



IMPIANTO	CODICE CKS
Impianto idroelettrico di Levane	GRE.OEM.R.90.IT.H.49017.09.088.00
Diga di Levane: Progetto di Sovralzo ai fini di laminazione	

DIGA DI LEVANE

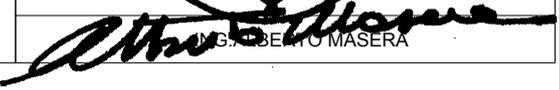
O&M Hydro Italy

Northern Central Area - Territorial Unit Lucca - UE Levane

Comune di Montevarchi - Provincia di Arezzo

PROGETTO DI SOVRALZO AI FINI DI LAMINAZIONE - PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE SUI LAVORI DI CANTIERIZZAZIONE

00	30/06/2020	Prima emissione	C. Montanelli	A. Nardi A. Masera	A. Masera
REV.	DATA	DESCRIZIONE REVISIONI	ELABORATO	VERIFICATO	APPROVATO
ELABORATO CESI N. C0009133		NOME FILE R18 Relazione sui lavori di cantierizzazione.docx	SCALA -	FOGLIO -	
NUMERO E DATA ORDINE		Ordine n. 3500053942 del 28/09/2019			
IL PROGETTISTA			  ING. ALBERTO MASERA		
	CESI S.p.A. Via Rubattino 54 I-20134 Milano - Italy Tel: +39 02 21251 Fax: +39 02 21255440 e-mail: info@cesi.it www.cesi.it				
Engineering & Environment - ISMES Division Structural & Civil Engineering					
IL COMMITTENTE		ENEL GREEN POWER ITALIA S.r.l.			
		Power Generation Italy O&M Hydro Italy Northern Central Area			
				DATA	ING. M. SESSEGO
PER PRESA VISIONE ING. RESPONSABILE			No. HYD		
DATA	ING. S. GABBRIELLI				

RAPPORTO

USO RISERVATO

APPROVATO

C0009133

Cliente ENEL Green Power S.p.A.

Oggetto DIGA DI LEVANE – Comuni di Montevarchi e Terranuova Bracciolini (AR)
Progetto di soprizzo ai fini di laminazione - Progetto Definitivo
Relazione sui lavori di cantierizzazione

Ordine Attivazione a Contratto Aperto n. 3500053942 da Contratto Aperto di Servizi
8400140386 del 7/05/19

Note Rev. 00 – WBS A1300002142 – Lettera trasmissione C0009658

Timbro professionale: Ing. Alberto Masera, dipendente CESI, incarico interno
B9024256 del 05/12/2019

La parziale riproduzione di questo documento è permessa solo con l'autorizzazione scritta del CESI.

N. pagine 88 **N. pagine fuori testo** 0

Data 30/06/2020

Elaborato STC - Montanelli Cesare

C0009133 115002 ALT

Verificato INE - Masera Alberto, INE - Nardi Andrea

C0009133 114993 VER

C0009133 3011309 VER

Approvato INE - Masera Alberto (Project Manager)

C0009133 114993 APP

CESI S.p.A.

Via Rubattino 54
I-20134 Milano - Italy
Tel: +39 02 21251
Fax: +39 02 21255440
e-mail: info@cesi.it
www.cesi.it

Capitale sociale € 8.550.000 interamente versato
C.F. e numero iscrizione Reg. Imprese di Milano 00793580150
P.I. IT00793580150
N. R.E.A. 429222

© Copyright 2020 by CESI. All rights reserved

Pag. 1/88

Indice

1	PREMESSA	4
1.1	Riferimenti normativi	4
1.2	Riferimenti bibliografici	5
1.3	Elaborati progettuali.....	5
2	CANTIERIZZAZIONE	8
2.1	Elenco degli interventi in progetto.....	8
2.2	Accessibilità alle aree di cantiere	13
2.2.1	Accesso in sponda sinistra.....	13
2.2.2	Nuova pista di cantiere in sponda sinistra	14
2.2.3	Accesso in sponda destra	14
2.3	Macro-fasi di esecuzione degli interventi	18
2.3.1	Attività preliminari	18
2.3.2	Fase 1.....	18
2.3.3	Fase 2.....	27
2.3.4	Fase 3.....	38
2.3.5	Fase 4.....	43
3	PROGRAMMA TEMPORALE DELLE ATTIVITÀ	62
4	GESTIONE DELLE TERRE DI SCAVO E DEI MATERIALI DA DEMOLIZIONE	65
5	FABBISOGNI DI RISORSE	65
6	MEZZI D’OPERA E TRAFFICO INDOTTO	66
7	DEMOLIZIONI	67
7.1	Abbattimento delle polveri	67
7.2	Impatto acustico.....	67
8	MATERIALI DA COSTRUZIONE	68
9	CALCESTRUZZI	68
9.1	Aggregati	68
9.2	Cementi	69
9.3	Additivi	70
9.4	Acqua.....	70
9.5	Calcestruzzo: MIX DESIGN	70
9.6	Getti massicci: Mix Design calcestruzzo tipo 1.....	71
9.7	Stima del soprizzo termico dei getti massicci previsti a Levane secondo ACI	72
9.8	Produzione, trasporto e posa del calcestruzzo in opera	79
9.8.1	Produzione.....	79
9.8.2	Trasporto	79
9.8.3	Posa in opera	80
9.9	Controllo temperatura calcestruzzo in fase di idratazione	80
9.10	Protocollo di controllo della qualità del calcestruzzo	80
9.11	Laboratorio sperimentale per le prove sui materiali in cantiere	81

10	ALTRI MATERIALI.....	81
10.1	Malte	81
10.2.7	Malte speciali	81
10.2.8	Giunti e tenute	82
10.2.9	Profilati di PVC.....	82
11	MATERIALI METALLICI	83
11.1.1	Acciaio per calcestruzzo armato.....	83
11.1.2	Acciaio da carpenteria	83
12	RIPRISTINO AREE.....	83
12.1	Strade	83
12.2	Area di deposito temporaneo	84
12.3	Area di cantiere logistica	84
13	LINEE GUIDA PER LA REDAZIONE DEL PIANO DI SICUREZZA E COORDINAMENTO E PRIME INDICAZIONI IN MATERIA DI SICUREZZA	84
13.1	Identificazione degli interventi.....	85
13.2	Analisi dei rischi e valutazione delle misure preventive	86
13.3	Costi per la sicurezza	88

STORIA DELLE REVISIONI

Numero revisione	Data	Protocollo	Lista delle modifiche e/o dei paragrafi modificati
00	30/06/2020	C0009133	Prima emissione

1 PREMESSA

Il sopralzo della diga di Levane è inserito nel Piano di Bacino del Fiume Arno tra gli interventi di mitigazione del rischio idraulico della città di Firenze. Dal sopralzo è atteso un volume utile di 9,5Mmc per la laminazione della piena di progetto.

Nell'ottobre del 2015 ENEL ha predisposto il progetto definitivo dell'intervento di sopralzo e lo ha inviato all'autorità di controllo Direzione Generale Dighe del Ministero delle Infrastrutture e Trasporti (DGD).

Nell'agosto del 2017, acquisito anche il parere del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici,

DGD ha richiesto integrazioni al progetto necessarie per l'approvazione.

CESI è stata incaricata dal Concessionario Enel Green Power di completare, integrare e revisionare il progetto ENEL 2015 di sopralzo della diga, adempiendo alle prescrizioni DGD inerenti alla diga e le sue spalle.

L'azione progettuale di CESI terrà conto dei risultati ottenuti dalla sperimentazione su modello fisico degli effetti delle piene di riferimento attraverso lo sfioratore condotta dall'Università di Firenze per le specifiche necessità di progetto.

La presente relazione è relativa alle opere di cantierizzazione degli interventi in progetto.

1.1 Riferimenti normativi

Opere civili

- [1] Ministero delle Infrastrutture e dei trasporti, Decreto Ministeriale 6 giugno 2014: Norme tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta (dighe e traverse)
- [2] Ministero delle Infrastrutture e dei trasporti 17 gennaio 2018, Norme Tecniche per le Costruzioni

Calcestruzzi

- [3] UNI 11104: Calcestruzzo. Specificazione, prestazione, produzione e conformità (istruzioni complementari per l'applicazione della UNI EN 206-1.
- [4] UNI EN 206: Calcestruzzo: Specificazioni, prestazione, produzione e conformità
- [5] UNI EN 197: Cemento – Composizione, specificazione, prestazione, produzione e conformità.
- [6] UNI 8520-2 Aggregati per confezione di calcestruzzi - Requisiti
- [7] UNI EN 12620: Aggregati per calcestruzzo
- [8] UNI EN 1008 Acqua d'impasto per il calcestruzzo: Specifiche di campionamento, di prova e di valutazione dell'idoneità dell'acqua come acqua d'impasto del calcestruzzo.

- [9] EN 934-2 Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione. Additivi per calcestruzzo. Definizioni, requisiti, conformità, marcatura ed etichettatura.

Terre e rocce da scavo

- [10] D.P.R. 120/2017 del 13 giugno 2017 Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164 (G.U. n. 183 del 7 agosto 2017)
- [11] Decreto Legislativo 152/2006 e ss.mm. ii
- [12] UNI 10802 Rifiuti. Rifiuti liquidi, granulari, pastosi e fanghi. Campionamento manuale e preparazione ed analisi degli eluati. Ottobre 2004

Sicurezza

- [13] D.LGS 9 aprile 2008 n.81 "Testo unico sulla sicurezza".

1.2 Riferimenti bibliografici

- [14] ACI Guide to Mass Concrete Reported by ACI Committee 207, 1 dicembre 2005 ACI207.1R-05
- [15] ACI Report on Thermal and Volume Change Effects on Cracking of Mass Concrete, settembre 2007 ACI207.2R-07
- [16] LINEE GUIDA PER LA MESSA IN OPERA DEL CALCESTRUZZO STRUTTURALE Servizio Tecnico Centrale del CSLPP Settembre 2017

1.3 Elaborati progettuali

- | | | |
|--|----------|---|
| [17] GRE.OEM.R.90.IT.H.49017.09.007.00 | C0004802 | Nota preliminare sulle opere elettromeccaniche - Stato di fatto |
| [18] GRE.OEM.R.90.IT.H.49017.09.008.00 | C0001381 | Relazione stato di fatto opere civili |
| [19] GRE.OEM.R.90.IT.H.49017.09.009.00 | C0007830 | Prove di laboratorio geotecnico e geomeccanico |
| [20] GRE.OEM.R.90.IT.H.49017.09.010.00 | C0006135 | Indagini geognostiche 2019 |
| [21] GRE.OEM.R.90.IT.H.49017.09.011.00 | C0006347 | Relazione geologica |
| [22] GRE.OEM.R.90.IT.H.49017.09.012.00 | C0006278 | Relazione idraulica |
| [23] GRE.OEM.R.90.IT.H.49017.09.013.00 | C0009671 | Relazione generale sugli interventi |
| [24] GRE.OEM.R.90.IT.H.49017.09.014.00 | C0010055 | Relazione tecnica opere elettromeccaniche |
| [25] GRE.OEM.R.90.IT.H.49017.09.015.00 | C0010056 | Specificazione tecnica di fornitura opere elettromeccaniche |
| [26] GRE.OEM.R.90.IT.H.49017.09.016.00 | C0010057 | Paratoie scarico di superficie - Relazione di calcolo |
| [27] GRE.OEM.R.90.IT.H.49017.09.017.00 | C0010058 | Paratoie opera di presa - Relazione di calcolo |
| [28] GRE.OEM.R.90.IT.H.49017.09.018.00 | C0010059 | Opere elettromeccaniche - Analisi costi fornitura e posa in opera |
| [29] GRE.OEM.R.90.IT.H.49017.09.019.00 | C0005890 | Relazione strutturale |

RAPPORTO

USO RISERVATO

APPROVATO

C0009133

[30]GRE.OEM.R.90.IT.H.49017.09.020.00	C0007055	Relazione verifica elementi in c.a. e muri d'ala
[31]GRE.OEM.R.90.IT.H.49017.09.021.00	C0006282	Verifica sismica della scala a chiocciola
[32]GRE.OEM.R.90.IT.H.49017.09.022.00	C0006345	Relazione di caratterizzazione geomeccanica e geotecnica
[33]GRE.OEM.R.90.IT.H.49017.09.023.00	C0010029	Relazione illustrativa delle opere da realizzare per la chiusura idraulica del sopralzo della spalla sinistra
[34]GRE.OEM.R.90.IT.H.49017.09.088.00	C0009133	Relazione sui lavori di cantierizzazione
[35]GRE.OEM.R.90.IT.H.49017.09.089.00	C0010064	Computo metrico estimativo delle opere civili
[36]GRE.OEM.R.90.IT.H.49017.09.090.00	C0010090	Relazione illustrativa e di calcolo delle opere provvisoriale da realizzare in spalla sinistra
[37]GRE.OEM.D.90.IT.H.49017.09.027.00	C0001218	Corografia 1:25000
[38]GRE.OEM.D.90.IT.H.49017.09.028.00	C0001218	Corografia 1:10000
[39]GRE.OEM.D.90.IT.H.49017.09.029.00	C0001218	-
[40]GRE.OEM.D.90.IT.H.49017.09.030.00	C0001218	Planimetria generale - CONSISTENZA
[41]GRE.OEM.D.90.IT.H.49017.09.031.00	C0001218	Prospetto di monte - CONSISTENZA
[42]GRE.OEM.D.90.IT.H.49017.09.032.00	C0001218	Prospetto di valle - CONSISTENZA
[43]GRE.OEM.D.90.IT.H.49017.09.033.00	C0001218	Sezione longitudinale da monte - CONSISTENZA
[44]GRE.OEM.D.90.IT.H.49017.09.034.00	C0001218	Scarico di superficie - Pianta a quota 169 m - CONSISTENZA
[45]GRE.OEM.D.90.IT.H.49017.09.035.00	C0001218	Scarico di superficie - Sezioni soglia sfiorante destra e pila centrale - CONSISTENZA
[46]GRE.OEM.D.90.IT.H.49017.09.036.00	C0001218	Scarico di superficie - Sezione soglia sinistra - CONSISTENZA
[47]GRE.OEM.D.90.IT.H.49017.09.037.00	C0001218	Parte sinistra - Sezione longitudinale in asse al cunicolo di ispezione - CONSISTENZA
[48]GRE.OEM.D.90.IT.H.49017.09.038.00	C0001218	Parte sinistra - Sezioni trasversali diga a gravità - CONSISTENZA
[49]GRE.OEM.D.90.IT.H.49017.09.039.00	C0001218	Centrale idroelettrica - Pianta a quota 169 m - CONSISTENZA
[50]GRE.OEM.D.90.IT.H.49017.09.040.00	C0001218	Centrale idroelettrica - Sezioni A-A' e B-B' - CONSISTENZA
[51]GRE.OEM.D.90.IT.H.49017.09.041.00	C0001218	Centrale idroelettrica - Accesso alle paratoie di presa - CONSISTENZA
[52]GRE.OEM.D.90.IT.H.49017.09.042.00	C0001218	Viste e sezioni paratoie di scarico - Stato di fatto (progetto RIVA CALZONI)
[53]GRE.OEM.D.90.IT.H.49017.09.043.00	C0001218	Viste e sezioni opere di presa - Stato di fatto (progetto RIVA CALZONI)

RAPPORTO

USO RISERVATO

APPROVATO

C0009133

[54]	GRE.OEM.D.90.IT.H.49017.09.044.00	C0001218	Condotta forzata centralina "Battagli": Profilo longitudinale, planimetria e sezione trasv. tipo. Stato attuale
[55]	GRE.OEM.D.90.IT.H.49017.09.045.00	C0001218	Planimetria generale - PROGETTO
[56]	GRE.OEM.D.90.IT.H.49017.09.046.00	C0001218	Prospetto di monte - PROGETTO
[57]	GRE.OEM.D.90.IT.H.49017.09.047.00	C0001218	Prospetto di valle - PROGETTO
[58]	GRE.OEM.D.90.IT.H.49017.09.048.00	C0001218	Sezione longitudinale da monte - PROGETTO
[59]	GRE.OEM.D.90.IT.H.49017.09.049.00	C0001218	Scarico di superficie - Pianta a quota 170 m - PROGETTO
[60]	GRE.OEM.D.90.IT.H.49017.09.050.00	C0001218	Scarico di superficie - Pianta a quota 175 m - PROGETTO
[61]	GRE.OEM.D.90.IT.H.49017.09.051.00	C0001218	Scarico di superficie - Sezioni soglia sfiorante destra e pila centrale - PROGETTO
[62]	GRE.OEM.D.90.IT.H.49017.09.052.00	C0001218	Scarico di superficie - Sezione soglia sinistra - PROGETTO
[63]	GRE.OEM.D.90.IT.H.49017.09.053.00	C0001218	Parte sinistra - Sezione longitudinale in asse al cunicolo di ispezione - PROGETTO
[64]	GRE.OEM.D.90.IT.H.49017.09.054.00	C0001218	Parte sinistra - Sezioni trasversali diga a gravità - PROGETTO
[65]	GRE.OEM.D.90.IT.H.49017.09.055.00	C0001218	Sovralzo spalla destra
[66]	GRE.OEM.D.90.IT.H.49017.09.056.00	C0001218	Spostamento locali tecnici spalla destra
[67]	GRE.OEM.D.90.IT.H.49017.09.057.00	C0001218	Planimetria illuminazione e polifore - PROGETTO
[68]	GRE.OEM.D.90.IT.H.49017.09.058.00	C0001218	Sistema di monitoraggio - PROGETTO
[69]	GRE.OEM.D.90.IT.H.49017.09.059.00	C0001218	Strada di accesso alla diga - Planimetria, pianta e sezioni - PROGETTO
[70]	GRE.OEM.D.90.IT.H.49017.09.060.00	C0001218	Parte destra – Particolari giunti di tenuta - PROGETTO
[71]	GRE.OEM.D.90.IT.H.49017.09.061.00	C0001218	Parte sinistra - Giunti e particolari - PROGETTO
[72]	GRE.OEM.D.90.IT.H.49017.09.062.00	C0001218	Paratoie di scarico - Viste e sezioni d'assieme
[73]	GRE.OEM.D.90.IT.H.49017.09.063.00	C0001218	Paratoie di scarico - Pianta d'assieme
[74]	GRE.OEM.D.90.IT.H.49017.09.064.00	C0001218	Paratoie di scarico - Assieme argani
[75]	GRE.OEM.D.90.IT.H.49017.09.065.00	C0001218	Paratoie di scarico - Paratoia inferiore assemblata
[76]	GRE.OEM.D.90.IT.H.49017.09.066.00	C0001218	Paratoie di scarico - Studio sequenza di installazione
[77]	GRE.OEM.D.90.IT.H.49017.09.067.00	C0001218	Paratoie di scarico - Paratoia superiore
[78]	GRE.OEM.D.90.IT.H.49017.09.068.00	C0001218	Paratoie di scarico - Gargami
[79]	GRE.OEM.D.90.IT.H.49017.09.069.00	C0001218	Opere di presa - Viste e sezioni

RAPPORTO

USO RISERVATO

APPROVATO

C0009133

[80]GRE.OEM.D.90.IT.H.49017.09.070.00	C0001218	Opere di presa - Paratoia piana su ruote per turbina da 30 mc
[81]GRE.OEM.D.90.IT.H.49017.09.071.00	C0001218	Opera di presa - Paratoia piana su ruote per turbina da 70 mc
[82]GRE.OEM.D.90.IT.H.49017.09.072.00	C0001218	Opera di presa - Gargami paratoia piana su ruote per turbina da 30 mc
[83]GRE.OEM.D.90.IT.H.49017.09.073.00	C0001218	Opera di presa - Gargami paratoia piana su ruote per turbina da 70 mc
[84]GRE.OEM.D.90.IT.H.49017.09.074.00	C0001218	Opera di presa - Schema oleodinamico
[85]GRE.OEM.D.90.IT.H.49017.09.075.00	C0001218	Opera di presa - Griglia di presa e lay-out sgrigliatore
[86]GRE.OEM.D.90.IT.H.49017.09.076.00	C0001218	Condotta forzata e by-pass centralina "Battagli"
[87]GRE.OEM.D.90.IT.H.49017.09.077.00	C0001218	Nuovo Sgrigliatore - Opere civili
[88]GRE.OEM.D.90.IT.H.49017.09.078.00	C0001218	Strada di accesso al cantiere
[89]GRE.OEM.D.90.IT.H.49017.09.079.00	C0001218	Concio spalla sinistra . Fasi esecutive
[90]GRE.OEM.D.90.IT.H.49017.09.080.00	C0001218	Condotta forzata "Battagli" - opere civili
[91]GRE.OEM.D.90.IT.H.49017.09.081.00	C0001218	Sovralzo spalla sinistra - foglio 1
[92]GRE.OEM.D.90.IT.H.49017.09.082.00	C0001218	Sovralzo spalla sinistra - foglio 2
[93]GRE.OEM.D.90.IT.H.49017.09.083.00	C0001218	Spalla sinistra - opere di completamento - foglio 1
[94]GRE.OEM.D.90.IT.H.49017.09.084.00	C0001218	Spalla sinistra - opere di completamento - foglio 1
[95]GRE.OEM.D.90.IT.H.49017.09.085.00	C0001218	Cantierizzazione - Fasi esecutive - foglio 1
[96]GRE.OEM.D.90.IT.H.49017.09.086.00	C0001218	Cantierizzazione - Fasi esecutive - foglio 2
[97]GRE.OEM.D.90.IT.H.49017.09.098.00	C0001218	Strade di accesso alle aree di cantiere
[98]GRE.OEM.D.90.IT.H.49017.09.099.00	C0001218	Planimetria catastale opere in progetto

2 CANTIERIZZAZIONE

2.1 Elenco degli interventi in progetto

Si riporta di seguito l'elenco sintetico delle principali attività in progetto, suddivise per aree d'intervento. Il dettaglio delle macro-fasi realizzative e la descrizione esecutiva delle lavorazioni, sono riportate nei paragrafi successivi.

Attività preliminari

- Acquisizione della disponibilità dell'area di manovra in corrispondenza della diramazione dalla Strada provinciale Lungo Arno per Via Villaggio Enel.
- Acquisizione aree di stoccaggio temporaneo materiali di risulta dagli scavi.

- Adeguamento viabilità di accesso in sponda sinistra.
- Eventuali adeguamenti viabilità in sponda destra.
- Rimozione allacciamenti elettrici interferenti con i lavori sulla diga a gravità e realizzazione allacciamenti provvisori alla diga, alle centrali, e alla rete MT.

Preparazione aree di cantiere

- Allestimento area di cantiere.
- Nuova pista di accesso al terrapieno a q. 161m s.l.m.
- Spostamento gruppo elettrogeno.

Attività da eseguire sulla porzione destra della diga in corrispondenza della Centrale

- Smontaggi e demolizioni murature:
 - smontaggio e allontanamento dal cantiere delle apparecchiature elettriche e della struttura in carpenteria metallica dello sgrigliatore.
 - smontaggio e allontanamento dal cantiere dei parapetti e delle altre carpenterie metalliche interferenti con le opere
 - spostamento delle batterie dal locale esistente in prossimità della spalla destra della diga.
 - demolizione e rimozione delle macerie del locale in muratura dove sono alloggiato le batterie
- Chiusura idraulica della diga in sponda destra:
 - rimozione delle reti e delle funi di contenimento del pendio;
 - scavo in roccia per prolungamento del coronamento;
 - sistemazione del fronte di scavo con reti e funi.
- Sostituzione griglia dell'opera di presa della centrale con preventiva messa in sicurezza mediante un sistema di panconatura ad aghi:
 - preparazione della soglia a monte della griglia fissata alla diga con personale sommozzatore;
 - installazione delle travi di appoggio con asportazione (sollevamento e/o taglio con cannello) preventiva delle parti della griglia esistente che intralciano l'operazione;
 - installazione degli aghi e del telo di tenuta;
 - sfilamento della griglia esistente (composta di pannelli smontabili) eventualmente sezionamento con il cannello;
 - esecuzione degli interventi ai gargami delle 5 paratoie (costituiti da 4 pezzi da sfilare);
 - posizionamento a pezzi del nuovo gargame di soglia della nuova griglia (si tratta di un gargame di appoggio, non di tenuta);
 - completamento dello smontaggio delle griglie (parte rimanente);
 - esecuzione delle opere civili compresa la soglia superiore delle nuove griglie;
 - installazione delle nuove griglie e degli scivoli dello sgrigliatore;
 - asportazione degli aghi e delle travi porta aghi;
 - installazione del nuovo sgrigliatore e taratura sicurezza salita, discesa, ecc.
- Sostituzione paratoie dell'opera di presa della Centrale:

- smontaggio apparecchiature elettro-meccaniche, circuiti oleodinamici e centraline paratoie opera di presa;
- smontaggio paratoie opera di presa esistenti per singola luce e relativi impianti di comando e controllo;
- montaggio nuove paratoie e relativi impianti di comando e controllo;
- installazione apparecchi di misura e controllo diga e paratoie di scarico.
- Sopralzo del coronamento:
 - demolizione superficiale del calcestruzzo del coronamento; esecuzione giunto orizzontale e adeguamento del giunto esistente in adiacenza all'opera di scarico;
 - esecuzione ancoraggi di ripresa nei setti dei vani delle paratoie per il sopralzo di 5m e della parete del giunto da rendere solidale con la struttura dello scarico della diga;
 - getto in calcestruzzo del sopralzo a conci alternati; completamento del coronamento con i parapetti.
- Installazione nuovo sgrigliatore e relativo impianto dei materiali sgrigliati.
- Nuovo fabbricato con locale batterie e adeguamenti locali Centrale:
 - realizzazione soletta in c.a. per il nuovo fabbricato;
 - costruzione nuovo fabbricato;
 - adeguamento degli accessi alla centrale.
- Impianti e finiture:
 - finitura pavimentazione diga;
 - impianti di illuminazione e di potenza;
 - completamenti e finiture.

Attività da eseguire sulla porzione della diga in corrispondenza dell'opera di scarico

- Sostituzione paratoie opera di scarico:
 - messa in opera dei panconi alternati sulle due luci di scarico;
 - parziale demolizione della zona a monte delle pile per inserimento delle paratoie;
 - rimozione delle paratoie dello scarico di superficie;
 - rifacimento dei gargami;
 - sostituzione delle paratoie sullo scarico di superficie per singola luce;
 - ripristino della demolizione della zona a monte delle pile dopo l'inserimento delle paratoie;
 - opere elettromeccaniche e civili per adeguamento apparecchiature sul castello di manovra;
 - rimozione panconi e spostamento in area non interferente con le lavorazioni.
- Sopralzo del coronamento:
 - demolizioni superficiali muri d'ala e pila centrale;
 - demolizione passerella del coronamento, rimozione cavidotti e tubi olio;
 - esecuzione ancoraggi per i nuovi getti, casseri, armature;
 - getto in calcestruzzo del sopralzo del muro d'ala in sinistra e della pila centrale sul lato monte e valle.
- Nuova passerella prefabbricata:

- realizzazione nuova passerella prefabbricata in c.a.;
 - parapetti e finiture.
- Impianti e finiture:
 - installazione apparecchiature per monitoraggio livelli d'invaso;
 - impianti, completamenti e finiture.
- Intervento di chiusura dello scarico di esaurimento a monte:
 - nel cunicolo posa di un sarcofago metallico attorno alla saracinesca e iniezioni di resine. Da valle, pulizia e riempimento di cemento dallo scarico di valle fino alla saracinesca;
 - in alternativa, installazione di una perforatrice sulla soglia dello scarico di superficie a valle dei panconi. Esecuzione di 3 perforazioni verticali parallele e longitudinali (destra - sinistra) fino ad intercettare il tubo di scarico a monte del cunicolo. Se necessario una ulteriore perforazione a valle delle 3 precedenti in asse del tubo di scarico. Riempimento con calcestruzzo quindi taglio del tubo dello scarico nel cunicolo e inghisaggio del tratto di monte.

Attività da eseguire sulla porzione sinistra della diga

- Rimozioni per preparazione dell'area:
 - rimozione della struttura di movimentazione dei panconi dello scarico;
 - rimozione della cabina MT esistente sul piazzale a q. 161,00 m s.l.m.
- Sostituzione paratoia di presa della Centralina Battagli:
 - rimozione e sostituzione della griglia e del cono di imbocco sul paramento di monte della diga
 - rimozione e sostituzione della paratoia di presa a valle;
- Consolidamenti e scavi sulla sponda sinistra:
 - realizzazione paratia provvisoria di micropali dalla q. 161,00 m s.l.m. a protezione dello scavo;
 - realizzazione doppia paratia micropali di chiusura contro roccia della spalla sinistra;
 - esecuzione di jet grouting a valle della paratia di micropali;
 - scavo tra la paratia di micropali e il paramento della diga;
 - trasporto del materiale di risulta nell'area di stoccaggio temporaneo e dell'eccedenza a discarica.
- Sostituzione della condotta adduttrice della Centralina Battagli:
 - Posa del tratto A della condotta adduttrice: dalla Centralina Battagli alla cortina di jet grouting.
 - Posa del tratto B: attraversamento della cortina di jet grouting.
 - Posa del tratto C: dal paramento della diga alla paratia provvisoria di micropali.
 - Realizzazione della camera per il giunto di smontaggio e del relativo accesso.
 - Opere di adeguamento del sistema di adduzione della Centralina Battagli.
- Sopralzo e appesantimento della porzione di diga in sponda sinistra:
 - demolizione del coronamento fino alla q. 167,80m s.l.m.;
 - pulizia e preparazione della superficie del paramento di valle;
 - getto dello zoccolo di fondazione;
 - getto del calcestruzzo con inizio dal concio 1 e di seguito alternativamente gli altri (dal

- fiume verso la sponda sinistra);
- rinterro dello scavo;
- adeguamento dei giunti sul coronamento (posa lamierino, applicazione guaina fra conci, ecc.).
- Completamento soprizzo del coronamento e opera accessorie:
 - costruzione della strada di accesso al coronamento a q. 174m s.l.m.;
 - opere di adeguamento dell'accesso al cunicolo;
 - collegamento d'angolo del coronamento in sinistra con la nuova passerella nella parte centrale della diga;
 - Posa parapetti, collegamento diga all'impianto elettrico;
 - realizzazione del box e della passerella di accesso al locale pendolo
 - realizzazione di drenaggi e piezometri nel cunicolo della diga;
 - completamenti e finiture.
- Ripristino delle strutture demolite:
 - realizzazione nuova cabina MT;
 - installazione della nuova struttura di collocazione dei panconi dello scarico.

Impianti e opere accessorie

- Realizzazione impianto di illuminazione e monitoraggio della diga.
 - Realizzazione nuovo impianto di potenza e illuminazione della diga;
 - Integrazione e adeguamento sistema di monitoraggio.

Restituzione delle aree

- Ripristini e smobilizzo del cantiere

Prima dell'inizio dei lavori tutte le misure e le quote riportate sugli elaborati dovranno essere verificate in sito.

Durante le fasi delle lavorazioni dovranno essere adottate tutte le misure di cautela necessarie per non danneggiare parti della diga e delle strutture esistenti.

Le attività di cantiere non prevedono limitazioni al transito sulla viabilità ordinaria esistente, ad eccezione dei trasporti eccezionali riferibili prevalentemente ai componenti delle paratoie.

Durante l'esecuzione dei lavori, si prevede di mantenere operativo il sistema di monitoraggio della diga esistente.

Mentre si lavora su una porzione della diga, gli strumenti sulle altre porzioni resteranno in esercizio: per esempio mentre si lavora in destra, i pendoli in centro e in sinistra continueranno la loro misurazione; conclusi i lavori in destra sarà predisposto anche il relativo sistema di monitoraggio definitivo e si potrà operare quindi allo stesso modo sulla porzione centrale e poi sinistra della diga.

Si prevede inoltre di installare un sistema topografico dell'intera opera durante i lavori, che diventerà definitivo alla conclusione degli interventi.

Per il controllo della temperatura del calcestruzzo durante le fasi di getto, saranno utilizzati dei sensori a perdere inseriti nei getti.

La sostituzione delle paratoie sarà eseguita dopo lo svuotamento del bacino; le altre lavorazioni, in particolare quelle sulla porzione sinistra della diga, saranno eseguite con un livello d'invaso ridotto

(indicativamente 3m sotto la quota di massima regolazione), mediante l'utilizzo della Centrale o con l'azionamento delle paratoie di scarico.

È previsto l'utilizzo dell'invaso di "La Penna" per laminare le eventuali piene in arrivo da monte, durante le fasi di cantiere.

Nel corso degli interventi sono infatti possibili eventi meteorici intensi che possono generare piene e che potrebbero rendere necessaria l'evacuazione rapida dalle aree interessate dai lavori; a tale scopo si dovrà stabilire una procedura di allertamento per l'evacuazione delle aree di lavoro in caso di significativi eventi di piena.

2.2 Accessibilità alle aree di cantiere

2.2.1 Accesso in sponda sinistra

La diga di Levane è raggiungibile in sponda sinistra dalla viabilità ordinaria che conduce all'omonimo insediamento urbano, uscendo al casello "Valdarno" dell'autostrada A1 e percorrendo in direzione Montevarchi-Arezzo, la Strada Provinciale Lungo Arno.

Dalla sopra citata Strada Provinciale (provenendo da Terranuova), in corrispondenza della località Acquaborra-Caselle, dopo un ponte sull'Arno, sulla sinistra si imbecca Via Villaggio Enel.

La strada asfaltata raggiunge un'abitazione posta poco prima dell'accesso alla diga, gli uffici Enel e il Villaggio Enel che comprende anche proprietà private. La viabilità quindi prosegue come strada sterrata e vicinale attraversando il bosco, per raggiungere zone adibite a coltivazione e abitazioni private, collegandosi poi con altra viabilità locale che conduce al centro del paese di Levane.

La strada sopra descritta sarà utilizzata per il tratto iniziale di circa 250m (dall'innesto con la Strada Provinciale e il cancello di ingresso alla diga), dai mezzi d'opera per l'accesso all'area principale di cantiere prevista sulla sponda sinistra.

In questo tratto, la viabilità ha una larghezza di circa 3,50m che permette il passaggio di un solo veicolo; considerato che attualmente è utilizzata soltanto dal personale Enel e per l'accesso alle poche abitazioni presenti, potrà essere predisposto un senso unico alternato che non causerà eccessivo disagio alla circolazione.

Lungo il tracciato sono previsti alcuni interventi di adeguamento della sede stradale per agevolare il transito dei mezzi.

L'innesto con la Strada Provinciale Lungo Arno (dalla direzione di Terranuova), si presenta con un angolo acuto che rende difficoltosa la svolta con i mezzi di maggiori dimensioni.

Per facilitare la manovra, si prevede di utilizzare temporaneamente una porzione di un'area privata esistente sulla destra in corrispondenza della svolta, attualmente utilizzata come deposito di materiale edile.

Preventivamente all'inizio dei lavori, dovrà essere quindi concordato con la proprietà il diritto di utilizzo temporaneo dell'area.

Dal cancello della proprietà Enel, per accedere al coronamento e al piazzale sulla sponda sinistra a q. 161m s.l.m. si percorre un tratto di strada asfaltata della larghezza di circa 3,50m.

Dalla suddetta viabilità interna, si accede con una curva al piazzale a q. 174m s.l.m. e con un tratto rettilineo si raggiunge il coronamento; si prosegue quindi verso il piazzale inferiore a q. 161m. s.l.sm. percorrendo un tornante con raggio di curvatura ridotto e con un tratto a forte pendenza.

2.2.2 Nuova pista di cantiere in sponda sinistra

La viabilità descritta nel paragrafo precedente, costituisce l'accesso principale al cantiere.

All'interno della proprietà Enel, è prevista la costruzione di una pista da utilizzare per l'accesso al terrapieno a valle della diga a q. 161m.

La nuova pista inizia dal piazzale esistente a quota 174m s.l.m. e scende lungo la sponda sinistra fino a raggiungere il terrapieno di valle, in corrispondenza del tratto finale dell'attuale strada che collega il coronamento al terrapieno.

2.2.3 Accesso in sponda destra

La diga è raggiungibile in sponda destra percorrendo la Strada Provinciale Lungo Arno; in località Valle D'Inferno si prosegue sulla strada Comunale omonima e superato un ponte si accede alla proprietà di Enel.

Dalla suddetta viabilità si raggiungono la stazione elettrica e l'adiacente Centrale, attraverso la quale si può accedere a piedi al coronamento.

L'accesso è limitato ai mezzi con carico non superiore a 12t, in corrispondenza del ponte sopra citato sulla strada Comunale Valle d'Inferno.

Tenendo in considerazione la suddetta limitazione di portata, l'accesso in sponda destra sarà utilizzato per alcune lavorazioni che interessano la porzione destra della diga.



Figura 1: mappa stradale d'inquadramento

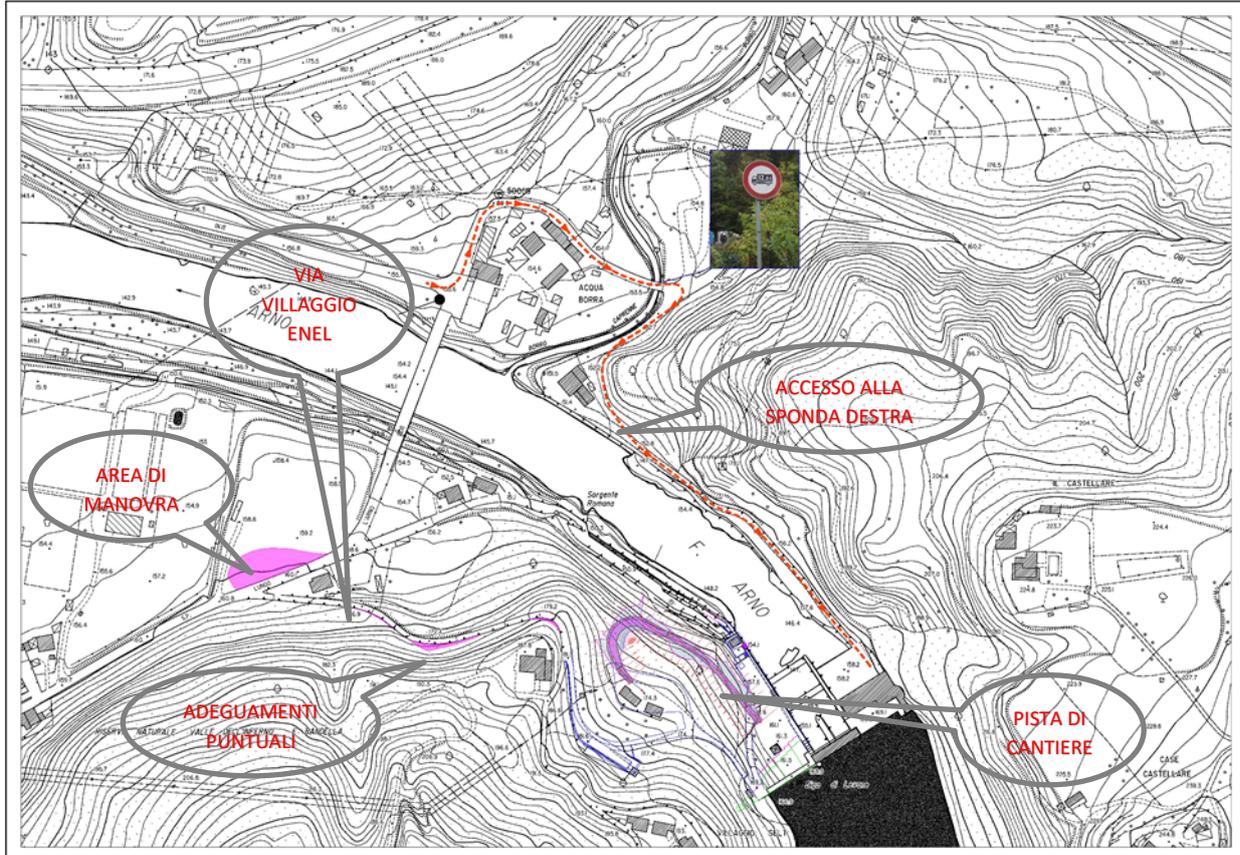


Figura 2: stralcio planimetrico accessibilità alle aree di cantiere



Foto 1: diramazione per Via Villaggio Enel dalla Strada Provinciale Lungo Arno



Foto 2: ingresso alla proprietà Enel dalla Via Villaggio Enel per l'accesso alla sponda sinistra



Foto 3: piazzale di manovra e parcheggio a q. 174m s.l.m.



Foto 4: viabilità dal piazzale a q.174m s.l.m. al coronamento e discesa al terrapieno a q. 161m s.l.m.



Foto 5: viabilità in sponda destra; vista dalla stazione elettrica di Centrale in direzione dell'accesso dalla strada comunale Valle D'inferno

2.3 Macro-fasi di esecuzione degli interventi

Nel seguito si riportano le macro-fasi di esecuzione degli interventi previsti in progetto.

Per la sequenza temporale di realizzazione si rimanda al cronoprogramma dei lavori.

Per ciascuna macro-fase sono descritte le primarie lavorazioni da svolgere, con l'indicazione dei principali mezzi d'opera, delle particolari modalità operative e degli apprestamenti necessari per la loro realizzazione.

Le ipotesi di esecuzione delle lavorazioni sono state formulate prevedendo mezzi d'opera di utilizzo comune e tecniche di lavoro convenzionali; l'Impresa esecutrice, in funzione della propria organizzazione, delle proprie dotazioni e disponibilità di mezzi e attrezzature, potrà proporre soluzioni alternative a quanto proposto e dovrà predisporre un piano esecutivo particolareggiato delle attività, da condividere preventivamente con la Committenza.

2.3.1 Attività preliminari

In questa fase, prima dell'apertura del cantiere, dovranno essere eseguite alcune attività preliminari propedeutiche all'esecuzione dei lavori.

- Acquisizione della disponibilità dell'area di manovra in corrispondenza della diramazione dalla Strada provinciale Lungo Arno per Via Villaggio Enel.
- Acquisizione di una o più aree nelle vicinanze dell'area di cantiere per lo stoccaggio temporaneo del materiale di risulta dalle operazioni di scavo, in attesa del riutilizzo in sito o del conferimento a impianti di smaltimento autorizzati. A tale scopo potrebbe essere utilizzata una ulteriore porzione dell'area già citata nel punto precedente come spazio di manovra.
- Adeguamenti della viabilità di accesso alla proprietà Enel in sponda sinistra.
Nel tratto della Via al Villaggio Enel, sono previsti degli interventi puntuali di allargamento e adeguamento della sagoma stradale per l'accesso con i mezzi d'opera più ingombranti. In particolare, il transito dell'autogrù, dell'autopompa per il calcestruzzo, i trasporti dei componenti delle paratoie e della gru a torre di cantiere.
Gli interventi prevedono dei limitati scavi di sbancamento per allargamenti delle curve a raggio ridotto, riporti di materiale arido ed eventuali piccole opere di regimazione idraulica e sistemazione delle scarpate.
- Eventuali adeguamenti della viabilità di accesso alla proprietà Enel in sponda destra.
Nel tratto di accesso alla proprietà Enel dalla strada comunale Valle D'Inferno è presente un ponte con transito limitato ai mezzi di portata non superiore a 12t; in via cautelativa si suggerisce la posa di lamiere di ripartizione in occasione del passaggio dei carichi più pesanti.
In prossimità del cancello d'ingresso alla proprietà Enel, è presente un restringimento della sede stradale che potrebbe richiedere un eventuale intervento di adeguamento.
- Rimozione allacciamenti elettrici della diga interferenti con i lavori e realizzazione degli allacciamenti provvisori alla diga, alle centrali e alla rete MT.

2.3.2 Fase 1

Nella fase 1 sono previste lavorazioni in sponda sinistra per la preparazione delle aree di cantiere.

Gli interventi sulla porzione destra della diga in corrispondenza della Centrale, sono relativi alle opere di chiusura idraulica della diga sulla sponda destra.

2.3.2.1 Allestimento area di cantiere

L'area logistica di cantiere sarà ubicata in sponda sinistra all'interno della proprietà Enel.

Considerati gli esigui spazi liberi a disposizione, l'area di cantiere sarà limitata ai servizi essenziali dell'Impresa.

Un locale del fabbricato in muratura presente sul piazzale esistente a q. 174m s.l.m. potrà essere riservato ad uso ufficio per la Direzione Lavori e per il Coordinatore della Sicurezza, nonché alla custodia della documentazione di cantiere.

Nel fabbricato suddetto sono presenti servizi igienici e cassetta di pronto soccorso.

L'Impresa potrà allestire un'area di cantiere sullo stesso piazzale sopra citato, organizzata con:

- monoblocchi prefabbricati ad uso ufficio, spogliatoi, servizi igienici e deposito attrezzi;
- cassoni per stoccaggio rifiuti/scarti;
- area per stoccaggio materiali vari, carpenterie, casseri, ferro, ecc.

L'allestimento del cantiere sarà completato con idonea cartellonistica di sicurezza e segnalazione, attrezzature antincendio e di primo soccorso, in conformità alla normativa vigente in materia di sicurezza sui cantieri.

Gli accessi saranno controllati da un servizio di guardiania che potrà essere predisposto in corrispondenza del cancello di ingresso alla proprietà Enel.

Al fine di avere un maggiore spazio di manovra dei mezzi sul piazzale, potrebbe essere opportuno lo spostamento in altra area dei due monoblocchi prefabbricati esistenti, attualmente utilizzati dal personale Enel.

2.3.2.2 Nuova pista di accesso al terrapieno a q. 161m s.l.m.

Per consentire durante i lavori l'accesso dei mezzi di maggiori dimensioni al terrapieno in sponda sinistra a q. 161m s.l.m., è necessaria la realizzazione di una nuova pista di cantiere della lunghezza di circa 170m.

La suddetta viabilità avrà uno sviluppo a mezza costa lungo il pendio di valle della sponda sinistra, a partire dal piazzale dell'area di cantiere a q. 174m s.l.m., fino al terrapieno a q. 161m s.l.m.

La prima metà del tracciato, presenta una curva a largo raggio e una pendenza di circa il 13%, il secondo tratto è quasi rettilineo con una pendenza media inferiore al 6%.

La sezione stradale prevede una larghezza utile della carreggiata di 3m, con allargamenti in corrispondenza della curva fino a circa 6,5m.

I rilevati della pista saranno realizzati con il materiale di scavo della parte di monte e con l'eventuale apporto di misto di cava stabilizzato.

Tra le progressive 0+065m e 0+085m, dovranno realizzati dei muri di sostegno del corpo stradale. Sono muri a gravità in calcestruzzo armato (di altezza massima 3,10m), necessari nei tratti dove la pista in rilevato comporterebbe, in relazione alla topografia del versante, geometrie non performanti del rilevato stesso con scarpate molto lunghe.

Sono previste le seguenti lavorazioni:

- taglio degli alberi e della vegetazione presente sul versante;
- scavi e riporti per la formazione della pista;
- muri di contenimento in calcestruzzo armato;
- opere di regimazione idraulica.

La movimentazione dei materiali di risulta e di approvvigionamento sarà eseguita con autocarri che potranno utilizzare la viabilità di accesso al terrapieno attualmente esistente.

Per i getti dei muri si utilizzerà calcestruzzo preconfezionato fornito in cantiere con autobetoniere.



Foto 6: vista del pendio in sponda sinistra dove verrà realizzata la nuova pista di cantiere

2.3.2.3 Spostamento gruppo elettrogeno

Il gruppo elettrogeno di riserva per l'alimentazione della diga e dei servizi ausiliari di centrale è posizionato a ridosso del paramento di valle della porzione sinistra della diga.

La zona è interessata dai lavori di soprizzo e pertanto si rende necessario lo spostamento. Per garantire la continuità del servizio, il gruppo elettrogeno dovrà essere spostato prima dell'inizio dei lavori sulla diga.

Sarà pertanto realizzata una piazzola e una nuova platea nella nuova posizione stabilita, a poca distanza da quella attuale. Il gruppo elettrogeno verrà movimentato con un'autogrù; dovranno inoltre essere conseguentemente adeguati i tracciati dei cavi e ripristinati i collegamenti.



Foto 7: vista del gruppo elettrogeno da spostare

2.3.2.4 Smontaggi e demolizioni murature nella porzione destra della diga

Sulla porzione della diga in corrispondenza della Centrale, sono previsti i seguenti interventi.

- Smontaggio e allontanamento dal cantiere delle apparecchiature elettriche e della struttura in carpenteria metallica dello sgrigliatore.
- Smontaggio e allontanamento dal cantiere dei parapetti e delle altre carpenterie metalliche interferenti con le opere
- Spostamento delle batterie dal locale esistente in prossimità della spalla destra della diga.
- Demolizione e rimozione delle macerie del locale in muratura dove sono alloggiato le batterie.



Foto 8: vista delle carpenterie dello sgrigliatore e del locale batterie

Per eseguire gli interventi sopra citati si prevede di utilizzare l'accesso in sponda destra della diga.

In corrispondenza dell'accesso carrabile alla Centrale (q. 158m s.l.m.), verrà installata una gru idraulica a torre a montaggio rapido, di ausilio alle attività sulla porzione della diga sovrastante.

In particolare, la gru deve avere uno sbraccio e una portata adeguata alla movimentazione dei mezzi e dei materiali necessari per eseguire le lavorazioni sul coronamento. Indicativamente la gru potrà avere un'altezza di circa 25-27m e uno sbraccio di 30m con una portata in punta di 2 t.

Lo sbraccio della gru potrà avvenire solo sul lato verso la stazione elettrica che dovrà essere messa temporaneamente fuori servizio.

Dovrà essere posizionato un telo protettivo sopra la zona delle apparecchiature elettriche, contro l'eventuale caduta del materiale di risulta di piccole dimensioni.

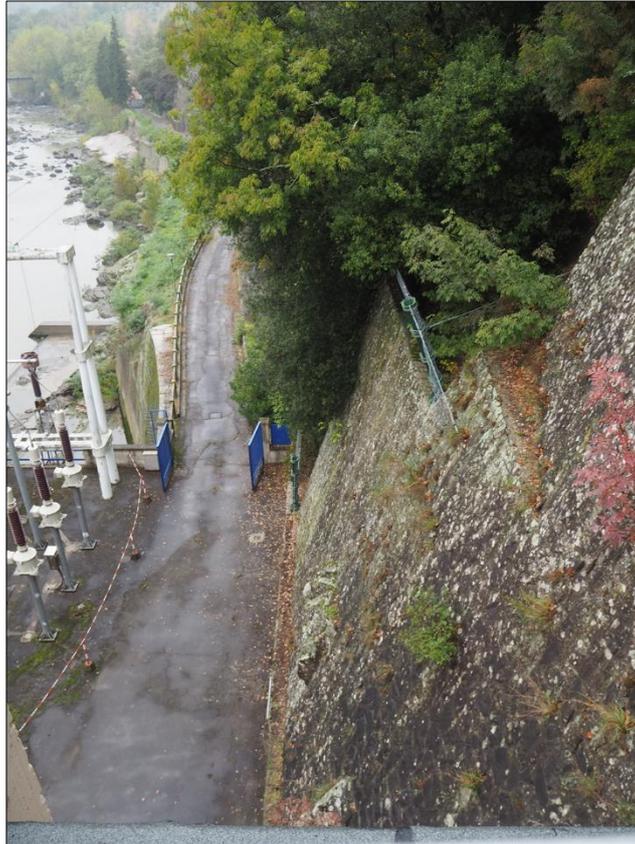


Foto 9: vista dell'area di posizionamento della gru

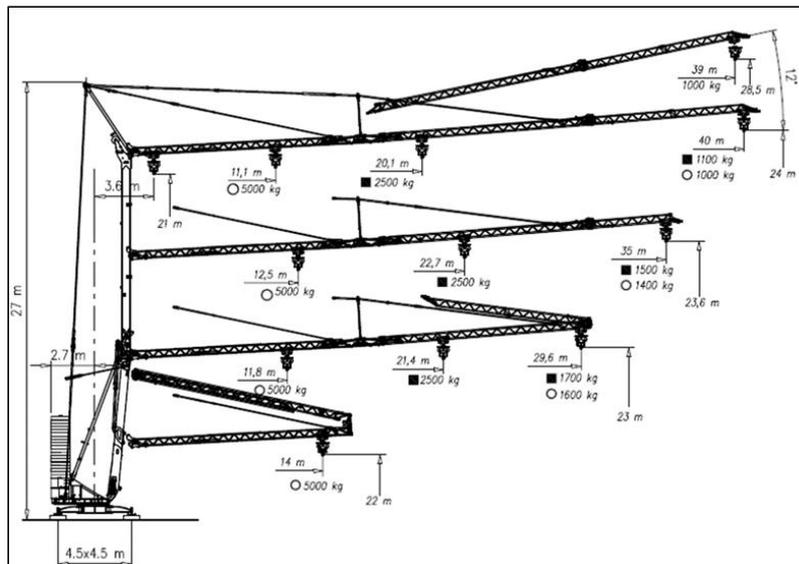


Figura 3: tipologico di gru idraulica a montaggio rapido

Con la gru verrà sollevato e posizionato sul coronamento un mini escavatore (peso circa 2t), dotato di martello demolitore (smontato) e un mini sollevatore telescopico gommato.

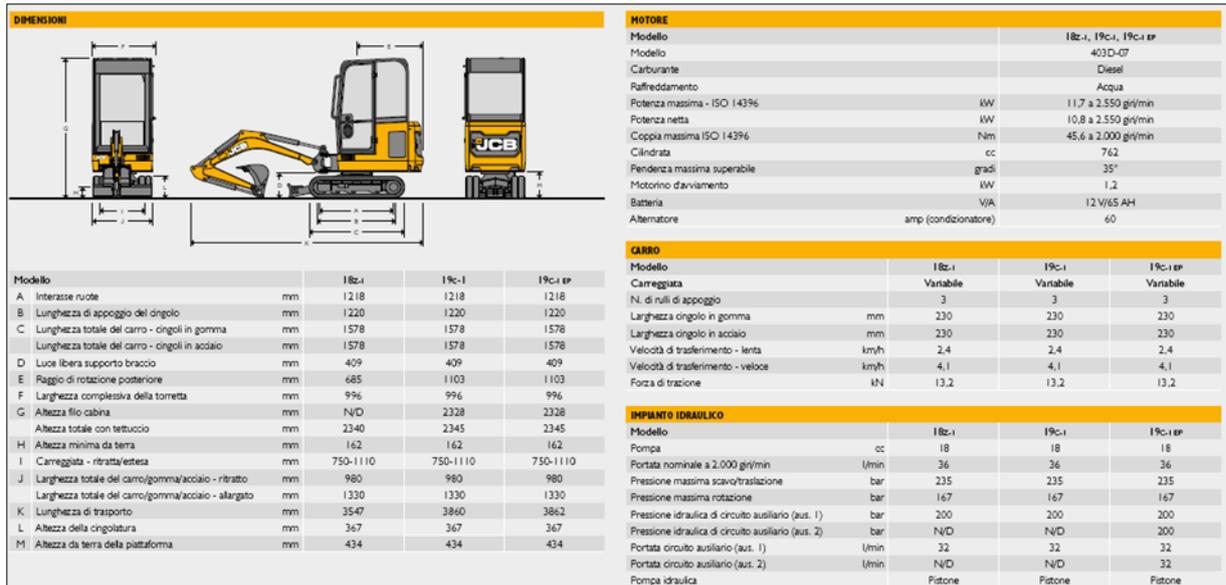


Figura 4: tipologico di mini escavatore



Figura 5: tipologico di mini-sollevatore telescopico

Le demolizioni verranno eseguite con l'escavatore e i materiali di risulta verranno calati in basso con la gru, caricati su autocarri leggeri e conferiti a discarica.

Analogamente le carpenterie metalliche dello sgrigliatore, verranno ridotte dimensionalmente e movimentate con il sollevatore telescopico e la gru.

I mezzi di trasporto dei materiali non dovranno superare con il carico la portata massima di 12t, consentita sul ponte in prossimità dell'accesso in destra.

2.3.2.5 Chiusura idraulica della diga in sponda destra

Il sopralzo del coronamento, dovrà essere prolungato contro roccia in spalla destra, per la chiusura delle eventuali vie di filtrazione.

L'intervento prevede le seguenti attività.

- Rimozione delle reti e delle funi di contenimento del pendio.
- Scavo in roccia per prolungamento del coronamento
- Sistemazione del fronte di scavo con reti e funi.

In corso d'opera saranno valutate con un sondaggio le condizioni della spalla destra ed eventualmente potranno essere eseguiti degli interventi di cucitura con iniezioni cementizie.



Foto 10: vista dell'area da scavare in sponda destra a ridosso del locale batterie

Lo scavo in roccia verrà eseguito con il mini escavatore dotato di martello demolitore già presente sul coronamento.

Per la sistemazione del fronte di scavo si impiegherà personale rocciatore.

I trasporti dei materiali e delle attrezzature avverrà con autocarri utilizzando la viabilità in sponda destra e la gru a torre.

Allo stesso modo i materiali di risulta verranno calati in basso e conferiti a discarica con autocarri.

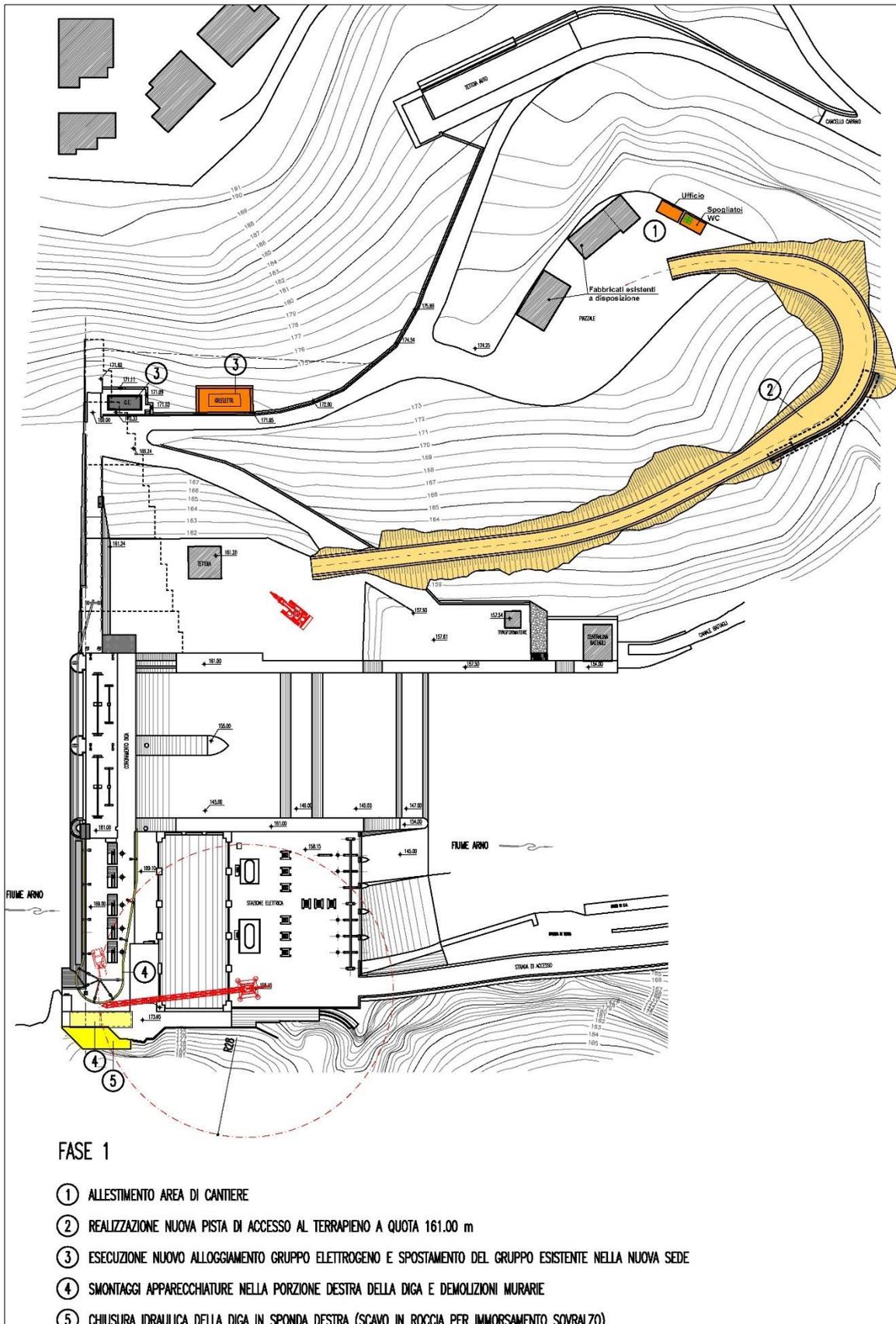


Figura 6: stralcio planimetrico con indicazione degli interventi nella fase 1

2.3.3 Fase 2

Prima dell'inizio della fase 2 si dovrà procedere allo svuotamento del bacino.

Nella fase 2 sono previste lavorazioni sulla porzione destra della diga in corrispondenza della Centrale per la sostituzione delle griglie, delle paratoie di presa e per il sopralzo del coronamento.

Sulla porzione della diga in corrispondenza dell'opera di scarico è prevista la sostituzione delle paratoie di scarico.

Per gli interventi sulle griglie, sulle paratoie di presa e su quelle di scarico, si prevede di utilizzare un'autogrù da posizionare in sponda sinistra sul piazzale a q. 161m s.l.m., in prossimità della diga.

L'autogrù, indicativamente da 800-1000t, dovrà avere uno sbraccio e una portata adeguata a raggiungere le aree d'intervento.

In particolare, il peso maggiore da movimentare è relativo alla paratoia di scarico inferiore (3° settore), pari a 35t, da posizionare ad una distanza di circa 45m. Per le paratoie dell'opera di presa, la distanza maggiore da raggiungere è di circa 70m e il peso massimo da movimentare è circa 10t.

L'autogrù e i trasporti eccezionali delle paratoie e dei loro componenti, avverrà dalla viabilità in sponda sinistra fino a raggiungere il piazzale di scarico con la nuova pista di cantiere.

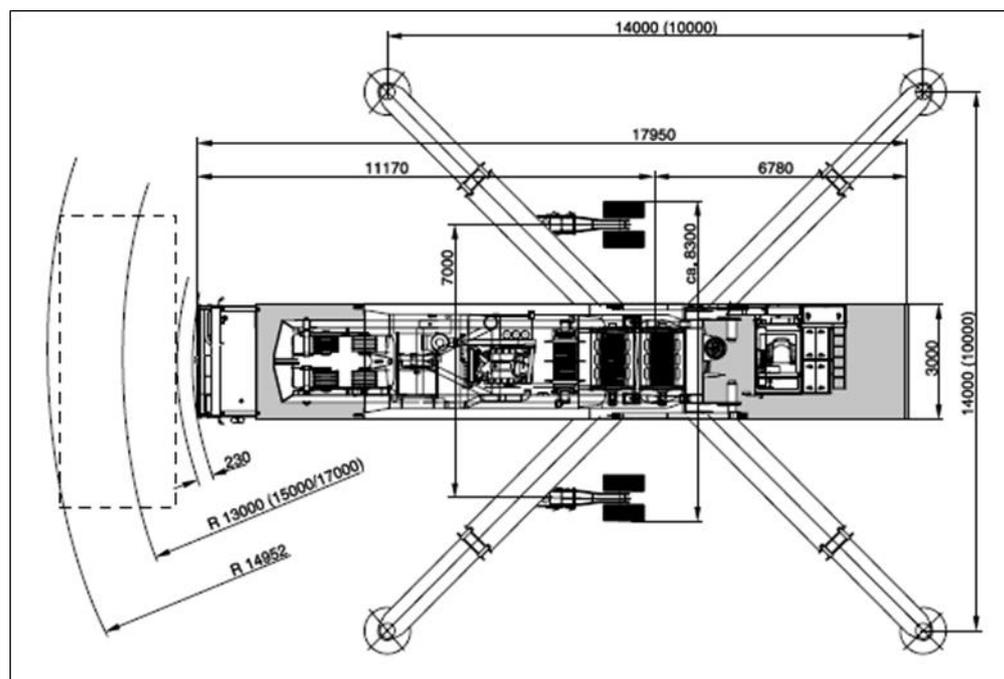


Figura 7: schema tipologico dimensioni autogrù

SH/LH LIFTING CAPACITIES - TRAGFÄHIGKEITEN - CAPACITÉS DE LEVAGE												
14 m x 14 m 360° DIN/ISO												
m	66 m			72 m			78 m			84 m		
	SH/LH		SH/LH SGLmax									
	160 t	200 t		160 t	200 t		160 t	200 t		160 t	200 t	
9	298,0	298,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	298,0	298,0	-	268,0	268,0	-	202,0	202,0	222,0	-	-	-
11	290,5	290,5	-	268,0	268,0	-	202,0	202,0	222,0	-	-	215,0
12	283,0	283,0	-	268,0	268,0	-	202,0	202,0	222,0	169,0	169,0	215,0
14	236,0	236,0	-	220,0	220,0	-	178,0	178,0	193,0	150,0	150,0	204,0
16	202,0	209,0	-	193,0	193,0	-	158,0	158,0	167,0	133,0	133,0	184,0
18	174,0	184,0	-	168,0	170,0	-	140,0	140,0	145,0	119,0	119,0	166,0
20	152,0	162,0	-	148,0	150,0	-	125,0	125,0	127,0	107,0	107,0	149,0
22	132,0	145,0	-	131,0	134,0	-	112,0	112,0	112,0	96,0	96,0	134,0
24	114,0	134,0	-	114,0	123,0	-	102,0	102,0	101,0	87,0	87,0	120,0
26	100,0	120,0	-	100,0	114,0	-	95,0	95,0	95,0	80,0	80,0	107,0
28	89,0	107,0	-	89,0	105,0	-	88,0	88,0	89,5	73,0	73,0	99,5
30	79,5	96,5	-	79,5	96,0	-	79,0	81,5	84,0	67,5	67,5	94,0
34	65,0	79,0	-	64,5	79,0	-	64,5	69,5	72,5	58,0	58,0	76,5
38	54,0	66,5	-	54,0	66,0	-	53,5	60,0	61,5	49,4	49,4	63,5
42	46,0	57,0	-	45,6	56,5	-	45,2	51,0	50,0	41,5	41,5	54,0
46	39,4	49,3	-	39,0	48,8	-	38,6	45,0	41,2	35,0	35,0	46,1
50	34,1	43,0	-	33,6	42,0	-	33,1	39,0	37,3	31,0	31,0	39,8
54	29,7	38,0	-	29,0	37,0	-	28,4	34,0	33,4	27,0	27,0	34,3
58	25,9	33,8	-	25,2	33,0	-	24,5	30,0	29,5	23,4	25,0	29,6
62	-	-	-	21,9	29,0	-	21,2	26,0	25,6	20,0	22,0	25,6
66	-	-	-	-	-	-	18,4	22,0	21,7	17,2	19,0	22,3
70	-	-	-	-	-	-	16,0	18,0	17,8	14,7	16,0	19,4
74	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12,0	12,0	16,9
75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16,3

m	90 m			96 m			102 m		
	SH/LH		SH/LH SGLmax	SH/LH		SH/LH SGLmax	SH/LH		SH/LH SGLmax
	160 t	200 t		160 t	200 t		160 t	200 t	
12	154,0	154,0	202,0	137,0	137,0	159,0	-	-	-
13	154,0	154,0	197,0	137,0	137,0	159,0	-	-	145,0
14	154,0	154,0	192,0	137,0	137,0	159,0	108,0	108,0	145,0
16	142,0	142,0	172,0	127,0	127,0	150,0	103,0	103,0	140,0
18	131,0	131,0	154,0	118,0	118,0	140,0	98,5	98,5	130,0
20	123,0	123,0	138,0	110,0	110,0	131,0	93,5	93,5	120,0
22	115,0	115,0	123,0	104,0	104,0	122,0	89,0	89,0	111,0
24	108,0	109,0	111,0	98,0	98,0	112,0	84,5	84,5	102,0
26	97,5	103,0	100,0	93,0	93,0	101,0	80,0	80,0	94,0
28	87,5	97,0	90,5	86,0	89,0	92,5	75,5	75,5	86,0
30	78,0	92,0	85,0	77,5	84,0	83,5	71,5	71,5	78,0
34	63,0	77,0	75,5	62,5	76,0	68,0	62,5	64,0	66,5
38	52,0	64,5	62,5	51,5	63,0	55,5	51,0	57,5	60,0
42	43,8	54,5	52,5	43,3	54,0	45,6	42,9	51,5	51,0
46	37,1	47,0	44,9	36,5	46,4	38,5	36,0	45,6	43,2
50	31,4	40,6	38,4	30,6	40,0	34,1	30,1	39,6	36,3
54	26,6	35,3	32,8	25,8	34,5	32,0	25,3	34,0	30,6
58	22,6	30,6	28,0	21,8	29,8	27,3	21,2	29,3	25,9
62	19,2	26,6	24,1	18,4	25,8	23,2	17,8	25,2	21,8
66	16,3	23,2	20,6	15,5	22,4	19,8	14,8	21,8	18,3
70	13,8	20,3	17,7	12,9	19,4	16,8	12,3	18,6	15,3
74	11,7	17,8	15,1	10,8	16,9	14,2	10,1	15,5	12,7
78	9,8	15,5	12,9	8,8	14,6	11,9	8,1	12,7	10,4
80	-	-	11,9	8,0	13,6	10,9	7,2	11,5	9,3
82	-	-	-	7,2	12,6	10,0	6,4	10,4	8,3
85	-	-	-	-	-	8,6	5,2	8,9	6,9
86	-	-	-	-	-	-	4,9	8,4	6,5
87	-	-	-	-	-	-	-	8,0	6,1
90	-	-	-	-	-	-	-	6,8	5,0

Remarks - Bemerkungen - Remarques
For SH/LH SGLmax, a boom power-kit is required - Für SH/LH SGLmax, ist ein Ausleger-Verstärkungs-Kit erforderlich -
Un kit à fortifier de flèche principale est nécessaire pour SH/LH SGLmax.

Figura 8: tabella tipologica di portata dell'autogrù

2.3.3.1 Sostituzione griglia dell'opera di presa della Centrale

La nuova griglia avrà le stesse dimensioni generali di quella esistente ma sarà costituita da barre a profilo idrodinamico, con le seguenti caratteristiche principali:

- struttura costituita da barre a profili idraulico con pannelli smontabili;
- larghezza netta griglia 23,70m;
- altezza netta griglia circa 9m.

L'installazione sarà completata con tutte le opere elettromeccaniche necessarie al corretto funzionamento del sistema.

Per la sostituzione delle griglie dell'opera di presa della centrale, è necessario predisporre un sistema di sicurezza contro l'innalzamento di livello dell'invaso.

Anche con il serbatoio vuoto, rimarranno in transito le portate naturali dell'Arno, quindi per la messa in sicurezza delle lavorazioni, verrà realizzata una panconatura ad aghi.

Le operazioni di esecuzione dell'intervento sono le seguenti.

- Preparazione della soglia a monte della griglia fissata alla diga con personale sommozzatore.
- Installazione delle travi di appoggio con asportazione (sollevamento e/o taglio con cannello ossiacetilenico) preventiva delle parti della griglia esistente che intralciano l'operazione.
- Installazione degli aghi e del telo di tenuta.
- Sfilamento della griglia esistente (composta di pannelli smontabili), eventualmente sezionamento con il cannello da taglio.
- Esecuzione degli interventi ai gargami delle 5 paratoie (costituiti da 4 pezzi da sfilare).
- Posizionamento a pezzi del nuovo gargame di soglia della nuova griglia (gargame di appoggio, non di tenuta).
- Completamento dello smontaggio delle griglie (parte rimanente).
- Esecuzione delle opere civili compresa la soglia superiore delle nuove griglie.
- Installazione delle nuove griglie e degli scivoli dello sgrigliatore.
- Asportazione degli aghi e delle travi porta aghi.
- Installazione del nuovo sgrigliatore e taratura sicurezza salita, discesa, ecc.

I trasporti dei materiali e delle attrezzature avverrà con autocarri utilizzando la viabilità in sponda sinistra e il piazzale a q.161m s.l.m.; per la movimentazione si utilizzerà l'autogrù.



Foto 11: tipologico di un sistema con panconatura ad aghi

2.3.3.2 Sostituzione paratoie dell'opera di presa della Centrale

Sono previste le seguenti attività.

- Smontaggio apparecchiature elettro-meccaniche, circuiti oleodinamici e centraline paratoie opera di presa.
- Smontaggio paratoie opera di presa esistenti per singola luce e relativi impianti di comando e controllo.
- Montaggio nuove paratoie e relativi impianti di comando e controllo.
- Installazione apparecchi di misura e controllo diga e paratoie di scarico.

L'intervento prevede la sostituzione integrale delle paratoie che intercettano le luci di presa e degli organi di comando e movimentazione per essere adeguate alle nuove potenziali condizioni di funzionamento.

Le paratoie da sostituire sono 2 nel gruppo di sinistra (altezza di 6,18m) e 3 nel gruppo di destra (altezza di 7,07m), tutte con luce netta di 3,30m.

La struttura è costituita da un mantello a monte di lamiera d'acciaio rinforzato mediante travi orizzontali destinate a sostenere il carico idrostatico, opportunamente distanziate secondo zone di uguale spinta idrostatica.

I gargami sono costituiti da:

- un elemento in soglia realizzato in lamiera sagomata in acciaio inox;
- due montanti verticali costituiti da lamiera sagomata in acciaio inox, rinforzati con profili HEB nella zona inferiore;
- un elemento di battuta superiore orizzontale in lamiera sagomata in AISI 316L;

I ritri laterali guidano la paratoia per tutta la loro corsa fino al piano di manovra utilizzando le guide esistenti nella parte superiore.

I ritri sono dotati di un sistema di zanche, staffaggi e tiranti di regolazione per consentire un adeguato ancoraggio alle opere civili di I° fase ed una agevole registrazione al montaggio, prima del getto di II° fase.

L'installazione sarà completata con tutte le opere elettromeccaniche necessarie al corretto funzionamento del sistema.

I trasporti dei materiali e delle attrezzature avverranno con autocarri utilizzando la viabilità in sponda sinistra e il piazzale a q.161m s.l.m.; per la movimentazione si utilizzerà l'autogrù.

I trasporti delle paratoie avverrà con le modalità previste per i carichi eccezionali.

2.3.3.3 Sopralzo del coronamento della porzione della diga in corrispondenza della Centrale

Si intende la porzione della diga dalla spalla destra fino al giunto adiacente all'opera di scarico.

Sono previste le seguenti attività.

- Demolizione superficiale del calcestruzzo del coronamento; esecuzione giunto orizzontale e adeguamento del giunto esistente in adiacenza all'opera di scarico.
- Esecuzione ancoraggi di ripresa nei setti dei vani delle paratoie per il sopralzo di 5m e della parete del giunto da rendere solidale con la struttura dello scarico della diga.

- Getto in calcestruzzo del sopralzo a conci alternati; completamento del coronamento con i parapetti.

In questo tratto di sbarramento sono ricavate le opere di derivazione della centrale idroelettrica, le cui strutture sono addossate alla diga e non presentano, con questa, soluzione di continuità.

Non essendo possibile, per questo motivo, il riporto di spessori di calcestruzzo sul paramento di valle, i volumi di calcestruzzo aggiuntivi, necessari a far fronte alle maggiori spinte idrauliche, saranno disposti sopra al piano di coronamento.

Separando la parte di pertinenza della diga da quella relativa al fabbricato centrale, si individua per questo tratto una larghezza del coronamento pari a 8,85 m. Su tutta questa larghezza verrà realizzato il sopralzo della diga, mediante il riporto di uno spessore di calcestruzzo di 5 m. In termini di quote assolute i valori sono pari a quelli previsti per il tratto a gravità: quota di coronamento attuale 169,00; quota in progetto 174,00 m s.l.m.

Questa parte di diga non presenta attualmente giunti strutturali verticali, ad eccezione di quello laterale, verso la parte centrale dello sbarramento. Questo giunto, analogo a quelli della parte a gravità, verrà ripreso e proseguito con le stesse caratteristiche per il tratto sopraelevato.

La parte superficiale del coronamento, interessata dai nuovi getti, verrà rimossa mediante idrodemolizione per uno spessore di circa 4-5 cm, in modo da ottenere una superficie di posa scabra e con calcestruzzo non degradato. Per impedire le permeazioni attraverso la superficie di ripresa, in corrispondenza al paramento di monte, verrà realizzato un elemento orizzontale di tenuta idraulica così come per la porzione sinistra.

Nel volume del sopralzo saranno ricavati i vani per la movimentazione delle paratoie di presa, in continuità e con le stesse dimensioni in pianta dei vani esistenti.

Dovranno inoltre essere prolungati i pozzi delle prese d'aria a valle delle paratoie.

In questa fase verrà eseguito il sopralzo anche del muro d'ala adiacente alla porzione centrale della diga, per sfruttare la maggiore vicinanza all'area di getto della gru installata in sponda destra.

L'accesso carrabile al nuovo piano di coronamento avverrà in piano, alla quota 174,00 m s.l.m., a partire dalla spalla sinistra e attraverso una nuova passerella posta sopra le luci sfioranti. L'accesso pedonale potrà avvenire anche dalla centrale, attraverso l'attuale coronamento e poi tramite una scala di risalita alla nuova quota del sopralzo.

I trasporti dei materiali e delle attrezzature avverrà con autocarri utilizzando la viabilità in sponda destra; per la movimentazione si utilizzerà la gru a torre già installata nella Fase 1.

Prima dell'esecuzione della fase di getto del sopralzo, la gru a torre verrà ripiegata e allontanata dal cantiere.

Per i getti di calcestruzzo del sopralzo, si prevede di utilizzare un'autopompa, alimentata da autobetoniere da circa 6mc per il limite di portata del ponte già citato. L'autopompa si posizionerà nella posizione precedentemente occupata dalla gru a torre. Gli stabilizzatori dovranno mantenersi al di fuori del piazzale della stazione elettrica; è necessario pertanto scegliere un'autopompa con ingombri di esercizio limitati.

Le autobetoniere dovranno accedere singolarmente alla zona di carico dell'autopompa e dopo lo scarico dovranno liberare l'accesso.

L'autopompa dovrà avere uno sbraccio adeguato per raggiungere tutte le zone interessate dal soprizzo; in particolare un dislivello di circa 15m e un tratto orizzontale di circa 25-30m.

Conclusa la fase di getto, per le movimentazioni dei casseri e di eventuali altri materiali e attrezzature necessarie, si utilizzerà l'autogrù già posizionata sulla sponda sinistra.

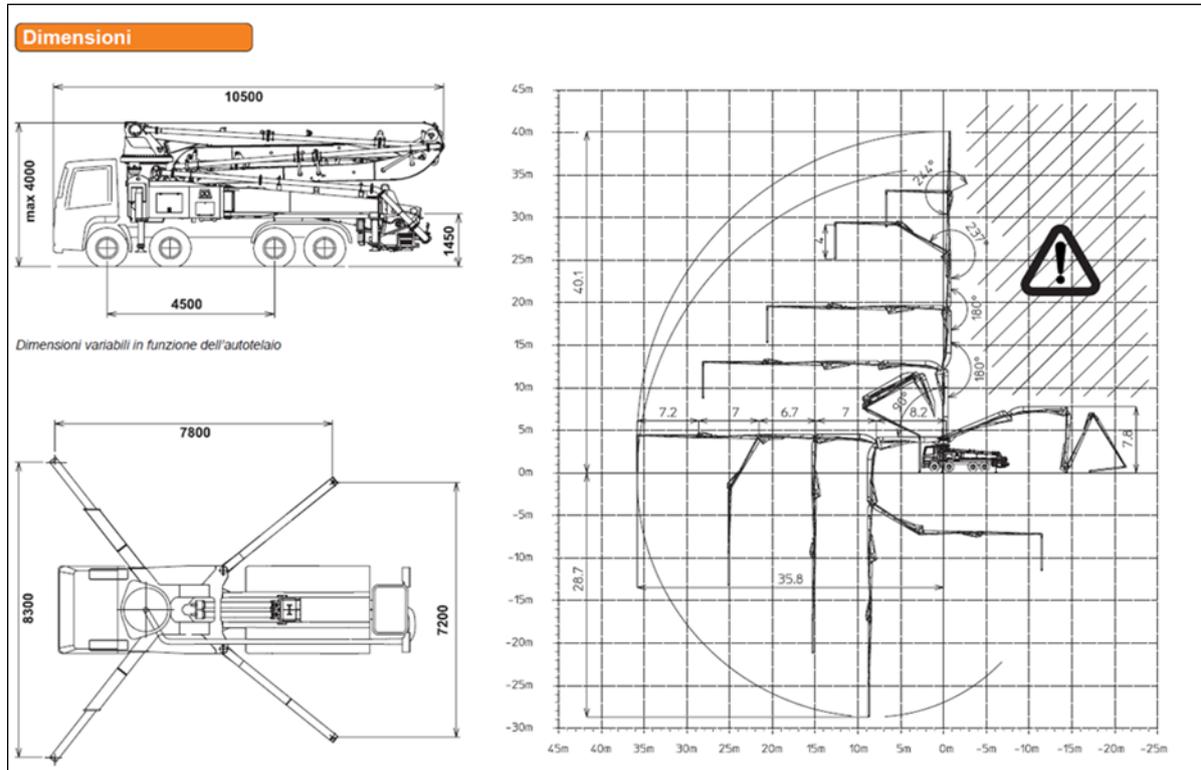


Figura 9: tipologico autopompa per calcestruzzo

2.3.3.4 Installazione nuovo sgrigliatore

L'intervento è relativo alla realizzazione del nuovo sistema sgrigliatore e al relativo impianto di raccolta dei materiali sgrigliati.

Lo sgrigliatore verrà realizzato alla nuova quota di coronamento e adattato alle differenti lunghezze di corsa. L'impianto per la movimentazione del materiale sgrigliato verrà riproposto con percorso variato rispetto all'attuale: la restituzione infatti avverrà oltre la centrale, in un'area nei pressi del cancello di accesso dalla strada in destra idraulica, in modo da ottimizzare l'ingresso dei mezzi per il trasporto a discarica.

Il nuovo sgrigliatore sarà del tipo a pettine raschiante, con scarico automatico, viaggiante su monorotaia e avrà le seguenti caratteristiche principali:

- larghezza netta del pettine: 1,90m;
- portata massima del pettine kg. 1000;
- lunghezza della monorotaia circa 32m;
- colonne portanti in acciaio al carbonio verniciato n. 5; ancorate alla base con piastra e tirafondi da inghisare nelle opere civili.

Il sistema di evacuazione del materiale sgrigliato sarà costituito da una canale di fluitazione (lunghezza circa 45 m e diametro fondo circa 800 mm). E' previsto un gruppo di pompaggio, tramoggia raccolta

detriti, canale secondaria per scarico acqua di fluitazione, gruppo di pompaggio acque reflue e n. 2 cassoni di raccolta.

L'installazione sarà completata con tutte le opere elettromeccaniche necessarie al corretto funzionamento del sistema.

I trasporti dei materiali, delle carpenterie e delle attrezzature, avverrà con autocarri utilizzando la viabilità in sponda sinistra e il piazzale a q.161m s.l.m.; per la movimentazione si utilizzerà l'autogrù già presente per il montaggio delle paratoie.

Per la realizzazione della vasca di raccolta sulla sponda destra e del relativo scivolo metallico di convogliamento dei materiali sgrigliati, si potrà utilizzare l'accesso in sponda destra, impiegando un'autogrù per il sollevamento dei materiali e un cestello telescopico per le operazioni in quota sul muro della sponda destra dove verrà posizionato lo scivolo metallico.

Per le forniture di calcestruzzo, si utilizzeranno autobetoniere con accesso sempre dalla sponda destra.

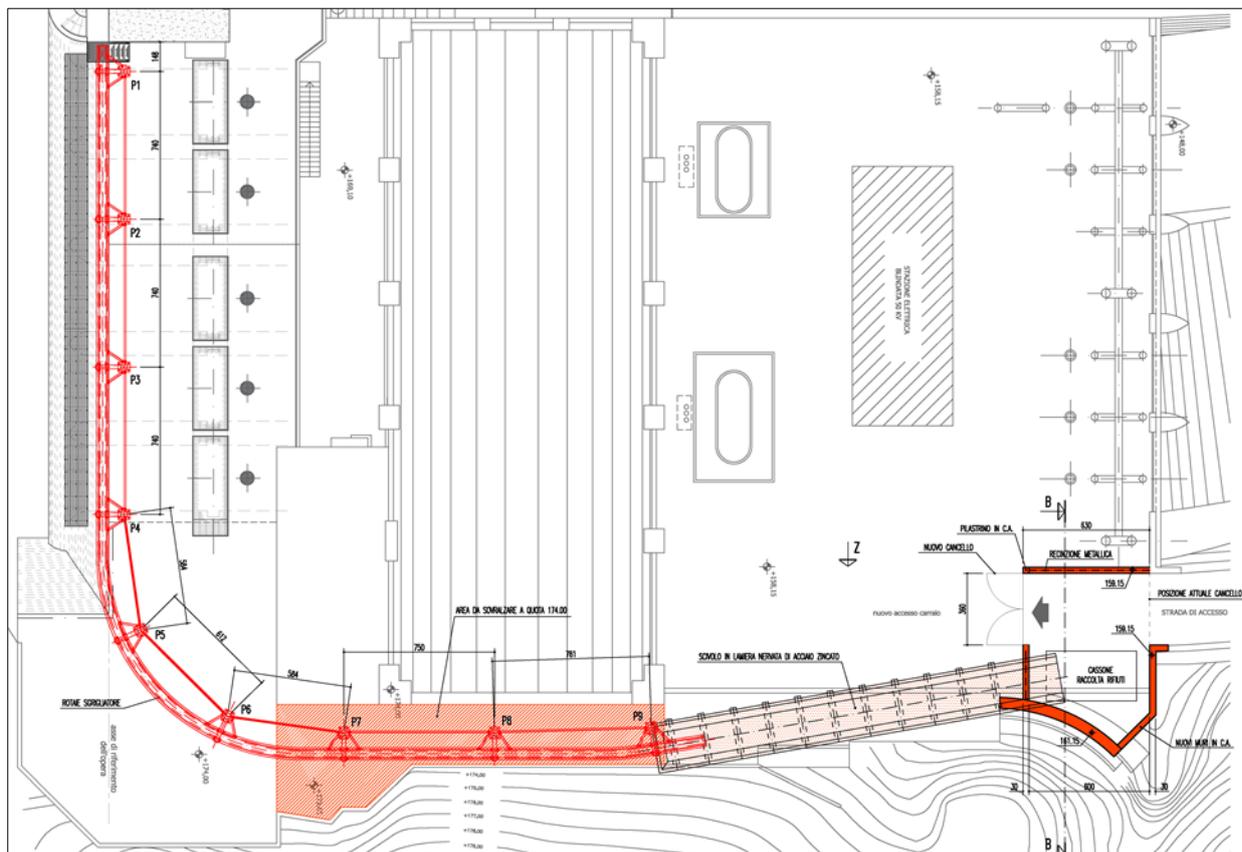


Figura 10: stralcio planimetrico nuovo sgrigliatore

2.3.3.5 Nuovo fabbricato con locale batterie e adeguamenti locali Centrale

Gli interventi sono relativi alla costruzione di un fabbricato che ospiterà anche il locale batterie posizionato in altra posizione e agli adeguamenti degli accessi ai locali della Centrale che, in conseguenza del sopralzo del coronamento, devono essere modificati.

Sono previste le seguenti attività.

- Realizzazione soletta in c.a. per il nuovo fabbricato.
- Costruzione nuovo fabbricato.

- Adeguamento degli accessi alla Centrale.

I trasporti dei materiali e delle attrezzature avverrà con autocarri utilizzando la viabilità in sponda sinistra e il piazzale a q.161m s.l.m.; per la loro movimentazione si utilizzerà l'autogrù.

Per le forniture di calcestruzzo, in funzione delle quantità necessarie, si potrà utilizzare un'autopompa analogamente a quanto eseguito durante l'attività di soprizzo del coronamento con accesso dalla sponda destra. In alternativa, è possibile utilizzare l'accesso in sponda sinistra e movimentare, con l'autogrù già presente per il montaggio delle paratoie, dei secchioni riempiti di calcestruzzo.

2.3.3.6 Impianti e finiture

Sono previste le seguenti attività.

- finitura pavimentazione diga.
- impianti di illuminazione e di potenza.
- Completamenti e finiture.

I trasporti e le movimentazioni dei materiali e delle attrezzature avverranno con le stesse modalità descritte nel paragrafo precedente.

2.3.3.7 Sostituzione paratoie dell'opera di scarico

Sono previste le seguenti attività.

- Messa in opera dei panconi alternati sulle due luci di scarico.
- Parziale demolizione della zona a monte delle pile per inserimento delle paratoie.
- Rimozione delle paratoie dello scarico di superficie.
- Rifacimento dei gargami.
- Sostituzione delle paratoie sullo scarico di superficie per singola luce.
- Ripristino della demolizione della zona a monte delle pile dopo l'inserimento delle paratoie.
- Opere elettromeccaniche e civili per adeguamento apparecchiature sul castello di manovra.
- Rimozione panconi e spostamento in area non interferente con le lavorazioni.

L'intervento prevede la sostituzione integrale delle paratoie e degli organi di comando e movimentazione per essere adeguate alle nuove potenziali condizioni di funzionamento.

A presidio delle luci dello scarico di superficie saranno quindi installate due nuove paratoie piane in acciaio su ruote, a "gancio", aventi una larghezza netta di 12,00 m e un'altezza 14,50m. Ogni paratoia posta a presidio della rispettiva luce sarà composta da due elementi parzialmente sovrapponibili con movimentazione indipendente.

I due elementi che compongono la singola paratoia avranno una luce netta di 12m ed una altezza rispettivamente di circa 8,84m per l'elemento inferiore e circa 6,25 m per l'elemento superiore.

Allo scopo di contenere il peso di ogni elemento durante le fasi di installazione, l'elemento inferiore è stato suddiviso in tre elementi strutturali che non superano le 35 t corrispondenti alla portata massima della gru prevista per tale operazione; la paratoia è quindi divisa in tre elementi del peso complessivo di:

- peso elemento inferiore: circa 4.500 kg;
- peso elemento intermedio: circa 26.500 kg;
- peso elemento superiore: circa 34.900 kg.

Durante il varo dei tre elementi sarà comunque possibile (e opportuno) escludere dal carico movimentato le rotaie di scorrimento delle ruote reciproche dell'elemento superiore (oltre ad altri accessori) che consentiranno di ridurre il peso di circa 2.000 kg per l'elemento intermedio e di circa 2800 kg per l'elemento superiore.

I gargami saranno ricavati nei vani esistenti e saranno costituiti da:

- un elemento in soglia realizzato con profilo HEB ricoperto in lamiera in acciaio inox nella zona di tenuta;
- due montanti verticali costituiti da lamiera sagomata in acciaio inox, rinforzati con profili HEA, nella zona dove viene scaricata la spinta idrostatica.

I ritti laterali guidano la paratoia per tutta la loro corsa fino al piano di manovra utilizzando i vani esistenti.

I ritti sono dotati di un sistema di zanche, staffaggi e tiranti di regolazione per consentire un adeguato ancoraggio alle opere civili di I° fase ed una agevole registrazione al montaggio, prima del getto di II° fase.

Ogni elemento sarà movimentato da un proprio organo indipendente.

L'installazione sarà completata con tutte le opere elettromeccaniche necessarie al corretto funzionamento del sistema.

I trasporti dei materiali e delle attrezzature avverranno con autocarri utilizzando la viabilità in sponda sinistra e il piazzale a q.161m s.l.m.; per la movimentazione si utilizzerà l'autogrù già posizionata.

I trasporti delle paratoie avverrà con le modalità previste per i carichi eccezionali.



Foto 12: vista della paratoia di scarico

2.3.3.8 Sostituzione paratoia di presa della Centralina Battagli

Sono previste le seguenti attività.

- Rimozione e sostituzione della griglia e del cono di imbocco sul paramento di monte della diga.
- Rimozione e sostituzione della paratoia di presa a valle.

La nuova griglia di imbocco di tipo estraibile sarà in acciaio con dimensioni circa 2,20x2,20m.

E' prevista la sostituzione del cono d'imbocco autoportante in acciaio delle dimensioni di 2,20x2,20m DN 1100mm.

La nuova paratoia piana di valle sarà in acciaio con dimensioni circa 2x1,40m, completa di gargami.

L'intervento di sostituzione della griglia d'imbocco e del relativo cono, verrà eseguito con l'impiego di personale sommozzatore.

Per la sostituzione della paratoia di presa a valle, verrà chiusa la valvola d'intercettazione principale.

L'installazione sarà completata con tutte le opere elettromeccaniche necessarie al corretto funzionamento del sistema.

I trasporti e le movimentazioni dei materiali e delle attrezzature avverranno con le stesse modalità descritte nel paragrafo precedente.

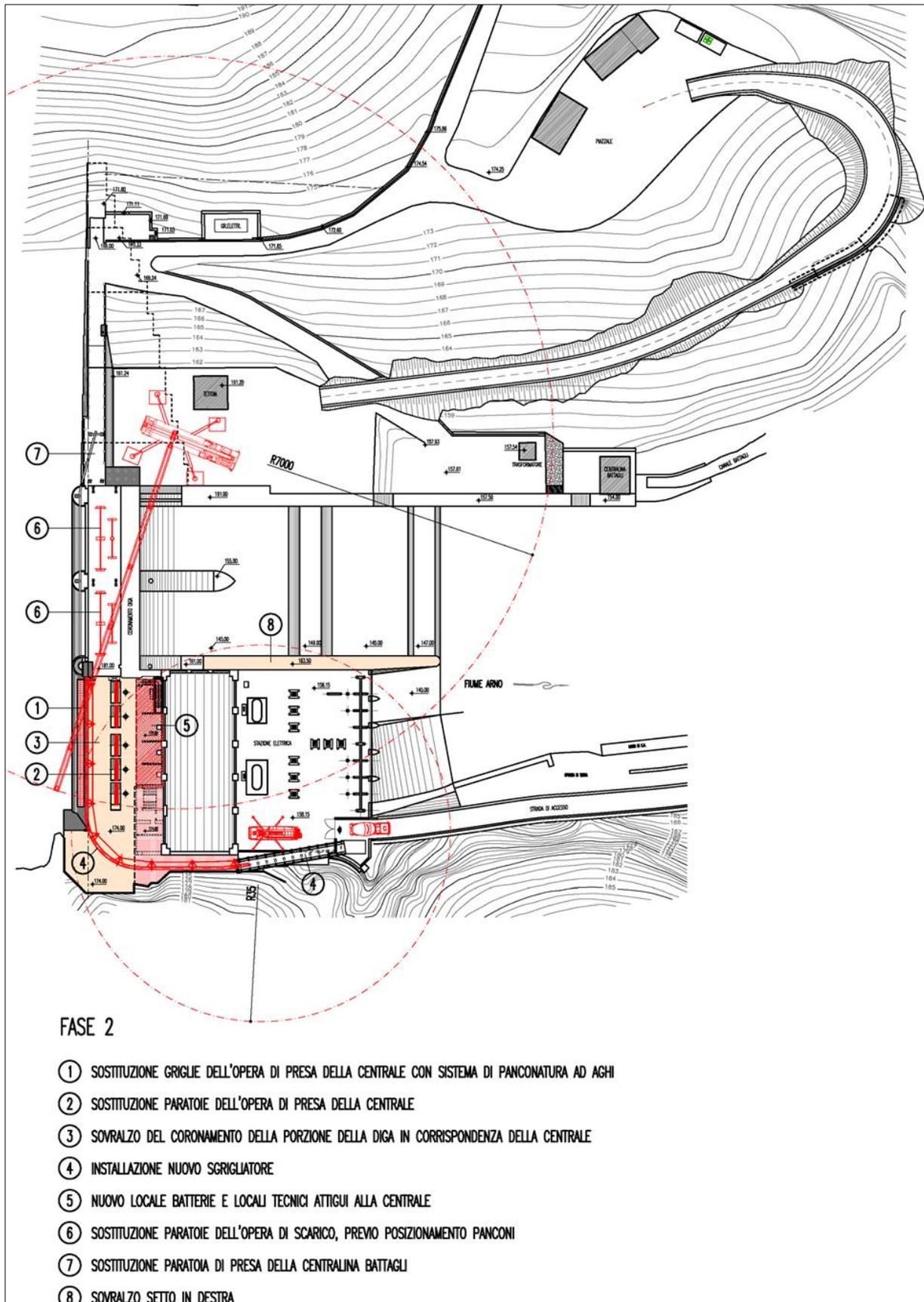


Figura 11: stralcio planimetrico con indicazione degli interventi nella fase 2

2.3.4 Fase 3

Al completamento della fase 2 si procederà al riempimento del bacino.

Nella fase 3 sono previste lavorazioni sulla porzione della diga in corrispondenza dell'opera di scarico per il sopralzo del coronamento.

Conclusi gli interventi della fase 2, verrà allontanata l'autogrù utilizzata per il montaggio delle paratoie e sul piazzale a q. 161m s.l.m. verrà posizionata una gru a torre, di ausilio alle attività previste nella fase 3.

La gru dovrà avere uno sbraccio e una portata adeguata a raggiungere le aree d'intervento. Indicativamente la gru potrebbe avere un'altezza di circa 50m, uno sbraccio di 50m e una portata in punta di circa 2t.

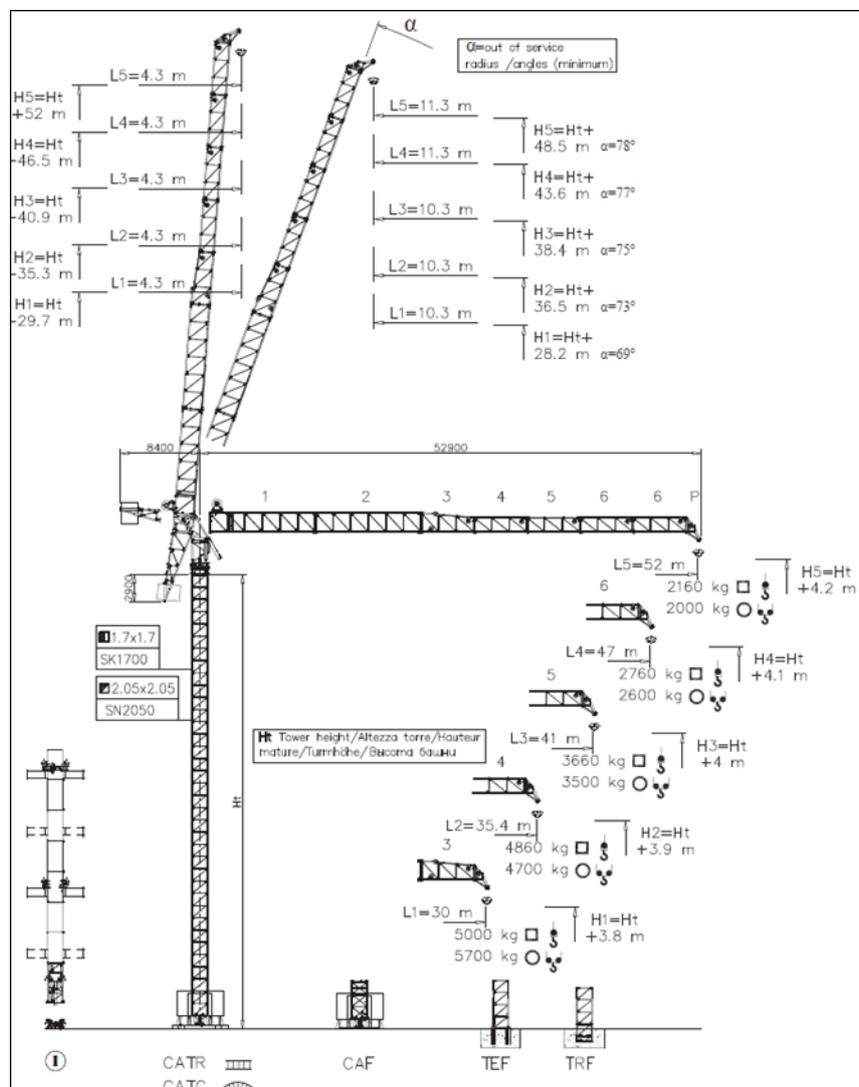


Figura 12: tipologico di gru a torre

2.3.4.1 Sopralzo del coronamento

Sono previste le seguenti attività.

- Demolizioni superficiali muri d'ala e pila centrale.

- Demolizione passerella del coronamento, rimozione cavidotti e tubi olio.
- Esecuzione ancoraggi per i nuovi getti, casseri, armature.
- Getto in calcestruzzo del sopralzo, del muro d'ala in sinistra e della pila centrale sul lato monte e valle.

La pila centrale e le due laterali delle luci di scarico verranno sopralzate di 5 m, dalla quota del piano di coronamento attuale (169,00 m s.l.m.) al piano di coronamento in progetto (174,00 m s.l.m.); allo stesso modo verrà sopralzato anche il paramento di valle della pila, per tutta la sua lunghezza, e dei muri d'ala fino al ripiano a quota 161,00 m s.l.m.

Anche in questo caso sarà necessaria una preparazione dell'attuale superficie sulla quale procedere ai nuovi getti per migliorare l'aderenza tra le due parti.

I giunti strutturali tra questa porzione di sbarramento e le due parti adiacenti verranno realizzati in prosecuzione di quelli esistenti.

I trasporti dei materiali e delle attrezzature avverrà con autocarri utilizzando la viabilità in sponda sinistra e la nuova pista di cantiere per raggiungere la zona di carico e scarico sul piazzale a q. 161m s.l.m.; per la movimentazione si utilizzerà la gru a torre.

Per i getti di calcestruzzo, si prevede di utilizzare un'autopompa, alimentata da autobetoniere da circa 8mc. L'autopompa si posizionerà nella zona più prossima alla diga, in posizione non interferente con la gru a torre.

Le autobetoniere dovranno accedere singolarmente alla zona di carico dell'autopompa e dopo lo scarico dovranno liberare la zona. Potrà essere utilizzata anche la strada di accesso al piazzale attualmente esistente. La sosta delle autobetoniere in attesa di scarico, potrà avvenire sul piazzale dell'area di cantiere.

L'autopompa dovrà avere uno sbraccio adeguato per raggiungere tutte le zone interessate dal sopralzo; in particolare un dislivello di circa 15m e un tratto orizzontale di circa 40m.

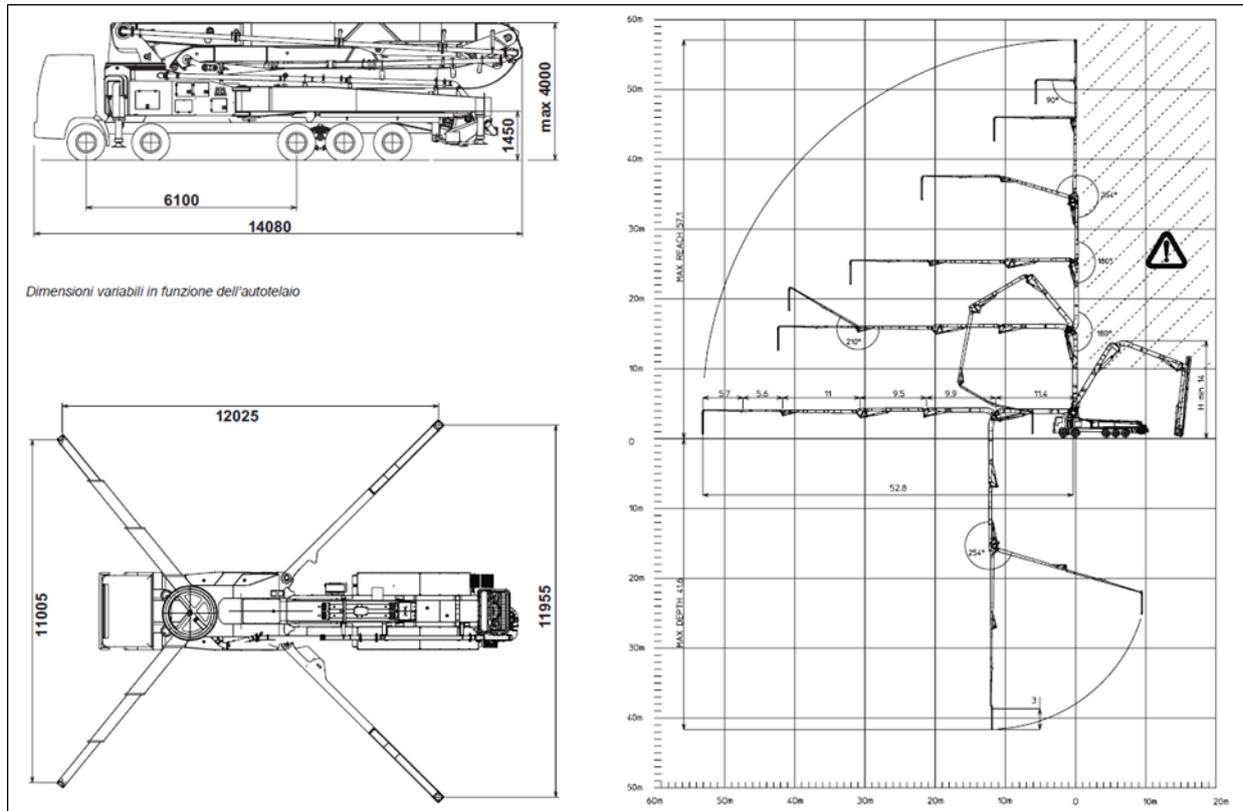


Figura 13: tipologico di autopompa per calcestruzzo di grande portata

2.3.4.2 Nuova passerella prefabbricata di collegamento

Sono previste le seguenti attività.

- Realizzazione nuova passerella prefabbricata in c.a.
- Posa parapetti di protezione e finiture.

Per il collegamento delle due spalle di destra e sinistra della diga, sarà costruita una nuova passerella in c.a. prefabbricata alla quota del nuovo piano di coronamento 174,00 m s.l.m..

I trasporti dei materiali e delle attrezzature avverrà con autocarri utilizzando la viabilità in sponda sinistra e la nuova pista di cantiere per raggiungere la zona di carico e scarico sul piazzale a q. 161m s.l.m.; per la movimentazione si utilizzerà la gru a torre.

Il trasporto delle travi prefabbricate avverrà con le modalità previste per i carichi eccezionali.

Per i getti di calcestruzzo, si prevede di utilizzare un'autopompa, analogamente ai getti del soprizzo descritti nel paragrafo precedente.

2.3.4.3 Impianti e finiture

Sono previste le seguenti attività.

- Installazione apparecchiature per monitoraggio livelli d'invaso.
- Impianti, completamenti e finiture.

I trasporti dei materiali e delle attrezzature avverrà con autocarri utilizzando la viabilità in sponda sinistra e il piazzale a q.161m s.l.m.; per la loro movimentazione si utilizzerà la gru a torre.

Per le forniture di calcestruzzo, in funzione delle quantità necessarie, si potrà utilizzare un'autopompa analogamente a quanto eseguito durante l'attività di soprizzo del coronamento. In alternativa, è possibile utilizzare l'accesso in sponda sinistra con le autobetoniere e movimentare, con la gru a torre dei secchioni riempiti di calcestruzzo.

2.3.4.4 Intervento di chiusura dello scarico di esaurimento

Sono previste le seguenti attività.

- Nel cunicolo della diga, posa di un sarcofago metallico attorno alla saracinesca e iniezioni di resine. Da valle, pulizia e riempimento di cemento dallo scarico fino alla saracinesca.
- In alternativa, installazione di una perforatrice sulla soglia dello scarico di superficie a valle dei panconi. Esecuzione di 3 perforazioni verticali parallele e longitudinali (destra -sinistra) fino ad intercettare il tubo di scarico a monte del cunicolo. Se necessario una ulteriore perforazione a valle delle 3 precedenti in asse del tubo di scarico. Riempimento con calcestruzzo, quindi taglio del tubo dello scarico nel cunicolo e inghisaggio del tratto di monte.

I trasporti dei materiali e delle attrezzature avverrà con autocarri utilizzando la viabilità in sponda sinistra e il piazzale a q.161m s.l.m.; per la loro movimentazione si utilizzerà la gru a torre.

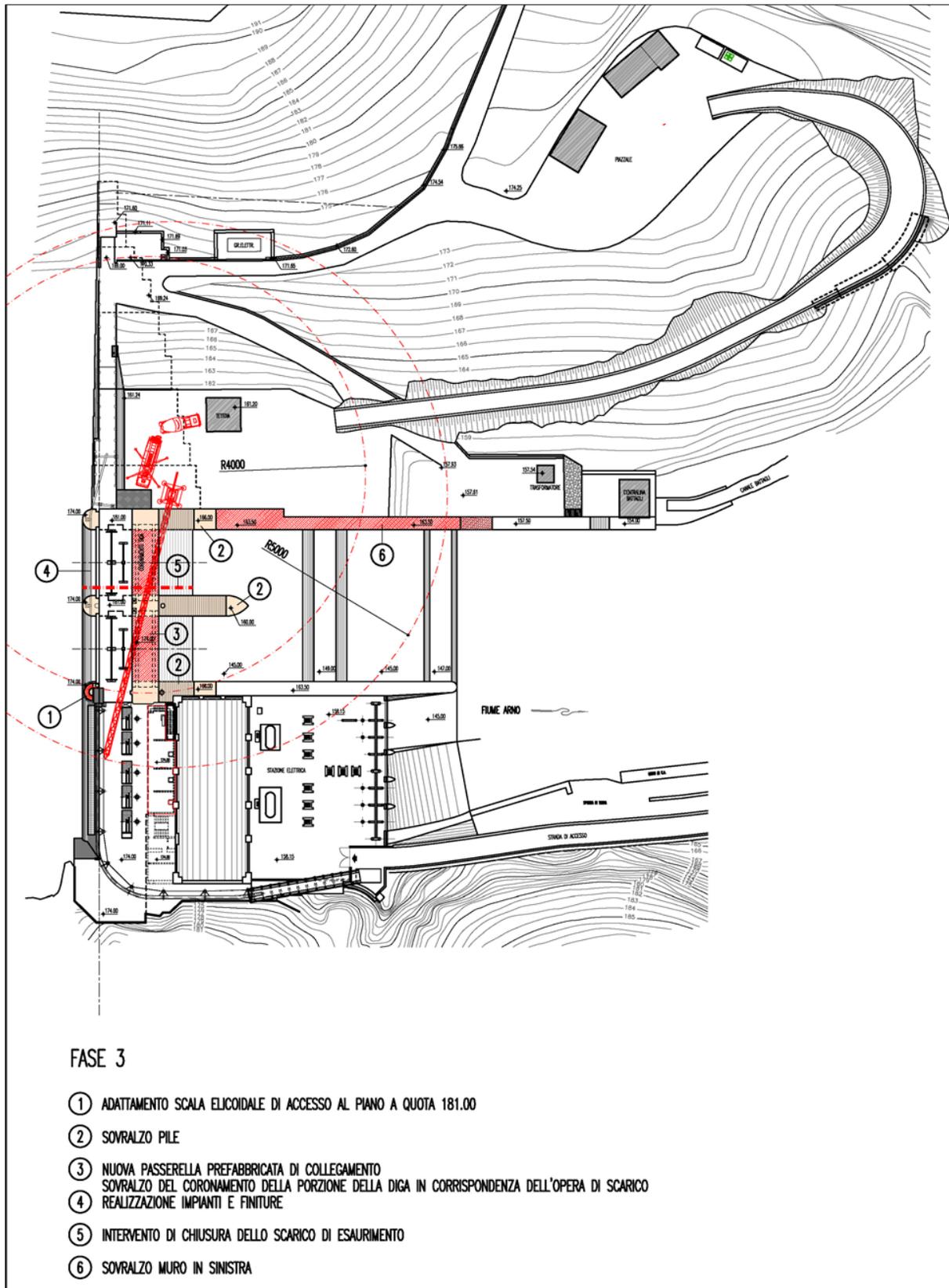


Figura 14: stralcio planimetrico con indicazione degli interventi nella fase 3

2.3.5 Fase 4

Nella fase 4 sono previste lavorazioni sulla porzione sinistra della diga per le opere di soprizzo, appesantimento e chiusura idraulica della diga in sponda sinistra.

Conclusi gli interventi della fase 3, verrà ripiegata e allontanata dal cantiere la gru a torre installata sul piazzale a q. 161m s.l.m.

2.3.5.1 Rimozioni e preparazione dell'area

Sono previste le seguenti attività.

- Rimozione della struttura di movimentazione dei panconi dello scarico.
- Rimozione della cabina MT esistente sul piazzale a q. 161,00 m s.l.m.

I trasporti dei materiali e delle attrezzature avverrà con autocarri eventualmente equipaggiati con gru idraulica, utilizzando la viabilità in sponda sinistra e il piazzale a q.161m s.l.m.

I materiali di risulta verranno conferite alle discariche autorizzate.



Foto 13: cabina MT e struttura di movimentazione panconi sul piazzale a q.161m s.l.m.

2.3.5.2 Consolidamenti e scavi sulla sponda sinistra

Sono previste le seguenti attività.

- Realizzazione paratia provvisoria di micropali dalla q. 161,00 m s.l.m. a protezione dello scavo;
- Realizzazione doppia paratia micropali di chiusura idraulica della spalla sinistra;
- Esecuzione di jet grouting a valle della paratia di micropali.
- Scavo tra la paratia di micropali e il paramento della diga.
- Trasporto del materiale di risulta nell'area di stoccaggio temporaneo e dell'eccedenza a

discarica.



Foto 14: piazzale a q.161m s.l.m. oggetto degli interventi di consolidamento e di scavo

Paratia provvisoria di micropali

Per eseguire i getti di appesantimento della porzione sinistra della diga, è necessario eseguire uno scavo dall'attuale quota del terrapieno (161m s.l.m.), per una profondità variabile tra 16 metri in corrispondenza del muro d'ala fino ad arrivare a 3-4 metri di nella zona di ammorsamento della spalla sinistra.

Verrà realizzata pertanto una paratia provvisoria di micropali a sostegno del fronte di scavo.

La realizzazione dei micropali della paratia, verrà eseguita con una perforatrice idraulica e con una unità di miscelazione/iniezione, che saranno trasportate dalla viabilità in sponda sinistra.

Chiusura idraulica della spalla sinistra

Il soprizzo del coronamento, dovrà essere prolungato contro roccia in spalla sinistra, per la chiusura delle eventuali vie di filtrazione. Lo scopo dell'intervento è chiudere il passaggio nella coltre detritica, che oggi non è interessata dal livello del lago, e riportarsi nelle condizioni attuali in cui l'eventuale percorso di filtrazione deve passare attraverso la roccia del versante della spalla sinistra.

L'intervento di chiusura, viene eseguito con una doppia paratia di micropali armati con tubolare metallico messi in opera a quinconce. Si considerano micropali $\phi 300$ mm armati con tubolari $\phi 127/10$ mm.

La chiusura idraulica tra paratia e diga potrà essere garantita mediante la messa in opera di una doppia calza in geotessuto iniettata con miscela cementizia posta a monte e a valle della paratia.

Per ridurre i tempi, le lavorazioni sopra descritte, potranno essere eseguite in parallelo alla realizzazione della paratia provvisoria, utilizzando una seconda perforatrice.

Le attrezzature necessarie per la realizzazione di micropali sono essenzialmente le seguenti:

- sonda perforatrice cingolata per le operazioni di perforazione;
- centrale di confezionamento della miscela cementizia costituita da silos orizzontale o verticale; vasca di stoccaggio per l'acqua; miscelatore ad elevata turbolenza; agitatore; iniettori per il pompaggio della sospensione cementizia dall'impianto alla sonda perforatrice.



Foto 15: area dell'intervento di chiusura idraulica della diga in sponda sinistra

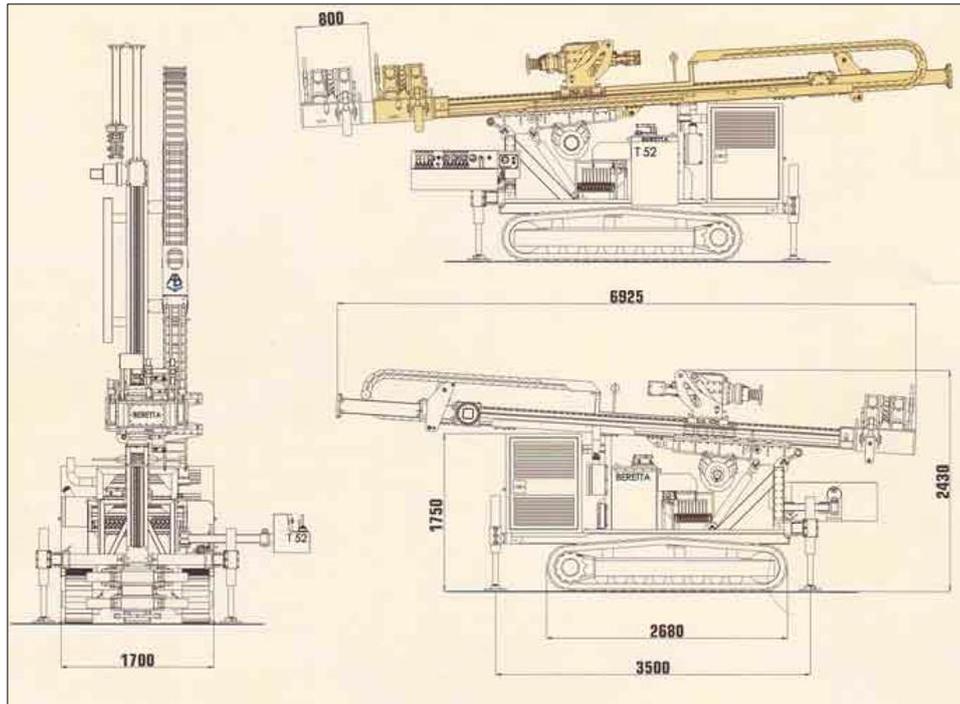


Figura 15: tipologico sonda perforatrice per micropali



Figura 16: tipologico gruppo di miscelazione e iniezione per micropali

Jet grouting

Per ridurre le spinte sull'opera di sostegno provvisoria, il terreno che costituisce il terrapieno sarà consolidato con la tecnica del jet-grouting.

Preliminarmente all'inizio delle attività di gettiniezione andrà eseguito un campo prova atto a definire quali siano i parametri di iniezione ottimali.

L'area di cantiere che verrà utilizzata per eseguire il jet-grouting è lo spazio disponibile sul terrapieno non interessato dalle lavorazioni; una parte di quest'area sarà utilizzata preliminarmente per il campo prove.

E' indispensabile che durante l'esecuzione del jet grouting l'area del piazzale sia mantenuta sgombra e non ci siano altre attività in corso di esecuzione al fine di avere il maggior spazio disponibile per le installazioni necessarie: pompe, compressori, stazione di miscelazione, silos, vasche di raccolta fluidi, ecc.

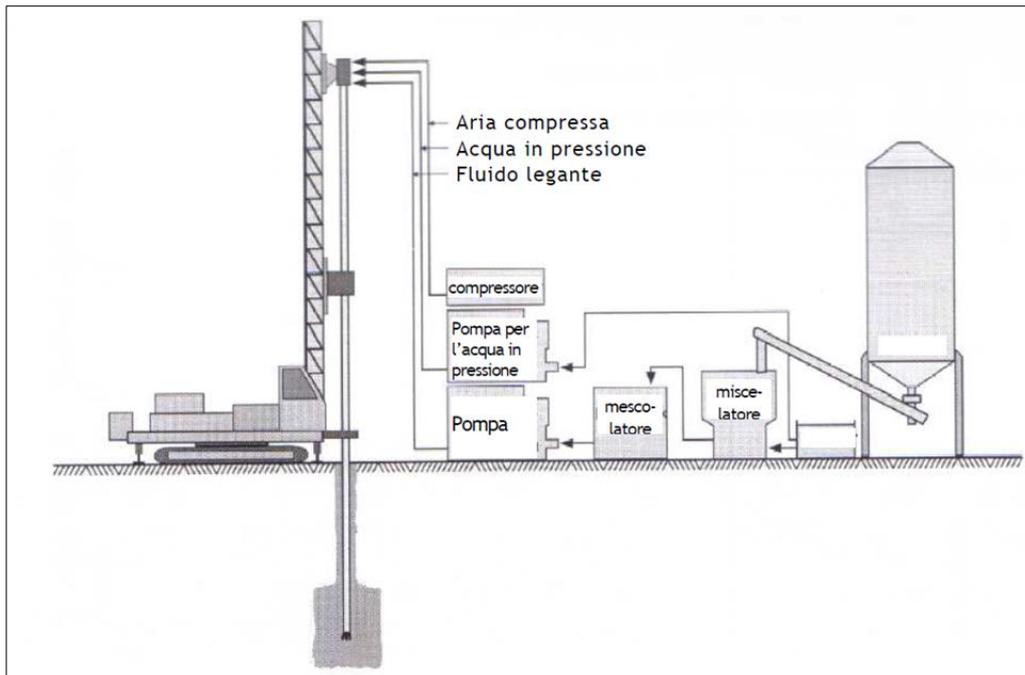


Figura 17: sezione schematica - tipologico installazioni di cantiere per jet grouting

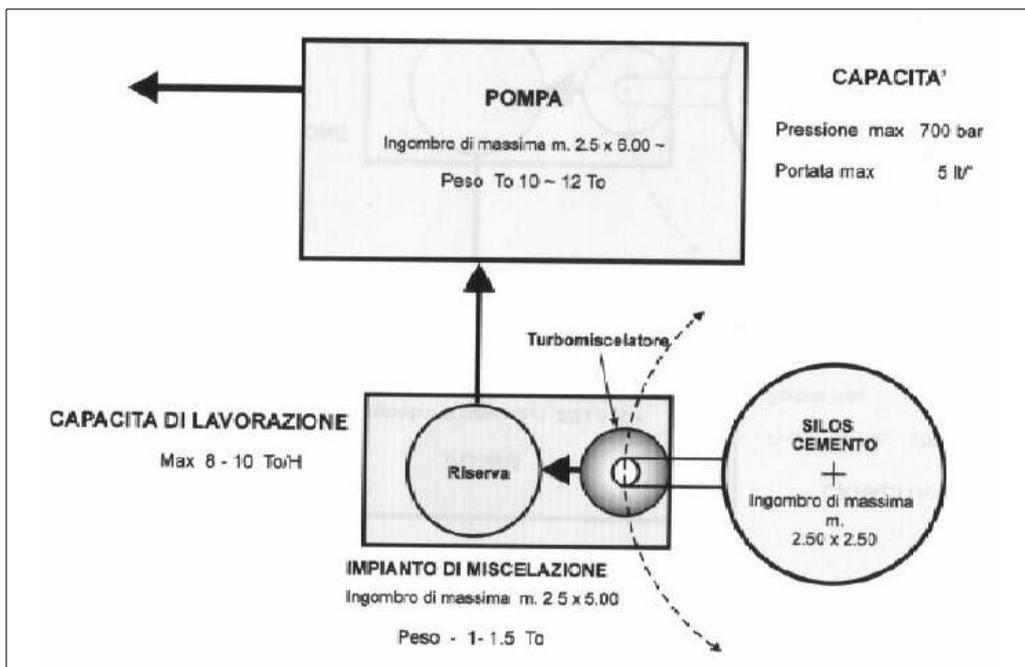


Figura 18: schema planimetrico- tipologico installazioni di cantiere per jet grouting con ingombri e pesi

Scavo

Al completamento delle colonne di jet grouting, sarà possibile scavare l'area di realizzazione dei getti di appesantimento della diga.

Lo scavo verrà aperto su tutto il fronte; si prevede di utilizzare uno o più escavatori dotati di braccio telescopico a benna mordente per operare rimanendo con il mezzo al di fuori dello scavo.

In corrispondenza del concio a ridosso del muro d'ala della diga, verrà intercettata la condotta adduttrice alla Centralina Battagli; il tratto presente nella sezione di scavo, dovrà essere pertanto rimosso avendo cura di proteggere la sezione di tubo rimanente per la successiva posa della nuova condotta.

Il materiale scavato verrà subito caricato su autocarro: il terreno da utilizzare successivamente per il rinterro delle opere verrà trasportato nelle aree di accumulo temporaneo preventivamente acquisite; il materiale eccedente verrà conferito a discarica.

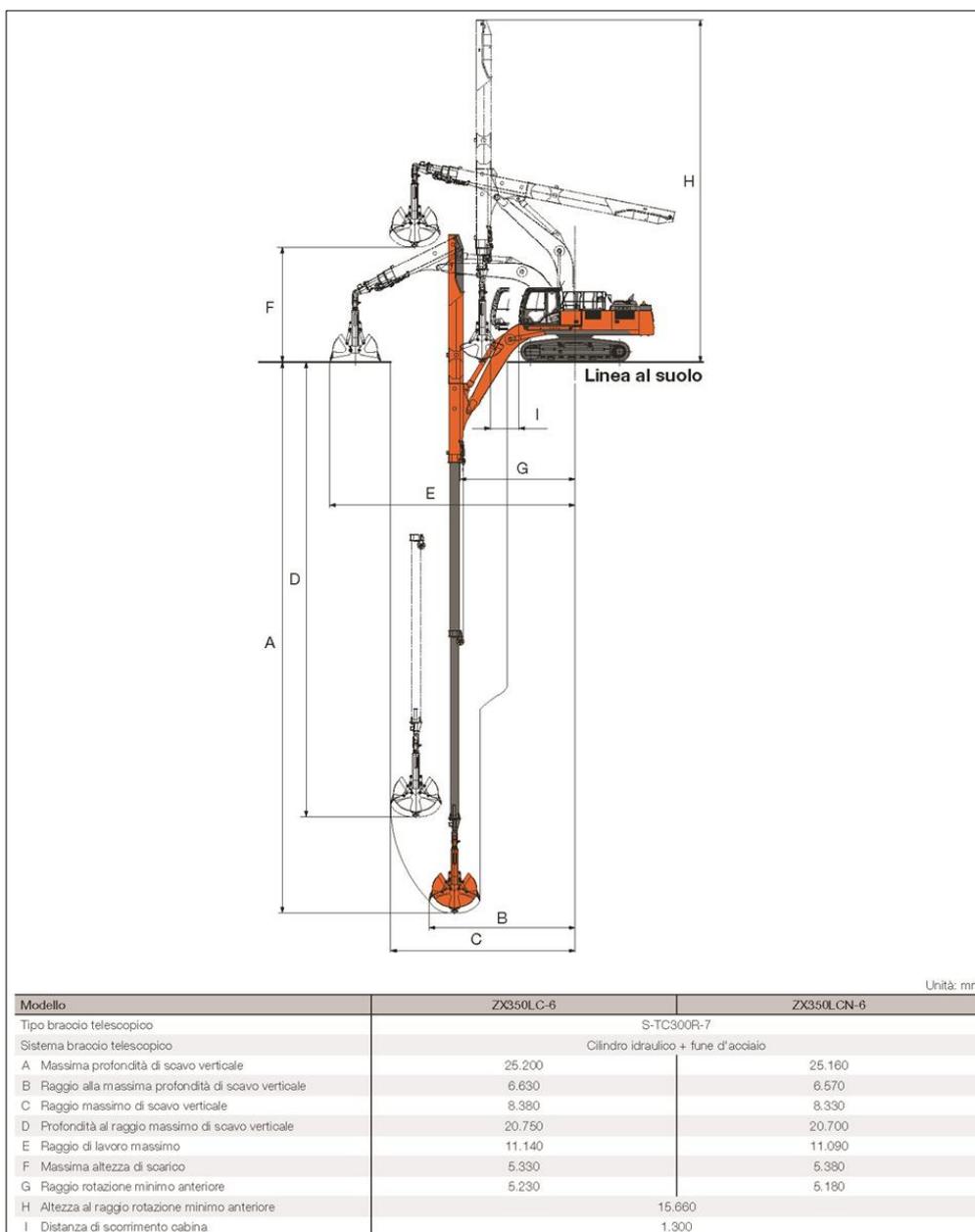


Figura 19: tipologico escavatore con braccio telescopico a benna mordente

2.3.5.3 Sostituzione della condotta adduttrice della Centralina Battagli

Il sistema costituito dalla condotta adduttrice della Centralina Battagli e dalla tubazione dedicata al rilascio del Deflusso Minimo Vitale si comporrà delle seguenti parti:

- nuova griglia di imbocco;
- nuovo condotto di imbocco;
- valvola di intercettazione principale (rimarrà l'esistente, da sottoporre a revisione);
- nuova condotta forzata in acciaio;
- nuovo giunto di dilatazione;
- nuovo condotto di by-pass;
- nuovo ramo di collegamento alla turbina;
- nuovo ramo di collegamento alle opere irrigue e rilascio minimo vitale
- nuova paratoia di valle turbina.

La condotta sarà in acciaio del diametro nominale di 1100mm con una lunghezza di circa 90m.

Nella parte iniziale della condotta, in corrispondenza del paramento di valle dello sbarramento, sarà realizzato il raccordo fra la condotta esistente e la nuova condotta. L'unione delle due condotte sarà realizzato tramite saldatura.

Nella parte iniziale della condotta e per un tratto di 5 m, la superficie esterna sarà munita di corniere perimetrali e zanche di ancoraggio in acciaio. Il tratto sarà inghisato e reso solidale alla struttura della diga tramite un rivestimento costituito da getti di calcestruzzo.

La giunzione fra tubi sarà realizzata con saldatura testa a testa.

Il restante tratto della condotta sarà realizzato con appoggio su platea generale in calcestruzzo tramite l'interposizione di profilati metallici. La stabilità della tubazione sarà assicurata dai blocchi di ancoraggio in calcestruzzo, di cui uno posto all'origine della tubazione, avvolgendo al proprio interno la giunzione fra condotta vecchia e condotta nuova, e l'altro posto sulla diramazione fra il ramo di tubazione di alimentazione turbina e il ramo di collegamento con le opere irrigue e deflusso minimo vitale.

A monte della diramazione sarà inserito un giunto di dilatazione. Sul ramo di tubazione destinato all'alimentazione della turbina idraulica sarà installato un organo di intercettazione costituito da una valvola a farfalla. Sull'altro ramo di tubazione, destinato alla alimentazione delle opere irrigue, sarà installata una valvola di intercettazione e regolazione del tipo a fuso.

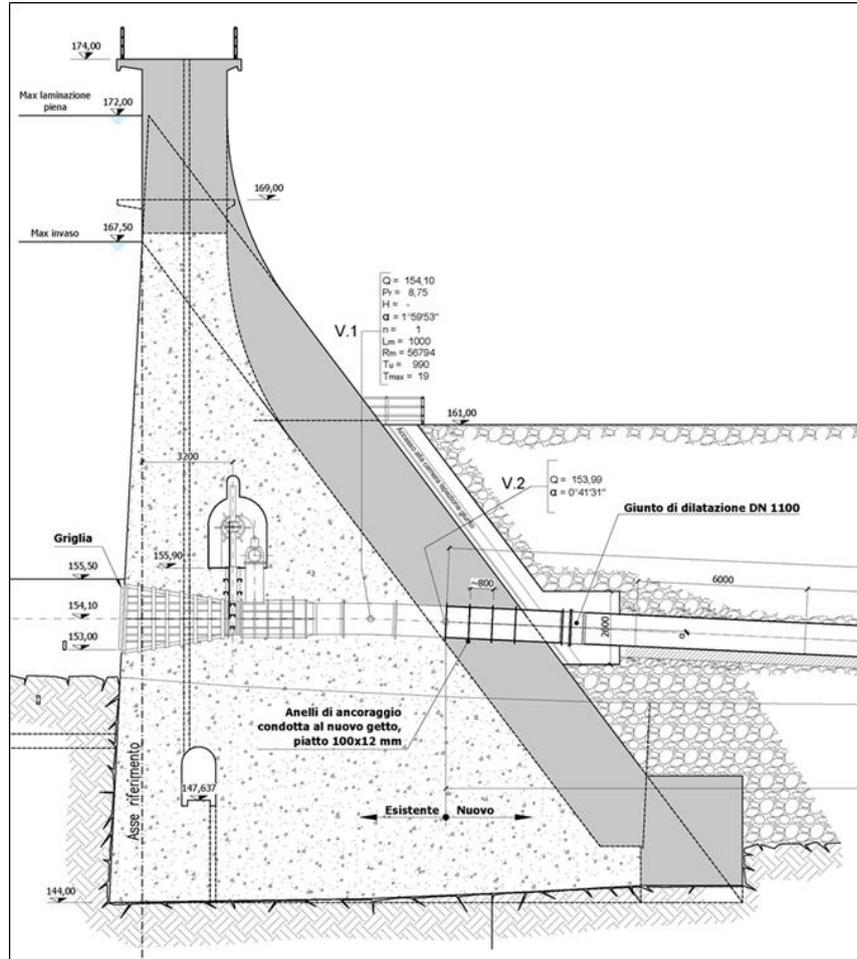


Figura 20: stralcio dei componenti della condotta a monte della Centralina Battagli

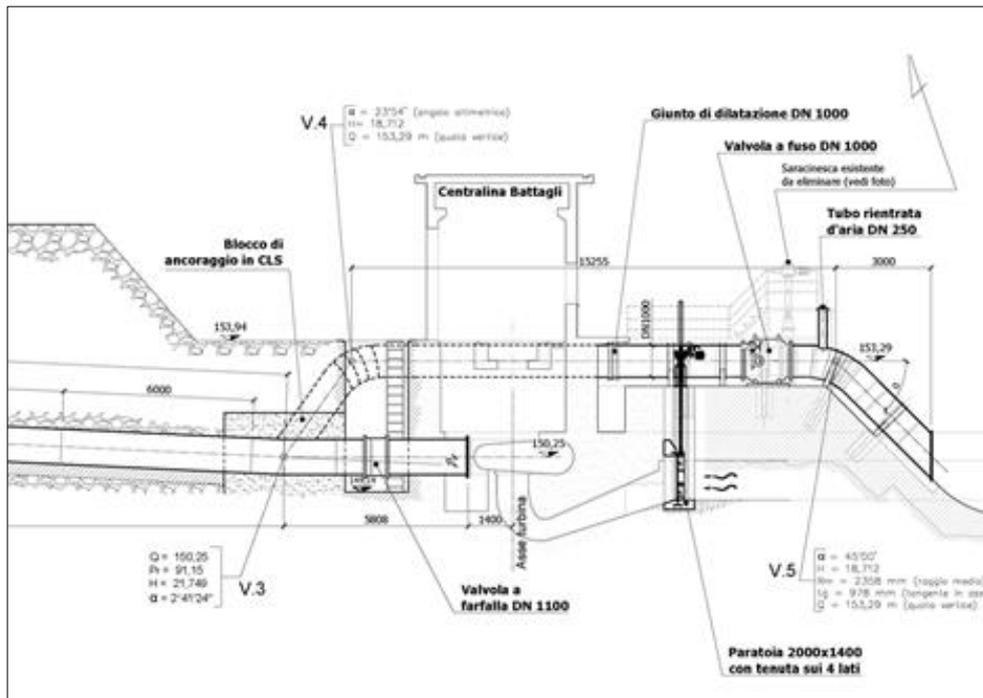


Figura 21: stralcio dei componenti della condotta in corrispondenza della Centralina Battagli

Il tratto della tubazione, dal paramento di valle della diga alla valvola a farfalla di presidio della turbina, sarà posto all'interno del terrapieno esistente in sponda sinistra.

Per la sostituzione e l'adeguamento della condotta interrata sono previste le seguenti attività principali.

- Posa del tratto A della condotta adduttrice: dalla Centralina Battagli alla cortina di jet grouting e nuovo condotto di by-pass.
- Posa del tratto B: attraversamento della cortina di jet grouting.
- Posa del tratto C: dal paramento della diga alla paratia provvisoria di micropali.
- Realizzazione della camera per il giunto di smontaggio e del relativo accesso.
- Opere di adeguamento del sistema di adduzione della Centralina Battagli.

Tratto A della condotta

Per sostituire il tratto della condotta adduttrice compreso tra le colonne di jet grouting e la Centralina Battagli si dovrà eseguire uno scavo a cielo aperto con una profondità massima presunta dal piano campagna di circa 8m.

Per sostenere le pareti di scavo si prevede di utilizzare un sistema di blindaggio dello scavo, costituito da elementi modulari da affondare in avanzamento nello scavo.

Dopo aver rimosso la condotta esistente si procederà alla posa del nuovo tratto.

Il materiale scavato sarà posizionato temporaneamente a bordo scavo e riutilizzato per il rinterro dopo la posa della condotta.

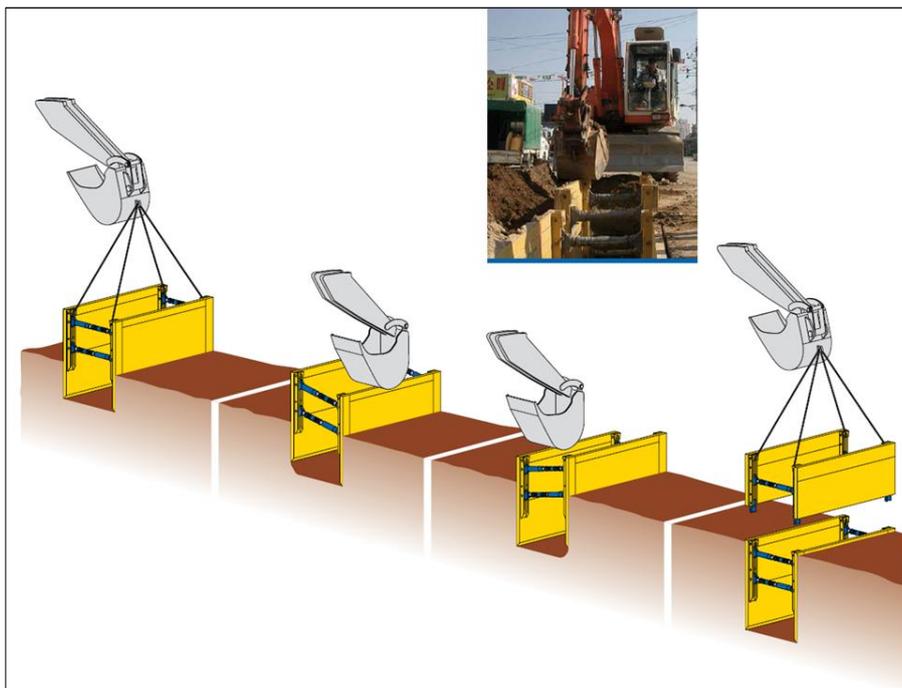


Figura 22: schema di blindaggio dello scavo autoaffondante

Tratto B della condotta

Il tratto della condotta dovrà essere posato attraversando la cortina di jet grouting; si prevede di eseguire una trivellazione orizzontale controllata (T.O.C.).

Le fasi operative per la posa della tubazione mediante trivellazione controllata sono essenzialmente tre:

- esecuzione del foro pilota;
- alesatura del foro;
- tiro e posa della tubazione.

Esecuzione del foro pilota

Si dovrà intervenire dal lato di valle verso la Centralina Battagli in direzione della diga.

Considerata la compattezza del tratto da attraversare si dovrà eseguire una perforazione idromeccanica, ottenuta per mezzo di uno speciale motore a turbina (“mud motor”), azionata da una circolazione forzata di fanghi a cui è collegato un utensile che, taglia meccanicamente e con facilità rocce e materiali compatti.

Alesatura del foro

Una volta realizzato il foro pilota, la testa di trivellazione viene sostituita con particolari alesatori che vengono trascinati a ritroso all'interno del foro, che ruotando grazie al moto trasmesso dalle aste esercitano un'azione fresante e quindi allargante sul foro, sempre coadiuvati dai getti di fango per l'asportazione del terreno e la stabilizzazione delle pareti del foro.

Tiro e posa della tubazione

Terminata la fase di alesatura, viene agganciato il tubo dietro l'alesatore stesso per mezzo di un giunto rotante e viene trainato a ritroso fino al punto di partenza.

Lo spazio libero disponibile tra la cortina di jet grouting e il paramento della diga, non consente l'inserimento dell'intero tratto di condotta da sostituire (circa 12m), dovranno essere quindi predisposti dei tratti di tubo della lunghezza massima di circa 4m, da saldare in opera seguendo il progressivo arretramento verso valle della tubazione.

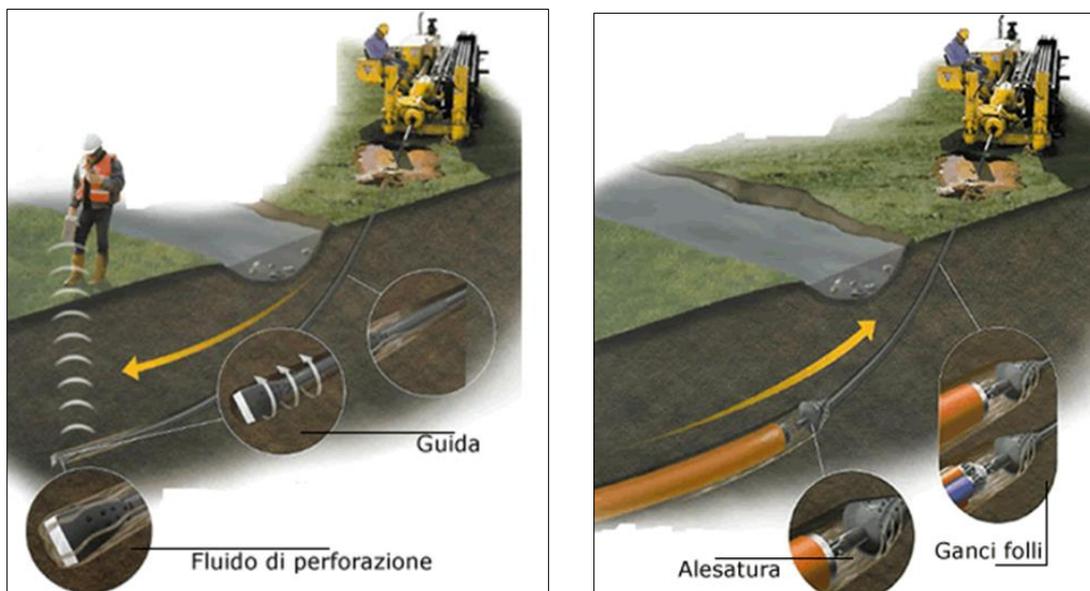


Figura 23: schema di posa con perforazione orizzontale controllata (T.O.C.)



Figura 24: tipologico perforatrice per T.O.C.

Tratto C della condotta

La tubazione esistente in questo tratto è stata già rimossa durante le operazioni di scavo descritte al paragrafo precedente.

Il nuovo tratto verrà posato dopo aver completato il getto di appesantimento del concio della diga e dopo aver rinterrato lo scavo fino alla quota di posa della condotta.

Terminata la posa dei tratti di condotta, verrà realizzata la camera per il giunto di smontaggio con il relativo accesso dal piano campagna finito e verrà completato il rinterro del concio.

Opere di adeguamento del sistema di adduzione della Centralina Battagli.

All'interno della Centralina Battagli verranno eseguiti lavori di adeguamento degli organi di manovra delle apparecchiature elettromeccaniche.

Tutti i trasporti dei materiali e delle attrezzature avverrà con autocarri utilizzando la viabilità in sponda sinistra e la pista di accesso al piazzale a q.161m s.l.m.; per la movimentazione dei tratti di condotta si utilizzerà un automezzo dotato di gru.

La perforatrice per l'esecuzione della T.O.C. ha ingombri contenuti e può essere agevolmente trasportata (indicativamente lunghezza 6m, larghezza 1,50m, altezza 2,2m, peso 7t).

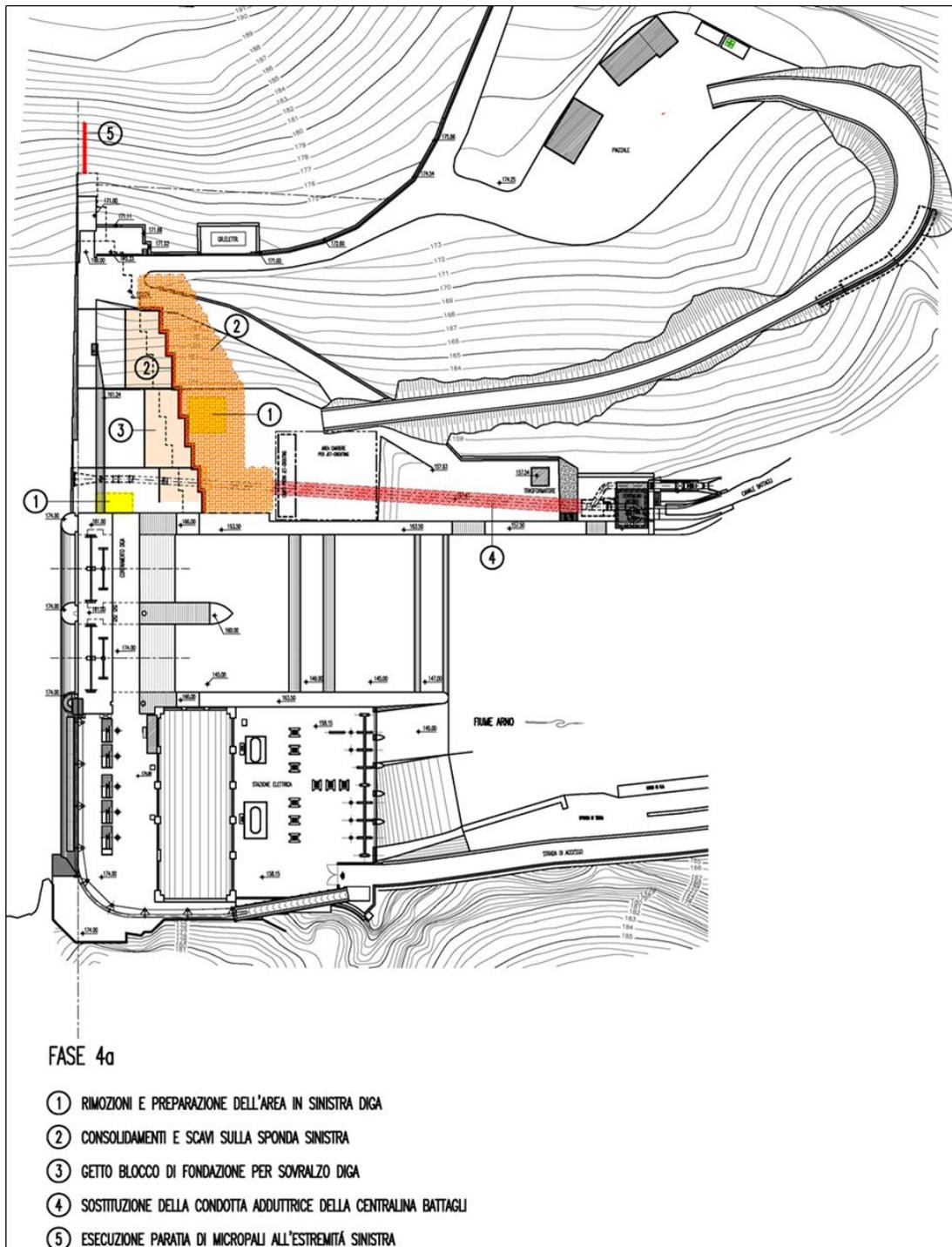


Figura 25: stralcio planimetrico con indicazione degli interventi nella fase 4(a)

2.3.5.4 Sopralzo e appesantimento della porzione di diga in sponda sinistra

Sono previste le seguenti attività.

- Demolizione del coronamento fino alla q. 167,80m s.l.m.
- Pulizia e preparazione della superficie del paramento di valle.
- Getto dello zoccolo di fondazione.

- Getto del calcestruzzo con inizio dal concio 1 e di seguito alternativamente gli altri (dal fiume verso la sponda sinistra).
- Rinterro dello scavo.
- Adeguamento dei giunti sul coronamento (posa lamierino, applicazione guaina fra conci, ecc.).

La demolizione della porzione di coronamento fino alla q. 167,80, sarà eseguita prima dell'apertura dello scavo al piede della porzione sinistra della diga. Si prevede l'utilizzo di un mini escavatore dotato di martello demolitore che accederà al coronamento dalla strada esistente. Per evitare la caduta di materiale a monte, dovranno essere predisposte delle protezioni laterali sul coronamento. Il materiale demolito sarà caricato con una mini pala meccanica su autocarro e conferito a discarica.

Dopo l'apertura dello scavo al piede della diga, si procederà alla pulizia e alla preparazione del paramento.

Per accedere al paramento in elevazione, potrà essere utilizzata una piattaforma telescopica tipo ragno dotata di un cestello che può ospitare due operatori, posizionata sul piazzale a q.161m.

I vantaggi dell'utilizzo di una piattaforma tipo ragno sono relativi al ridotto ingombro, alla versatilità di spostamento del cestello e alla possibilità di compensare i dislivelli presenti con i piedini telescopici.

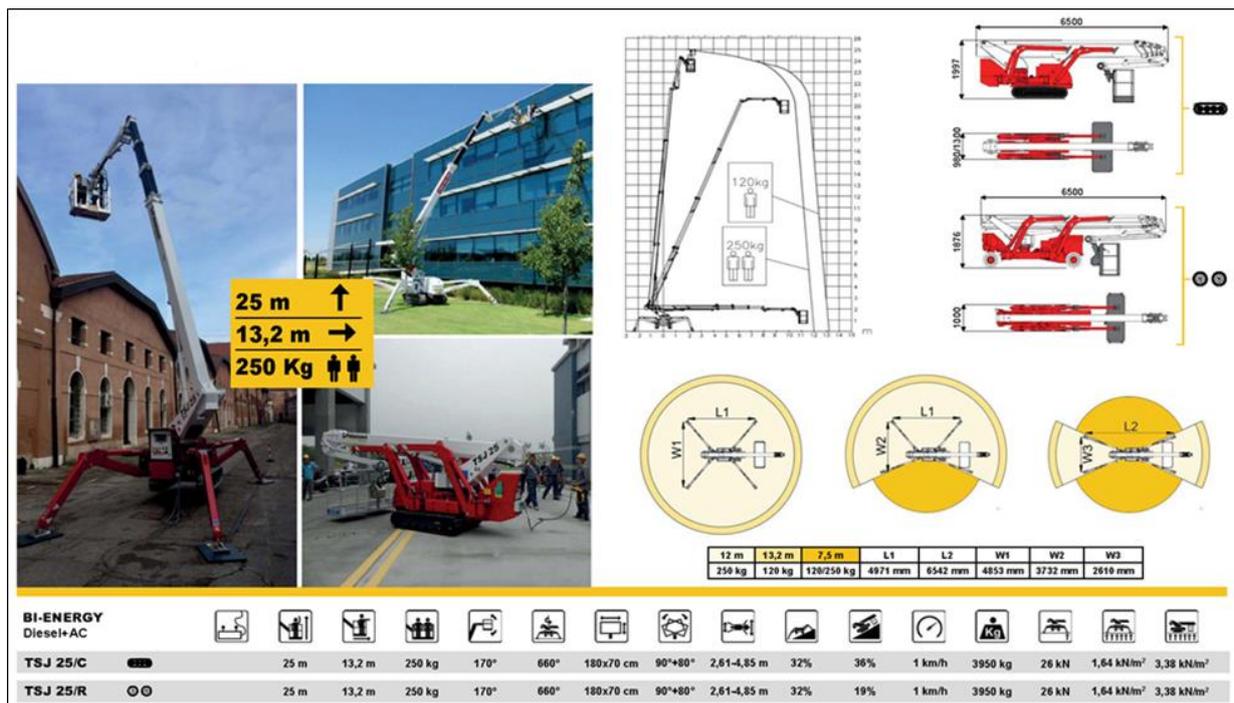


Figura 26: tipologico piattaforma telescopica tipo ragno

Attualmente la porzione sinistra è divisa in 5 conci: due da 12 m, due da 14 m e uno da 8 m, partendo dalla sponda sinistra, per un totale di 60 m. Questa suddivisione verrà mantenuta anche per il soprizzo e pertanto i giunti verticali esistenti verranno prolungati per la nuova struttura.

La nuova geometria della diga comporta un soprizzo del paramento di valle della diga, misurato in direzione verticale di 4,50 m, pari all'innalzamento del vertice del triangolo fondamentale; lo spessore di calcestruzzo da riportare misurato sulla sezione orizzontale sarà invece circa pari a 3,60 m. Sul concio 5 il riporto di calcestruzzo, sarà applicato solo in verticale, sul coronamento.

Per i getti di calcestruzzo si opererà per singoli conci alternati a partire da quello adiacente al muro d'ala, con la sequenza seguente:

- getto dello zoccolo di fondazione del muro a parziale riempimento del fondo scavo;
- utilizzo di casseforme rampanti per il getto della parte in elevazione fino alla sommità del coronamento.

Completati i getti e si procederà con il rinterro dello scavo prelevando il materiale già scavato dalle aree di accumulo temporaneo.

Si procederà inoltre alle opere di completamento e adeguamento dei giunti sul coronamento (posa lamierino, applicazione guaina fra conci, ecc.).

I trasporti dei materiali e delle attrezzature avverrà con autocarri utilizzando la viabilità in sponda sinistra e la nuova pista di cantiere per raggiungere la zona di carico e scarico sul piazzale a q. 161m s.l.m.; per la movimentazione si utilizzerà un sollevatore telescopico gommato.

Per i getti di calcestruzzo, si prevede di utilizzare un'autopompa, alimentata da autobetoniere da circa 8mc. L'autopompa si posizionerà nella zona più prossima all'area di getto.

Le autobetoniere dovranno accedere singolarmente alla zona di carico dell'autopompa e dopo lo scarico dovranno liberare la zona. Potrà essere utilizzata anche la strada di accesso al piazzale attualmente esistente. La sosta delle autobetoniere in attesa di scarico, potrà avvenire sul piazzale dell'area di cantiere.

L'autopompa dovrà avere uno sbraccio adeguato per raggiungere tutte le zone interessate dai getti; in particolare uno sbraccio inclinato di circa 25m con un dislivello di circa 15m.

La velocità di avanzamento dei getti e il numero di riprese di getto orizzontali, sono condizionati dalla disponibilità di fornitura del calcestruzzo in cantiere in considerazione della limitata viabilità di accesso. Si ipotizza di non superare la fornitura massima giornaliera di 150-180m³.

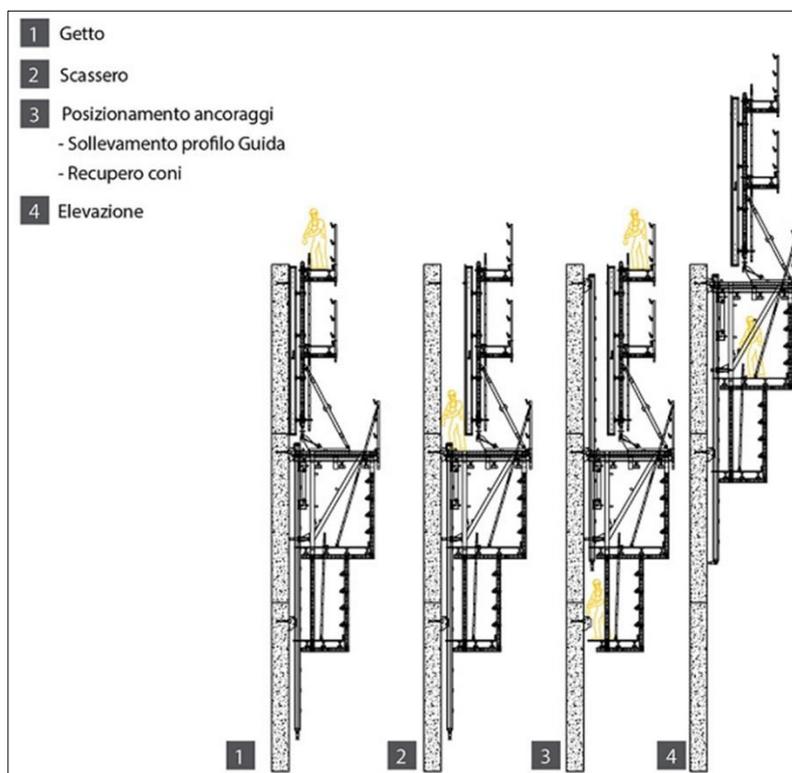


Figura 27: schema tipologico di montaggio delle casseforme rampanti



Foto 16: porzione sinistra della diga

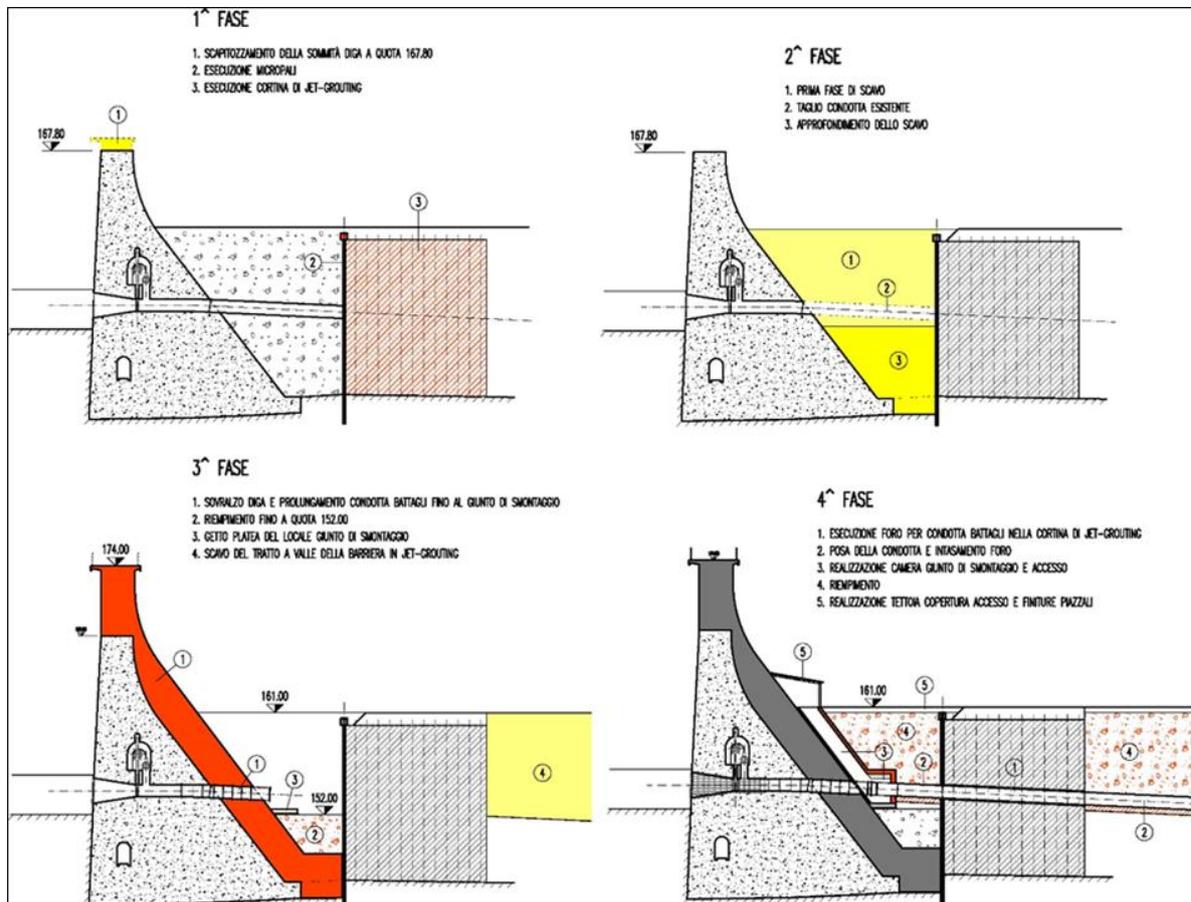


Figura 28: schema fasi esecutive degli interventi di valle sulla porzione sinistra della diga

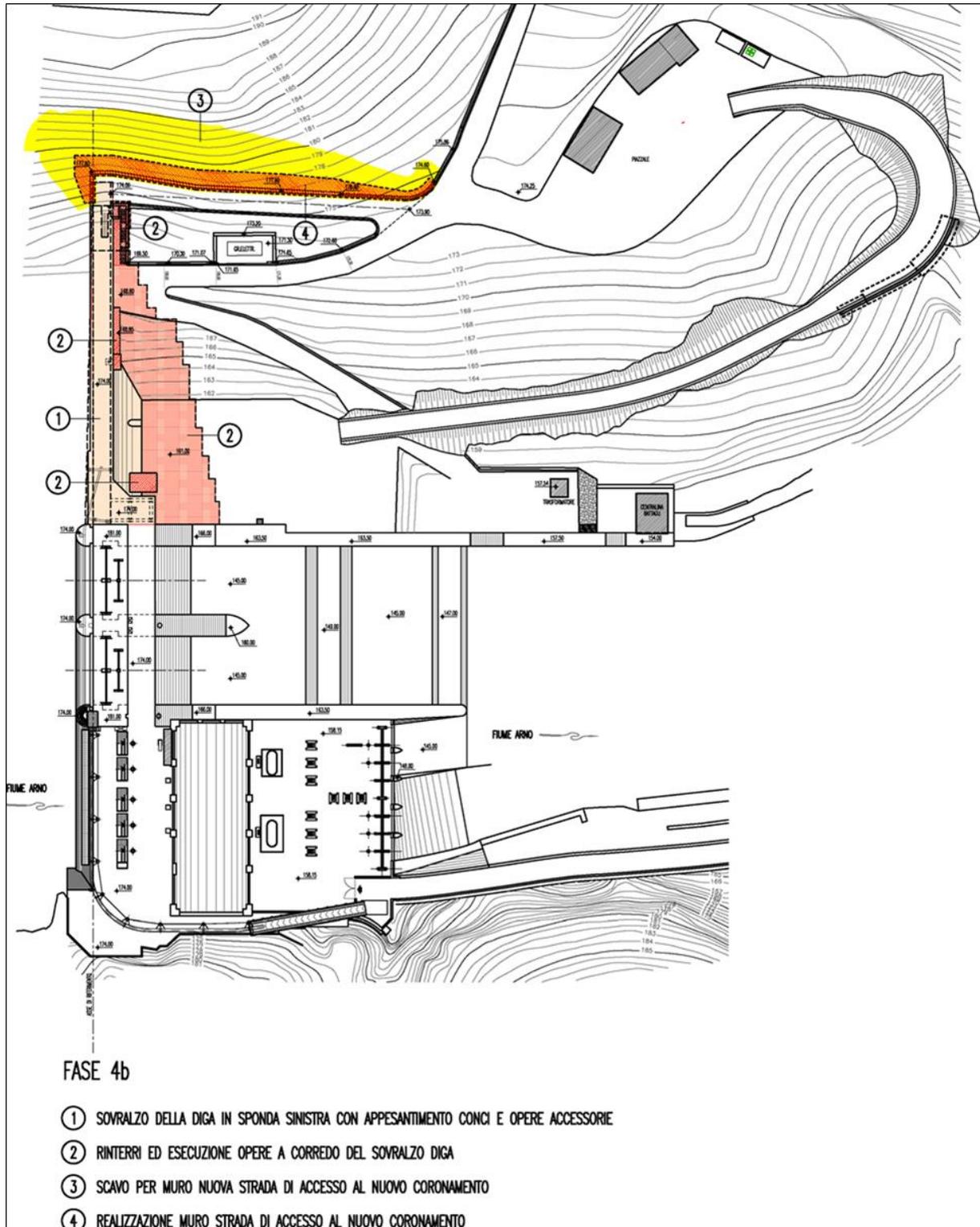


Figura 29: stralcio planimetrico con indicazione degli interventi nella fase 4(b)

2.3.5.5 Completamento soprizzo del coronamento e opere accessorie

Sono previste le seguenti attività.

- Costruzione della strada di accesso al coronamento a q. 174m s.l.m.
- Opere di adeguamento dell'accesso al cunicolo.
- Collegamento d'angolo del coronamento in sinistra con la nuova passerella nella parte centrale della diga.
- Posa parapetti, collegamento diga all'impianto elettrico.
- Realizzazione del box e della passerella di accesso al locale pendolo.
- Realizzazione di drenaggi e piezometri nel cunicolo della diga.
- Completamenti e finiture.

Tutti i trasporti dei materiali e delle attrezzature avverranno con autocarri utilizzando la viabilità in sponda sinistra e la pista di accesso al piazzale a q.161m s.l.m.

Per i getti di calcestruzzo, si prevede di utilizzare autobetoniere eventualmente dotate di pompa, che possono raggiungere le zone d'intervento.

Per la movimentazione delle carpenterie metalliche, si utilizzerà un autocarro equipaggiato con gru idraulica.

Dal cunicolo della diga è prevista la realizzazione di:

- n. 4 drenaggi verticali diam 200mm lunghezza 12m cadauno
- n. 2 drenaggi inclinati diam 200mm lunghezza 12m cadauno
- n. 2 piezometri verticali diam. 101 mm lunghezza 10m cadauno.

Le perforazioni saranno eseguite con una carotatrice rotativa smontabile di media potenza, installata all'interno del cunicolo; il relativo gruppo oleodinamico potrà essere posizionato anche a distanza, in prossimità dell'ingresso al cunicolo.



Figura 30: tipologico carotatrice rotativa smontabile all'interno di un cunicolo

2.3.5.6 Ripristino delle strutture demolite

Sono previste le seguenti attività.

- Realizzazione nuova cabina MT.
- Installazione della nuova struttura di collocazione dei panconi dello scarico.

Tutti i trasporti dei materiali e delle attrezzature avverrà con autocarri utilizzando la viabilità in sponda sinistra e la pista di accesso al piazzale a q.161m s.l.m.

Per il riposizionamento dei panconi nella nuova struttura di collocazione definitiva, si utilizzerà un'autogrù di portata e sbraccio adeguati.

2.3.5.7 Impianto di illuminazione e monitoraggio della diga

Sono previste le seguenti attività.

- Realizzazione nuovo impianto di potenza e illuminazione della diga.
- Integrazione e adeguamento sistema di monitoraggio.

Tutti i trasporti dei materiali e delle attrezzature avverrà con autocarri utilizzando la viabilità in sponda sinistra e la pista di accesso al piazzale a q.161m s.l.m.

Per il posizionamento dei corpi illuminanti si utilizzerà un piccolo mezzo dotato di cestello elevatore con accesso sul coronamento.

2.3.5.8 Ripristini e smobilizzo cantiere

Al termine delle attività di ripristino dei luoghi si procederà alla rimozione dell'area di cantiere e alla riconsegna delle aree.

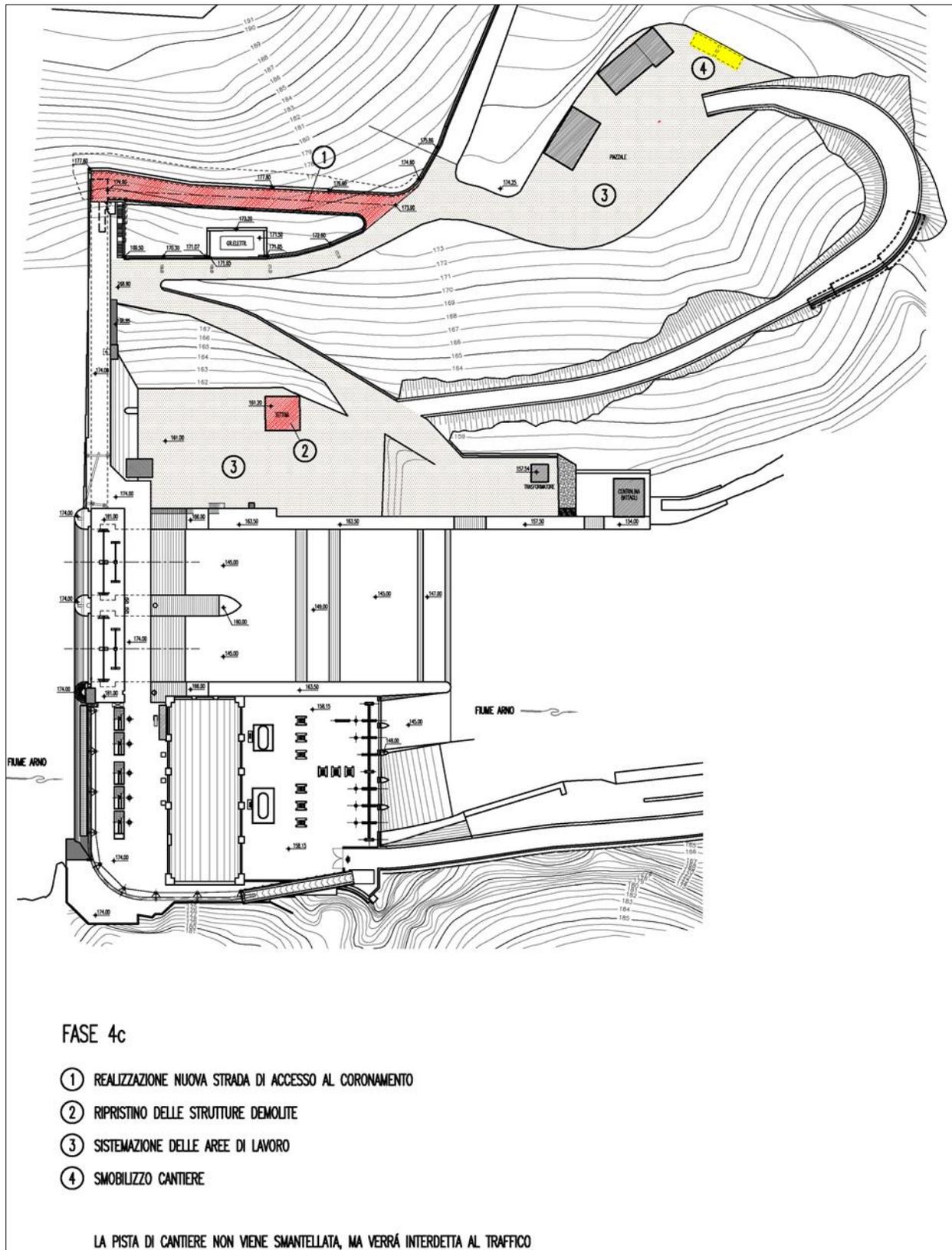


Figura 31: stralcio planimetrico con indicazione degli interventi nella fase 4(c)

3 PROGRAMMA TEMPORALE DELLE ATTIVITÀ

Si stima che la realizzazione degli interventi possa essere effettuata in circa 19 mesi solari.

Con riferimento alla suddivisione nelle fasi esecutive descritte nel capitolo precedente, i tempi di realizzazione di ciascuna fase sono i seguenti:

- **Attività preliminari** durata complessiva 15 giorni lavorativi
- **Fase 1** durata complessiva 40 giorni lavorativi
- **Fase 2** durata complessiva 130 giorni lavorativi
- **Fase 3** durata complessiva 90 giorni lavorativi
- **Fase 4** durata complessiva 157 giorni lavorativi
- **Impianti e opere accessorie** durata complessiva 30 giorni lavorativi

Il cronoprogramma è elaborato in giorni solari; la programmazione è basata su tempi lavorativi di 8 ore giornaliere, rispettando le festività e considerando sabato e domenica non lavorativi.

Con riferimento alle principali lavorazioni sono state considerate le seguenti produzioni giornaliere:

- getti massivi di calcestruzzo, mediamente 80-100m³ fino ad un massimo di 150-180m³;
- micropali n. 6-10 con 2 macchine perforatrici;
- colonne di jet grouting n. 10-12 con 2 macchine perforatrici;
- scavi a larga sezione obbligata 500-800m³;
- conferimenti a impianti di trattamento o discarica 180-200m³.

Le lavorazioni vincolate temporalmente, sono quelle relative alla sostituzione delle griglie, delle paratoie di presa, delle paratoie di scarico e della paratoia della Centralina Battagli, che devono essere svolte con il serbatoio vuoto.

Per lo svolgimento delle lavorazioni suddette, è necessario quindi prevedere lo svuotamento del serbatoio e, dalle misure di portata del Fiume Arno raccolte alla Stazione di Montevarchi (rif. <http://www.sir.toscana.it/consistenza-rete>), lo svuotamento è consigliato nel periodo compreso dalla metà di aprile alla fine di ottobre, quando il fiume Arno presenta le minime portate¹.

In questo periodo, (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**), si osserva infatti una portata stabilmente prossima ai minimi.

Le altre lavorazioni, in particolare quelle sulla porzione sinistra della diga, saranno eseguite con un livello d'invaso ridotto (indicativamente 3m sotto la quota di massima regolazione), mediante l'utilizzo della Centrale o con l'azionamento delle paratoie di scarico.

¹¹¹ La Stazione di misura di Montevarchi si trova a valle di Levane ma si ritiene possa essere significativa. Sono meno significative le altre due stazioni disponibili, Arno a Subbiano e Canale della Chiana a Ponte ferrovia FI-Roma, in quanto misurano due rami importanti dell'Arno diversi e discretamente a monte della diga, anche se dispongono di più anni di osservazioni

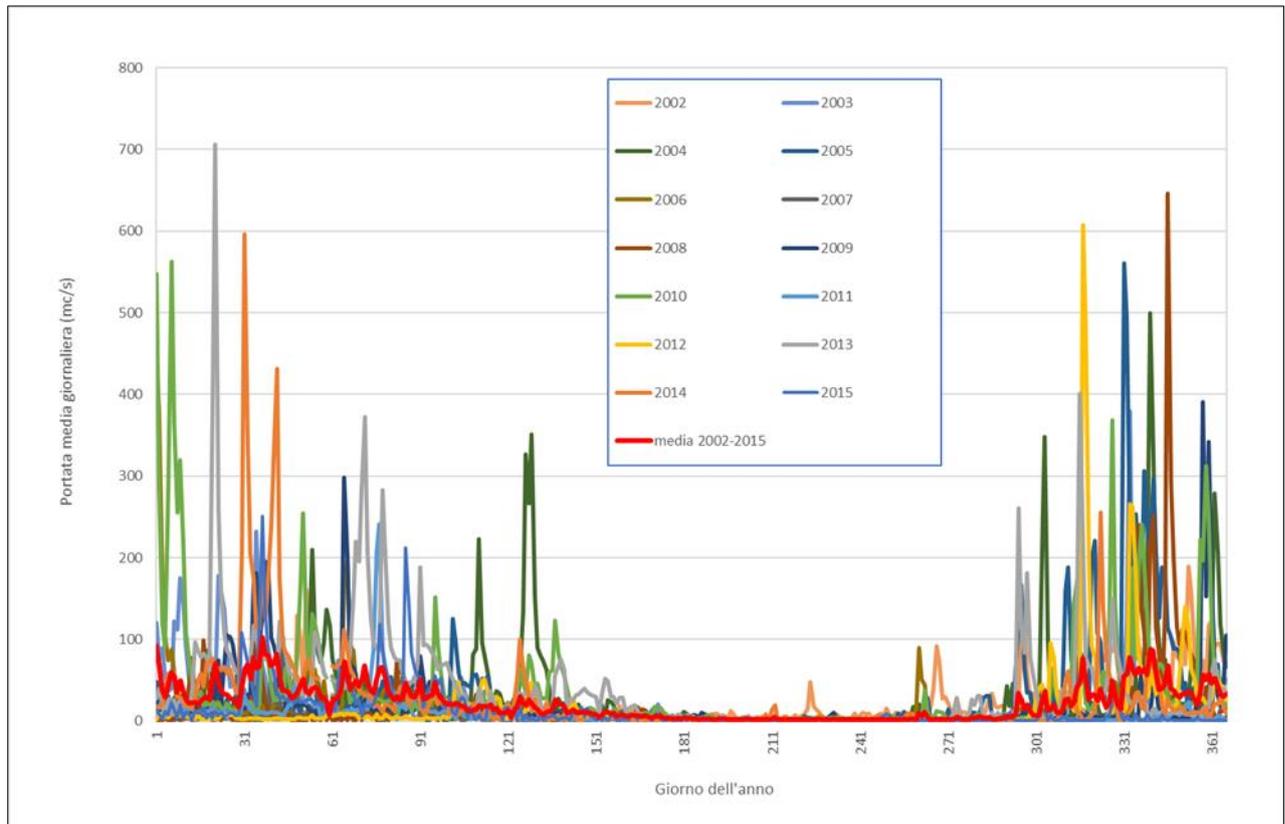


Figura 32: Andamento portate medie giornaliere degli ultimi 14 anni alla stazione di Montevarchi. Da <http://www.sir.toscana.it/consistenza-rete>

Considerato l'impegno dell'allestimento del cantiere e delle necessarie predisposizioni, si ritiene preferibile concentrare le attività di sostituzione delle paratoie in un unico periodo di svuotamento del serbatoio.

Il cronoprogramma prevede 133g con serbatoio vuoto nella Fase 2, collocati dalla metà di aprile fino alla metà di ottobre.

Nel suddetto periodo, la laminazione delle eventuali piene, sarà gestita utilizzando l'invaso di "La Penna", ubicato a monte del bacino di Levane.

In caso di episodi meteorici intensi, capaci di generare dei significativi eventi di piena, verrà predisposta una procedura di allertamento per garantire in sicurezza l'evacuazione delle aree di lavoro.

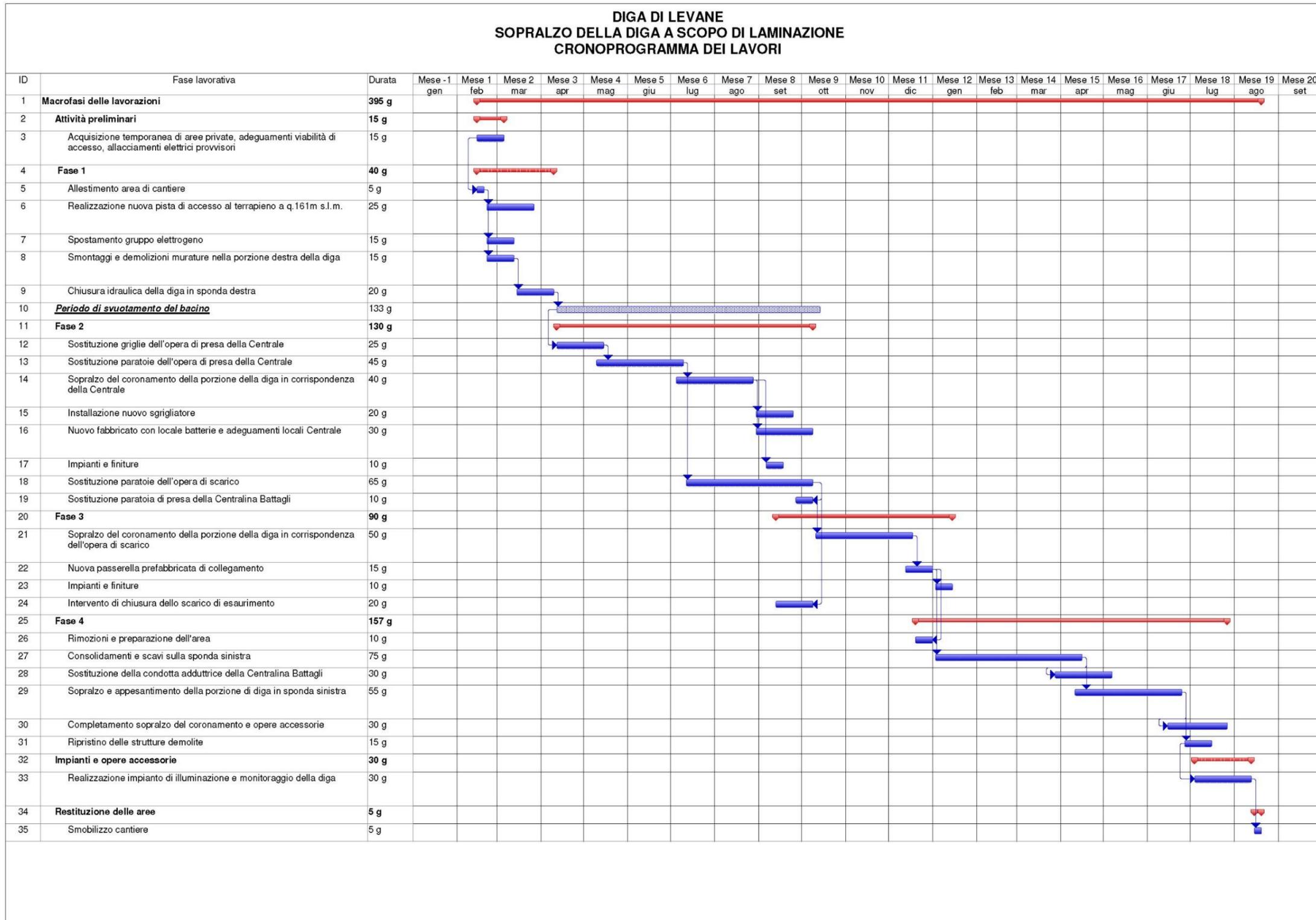


Figura 33: cronoprogramma dei lavori

4 GESTIONE DELLE TERRE DI SCAVO E DEI MATERIALI DA DEMOLIZIONE

Per la realizzazione delle opere sono previsti:

- Smontaggio servomotori
- Smantellamenti di elementi metallici (setti e meccanismi delle paratoie, lamiere di varia provenienza, sgrigliatore esistente e scivolo dello sgrigliato.
- Smantellamento di cavi
- Smantellamento di infissi e gronde

Tali materiali saranno separati per categoria merceologica e trasportati al di fuori del cantiere a impianti di recupero o smaltimento come rifiuti speciali.

E inoltre:

- demolizione di murature
- demolizione di calcestruzzi strutturali

Tali materiali saranno separati per categoria merceologica e trasportati al di fuori del cantiere a impianti di recupero o smaltimento come rifiuti speciali.

Infine, sono previsti scavi in terreni di sicura origine naturale e in terre di riporto. Gli scavi previsti saranno prevalentemente realizzati e richiusi con il riutilizzo in sito del materiale scavato.

Le terre di scavo dovranno essere separate per tipologia (naturale, di riporto) e quelle da riutilizzare in sito come rinterro, saranno tenute a deposito temporaneo in una o più aree esterne al cantiere.

Fase	Demolizioni (m ³)	Scavi (m ³)	Riutilizzo materiale di scavo (m ³)	Conferimento a discarica (m ³)
1	50	850	570	330
2	60	-	-	60
3	90	-	-	90
4	200	9700	6100	3800
Totali	400	10500	6670	4280

Tabella 1 Quantitativi principali dei materiali di demolizione e delle terre da scavo prodotti nelle fasi di lavorazione

5 FABBISOGNI DI RISORSE

Per le necessità di alimentazione elettrica del cantiere si provvederà all'allaccio alla rete locale di distribuzione.

Per l'acqua necessaria alle lavorazioni, come idrodemolizioni e perforazioni, è previsto di approvvigionarsi direttamente dal lago.

Nella tabella seguente si riportano i quantitativi più rappresentativi dei materiali da costruzione per le opere civili.

Fase	Calcestruzzo preconfezionato tipo 1 (m ³) C25/30	Calcestruzzo preconfezionato tipo 2 (m ³) C32/40	Acciaio per armatura (kg)	Miscela cementizia (m ³)	Materiali di cava per rilevati e sottofondi (m ³)
1	-	70	4600	-	600
2	1900	200	2500	10	-
3	4800	90	37000	10	-
4	3700	550	117000	5000	500
Totali	10400	910	161100	5020	1100

Tabella 2 Quantitativi dei materiali da costruzione più rappresentativi delle opere civili nelle fasi di lavorazione

6 MEZZI D'OPERA E TRAFFICO INDOTTO

Con riferimento alle lavorazioni descritte nei capitoli precedenti e ai relativi mezzi d'opera specifici, si ipotizza l'utilizzo delle seguenti macchine operatrici:

- escavatori (da 15 e 23 tonnellate) da attrezzare anche con utensili demolitori (pinze idrauliche, martelli demolitori, frese, benne mordenti);
- mini escavatori;
- pale caricatori e mini pale gommate;
- dumper;
- autocarri (con portata da 12 a 18m³)
- perforatrici e carotatrici;
- autotreni per trasporti eccezionali;
- rulli compattatori;
- autobetoniere (da 6 a 10m³);
- autopompe per calcestruzzo;
- pompe ad altissima pressione per idrodemolizione tramite lance, azionate manualmente e/o sostenute da bracci meccanici;
- gru idrauliche a torre;
- autogrù;
- sollevatori telescopici;
- macchinari con cestelli a braccio telescopico;
- ponteggi mobili

Il traffico indotto durante l'esecuzione dei lavori sarà principalmente connesso all'approntamento in cantiere dei macchinari ed al trasporto del materiale necessario alle lavorazioni.

Il progetto prevede di utilizzare circa 11300m³ di conglomerati cementizi; considerando la capacità di carico media di autobetoniere da 8 m³ si ipotizza la seguente distribuzione dei viaggi:

- o **fase 1** 70m³ per circa 18 viaggi di andata e ritorno in circa 20gg
- o **fase 2** 2100m³ per circa 525 viaggi di andata e ritorno in circa 100gg
- o **fase 3** 4890m³ per circa 1220 viaggi di andata e ritorno in circa 75gg
- o **fase 4** 4250m³ per circa 1062 viaggi di andata e ritorno in circa 160gg

Le forniture per l'acciaio di armatura, le miscele cementizie, i materiali di cava e gli altri materiali di approvvigionamento, sono distribuiti temporalmente in modo uniforme nella durata del cantiere e possono essere stimati in circa 1000 viaggi di andata e ritorno.

Si devono inoltre considerare i trasporti necessari per l'approvvigionamento delle opere elettromeccaniche, comprese le paratoie metalliche, stimabile in circa 30 viaggi di trasporti eccezionali con autotreni.

Per l'allontanamento dei materiali di risulta dalle demolizioni e dagli scavi, i trasporti più rilevanti si hanno nella fase 4 con circa 480 viaggi di andata e ritorno in circa 100 giorni, con autocarri della portata di 18m³.

La viabilità più prossima al cantiere interessata dal passaggio dei mezzi, sarà la Strada Provinciale Lungarno e le strade vicinali che conducono all'area di cantiere.

Infine, ci saranno i movimenti dei mezzi leggeri (automobili e furgoni) necessari alle maestranze ed a tutto il personale; tale traffico, non dovrebbe causare impatti sulla circolazione, potendosi incrociare liberamente con le altre automobili circolanti e muovendosi con la stessa velocità di crociera.

7 DEMOLIZIONI

7.1 Abbattimento delle polveri

Le porzioni da demolire sono realizzate prevalentemente in calcestruzzo. Tale tipologia strutturale, per propria natura intrinseca, risulta molto polverosa in fase di demolizione. Per ridurre l'inquinamento aereo dovuto a tali polveri si rende necessario l'utilizzo di cannoni abbattitori o di idranti a manichetta che nebulizzano acqua, prima e durante la fase di demolizione andando dal basso verso l'alto.

Per l'applicazione di questo metodo un operatore posizionato in prossimità della macchina operatrice potrà utilizzare un idrante (UNI 45 con portata di almeno 120 l/min) con uno speciale frangi getto che indirizzerà in prossimità della zona di lavoro. La loro azione farà in modo che le polveri, emesse durante le lavorazioni di demolizione, vengano depositate sul terreno, creando nel contempo uno strato umido capace di impedire a queste ultime di sollevarsi durante il passaggio dei mezzi d'opera.

L'impiego delle lance nebulizzatrici permette un abbattimento significativo (fino al 90%) delle polveri libere e volatili.

L'impiego dei sistemi di abbattimento polveri sarà inoltre utile ad aumentare la visibilità, così da garantire lo svolgimento dell'attività in totale sicurezza per il personale e per le macchine. Questi sistemi inoltre, potranno essere movimentati su carrello in base all'esigenza del cantiere così da coprire un'area più vasta, lasciando libertà all'operatore sull'escavatore di gestire con più efficienza le fasi della demolizione.

Con questo obiettivo, ove lo si ritenesse necessario, allo scopo di mantenere costante l'approvvigionamento delle riserve d'acqua necessarie al pieno funzionamento dei cannoni nebulizzatori con funzione di abbattimento polveri, si deve predisporre una zona adibita al posizionamento di cisterne a ciò dedicate.

7.2 Impatto acustico

In un intervento di demolizione, i principali fattori che comportano la immissione di rumore sono:

- tipologia del materiale demolito (ferro, calcestruzzo, laterizio, ecc.)
- dimensioni della porzione di struttura demolita nell'istante di tempo,
- altezza rispetto al piano di caduta,
- taglia della macchina impiegata.

Si cercherà di ridurre al minimo le operazioni di taglio con dischi metallici che sono causa di rumori intensi e fastidiosi preferendo macchinari che riducono le dimensioni delle macerie per schiacciamento come le pinze idrauliche.

8 MATERIALI DA COSTRUZIONE

Per la progettazione delle miscele di calcestruzzo da utilizzare nella costruzione dell'opera dovranno prendersi in considerazione le caratteristiche meccaniche del prodotto finale nonché le proprietà termiche e reologiche dello stesso per quanto riguarda lo sviluppo di tensioni di origine termica, ma senza trascurare le caratteristiche di durabilità e di resistenza agli attacchi da agenti esterni.

A tale scopo, le tipologie dei materiali componenti le miscele dovranno essere scelti opportunamente per rispettare i sopracitati criteri. Sarà di particolare interesse valutare la provenienza degli stessi per ridurre l'incidenza dei costi di trasporto sul prodotto finale.

Tutti i materiali dovranno essere certificati e rispondenti alle specifiche norme UNI.

Tutte le miscele che l'appaltatore intenderà utilizzare dovranno essere qualificate in laboratorio certificato e presso l'impianto di produzione scelto prima dell'inizio produzione e della posa del materiale in opera.

Le caratteristiche prestazionali definitive dei conglomerati cementizi (UNI11104) definiscono in particolare:

- Classe di resistenza a compressione del calcestruzzo indurito.
- Classe di esposizione.
- Classe di consistenza del calcestruzzo fresco.
- Dimensione massima degli aggregati (riferita al D_{max}).

I materiali componenti non devono contenere sostanze nocive in quantità tali che possano compromettere la durabilità del calcestruzzo o causare corrosione dell'armatura e devono essere idonei all'uso previsto nel calcestruzzo.

9 CALCESTRUZZI

9.1 Aggregati

Gli aggregati utilizzati nel confezionamento dei calcestruzzi dovranno rispettare i requisiti della norma UNI-EN12620, essere fisicamente sani, non gelivi e devono possedere resistenza alla compressione nettamente superiore a quella massima prevista per il conglomerato cementizio e non dovranno contenere sostanze che reagiscano con gli alcali del cemento.

Gli aggregati devono essere in possesso dell'attestato di conformità (marchio CE) e rispettare i limiti di accettazione riportati nella norma UNI 8520.

La dimensione massima degli aggregati dovrà essere la maggiore possibile in relazione alle caratteristiche dei getti e tenendo conto di non superare il 70% della distanza minima tra le barre di armatura ed avere una distribuzione granulometrica continua. Si prevede l'utilizzo di un $D_{max} = 50$ mm.

9.2 Cementi

I cementi da utilizzare nella confezione dei calcestruzzi dovranno rispettare i requisiti della norma UNI EN 197 e dovranno essere certificati presso laboratori accreditati.

Il tipo di cemento da utilizzare dovrà essere di basso calore d'idratazione (denominazione LH) e rispettare i limiti stabiliti nell'art. 7.32.3 della UNI EN 197-1.

Il cemento dovrà avere le caratteristiche e i requisiti previsti dalla Legge 26.05.1965 n. 595, dal D.M. 03.06.1968, con le modifiche introdotte dal D.M. 31.08.1972, dal D.M. 20.11.1984, dal D.M. 13.09.1993, D.M. Ind. 12.07.1999 n. 314, dal D. Lgs. 14.03.2003 n. 65, dal D.M. 10.05.2004, dal Regolamento CE n. 1907/2006, nonché dalle norme UNI EN 197/1/2007 e UNI EN 197/2/2007. Pertanto, esso dovrà essere controllato, marcato e certificato come previsto dalla legge.

Nella costruzione delle opere sarà utilizzato un cemento pozzolanico del tipo CEM IV/B 32.5 R.

La scelta del cemento pozzolanico è motivata dal fatto che esso può essere considerato tra i più idonei per la realizzazione di un calcestruzzo di massa di una diga, sia per quanto riguarda la resistenza agli agenti chimici (classe "alta" di resistenza ai solfati di cemento) sia per lo sviluppo di calore di idratazione.

In particolare, il CEM IV/B 32.5 R., per il minor contenuto di clinker rispetto ad altri cementi pozzolanici, garantisce uno sviluppo di calore di idratazione ancora inferiore come ben riconoscibile dalla Tabella seguente, tratta dalla Relazione tecnica generale del progetto ENEL 2015 che riporta a confronto i calori di idratazione, per tipo di cemento, a 3 e 7 giorni.

TIPO DI CEMENTO	CLASSE DI CEMENTO	q3 (kJ/kg)	q7 (kJ/kg)
I	52.5 R	380 - 410	400 ÷ 430
II/A-LL	42.5 R	300 ÷ 320	330 ÷ 340
II/B-LL	32.5 N	250 ÷ 270	285 ÷ 290
II/B-M	32.5 R	250 ÷ 270	285 ÷ 290
II/A-S	42.5 R	290 ÷ 310	320 ÷ 330
III/A	32.5 R	230 ÷ 250	265 ÷ 270
III/B	32.5 N	180 ÷ 190	190 ÷ 200
IV/A (ARS)	32.5 R	200 ÷ 210 (150 - 170)	210 ÷ 220 (170 - 190)
IV/A	42.5 R	240 ÷ 290	285 ÷ 310
IV/B	32.5 R	175 ÷ 220	190 ÷ 240

Tabella 6 - Calore di idratazione unitario a 3 e 7 giorni di diversi cementi disponibili in Italia

Tabella 3 Calore di idratazione unitario a 3 e 5 giorni di diversi cementi disponibili in Italia

Trattandosi di cemento pozzolanico, oltre che alla norma EN 197-1, dovrà essere conforme alla norma italiana D.M. 13.09.1993. Secondo questa norma il contenuto del materiale pozzolanico dovrà essere compreso fra tra 11 e 35%.

Nella realizzazione dei getti massicci, con spessore superiore a 2 m, unitamente all'impiego di cemento a basso calore di idratazione, si ricorrerà ad accorgimenti che consentano di ridurre la temperatura

iniziale del calcestruzzo, come l'utilizzo di chips di ghiaccio in parziale sostituzione dell'acqua di impasto oppure l'esecuzione dei getti massicci nelle ore notturne o le prime del mattino.

9.3 Additivi

L'utilizzo degli additivi dovrà essere preventivamente dichiarato nello studio del mix design e nel dossier di qualifica delle miscele e dovrà essere autorizzato dalla Direzione Lavori.

Gli additivi dovranno essere uniformemente dispersi nella massa del calcestruzzo fresco e non devono portare a modifiche significative del ritiro o dell'espansione del calcestruzzo indurito.

Gli additivi dovranno essere in possesso della marcatura CE, certificati secondo la norma UNI EN 934-2 ed essere impiegati conformemente alle prescrizioni del produttore.

9.4 Acqua

L'acqua d'impasto dovrà avere caratteristiche tali da non nuocere ai fenomeni di presa ed indurimento del cemento. Da questo punto di vista il contenuto di solfati e cloruri dovrà essere minimo. Dovrà essere dolce, limpida, non aggressiva e scevra da sostanze organiche, limo e argilla in sospensione. Dovrà possedere una durezza massima di 32° MEC. Sono escluse acque assolutamente pure, piovane e di nevali.

L'acqua dell'invaso non sarà utilizzata per il confezionamento del calcestruzzo. Sarà comunque analizzata per valutare il pericolo che può rappresentare agli effetti dell'aggressione del calcestruzzo.

L'acqua d'impasto dovrà essere conforme alla norma UNI EN 1008/2003 come richiesto dalle NTC 2018, Punto 11.2.9.5.

9.5 Calcestruzzo: MIX DESIGN

Prima dell'inizio della produzione di calcestruzzi da adoperare in opera ed in funzione dei requisiti fisico-meccanici emersi dal Progetto Definitivo, si dovrà procedere ad uno studio del mix design delle miscele per la messa a punto delle proporzioni dei materiali componenti.

Il dossier di studio delle miscele dovrà contenere tutti i dati corrispondenti ai materiali componenti, le proporzioni della miscela studiata in laboratorio, le caratteristiche del calcestruzzo allo stato fresco ed allo stato indurito indicando anche le proprietà termiche e reologiche.

Il dossier di progettazione della miscela dovrà contenere i seguenti dati:

- proprietà fisico-reologiche del calcestruzzo allo stato fresco: massa volumica, contenuto di aria inglobata, consistenza riferita alla temperatura di confezionamento;
- proprietà fisico-meccaniche e reologiche del calcestruzzo allo stato indurito: resistenza alla compressione indicando lo sviluppo della stessa nel tempo (3, 7, 14, 28 e 90 gg), resistenza alla trazione (7, 14, 28 e 90 gg), modulo di elasticità, creep o rilassamento (dipendendo dalle capacità del laboratorio di prova), permeabilità all'acqua;
- proprietà termiche del calcestruzzo indurito: coefficiente di dilatazione termica lineare, innalzamento termico adiabatico, diffusività termica

Per i lavori in progetto si utilizzeranno due tipi di calcestruzzo:

Tipo 1: per i lavori di soprizzo del corpo diga sia del tratto a gravità, sia del tratto corrispondente all'edificio della centrale, le pile e i muri d'ala;

Tipo 2: per la costruzione della passerella di collegamento fra il corpo diga a gravità massiccia e la centrale, le travi coprigiunto e i vari getti delle opere complementari.

Le norme di riferimento sono le UNI EN 206 - 2016 così come modificata ed integrata dalla UNI 11104:2016 (per l'applicazione in Italia della EN 206).

Il calcestruzzo dovrà essere fornito "a prestazione garantita". Di seguito se ne elencano le proprietà e le caratteristiche aggiuntive, che dovranno essere rispettate dal produttore, il quale è responsabile della fornitura di un calcestruzzo nel rispetto del progetto e della normativa vigente.

Il calcestruzzo sarà caratterizzato in base alla classe d'esposizione riferita all'ambiente, alla classe di resistenza, espressa come resistenza caratteristica cubica R_{ck} , ed alle caratteristiche dell'impasto (classi di consistenza).

È previsto l'uso di cemento pozzolanico CEM IV/B 32.5.

Non sarà inoltre ammesso un rapporto a/c superiore a 0,5, per cui le classi di consistenza previste dovranno essere ottenute con l'uso di superfluidificanti.

Il **Calcestruzzo tipo 1** è definito e valutato nel Capitolo seguente.

Calcestruzzo tipo 2

Classe di esposizione: XC4 (ciclicamente asciutto e bagnato) /XF3

Classe di resistenza prevista: C 32/40

Classe di consistenza: da S3 (slump = 100÷150 mm) per getti di maggiori dimensioni a S4 (slump = 160÷200 mm) per getti sottili

Cemento: pozzolanico CEM IV/B 32.5

Rapporto acqua cemento massimo: 0,50

Aria totale inglobata: 4 %

Contenuto di cemento: 340 Kg/m³

Aggregati (dimensione nominale massima): 32 mm

Additivi:

Superfluidificante: (dosaggio standard 0,8-1,2 % in peso di cemento)

Esempio prodotti fluidificanti:

Mapecfluid IF328, Mapecfluid N200, Sikament – 220, Basf MasterRheobuild 100

Aereante: (dosaggio standard 0,1-0,5 % in peso di cemento)

Esempio prodotti aereanti: Mapeplast PT1, Sika-Aer, Sika Fro-V5-A, Basf MasterAir108

o altri equivalenti

Massa volumica (teorica standard): 24 KN/m³

o altri equivalenti

9.6 Getti massicci: Mix Design calcestruzzo tipo 1

Le specifiche messe a punto per il calcestruzzo di tipo 1, che sarà impiegato per i getti di appesantimento, devono tenere conto delle seguenti esigenze: ottenere materiali resistenti e durevoli, pompabili in fase fluida, e con una velocità di indurimento sufficientemente bassa per permettere al getto di smaltire una buona parte del calore prodotto dalle reazioni esotermiche di idratazione del cemento.

A tale scopo è stato adottato un cemento pozzolanico con basso calore di idratazione (tipo LH), dosato al minimo standard per garantire al getto durabilità (300kg/mc). Il diametro massimo dell'inerte è legato all'esigenza di poter pompare il calcestruzzo ($D_{max}=50mm$). La consistenza (S4) è la minima possibile per l'esigenza di pompabilità.

La porzione in sinistra della diga di Levane risulterà, secondo il progetto, protetta superiormente e lungo il paramento di valle da una cortecchia di calcestruzzo più durevole. Questa scelta è documentata nella letteratura tecnica, ove, per le dighe a gravità, si documenta l'evoluzione delle opzioni progettuali sul mix design del calcestruzzo per le dighe e si riferisce come si sia alla fine optato per calcestruzzi piuttosto poveri in cemento (dosaggi inferiori a 200kg/mc) nel cuore della diga, e calcestruzzi più performanti in superficie (United States Department of the Interior: BUREC Design of Small Dams 3rd Edition 1965, ACI Guide of Mass Concrete, 2005).

L'intervento di appesantimento della diga di Levane ha le caratteristiche dell'intervento eseguito con successo alla Diga di Ponte dell'Acqua (BG)² utilizzando un calcestruzzo così dosato:

COMPONENTI	DENOMINAZIONE	DOSAGGIO (per m ³ d'impasto)
Aggregati	Sabbia fine – vagliata (Boltiere)	791 kg ⁽¹⁾
	Pietrischetto – frantumato (Olmo al Brembo)	287 kg ⁽¹⁾
	Pietrisco – frantumato (Olmo al Brembo)	370 kg ⁽¹⁾
	Ghiaione – vagliato (Cassano d'Adda)	380 kg ⁽¹⁾
Cemento	CEM III A 32.5 – (Italcementi Broni)	300 kg
Additivo superfluidificante	Superflux R - (Axim Italia)	3,6 l ⁽²⁾
Additivo aerante	Aermix - (Axim Italia)	0,27 l ⁽³⁾
Acqua totale ⁽⁴⁾		140-145 kg
Rapporto A/C stimato		0,47-0,49
Rapporto I/C		6,1
Massa volumica		2.350 kg/m ³
Rck _{28gg}	≥	30 MPa

(1) Materiale saturo a superficie asciutta
(2) 1,2% riferito al dosaggio di cemento
(3) 0,09% riferito al dosaggio di cemento
(4) Acqua aggiunta + umidità aggregati + additivi

Figura 34 Mix design utilizzato per l'appesantimento della Diga di Ponte dell'Acqua (BG). Da 'Diga di Ponte dell'Acqua. Intervento di adeguamento statico-funzionale da Lorenzi V., Leone N., Bavestrello F., Masera A.³

Nel seguente paragrafo è presentata, per questa ricetta, una stima della massima temperatura raggiungibile dai getti secondo il metodo indicato in ACI[15]. America Concrete Institute ha emesso e aggiornato nel tempo Guide Tecniche che contengono indicazioni e dati per una stima del transitorio termico dovuto alla presa del calcestruzzo in getti strutturali e lo stato di sollecitazione conseguente, utilizzando i dati di caratterizzazione di alcuni tipi di cemento.

9.7 Stima del sopralzo termico dei getti massicci previsti a Levane secondo ACI

Come si è già detto, la miscela prescelta per la realizzazione dei getti integrativi sul coronamento della diga e sul paramento di valle della porzione in sponda sinistra dello sbarramento impiega un cemento

² Valter Lorenzi - Nazzeno Leone - Federico Bavestrello - Alberto Masera "Diga di Ponte dell'Acqua – Intervento di adeguamento statico e funzionale" Case histories section del Convegno 'Il miglioramento e la riabilitazione delle dighe per preservare un importante capitale infrastrutturale Problemi, possibilità', prospettive organizzato dal COMITATO NAZIONALE ITALIANO PER LE GRANDI DIGHE con la collaborazione del Consiglio Superiore dei LL.PP. e del Registro Italiano Dighe – RID Roma, 4 Maggio 2006

idraulico che è il più adatto per mitigare l'incremento di temperatura prodotto dalle reazioni di idratazione ed indurimento della pasta di cemento nel calcestruzzo.

La norma UNI EN 197-1 pubblicata nel mese di marzo 2006, al punto 7, specifica che i cementi comuni che a 7 giorni sviluppano un calore di idratazione inferiore ai 270 J/g (64,53cal/g) (determinato in accordo alla EN 196-8) sono classificati a "basso sviluppo di calore" e vengono identificati con la sigla LH (Low Heat) nella denominazione normalizzata (es. CEM III/B 32.5 N-LH).

Tabella 7.2: valori indicativi del calore d'idratazione [kJ/kg] di alcuni cementi, determinato con il metodo a soluzione.

	<i>Cemento: tipo e classe di resistenza</i>						
Tempo (giorni)	CEM VLH 22.5	CEM IV/B 32.5	CEM II/BS 32.5R	CEM II/A-LL 32.5R	CEM IV/A 42.5R	CEM II/A-LL 42.5R	CEM I 52.5R
3		200	225	255	275	285	315
7	220	240	270	300	300	330	355
28	240	275	310	335	315	355	380
90		295	365	360	340	380	400

Tabella 4 Valori indicativi del calore di idratazione (kJ/kg) di alcuni cementi, determinato con il metodo a soluzione. Da Linee Guida Ministero

L'innalzamento di temperatura in assenza di scambio di calore con l'ambiente (condizioni adiabatiche), è calcolata per un cemento che sviluppa 64,5cal/g a 28 gg tenendo conto del maggiore contenuto di cemento nel calcestruzzo definito nella miscela di Levane (300Kg/mc) rispetto a 223kg/mc del calcestruzzo preso a riferimento da ACI[15]⁴.

$$\Delta T_{ad} = 37 \text{ } ^\circ\text{C} / 66 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Il cemento adottato può essere fatto corrispondere al Cemento tipo IV ASTM indicato in ACI, che è caratterizzato da calore di idratazione a 28gg 60cal/g.

$$H_a = \frac{1.8h_g w_c}{0.22(150)(27)} \quad (4-2)$$

where

0.22 = specific heat of concrete in cal/g-°C;

150 = density of concrete in lb/ft³;

1.8 = conversion factor from Celsius to Fahrenheit;

27 = conversion factor from yd³ to ft³;

h_g = 28-day measured heat generation of the cement by heat of hydration in cal/g; and

w_c = weight of cement in pounds per cubic yard of concrete.

4

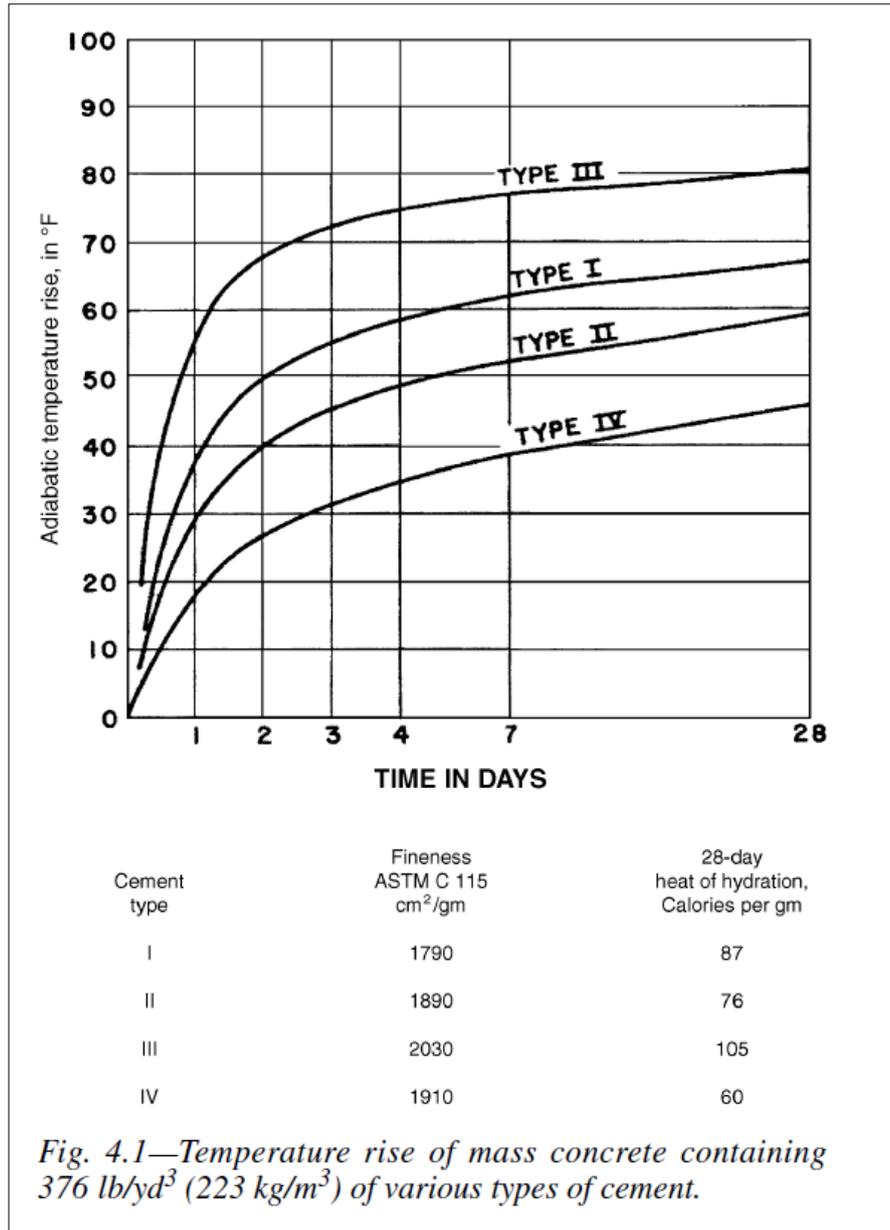


Figura 35 Crescita di temperatura in calcestruzzi massicci che contengono 223kg/m³ di vari tipi di cemento. Da ACI [15]

L'innalzamento termico reale nel getto dipende dalle capacità dissipative dello stesso. Per tenerne conto ACI prevede la valutazione del parametro V/S (volume del getto diviso l'area della superficie che scambia il calore con l'esterno). Questo parametro ha le dimensioni di una lunghezza e rappresenta il percorso minimo che il flusso di calore compie per entrare in contatto con l'ambiente esterno. Minore il suo valore, più rapido lo smaltimento del calore di idratazione. In dipendenza di tale valore ACI fornisce per assegnate temperature di getto il tempo necessario perché si raggiunga il picco di soprizzo termico nel getto stesso ed il suo valore.

Per i getti della diga, previsti nel progetto di soprizzo della diga di Levane, sono stati considerati come rappresentativi conci di getto della lunghezza pari alla distanza fra i giunti verticali della diga, di spessore pari a quello finale di progetto, e altezza tale da determinare una richiesta volumetrica di getto non superiore a 100mc/giorno e tipicamente 80mc/g.

Poiché il sopralzo del coronamento destro non è continuo, ma presenta le cavità che ospitano i meccanismi delle paratoie di presa, in questo caso si è ipotizzato un getto, continuo da giunto a giunto, dello spessore di 4,3m.

Il concio di getto è realizzato in continuo con stese tipiche di altezza pari a 0,50m.

Si ipotizza l'uso di casseforme coibentate, pertanto la superficie di scambio termico con l'aria è solo quella libera. Questa ipotesi massimizza il valore del picco di temperatura nel getto e ne prolunga la durata e rappresenta una possibile tecnica operativa. L'uso di casseforme non isolate diminuisce i tempi ed i valori del picco termico; esso deve essere comunque accompagnato da precauzioni di curing che evitino la formazione di fessure superficiali da ritiro. Una volta scassato il getto, si ipotizza che le superfici di scambio termico siano quelle laterali ipotizzando la presenza dei getti adiacenti.

Concio tipo	Dimensioni (BxLxH)* (m)	Area di scambio (mq)	Area di scambio dopo scassero (mq)	V/S (m)	V/S (m) dopo scassero
Coronamento dx	4,3x14x2,0	14x4,3	14x2x2	2	2,0
<u>Coronamento sx</u>	<u>3x12x2</u>	12x3 (alto)	12x2x2 (lati)	2	1,5
<u>Appesantimento sx</u>	<u>2x12x2,7</u>	12x2,7 (alto)	12x2 (alto)	2	2,7

(*) B= spessore; L=lunghzza giunto-giunto; H=altezza del concio

(**) direzione assunta per lo scambio termico

Caratterizzato il getto per le sue caratteristiche dissipative, per la valutazione dello sbalzo termico a cui sarà soggetto il calcestruzzo dall'indurimento debbono essere considerate le temperature ambiente nei periodi in cui sono previsti i getti.

I getti della porzione in sinistra orografica della diga sono previsti nei mesi invernali (gennaio, febbraio, marzo). In tale periodo la temperatura media del sito varia da 3,8°C a 10,2°C (dati tratti dalla Stazione meteo di Montevarchi⁵, anno 2019).

I getti della porzione in destra orografica della diga sono previsti nei mesi estivi (luglio, agosto, settembre). In tale periodo la temperatura media varia da 25,3°C a 20,3°C (dati tratti dalla Stazione meteo di Montevarchi, anno 2019)

Si fissa per la temperatura del getto 10°C per i getti invernali e 26°C per quelli estivi, temperatura che può essere gestita selezionando opportunamente gli orari dei getti. La necessità di selezionare i momenti più adatti della giornata è giustificata dal fatto che, come è possibile notare dal grafico dell'andamento delle temperature medie dell'anno 2019 alla Stazione meteo di Montevarchi, i periodi di getto previsti presentano temperature medie minime nel periodo invernale (<5°C) e massime (>32°C) nel periodo estivo che sconsigliano getti di questa taglia.

⁵ SIR Regione Toscana Le misure coprono cinque anni con buona ripetibilità.

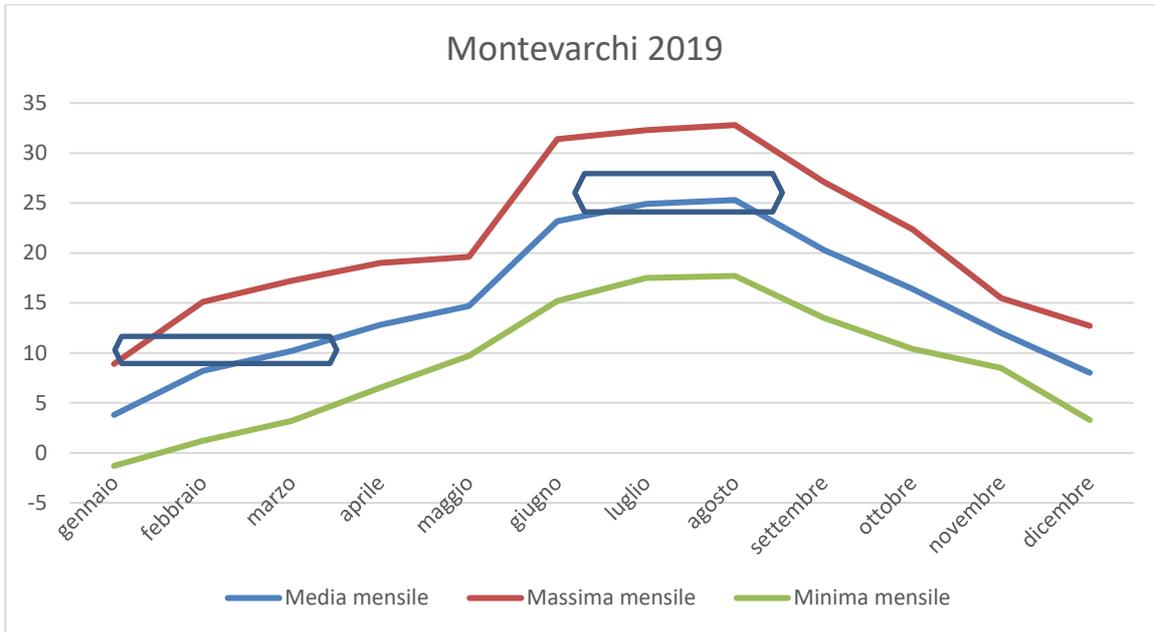


Figura 36 Andamento delle temperature massime, medie e minime misurate nel 2019 dalla Stazione meteo di Montevarchi (AR), da SIR Regione Toscana. Le forme indicano i periodi e temperature di getti

Fissata la temperatura di getto del calcestruzzo ACI[15] permette di valutare il tempo per cui si raggiunge la temperatura massima ed il suo valore.

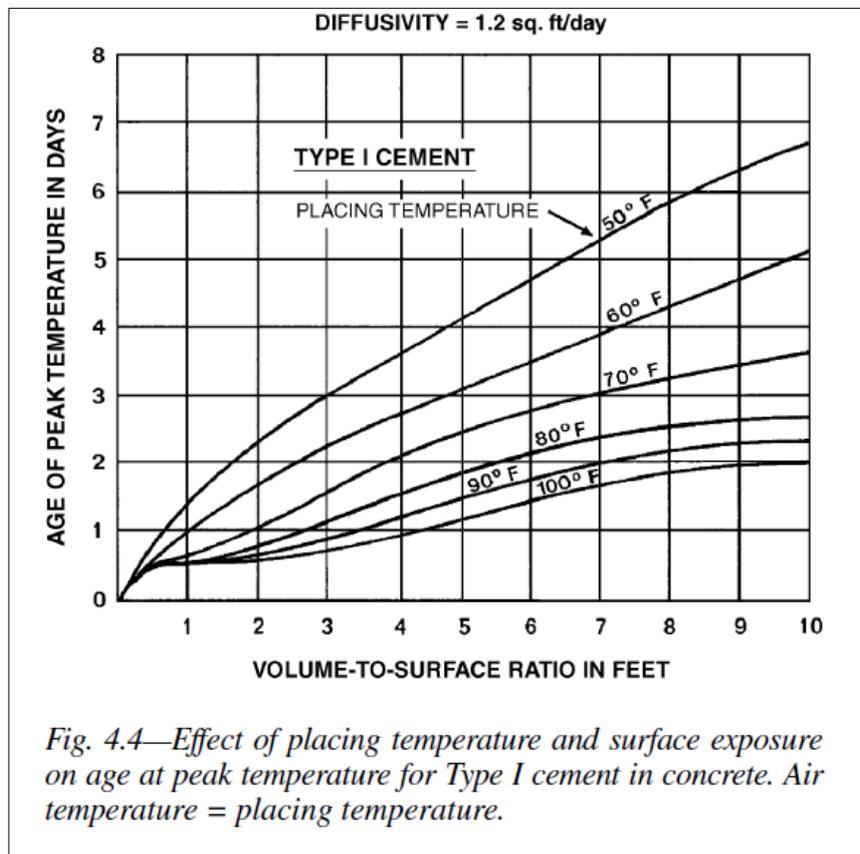


Figura 37 Da ACI Effetto della temperatura del getto e dell'esposizione con l'esterno sul tempo di raggiungimento della temperatura di picco nel calcestruzzo Tipo I (Portland).

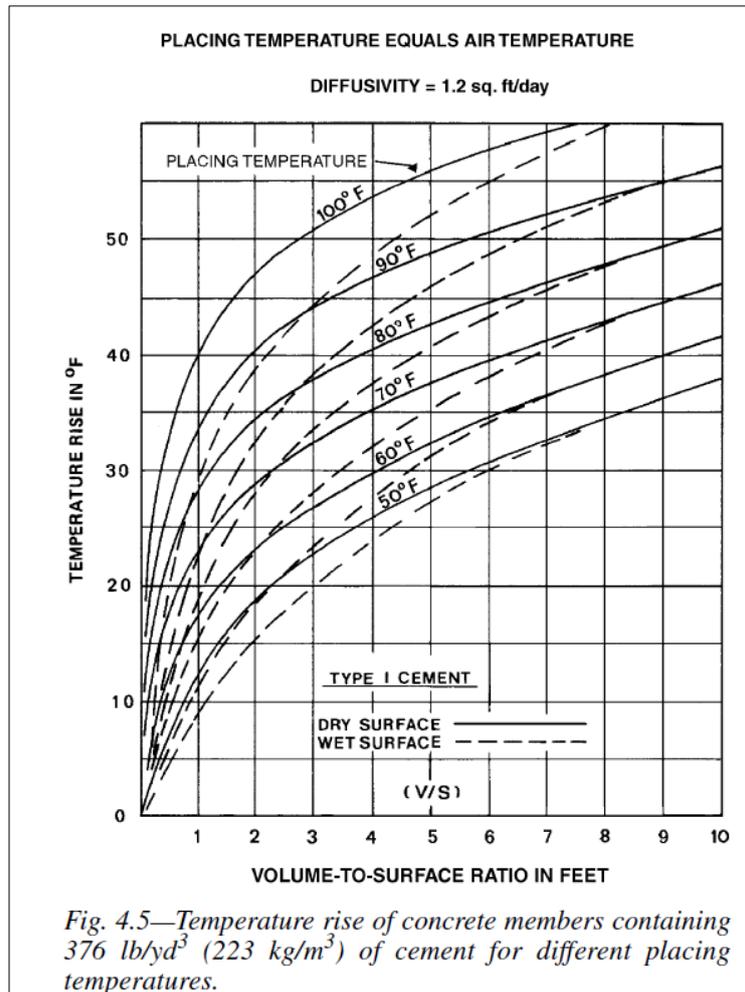


Fig. 4.5—Temperature rise of concrete members containing 376 lb/yd³ (223 kg/m³) of cement for different placing temperatures.

Figura 38 Incremento di temperatura di membrature in calcestruzzo contenenti 223kg/m³ di cemento per diverse temperature del getto[15].

Concio tipo	V/S (m)	T getto (°C)	V/S (m) dopo scassero	Tempo del picco (giorni)	Temperatura di picco (°C)
Coronamento dx	2	26	2,0	2,3	14,5
Coronamento sx	2	10	1,5	5	13
Appesantimento sx	2	10	2,7	5	13

Il valore di temperatura minima con cui il getto si confronta una volta liberato dalle casseforme può essere fissato con la temperatura minima invernale ed estiva giornaliera rispettivamente che valgono:

Tmin_inv=1,2°C a febbraio; Tmin_est=17,5°C a luglio

Applicando i criteri di stima ACI [15] per considerare lo scambio di calore con l'aria e con la struttura della diga esistente, qui fissati alla temperatura minima di febbraio e luglio e alla media degli stessi periodi

rispettivamente ($T=8,3^{\circ}\text{C}$; $24,9^{\circ}\text{C}$) si ottengono temperature minime di esposizione del getto leggermente superiori ai minimi dell'aria.

Lo sbalzo termico che il nuovo getto è chiamato a sopportare in fase di raffreddamento, quando ormai possiede buona parte della rigidità, è calcolato come la differenza fra la temperatura totale del getto (temperatura di getto + soprizzo termico) e la temperatura minima in superficie (T_{\min}).

Concio tipo	Tempo del picco (giorni)	Δ Temperatura di picco nel getto($^{\circ}\text{C}$)	T getto ($^{\circ}\text{C}$)	T min ($^{\circ}\text{C}$)	Sbalzo termico ($^{\circ}\text{C}$)
<u>Coronamento dx</u>	2,3	14,5	26	22	18,5
<u>Coronamento sx</u>	5	13	9,5	5	17,5
<u>Appesantimento SX</u>	5	13	9,5	6	16,5

I valori di massimo soprizzo termico dei getti producono, considerando un valore standard⁶ di dilatazione termica del calcestruzzo di $10 \times 10^{-6} 1/^{\circ}\text{C}$, una deformazione non confinata di 165-185 milionesimi, valore inferiore al limite superiore accettato dell'allungamento a rottura del calcestruzzo a trazione pari a 200 milionesimi.

I valori ottenuti di temperatura appartengono al range di soprizzo termico ($14-19^{\circ}\text{C}$) riferito come accettabile per il controllo della fessurazione in ACI 207-1R05 2005[14]. Essi devono essere considerati una prima stima frutto di modelli semplici e di ipotesi caute.

Azioni di mitigazione in fase progettuale esecutiva e costruttiva.

Nella realizzazione dei getti massicci, con spessore superiore a 2 m, unitamente all'impiego di cemento a basso calore di idratazione, si potrà mitigare il soprizzo termico con accorgimenti che consentano di ridurre la temperatura iniziale del calcestruzzo in estate, come l'utilizzo di chips di ghiaccio in parziale sostituzione dell'acqua di impasto oppure l'esecuzione dei getti massicci nelle ore notturne o le prime del mattino.

Una mitigazione al soprizzo termico può essere attuata raffreddando il getto.

È infine utile una diminuzione del contenuto in cemento della miscela, ottenuto con un attento uso degli additivi, nel rispetto dei vincoli legati alla pompabilità. Di seguito si propone una miscela che può essere adottata come obiettivo di ottimizzazione in fase esecutiva.

Si definisce la seguente miscela:

MISCELA TIPO C25/30 – Dmax 50 – S4					
Materiali	Descrizione	%	Pesi [kg/m^3]	M.V. [kg/dm^3]	Volume [litri]
Cemento	CEM IV/B 32.5 LH	--	280	3,10	90
Acqua	--	--	128,8	1,00	128,8
Additivo	Super fluidificante (1,5% in peso del cemento)	--	3,4	1,15	2,9
	Aerante (0,2% in peso del cemento)	--	0,6	1,00	0,6
Aggregati	Sabbia (0-4 mm)	30	586,2	2,65	221,2

⁶ Il valore adottato è quello indicato nelle NTC 2018. È noto che questo valore può essere spesso inferiore una volta note le caratteristiche mineralogiche degli inerti.

	Ghiaietto (4-10 mm)	20	390,8	2,65	147,5
	Ghiaia (10-25 mm)	15	293,1	2,65	110,6
	Ghiaia grossa (25-50mm)	35	683,9	2,65	258,1
Aria	Aria inglobata (teorica)	4	--	--	40
Massa Volumica (teorica)			2367	--	1000
Rapporto a/c = 0,46					

In cui è stata adottata la seguente distribuzione granulometrica degli inerti:

	Sabbia	Ghiaietto	Ghiaia	Ghiaia grossa
	0-4 mm	4-10 mm	10-25 mm	25-50 mm
% sul totale aggregati	30	20	15	35

Massa volumica aggregato (valore stimato): 2650 kg/m³

A parità di qualità del cemento, il minore contenuto comporta un proporzionale abbassamento dei picchi termici, stimabile, in base alla variazione di contenuto in cemento del 7%.

I getti debbono essere gestiti con le cautele indicate nelle -LINEE GUIDA PER LA MESSA IN OPERA DEL CALCESTRUZZO STRUTTURALE Servizio Tecnico Centrale del CSLP settembre 2017[16] ai Capitoli:

7.1.1 Getti in clima freddo

7.1.2 Getti in clima caldo

7.2 Sviluppo di calore: getti di massa

7.3 Protezione termica durante la maturazione del calcestruzzo fresco

9.8 Produzione, trasporto e posa del calcestruzzo in opera

9.8.1 Produzione

Dallo studio del profilo dell'opera, tenendo conto della distribuzione dei giunti verticali ed orizzontale della diga, ipotizzando un'alzata di getto di circa 2 metri, si conclude che il volume medio dei conci orizzontali (da completare in un'unica fase di getto – getto in un solo giorno) è contenuto entro un massimo di 150/200 mc. Questo volume potrà essere facilmente gestibile da un impianto di produzione esterno al cantiere.

L'impianto di confezionamento del calcestruzzo dovrà effettuare il dosaggio dei componenti solidi a peso, mediante bilance indipendenti tra loro (cemento, aggregati, additivi), con tolleranze del 1% sul peso del cemento e del 3% sul peso degli aggregati; l'acqua dovrà essere regolata tenendo conto dell'umidità degli aggregati (in particolare delle sabbie) in modo di assicurare la costanza del rapporto acqua/cemento e di ottenere la lavorabilità prevista del conglomerato.

9.8.2 Trasporto

Il trasporto dall'impianto di betonaggio al sito di posa dovrà essere effettuato con mezzi tali da evitare qualsiasi deterioramento del conglomerato stesso ed in particolare l'eccessiva evaporazione dell'acqua d'impasto.

In fase di indagine preliminare sono stati individuati n. 2 impianti di betonaggio nelle vicinanze del sito (a Terranuova Bracciolini distanza circa 10km; e Arezzo distanza circa 25km), per i quali è stato ipotizzato un tempo di percorrenza dall'impianto al sito inferiore ad un'ora; pertanto è fattibile considerare che i calcestruzzi prodotti in impianto industriale potranno iniziare ad essere gettati entro 90 minuti dalla produzione.

9.8.3 Posa in opera

I getti in calcestruzzo avverranno secondo i conci della diga, di larghezza compresa tra 14m e 8m, separati tra loro da giunti verticali. Il sopralzo di ogni concio avverrà alternando i getti fra i vari conci in modo da ottimizzare i tempi per la realizzazione e maturazione del calcestruzzo e consentendo di eseguire lavorazioni contemporaneamente sui vari conci (posa casseri, armatura, trattamento delle riprese di getto).

I getti verranno effettuati principalmente mediante pompaggio con autopompa, per alcune piccole quantità potrà essere eventualmente utilizzata una benna montata sulla gru.

Per i getti si dovranno evitare fenomeni di segregazione e si utilizzeranno inerti con diametro massimo di 50 mm in modo da ridurre il rapporto malta/aggregati e conseguentemente l'eventuale ritiro idraulico del conglomerato. Lo scarico del conglomerato dovrà avvenire il più vicino possibile al punto di posa e l'altezza di caduta libera dovrà essere ≤ 1 m. Il calcestruzzo sarà posato in opera in strati orizzontali di spessore compreso tra 25 e 50 cm, e costipato con vibratori meccanici ad immersione. Tenuto conto dei volumi ipotizzati dei conci, non si ritiene necessario l'utilizzo di batterie di vibratori montati su mezzi meccanici, ma si potrà procedere con due gruppi di lavoro con vibratori manuali.

La temperatura del conglomerato nel periodo estivo dovrà essere valutata onde evitare l'eccessivo innalzamento della temperatura nel getto e ridurre il rischio di fessure. La superficie esposta del calcestruzzo indurito sottoposta a stagionatura, dovrà essere mantenuta umida (mediante bagnatura, copertura o altri mezzi idonei) per evitare/ridurre il rischio di ritiro idraulico e conseguente fessurazione superficiale.

Nel caso di giunti freddi (riprese di getto) lo strato superiore del getto esistente dovrà essere opportunamente trattato (per esempio: scarificazione con getto d'acqua a pressione o meccanica, applicazione di un ponte di aderenza) prima del nuovo getto.

I casseri dei getti di appesantimento della porzione sinistra della diga, saranno del tipo rampante, che risultano essere altamente flessibili, adeguabili a qualsiasi forma costruttiva e adattabili a pareti inclinate e curve, non necessitano di ponteggi e consentono di realizzare piattaforme molto ampie in modo da garantire lavorazioni in sicurezza.

9.9 Controllo temperatura calcestruzzo in fase di idratazione

Il piano della strumentazione, prevede anche il controllo dell'innalzamento della temperatura del calcestruzzo, mediante sensori di temperatura distribuiti nei getti di maggiori dimensioni. Tali sensori consentiranno di valutare il ciclo di innalzamento termico del conglomerato nella prima fase di idratazione del cemento, permettendo di mantenere sotto controllo la temperatura massima raggiunta nel calcestruzzo.

9.10 Protocollo di controllo della qualità del calcestruzzo

Il calcestruzzo dovrà essere prodotto in regime di controllo qualità con lo scopo di garantire il rispetto delle prescrizioni definite in fase di progetto.

Per quanto riguarda il controllo di accettazione in opera del calcestruzzo fresco, si dovrà tenere registro di tutte le betoniere ricevute con indicazione del dosaggio della miscela trasportata e dei controlli sui materiali in fase di elaborazione (umidità degli inerti e correzioni sull'acqua d'impasto) e dovrà essere misurata la lavorabilità della miscela prima della posa in opera. La posa dovrà iniziare entro 90 minuti dalla miscelazione.

Pr quanto riguarda i controlli sul calcestruzzo indurito, e tenuto conto che il volume di calcestruzzo omogeneo da gettare in opera risulta di circa 10400 m³, si dovrà implementare un sistema di controllo di qualità del calcestruzzo di tipo B secondo quanto indicato nel capitolo 11.2.5.2 delle NTC 2018.

9.11 Laboratorio sperimentale per le prove sui materiali in cantiere

Tutte le prove sui materiali componenti e sui calcestruzzi, sia in fase di qualifica delle miscele sia in fase di controllo di qualità in corso d'opera, saranno condotte in laboratori certificati.

10 ALTRI MATERIALI

10.1 Malte

Le malte saranno appositamente confezionate in cantiere o premiscelate pronte per l'uso specifico al quale sono destinate. La malta conterrà leganti certificati privi di sali efflorescenti e come inerte della sabbia fine proveniente dal letto di fiumi o cave. Il dosaggio ed i componenti della malta dovranno rimanere costanti per tutta la durata dei lavori in modo da evitare di ottenere malte di colore diverso.

Per l'iniezione di consolidamento, delle impermeabilizzazioni e di sigillatura dei giunti sarà utilizzata una tipica miscela di cemento e acqua in rapporto 1:1. Si consiglia l'utilizzo di cementi ad alta superficie specifica (Blaine ≥ 5000 cm).

10.2.7 Malte speciali

Malta per ancoraggi

Questa malta sarà utilizzata per l'inghisaggio delle barre d'ancoraggio posate in opera per il sopralzo dei muri d'ala e della pila centrale dello scarico della diga.

Sono stati individuati sul mercato prodotti commerciali, che saranno sottoposti prima della stesura del progetto esecutivo a prove di verifica di corrispondenza alla normativa in corso.

In particolare, saranno sottoposti alle seguenti prove:

- verifica della corrispondenza della malta alla norma UNI 8993/1987 + FA1-89/89 e UNI 8994/87, 8997/87, 8998/87
- spandimento secondo UNI 7044/72
- determinazione del tempo di presa secondo UNI EN 196/3
- determinazione delle caratteristiche meccaniche secondo UNI EN 196-1:2005
- determinazione della resistenza allo sfilamento

I prodotti individuati sono i seguenti:

- Stabilcement T della MAPEI e SIKAGrout 212 della SIKA.

Malta preconfezionata per intonaco fibrorinforzata, tissotropica a ritiro controllato

Prima dell'inizio dei lavori le malte saranno sottoposte a prove di conformità.

Miscela per jet grouting

La miscela d'iniezione dovrà essere costituita da acqua e cemento tipo 425, nel rapporto minimo compreso tra 0,7/1 e 1,5/1, con impiego eventuale di additivi secondo le disposizioni della Direzione Lavori, e dovrà essere iniettata a pressioni pari a 30÷40 MPa.

La quantità di miscela iniettata dovrà superare il 70% del volume teorico del terreno da trattare, con un minimo di 350 kg di cemento (peso secco) per metro cubo di terreno trattato.

La resistenza a compressione semplice del terreno consolidato dovrà essere coerente alle indicazioni della Direzione Lavori a seguito dei risultati delle colonne prova.

Nel caso per esigenze di progetto o a causa della particolare natura del terreno venga richiesta anche la fase della gettiniezione preliminare, la sua esecuzione deve avvenire secondo le modalità previste per il trattamento, iniettando acqua al posto della miscela.

Le colonne prova indicheranno l'eventuale esigenza di utilizzare miscele bifluido o trifluido.

Miscele per micropali

Per il micropalo si utilizzerà, salvo diverse prescrizioni di progetto, una miscela composta da acqua e cemento nelle proporzioni 1:1 in peso ovvero di malta fluidificata composta di sabbia di fiume lavata finissima in relazione alla possibilità di passaggio attraverso la pompa di iniezione, acqua e q.li 7,5 di cemento 325 per ogni mc. di malta, compreso additivo fluidificante antiritiro nelle proporzioni indicate dal D.L., iniettata a bassa pressione per creare la guaina cementizia tra la parete del foro e l'anima tubolare d'acciaio, successivamente iniettata ad alta pressione in più riprese nella parte valvolata per la creazione del bulbo d'ancoraggio.

10.2.8 Giunti e tenute

Il progetto prevede l'estensione dell'attuale sistema di tenuta verticale dei giunti anche sulle parti di nuova realizzazione.

Nella porzione di diga in sinistra è previsto il prolungamento del lamierino di rame e della trave coprigiunto da riprendere ed estendere fino alla quota 172,50 m s.l.m.

La parte interna della trave coprigiunto sarà rivestito con l'utilizzo di feltro bituminato.

La porzione di diga in corrispondenza della centrale è dotata attualmente di un unico giunto posto al contatto con la pila destra dello scarico, che ha le stesse caratteristiche dei giunti del tratto in sinistra. Questo giunto sarà riproposto nel tratto sopralzato, con le modalità appena descritte per i giunti della porzione in sinistra.

Si prevede poi di aggiungere altri due giunti verticali nel tratto massiccio sopraelevato della porzione destra. La tenuta idraulica fra questi nuovi conci sarà ottenuta mediante la posa di profilati in PVC che si collegheranno al sistema di tenuta orizzontale.

Il sistema di tenuta orizzontale sarà costituito da:

- due profili di gomma idrofila affiancati, ciascuno di sezione rettangolare 20x15 mm, posti sul piano d'imposta del getto di sopraelevazione
- un profilato di PVC, inserito con malta espansiva per ancoraggi in un'incisione ricavata nel calcestruzzo del corpo diga; questo profilato sarà unito al sistema di tenuta verticale fra i conci.

10.2.9 Profilati di PVC

I profilati devono avere conformazione tale da costituire un ostacolo a possibili vie di filtrazione dell'acqua. Essi dovranno quindi avere ali dotate di opportuni peduncoli di immersione nel getto.

Le mescole utilizzate per l'estrusione devono avere le seguenti caratteristiche fisico-meccaniche:

- Durezza Shore a +20 °C >65
- Resistenza a trazione a +20 °C ≥ 10 N/mm²
- Allungamento a rottura $\geq 275\%$
- Limiti di temperatura d'impiego da -30 a +60 °C

La miscela deve inoltre possedere elevata resistenza all'azione aggressiva delle soluzioni acido-alcaline, all'invecchiamento e alle sollecitazioni meccaniche.

Prima della stesura del progetto esecutivo i materiali saranno sottoposti a prove d'idoneità.

Profili idroespansivi

I profili idroespansivi previsti in progetto sono costituiti da un nastro preformato costituito di polimeri acrilici esente da bentonite. La posa dei profili dovrà essere eseguita con apposito mastice su superfici di calcestruzzo preparate secondo quanto richiesto dalle relative schede tecniche. Le caratteristiche prestazionali saranno verificate sottoponendo il materiale a opportune prove di laboratorio prima della stesura del progetto esecutivo.

Lamiere di rame

L'elemento di rame costituente la tenuta verticale fra i giunti esistenti sarà costituito da un unico foglio dalla larghezza e forma prevista in progetto.

Sarà fornito in rame legato nella composizione più comunemente reperibile in commercio.

Le lamiere dovranno essere comunque conformi alle norme UNI 5649-2 e 9328.

L'unione fra la lamiera già in opera e la nuova in prosecuzione dovrà essere meccanica e dovrà avvenire attraverso l'applicazione di piatti di rame, con funzione di distribuzione degli sforzi. L'unione meccanica dovrà essere integrata con la posa d'opportuni mastici fra le due lamiere.

11 MATERIALI METALLICI

11.1.1 Acciaio per calcestruzzo armato

Per tutte le strutture armate è previsto l'uso di barre d'acciaio a aderenza migliorata B450C controllato in stabilimento, caratterizzato da una tensione di rottura non inferiore a 540 N/mm², da una tensione di snervamento non inferiore a 450 N/mm² e da un allungamento totale a carico massimo (A_{gt}) non inferiore al 7%.

11.1.2 Acciaio da carpenteria

L'impiego di acciaio da carpenteria è previsto essenzialmente per gli organi di intercettazione delle luci di scarico della diga e delle luci di presa della centrale idroelettrica, nonché per gli apparati di movimentazione dei medesimi. Le caratteristiche di tali materiali sono indicate nella Relazione impiantistica.

Carpenteria per micropali S355JR (Fe510)

Carpenteria per strutture metalliche di sostegno alla passerella, scale etc. S235JR, S275JR.

12 RIPRISTINO AREE

12.1 Strade

Il continuo attrito tra i pneumatici e l'asfalto produce un effetto di usura-deterioramento del manto stradale, accentuato dalle continue frenate e cambi di direzione che ne incrementano l'effetto.

Tale fenomeno è ancora di più accentuato dal continuo passaggio di automezzi di grandi dimensioni e a pieno carico (betoniere, trasporto detriti da demolizioni, acciai, casseri, etc.); ciò crea un effetto cumulativo che si traduce in una graduale usura e deformazione, ed in certi casi anche in fratture del manto stradale.

Durante l'esecuzione dei lavori dovranno essere previsti interventi di manutenzione ordinaria costituiti principalmente nel ripristino locali del manto stradale, che vengono effettuati tramite l'applicazione di

un sottile strato d'asfalto che verrà colato sopra a quello esistente. Tale pratica non può essere considerata una soluzione definitiva.

Inoltre, saranno eseguiti interventi di riparazione e ripristino dei cigli stradali, protezione laterali, segnaletica stradale verticale ed orizzontale.

A lavori ultimati potranno rendersi necessari interventi di manutenzione straordinaria come il rifacimento del manto stradale di tratti di strada, in particolare nei tratti più sollecitati come le curve e i tornanti, l'intervento consiste nella sostituzione dello strato danneggiato. Tale intervento prevede la rimozione del manto stradale tramite fresatura e successivo riempimento della zona con materiale nuovo miscelato a caldo.

12.2 Area di deposito temporaneo

L'area di deposito temporaneamente utilizzata in fase di cantiere, verrà riportata allo stato precedente il suo uso, attraverso l'utilizzo di suolo superficiale prelevato nelle fasi preliminari di allestimento e attraverso la piantumazione con specie autoctone di piante ed arbusti se precedentemente presenti.

Nella prima fase dei lavori di allestimento del cantiere, la terra presente in quell'area sarà asportata e tenuta separata a seconda della profondità degli strati. Gli strati fertili superficiali verranno quindi raccolti, conservati, e protetti con teli di tessuto-non tessuto o con inerbimento, durante tutta la costruzione dell'opera. I mucchi di terreno fertile verranno quindi tenuti separati da altri materiali e collocati in posizione ove sia reso minimo il rischio di inquinamento con materiali plastici, oli minerali, carburanti. Al termine dei lavori del cantiere le superfici temporaneamente occupate verranno ripulite da qualsiasi rifiuto, da eventuali sversamenti accidentali o dalla presenza di inerti, conglomerati o altri materiali estranei, e riallestite con gli strati di terreno originali.

12.3 Area di cantiere logistica

Dovrà essere ripristinata mediante rimozione delle baracche e dei sottoservizi. L'area dovrà risultare ripulita da qualsiasi rifiuto, opere provvisorie realizzate, da eventuali sversamenti accidentali o dalla presenza di conglomerati o altri materiali estranei.

La pista di cantiere non verrà smantellata, ma verrà interdetta al traffico.

13 LINEE GUIDA PER LA REDAZIONE DEL PIANO DI SICUREZZA E COORDINAMENTO E PRIME INDICAZIONI IN MATERIA DI SICUREZZA

La valutazione dei rischi per la sicurezza e la salute dei lavoratori è condizione preliminare per la definizione delle misure di prevenzione e protezione da adottare durante la fase di cantiere.

Essa consente una visione globale delle problematiche organizzative e di prevenzione finalizzata a:

- eliminare i rischi;
- ridurre quelli che non possono essere eliminati;
- affrontare, come concetto generale, i rischi alla fonte;
- prevedere le misure di prevenzione più confacenti dando la priorità a quelle collettive mediante la pianificazione, la scelta delle attrezzature, le modalità esecutive, le tecniche da adottare e l'informazione dei lavoratori.

Di seguito vengono raccolte le prime indicazioni di massima per poter redigere il Piano di Sicurezza e Coordinamento dei lavori in oggetto e per poter dare in via estimativa una valutazione degli oneri di sicurezza.

13.1 Identificazione degli interventi

L'ambito d'intervento riguarda la diga di Levane e le relative aree adiacenti di pertinenza.

Gli interventi possono essere identificati con le seguenti macro attività, realizzati temporalmente in 4 fasi esecutive:

Fase 1

- Allestimento area di cantiere
- Realizzazione nuova pista di accesso al terrapieno a q.161m s.l.m.
- Spostamento gruppo elettrogeno
- Smontaggi e demolizioni murature nella porzione destra della diga
- Chiusura idraulica della diga in sponda destra

Fase 2

- Svuotamento dell'invaso
- Sostituzione griglie dell'opera di presa della Centrale
- Sostituzione paratoie dell'opera di presa della Centrale
- Sopralzo del coronamento della porzione della diga in corrispondenza della Centrale
- Installazione nuovo sgrigliatore
- Nuovo fabbricato con locale batterie e adeguamenti locali Centrale
- Impianti e finiture
- Sostituzione paratoie dell'opera di scarico
- Sostituzione paratoia di presa della Centralina Battagli

Fase 3

- Sopralzo del coronamento della porzione della diga in corrispondenza dell'opera di scarico
- Nuova passerella prefabbricata di collegamento
- Impianti e finiture
- Intervento di chiusura dello scarico di esaurimento

Fase 4

- Rimozioni e preparazione dell'area
- Consolidamenti e scavi sulla sponda sinistra
- Sostituzione della condotta adduttrice della Centralina Battagli
- Sopralzo e appesantimento della porzione di diga in sponda sinistra
- Completamento sopralzo del coronamento e opere accessorie
- Ripristino delle strutture demolite

Impianti e opere accessorie

- Realizzazione impianto di illuminazione e monitoraggio della diga
- Restituzione delle aree
- Smobilizzo cantiere

Prima dell'inizio dei lavori, dovranno essere eseguite le seguenti operazioni:

- Acquisizione della disponibilità dell'area di manovra in corrispondenza della diramazione dalla Strada provinciale Lungo Arno per Via Villaggio Enel.
- Acquisizione aree di stoccaggio temporaneo materiali di risulta dagli scavi.
- Adeguamento viabilità di accesso in sponda sinistra.
- Eventuali adeguamenti viabilità in sponda destra.
- Rimozione allacciamenti elettrici interferenti con i lavori sulla diga a gravità e realizzazione allacciamenti provvisori alla diga, alle centrali, e alla rete MT.
- Predisposizione di un sistema di allertamento ed evacuazione nel caso di eventuali piene

13.2 Analisi dei rischi e valutazione delle misure preventive

Il Piano di Sicurezza dovrà analizzare tutte le singole fasi di lavoro, identificando le modalità di esecuzione dei lavori e definendo conseguentemente gli aspetti relativi alla sicurezza.

In particolare, si evidenziano a titolo indicativo ma non esaustivo le seguenti macro attività lavorative:

Fase 1

- Allestimento area di cantiere e realizzazione nuova pista di accesso al terrapieno a q.161m s.l.m. con particolare riferimento alla preparazione e all'allestimento delle aree, al montaggio delle attrezzature e alla individuazione degli accessi alle zone di lavoro.
- Spostamento gruppo elettrogeno, smontaggi e demolizioni murature nella porzione destra della diga; con l'individuazione delle modalità di trasporto dei materiali e delle attrezzature necessarie e la metodologia di controllo delle vibrazioni indotte alle opere esistenti.
- Chiusura idraulica della diga in sponda destra con l'individuazione delle modalità di trasporto dei materiali e delle attrezzature necessarie e prestando particolare attenzione alle lavorazioni in quota.

Fase 2

- Svuotamento dell'invaso; con attenzione alla predisposizione di un sistema di allertamento ed evacuazione nel caso di eventuali piene.
- Sostituzione griglie dell'opera di presa della Centrale e sostituzione paratoie dell'opera di presa della Centrale; con particolare attenzione alle modalità di movimentazione dei materiali e delle attrezzature necessarie e alle lavorazioni in subacqueo.
- Sopralzo del coronamento della porzione della diga in corrispondenza della Centrale; con la definizione del sistema di trasporto dei materiali e delle attrezzature, le modalità e le sequenze di getto del calcestruzzo.
- Installazione nuovo sgrigliatore; con particolare attenzione alle modalità di trasporto dei materiali e delle attrezzature necessarie.
- Nuovo fabbricato con locale batterie e adeguamenti locali Centrale, impianti e finiture; con la definizione del sistema di trasporto dei materiali e delle attrezzature, le modalità e le sequenze di getto del calcestruzzo.
- Sostituzione paratoie dell'opera di scarico e sostituzione paratoia di presa della Centralina Battagli; con particolare attenzione alle modalità di movimentazione dei materiali e delle attrezzature necessarie, alle lavorazioni in subacqueo e alle lavorazioni in quota.

Fase 3

- Sopralzo del coronamento della porzione della diga in corrispondenza dell'opera di scarico; con la definizione del sistema di trasporto dei materiali e delle attrezzature, le modalità e le sequenze di getto del calcestruzzo.
- Nuova passerella prefabbricata di collegamento; con particolare attenzione alle modalità di movimentazione dei materiali e delle attrezzature necessarie, alle lavorazioni in quota e al rischio di annegamento.
- Impianti e finiture; con la definizione delle modalità di trasporto dei materiali e delle attrezzature necessarie.
- Intervento di chiusura dello scarico di esaurimento; con la definizione delle modalità di trasporto dei materiali e delle attrezzature necessarie e prestando particolare attenzione alle lavorazioni eventualmente ricadenti nella tipologia di lavori in luoghi confinati.

Fase 4

- Rimozioni e preparazione dell'area; con particolare riferimento alle modalità di allontanamento dei materiali di risulta e allo smontaggio delle apparecchiature.
- Consolidamenti e scavi sulla sponda sinistra; con particolare attenzione alle modalità di trasporto dei materiali e delle attrezzature necessarie, alle sequenze di lavoro, ai sistemi di perforazione, di getto dei calcestruzzi e delle miscele cementizie.
- Sostituzione della condotta adduttrice della Centralina Battagli; con la definizione delle modalità di trasporto dei materiali e delle attrezzature necessarie e prestando particolare attenzione alle lavorazioni eventualmente ricadenti nella tipologia di lavori in luoghi confinati.
- Sopralzo e appesantimento della porzione di diga in sponda sinistra, opere accessorie e ripristino delle strutture demolite; con la definizione del sistema di trasporto dei materiali e delle attrezzature, il sistema di demolizione del coronamento, le modalità e le sequenze di getto del calcestruzzo e con particolare attenzione alle lavorazioni in quota e al rischio di annegamento.
- Realizzazione di drenaggi e piezometri nel cunicolo della diga; con la definizione delle modalità di trasporto dei materiali e delle attrezzature necessarie e prestando particolare attenzione alle lavorazioni ricadenti nella tipologia di lavori in luoghi confinati.

Impianti e opere accessorie

- Realizzazione impianto di illuminazione e monitoraggio della diga; con la definizione delle modalità di trasporto dei materiali e delle attrezzature necessarie e prestando particolare attenzione alle lavorazioni in quota e a quelle eventualmente ricadenti nella tipologia di lavori in luoghi confinati.
- Restituzione delle aree e smobilizzo cantiere; con la definizione delle modalità di allontanamento dei materiali di risulta e di smontaggio delle attrezzature.

Alcune delle attività sopra descritte, potranno svolgersi in parallelo; per ogni fase di lavoro dovranno pertanto essere valutati i rischi correlati alle eventuali interferenze delle lavorazioni.

Per tutta la durata dei lavori dovranno essere mantenute in vigore i sistemi e le modalità operative per la previsione di eventuali eventi di piena.

Verranno pertanto definiti dei livelli di guardia, superati i quali si attiverà un sistema di allarme e di allertamento del cantiere.

13.3 Costi per la sicurezza

Considerando le soluzioni previste nel progetto e le valutazioni di massima descritte nei precedenti paragrafi, al fine di garantire l'esecuzione delle lavorazioni nel rispetto delle normative vigenti in materia di sicurezza e la minore interferenza possibile con le attività limitrofe, è stata eseguita una stima preliminare degli Oneri della Sicurezza.

Per il presente progetto si stima che gli Oneri della Sicurezza possano essere valutati in percentuale alla stima economica delle opere in misura del 5% dell'ammontare complessivo preventivato.

Una più precisa stima dei costi della sicurezza sarà possibile nelle successive fasi di progettazione.