Presidenza del Consiglio dei Ministri

Commissario Delegato per gli eccezionali eventi meteorologici verificatisi nei territori dell'Isola di Ischia il 26 novembre 2022 - ex OCDPC 948/2022

LAVORI DI SOMMA URGENZA PER LA PULIZIA E MANUTENZIONE STRAORDINARIA DELL'ALVEO UBICATO PRESSO VIA PENDIO DEL LAPILLO, COMUNE DI ISCHIA (NA) CODICE INTERVENTO CD-IS-1-017

CUP: E38H23000520001 - CIG: 9965537D47

PERIZIA GIUSTIFICATIVA DEI LAVORI DI SOMMA URGENZA

ELABORATO	RELAZIONE IDRAULICA	Scala: -
PG_ED_03		Cod.:

Il Progettista e DL:

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI NAPOLI
DOTT. ING. PONTICELLI ANTONIO
SEZIONE A
SETTORE CIVILE E AMBIENTALE
N° ISCRIZ.: 19845

(ing. Antonio Ponticelli)

Il Responsabile del Procedimento:

(geom. Luca De Scisciolo)

Revisione	Data	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato
0	Ottobre 2023	Emissione	A. Ponticelli	A. Ponticelli	L. De Scisciolo

Questo elaborato è di proprietà del tecnico progettista e non puo' essere riprodotto o divulgato a terzi senza autorizzazione scritta ai sensi della Legge 22.04.1941 e art. 2575 e sgg. del C.C.

INDICE

1 PREMESSA 2
2 ANDAMENTO DEI LAVORI DI SOMMA URGENZA 3
3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO 5
4 SIMBOLOGIA 6
5 GENERALITÀ SULLE CORRENTI A PELO LIBERO 8
5.1 CORRENTI LENTE O IPOCRITICHE 8
5.2 CORRENTI VELOCI O IPERCRITICHE 9
5.3 PROFILI DI CORRENTE 10
5.4 VALUTAZIONE DELLE PERDITE DI CARICO LOCALIZZATE 12
5.5 IMMISSIONI CONCENTRATE DI PORTATA 13
5.6 BRUSCHE VARIAZIONI DI DIREZIONE 13
5.7 CURVE PLANIMETRICHE 14
5.8 SOPRALZI TRASVERSALI DEL PELO LIBERO A CAUSA DI CURVE 15
6 CRITERI DI DIMENSIONAMENTO DELLE CONDOTTE A PELO LIBERO 16
7 VERIFICA IDRAULICA DELLA SEZIONE A GRAVITA' 18
8 VERIFICA DELLE LUCI A BATTENTE 19

1 PREMESSA

Il presente progetto è inerente i lavori di somma urgenza finalizzati alla pulizia e manutenzione straordinaria dell'alveo ubicato presso via Pendio del Lapillo, nel Comune di Ischia (NA), il cui soggetto attuatore è il Commissario Delegato per gli eccezionali eventi meteorologici verificatisi nei territori dell'Isola di Ischia il 26 novembre 2022 – ex OCDPC 948/2022

Premesso che:

- che dalle prime ore del 26 novembre 2022 il territorio dell'isola di Ischia è stato interessato da eventi meteorologici di eccezionale intensità che hanno determinato una grave situazione di pericolo per l'incolumità delle persone, causando vittime, dispersi, l'allagamento e l'isolamento di diverse località e l'evacuazione di numerose famiglie dalle loro abitazioni;
- che con delibera del Consiglio dei ministri del 27 novembre 2022 è stato dichiarato lo stato di emergenza in conseguenza degli eccezionali eventi meteorologici verificatisi nel territorio dell'isola di Ischia (NA), a partire dal giorno 26 novembre 2022, per un periodo di dodici mesi, successivamente prorogato al 31 dicembre 2023 ex art. 4 del decreto-legge 3 dicembre 2022, n. 186;
- che con OCDPC n. 948 del 30 novembre 2022, recante "Primi interventi urgenti di protezione civile in conseguenza degli eccezionali eventi metereologici verificatisi nel territorio dell'isola di Ischia (NA), a partire dal giorno 26 novembre 2022" l'On. Avv. Giovanni Legnini, già Commissario straordinario del Governo per gli interventi nei territori dei Comuni di Casamicciola Terme, Forio, Lacco Ameno dell'isola di Ischia interessati dagli eventi sismici del giorno 21 agosto 2017, è stato nominato anche Commissario delegato al coordinamento degli interventi necessari a fronteggiare l'emergenza di Protezione Civile Nazionale;
- che con Ordinanza n. 9 del 10 marzo 2023 il Commissario delegato, recante "Disposizioni attuative degli interventi di somma ed estrema urgenza previsti nel Piano degli interventi e ulteriori disposizioni", ha disciplinato le modalità attuative per l'esecuzione degli interventi di somma urgenza e di estrema urgenza necessari per la messa in sicurezza delle aree interessate dagli eventi calamitosi del 26 novembre 2022, di cui all'articolo 25, comma 2, lettera b), del D. Lgs. n. 1 del 2018, contenuti nel Primo piano degli interventi urgenti predisposto in attuazione dell'articolo 4 dell'OCDPC n. 948 del 30 novembre 2022, approvato con nota del Capo del Dipartimento di protezione civile in data 3 marzo 2023 (prot. DPC 11790-03/03/2023);
- che, in ottemperanza a quanto disposto dall'art. 1, comma 3, della predetta Ordinanza n. 9/2023, il Comune di Ischia (NA), con nota n. 12535 del 22/03/2023, acquisita al protocollo

n. 915 in pari data, ha manifestato la volontà di avvalersi della Struttura commissariale per lo svolgimento delle attività di Soggetto attuatore, nello specifico l'intervento di pulizia e manutenzione straordinaria dell'alveo ubicato presso via Pendio del Lapillo - Codice Intervento CD-IS-1-017;

- che con Determina n. 4 del 30/05/2023 a firma del Dirigente Ing. Antonio Longo, il geom. Luca de Scisciolo è stato incaricato come Responsabile Unico del Procedimento dei lavori in parola;
- che sussiste una grave ed evidente situazione di pericolo per la pubblica incolumità ed occorre, pertanto, intervenire senza ulteriore indugio;
- che è stata ravvisata la necessità di consentire l'espletamento, in termini di somma urgenza, delle iniziative finalizzate alla tutela della pubblica incolumità, onde scongiurare il possibile peggioramento del dissesto idrogeologico, in caso di intenso/estremo fenomeno meteorologico;
- che in data 13 luglio 2023 è stato redatto apposito verbale di somma urgenza per i lavori di pulizia e manutenzione straordinaria dell'alveo ubicato presso via Pendio del Lapillo, nel Comune di Ischia (NA) - Codice Intervento CD-IS-1-017, ai sensi dell'art. 140 del D. Lgs. n. 36/2023;
- che l'Impresa esecutrice dei lavori è stata individuata nella società P.F.G. srl, con sede legale in Casamicciola Terme (NA) alla via Cittadini n. 4, P. IVA 05088901219.

2 ANDAMENTO DEI LAVORI DI SOMMA URGENZA

Il presente progetto è inerente ai lavori di somma urgenza finalizzati alla pulizia e manutenzione dell'alveo Lapillo sono iniziati in data 13/07/2023 e sono stati affidati alla società P.F.G. srl.

La prima fase delle lavorazioni ha riguardato sostanzialmente la pulizia dell'area del sentiero invaso da sterpaglie, arbusti e detriti, che rendevano impraticabile lo stesso.

Durante le fasi di sopralluogo sono emerse alcune criticità legate all'interruzione della continuità della via Pendio del Lapillo in corrispondenza dell'attraversamento delle SP. 270, tali da indurre ad alcune riflessioni progettuali sul ripristino di tale continuità.

In data 24/08/2023 la ditta incaricata ha inviato richiesta di proroga rispetto al termine prefissato per il 01/09/2023, di cui alla nota prot. n. 2546E/CD/Ischia, concessa dal RUP, previa acquisizione del parere del DL fino alla data del 19/09/2023.

In data 14/09/2023 i suddetti lavori sono stati sospesi, "***a causa dell'interferenza della signora Rosa Gloria, proprietaria dell'immobile sito sotto il cavalcavia della SP. 270, che ha realizzato alcuni manufatti sul sedime demaniale dell'alveo Lapillo"***, fermo restando gli obblighi dell'impresa che ha dovuto assicurare la guardiania delle opere eseguite oltre che la regimentazione idraulica e la manutenzione volta all'integrità della struttura.

In data 21/09/2023 e 23/09/2023 in seguito agli eventi meteorici, anche intensi, l'impresa ha provveduto alla rimozione del materiale lapideo proveniente da monte, che si è depositato in parte a valle ed in parte sulla SP.270.

In seguito a colloqui tra lo scrivente, il RUP e la signora Gloria si è addivenuti ad una soluzione tecnica, tale da far venir meno le circostanze che hanno comportato la sospensione dei lavori, per cui è nata l'esigenza di redigere la presente perizia di variante e suppletiva.

Tutto quanto sopra detto, al fine di consentire la ripresa dei lavori, volti al completamento delle opere di messa in sicurezza dell'alveo ubicato presso via Pendio del Lapillo, è stato necessario rimodulare l'idea progettuale iniziale, attraverso la suddetta perizia, ipotizzando un sistema di canalizzazione "provvisorio" che ripristini la continuità idraulica tra monte e valle della SP.270, prevedendo l'installazione di una tubazione "provvisoria" in PVC, da ancorare alla struttura del ponte della stessa strada provinciale, evitando di posizionare opere pubbliche sui manufatti realizzati privatamente dalla famiglia della signora Rosa Gloria; è stata prevista inoltre alche la realizzazione di una vasca di accumulo e laminazione, con una capacità di circa 20 mc, posta subito a monte dell'attraversamento, al fine di incrementare il livello di protezione per le abitazioni sottostanti.

Le opere idrauliche previste nella presente Perizia Giustificativa, rappresentano una soluzione "**temporanea**", atta a superare nell'immediato il grane nocumento alla pubblica e privata incolumità; le stesse sono state proporzionate cercando di coniugare da un lato la capacità di convogliamento delle portate meteoriche proventi da monte e dall'altro, lo spazio operativo su cui operare relativamente ridotto.

Per tanto sarà necessario successivamente provvedere ad una sistemazione definitiva dell'assetto idrogeologico dell'alveo di via Pendio del Lapillo, attraverso un progetto di riassetto generale già inserito dalla Struttura Commissariale nel Piano degli interventi urgenti ex OCDPC 948/22 di cui al Prot. n. 2696U/CD/Ischia del 11/09/2023; l'intervento denominato "Interventi di messa in sicurezza nell'area a valle di via Pendio del Lapillo, a via delle Ginestre fino al "Rio Corbore ha un importo stimato pari a 915'000 €.

Per tanto successivamente all'intervento previsto nella presente Perizia Giustificativa, definiti i limiti di proprietà attraverso operazioni di riconfinamento, individuando univocamente anche il sedime dell'area demaniale ed accertata l'eventuale leicità urbanistica degli immobili realizzati dalla famiglia

della signora Gloria Rosa, sarà possibile definire concretamente come rispristinare in maniera definitiva la continuità fisica ed idraulica di via Pendio del Lapillo, fino al recapito finale rappresentato dal Rio Corbore.

3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Si riportano di seguito i riferimenti normativi seguiti nella stesura del presente progetto.

- D.Lgs. 31 marzo 2023, n. 36 - Codice dei contratti pubblici in attuazione dell'articolo 1 della legge 21 giugno 2022, n. 78, recante delega al Governo in materia di contratti pubblici;
- Allegato II.14 al D.Lgs. 31 marzo 2023, n. 36, Capo I, Sezione I;
- D.M. n. 49 del 7 Marzo 2018, art. 12;
- D. Lgs. 50/2016 e ss.mm.ii. - Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE;
- D.P.R. del 05/10/2010, n° 207 - Regolamento di esecuzione ed attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163;
- D. Lgs. del 03/04/2006, n. 152 (art. 94) - Testo unico delle Norme in materia ambientale;
- L. del 08/08/1985, n° 431 - Disposizioni urgenti per la tutela delle zone di particolare interesse ambientale;
- Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico, che individua le aree interessate da dissesto idraulico ed idrogeologico;
- L. del 09-07-1908, n°445 - Titolo IV: Consolidamento di frane minaccianti abitati e trasferimento di abitati in nuova sede;
- L. del 18/05/1989, n° 183 - Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo;
- D. Lgs. del 22/012004, n. 42 e D.P.C.M. del 12/02/2005 - Codice dei beni culturali del paesaggio;
- D. Lgs. 29 ottobre 1999, n° 490 - Testo unico delle disposizioni legislative in materia di beni culturali e ambientali, a norma dell'art. 1 della L. 8 ottobre 1997, n° 352;
- D.M. II. TT. del 17 gennaio 2018 - Testo Unitario delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni.

4 SIMBOLOGIA

La simbologia utilizzata nella presente relazione è la seguente:

- **L** (m) = lunghezza ramo compreso tra due nodi consecutivi;
- **Q_{nm}** (m^3/s – l/s) = portata nera media;
- **Q_{np}** (m^3/s – l/s) = portata nera di punta;
- **Q_p** (m^3/s – l/s) = portata pluviale;
- **Q_t** (m^3/s – l/s) = portata totale data dalla somma della portata pluviale e della portata nera di punta;
- **Q_u** (m^3/s – l/s) = portata spechi fognari in condizioni di moto uniforme;
- **Q_c** (m^3/s – l/s) = portata spechi fognari in condizioni critiche;
- **C_p** = coefficiente di punta delle portate nere;
  - ε = coefficiente di dispersione;
- **DN** (mm) = diametro nominale della tubazione;
- **DE** (mm) = diametro esterno della tubazione;
- **Di** (mm) = diametro interno delle tubazione;
- **s** (mm) = spessore della condotta;
- **V** (m/s) = velocità media in condotta;
- **V_u** (m/s) = velocità spechi in condizioni di moto uniforme;
- **V_c** (m/s) = velocità spechi in condizioni di stato critico;
- **C** ($m^{1/3}/s$) = parametro indicativo della scabrezza, riferito alla formula di Hazen-Williams per tubazioni in pressione;
- **K** ($m^{1/3}/s$) = parametro indicativo della scabrezza, riferito alla formula di Gauckler e Strickler per tubazioni a pelo libero;
- **H** (m) = carico sulla tubazione;
- **H_u** (m) = energia specifica totale della corrente in moto uniforme;
- **H_c** (m) = energia della corrente in stato critico;
- **H_u** (m) = altezza corrente in condizioni di moto uniforme;

- **h_c** (m) = altezza corrente in stato critico;
- **h/D** (m/m) = grado di riempimento speco fognario;
- **J** (m/m) = perdita di carico unitaria nel generico ramo ;
- **ΔY** (m) = perdita di carico nel generico ramo;
- **q. Piez.** (m. s.l.m.m.) = quota piezometrica nel nodo;
- **q. Terreno** (m. s.l.m.m.) = quota del terreno in corrispondenza del nodo;
- **Pressione** (m) = carico idraulico utile sul nodo.
- **A / ω** (m^2) = sezione idrica;
- **Ci** (m) = contorno bagnato della sezione idraulica;
- **R (m) =** raggio idraulico, pari al rapporto tra la sezione idrica ed il perimetro bagnato;
- **Re (adimensionale) =** Numero di Reynolds**;**
- **g** = accelerazione di gravità, pari a 9,81 m/s^2;
- **c** (m/s)= celerità di propagazione delle perturbazioni, per moto vario;
- **ΔP** (m) = sovrappressione (o depressione);
- **PN** = Pressione nominale;
- **PFA** = *Pressione di esercizio ammissibile* - Pressione idrostatica massima che un componente è in grado di sostenere durante l'esercizio;
- **PMA** = *Pressione di esercizio massima* - Pressione massima che si verifica occasionalmente, compreso il colpo d'ariete che un componente è in grado di sostenere durante l'esercizio;
- **PEA** = *Pressione di prova ammissibile* - Pressione idrostatica massima che può sopportare un nuovo componente idraulico (tubo, valvola) installato per un periodo relativamente breve (tempo di prova) per assicurare l'integrità e la tenuta del componente idraulico;
- **SN** (kN/m^2) = Stifness nominal - Classe di rigidità tubazioni.

5 GENERALITÀ SULLE CORRENTI A PELO LIBERO

Un sistema di drenaggio urbano, contrariamente a quanto accade per una rete di distribuzione, è formato da canali a pelo libero, a meno di punti particolari, in cui bisogna ubicare stazioni di sollevamento.

La forma della rete è tale che i canali sono collegati tra di loro solo in corrispondenza delle sezioni di confluenza.

Ciò premesso, si suddivideranno inizialmente le correnti in "lente" o "veloci" e si adotteranno criteri differenti di dimensionamento degli spechi a seconda che queste facciano parte delle une o delle altre.

5.1 CORRENTI LENTE O IPOCRITICHE

Si definisce alveo a debole pendenza quello nel quale, per un assegnato valore della portata e della stessa pendenza, si stabilisce in moto uniforme una corrente di tipo "*lenta*". In tale ipotesi si ha che $h_u > h_c$ dove con h_u si intende l'altezza di moto uniforme e con h_c quella di stato critico.

Negli alvei a debole pendenza si farà riferimento, a vantaggio di sicurezza, alla condizione di moto uniforme.

Così facendo, infatti, nelle sezioni terminali delle condotte in progetto si sovrastimeranno i tiranti idrici assimilandoli a quelli di moto uniforme ($h_{max} = h_u$) trascurando, quindi, l'effetto di richiamo esercitato dal pelo libero della corrente nella sezione di sbocco.

La legge di resistenza utilizzata per i calcoli idraulici sarà quella di Gaukler-Strikler, la cui espressione è la seguente:

$$Q = K\,A\,R^{(2/3)}\,i^{(1/2)} \quad (21)$$

nella quale:

- K: il coefficiente di conduttanza di Strickler;
- R: il raggio idraulico (m);
- I: la pendenza di fondo del collettore (m/m);
- A: la sezione idrica (m^2);
- Q: la portata defluente in moto uniforme (m^3/s).

Per quanto riguarda il parametro di scabrezza K, la cui scelta induce sempre delle incertezze, si cercherà di portare in conto, oltre la scabrezza naturale delle pareti delle condotte, anche le influenze esercitate da numerosi fattori di disturbo, quali camerette di ispezione, giunti, pezzi speciali, curve, eventuale presenza di depositi sul fondo, ecc., rifacendosi alle indicazioni riportate nella letteratura tecnica, dove sono disponibili numerosi criteri di scelta del valore del coefficiente di Gaukler-Strickler

K, o del suo inverso M (definito da Manning); ad esempio, tra i riferimenti più utilizzati, verranno certamente citate le norme emanate negli Stati Uniti dall'ASTM-WPCE ed in Germania dall'ATV.

Il valore K esprime la resistenza al moto dei liquami nelle tubazioni e dovrà tener presente che, durante possibili periodi di siccità, gli impianti fognari, possono dare luogo al determinarsi di incrostazioni di materiali sul fondo delle condotte.

Tale condizione di esercizio, può essere motivo, inoltre, dell'aumento nel tempo della scabrezza.

Il valore di K da assumere nei calcoli dovrà considerare prudenzialmente tale eventualità.

Gli alvei saranno considerati a debole pendenza se si verificheranno le seguenti disuguaglianze:

$$i < i_Q; \qquad h_u > h_c;\ V_u < V_c$$

Per quanto riguarda le condizioni di moto si avrà: correnti ritardate se:

$$\frac{dh}{ds} > 0$$

correnti uniformi se:

$$h = h_h; \qquad \frac{dh}{ds} = 0$$

correnti accelerate se:

$$\frac{dh}{ds} < 0$$

ed ancora si avranno correnti lente se:

$$h > h_c; \qquad \frac{dH}{dh} > 0; \qquad V < V_c$$

5.2 CORRENTI VELOCI O IPERCRITICHE

Si definisce alveo a forte pendenza quello nel quale, per un assegnato valore della portata e della stessa pendenza, si stabilisce in moto uniforme una corrente di tipo "*veloce*". In tale ipotesi si ha che $h_c > h_u$ dove con h_u si intende ancora l'altezza di moto uniforme e con h_c quella di stato critico.

Negli alvei a forte pendenza (si noti che la determinazione di un alveo a debole o a forte pendenza, per una determinata portata, non è valutabile a priori ma va bensì calcolata, anche se, generalmente, pendenze inferiori al 0,004 possono essere considerate "deboli", superiori al 0,004 come "forti")

essendo $h_c > h_u$ non si può considerare il moto uniforme come quello da prendere a base per il dimensionamento delle condotte.

Ciò premesso va presa in considerazione la condizione di stato critico a base del proporzionamento delle condotte a mezzo della formula:

$$1 = Q^2 \, l/g \, A^3 \quad (22)$$

dove si è indicato con:

- Q: la portata defluente del canale (m^3/sec);
- A: la sezione liquida della corrente (m^2);
- l: la larghezza in superficie della corrente (m);
- g: l'accelerazione di gravità pari a 9.81 m/s^2.

Per quanto riguarda le condizioni di moto si avranno:

correnti ritardate se:

$$\frac{dh}{ds} > 0$$

correnti uniformi se:

$$h = h_h; \qquad \frac{dh}{ds} = 0$$

correnti accelerate se:

$$\frac{dh}{ds} < 0$$

ed ancora si avranno correnti veloci se:

$$h < h_c; \qquad \frac{dH}{dh} < 0; \qquad V > V_c$$

5.3 PROFILI DI CORRENTE

I profili che si possono incontrare sono numerosi in relazione alle caratteristiche della corrente e della pendenza della condotta.

Per il calcolo del profilo di corrente in moto permanente gradualmente variato, con portata costante lungo il percorso, si è fatto riferimento alla ben nota espressione:

$$\frac{d_h}{d_x} = \frac{1 - Sf_m}{1 - \left(B_s Q_2 / gA^3\right)} \quad (23)$$

essendo:

- h: il tirante idrico nella sezione;
- x: la progressiva, contata a partire dalla sezione iniziale (di monte, nel caso di corrente veloce; di valle, nel caso di corrente lenta);
- i: la pendenza di fondo tubazione/alveo;
- Sf_m: la perdita di energia della corrente per unità di peso del liquido e per unità di percorso, mediata tra la sezione alla progressiva x e la sezione alla progressiva x + dx;
- Q: a portata alla progressiva x;
- A: la sezione idrica corrispondente ad h;
- B_s: la larghezza in superficie corrispondente ad h;
- g: l'accelerazione di gravità.

Per la risoluzione della precedente relazione si adotterà uno schema di calcolo alle differenze finite di tipo "forward", sostituendo ai differenziali d_x e d_h i loro rapporti incrementali $D_x = (x_j + 1 – x_j)$ e $D_h = (h_j + 1 – h_j)$.

Al generico passo j, la risoluzione della espressione verrà effettuata per tentativi, assegnando ripetutamente il valore del tirante idrico di valle, h_j+1, e verificando che il valore Sf_m di tentativo così valutato in base al valore dell'Energia specifica di monte E_1 e di valle E_2 risulti pari, a meno di differenze percentuali dell'ordine di qualche unità per mille, a quello imposto nel precedente tentativo.

Per la valutazione del termine Sf_m, si è fatto riferimento alla relazione, già richiamata, di Gaukler - Strickler:

$$S_f = \frac{Q2}{A_2 K_2 R^{4/3}} \quad (24)$$

Una volta valutati i valori di Sf per ciascuna delle due sezioni (in corrispondenza dei due distinti valori di h), il valore Sf_m verrà valutato, in base alle caratteristiche della corrente, secondo le modalità indicate da Reed e Worfkil, vale a dire:

- come conduttanza mediata sulle due sezioni, se la corrente è lenta ritardata e l'alveo è a debole pendenza, oppure veloce accelerata con alveo a forte pendenza;
- come media tra i due valori di Sf, se la corrente è veloce ritardata e l'alveo è a forte pendenza;

- come media geometrica tra i due valori di Sf, se la corrente è lenta ritardata e l'alveo è a forte pendenza;
- come media armonica tra i due valori di Sf, se la corrente è veloce ritardata e l'alveo è a debole pendenza.

5.4 VALUTAZIONE DELLE PERDITE DI CARICO LOCALIZZATE

Le perdite di carico localizzate, da portare in conto nelle elaborazioni, sono quelle relative alle immissioni concentrate di portata, alle deviazioni angolari planimetriche non raccordate da curve e alle curve planimetriche.

Ciascuna di queste perdite di energia provoca, sia nel caso di corrente lenta che veloce, un sovralzo del pelo libero.

Il sovralzo si risentirà verso monte, se la corrente defluisce in condizioni di correnti lenta; verso valle, nel caso opposto.

In generale, indicate con i pedici 'u' e 'o' le grandezze caratteristiche relative a due sezioni del generico collettore, poste immediatamente a cavallo della zona in cui è da temersi una perdita localizzata di Energia specifica E, può porsi:

$$E_U = E_o + DE \quad (25)$$

vale a dire:

$$z_u + h_u + V_u^2/2g = z_o + h_o + V_u^2/2g + DE \quad (26)$$

essendo:

- z: la quota di fondo della sezione, valutata rispetto ad un piano orizzontale di riferimento;
- h: il tirante idrico;
- V: la velocità media di portata della corrente;
- g: l'accelerazione di gravità;
- DE: a perdita di energia specifica indotta dalla discontinuità.

A seconda delle circostanze, la perdita localizzata di energia specifica, DE, può essere espressa in funzione:

- del quadrato della velocità di deflusso nel tronco di collettore immediatamente a valle della discontinuità;

- del quadrato della velocità di deflusso nel tronco di collettore immediatamente a monte della discontinuità;
- del quadrato della differenza tra le velocità di deflusso nei tronchi immediatamente a monte e a valle della discontinuità.

Molto meno correttamente e, invero, poco frequentemente, DE risulta espressa in funzione della differenza tra i quadrati delle due predette velocità.

In quanto segue sono riportate, con maggiore dettaglio, le modalità con cui saranno valutate le perdite localizzate di energia specifica nei vari casi esaminati.

5.5 IMMISSIONI CONCENTRATE DI PORTATA

La perdita DE_i di energia specifica tra la sezione del collettore immediatamente a monte dell'immissione (di area A_o, portata Q_o e Energia Specifica E_o) e immediatamente a valle della stessa (caratterizzata da una sezione idrica A_u, una portata $Q_u = [Q_o + Q_z]$ e un'energia specifica E_u), può essere posta nella forma:

$$DE_i = a_i \frac{V_u^2}{2g} \qquad (27)$$

dove il coefficiente di dissipazione a_i, connesso all'immissione concentrata di portata, è dato dalla formula di Vischer:

$$a_i = 1 - 2/m\ q2\ coss_z - 2\ (1 - q)/n\ coss_o + [1/n\ (1 - q)]2 \qquad (28)$$

in cui i simboli hanno il seguente significato:

$$q = Q_z/Q_u; \qquad n = A_o/A_u; \qquad m = A_z/A_u$$

E' evidente che, per conoscere l'effettiva dissipazione di energia che si verifica a causa delle immissioni concentrate, occorrerà la preventiva conoscenza sia dell'angolo con cui le immissioni stesse avvengono, e sia delle condizioni idrodinamiche delle correnti che si immettono, in modo da poter conoscere l'area A_z.

Le condizioni più onerose che possono riscontrarsi sono quelle in cui l'immissione viene effettuata perpendicolarmente alla direzione del collettore principale.

In questo caso, nota V_z, si ricava $A_z = Q_z/V_z$, mentre si pone $coss_z = 0$.

5.6 BRUSCHE VARIAZIONI DI DIREZIONE

Le variazioni di direzione planimetriche inducono nella corrente defluente una perdita di energia localizzata. In correnti subcritiche, la dissipazione localizzata risulta essere quasi del tutto

trascurabile quando le variazioni di direzione sono effettuate con delle curve molto dolci, caratterizzate da notevoli rapporti tra il raggio di curvatura e la larghezza del collettore.

Nel caso, invece, di variazioni di direzione di tipo brusco (a spigolo vivo), la perdita di energia risulta tanto più sensibile quanto maggiore è l'angolo formato tra i due tronchi di collettore posti rispettivamente, a monte e a valle dello spigolo. Basti osservare, a questo proposito, che la dissipazione concentrata di energia conseguente ad una deviazione brusca a 90°, risulta essere dell'ordine $DE_d = V_2/2_g$, con conseguente notevolissimo sovralzo del pelo libero. Per angoli inferiori a 90°, le perdite di energia dovute alla presenza della brusca deviazione angolare diminuiscono, potendosi esprimere in base ad una relazione del tipo:

$$DE_d = a_d \frac{V^2}{2g} \quad (29)$$

La valutazione delle perdite localizzate derivanti da brusche deviazioni angolari e, in particolare, del coefficiente di dissipazione a_d, è stata oggetto di numerosi studi a carattere teorico e sperimentale, con risultati solo di poco differenti nel passare dall'uno all'altro di essi. Di conseguenza, l'utilizzazione dell'una o dell'altra delle formule disponibili per la valutazione di a_d fornisce, dal punto di vista pratico, risultati di pari affidabilità.

Nel caso in esame, potrà, ad esempio, utilizzarsi l'espressione proposta da Matthew.

$$A_d = \left[\frac{\text{sins} + \text{coss} - 1}{\text{coss}}\right] 2 \quad (30)$$

5.7 CURVE PLANIMETRICHE

Per la valutazione delle perdite di carico localizzate dovute alla presenza di curve, DE_c, si farà riferimento alla relazione:

$$DE_c = a_c \frac{V^2}{2g} \quad (31)$$

dove il coefficiente di perdita localizzata a_c è funzione del rapporto tra il raggio di curvatura e la larghezza del collettore, della lunghezza della curva stessa e del numero di Reynolds della corrente. I valori di a_c utilizzati in corrispondenza di ciascuna curva verranno calcolati, in base alle indicazioni fornite da Idelcik, con la formula di Hager, valida sia per sezioni circolari che pressoché quadrate:

$$a_c = \frac{2\forall(2)\sin(s/2)}{(1+2r/D)2} \quad (32)$$

dove:

- s: l'angolo della curva;
- r: il raggio di curvatura (rispetto all'asse);
- D: il diametro idraulico della sezione idrica.

Nel caso di raccordi molto ampi, i valori di a_c e, quindi, le perdite di carico localizzate indotte dalla presenza delle curve stesse, risulteranno molto piccoli, per cui le perdite di carico stesse vengono in genere trascurate nei confronti delle perdite di energia di tipo continuo.

5.8 Sopralzi trasversali del pelo libero a causa di curve

Per la valutazione dei massimi sopralzi che si verificano, trasversalmente, in corrispondenza di ciascuna curva, si farà riferimento, in caso di corrente lenta, alla ben nota formula di Grashof:

$$Dh_t = \frac{B\,V2}{g\,r_m} \quad (33)$$

nella quale:

- Dh_t: massimo sopralzo tra sponda esterna e interna;
- V: velocità della corrente in ingresso;
- g: accelerazione di gravità;
- B: larghezza del collettore;
- r_m: raggio di curvatura, valutato in asse.

6 CRITERI DI DIMENSIONAMENTO DELLE CONDOTTE A PELO LIBERO

Per quanto attiene le condotte a gravità, una volta determinate le portate minima e massima, si fissa un diametro fattibile ed il calcolo si riduce ad una verifica dello speco.

In particolare si è cercato di rispettare in tale processo, i seguenti punti:

- spettro di variabilità del rapporto di riempimento, pari a $0.6 < h/D < 0.75$.
- velocità minima, calcolata con la portata nera media non inferiore ai limiti stabiliti dalla Circolare del Ministero dei LL.PP del 7/1/1974, n°11633 (40 / 50 cm/s);
- velocità massima, calcolata con la portata nera di punta (fogne nere) o con la portata bianca (fogne bianche) o con la somma delle due (fogne miste), non superiore ai 5 m/s e comunque cercando di assumere convenzionalmente di non superare valori di 3.5÷4 m/s.
  Qualora il valore di velocità sia troppo elevato si provvederà all'inserimento di pozzetti con salto di fondo, per il contenimento delle pendenze del fondo tubo e conseguente riduzione del valore di V entro i limiti fissati.

Tra le ipotesi fatte nel calcolo degli spechi, vi è quella che il moto all'interno della fogna avvenga in moto uniforme.

Tale ipotesi, nella realtà non è quasi mai verificata, per cui occorre verificare le condizioni di funzionamento che possono creare problemi.

La situazione che si andrà a verificare è la seguente:

- in alvei a forte pendenza ($h_c > h_u$), a valle di un salto, la corrente riparte con un tirante pari a quello critico, per cui $h = h_c > h_u$; se accade che h supera l'altezza dello speco avremo una occlusione.

Come si evince dall'immagine riportata di seguito, in condizioni di forte pendenza ($i > i_c$) la corrente riparte con un tirate pari proprio ad h_c.

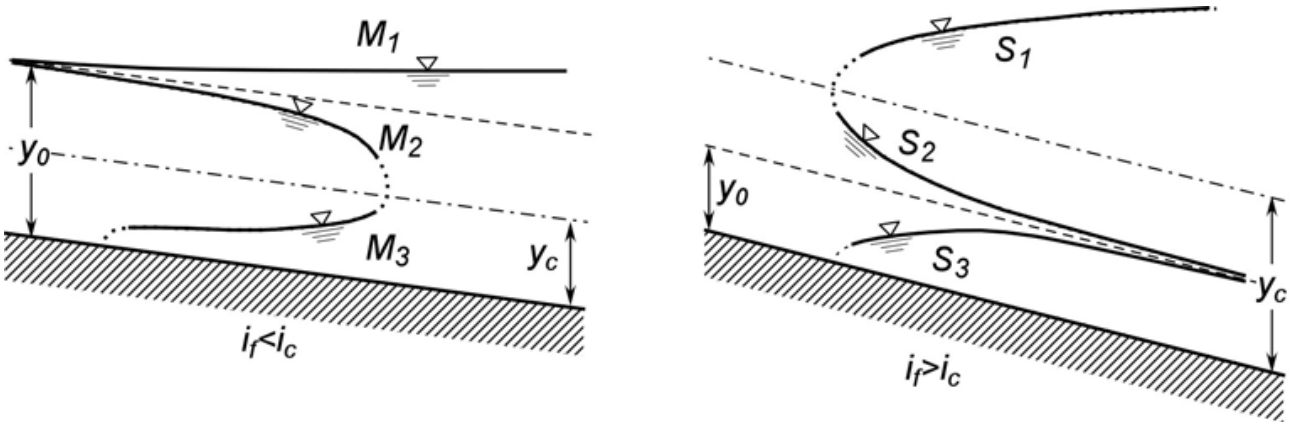

Figura 1: Profili di corrente per alvei a debole pendenza (i < ic) ed a forte pendenza (i > ic)

Il criterio adottato è quello di imporre quindi un tirante pari a quello critico, a cui corrisponda un grado di riempimento pari al 75%, con il raggiungimento in casi particolari di valori pari a circa il 95% dell'altezza interna dello speco.

Di seguito si allegano, per gli spechi utilizzati, le scale di deflusso numeriche, con l'evidenziazione delle condizioni allo stato critico con grado di riempimento pari a circa:

- 0.75 per i gli spechi DE 315 - DE 400 – DE 500;

7 VERIFICA IDRAULICA DELLA SEZIONE A GRAVITA'

Viste le portate di progetto è possibile dimensionare lo speco attraverso le scale di deflusso.

SCALA DI DEFLUSSO - SEZIONE CIRCOLARE - VIA PENDIO DEL LAPILLO - DE 400 PVC

Diametro DE	400	
Raggio (m)	0,188	
Altezza iniziale ho (m)	0,000	
Altezza finale hf (m)	0,377	
Incremento dh (m)	0,0100	
Pendenza i (m/m)	0,0150	1,50%
Q max (l/s) - (m^3/s)	250,000	0,250
Qnp (l/s) - (m^3/s)		

Tipo corrente	Alveo
Corrente Veloce	Forte Pendenz

FORMULA 1

1) K de Strickler
2) n de Manning
3) G de Bazin
4) m de Kutter
5) C de Hazen

100

h (m)	h/D -	Teta (rad)	Area (m^2)	Ci (m)	Ri (m)	Li (m)	Q_u (m^3/s)	V_u (m^3/s)	$V_u^2/2g$ (m)	$1,5*V_u^2/2g$ (m)	H_u (m)	Q_c (m^3/s)	V_c (m^3/s)	$V_c^2/2g$ (m)	$1,5*V_c^2/2g$ (m)	H_c (m)
0,000	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
0,010	0,027	0,6547	0,0008	0,1233	0,0066	0,12	0,000	0,430	0,009	0,014	0,019	0,000	0,256	0,003	0,005	0,013
0,020	0,053	0,9302	0,0023	0,1751	0,0130	0,17	0,002	0,677	0,023	0,035	0,043	0,001	0,364	0,007	0,010	0,027
0,030	0,080	1,1445	0,0041	0,2155	0,0192	0,20	0,004	0,880	0,039	0,059	0,069	0,002	0,447	0,010	0,015	0,040
0,040	0,106	1,3279	0,0063	0,2500	0,0253	0,23	0,007	1,056	0,057	0,085	0,097	0,003	0,517	0,014	0,020	0,054
0,050	0,133	1,4918	0,0088	0,2809	0,0312	0,26	0,011	1,215	0,075	0,113	0,125	0,005	0,580	0,017	0,026	0,067
0,060	0,159	1,6424	0,0114	0,3093	0,0370	0,28	0,016	1,359	0,094	0,141	0,154	0,007	0,638	0,021	0,031	0,081
0,070	0,186	1,7830	0,0143	0,3357	0,0425	0,29	0,021	1,492	0,113	0,170	0,183	0,010	0,691	0,024	0,037	0,094
0,080	0,212	1,9160	0,0173	0,3608	0,0479	0,31	0,028	1,616	0,133	0,200	0,213	0,013	0,742	0,028	0,042	0,108
0,090	0,239	2,0431	0,0204	0,3847	0,0531	0,32	0,035	1,731	0,153	0,229	0,243	0,016	0,790	0,032	0,048	0,122
0,100	0,266	2,1654	0,0237	0,4078	0,0581	0,33	0,044	1,838	0,172	0,258	0,272	0,020	0,836	0,036	0,053	0,136
0,110	0,292	2,2839	0,0271	0,4301	0,0630	0,34	0,052	1,939	0,192	0,287	0,302	0,024	0,881	0,040	0,059	0,150
0,120	0,319	2,3992	0,0305	0,4518	0,0676	0,35	0,062	2,033	0,211	0,316	0,331	0,028	0,924	0,044	0,065	0,164
0,130	0,345	2,5120	0,0341	0,4730	0,0721	0,36	0,072	2,121	0,229	0,344	0,359	0,033	0,966	0,048	0,071	0,178
0,140	0,372	2,6228	0,0377	0,4939	0,0764	0,36	0,083	2,204	0,248	0,371	0,388	0,038	1,008	0,052	0,078	0,192
0,150	0,398	2,7319	0,0414	0,5144	0,0804	0,37	0,094	2,282	0,265	0,398	0,415	0,043	1,049	0,056	0,084	0,206
0,160	0,425	2,8399	0,0451	0,5347	0,0843	0,37	0,106	2,355	0,283	0,424	0,443	0,049	1,090	0,061	0,091	0,221
0,170	0,451	2,9469	0,0488	0,5549	0,0880	0,37	0,118	2,423	0,299	0,449	0,469	0,055	1,130	0,065	0,098	0,235
0,180	0,478	3,0534	0,0526	0,5750	0,0914	0,38	0,131	2,486	0,315	0,472	0,495	0,062	1,171	0,070	0,105	0,250
0,190	0,505	3,1596	0,0563	0,5950	0,0947	0,38	0,143	2,544	0,330	0,495	0,520	0,068	1,211	0,075	0,112	0,265
0,200	0,531	3,2659	0,0601	0,6150	0,0977	0,38	0,156	2,598	0,344	0,516	0,544	0,075	1,252	0,080	0,120	0,280
0,210	0,558	3,3726	0,0638	0,6351	0,1005	0,37	0,169	2,648	0,357	0,536	0,567	0,083	1,294	0,085	0,128	0,295
0,220	0,584	3,4799	0,0676	0,6553	0,1031	0,37	0,182	2,693	0,370	0,555	0,590	0,090	1,336	0,091	0,137	0,311
0,230	0,611	3,5882	0,0713	0,6757	0,1055	0,37	0,195	2,734	0,381	0,572	0,611	0,098	1,380	0,097	0,146	0,327
0,240	0,637	3,6979	0,0749	0,6963	0,1076	0,36	0,208	2,771	0,391	0,587	0,631	0,107	1,425	0,103	0,155	0,343
0,250	0,664	3,8093	0,0785	0,7173	0,1095	0,36	0,220	2,802	0,400	0,600	0,650	0,116	1,471	0,110	0,165	0,360
0,260	0,690	3,9229	0,0820	0,7387	0,1111	0,35	0,232	2,830	0,408	0,612	0,668	0,125	1,520	0,118	0,177	0,378
0,270	0,717	4,0392	0,0855	0,7606	0,1124	0,34	0,244	2,852	0,415	0,622	0,685	0,134	1,572	0,126	0,189	0,396
0,280	0,743	4,1589	0,0888	0,7831	0,1134	0,33	0,255	2,870	0,420	0,630	0,700	0,145	1,627	0,135	0,203	0,415
0,290	0,770	4,2827	0,0920	0,8064	0,1141	0,32	0,265	2,882	0,423	0,635	0,713	0,155	1,688	0,145	0,218	0,435
0,300	0,797	4,4117	0,0951	0,8307	0,1145	0,30	0,275	2,888	0,425	0,638	0,725	0,167	1,755	0,157	0,235	0,457
0,310	0,823	4,5471	0,0981	0,8562	0,1146	0,29	0,283	2,889	0,425	0,638	0,735	0,180	1,830	0,171	0,256	0,481
0,320	0,850	4,6908	0,1009	0,8833	0,1142	0,27	0,291	2,883	0,424	0,636	0,744	0,193	1,918	0,187	0,281	0,507
0,330	0,876	4,8454	0,1035	0,9124	0,1134	0,25	0,297	2,870	0,420	0,630	0,750	0,209	2,023	0,209	0,313	0,539
0,340	0,903	5,0151	0,1058	0,9443	0,1121	0,22	0,301	2,847	0,413	0,620	0,753	0,228	2,157	0,237	0,356	0,577
0,350	0,929	5,2072	0,1079	0,9805	0,1101	0,19	0,304	2,813	0,403	0,605	0,753	0,253	2,342	0,280	0,419	0,630
0,360	0,956	5,4371	0,1097	1,0238	0,1071	0,15	0,303	2,762	0,389	0,583	0,749	0,289	2,638	0,355	0,532	0,715
0,370	0,982	5,7521	0,1110	1,0831	0,1024	0,10	0,298	2,681	0,366	0,550	0,736	0,368	3,319	0,561	0,842	0,931

In particolare si è deciso di adoperare uno speco in PVC SN 8,

Dalla verifica idrauliche è emerso che lo speco deve avere una pendenza pari al 1.5%.

Come si evince dalla tabella della scala di deflusso:

- la tubazione è in grado di traportare la portata meteorica ventennale **$Q_{p.n.max}$ = 255 l/s,** con un grado di riempimento del 74% e con una velocità di 2.87 m/s (< 5 m/s limite massimo);

La sezione per tanto è sufficiente sia in condizioni di portata di piena con un adeguato franco di sicurezza (25%) che in condizioni di portata minima evitando la sedimentazione dei solidi.

8 VERIFICA DELLE LUCI A BATTENTE

Viste le portate di progetto è possibile dimensionare Li diametri delle luci a battente del setto di valle della vasca.

Scarico di fondo							
Sfioratore a battente	**1°**			**Sfioratore a battente**	**2°**		
Calcolo portata	Valori			**Calcolo portata**	Valori		
Diametro De	80			Diametro De	160		
Diametro interno (mm)	76			Diametro interno (mm)	152		
Inserisci l'area	0,004534			Inserisci l'area	0,01813664		
Inserisci tirante (m)	0,900			Inserisci tirante (m)	0,640		
Inserisci μ	0,600			Inserisci μ	0,600		
Calcolo portata (mc/s) - l/s	0,0114	11,43191		Calcolo portata (mc/s) - l/s	0,0386	38,56094	
Sfioratore a battente	**3°**			**Ordine tubazioni**	**De**	**n**	**Q (l/s)**
Calcolo portata	Valori			**1° registro**	**80**	1	11,43191
Diametro De	200			**2° registro**	**160**	3	115,6828
Diametro interno (mm)	190,2			**3° registro**	**200**	3	110,9222
Inserisci l'area	0,028398					TOT	**238,0369**
Inserisci tirante (m)	0,240						
Inserisci μ	0,600						
Calcolo portata (mc/s) - l/s	0,0370	36,97405					

Come si evince dalla tabella sopra riportata le luci battente poste su tre registri differenti consentono di convogliare, prima dell'attivazione della soglia circa 238 l/s, ovvero la quasi totalità della portata con un tempo di ritorno T=200 anni.

Orbene, considerando eventuali occlusioni possiamo affermare che vengono comunque garantiti 200 l/s con l'ausilio dei fori, il restante stramazza dalla soglia superiore.