendarizzazione preliminare degli interventi per la gestione dei sedimenti presso gli invasi di monte e di valle.**

## 5. Conclusioni

Nel presente documento vengono illustrate le risultanze dello studio condotto sulle dinamiche di trasporto solido attese lungo la Fiumara di Ruoti che verrà sbarrata dalla realizzazione della nuova diga di valle a servizio dell'invaso di valle.

Una volta quantificati gli apporti di sedimento attesi per i vari scenari di accadimento considerati si è provveduto ad illustrare tutte le misure attive e gestionali atte a garantire la sostenibilità dell'intervento e nel contempo a implementare un programma di manutenzione di lungo periodo che consenta di preservare il volume di vaso contro il probabile interrimento a cui andrà incontro senza inficiare la qualità ambientale e idromorfologica degli alvei di valle, nel pieno rispetto delle normative di settore regionali, nazionali ed internazionali. Medesimi accorgimenti sono stati previsti anche per l'invaso di monte, in cui la problematica legata all'interrimento è sicuramente di secondaria importanza ma non trascurabile.

Si ritiene che con le tecniche di intervento proposte e con le opportune misure di mitigazione ambientale, ecologica ed idromorfologica sia possibile gestire anche nel lungo termine la problematica legata all'interrimento degli invasi, soprattutto per quello di valle, preservando nel conto la qualità ecomorfologica dell'alveo di valle e garantendo una certa continuità longitudinale anche del flusso di sedimenti lungo i corpi idrici che saranno interferiti dalla presenza e dall'esercizio delle nuove opere.

Ogni proposta di intervento verrà sempre concertata con ARPA Basilicata e con gli organi ambientali competenti al fine di garantire sempre la massima efficienza di rimozione dei sedimenti nel pieno rispetto dei dettami delle normative regionali e nazionali ad oggi in essere.

Malles, Bolzano, li 28.09.2023

Il Tecnico

Dr. Ing. Walter Gostner

