

COMMITTENTE:



ALTA
SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE
OBIETTIVO N. 443/01
LINEA AV/AC TORINO – VENEZIA Tratta VERONA – PADOVA
Lotto funzionale Verona – Bivio Vicenza
PROGETTO ESECUTIVO
RI – RILEVATI
RI78A - RILEVATO FERROVIARIO DA PK 40+950,00 A PK 41+615,35
SISTEMAZIONI IDRAULICHE
Relazione idraulica smaltimento acque**

GENERAL CONTRACTOR		DIRETTORE LAVORI		SCALA -
IL PROGETTISTA INTEGRATORE	Consorzio Iricav Due			
	ing. Paolo Carmona Data: Settembre 2021			

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA Progr. REV. FOGLIO

I	N	1	7	1	2	E	I	2	R	I	R	7	8	A	4	0	0	1	A	-	-	-	P	-	-	-
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

	VISTO CONSORZIO IRICAV DUE	
	Firma Luca RANDOLFI	Data 15/09/2021

Progettazione:

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data
A	EMISSIONE	E. Giorgetti	15/09/21	A. Gardani	15/09/21	P. Galvanin	15/09/21



CIG: 8377957CD1	CUP: J41E91000000009	File: IN1712EI2RIRI78A4001A_01.DOCX
Progetto cofinanziato dalla Unione Europea		Cod. origine:

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E I2 RI RI78A4 001	Rev. A	Foglio 2 di 21

INDICE

1	DESCRIZIONE GENERALE	3
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	3
3	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	3
4	PARAMETRI DI RIFERIMENTO	4
4.1	Idrologia	4
4.2	Coefficienti di deflusso	5
5	DRENAGGIO DELLE ACQUE DI PIATTAFORMA	5
5.1	Descrizione del sistema	5
5.2	Dimensionamento degli elementi di drenaggio.....	7
5.2.1	Modello di trasformazione afflussi-deflussi	7
5.2.2	Dimensionamento degli elementi di convogliamento	8
6	SISTEMA DI LAMINAZIONE	11
6.1	Dimensionamento della vasca di laminazione.....	12
7	IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO	14
7.1	VERIFICHE IDRAULICHE	15
7.1.1	Portata in ingresso	15
7.1.2	Volume stop due ore.....	15
7.1.3	Vasca di aspirazione.....	16
7.1.4	Macchine idrauliche	17
7.1.5	Dimensionamento idraulico impianto di sollevamento.....	19
7.2	Dotazioni impiantistiche	20

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E I2 RI RI78A4 001	Rev. A	Foglio 3 di 21

1 DESCRIZIONE GENERALE

Oggetto della presente relazione è l'analisi del sistema di drenaggio del tratto in rilevato RI78A, compreso tra il km 40+950.00 e il km 41+615.35 della Linea AV/AC Torino – Venezia - Tratta Verona - Padova - Lotto funzionale Verona-Bivio Vicenza.

Il sistema di drenaggio della piattaforma ferroviaria della linea AV/AC di progetto, delle aree ad essa afferenti (scarpata e stradello) e della Linea Storica (L.S.) in affiancamento prevede la raccolta e il convogliamento della portata meteorica verso la vasca di laminazione e sollevamento posta in affiancamento al rilevato. Tale vasca è stata progettata in modo tale da laminare la portata meteorica e restituirla al reticolo idrografico esistente conformemente al limite di 5 l/s per ettaro imposto dalla normativa vigente (DGRV 2948/2009) e dal Consorzio di Bonifica Alta Pianura Veneta (ApV) Ente Gestore del reticolo idrico interferito nell'area di interesse.

Il recapito ultimo delle acque meteoriche è rappresentato dal sistema di raccolta e smaltimento relativo al parcheggio NV03 adiacente alla linea ferroviaria in progetto che a sua volta recapita le acque meteoriche nella fognatura esistente.

Il sistema di smaltimento delle acque di piattaforma relativo alle precedenti WBS RI76 e RI77A prevede il convogliamento e la laminazione delle portate nel bacino denominato RI78A-BL01, situato tra la WBS in oggetto e la precedente WBS RI77A; dal momento che tale bacino lamina le acque dei tratti in rilevato RI76 e RI77A, e non quelle del tratto oggetto della presente relazione, per la sua descrizione e dimensionamento si rimanda alle relazioni idrauliche IN1712EI2RIRI7604001A e IN1712EI2RIRI77A4001A.

Per quanto riguarda le difformità rispetto al progetto definitivo di rimanda all'elaborato di confronto PD/PE.

2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

IN1710EI2BZRI0006001 – Dettagli smaltimento acque di piattaforma
IN1710EI2BZRI0006002 – Dettagli manufatti di regolazione

IN1712EI2P8RI78A4001A – Planimetria idraulica e sezione – Tav.1
IN1712EI2P8RI78A4002A – Planimetria idraulica e sezione – Tav.2

IN1712EI2PZRI78A4004A - Pianta, sezioni e dettagli vasca di laminazione e sollevamento

IN1712EI2PZRI78A4003A - Pianta, sezioni e dettagli bacino di laminazione RI78A-BL01

3 RIFERIMENTI NORMATIVI

I principali riferimenti normativi utilizzati per la presente progettazione vengono riassunti di seguito:

- D. Lgs. 3 aprile 2006, n.152, "Norme in materia ambientale"
- D. Lgs. 16 gennaio 2008, n. 4, "Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale"

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E I2 RI RI78A4 001	Rev. A	Foglio 4 di 21

- Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici n.11633 del 7/1/1974
- Deliberazione della Giunta Regionale del Veneto DGRV 6 ottobre 2009 n. 2948, “Nuove indicazioni per la formazione degli strumenti urbanistici” e in particolare l’Allegato A, “Valutazione di compatibilità idraulica per la redazione di nuovi strumenti urbanistici. Modalità operative e indicazioni tecniche”.
- Manuale di Progettazione delle Opere Civili RFI (Ed. 2017)

4 PARAMETRI DI RIFERIMENTO

4.1 Idrologia

La previsione quantitativa delle piogge nell’area di interesse è stata realizzata attraverso la determinazione della curva di possibilità pluviometrica individuante la relazione che intercorre tra il tempo di pioggia (t) e l’altezza d’acqua piovuta (h), secondo la seguente formulazione:

$$h(t) = a \cdot t^n$$

nella quale i termini a ed n sono parametri dipendenti dal tempo di ritorno specificato.

Il tempo di ritorno utilizzato come riferimento è TR = 100 anni, in linea con quanto prescritto nel manuale di progettazione RFI, parte II sezione 3.

Volendo determinare le portate che comportano la crisi del sistema di drenaggio occorre fare riferimento agli eventi pluviometrici di breve durata e forte intensità. Per definire le altezze di precipitazione corrispondenti a tali eventi pluviometrici vengono utilizzate le curve di possibilità pluviometrica (CPP), elaborate a partire dalle registrazioni di altezza di pioggia effettuate nelle stazioni pluviometriche.

Per la tratta Verona-Vicenza sono stati ottenuti i seguenti parametri della curva di possibilità pluviometrica:

Tabella 1 - Parametri a e n per durate superiori e inferiori all’ora, per tempo di ritorno pari a 100 anni

Stazioni ArpaV	da pk (km)	a pk (km)	Tr= 100 anni			
			<1h		1-24h	
			a (mm/ore ⁿ)	n (a-dim.)	a (mm/ore ⁿ)	n (a-dim.)
Verona Parco Adige Nord	0+000	3+050	102.34	0.60	78.22	0.17
Buttapietra (Verona sud)	3+050	4+105	86.75	0.62	81.64	0.13
50% Buttapietra 50%Arcole	4+105	13+775	94.28	0.62	85.94	0.13
Colognola ai colli	13+755	18+710	84.48	0.54	78.70	0.18
Arcole	18+710	26+010	101.76	0.62	90.07	0.13
Lonigo	26+010	32+975	99.50	0.57	85.05	0.12
Brendola	32+975	42+310	87.62	0.51	71.79	0.25
S.Agostino Vicenza	42+310	44+250	66.97	0.39	69.30	0.23

Nella tratta oggetto della presente Relazione si fa riferimento ai valori della stazione di Brendola.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E I2 RI RI78A4 001	Rev. A	Foglio 5 di 21

Per maggiori dettagli si rimanda alla relazione idrologica (IN1711EI2RGID00000040).

4.2 Coefficienti di deflusso

La riduzione dell'afflusso (φ) alla rete si considera dovuta principalmente a impermeabilità e ritardo, che variano a seconda della densità delle costruzioni e della topografia della zona.

Come indicato dalla normativa regionale (Allegato A alla DGR 2948 del 6 ottobre 2009) si utilizza un coefficiente di deflusso $\varphi = 0.9$ per le aree pavimentate, $\varphi = 0.6$ per le scarpate dei rilevati, $\varphi = 0.2$ per le superfici permeabili e $\varphi = 0.1$ per le aree agricole.

Si calcolano quindi le superfici afferenti efficaci come: $A_{eff} = \varphi A$.

5 DRENAGGIO DELLE ACQUE DI PIATTAFORMA

5.1 Descrizione del sistema

Il sistema di drenaggio della piattaforma ferroviaria, per il tratto in rilevato in oggetto, a meno dei primi 7 m che fanno parte del sistema di smaltimento della precedente WBS RI77A, prevede la raccolta e il convogliamento della portata meteorica che scorre sul sub-ballast impermeabile verso la vasca di laminazione e sollevamento posta sotto il parcheggio NV03 in adiacenza al rilevato ferroviario lato B.P. della linea AV/AC in progetto.

Nella figura seguente è riportata la planimetria di progetto della vasca di laminazione e sollevamento.

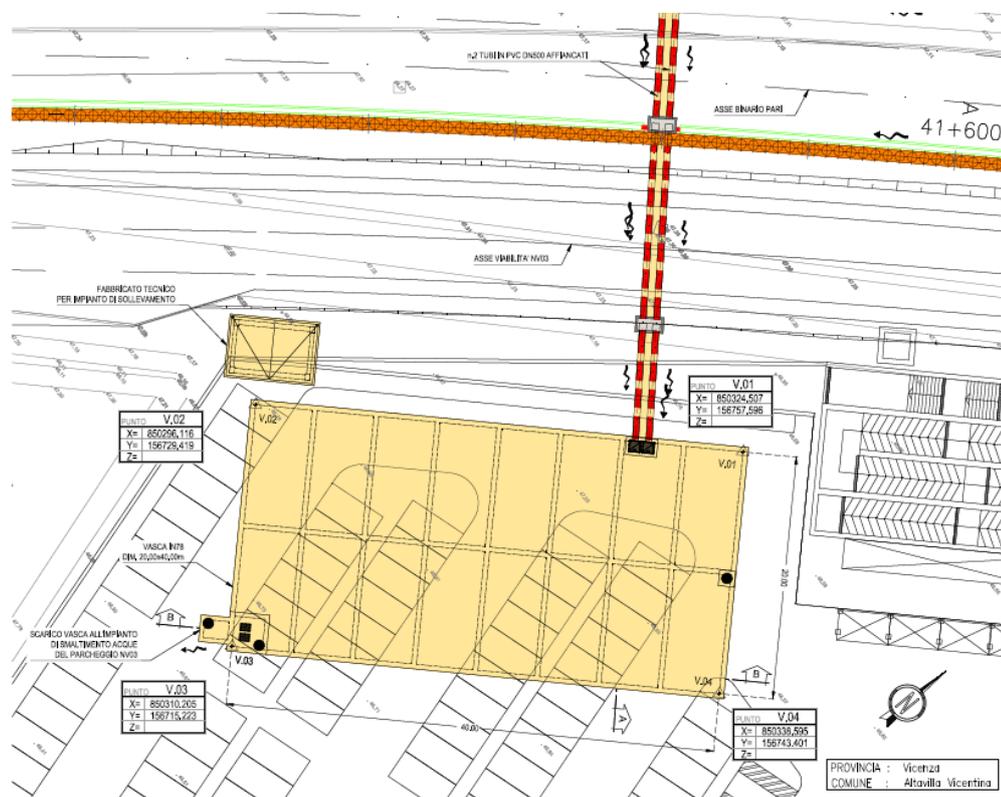


Figura 1 - Planimetria di progetto della vasca di laminazione e sollevamento

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E I2 RI RI78A4 001	Rev. A	Foglio 6 di 21

Le acque meteoriche relative alla semi-piattaforma lato B.D. della linea AV/AC, alla semi-piattaforma lato B.P. della L.S. e alla semi-piattaforma lato B.P. della linea AV/AC, dati i limitati spazi a disposizione dovuti alla presenza della SP34 in adiacenza al rilevato ferroviario, sono raccolte in canalette rettangolari tipo “CR” di dimensioni variabili da 0.40x0.60 m a 0.40x1.10 m dotate di griglia metallica classe D400 e posate con la pendenza della linea, a meno di un tratto in contropendenza.

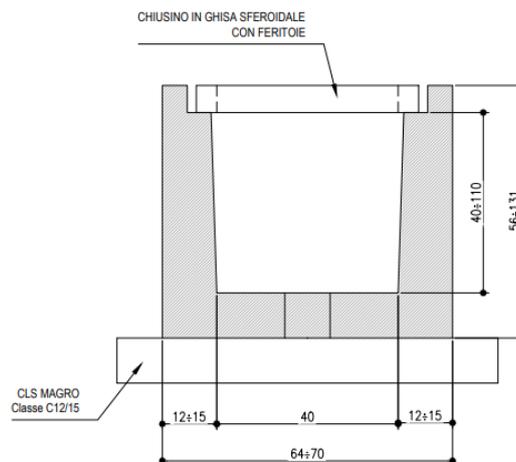


Figura 2 - Sezione tipologica della canaletta a sezione rettangolare in cls

Le canalette scaricano la portata nella vasca laminazione e sollevamento interrata sotto al parcheggio NV03 lato B.P. della linea AV/AC in corrispondenza della pk 41+550.00 per mezzo di due collettori posati in parallelo in PVC De500 e pozzetti prefabbricati in cls, come illustrato nella seguente immagine.

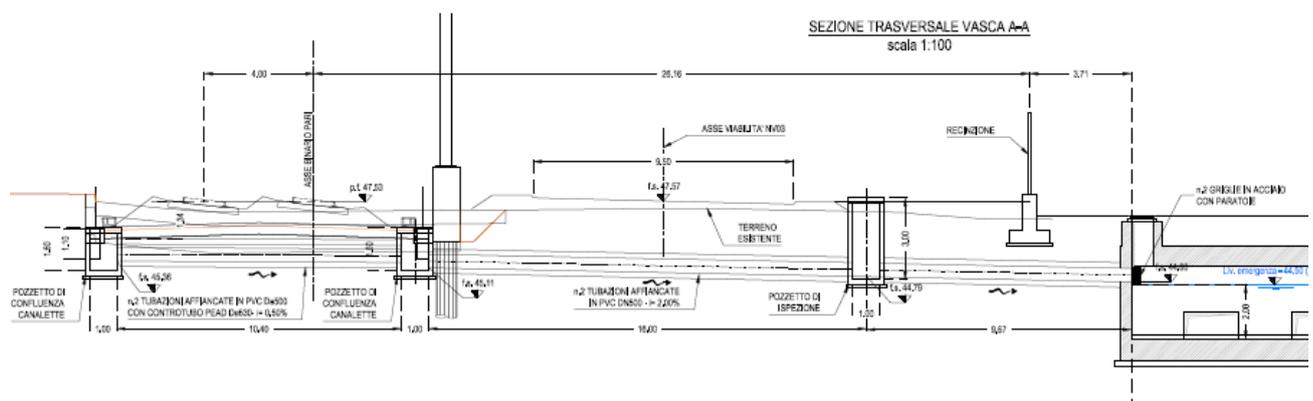


Figura 3 – Sezione di scarico nella vasca di laminazione e sollevamento

Il dettaglio del pozzetto di scarico e dei relativi collettori è illustrato nella seguente immagine.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E I2 RI RI78A4 001	Rev. A	Foglio 7 di 21

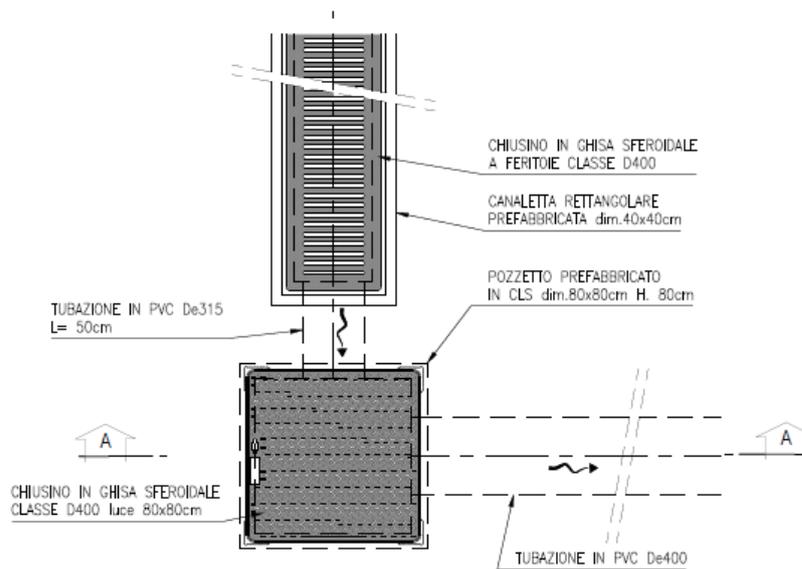


Figura 4 – Dettaglio di scarico della canaletta centrale nel pozzetto

Le portate laminate dalla vasca saranno convogliate attraverso l'impianto di sollevamento al sistema di raccolta e smaltimento relativo al parcheggio NV03, e quindi al recapito finale costituito dal sistema fognario esistente.

Per i dettagli costruttivi dei singoli elementi si faccia riferimento all'elaborato IN1710E12BZRI0006001 – Dettagli smaltimento acque di piattaforma.

Di seguito si illustrano gli elementi di drenaggio (canalette, collettori). Il sistema di laminazione costituito dalla vasca è descritto nel successivo capitolo 6.

5.2 Dimensionamento degli elementi di drenaggio

5.2.1 Modello di trasformazione afflussi-deflussi

La determinazione delle portate defluenti nelle sezioni di chiusura dei sottobacini ferroviari è stata effettuata mediante l'applicazione di un modello afflussi-deflussi. L'importanza di tale informazione risiede nella necessità di dimensionare correttamente i manufatti idraulici atti a convogliare le acque, in riferimento alla capacità idraulica dei ricettori finali.

Note le curve di possibilità pluviometrica, si è proceduto alla determinazione delle piogge di progetto ed alla successiva determinazione delle onde di piena di progetto.

In questo caso, per la determinazione delle portate di progetto, è stato adottato il modello di corrivazione utilizzando un ietogramma rettangolare depurato delle perdite idrologiche per infiltrazione e per detenzione superficiale mediante l'applicazione di un coefficiente di deflusso (rapporto tra il volume defluito ed il corrispondente volume di afflusso meteorico) assunto costante durante l'evento.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E I2 RI RI78A4 001	Rev. A	Foglio 8 di 21

Il modello adottato ammette due parametri fondamentali, uno per ciascuno dei due fenomeni citati in precedenza (infiltrazione e trasformazione afflussi netti - deflussi): il coefficiente di deflusso (equivalente al coefficiente di assorbimento orario nella nomenclatura del metodo italiano) e il tempo di corrivazione del bacino. Detti parametri hanno un preciso significato fisico e sono basilari per poter raggiungere una rappresentazione abbastanza accettabile del fenomeno delle piene.

La portata affluente ($Q_{critica}$) è valutabile attraverso l'applicazione della formula razionale, che restituisce la portata specifica da drenare:

$$Q = \frac{\varphi \cdot i_c \cdot A}{3600 \cdot 1000}$$

dove i_c [mm/h] è l'intensità di pioggia massima per la durata di pioggia pari al tempo di corrivazione t_c [ore], A [m²] è la superficie del bacino scolante e φ (§ 4.2) è il coefficiente di deflusso che esprime, a meno delle unità di misura, il rapporto tra il volume affluito alla rete e quello complessivamente affluito al bacino, la formula così scritta restituisce il valore di portata Q in m³/s.

5.2.2 Dimensionamento degli elementi di convogliamento

Il dimensionamento degli elementi di convogliamento (collettori, mezzi tubi, canalette) è dato dal confronto tra la portata transitante, ovvero la portata meteorica critica calcolata tramite la formula razionale, e quella massima ammissibile dall'elemento in questione. Anche in questo caso la condizione più gravosa è quella per cui il tempo di pioggia è pari al tempo di corrivazione. Quest'ultimo in questo caso è pari alla somma del tempo di afflusso (pari a 5 minuti) e del tempo di traslazione (t_r) lungo i rami costituenti il percorso idraulicamente più lungo ("asta principale"). Il tempo di traslazione si ottiene quindi dalla formula:

$$t_r = \sum_{i=1}^N \frac{l_i}{v_i}$$

dove:

N = numero dei tronchi della rete a monte della generica sezione, facenti parte dell'asta principale;

l_i = lunghezza del tronco i -esimo;

v_i = velocità nel tronco i -esimo.

Il moto all'interno della rete si descrive adottando uno schema di moto uniforme. In particolare, si utilizza la formula di Chézy per ottenere le scale di deflusso:

$$Q = \chi A \sqrt{R j} = k \frac{A^{5/3}}{C^{2/3}} \sqrt{j}$$

dove: Q rappresenta la portata di dimensionamento dell'elemento (m³/s); $k = 1/n$ il coefficiente di scabrezza di Strickler (m^{1/3}/s) con $n=0.015$ per gli elementi in cls e pari a 0.011 per i collettori in materiale plastico; A l'area bagnata (m²); C il contorno bagnato (m); j la pendenza media della condotta (m/m); $R = \frac{A}{C}$ il raggio idraulico (m).

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E I2 RI RI78A4 001	Rev. A	Foglio 9 di 21

Per ottenere la velocità di percorrenza del singolo tratto basta dividere la portata Q per l'area bagnata A .

Per i collettori è stato considerato un riempimento massimo del 75% per canalette e collettori e pari al 40% per i mezzi tubi. La velocità deve risultare compresa tra un minimo di 0.5 m/s per evitare sedimentazioni e 5 m/s come indicato nella circolare del Ministero dei Lavori Pubblici n.11633 del 7/1/19.

Nelle seguenti tabelle vengono presentati i risultati dei dimensionamenti relativi alle canalette rettangolari e ai relativi collettori di scarico in PVC. Alle canalette è stata assegnata la pendenza della linea, a meno di un tratto in contropendenza a cui è stata assegnata a pendenza interna pari a 0.2% realizzata tramite un massetto di altezza massima 23 cm.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 									
RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E I2 RI RI78A4 001	Rev. A	Foglio 10 di 21					

Tabella 2 – Dimensionamento canalette tipo CR che recapitano nella vasca di laminazione

	pk monte	pk valle	Area imp	Area efficace	Base canaletta	Altezza canaletta	i	Lunghezza	T ingresso	R pieno riemp.	v pieno riemp.	T traslaz. singolo ramo	Max T traslaz. (min)	T corrivaz. (min)	Qcritica	Q pieno riemp.	h	Area bagnata	h/D	v
SCARICO VASCA DI LAMINAZIONE			[m2]	[m2]	[m]	[m]	[m/m]	[m]	[min]	[m]	[m/s]	[min]	[min]	[min]	[m3/s]	[m3/s]	[m]	[m2]	[-]	[m/s]
RI78-CR01-AVBD	40957	41170	2726.40	2453.76	0.40	0.60	0.003	213.00	5.00	0.15	1.11	3.21	3.21	8.21	0.16	0.27	0.40	0.16	0.66	0.99
RI78-CR02-AVBD	41170	41390	5542.40	4988.16	0.40	0.90	0.003	220.00	5.00	0.16	1.17	3.13	6.34	11.34	0.27	0.42	0.62	0.25	0.69	1.10
RI78-CR03-AVBD	41390	41575	7923.20	7130.88	0.40	1.10	0.003	186.00	5.00	0.17	1.20	2.59	8.93	13.93	0.35	0.53	0.77	0.31	0.70	1.15
RI78-CR04-AVBD	41618	41575	550.40	495.36	0.40	0.60	0.002	43.00	5.00	0.15	0.84	0.85	0.85	5.85	0.04	0.20	0.16	0.06	0.44	0.59
RI78-CR01-AVBP	40957	41575	3904.00	3513.60	0.40	0.60	0.003	610.00	5.00	0.15	1.11	9.20	9.20	14.20	0.17	0.27	0.42	0.17	0.70	1.03
RI78-CR02-AVBP	41618	41575	550.40	495.36	0.40	0.60	0.002	43.00	5.00	0.15	0.84	0.85	0.85	5.85	0.04	0.20	0.16	0.06	0.43	0.59

Tabella 3 – Dimensionamento collettori di scarico nella vasca di laminazione

Tratto	Diametro	Pendenza	Lunghezza	Materiale	Ks	T ingresso	V pieno riemp.	T traslaz. singolo ramo	Max T traslaz.	T corrivaz.	Qcritica	Qmax riempi.	h	h/D	Angolo riemp.	Area bagnata	v
	[m]	[m/m]	[m]		(m1/3/s)	[min]	[m/s]	[min]	[min]	[min]	[m3/s]	[m3/s]	[m]	[-]	[grad]	[m2]	[m/s]
da lato B.D. a lato B.P.	500	0.005	10.40	PVC	91	5.00	1.55	0.11	0.11	5.11	0.20	0.27	0.30	0.63	210.96	0.12	1.69
da lato B.P. a vasca di accumulo	500	0.020	25.67	PVC	91	5.00	3.09	0.14	0.14	5.14	0.30	0.54	0.25	0.54	188.06	0.09	3.18

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E I2 RI RI78A4 001	Rev. A	Foglio 11 di 21

6 SISTEMA DI LAMINAZIONE

La vasca di laminazione è stata dimensionata nell'intento di invasare le acque meteoriche raccolte sulla nuova infrastruttura garantendo lo scarico nei recettori finali nel rispetto dei limiti concessi dalla normativa regionale in relazione al principio dell'invarianza idraulica.

Nella tratta in oggetto lo scarico limite consentito è di 5 l/s/ha imposto dalla normativa vigente (DGRV 2948/2009) e dal Consorzio di Bonifica Alta Pianura Veneta (ApV) Ente Gestore del reticolo idrico interferito nell'area di interesse.

I volumi di laminazione hanno il compito di ridurre i picchi di portata che si verificano nei sistemi di drenaggio riducendoli a valori compatibili con i recapiti posti a valle. Nel caso specifico dell'opera in progetto l'incremento di portata dovuto alla impermeabilizzazione viene assorbito dal sistema di drenaggio attraverso l'invaso nella vasca, le cui dimensioni sono legate alla funzione di invaso dei volumi che eccedono la capacità del recettore finale.

La laminazione delle portate relative alle canalette centrali e alle canalette laterali della WBS in oggetto avverrà per mezzo di una vasca di laminazione in cls interrata sotto il parcheggio NV03 alla pk 41+550.00, lato B.P. della linea AV/AC. Il convogliamento delle portate nella vasca avverrà per mezzo di due collettori posati in parallelo in PVC De500.

La vasca presenta un'area di base pari a circa 800 m² per un'altezza utile di 2 m, ed è suddivisa in 16 celle da setti strutturali. Il volume di invaso disponibile per la laminazione al netto dei setti risulta quindi pari a circa 1487 m³. Al fondo della vasca viene data una leggera pendenza longitudinale, pari allo 0.05% che facilita il transito della portata verso la vasca di aspirazione e lo svuotamento della vasca stessa.

La sezione della vasca di laminazione e sollevamento è illustrata nella seguente immagine.



Figura 5 - Sezione della vasca di laminazione e sollevamento

Le acque accumulate all'interno della vasca verranno opportunamente sollevate e inviate al recettore, rappresentato in questo caso dal sistema di raccolta e smaltimento relativo al parcheggio e quindi dalla rete fognaria esistente. L'impianto di sollevamento sarà descritto nel dettaglio nel Capitolo 7.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E I2 RI RI78A4 001	Rev. A	Foglio 12 di 21

6.1 Dimensionamento della vasca di laminazione

Il dimensionamento del volume da accumulare nella vasca di laminazione è stato eseguito mediante il metodo cinematico (Alfonsi e Orsi, 1987):

$$W_m = S \cdot \varphi \cdot a \cdot \theta_w^n + \frac{t_c \cdot Q_u^2 \cdot \theta_w^{1-n}}{S \cdot \varphi \cdot a} - Q_u \cdot \theta_w - Q_u \cdot t_c$$

dove:

- S = superficie del bacino scolante;
- φ = coefficiente di afflusso del bacino scolante;
- a,n = parametri della curva di possibilità pluviometrica per Tr=100 anni;
- t_c = tempo di corrivazione
- Q_u = portata massima scaricabile per il principio dell'invarianza idraulica;
- θ_w = durata critica del bacino di laminazione.

La durata critica per la laminazione si determina con metodo iterativo tramite la relazione:

$$n \cdot S \cdot \varphi \cdot a \cdot \theta_w^{n-1} + \frac{(1-n) \cdot t_c \cdot Q_u^2 \cdot \theta_w^{-n}}{S \cdot \varphi \cdot a} - Q_u = 0$$

Il tempo di corrivazione viene calcolato sommando il tempo di afflusso, convenzionalmente assunto pari a 5 minuti, e il tempo di rete, calcolato sul tratto più lungo con il massimo riempimento. Questa assunzione semplificativa risulta a favore di sicurezza in quanto per riempimenti maggiori la velocità risulta maggiore e di conseguenza risulta minore il tempo di percorrenza: a tempi minori corrisponde una maggiore intensità di pioggia.

In Tabella 4 sono presentati i risultati ottenuti per il dimensionamento della vasca presente nella WBS in oggetto; sono state considerate delle dimensioni in pianta pari a 20.00 m x 40.00 m. Il volume necessario per la laminazione risulta quindi pari a 1281.6 m³. Risultano quindi 30 cm di franco rispetto al massimo riempimento accettabile della vasca.

In Tabella 5 sono riportati i risultati del dimensionamento del collettore che dal pozzetto di disconnessione scarica le acque sollevate nel recapito finale.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 					
RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E I2 RI RI78A4 001	Rev. A	Foglio 13 di 21	

Tabella 4 – Dimensionamento vasca di laminazione

	Lungh. laminazione L	tempo di rete (=L/v)	tc=ta+tr	Area imp.	Largh media scarpata	Area scarp	Atotale intervento	Area totale efficace	Q invarianza	Qout bocca tarata	Qw	Wm
	[m]	[h]	[h]	[mq]	[m]	[mq]	[mq]	[mq]	[mc/s]	[mc/s]	[h]	[mc]
vasca	40	0.23	0.31	12729.6	0	0	12729.6	11456.6	0.0064	0.0064	18.90	1281.6

Tabella 5 – Dimensionamento collettore di scarico

Tratto	Area imp	Area tot	Coeff. Afflusso	Diametro	Diametro Interno	Pendenza	Lunghezza	Ks	T ingresso	V pieno riemp.	T traslaz. singolo ramo	Max T traslaz.	T corrivaz.	Qcritica	Qmax riempi.	h	h/D	Angolo riemp.	Area bagnata	v
	[m ²]	[m ²]		[m]		[m/m]	[m]	(m ^{1/3} /s)	[min]	[m/s]	[min]	[min]	[min]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m]		[grad]	[m ²]	[m/s]
scarico nel recapito finale	12729.60	12729.60	1.00	200	0.19	0.01	10.00	91	5.00	1.18	0.14	0.14	5.14	0.01	0.03	0.06	0.30	132.29	0.01	0.92

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 				
<p>RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica Documento E I2 RI RI78A4 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 14 di 21</p>

7 IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO

La WBS RI78A in oggetto prevede la realizzazione di un impianto di sollevamento a servizio della vasca di laminazione, delle opere di aspirazione e mandata ad esso connesse, e del fabbricato per l'alloggiamento dei quadri elettrici.

Il locale pompe è collocato all'interno della vasca di laminazione sotto il parcheggio NV03 e presenta dimensioni in pianta di 2.50x2.50 m; il fondo risulta ribassato di 0.80 m rispetto al fondo della vasca di laminazione per garantire la sommersione della condotta di aspirazione.

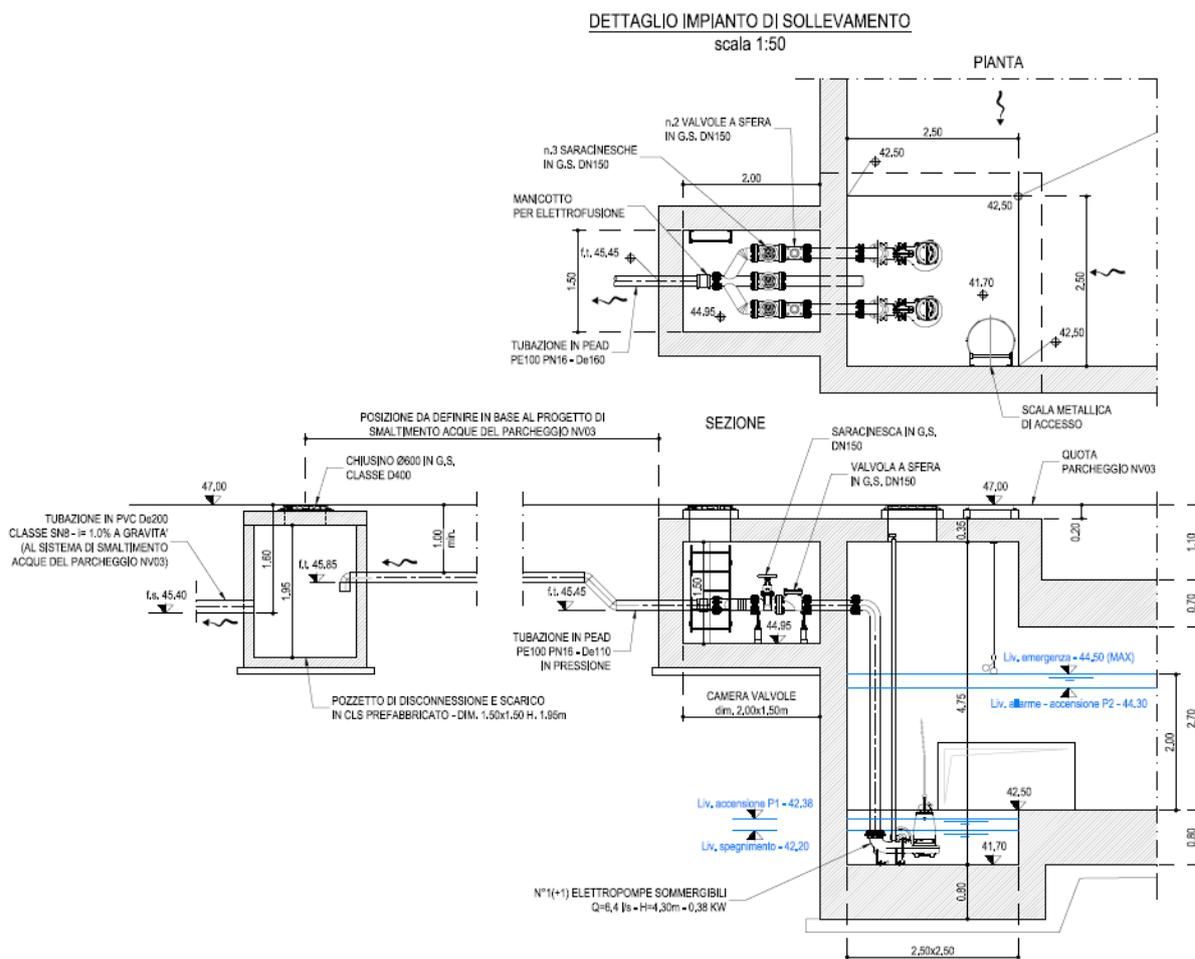


Figura 6 - Pianta e sezione dell'impianto di sollevamento annesso alla vasca di laminazione

La portata in uscita dalla vasca e sollevata dalle pompe è stata definita per rispettare il limite di 5 l/s per ettaro imposto dalla normativa vigente (DGRV 2948/2009) e dal Consorzio di Bonifica Alta Pianura Veneta (ApV) Ente Gestore del reticolo idrico interferito nell'area di interesse.

All'interno del pozzetto di pompaggio sono alloggiati 1 (+1 di riserva) pompe ognuna delle quali con le caratteristiche riportate nella seguente tabella.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E I2 RI RI78A4 001	Rev. A	Foglio 15 di 21

Tabella 6 – Caratteristiche macchine idrauliche

Q [l/s]	6.40
Prevalenza [m]	4.30
Potenza assorbita [kW]	0.38

Il volume di emergenza, legato allo stop di due ore delle pompe, viene gestito nella vasca di laminazione.

Le tubazioni di mandata delle 1+1 pompe convergono in un pozzetto valvole di dimensioni 2.00x1.50x1.50 m da cui ha origine la tubazione di mandata in PEAD PE100 De110 PN16 di lunghezza pari a circa 10 m verso il recapito.

Il recapito è rappresentato dal sistema di smaltimento del parcheggio NV03 e quindi dalla rete fognaria esistente. Il collettore di mandata in pressione si interrompe in corrispondenza di un pozzetto di disconnessione di dimensioni 1.50x1.50 m e altezza 1.95 m a partire dal quale avviene lo scarico a gravità nel recapito tramite un tratto di collettore in PVC SN8 De200.

Il fabbricato consiste in un edificio in calcestruzzo armato gettato in opera con ingombro in pianta di circa 7,40m x5,20m, e altezza complessiva circa 4m. Le fondazioni dell'edificio sono costituite da travi rovesce con funzione di collegamento tra le fondazioni e di alloggiamento per il pannello esterno. Lo schema statico dell'edificio è costituito da travi e pilastri, che sostengono la copertura in predalles.

7.1 VERIFICHE IDRAULICHE

7.1.1 Portata in ingresso

La portata in ingresso all'impianto di sollevamento è la portata di invarianza pari a 6.40 l/s. Tale portata rispetta il limite di 5 l/s per ettaro imposto dalla normativa vigente (DGRV 2948/2009) e dal Consorzio di Bonifica Alta Pianura Veneta (ApV) Ente Gestore del reticolo idrico interferito nell'area di interesse.

7.1.2 Volume stop due ore

È inoltre necessario valutare l'ipotesi di stop pompe di 2 ore. Infatti, in caso di guasto elettrico o incapacità di alimentazione dell'impianto, tale intervallo temporale permette di effettuare la predisposizione degli opportuni segnali di pericolo, l'evacuazione del sottopasso e il ripristino delle attività di sollevamento.

Il massimo volume da invasare nell'ipotesi di stop pompe di due ore risulta:

$$V_i = \varphi S a 2^n$$

Considerando i dati di progetto, il volume di accumulo meteorico dovuto ad uno stop pompe di due ore risulta essere pari a 979.6 m³, inferiore al volume richiesto per la laminazione delle portate determinato in precedenza

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E I2 RI RI78A4 001	Rev. A	Foglio 16 di 21

con il metodo Alfonsi-Orsi. La vasca risulta quindi in grado di contenere il volume idrico per uno stop pompe di 2 ore.

7.1.3 Vasca di aspirazione

Le dimensioni e la conformazione della camera di aspirazione di un impianto di sollevamento devono essere tali da:

- limitare il numero di avviamenti ed arresti dei motori entro valori compatibili con il funzionamento degli stessi;
- evitare la formazione di turbolenze che possano causare ingresso d'aria nella pompa;
- consentire il compenso e la modulazione delle portate da avviare al ricettore.

Normalmente, il numero di avviamenti orari non deve eccedere i limiti indicati nella tabella successiva, anche se tale indicazione è comunque fornita nello specifico dal costruttore della macchina.

POTENZA DEL MOTORE	NUMERO DI AVVIAMENTI ORARI	
	INSTALLAZIONE A SECCO	INSTALLAZIONE SOMMERSA
fino a 7,5 kW	15	30
fino a 30 kW	12	24
oltre 30 kW	10	20

Figura 7 – Numero massimo di avviamenti orari da non superare per le pompe con installazione, rispettivamente, a secco e sommersa

Le dimensioni della vasca devono quindi soddisfare il miglior compromesso fra le suddette esigenze, cui si aggiunge normalmente la necessità di modulare le portate avviate al ricettore in base all'andamento delle portate in arrivo alla stazione di pompaggio.

Stabilita la massima portata che affluisce alla vasca di raccolta, bisogna definire quante pompe sia opportuno utilizzare per sollevare la portata stessa. A parità di portata sollevata, fra due possibili impianti, quello con il maggior numero di pompe risulta generalmente più costoso, col vantaggio, però, di avere una mandata più regolare e di poter corrispondere al fabbisogno in maniera più puntuale. Gli impianti devono inoltre essere provvisti di almeno una pompa di riserva con caratteristiche pari alla pompa che solleva la maggiore portata.

Nel caso di impianti dotati di una sola pompa il volume utile V (m^3) della vasca di aspirazione è dato dall'espressione:

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E I2 RI RI78A4 001	Rev. A	Foglio 17 di 21

$$V = \frac{Q_p}{4z}$$

Essendo Q_p (m^3/h) la portata media sollevata dalla pompa e z il numero massimo di avviamenti orari accettabili per il motore.

Assumendo un numero di avviamenti orari pari a 5 si ottiene un volume di aspirazione pari a $1.15 m^3$, dal quale, tenendo anche conto delle dimensioni in pianta del vano pompe pari a $2.50 \times 2.50 m$ vengono definiti i livelli di attacco e stacco delle pompe:

- Livello di attacco: 42.38 m s.l.m.
- Livello di stacco: 42.20 m s.l.m.

7.1.4 *Macchine idrauliche*

L'impianto di sollevamento di progetto è costituito da due macchine idrauliche sommergibili ciascuna in grado di sollevare una portata pari a 6.4 l/s.

Delle due macchine, una risulta essere attiva, mentre l'altra ha funzione di emergenza e riserva in caso di mal funzionamento della macchina in funzione. Una volta definita la portata da sollevare, per il dimensionamento delle pompe occorre conoscere la prevalenza da superare.

La prevalenza ΔH è definita dalla somma di due termini:

$$\Delta H = \Delta H_{geo} + \Delta H_f$$

Dove ΔH_{geo} è il dislivello compreso tra la quota minima cui si trova l'acqua da sollevare (nella fattispecie la quota cui si trova il girante della pompa) e la quota massima che deve raggiungere l'acqua e ΔH_f sono le perdite di carico, divise in perdite di carico continue e localizzate.

Il dislivello geodetico è dato dalla geometria del problema. Le perdite di carico sono dovute al fatto che il moto in pressione di un fluido attraverso una condotta avviene con dissipazione di energia per effetto degli attriti contro le pareti della tubazione e fra le singole particelle di fluido. Riferendo l'energia dissipata ad un volume di fluido di peso unitario, si ottiene una grandezza avente le dimensioni di una lunghezza che si misura in metri e viene detta "perdita di carico".

Le perdite di carico continue, dovute a fenomeni di attrito lungo le condotte, vengono calcolate come:

$$\Delta H_{fc} = J \cdot L$$

Dove L è la lunghezza della condotta e J la cadente piezometrica.

Per il calcolo della cadente piezometrica si è fatto riferimento alla seguente formula di Williams-Hazen (valida in regime di moto assolutamente turbolento)

$$J = V^{1.85} \times (0.00457 \times D^{0.63} \times C)^{-1.85}$$

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 			
RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E I2 RI RI78A4 001	Rev. A	Foglio 18 di 21

Nella quale:

- V è la velocità della corrente in [m/s]
- D è il diametro interno della condotta in [mm]
- C è il coefficiente di scabrezza della condotta, i cui valori vengono riportati nella tabella sottostante
- J è espresso in [m/km]

Tabella 7 - Coefficienti adimensionali di attrito validi per l'applicazione della formula di Williams-Hazen.

DN	ACCIAIO		PVC	PEAD	GHISA CENTR.		CEM. AM. 10 ANNI	VETRO- RESINA
	NUOVO	10 ANNI			RIVESTITA	10 ANNI		
80	126	115	152	145	100	100	-	140
100 ÷ 125	128 ÷ 131	115	152	145	100	105	123	140
150 ÷ 300	133 ÷ 134	120	152 ÷ 154	150	130	110	123	140
350 ÷ 700	136 ÷ 140	125	154 ÷ 156	150	140	120	125	140
800 ÷ 1000	140 ÷ 145	130	-	155	140	125	125	140
1100 ÷ 2000	140 ÷ 155	135	-	-	140	130	125	140

Le perdite localizzate si possono invece esprimere con la seguente relazione:

$$\Delta H_{fL} = k \cdot \frac{V^2}{2g}$$

dove:

K è il coefficiente numerico di perdita di carico (ricavato dalla Tabella 8) e v è velocità nella condotta.

Tabella 8 - Perdite di carico localizzate: valori del coefficiente K

<i>Installazione</i>	<i>Coefficiente K</i>
Gomito a 90°	0.75
Giunto a T	2.00
Valvola a saracinesca	0.25
Valvola di controllo	0.30

In base alla relazione precedente, la prevalenza che una pompa deve fornire ad un impianto è una funzione della portata che vi deve transitare. Tale funzione rappresentata su un piano cartesiano di ascisse Q e ordinate H è detta curva caratteristica dell'impianto e, fissati i materiali e la geometria dello stesso impianto, assume andamento crescente al crescere della portata Q.

La curva caratteristica di una pompa (o di più pompe funzionanti in parallelo o in serie) rappresenta invece, sullo stesso piano di ascisse Q e ordinate H, la prevalenza che la pompa è in grado di fornire al fluido in funzione della portata sollevata, ed ha andamento decrescente al crescere di Q.

Tale curva è calcolata e fornita dal costruttore della macchina idraulica.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E I2 RI RI78A4 001	Rev. A	Foglio 19 di 21

Se le due curve caratteristiche vengono rappresentate sul medesimo piano, il punto di intersezione fra esse fornisce la portata e la prevalenza di funzionamento della pompa, detto punto di lavoro.

Tale punto è l'unico compatibile contemporaneamente con le caratteristiche dell'impianto e con le prestazioni della pompa, sebbene non sia detto che tale punto consenta il funzionamento efficiente della macchina.

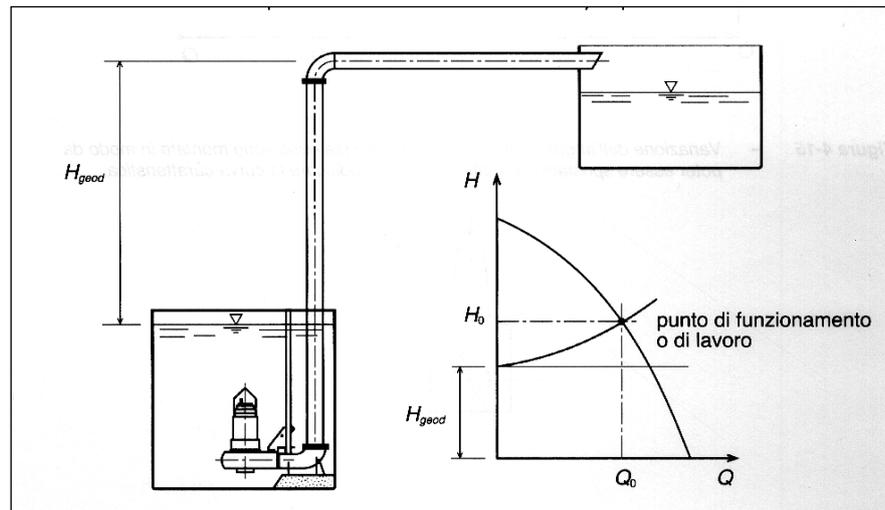


Figura 8 - Punto di lavoro: intersezione tra curva caratteristica dell'impianto e curva caratteristica della pompa

L'efficienza di funzionamento della macchina si misura infatti in base al suo rendimento complessivo al punto di lavoro, misurato come rapporto tra la potenza ceduta al fluido dalla pompa e la potenza assorbita dalla pompa stessa, espresse in kW:

$$\eta_{tot} = \frac{W_{ceduta}}{W_{assorbita}}$$

Minore rendimento significa maggiori consumi e dunque un costo di esercizio dell'impianto superiore.

Anche le curve di rendimento in funzione del punto di lavoro sono calcolate e fornite dal costruttore della macchina idraulica.

La potenza da fornire alla pompa è data dalla seguente relazione

$$P = \rho Q g H / \eta$$

Assumendo un rendimento pari a 0.7, si ottiene la seguente potenza assorbita 0.38 Kwh

7.1.5 Dimensionamento idraulico impianto di sollevamento

L'impianto di sollevamento prescelto è costituito da due elettropompe sommerse alloggiato in un apposito manufatto ed asservite ai livelli della vasca di aspirazione, di cui una in servizio e una di riserva; ogni pompa ha una portata nominale pari a 6.40 l/s. La tubazione di mandata è prevista in PEAD PE100 De110, la velocità raggiunta nella condotta di mandata è pari a 0.67 m/s.

L'allontanamento delle acque pompate avviene mediante la condotta di mandata di lunghezza pari a circa 10 m che convoglia la portata al pozzetto di disconnessione realizzato in adiacenza al recapito finale. Da tale

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E I2 RI RI78A4 001	Rev. A	Foglio 20 di 21

pozzetto avviene poi tramite una condotta in PVC De200 lo scarico a gravità nel recapito costituito dal sistema di smaltimento del parcheggio NV03.

Ogni condotta di mandata è attrezzata con una valvola di non ritorno.

La prevalenza manometrica dell'impianto di sollevamento ΔH è pari a:

$$\Delta H = \Delta H_{\text{geo}} + \Delta H_f = 4.30 \text{ m}$$

ΔH_{geo} = dislivello geodetico 4.20 m (differenza di quota tra l'asse della tubazione alla restituzione e il minimo livello nella vasca di aspirazione).

ΔH_f = perdite ripartite nel tubo di mandata e in stazione

Tabella 9 - Perdite di carico continue e localizzate

PERDITE DISTRIBUITE H-W		
C	150.00	
J	4.00	m/km
Δh_{fC}	0.04	m

PERDITE CONCENTRATE			
	a	#	$av^2/2g$
curve 90°	0.75	2	0.034
curve 150°	0.28	2	0.013
clapet	1.2	1	0.027
aspirazione	0.15	1	0.003
sbocco	0.6	1	0.014
		Δh_{fi}	0.092

7.2 Dotazioni impiantistiche

È prevista l'installazione di 2 pompe (di cui una di riserva). Ciascuna macchina dovrà essere sommergibile e in grado di sollevare una portata di 6.40 l/s.

L'azionamento delle pompe sarà asservito ai livelli delle vasche: assumendo come livello zero il livello minimo di innesco per il funzionamento della pompa senza risucchio di aria si avrà:

- Livello zero 42.20 m s.l.m. – Livello di stacco
- Livello zero +18 cm – Livello di attacco pompa 1 (di servizio)
- Livello zero +2.10 m – Livello di allarme e accensione pompa 2
- Livello zero +2.30 m – Livello di emergenza

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDRAULICA SMALTIMENTO ACQUE	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E I2 RI RI78A4 001	Rev. A	Foglio 21 di 21

Poiché la condotta di mandata ha una lunghezza non trascurabile è stato verificato che le variazioni di velocità all'interno della condotta di mandata in pressione dovute agli arresti/avvii delle pompe inducano variazioni di carico ΔH_i all'interno della tubazione sopportabili. Ovvero è stata eseguita la verifica del sistema in moto vario.

Il valore massimo della sovrappressione può essere calcolato con la formula di Michaud:

$$\Delta H_i = \frac{2 \cdot v \cdot L}{g \cdot T_c}$$

essendo:

- v la velocità massima della corrente nella tubazione
- L la lunghezza della tubazione in pressione
- T_c la durata della manovra (sec)

Il carico totale massimo H_{max} che si ottiene nella tubazione è quindi pari alla somma del carico statico più il sovraccarico ΔH_i .

Considerando manovre di chiusura veloci con T_c pari a 15 sec si ottiene un valore per ΔH_i pari a circa 0.02 bar. La pressione nominale PN16 scelta per la tubazione di mandata risulta adeguata al caso in studio.

Per quanto riguarda le valutazioni rispetto all'NPSH i valori forniti dai produttori, per macchine con le caratteristiche di progetto, sono pari a poco più di 2 m. Data l'installazione sommersa delle macchine e le lunghezze trascurabili delle condotte di aspirazione la verifica può quindi dirsi soddisfatta.