



COMMISSARIO DI GOVERNO

EX LEGGE 116/2014

REGIONE TOSCANA
DIREZIONE DIFESA DEL SUOLO E PROTEZIONE CIVILE
SETTORE GENIO CIVILE VALDARNO SUPERIORE

CASSE DI ESPANSIONE DI FIGLINE LOTTO PRULLI

ACCORDO DI PROGRAMMA D.M. N. 550 DEL 25/11/2015

PROGETTO DEFINITIVO

DIRIGENTE RESPONSABILE DEL CONTRATTO

Ing. Leandro RADICCHI

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO

Ing. Enzo DI CARLO

UFFICIO DI PROGETTAZIONE

PROGETTISTI

Ing. Francesca BARZAGLI

Ing. Lorenzo BECHI

Ing. Fabio MARTELLI

Ing. Andrea NAVARRIA

Ing. Marie-Claire NTIBARIKURE

Geol. Andrea SALVADORI

Geol. Francesco VANNINI

COLLABORATORI ALLA PROGETTAZIONE

Geol. Andrea ADESSI

Geom. Roberto BIGAZZI

Geom. Vincenzo DE MARCO

Geom. Marco LIUTI

Ing. Vincenzo VERZINO

ADEMPIMENTI AMMINISTRATIVI

Dott.ssa Roberta Paola BIGIARINI

Dott.ssa Ivana D'ANGELO

Dott.ssa Maddalena Turchi

COORDINATORE PER LA SICUREZZA
IN FASE DI PROGETTAZIONE
Geom. Antonello MAZZOLIN

CODICE PROGETTO

PROGETTO FI D 1007

OGGETTO ELABORATO

RELAZIONE TECNICA

FILE PD_A_PR_02_R_R01DOC

ELAB. PD_A_PR_02_R_R01

emissione	revisione	scala	data
R00			Novembre 2018
R01	Conferenza dei Servizi		Dicembre 2018

ELABORATO

A_PR_02

Firenze - Via San Gallo, 34/A - 50129 - Tel. 055/4622711

INDICE

1	PREMESSE	5
2	LE ARGINATURE DELLA CASSA D'ESPANSIONE	7
2.1	LE AREE DI SCAVO DELLE TERRE	15
3	OPERE ACCESSORIE	17
3.1	L'OPERA DI PRESA.....	17
3.2	L'OPERA DI CONNESSIONE IDRAULICA TRA IL SETTORE SUD ED IL SETTORE NORD E LE OPERE DI STABILIZZAZIONE DEL FONDO DEL TORRENTE CHIESIMONE	21
3.3	OPERE PUNTUALI IN CEMENTO ARMATO	24
3.3.1	OPPS1 - OPERA DI SOSTEGNO INTORNO AI TRALICCI MEDIA TENSIONE PR6 E ALTA TENSIONE TR260	25
3.3.2	OPPS3 - OPERA DI SOSTEGNO INTORNO AL TRALICCIO MEDIA TENSIONE PR3	26
3.3.3	OPPS4 - ARGINE SOTTOPASSO PONTE FERROVIARIO SULL' ARNO	27
3.3.4	OPPS5/OPPS6 - CHIUSURA IDRAULICA SU RILEVATO FERROVIARIO -	28
3.3.5	OPPN1 - OPERA DI SOSTEGNO INTORNO AI TRALICCI DI ALTA TENSIONE TR241 E TR241BIS..	29
3.3.6	OPPN2 - MURO D'ARGINE SOTTO IL VIADOTTO FF.SS. 'BORRATINO'	30
3.3.7	ATTRAVERSAMENTO TORRENTE CHIESIMONE E OPPN3 (MURI DI SPONDA LUNGO IL TORRENTE CHIESIMONE)	31
3.3.8	OPSX1-OPSX2 MURO DI SPONDA SINISTRA LUNGO IL TORRENTE PONTEROSSO	36
3.3.9	OPSX3- MURO DI SPONDA SINISTRA LUNGO IL TORRENTE GAGLIANELLA	38
3.3.10	OPSX4 - CHIUSURA IDRAULICA SULLA SPALLA SINISTRA DEL PONTE FF.SS. BRETTELLA LENTA-DIRETTISSIMA.....	39
3.3.11	OPSX5 - MURO D' ARGINE ZONA SOTTOPASSO VIA GARIBALDI.....	40
3.3.12	OPSX6 - INTERVENTI SUL TORRENTE MORIANO.....	40
3.3.13	OPSX7 - CHIUSURA IDRAULICA SU SPALLA DEL PONTE FF.SS. A INCISA.....	43
3.3.14	OPSX8 - MURO D' ARGINE ZONA CAMPI SPORTIVI.....	44
3.4	OPERE DI RESTITUZIONE.....	45
3.5	OPERE DI PRESIDIO.....	48
4	IMPIANTO IDROVORO.....	50
5	OPERE ELETTROMECCANICHE.....	56

1 PREMESSE

La presente relazione tecnica, con riferimento ai contenuti dell'art. 26 del D.P.R. 207/2010, tratta gli aspetti geologici, idrologici ed idraulici, strutturali, geotecnici, archeologici, architettonici, impiantistici, inerenti la sicurezza, relativi alla gestione delle materie, sulle interferenze del progetto definitivo. In particolare nella presente relazione vengono affrontati gli aspetti residuali rispetto ai contenuti delle relazioni specialistiche che fanno parte del progetto definitivo. Inoltre essa contiene una descrizione tecnica della principali opere di progetto con particolare riferimento alle arginature della cassa d'espansione, alle aree dove vengono effettuati gli scavi per il reperimento delle terre necessarie alla costruzione dei rilevati ed alle opere in cemento armato che completano l'opera.

Le relazioni specialistiche facenti parte del presente progetto definitivo, a cui si rimanda per tutti gli approfondimenti del caso, sono:

- PD_C_PR_01__R_R00 RELAZIONE GEOLOGICA
- PD_C_PR_04__R_R01 RELAZIONE GEOTECNICA
- PD_D_PR_01__R_R01 RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA
- PD_E_PR_07__R_R00 RELAZIONE GENERALE OPERE STRUTTURALI IN ACCIAIO E C.A.
- PD_E_PR_XX_R_R00 TUTTE LE RELAZIONI DI CALCOLO PER LE STRUTTURA IN ACCIAIO E C.A. (20 OPERE)
- PD_I_PR_01_R_R01 RELAZIONE SULLE INTERFERENZE
- PD_L_PR_01_R_R00 RELAZIONE TECNICA DELLE OPERE ELETTROMECCANICHE
- PD_M_PR_01_R_R00 RELAZIONE PAESAGGISTICA
- PD_M_PR_27_R_R00 RELAZIONE ARCHEOLOGICA
- PD_N_PR_01_R_R00 RELAZIONE SULLA GESTIONE DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO E DELLE DEMOLIZIONI
- PD_O_PR_01_R_R00 AGGIORNAMENTO DELLE PRIME INDICAZIONI E DISPOSIZIONI PER LA STESURA DEI PIANI DI SICUREZZA
- PD_O_PR_03_R_R00 RELAZIONE SULLA CANTIERIZZAZIONE

La cassa di espansione Prulli si sviluppa nella pianura golenale destra del fiume Arno nel Comune di Reggello tra gli abitati di Matassino e Ciliegi. La superficie interna misura 134

ha, suddivisi in due moduli a sud e a nord del torrente Chiesimone che ne rimane escluso. La quota arginale di progetto pari a 125.85 m s.l.m. garantisce 70 cm di franco sui livelli calcolati della piena duecentennale, a cui corrisponde un volume d'invaso di circa 7 Mm³. Di questi circa 0.97 Mm³ derivano dall'escavazione per una profondità media di 1.5 m di una parte del fondo cassa (circa 58 ha), attualmente impiegato per attività agricola. Al fine di mantenere inalterata la produttività del terreno, sono previsti l'asportazione e il successivo ricollocamento dello strato di terreno superficiale vegetale di spessore 40 cm. Inoltre sarà ricostituito e migliorato il sistema di drenaggio di pianura che oggi presenta difficoltà di scolo in ragione della pendenza dei terreni dal fiume verso la collina.

Sulla base delle indagini ed analisi geotecniche ed ambientali, il terreno scavato, prevalentemente costituito da limi sabbiosi e sabbie limose, è stato ritenuto idoneo per la costruzione delle strutture arginali.

Al fine di valorizzare la funzione idraulica delle aree golenali per la laminazione delle piene, alcune di queste in sinistra idraulica saranno abbassate tramite l'escavazione di circa 75'000 mc di terreno da riutilizzare per la costruzione delle arginature.

Le principali opere che costituiscono la cassa di espansione e le sue opere accessorie sono le arginature (in terra o in calcestruzzo armato), l'opera di presa, le opere di scarico, gli sfiori di sicurezza, l'opera di connessione tra i due moduli della cassa, le opere di presidio in corrispondenza dell'immissione del reticolo secondario che vengono di seguito descritte. Occorre evidenziare la presenza di un numero cospicuo di opere in cemento armato che in taluni casi assumono la funzione di veri e propri muri d'argine laddove non è possibile realizzare un rilevato in terra, ed in altri si rendono necessarie a causa dell'interferenza con infrastrutture non delocalizzabili.

2 LE ARGINATURE DELLA CASSA D'ESPANSIONE

Le attuali arginature, di origine leopoldina, presentano caratteristiche non idonee a garantire la tenuta idraulica e la stabilità se cimentate da severi eventi di piena. Pertanto saranno demolite prima della loro ricostruzione con le terre provenienti dagli scavi del fondo cassa e delle aree golenali, previa miscelazione con le terre di risulta delle stesse demolizioni arginali. Il volume complessivo degli argini in terra ammonta a 1.31 Mm³.

I rilevati arginali sono stati progettati seguendo i seguenti criteri generali, su cui è stata tarata la modellazione geotecnica in parametri caratteristici e le relative analisi geotecniche:

- La pendenza dei paramenti arginali lato campagna è 2v:3o (34°) mentre quelli lato cassa o lato fiume direttamente interessate dagli eventi di piena hanno pendenza 1v:2o (27°). la sommità arginale è di 4 m, percorribili con mezzi meccanici. Gli argini della cassa sul Torrente Chiesimone, compresi tra il primo ed il secondo settore della cassa di espansione hanno una sommità arginale di 5 m.
- La struttura del rilevato arginale è a banca unica fino all'altezza di 5,5 m, superata la quale diviene a doppia banca con banca intermedia dell'altezza minima di 1,5 m.

Per quanto riguarda le caratteristiche geotecniche dei terreni per la costruzione dei rilevati, facendo seguito alle *Linee guida per la progettazione delle casse di laminazione* a cura dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno, sono indicati quali materiali ottimali per la realizzazione delle arginature i seguenti terreni (rif. classificazione AASTHO):

- tipo A-6 con contenuto in sabbia non inferiore al 15%;
- tipo A-4 con contenuto in sabbia non superiore al 50%.
- coefficiente di permeabilità $K \leq 10^{-7}$ m/s
- terreni poco suscettibili a fenomeni di rigonfiamento o ritiro

Sui terreni interni alla cassa destinati alla realizzazione dei rilevati arginali sono stati prelevati 13 campioni rimaneggiati prelevati dai saggi con escavatore meccanico alla profondità di interesse degli scavi, 6 campioni indisturbati con campionatore Shelby durante la perforazione dei sondaggi e 6 campioni rimaneggiati prelevati dalle cassette catalogatrici nei punti in cui sono state eseguite le prove Lefranc.

Di seguito si riportano per questi campioni i principali parametri geotecnici ai fini del reimpiego come argini:

campione	Prof. m	ghiaia %	sabbia %	limo %	argilla %	IP %	CNRUNI	γ_{dopt} KN/m ³	W _{opt} %	K m/s
Sg21	0,5-3	0	2,8	64,7	32,5	16	A6-CL	16	18,4	10 ⁻⁹
Sg22	0,5-3	0	65,1	23,9	11		A2-4	17,6	14,4	
Sg23	0,5-3	0	53	33,7	13,3		A4	17,1	15,3	10 ⁻⁸
Sg24	0,5-3	0	17,6	65,1	17,3	7,3	A4-ML	17,6	14,4	
Sg25	0,5-3	0	40,9	38,9	20,2	8,3	A4-ML	18,3	12,8	10 ⁻⁸
Sg26	0,5-3	0	40,8	39,3	19,9	10	A4-ML	17,8	14,4	
Sg27	0,5-3	0	49,5	38	12,5		A4	16,9	13,4	
Sg28	0,5-3	0	32,6	47,3	20,1	15,4	A6-CL	18,1	13,4	10 ⁻⁸
Sg29	0,5-3	0	15	67,9	17,1	12,7	A6-ML	17,6	12,5	10 ⁻⁸
Sg30	0,5-3	0	59,9	29,9	10,6		A4	17,5	13,6	
Sg31	0,5-3	0	54,5	27,4	18,2		A4	17,5	14,7	
Sg32	0,5-3	0	37,5	44,5	18	12	A6-CL	17,65	15,1	10 ⁻⁸
Sg33	0,5-3	0	45,7	42,7	11,6		A4	16,7	13	
27-CI1	1,5-2	0,1	9,5	75,6	14,8	12	A6-ML			10 ⁻⁸
29-CI1	1,5-2	0	78	21,5	0,5		A2-4			10 ⁻⁷
36-CI1	1,5-2	0	56	34,2	9,8		A4			10 ⁻⁷
38-CI1	1,5-2	0,5	26	52,1	21,4	20	A4-ML			10 ⁻⁸
42-CI1	1,7-2,2	0	40,7	55	4,3	3	A4-ML			10 ⁻⁷
34-CR1	1-2	19,6	28,4	19,3	2,7					
35-CR1	1,5-2,5	0,5	62,9	34,3	2,3					
36-CR1	1-1,5	0,1	19,5	61,2	19,2					
38-CR1	1-1,5	0,1	15,2	80,3	4,4	11	A6-CL			
46-CR1	1-2	1,5	42,2	36,8	19,5					
49-CR1	1-2	1,3	41							

Tabella 1 – Ripartizione dei vari fusi granulometrici e parametri geotecnici principali ai fini del reimpiego

1. Il fuso granulometrico più rappresentato sono i limi, seguito da sabbie e in maniera minore da argille; la ghiaia nel primo livello, alla profondità di investigazione per la realizzazione degli argini è pressoché assente;
2. I terreni sono prevalentemente di tipo A4 e subordinatamente di tipo A6, secondo la classificazione AASHTO, poco plastici e permeabilità $K \leq 10^{-7}$ m/s.

Le analisi granulometriche e geotecniche effettuate sui terreni oggetto di scavo rilevano l'idoneità degli stessi alla realizzazione dei rilevati arginali, con caratteristiche quasi ottimali dopo costipamento all'Optimum Proctor.

Per la posa in opera dei terreni saranno effettuate le seguenti operazioni:

- **preparazione del piano di posa:**

Nelle aree di impronta dei nuovi argini di progetto sono previste le seguenti operazioni per la preparazione del terreno di fondazione:

- scotico del terreno vegetale (40 cm) e accantonamento dello stesso all'interno dell'area di cantiere;

- addensamento dei terreni presenti sul piano di posa mediante passaggi con rullo statico; prima della posa in opera del primo strato di terreno sarà valutata la necessità di ravvivare il terreno in superficie mediante erpice per migliorare il collegamento tra gli strati.

- **Modalità di posa in opera del terreno:**

In generale, prima della messa in opera del terreno accantonato in cantiere si dovrà verificare il suo stato di umidità, provvedendo all'umidificazione/essiccazione qualora risulti tropposecco/umido rispetto al contenuto di acqua optimum di progetto.

Dalla consultazione delle fonti bibliografiche risulta che i migliori mezzi per il costipamento dei terreni fini sono i rulli statici, risultando i **rulli gommati** ed, in subordine, i rulli a zampe (o a punte) i più indicati.

Il terreno sarà messo in opera per strati il cui spessore finito non sia superiore a 20-25 cm; si dovrà garantire il collegamento tra uno strato e l'altro mediante erpicatura o altri procedimenti di pari efficacia.

- **Modalità di verifica in corso d'opera:**

La verifica del rispetto delle prescrizioni di costipamento in corso d'opera sarà effettuata mediante la misura della densità secca in sito; la procedura consiste nel prelevare un campione di terreno costipato, nella misura del volume del relativo scavo mediante (ad esempio) il volumometro a sabbia e nella determinazione della massa e del contenuto d'acqua del campione. Sullo stesso campione prelevato (o su un adiacente campione di

terreno) saranno determinati in laboratorio la densità secca maximum ed il contenuto d'acqua optimum mediante prova Proctor standard.

La densità secca determinata in sito dovrà risultare maggiore o uguale al 95% della densità secca determinata in laboratorio mediante prova Proctor standard.

Con riferimento all'elaborato "PD_E_PR_05__T_R00 SEZIONI TIPOLOGICHE" si possono distinguere 5 tipologie di sezione in funzione della geometria del rilevato arginale:

- SEZIONE TIPO A1: Rilevato arginale di altezza superiore a 5,50 m a sezione trapezia composta munita di banca intermedia sia lato fiume che lato campagna. Le caratteristiche geometriche di questa sezione sono: altezza del trapezio superiore 4 m; pendenza delle scarpate è 2:3 lato campagna e 1:2 lato fiume/cassa; larghezza della sommità arginale è pari a 4 m; larghezza delle banche intermedie 3,50 m
- SEZIONE TIPO A2: Rilevato arginale di altezza superiore a 5,50 m a sezione trapezia composta munita di banca intermedia sia lato fiume che lato campagna. Le caratteristiche geometriche di questa sezione sono: altezza del trapezio superiore 4 m; pendenza delle scarpate è 1:2 entrambi i lati; larghezza della sommità arginale 4 m e 5 m per il torrente Chiesimone; larghezza delle banche intermedie 3,50 m
- SEZIONE TIPO B1: Rilevato arginale a sezione trapezia semplice di altezza inferiore a 5,50 m e con larghezza della sommità pari a 4 m. Le caratteristiche geometriche di questa sezione sono: altezza del trapezio variabile in funzione del dislivello tra quota di massimo invasore e quota del piano di campagna; pendenza delle scarpate 2:3 lato campagna e 1:2 lato fiume/cassa; larghezza della sommità arginale 4 m e 5 m per il torrente Chiesimone
- SEZIONE TIPO B2: Rilevato arginale a sezione trapezia semplice di altezza inferiore a 5,50 m e con larghezza della sommità pari a 4 m. Le caratteristiche geometriche di questa sezione sono: altezza del trapezio variabile in funzione del dislivello tra quota di massimo invasore e quota del piano di campagna; pendenza delle scarpate è 1:2 entrambi i lati; larghezza della sommità arginale 4 m e 5 m per il torrente Chiesimone
- SEZIONE TIPO B3: Rilevato arginale a sezione trapezia semplice di altezza inferiore a 5,50 m e con larghezza della sommità pari a 4 m. Le caratteristiche geometriche di questa sezione sono: altezza del trapezio variabile in funzione del dislivello tra quota di massimo invasore e quota del piano di campagna; pendenza delle scarpate 2:3 entrambi i lati; larghezza della sommità arginale è pari a 4 m

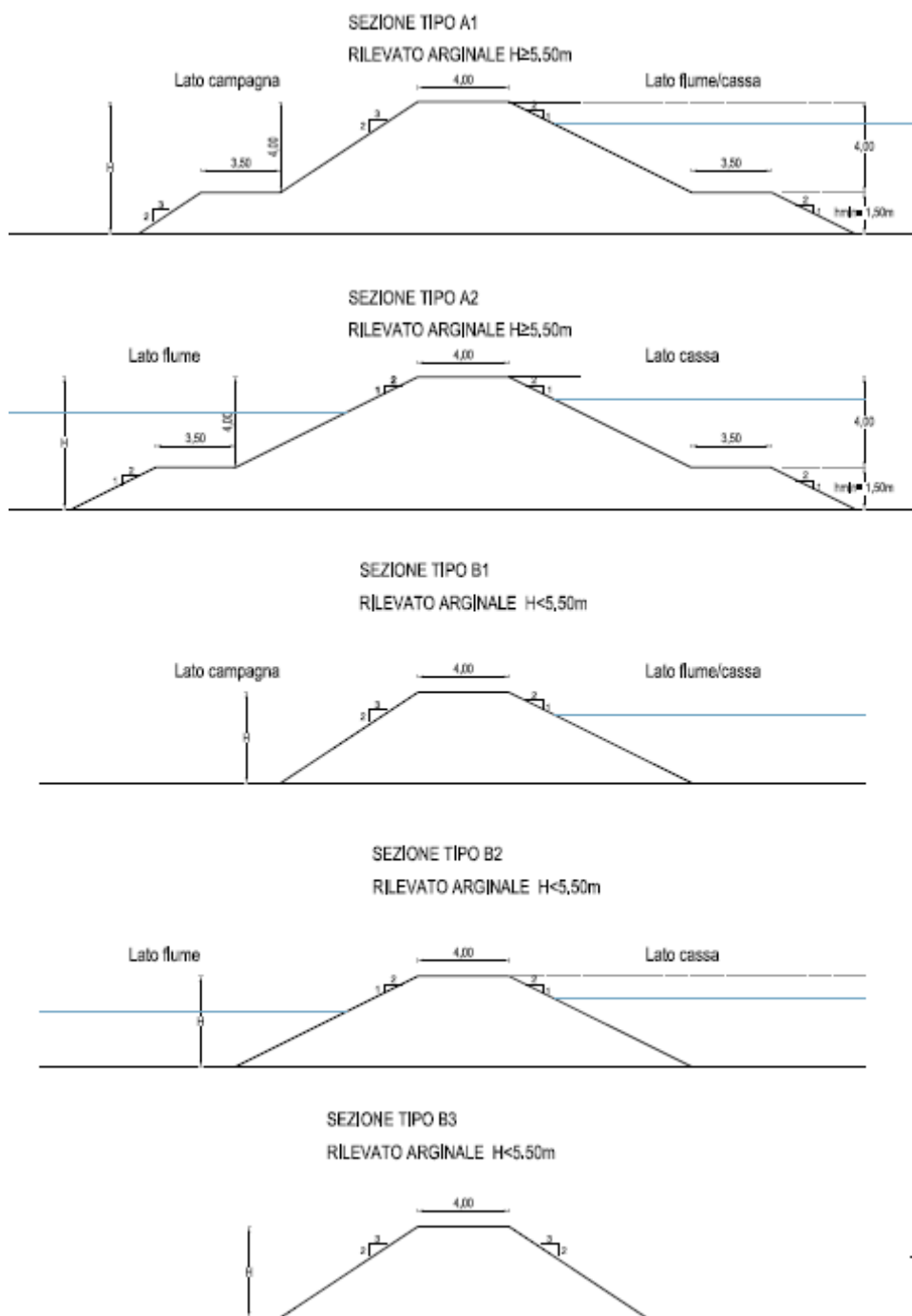


Figura 1: Sezioni tipologiche

Si evidenzia che il dimensionamento dei rilevati arginali per quanto concerne le verifiche di stabilità è stato effettuato in 2 modalità:

- laddove la distanza maggiore tra il piede del rilevato al ciglio di sponda è superiore a 15 m si è optato per la verifica della sola struttura arginale

- laddove la distanza maggiore tra il piede del rilevato al ciglio di sponda è inferiore a 15 m si è effettuata sia la verifica della struttura arginale, sia la verifica del sistema sponda - struttura arginale

Ciò premesso è necessario precisare che per quanto concerne la tipologia B3, in particolare nel tratto di arginatura in sponda sinistra del fiume Arno, caratterizzato da un'esigua distanza tra l'infrastruttura ferroviaria ed il ciglio di sponda, il progetto prevede interventi di sistemazione spondale atti a consolidare fenomeni erosivi in atto, che potrebbero interessare il rilevato arginale di progetto. Nell'altro tratto di arginature dove è prevista la tipologia B3, ossia sul borro Gaglianella, il progetto considera il rialzamento degli argini esistenti per mezzo della realizzazione di ringrosso delle arginature esistenti: per quello destro a campagna, per quello sinistro in golena. Il tratto interessato va dal ponte della S.P. 56 fino alla confluenza. Anche in questo caso la geometria è vincolata ai modesti spazi disponibili ed inoltre si ritiene necessario approfondire la campagna di indagini geognostiche al fine di valutare se la scelta del ringrosso sia quella corretta.

Sempre con riferimento alla tavola "PP_E_PR_05__T_R00 SEZIONI TIPOLOGICHE" si evidenzia che:

- In sommità arginale e sulle banche intermedie si prevede di realizzare una pista di servizio per la manutenzione di larghezza pari a 3 m in massicciata stradale di spessore 20 cm, ad eccezione delle arginature sul torrente Chiesimone dove la larghezza prevista per la pista è di 4m
- Tutta la struttura arginale, ad eccezione delle suddette piste di servizio, sarà inerbita con idrosemina
- Nella fascia di rispetto al piede del rilevato arginale, in alcuni casi solamente da un lato ed in altri da entrambi i lati è stata prevista la realizzazione di una pista di servizio per la manutenzione di larghezza pari a 3 m in massicciata stradale di spessore 20 cm
- Laddove l'arginatura è adiacente ad un'area di scavo la distanza minima dal piede dell'argine al ciglio dell'area di scavo è di 10 metri
- Quando l'arginatura di progetto coincide con un rilevato arginale esistente si opererà demolendo completamente quest'ultimo e realizzando il nuovo rilevato arginale comprensivo della fondazione

Di seguito si riporta un elenco dei tratti di arginatura con l'individuazione della geometria del rilevato rispetto alle 6 tipologie sopra descritte:

- TRATTO PS1.A arginatura lato fiume del settore sud della cassa di espansione che va dall'opera di presa fino alla ferrovia. Lunghezza approssimativa 980 m. Nel tratto PS1.A sono presenti sia la sezione di tipo A2, sia la sezione di tipo B2.
- TRATTO PS1.C arginatura lato campagna del settore sud della cassa di espansione che va dall'opera di presa fino alla ferrovia. Lunghezza approssimativa 890 m. Nel tratto PS1.C sono presenti sia la sezione di tipo A1, sia la sezione di tipo B1.
- TRATTO PS2.A arginatura lato fiume del settore sud della cassa di espansione che va dalla ferrovia al torrente Chiesimone. Lunghezza approssimativa 880 m. Il tratto PS2.A ha geometria di tipo B2 (in parte con l'aggiunta del nucleo in argilla per ridurre i moti di filtrazione).
- TRATTO PS2.C arginatura lato campagna del settore sud della cassa di espansione che va dalla ferrovia al torrente Chiesimone. Lunghezza approssimativa 890 m. Nel tratto PS2.C sono presenti sia la sezione di tipo A1, sia la sezione di tipo B1.
- TRATTO PS2.CH arginatura sponda sinistra del torrente Chiesimone che va dalla ferrovia all'opera di connessione. Lunghezza approssimativa 500 m. Il tratto PS2.A ha geometria di tipo B2, con l'aggiunta del nucleo in argilla per ridurre i moti di filtrazione.
- TRATTO PN1.CH arginatura sponda destra del torrente Chiesimone che va dalla ferrovia all'opera di connessione. Lunghezza approssimativa 760 m. Nel tratto PN1.CH sono presenti sia la sezione di tipo A2, sia la sezione di tipo B1, sia la sezione di tipo B2, con l'aggiunta del nucleo in argilla per ridurre i moti di filtrazione.
- TRATTO PN1.A arginatura lato fiume del settore nord della cassa di espansione che va dal torrente Chiesimone, si sviluppa lungo il fiume Arno fino a raggiungere la galleria della linea alta velocità posta all'estremità nord del settore. Lunghezza approssimativa 2.500 m. Nel tratto PN1.A sono presenti sia la sezione di tipo A2 (in parte con l'aggiunta del nucleo in argilla per ridurre i moti di filtrazione), sia la sezione di tipo B2.
- TRATTO PN1.C3 arginatura lato campagna del settore nord della cassa di espansione che va dalla galleria della linea alta velocità posta all'estremità nord del settore e si chiude sul versante che si trova a valle della zona artigianale di Pian

della Rugginosa. Lunghezza approssimativa 1.400 m. Nel tratto PN1.C3 sono presenti sia la sezione di tipo A1, sia la sezione di tipo B1.

- TRATTO PN1.C2 arginatura del settore nord della cassa di espansione che circonda le abitazioni di Prulli di sotto. Lunghezza approssimativa 500 m. Nel tratto PN1.C2 sono presenti sia la sezione di tipo A1, sia la sezione di tipo B1.
- TRATTO A1 arginatura in sponda sinistra del fiume Arno compresa tra il torrente Ponterosso ed il torrente Gaglianella. Lunghezza approssimativa 500 m. La quota della sommità arginale va da 125,70 m s.m.m. a 125,60 m s.m.m e la tipologia geometrica è la B1.
- TRATTO A2A arginatura in sponda sinistra del fiume Arno compresa tra il torrente Gaglianella ed il sottopasso stradale di via Garibaldi. Lunghezza approssimativa 1.500 m. La quota della sommità arginale va da 125,60 m s.m.m. a 124,60 m s.m.m. e la tipologia è in parte B1 ed in parte B3.
- TRATTO A2B arginatura in sponda sinistra del fiume Arno compresa tra il sottopasso stradale di via Garibaldi ed il torrente Moriano. Lunghezza approssimativa 730 m. La quota della sommità arginale va da 124,60 m s.m.m. a 124,20 m s.m.m. e la tipologia è la B1.
- TRATTO A3 arginatura in sponda sinistra del fiume Arno compresa tra il torrente Moriano ed il ponte ferroviario di Incisa Valdarno. Lunghezza approssimativa 1.300 m. La quota della sommità arginale va da 124,20 m s.m.m. a 123,30 m s.m.m e la tipologia è la B1.
- TRATTO A4 arginatura in sponda sinistra del fiume Arno compresa tra il ponte ferroviario di Incisa Valdarno ed il ponte della strada regionale n. 67. Lunghezza approssimativa 200 m. La quota della sommità arginale va da 122,80 m s.m.m. a 122,70 m s.m.m.
- TRATTO AM arginatura in sponda destra del fiume Arno compresa tra la confluenza del torrente Resco e il settore sud della cassa di espansione. Lunghezza approssimativa 950 m. La quota della sommità arginale va da 126,45 m s.m.m. a 125,85 m s.m.m. nel punto di raccordo con l'arginatura della cassa d'espansione. La tipologia è la B1.

Infine il progetto prevede la realizzazione di ringrossi arginali in entrambe le sponde sul torrente Gaglianella (TRATTO GA) nel tratto compreso tra il ponte di via G. Di Vittorio e la rotonda della Strada Regionale n. 69. La lunghezza approssimativa dei

ringrossi è di 1050 m complessivi e la quota delle sommità arginale è 125,60 m s.m.m.. In questo caso la pista di servizio verrà realizzata in sommità del rilevato arginale, in entrambe le sponde. Questo intervento è necessario per contenere il rigurgito della piena duecentennale nell'alveo del torrente Gaglianella, condizione imposta dall'aumento del livello nel fiume Arno che è una conseguenza della nuova configurazione del fiume tra le arginature sopra descritte.

2.1 LE AREE DI SCAVO DELLE TERRE

L'idea progettuale fondamentale è quella di aumentare i volumi di laminazione della cassa d'espansione approfondendo l'attuale livello del piano di campagna. Sono definiti quindi **riparti di scavo** le aree dove è previsto l'abbassamento permanente del piano campagna. Essi sono:

LATO CASSA

- RIPARTO SPS1 interno al settore sud della cassa di espansione, posto a sud della bretella ferroviaria. Superficie approssimativa 105.000 mq
- RIPARTO SPS2 interno al settore sud della cassa di espansione, posto a nord della bretella ferroviaria. Superficie approssimativa 180.000 mq
- RIPARTO SPN1 interno al settore nord della cassa di espansione. Superficie approssimativa 231.000 mq
- RIPARTO SPN2 interno al settore nord della cassa di espansione. Superficie approssimativa 66.000 mq

LATO SPONDA SINISTRA ARNO

- RIPARTO SSX1 situato a tergo dell'arginatura compresa tra il torrente Ponterosso ed il torrente Gaglianella. Superficie approssimativa 22.000 mq
- RIPARTO SSX2 situato nell'area golenale dove attualmente è presente una pioppeta che si trova a sud del torrente Moriano. Superficie approssimativa 20.000 mq
- RIPARTO SSX3 situato nell'area golenale a valle del ponte ferroviario di Incisa Valdarno. Superficie approssimativa 59.000 mq

Per la formazione delle arginature non si avranno stoccaggi temporanei delle terre, infatti queste saranno direttamente caricate su autocarro all'atto dello scavo e trasportate nel sito di impiego, ove verranno immediatamente stese. Il terreno proveniente dallo scotico dei riparti di scavo verrà reimpiegato per ripristinare lo strato vegetale della zona di scavo adiacente non appena raggiunta la quota di scavo di progetto, senza bisogno di stoccaggi temporanei del terreno, se non quello necessario per dare avvio alle operazioni di scavo. Immaginando di suddividere ciascun riparto di scavo in n aree elementari di scavo di uguale superficie, si procederà con la successione di operazioni di seguito descritta:

- Scotico dell'area 1 e stoccaggio del terreno scavato in area adiacente
- Scavo fino alla quota di progetto della zona 1
- Scotico della zona 2 e sistemazione dello scotico nella zona 1
- Scavo fino alla quota di progetto della zona 2
- Sistemazione dello scotico proveniente dall'area 1

E così via fino allo scavo dell'area n. In questo modo solamente una piccola porzione dello scotico del riparto di scavo dovrà essere inizialmente depositato ed allo scopo possono essere usate le aree di stoccaggio previste all'uopo per lo scotico proveniente dalle aree su cui saranno realizzate le arginature.

In pratica si avrà quindi lo stoccaggio temporaneo solo del terreno proveniente dallo scotico delle aree dove verranno realizzate le arginature; lo scotico, per uno spessore di circa 20 cm, sarà temporaneamente stoccato al fine di poter ripristinare la funzionalità agricola dei suoli e per modellazioni morfologiche al termine delle operazioni di scavo, mediante riposizionamento in loco del suolo accantonato. A tale scopo sono state individuate 6 aree di stoccaggio per il tempo strettamente necessario prima del suo reimpiego per rimodellazioni morfologiche e per il ripristino di idonee baulature dei campi per lo scolo delle acque superficiali. Si prevede di realizzare 3 aree di stoccaggio in riva sinistra del fiume Arno e 3 aree in sponda destra: due nel settore sud ed una nel settore nord. Il dimensionamento della superficie è stato effettuato considerando il volume proveniente dallo scotico (rigonfiato del 30 % rispetto a quello misurato in banco) ed uno spessore massimo dei cumuli pari a 2 m. Ciascuna piazzola di stoccaggio sarà munita di opportuna segnaletica che consentirà di mantenere la rintracciabilità del materiale terrigeno in deposito temporaneo.

3 OPERE ACCESSORIE

Per le opere accessorie previste nel presente progetto i dimensionamenti strutturali sono stati eseguiti in conformità alle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 Gennaio 2008 e Circolare 617/2009 C.S.LL.PP. in base anche alle indagini geologiche e geotecniche riportate negli specifici elaborati. Le opere d'arte in progetto rientranti tra quelle di cui all'art.83 del DPR 380/2001 dovranno essere depositate presso la struttura regionale competente, per gli adempimenti di cui al citato decreto e alla LR 65/2014. Per gli aspetti di dettaglio si rimanda all'elaborato "PD_E_PR_07_R_R00 Opere strutturali in c.a. e acciaio - Relazione generale".

Di seguito si riporta una descrizione riassuntiva delle caratteristiche delle opere strutturali previste in progetto. Per ognuna di esse sono stati redatti due appositi elaborati che consistono nella relazione di calcolo e nel fascicolo dei calcoli delle strutture, ai quali si rimanda per le considerazioni di dettaglio circa la descrizione delle tipologie strutturali e degli schemi e modelli di calcolo.

3.1 L'OPERA DI PRESA

L'opera di presa è costituita da 11 luci di dimensioni 5x3.8 m, ciascuna dotata di paratoia piana per la regolazione delle portate da invasare dal fiume Arno. La soglia di ingresso delle acque, posta a 121.4 m s.l.m., costituisce il piano di chiusura delle paratoie che, in fase di esercizio, possono essere alzate fino a 125.2 m s.l.m..

Tali organi mobili sono comandati dalla casa di guardia, ubicata in testa d'argine proprio in corrispondenza dell'opera di presa, o da remoto. Ai fini della garanzia di funzionamento dell'impianto, nella casa di guardia sono ubicati anche un gruppo di continuità elettrica e un gruppo elettrogeno a gasolio.

Ai fini dell'attivazione delle procedure di evacuazione e controllo delle aree interne alla cassa prima dell'inizio dell'invaso, la stessa è dotata di:

- un impianto di segnalazione acustica con megafoni distribuiti uniformemente e tali da dare copertura sull'intera area di cassa;
- cartellonistica ubicata in corrispondenza delle rampe di accesso alla sommità arginale e all'interno della cassa con le informazioni di pericolo di allagamento, le modalità di segnalazione acustica di pericolo, le vie di esodo;
- sbarre per l'inibizione dell'accesso a veicoli non autorizzati alle aree di cassa durante le fasi di gestione della cassa.

Per garantire la continuità della percorribilità arginale, gli organi di presa sono sormontati da un passerella carrabile da cui è anche possibile provvedere con mezzi meccanici alla rimozioni di eventuale materiale che, durante la piena, sia rimasto bloccato sotto le paratoie.

Ai fini manutentori l'opera di presa è dotata di magazzino, trave pescatrice, panconature da impilare in appositi gargami ed aree esterne per garantire l'operatività dei mezzi impiegati nelle varie attività.

A valle delle paratoie una vasca rivestita con pietrame garantisce la dissipazione dell'energia cinetica contenendo l'eventuale risalto idraulico. Al fine di difendere le arginature dalle eventuali turbolenza delle correnti e prevenire l'erosione, è prevista la protezione del piede arginale nei tratti prossimi all'opera di presa, nonché della sponde e della goleni del fiume Arno.

Per quanto concerne gli aspetti strutturali l'opera è realizzata con fondazioni profonde impostate a circa $6 \div 7$ m dal p.c attuale, platea in c.a. sp. 1.50 m, setti in c.a. sp. 100 cm posti a passo 6,20 m su cui sono alloggiate le paratie metalliche a saracinesca, e soprastante impalcato in c.a. dello spessore di 50 cm. Completano l'opera i muri d'ala di contenimento del rilevato arginale.

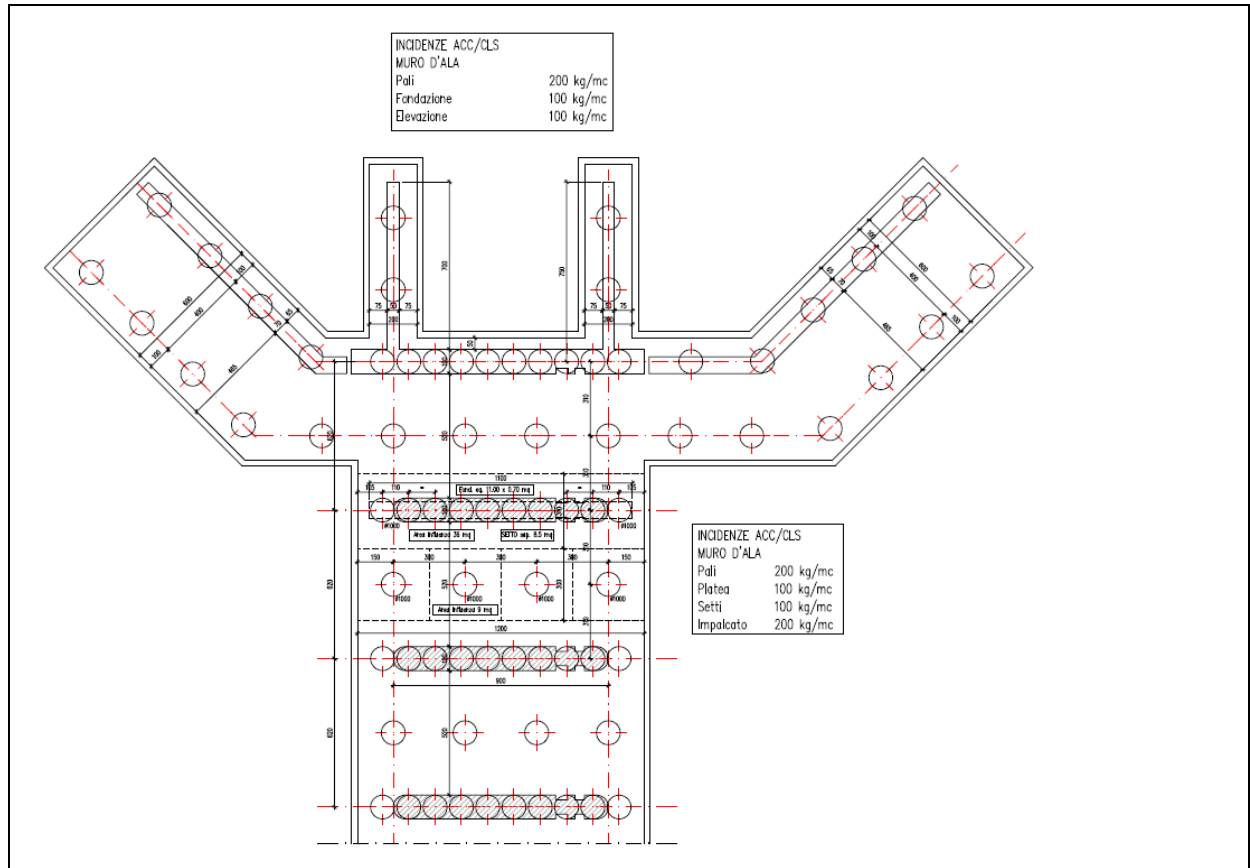


Figura 2: Stralcio planimetrico dell'Opera di Presa e del Muro d'Ala

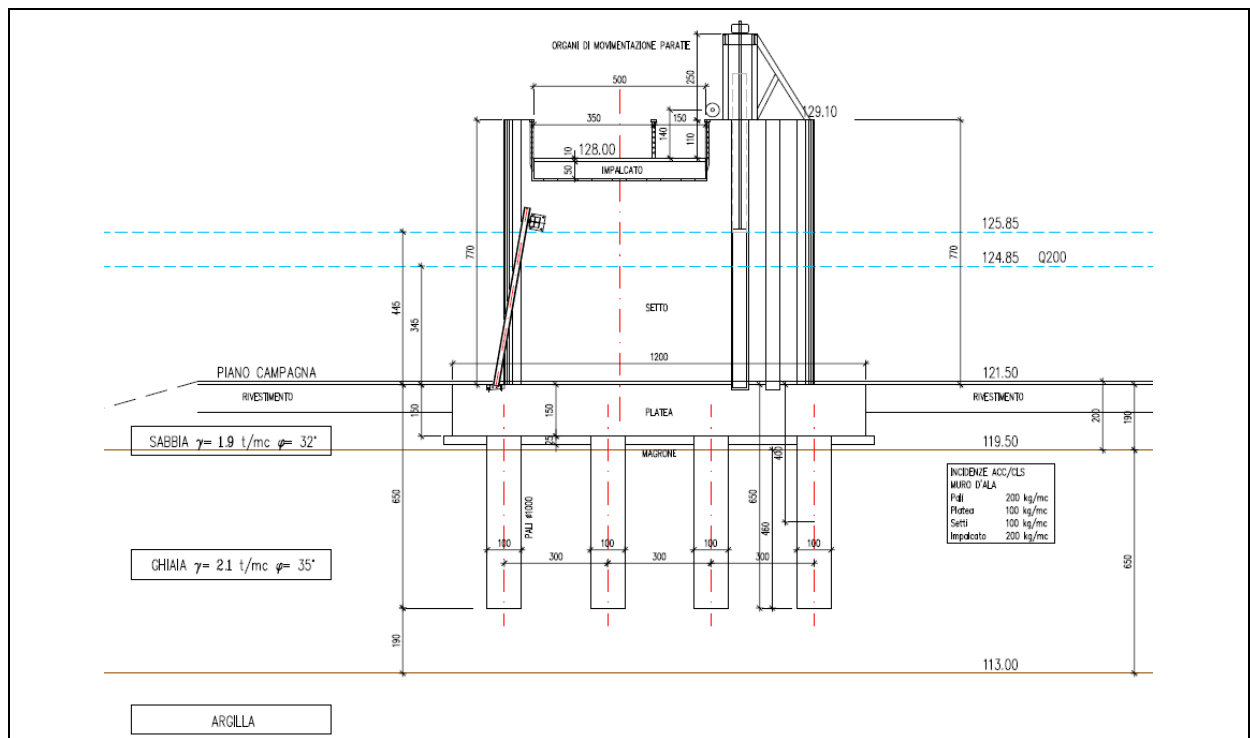


Figura 3: Sezione Opera di Presa

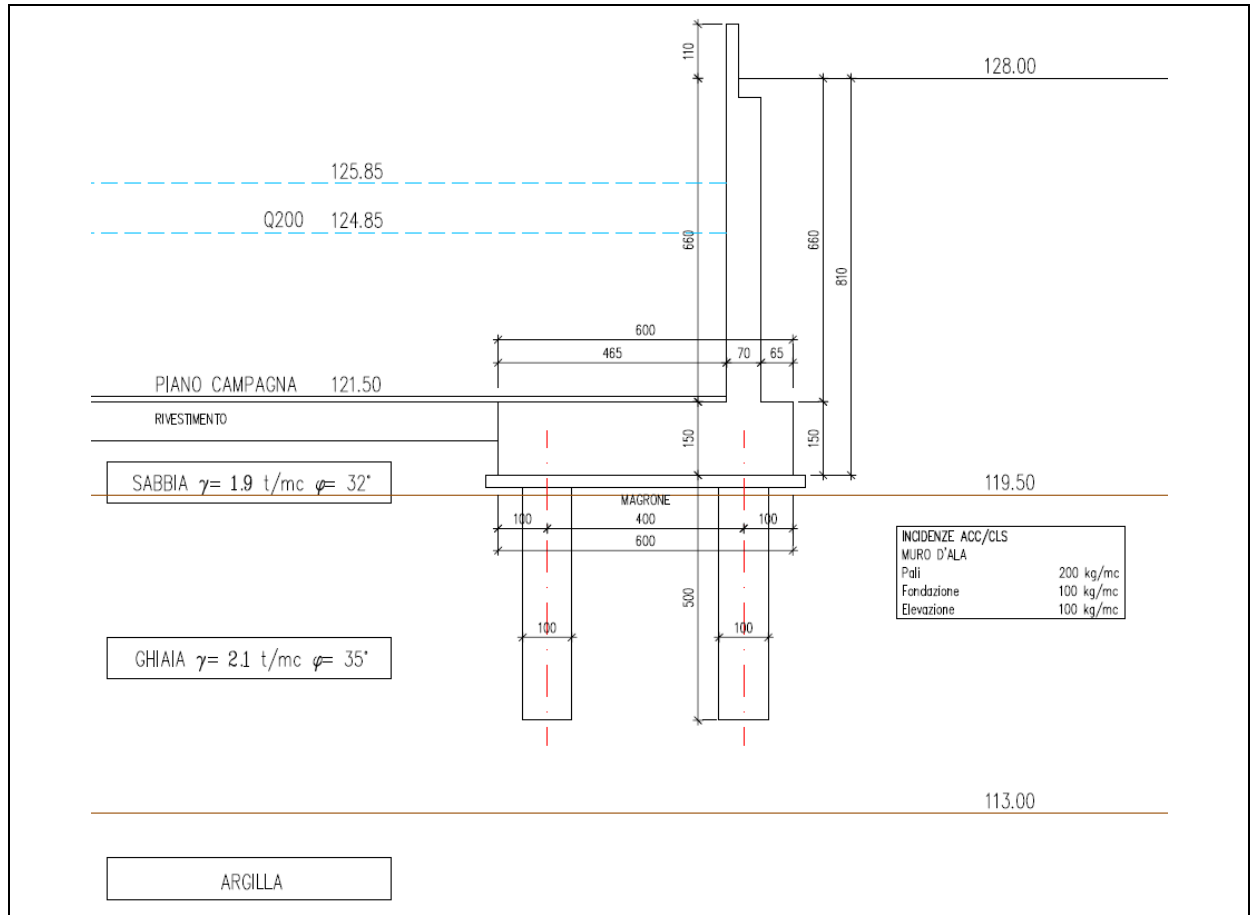


Figura 4: Sezione Muro d'Ala

L'opera di presa è costituita da fornici di 5.20 m, realizzate con platea e setti in c.a., e dal muro d'ala. Per l'intera opera si ritiene necessario adottare un sistema di fondazioni in grado di ripartire i carichi sul sottostante strato di ghiaie e di assorbire le spinte trasversali.

Le indagini geognostiche condotte hanno evidenziato uno spessore delle ghiaie di circa 6.50 m soprastanti il substrato di argille. Nel progetto si è previsto di infiggere i pali in tale strato per circa 4.50 m in modo da avere un ricoprimento di circa 2.00 m sullo strato sottostante per prevenire fenomeni di punzionamento delle argille.

Le verifiche di filtrazione, sollevamento e stabilità dell'opera sono state condotte con l'ausilio del software Seep-Slope e sono riportate nella relazione apposita. Nella verifiche geotecniche riportate il terreno è stato considerato completamente immerso ponendosi così a favore di sicurezza.

3.2 L'OPERA DI CONNESSIONE IDRAULICA TRA IL SETTORE SUD ED IL SETTORE NORD E LE OPERE DI STABILIZZAZIONE DEL FONDO DEL TORRENTE CHIESIMONE

L'opera di connessione provvede al trasferimento delle acque d'invaso tra i moduli posti a sud e nord del torrente Chiesimone. Essa è costituita da una soglia di 46 m posta a quota 120.0 m s.l.m., che non è dotata di organi di regolazione e che sovrappassa il torrente Chiesimone il quale scorre in 2 scatolari di dimensioni 5.5x4.65 m ciascuno. Longitudinalmente al corso d'acqua questi scatolari hanno una lunghezza complessiva di 120 m.

Per garantire la continuità arginale della cassa di espansione, la soglia è attraversata da un ponte a quattro campate, ciascuna di luce pari a 15 m.

Affinché le portate di massima piena del torrente Chiesimone possano transitare a pelo libero negli scatolari, è stato necessario prevedere la riprofilatura del corso d'acqua abbassandone la quota di scorrimento per un tratto di 250 m a monte dell'attuale salto di fondo. Pertanto, a partire da circa 330 m a monte della confluenza, una rampa di altezza di 2 m raccorda il nuovo profilo d'alveo tra le quote 116.1 m s.l.m. e 114.1 m s.l.m.. La rampa, realizzata in massi di scogliera, ha una pendenza del 10 % affinché permetta la risalita della ittiofauna. A valle l'alveo è raccordato con muri di sponda agli scatolari dell'opera di connessione. A valle dello sbocco di quest'ultima è prevista una modesta rettifica del corso d'acqua sia per evitare tratti in curva soggetti ad erosione, sia per realizzare lungo le sponde banche intermedie necessarie per la manutenzione.

Il fondo alveo compreso tra il salto di fondo e lo sbocco dell'opera di connessione sarà sistemato con massi a creare zone di turbolenza e zone di calma delle acque di magra, in modo da favorire lo spostamento della ittiofauna.

Per quanto concerne gli aspetti strutturali l'opera si compone di:

- un'opera di canalizzazione del torrente Chiesimone realizzata con un doppio scatolare in c.a. con canne della larghezza di 5.50 m. Sui tratti terminali degli scatolari è previsto il posizionamento degli argini in terra di chiusura delle aree di cassa;
- una soprastante opera di attraversamento dell'area di cassa realizzata con un impalcato in c.a.p., pulvini, pile e spalle in c.a.. Le pile poggiano sul setto centrale dello scatolare mentre le spalle si appoggiano anche sui setti perimetrali. In corrispondenza degli attacchi tra opera e argini si creano delle aree che permettono una migliore circolazione dei mezzi;

- muri d'ala necessari per raccordare la sezione dell'alveo del Chiesimone alla sezione in corrispondenza del doppio scatolare. Le fondazioni dei muri delle sponde opposte sono collegate tra loro da dei cordoli in c.a.

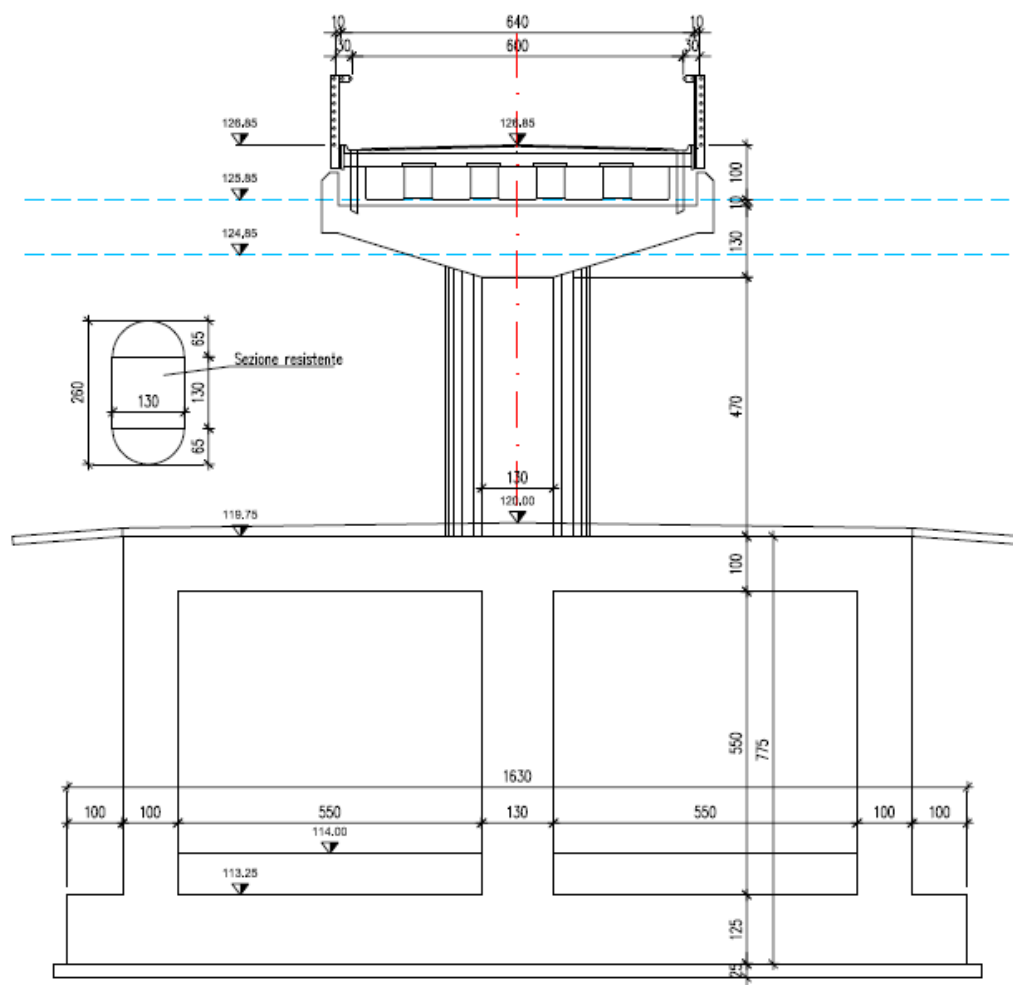


Figura 5: Sezione trasversale con scatolare e ponte carrabile

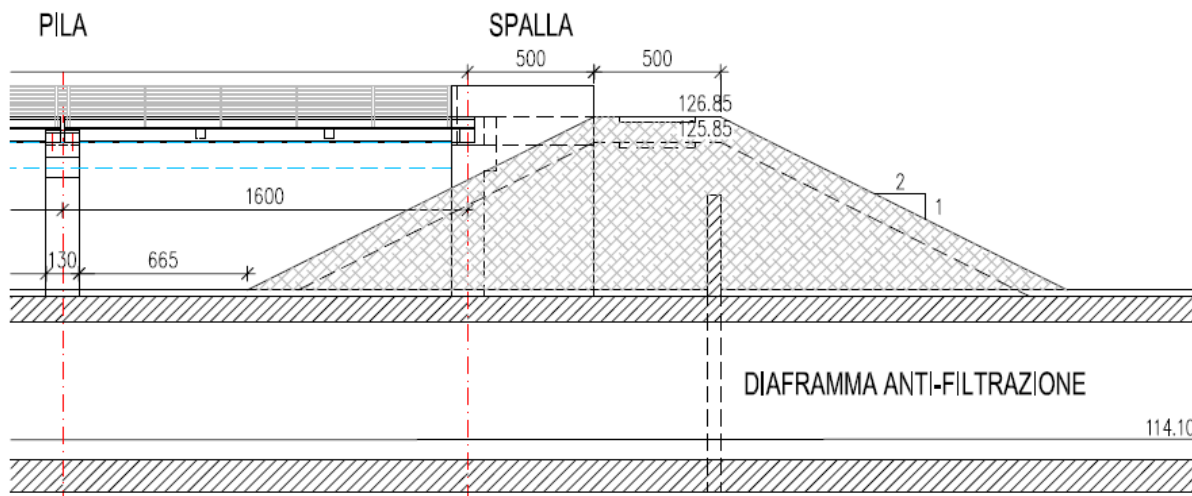


Figura 6: Sezione longitudinale con scatolare, arginatura e ponte carrabile

L'opera di canalizzazione, in accordo con la trattazione idraulica, alla quale si rimanda per eventuali delucidazioni, è composta da un doppio scatolare in c.a. della larghezza di 2x5.50 m, platea sp. 125 cm, spalle di 75 cm, setto di 130 cm e soletta di 100 cm. Nei tratti terminali dell'opera è presente l'argine in terra mentre nel tratto interposto viene realizzata l'opera di attraversamento precedentemente analizzata.

L'opera di attraversamento è realizzata con un impalcato di travi in c.a.p. su pulvini e pile in c.a. fondate sullo scatolare in c.a. sottostante. La stratificazione geologica è caratterizzata dalla presenza di uno strato di sabbie limose superficiale di 5.00 m circa a partire dal p.c. a quota 121.00 m con sottostante strato di ghiaie di circa 5.50 m e substrato in argilla. Il doppio scatolare in c.a. viene fondato a quota -8.00 m dal p.c. attuale ovvero a circa 112.00 m sullo strato delle ghiaie.

Per il raccordo dell'alveo con l'opera di canalizzazione del Chiesimone è necessario realizzare dei **muri a retta** della sponda e dei soprastanti argini in terra dei moduli di monte e valle della cassa. Per la criticità e l'importanza della sezione analizzata si è supposta la presenza della spinta idraulica sul paramento in elevazione per la possibile completa imbibizione del terreno di sponda. Per mitigare tale effetto è previsto di agevolare la dissipazione delle pressioni neutre a tergo del paramento con la messa in opera di sistemi di drenaggio longitudinali e trasversali mentre per assorbire le eventuali maggiori spinte che verrebbero a verificarsi sulla struttura, le fondazioni dei muri opposti vengono spronati con dei cordoli in c.a. sez. 150x60 posti a passo 8 m. La stratificazione geologica è riportata nella relazione geotecnica e la struttura viene fondata ad una quota tale che l'estradosso della fondazione sia a quota 113.75 m coincidente con la quota dell'estradosso dello scatolare.

Le verifiche di filtrazione, sollevamento e stabilità delle sezioni significative delle opere e delle arginature sono state condotte con l'ausilio del software Seep-Slope e sono riportate nella relazione apposita. Le verifiche sono state condotte assumendo il terreno completamente immerso ponendosi così a favore di sicurezza.

Per esigenze legate alla presenza di vincoli fisici o infrastrutture, alcuni tratti arginali sono realizzati con opere in calcestruzzo armato. Si elencano le opere previste che verranno descritte nei seguenti paragrafi:

- Progetto definitivo - Relazione tecnica

6. Muro d'argine lungo il fiume Arno in corrispondenza del sottopasso di via Garibaldi (**OPSX5**)
7. Chiusura idraulica sulla spalla del ponte ferroviario a Incisa (**OPSX7**)
8. Muro d'argine lungo il fiume Arno tra il ponte della S.R.T. 69 a il lungarno Matteotti a Incisa (**OPSX8**)

Altre opere puntuali in cemento armato nascono invece da esigenze di tipo idraulico:

1. L'intervento di sistemazione lungo il tratto di rigurgito del torrente Ponterosso riguarda l'adeguamento in quota del muro d'argine sinistro: opere **OPSX1 e OPSX2**
2. A valle del ponte ferroviario sul torrente Gaglianella la sezione idraulica richiede una riprofilatura delle scarpate per garantirne la stabilità. Inoltre per il tratto in prossimità del sottopasso e alla adiacente rampa stradale, la chiusura idraulica è eseguita in sponda sinistra con un muro d'argine in calcestruzzo armato (**OPSX3**).
3. Gli interventi previsti sul borro Moriano permettono la chiusura idraulica senza franco e sono compatibili con le infrastrutture esistenti (**OPSX6**).
4. Lungo il torrente Chiesimone dalla ferrovia verso monte fino alla strada comunale Pian di Rona, per un tratto lungo circa 260m, vengono realizzati in destra idraulica dei muri di sponda in cemento armato per il contenimento del rigurgito dell'Arno e della piena duecentennale del Chiesimone nei tratti più a monte. A valle della ferrovia, si prevede la chiusura idraulica dell'arginatura in terra in destra sulla spalla del ponte ferroviario mediante un muro in cemento armato all'interno dell'argine, di altezza circa 4,70m e quota della testa muro pari a 125.85 m s.l.m. (**OPPN3**).

Le sopraelencate opere possono essere localizzate nella tavola PD_E_PR_06__T_R00
QUADRO DEGLI INTERVENTI PUNTUALI.

3.3.1 OPPS1 - OPERA DI SOSTEGNO INTORNO AI TRALICCI MEDIA TENSIONE PR6 E ALTA TENSIONE TR260

L'arginatura della nuova cassa di espansione interferisce con due tralicci della rete elettrica A.T./M.T., denominati rispettivamente TR 260 e PR6. In questo caso è stato previsto

di ridurre l'ingombro arginale con la realizzazione di muri di sostegno in cemento armato. Tali muri avranno forma in pianta a C intorno ai tralicci come meglio riportato nelle tavole grafiche. I muri sono costituiti da tre paramenti verticali, uno parallelo all'asse dell'argine, posto ad almeno 3m dallo spigolo del traliccio e gli altri due posti ortogonalmente, con inclinazione della testa muro che segue la scarpata arginale e posti ad almeno 5m dallo spigolo del traliccio.

Il muro in cemento armato dell'opera OPPS1 è ubicato lato cassa, con altezza del paramento verticale pari a 5,65m e fondazione superficiale posta prevalentemente al di sotto del corpo arginale. L'arginatura interessata è quella che delimita la cassa d'espansione verso campagna. Il muro è dotato di parapetto anticaduta in acciaio.

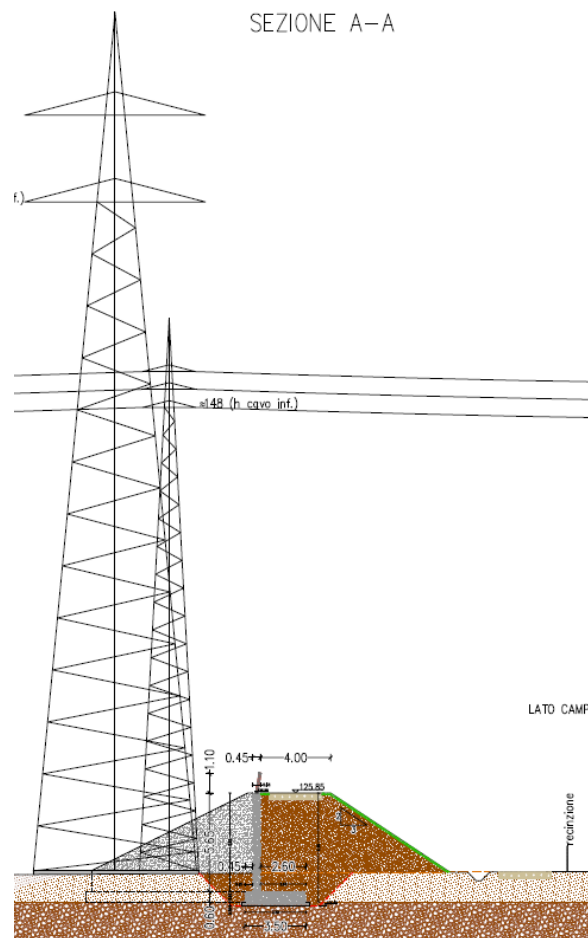


Figura 8: Sezione schematica dell'opera OPPS1

3.3.2 OPPS3 - OPERA DI SOSTEGNO INTORNO AL TRALICCIO MEDIA TENSIONE PR3

L'arginatura della nuova cassa di espansione interferisce con un sostegno della linea elettrica media tensione denominato PR3. Come per l'opera precedente, anche in questo caso

impedire l'infiltrazione nella scarpata in terra, questa verrà impermeabilizzata con un geocomposito bentonitico e geogriglia tridimensionale ricoperti da uno strato di terreno vegetale adatto per l'inerbimento (vedi elaborato PD_E_PR_05__T_R00).

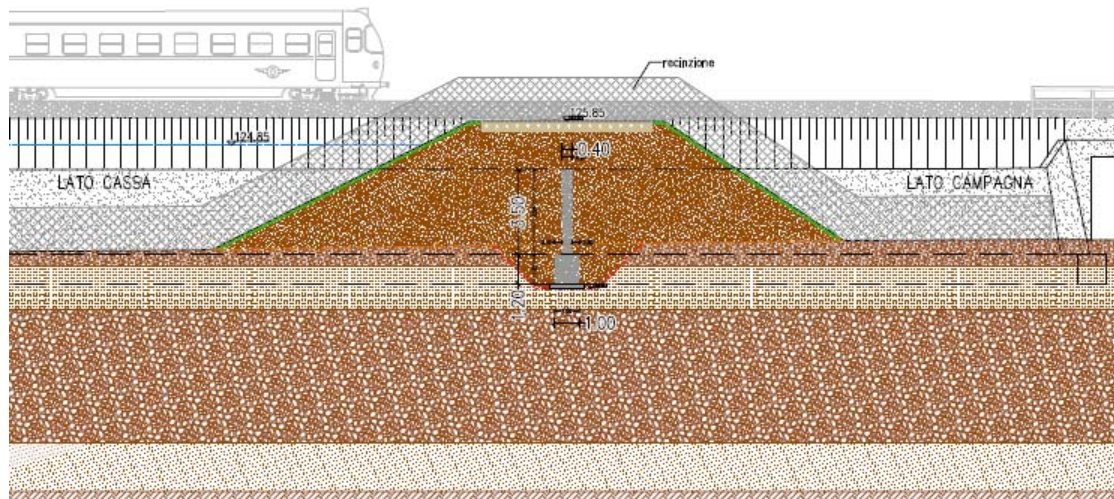


Figura 11: Sezione schematica della chiusura idraulica sul rilevato ferroviario della bretella di deviazione della Linea Lenta sulla Direttissima

3.3.5 OPPN1 – OPERA DI SOSTEGNO INTORNO AI TRALICCI DI ALTA TENSIONE TR241 E TR241BIS

L'arginatura della nuova cassa di espansione interferisce con un sostegno della linea elettrica alta tensione denominati TR241 e TR 241bis. Come per le opere OPPS1 e OPPS3, anche in questo caso è stato previsto di ridurre l'ingombro arginale con la realizzazione di muri di sostegno in cemento armato. Tali muri avranno forma in pianta a C intorno ai tralicci come meglio riportato nelle tavole grafiche. I muri sono costituiti da tre paramenti verticali, uno parallelo all'asse dell'argine, posto ad almeno 3m dallo spigolo del traliccio e gli altri due posti ortogonalmente, con inclinazione della testa muro che segue la scarpata arginale e posti ad almeno 5m dallo spigolo del traliccio.

Per l'opera OPPN1, il muro in cemento armato è ubicato all'interno della cassa, con altezza del paramento verticale pari a 7,60 m e fondazione superficiale posta prevalentemente al di sotto del corpo arginale. L'arginatura interessata è quella che divide la cassa dal fiume Arno. Il muro è dotato di parapetto anticaduta in acciaio.

SEZIONE A-A – scala 1:200

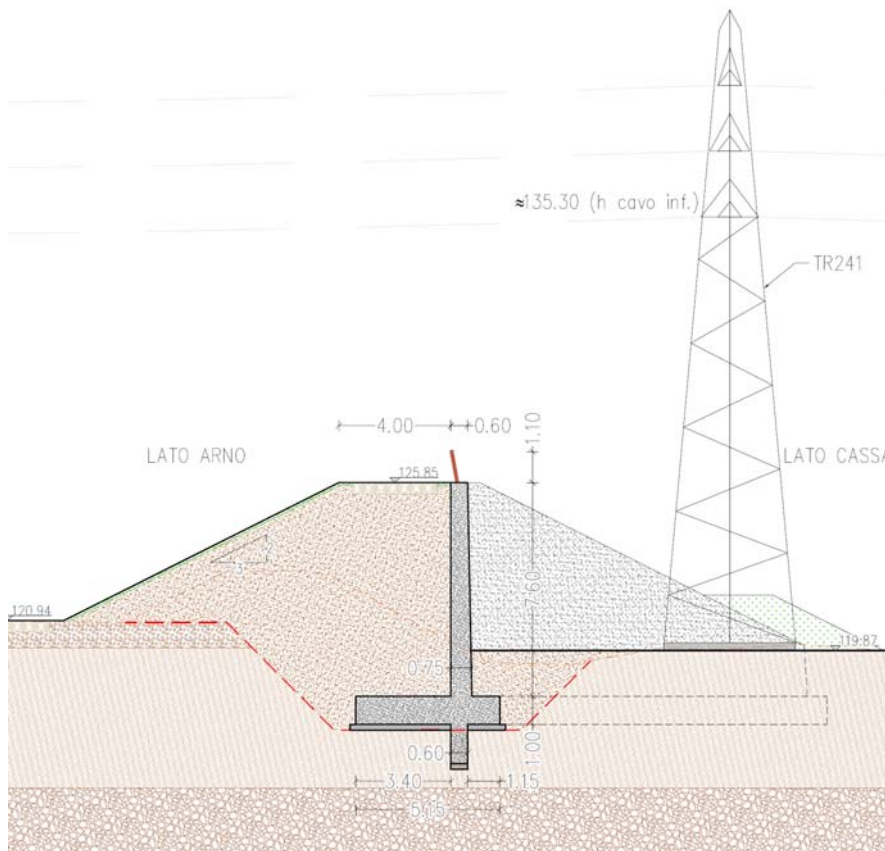


Figura 12: Sezione schematica dell'opera OPPN1

3.3.6 OPPN2 - MURO D'ARGINE SOTTO IL VIADOTTO FF.SS. 'BORRATINO'

A nord del modulo di cassa Prulli Nord l'arginatura lato campagna passa al di sotto del viadotto ferroviario detto "Borratino". In questo tratto si prevede la realizzazione di un muro in cemento armato non essendo tecnicamente possibile la realizzazione dell'arginatura in terra per via della quota dell'impalcato ferroviario.

Nel tratto in oggetto, l'arginatura in terra è a doppia banca con altezza totale circa 6,50m (testa argine 125.85m s.l.m.). L'opera è costituita da un muro in cemento armato di lunghezza circa 84,5m e altezza totale 7.15m, con riporti arginali fino alla quota della pista sottobanca su entrambi i lati (dentro e fuori cassa) a quota 121.85 m s.l.m.. La testa muro è posta a quota 125.85 m s.l.m., pari al livello di progetto in cassa oltre 1.00 m di franco, a circa 80 cm al di sotto dell'impalcato ferroviario.

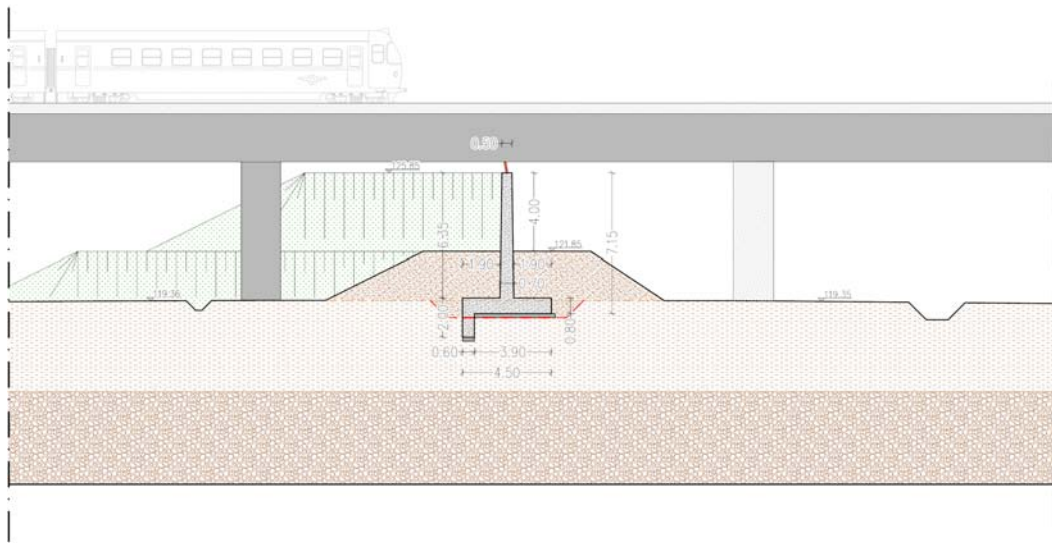


Figura 13- Sezione tipo muro d'argine sotto Viadotto Borratino

L'opera di presidio costituita da uno scatolare di lunghezza 30 m e di luce 2x2 m, dotato di paratoia a saracinesca, è integrata nel muro d'argine sopra descritto. Essa impedisce che le acque invase nella cassa di espansione fuoriescano dal reticolo secondario drenante le aree a tergo delle arginature. In condizioni ordinarie essa consente l'ingresso dei deflussi dei bacini collinari che, raccolti in capofossi, saranno recapitati nel fiume Arno attraverso le opere di scarico.

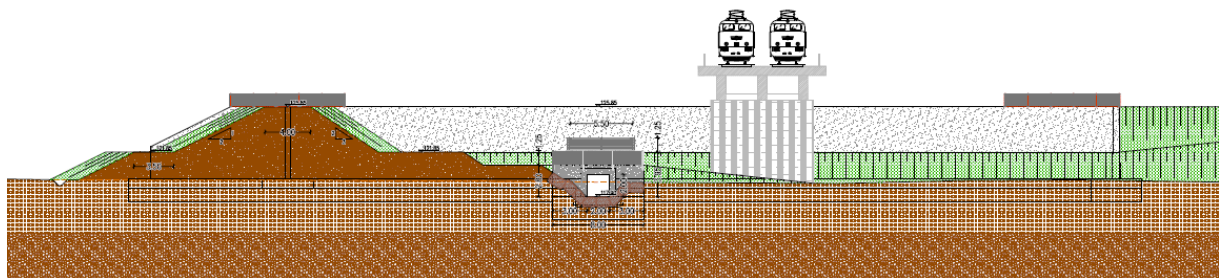


Figura 14- Sezione tipo muro d'argine e opera di presidio sotto Viadotto Borratino

3.3.7 ATTRAVERSAMENTO TORRENTE CHIESIMONE E OPPN3 (MURI DI SPONDA LUNGO IL TORRENTE CHIESIMONE)

Nella zona tra l'Autostrada e la Ferrovia l'opera di attraversamento del Chiesimone esistente e la viabilità di accesso ai vicini borghi ed alla futura area di cassa, interferiscono

con il regolare deflusso del torrente e pertanto devono essere messi in sicurezza idraulica per garantire l'accesso durante gli eventi di piena alle opere idrauliche in progetto.

Pertanto in tale zona è prevista la realizzazione di opere in cemento armato con funzioni di muro d'argine (opera OPPN3) e di una nuova opera di attraversamento che viene realizzata con uno scatolare in c.a..

In condizioni di esercizio della cassa, l'unico accesso al modulo del nord e all'opera di connessione è costituito dalla viabilità che si stacca dalla strada comunale di Pian di Rona e costeggia il torrente Chiesimone fino ai previsti argini di cassa. Sebbene il rigurgito del fiume Arno nel torrente Chiesimone non determini criticità a monte del ponte ferroviario, al contrario le portate di piena critiche del bacino del Chiesimone possono inondare la prospiciente viabilità. Ritenuto che l'accesso alla cassa lungo il torrente Chiesimone rivesta estrema importanza per il controllo delle opere e l'esecuzione di interventi in situazioni di emergenza, è stato deciso di provvedere alla chiusura idraulica del torrente attraverso la realizzazione di un muro d'argine tra i ponti della strada comunale e dell'Alta Velocità (OPPN3). Il coronamento è posto a quota tale da garantire almeno 70 cm di franco sui livelli duecentennali. Se a valle del ponte autostradale si tratta di un muro in parte con fondazione su pali e in parte con fondazione diretta, nel tratto a monte si prevede di impostarlo sulla paratia di pali che sorregge la viabilità a fianco del torrente. L'intervento è stato coordinato con il progetto "*Variante in riva destra d'Arno alla Strada Regionale n. 69 – lotto 3*" che prevede l'adeguamento della strada comunale di Pian di Rona tramite la sostituzione dell'attuale ponte che sarà sottoattraversato anche dalla viabilità di collegamento alla cassa.

Dalle modellazioni idrauliche si evince che l'attuale ponte stradale ad arco a monte della ferrovia risulta insufficiente già per la portata trentennale critica del torrente Chiesimone. Esso determina inondazioni che impedirebbero l'accesso alla cassa durante il suo esercizio e precluderebbero la principale via d'esodo in caso di emergenza del nodo ferroviario e delle località Pian di Rona e Casa al Piano. Pertanto ne è prevista la sostituzione con uno scatolare in calcestruzzo di dimensioni 11.7x7.7 m. L'adeguamento dell'altezza dell'intradosso alla quota idraulica di progetto, oltre al franco minimo di 1.5 m previsto dalle Norme tecniche per le Costruzioni (intradosso almeno a quota 125.90 m s.l.m.), impone l'innalzamento della quota stradale esistente e richiede di conseguenza la sistemazione della viabilità della zona come illustrato nell'elaborato PD_E_PR_19__T_R01. Si ricorda che, in relazione alla possibile interazione con il materiale flottante di cui al punto 5.1.2.3 delle NTC, nell'ambito del primo stralcio dei lavori è stata realizzata una briglia a pettine nel tratto a

monte del torrente con l'obiettivo di trattenere il materiale proveniente dalla parte collinare e montana del bacino.

Lungo il torrente Chiesimone dalla ferrovia verso monte fino alla strada comunale Pian di Rona, per un tratto lungo circa 260m, vengono realizzati in destra idraulica dei muri di sponda in cemento armato per il contenimento del rigurgito dell'Arno e della piena duecentennale del Chiesimone nei tratti più a monte. A valle della ferrovia, si prevede la chiusura idraulica dell'arginatura in terra in destra sulla spalla del ponte ferroviario mediante un muro in cemento armato all'interno dell'argine, di altezza circa 4,70m e quota della testa muro pari a 125.85m s.l.m.. Dalla ferrovia verso monte si distinguono quattro tratti:

Tratto A: tra le spalle dei due ponti ferroviari, di lunghezza circa 15m: muro in cemento armato, con quota testa muro posta a 125.85m slm, con pali di fondazione o in alternativa con fondazione superficiale e taglione in c.a., di altezza totale circa 4,70m;

Tratto B: tra il ponte ferroviario e il nuovo attraversamento stradale sul Chiesimone, di lunghezza circa 40m: muro in cemento armato, con quota testa muro posta a 126.20m slm, con pali di fondazione o in alternativa con fondazione superficiale e taglione in c.a., di altezza totale circa 4,90m;

Tratto C: tra il nuovo attraversamento stradale sul Chiesimone verso monte, di lunghezza circa 65m: muro in cemento armato, con quota testa muro posta a 126.20m slm, con pali di fondazione o in alternativa con fondazione superficiale e taglione in c.a., di altezza totale circa 2,50m;

Tratto D: dalla fine del tratto C fino a monte del ponte stradale (strada comunale Pian di Rona) di lunghezza complessivamente circa 120m. Questo tratto si suddivide a sua volta in due tratti: il tratto a valle del ponte stradale SR69 e quello a monte del ponte. Nel tratto a valle del ponte, per circa 75m, è presente una paratia di micropali realizzata nel 2004, come risulta dalla documentazione all'interno della prat. Prot. 46460 del 29/05/2003 depositata presso gli uffici del GC di Firenze, realizzata per il sostegno del piano stradale da Soc. autostrade nell'ambito di un intervento di sistemazione idraulica lungo il torrente Chiesimone. In questo tratto, il livello idraulico di progetto è 125,35m slm e pertanto si prevede la realizzazione di un muro in cemento armato con testa muro posta a quota 126,35m slm (altezza circa 2,50m dal piano stradale), fondato sui pali esistenti attraverso un nuovo cordolo di dimensioni 90x40cm. Nel tratto a monte, essendo previsto nell'ambito del progetto della variante alla SR69 in riva destra dell'Arno, la realizzazione di una paratia per il sostegno del nuovo raccordo stradale passante al di sotto del nuovo ponte sul Chiesimone,

si prevede, qualora non già realizzato nell'ambito del citato intervento, di effettuare un intervento simile al tratto di valle, con la testa muro posta a quota 127,80m s.l.m.. Il tratto si estende per circa 30m a monte del ponte.

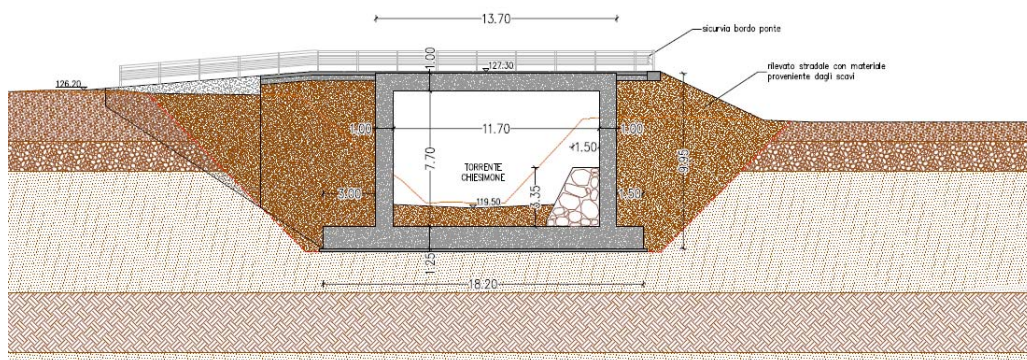


Figura 15- Sezione tipo opera di attraversamento del torrente Chiesimone

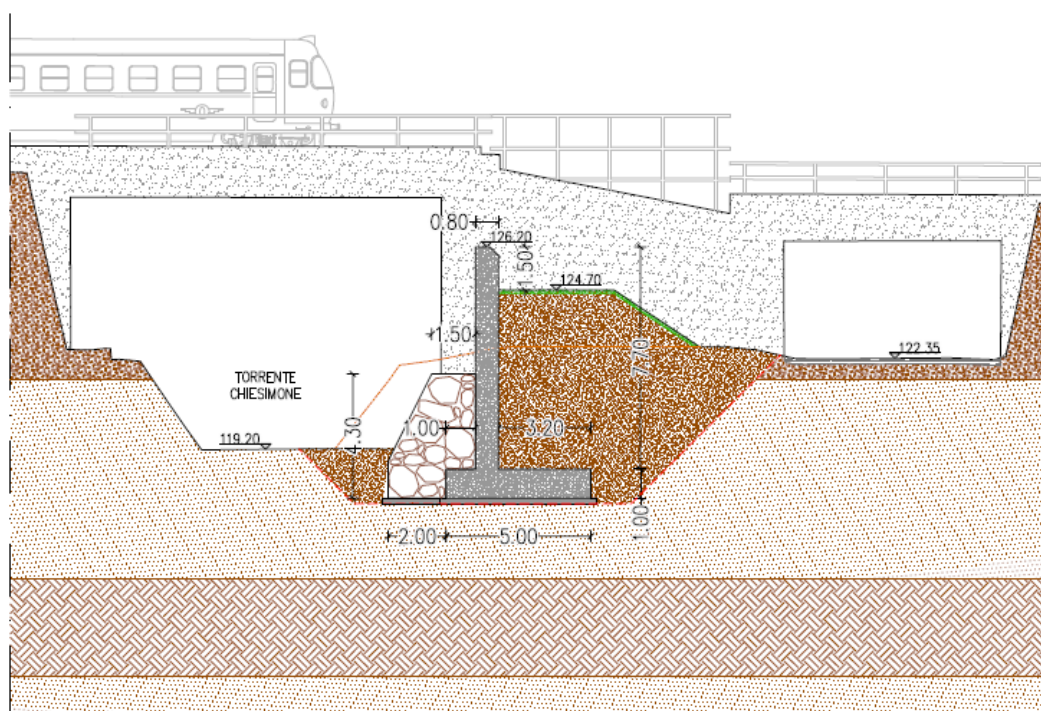


Figura 16- Sezione tipo muro d'argine tratto A

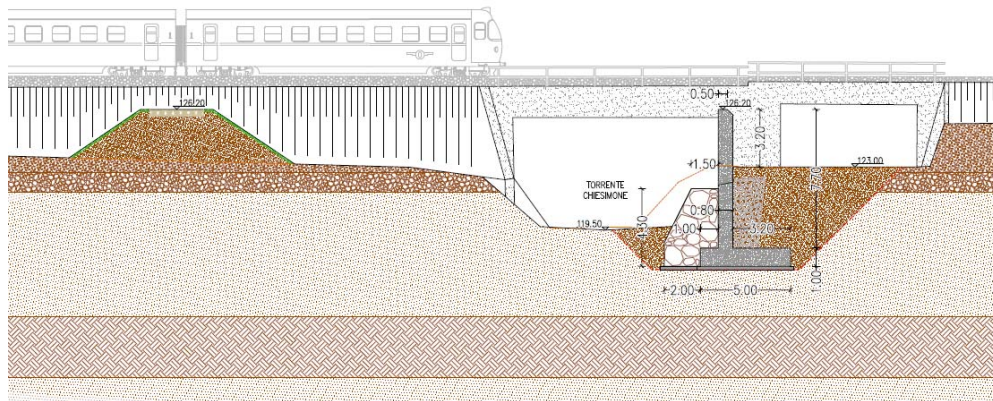


Figura 17- Sezione tipo muro d'argine tratto B

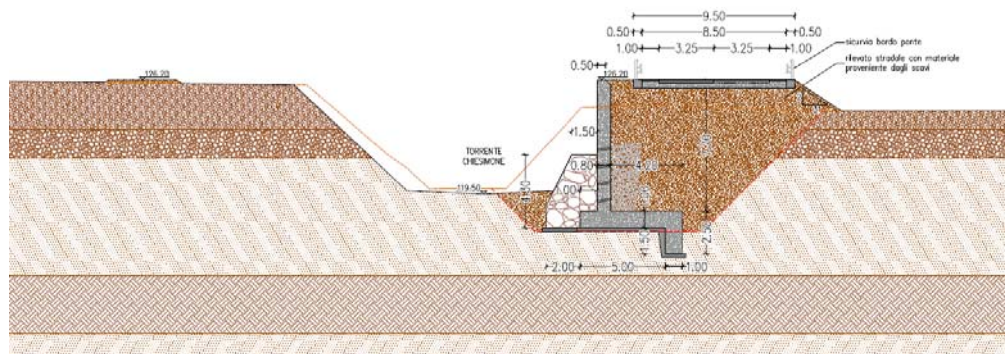


Figura 18- Sezione tipo muro d'argine tratto C

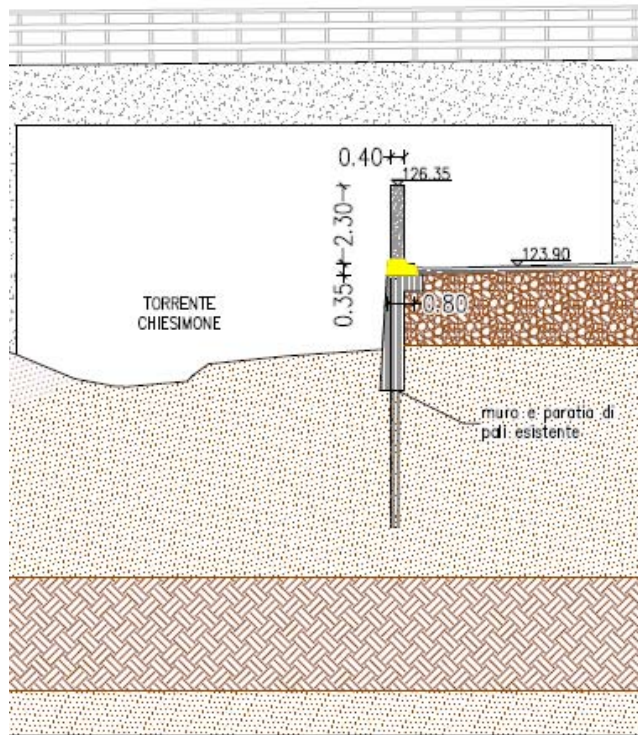


Figura 19- Sezione tipo muro d'argine tratto D

3.3.8 OPSX1-OPSX2 MURO DI SPONDA SINISTRA LUNGO IL TORRENTE PONTEROSSO

L'intervento di sistemazione lungo il tratto di rigurgito del torrente Ponterosso riguarda l'adeguamento in quota del muro d'argine sinistro. Esso consiste nella sostituzione del muro esistente con uno fondato su pali e coronamento a 125.70 m s.l.m., dal ponte di via Roma (S.R.T. 69) fino 105 m a valle del ponte ferroviario (OPSX1 e OPSX2). La chiusura idraulica prosegue con arginatura in terra analoga a quella lungo il fiume Arno. La quota è stata definita per contenere con un franco di 70 cm il livello duecentennale del fiume Arno, che risulta comunque maggiore dei livelli di massima piena del torrente Ponterosso per la sua durata critica. In corrispondenza del nuovo ponte della "Variante esterna all'abitato di Figline Valdarno sulla S.R. 69, lotto III, ponte torrente Gagliana - Rotatoria zona stadio", in corso di progettazione da parte del Comune, il muro d'argine potrà attestarsi sulla spalla della stesso.

Nel 1° tratto (via Roma - Ferrovia) è presente un muro di sponda in c.a. realizzato tra il 2005 ed il 2007 mentre sul sottopasso ferroviario ed i muri di sottosponda presenti in alveo non sono state fornite informazioni.

L'intervento prevede:

1° tratto (via Roma - Ferrovia): demolizione del muro di sponda esistente e realizzazione di una paratia di pali del 600/1000 ed 800/1500 con soprastante muro in c.a. con sommità a quota 125.70 m s.l.m. (identificata come opera OPSX2);

2° tratto (valle Ferrovia): realizzazione di un muro in c.a. su pali D400 maglia 150x120 tra il muro di sotto sponda in alveo ed il muro del sottopasso che dovrà essere demolito fino alla dell'estradosso della ciabatta di fondazione o comunque per consentire la cantierizzazione dell'area (identificata come opera OPSX1). Anche per questo muro la quota di sommità è posta a 125.70 m s.l.m.;

Ciò posto, nel 1° tratto, vista la conformazione delle sponde, sono state svolte verifiche della paratia nell'ipotesi di una sua erosione fino al livello dell'alveo attuale, nel 2° tratto non è stato ipotizzato il collasso del muro di sottosponda, per cui tale opera dovrà essere mantenuta in efficienza.

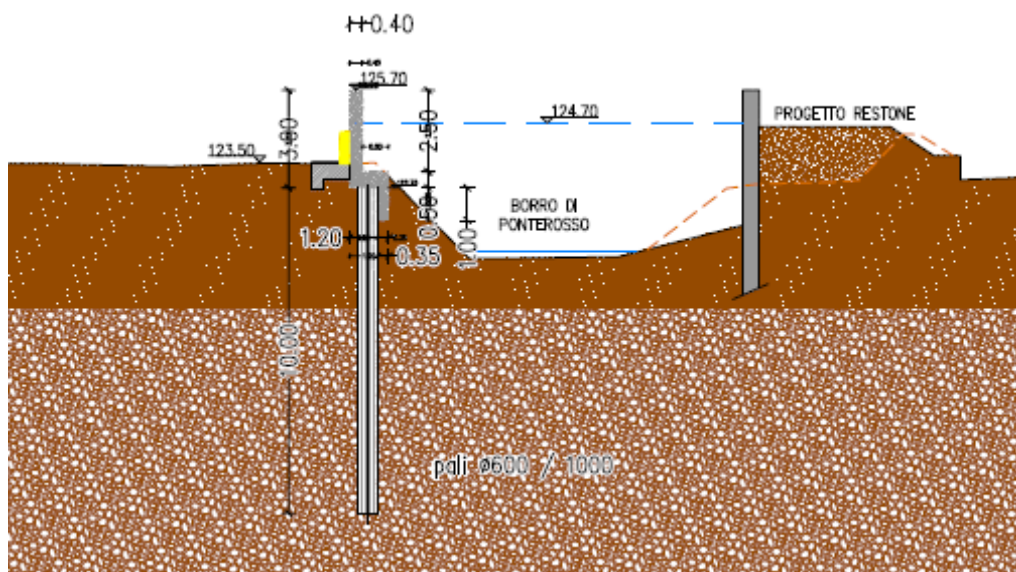


Figura 20- Sezione tipo muro d'argine 1° tratto

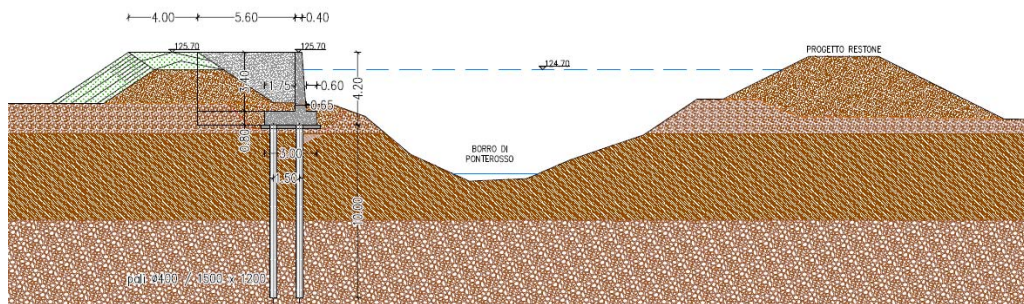


Figura 21- Sezione tipo muro d'argine 2° tratto

3.3.9 OPSX3- MURO DI SPONDA SINISTRA LUNGO IL TORRENTE GAGLIANELLA

Lungo il torrente Gaglianella, a valle della ferrovia ed in corrispondenza dell'impianto di depurazione delle acque di Figline, la prossimità del ciglio di sponda del torrente non consente la realizzazione di un argine in terra e viene quindi prevista la realizzazione di un muro di sponda in cemento armato con fondazioni su pali. Il muro di lunghezza 78 m ha un'altezza di circa 1.75 m e quota testa muro pari a 125.60 m s.l.m.

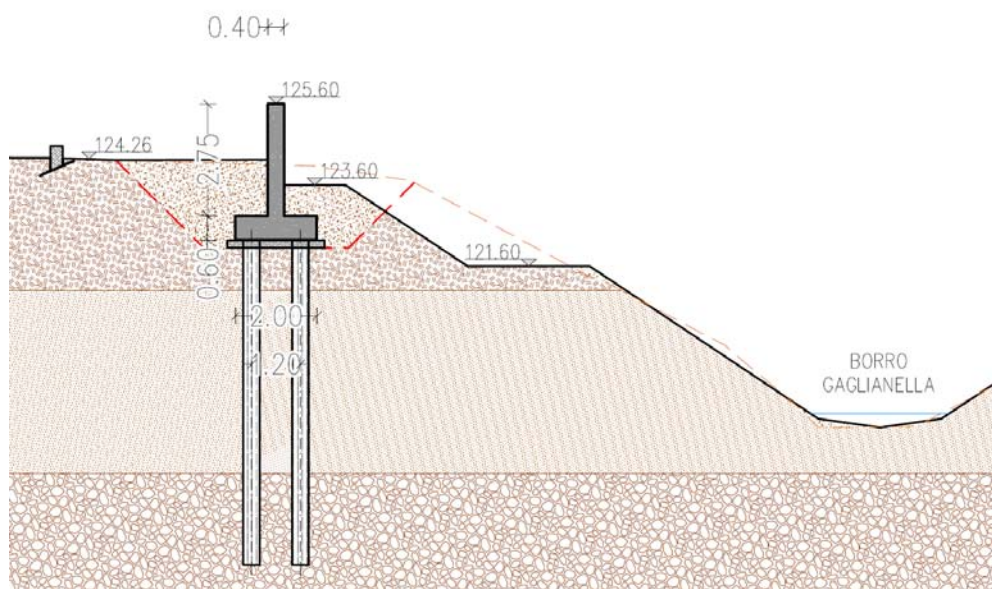


Figura 22- Sezione tipo intervento OPSX3

3.3.10 OPSX4 - CHIUSURA IDRAULICA SULLA SPALLA SINISTRA DEL PONTE FF.SS. BRETELLA LENTA-DIRETTISSIMA

In corrispondenza delle intersezioni dei nuovi argini con strutture esistenti vi è in generale necessità di realizzare la chiusura idraulica mediante un'opera in cemento armato, essenziale sia per garantire la stabilità del corpo arginale sia per allungare il percorso di filtrazione lungo la superficie di discontinuità terra/cemento armato. L'arginatura in sinistra idraulica dell'Arno, prevista in progetto per la riduzione del rischio idraulico sulla ferrovia e sull'abitato di Incisa, intersecano le spalle dei vari ponti FF.SS. e stradali sull'Arno. In corrispondenza del ponte FF.SS. sull'Arno della Bretella Lenta-Direttissima, si realizzano dei muri di sostegno in cemento armato a monte e a valle del ponte, posti lato campagna a sostegno del rilevato d'argine.

Il muro a monte del ponte, di altezza costante pari a circa 4,60m con quota della testa muro pari a 125.40m s.l.m., si estende per una lunghezza di circa 60 m in modo da contenere la rampa con pendenza 10%. Il muro a valle del ponte ha invece un'altezza variabile da 5.10m a 0.50m, con quota della testa muro massima pari a 125.40 m s.l.m., e si estende per una lunghezza di circa 40 m. I nuovi muri saranno sconnessi dalle strutture esistenti con un giunto di dimensioni variabili a seconda del caso. La tenuta idraulica in corrispondenza del giunto sarà ottenuta attraverso la sigillatura con malta di cemento eventualmente con aggiunta di bentonite o con l'applicazione di lamiera.

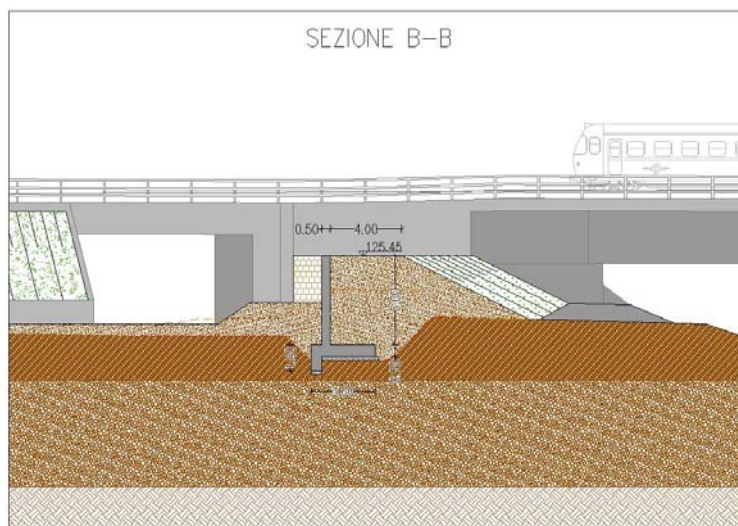


Figura 23- Sezione tipo intervento OPSX4

3.3.11 OPSX5 – MURO D'ARGINE ZONA SOTTOPASSO VIA GARIBALDI

In sinistra d'Arno in corrispondenza del sottopasso ferroviario di via Garibaldi nell'abitato di Incisa, la prossimità del ciglio di sponda dell'Arno non consente la prosecuzione dell'arginatura in terra e viene quindi prevista la realizzazione di un muro in cemento armato con taglione in c.a., per una lunghezza tale da contenere le rampe di salita/discesa della pista di servizio in testa d'argine. La quota della testa muro per contenere la piena di progetto dell'Arno è 124.60m s.l.m., pari al livello di progetto con 1m di franco. Il piano campagna sarà posto a circa 121.60m s.l.m. e l'estradosso della fondazione a profondità circa 1m dal piano campagna a quota 120.60m s.l.m., pertanto l'altezza del paramento verticale del muro considerata nelle verifiche è pari a 4,00m.

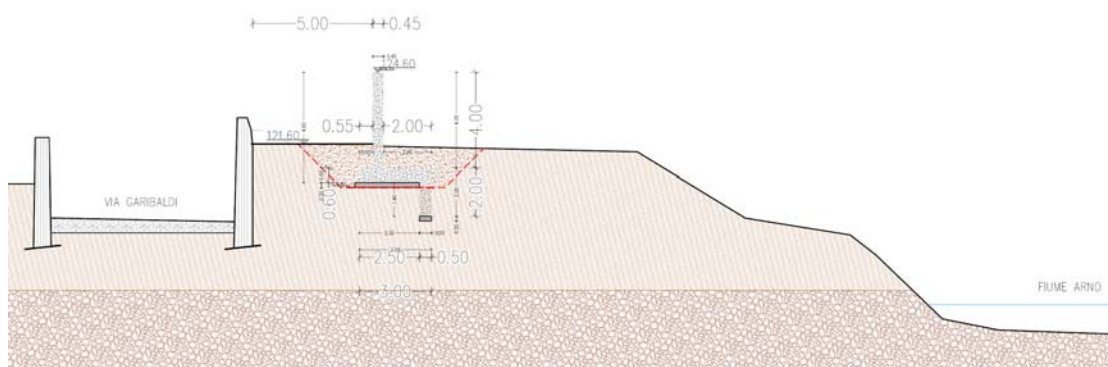


Figura 24 - Sezione tipo intervento zona sottopasso Garibaldi

3.3.12 OPSX6 – INTERVENTI SUL TORRENTE MORIANO

Gli interventi previsti sul borro Moriano (**OPSX6**) compatibili con le infrastrutture esistenti, permettono la chiusura idraulica senza franco fino alla quota di 123.60 m s.l.m. (livello idrico duecentennale 123.55 m s.l.m.). Essi sono costituiti da muri d'ala tra il ponte ferroviario e quello di via Garibaldi, nonché tra quest'ultimo e i nuovi argini da realizzarsi a valle. Al ponte ferroviario i muri d'ala dovranno chiudersi su una spalletta di cui attualmente il ponte è privo. Quello sul lato monte necessita di interventi di prolungamento e rinforzo. Tra il ponte ferroviario e quello della S.R.T. 69 la chiusura idraulica è data da sistemazioni morfologiche del terreno che garantiranno comunque lo scolo con clapet dei canali di drenaggio delle infrastrutture. Sempre per raggiungere la quota di 123.60 m s.l.m., a

monte della strada in destra è necessaria la realizzazione di un muro sul ciglio di sponda di altezza massima 90 cm: ciò eviterà che le esondazione si propaghino lungo la SRT 69 verso l'area industriale di Lagaccioni.

Più precisamente, procedendo da valle verso monte vi sono in successione 3 attraversamenti sul torrente: ponte su via Garibaldi, il ponte ff.ss. in muratura e il ponte stradale sulla SRT69. I tre ponti esistenti rimangono in condizioni di funzionamento in pressione rispetto ai livelli di progetto per i quali è stata ipotizzata un'attività di protezione civile. Per quanto concerne gli interventi di progetto, si distinguono 4 tratti sempre a partire da valle verso monte:

Tratto A: a valle del ponte stradale di servizio ff.ss. di via Garibaldi: realizzazione di muri in cemento armato con fondazione superficiale e taglione, per la chiusura idraulica tra la nuova arginatura in terra e il parapetto di valle del ponte. I muri hanno altezza circa 4.60m e quota della testa muro a 124.20m, lunghezza circa 55m in destra e 60m in sinistra tali da contenere le rampe;

Tratto B: tra ponticello ff.ss. di via Garibaldi e ponte ff.ss. in muratura: realizzazione di muri di sponda in cemento armato con fondazioni superficiali e taglione, di altezza circa 4,60 m e con la testa muro a quota 123.60m slm.

Tratto C: tra ponte ff.ss. in muratura e ponte stradale SR69: realizzazione di sistemazioni morfologiche del terreno fino a quota 123.60m slm.

Tratto D: a monte del ponte stradale SR69: in destra idraulica realizzazione di un muro di sponda in cemento armato con fondazione superficiale e taglione in c.a., di altezza circa 2,30m e con la testa muro a quota 123.60m slm e lunghezza circa 70m;

Per i ponti esistenti sono previsti i seguenti interventi:

- Ponte su via Garibaldi: realizzazione dei parapetti di monte e di valle fino a quota 123.60m slm (a cura del gestore dell'infrastruttura RFI).
- Ponte ff.ss. in muratura: realizzazione dei parapetti di monte e di valle fino a quota 123.60m slm (a cura del gestore dell'infrastruttura RFI).
- Ponte stradale sulla SR69: misure di gestione del rischio descritte nell'elaborato "PD_O_PR_05__R_R00 Progetto di Piano di Gestione dell'emergenze e del rischio".

Nell'ottica di sicurezza e funzionalità delle opere è necessario valutare preliminarmente la sottospinta sui ponti con funzionamento in pressione per verificare e prevenire la condizione di sollevamento in riferimento alle caratteristiche dimensionali e costruttive dei singoli ponti. Si ritiene necessario, data l'importanza della viabilità di via

Garibaldi, che RFI effettui tali verifiche al fine di garantire la percorribilità del ponte anche nelle suddette condizioni.

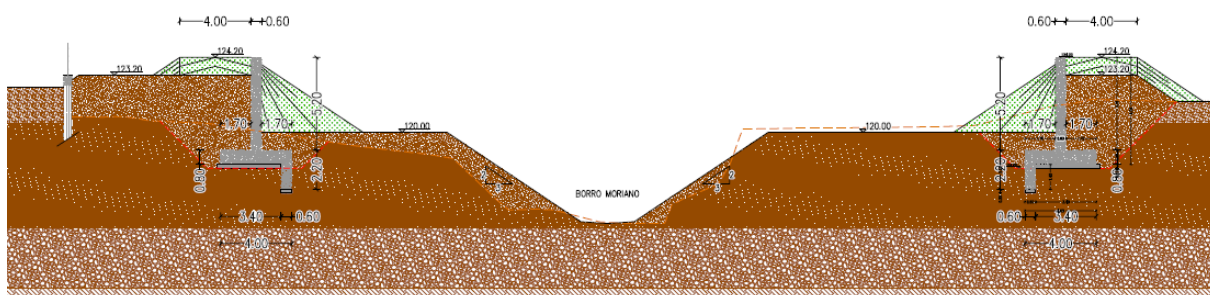


Figura 25 - Sezione tipo intervento tratto A

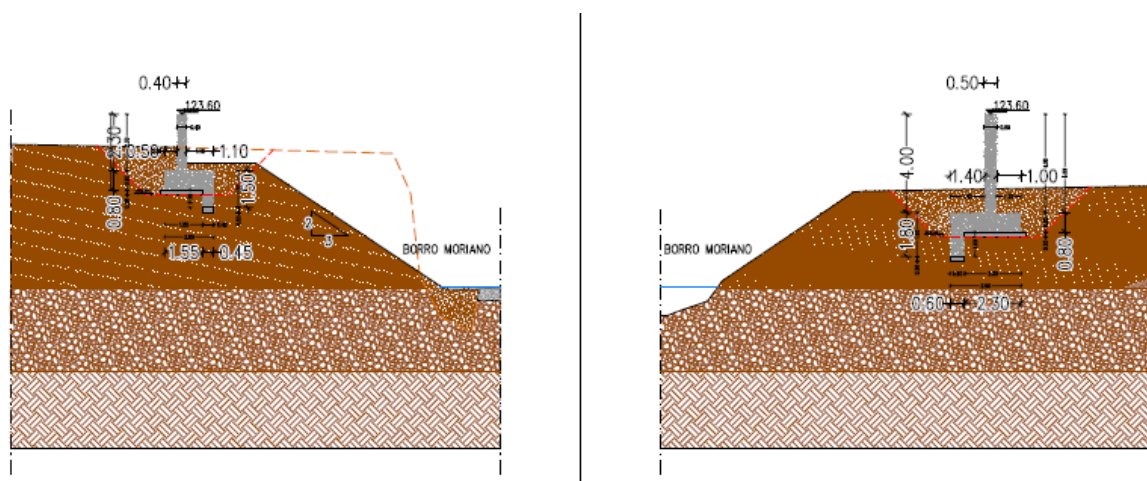


Figura 26 - Sezione tipo intervento tratto B

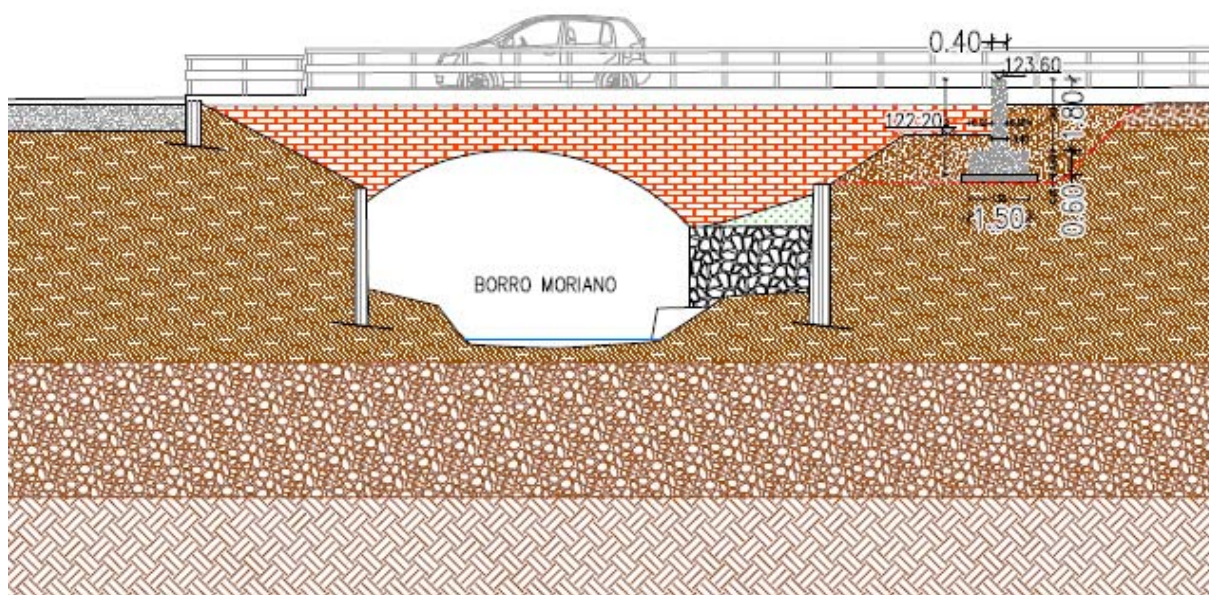


Figura 27 - Sezione tipo intervento tratto D

3.3.13 OPSX7 - CHIUSURA IDRAULICA SU SPALLA DEL PONTE FF.SS. A INCISA

In corrispondenza delle intersezioni dei nuovi argini con strutture esistenti vi è in generale necessità di realizzare la chiusura idraulica mediante un'opera in cemento armato. L'arginatura in sinistra idraulica dell'Arno, prevista in progetto per la riduzione del rischio idraulico sulla ferrovia e sull'abitato di Incisa, intersecano le spalle dei ponti FF.SS. e stradali sull'Arno. La chiusura idraulica a monte e a valle del ponte FF.SS. sull'Arno a Incisa viene realizzata con muri in cemento armato posti lato fiume a sostegno del rilevato arginale. Tali muri hanno forma in pianta a S e sono costituiti da tre paramenti verticali, due paralleli all'asse dell'argine e il terzo posto ortogonalmente. Le lunghezze dei muri sono tali da contenere l'allargamento della pista in testa all'argine che consenta la manovra di inversione dei mezzi, come meglio indicato nelle tavole allegate. A monte del ponte, il paramento lato fiume parallelo all'argine è impostato ad una quota più bassa per la presenza di un fosso, ha un'altezza maggiore pari a 8.45 m con quota della testa muro pari a 123.30 m s.l.m. e lunghezza circa 15 m, mentre gli altri due paramenti impostati ad una quota maggiore hanno un'altezza di circa 5.20 m con quota della testa muro pari a 123.30 m s.l.m. e con lunghezza complessiva di circa 25 m. I muri vengono progettati con fondazioni profonde su pali.

A valle del ponte, i tre paramenti hanno un'altezza di circa 5.20m con quota della testa muro pari a 123.30m slm e lunghezza complessiva di circa 30m. I muri hanno fondazioni profonde su pali. I nuovi muri saranno sconnessi dalle strutture esistenti con un giunto di dimensioni variabili a seconda del caso, e comunque generalmente inferiore a 20cm. La tenuta idraulica in corrispondenza del giunto sarà ottenuta attraverso la sigillatura con malta di cemento eventualmente con aggiunta di bentonite o con l'applicazione di lamiere ecc.

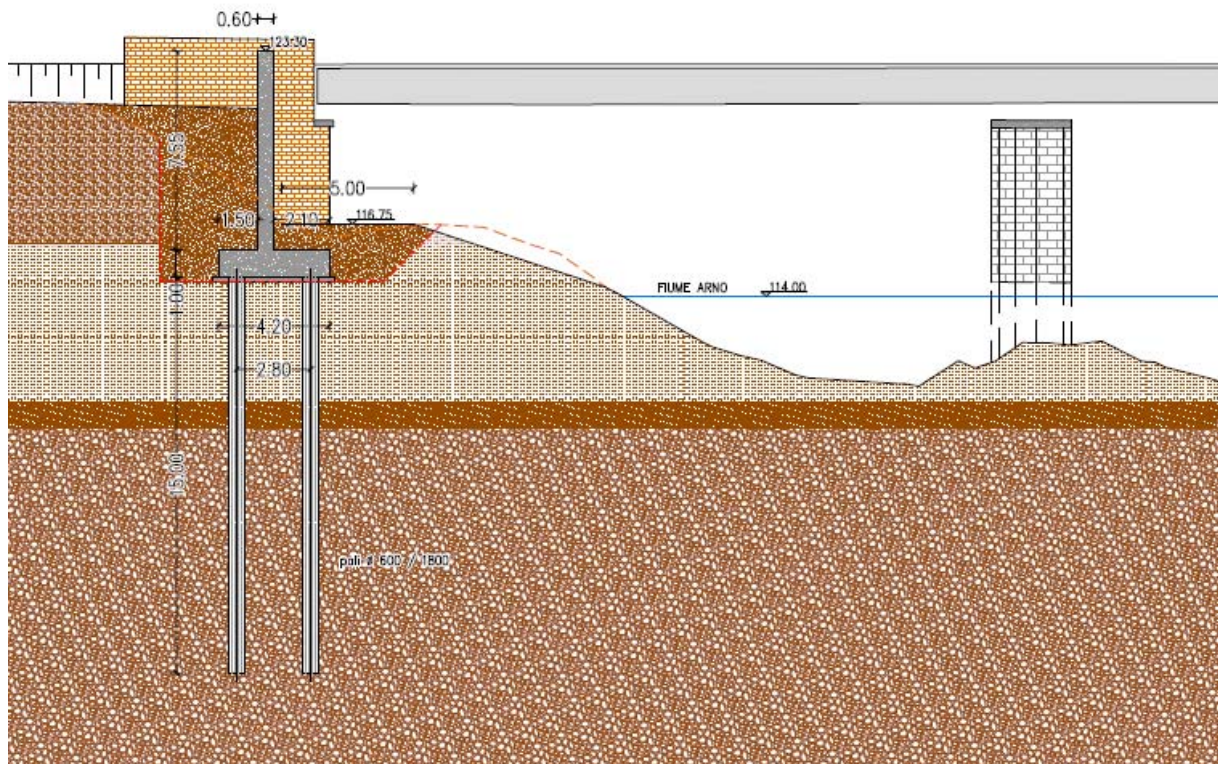


Figura 28 - Sezione lato fiume OPSX7

3.3.14 OPSX8 – MURO D'ARGINE ZONA CAMPI SPORTIVI

L'intervento riguarda la realizzazione di un muro d'argine in cemento armato a protezione dalla piena duecentennale dell'area ex campi sportivi nell'abitato di Incisa, in sinistra d'Arno. Il muro consente di contenere la piena duecentennale dell'Arno in sinistra idraulica nella zona dei campi sportivi nell'abitato di Incisa. Il tratto con l'opera in cemento armato si estende dal Lungarno G.Matteotti fino al ponte stradale sulla SR69, per una lunghezza complessiva di 185 m. La quota della testa muro per l'intero tratto è posta a

123.00m slm, pari al livello di progetto con un franco di 1m a monte e fino a 1.50m verso valle. L'altezza del muro è variabile: procedendo da valle verso monte si ha un'altezza nella parte iniziale di 8 m, poi un'altezza di 5 m nella parte centrale ed un'altezza di 4 m in corrispondenza dell'attacco sulla pila del ponte stradale sulla SR69. A tergo del muro, per la parte centrale, si prevede la realizzazione di un terrapieno avente funzione di mitigazione dell'impatto paesaggistico, vista anche la presenza dell'area destinata a parco urbano da parte del Comune di Figline e Incisa Valdarno. Il rilevato assolve anche la funzione di collegamento ciclopedonale tra il lungarno Matteotti ed il suddetto parco urbano.

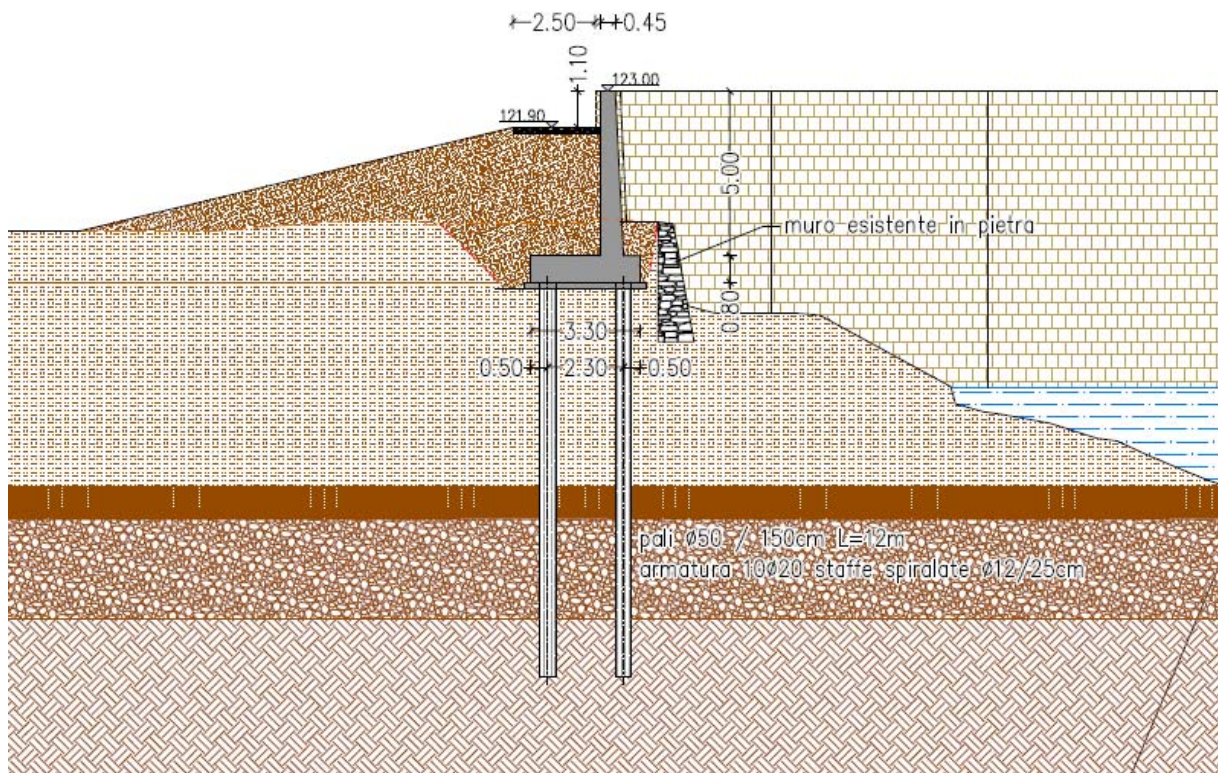


Figura 29 - Sezione tipo muro d'argine zona campi sportivi a Incisa (parte centrale)

3.4 OPERE DI RESTITUZIONE

Le quattro opere di scarico, due per ciascun modulo della cassa, provvedono allo svaso con restituzione delle acque nel fiume Arno. Esso sono dotate di una paratoia piana manovrabile in condizioni di sicurezza dalla sommità arginale.

La sicurezza ultima rispetto al sormonto arginale da parte delle acque invase è rappresentato da due soglie, una per ciascun modulo e di lunghezza 50 m, poste a quota 125,10 m s.l.m. ribassata rispetto alla sommità arginale (125,85 m s.l.m.) in modo che gli eventuali volumi d'invaso in eccesso stramazzinano a fiume.

I quattro scarichi della cassa di espansione sono stati dimensionati in funzione delle esigenze di svasso nello scenario duecentennale di durata 18 ore del fiume Arno utilizzando la modellazione idraulica riportata nella relazione idrologico-idraulica. I tempi di svasso sono presentati sempre nella relazione idrologico-idraulica. E' stato inoltre verificato che l'efficienza idraulica delle opere permettesse lo scarico della portata critica del bacino afferente per il tempo di ritorno duecentennale, pur garantendo le dimensioni minime necessarie alla manutenzione meccanizzata dei tombini. La portata di verifica con tempo di ritorno 10 anni è calcolata come nella relazione idrologico-idraulica, sommando alle portate critiche in ingresso dalle opere di presidio quelle generate all'interno dei settori di cassa per pari durata. Per gli scarichi che ricevono soltanto le acque interne, la durata critica considerata è quella relativa settore di volta in volta considerato. Le verifiche sono state condotte nella condizione di moto uniforme, utilizzando un coefficiente medio di resistenza al moto nella formulazione di Manning di $0.015 \text{ s/m}^{1/3}$ ed ipotizzando lo scarico libero.

Pertanto le opere di restituzione REPS1, REPS2 e REPN1 sono costituite da uno scatolare di luce $2 \times 2 \text{ m}$ ad eccezione dell'opera REPN2 che differisce dalle precedenti solamente per la luce dello scatolare che è $3 \times 2 \text{ m}$. La lunghezza degli scotalari è funzione dell'altezza dell'arginatura e quindi diversa per ciascuna opere di restituzione. Il tombamento è dotato di 4 taglianti antifiltrazione, uno all'inizio dell'opera lato campagna, uno alla fine lato fiume Arno ed altri 2 nella parte centrale. Al fine di consentire la realizzazione di una zona di adeguate dimensioni per la manovra dell'organo di chiusura, si prevede di realizzare un allargamento della sommità arginale lato campagna. La mannaia di chiusura dello scatolare è installata all'interno di un pozzo in cemento armato a doppia canna, pensato per consentire facilità di manovra della paratoia e di accesso al tombamento attraverso una scala a pioli posta al di fuori del flusso della corrente nello scatolare. Le aperture dei pozzi (larghe 2,50 m e lunghe 1,25 m e 1 m) sono chiuse da dei grigliati in acciaio calpestabili. I 2 muri esterni della struttura pozzo hanno altezza pari alla differenza di quota tra la sommità arginale ed il piano di fondazione dello scatolare, mentre il setto centrale arriva fino alla copertura dello scatolare. Sia dal lato del fiume che dal lato cassa verranno realizzati altri muri perpendicolari all'asse dello scatolare in corrispondenza della fine dello stesso aventi la funzione di contenimento del terreno. Sempre da entrambi i lati

dello scatolare viene realizzata una scogliera di protezione del fondo alveo e delle sponde dei canali di adduzione e di scolo.

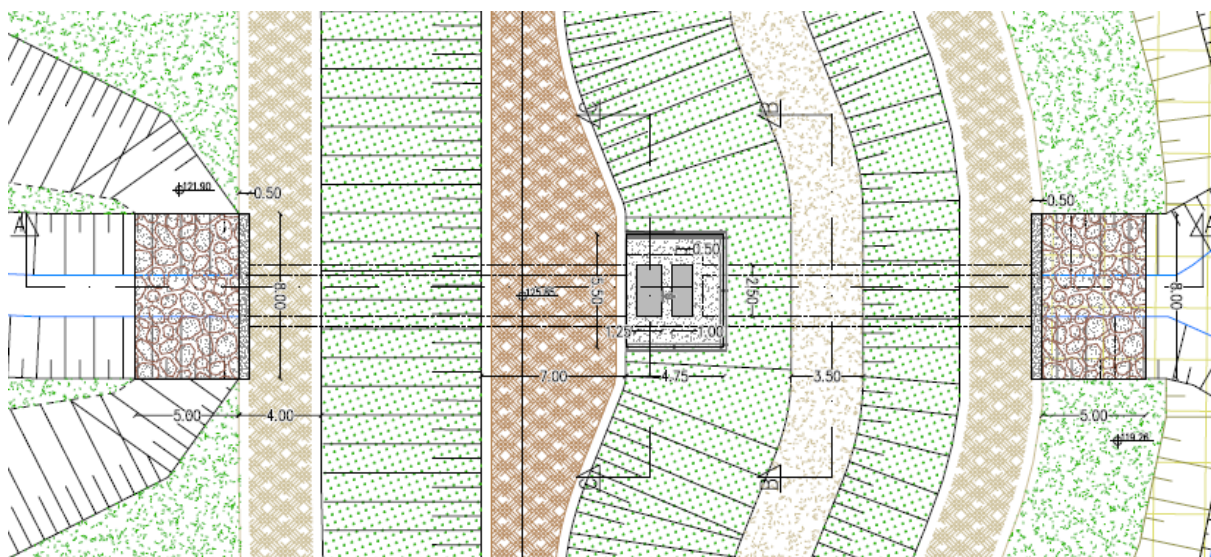


Figura 30 - Pianta di un'opera di restituzione

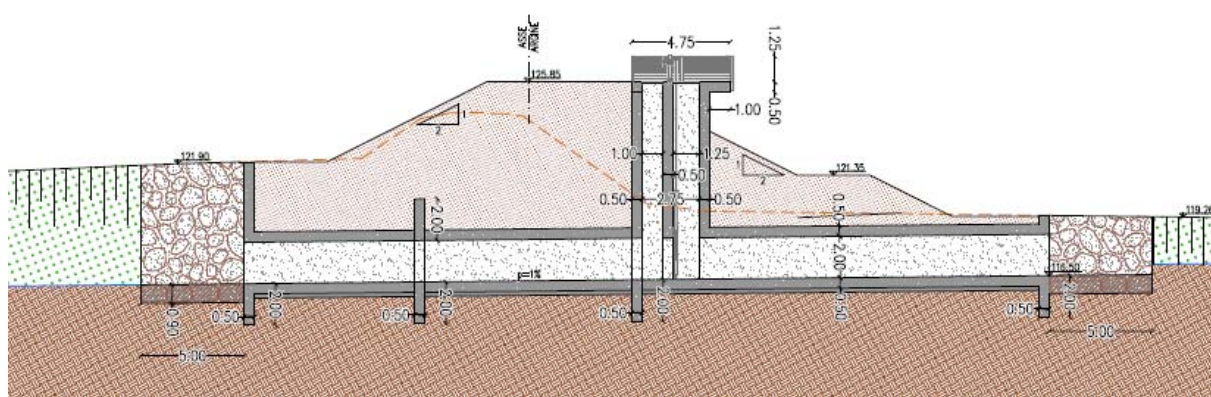


Figura 31 - Sezione longitudinale opera di restituzione

Opera	Tr [anni]	D [ore]	Q [mc/s]	Larg. [m]	Altez. [m]	Quota [m slm]	Pendenza	Battente [m]
REPS1	10	0.5	6.5	2.0	2.0	116.50	0.01	0.82
REPS2	10	0.5	2.4	2.0	2.0	117.25	0.01	0.41
REPN1	10	0.5	2.3	2.0	2.0	116.20	0.01	0.4
REPN2	10	0.5	13.4	2.0	3.0	116.00	0.5	2.16

Tabella 2: verifiche delle opere di scarico per le portate dei rispettivi bacini afferenti

3.5 OPERE DI PRESIDIO

Di analoga tipologia e dotazione impiantistica, le 7 opere di presidio: esse intercettano il reticolo minore in ingresso in cassa e quello che interseca l'arginatura in sinistra idraulica e impediscono che le acque invase nella cassa di espansione e quelle del fiume Arno esondino dal reticolo secondario nelle aree a tergo delle arginature. In condizioni ordinarie dette opere permetteranno l'ingresso dei deflussi dei bacini presenti a tergo degli argini di cassa che, raccolti in capofossi, saranno recapitati nel fiume Arno attraverso le opere di scarico. Analogo funzionamento per le 7 opere di presidio poste in sinistra idraulica del fiume Arno: il reticolo minore attraverserà l'arginatura per mezzo dell'opera di presidio e defluirà nel fiume Arno nel punto di confluenza esistente.

Il dimensionamento idraulico delle opere di presidio è funzionale a smaltire la portata critica con tempo di ritorno 200 anni del corso d'acqua su cui l'opera verrà realizzata. In alcuni casi sono state fatte delle considerazioni legate alla peculiarità del reticolo che viene intercettato che risulta tombato anche per tratti di notevole lunghezza. Per la maggior parte dei casi sono state utilizzate le formule del moto uniforme (coefficiente di scabrezza nella formulazione di Manning pari a $0.015 \text{ s/m}^{1/3}$), mentre in alcuni casi, laddove si è ritenuto necessario per una corretta valutazione dei volumi di laminazione, è stata implementata una modellazione in moto vario con HEC-RAS (per approfondimenti si veda la relazione idrologico-idraulica). Si ritiene inoltre opportuno non scendere al di sotto di 2 m di altezza e di 1,5 m di larghezza per esigenze legate alla possibilità di effettuare una manutenzione meccanizzata, ad eccezione delle opere PRSX1-PRPN1 per cui si ritiene di poter effettuare la ripulitura manuale delle basse portate in transito. Per tutti i dettagli geometrici si rimanda alla relazione idrologico idraulica.

In generale la lunghezza degli scatolari è funzione dell'altezza dell'arginatura e quindi diversa per ciascuna opere di presidio. Il tombamento è dotato di 4 taglianti antifiltrazione, uno all'inizio dell'opera lato campagna, uno alla fine lato fiume Arno ed altri 2 nella parte centrale. Al fine di consentire la realizzazione di una zona di adeguate dimensioni per la manovra dell'organo di chiusura, si prevede di realizzare un allargamento della sommità arginale lato campagna. La mannaia di chiusura dello scatolare è installata all'interno di un pozzo in cemento armato a doppia canna, pensato per consentire facilità di manovra della paratoia e di accesso al tombamento attraverso una scala a pioli posta al di fuori del flusso della corrente nello scatolare. Le aperture dei pozzi (larghe 1,50 o 2,50 m e lunghe 1,25 m e 1

m) sono chiuse da dei grigliati in acciaio calpestabili. I 2 muri esterni della struttura pozzo hanno altezza pari alla differenza di quota tra la sommità arginale ed il piano di fondazione dello scatolare, mentre il setto centrale arriva fino alla copertura dello scatolare. Sia dal lato del fiume che dal lato cassa verranno realizzati altri muri perpendicolari all'asse dello scatolare in corrispondenza della fine dello stesso aventi la funzione di contenimento del terreno. Sempre da entrambi i lati dello scatolare viene realizzata una scogliera di protezione del fondo alveo e delle sponde dei canali di adduzione e di scolo. In alcuni casi (PRSX3-4-5) dal lato campagna l'opera è collegata direttamente al tombamento di monte esistente per mezzo di muri di raccordo tra le 2 diverse sezioni dei tombamenti.

4 IMPIANTO IDROVORO

Durante la fase di esercizio della cassa di espansione si rende necessaria la chiusura delle opere di presidio PRPN2 e OPPN2 che, in condizioni ordinarie, permettono il deflusso delle acque raccolte nei bacini a tergo dell'area industriale di Pian di Rona. L'operazione si rende necessaria per impedire che le acque invase fuoriescano allagando gli edifici e la viabilità. D'altro canto è possibile che durante il periodo di chiusura dell'opera di presidio si verifichino precipitazioni nei bacini collinari, i cui deflussi ristagneranno a tergo delle arginature per intermittenza di scolo.

In conseguenza della necessità di evitare l'aggravio del rischio nell'area industriale e di garantire l'accesso all'argine di cassa anche durante il suo invaso per esigenze di sorveglianza delle opere e per eseguire eventuali interventi di emergenza, è previsto l'utilizzo di pompe idrovore. Queste solleveranno le acque stagnanti impedendo l'allagamento della viabilità necessaria a raggiungere l'argine di cassa.

Per sollevare la quantità d'acqua necessaria ad impedire l'allagamento del nucleo artigianale di Pian di Rona si prevede di realizzare una stazione di sollevamento costituita da un edificio interrato di dimensioni interne 8.50 x 8.50 m e altezza 4.40 m dove sono alloggiate 3 idrovore sommergibili, ciascuna con portata di 0.5 mc/sec alla prevalenza di 9 m, affiancate da una elettropompa sommergibile di portata compresa tra 0.3 e 0.4 mc/sec. L'impianto idrovoro è collegato al canale esterno alla cassa che drena le acque verso l'opera di presidio OPPN2 che, in corrispondenza della stazione di sollevamento, ha una quota di scorrimento di 118.60 m s.l.m. La quota del fondo della vasca di carico delle pompe è di 115.40 m s.l.m., mentre la quota della soletta di copertura è di 120.40 m s.l.m.. Tale vasca, dotata di setti di divisione per gli alloggiamenti delle pompe, è collegata al canale da uno stramazzone di lunghezza 8 m (quota di sfioro 119.00 m s.l.m.) sul quale è realizzato uno sgrigliatore. A causa della funzione emergenziale che caratterizza il sollevamento delle acque che altrimenti allagherebbero la zona industriale di Pian di Rona e visto il livello di approfondimento progettuale della fase definitiva, si è pensato di creare 5 alloggiamenti pur prevedendo 4 pompe, in modo tale da avere un margine di aumento della portata sollevabile. La parte superiore della vasca è costituita da una soletta in cemento armato della lunghezza di 5 m nella parte centrale e da 2 griglie in acciaio nelle parti laterali (una sopra le pompe ed una sopra lo sgrigliatore) in modo che la vasca sia facilmente ispezionabile da sopra, soprattutto nella zona dove sono alloggiate le elettropompe. Il grigliato soprastante le pompe è asportabile in modo tale che, in caso di necessità, esse possano essere sollevate

agganciandole ad un'autogru. Le pompe sono collegate ad una tubazione di mandata di diametro 600 mm che esce ad angolo retto dalla vasca, per poi percorrere tutto lo sviluppo del rilevato arginale di progetto, fino a scaricare all'interno della cassa d'espansione in una vasca in cemento armato posizionata nel canale al piede dell'argine. La tubazione è dotata di sistemi di ancoraggio costituiti da plinti in cemento armato a cui sono agganciate staffe di trattenuta del tubo. Le tubazioni di scarico delle pompe saranno completamente interrato, infatti il rilevato arginale, pur mantenendo la geometria di progetto, subirà un aumento di quota costante pari a 1 m in corrispondenza della tubazione lungo tutto lo sviluppo trasversale. In questa fase sono stati ipotizzati 8 ancoraggi: uno per ogni cambio di direzione della tubazione. Essi sono stati dimensionati sulla base dell'esperienza e dalla consultazione di bibliografia di settore, ma si ritiene che nelle successive fasi di progettazione debba essere approfondita la trattazione di questi plinti.

Le idrovore sommergibili sono state dimensionate in funzione della portata necessaria da sollevare e della prevalenza necessaria, nonché della tipologia di scarico e dello sviluppo della tubazione di scarico. Poste queste condizioni al contorno è stato verificato il valore del NPSH nei vari punti di lavoro, al fine di appurare l'esistenza in commercio di una pompa con queste caratteristiche. Si riporta di seguito il calcolo effettuato.

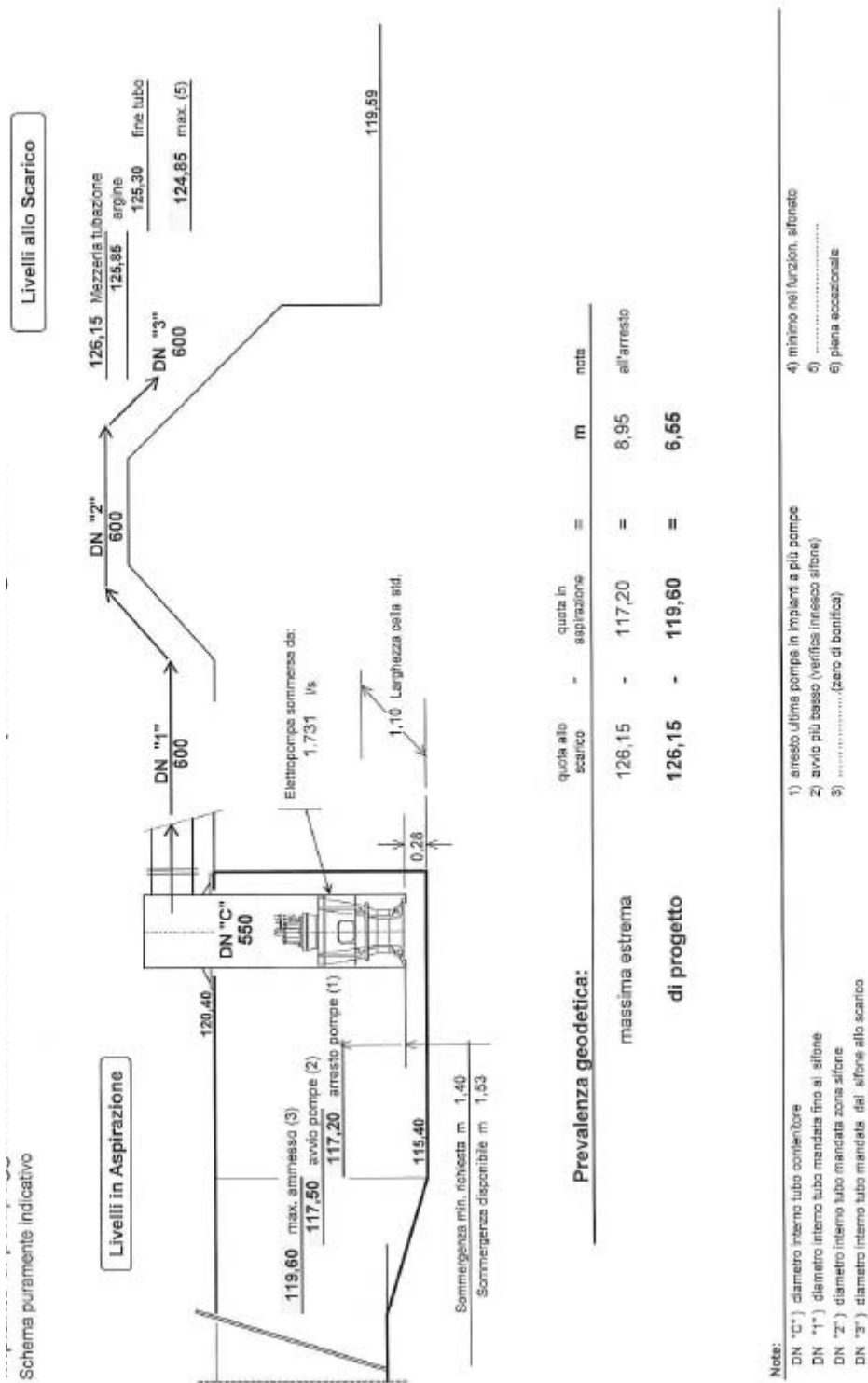


Figura 32: Schema di calcolo per il dimensionamento dell'impianto: prevalenza geodetica

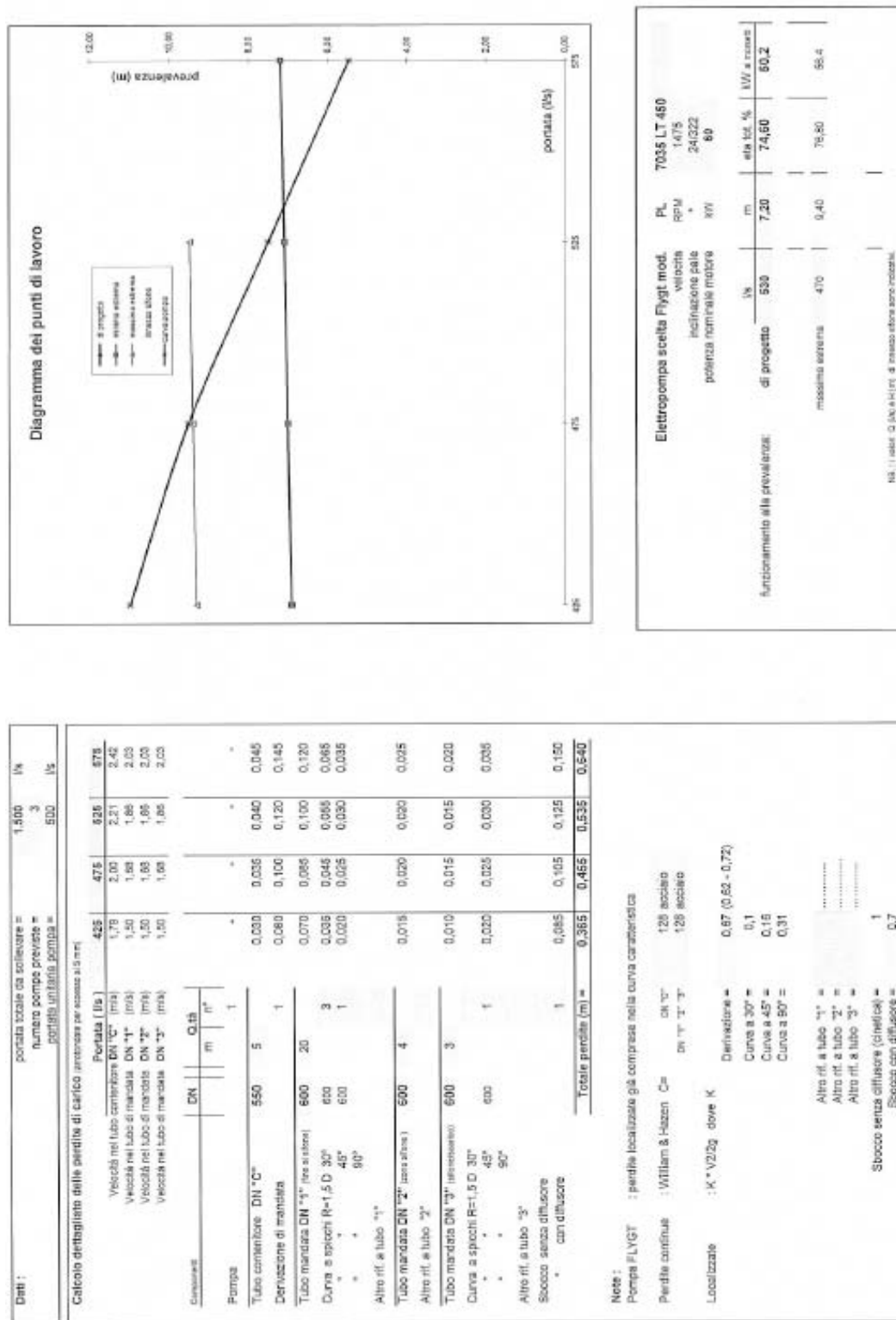


Figura 33: Schema di calcolo per il dimensionamento dell'impianto: perdite di carico e punti di lavoro

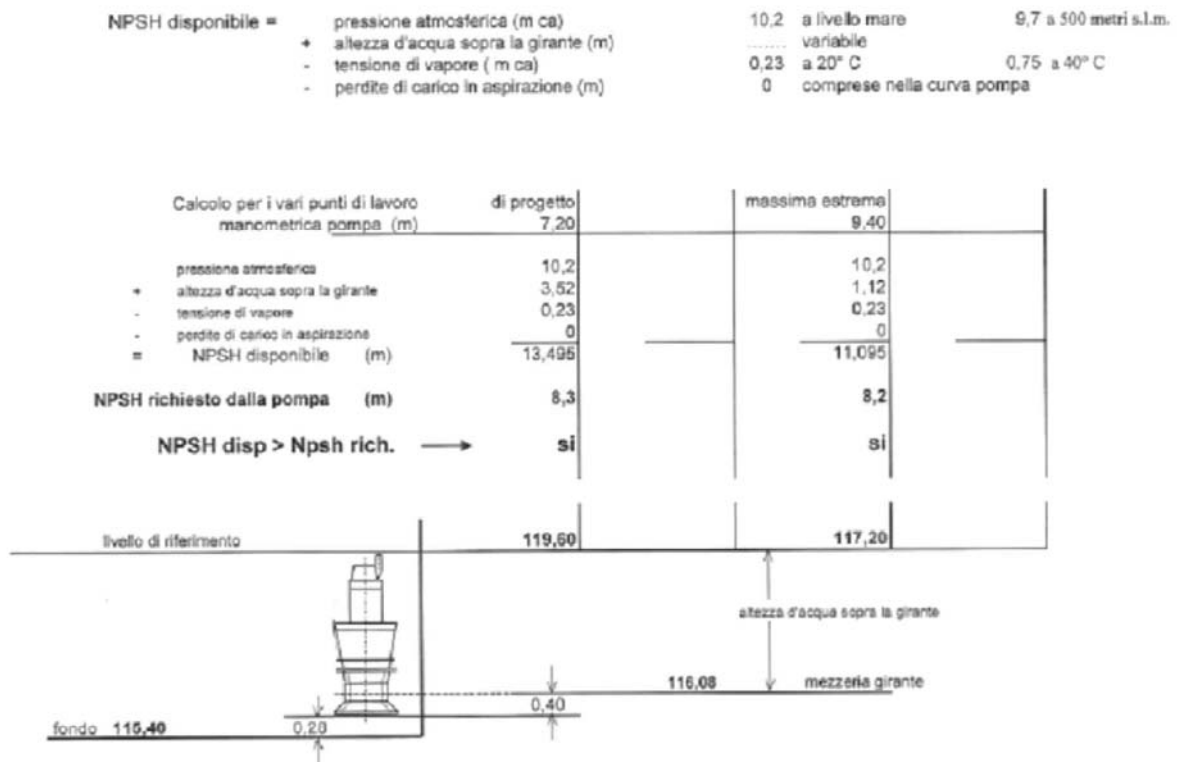


Figura 34: Schema di calcolo per la verifica di NPSH nei vari punti di lavoro della pompa

Nel suo complesso si è pensato di far funzionare queste pompe a portata variabile in modo da garantire la flessibilità di utilizzo e ridurre il numero di avviamenti per le pompe stesse: per far ciò la tipologia di avviamento delle pompe sarà in modalità **INVERTER**: per il comando delle pompe sarà previsto un controller dotato di funzioni specifiche per la gestione dei pompaggi fognari. La logica di funzionamento principale del pompaggio sarà gestita con la logica “a livello costante” in base al segnale analogico proveniente da un sensore di livello a pressione idrostatica da installare in vasca, l’impianto di pompaggio sarà inoltre dotato di un sistema di automazione d’emergenza basato su interruttori di livello a galleggiante che attiveranno le pompe in maniera automatica anche in caso di guasto del controller di gestione e/o del sensore di livello principale, garantendo così la continuità del servizio.

Per quanto concerne le caratteristiche tecniche delle pompe si è pensato a macchine con motore elettrico asincrono trifase con rotore a gabbia, protezione IP 68, isolato in classe H, per le quali sono consentiti fino a 30 avviamenti ora. Il raffreddamento del motore avviene tramite la stessa acqua sollevata. La girante ad elica a 3 pale, equilibrata staticamente e

dinamicamente, è situata in asse ad un complesso idraulico formato da un convergente di aspirazione privo di raddrizzatori di flusso e da un diffusore di mandata. Lo speciale profilo palare antintasamento è un'ulteriore garanzia al pompaggio di acqua con fibre lunghe; l'anello d'usura è in acciaio inox, munito di scanalatura elicoidale per favorire l'espulsione di materiale filamentoso. Inoltre sono presenti due tenute meccaniche, lubrificate e raffreddate da un bagno d'olio, che assicurano il perfetto isolamento tra la parte idraulica ed il motore elettrico; i cavi di alimentazione elettrica entrano nel gruppo pompa tramite appositi pressacavi in camere isolate dal vano motore.

5 OPERE ELETTROMECCANICHE

Le opere elettromeccaniche a corredo della cassa di espansione, comprendono i seguenti manufatti:

- n. 11 paratoie piane su ruote con comando a vitoni salienti da installarsi all'opera di presa in destra idraulica,
- n. 6 paratoie piane (1 a strisciamento, 5 su ruote con comando a vitoni salienti) da installarsi nelle opere di presidio in sinistra idraulica,
- n. 7 paratoie piane (1 a strisciamento, 6 su ruote con comando a vitoni salienti) da installarsi nelle opere di presidio in destra idraulica,
- n. 4 paratoie piane su ruote con comando a vitoni salienti da installarsi nelle opere di restituzione e presidio in destra idraulica,

con i relativi meccanismi e le necessarie gargamature corredate da gruppi di controllo del livello idraulico e PLC di gestione locale e remota.

La scelta di installare paratoie piane è motivata dal fatto che sono dotate di una impiantistica più semplice e di agevole manutenzione rispetto alle altre tipologie, non sono dotate di impianti oleodinamici, sono adeguatamente efficienti e di facile gestione per le esigenze di gestione delle piene, non sono soggette a particolari rischi nel caso di flusso inverso, richiedono opere civili di dimensioni compatibili.

Per l'alimentazione, il comando ed il controllo delle paratoie dell'opera di presa e delle opere di presidio e restituzione poste in destra idraulica sarà predisposta la strumentazione necessaria all'interno della casa di guardia che si trova nell'edificio sull'opera di presa. In particolare essa sarà dotata di:

- quadro elettrico di controllo per il comando e controllo di 11 paratoie dell'opera di presa con potenza installata di 1,5 kW per ogni paratoia con regolazione degli azionamenti con inverter, 7 paratoie da 3,3 ÷ 6,5 KW 400V delle opere di presidio in destra, completo di web server per telecontrollo da remoto.
- una serie di apparecchiature elettriche per la gestione locale degli impianti manufatti di Presidio,
- un gruppo elettrogeno della potenza di 50 KVA,
- un gruppo di continuità a batterie (UPS) della potenza di 10 KVA.
- impianto di illuminazione area di lavoro ed opera di presa

- impianto elettrico, luce e forza motrice e distribuzione EDP per la tele gestione dell'opera
- Impianto condizionamento e riscaldamento

Per l'alimentazione delle paratoie di presidio poste in sinistra idraulica, è prevista la realizzazione di un secondo edificio entro il quale saranno installati:

- quadro elettrico di controllo per il comando e controllo delle 6 paratoie da $3,3 \div 6,5$ KW 400V delle opere di presidio in sinistra, completo di web server per telecontrollo da remoto.
- un gruppo elettrogeno della potenza di 50 KVA,
- un gruppo di continuità a batterie (UPS) della potenza di 10 KVA.
- un impianto di illuminazione interno ed esterno,
- impianto elettrico, luce e forza motrice e distribuzione EDP per la tele gestione dell'opera
- Impianto condizionamento e riscaldamento

Infine si prevede la realizzazione degli impianti in campo ossia della rete elettrica e dati necessaria per raggiungere tutte le opera elettromeccaniche dai suddetti edifici di controllo che consiste in:

- un cavidotto interrato realizzato con 2 tubazioni corrugate da 125mm e 90mm in HDPE completa di pozzetti ispezione ogni 50mt e nastro di localizzazione posizionato a 300mm sopra ogni tubazione interrata
- cavo in fibra ottica monomodale con armatura metallica in tubo di acciaio corrugato, guaina esterna in PE, rivestimento primario della fibra da 250 μ mm, resistente alla penetrazione dell'acqua longitudinalmente e trasversalmente, 9/125 OM2 da 8 fibre.
- Impianto di telecontrollo per la gestione di tutta l'opera da entrambe le sale operative o da qualsiasi PC
- Impianto di videosorveglianza con trasmissione dati in fibra ottica con la possibilità di posizionare una telecamera IP digitale su traversa opera di presa in sx idraulica e su ogni paratoia e visualizzare in tempo reale lo stato dell'opera