



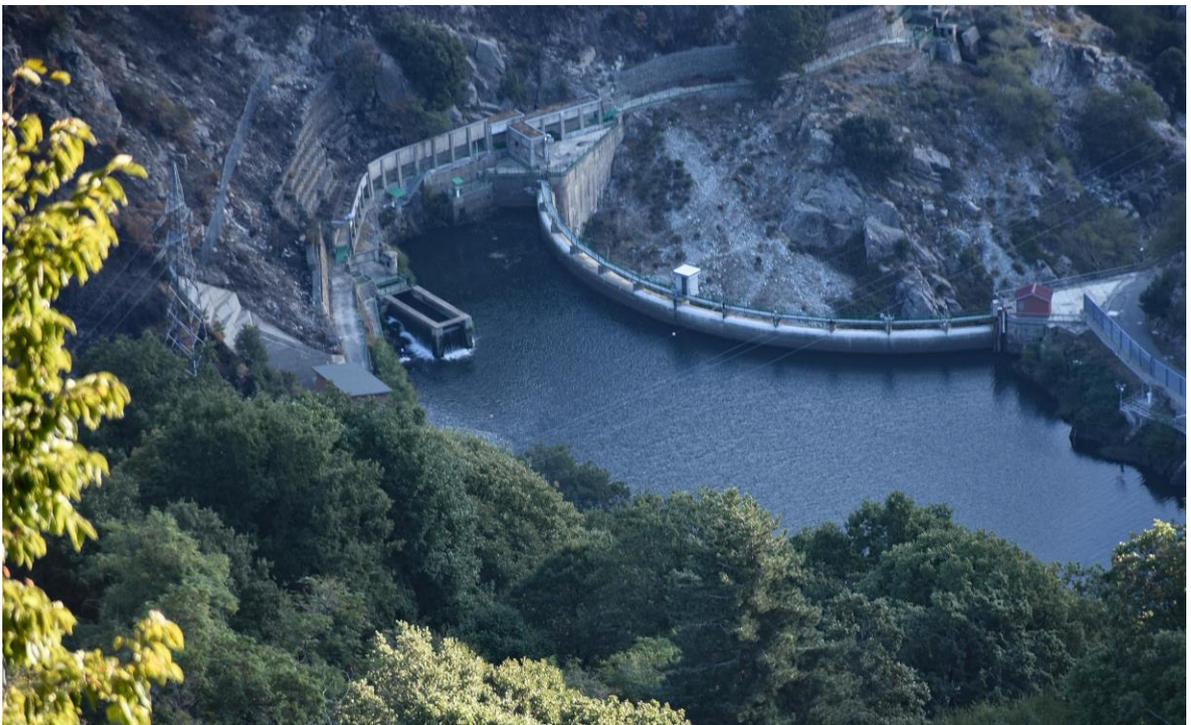
Sede Legale:
Via Lamarmora 230, 25124 Brescia
Sede direzionale e amministrativa:
Corso di Porta Vittoria 4, 20122 Milano
A2A-DGE-BGT-IMI-SII

Pratica:	10222	Riattivazione Pompaggio Orichella
Documento:	10222-C-OR-KOR-C-RT-505-0	
Note:		—

IMPIANTO IDROELETTRICO DI:		CENTRALE DI:					
ORICHELLA		ORICHELLA					
OGGETTO:		Impianto di Pompaggio di Orichella Centrale di Orichella Interventi finalizzati alla Riattivazione del Pompaggio					
TITOLO:		Relazione Idraulica					
CONSULENTE:		CONCESSIONARIO:					
Il progettista: Ing. Marco Braghini		Il Project Manager: Dott. Ing. Roberto Castellano					
DOCUMENTO N°: 2019.0800.007-ID-GEN-RT-106		Il Legale Rappresentante: Dott. Ing. Roberto Scottoni					
TIPO DOCUMENTO:		RELAZIONE TECNICA					
		LOMBARDI			A2A		
2							
1							
0	30/06/2023	Prima emissione	MMe	AGi	Pi/Bal	V. Natoli	R. Castellano
REV.	DATA	DESCRIZIONE DELLA REVISIONE	REDAZIONE	VERIFICA	APPROVAZIONE	VERIFICA	APPROVAZIONE

IMPIANTO IDROELETTRICO DI ORICHELLA CENTRALE DI ORICHELLA

INTERVENTI FINALIZZATI ALLA RIATTIVAZIONE DEL POMPAGGIO



Relazione Idraulica

00	30.06.2023	MMe	AGi/Pi
Versione	Data	Redatto	Verificato

Lombardi SA Ingegneri Consulenti
Via del Tiglio 2, C.P. 934, CH-6512 Bellinzona-Giubiasco
Telefono +41(0)91 735 31 00
www.lombardi.group, info@lombardi.group

INDICE

1.	INTRODUZIONE	1
1.1	Contesto generale e scopo del lavoro	1
1.2	Struttura del rapporto	1
1.3	Elaborati di progetto	2
1.4	Documenti analizzati	3
1.4.1	Documentazione dell'impianto esistente e del progetto di fattibilità	3
2.	SISTEMA IDROELETTRICO ORTICA	5
2.1	Cenni Storici	5
2.2	Descrizione del Sistema ORTICA	5
3.	STATO DI FATTO: DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO ESISTENTE	8
3.1	Aspetti generali	8
3.2	Dati caratteristici degli invasi e degli impianti	10
3.2.1	Invaso di Ampollino e diga di Trepidò	10
3.2.2	Centrale di Orichella e scarico	11
3.2.3	Invaso e diga di Orichella	11
3.2.4	Invaso e diga di Migliarite	12
3.2.5	Centrale di Timpagrande e scarico	13
4.	STATO DI PROGETTO	14
4.1	Generalità	14
4.2	Opere civili in progetto	14
5.	ASPETTI IDRAULICI	18
5.1	Premessa	18
5.2	Perdite di carico	19
5.3	Ripartizione delle portate nelle gallerie allo stato di fatto	21
5.4	Caratteristiche valvole a farfalla in progetto	23
5.5	Caratteristiche delle turbine della centrale di Timpagrande	24
5.6	Caratteristiche del canale di derivazione da Juntura	26
6.	CALCOLI IDRAULICI	28

6.1	Simulazioni in moto permanente	28
6.1.1	Moto permanente: Analisi generale	31
6.2	Simulazioni in moto vario	45
6.2.1	Avviamento in Turbinaggio a Timpagrande	47
6.2.2	Arresto in turbinaggio a Timpagrande	78
6.2.3	Chiusura accidentale valvole	99
6.3	Considerazioni sulla gestione delle manovre di avviamento e arresto	119
6.3.1	Avviamento in Turbinaggio	119
6.3.2	Arresto in Turbinaggio	120
7.	CALCOLI IDRAULICI AMPOLLINO-ORICHELLA	122
7.1	Caratteristiche delle macchine della “nuova” centrale di Orichella	122
7.1.1	Commutazione da funzionamento in generazione a pompaggio	123
7.1.2	Commutazione da funzionamento in pompaggio a generazione	125

1. INTRODUZIONE

1.1 Contesto generale e scopo del lavoro

La Società A2A S.p.A. (A2A) è proprietaria e gestisce gli impianti idroelettrici dell'asta idraulica situata in Sila (province di Cosenza e Crotona in Calabria), costituita da invasi e prese che alimentano le centrali di Orichella, Timpagrande e Calusia. Il presente documento fa parte del Progetto per la riattivazione dell'impianto di pompaggio della centrale idroelettrica di Orichella, sita nel Comune di San Giovanni in Fiore (CS).

L'attuale impianto è stato progettato e realizzato negli anni '80 del XX secolo con due gruppi ternari pompa – turbina Francis – alternatore (ciascuno da circa 76 MW in generazione e circa 27 MW in pompaggio) e tutte le opere civili annesse; la centrale è alimentata dalle acque in arrivo dal serbatoio dell'Ampollino, che rappresenta anche il recettore del pompaggio. L'invaso di valle è costituito dal lago di Orichella detto anche di "quota 800".

Nel corso del tempo, la sezione di pompaggio venne messa fuori servizio dai precedenti gestori, pur permanendo vigenti le disposizioni degli Atti Concessori che consentono di sollevare mediante pompaggio la risorsa idrica raccolta nell'invaso di Orichella a "quota 800" per immetterla nel serbatoio dell'Ampollino.

Oggigiorno risulta quanto mai opportuno prospettare una riattivazione del pompaggio, allo scopo di contribuire efficacemente alla evoluzione del sistema elettrico italiano, che deve adeguarsi ai cambiamenti imposti dal recente pacchetto di misure "Fit for 55" e dalla necessità di diminuire la dipendenza dai combustibili fossili, anche assecondando gli obiettivi prospettati da TERNA nel "Rapporto Adeguatezza Italia 2022" dedicato alle problematiche della rete elettrica.

Allo scopo di aumentare la flessibilità del sistema di pompaggio Orichella-Ampollino e delle sottostanti centrali di Timpagrande e Calusia, viene prospettata l'eventuale possibilità di convogliare le acque derivate direttamente verso valle in alternativa al pompaggio già assentito dai predetti atti concessori. Viene altresì prospettato il ripristino della componentistica dedicata al pompaggio all'interno dei Gruppi elettromeccanici, adottando le più moderne caratteristiche tecnologiche.

L'obiettivo della presente relazione è di descrivere gli aspetti idraulici inerenti alla realizzazione delle nuove opere.

1.2 Struttura del rapporto

Il presente rapporto ha la seguente struttura:

- **Capitolo 1:** contiene l'introduzione con le motivazioni e lo scopo dello studio;
- **Capitolo 2:** descrive brevemente le caratteristiche del sistema idroelettrico dell'asta della Sila in cui si inserisce l'impianto di pompaggio di Orichella;

- **Capitolo 3:** descrive le opere dell'impianto esistente;
- **Capitolo 4:** illustra gli interventi in progetto;
- **Capitolo 5:** descrive gli aspetti idraulici del sistema;
- **Capitolo 6:** presenta i risultati delle analisi idrauliche;
- **Capitolo 7:** contiene risultati dei calcoli idraulici relativi al sistema a monte della centrale di Orichella.

1.3 Elaborati di progetto

Si elencano di seguito gli elaborati di progetto che, insieme al presente rapporto, sono parte integrante del Progetto:

- [1] 2019.0800.007-ID-GEN-RT-105 Relazione Idrologica
- [2] 2019.0800.007-GC-GEN-DW-236 SdP – Sifone – Pianta e profilo generale
- [3] 2019.0800.007-GC-GEN-DW-237 SdP – Sifone – Scavi in alveo – Sostegni e rivestimenti
- [4] 2019.0800.007-GC-GEN-DW-238 SdP – Sifone – Dettaglio scavo piattaforma a quota 792.85
- [5] 2019.0800.007-GC-GEN-DW-239 SdP – Sifone – Dettaglio pozzo verticale e galleria inferiore in sponda sinistra
- [6] 2019.0800.007-GC-GEN-DW-242 SdP – Sifone – Dettaglio rivestimento definitivo alveo e tubazione d'aggottamento
- [7] 2019.0800.007-GC-GEN-DW-243 SdP – Sifone – Dettaglio galleria inferiore in sponda destra
- [8] 2019.0800.007-GC-GEN-DW-244 SdP – Sifone – Dettaglio nuova camera valvole e finestra d'accesso
- [9] 2019.0800.007-GC-GEN-DW-246 SdP – Ampliamento "vecchia" camera valvole – Pianta, sezioni e dettagli
- [10] 2019.0800.007-GC-GEN-DW-247 SdP – Migliarite – Dettaglio nuova camera valvole e finestra d'accesso – Piante e sezioni
- [11] 2019.0800.007-GC-GEN-DW-248 SdP – Canale di derivazione da Juntura – Pianta, profili e sezioni tipo
- [12] 2019.0800.007-GC-GEN-DW-249 SdP – Sifone – Collegamento con Juntura e galleria superiore – Sostegni preliminari e rivestimenti definitivi
- [13] 2019.0800.007-GC-GEN-DW-250 SdP – Sifone – Pozzo verticale – Sostegni preliminari e rivestimenti definitivi
- [14] 2019.0800.007-GC-GEN-DW-251 SdP – Sifone – Gallerie inferiori – Sostegni preliminari e rivestimenti definitivi
- [15] 2019.0800.007-GC-GEN-DW-252 SdP – Sifone – Caverne camere valvole – Sostegni preliminari e rivestimenti definitivi

- [16] 2019.0800.007-GC-GEN-DW-253 SdP – Sifone – Dettaglio struttura di raccordo e locale di manovra panconi
- [17] 2019.0800.007-GC-GEN-DW-255 SdP – Scarico a fiume canale Juntura – Dettaglio paratoia a ventola
- [18] 2019.0800.007-GC-GEN-DW-256 SdP – Scarico a fiume canale Juntura – Dettaglio paratoia di spurgo
- [19] 2019.0800.007-GC-GEN-DW-257 SdP – Scarico a lago canale Juntura – Dettaglio paratoia di strisciamento
- [20] 2019.0800.007-GC-GEN-DW-259 SdP – Comparativo 1: Sifone – Planimetria degli interventi
- [21] 2019.0800.007-GC-GEN-DW-260 SdP – Comparativo 2: Sifone – Profilo longitudinale degli interventi
- [22] 2019.0800.007-GC-GEN-DW-261 SdP – Comparativo 3: Ampliamento camera valvole su “vecchia” derivazione
- [23] 2019.0800.007-GC-GEN-DW-262 SdP – Comparativo 4: Migliarite – Nuova camera valvole su “nuova” derivazione
- [24] 2019.0800.007-GC-GEN-DW-263 SdP – Comparativo 5: Sifone – Nuove opere canale di Juntura
- [25] 2019.0800.007-GC-GEN-DW-264 SdP – Migliarite/Sifone – Finestra d’accesso alla camera valvole – Sostegni preliminari e rivestimenti definitivi
- [26] 2019.0800.007-GC-GEN-DW-265 SdP – Planimetria generale dei cantieri e degli accessi
- [27] 2019.0800.007-GC-GEN-DW-266 SdP – Invaso di Orichella - Planimetria di cantiere
- [28] 2019.0800.007-GC-GEN-DW-267 SdP – Nodo di Migliarite - Planimetria di cantiere
- [29] 2019.0800.007-GC-GEN-DW-26 SdP – Modello 3D

1.4 Documenti analizzati

1.4.1 Documentazione dell'impianto esistente e del progetto di fattibilità

Per la redazione del presente rapporto è stato fatto riferimento ai documenti elencati nel seguito, compresi nella documentazione d’incarico ricevuta da A2A:

- [30] A2A: Progetto di fattibilità – Riattivazione pompaggio di Orichella – H1 – Valutazioni pompaggio OCH – rev. 4, aprile 2022.
- [31] A2A: Progetto di fattibilità – Riattivazione pompaggio di Orichella – G1 – Approfondimenti idraulici, febbraio 2020.
- [32] A2A: Progetto di fattibilità – Riattivazione pompaggio di Orichella – Analisi complessiva dei possibili interventi sull’asta idroelettrica Silana, luglio 2020.
- [33] A2A: Progetto di Gestione dell’invaso dell’Ampollino – rev. 1, giugno 2017.
- [34] A2A: Progetto di Gestione dell’invaso di Orichella – rev. 1, giugno 2017.

- [35] ENEL Rassegna Tecnica: Utilizzazione promiscua delle acque dei bacini silani del versante Jonico Catanzarese, Barone E., 1983-1984.
- [36] ENEL: Ampliamento impianti idroelettrici di Orichella e Timpagrande – Progetto esecutivo e di consistenza delle opere realizzate, Relazione tecnica generale – rev. 0, febbraio 1999.

2. SISTEMA IDROELETTRICO ORTICA

2.1 Cenni Storici

I tre impianti idroelettrici in serie della Sila, denominati rispettivamente di Orichella, di Timpagrande e di Calusia costituiscono il cosiddetto nodo idraulico ORTICA. Regolati in testa dai due serbatoi dell'Arvo e dell'Ampollino, utilizzano i deflussi dei fiumi Arvo ed Ampollino, entrambi affluenti di destra del Neto; quelli del torrente Frappia, convogliati nel lago Arvo; quelli dell'alto corso del fiume Tacina, derivati in gronda a Li Rinusi e quelli del F. Savuto, convogliati nel Lago Ampollino. Limitatamente agli ultimi due salti (Timpagrande e Calusia), utilizzano anche la portata fluente dal F. Neto, convogliata nel bacino di modulazione di Orichella, ubicato a valle della centrale dell'omonimo impianto.

La potenza totale installata dei tre vecchi impianti era in origine di 268 MW, con una potenza efficiente di 190 MW. Nei primi anni '80, a seguito dei lavori di ampliamento dei primi due dei tre vecchi impianti idroelettrici in serie della Sila (Orichella e Timpagrande, entrambi costruiti tra il 1922 e il 1932) è stato possibile raddoppiare la potenza efficiente con l'installazione di due gruppi di pompaggio nella centrale dell'impianto idroelettrico di Orichella. È stato inoltre costruito un bacino di modulazione sul Torrente Migliarite, dal volume utile di regolazione di 250'000 m³, collegato in parallelo col bacino di modulazione di Orichella e nel quale venivano immagazzinati anche i deflussi derivati in gronda del medio corso del Tacina.

Con il nuovo schema di utilizzazione realizzato la potenza installata totale in produzione dei primi tre impianti è aumentata da 268 a 390 MW, ed è stata installata una potenza di pompaggio di 54 MW. La producibilità media annua totale è aumentata da 668 a 757 GWh.

2.2 Descrizione del Sistema ORTICA

Sull'asta della Sila, nell'ambito dello schema idroelettrico che usa le acque in concessione ad A2A, insistono ad oggi cinque invasi e tre centrali idroelettriche:

- i serbatoi di testa dell'Arvo e dell'Ampollino (dove vengono anche recapitate la acque raccolte nell'invaso del Savuto mediante un pompaggio di gronda), che alimentano la centrale con gruppi ternari¹ (attualmente operativi solo in generazione) di Orichella (detta anche I Salto);
- gli invasi di Orichella e Migliarite, detti invasi di "quota 800" che alimentano la centrale di Timpagrande (detta anche II Salto);
- la centrale di Calusia (III Salto), non alimentata direttamente da un bacino, che sfrutta i deflussi turbinati dalla centrale di Timpagrande e quelli del bacino residuo del Fiume Neto.

¹ gruppi ternari sono costituiti da turbina e pompa coassiali, accoppiati ad un'unica macchina elettrica (generatore/motore)

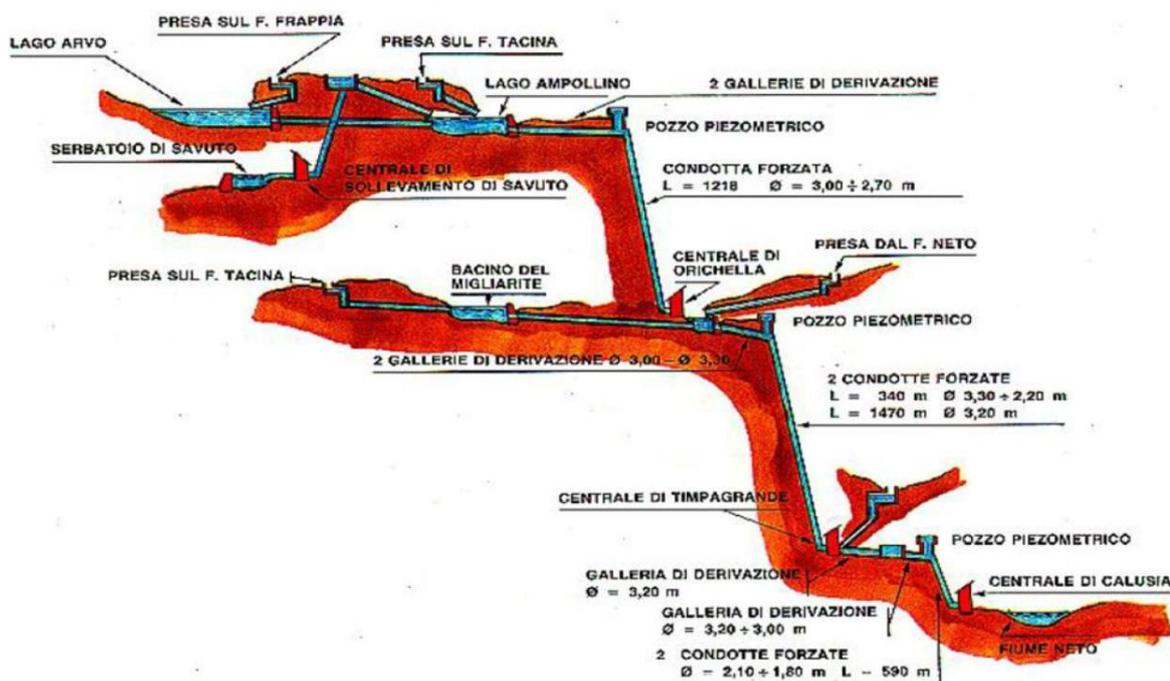


Figura 1: Profilo schematico dell'asta della Sila.

L'invaso di Ampollino è un serbatoio di circa 65'000'000 m³ di capacità utile, situato a quota 1'271.00 m. s.l.m. (quota di massima regolazione della diga di Trepidò), che viene utilizzato per effettuare la regolazione annuale delle portate dei fiumi Ampollino, Tacina e dei torrenti Pollitrea e Fischio per la produzione di energia elettrica nelle centrali di Orichella, Timpagrande e Calusia.

L'invaso di Orichella, anch'esso formato dallo sbarramento del F. Ampollino, è un bacino di circa 180'000 m³ di capacità utile, situato a quota 795.90 m s.l.m. (quota di massima regolazione della diga di Orichella). Questo invaso viene utilizzato per effettuare la regolazione giornaliera delle portate del bacino imbrifero proprio (F. Ampollino a valle della diga di Trepidò), di quelle scaricate dalla adiacente centrale di Orichella e di quelle derivate dal fiume Neto a quota 804.10 m s.l.m. nonché di quelle dei torrenti Verardi e Marinella.

Il serbatoio di Orichella alimenta l'impianto di Timpagrande, al quale giungono anche le acque dell'invaso di Migliarite e del F. Neto. Una parte dei volumi d'acqua accumulati nell'invaso di Migliarite non viene utilizzata per la generazione ma è consegnata al Consorzio di Bonifica Jonico Crotonese (CJK) per scopi principalmente irrigui. Anche le acque scaricate dalla centrale di ultimo salto di Calusia vengono successivamente utilizzate dal Consorzio di Bonifica Jonico Crotonese (CJK) per scopi principalmente irrigui.

La presa di Juntura deriva le acque del fiume Neto poco a valle della confluenza del fiume Arvo e le convoglia all'invaso dell'Orichella, raccogliendo anche quelle di due affluenti minori del Neto con le prese Verardi e Marinella.

Si riporta in **Figura 2** lo schema di funzionamento del nodo idraulico ORTICA.

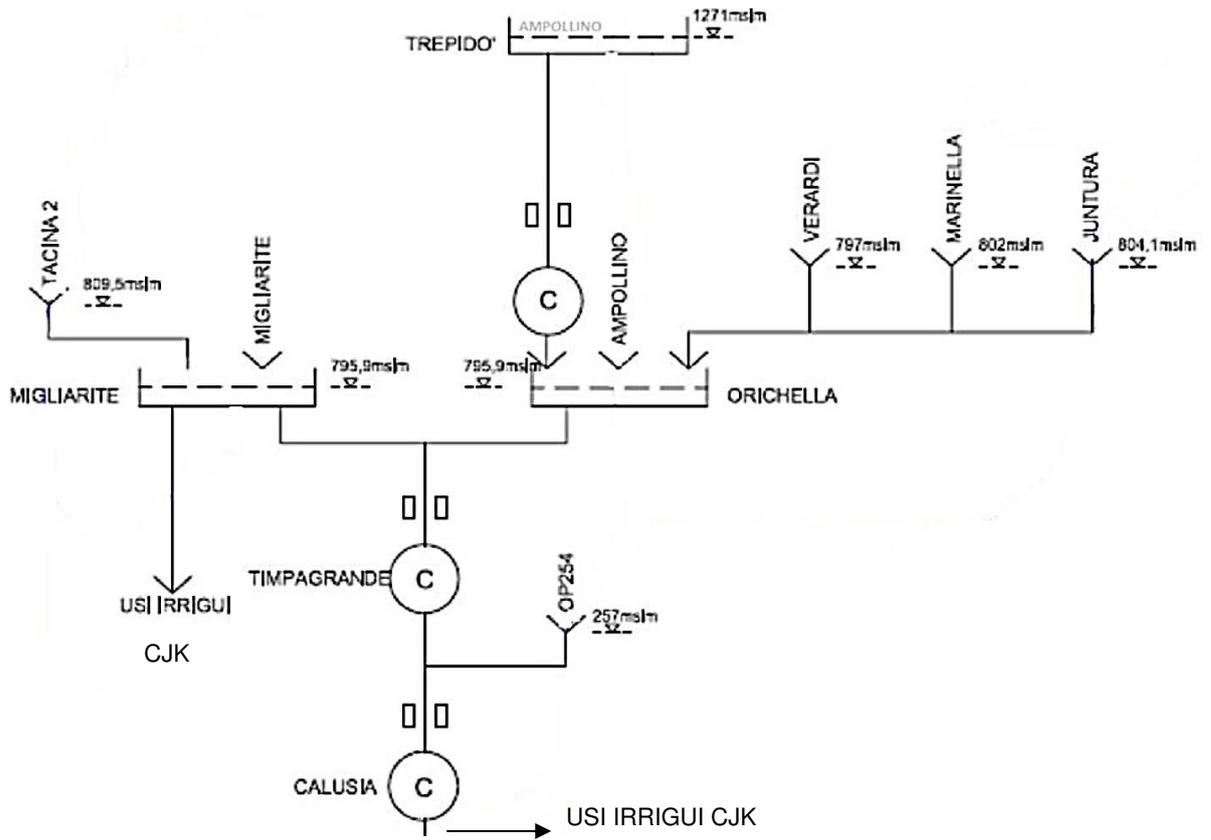


Figura 2: Schema di funzionamento del nodo idraulico ORTICA (Orichella-Timpagrande-Calusia).

3. STATO DI FATTO: DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO ESISTENTE

3.1 Aspetti generali

Lo schema idroelettrico della Sila, che utilizza le acque in concessione ad A2A, sfrutta gli invasi dell'Arvo, dell'Ampollino, di Orichella e di Migliarite per produrre energia elettrica nelle centrali di Orichella, Timpagrande e Calusia.

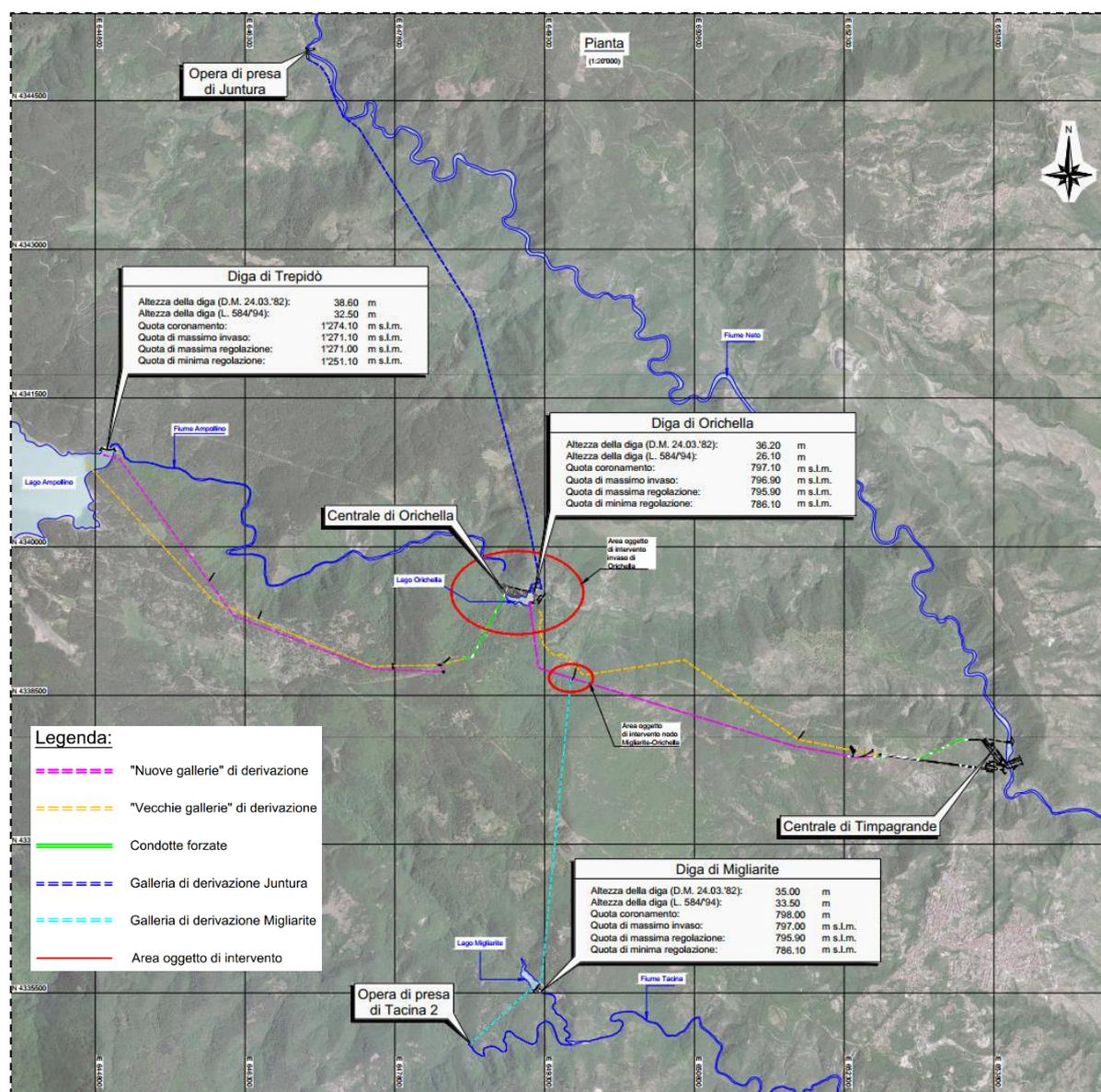


Figura 3: Corografia generale dell'asta della Sila.

L'impianto di generazione e pompaggio di Orichella e l'impianto di generazione di Timpagrande sono attualmente composti, procedendo da monte verso valle, dalle seguenti opere principali²:

- Diga di Trepidò (Tipo a gravità ordinaria, H=38.60 m);
- Opere di presa nell'invaso di Ampollino ("vecchia" e "nuova");
- Galleria di derivazione "vecchia" (D = 2.5 m, L = 4'430 m) e "nuova" (D = 3.30/3.10 m, L = 4'111 m);
- Pozzo piezometrico "vecchio" (D = 5 m, H = 52 m) e "nuovo" (D = 5 m, H = 63 m);
- Camera valvole (B = 8.30 x 7.00 m, H = 9.25 m);
- Condotta forzata (D = 3.00/2.70 m, L = 1'218 m);
- Centrale seminterrata di Orichella (No. 2 gruppi pompa-turbina Francis);
- Galleria di scarico e aspirazione (D = 4 m, L = 223 m);
- Opera di presa/restituzione nell'invaso di Orichella;
- Diga di Orichella (Tipo a volta ad arco, H=36.20 m);
- Opere di presa nell'invaso di Orichella ("vecchia" e "nuova");
- Galleria di derivazione "vecchia" (D = 3.0 m, L = 4'040 m) e "nuova" (D = 3.30 m, L = 3'865 m);
- Diga di Migliarite (Tipo a gravità ordinaria, H=35.00 m);
- Opera di presa nell'invaso di Migliarite;
- Galleria di derivazione Migliarite (D = 2.40 m, L = 3'101 m);
- Pozzo piezometrico (D = 10.00 m, H = 40.40 m);
- Camera valvole;
- Condotta forzata (D = 3.20 m, L = 1'236 m);
- Centrale in caverna di Timpagrande (No. 3 gruppi Pelton).

Si riporta in **Figura 4** la planimetria delle aree comprese tra l'invaso di Orichella e la centrale idroelettrica di Timpagrande, oggetto degli interventi del presente Progetto, descritti più approfonditamente nel Capitolo 4.

² Relativamente alle opere civili esistenti si indicano come "vecchie" quelle risalenti agli anni 1922-1923 (periodo di realizzazione degli impianti di Migliarite e Orichella) e come "nuove" quelle risalenti ai primi anni '80 (anni in cui vennero ampliati gli impianti di Migliarite e Orichella).

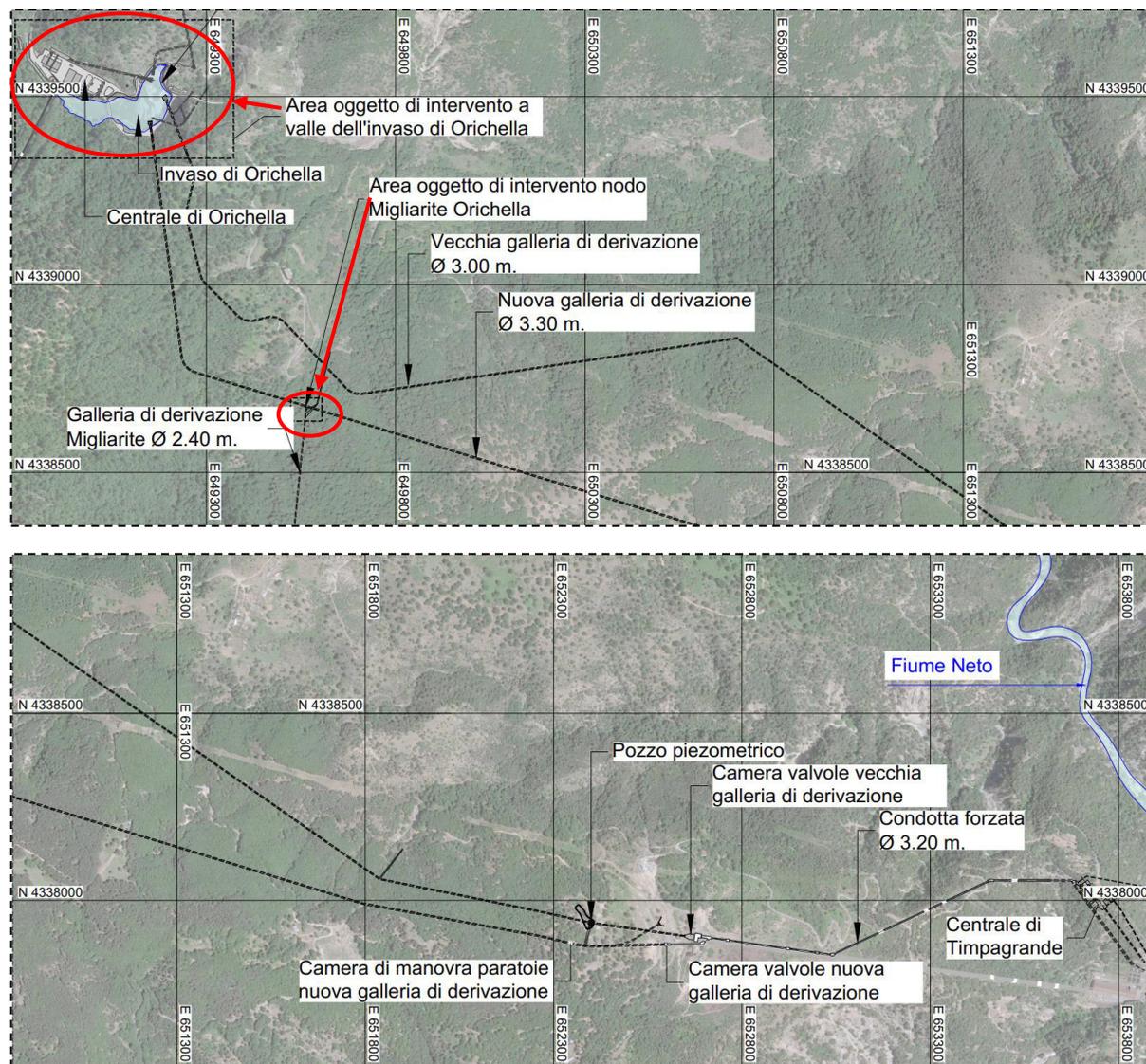


Figura 4: Planimetria della “vecchia” e “nuova” derivazione Orichella – Timpagrande con evidenza delle aree oggetto di intervento.

3.2 Dati caratteristici degli invasi e degli impianti

3.2.1 Invaso di Ampollino e diga di Trepidò

La diga di Trepidò, la cui costruzione è terminata il 1° settembre 1927, è del tipo a gravità ordinaria, in muratura di pietrame granitico, con pianta arcuata e sezione verticale. Si riportano di seguito i dati caratteristici dell’invaso di Ampollino e della diga di Trepidò:

- Volume totale di invaso (D.M. 24/03/82): 67.44 Mm³
- Volume utile di regolazione: 64.53 Mm³
- Volume di invaso originario (ai sensi della L. 584/1994): 66.80 Mm³
- Volume di laminazione: 0.54 Mm³
- Bacino imbrifero sotteso: 77.00 km²

– Tipologia diga:	Diga a gravità ordinaria
– Anno costruzione:	1927
– Quota coronamento:	1'274.10 m s.l.m.
– Quota di massimo invaso:	1'271.10 m s.l.m.
– Quota di massima regolazione:	1'271.00 m s.l.m.
– Quota di minima regolazione:	1'251.00 m s.l.m.
– Altezza sbarramento (ai sensi del DM 24/03/82):	38.60 m
– Altezza sbarramento (ai sensi della L. 584/94):	32.50 m
– Altezza di massima ritenuta:	29.50 m
– Franco (ai sensi del DM n. 44 del 24/03/82):	3.00 m
– Superficie del bacino alla quota di massimo invaso:	5.59 km ²
– Superficie del bacino alla quota di massima regolazione:	5.56 km ²
– Portata di massima piena di progetto:	185.00 m ³ /s
– Superficie del bacino imbrifero sotteso:	77.00 km ²
– Superficie del bacino imbrifero allacciato:	166.00 km ²
– Impianto idroelettrico alimentato:	Centrale di Orichella

3.2.2 Centrale di Orichella e scarico

La “nuova” centrale di Orichella sorge sulla sponda sinistra del F. Ampollino, al fianco della “vecchia” centrale, ora disattiva. Presenta attualmente due gruppi installati costituiti ciascuno da un generatore, una turbina ed una pompa.

– Numero gruppi:	No. 2 Francis
– Salto lordo turbine:	440.37 ÷ 474.43 m
– Prevalenza pompe:	455.40 ÷ 486.20 m
– Portata derivabile (No. 2 turbine):	17.05 ÷ 18.00 m ³ /s
– Portata sollevata (No. 2 pompe):	5.32 ÷ 4.78 m ³ /s
– Potenza efficiente (No. 2 turbine):	66.2 ÷ 75.2 MW
– Potenza resa (No. 2 pompe):	26.8 ÷ 26.0 MW
– Potenza generatori (n. 2):	80 MVA

3.2.3 Invaso e diga di Orichella

Il serbatoio di Orichella è un piccolo bacino a regolazione giornaliera, con un continuo ricambio delle acque. La diga di Orichella, i cui lavori di costruzione sono terminati nel 1928, è del tipo a volta ad arco, realizzata in calcestruzzo.

Si riportano di seguito i dati caratteristici dell'invaso e della diga di Orichella:

– Volume totale di vaso (D.M. 24/03/82):	0.27 Mm ³
– Volume utile di regolazione (anno 2005):	0.14 Mm ³
– Volume utile di regolazione originario:	0.18 Mm ³
– Volume di vaso originario (ai sensi della L. 584/1994):	0.23 Mm ³
– Volume di laminazione:	0.04 Mm ³
– Tipologia diga:	Diga a volta ad arco
– Anno costruzione:	1928
– Quota coronamento:	797.10 m s.l.m.
– Quota di massimo vaso:	796.90 m s.l.m.
– Quota di massima regolazione:	795.90 m s.l.m.
– Quota di minima regolazione:	786.10 m s.l.m.
– Quota di massimo esercizio:	795.40 m s.l.m.
– Quota di minimo esercizio:	787.10 m s.l.m.
– Altezza sbarramento (ai sensi del DM 24/03/82):	36.20 m
– Altezza sbarramento (ai sensi della L. 584/94):	26.10 m
– Altezza di massima ritenuta:	25.90 m
– Franco (ai sensi del DM n. 44 del 24/03/82):	0.20 m
– Superficie del bacino alla quota di massimo vaso:	0.034 km ²
– Superficie del bacino alla quota di massima regolazione:	0.030 km ²
– Portata di massima piena di progetto:	132.00 m ³ /s
– Superficie del bacino imbrifero sotteso:	84.75 km ²
– Superficie del bacino imbrifero allacciato:	345.90 km ²
– Impianto idroelettrico alimentato:	Centrale di Timpagrande

3.2.4 Invaso e diga di Migliarite

La diga di Migliarite, i cui lavori di costruzione sono terminati nel 1976, è del tipo a gravità ordinaria in calcestruzzo. Si riportano di seguito i dati caratteristici dell'invaso e della diga di Migliarite:

– Volume totale di vaso (D.M. 24/03/82):	0.33 Mm ³
– Volume utile di regolazione:	0.25 Mm ³
– Volume di vaso originario (ai sensi della L. 584/1994):	0.33 Mm ³
– Volume di laminazione:	0.03 Mm ³
– Tipologia diga:	Diga a gravità ordinaria

– Anno costruzione:	1977
– Quota coronamento:	798.00 m s.l.m.
– Quota di massimo invaso:	797.00 m s.l.m.
– Quota di massima regolazione:	795.90 m s.l.m.
– Quota di minima regolazione:	783.00 m s.l.m.
– Quota di massimo esercizio:	795.40 m s.l.m.
– Quota di minimo esercizio:	787.10 m s.l.m.
– Altezza sbarramento (ai sensi del DM 24/03/82):	35.00 m
– Altezza sbarramento (ai sensi della L. 584/94):	33.50 m
– Superficie del bacino alla quota di massimo invaso:	0.03 km ²
– Superficie del bacino alla quota di massima regolazione:	0.02 km ²
– Superficie del bacino alla quota di minima regolazione:	0.02 km ²
– Impianto idroelettrico alimentato:	Centrale di Timpagrande

3.2.5 Centrale di Timpagrande e scarico

La centrale di Timpagrande presenta, attualmente, le seguenti caratteristiche:

– Numero gruppi:	No. 3 Pelton
– Salto lordo:	510.88 ÷ 538.04 m
– Portata derivabile (n. 2 turbine):	14.02 ÷ 14.39 m ³ /s
– Portata derivabile (n. 1 turbina):	16.40 ÷ 16.85 m ³ /s
– Potenza efficiente (n. 2 turbine):	62.4 ÷ 67.5 MW
– Potenza efficiente (n. 1 turbina):	72.6 ÷ 78.5 MW
– Potenza generatori (n. 2):	70 MVA
– Potenza generatori (n. 1):	82 MVA

4. STATO DI PROGETTO

4.1 Generalità

Il progetto in esame prevede di ripristinare la funzionalità delle opere di pompaggio dell'impianto idroelettrico di Orichella e al tempo stesso aumentare la flessibilità del sistema e delle sottostanti centrali di Timpagrande e Calusia. A tal fine viene proposta una soluzione tecnica che preveda l'ammodernamento delle apparecchiature elettromeccaniche esistenti e che consenta eventualmente di convogliare le acque derivate dalla presa Juntura direttamente verso Timpagrande, in alternativa all'invaso delle acque in Orichella con conseguente possibile pompaggio già assentito dai predetti atti concessori (indicata in rosso in Figura 5):

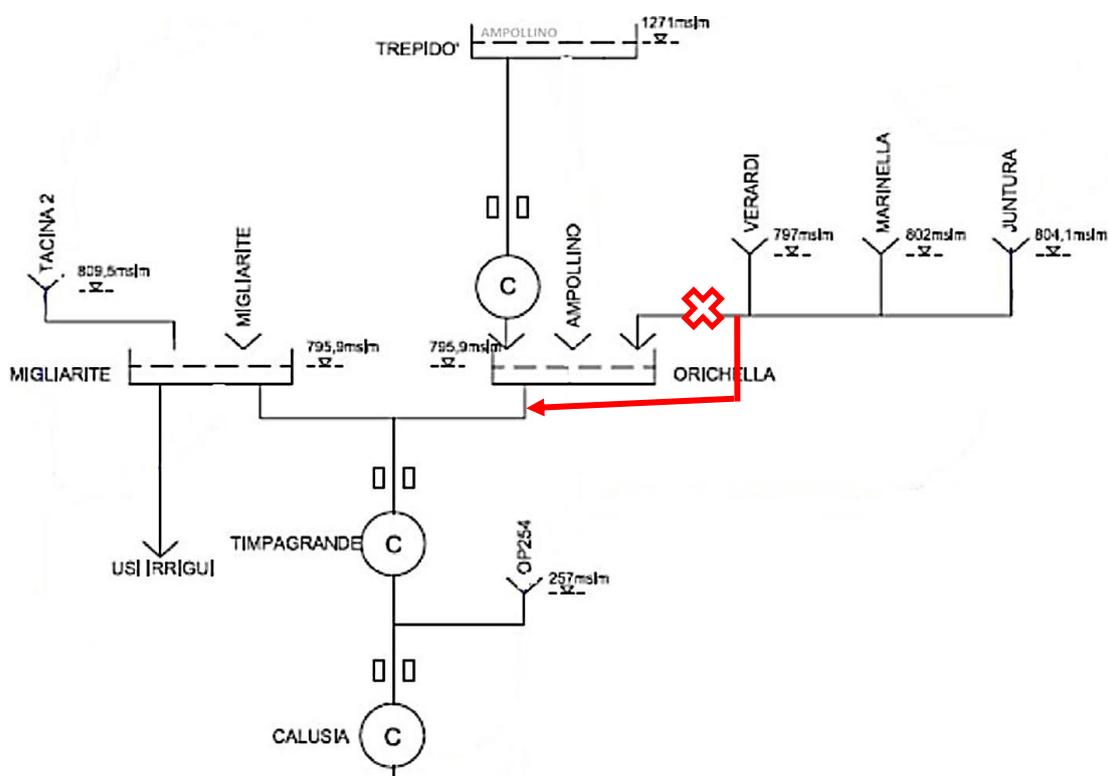
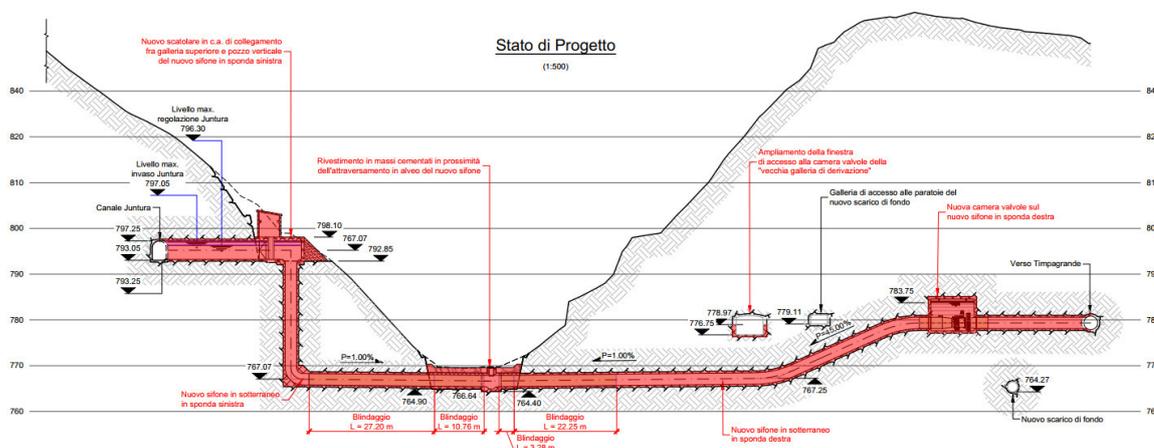
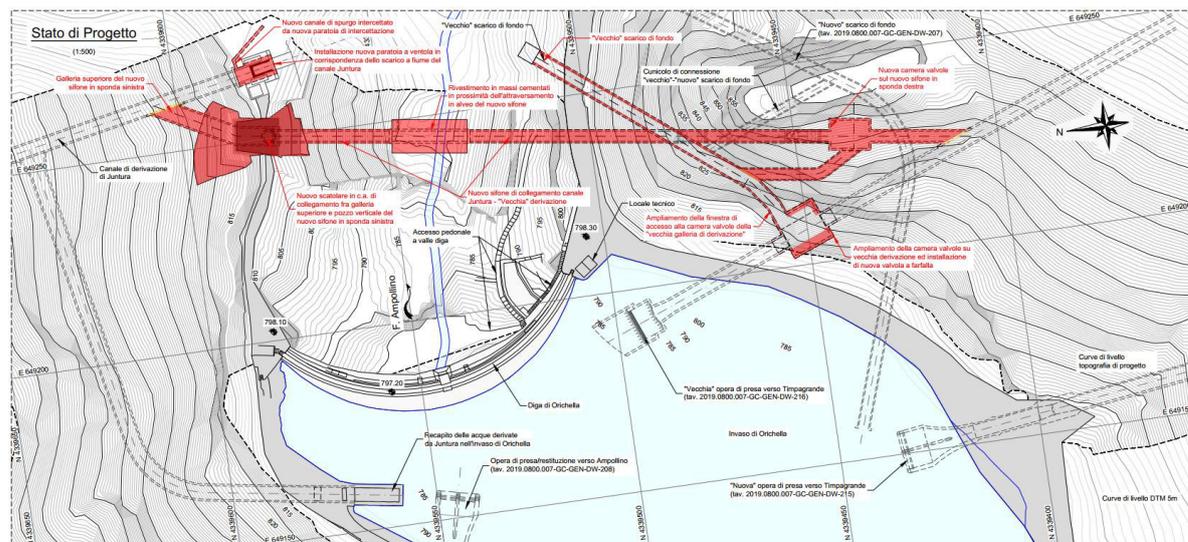


Figura 5: Schema dell'impianto nella configurazione di progetto.

4.2 Opere civili in progetto

Il progetto consta nella realizzazione di un sifone per il convogliamento diretto della portata in arrivo da Juntura verso la "vecchia" galleria di derivazione di Timpagrande (v. **Figura 6**). Quest'ultimo, necessario per l'attraversamento dell'alveo a valle della diga, sarà intercettato a monte da un pancone e a valle da una valvola a farfalla DN 2'000 installata in una apposita camera valvole in caverna di nuova realizzazione.



Legenda:

Nuova costruzione

Figura 6: Planimetria e profilo del sifone in progetto.

Oltre a quanto sopracitato si prevede l'installazione di due nuove valvole a farfalla DN 2'600 in corrispondenza:

- della camera valvole sulla "vecchia" derivazione verso Timpagrande, per la quale saranno necessari lavori di demolizione e ampliamento (v. **Figura 7**);
- di una nuova camera valvole in prossimità del nodo Migliarite-Orichella, a valle della paratoia a cassa sulla "nuova" derivazione verso Timpagrande (v. **Figura 8**).

Ognuna delle due valvole sarà normalmente completamente aperta e si potrà chiudere manualmente o automaticamente, per mezzo di un contrappeso, controllato da un pressostato.

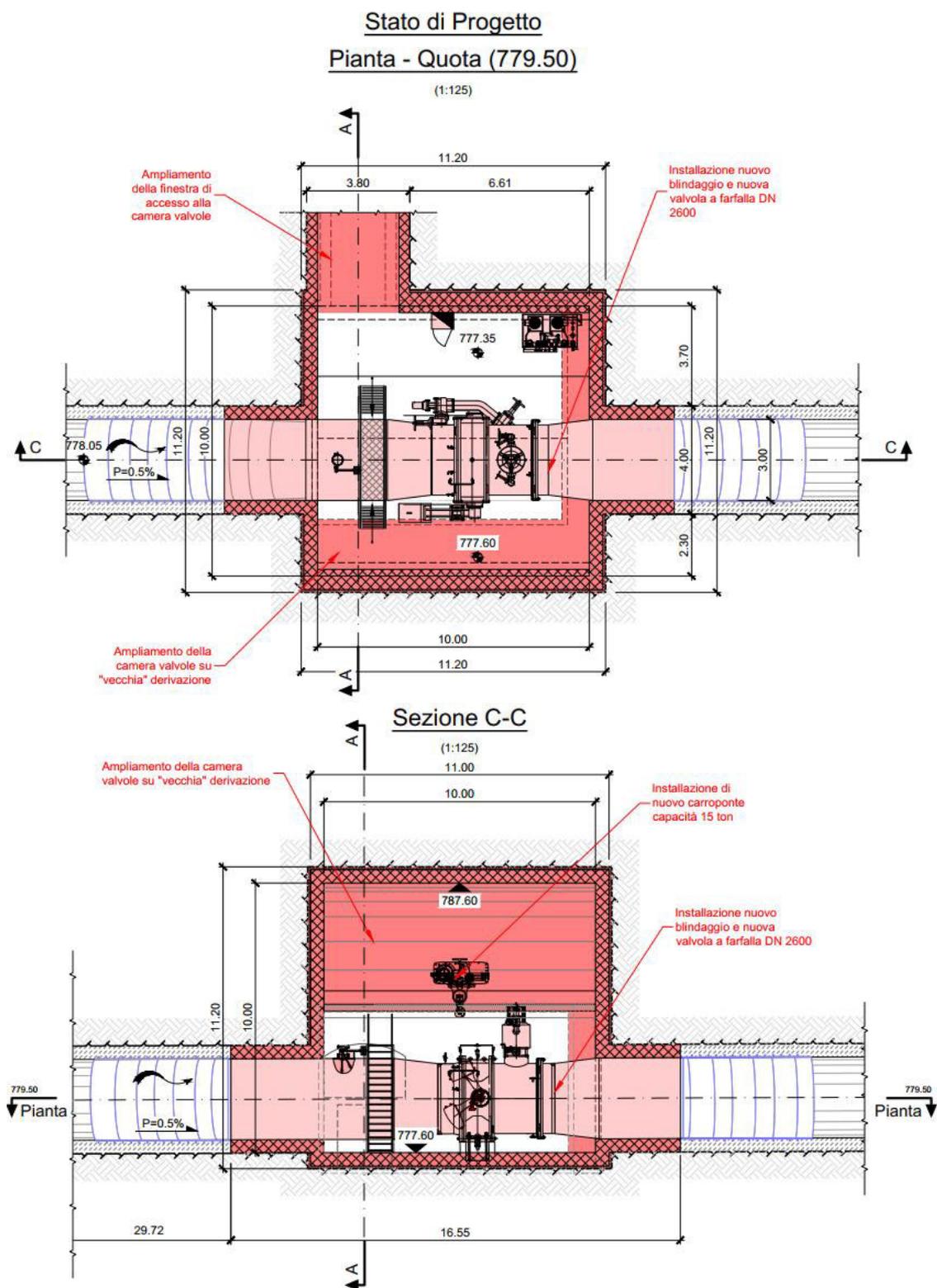


Figura 7: Ampliamento camera valvole in corrispondenza della "vecchia" derivazione verso Timpagrande ed installazione di nuova valvola a farfalla DN 2'600.

Stato di Progetto

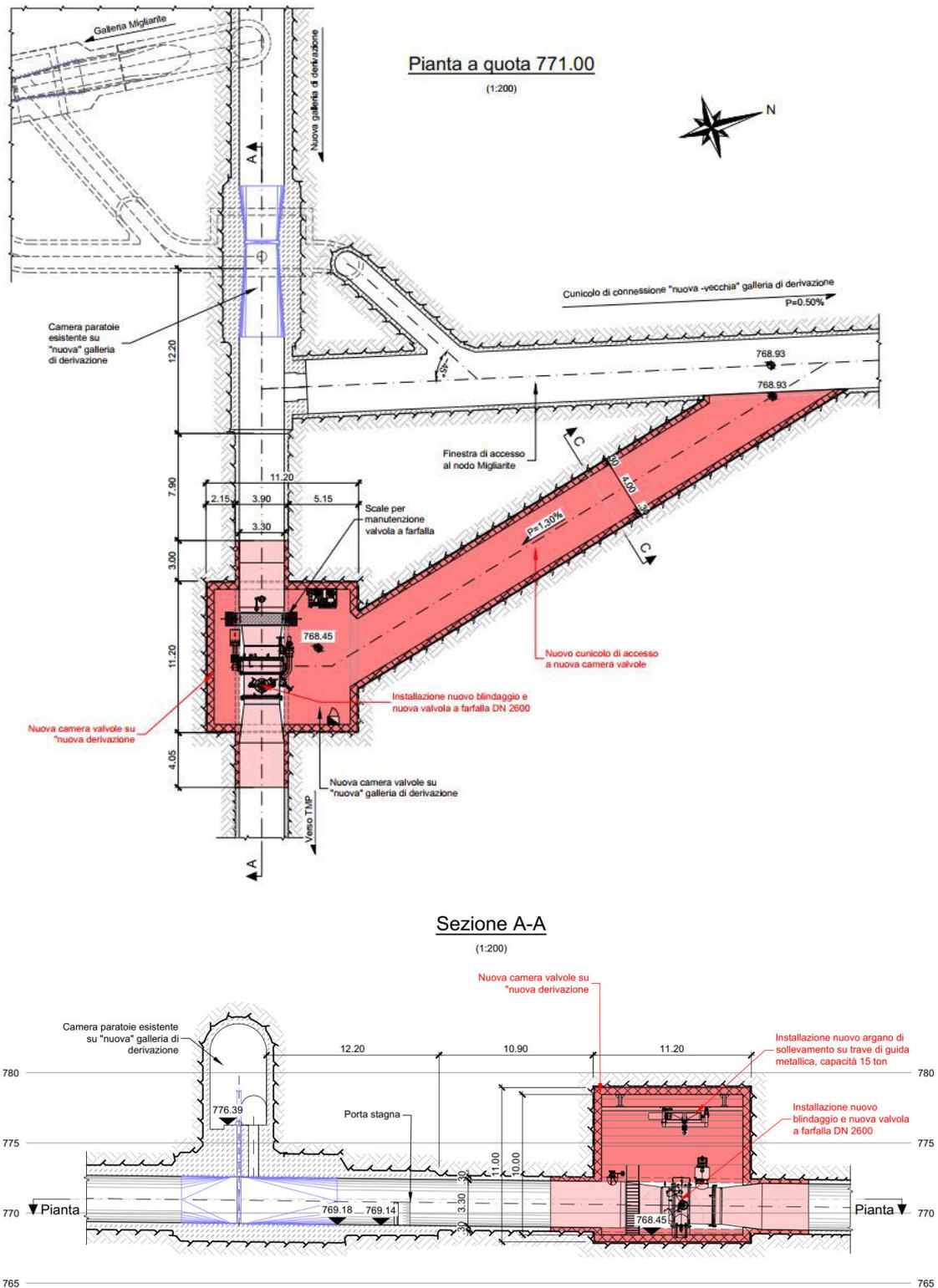


Figura 8: Nuova camera valvole in corrispondenza del nodo Migliarite sulla "nuova" derivazione verso Timpagrande ed inserimento di nuova valvola a farfalla DN 2'600.

5. ASPETTI IDRAULICI

5.1 Premessa

Il sistema idraulico ORTICA è costituito da due serbatoi di testata a monte tra loro connessi: Migliarite e Orichella (definiti come serbatoi a "quota 800"). Da Orichella dipartono la "vecchia" e la "nuova" galleria di derivazione a cui si collega in destra la galleria proveniente da Migliarite e in sinistra il sifone in progetto; le due gallerie si congiungono in corrispondenza di un pozzo piezometrico per mezzo di una camera di alimentazione. Da lì dipartono le condotte forzate fino a congiungersi in corrispondenza della camera valvole in località Chianette per poi dirigersi verso la centrale idroelettrica di Timpagrande a mezzo di unica condotta forzata.

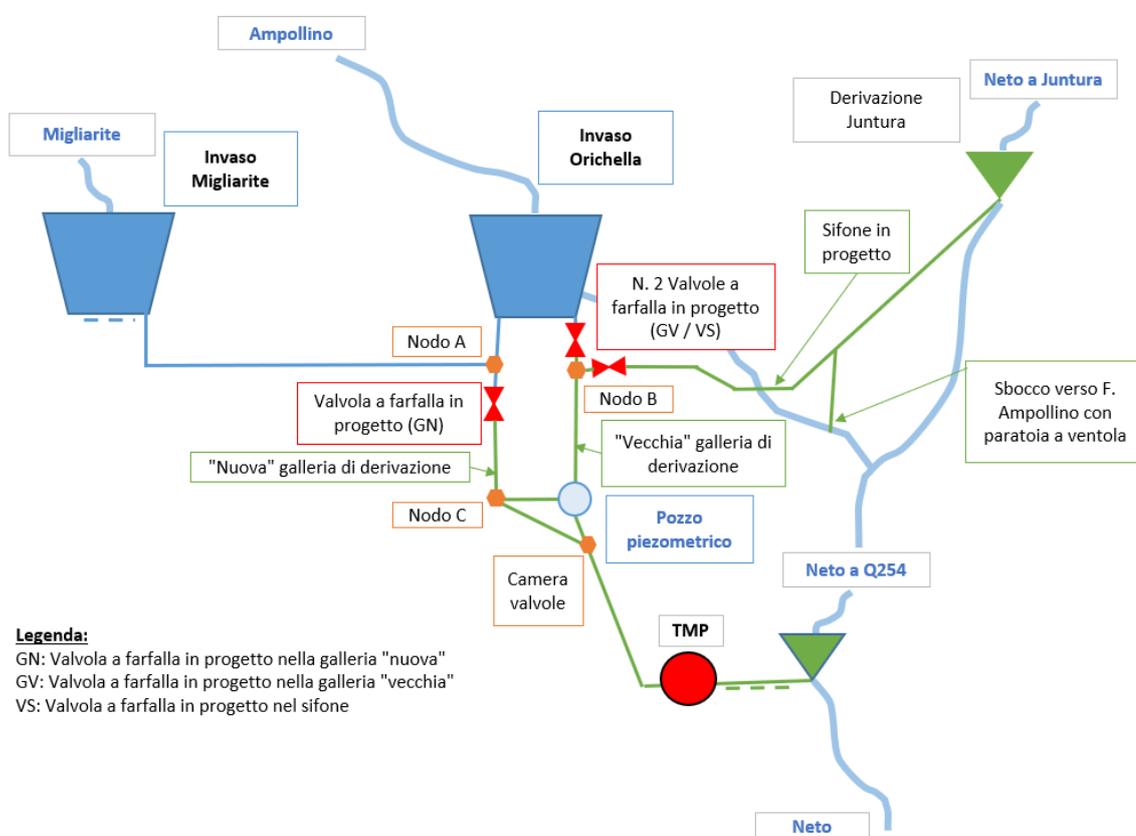


Figura 9: Schema concettuale del nodo idraulico.

Le peculiarità del sistema in progetto rendono necessarie analisi idrauliche sia in moto permanente che in moto vario, con il fine di verificare che per qualsiasi condizione di esercizio sia evitata la risalita d'acqua verso gli invasi di Orichella e Migliarite segregando le acque provenienti da Juntura all'interno del percorso idraulico mostrato in verde nella **Figura 9**.

Inoltre, è stata realizzata un'analisi dei fenomeni transitori che si possono verificare all'interno del sistema, ovvero:

- Variazioni di pressione (colpo d'ariete) nella condotta forzata;

- Oscillazioni di massa nella parte a bassa pressione del sistema.

5.2 Perdite di carico

L'obiettivo del presente paragrafo è quello di illustrare le perdite di carico considerate lungo il sistema idraulico con lo scopo della corretta implementazione nei modelli in moto permanente ed in moto vario.

I calcoli effettuati considerano le perdite di carico distribuite che si sviluppano, per effetto dell'attrito, lungo le gallerie di derivazione e le condotte forzate così come quelle concentrate legate a variazioni nella geometria ed a singolarità del sistema. Queste ultime si manifestano, principalmente, in corrispondenza dei seguenti elementi:

- imbocchi delle opere di presa;
- griglie;
- paratoie;
- curve;
- allargamenti;
- restringimenti.

Si riporta in **Tabella 1** il riassunto delle perdite definite lungo tutto il sistema, con il dettaglio dei vari tratti e singolarità in cui esse hanno luogo.

Area	Tratto	Tipo perdita
Da opera di presa Migliarite a nodo Migliarite/Orichella (Nodo A)	Opera di presa Migliarite	Perdita localizzata griglia
		Perdita localizzata in entrata
		Perdita localizzata per restringimento sezione
		Perdita localizzata transizione circolare quadrata
		Perdita localizzata transizione quadrata circolare
		Perdita localizzata in paratoie
		Perdita localizzata per restringimento sezione
		Perdita localizzata per ampliamento sezione
	Galleria Migliarite	Perdita localizzata in curve
		Perdita distribuita per attrito
	Nodo Migliarite Orichella	Perdita localizzata per restringimento sezione
		Perdita localizzata per ampliamento sezione
		Perdita localizzata transizione circolare quadrata
		Perdita localizzata in paratoie
		Perdita localizzata transizione quadrata circolare
Da opera di presa "nuova" galleria di derivazione Orichella a nodo Orichella/Migliarite (Nodo A)	Opera di presa "nuova" galleria di derivazione Orichella	Perdita localizzata in curve
		Perdita localizzata griglia
		Perdita localizzata in entrata
		Perdita localizzata per restringimento sezione
		Perdita localizzata transizione circolare quadrata
		Perdita localizzata transizione quadrata circolare
Perdita localizzata in paratoie		

Area	Tratto	Tipo perdita
		Perdita localizzata per restringimento sezione
		Perdita localizzata per ampliamento sezione
	"Nuova" galleria Orichella	Perdita distribuita per attrito
		Perdita localizzata in curve
	Nodo Orichella Migliarite	Perdita localizzata per restringimento sezione
		Perdita localizzata per ampliamento sezione
		Perdita localizzata transizione circolare quadrata
		Perdita localizzata in paratoie
		Perdita localizzata transizione quadrata circolare
Da nodo Orichella/Migliarite su "nuova" galleria di derivazione (Nodo A) a innesto camera di alimentazione (Nodo C)	Camera paratoie	Perdita localizzata transizione circolare quadrata
		Perdita localizzata in paratoie
		Perdita localizzata transizione quadrata circolare
		Perdita localizzata per restringimento sezione
		Perdita localizzata per ampliamento sezione
	"Nuova" galleria di derivazione	Perdita distribuita per attrito
		Perdita localizzata in curve
Da opera di presa "vecchia" galleria di derivazione Orichella a innesto con sifone in progetto (Nodo B)	Opera di presa "vecchia" galleria di derivazione Orichella	Perdita localizzata griglia
		Perdita localizzata in entrata
		Perdita localizzata per restringimento sezione
		Perdita localizzata in valvole
		Perdita localizzata per restringimento sezione
		Perdita localizzata per ampliamento sezione
	"Vecchia" galleria	Perdita distribuita per attrito
	Innesto con sifone	Perdita localizzate biforcazione
Da canale Juntura a innesto con "vecchia" galleria di derivazione Orichella (Nodo B)	Sifone in progetto	Perdita localizzata in entrata
		Perdita localizzata in curve
		Perdita localizzata transizione circolare quadrata
		Perdita localizzata in paratoie
		Perdita localizzata transizione quadrata circolare
		Perdita distribuita per attrito
Da innesto sifone con "vecchia" galleria di derivazione (Nodo B) a pozzo piezometrico	"Vecchia" galleria di derivazione	Perdita localizzata in curve
		Perdita localizzata transizione circolare quadrata
		Perdita localizzata in paratoie
		Perdita localizzata transizione quadrata circolare
		Perdita localizzata per restringimento sezione
		Perdita localizzata per ampliamento sezione
		Perdita distribuita per attrito
Da innesto camera di alimentazione (Nodo C) a pozzo piezometrico	Camera di alimentazione	Perdita localizzate biforcazione
		Perdita localizzata in curve
		Perdita localizzata per restringimento sezione
		Perdita localizzata per ampliamento sezione
		Perdita localizzate biforcazione
		Perdita distribuita per attrito
Da innesto camera di alimentazione su "nuova"	"Nuova" galleria di derivazione	Perdita localizzate biforcazione
		Perdita localizzata in curve

Area	Tratto	Tipo perdita
galleria di derivazione (Nodo C) a innesto con condotta forzata Timpagrande		Perdita localizzata per restringimento sezione
		Perdita distribuita per attrito
	Condotta forzata	Perdita localizzata in valvole
		Perdita localizzate biforcazione
		Perdita distribuita per attrito
Da pozzo piezometrico a inizio condotta forzata Timpagrande	N. 4 condotte forzate	Perdita localizzate biforcazione
		Perdita localizzata in valvole
		Perdita localizzata in triforcazione
		Perdita distribuita per attrito
Da camera valvole a centrale di Timpagrande	Condotta forzata	Perdita localizzata in curve
		Perdita localizzata in triforcazione
		Perdita localizzata per restringimento sezione
		Perdita localizzata in valvole
		Perdita distribuita per attrito

Tabella 1: Perdite di carico del sistema.

5.3 Ripartizione delle portate nelle gallerie allo stato di fatto

Il calcolo idraulico presentato nel presente paragrafo è finalizzato a stimare la ripartizione delle portate convogliate nelle due gallerie di derivazione. Il sistema, essendo caratterizzato da due bacini a monte, presenterà una risposta differente in funzione dei livelli di esercizio dei due.

Alla base del calcolo si impongono due equazioni fondamentali: l'equazione di continuità delle portate e l'equazione di bilanciamento dei carichi ai nodi idraulici di confluenza delle gallerie. Questo chiaramente poiché il carico idraulico ai nodi di confluenza è univoco per ogni condizione di funzionamento dell'impianto, così come la portata totale deve sempre eguagliarsi alla somma dei contributi suddivisi tra le due gallerie.

Dal punto di vista geometrico sono noti i diametri e le lunghezze. Nel calcolo si è scelto di attribuire alle due gallerie un parametro di scabrezza di Strickler pari a $73 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$, essendo entrambe le gallerie rivestite in calcestruzzo ed in condizioni di esercizio. Si considerano inoltre le perdite concentrate valutate nel paragrafo 5.2.

Se in prima battuta si ipotizza di escludere il bacino di Migliarite è possibile stimare la percentuale di portata che, per le caratteristiche geometriche e di scabrezza idraulica proprie delle opere, si suddivide tra le due gallerie di derivazione in uscita dall'invaso di Orichella. Risolvendo il sistema di equazioni sopra citato, si stima che la ripartizione delle portate sia dell'ordine del 57% - 43%, rispettivamente nella "nuova" e "vecchia" derivazione. Le velocità nelle due gallerie si mantengono pressoché simili tra loro, considerando tre casistiche "tipo" di portata circolante. In particolare, si è scelto di analizzare gli scenari di funzionamento che prevedono i seguenti valori di portata: 15, 30 e $45 \text{ m}^3/\text{s}$.

	V galleria "vecchia" [m/s]	V galleria "nuova" [m/s]	Q galleria "vecchia" [m ³ /s]	Q galleria "nuova" [m ³ /s]	Q galleria "vecchia" [%]	Q galleria "nuova" [%]
Q=15 m ³ /s	0.78	1.00	6.48	8.51	43%	57%
Q=30 m ³ /s	1.82	2.00	12.89	17.11	43%	57%
Q=45 m ³ /s	2.73	3.00	19.30	25.70	43%	57%

Tabella 2: Calcoli idraulici di ripartizione delle portate nelle due gallerie di derivazione verso TMP nell'ipotesi di esclusione del bacino di Migliarite.

Mantenendo le medesime ipotesi di calcolo (esclusione del bacino di Migliarite) è possibile stimare le velocità e le portate nell'eventuale utilizzo di una sola galleria di derivazione.

Se si ipotizza di utilizzare solo la galleria "nuova" si otterrà:

	V galleria "vecchia" [m/s]	V galleria "nuova" [m/s]	Q galleria "vecchia" [m ³ /s]	Q galleria "nuova" [m ³ /s]	Q galleria "vecchia" [%]	Q galleria "nuova" [%]
Q=15 m ³ /s	-	1.75	-	15	-	100%
Q=30 m ³ /s	-	3.51	-	30	-	100%
Q=45 m ³ /s	-	5.26	-	45	-	100%

Tabella 3: Calcoli idraulici di ripartizione delle portate nella "nuova" galleria verso TMP nell'ipotesi di esclusione del bacino di Migliarite e della "vecchia" derivazione.

Nel caso di utilizzo della sola "nuova" galleria di derivazione, le perdite di carico sono tali da poter esercire l'impianto fino ad una portata turbinata a Timpagrande di 45 m³/s.

Se invece si ipotizza di utilizzare solo la galleria vecchia si otterrà:

	V galleria "vecchia" [m/s]	V galleria "nuova" [m/s]	Q galleria "vecchia" [m ³ /s]	Q galleria "nuova" [m ³ /s]	Q galleria "vecchia" [%]	Q galleria "nuova" [%]
Q=15 m ³ /s	1.98	-	15	-	100%	-
Q=30 m ³ /s	4.10	-	30	-	100%	-
Q=45 m ³ /s	6.37	-	45	-	100%	-

Tabella 4: Calcoli idraulici di ripartizione delle portate nella "vecchia" galleria verso TMP nell'ipotesi di esclusione del bacino di Migliarite e della "nuova" derivazione.

Nel caso di utilizzo della sola "vecchia" galleria di derivazione, le perdite di carico sono tali da poter esercire l'impianto fino ad una portata turbinata a Timpagrande di 32 m³/s.

Se si mantengono entrambi i bacini operativi allora la percentuale di portata che fluisce nelle due gallerie dipenderà non solo dalle caratteristiche geometriche delle due gallerie ma anche dai livelli d'invaso degli stessi. Se per esempio si considerano i due bacini alla medesima quota si otterrà:

	V galleria "vecchia" [m/s]	V galleria "nuova" [m/s]	Q galleria "vecchia" [m ³ /s]	Q galleria "nuova" [m ³ /s]	Q galleria "vecchia" [%]	Q galleria "nuova" [%]
Q=15 m ³ /s	0.89	1.02	6.27	8.73	42%	58%
Q=30 m ³ /s	1.76	2.05	12.47	17.53	42%	58%
Q=45 m ³ /s	2.64	3.08	18.66	26.34	42%	58%

Tabella 5: Calcoli idraulici di ripartizione delle portate nelle due gallerie nell'ipotesi di operatività di entrambi i bacini con il medesimo livello.

Al contrario, se si mantiene il bacino di Orichella alla quota di massima regolazione (795.90 m s.l.m.) e Migliarite alla quota di minima regolazione (786.10 m s.l.m.) si ottiene:

	V galleria "vecchia" [m/s]	V galleria "nuova" [m/s]	Q galleria "vecchia" [m ³ /s]	Q galleria "nuova" [m ³ /s]	Q galleria "vecchia" [%]	Q galleria "nuova" [%]
Q=15 m ³ /s	1.20	0.76	8.5	6.50	57%	43%
Q=30 m ³ /s	2.05	1.82	14.46	15.53	48%	52%
Q=45 m ³ /s	2.91	2.86	20.54	24.45	45%	55%

Tabella 6: Calcoli idraulici di ripartizione delle portate nelle due gallerie nell'ipotesi di operatività di entrambi i bacini (Orichella – 795.90 m s.l.m., Migliarite – 786.10).

Se infine si mantiene il bacino di Migliarite alla quota di massima regolazione (795.90 m s.l.m.) e Orichella alla quota di minima regolazione (786.10 m s.l.m.) si ottiene:

	V galleria "vecchia" [m/s]	V galleria "nuova" [m/s]	Q galleria "vecchia" [m ³ /s]	Q galleria "nuova" [m ³ /s]	Q galleria "vecchia" [%]	Q galleria "nuova" [%]
Q=15 m ³ /s	0.82	1.08	5.77	9.23	39%	61%
Q=30 m ³ /s	2.13	1.67	11.77	18.23	39%	61%
Q=45 m ³ /s	2.54	3.16	17.98	27.02	39%	61%

Tabella 7: Calcoli idraulici di ripartizione delle portate nelle due gallerie nell'ipotesi di operatività di entrambi i bacini (Migliarite – 795.90 m s.l.m., Orichella – 786.10).

5.4 Caratteristiche valvole a farfalla in progetto

Si prevede l'installazione di tre nuove valvole a farfalla in corrispondenza:

- di una nuova camera valvole realizzata in caverna a monte della convergenza del sifone con la "vecchia" galleria di derivazione (v. **Figura 6**)
- della camera valvole sulla "vecchia" derivazione verso Timpagrande (v. **Figura 7**);
- di una nuova camera valvole in prossimità del nodo Migliarite-Orichella, a valle della paratoia a cassa sulla "nuova" derivazione verso Timpagrande (v. **Figura 8**).

Ogni valvola sarà normalmente completamente aperta e si chiuderà tramite contrappeso.

Le valvole sulla "vecchia" e "nuova" derivazione devono avere le seguenti caratteristiche:

- Diametro nominale: DN 2'600;
- Pressione nominale: PN 10;

- Portata nominale: 26 m³/sec;
- Portata massima: 45 m³/s;
- Perdita di carico alla portata nominale, massima garantita: 0.48 m;
- Tempo di apertura, regolabile: 20-180 sec;
- Tempo di chiusura, regolabile: 15-180 sec;
- Funzionamento: tramite contrappeso per la manovra di chiusura e pressione idraulica per la manovra di apertura. La manovra di chiusura deve avvenire in modo automatico tramite valvola idraulica azionata elettricamente. La manovra di apertura sarà effettuata tramite una elettropompa installata in una centralina oleodinamica.

La valvola sul sifone deve avere le seguenti caratteristiche:

- Diametro nominale: DN 2'000;
- Pressione nominale: PN 10;
- Portata nominale: 10 m³/sec;
- Portata massima: 30 m³/s;
- Perdita di carico alla portata nominale, massima garantita: 0.48 m;
- Tempo di apertura, regolabile: 20-180 sec;
- Tempo di chiusura, regolabile: 15-180 sec;
- Funzionamento: tramite contrappeso per la manovra di chiusura e pressione idraulica per la manovra di apertura. La manovra di chiusura deve avvenire in modo automatico tramite valvola idraulica azionata elettricamente. La manovra di apertura sarà effettuata tramite una elettropompa installata in una centralina oleodinamica.

5.5 Caratteristiche delle turbine della centrale di Timpagrande

L'impianto nella centrale di Timpagrande consta di tre gruppi ad asse verticale turbina Pelton – alternatore, dei quali due di nuova fornitura ed uno trasferito dalla vecchia centrale aventi le caratteristiche riportate nel paragrafo 3.2.5.

La regolazione della portata turbinata avviene per mezzo della movimentazione delle spine (6 per ogni turbina) che scorrendo in asse alla direzione del getto consentono di liberare o ostruire la sezione di uscita degli ugelli determinando così un aumento o una diminuzione della portata.

In base ad i dati storici a disposizione è stato possibile ricostruire l'andamento delle portate in funzione del tempo in caso di blocco generale del sistema, riportato in **Tabella 8 e Figura 10**.

t [s]	Q gruppo 1 [m ³ /s]	Q gruppo 2 [m ³ /s]	Q gruppo 3 [m ³ /s]	Q tot TMP [m ³ /s]
0	15.2	15.4	16.13	46.73
3	13.59	13.93	15.34	42.87
6	11.58	12.45	14.45	38.48
9	9.07	10.64	13.47	33.18
12	6.06	8.51	12.39	26.95
15	3.09	6.06	11.21	20.35
18	1.05	3.28	9.93	14.27
21	3.07	1.49	8.56	10.41
24	0	0.34	7.09	7.43
27	0	0	5.53	5.53
30	0	0	3.87	3.87
33	0	0	2.11	2.11
36	0	0	0.65	0.65
39	0	0	0	0

Tabella 8: Centrale di Timpagrande – Azzeramento portata in caso di blocco generale (arresto brusco).

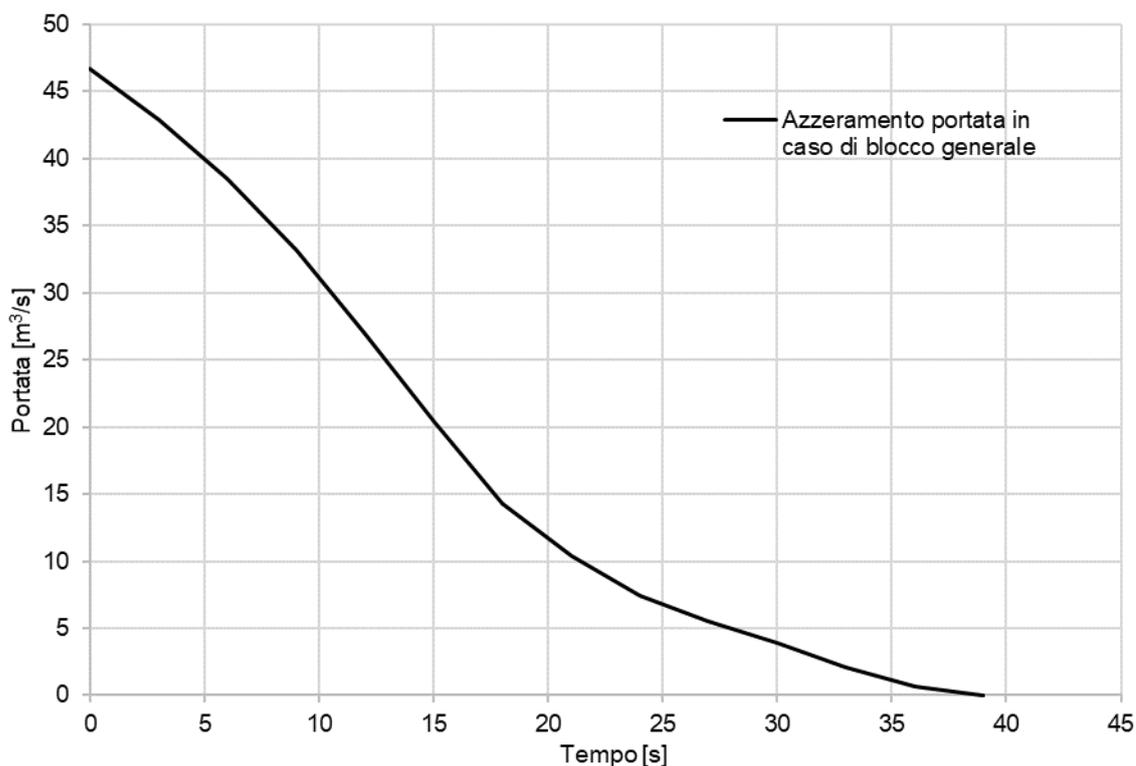


Figura 10: Centrale di Timpagrande – Azzeramento portata in caso di blocco generale (arresto brusco).

Per quanto riguarda l'avviamento dell'impianto, essendo il gradiente di richiesta di potenza stabilito all'1% si è ritenuto opportuno fissare a 100 s il tempo di presa di carico.

t [s]	Q gruppo 1 [m ³ /s]	Q gruppo 2 [m ³ /s]	Q gruppo 3 [m ³ /s]	Q tot TMP [m ³ /s]
0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	2.2	2.3	2.9	7.4
20	4.3	4.4	5.5	14.3
30	6.2	6.4	7.9	20.5
40	8.0	8.1	10.1	26.2
50	9.6	9.7	12.1	31.3
60	11.0	11.1	13.8	35.9
70	12.3	12.3	15.2	39.8
80	13.4	13.4	16.4	43.2
90	14.3	14.3	17.4	46.0
100	15.1	14.9	18.1	48.2

Tabella 9: Centrale di Timpagrande – Presa di carico dell'impianto.

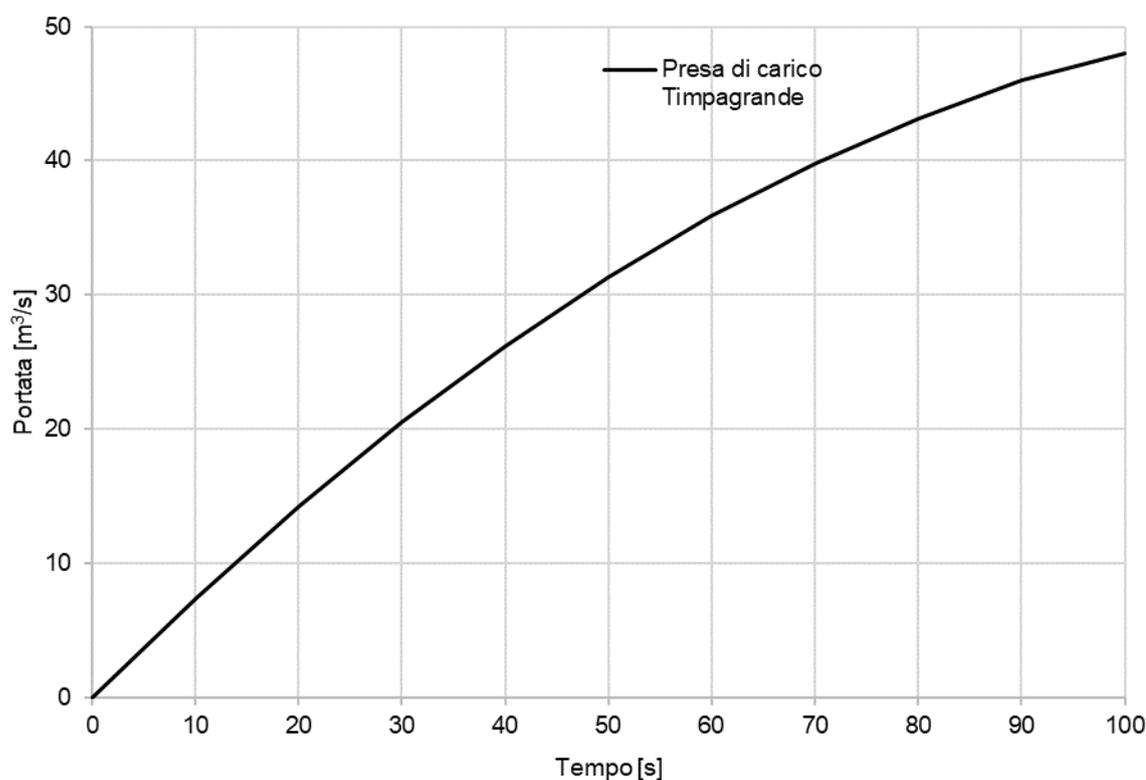


Figura 11: Centrale di Timpagrande – Presa di carico dell'impianto.

5.6 Caratteristiche del canale di derivazione da Juntura

L' opera di presa di Juntura è posta in corrispondenza della confluenza fra il fiume Arvo e il Neto. La presa è costituita da una traversa in alveo della lunghezza di circa 70.00 m e da una serie di bocche di presa grigliate affacciate su una discenderia di sghiaio dotata di paratoia a settore.

Le acque captate, prima di essere immesse nella galleria di derivazione transitano in una vasca di sedimentazione del trasporto solido principale (nel manufatto è inserito anche un ciglio sfiorante limitatore) e successivamente in un dissabbiatore della lunghezza di 55 m circa per l'eliminazione del trasporto solido fine.

Al termine del dissabbiatore è posizionata una griglia di presidio alla galleria trapezoidale che dopo circa 34.00 m (progressiva 0.00 m in corrispondenza dalla paratoia n° 12) confluisce nella galleria di derivazione vera e propria.

Dopo un tratto iniziale a sezione trapezoidale, alla progressiva 334.00 m si incontra un raccordo di circa 4.00 m in leggera discesa che raggiunge una tubazione metallica del diametro di 2.50 m. Alla progressiva 400.00 m vi è una valvola a farfalla ed alla progressiva 425.00 m finisce il tubo metallico e inizia il tratto in calcestruzzo a sezione policentrica con larghezza massima di 3.00 m e pendenza dell'1‰. La galleria (della lunghezza complessiva di 6'016 m circa) ha un tracciato che si svolge parallelamente alla valle del fiume Neto.

Si riporta in **Figura 12** la scala delle portate di moto uniforme del canale di Juntura e la stima dei volumi presenti in galleria in funzione della portata in transito.

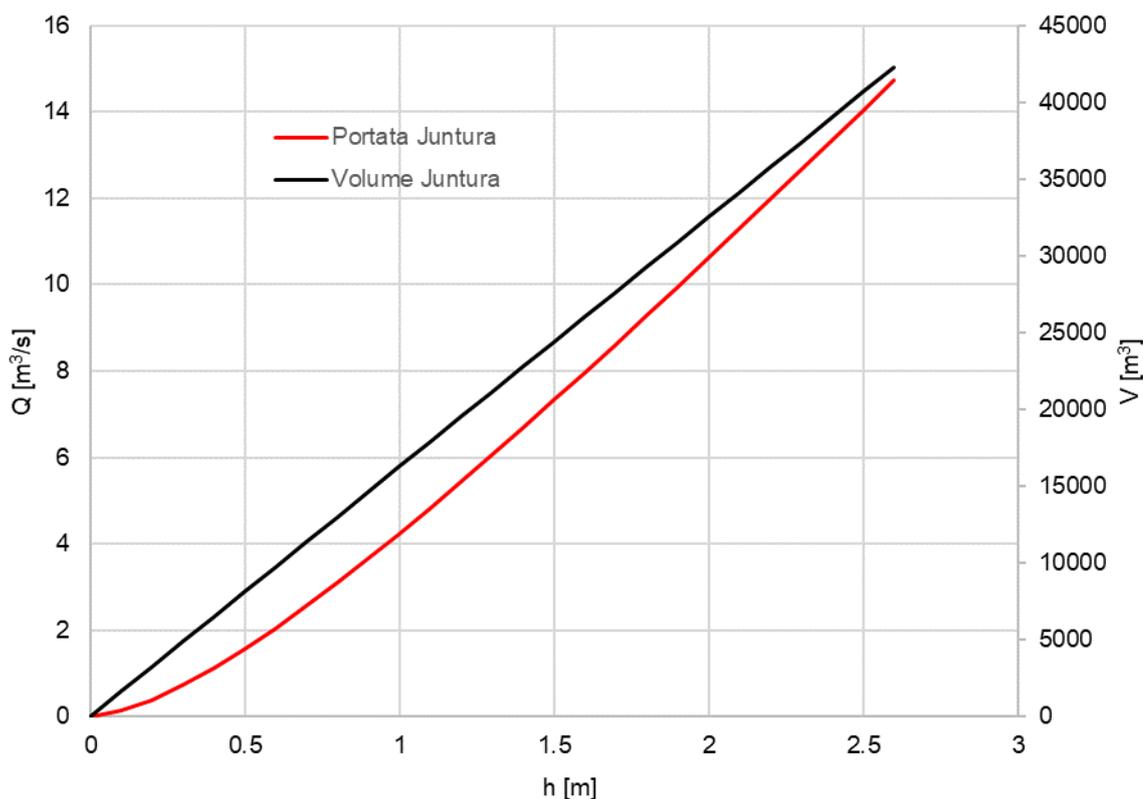


Figura 12: Canale di Juntura – Scala delle portate di moto uniforme e volumi in funzione della portata in transito.

6. CALCOLI IDRAULICI

Lo scopo del presente capitolo è quello di analizzare il comportamento idraulico del sistema e di verificare, sia in moto permanente che in moto vario, l'assenza di risalita d'acqua proveniente da Juntura verso i due invasi in qualsiasi condizione di esercizio.

6.1 Simulazioni in moto permanente

L'analisi in moto permanente è finalizzata a stimare, per qualsiasi scenario di funzionamento dell'impianto ipotizzato, le portate fluenti nell'intero sistema ed in particolare nelle gallerie di derivazione ("vecchia" e "nuova"). Per realizzare il calcolo si utilizzano due tipi di equazioni fondamentali: l'equazione di continuità delle portate ai nodi e l'equazione del moto su ciascuna condotta.

La simulazione idraulica è stata realizzata con l'ausilio del programma EPANET, sviluppato da EPA's Water Supply and Water Resources, che permette la modellazione di reti in pressione. Le varie parti del nodo idraulico sono state schematizzate riconducendosi alle caratteristiche note del sistema (diametri, lunghezze e scabrezze). In particolare, il sifone in progetto (denominato *Juntura – Nodo B* in **Figura 13**) è stato modellato come un ramo della rete mentre il canale di Juntura (denominato *Juntura* in **Figura 13**) è stato schematizzato in maniera differente in funzione del risultato ricercato:

1. Come nodo del sistema in pressione: esplicitando una portata in ingresso costante come input si ottiene il livello all'interno del canale (output) affinché possa fluire quella portata;
2. Come serbatoio di testata del sistema in pressione: esplicitando il livello come input si ottiene la portata fluente come output.

Si rappresentano in **Figura 13** gli schemi semplificati utilizzati per il calcolo:

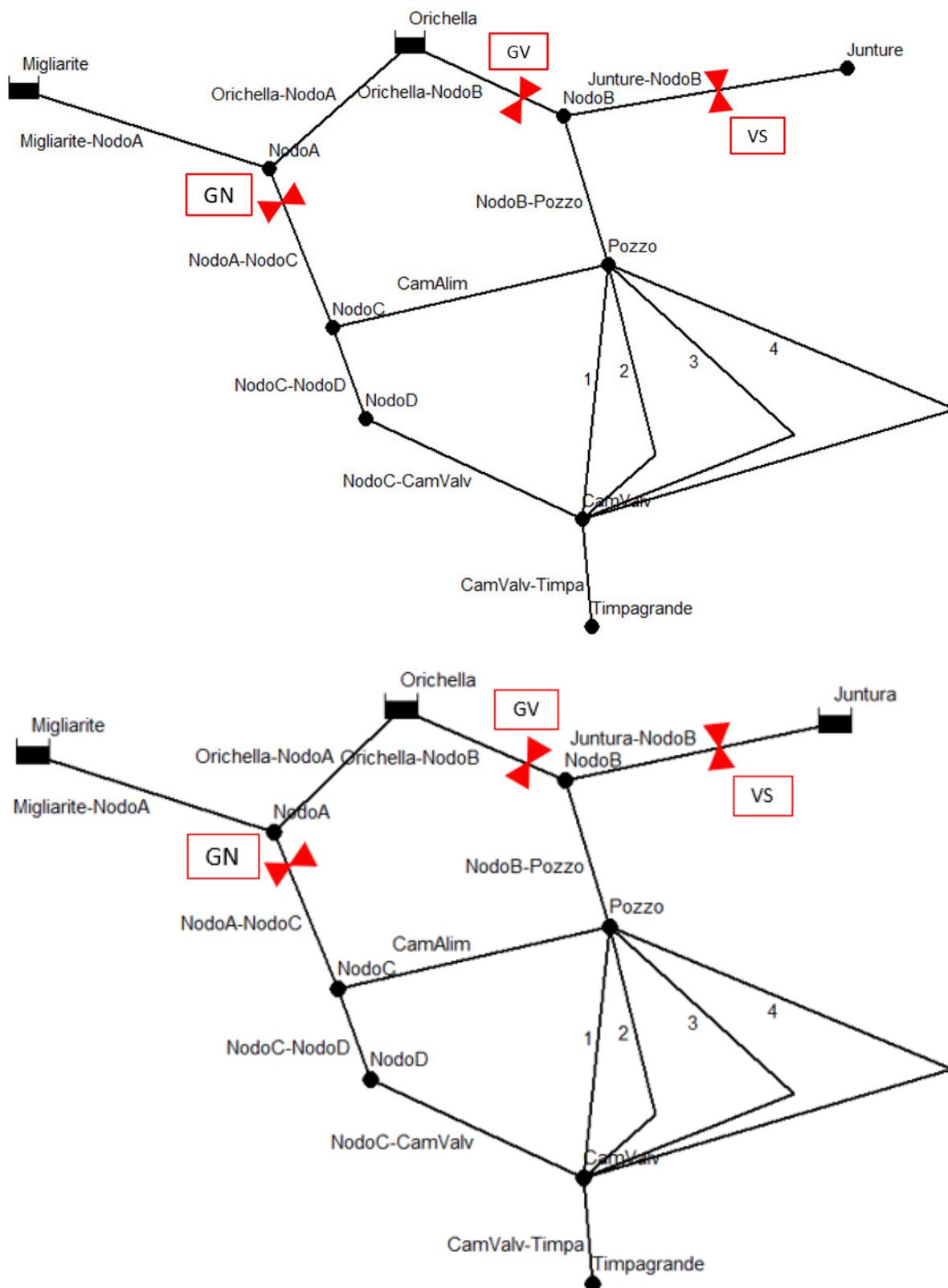


Figura 13: Schemi concettuali del nodo idraulico modellato su EPANET.

Si riportano schematicamente in **Tabella 10** le principali analisi eseguite in moto permanente:

Tipo di moto	Obiettivo	Condizioni al contorno	Note
Moto permanente: Caso generale	Valutazione di tutti i casi per cui si verifica risalita d'acqua proveniente da Juntura verso gli invasi di Orichella e Migliarite	<ul style="list-style-type: none"> - $H_{Orichella} = 786.10 \div 795.90$ m s.l.m. - $H_{Migliarite} = 786.10 \div 795.90$ m s.l.m. - $Q_{Juntura} = 0 \div 16$ m³/s; - $Q_{Timpagrande} = 0 \div 45$ m³/s. 	Si ipotizza che le tre valvole in progetto siano aperte per l'intera durata della simulazione
Moto permanente: Caso A	Verifica di assenza di risalita d'acqua proveniente da Juntura nel caso di funzionamento a regime in turbinaggio a Timpagrande alla portata massima	<ul style="list-style-type: none"> - $H_{Orichella} = 795.90$ m s.l.m. - $H_{Migliarite} = 786.10$ m s.l.m. - $Q_{Juntura} = 16$ m³/s; - $Q_{Timpagrande} = 45$ m³/s. 	Il caso di funzionamento a regime in turbinaggio a Timpagrande alla portata massima con derivazione da Juntura anch'essa massima è un caso poco frequente. I casi A, B e C rappresentano pertanto delle situazioni limite utilizzate come esempi del caso generale. Si ipotizza che le tre valvole in progetto siano aperte per l'intera durata della simulazione.
Moto permanente: Caso B		<ul style="list-style-type: none"> - $H_{Orichella} = 786.10$ m s.l.m. - $H_{Migliarite} = 795.90$ m s.l.m. - $Q_{Juntura} = 16$ m³/s; - $Q_{Timpagrande} = 45$ m³/s. 	
Moto permanente: Caso C		<ul style="list-style-type: none"> - $H_{Orichella} = 786.10$ m s.l.m. - $H_{Migliarite} = 786.10$ m s.l.m. - $Q_{Juntura} = 16$ m³/s; - $Q_{Timpagrande} = 45$ m³/s. 	
Moto permanente: Caso D	Determinazione delle portate fluenti nel sistema nel caso di pompaggio da Orichella verso Ampollino e funzionamento in turbinaggio a Timpagrande con la portata massima derivabile da Juntura	<ul style="list-style-type: none"> - $\Delta H_{OM} = 0$ m; - $H_{Juntura} = 794.00$ m s.l.m.; - $Q_{Juntura} = 16$ m³/s; - $Q_{Timpagrande} = 16$ m³/s. 	Si ipotizza che le valvole in progetto sulla "vecchia" e la "nuova" galleria di derivazione siano chiuse per l'intera durata della simulazione. Il livello nel canale di Juntura durante le fasi di pompaggio verso Ampollino è ipotizzato, in questa simulazione, pari a 794.00 m s.l.m.
Moto permanente: Caso E	Determinazione delle portate fluenti nel sistema nel caso di pompaggio da Orichella verso Ampollino, Timpagrande ferma e derivazione della portata massima da Juntura	<ul style="list-style-type: none"> - $H_{Orichella} = 786.10$ m s.l.m. - $H_{Migliarite} = 795.90$ m s.l.m. - $Q_{Juntura} = 16$ m³/s; - $Q_{Timpagrande} = 0$ m³/s. 	Si ipotizza che tutte le valvole in progetto siano aperte per l'intera durata della simulazione.

Tabella 10: Schema riassuntivo analisi idrauliche in moto permanente.

6.1.1 Moto permanente: Analisi generale

I bacini di Migliarite e Orichella costituiscono un sistema di vasi comunicanti: la differente portata in ingresso e uscita ai bacini fa sì che i due si trovino ad operare con livelli differenti. La velocità con cui il sistema si equilibra dipende dalle sue caratteristiche ovvero lunghezza, diametro, scabrezza delle condotte quindi dalle perdite di carico e dalla differenza di carico stessa. Ne consegue che le grandezze variabili in gioco non siano solo la portata derivata da Juntura e la portata turbinata a Timpagrande ma anche il differente livello nei bacini di Orichella e Migliarite (indicata come differenza ΔH_{OM}) e nel canale di Juntura.

Si riportano di seguito i dati utili ai fini del calcolo:

- Quote di invaso **Orichella** (min. ÷ max.) 786.10 ÷ 795.90 m s.l.m.;
- Quote di invaso **Migliarite** (min. ÷ max.) 786.10 ÷ 795.90 m s.l.m.;
- **Q Juntura** 0 ÷ 16 m³/s;
- **Q Timpagrande** 0 ÷ 45 m³/s.

Considerate tutte le condizioni al contorno l'analisi dovrebbe tenere conto di numerose combinazioni. Al fine di semplificare il calcolo e mantenere l'attendibilità dell'analisi, si è ritenuto opportuno considerare solamente le seguenti differenze di carico tra gli invasi di Orichella e Migliarite³:

- differenza di carico massima $\Delta H_{OM} = +9.8$ m,
- differenza di carico minima $\Delta H_{OM} = -9.8$ m
- differenza di carico nulla $\Delta H_{OM} = 0$ m.

Il dislivello massimo ed il minimo (± 9.8 m) si verificano quando uno dei due invasi si trova alla massima regolazione e l'altro alla minima regolazione. Per ogni scenario sono state studiate tutte le combinazioni possibili tra le portate derivabili da Juntura (da 1 a 16 m³/s con incrementi di portata pari ad 1 m³/s) e tutte le portate turbinabili a Timpagrande (da 1 a 45 m³/s con incrementi di portata pari ad 1 m³/s).

Si specifica che in questo caso il canale di Juntura è stato modellato come nodo del sistema in pressione ossia caratterizzato da una portata in ingresso costante. Uno degli output delle simulazioni è quindi il livello d'acqua all'interno del canale di Juntura (pressione nel nodo) che consente il passaggio della portata utilizzata come input. I risultati delle simulazioni sono validi ad un tempo "infinito" ovvero quando il canale di Juntura, dopo un intervallo di tempo in moto vario (avviamento dell'impianto), raggiunge l'equilibrio.

I risultati dell'analisi in moto permanente si mostrano in **Figura 14**, **Figura 15** e **Figura 16**, specificando che:

- le combinazioni evidenziate da un pallino rosso indicano l'ingresso di acqua proveniente da Juntura in diga dalla galleria "vecchia";

³ Il ΔH si considera positivo quando il livello è maggiore a Orichella.

- le combinazioni evidenziate da un pallino verde indicano l'ingresso di acqua proveniente da Juntura in diga dalla galleria "nuova";
- le combinazioni evidenziate da un pallino grigio indicano i casi in cui la portata a Juntura è maggiore della portata turbinata a Timpagrande con conseguente sfioro o riempimento del canale;
- le combinazioni non evidenziate da un pallino indicano i casi che non implicano risalita delle acque provenienti da Juntura

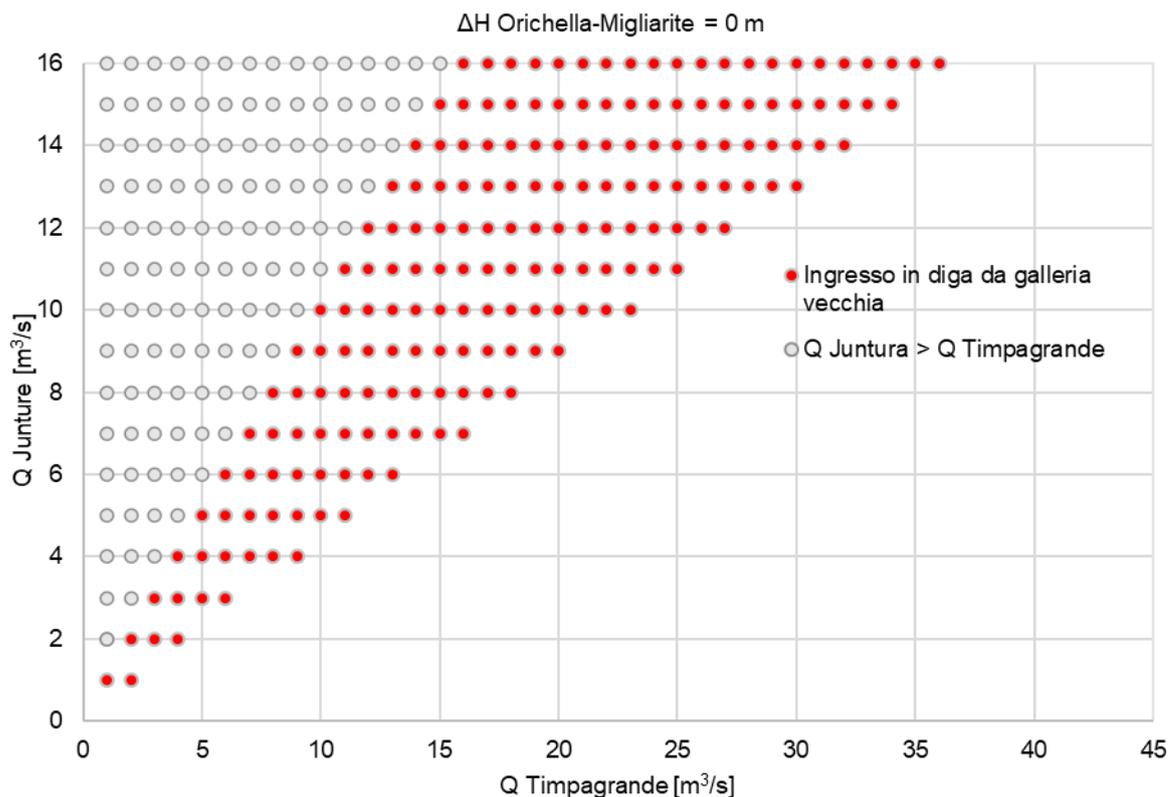


Figura 14: Condizioni di moto permanente: $\Delta H_{OM} = 0$ m.

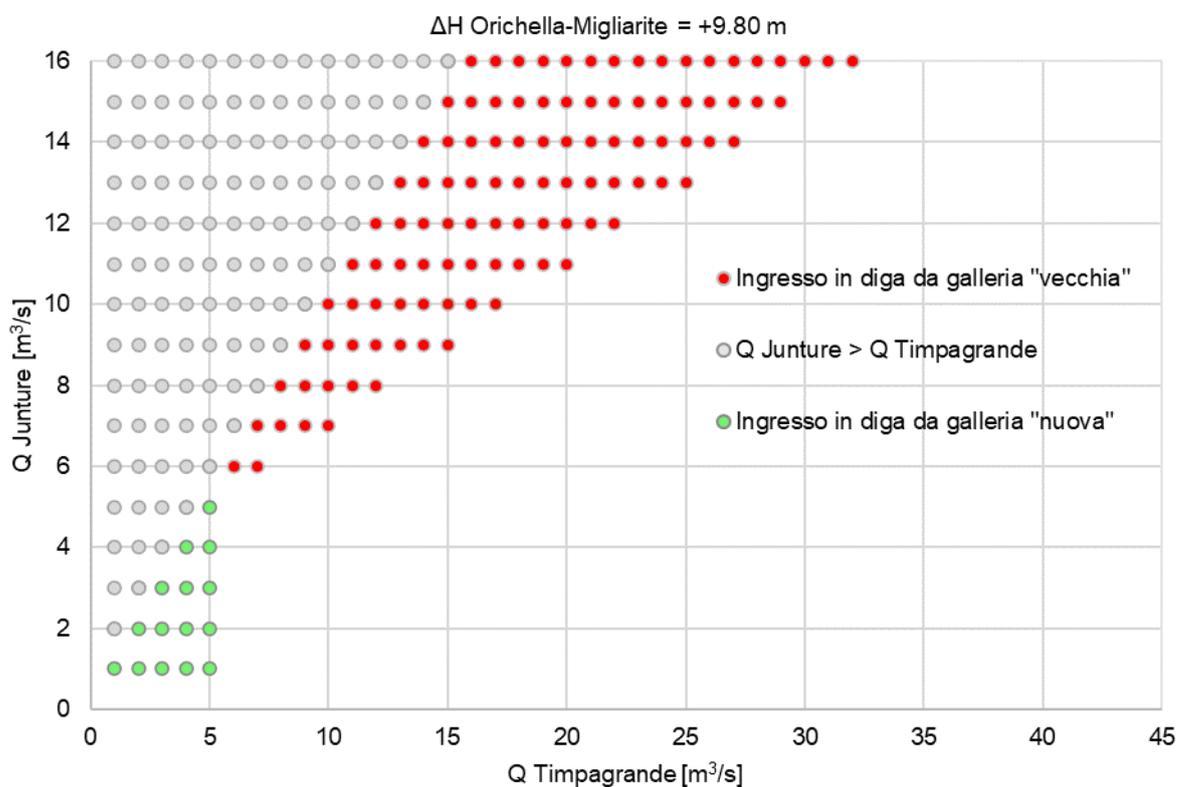


Figura 15: Condizioni di moto permanente: $\Delta H_{OM} = + 9.8$ m.

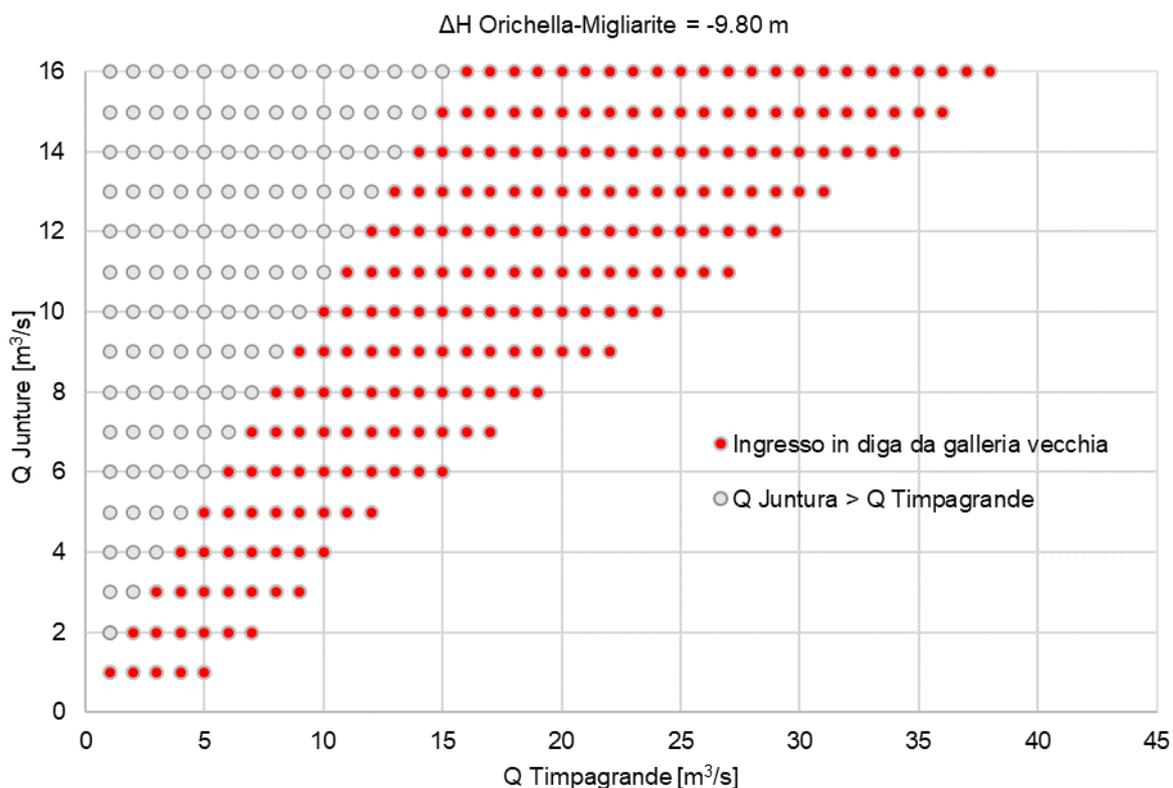


Figura 16: Condizioni di moto permanente: $\Delta H_{OM} = - 9.8$ m.

Dai grafici di cui sopra si deduce che:

- quando l'impianto di Timpagrande genera alla massima potenza ($Q = 45 \text{ m}^3/\text{s}$) non si verifica la risalita delle acque provenienti da Juntura, qualsiasi siano i livelli nei bacini e qualsiasi sia la portata derivata a Juntura;
- la risalita delle acque provenienti da Juntura sulla galleria "nuova" si verifica solo quando ΔH_{OM} è positivo, ovvero quando il livello ad Orichella è maggiore che a Migliarite.

I tre scenari di cui sopra rappresentano solo una parte di tutte le possibili casistiche teoricamente comprese tra $\Delta H_{OM} = -9.8 \text{ m}$ e $\Delta H_{OM} = +9.8 \text{ m}$. Ciò nonostante, i casi scelti sono rappresentativi delle condizioni operative più critiche e pertanto, una volta inviluppati, consentono di determinare le condizioni che determinano risalita nelle gallerie. Nel grafico in **Figura 17** è tracciata una retta per la quale se la combinazione delle portate Q_J, Q_T è tale da trovarsi a destra della stessa non si verifica risalita nelle gallerie di derivazione; nel caso in cui invece ci si trovi a sinistra della retta allora si verifica risalita delle acque provenienti da Juntura in una o nell'altra galleria di derivazione. Si specifica che tale regola è valida considerando un qualsiasi ΔH tra gli invasi.

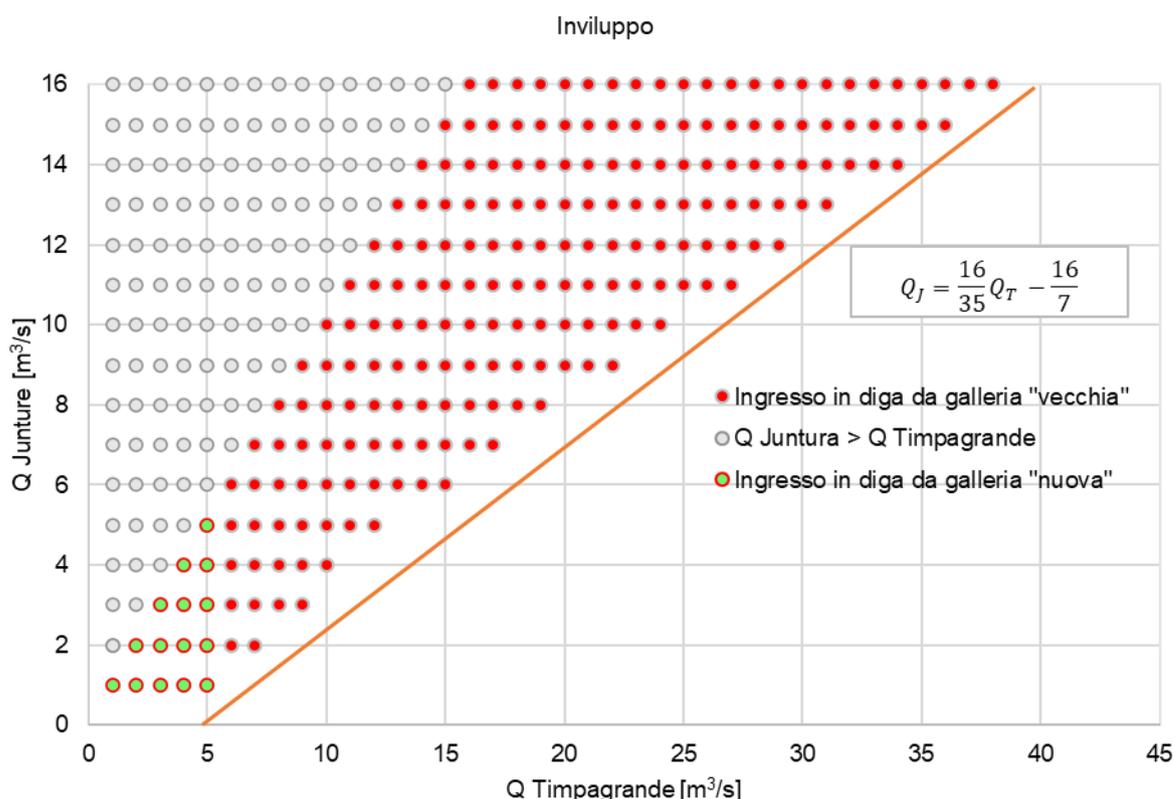


Figura 17: Condizioni di moto permanente: inviluppo di tutte le casistiche.

I calcoli ed i risultati descritti e mostrati sono stati effettuati tenendo conto delle ipotesi assunte da A2A relativamente alla gestione del nodo idraulico Ortica nel caso di impianto di pompaggio riattivato. Moto permanente: Casi particolari

Nel presente paragrafo si mostrano i risultati delle analisi in moto permanente per i seguenti scenari:

- Fase di turbinaggio a Timpagrande;
- Fase di pompaggio a Orichella.

Caso A: Fase di turbinaggio a Timpagrande

Il Caso A prevede il turbinaggio a Timpagrande alla massima potenza con una portata $Q = 45 \text{ m}^3/\text{s}$. Come descritto nel paragrafo 6.1, per qualsiasi livello nei bacini di Orichella e Migliarite e per qualsiasi portata in arrivo da Juntura, quando la portata a Timpagrande è pari a $45 \text{ m}^3/\text{s}$ non si verificano fenomeni di risalita dell'acqua proveniente da Juntura nelle due gallerie di derivazione. Se $H_{OCH} = 795.90 \text{ m s.l.m.}$, $H_{MGL} = 786.10 \text{ m s.l.m.}$ e $Q_{JUNTURA} = 16 \text{ m}^3/\text{s}$ si può osservare dal verso delle frecce **Figura 18** (che indicano la direzione del flusso) che non si verificano fenomeni di risalita delle acque dei due bacini.

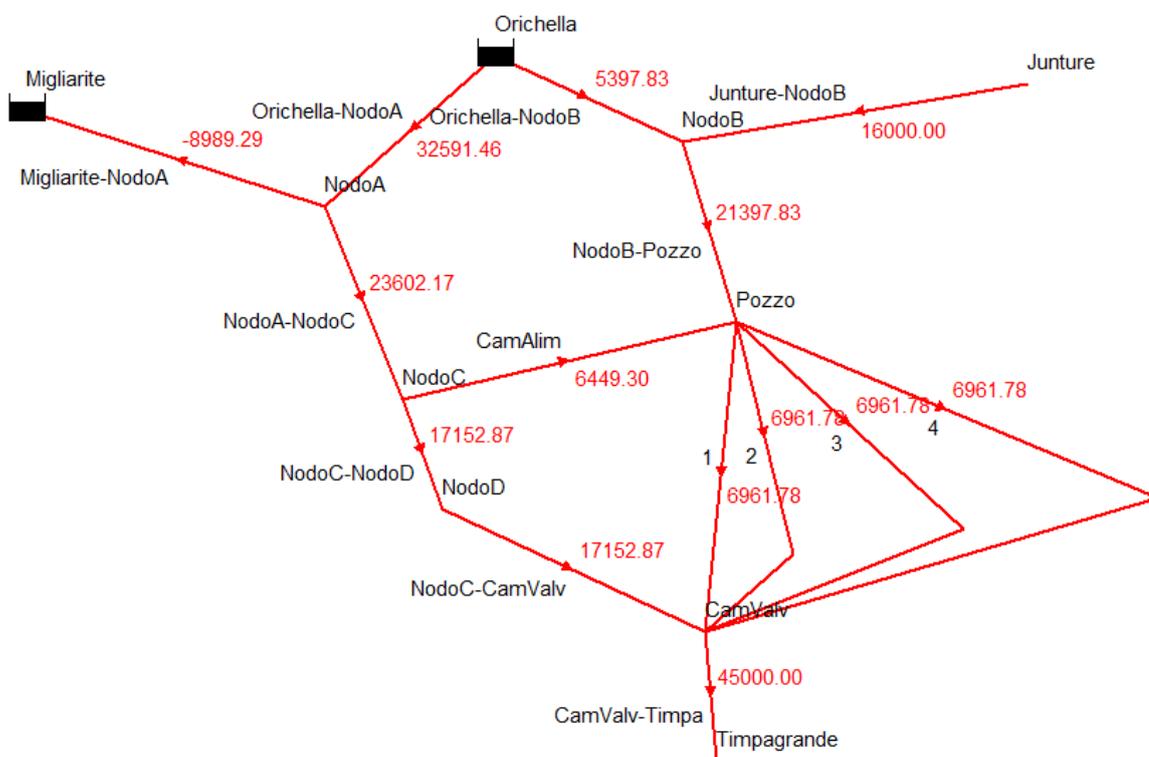


Figura 18: Fase di turbinaggio a Timpagrande – Caso A: risoluzione del nodo idraulico modellato su EPANET (Portate indicate in rosso in l/s).

Dalla **Figura 20** si osserva che, quando il livello ad Orichella è 795.90 m s.l.m. e a Migliarite è 786.10 m s.l.m. , il livello all'interno del canale di Juntura deve essere pari a 796.84 m s.l.m. affinché possa defluire una portata di $16 \text{ m}^3/\text{s}$.

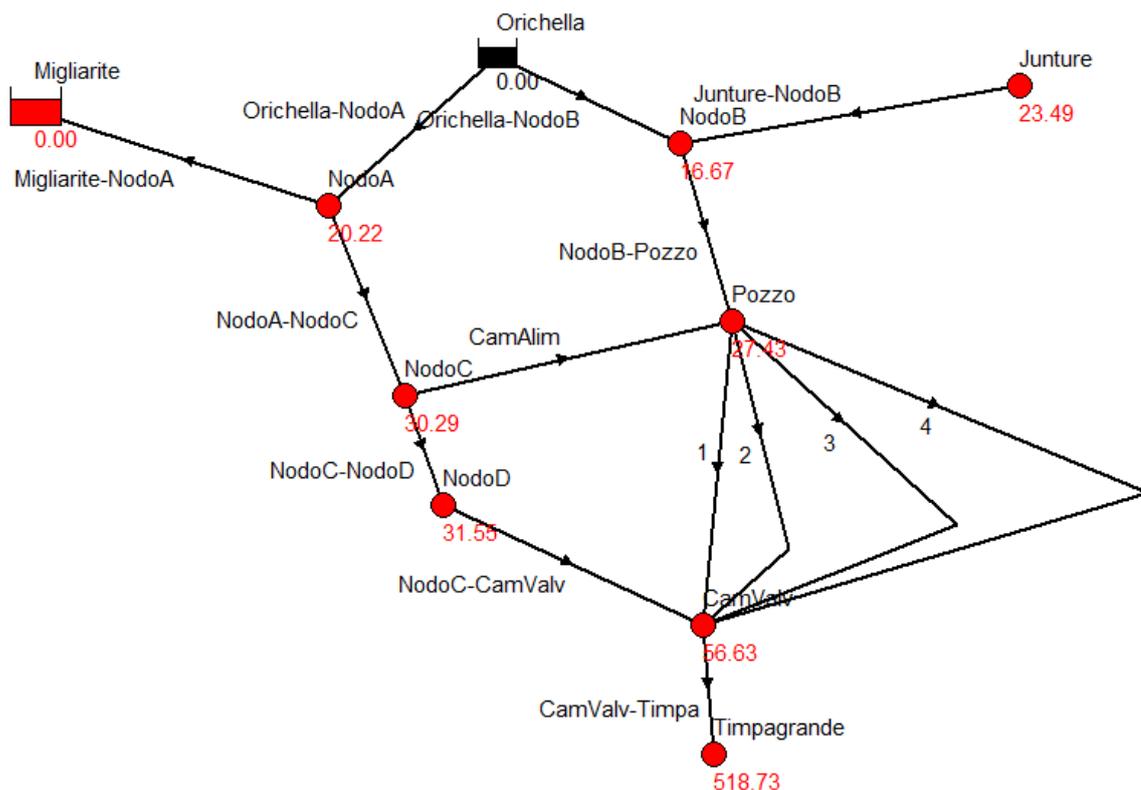


Figura 19: Fase di turbinaggio a Timpagrande – Caso A: risoluzione del nodo idraulico modellato su EPANET (Pressione indicata in rosso in metri di colonna d'acqua).

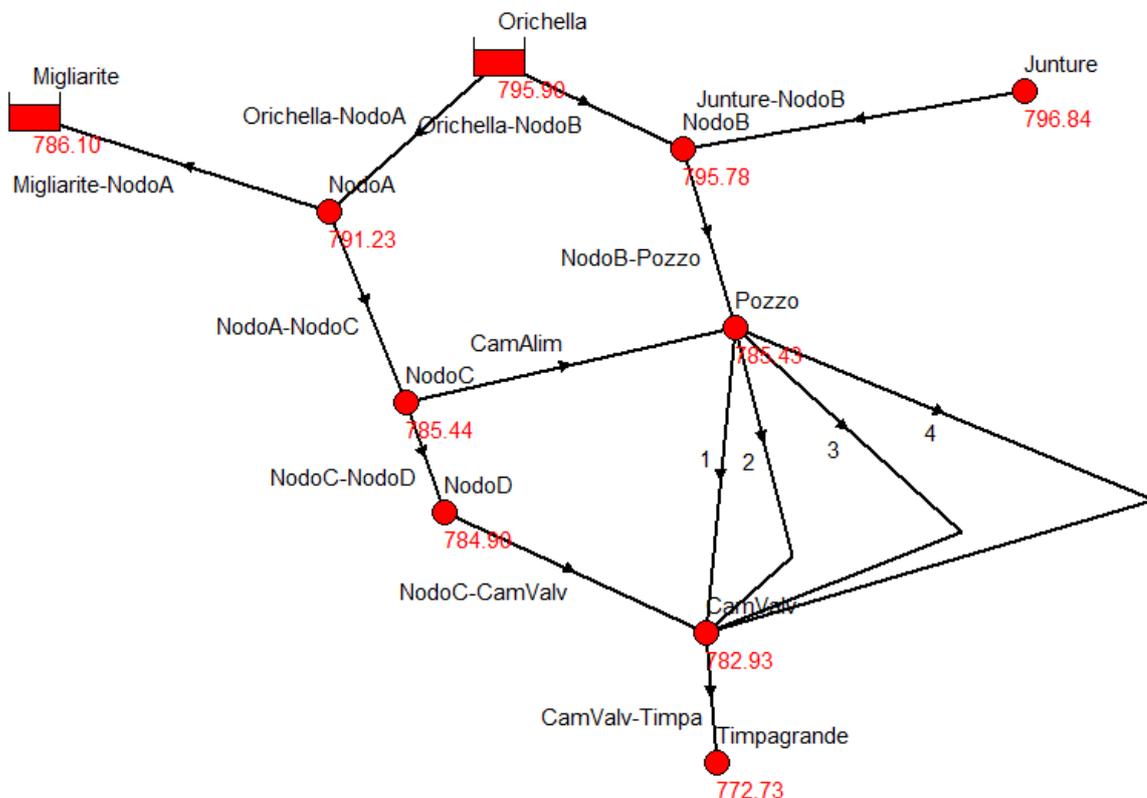


Figura 20: Fase di turbinaggio a Timpagrande – Caso A: risoluzione del nodo idraulico modellato su EPANET (Carico totale indicato in rosso in m s.l.m.).

Caso B: Fase di turbinaggio a Timpagrande

Il Caso B prevede il turbinaggio a Timpagrande alla massima potenza con una portata $Q = 45 \text{ m}^3/\text{s}$. Se $H_{OCH} = 786.10 \text{ m s.l.m.}$, $H_{MGL} = 795.90 \text{ m s.l.m.}$ e $Q_{JUNTURA} = 16 \text{ m}^3/\text{s}$ si può osservare dal verso delle frecce **Figura 22** (che indicano la direzione del flusso) che non si verificano fenomeni di risalita delle acque dei due bacini.

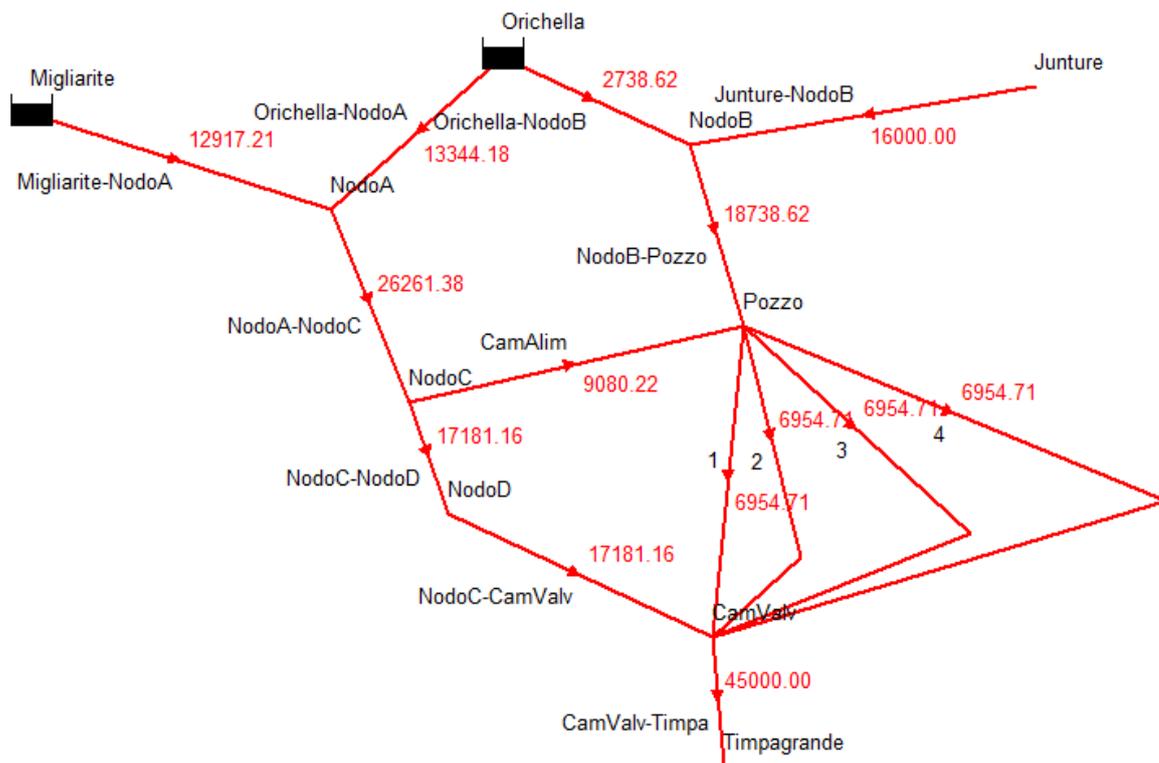


Figura 21: Fase di turbinaggio a Timpagrande – Caso B: risoluzione del nodo idraulico modellato su EPANET (Portate indicate in rosso in l/s).

Dalla **Figura 23** si osserva che, quando il livello ad Orichella è 786.10 m s.l.m. e a Migliarite è 795.90 m s.l.m. , il livello all'interno del canale di Juntura deve essere pari a 787.12 m s.l.m. affinché possa defluire una portata di $16 \text{ m}^3/\text{s}$.

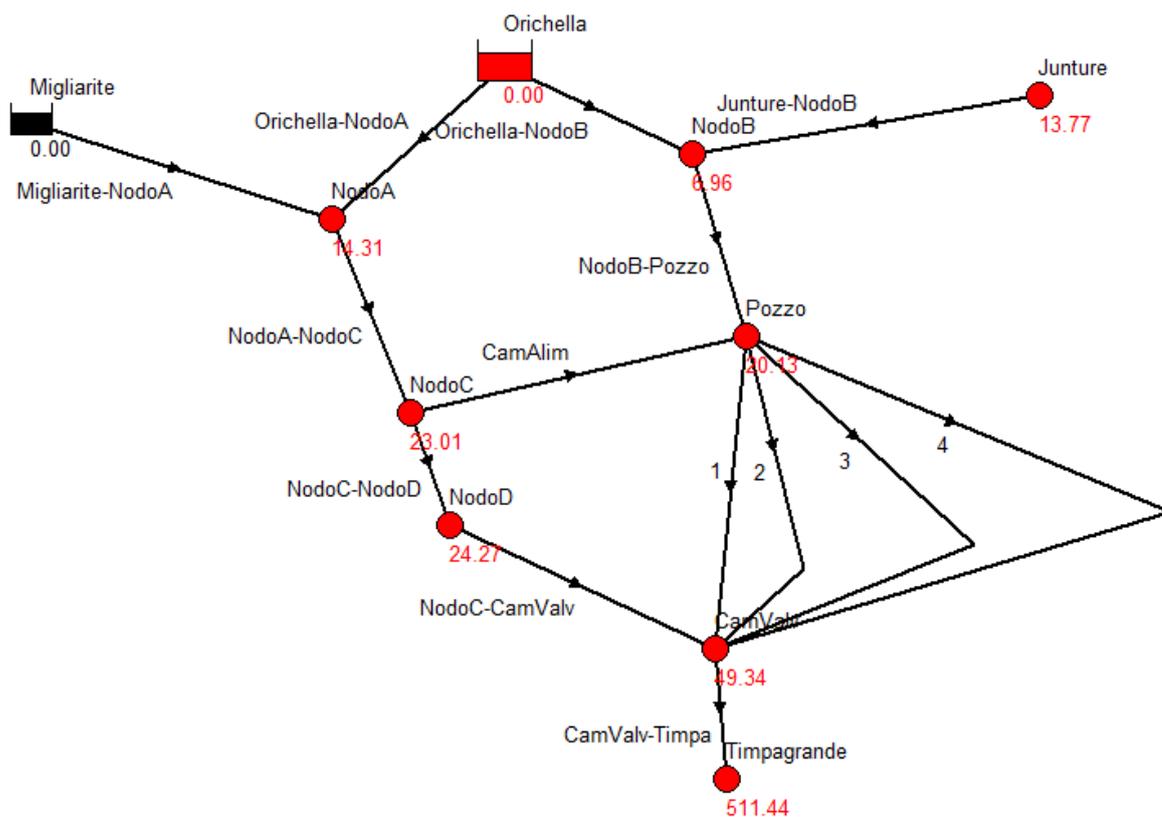


Figura 22: Fase di turbinaggio a Timpagrande – Caso B: risoluzione del nodo idraulico modellato su EPANET (Pressione indicata in rosso in metri di colonna d'acqua).

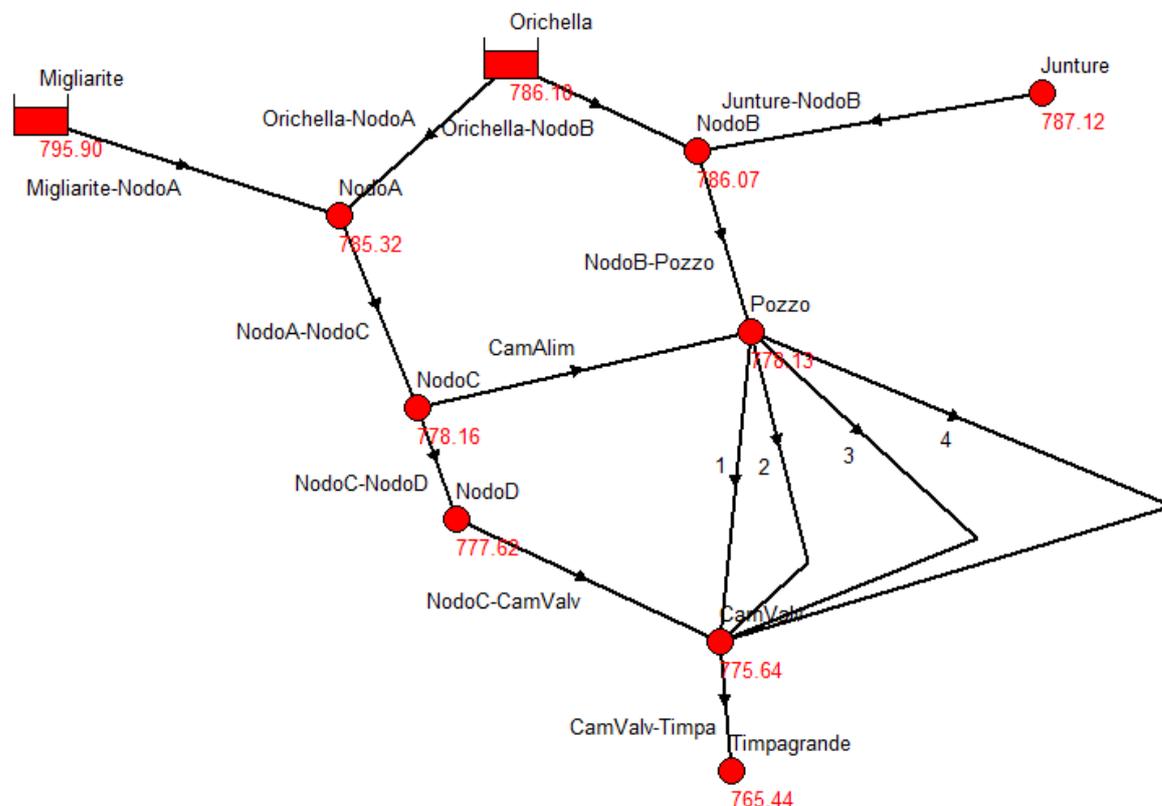


Figura 23: Fase di turbinaggio a Timpagrande – Caso B: risoluzione del nodo idraulico modellato su EPANET (Carico totale indicato in rosso in m s.l.m.).

Caso C: Fase di turbinaggio a Timpagrande

Il Caso C prevede il turbinaggio a Timpagrande alla massima potenza con una portata $Q = 45 \text{ m}^3/\text{s}$. Se $H_{OCH} = 786.10 \text{ m s.l.m.}$, $H_{MGL} = 786.10 \text{ m s.l.m.}$ e $Q_{JUNTURA} = 16 \text{ m}^3/\text{s}$ si può osservare dal verso delle frecce **Figura 22** (che indicano la direzione del flusso) che non si verificano fenomeni di risalita delle acque dei due bacini.

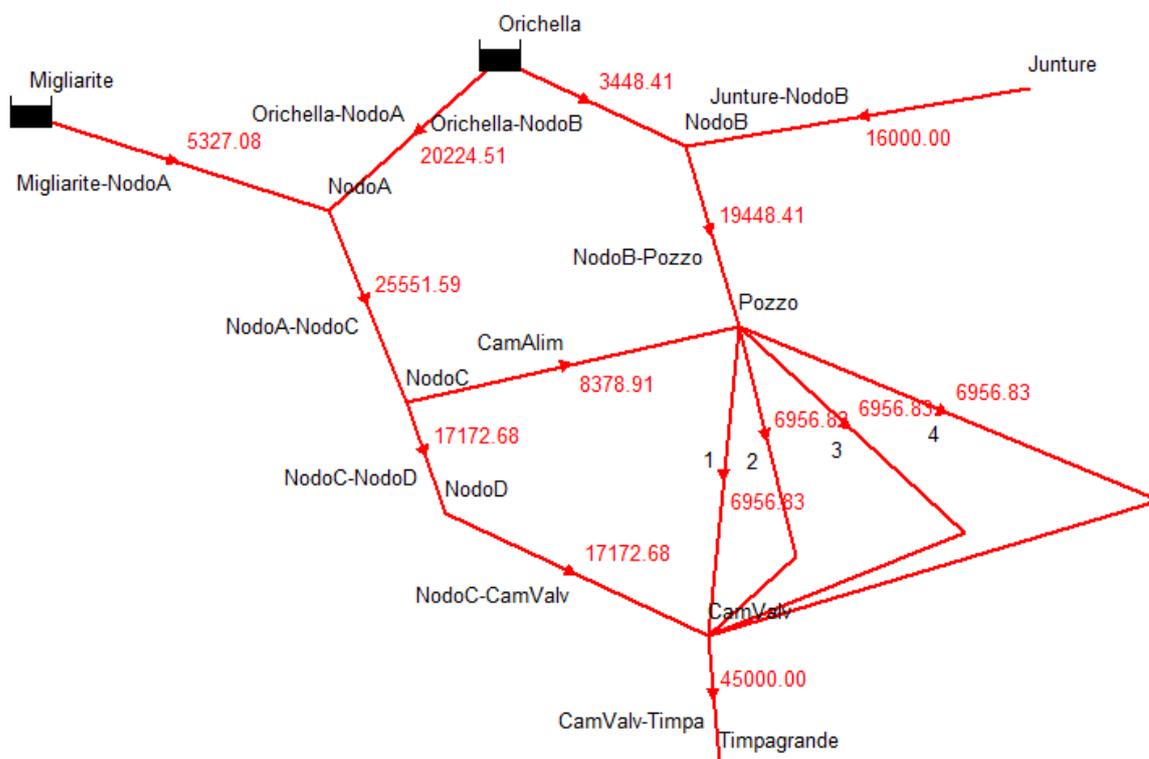


Figura 24: Fase di turbinaggio a Timpagrande – Caso C: risoluzione del nodo idraulico modellato su EPANET (Portate indicate in rosso in l/s).

Dalla **Figura 26** si osserva che, quando il livello ad Orichella e a Migliarite è 786.10 m s.l.m. , il livello all'interno del canale di Juntura deve essere pari a 787.11 m s.l.m. affinché possa defluire una portata di $16 \text{ m}^3/\text{s}$.

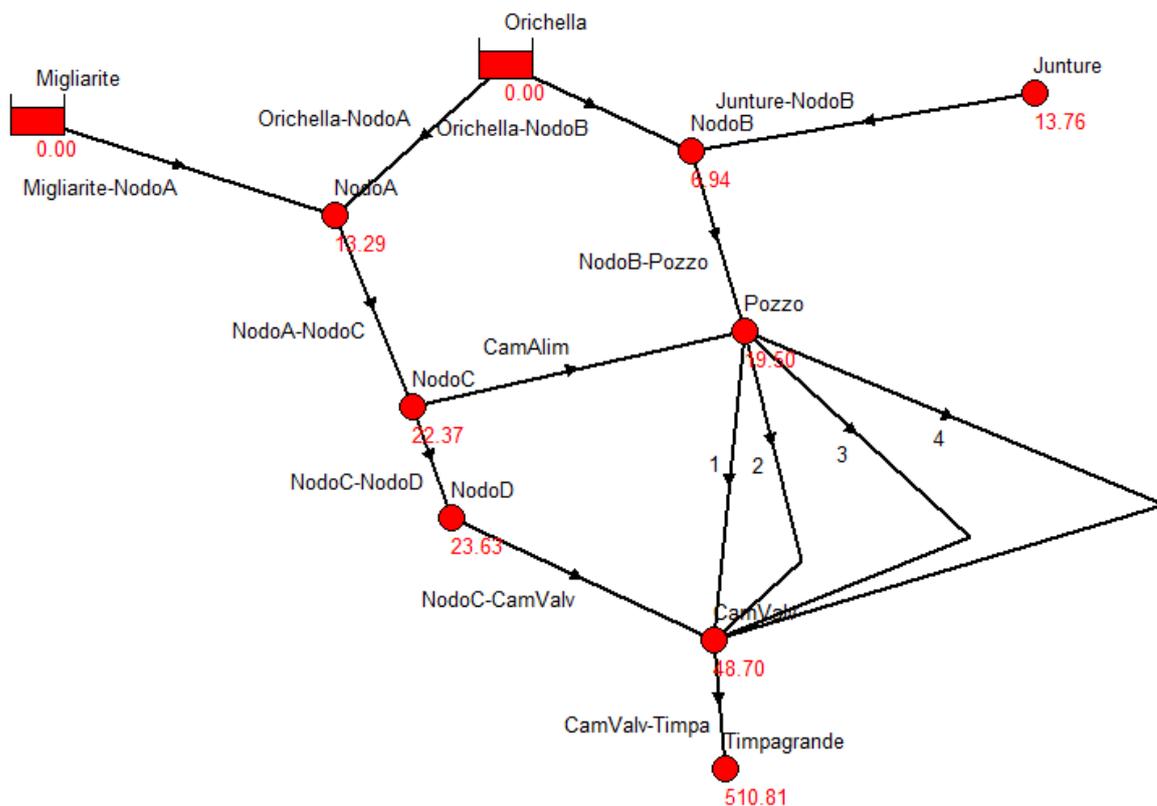


Figura 25: Fase di turbinaggio a Timpagrande – Caso C: risoluzione del nodo idraulico modellato su EPANET (Pressione indicata in rosso in metri di colonna d'acqua).

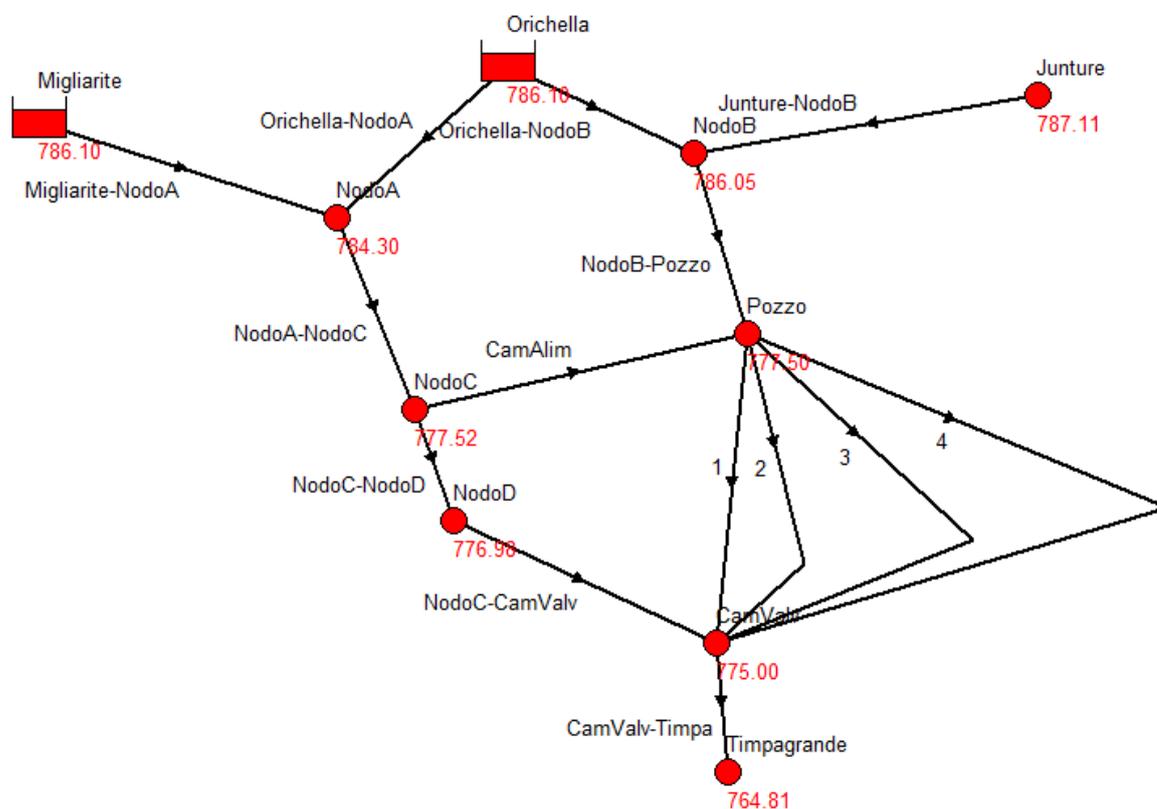


Figura 26: Fase di turbinaggio a Timpagrande – Caso C: risoluzione del nodo idraulico modellato su EPANET (Carico totale indicato in rosso in m s.l.m.).

Caso D: Fase di pompaggio a Orichella

Il Caso D prevede il turbinaggio a Timpagrande delle sole portate provenienti da Juntura con una portata $Q_{JUNTURA} = Q_{TIMPAGRANDE} = 16 \text{ m}^3/\text{s}$. Il livello nel canale di Juntura, questa volta schematizzato come serbatoio di testata, fissato alla quota di minima regolazione (794.00 m s.l.m.) è assunto come condizione al contorno.

Per evitare la risalita delle acque proveniente da Juntura dalle due gallerie (“nuova” e “vecchia”) ed isolare gli invasi di Migliarite e Orichella sarà necessario chiudere le valvole a farfalla in progetto nella “vecchia” e nella “nuova” derivazione. Lo scopo è di realizzare uno schema di funzionamento identico al percorso rosso mostrato in **Figura 27**.

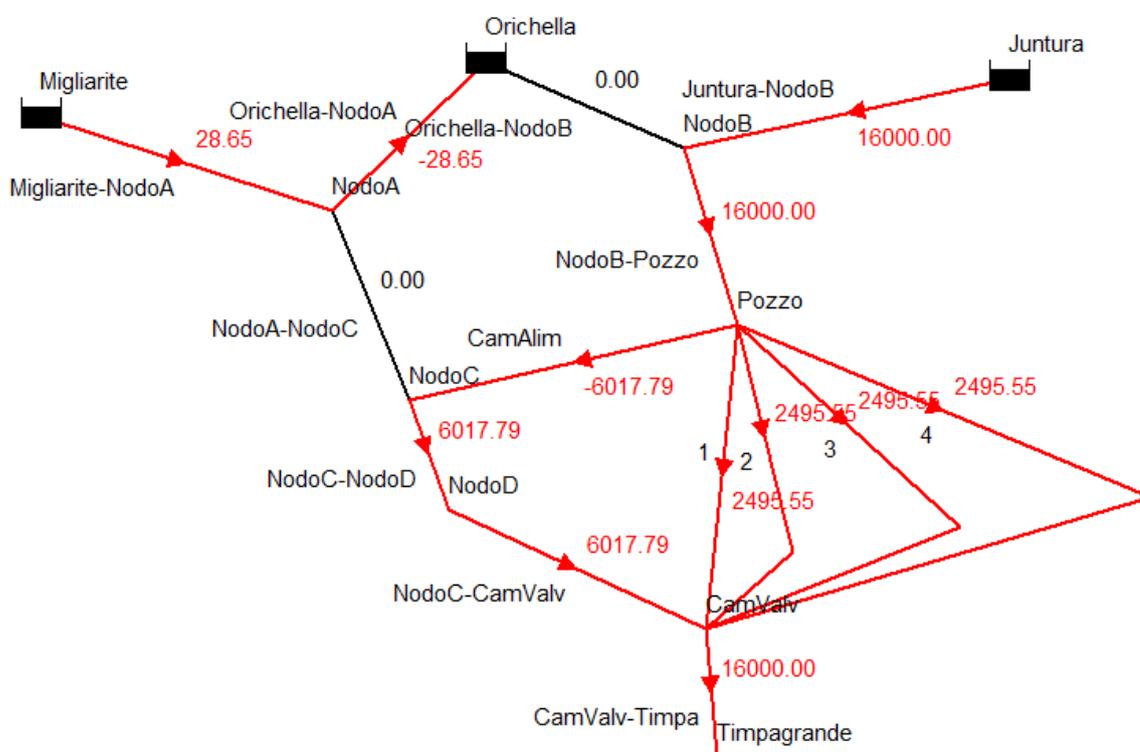


Figura 27: Fase di pompaggio – Caso D: risoluzione del nodo idraulico modellato su EPANET (Carico indicato in rosso in m s.l.m.).

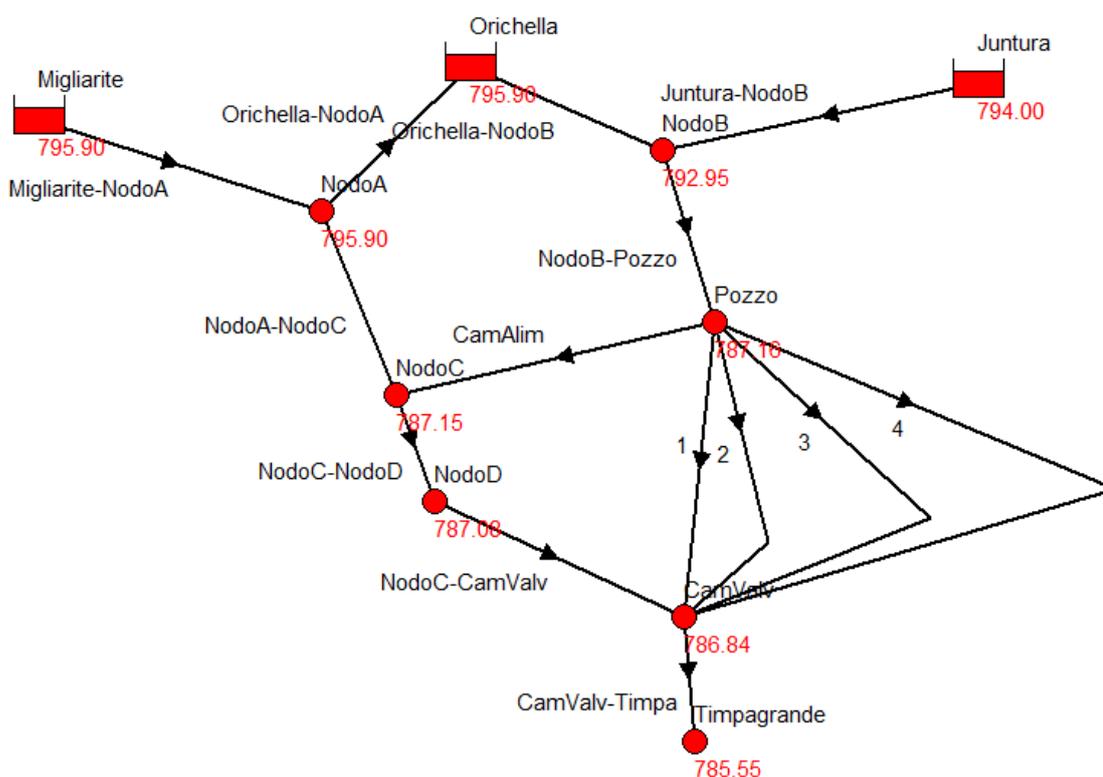


Figura 28: Fase di pompaggio – Caso D: risoluzione del nodo idraulico modellato su EPANET (Carico in m s.l.m. sul nodo indicato in rosso).

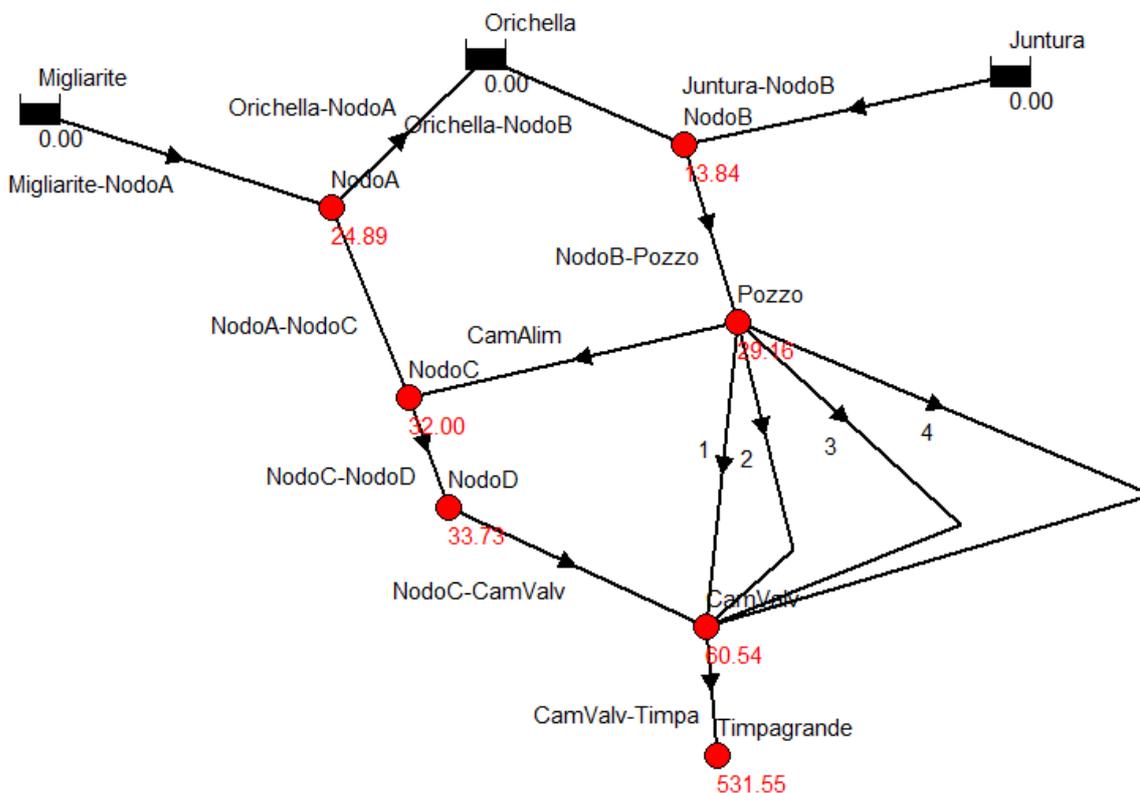


Figura 29: Fase di pompaggio – Caso D: risoluzione del nodo idraulico modellato su EPANET (Pressione in m sul nodo indicato in rosso).

Caso E: Fase di pompaggio a Orichella

Il Caso E prevede il pompaggio dall'invaso di Orichella verso l'invaso di Ampollino delle acque provenienti da Migliarite, Orichella e Juntura. Se $H_{OCH} = 786.10$ m s.l.m., $H_{MGL} = 795.90$ m s.l.m. e $Q_{JUNTURA} = 16$ m³/s si può osservare dal verso delle frecce **Figura 30** (che indicano la direzione del flusso) che si verifica risalita d'acqua da Juntura verso l'invaso di Orichella.

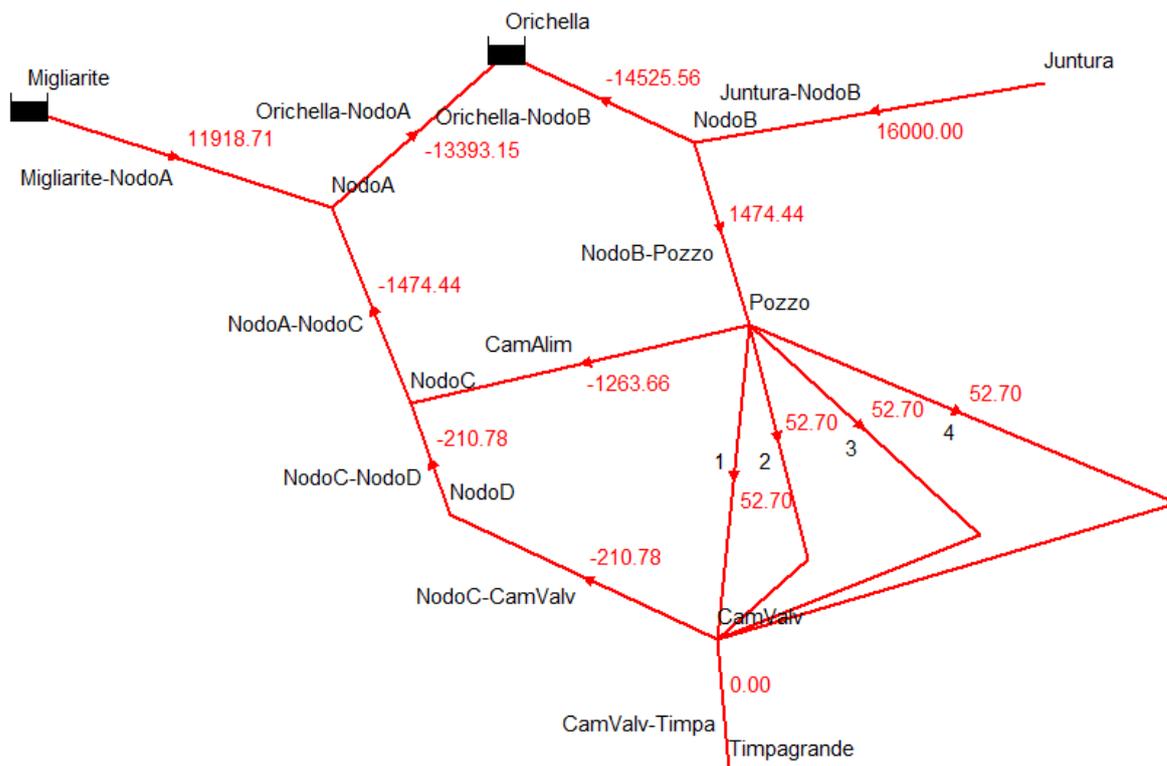


Figura 30: Fase di pompaggio – Caso E: risoluzione del nodo idraulico modellato su EPANET (Carico indicato in rosso in m s.l.m.).

Dalla **Figura 32** si deduce che, quando il livello ad Orichella è 786.10 m s.l.m. e a Migliarite è 795.90 m s.l.m., il livello all'interno del canale di Juntura deve essere pari a 788.02 m s.l.m. affinché possa defluire una portata di 16 m³/s.

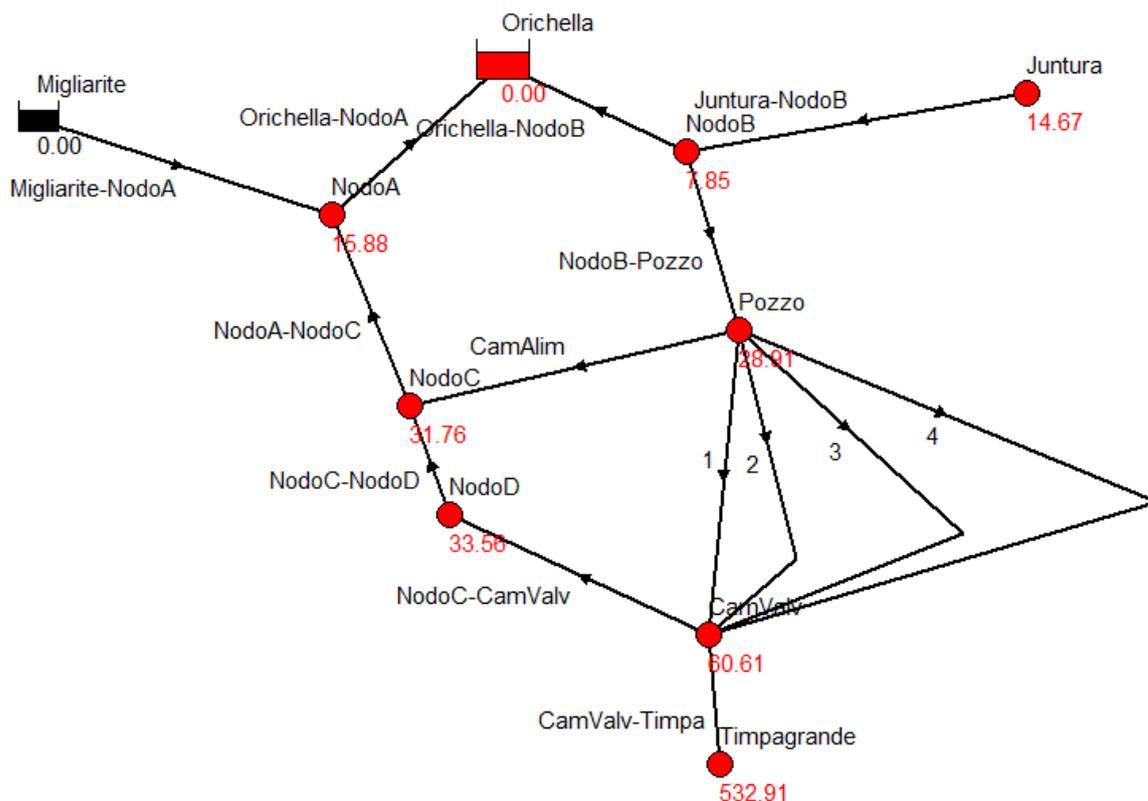


Figura 31: Fase di pompaggio– Caso E: risoluzione del nodo idraulico modellato su EPANET (Carico in m s.l.m. sul nodo indicato in rosso).

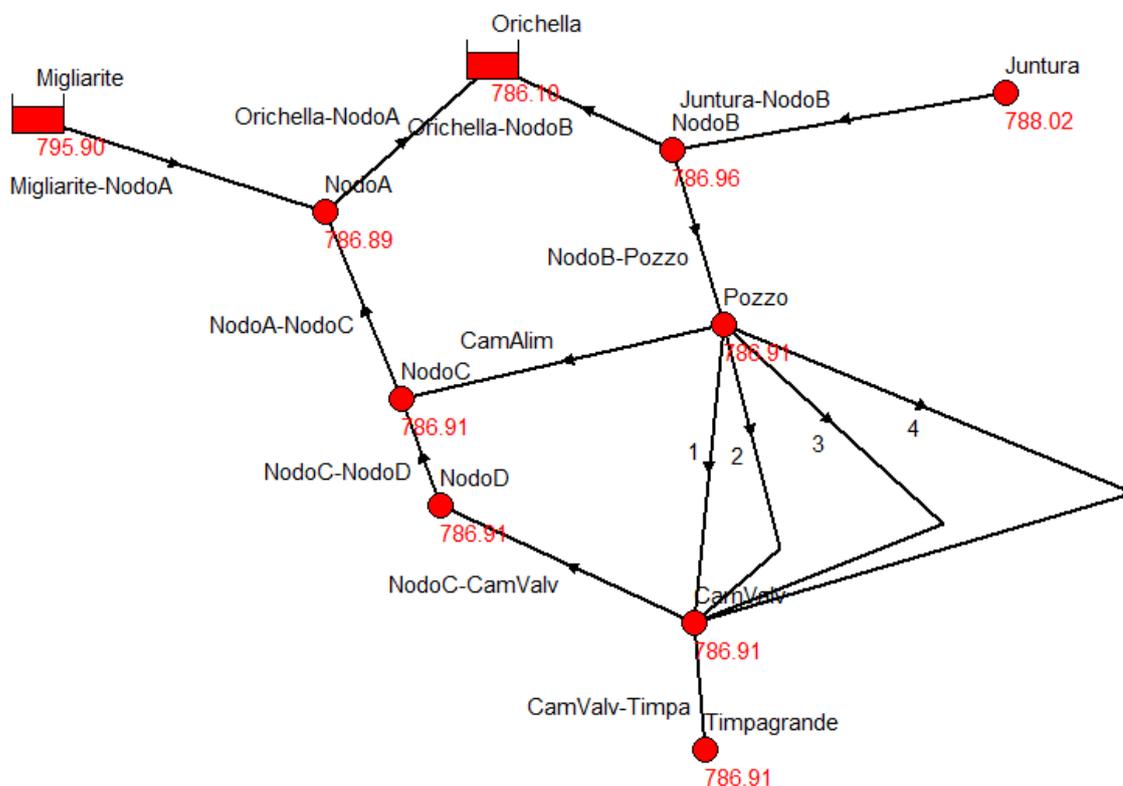


Figura 32: Fase di pompaggio – Caso E: risoluzione del nodo idraulico modellato su EPANET (Pressione in m sul nodo indicato in rosso).

6.2 Simulazioni in moto vario

I fenomeni transitori compaiono in un sistema idraulico quando si verificano variazioni più o meno improvvise del flusso. Negli impianti idroelettrici, queste variazioni coincidono quasi sempre con riduzioni o aumenti della portata che vengono prodotti dalla chiusura o dall'apertura dei dispositivi che regolano il passaggio dell'acqua attraverso le turbine.

Nel caso oggetto di studio, non solo si dovrà verificare che le oscillazioni di massa (a seguito di manovre di apertura o chiusura) siano contenute all'interno del pozzo piezometrico e nella galleria di Juntura, ma anche di scongiurare la risalita d'acqua proveniente da Juntura negli invasi di Orichella e Migliarite.

Come per l'analisi in moto permanente le grandezze variabili in gioco sono diverse: la portata derivata e il livello nel canale di Juntura, la portata turbinata a Timpagrande, il livello nei bacini di Orichella e Migliarite oltre che i tempi di chiusura/apertura delle valvole di macchina.

Le manovre idraulicamente più critiche che si è ritenuto analizzare sono le seguenti (v. paragrafo 5.5):

- Avvio in turbinaggio $T_{avv} = 100$ secondi;
- Arresto brusco in turbinaggio $T_{arr} = 39$ secondi.

L'analisi è stata realizzata con il programma Hydraulic System, sviluppato dalla EPFL (Ecole Polytechnique Federale of Lausanne); si riporta in **Figura 33** lo schema semplificato dell'impianto:

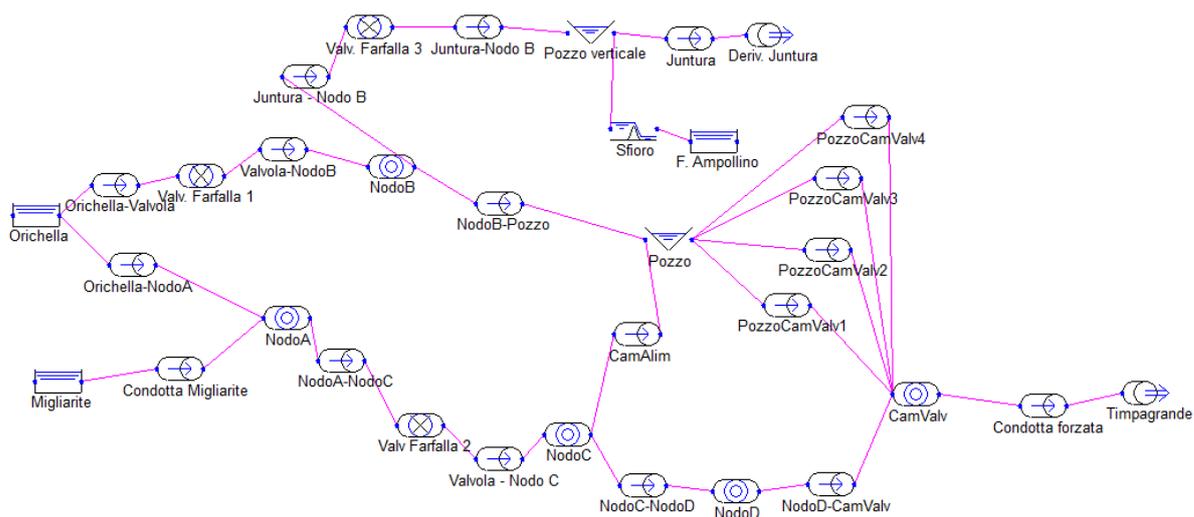


Figura 33: Schema concettuale del nodo idraulico modellato su Hydraulic System.

La modellazione ha tenuto in conto delle diverse peculiarità del sistema quali perdite di carico, geometria delle opere esistenti etc. facendo particolare attenzione al tratto verticale del sifone e al

canale di Juntura. Questi ultimi sono stati modellati dapprima come un unico serbatoio (curva altezza - volume invasato) facendo fede al modello 3D riportato nell'immagine successiva (Modello 1).



Figura 34: Hydraulic System – Sifone e canale di Juntura – Modello 1.

Dalla **Figura 34** è possibile osservare l'intersezione a 45° ca. tra il sifone in progetto e il canale di Juntura esistente. Si assume, a favore di sicurezza, che durante le manovre di arresto brusco la risalita d'acqua nel sistema possa incontrare un parziale impedimento dato sia dall'angolo dell'intersezione che dall'inerzia dell'acqua fluente in senso opposto all'interno del canale. Per tenere in conto di tali ipotesi si è deciso di modellare il canale di Juntura, esclusivamente per il caso di brusco arresto, considerando solo il volume immagazzinato a valle dell'intersezione come rappresentato in **Figura 35**. Tale assunzione rappresenta una condizione limite che consente di massimizzare l'effetto del colpo d'ariete e dimensionare correttamente le opere in calcestruzzo

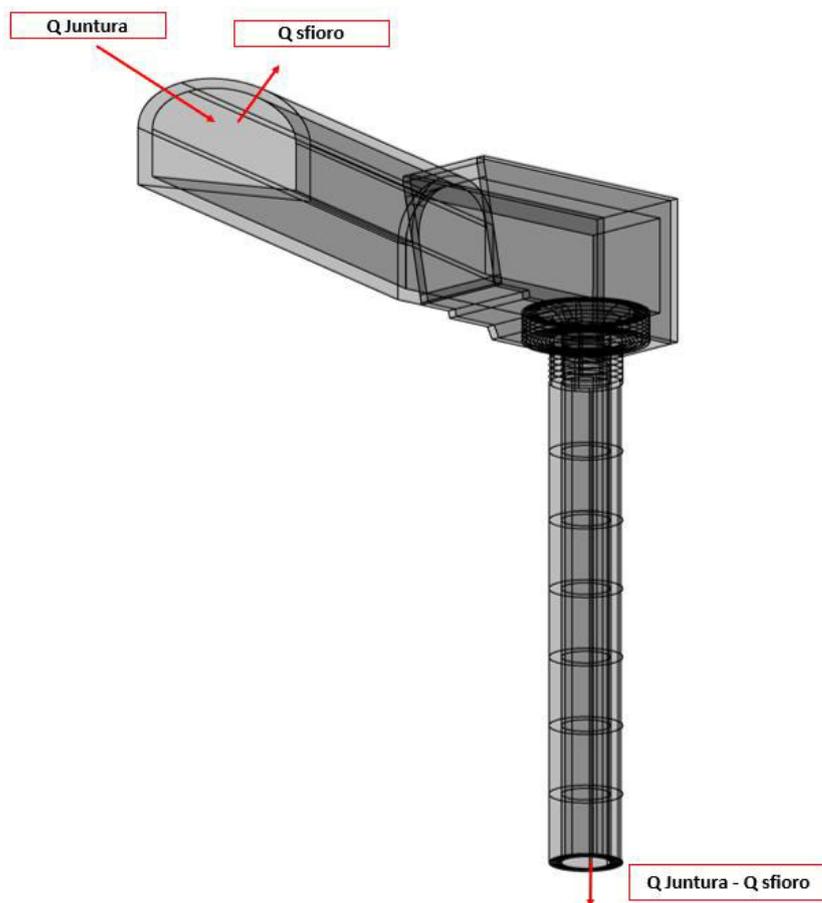


Figura 35: Hydraulic System – Sifone e canale di Juntura – Modello 2.

6.2.1 Avviamento in Turbinaggio a Timpagrande

Una fase transitoria particolarmente importante risulta essere l'avviamento in turbinaggio a Timpagrande. Le ipotesi utilizzate per il calcolo sono le seguenti:

- Avvio in generazione T_{avv} 100 secondi
- **Q Juntura = Q iniziale Timpagrande** 0 ÷ 16 m³/s
- **Q a regime Timpagrande** 45 m³/s
- Quote di invaso **Orichella** (min. ÷ max.) 786.10 ÷ 795.90 m s.l.m.
- Quote di invaso **Migliarite** (min. ÷ max.) 786.10 ÷ 795.90 m s.l.m.

L'ultima condizione al contorno è rappresentata dal livello all'interno del canale di Juntura, i cui volumi saranno turbinati ciclicamente a Timpagrande anche durante le fasi di pompaggio da Orichella verso Ampollino. A partire dal livello di massimo invaso nel canale di Juntura (fissato alla quota 797.05 m s.l.m.), si potrà turbinare a Timpagrande fino a raggiungere la quota di minima regolazione (fissata alla quota 794.00 m s.l.m.). La durata del ciclo (attesa massima regolazione, turbinaggio e rinvaso) dipende dalla portata in arrivo da Juntura e dalla portata che si intende turbinare a Timpagrande.

Si riportano di seguito i casi di avviamento analizzati:

Caso	Condizioni al contorno	Manovre	Obiettivo
CASO A	<ul style="list-style-type: none"> - $H_{Orichella} = 795.90$ m s.l.m. - $H_{Migliarite} = 795.90$ m s.l.m. - $H_{Juntura} = 797.05$ m s.l.m. - $Q_{Juntura} = 16$ m³/s - $Q_{Timpagrande} = 16 \rightarrow 45$ m³/s 	<p><u>Manovra 0</u>: apertura contemporanea delle valvole all'istante $t=0$ in 25 secondi / Paratoia a ventola chiusa</p> <p><u>Manovra 1</u>: apertura della valvola nella "nuova" galleria in 25 secondi all'istante $t=0$ e apertura della valvola nella "vecchia" galleria all'istante $t=0+60$ s in 70 secondi / Paratoia a ventola chiusa</p>	<p>Verifica effetti di risalita verso gli invasi / Verifica oscillazioni all'interno del pozzo verticale del sifone (negative)</p>
CASO B	<ul style="list-style-type: none"> - $H_{Orichella} = 786.10$ m s.l.m. - $H_{Migliarite} = 795.90$ m s.l.m. - $H_{Juntura} = 797.05$ m s.l.m. - $Q_{Juntura} = 16$ m³/s - $Q_{Timpagrande} = 16 \rightarrow 45$ m³/s 	<p><u>Manovra 0</u>: apertura contemporanea delle valvole all'istante $t=0$ in 25 secondi / Paratoia a ventola chiusa</p> <p><u>Manovra 1</u>: apertura della valvola nella "nuova" galleria in 25 secondi all'istante $t=0$ e apertura della valvola nella "vecchia" galleria all'istante $t=0+3230$ s in 70 secondi / Paratoia a ventola chiusa</p>	
CASO C	<ul style="list-style-type: none"> - $H_{Orichella} = 795.90$ m s.l.m. - $H_{Migliarite} = 786.10$ m s.l.m. - $H_{Juntura} = 797.05$ m s.l.m. - $Q_{Juntura} = 16$ m³/s - $Q_{Timpagrande} = 16 \rightarrow 45$ m³/s 	<p><u>Manovra 0</u>: apertura contemporanea delle valvole all'istante $t=0$ in 25 secondi / Paratoia a ventola chiusa</p> <p><u>Manovra 1</u>: apertura della valvola nella "nuova" galleria in 25 secondi all'istante $t=0$ e apertura della valvola nella "vecchia" galleria all'istante $t=0+60$ s in 70 secondi / Paratoia a ventola chiusa</p>	
CASO D	<ul style="list-style-type: none"> - $H_{Orichella} = 786.10$ m s.l.m. - $H_{Migliarite} = 786.10$ m s.l.m. - $H_{Juntura} = 797.05$ m s.l.m. - $Q_{Juntura} = 16$ m³/s - $Q_{Timpagrande} = 16 \rightarrow 45$ m³/s 	<p><u>Manovra 0</u>: apertura contemporanea delle valvole all'istante $t=0$ in 25 secondi / Paratoia a ventola chiusa</p> <p><u>Manovra 1</u>: apertura della valvola nella "nuova" galleria in 25 secondi all'istante $t=0$ e apertura della valvola nella "vecchia" galleria all'istante $t=0+3230$ s in 70 secondi / Paratoia a ventola chiusa</p>	
CASO E	<ul style="list-style-type: none"> - $H_{Orichella} = 786.10$ m s.l.m. - $H_{Migliarite} = 786.10$ m s.l.m. - $H_{Juntura} = 797.05$ m s.l.m. - $Q_{Juntura} = 0 \rightarrow 16$ m³/s - $Q_{Timpagrande} = 0 \rightarrow 45$ m³/s 	<p><u>Manovra 0</u>: apertura contemporanea delle valvole all'istante $t=0$ in 25 secondi / Paratoia a ventola chiusa</p> <p><u>Manovra 1</u>: apertura della valvola nella "nuova" galleria in 25 secondi all'istante $t=0$ e apertura della valvola nella "vecchia" galleria all'istante $t=0+3230$ s in 70 secondi / Paratoia a ventola chiusa</p>	

Caso	Condizioni al contorno	Manovre	Obiettivo
CASO F	<ul style="list-style-type: none"> - $H_{Orichella} = 795.90$ m s.l.m. - $H_{Migliarite} = 795.90$ m s.l.m. - $H_{Juntura} = 797.05$ m s.l.m. - $Q_{Juntura} = 3$ m³/s - $Q_{Timpagrande} = 3 \rightarrow 45$ m³/s 	<p><u>Manovra 0</u>: apertura della sola valvola nella "nuova" galleria in 25 secondi all'istante $t=0$/ Paratoia a ventola chiusa</p>	<p>Verifica funzionamento dell'impianto nel caso di eventi di piena in corrispondenza dell'invaso di Migliarite</p>

Tabella 11: Schema riassuntivo avviamento in turbinaggio.

Caso A

Il Caso A prevede di completare la manovra di avviamento delle macchine a Timpagrande nell'eventualità in cui l'impianto sia già in funzione e stia turbinando (con uno o più gruppi dedicati) le portate provenienti dal canale di Juntura. L'inclusione degli invasi di Orichella e Migliarite avviene a seguito dell'apertura delle valvole (inizialmente chiuse) sulla "vecchia" e "nuova" derivazione. I tempi di apertura delle valvole sono stati fatti variare con lo scopo di verificare eventuali fenomeni di risalita d'acqua dal canale di Juntura verso gli invasi di Orichella e Migliarite così come ingressi d'aria nel sistema in corrispondenza del tratto verticale del sifone.

Per il Caso A sono state analizzate n. 2 manovre (Manovra 0 e Manovra 1) considerando le seguenti condizioni al contorno:

- $H_{Orichella} = 795.90$ m s.l.m.
- $H_{Migliarite} = 795.90$ m s.l.m.
- $H_{Juntura} = 797.05$ m s.l.m.
- $Q_{Juntura} = 16$ m³/s
- $Q_{Timpagrande} = 16 \rightarrow 45$ m³/s

La Manovra 0 consiste nell'apertura contemporanea delle valvole a farfalla nella "vecchia" e "nuova" derivazione in un tempo $t = 25$ s.

Come mostrato in **Figura 36** la Manovra 0 determina, per i primi 60 secondi circa, la risalita d'acqua nel tratto Orichella-Nodo B, ossia il primo tratto della "vecchia" galleria di derivazione (v. schema in **Figura 33**).

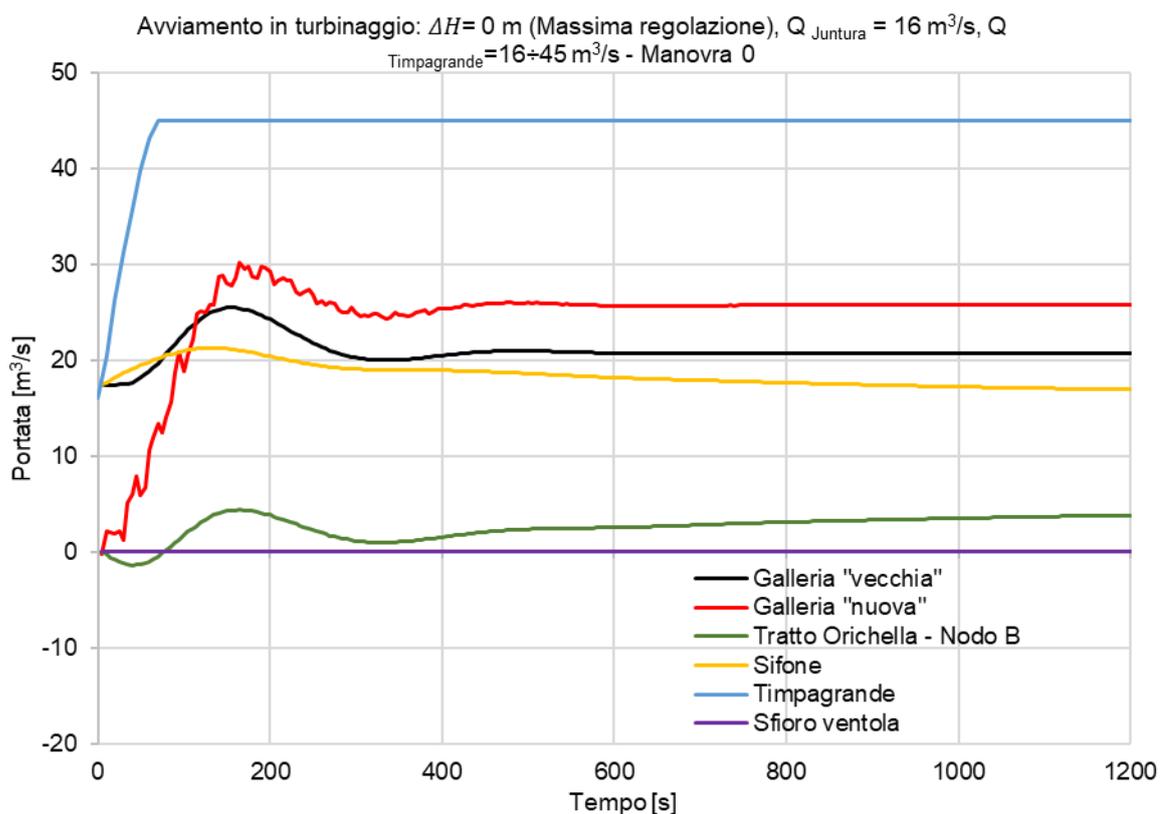


Figura 36: Avviamento in turbinaggio: Portata vs tempo – CASO A, Manovra 0.

La risalita delle acque verso l'invaso di Orichella passando per la "vecchia" derivazione è dovuta al fatto che il livello nel canale di Juntura (797.05 m s.l.m.) è maggiore rispetto a Orichella (795.90 m s.l.m.). Secondo quanto deducibile dalle simulazioni in moto permanente, si avrà risalita di acqua proveniente da Juntura nella galleria "vecchia" fintanto che a Timpagrande non si raggiunge una portata di $37 \text{ m}^3/\text{s}$ e/o nel canale di Juntura un livello di 796.90 m s.l.m.

Data la piccola differenza di carico il sistema si equilibra rapidamente con una risalita di ca. 63 m^3 .

La Manovra 1 consiste nell'apertura sequenziale delle valvole a farfalla nella "vecchia" e "nuova" galleria di derivazione. Dapprima si prevede di aprire la valvola a farfalla in progetto nella "nuova" derivazione ($t = 25$ s) mantenendo la valvola nella "vecchia" derivazione chiusa fintanto che la portata a Timpagrande e/o il livello nel canale di Juntura sono tali da non generare risalita. In questo caso è sufficiente attendere 60 secondi per aprire la valvola nelle "vecchia" derivazione in un tempo di 70 secondi ($t=60 + 70$ s).

Come mostrato in **Figura 37**, implementando tali aperture in serie, le velocità sono sempre positive e pertanto non si verificano risalite nelle gallerie.

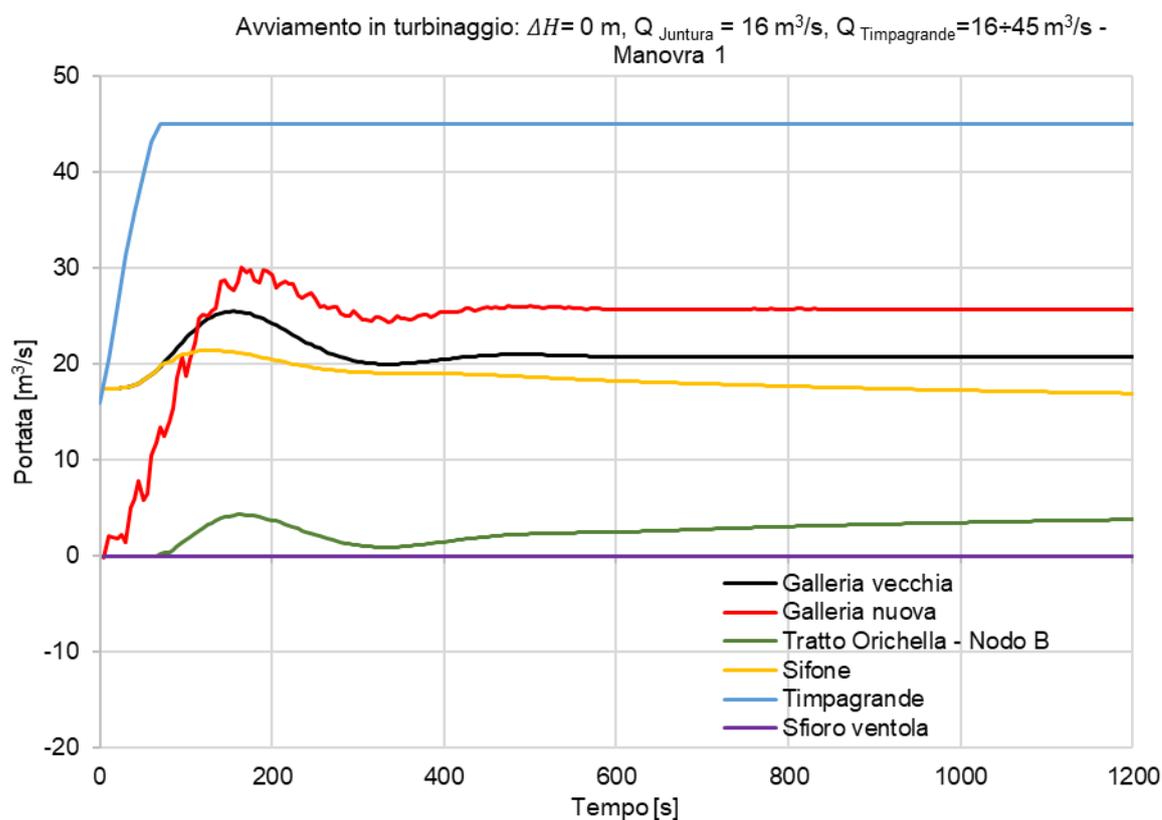


Figura 37: Avviamento in turbinaggio: Portata vs tempo – CASO A, Manovra 1.

In **Figura 38** e **Figura 39** si rappresentano rispettivamente l'andamento nel tratto verticale del sifone e nel canale di Juntura e il livello raggiunto all'interno del pozzo piezometrico.

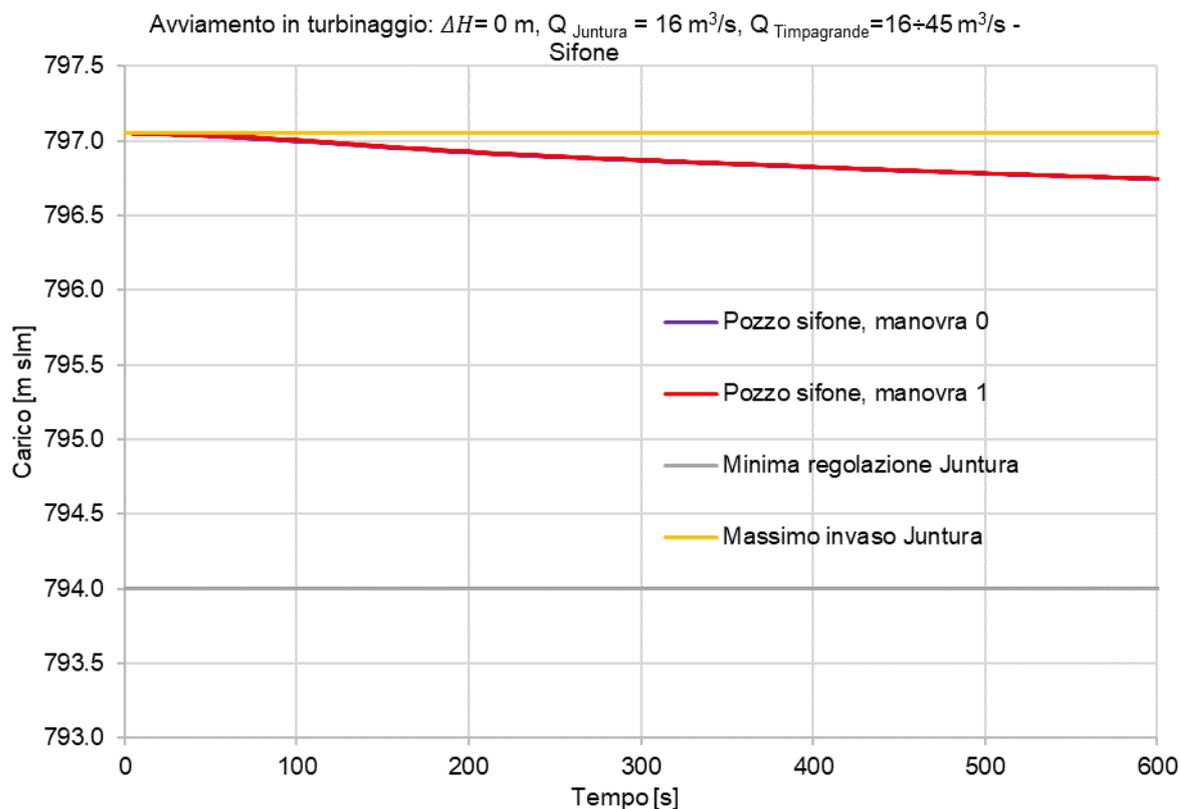


Figura 38: Avviamento in turbinaggio: Livello nel pozzo del sifone – CASO A, Manovra 0 e 1.

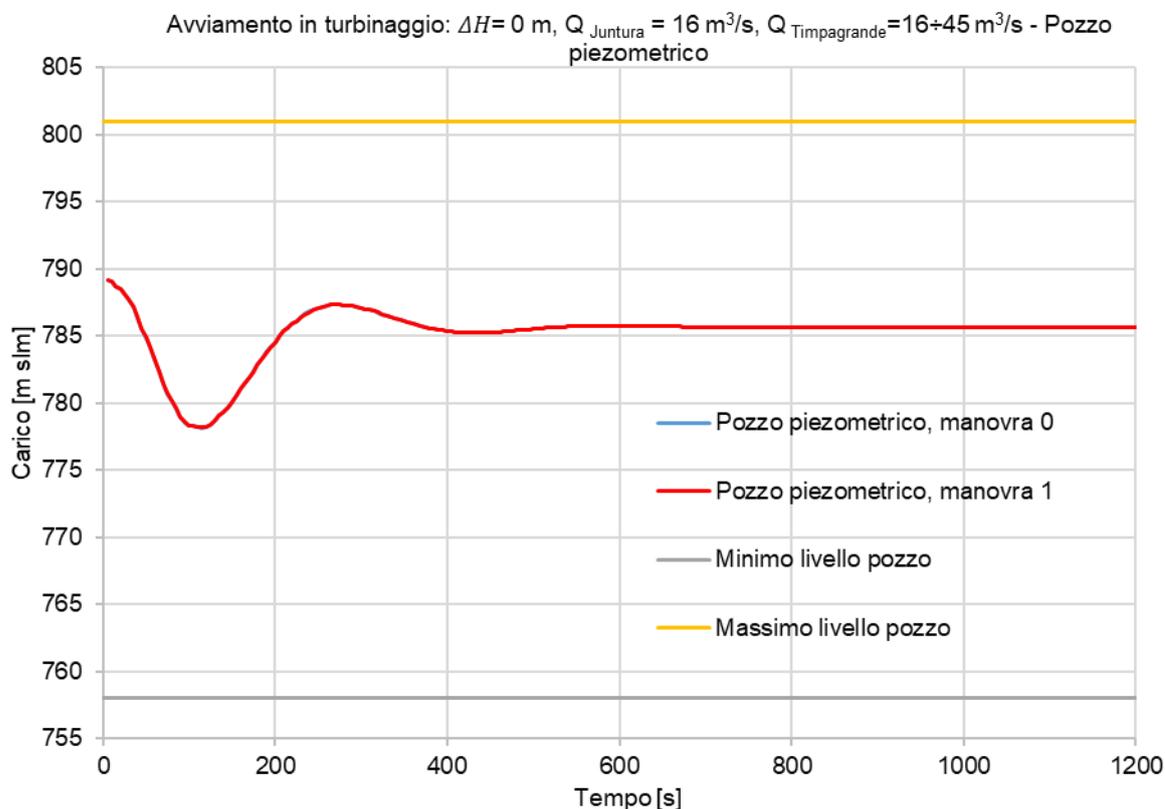


Figura 39: Avviamento in turbinaggio: Livello nel pozzo piezometrico – CASO A, Manovra 0 e 1.

In **Figura 40** e **Figura 41** si rappresentano l'andamento delle pressioni per la Manovra 1 immediatamente a valle della valvola in progetto rispettivamente nella "nuova" e nella "vecchia" galleria di derivazione. Nel primo caso è possibile osservare un andamento oscillatorio più pronunciato dovuto alla differenza di carico tra monte e valle della valvola al momento di apertura della stessa.

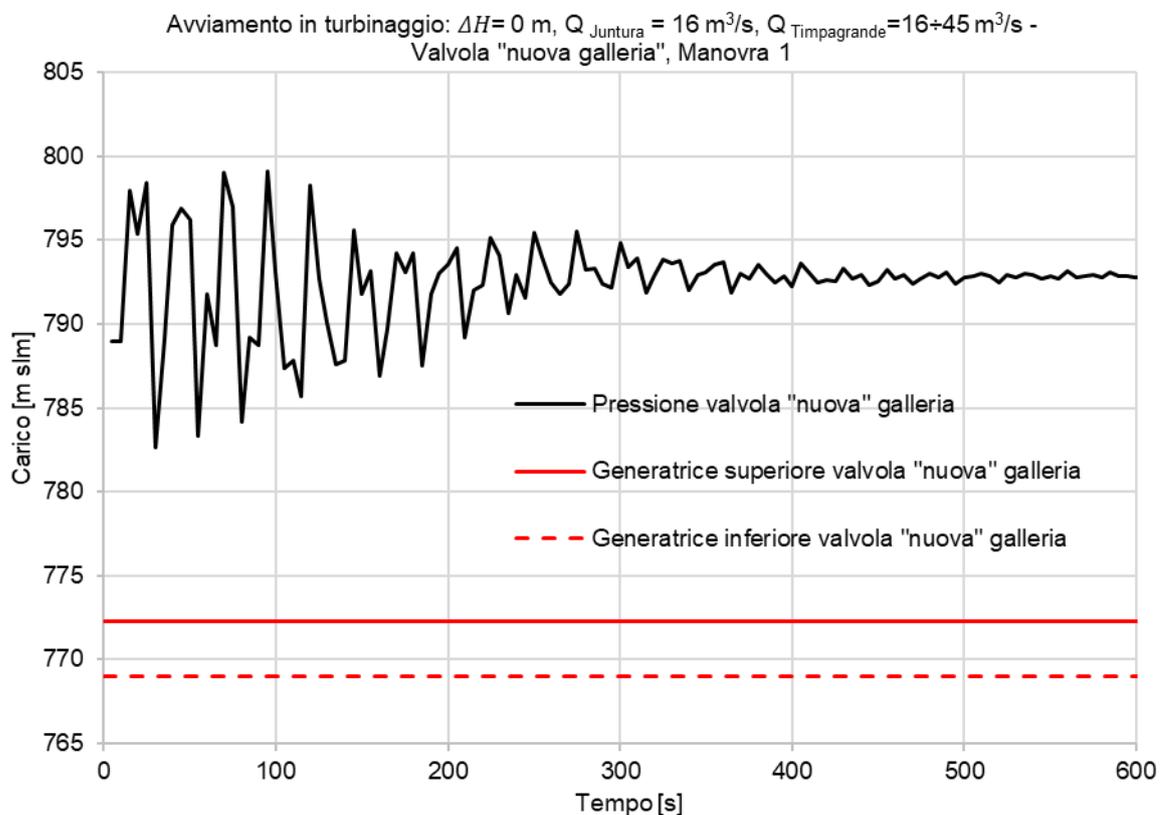


Figura 40: Avviamento in turbinaggio: Pressione a valle della valvola nella "nuova" galleria di derivazione – CASO A, Manovra 1.

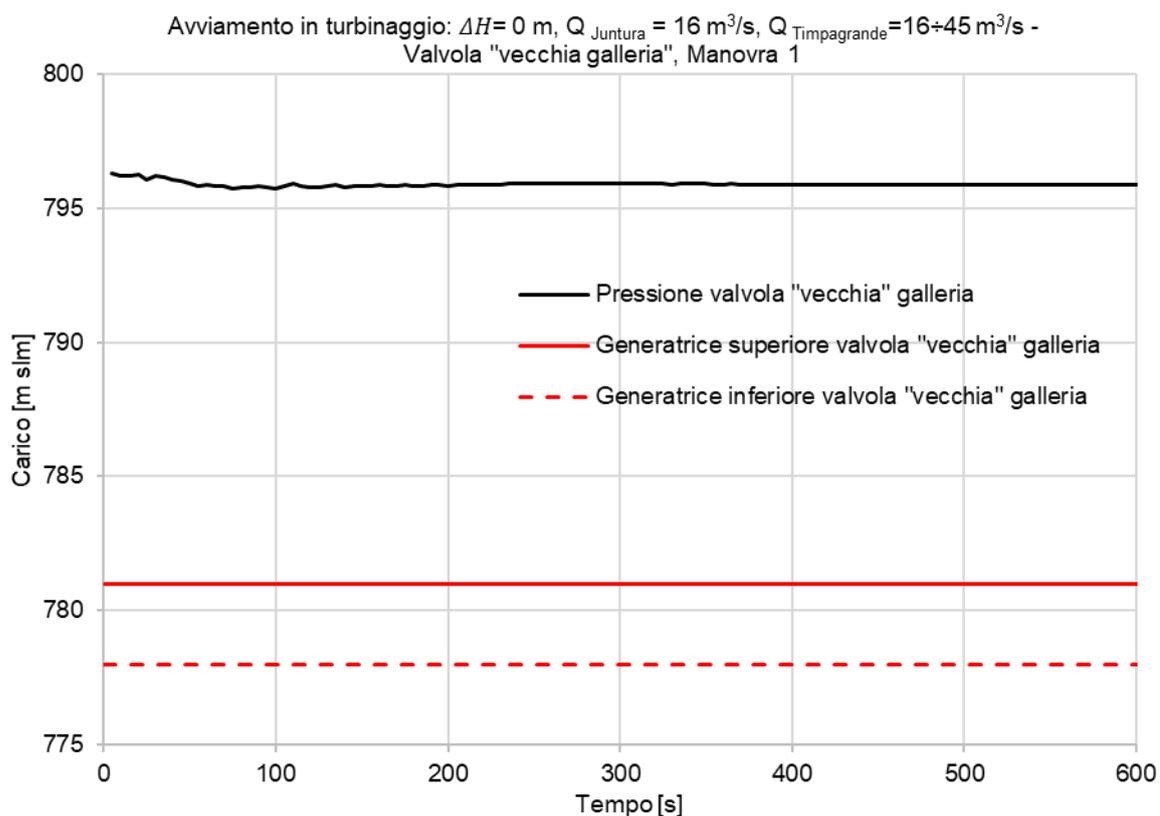


Figura 41: Avviamento in turbinaggio: Pressione a valle della valvola nella "vecchia" galleria di derivazione – CASO A, Manovra 1.

Caso B

Il Caso B prevede di completare la manovra di avviamento delle macchine a Timpagrande nell'eventualità in cui l'impianto sia già in funzione e stia turbinando (con uno o più gruppi dedicati) le portate provenienti dal canale di Juntura. L'inclusione degli invasi di Orichella e Migliarite avviene a seguito dell'apertura delle valvole (inizialmente chiuse) sulla "vecchia" e "nuova" derivazione. I tempi di apertura delle valvole sono stati fatti variare con lo scopo di verificare eventuali fenomeni di risalita d'acqua dal canale di Juntura verso gli invasi di Orichella e Migliarite così come ingressi d'aria nel sistema in corrispondenza del tratto verticale del sifone.

Per il Caso B sono state analizzate n. 2 manovre (Manovra 0 e Manovra 1) considerando le seguenti condizioni al contorno:

- H Orichella = 795.90 m s.l.m.
- H Migliarite = 786.10 m s.l.m.
- H Juntura = 797.05 m s.l.m.
- $Q_{\text{Juntura}} = 16 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Q_{\text{Timpagrande}} = 16 \rightarrow 45 \text{ m}^3/\text{s}$

La Manovra 0 consiste nell'apertura contemporanea delle valvole a farfalla nella "vecchia" e "nuova" derivazione in un tempo $t = 25$ s.

Come mostrato in **Figura 42** la Manovra 0 determina, per i primi 510 secondi circa, la risalita d'acqua nel tratto Orichella-Nodo B, ossia il primo tratto della "vecchia" galleria di derivazione (v. schema in **Figura 33**).

La risalita delle acque verso l'invaso di Orichella passando per la "vecchia" derivazione è dovuta al fatto che il livello nel canale di Juntura (797.05 m s.l.m.) è maggiore rispetto a Orichella (786.10 m s.l.m.) ed in questo caso è il massimo possibile tra i due invasi. Lo scenario scelto rappresenta, per $\Delta H_{OM}=+9.80$ m, la condizione più critica, infatti si può osservare che, indipendentemente dalla portata a Timpagrande, si avrà risalita di acqua proveniente da Juntura nella galleria "vecchia" fintanto che a Juntura non si raggiunge un livello nel canale di 786.75 m s.l.m.

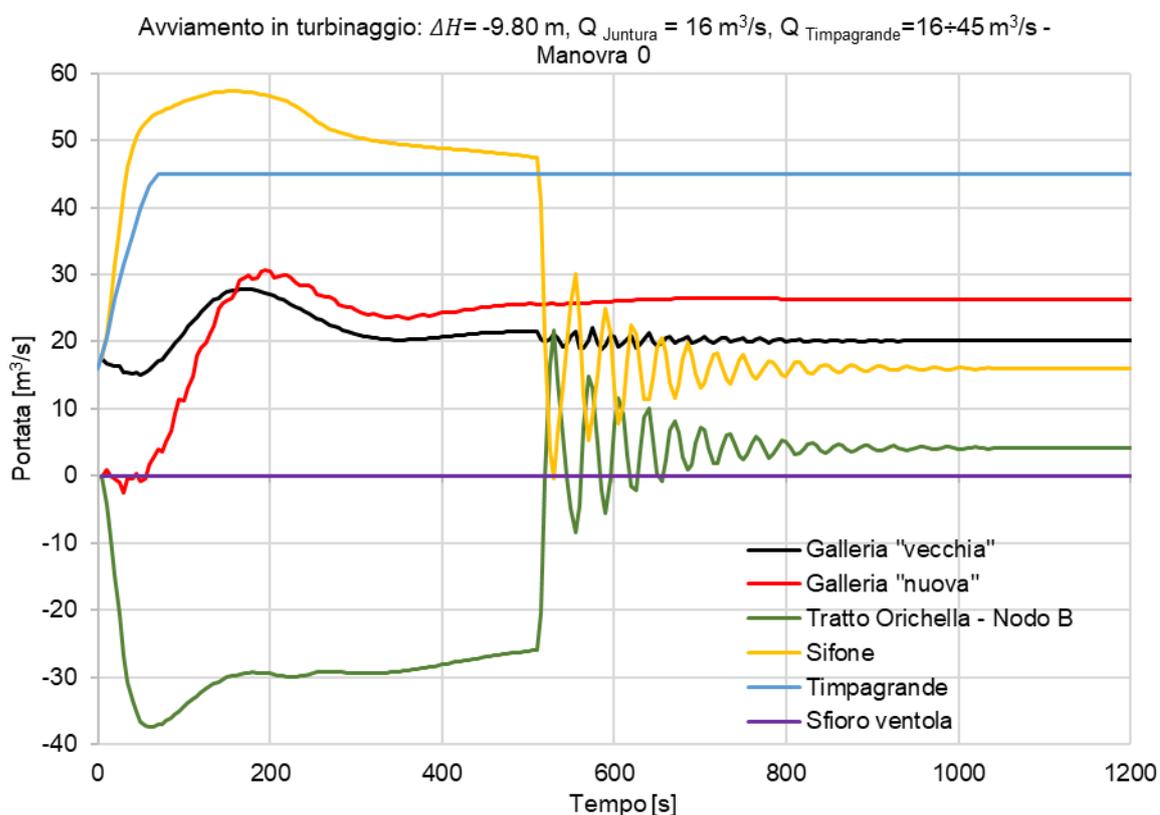


Figura 42: Avviamento in turbinaggio: Portata vs tempo – CASO B, Manovra 0.

Data la differenza di carico il sistema si equilibra lentamente ottenendo una risalita di ca. $14'800 \text{ m}^3$. in un tempo di 9 minuti.

La Manovra 1 consiste nell'apertura sequenziale delle valvole a farfalla nella "vecchia" e "nuova" galleria di derivazione. Dapprima si prevede di aprire la valvola a farfalla in progetto nella "nuova" derivazione ($t = 0 + 25$ s) mantenendo la valvola nella "vecchia" derivazione chiusa fintanto che la portata a Timpagrande e/o il livello nel canale di Juntura sono tali da non generare risalita. In questo caso è necessario attendere 3230 secondi per aprire la valvola nelle "vecchia" derivazione in un tempo di 70 secondi ($t=3230 + 70$ s).

Come mostrato in **Figura 43**, implementando tali aperture in serie, le velocità sono sempre positive e pertanto non si verificano risalite nelle gallerie a meno di un volume trascurabile nella “nuova” derivazione pari a ca. 35 m³.

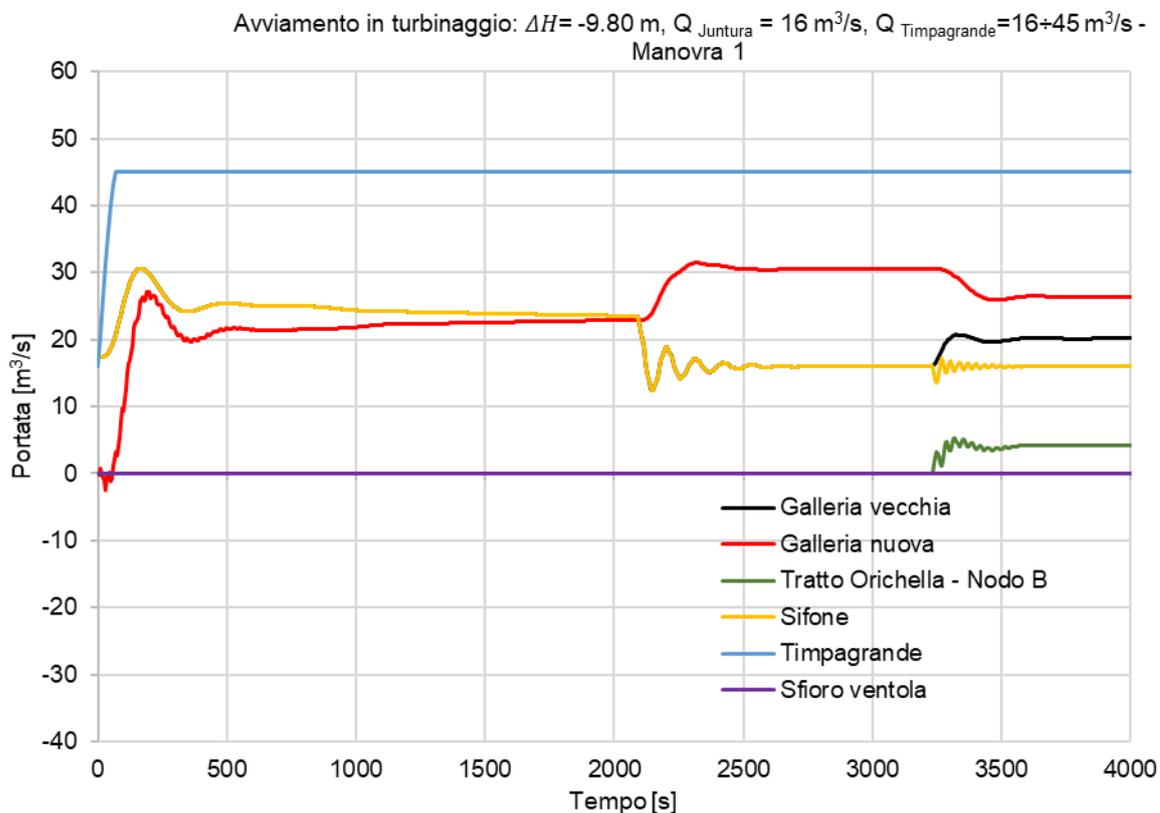


Figura 43: Avviamento in turbinaggio: Portata vs tempo – CASO B, Manovra 1.

In **Figura 44** e **Figura 45** si rappresentano rispettivamente l’andamento nel tratto verticale del sifone e nel canale di Juntura e il livello raggiunto all’interno del pozzo piezometrico.

Si spiega di seguito l’andamento all’interno tratto verticale del sifone a seguito della Manovra 1:

- **t = 0 s:** avviamento delle macchine a Timpagrande ($Q_{\text{Timpagrande}} = 16 \rightarrow 45$ m³/s) e apertura della valvola a farfalla nella galleria “nuova”. Il livello all’interno del canale di Juntura inizia ad abbassarsi perché la portata in ingresso ($Q = 16$ m³/s) è minore di quella in uscita (v. **Figura 43**).
- **t = 2100 s:** si raggiunge all’interno del canale di Juntura la quota di 793.25 m s.l.m. nella quale inizia il tratto verticale del sifone che si svuota rapidamente generando oscillazioni di massa.
- **t = 3230 s:** stabilizzazione oscillazioni di massa, raggiungimento dell’equilibrio ($Q_{\text{Juntura}} = 16$ m³/s) e apertura valvola a farfalla nella “nuova” galleria.

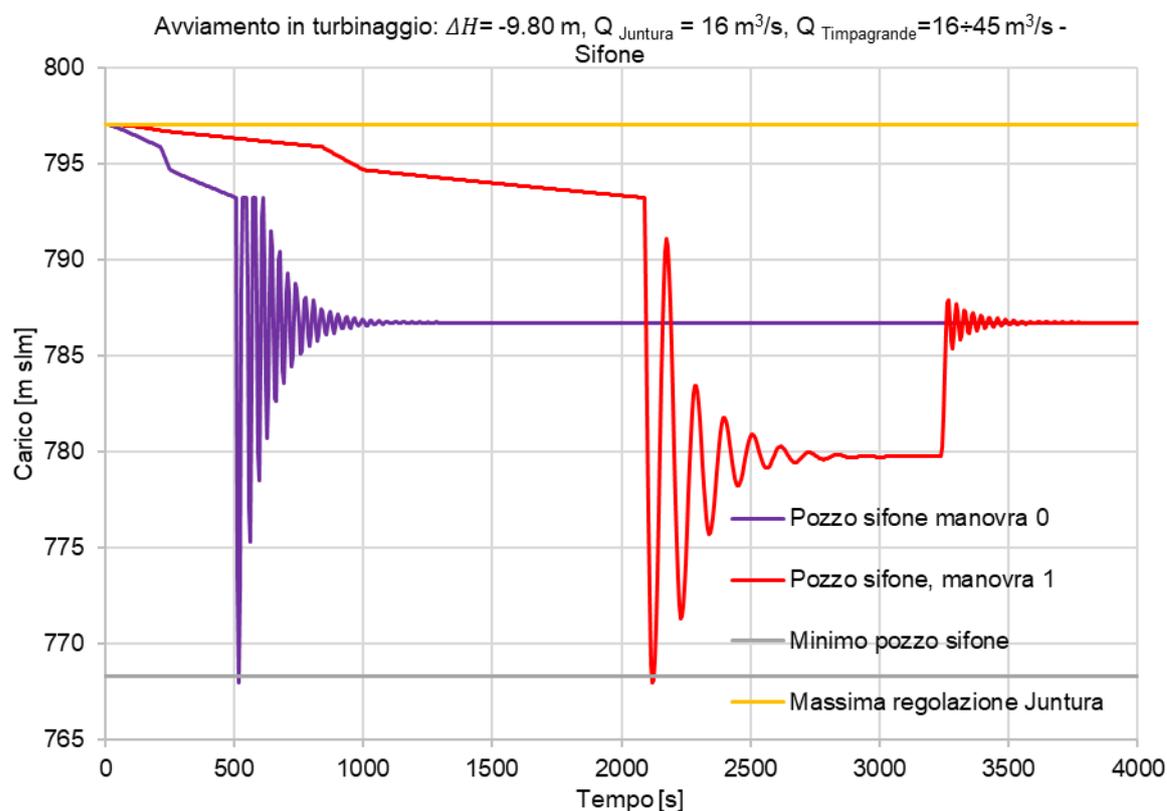


Figura 44: Avviamento in turbinaggio: Livello nel pozzo del sifone – CASO B, Manovra 0 e 1.

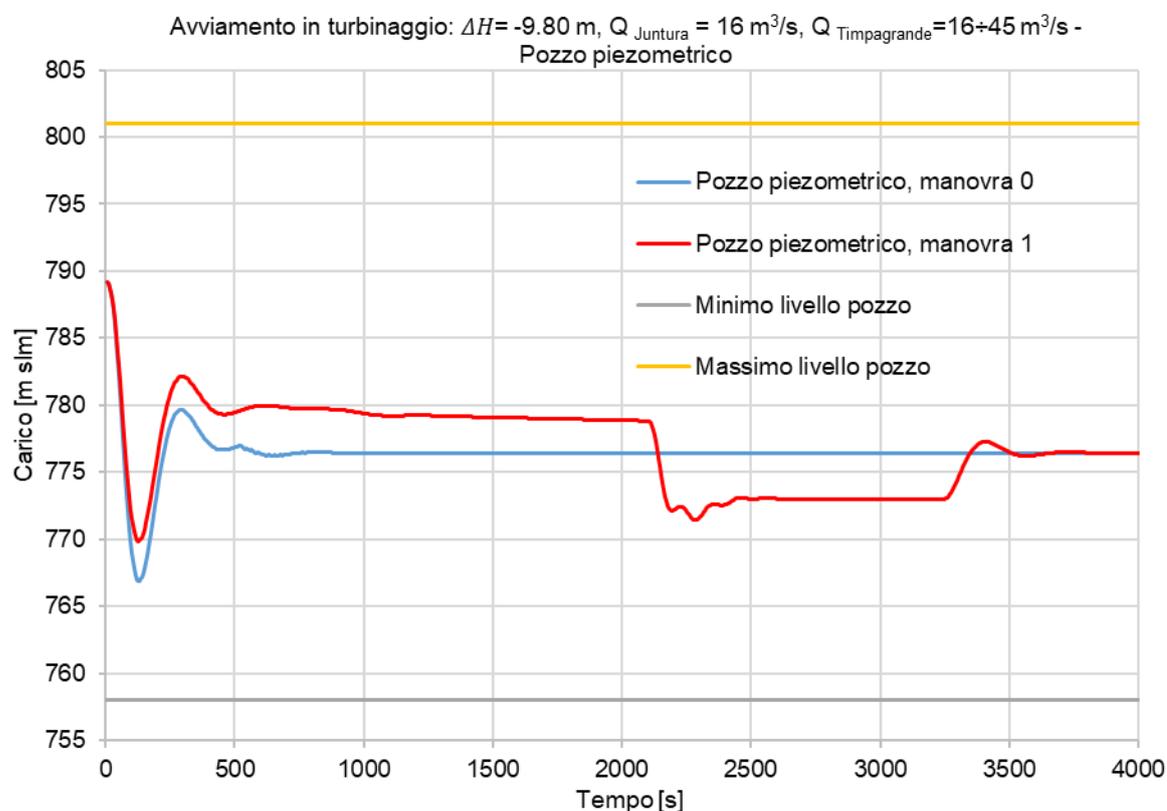


Figura 45: Avviamento in turbinaggio: Livello nel pozzo piezometrico – CASO B, Manovra 0 e 1.

Di seguito è rappresentato l'andamento delle pressioni per la Manovra 1, immediatamente a valle delle valvole in progetto, rispettivamente nella "nuova" e nella "vecchia" galleria di derivazione.

In **Figura 46** è possibile osservare un andamento oscillatorio inizialmente più pronunciato della valvole nella "nuova" derivazione rispetto alla "vecchia" derivazione dovuto alla differenza di carico tra monte e valle della valvola al momento di apertura della stessa.

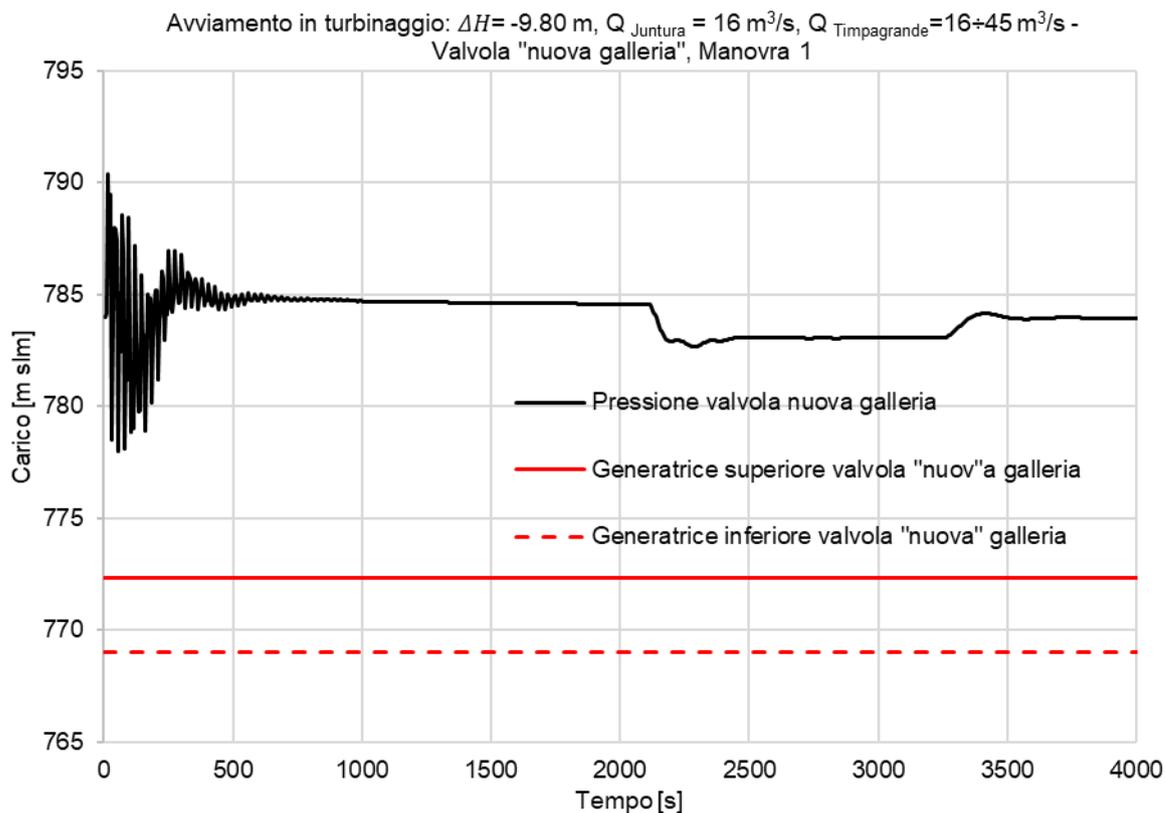


Figura 46: Avviamento in turbinaggio: Pressione a valle della valvola nella "nuova" galleria di derivazione – CASO B, Manovra 1.

In **Figura 47** si osserva che la pressione, immediatamente a valle della valvola in progetto nella "vecchia" derivazione, segue lo stesso andamento del livello nel canale di Juntura (a meno delle perdite di carico). All'istante $t = 2100$ s iniziano le oscillazioni di massa e la pressione si attesta attorno a un valore di 779 m s.l.m. mostrando che all'equilibrio sia nella valvola che nel nodo B (giunzione tra sifone e "vecchia" galleria di derivazione) le pressioni sono negative. Al momento di apertura della valvola nella "vecchia" derivazione si ristabilisce un carico di 786 m s.l.m. compatibile con il corretto funzionamento dell'impianto.

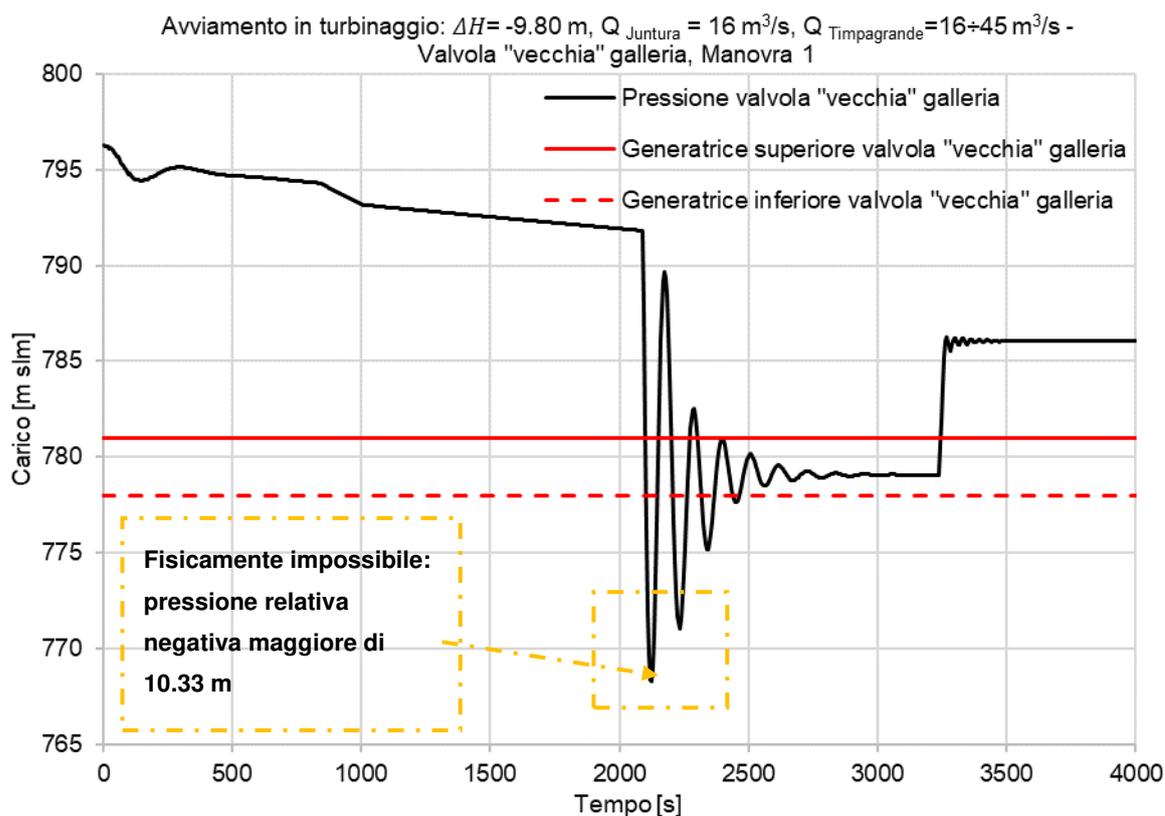


Figura 47: Avviamento in turbinaggio: Pressione a valle della valvola nella “vecchia” galleria di derivazione – CASO B, Manovra 1.

Si sottolinea che la piezometrica relativa (rappresentata dalla linea nera in figura) non può fisicamente essere al di sotto dell’estradosso della condotta per una altezza superiore ai 10.33 m (a meno dell’installazione di valvole d’aria; tema discusso più approfonditamente nel seguito).

Si conclude che la Manovra 1 non è compatibile con il corretto funzionamento dell’impianto ma è utilizzata solo ai fini conoscitivi del sistema e pertanto, come specificato nel seguito, non verrà attuata al momento di gestire l’impianto.

Caso C

Il Caso C prevede di completare la manovra di avviamento delle macchine a Timpagrande nell’eventualità in cui l’impianto sia già in funzione e stia turbinando (con uno o più gruppi dedicati) le portate provenienti dal canale di Juntura. L’inclusione degli invasi di Orichella e Migliarite avviene a seguito dell’apertura delle valvole (inizialmente chiuse) sulla “vecchia” e “nuova” derivazione. I tempi di apertura delle valvole sono stati fatti variare con lo scopo di verificare eventuali fenomeni di risalita d’acqua dal canale di Juntura verso gli invasi di Orichella e Migliarite così come ingressi d’aria nel sistema in corrispondenza del tratto verticale del sifone.

Per il Caso C sono state analizzate n. 2 manovre (Manovra 0 e Manovra 1) considerando le seguenti condizioni al contorno:

- $H_{\text{Orichella}} = 795.90$ m s.l.m.

- H Migliarite = 786.10 m s.l.m.
- H Juntura = 797.05 m s.l.m.
- Q Juntura = 16 m³/s
- Q Timpagrande = 16→45 m³/s

La Manovra 0 consiste nell'apertura contemporanea delle valvole a farfalla nella "vecchia" e "nuova" derivazione in un tempo $t = 25$ s.

Come mostrato in **Figura 48** la Manovra 0 determina, per i primi 60 secondi circa, la risalita d'acqua nel tratto Orichella-Nodo B, ossia il primo tratto della "vecchia" galleria di derivazione (v. schema in **Figura 33**).

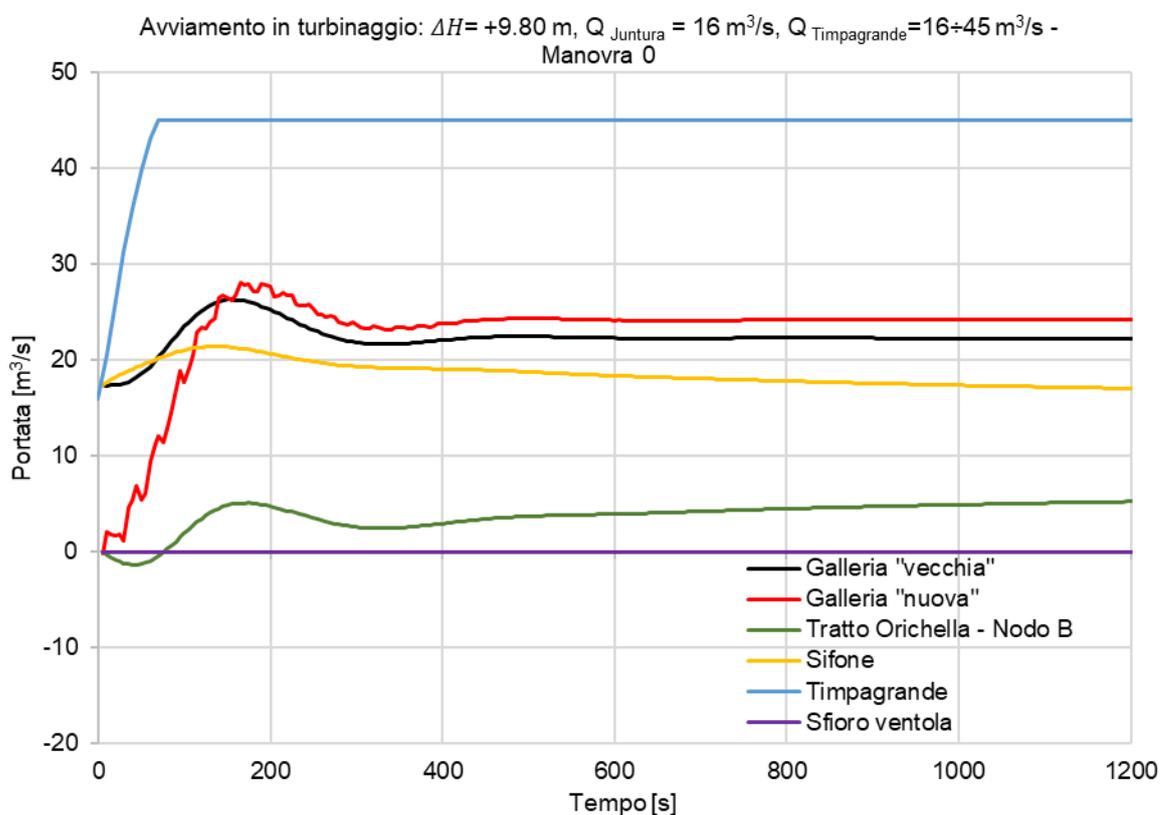


Figura 48: Avviamento in turbinaggio: Portata vs tempo – CASO C, Manovra 0.

La risalita delle acque verso l'invaso di Orichella passando per la "vecchia" derivazione è dovuta al fatto che il livello nel canale di Juntura (797.05 m s.l.m.) è leggermente maggiore rispetto a Orichella (795.90 m s.l.m.). Secondo quanto deducibile dalle simulazioni in moto permanente si avrà risalita di acqua proveniente da Juntura nella galleria "vecchia" fintanto che a Timpagrande non si raggiunge una portata di 37 m³/s e/o nel canale di Juntura un livello di 796.90 m s.l.m.

Data la piccola differenza di carico tra Orichella e Juntura il sistema si equilibra rapidamente con una risalita di ca. 61 m³.

La Manovra 1 consiste nell'apertura sequenziale delle valvole a farfalla nella "vecchia" e "nuova" galleria di derivazione. Dapprima si prevede di aprire la valvola a farfalla in progetto nella "nuova" derivazione ($t = 25$ s) mantenendo la valvola nella "vecchia" derivazione chiusa fintanto che la portata a Timpagrande e/o il livello nel canale di Juntura sono tali da non generare risalita. In questo caso è sufficiente attendere 60 secondi per aprire la valvola nella "vecchia" derivazione in un tempo di 70 secondi ($t=60 + 70$ s).

Come mostrato in **Figura 49**, implementando tali aperture in serie, le velocità sono sempre positive e pertanto non si verificano risalite nelle gallerie.

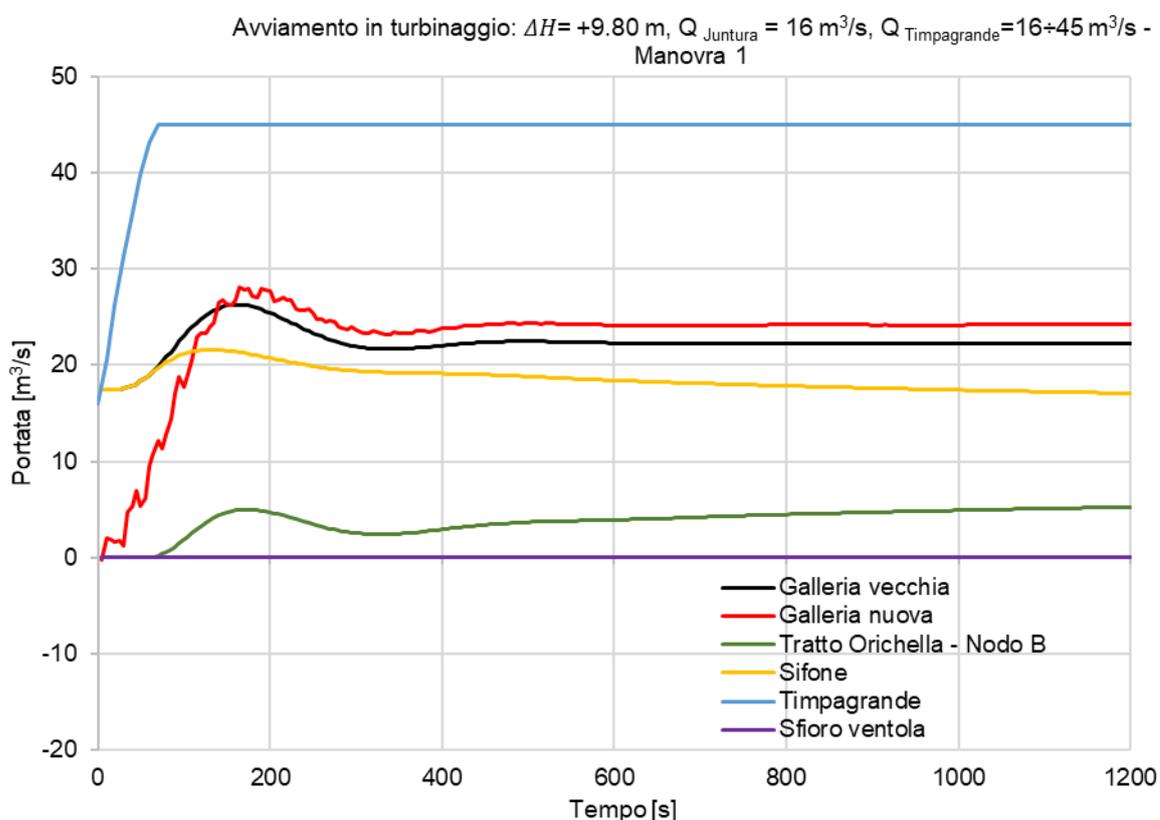


Figura 49: Avviamento in turbinaggio: Portata vs tempo – CASO C, Manovra 1.

In **Figura 50** e **Figura 51** si rappresentano rispettivamente l'andamento nel tratto verticale del sifone e nel canale di Juntura e il livello raggiunto all'interno del pozzo piezometrico.

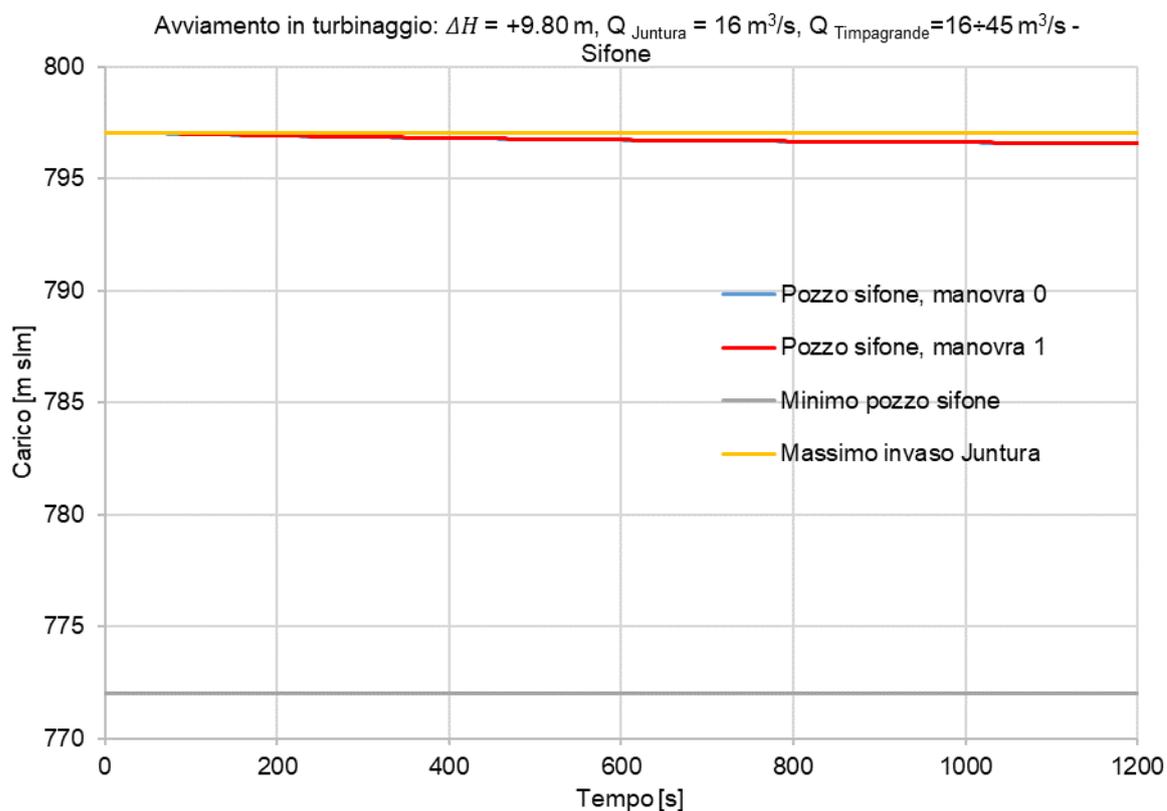


Figura 50: Avviamento in turbinaggio: Livello nel pozzo del sifone – CASO C, Manovra 0 e 1.

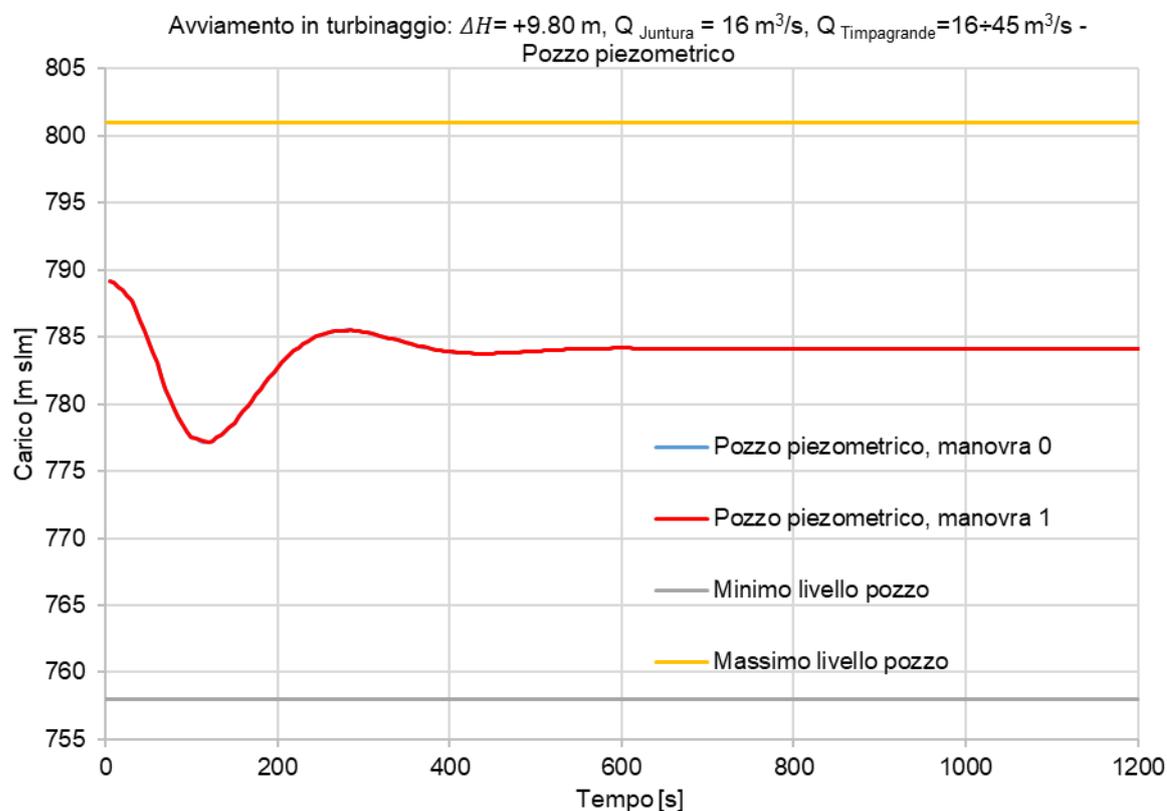


Figura 51: Avviamento in turbinaggio: Livello nel pozzo piezometrico – CASO C, Manovra 0 e 1.

In **Figura 52** e **Figura 53** si rappresentano l'andamento delle pressioni per la Manovra 1 immediatamente a valle della valvola in progetto rispettivamente nella "nuova" e nella "vecchia" galleria di derivazione. Nel primo caso è possibile osservare un andamento oscillatorio più pronunciato dovuto alla differenza di carico tra monte e valle della valvola al momento di apertura della stessa.

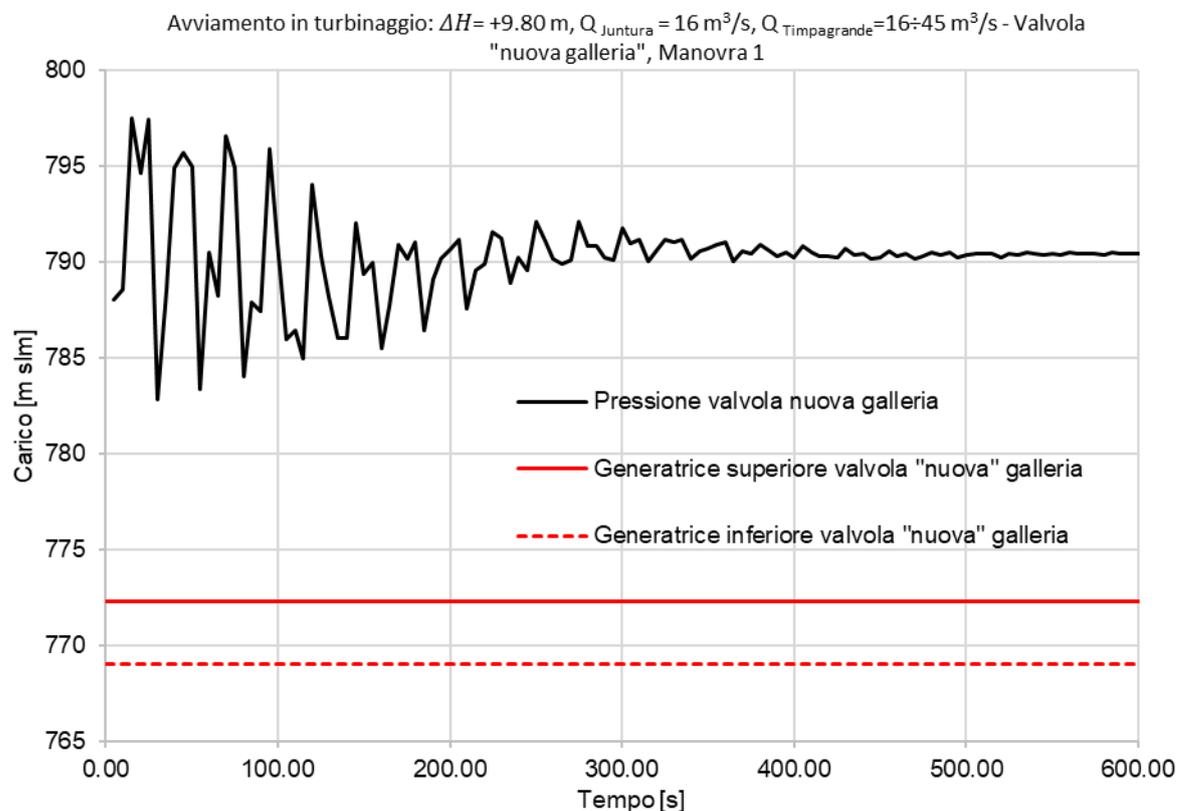


Figura 52: Avviamento in turbinaggio: Pressione a valle della valvola nella "nuova" galleria di derivazione – CASO C, Manovra 1.

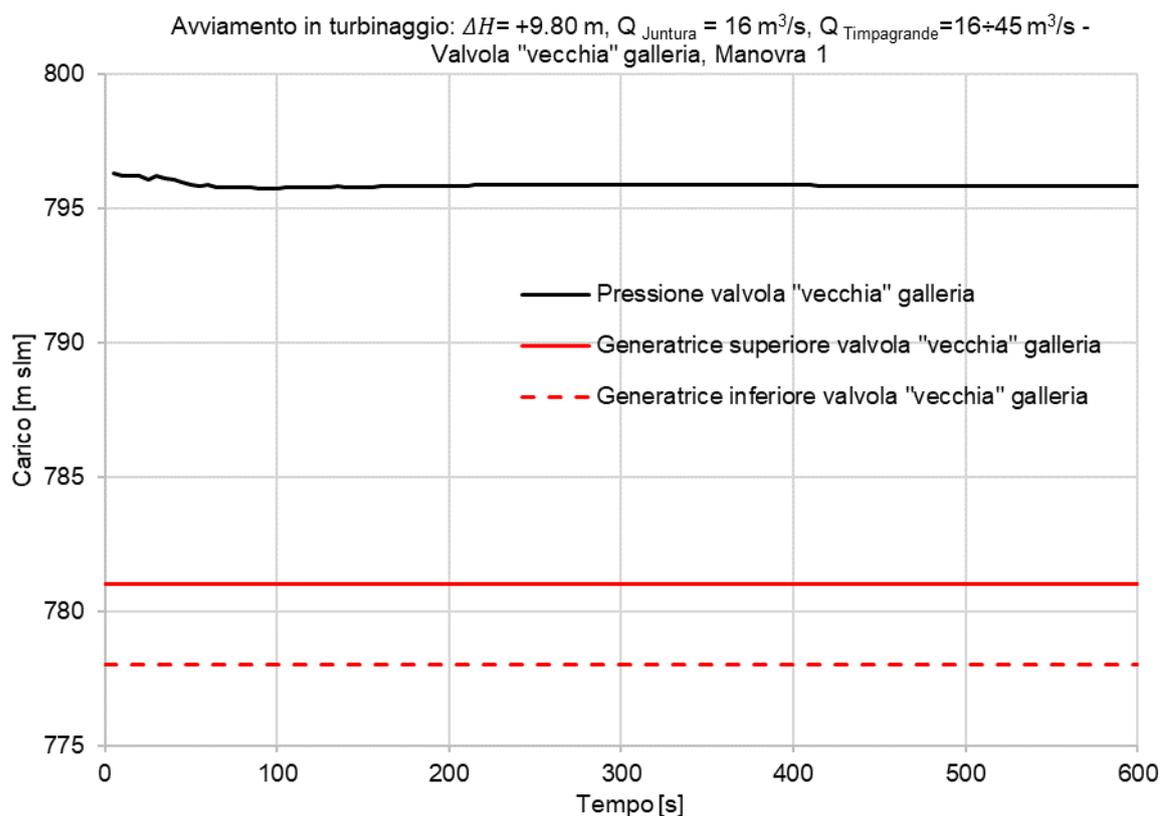


Figura 53: Avviamento in turbinaggio: Pressione a valle della valvola nella "vecchia" galleria di derivazione – CASO C, Manovra 1.

Caso D

Il Caso D prevede di completare la manovra di avviamento delle macchine a Timpagrande nell'eventualità in cui l'impianto sia già in funzione e stia turbinando (con uno o più gruppi dedicati) le portate provenienti dal canale di Juntura. L'inclusione degli invasi di Orichella e Migliarite avviene a seguito dell'apertura delle valvole (inizialmente chiuse) sulla "vecchia" e "nuova" derivazione. I tempi di apertura delle valvole sono stati fatti variare con lo scopo di verificare eventuali fenomeni di risalita d'acqua dal canale di Juntura verso gli invasi di Orichella e Migliarite così come ingressi d'aria nel sistema in corrispondenza del tratto verticale del sifone.

Per il Caso D sono state analizzate n. 2 manovre (Manovra 0 e Manovra 1) considerando le seguenti condizioni al contorno:

- H Orichella = 786.10 m s.l.m.
- H Migliarite = 786.10 m s.l.m.
- H Juntura = 797.05 m s.l.m.
- $Q_{\text{Juntura}} = 16$ m³/s
- $Q_{\text{Timpagrande}} = 16 \rightarrow 45$ m³/s

La Manovra 0 consiste nell'apertura contemporanea delle valvole a farfalla nella "vecchia" e "nuova" derivazione in un tempo $t = 25$ s.

Come mostrato in **Figura 54** la Manovra 0 determina, per i primi 510 secondi circa, la risalita d'acqua nel tratto Orichella-Nodo B, ossia il primo tratto della "vecchia" galleria di derivazione (v. schema in **Figura 33**).

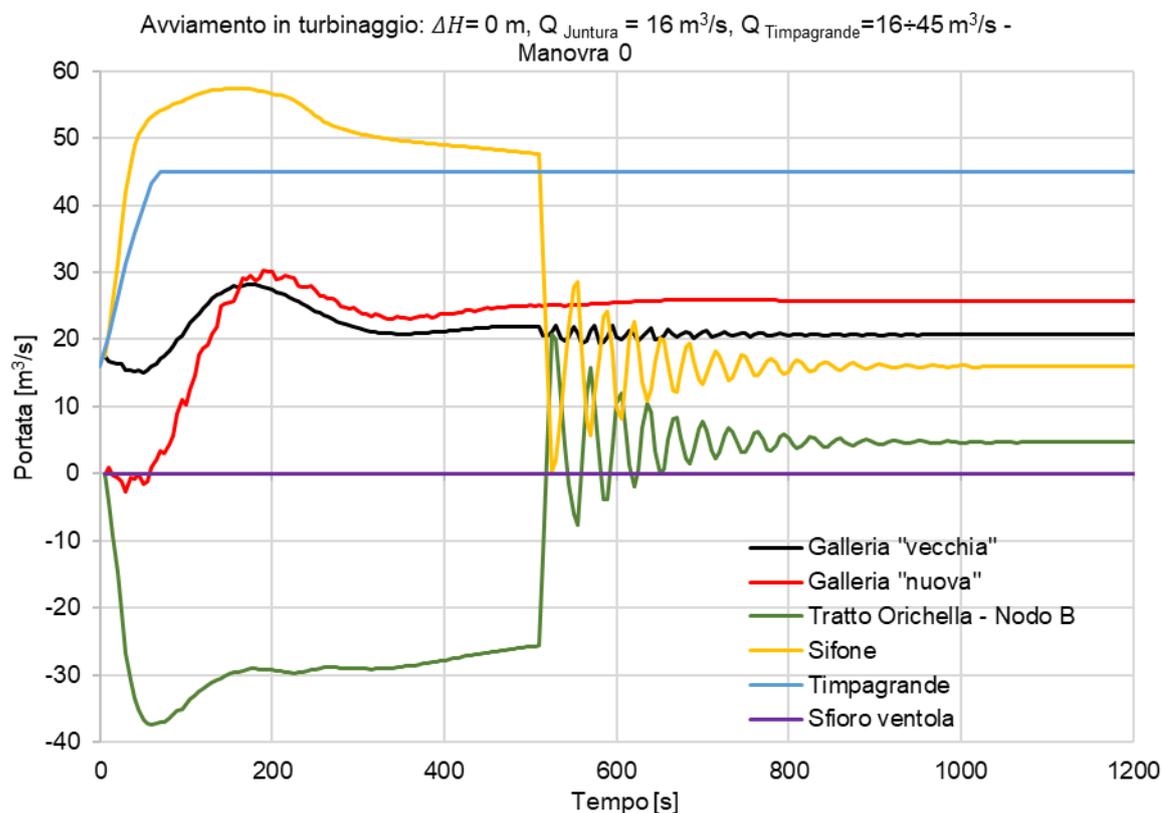


Figura 54: Avviamento in turbinaggio: Portata vs tempo – CASO D, Manovra 0.

La risalita delle acque verso l'invaso di Orichella passando per la "vecchia" derivazione è dovuta al fatto che il livello nel canale di Juntura (797.05 m s.l.m.) è maggiore rispetto a Orichella e Migliarite (786.10 m s.l.m.), entrambi alla quota di minimo invaso. Lo scenario scelto rappresenta pertanto, per $\Delta H_{OM} = 0$ m, la condizione più critica, infatti, indipendentemente dalla portata a Timpagrande, si avrà risalita di acqua proveniente da Juntura nella galleria "vecchia" fintanto che a Juntura non si raggiunge un livello nel canale di 787.11 m s.l.m.

Data la differenza di carico (massima) il sistema si equilibra lentamente ottenendo una risalita da Juntura a Orichella di ca. $14'700 \text{ m}^3$. in un tempo di 9 minuti.

La Manovra 1 consiste nell'apertura sequenziale delle valvole a farfalla nella "vecchia" e "nuova" galleria di derivazione. Dapprima si prevede di aprire la valvola a farfalla in progetto nella "nuova" derivazione ($t = 0 + 25$ s) mantenendo la valvola nella "vecchia" derivazione chiusa fintanto che la portata a Timpagrande e/o il livello nel canale di Juntura sono tali da non generare risalita. In questo caso è necessario attendere 3230 secondi per aprire la valvola nelle "vecchia" derivazione in un tempo di 70 secondi ($t = 3230 + 70$ s).

Come mostrato in **Figura 55**, implementando tali aperture in serie, le velocità sono sempre positive e pertanto non si verificano risalite nelle gallerie a meno di volume trascurabile nella “nuova” derivazione pari a ca. 35 m³.

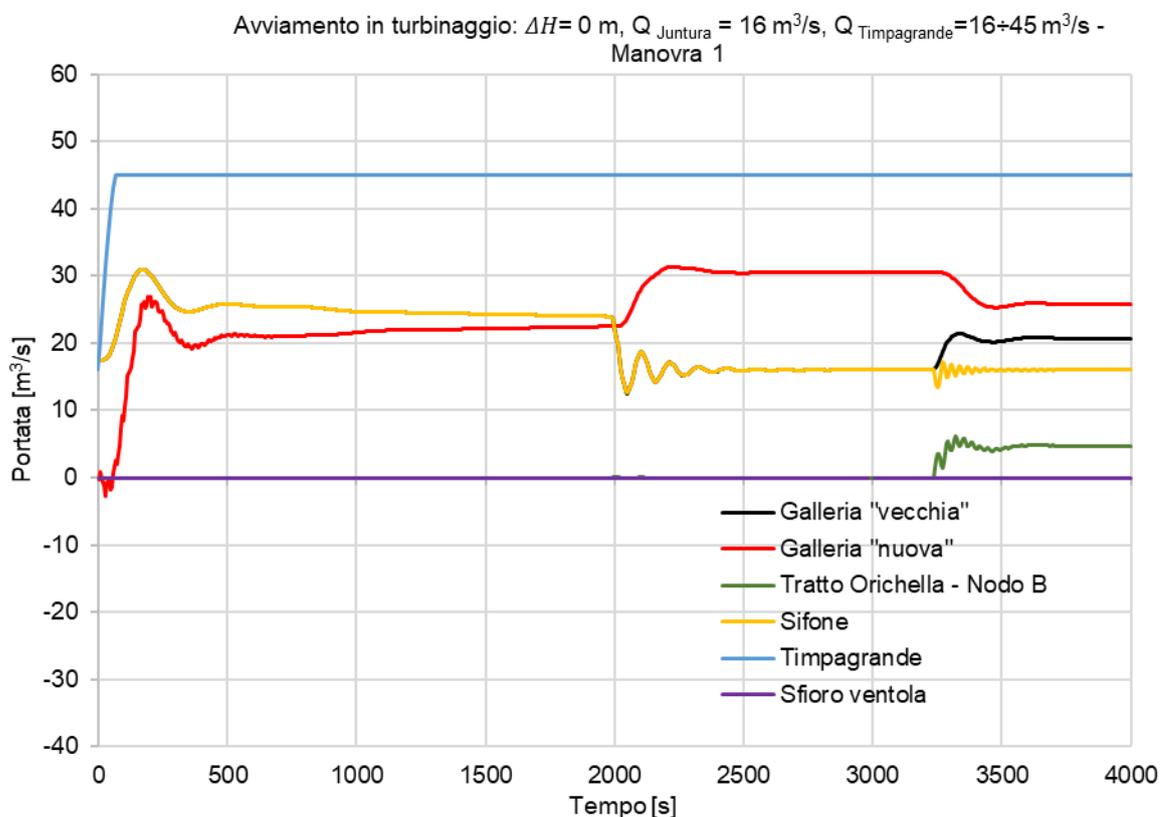


Figura 55: Avviamento in turbinaggio: Portata vs tempo – CASO D, Manovra 1.

In **Figura 56** e **Figura 57** si rappresentano rispettivamente l’andamento nel tratto verticale del sifone e nel canale di Juntura e il livello raggiunto all’interno del pozzo piezometrico.

Si spiega di seguito l’andamento all’interno tratto verticale del sifone a seguito della Manovra 1:

- **t = 0 s:** avviamento delle macchine a Timpagrande ($Q_{\text{Timpagrande}} = 16 \rightarrow 45 \text{ m}^3/\text{s}$) e apertura della valvola a farfalla nella galleria “nuova”. Il livello all’interno del canale di Juntura inizia ad abbassarsi perché la portata in ingresso ($Q = 16 \text{ m}^3/\text{s}$) è minore di quella in uscita (v. **Figura 43**).
- **t = 2000 s:** si raggiunge all’interno del canale di Juntura la quota di 793.25 m s.l.m. nella quale inizia il tratto verticale del sifone che si svuota rapidamente generando oscillazioni di massa.
- **t = 3230 s:** stabilizzazione oscillazioni di massa e raggiungimento dell’equilibrio ($Q_{\text{Juntura}} = 16 \text{ m}^3/\text{s}$) e apertura valvola a farfalla nella “nuova” galleria.

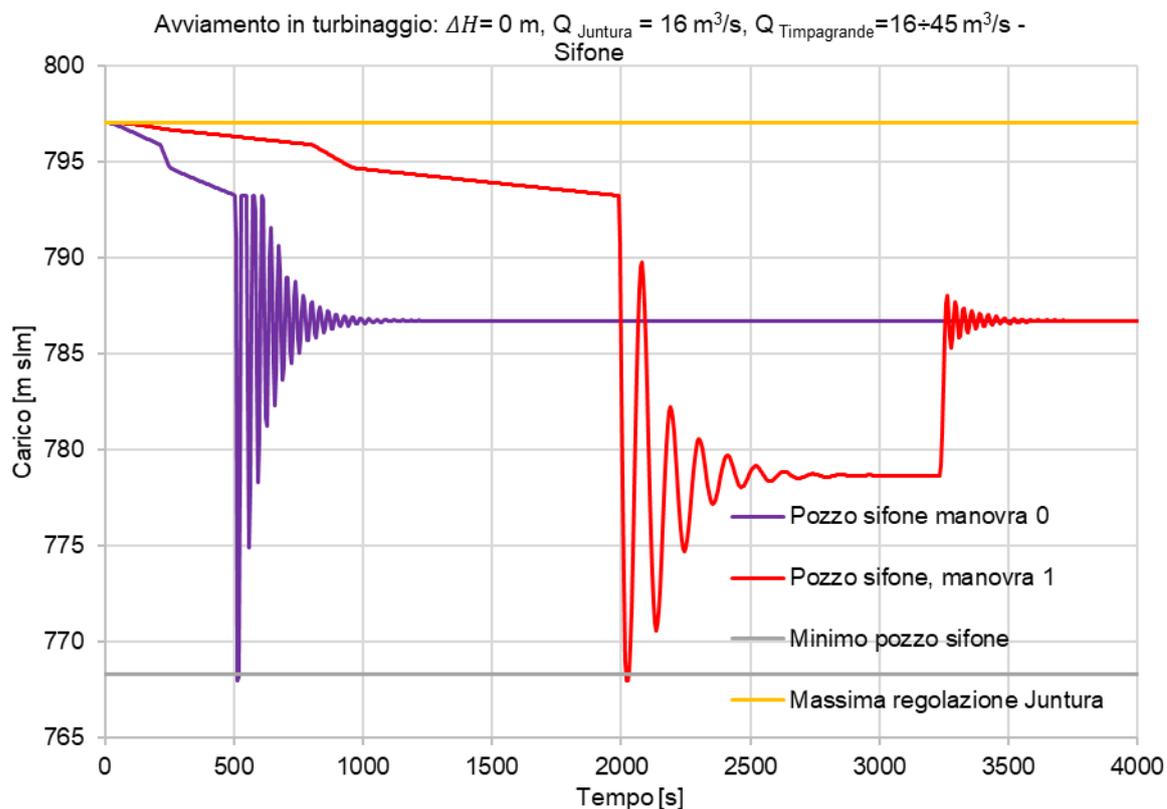


Figura 56: Avviamento in turbinaggio: Livello nel pozzo del sifone – CASO D, Manovra 0 e 1.

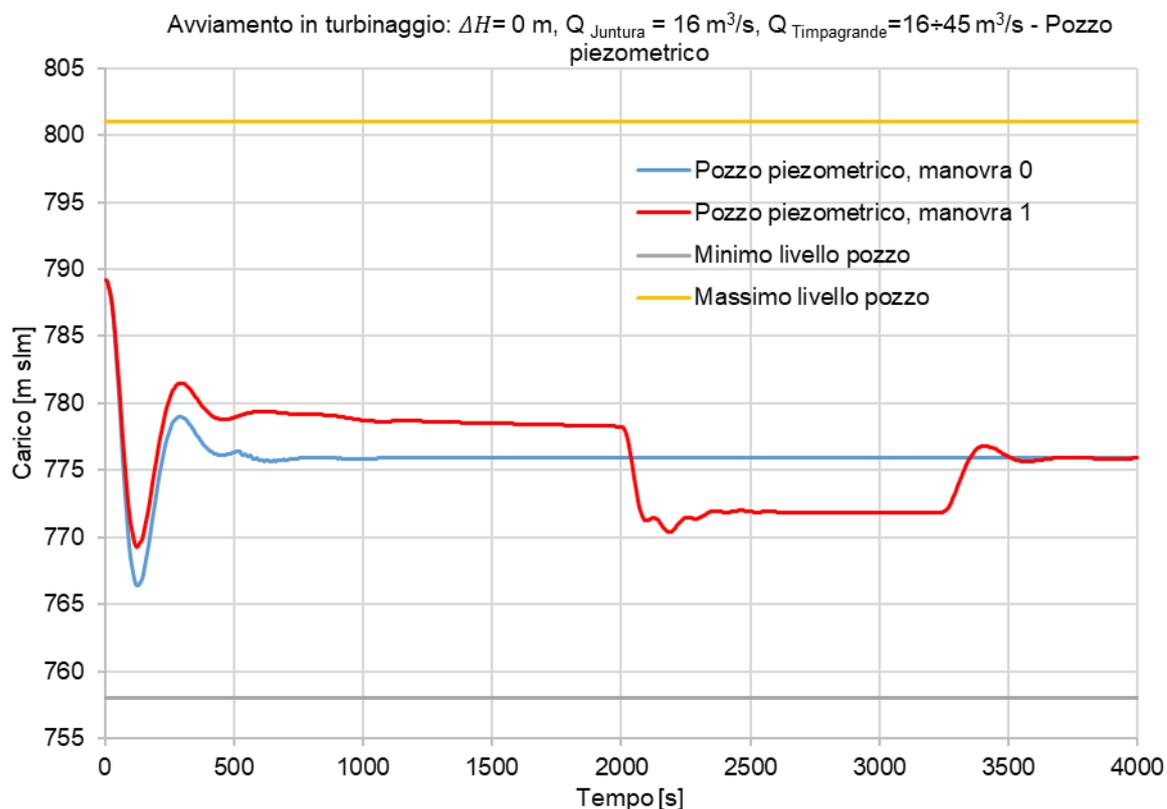


Figura 57: Avviamento in turbinaggio: Livello nel pozzo piezometrico – CASO D, Manovra 0 e 1.

In **Figura 58** e **Figura 59** e si rappresentano l'andamento delle pressioni per la Manovra 1, immediatamente a valle della valvola in progetto, rispettivamente nella "nuova" e nella "vecchia" galleria di derivazione.

In **Figura 58** è possibile osservare un andamento oscillatorio inizialmente più pronunciato dovuto alla differenza di carico tra monte e valle della valvola al momento di apertura della stessa.

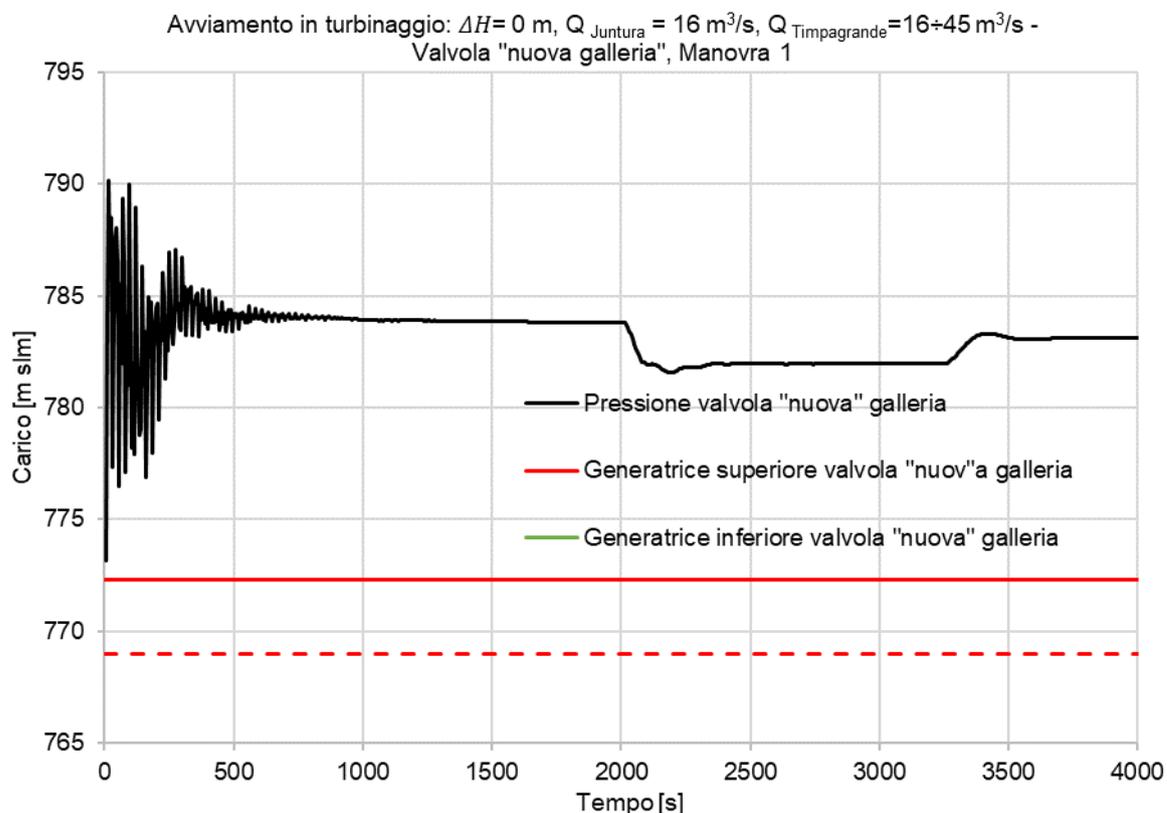


Figura 58: Avviamento in turbinaggio: Pressione a valle della valvola nella "nuova" galleria di derivazione – CASO D, Manovra 1.

In **Figura 59** si osserva che la pressione, immediatamente a valle della valvola in progetto nella "vecchia" derivazione, segue lo stesso andamento del livello nel canale di Juntura (a meno delle perdite di carico). All'istante $t = 2000$ s iniziano le oscillazioni di massa e la pressione si attesta attorno a un valore di 778 m s.l.m. mostrando che all'equilibrio sia nella valvola che nel nodo B (giunzione tra sifone e "vecchia" galleria di derivazione) le pressioni sono negative. Al momento di apertura della valvola nella "vecchia" derivazione si ristabilisce un carico di 786 m s.l.m. compatibile con il funzionamento della valvola.

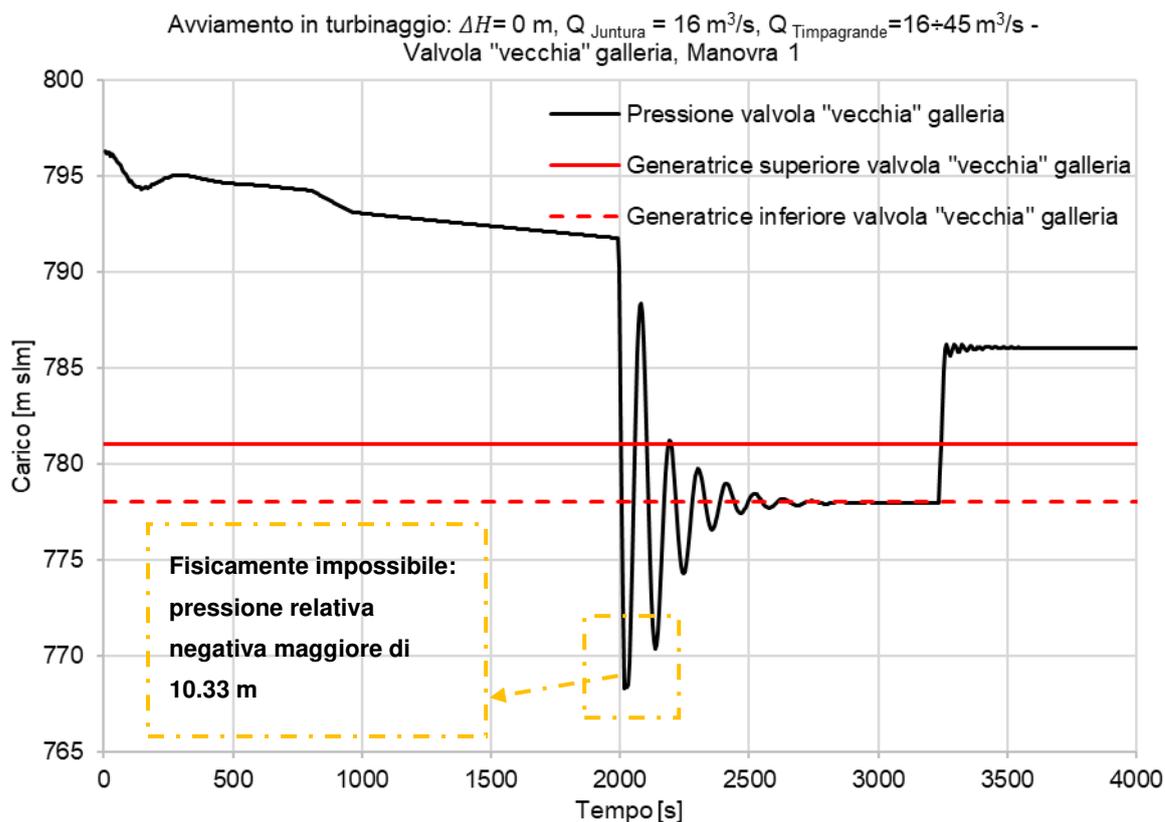


Figura 59: Avviamento in turbinaggio: Pressione a valle della valvola nella “vecchia” galleria di derivazione – CASO D, Manovra 1.

Si sottolinea (identicamente al Caso B - Manovra 1) che la piezometrica relativa (rappresentata dalla linea nera in figura) non può fisicamente essere al di sotto dell’estradosso della condotta per una altezza superiore ai 10.33 m (a meno dell’installazione di valvole d’aria; tema discusso più approfonditamente nel seguito).

Si conclude pertanto che la Manovra 1 non è compatibile con il corretto funzionamento dell’impianto ma è utilizzata solo ai fini conoscitivi del sistema e pertanto, come specificato nel seguito, non verrà attuata al momento di gestire l’impianto.

Caso E

Il Caso E prevede di eseguire la manovra di avviamento delle macchine a Timpagrande nell’eventualità in cui l’impianto sia fermo. Si simula l’apertura delle valvole (inizialmente chiuse) sulla “vecchia” e “nuova” derivazione e si considera la valvola in progetto sul sifone inizialmente aperta. I tempi di apertura delle valvole sono stati fatti variare con lo scopo di verificare eventuali fenomeni di risalita d’acqua dal canale di Juntura verso gli invasi di Orichella e Migliarite così come ingressi d’aria nel sistema in corrispondenza del tratto verticale del sifone.

Per il Caso E sono state analizzate n. 2 manovre (Manovra 0 e Manovra 1) considerando le seguenti condizioni al contorno:

- $H_{\text{Orichella}} = 786.10 \text{ m s.l.m.}$

- H Migliarite = 786.10 m s.l.m.
- H Juntura = 797.05 m s.l.m.
- Q Juntura = 0 → 16 m³/s
- Q Timpagrande = 0 → 45 m³/s

La Manovra 0 consiste nell'apertura contemporanea delle valvole a farfalla nella "vecchia" e "nuova" derivazione in un tempo $t = 25$ s.

Come mostrato in **Figura 60** la Manovra 0 determina, per i primi 530 secondi circa, la risalita d'acqua nel tratto Orichella-Nodo B, ossia il primo tratto della "vecchia" galleria di derivazione (v. schema in **Figura 33**).

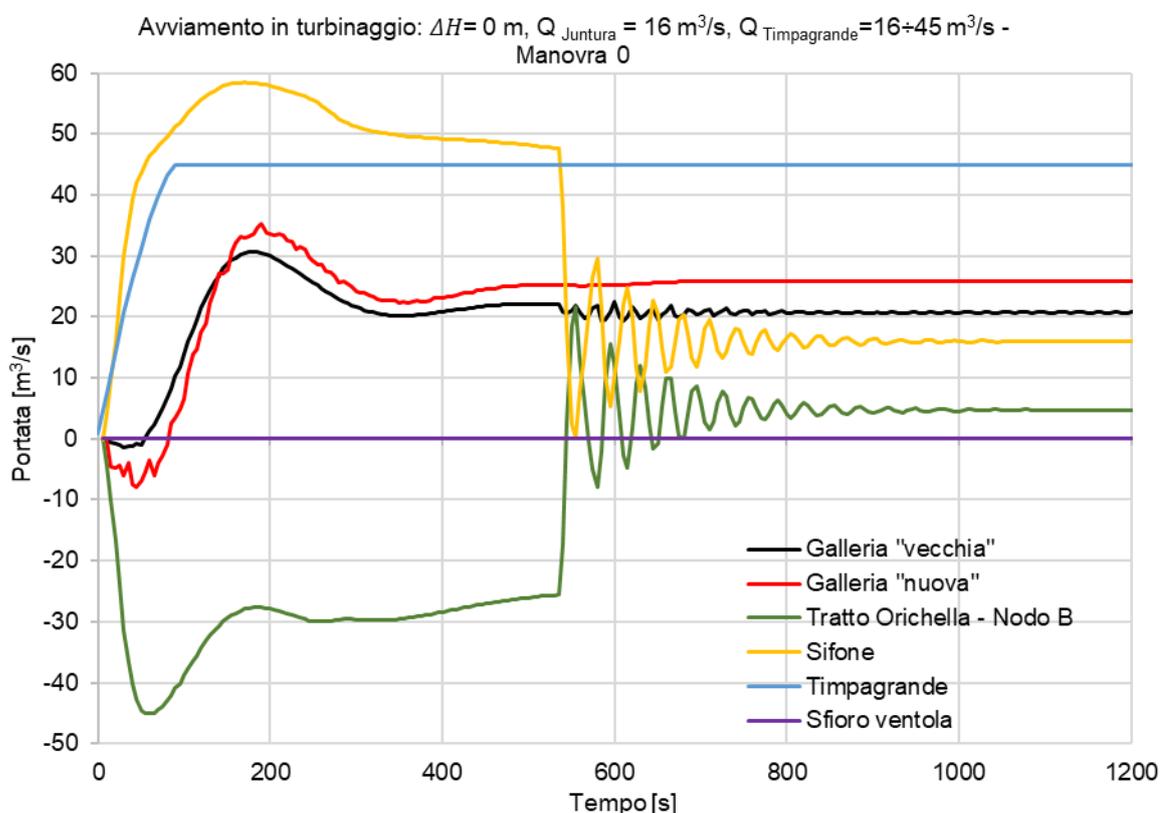


Figura 60: Avviamento in turbinaggio: Portata vs tempo – CASO E, Manovra 0.

La risalita delle acque verso l'invaso di Orichella passando per la "vecchia" derivazione è dovuta al fatto che il livello nel canale di Juntura (797.05 m s.l.m.) è maggiore rispetto a Orichella e Migliarite (786.10 m s.l.m.), entrambi alla quota di minimo invasivo.

Lo scenario si configura come il più critico in termini generali per quanto riguarda la risalita d'acqua agli invasi di Orichella e Migliarite attraverso la "nuova" derivazione. Infatti, al momento di avviare l'impianto, il pozzo piezometrico si trova allo stesso livello statico del canale di Juntura (797.05 m s.l.m.). Si avrà inoltre risalita di acqua proveniente da Juntura nella galleria "vecchia" fintanto che a Juntura non si raggiunge l'equilibrio.

Data la differenza di carico (massima) il sistema si equilibra lentamente ottenendo una risalita da Juntura a Orichella di ca. 15'900 m³. in un tempo di 9 minuti e dal pozzo piezometrico verso Orichella e Migliarite di ca. 340 m³.

La Manovra 1 consiste nell'apertura sequenziale delle valvole a farfalla nella "vecchia" e "nuova" galleria di derivazione. Dapprima si prevede di aprire la valvola a farfalla in progetto nella "nuova" derivazione ($t = 0 + 25$ s) mantenendo la valvola nella "vecchia" derivazione chiusa fintanto che la portata a Timpagrande e/o il livello nel canale di Juntura sono tali da non generare risalita. In questo caso è necessario attendere 3230 secondi per aprire la valvola nelle "vecchia" derivazione in un tempo di 70 secondi ($t = 3230 + 70$ s).

Come mostrato in **Figura 55**, implementando tali aperture in serie, le velocità sono sempre positive e pertanto non si verificano risalite nella galleria "vecchia". Come per la Manovra 0 lo scenario si configura come il più critico in termini generali per quanto riguarda la risalita d'acqua agli invasi di Orichella e Migliarite attraverso la "nuova" derivazione. Infatti, al momento di avviare l'impianto, il pozzo piezometrico si trova allo stesso livello statico del canale di Juntura (797.05 m s.l.m.) e determina una risalita d'acqua negli invasi passando per la "nuova" derivazione pari a ca. 375 m³.

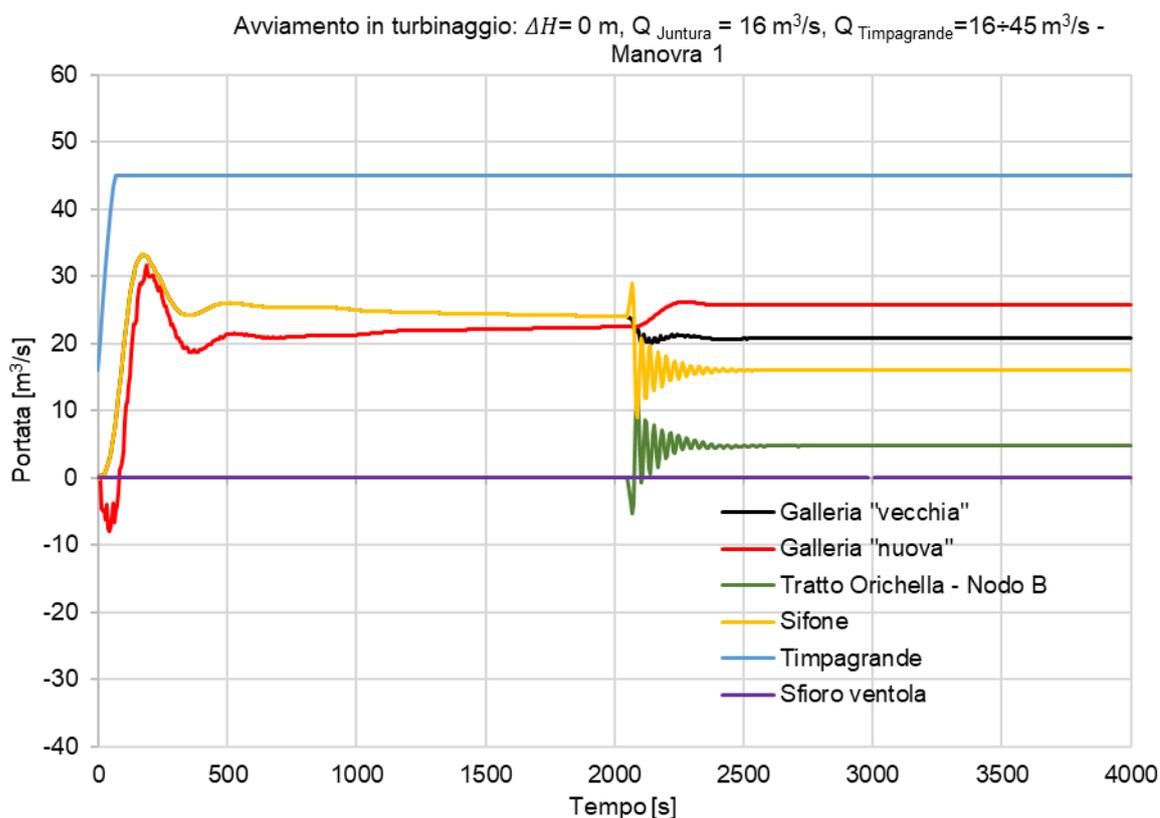


Figura 61: Avviamento in turbinaggio: Portata vs tempo – CASO E, Manovra 1.

In **Figura 62** e **Figura 63** si rappresentano rispettivamente l'andamento nel tratto verticale del sifone e nel canale di Juntura e il livello raggiunto all'interno del pozzo piezometrico.

Si spiega di seguito l'andamento all'interno tratto verticale del sifone a seguito della Manovra 1:

- **t = 0 s**: avviamento delle macchine a Timpagrande ($Q_{\text{Timpagrande}} = 0+45 \text{ m}^3/\text{s}$) e apertura della valvola a farfalla nella galleria “nuova”. Il livello all’interno del canale di Juntura inizia ad abbassarsi perché la portata in ingresso ($Q = 16 \text{ m}^3/\text{s}$) è minore di quella in uscita (v. **Figura 43**).
- **t = 2000 s**: si raggiunge all’interno del canale di Juntura la quota di 793.25 m s.l.m. nella quale inizia il tratto verticale del sifone che si svuota rapidamente generando oscillazioni di massa.
- **t = 3230 s**: stabilizzazione oscillazioni di massa e raggiungimento dell’equilibrio ($Q_{\text{Juntura}} = 16 \text{ m}^3/\text{s}$) e apertura valvola a farfalla nella “vecchia” galleria.

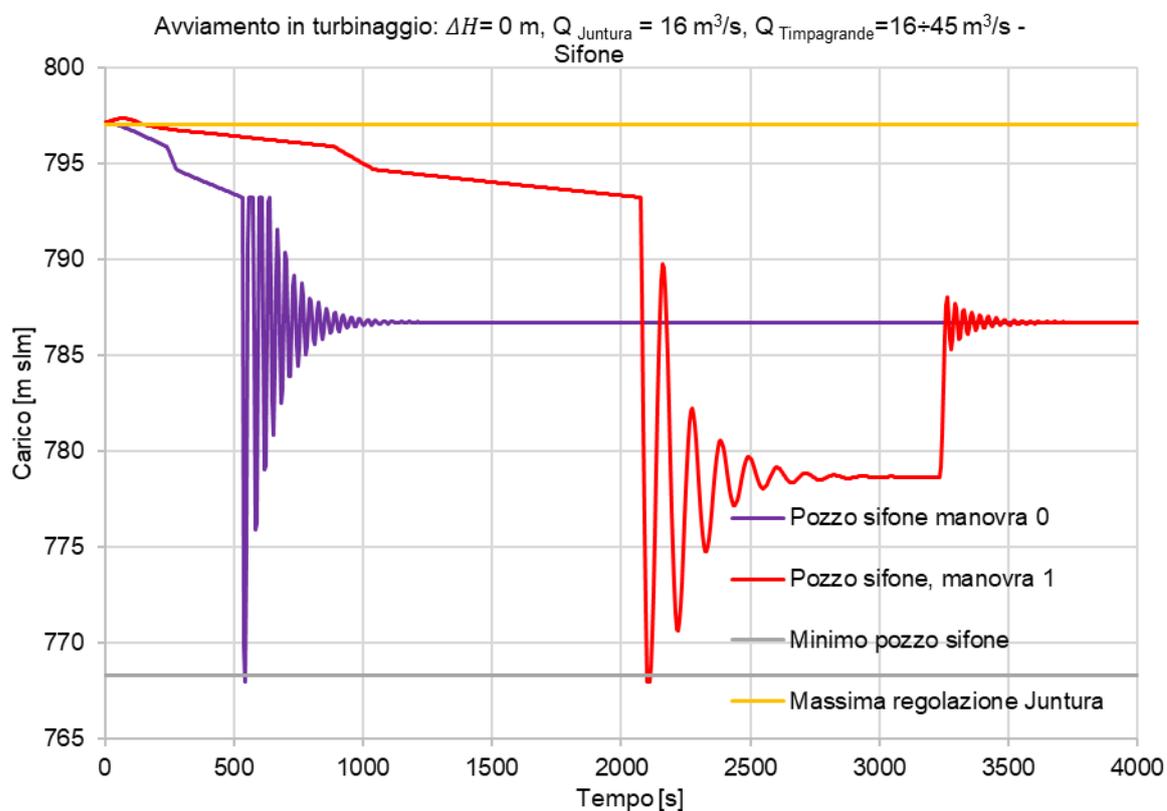


Figura 62: Avviamento in turbinaggio: Livello nel pozzo del sifone – CASO E, Manovra 0 e 1.

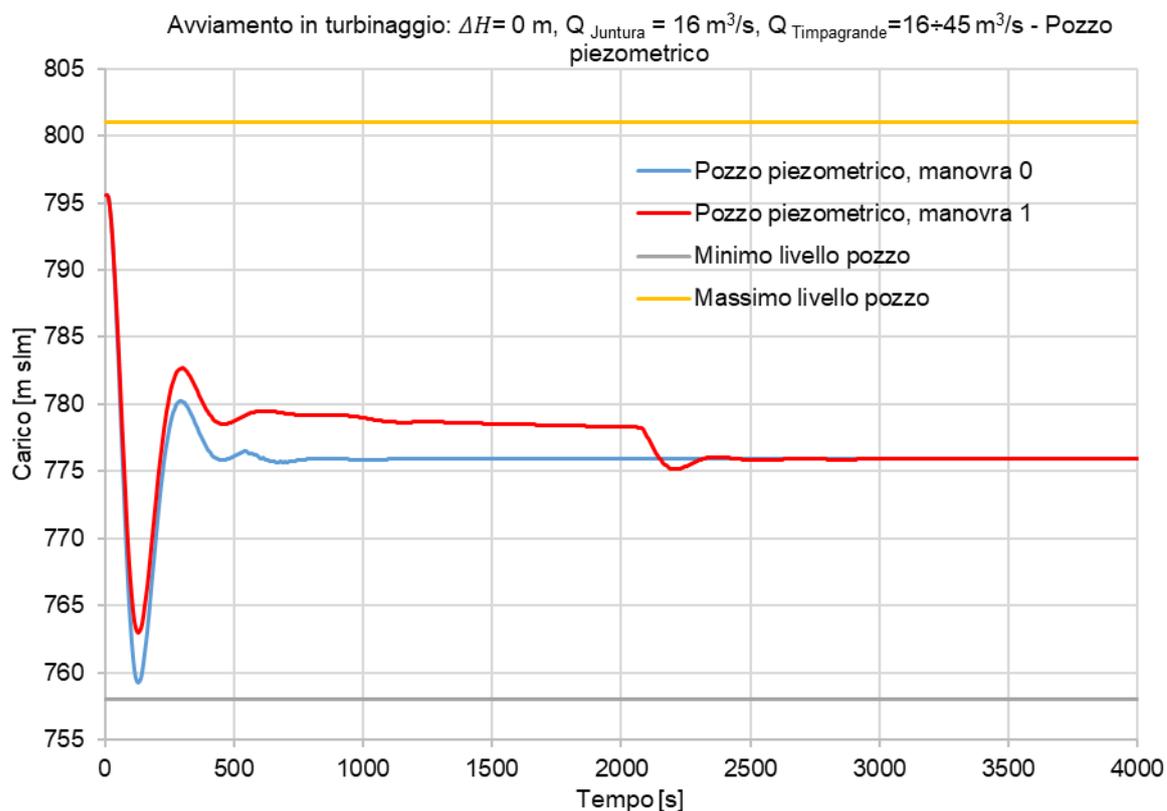


Figura 63: Avviamento in turbinaggio: Livello nel pozzo piezometrico – CASO E, Manovra 0 e 1.

In **Figura 64** e **Figura 65** si rappresentano l'andamento delle pressioni per la Manovra 1 immediatamente a valle della valvola in progetto, rispettivamente nella "nuova" e nella "vecchia" galleria di derivazione.

In **Figura 64** è possibile osservare un andamento oscillatorio inizialmente più pronunciato dovuto alla differenza di carico tra monte e valle della valvola al momento di apertura della stessa.

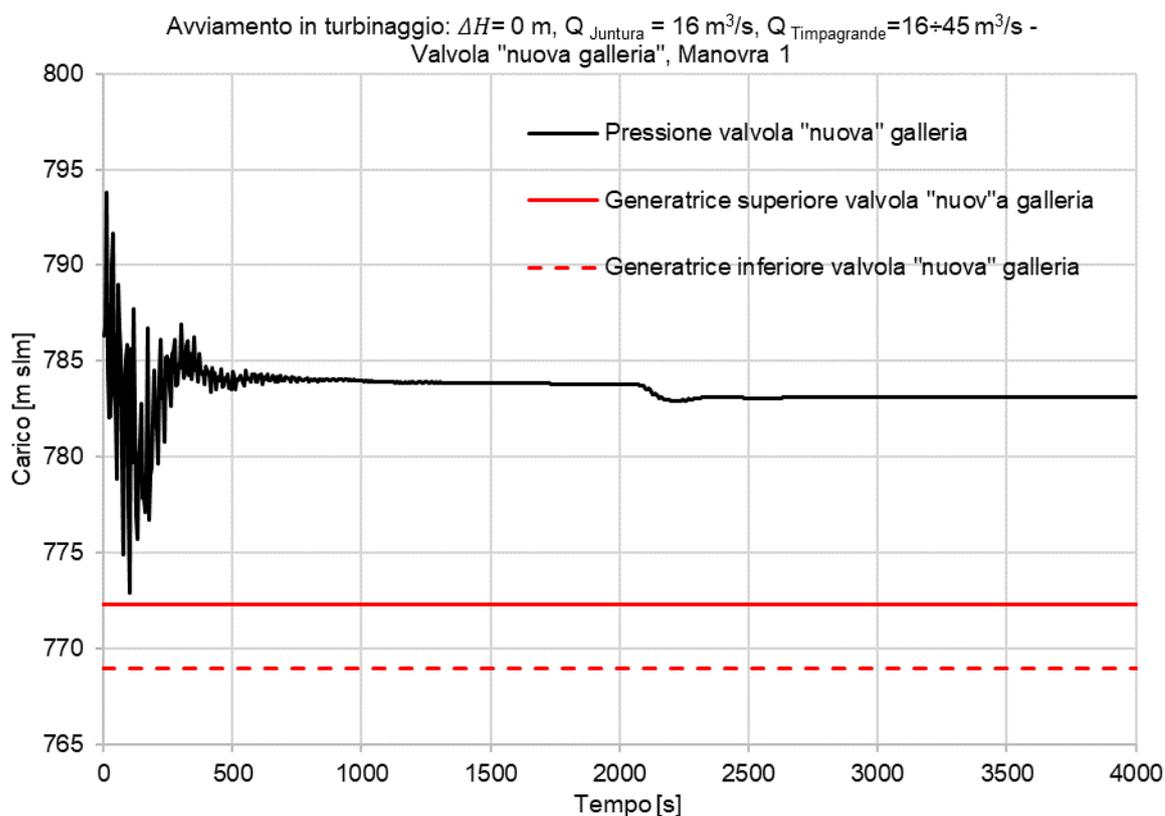


Figura 64: Avviamento in turbinaggio: Pressione a valle della valvola nella "nuova" galleria di derivazione – CASO E, Manovra 1.

In **Figura 65** si osserva che la pressione, immediatamente a valle della valvola in progetto nella "vecchia" derivazione, segue lo stesso andamento del livello nel canale di Juntura (a meno delle perdite di carico). All'istante $t = 2000$ s iniziano le oscillazioni di massa e la pressione si attesta attorno a un valore di 786 m s.l.m. mostrando che all'equilibrio sia nella valvola che nel nodo B (giunzione tra sifone e "vecchia" galleria di derivazione) le pressioni sono positive.

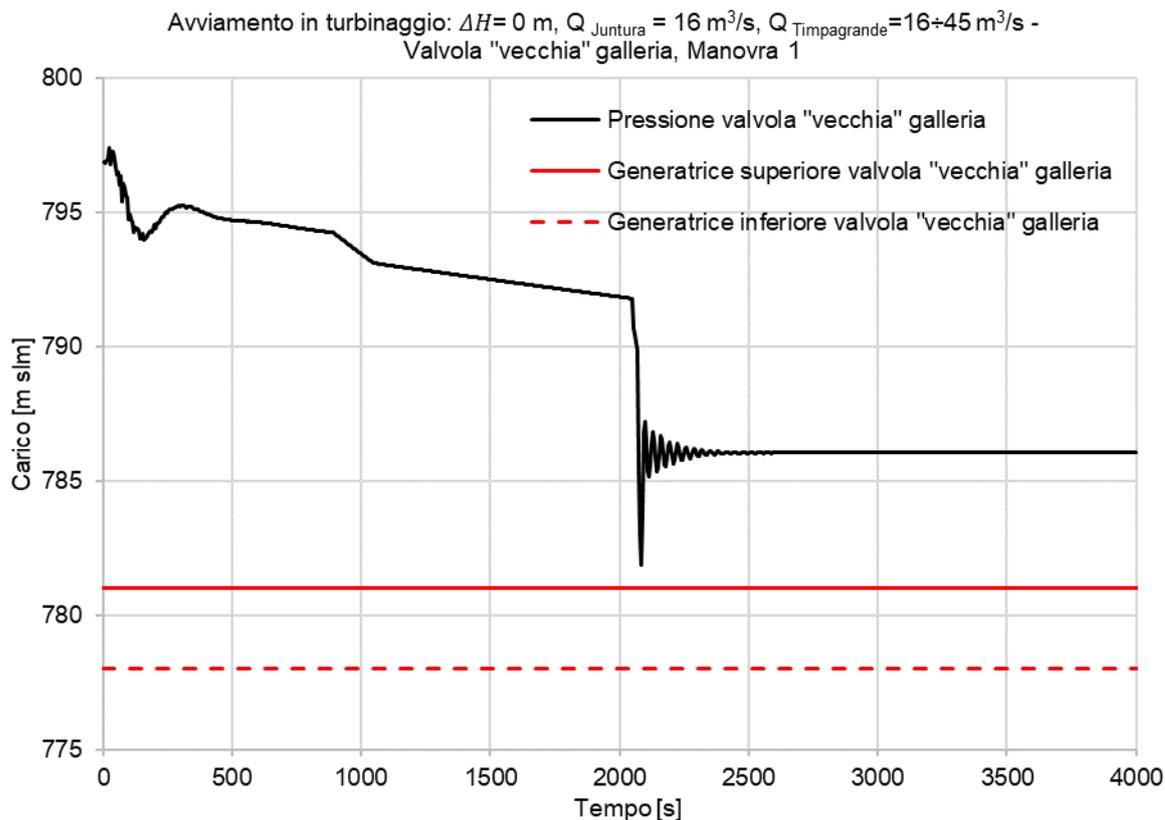


Figura 65: Avviamento in turbinaggio: Pressione a valle della valvola nella “vecchia” galleria di derivazione – CASO E, Manovra 1.

Caso F

Il Caso F prevede di completare la manovra di avviamento delle macchine a Timpagrande nell’eventualità in cui l’impianto sia già in funzione e stia turbinando le sole portate provenienti dal canale di Juntura ($Q = 3 \text{ m}^3/\text{s}$) e si verifichi un evento di piena nel bacino afferente all’invaso di Migliarite. In tal caso si prevede l’inclusione dell’invaso di Migliarite attraverso l’apertura della sola valvola (inizialmente chiusa) sulla “nuova” derivazione.

Per il Caso F è analizzata una manovra (Manovra 0) considerando le seguenti condizioni al contorno:

- $H_{\text{Orichella}} = 795.90 \text{ m s.l.m.}$
- $H_{\text{Migliarite}} = 795.90 \text{ m s.l.m.}$
- $H_{\text{Juntura}} = 797.05 \text{ m s.l.m.}$
- $Q_{\text{Juntura}} = 3 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Q_{\text{Timpagrande}} = 3 \rightarrow 45 \text{ m}^3/\text{s}$

La Manovra 0 consiste quindi nell’apertura della sola valvola a farfalla nella “nuova” galleria di derivazione in un tempo $t = 25 \text{ s}$.

Come mostrato in **Figura 66** le velocità sono sempre positive e pertanto non si verificano risalite nella "nuova" galleria.

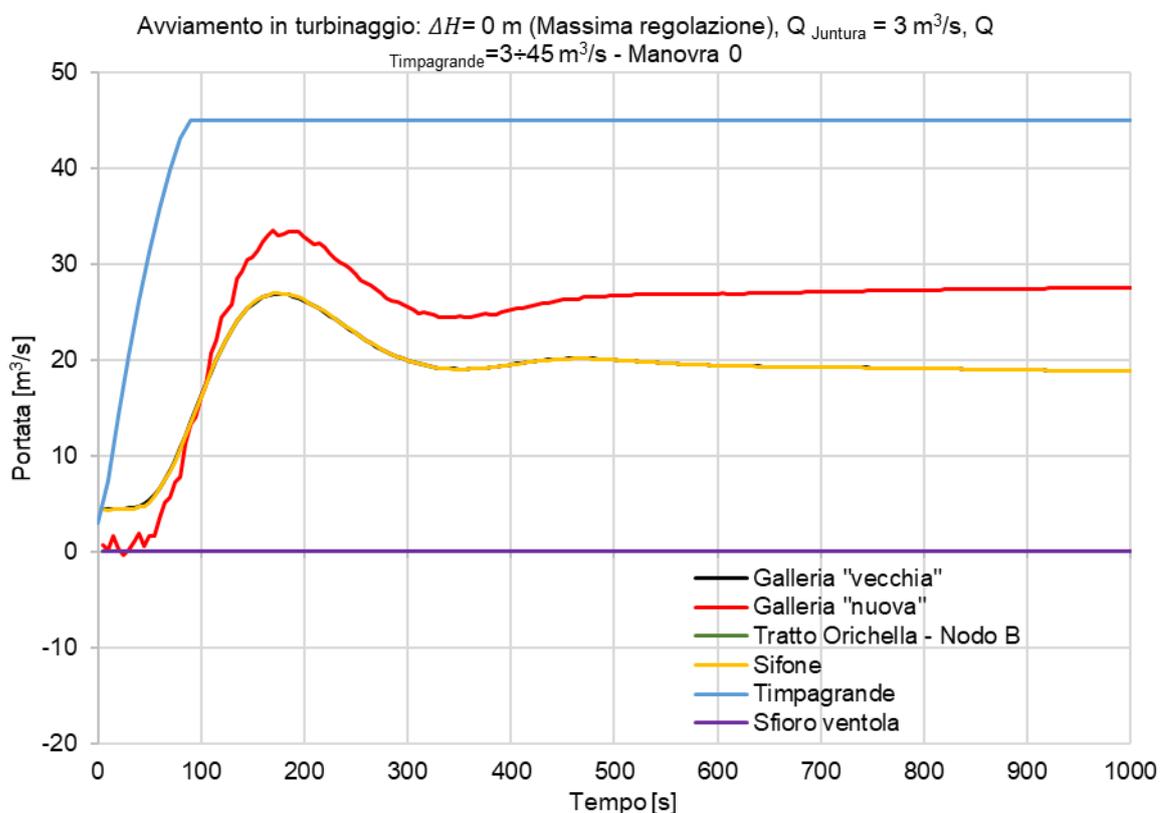


Figura 66: Avviamento in turbinaggio: Portata vs tempo – CASO F, Manovra 0.

In **Figura 38** e **Figura 39** si rappresentano rispettivamente l'andamento nel tratto verticale del sifone e nel canale di Juntura e il livello raggiunto all'interno del pozzo piezometrico.

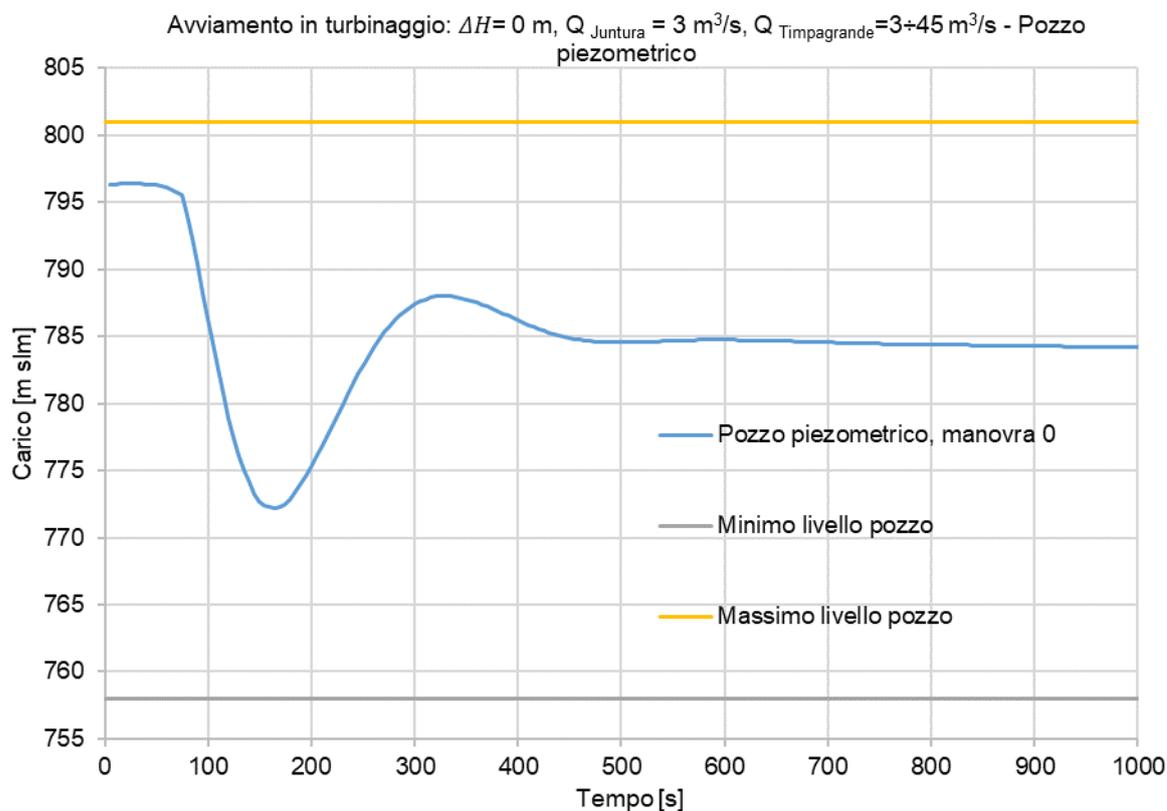


Figura 67: Avviamento in turbinaggio: Livello nel pozzo del sifone – CASO F, Manovra 0.

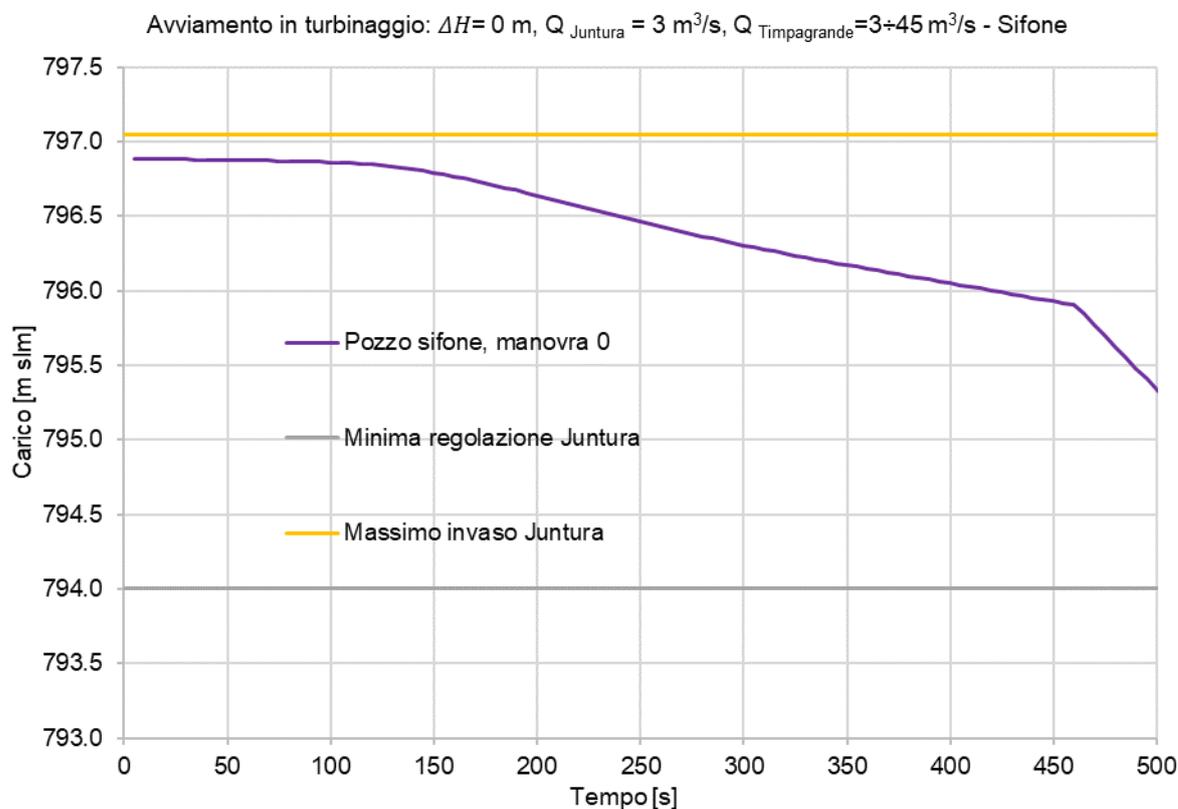


Figura 68: Avviamento in turbinaggio: Livello nel pozzo piezometrico – CASO F, Manovra 0.

In **Figura 69** si rappresenta l'andamento delle pressioni per la Manovra 0 immediatamente a valle della valvola in progetto rispettivamente nella "nuova" galleria di derivazione.

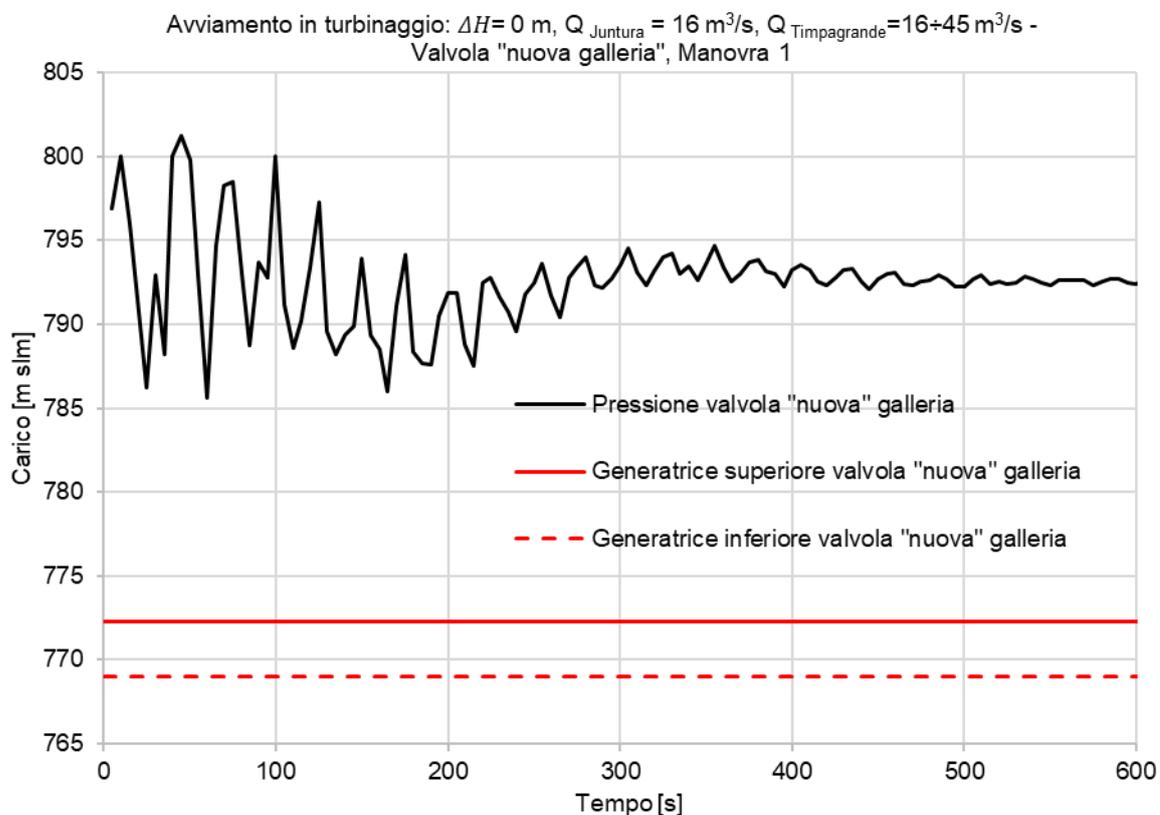


Figura 69: Avviamento in turbinaggio: Pressione a valle della valvola nella "nuova" galleria di derivazione – CASO F, Manovra 0.

6.2.2 Arresto in turbinaggio a Timpagrande

L'arresto in turbinaggio può verificarsi a seguito di manovre di apertura/chiusura degli organi che regolano il flusso attraverso le turbine o per blocchi improvvisi. L'obiettivo è di analizzare il fenomeno delle oscillazioni di massa e del colpo d'ariete. Il calcolo è stato eseguito con le seguenti ipotesi:

- Arresto in generazione $T_{arr} = 39$ secondi (v. paragrafo 5.5)
- Q **Timpagrande** $1 \div 45$ m³/s
- Q finale **Timpagrande** 0 m³/s
- Q **Juntura** $0 \div 16$ m³/s
- H **Juntura** 797.05 m s.l.m.
- Quote di invaso **Orichella** (min. \div max.) $786.10 \div 795.90$ m s.l.m.
- Quote di invaso **Migliarite** (min. \div max.) $786.10 \div 795.90$ m s.l.m.

Contrariamente all'avviamento, nel caso di arresto in turbinaggio il livello iniziale nel canale di Juntura non è noto a priori perché funzione delle altre condizioni al contorno (livello Migliarite e Orichella, portata turbinata a Timpagrande e portata derivata a Juntura). Al fine di massimizzare i possibili effetti

negativi dell'arresto in turbinaggio si ipotizza che il canale di Juntura sia alla quota di massimo invaso (797.05 m s.l.m.).

Sono stati analizzati i casi riportati di seguito:

Caso	Condizioni al contorno	Manovre	Obiettivo
CASO A	<ul style="list-style-type: none"> - H Orichella = 795.90 m s.l.m. - H Migliarite = 795.90 m s.l.m. - Q Juntura = 16 → 0 m³/s - H Juntura = 797.05 m s.l.m. - Q Timpagrande = 45 → 0 m³/s - T Arresto = 39 s 	<p><u>Manovra 0</u>: valvole aperte / Paratoia a ventola chiusa</p> <p><u>Manovra 1</u>: chiusura delle valvole nella "nuova" e "vecchia" galleria al tempo t=0 s in 100 secondi / Paratoia a ventola chiusa</p>	<p>Verifica risalita delle acque provenienti da Juntura all'interno delle gallerie, verifica delle oscillazioni nel pozzo e verifica risalita all'interno del tratto verticale del sifone. <u>Si utilizza il modello completo del canale di Juntura e del tratto verticale del sifone (Modello 1 - Figura 34)</u></p>
CASO B	<ul style="list-style-type: none"> - H Orichella = 795.90 m s.l.m. - H Migliarite = 795.90 m s.l.m. - Q Juntura = 16 → 0 m³/s - H Juntura = 797.05 m s.l.m. - Q Timpagrande=45 → 0 m³/s - T Arresto = 39 s 	<p><u>Manovra 0</u>: valvole aperte / Paratoia a ventola chiusa</p> <p><u>Manovra 1</u>: chiusura delle valvole nella "nuova" e "vecchia" galleria al tempo t=0 s in 100 secondi / Paratoia a ventola chiusa</p> <p><u>Manovra 2</u>: chiusura delle valvole nella "nuova" e "vecchia" galleria al tempo t=0 s in 100 secondi / Paratoia a ventola aperta, H = 2 m</p>	<p>Verifica risalita delle acque provenienti da Juntura all'interno delle gallerie, verifica delle oscillazioni nel pozzo e verifica risalita all'interno del tratto verticale del sifone.</p> <p><u>Massimizzazione del colpo d'ariete considerando solo il modello parziale del canale di Juntura e del tratto verticale del sifone (Modello 2 - Figura 35)</u></p>
CASO C	<ul style="list-style-type: none"> - H Orichella = 786.10 m s.l.m. - H Migliarite = 786.10 m s.l.m. - Q Juntura = 1 ÷ 9 m³/s - H Juntura = variabile - Q Timpagrande=5 ÷ 45 m³/s - T Arresto = 39 s 	<p><u>Manovra 0</u>: Chiusura delle valvole nella "nuova" e "vecchia" galleria al tempo t=0 s in 100 secondi / Paratoia a ventola chiusa</p>	<p>Verifica risalita delle acque provenienti da Juntura all'interno delle gallerie, verifica delle oscillazioni nel pozzo e verifica risalita all'interno del tratto verticale del sifone. <u>Si utilizza il modello completo del canale di Juntura e del tratto verticale del sifone (Modello 1 - Figura 34)</u></p>

Tabella 12: Schema riassuntivo arresto in turbinaggio.

CASO A

Il Caso A esamina l'arresto brusco delle macchine dell'impianto di Timpagrande ipotizzando che stia turbinando le acque provenienti da Orichella, Migliarite e Juntura alla massima portata (Q = 45 m³/s).

Per il Caso A sono state analizzate n. 2 manovre (Manovra 0 e Manovra 1) considerando le seguenti condizioni al contorno:

- H Orichella = 795.90 m s.l.m.
- H Migliarite = 795.90 m s.l.m.
- H Juntura = 797.05 m s.l.m.
- Q Juntura = 16→0 m³/s
- Q Timpagrande = 45→0 m³/s
- T Arresto = 39 s

Nel caso in cui si verifici l'arresto improvviso delle macchine durante la fase di turbinaggio, mantenendo le tre valvole a farfalla in progetto aperte (Manovra 0), si generano oscillazioni di massa tra il pozzo piezometrico e i bacini a monte come osservabile nell'immagine successiva.

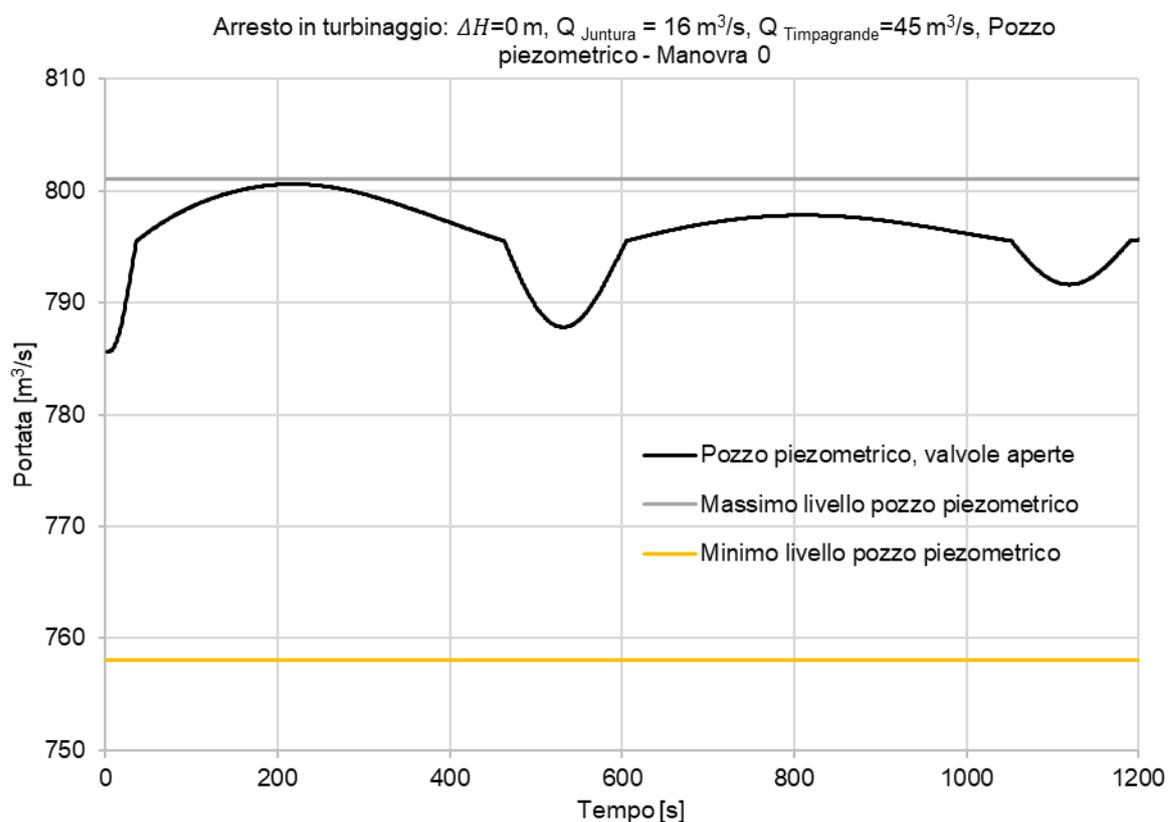


Figura 70: Arresto in turbinaggio: Livello nel pozzo piezometrico – CASO A, Manovra 0.

Nei primi 210 secondi ca. la portata fluisce all'interno del pozzo piezometrico dove il livello raggiunge la quota massima di 801 m s.l.m. per poi invertirsi fluire nel verso opposto dando vita alle oscillazioni di massa tipiche dei tratti a "bassa pressione" degli impianti idroelettrici. Di conseguenza le portate all'interno delle gallerie di derivazione si mantengono positive i primi 210 circa (fintanto che il livello nel pozzo cresce) per poi diventare negative quando si inverte il flusso nel pozzo (**Figura 71**).

Il livello nel canale di Juntura decresce inizialmente (**Figura 72**) e segue poi le oscillazioni di massa del sistema.

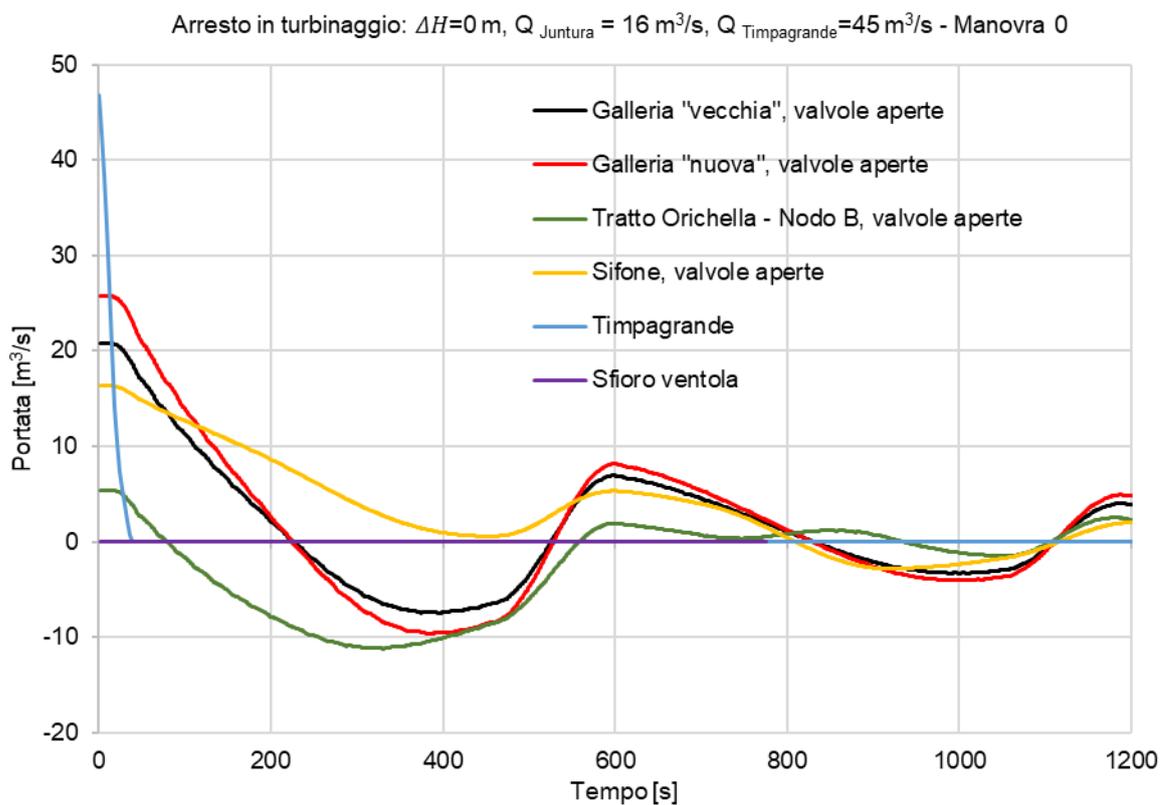


Figura 71: Arresto in turbinaggio: Portata vs tempo – CASO A, Manovra 0.

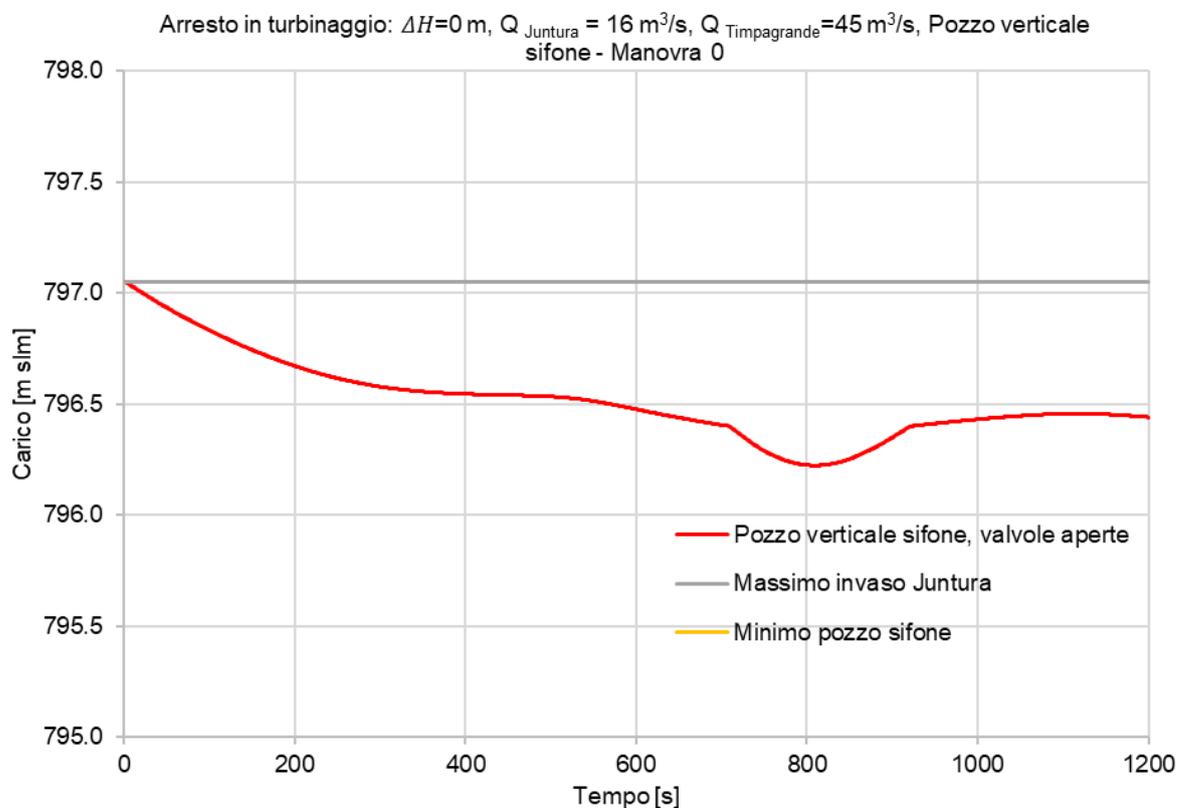


Figura 72: Arresto in turbinaggio: Livello nel pozzo del sifone – CASO A, Manovra 0.

La Manovra 1 consiste nell'esclusione degli invasi di Orichella e Migliarite al fine di evitare la risalita delle acque provenienti da Juntura durante le oscillazioni di massa. Per evitare tale fenomeno si propone, al momento dell'arresto dell'impianto, di chiudere le sole valvole a farfalla in progetto nella "vecchia" e nella "nuova" galleria di derivazione in 100 secondi ($t=0 + 100$ s). I tempi di chiusura delle valvole proposti sono stati ottimizzati al fine di limitare gli effetti del colpo d'ariete sulle valvole stesse.

Come osservabile in **Figura 73**, implementando tali manovre in serie, le velocità sono sempre positive e pertanto non si verificano risalite nelle gallerie.

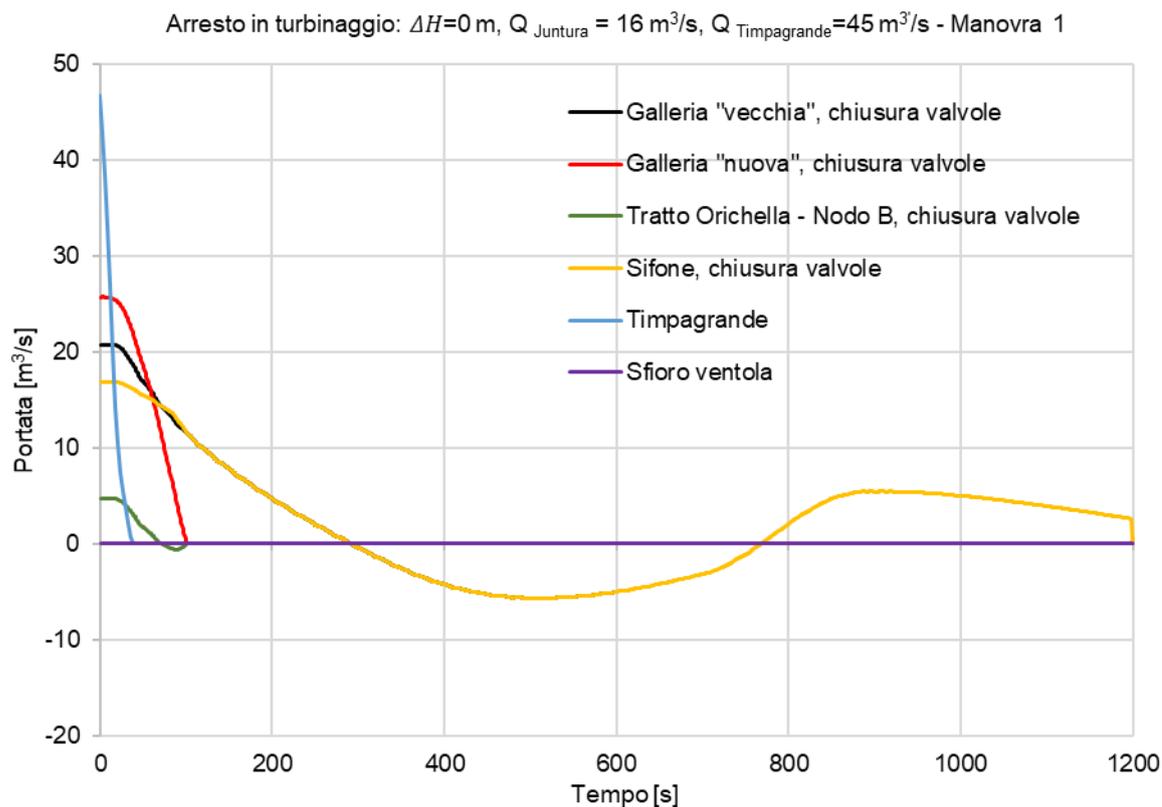


Figura 73: Arresto in turbinaggio: Portata vs tempo – CASO A, Manovra 1.

In **Figura 74** e **Figura 75** si rappresentano rispettivamente l'andamento nel tratto verticale del sifone e nel canale di Juntura e il livello raggiunto all'interno del pozzo piezometrico.

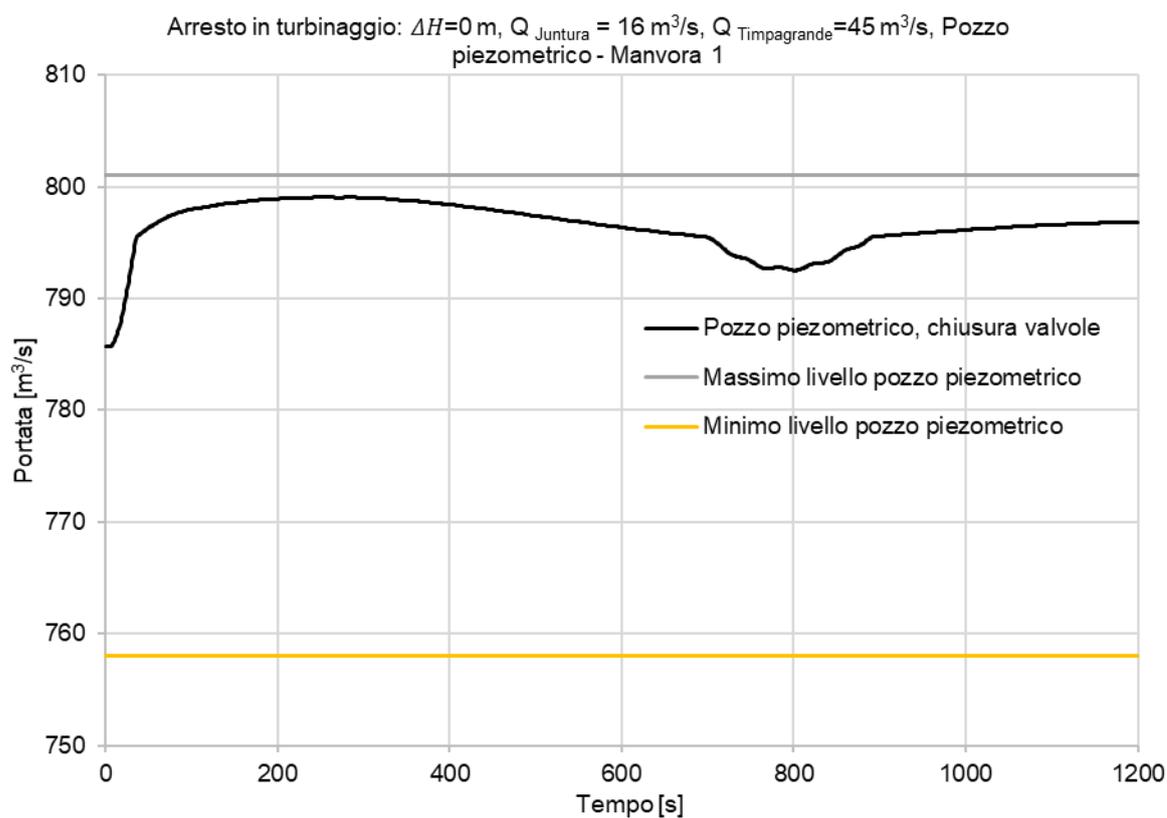


Figura 74: Arresto in turbinaggio: Livello nel pozzo piezometrico – CASO A, Manovra 1.

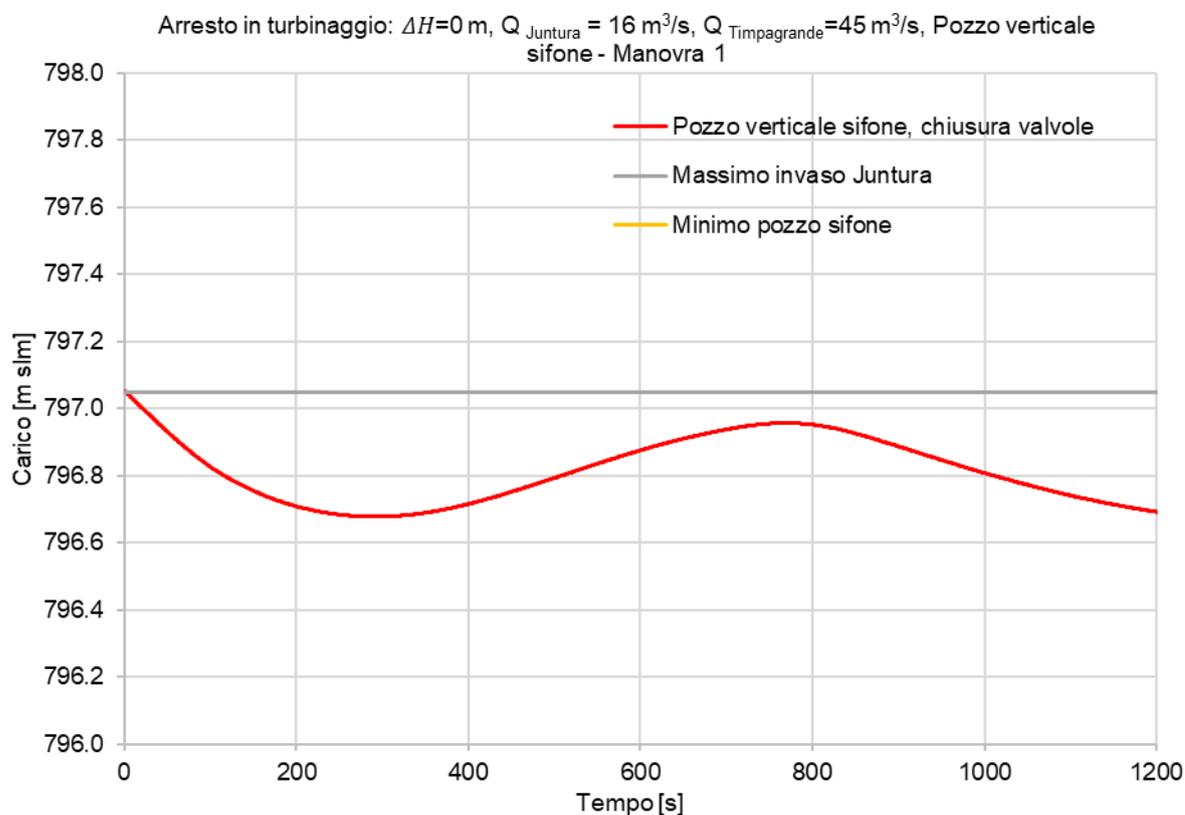


Figura 75: Arresto in turbinaggio: Livello nel pozzo del sifone – CASO A, Manovra 1.

In **Figura 76** e **Figura 77** si rappresentano l'andamento delle pressioni per la Manovra 1 immediatamente a valle della valvola in progetto rispettivamente nella "nuova" e nella "vecchia" galleria di derivazione.

Nel primo caso è possibile osservare che le pressioni si mantengono sempre positive e raggiungono un valore massimo pari a ca. 35 m al di sopra della generatrice superiore della condotta.

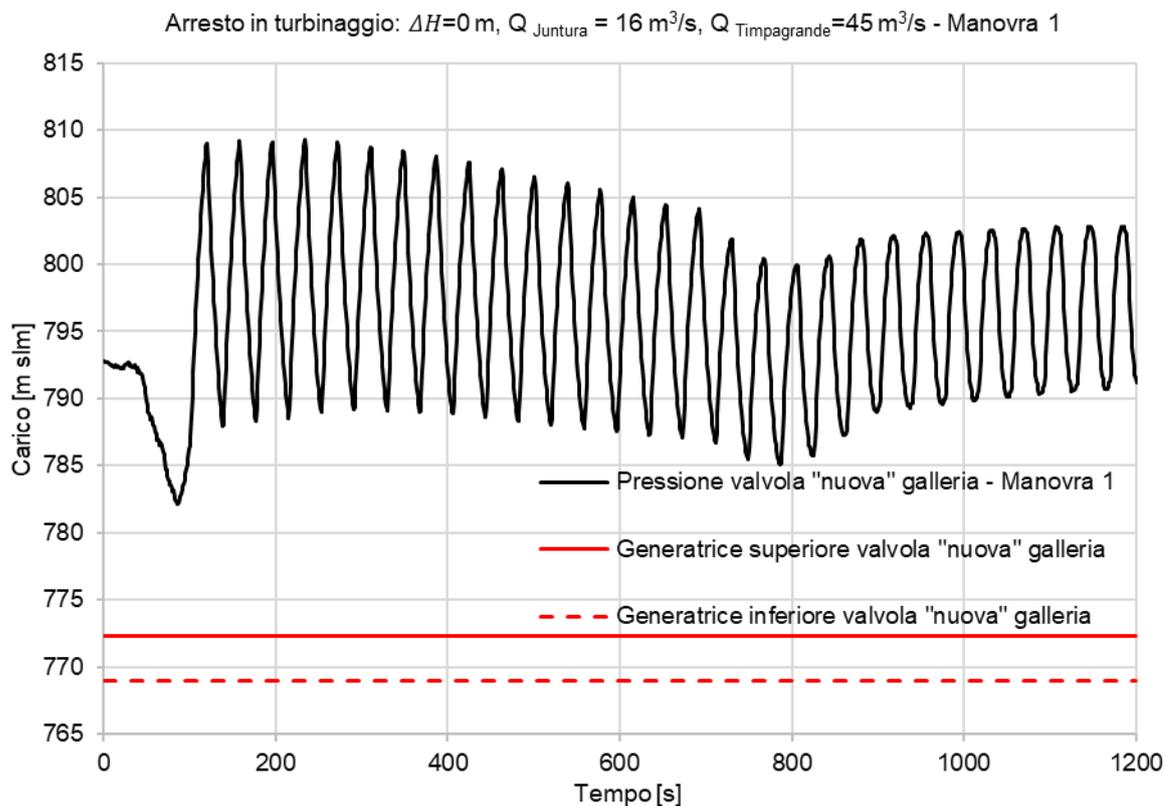


Figura 76: Arresto in turbinaggio: Pressione valvola a farfalla "nuova" galleria – CASO A, Manovra 1.

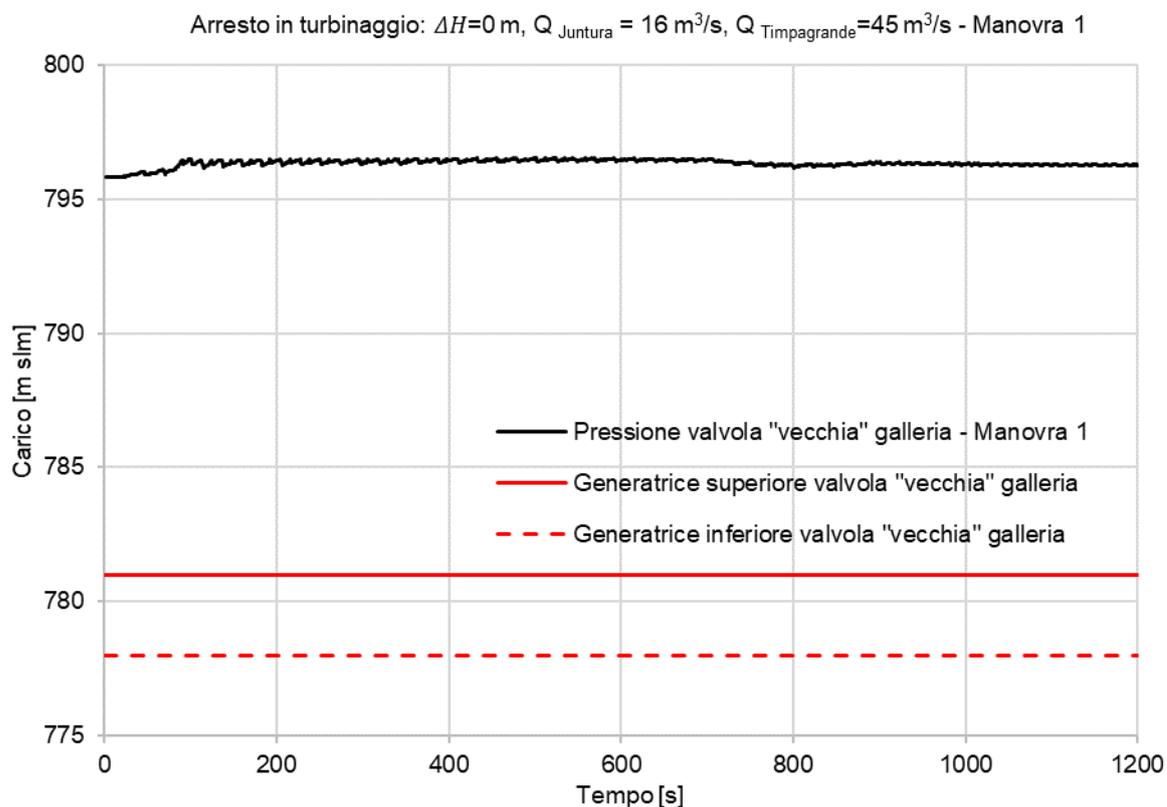


Figura 77: Arresto in turbinaggio: Pressione valvola a farfalla “vecchia” galleria – CASO A, Manovra 1.

CASO B

Il Caso B esamina l’arresto brusco delle macchine dell’impianto di Timpagrande ipotizzando che stia turbinando le acque provenienti da Orichella, Migliarite e Juntura alla massima portata ($Q = 45 \text{ m}^3/\text{s}$). Per il Caso B sono state analizzate n. 2 manovre (Manovra 0 e Manovra 1) considerando le seguenti condizioni al contorno:

- $H_{\text{Orichella}} = 795.90 \text{ m s.l.m.}$
- $H_{\text{Migliarite}} = 795.90 \text{ m s.l.m.}$
- $H_{\text{Juntura}} = 797.05 \text{ m s.l.m.}$
- $Q_{\text{Juntura}} = 16 \rightarrow 0 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Q_{\text{Timpagrande}} = 45 \rightarrow 0 \text{ m}^3/\text{s}$
- $T_{\text{Arresto}} = 39 \text{ s}$

Nel caso in cui si verifichi l’arresto improvviso delle macchine durante la fase di turbinaggio, mantenendo le tre valvole a farfalla in progetto aperte (Manovra 0), si generano oscillazioni di massa tra il pozzo piezometrico e i bacini a monte come osservabile nell’immagine successiva.

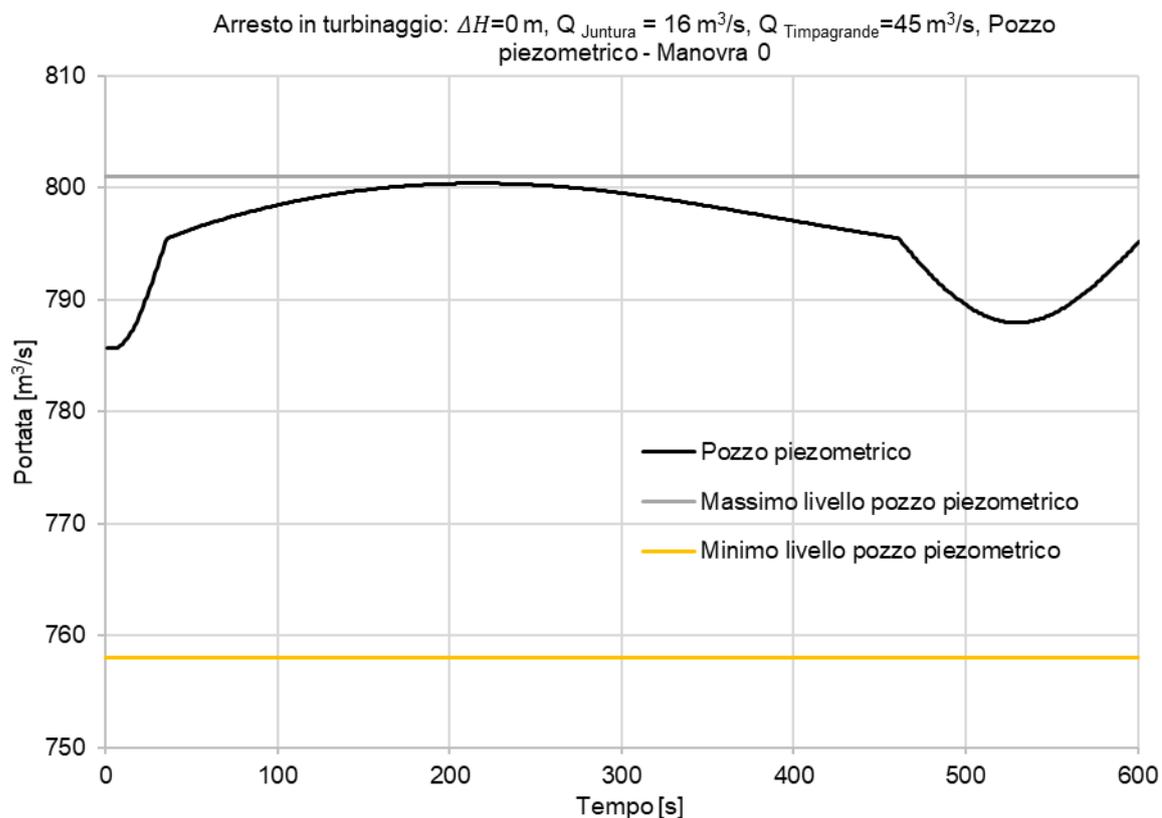


Figura 78: Arresto in turbinaggio: Livello nel pozzo piezometrico – CASO B, Manovra 0.

Nei primi 210 secondi ca. la portata fluisce all'interno del pozzo piezometrico dove il livello raggiunge la quota massima di 800 m s.l.m. ca. per poi invertirsi fluire nel verso opposto dando vita alle oscillazioni di massa tipiche dei tratti a "bassa pressione" degli impianti idroelettrici. Di conseguenza le portate all'interno delle gallerie di derivazione si mantengono positive i primi 210 circa (fintanto che il livello nel pozzo cresce) per poi diventare negative quando si inverte il flusso nel pozzo (**Figura 79**).

Il livello nel canale di Juntura decresce inizialmente (**Figura 72**) e segue poi le oscillazioni di massa del sistema. Rispetto al Caso A si può osservare un maggior abbassamento del livello all'interno del canale di Juntura dovuto al modello parziale del canale di Juntura utilizzato per la simulazione.

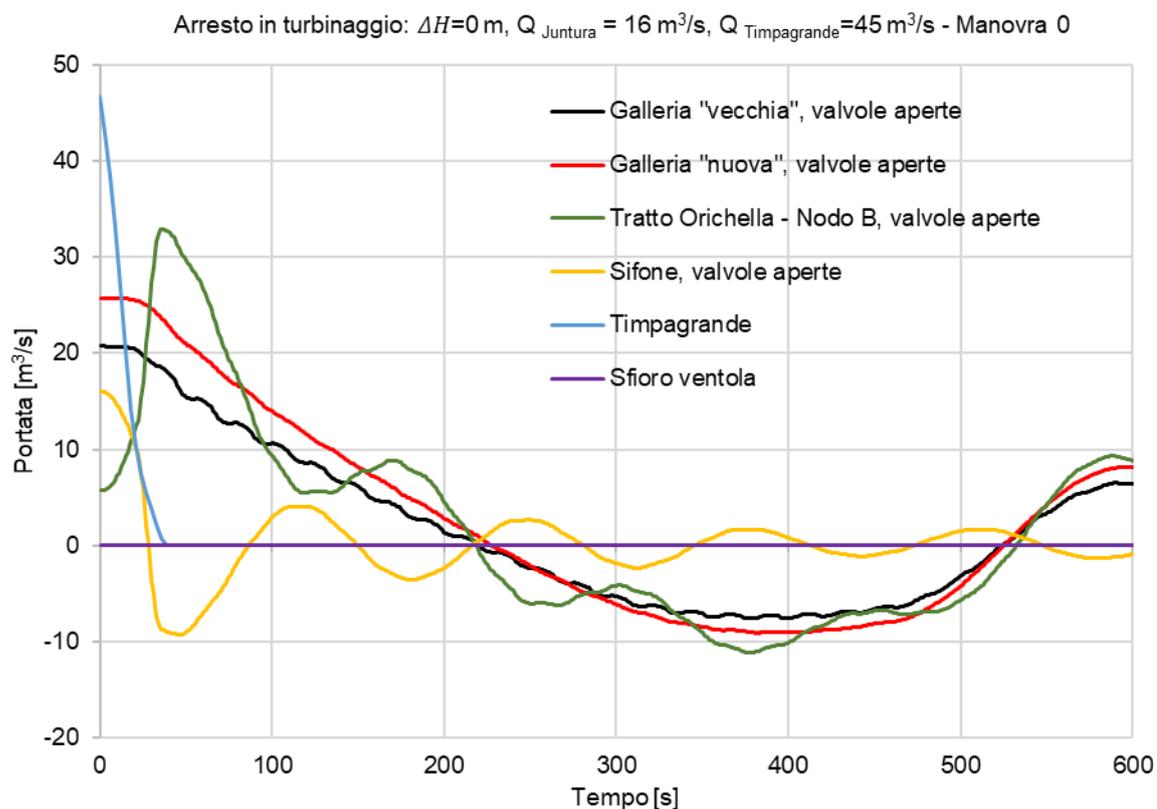


Figura 79: Arresto in turbinaggio: Portata vs tempo – CASO B, Manovra 0.

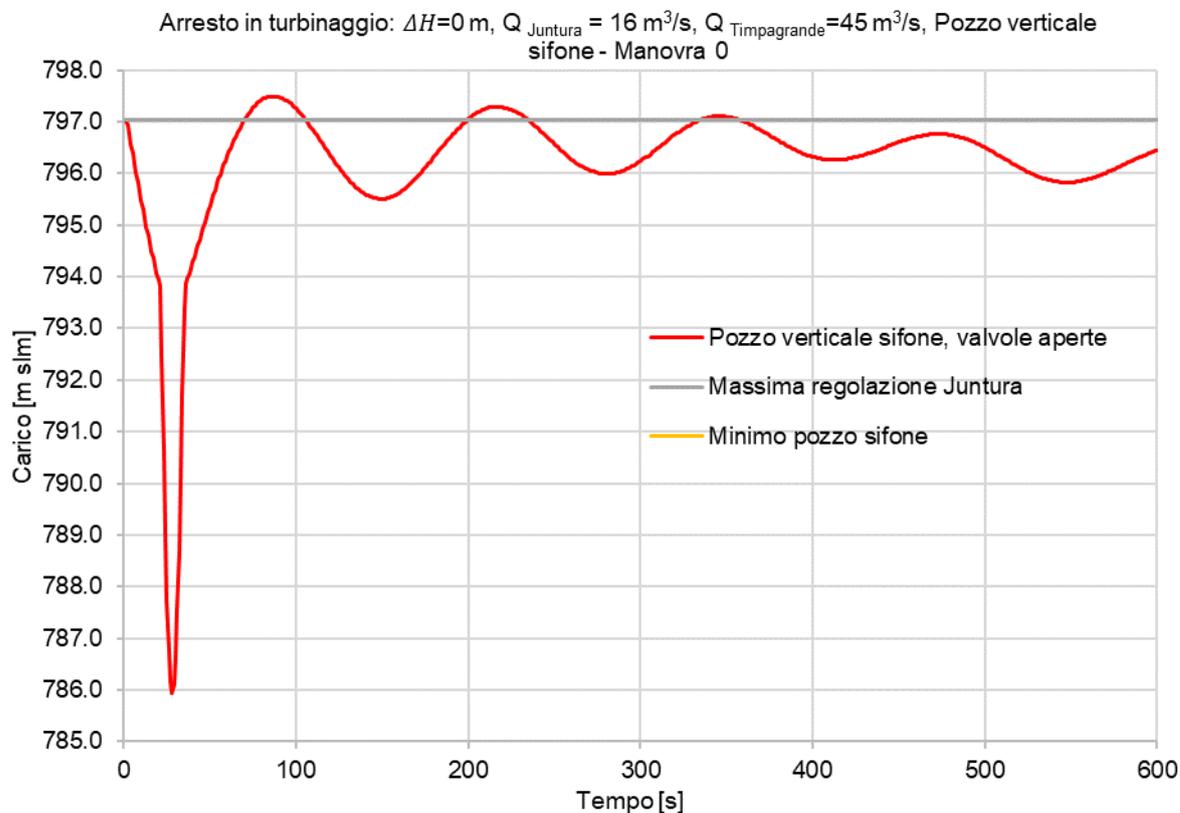


Figura 80: Arresto in turbinaggio: Livello nel pozzo del sifone – CASO B, Manovra 0.

La Manovra 1 consiste nell'esclusione degli invasi di Orichella e Migliarite al fine di evitare la risalita delle acque provenienti da Juntura durante le oscillazioni di massa. Per evitare tale fenomeno si propone, al momento dell'arresto dell'impianto, di chiudere le sole valvole a farfalla in progetto nella "vecchia" e nella "nuova" galleria di derivazione in 100 secondi ($t=0 + 100$ s). I tempi di chiusura delle valvole proposti sono stati ottimizzati (per la sola manovra descritta) al fine di limitare gli effetti del colpo d'ariete sulle valvole stesse.

Come osservabile in **Figura 81**, implementando tali manovre in serie, le velocità sono sempre positive e pertanto non si verificano risalite nelle gallerie.

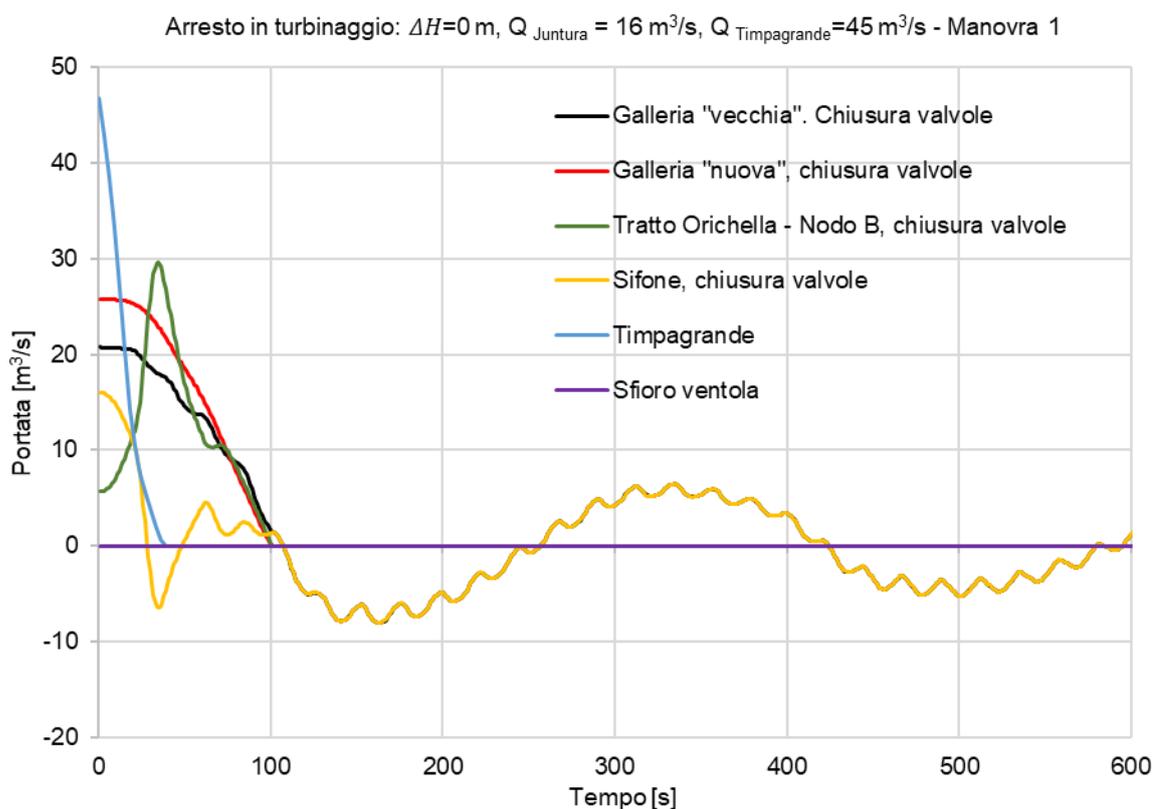


Figura 81: Arresto in turbinaggio: Portata vs tempo – CASO B, Manovra 1.

Di seguito si rappresentano rispettivamente l'andamento nel tratto verticale del sifone e nel canale di Juntura e il livello raggiunto all'interno del pozzo piezometrico.

In **Figura 83** è possibile osservare che il sifone sia soggetto a una sovrappressione di ca. 5 m.

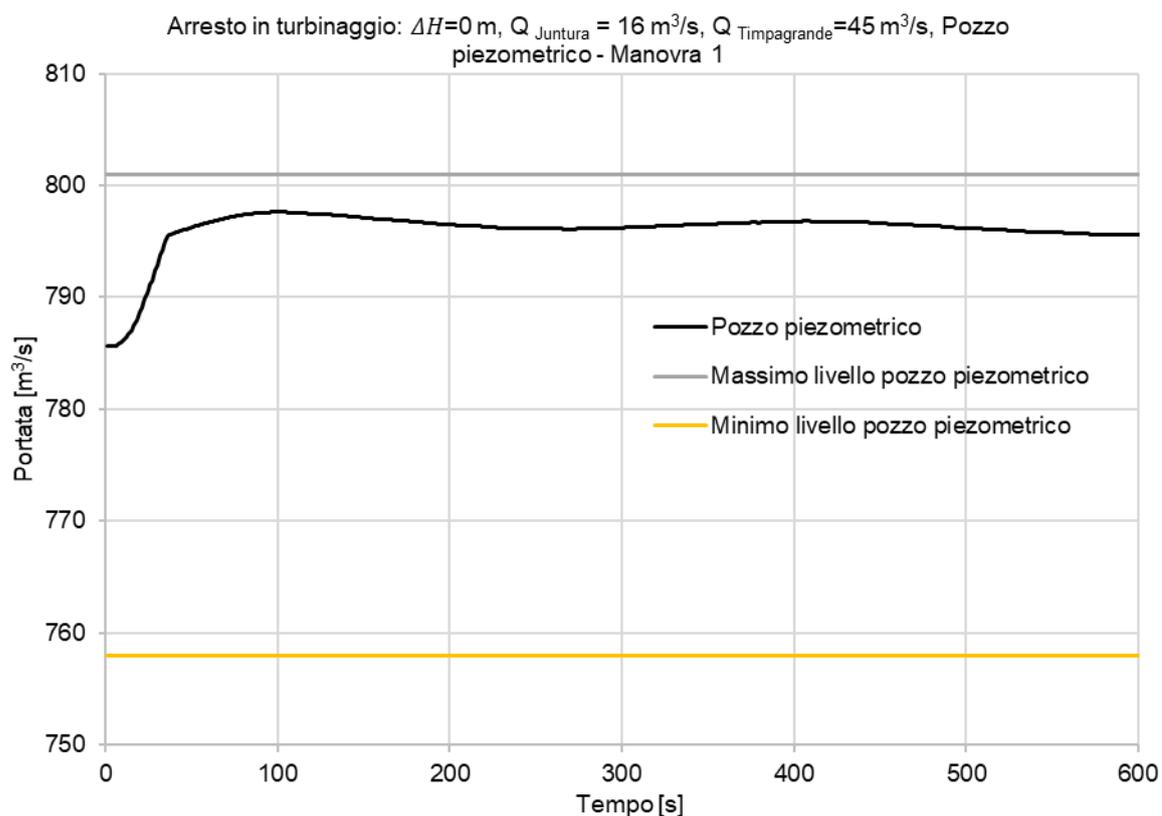


Figura 82: Arresto in turbinaggio: Livello nel pozzo piezometrico – CASO B, Manovra 1.

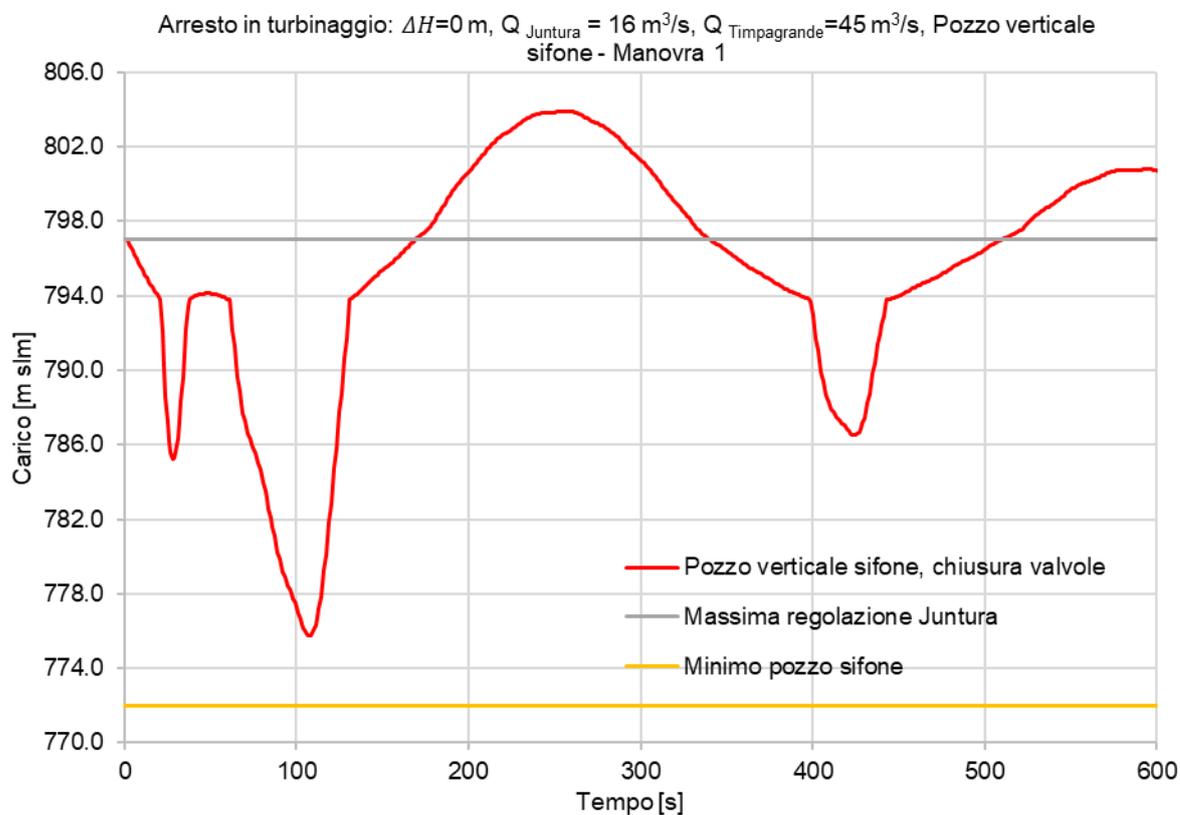


Figura 83: Arresto in turbinaggio: Livello nel pozzo del sifone – CASO B, Manovra 1.

In **Figura 84** e **Figura 85** si rappresentano l'andamento delle pressioni per la Manovra 1 immediatamente a valle della valvola in progetto rispettivamente nella "nuova" e nella "vecchia" galleria di derivazione.

Nel primo caso è possibile osservare una diminuzione di pressione massima di ca. 20 m e una sovrappressione massima di ca. 15 m.

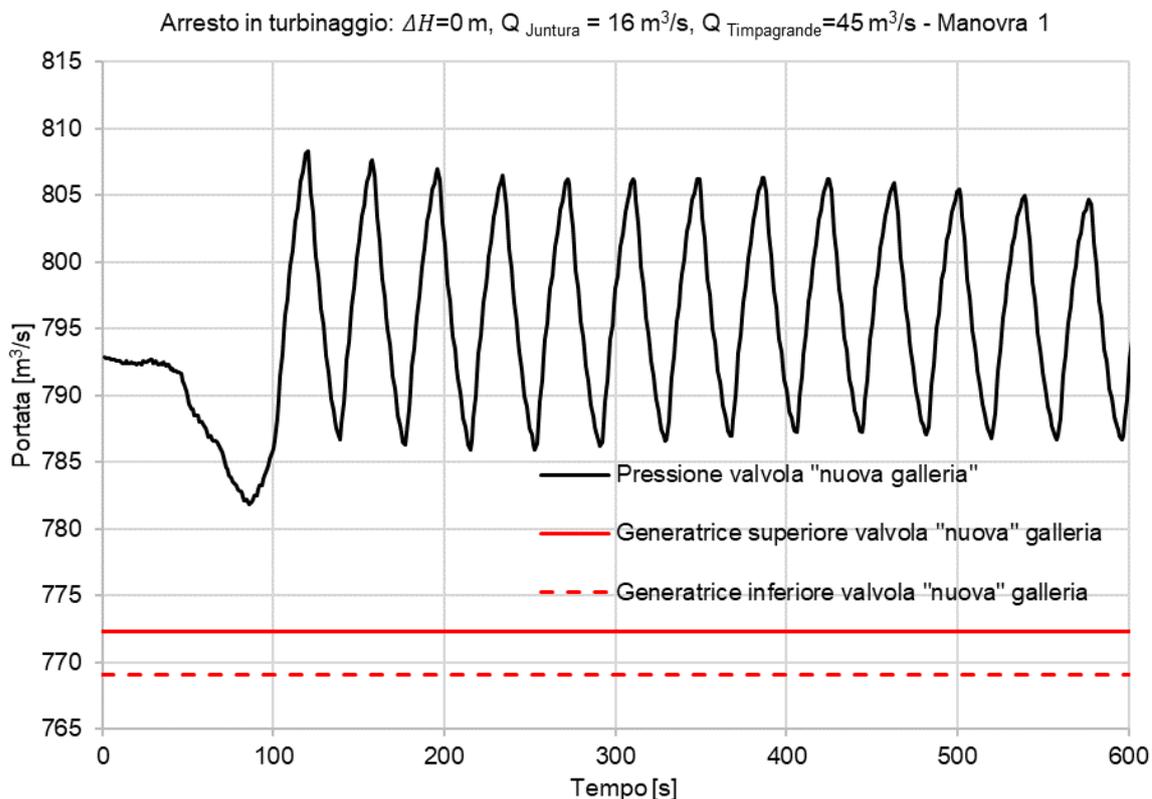


Figura 84: Arresto in turbinaggio: Pressione valvola a farfalla "nuova" galleria – CASO B, Manovra 1.

Nella "vecchia" derivazione si verificherà una diminuzione di pressione con una depressione di 5 m ca. al di sotto della generatrice superiore della condotta. Per questo motivo si prevede l'installazione di opportune valvole d'aria in corrispondenza delle valvole a farfalla che consentano l'ingresso d'aria nel sistema.

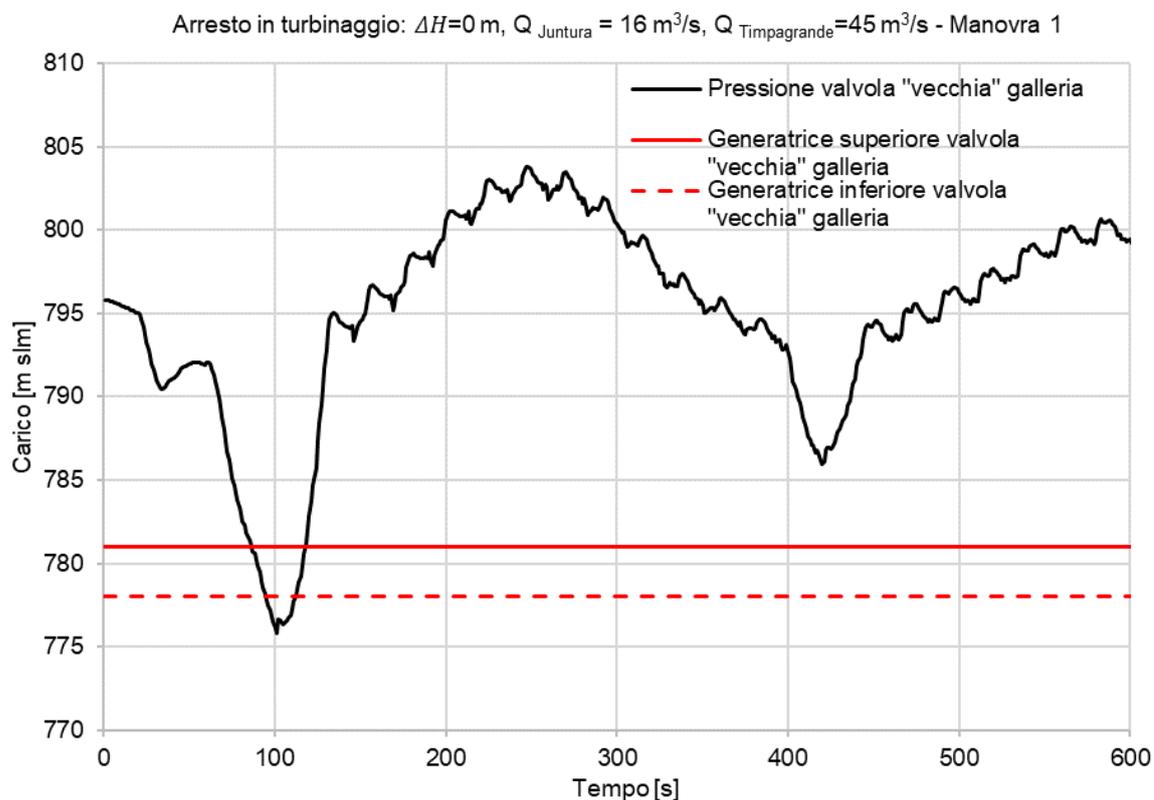


Figura 85: Arresto in turbinaggio: Pressione valvola a farfalla “vecchia” galleria – CASO B, Manovra 1.

La Manovra 2 consiste, come la Manovra 1, nell’esclusione degli invasi di Orichella e Migliarite al fine di evitare la risalita delle acque provenienti da Juntura durante le oscillazioni di massa. Per evitare tale fenomeno e limitare gli effetti del colpo d’ariete descritti in **Figura 83** si propone, al momento dell’arresto dell’impianto, oltre che chiudere le valvole a farfalla in progetto nella “vecchia” e nella “nuova” galleria di derivazione in 100 secondi ($t=0 + 100$ s), di abbassare la paratoia a ventola fino alla quota 795.05 m s.l.m. ($H = 2$ m).

Come osservabile in **Figura 86**, implementando tali manovre in serie, le velocità sono sempre positive e pertanto non si verificano risalite nelle gallerie.

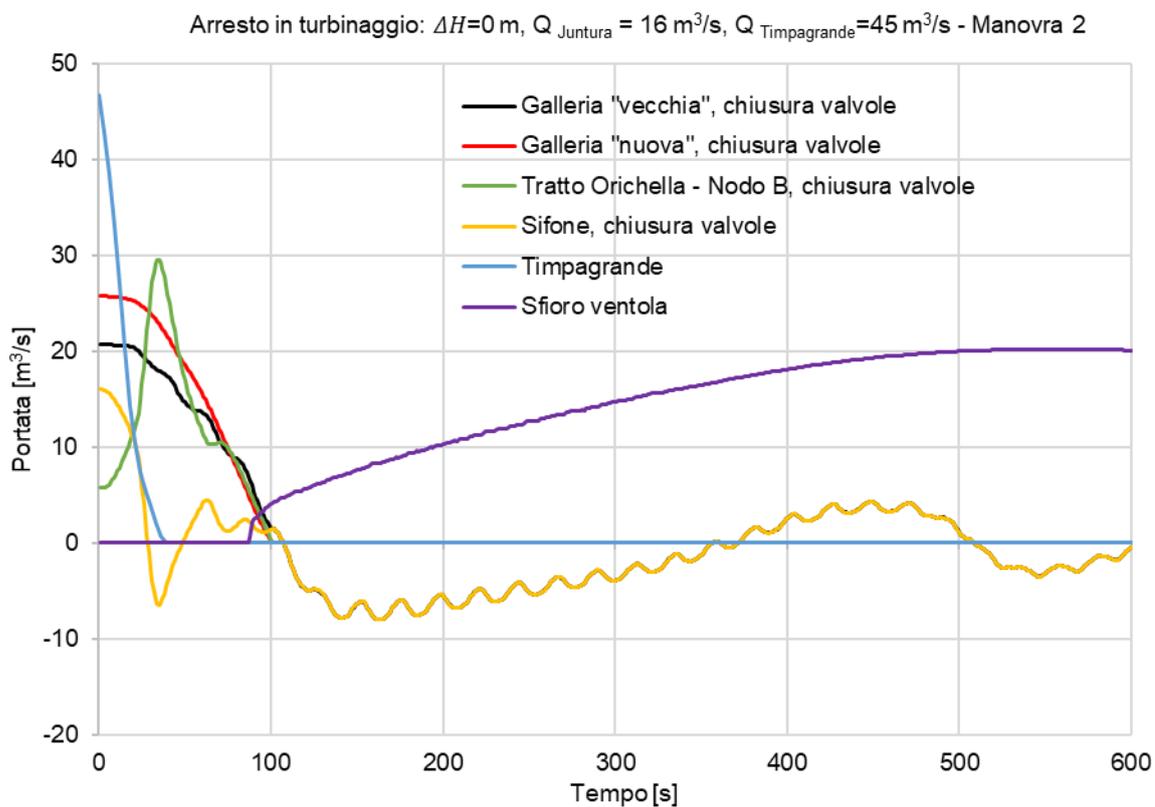


Figura 86: Arresto in turbinaggio: Portata vs tempo – CASO B, Manovra 2.

Di seguito si rappresentano rispettivamente l'andamento nel tratto verticale del sifone e nel canale di Juntura e il livello raggiunto all'interno del pozzo piezometrico.

In **Figura 88** si segnala l'abbattimento delle sovrappressioni rispetto al caso precedente (v. **Figura 83**) ottenuto grazie all'abbassamento della paratoia a ventola.

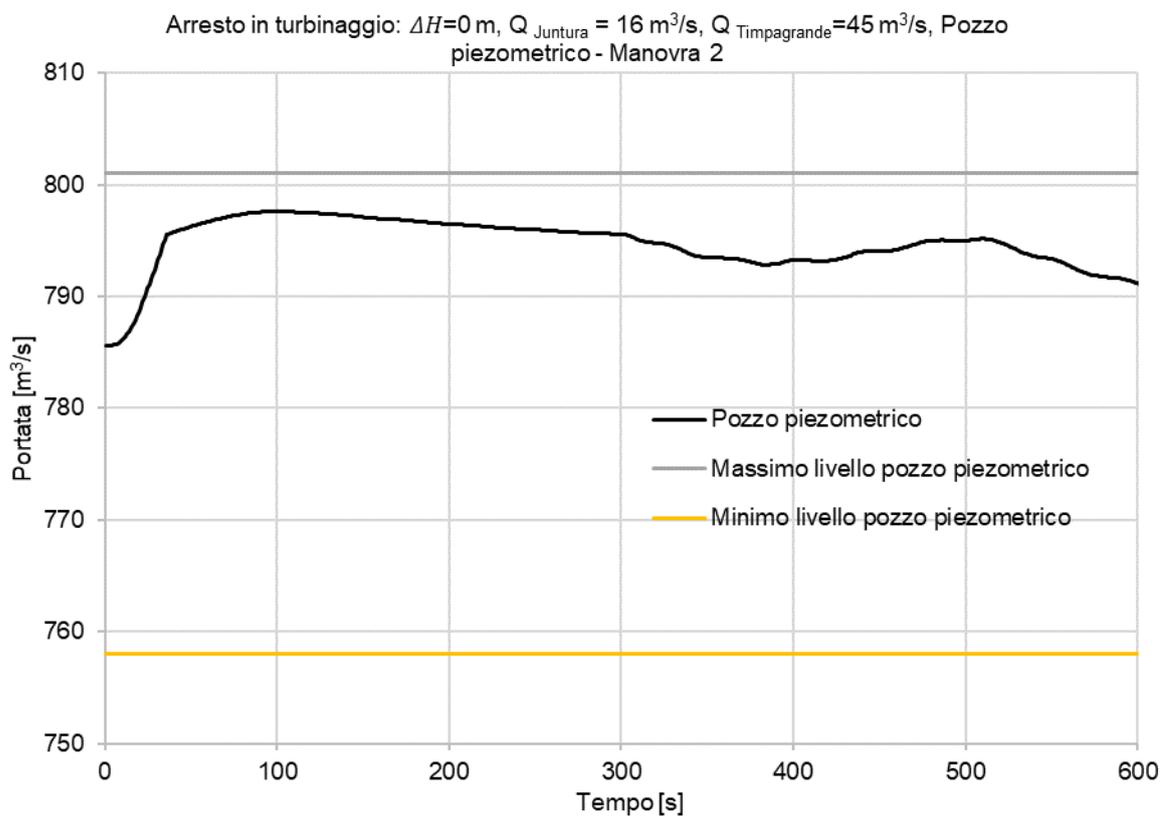


Figura 87: Arresto in turbinaggio: Livello nel pozzo piezometrico – CASO B, Manovra 2.

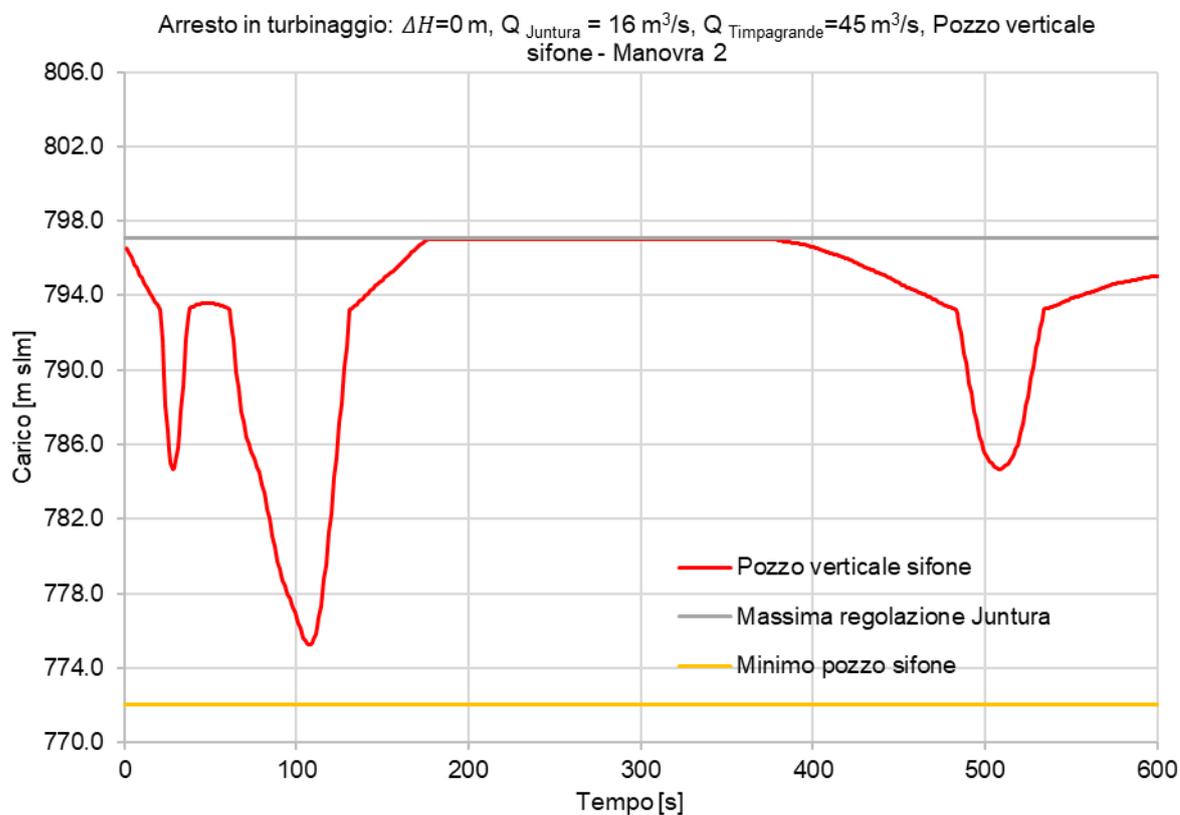


Figura 88: Arresto in turbinaggio: Livello nel pozzo del sifone – CASO B, Manovra 2.

In e **Figura 89** e **Figura 90** si rappresentano l'andamento delle pressioni per la Manovra 2 immediatamente a valle delle valvole in progetto rispettivamente nella "nuova" e nella "vecchia" galleria di derivazione.

Nel primo caso è possibile osservare che le pressioni si mantengono sempre positive e raggiungono un valore massimo pari a ca. 32 m al di sopra della generatrice superiore della condotta.

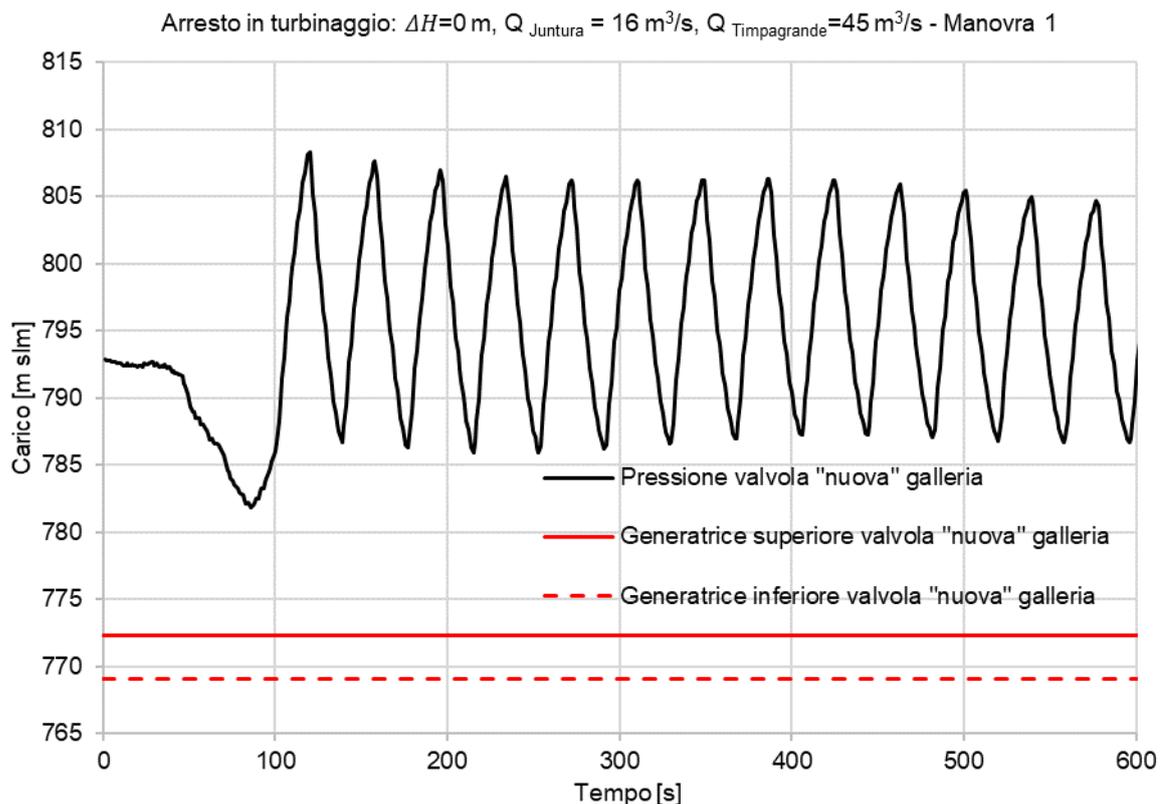


Figura 89: Arresto in turbinaggio: Pressione valvola a farfalla "nuova" galleria – CASO B, Manovra 2.

Anche in questo caso si verificherà una diminuzione di pressione nella "vecchia" derivazione con una depressione di 5 m ca. al di sotto della generatrice superiore della condotta. Per questo motivo le valvole a farfalla saranno equipaggiate con opportune valvole d'aria che consentano l'ingresso d'aria nel sistema.

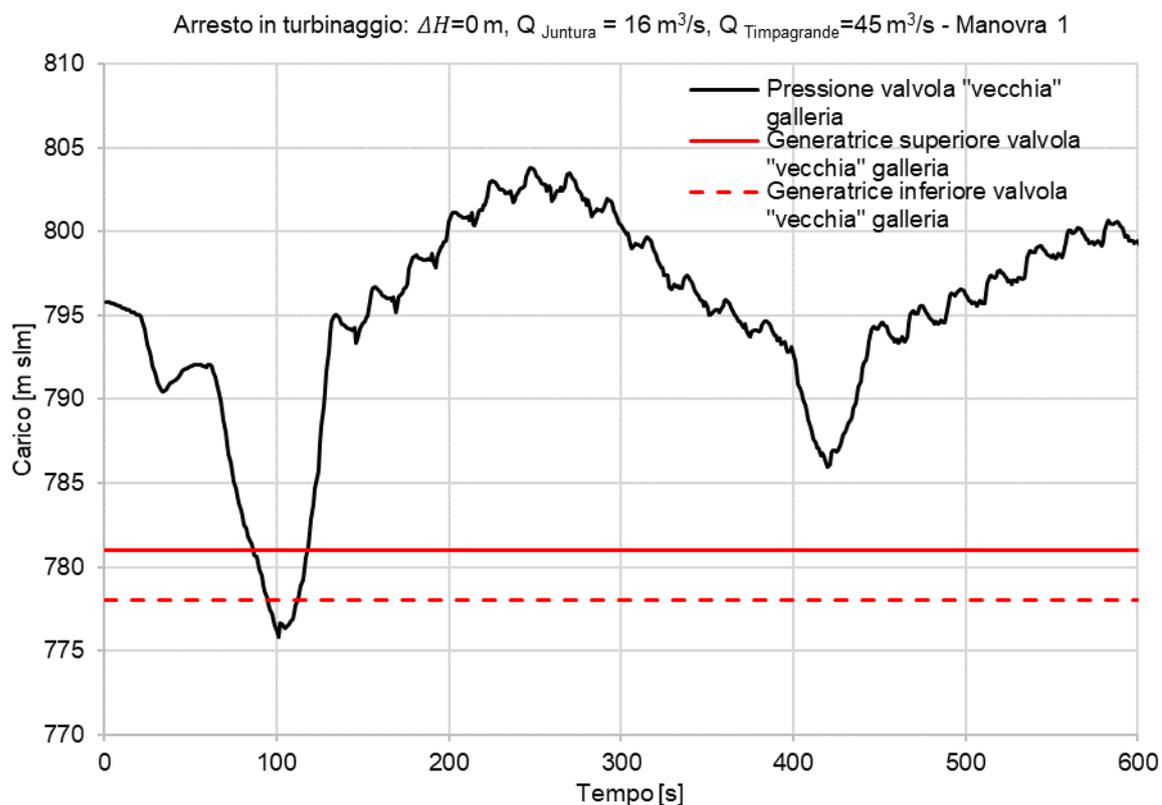


Figura 90: Arresto in turbinaggio: Pressione valvola a farfalla “vecchia” galleria – CASO B, Manovra 2.

CASO C

Il Caso C esamina l’arresto brusco delle macchine dell’impianto di Timpagrande ipotizzando che stia turbinando le acque provenienti da Orichella, Migliarite e Juntura considerando il livello minimo negli invasi di Orichella e Migliarite (786.10 m s.l.m.). Lo scopo è di valutare se, in caso di arresto, esistono combinazioni di condizioni al contorno tali per cui si verifica inversione del flusso nel pozzo piezometrico in un tempo inferiore a 100 secondi (tempo fissato per la chiusura delle valvole della “nuova” e della “vecchia” derivazione) con conseguente risalita in diga dalla “vecchia” derivazione.

Per il Caso C è stata analizzata una manovra (Manovra 0) considerando le seguenti condizioni al contorno:

- $H_{\text{Orichella}} = 786.10 \text{ m s.l.m.}$
- $H_{\text{Migliarite}} = 786.10 \text{ m s.l.m.}$
- $T_{\text{Arresto}} =$ Variabile in funzione delle portate iniziali a Timpagrande (v. **Tabella 8**)

Sono state ipotizzate 5 set di condizioni al contorno:

- $Q_{\text{Timpagrande}} = 45 / 35 / 25 / 15 / 5 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Q_{\text{Juntura}} = 9 / 7 / 5 / 3 / 1 \text{ m}^3/\text{s}$ (20% della portata a Juntura)
- $H_{\text{Juntura}} =$ Livello all’equilibrio (funzione di $H_{\text{Orichella}}$, $H_{\text{Migliarite}}$, Q_{Juntura} e $Q_{\text{Timpagrande}}$)

La Manovra 0 consiste nell'esclusione degli invasi di Orichella e Migliarite al fine di evitare la risalita delle acque provenienti da Juntura durante le oscillazioni di massa. Le valvole a farfalla in progetto nella "vecchia" e nella "nuova" galleria di derivazione sono chiuse in 100 secondi ($t=0 + 100$ s).

Per i 5 casi studiati si può osservare in **Figura 91** che le portate nella "nuova" derivazione sono quasi sempre positive con una risalita massima totale di 5 m^3 (trascurabile).

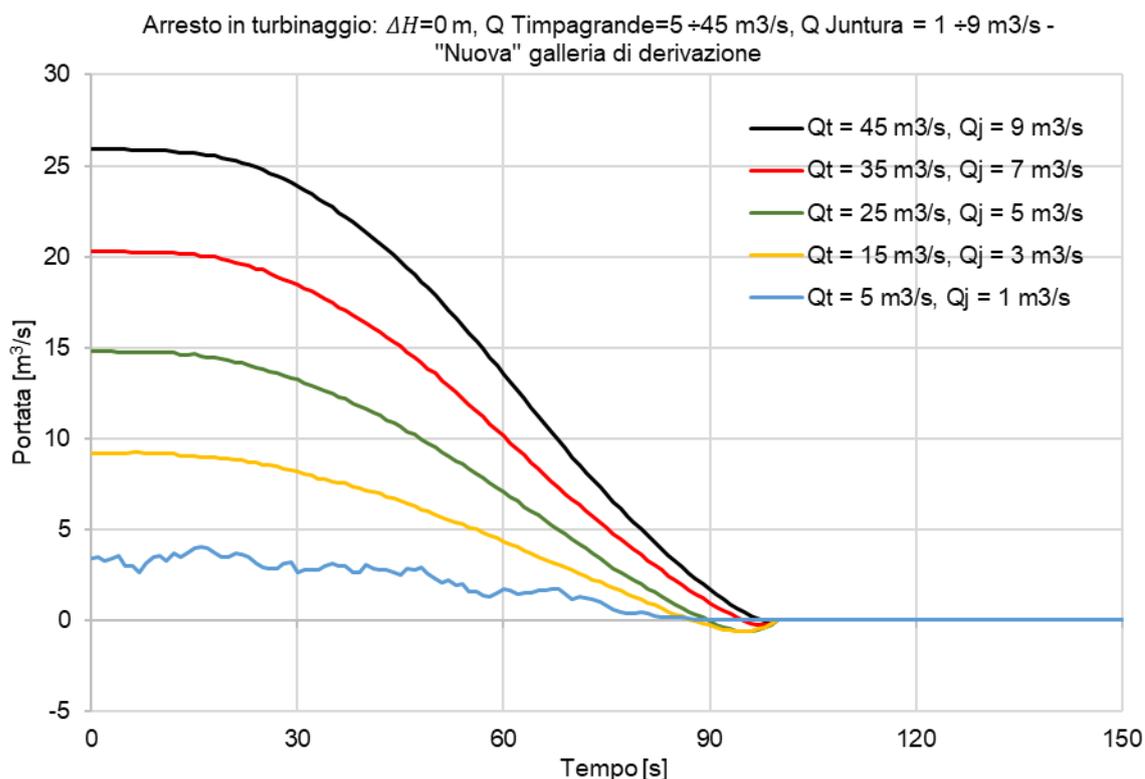


Figura 91: Arresto in turbinaggio: Portata vs tempo "nuova" galleria di derivazione – CASO C, Manovra 0.

In **Figura 92** è riportato l'andamento delle portate nel tratto Orichella – Nodo B. In questo caso si può osservare risalita in diga dalla "vecchia" derivazione fino ad un massimo di 43 m^3 ca. per $Q_{\text{Timpagrande}} = 5 \text{ m}^3/\text{s}$ e $Q_{\text{Juntura}} = 1 \text{ m}^3/\text{s}$.

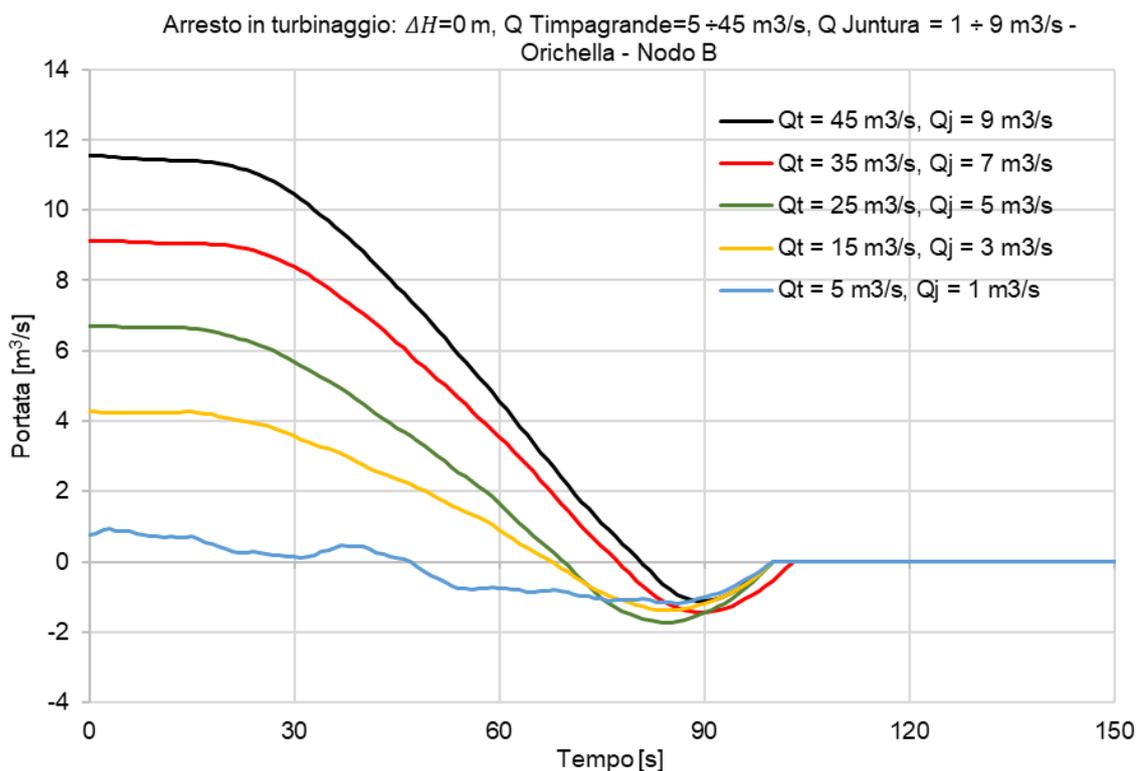


Figura 92: Arresto in turbinaggio: Portata vs tempo tratto Orichella – Nodo B – CASO C, Manovra 0.

In **Figura 93** è riportato l'andamento dei livelli nel pozzo piezometrico. Si può osservare che nel caso in cui la portata sia compresa tra 35 e 45 m³/s il livello all'interno del pozzo raggiunge la camera di espansione superiore (795 m s.l.m.) con conseguenti perdite di carico che rallentano l'inversione del flusso (ca. 200 s).

Al diminuire della portata diminuiscono le perdite ed il livello iniziale nel pozzo aumenta ma al tempo stesso diminuisce l'inerzia dell'acqua con conseguente inversione più rapida del flusso.

Come osservabile in **Figura 94** al momento di arresto di Timpagrande il livello del sifone aumenta determinando la risalita d'acqua verso Orichella (attraverso la "vecchia" derivazione) anche negli istanti antecedenti dell'inversione del flusso nel pozzo.

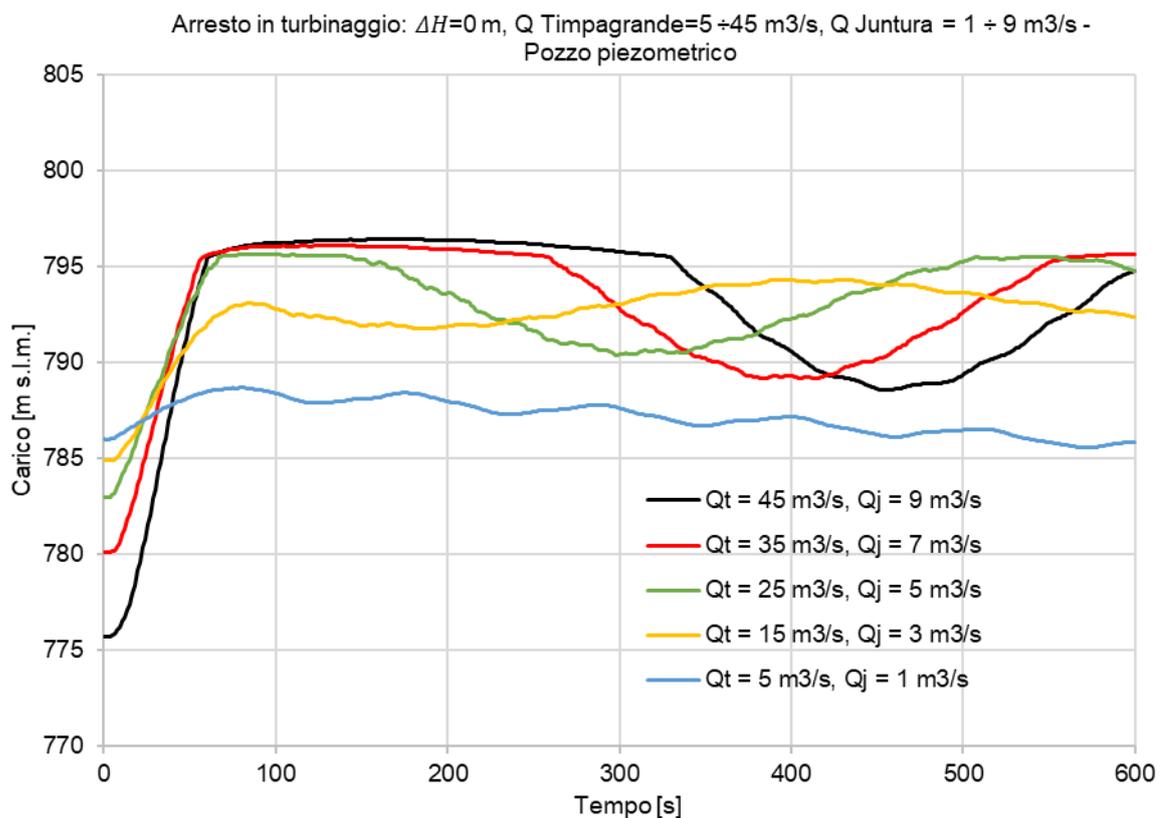


Figura 93: Arresto in turbinaggio: Portata vs tempo Pozzo piezometrico – CASO C, Manovra 0.

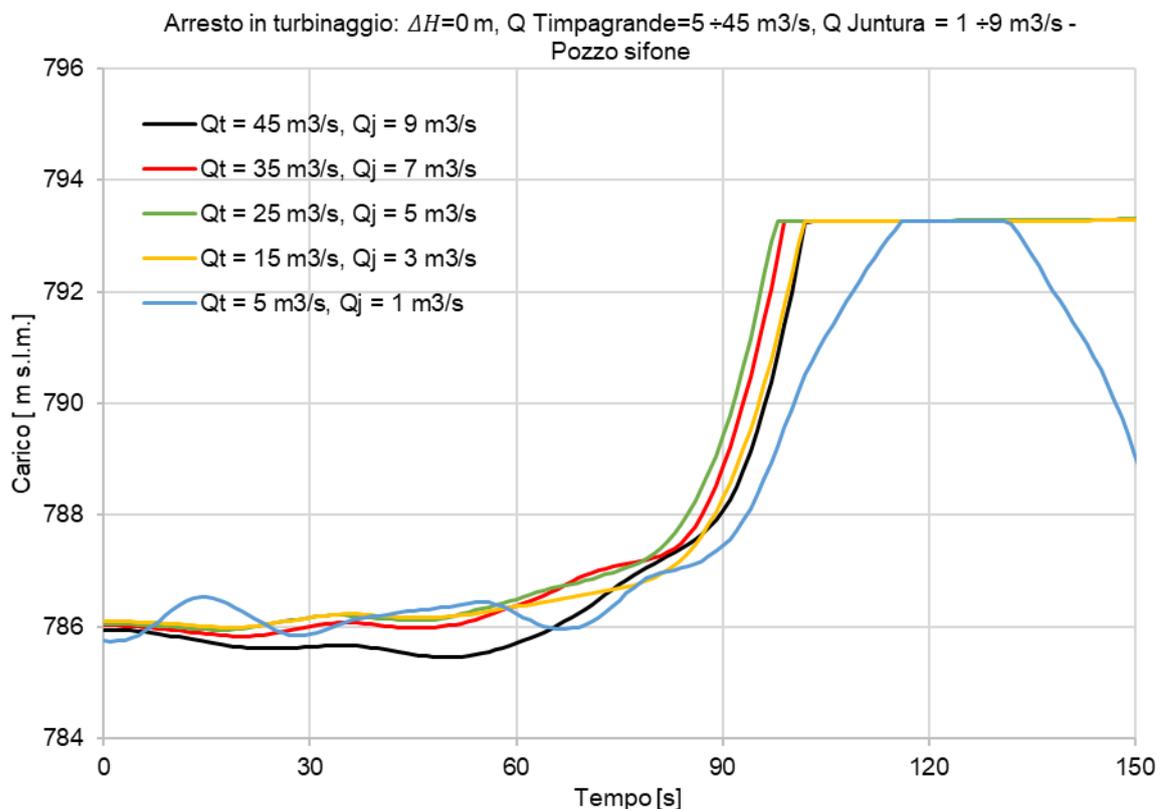


Figura 94: Arresto in turbinaggio: Portata vs tempo tratto Orichella – Nodo B – CASO C, Manovra 0.

6.2.3 Chiusura accidentale valvole

La chiusura accidentale delle valvole può verificarsi a seguito di malfunzionamenti che, seppur rari e limitabili grazie ad una buona manutenzione, devono essere tenuti in conto al fine della corretta valutazione dei fenomeni transitori.

L'obiettivo del presente paragrafo è pertanto quello di analizzare il comportamento del sistema e le eventuali manovre da eseguire in caso di chiusura accidentale di una delle valvole. Il calcolo è stato eseguito con le seguenti ipotesi:

- Q **Timpagrande** 45 m³/s
- Q **Juntura** 16 m³/s
- H **Juntura** 786.70 m s.l.m.
- Quote di invaso **Orichella** (min.) 786.10 m s.l.m.
- Quote di invaso **Migliarite** (min.) 786.10 m s.l.m.

Al fine di massimizzare gli effetti si ipotizza che i bacini siano alla quota di minimo invaso (786.10 m s.l.m.).

Sono stati analizzati i casi riportati di seguito:

Caso	Condizioni al contorno	Manovre	Obiettivo
CASO A	<ul style="list-style-type: none"> - H Orichella = 786.10 m s.l.m. - H Migliarite = 786.10 m s.l.m. - Q Juntura = 16 m³/s - H Juntura = 786.70 m s.l.m. - Q Timpagrande = 45÷20 m³/s - T Chiusura = 25 s (Valvola a farfalla "vecchia" derivazione) 	<p><u>Manovra 0</u>: Chiusura accidentale valvola nella "vecchia" derivazione</p> <p><u>Manovra 1</u>: Chiusura accidentale valvola nella "vecchia" derivazione e regolazione delle portate a Timpagrande da 45 m³/s a 20 m³/s</p>	<p>Si verifica che l'impianto possa turbinare la portata massima a Timpagrande esercendo solo la "nuova" galleria di derivazione. <u>Si utilizza il modello completo del canale di Juntura e del tratto verticale del sifone (Modello 1 - Figura 34)</u></p>
CASO B	<ul style="list-style-type: none"> - H Orichella = 786.10 m s.l.m. - H Migliarite = 786.10 m s.l.m. - Q Juntura = 16 m³/s - H Juntura = 786.70 m s.l.m. - Q Timpagrande = 45÷30 m³/s - T Chiusura = 25 s (Valvola a farfalla "nuova" derivazione) 	<p><u>Manovra 0</u>: Chiusura accidentale valvola nella "nuova" derivazione</p> <p><u>Manovra 1</u>: Chiusura accidentale valvola nella "nuova" derivazione e regolazione delle portate a Timpagrande da 45 m³/s a 30 m³/s</p>	<p>Si verifica che l'impianto possa turbinare la portata massima a Timpagrande esercendo solo la "vecchia" galleria di derivazione. <u>Si utilizza il modello completo del canale di Juntura e del tratto verticale del sifone (Modello 1 - Figura 34)</u></p>
CASO C	<ul style="list-style-type: none"> - H Orichella = 786.10 m s.l.m. - H Migliarite = 786.10 m s.l.m. - Q Juntura = 16 m³/s - H Juntura = 786.70 m s.l.m. - Q Timpagrande = 45 m³/s - T Chiusura = 25 s (Valvola a farfalla sifone) 	<p><u>Manovra 0</u>: Chiusura accidentale valvola nel sifone</p>	<p>Si verifica il funzionamento dell'impianto nel caso di chiusura accidentale della valvola in progetto nel sifone. <u>Si utilizza il modello completo del canale di Juntura e del tratto verticale del sifone (Modello 1 - Figura 34)</u></p>

Tabella 13: Schema riassuntivo della chiusura accidentale di una valvola in turbinaggio.

Caso A

Il Caso A esamina la possibilità che la valvola in progetto sulla "vecchia" derivazione si chiuda accidentalmente ipotizzando che a Timpagrande si stiano turbinando le acque provenienti da Orichella, Migliarite e Juntura alla massima portata ($Q = 45 \text{ m}^3/\text{s}$).

Per il Caso A sono state analizzate n. 2 manovre (Manovra 0 e Manovra 1) considerando le seguenti condizioni al contorno:

- H Orichella = 786.10 m s.l.m.
- H Migliarite = 786.10 m s.l.m.
- H Juntura = 786.70 m s.l.m.
- Q Juntura = 16 m³/s
- Q Timpagrande = 45 m³/s

La Manovra 0 consiste nel simulare la chiusura accidentale della valvola a farfalla nella "vecchia" derivazione in un tempo $t = 200 + 25$ s.

Come mostrato in **Figura 95** si può osservare che al momento di abbandono della valvola si annulla la portata sul tratto Orichella – Nodo B.

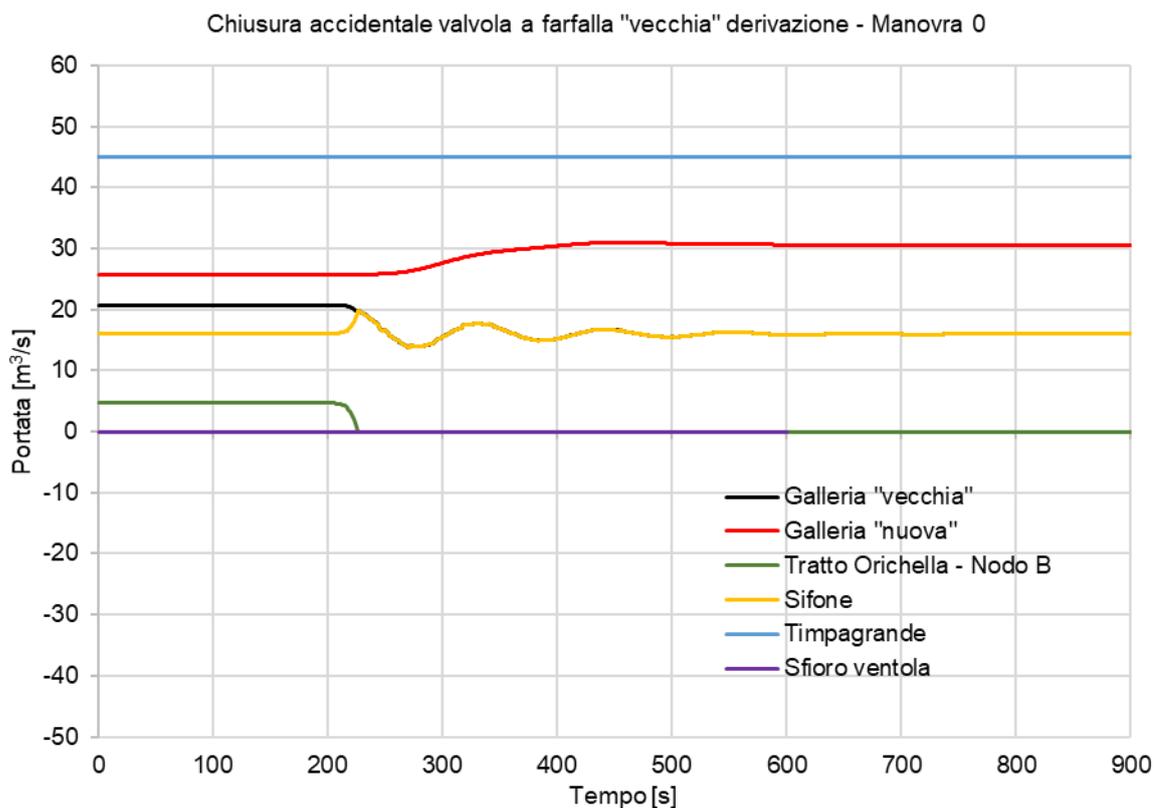


Figura 95: Chiusura accidentale valvola in Turbinaggio: Portata vs tempo – CASO A, Manovra 0.

In **Figura 97** e **Figura 96** si rappresentano rispettivamente l'andamento nel tratto verticale del sifone e nel canale di Juntura e il livello raggiunto all'interno del pozzo piezometrico.

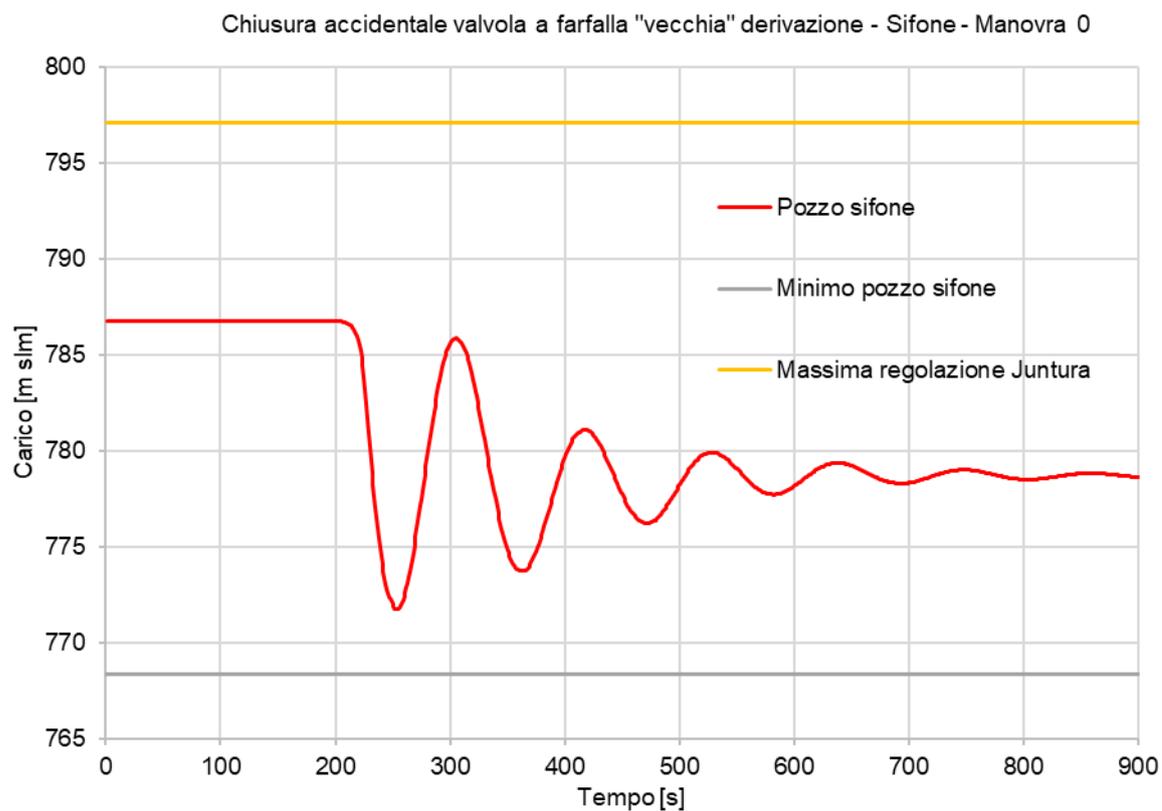


Figura 96: Chiusura accidentale valvola in Turbinaggio: Livello nel pozzo del sifone – CASO A, Manovra 0.

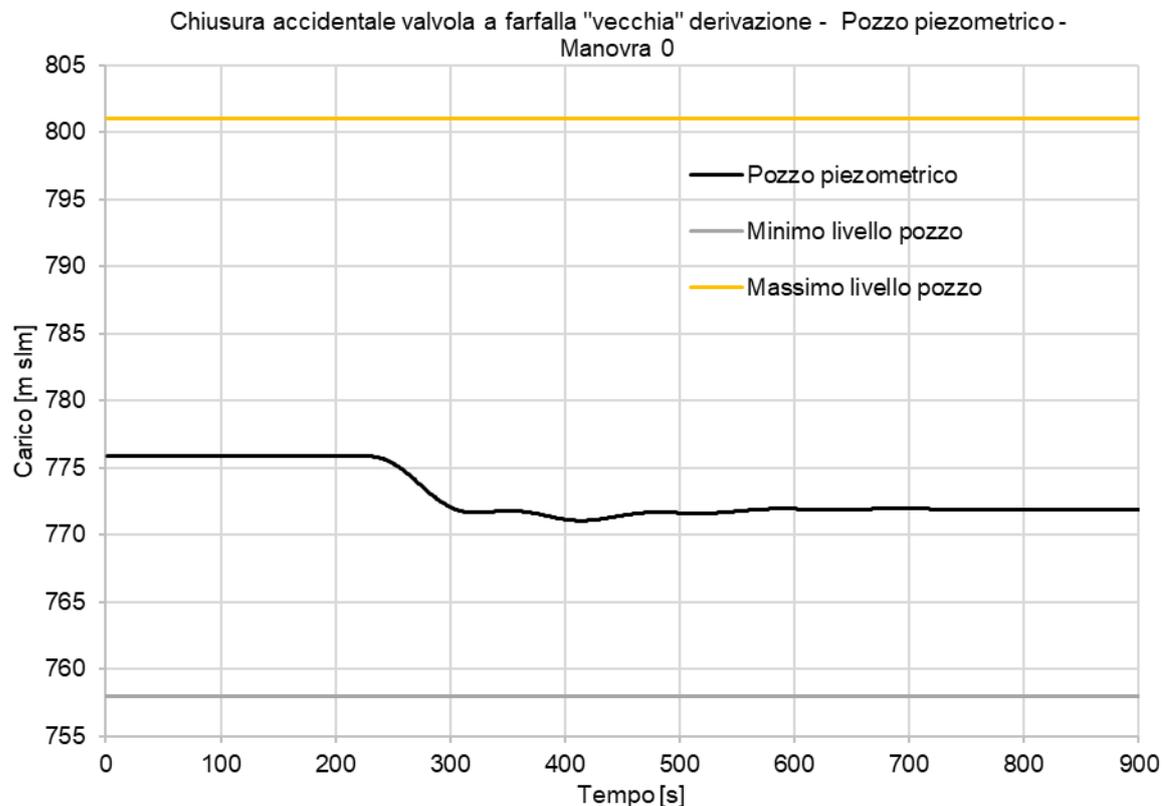


Figura 97: Chiusura accidentale valvola in Turbinaggio: Livello nel pozzo piezometrico – CASO A, Manovra 0.

Di seguito si rappresentano l'andamento delle pressioni per la Manovra 0 immediatamente a valle della valvola in progetto rispettivamente nella "nuova" e nella "vecchia" galleria di derivazione.

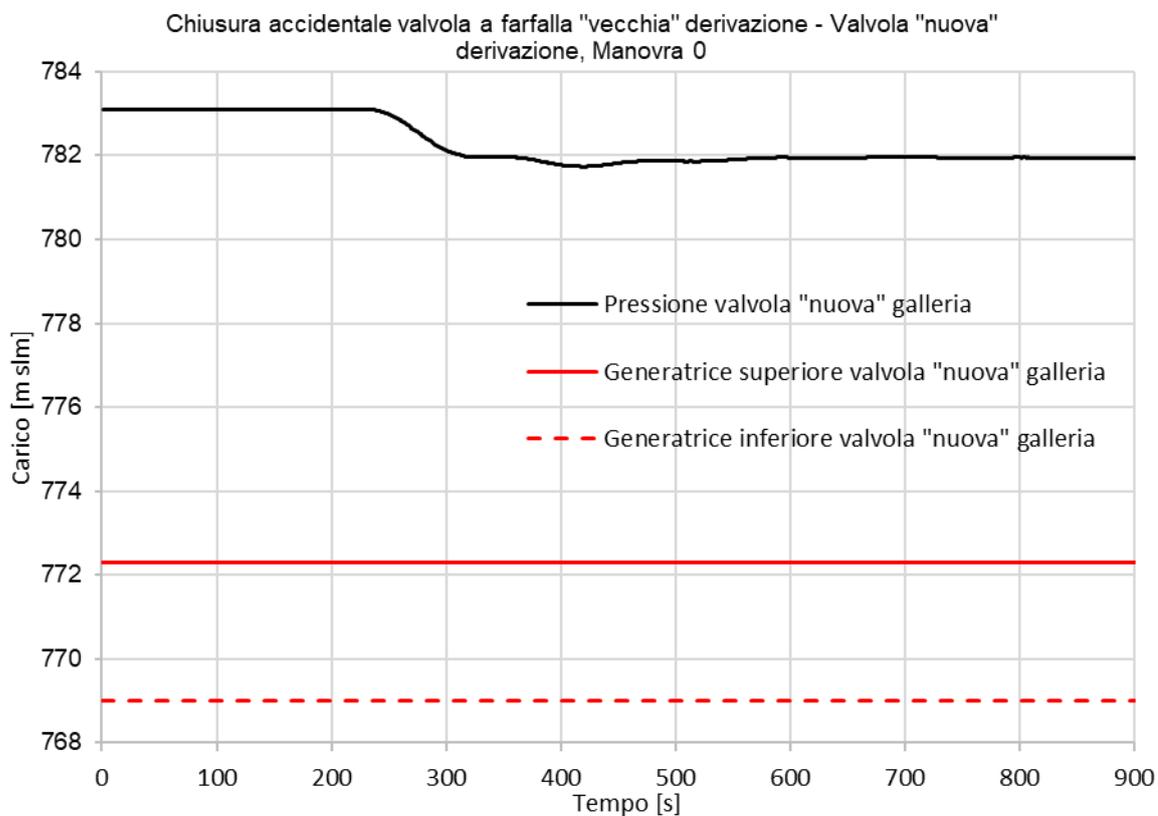


Figura 98: Chiusura accidentale Turbinaggio: Pressione a valle della valvola nella "nuova" galleria di derivazione – CASO A, Manovra 0.

In **Figura 99** si osserva che al tempo $t = 200$ s, momento di chiusura della valvola, la pressione a valle della stessa si abbassa, per attestarsi ad un valore di 778 m s.l.m. Si deduce quindi che una volta raggiunto l'equilibrio sia nella valvola della "vecchia" derivazione che nel nodo B (giunzione tra sifone e "vecchia" galleria di derivazione) le pressioni saranno negative.

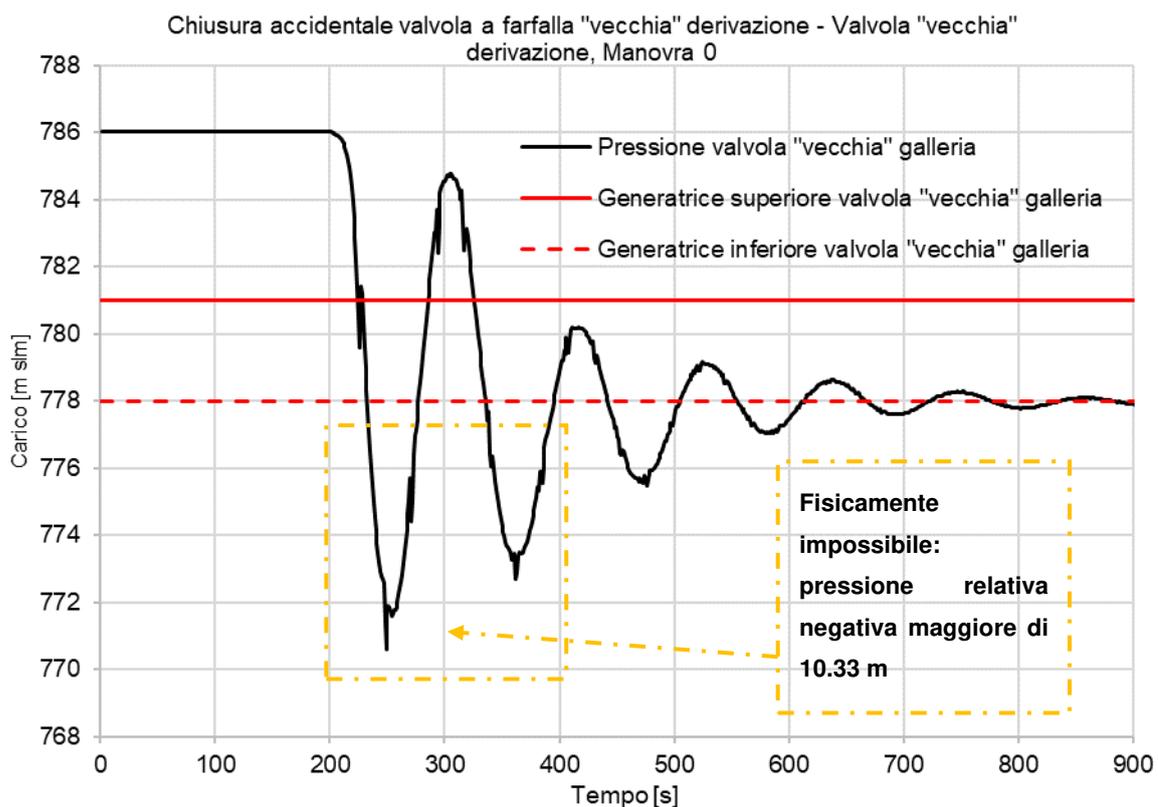


Figura 99: Chiusura accidentale valvola Turbinaggio: Pressione a valle della valvola nella “vecchia” galleria di derivazione – CASO A, Manovra 0.

Come riportato nel grafico, la piezometrica relativa (rappresentata dalla linea nera) non può fisicamente essere al di sotto dell’estradosso della condotta per una altezza superiore all’altezza piezometrica corrispondente alla pressione atmosferica (10.33 m). Per questo motivo le valvole a farfalla saranno equipaggiate con opportune valvole d’aria che consentano l’ingresso d’aria nel sistema.

In caso di chiusura accidentale della valvola a farfalla nella “vecchia” derivazione per il Caso A si concludere che non è possibile turbinare una portata $Q = 45 \text{ m}^3/\text{s}$ mantenendo pressione positiva in tutti i nodi del sistema. Si propone di seguito una manovra da attuare nell’eventualità di tale chiusura accidentale.

La Manovra 1 consiste nel simulare la chiusura accidentale della valvola a farfalla in progetto sulla “vecchia” derivazione in un tempo di 25 secondi ($t=200 + 25 \text{ s}$) e, consequenzialmente, regolare le spine delle macchine affinché in un tempo di 25 secondi ($t = 225 + 25 \text{ s}$) la portata turbinata diminuisca da 45 a $20 \text{ m}^3/\text{s}$.

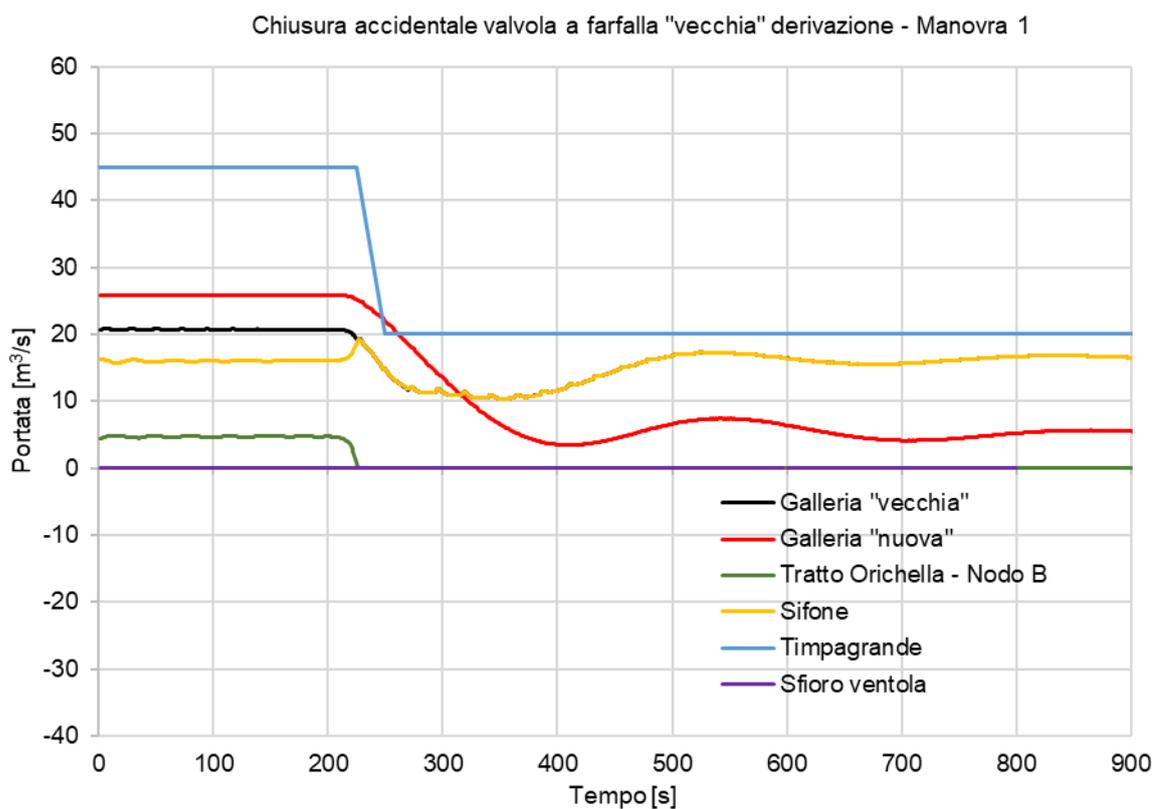


Figura 100: Chiusura accidentale valvola in Turbinaggio: Portata vs tempo – CASO A, Manovra 1.

In **Figura 101** e **Figura 102** si rappresentano rispettivamente l'andamento nel tratto verticale del sifone e nel canale di Juntura e il livello raggiunto all'interno del pozzo piezometrico.



Figura 101: Chiusura accidentale valvola in Turbinaggio: Livello nel pozzo del sifone – CASO A, Manovra 1.

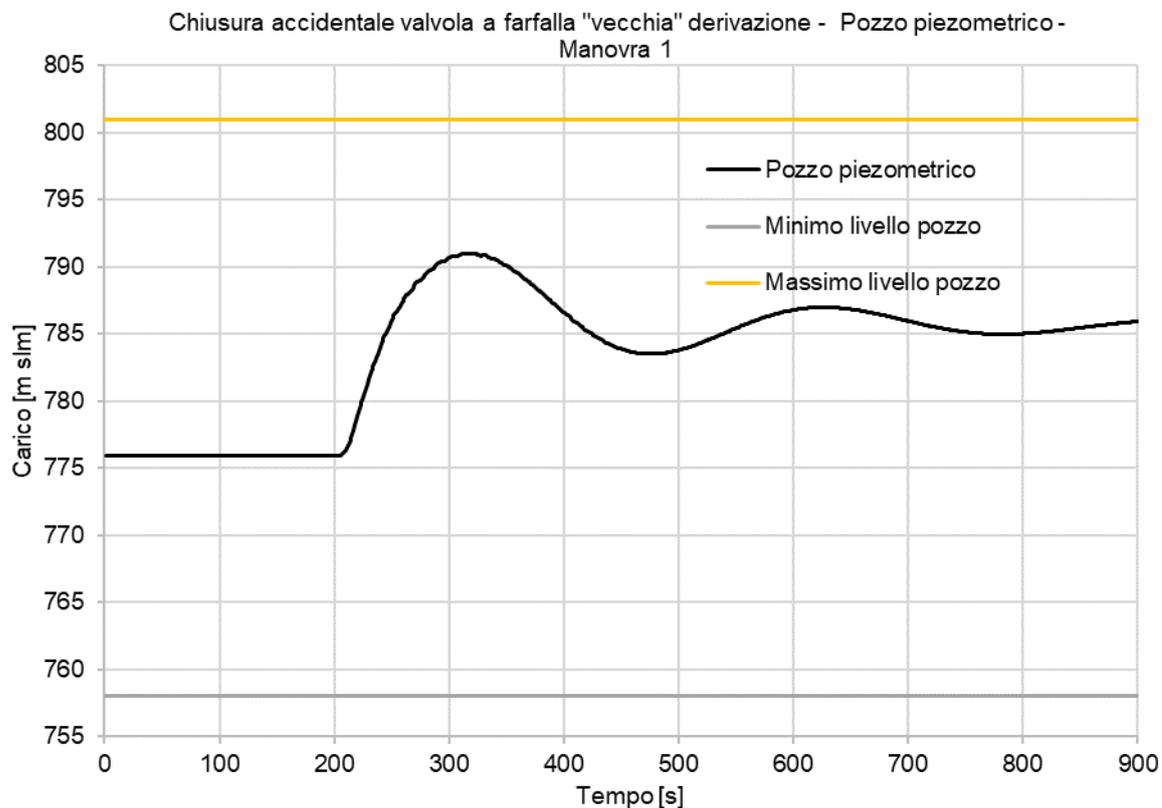


Figura 102: Chiusura accidentale valvola in Turbinaggio: Livello nel pozzo piezometrico – CASO A, Manovra 1.

Di seguito si rappresentano l'andamento delle pressioni per la Manovra 1 immediatamente a valle della valvola in progetto rispettivamente nella "nuova" e nella "vecchia" galleria di derivazione.

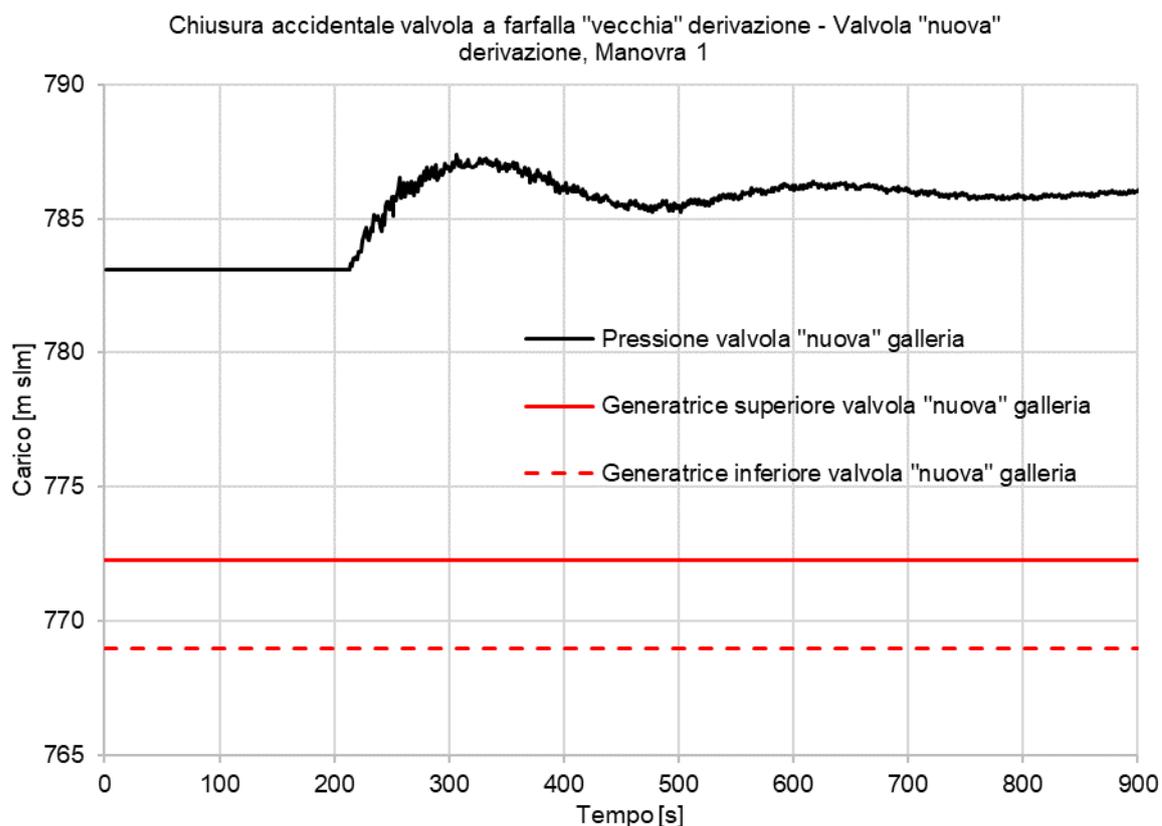


Figura 103: Chiusura accidentale Turbinaggio: Pressione a valle della valvola nella "nuova" galleria di derivazione – CASO A, Manovra 1.

In **Figura 104** si osserva che al tempo $t = 200$ s, momento di chiusura accidentale della valvola, genera una depressione di 2 m ca. in corrispondenza della valvola rapidamente compensata dalle portate proveniente dal sifone.

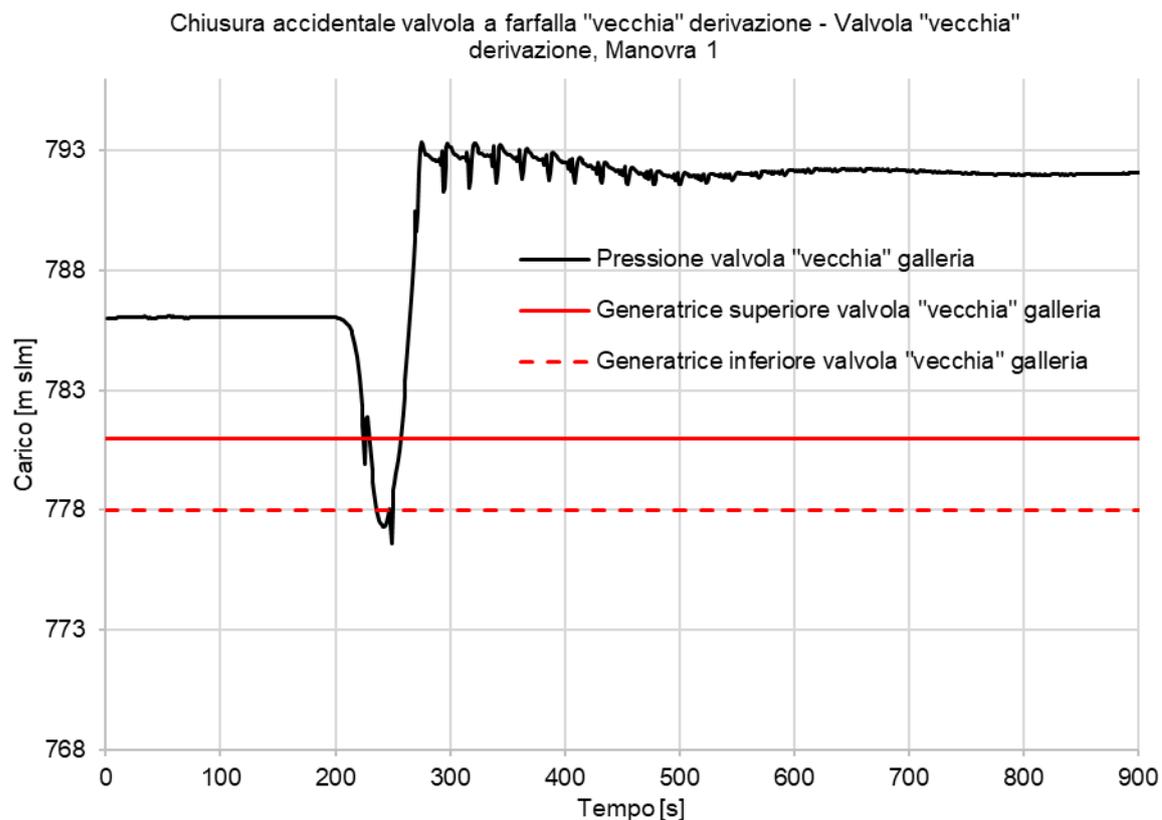


Figura 104: Chiusura accidentale Turbinaggio: Pressione a valle della valvola nella “vecchia” galleria di derivazione – CASO A, Manovra 1.

Caso B

Il Caso B esamina la possibilità che la valvola in progetto sulla “nuova” derivazione si chiuda accidentalmente ipotizzando che a Timpagrande si stiano turbinando le acque provenienti da Orichella, Migliarite e Juntura alla massima portata ($Q = 45 \text{ m}^3/\text{s}$).

Per il Caso B sono state analizzate n. 2 manovre (Manovra 0 e Manovra 1) considerando le seguenti condizioni al contorno:

- $H_{\text{Orichella}} = 786.10 \text{ m s.l.m.}$
- $H_{\text{Migliarite}} = 786.10 \text{ m s.l.m.}$
- $H_{\text{Juntura}} = 786.70 \text{ m s.l.m.}$
- $Q_{\text{Juntura}} = 16 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Q_{\text{Timpagrande}} = 45 \text{ m}^3/\text{s}$

La Manovra 0 consiste nel simulare la chiusura accidentale della valvola a farfalla nella “nuova” derivazione in un tempo $t = 200 + 25 \text{ s}$.

Come mostrato in **Figura 105** si può osservare che al momento di abbandono della valvola si annulla la portata sul tratto Orichella – Nodo B.

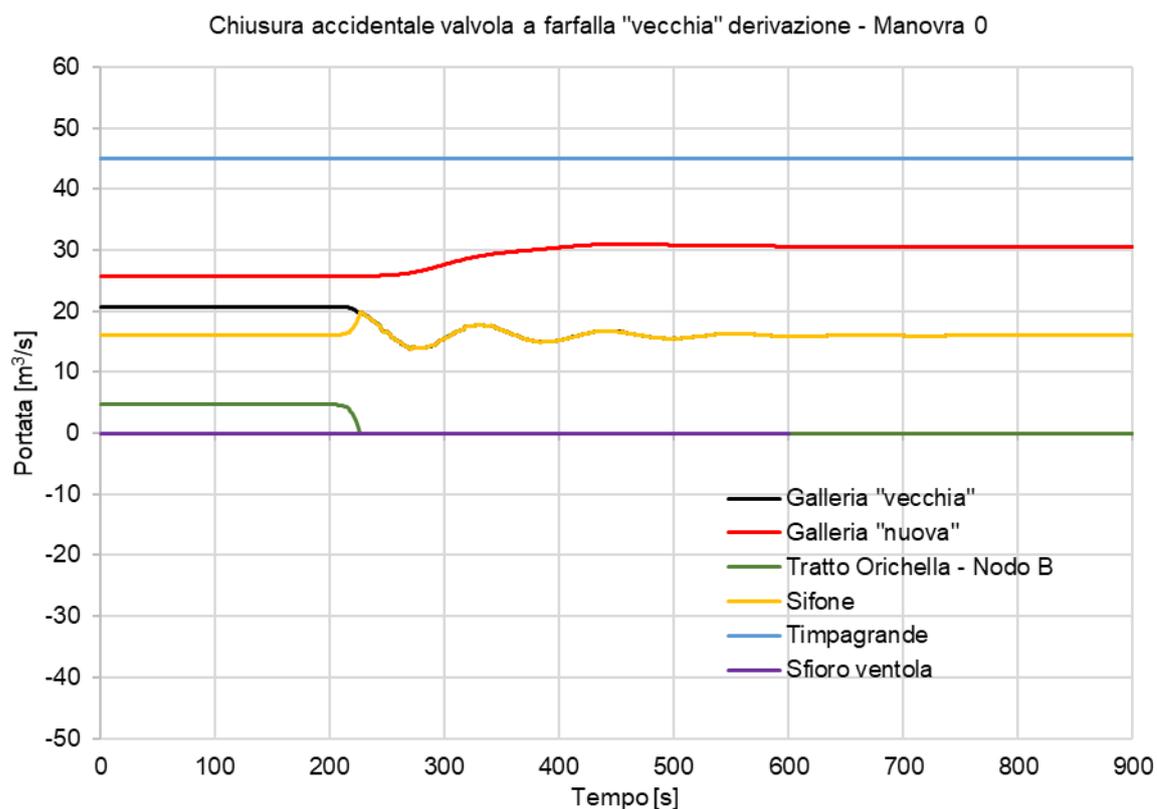


Figura 105: Chiusura accidentale valvola in Turbinaggio: Portata vs tempo – CASO B, Manovra 0.

Di seguito si rappresentano rispettivamente l'andamento nel tratto verticale del sifone e nel canale di Juntura e il livello raggiunto all'interno del pozzo piezometrico. Si evidenzia in particolare in **Figura 106** che il livello nel pozzo piezometrico scende al di sotto del minimo livello (pressione negativa) dimostrando che nel caso si esercisse la sola "vecchia" derivazione, le perdite di carico e le caratteristiche del sistema sarebbero tali da non consentire il passaggio di $45 \text{ m}^3/\text{s}$ (come già esposto al paragrafo 5.3).

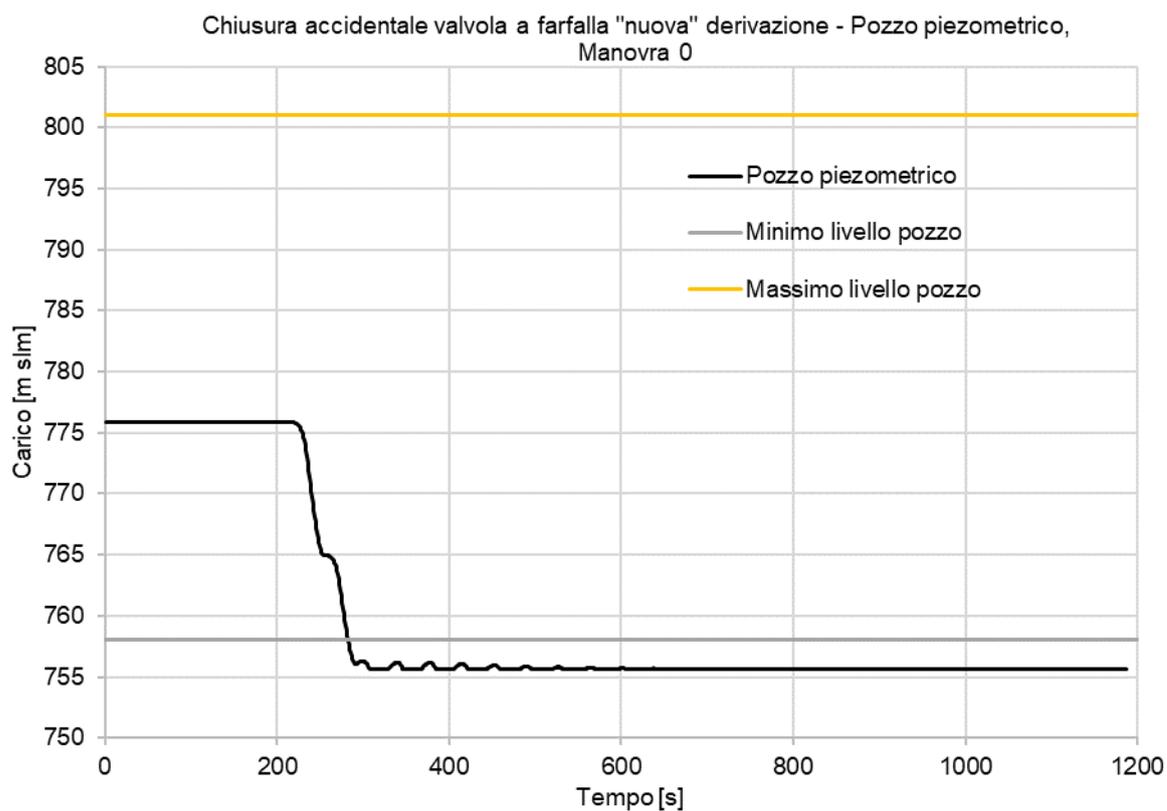


Figura 106: Chiusura accidentale valvola in Turbinaggio: Livello nel pozzo del sifone – CASO B, Manovra 0.

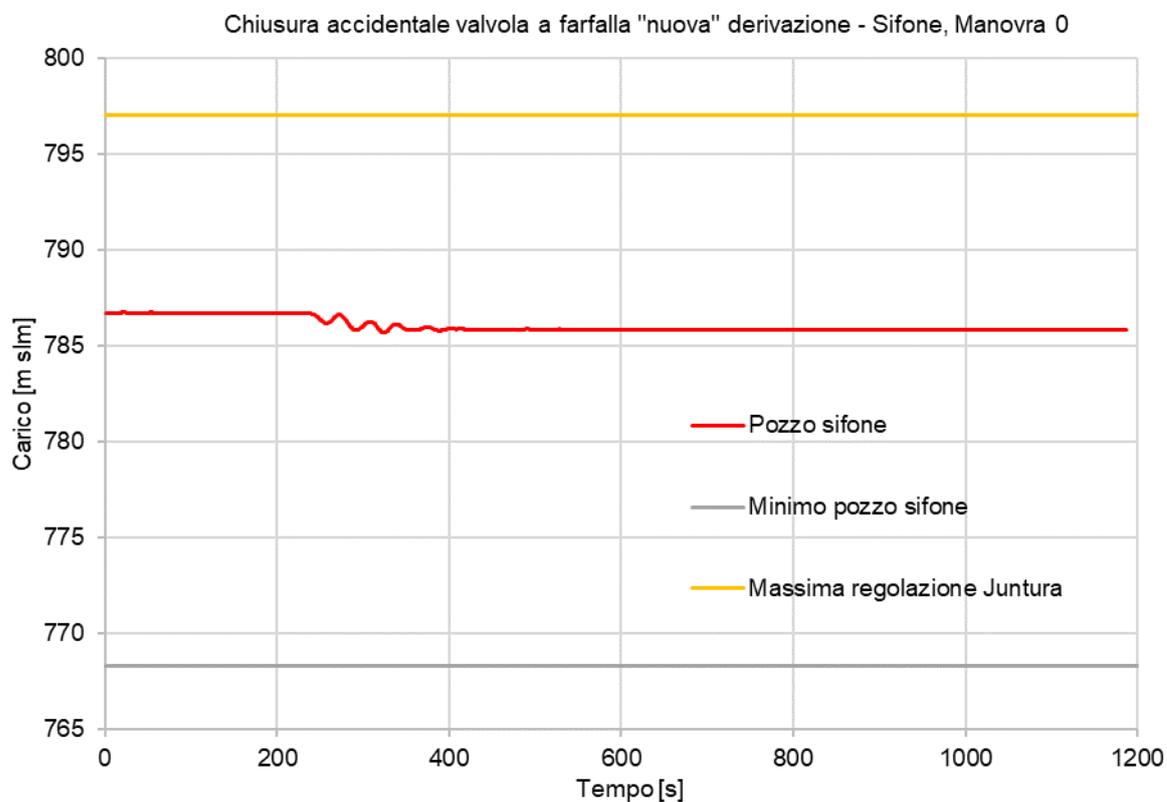


Figura 107: Chiusura accidentale valvola in Turbinaggio: Livello nel pozzo piezometrico – CASO B, Manovra 0.

Di seguito si rappresentano l'andamento delle pressioni per la Manovra 0 immediatamente a valle della valvola in progetto rispettivamente nella "nuova" e nella "vecchia" galleria di derivazione.

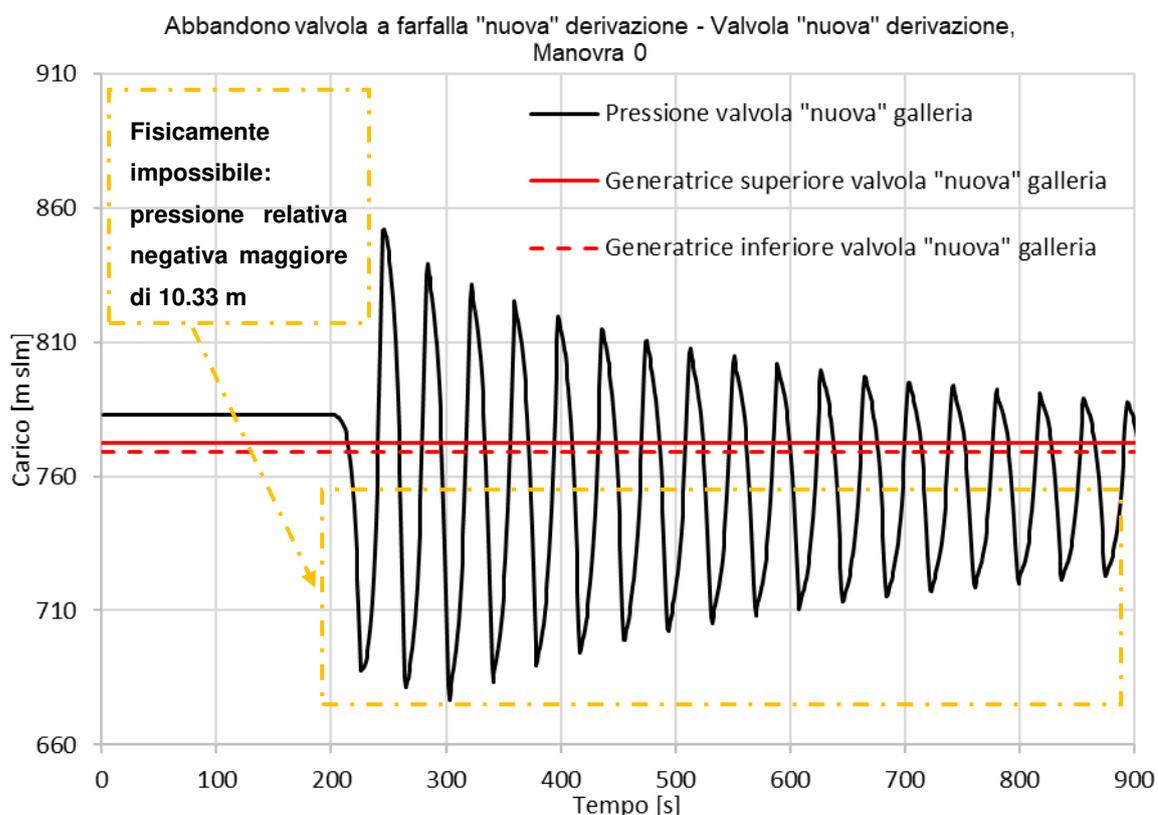


Figura 108: Chiusura accidentale valvola in Turbinaggio: Pressione a valle della valvola nella "nuova" galleria di derivazione – CASO B, Manovra 0.

In **Figura 108** si osserva che al tempo $t = 200$ s, momento di chiusura della valvola, si generano sovrapressioni e depressioni dell'ordine di ca. 90 m. Come riportato nel grafico, la piezometrica relativa (rappresentata dalla linea nera) non può fisicamente essere al di sotto dell'estradosso della condotta per una altezza superiore all'altezza piezometrica corrispondente alla pressione atmosferica (10.33 m). Per questo motivo le valvole a farfalla saranno equipaggiate con opportune valvole d'aria che consentano l'ingresso d'aria nel sistema.

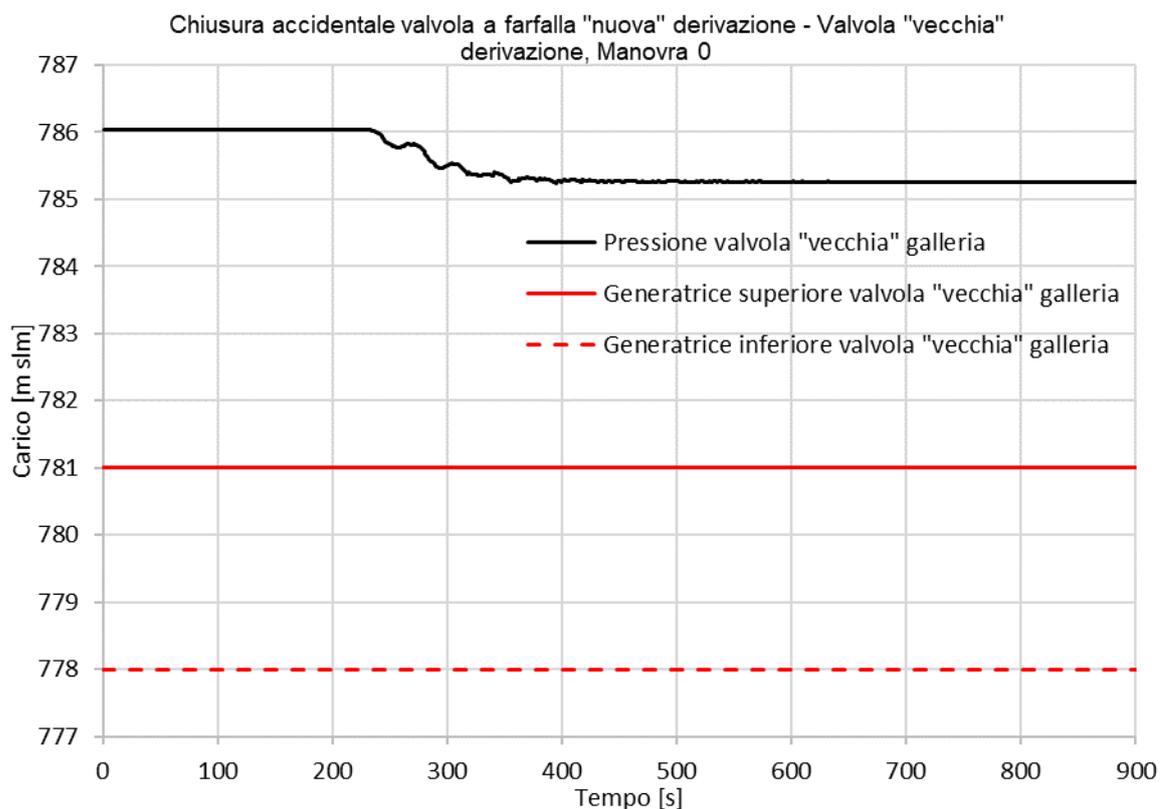


Figura 109: Chiusura accidentale valvola in Turbinaggio: Pressione a valle della valvola nella “vecchia” galleria di derivazione – CASO B, Manovra 0.

In caso di chiusura accidentale della valvola a farfalla nella “nuova” derivazione per il Caso B si concludere che non è possibile turbinare una portata $Q = 45 \text{ m}^3/\text{s}$ mantenendo pressione positiva in tutti i nodi del sistema. Si propone di seguito una manovra da attuare nell’eventualità di tale chiusura accidentale.

La Manovra 1 consiste nel simulare la chiusura accidentale della valvola a farfalla in progetto sulla “nuova” derivazione in un tempo di 25 secondi ($t=200 + 25 \text{ s}$) e, consequenzialmente, regolare le spine delle macchine affinché in un tempo di 25 secondi ($t = 225 + 25 \text{ s}$) la portata turbinata diminuisca da 45 a $30 \text{ m}^3/\text{s}$.

In **Figura 110** si può osservare che al momento di abbandono della valvola si annulla la portata sulla galleria nuova.

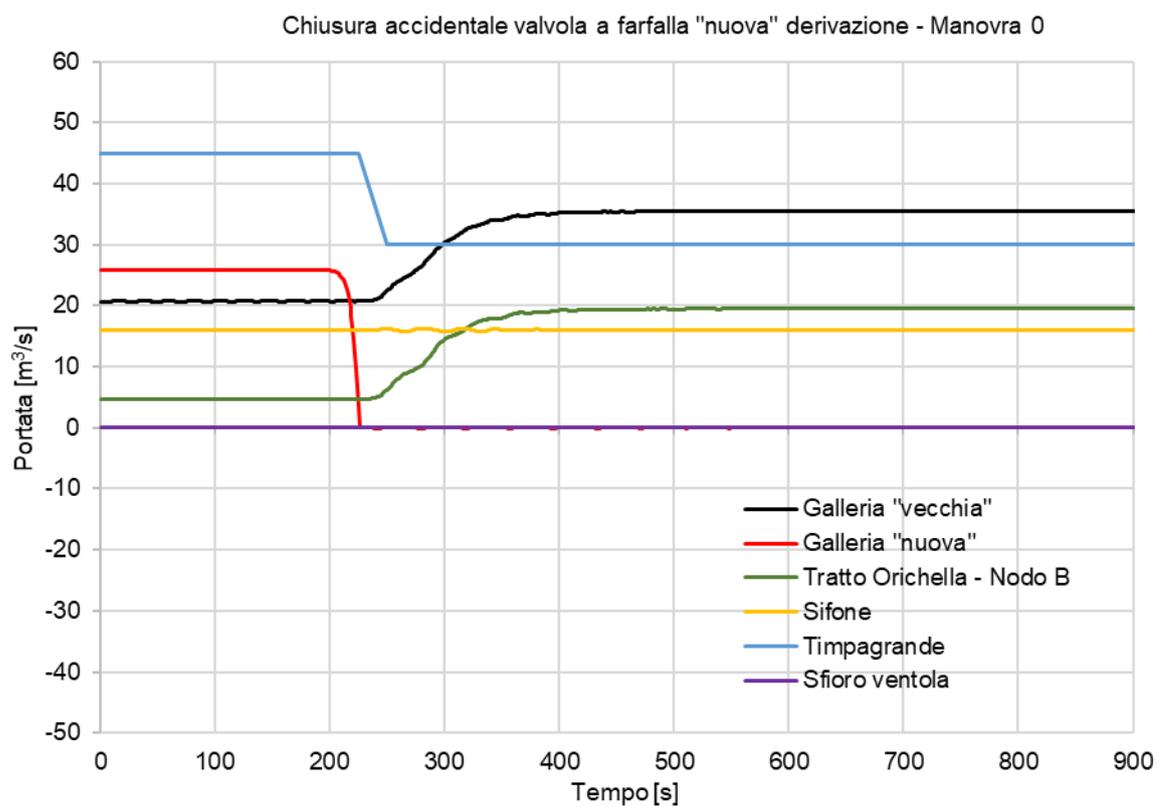


Figura 110: Chiusura accidentale valvola in Turbinaggio: Portata vs tempo – CASO B, Manovra 1.

In **Figura 111** e **Figura 112** si rappresentano rispettivamente l'andamento nel tratto verticale del sifone e nel canale di Juntura e il livello raggiunto all'interno del pozzo piezometrico.

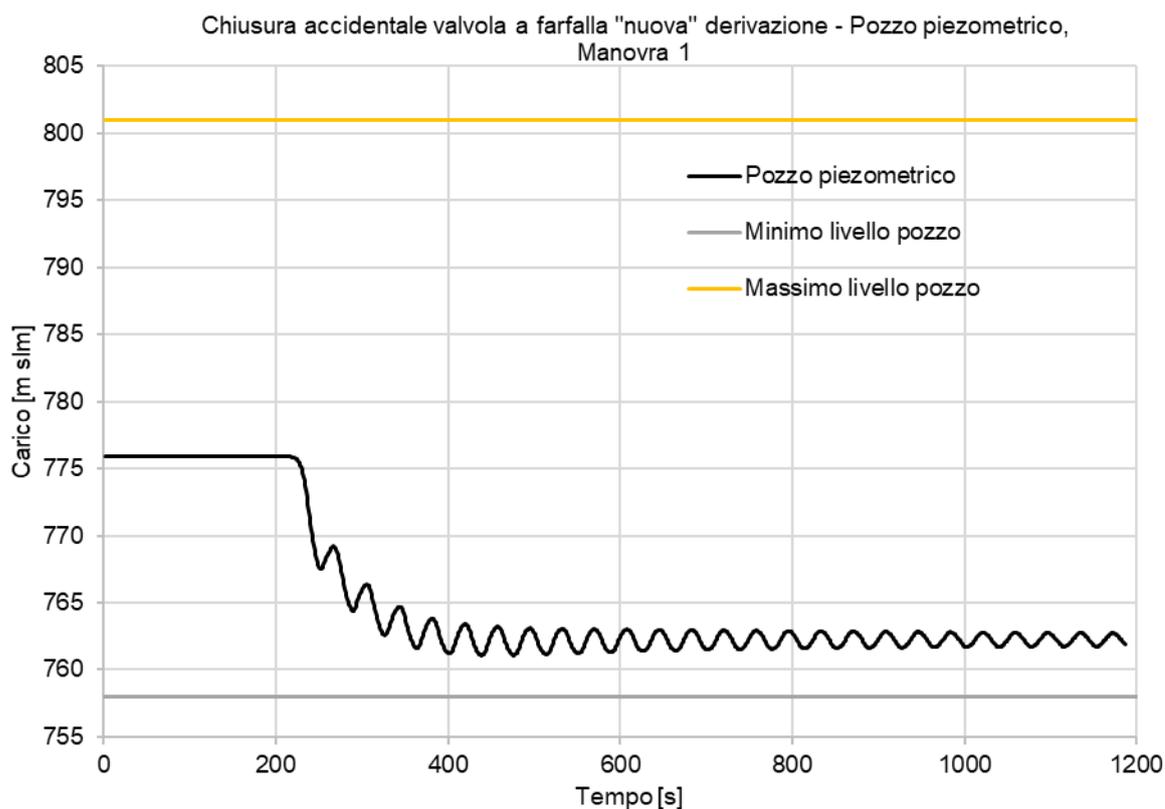


Figura 111: Chiusura accidentale valvola in Turbinaggio: Livello nel pozzo del sifone – CASO B, Manovra 1.

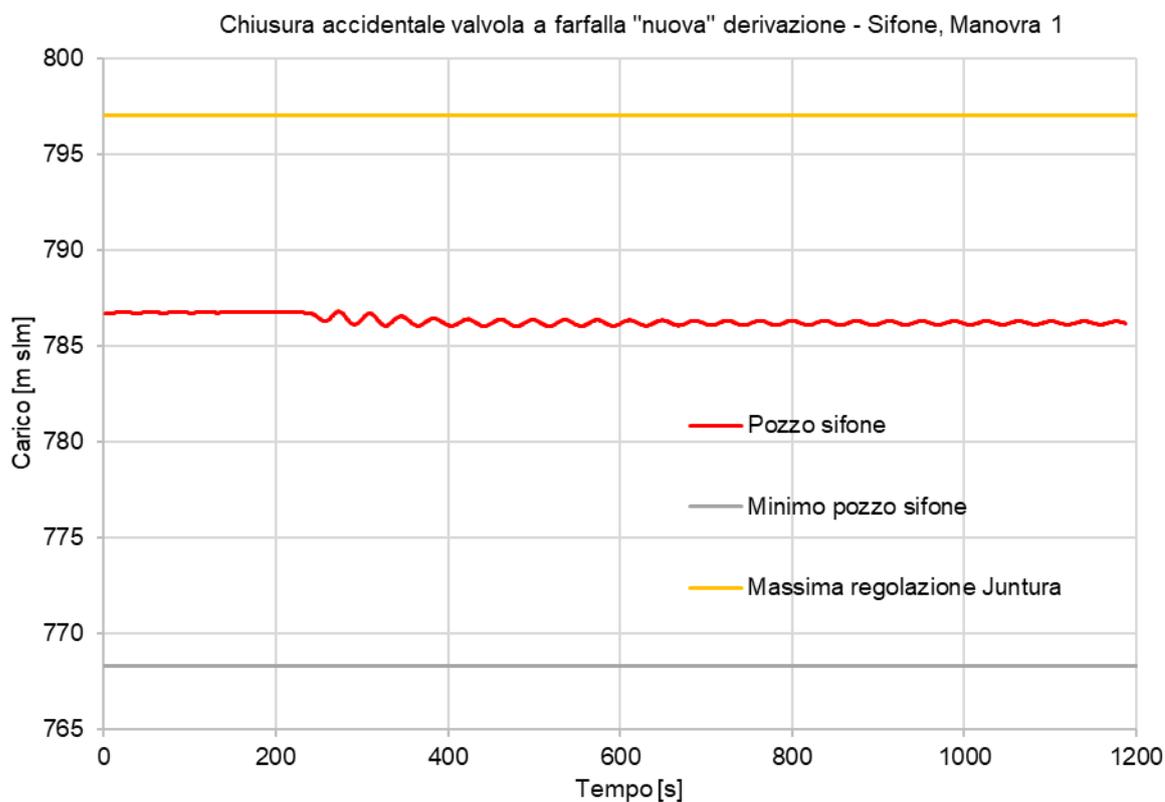


Figura 112: Chiusura accidentale valvola in Turbinaggio: Livello nel pozzo piezometrico – CASO B, Manovra 1.

Di seguito si rappresentano l'andamento delle pressioni per la Manovra 1 immediatamente a valle della valvola in progetto rispettivamente nella "nuova" e nella "vecchia" galleria di derivazione.

In **Figura 113** si osserva che al tempo $t = 200$ s, momento di chiusura accidentale della valvola, si generano sovrapressioni e depressioni dell'ordine di ca. 70 m.

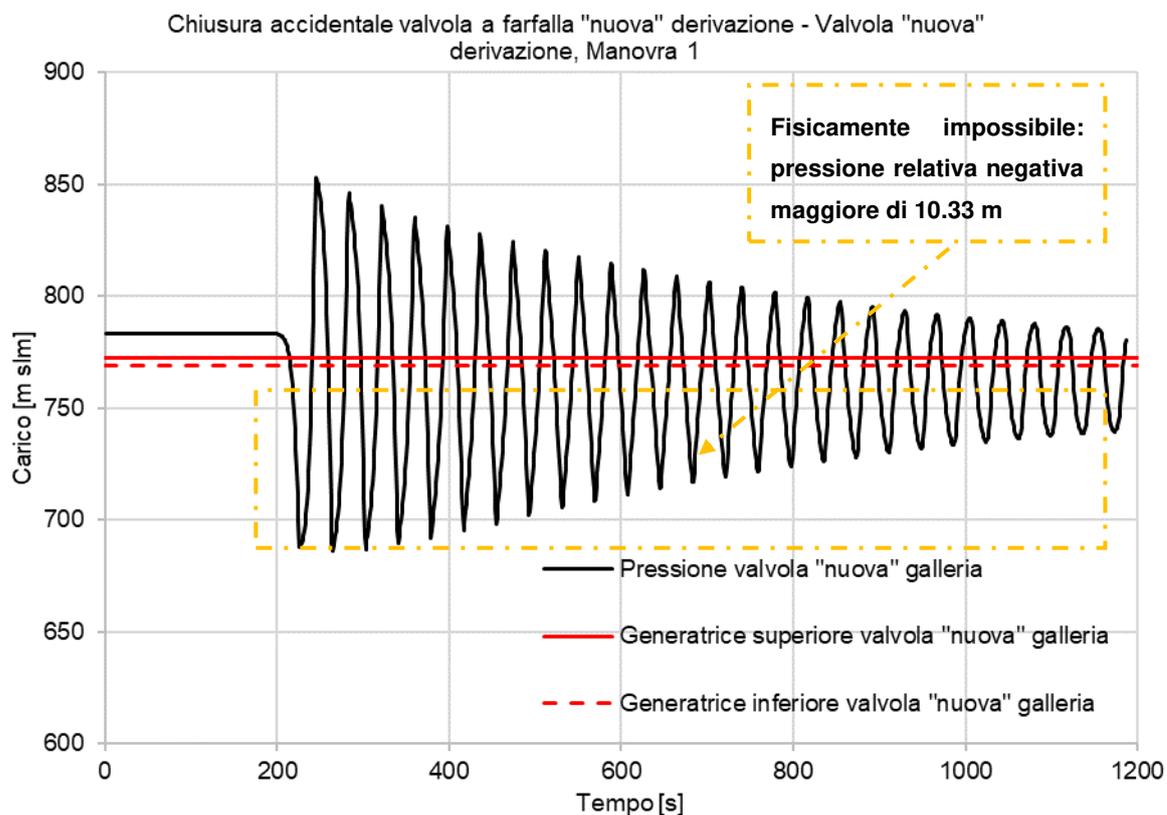


Figura 113: Chiusura accidentale Turbinaggio: Pressione a valle della valvola nella "nuova" galleria di derivazione – CASO B, Manovra 1.

Anche in questo caso la piezometrica relativa (rappresentata dalla linea nera in figura) non fisicamente essere al di sotto dell'estradosso della condotta per una altezza superiore all'altezza piezometrica corrispondente alla pressione atmosferica (10.33 m). Per questo motivo le valvole a farfalla saranno equipaggiate con opportune valvole d'aria che consentano l'ingresso d'aria nel sistema.

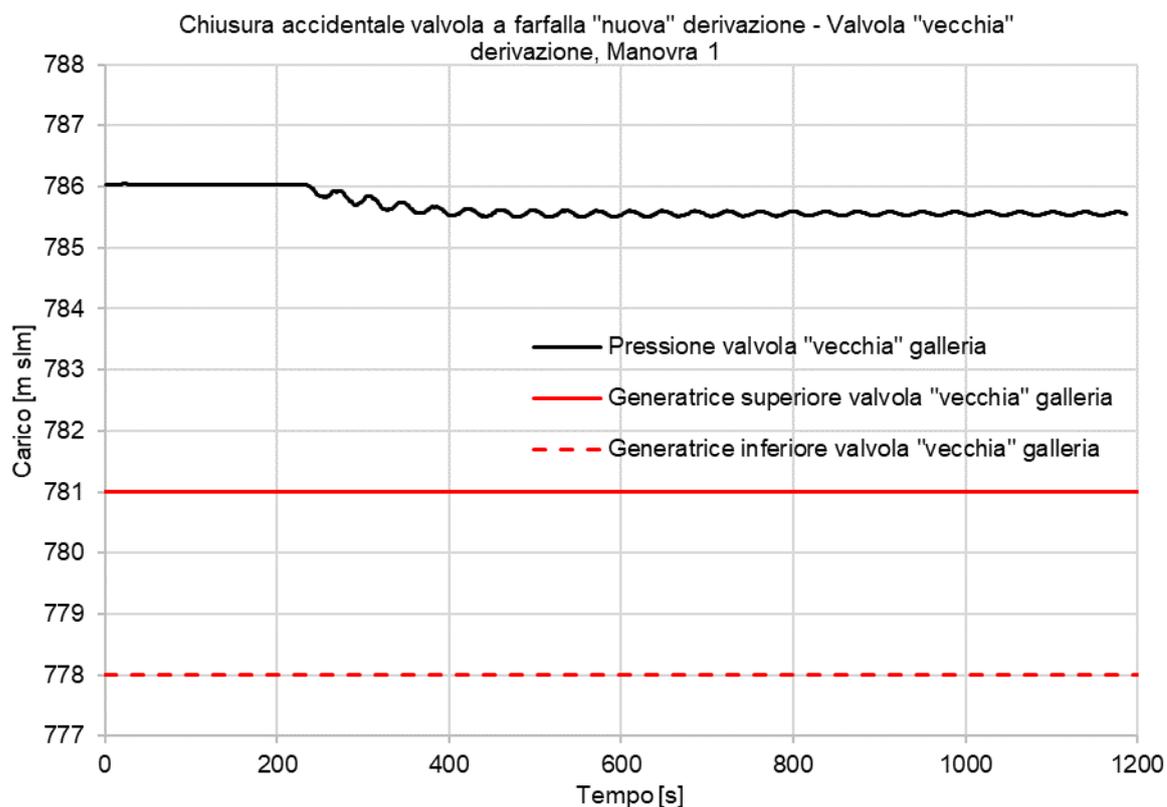


Figura 114: Chiusura accidentale Turbinaggio: Pressione a valle della valvola nella “vecchia” galleria di derivazione – CASO B, Manovra 1.

Caso C

Il Caso C esamina la possibilità che la valvola in progetto sul sifone si chiuda accidentalmente ipotizzando che a Timpagrande si stiano turbinando le acque provenienti da Orichella, Migliarite e Juntura alla massima portata ($Q = 45 \text{ m}^3/\text{s}$).

Per il Caso C è stata analizzata una manovra (Manovra 0) considerando le seguenti condizioni al contorno:

- H Orichella = 786.10 m s.l.m.
- H Migliarite = 786.10 m s.l.m.
- H Juntura = 786.70 m s.l.m.
- Q Juntura = $16 \text{ m}^3/\text{s}$
- Q Timpagrande = $45 \text{ m}^3/\text{s}$

La Manovra 0 consiste nel simulare la chiusura accidentale della valvola a farfalla nel sifone in un tempo $t = 200 + 25 \text{ s}$.

Come mostrato in **Figura 115** si può osservare che al momento di abbandono della valvola si annulla la portata sul sifone.

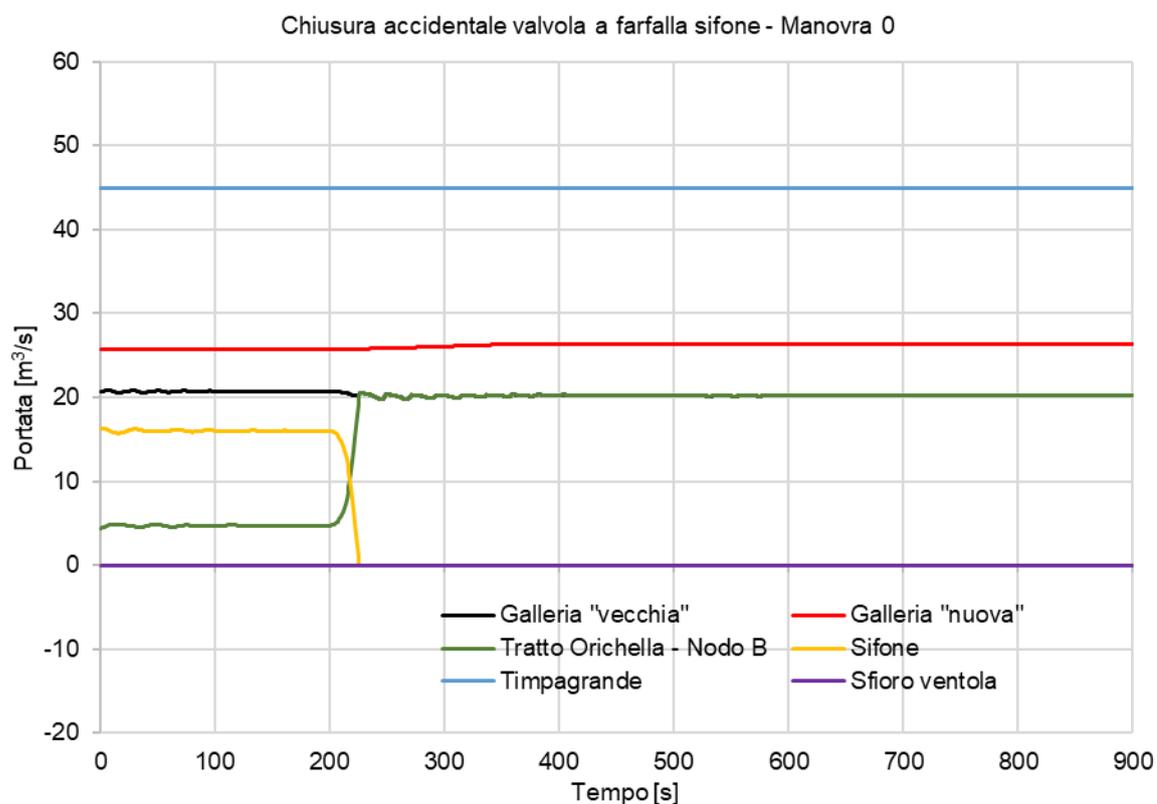


Figura 115: Chiusura accidentale valvola in Turbinaggio: Portata vs tempo – CASO C, Manovra 0.

Di seguito si rappresentano rispettivamente l'andamento nel tratto verticale del sifone e nel canale di Juntura e il livello raggiunto all'interno del pozzo piezometrico. Si evidenzia in particolare in **Figura 116** che il livello nel pozzo piezometrico si mantiene pressoché costante mentre il livello nel canale di Juntura tende a crescere perché la portata in ingresso è pari a $16 \text{ m}^3/\text{s}$ e la rispettiva valvola è chiusa (**Figura 117**).

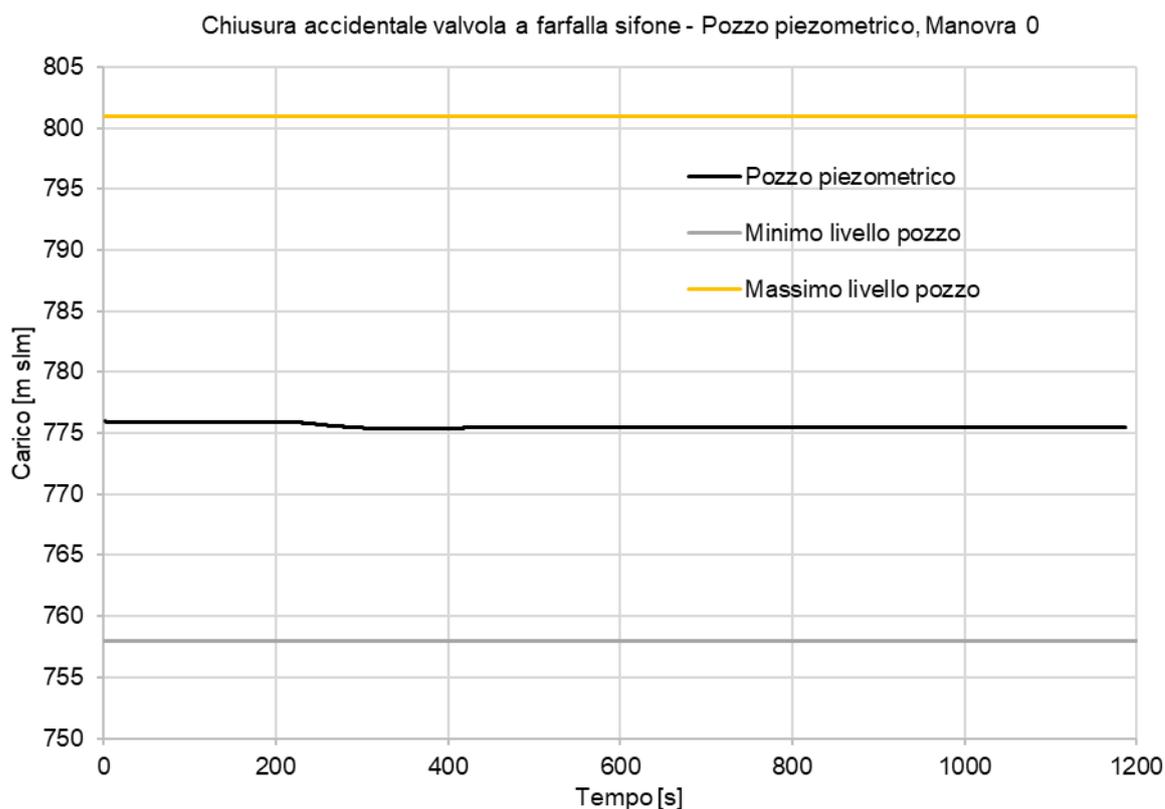


Figura 116: Chiusura accidentale valvola in Turbinaggio: Livello nel pozzo del sifone – CASO C, Manovra 0.

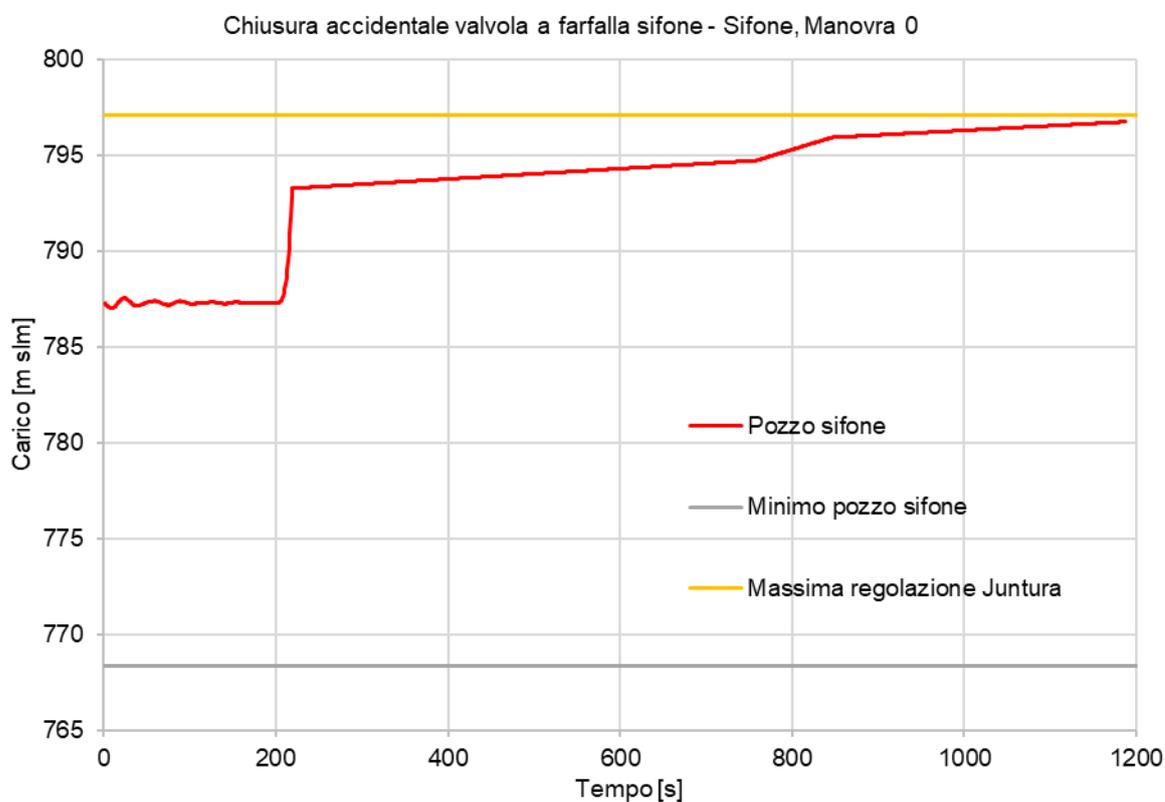


Figura 117: Chiusura accidentale valvola in Turbinaggio: Livello nel pozzo piezometrico – CASO C, Manovra 0.

6.3 Considerazioni sulla gestione delle manovre di avviamento e arresto

6.3.1 Avviamento in Turbinaggio

L'analisi dell'avviamento in turbinaggio nelle condizioni più critiche (Caso A, Caso B, Caso C, Caso D e Caso E) ha evidenziato due problematiche principali:

1. Risalita delle acque provenienti da Juntura nella "vecchia" galleria di derivazione;
2. Abbassamento del livello nel sifone fino alla quota minima in corrispondenza del tratto orizzontale con conseguente ingresso d'aria all'interno del sistema.

Come evidenziato nei paragrafi precedenti, la prima è causata dalla differenza di livello tra l'invaso di Orichella e il canale di Juntura. Se infatti si completa la manovra di avviamento quando il livello è maggiore a Juntura, l'acqua tende naturalmente a fluire da Juntura verso Orichella fino a raggiungere l'equilibrio.

La seconda è invece determinata dalla geometria del sistema in progetto: il nuovo collegamento del sifone al canale di Juntura presenta il fondo alla stessa quota di quest'ultimo (793 m s.l.m.). A tale quota diparte il tratto verticale del sifone ($D = 2.5$ m). Quando il livello idrico scende al di sotto dell'imbocco del sifone si creano rapide escursioni del livello dovute alla geometria stessa dell'opera tanto che, per raggiungere l'equilibrio con gli invasi di Orichella e Migliarite, quando si trovano al minimo vaso (786.10 m s.l.m.), possono crearsi oscillazioni di massa con ingresso d'aria all'interno del sistema.

Per ovviare a tali problematiche si raccomanda di eseguire, durante l'avviamento e per qualsiasi condizione al contorno, le seguenti due manovre, una dopo l'altra:

1. Apertura, contemporaneamente all'avviamento dell'impianto, della valvola a farfalla nella "nuova" derivazione in un tempo $t = 25$ s. Come visto in precedenza, le caratteristiche geometriche della "nuova" derivazione (L , D e k_s) sono tali da permettere il passaggio della portata massima turbinabile a Timpagrande ($Q = 45$ m³/s) mantenendo tutti i nodi del sistema in pressione. In alcuni casi, dipendendo dalle condizioni al contorno, potrà verificarsi risalita da Juntura verso Orichella e Migliarite attraverso la "nuova" derivazione. In ogni caso, vista l'entità di queste portate e la dimensione dei bacini, tale apporto risulta essere accettabile;
2. Apertura della valvola a farfalla nella "vecchia" derivazione in un tempo $t = 25$ s. Differentemente dai "Casi" esposti in precedenza, in cui si ipotizzava di aprire la valvola solo una volta raggiunto l'equilibrio ad un tempo prefissato e noto a priori, si prevede l'installazione di un pressostato differenziale che operi misurando la differenza di pressione tra monte e valle della stessa. La valvola sarà automatizzata in modo che si apra quando il ΔH è mantenuto favorevole (H Orichella $>$ H Juntura) per un prefissato intervallo di tempo. La legge di funzionamento che regola il pressostato dovrà essere analizzata approfonditamente dal progettista EM in accordo con le indicazioni del fornitore delle apparecchiature nella seguente fase progettuale.

6.3.2 Arresto in Turbinaggio

L'analisi dell'arresto in turbinaggio nelle condizioni più critiche (Caso A, Caso B e Caso C) ha evidenziato tre problematiche principali:

1. Risalita delle acque provenienti da Juntura in entrambe le gallerie di derivazione;
2. Risalita del livello nel sifone fino a superare la quota di massimo invaso del canale di Juntura con conseguente passaggio da sistema a "pelo libero" a sistema in pressione;
3. Sovrapressioni elevate in corrispondenza delle valvole a seguito della manovra di chiusura o a seguito di chiusure accidentali delle stesse.

I calcoli riportati in precedenza nei casi di arresto in turbinaggio sono stati eseguiti calibrando il sistema ed implementando dei tempi di chiusura delle valvole ($t = 100$ s) che consentissero di limitare il più possibile gli effetti del colpo d'ariete e di risalita delle acque provenienti da Juntura negli invasi di Orichella e Migliarite.

Si specifica che il tempo di chiusura ipotizzato per le manovre di arresto studiate nel presente report, avendo l'obiettivo di valutare le condizioni più critiche, è particolarmente breve (39 s) e pertanto qualificabile come "arresto brusco". Questo tempo di arresto è riconducibile, per esempio, all'emergency shutdown.

Si propongono di seguito due possibili manovre in funzione che l'arresto sia brusco o controllato.

1. Nel caso di arresto brusco (emergency shutdown) si raccomanda di lasciare le valvole aperte («nuova» e «vecchia» derivazione) chiudendo il sifone grazie alla rispettiva valvola in progetto. Essendo l'arresto brusco un fenomeno occasionale, si accetta che in questo caso le acque provenienti da Juntura possano risalire negli invasi ed eventualmente essere turbinate successivamente qualora si osservassero fenomeni di degradamento delle acque di Orichella e Migliarite. Si raccomanda inoltre di chiudere la nuova valvola in progetto sul sifone per evitare che, a seguito dell'arresto dell'impianto, nell'eventualità che il livello a Juntura sia maggiore che a Orichella, le acque fluiscano all'interno degli invasi.
2. Nel caso di arresto controllato si potrà agire in due modi:
 - a) I casi A, B e C studiati in precedenza hanno evidenziato la possibilità di poter eseguire l'arresto in turbinaggio con un'unica manovra di chiusura contemporanea delle valvole a farfalla nella "nuova" e "vecchia" derivazione in un tempo $t = 100$ s. Tale tempo è da una parte sufficientemente ampio affinché, quando le portate e i livelli negli invasi sono massimi, si sviluppi un colpo d'ariete ammissibile per le valvole in progetto e dall'altra, per portate e livelli bassi negli invasi, sufficientemente rapido affinché non si verifichi risalita dal pozzo piezometrico verso i bacini. Tale manovra sarà approfondita nella prossima fase progettuale una volta confermate con il fornitore le caratteristiche delle componenti idromeccaniche.
 - b) Un'alternativa è rappresentata dalla possibile segregazione del canale di Juntura attraverso il sezionamento del sifone per mezzo della valvola a farfalla in progetto (operazione che sarà da programmare affinché la chiusura avvenga quando il canale di Juntura presenta un limitato livello d'invaso e possa pertanto riempirsi senza sfiorare). A questo punto si aspetta il tempo

sufficiente affinché l'impianto abbia turbinato le acque provenienti da Juntura precedentemente immesse nel sistema provenienti da Juntura. Infine, si potranno fermare le macchine a Timpagrande eseguendo l'arresto in condizioni di sicurezza e mantenendo le valvole sulle gallerie aperte.

Se si considera che la "vecchia" derivazione, dall'intersezione col sifone al pozzo piezometrico, è lunga 3'805 m e che la "nuova" derivazione, dall'intersezione con Migliarite al pozzo piezometrico, è lunga 2'949 m, si può stimare facilmente il tempo necessario dopo la chiusura della valvola a farfalla sul sifone affinché il sistema possa essere ripulito dalle acque provenienti da Juntura.

	V galleria "vecchia" [m/s]	V galleria "nuova" [m/s]	Q galleria "vecchia" [m ³ /s]	Q galleria "nuova" [m ³ /s]	Tempo di attesa "vecchia" galleria [min]	Tempo di attesa "nuova" galleria [min]
Q=15 m³/s	0.89	1.02	6.27	8.73	71	49
Q=30 m³/s	1.76	2.05	12.47	17.53	36	25
Q=45 m³/s	2.64	3.08	18.66	26.34	24	17

Tabella 14: Arresto in Turbinaggio: Tempi di attesa per il turbinaggio delle acque provenienti da Juntura.

7. CALCOLI IDRAULICI AMPOLLINO-ORICHELLA

Lo scopo del presente capitolo è quello di analizzare in via preliminare i fenomeni transitori che si potranno verificare nel ramo di monte del sistema ORTICA (tratto Ampollino-Orichella) a seguito del ripristino della componentistica dedicata al pompaggio all'interno dei gruppi elettromeccanici della centrale di Orichella.

Come dettagliato nel Capitolo 5, i fenomeni transitori compaiono in un sistema idraulico quando si verificano variazioni più o meno improvvise del flusso.

Nel caso oggetto di studio si analizzano le oscillazioni di massa lungo la “vecchia” e la “nuova” galleria di derivazione tra il lago Ampollino e l'invaso di Orichella. Lo scopo della presente analisi è quello di valutare che nel caso di commutazione del funzionamento dell'impianto da generazione a pompaggio e viceversa non si verifichino pressioni negative che porterebbero all'ingresso d'aria nel sistema ed eccessive pressioni positive che provocherebbero la fuoriuscita dell'acqua dalla testa dei pozzi.

Il fenomeno transitorio che si verifica invece in caso di interruzione della rete di alimentazione per il pompaggio segue criteri differenti rispetto alla generazione. La valutazione dei tempi di inversione del flusso nella condotta forzata dipende dagli effetti inerziali dell'acqua, dalle oscillazioni nella camera di espansione e dalle proprietà della macchina.

Uno studio più approfondito del moto transitorio sarà effettuato in future fasi progettuali una volta confermate con il fornitore le caratteristiche di dettaglio delle componenti elettromeccaniche.

7.1 Caratteristiche delle macchine della “nuova” centrale di Orichella

La “nuova” centrale di Orichella sorge sulla sponda sinistra del F. Ampollino, al fianco della “vecchia” centrale, ora disattiva. Presenta attualmente due gruppi installati costituiti ciascuno da un generatore, una turbina ed una pompa. Come descritto nella **Relazione Elettromeccanica** si prevede il ripristino della componentistica dedicata al pompaggio all'interno dei Gruppi elettromeccanici conformemente alle più moderne caratteristiche tecnologiche.

Conformemente alle specifiche tecniche delle componenti che saranno installate si riporta l'andamento delle portate in funzione del tempo in caso di commutazione da generazione a pompaggio e viceversa (**Tabella 15**, **Tabella 16** e **Figura 118**).

t [s]	Q Orichella [m ³ /s]
0	36
90	1
105	1
175	-10

Tabella 15: Centrale di Orichella – Commutazione da generazione a pompaggio.

t [s]	Q Orichella [m ³ /s]
0	-10
60	1
75	1
165	36

Tabella 16: Centrale di Orichella – Commutazione da pompaggio a generazione.

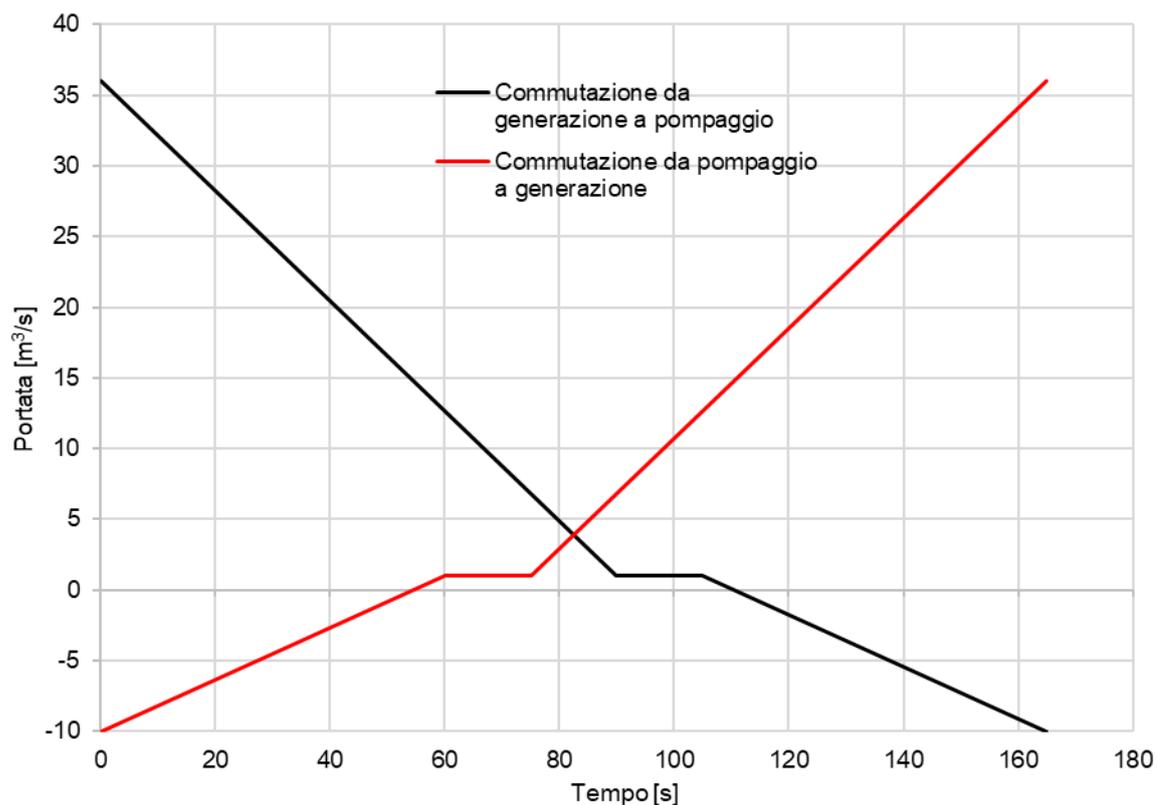


Figura 118: Centrale di Orichella – Commutazione da generazione a pompaggio e da pompaggio a generazione.

7.1.1 Commutazione da funzionamento in generazione a pompaggio

Le ipotesi utilizzate per il calcolo sono le seguenti:

- Tempo di commutazione T_{com-gp} 165 secondi
- Q a regime pompaggio 10 m³/s
- Q a regime turbinaggio 36 m³/s
- Max. regolazione Ampollino 1271.00 m s.l.m.

Nel caso di commutazione da funzionamento in generazione a pompaggio l'andamento dei fenomeni transitori dipende da diverse variabili quali tempi di inversione del flusso, caratteristiche delle macchine, della condotta etc. Per questo tipo di transizione si è assunto un tempo di manovra T_{com-gp} pari a 165 secondi. Considerando la quota di massima regolazione per l'invaso di Ampollino (1271.00

m s.l.m.), si verifica che il livello massimo delle oscillazioni nei pozzi piezometrici non raggiunga il limite superiore di progetto (1280.25 m s.l.m.)

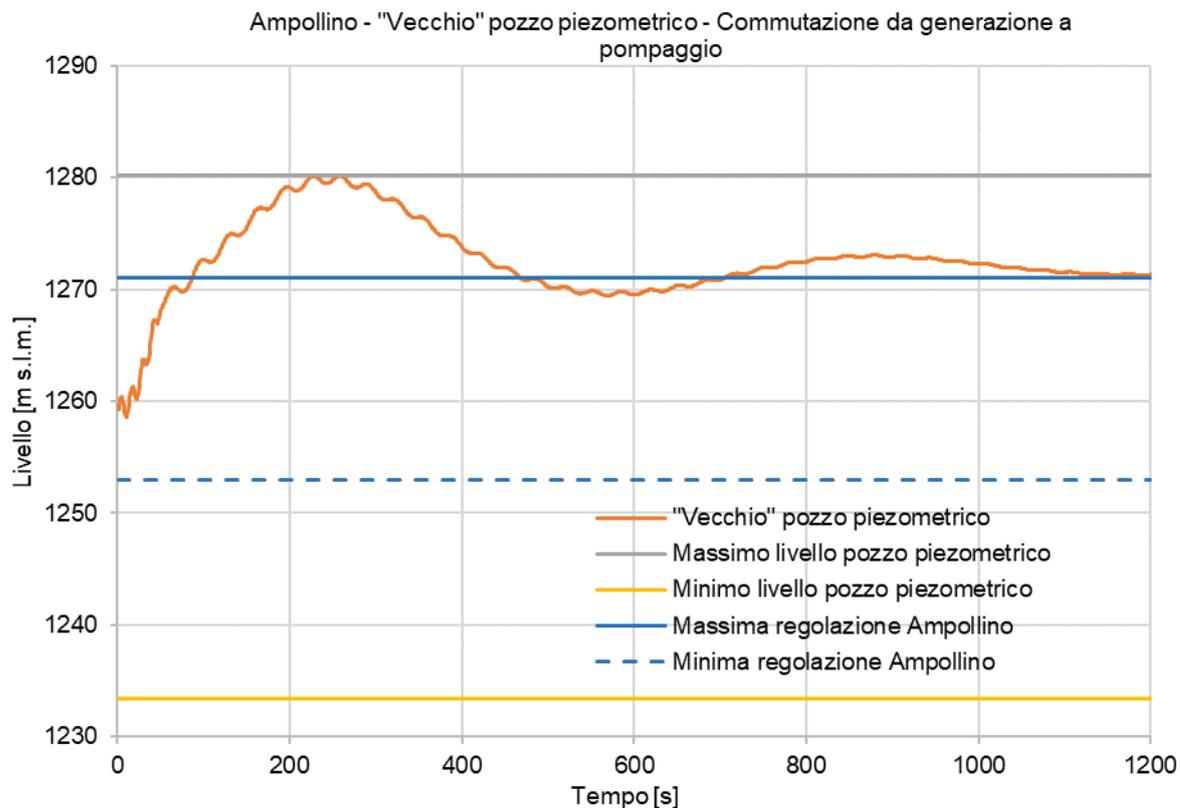


Figura 119: Centrale di Orichella – Fenomeni oscillatori nel “vecchio” pozzo piezometrico in caso di commutazione da generazione a pompaggio.

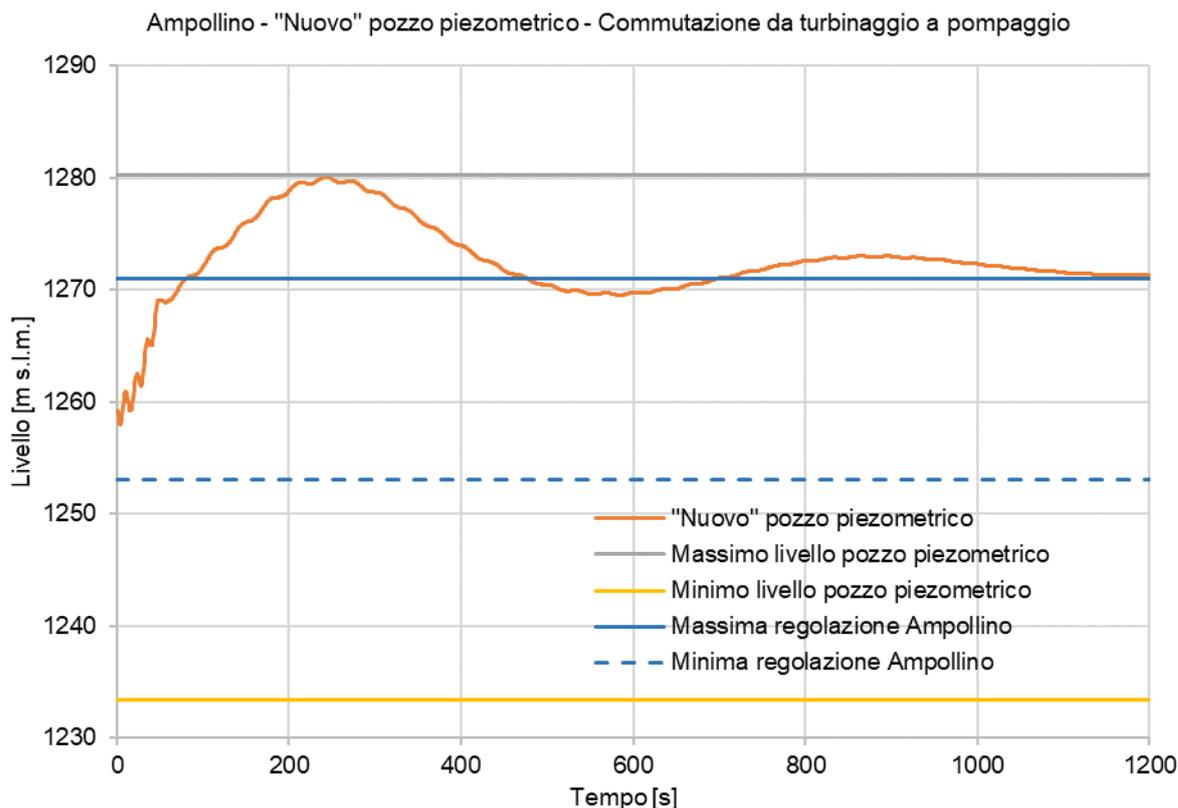


Figura 120: Centrale di Orichella – Fenomeni oscillatori nel “vecchio” pozzo piezometrico in caso di commutazione da generazione a pompaggio.

La commutazione da generazione a pompaggio determina un innalzamento del livello all’interno del “vecchio” e del “nuovo” pozzo piezometrico rispettivamente fino alla quota di 1280.18 m s.l.m. e 1280.11 m s.l.m. Tale valore è inferiore al limite superiore di progetto (1280.25 m s.l.m.).

7.1.2 Commutazione da funzionamento in pompaggio a generazione

Le ipotesi utilizzate per il calcolo sono le seguenti:

- Tempo di commutazione T_{com-pg} 165 secondi
- Q a regime pompaggio 10 m³/s
- Q a regime turbinaggio 36 m³/s
- Min. regolazione Ampollino 1253.00 m s.l.m.

Per questo tipo di transizione si è assunto un tempo di manovra T_{com-pg} pari a 165 secondi. Considerando la quota di minima regolazione per l’invaso di Ampollino (1253.00 m s.l.m.), si verifica che il livello minimo delle oscillazioni nei pozzi piezometrici non raggiunga l’intradosso delle gallerie (1229.00 m s.l.m. per la “vecchia” galleria e 1218.00 m s.l.m. per la “nuova” galleria).

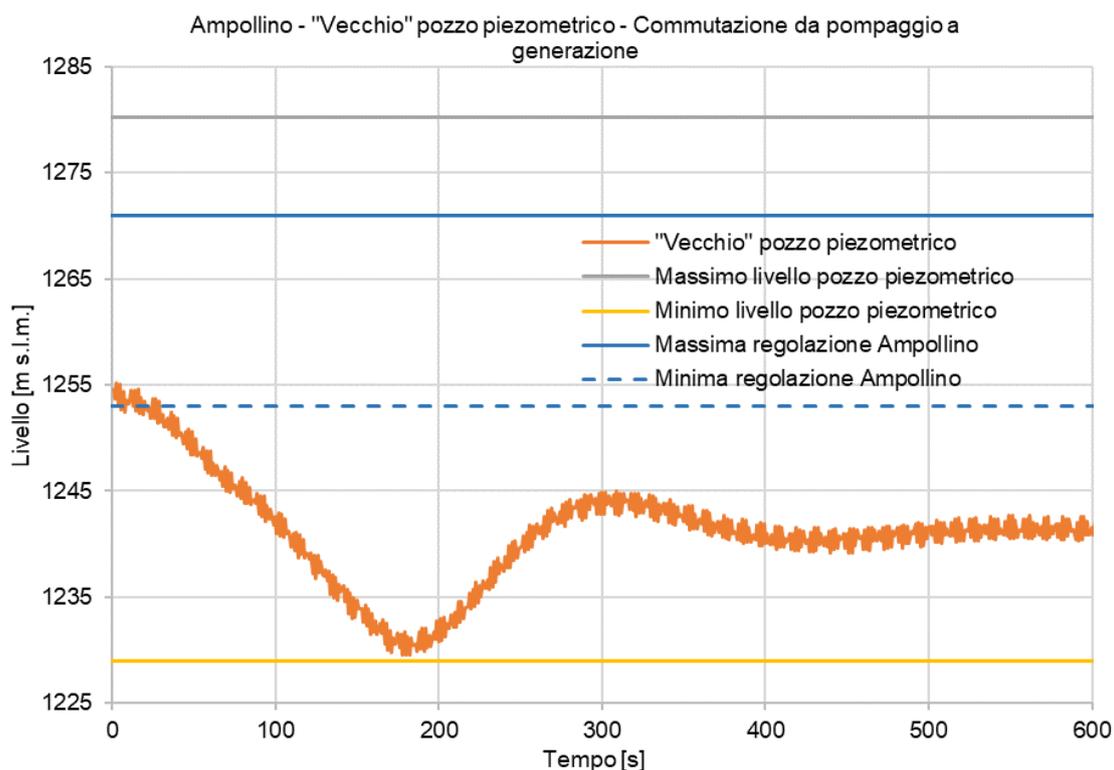


Figura 121: Centrale di Orichella – Fenomeni oscillatori nel “vecchio” pozzo piezometrico in caso di commutazione da pompaggio a generazione.

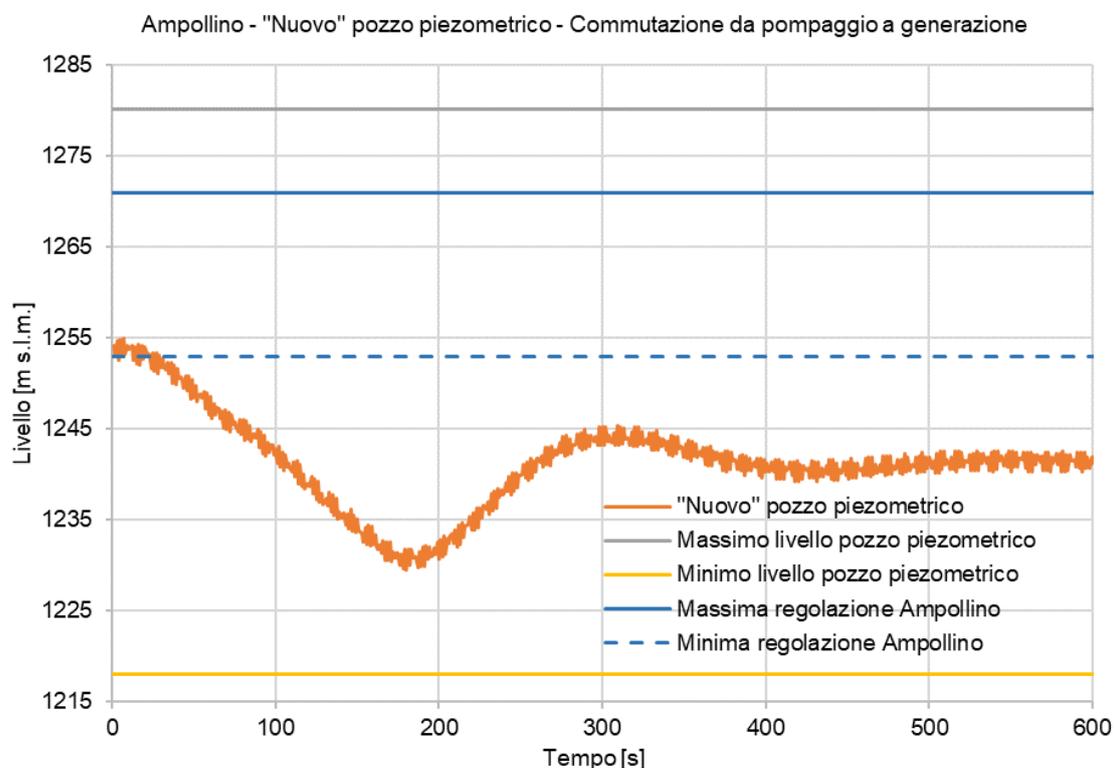


Figura 122: Centrale di Orichella – Fenomeni oscillatori nel “vecchio” pozzo piezometrico in caso di commutazione da pompaggio a generazione.

La commutazione da pompaggio a generazione determina un abbassamento del livello all'interno del "vecchio" pozzo piezometrico fino alla quota di 1229.55 m s.l.m. e fino alla quota 1229.54 m s.l.m. nel "nuovo" superiore quindi al limite di progetto (1229.00 m s.l.m.).