

SOMMARIO

1. PREMESSE	2
2. CONDOTTA MICROTUNNELING	2
3. MANUFATTO DI IMBOCCO E CONDOTTA DI DERIVAZIONE	6
4. VASCA DI RACCOLTA	8
5. VASCA DI DISSIPAZIONE	11

1. PREMESSE

La presente relazione ha come oggetto una descrizione delle principali verifiche idrauliche eseguite relativamente alla nuova condotta realizzata secondo la tecnica costruttiva del microtunneling.

Nella condotta in progetto saranno convogliate le acque in arrivo dalla Slovenia che, contestualmente ad eventi estremi, non possono proseguire lungo il torrente Corno in quanto eccedenti la sua capacità di portata. Inoltre, è prevista l'intercettazione e la successiva deviazione nella nuova condotta della portata bianca di magra del torrente Corno.

Per quanto attiene alle portate di progetto, il presente dimensionamento della condotta, fa riferimento allo scenario n.3 (pag. 2 elaborato E.1 Relazione idraulica), secondo il quale la portata complessiva in arrivo dalla Slovenia è pari a $31 \text{ m}^3/\text{s}$ di cui $17 \text{ m}^3/\text{s}$ proseguono lungo il collettore interrato del Corno, mentre $14 \text{ m}^3/\text{s}$ devono essere allontanati mediante la nuova condotta circolare realizzata tramite il microtunneling.

Al fine di garantire un certo margine di sicurezza ed assicurare che il moto entro il collettore si mantenga a superficie libera le verifiche sono state eseguite adottando una portata di progetto maggiorata di $4 \text{ m}^3/\text{s}$ e, quindi, pari a $18 \text{ m}^3/\text{s}$.

Gli elementi considerati nelle verifiche sono stati: la condotta scolmatrice principale, il manufatto di imbocco e la condotta di derivazione della portata di magra, la vasca di raccolta delle acque in arrivo dal territorio Sloveno in occasione di eventi con carattere estremo, la vasca di dissipazione e restituzione a valle della condotta microtunneling.

Per la descrizione generale delle opere si fa riferimento alla relazione tecnica allegata al presente progetto definitivo.

2. CONDOTTA MICROTUNNELING

La condotta microtunneling prevista ha sezione circolare con diametro interno netto pari a 2.00 m.

La tecnica costruttiva scelta impone di realizzare la condotta per tratti delimitati dal posizionamento di cinque pozzi di spinta intermedi all'interno dei quali troverà collocazione il sistema spingi tubo. A questi deve essere aggiunto un pozzo di testa necessario per il recupero della testa fresante.

Lo sviluppo longitudinale complessivo della condotta è pari a 1527.10 m e si articola nella successione di sei tratti, caratterizzati da due valori costanti della pendenza del fondo.

A partire dalla sezione di imbocco M1 e fino al pozzo di spinta PS4, per uno sviluppo pari a 960.08 m, la pendenza è pari all'1.5% ($i = 0.015$) mentre dal pozzo di spinta PS4 e fino alla sezione di sbocco T4, per uno sviluppo pari a 567.02 m la pendenza è pari all'1.0% ($i = 0.010$).

La condotta è realizzata mediante la messa in opera di conci in cemento armato prefabbricato per i quali si assume un coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler K_s pari a $85 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ da impiegare nei calcoli del moto a pelo libero all'interno della condotta.

Si riportano nel seguito, in funzione del grado di riempimento y/D della condotta e in forma adimensionale, le formulazioni impiegate per il calcolo dell'area A e del perimetro bagnato P :

$$\frac{A}{D^2} = \frac{1}{z} \left[\frac{\pi}{2} - \cos^{-1} \left(1 - \frac{2y}{D} \right) - 2 \left(1 - \frac{2y}{D} \right) \sqrt{\frac{y}{D} \left(1 - \frac{y}{D} \right)} \right]$$

$$\frac{P}{D} = \pi - \cos^{-1} \left(\frac{2y}{D} - 1 \right)$$

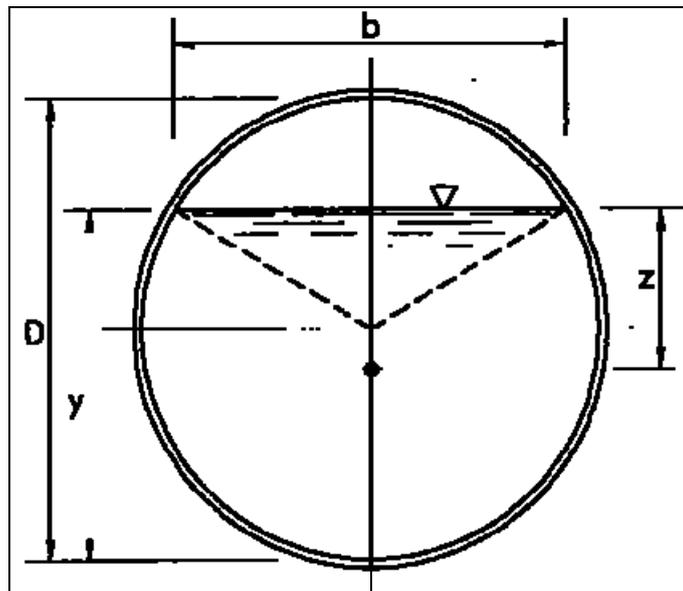


Figura 1: Sezione circolare parzialmente riempita

La portata assunta per il dimensionamento idraulico della condotta è, come anticipato nelle premesse, pari a $18 \text{ m}^3/\text{s}$.

Ciascun tratto intermedio di condotta risulta compreso tra due pozzi di spinta mentre i tratti di monte e di valle sono delimitati da un pozzo di spinta e rispettivamente dalle sezioni di imbocco/sbocco (M1/T4).

Il moto uniforme è governato dalla scabrezza delle pareti e dalla pendenza del fondo. I valori previsti per quest'ultima (1.5% e 1.0%) determinano, in entrambi i casi, un regime di moto in condizioni rapide.

In corrispondenza di ciascun pozzo di spinta si realizza, di fatto, una disconnessione idraulica tra la corrente in arrivo dalla condotta di monte e la corrente in uscita nella condotta di valle.

Al fine di consentire all'acqua il recupero del carico idraulico necessario per il transito della portata di progetto pur mantenendo il regime di moto a pelo libero, è prevista la realizzazione di un manufatto funzionante secondo i principi della luce sotto battente all'imbocco di ciascun tratto di condotta a pendenza costante che rende possibile l'aspirazione della necessaria portata d'aria. Tale manufatto è analogo a quello indicato nel successivo capitolo 4 a cui si rimanda per una sua descrizione.

Per maggiore esattezza si evidenzia che all'interno della condotta subito a valle di un pozzetto di disconnessione il moto è del tipo accelerato, fino a raggiungere le condizioni di moto uniforme.

Questi tratti di moto gradualmente vario sono però corti, stante la sensibile pendenza del fondo, per cui sono stati ignorati dal calcolo che esamina solo il moto uniforme nella condotta.

Nel seguito sono indicati i risultati ottenuti per il calcolo del moto uniforme all'interno della condotta microtunneling per i due valori delle pendenze del fondo assegnati:

Tratto iniziale M1-PS2-PS1-PS3-PS4

TUTTA LA CONDOTTA K_s 85

D =	2,000 [m]	diametro condotta
y =	1,453 [m]	tirante
S =	3,142 [m ²]	area totale condotta
y/D =	0,727	grado di riempimento
A/D ² =	0,611	
A =	2,445 [m ²]	area parziale
p/D =	2,041	
P =	4,083 [m]	perimetro bagnato parziale
RH =	0,599	
K_s =	85,00 m ^{1/3} /s	scabrezza
qm =	82,100 [m] smm	quota sezione M1
qv =	67,840 [m] smm	quota sezione PS4
L =	960,080 [m]	lunghezza tratto

$i =$	0,015	pendenza (calcolata)
$Q =$	18,00 [m ³ /s]	portata (fissata)
$V =$	7,36 [m/s]	velocità
$Fr =$	1,95	
$v^2/2g =$	2,76 [m]	termine cinetico
$0.5*(v^2/2g) =$	1,38 [m]	perdita di imbocco

Tratto finale PS4-T4

TUTTA LA CONDOTTA Ks 85

$D =$	2,000 [m]	diametro condotta
$y =$	1,806 [m]	tirante
$S =$	3,142 [m ²]	area totale condotta
$y/D =$	0,903	grado di riempimento
$A/D^2 =$	0,746	
$A =$	2,985 [m ²]	area parziale
$p/D =$	2,508	
$P =$	5,016 [m]	perimetro bagnato parziale
$RH =$	0,595	
$Ks =$	85,00 m ^{1/3} /s	scabrezza
$qm =$	67,840 [m] smm	quota sezione PS4
$qv =$	62,140 [m] smm	quota sezione T4
$L =$	567,020 [m]	lunghezza tratto
$i =$	0,010	pendenza (calcolata)
$Q =$	18,00 [m ³ /s]	portata (fissata)
$V =$	6,03 [m/s]	velocità
$Fr =$	1,43	
$v^2/2g =$	1,85 [m]	termine cinetico
$0.5*(v^2/2g) =$	0,93 [m]	perdita di imbocco

Sulla base del profilo longitudinale della condotta in progetto sono stati determinati gli elementi geometrici relativi ad ogni tratto tra cui le quote di scorrimento in corrispondenza di ciascuna sezione d'estremità ed il relativo sviluppo parziale.

Tali indicazioni sono riportate nella tabella seguente:

ESTREMI TRATTO	Progressive [m]	Parziali [m]	Quota [m s.m.m.]	Pendenza [%]	Tirante [m]	Velocità [m/s]	Fr adim.
M1	0,00	-	82,10	-	-	-	-
	-	446,36	-	0,015	1,45	7,36	1,95
PS2	446,36	-	75,52	-	-	-	-
	-	159,31	-	0,015	1,45	7,36	1,95
PS1	605,67	-	73,14	-	-	-	-
	-	198,07	-	0,015	1,45	7,36	1,95
PS3	803,74	-	70,18	-	-	-	-
	-	156,34	-	0,015	1,45	7,36	1,95
PS4	960,08	-	67,84	-	-	-	-
	-	163,29	-	0,010	1,81	6,03	1,43
PS5	1123,37	-	66,18	-	-	-	-
	-	403,73	-	0,010	1,81	6,03	1,43
T4	1527,10	-	62,14	-	-	-	-

3. MANUFATTO DI IMBOCCO E CONDOTTA DI DERIVAZIONE

Il manufatto di imbocco ha la funzione idraulica di intercettare la portata di magra in arrivo dal tratto sloveno del torrente Corno e di consentire la sua deviazione verso la nuova condotta microtunneling.

La portata bianca di magra che si prevede di deviare dal torrente Corno è stimata in circa 1.00 m³/s.

La deviazione di tale portata avviene attraverso una condotta in cemento armato di sezione circolare avente diametro interno netto pari a 1.00 m, alimentata grazie ad un approfondimento del fondo del manufatto di presa (83.45 m s.m.m.) rispetto l'attuale quota di scorrimento del torrente Corno (84.55 m s.m.m.).

Tale dislivello è sufficiente a realizzare il carico idraulico necessario al deflusso della portata di progetto con una corrente di moto uniforme a pelo libero.

La condotta presenta uno sviluppo complessivo di circa 56.00 m e si è assunta una pendenza del fondo pari all'1% (i=0.01) che determina per la portata di progetto una corrente in regime rapido.

All'imbocco della condotta è stata prevista l'installazione di una paratoia a battente, manovrata dall'esterno, che consente la regolazione o la chiusura della derivazione di portata.

Nel seguito sono riportati i risultati del calcolo a moto uniforme compiuto.

Sono state determinate le perdite di imbocco (0.37 m) ed il carico cinetico (0.19 m) che all'interno del manufatto di testa sono da sommare all'altezza di moto uniforme pari a 0.48 m.

Si verifica come tale somma sia minore dell'altezza della soglia, pari a 1.10 m, che la corrente in arrivo dalla Slovenia deve superare per proseguire lungo il tratto italiano del torrente Corno.

TUTTA LA CONDOTTA Ks 70

D =	1,000 [m]	diametro condotta
y =	0,476 [m]	tirante
S =	0,785 [m ²]	area totale condotta
y/D =	0,476	grado di riempimento
A/D ² =	0,369	
A =	0,369 [m ²]	area parziale
p/D =	1,523	
P =	1,523 [m]	perimetro bagnato parziale
Rh =	0,242	
Ks =	70,00 m ^{1/3} /s	scabrezza
qm =	83,45 [m] smm	quota imbocco
qv =	82,90 [m] smm	quota sbocco
L =	55,40 [m]	lunghezza tratto
i =	0,010	pendenza (calcolata)
Q =	1,000 [m ³ /s]	portata (fissata)
V =	2,710 [m/s]	velocità
Fr =	1,25	
v ² /2g =	0,37 [m]	termine cinetico
0.5*(v ² /2g) =	0,19 [m]	perdita di imbocco

4. VASCA DI RACCOLTA

In riferimento ai risultati del modello matematico predisposto per la valutazione del rischio idraulico della zona prossima al confine di Stato, la portata massima calcolata che risulta necessario intercettare è pari a circa 18 m³/s.

La captazione delle acque in corrispondenza della vasca di raccolta posizionata all'inizio di via del S. Gabriele avviene attraverso il grigliato metallico posizionato a quota del piano stradale con il quale si realizza quindi anche la copertura carrabile della stessa vasca.

Il grigliato metallico previsto è costituito da una maglia 22x76 mm dove 22 mm è l'interasse delle barre portanti e 76 mm è l'interasse delle barre trasversali di collegamento. Le barre portanti presentano sezione verticale pari a 100x5 mm.

Il rapporto calcolato tra l'area dei vuoti derivandone un rapporto tra l'area dei vuoti e dei pieni pari a circa 0.65.

Il calcolo della portata attraverso la griglia è eseguito applicando le formule dell'idraulica per le luci a battente.

Considerando un elemento infinitesimo di griglia a ridosso dello spigolo di monte si ha che la portata defluente attraverso le aperture della griglia è pari a:

$$\delta q_e = C_q \cdot A_{gr} \cdot \sqrt{(2 \cdot g \cdot H_0 \cdot \cos \beta)} = C_q \cdot (1 \cdot \psi \cdot \delta L) \cdot \sqrt{(2 \cdot g \cdot H_0 \cdot \cos \beta)} \text{ dove:}$$

δq_e = portata defluente attraverso l'elemento di griglia

C_q = coefficiente di deflusso

A_{gr} = area luce di efflusso

ψ = rapporto vuoto/pieno della griglia

δL = lunghezza dell'elemento

H_0 = energia della corrente allo spigolo di monte dell'elemento

β = inclinazione della griglia rispetto l'orizzontale

La portata complessiva è determinata dalla somma dei contributi di tutti gli elementi infinitesimi consecutivi con i quali si suddivide l'intero sviluppo longitudinale della griglia.

Nel caso specifico la portata da derivare è pari a 18 m³/s, il grigliato presenta una larghezza utile netta di 12 m e risulta nulla l'inclinazione rispetto l'orizzontale.

Per quanto riguarda il coefficiente di deflusso C_q si assume il valore di 0.50 ed il rapporto vuoto/pieno è cautelativamente ridotto a 0.50 rispetto il valore geometrico calcolato di 0.65.

Nella tabella che segue si riporta, per gli step iniziali e finali, un estratto dei risultati ottenuti dal calcolo:

L	step	Qd=Q/B	y_i	v²/2g	H_i	d_{qi}
[m]	n°	[m³/s]	[m]	[m]	[m]	[m³/s]
0,000	0	1,500	0,61	0,31	0,918	0,005
0,005	1	1,495	0,61	0,31	0,916	0,005
0,010	2	1,489	0,61	0,30	0,914	0,005
0,015	3	1,484	0,61	0,30	0,912	0,005
0,020	4	1,479	0,61	0,30	0,910	0,005
0,025	5	1,474	0,60	0,30	0,907	0,005
...
...
...
2,090	418	0,002	0,01	0,00	0,011	0,001
2,095	419	0,001	0,01	0,00	0,009	0,001
2,100	420	0,001	0,00	0,00	0,006	0,000
2,105	421	0,000	0,00	0,00	0,004	0,000
2,110	422	0,000	0,00	0,00	0,001	0,000

La lunghezza teorica minima della griglia è pari a 2.10 m. In questa fase si ritiene altresì ragionevole aumentare tale valore minimo ottenuto dal calcolo al fine di tener conto di possibili parziali ostruzioni delle luci di captazione.

Si adotta il valore $L= 4.60$ m.

In corrispondenza della vasca di raccolta descritta si realizza l'imbocco della condotta microtunneling diametro 2.00 m alla quale è avviata la portata intercettata.

Secondo quanto descritto nel paragrafo specifico, il tirante a moto uniforme all'interno della condotta relativo alla portata di $18 \text{ m}^3/\text{s}$ è pari a circa 1.5 m.

Al fine di garantire il funzionamento a pelo libero della condotta ed evitare il ricollo della vena al soffitto della condotta si prevede di realizzare, all'interno della vasca e a ridosso della sezione iniziale della condotta, un manufatto che consenta l'aspirazione della portata d'aria necessaria.

Anche in questo caso il funzionamento idraulico del manufatto può essere descritto dalle formule che regolano l'efflusso da luce sotto battente, consentendo di stimare il tirante di monte (livello dentro la vasca di raccolta) necessario al transito della portata massima prevista.

La portata specifica di una luce sotto battente si può calcolare con la seguente:

$$q = C_q \cdot a \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H_0}$$

nella quale per il coefficiente di portata C_q si assume il valore 0.55, H_0 è il carico di monte ed “a” rappresenta l’altezza della luce.

Assumendo $a = 1.80$ m rispetto la generatrice di fondo della condotta e $H_0 = 4.00$ m si ottiene una portata specifica pari a circa $9.00 \text{ m}^3/\text{s}$. Il manufatto deve quindi avere una larghezza minima pari a 2.00 m.

5. VASCA DI DISSIPAZIONE

Al termine della condotta microtunneling è prevista la realizzazione del manufatto di sbocco e restituzione al torrente Corno della portata intercettata nella zona a monte di via S. Gabriele.

La massima portata assunta per il dimensionamento delle opere è pari a $18 \text{ m}^3/\text{s}$ e considerando che la pendenza della condotta nel tratto a monte dello sbocco è pari a circa l'1% ($i= 0.01$) la corrente in arrivo si trova in regime rapido. Si calcola infatti un tirante di circa 1.81 m, una velocità di circa 6.03 m/s ed un numero di Froude pari a circa 1.43.

Prima della sua immissione nell'alveo del torrente Corno, la corrente rapida in arrivo è condotta ad un regime di moto lento attraverso la necessaria dissipazione di energia che si realizza lungo la vasca in progetto mediante l'azione di macrocabresse posizionate sul fondo.

Lo scopo delle macrocabresse è quello di consentire una elevata dissipazione di energia rendendo quindi lenta la corrente evitando la formazione del risalto a valle dello sbocco dalla condotta con il vantaggio di contenere lo sviluppo longitudinale della vasca.

Si assume per la vasca una larghezza interna netta di 4.00 m.

La portata del fiume, o meglio, dato che si assume il moto essenzialmente bidimensionale la sua portata specifica è nel nostro caso pari a $q= 4.5 \text{ m}^3/\text{s}$.

La pendenza del fondo sul quale le macrocabresse vanno installate è vincolata dalla quota dell'alveo del torrente Corno in corrispondenza della confluenza perciò, vista la situazione planimetrica, si è deciso di fissare la pendenza al valore del 2% ($i= 0,02$) propria anche dell'alveo del torrente stesso nel tratto adiacente alla vasca.

Un'altra grandezza che si deve scegliere è il numero di Froude che si vuole nella corrente: deve essere minore di uno per assicurare il moto idraulicamente lento. Si è scelto il valore di 0,6 sufficiente ad assicurare un moto senza la formazione di noiose onde stazionarie, presenti di norma in vicinanza dello stato critico.

Dal numero di Froude è possibile ricavare il valore del tirante d'acqua all'interno della vasca e quindi la velocità della corrente. È infatti:

$$F = \frac{U}{\sqrt{gy}} = \frac{q}{\sqrt{g y^{1,5}}}$$

Nel caso in esame si ottiene immediatamente $y= 1.79 \text{ m}$ e $U= 2.51 \text{ m/s}$.

Una volta ottenuti questi valori e nota la pendenza del fondo è possibile calcolare il valore del numero di attrito che il fondo deve avere per assicurare il moto nelle condizioni volute. Dalla formula di Darcy Weisbach si ottiene:

$$f = i \frac{8gy}{U^2}$$

che porta immediatamente al valore di $f = 0.45$.

L'altezza della macroscabrezza corrispondente al numero d'attrito trovato è determinata tenuto conto del tirante d'acqua esistente. Allo scopo si può utilizzare una delle numerose espressioni sperimentali reperibili in letteratura, proposte da ricercatori che si sono occupati della esistenza degli alvei di montagna, dove le macroscabrezze sono spesso presenti.

Questi ricercatori hanno espresso i loro risultati sperimentali nella forma seguente:

$$\frac{U}{u_*} = \sqrt{\frac{8}{f}} = A \cdot \ln \left(B \cdot \frac{R}{d_x} \right)$$

dove U è la velocità media della corrente, u^* è la cosiddetta “velocità d'attrito” e la dimensione della scabrezza è espressa in riferimento ad un determinato passante d_x . A e B sono due grandezze adimensionali che vengono determinate per mezzo dei dati sperimentali.

Nel caso in esame si sono usati i dati sperimentali di Burkham e Dawdy che nel 1970 proposero $A=5,75$ e $B=0,51$.

Dal valore di f determinato sopra, si ottiene $d_x = 0.60$ m, che per cautela è stato portato a 0.80 m nel progetto.