



Sede Legale:

Via Lamarmora 230, 25124 Brescia

Sede direzionale e amministrativa:

Corso di Porta Vittoria 4, 20122 Milano

A2A/DGE/BGT/IMI/SII/OIC

Pratica: **10320** *Intervento di miglioramento sismico della diga di Trepidò*

Documento: **10320-C-OR-DTR-C-RT-212-1**

Note: *Rif. M_inf.digheidrel.registro ufficiale.u.0009203.11-04-2019*

**IMPIANTO IDROELETTRICO DI:
ORICHELLA**

**DIGA DI:
TREPIDO'**

**OGGETTO: Progetto Definitivo per l'intervento di miglioramento sismico della Diga di Trepidò
RELAZIONE SUI MATERIALI**

CONSULENTE:

Lombardi

Il progettista:

Dott. Ing. Marco Braghini

CONCESSIONARIO:



Visto

L'ingegnere Responsabile:

Dott. Ing. Paolo Valgoi

Visto

Il Legale Rappresentante:

Roberto Scottoni

TIPO DOCUMENTO:

RELAZIONE TECNICA

			LOMBARDI			A2A		
2								
1	27/10/2023	Prima emissione	C. Rossini	C. Crèmer	M. Braghini	-	P. Valgoi	R. Castellano
0	06/10/2023	Emissione per commenti	C. Rossini	C. Crèmer	M. Braghini	-	P. Valgoi	R. Castellano
REV.	DATA	DESCRIZIONE DELLA REVISIONE	REDAZIONE	VERIFICA	APPROVAZIONE	REDAZIONE	VERIFICA	APPROVAZIONE

IMPIANTI IDROELETTRICI DELLA SILA DIGA DI TREPIDÒ

PROGETTO DEFINITIVO INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO SISMICO



RELAZIONE SUI MATERIALI

10320-C-OR-DTR-C-RT-212-1

1	27.10.2023	Ros	Cr
0	06.10.2023	Ros	Cr
Versione	Data	Redatto	Verificato

Lombardi SA Ingegneri Consulenti
Via del Tiglio 2, C.P. 934, CH-6512 Bellinzona-Giubiasco
Telefono +41(0)91 735 31 00
www.lombardi.group, info@lombardi.group

INDICE

1.	INTRODUZIONE	1
2.	INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO	2
2.1	Iniezioni di consolidamento e impermeabilizzazione	2
2.2	Barre di cucitura in cresta	2
2.3	Ripristino superficiale del paramento di monte	3
3.	RILEVATO IN MATERIALE SCIOLTO	4
3.1	Tout-venant	4
3.2	Rockfill (R)	5
3.3	Filtro (F)	5
3.4	Dreno (D)	7
3.5	Terreno vegetale	8
4.	OPERE IN CALCESTRUZZO	9
4.1	Nuovo cunicolo di ispezione e drenaggio	9
4.2	Camera paratoie	10
4.3	Nuovo cunicolo di accesso e scarico di fondo	10
4.4	Muri d'ala all'uscita dello scarico di fondo	11
4.5	Prolungamento del cunicolo di drenaggio in spalla sinistra	12
4.6	Cabina di controllo	12
5.	OPERE IDROMECCANICHE	14
5.1	Scarico di fondo e di alleggerimento	14
6.	NUOVA STRADA DI ACCESSO A VALLE DELLA DIGA	17
6.1	Carreggiata	17
6.1.1	Pavimentazione stradale	17
6.1.2	Calcestruzzi	18
6.2	Rilevati e rinterrati	18
6.3	Muro in gabbioni	19
6.3.1	Pietrame di riempimento per gabbioni	19

6.3.2	Rete per gabbioni	19
6.4	Terre rinforzate	19
6.4.1	Materiale di riempimento	19
6.4.2	Elementi strutturali	20
6.5	Consolidamenti pareti in roccia	20
6.6	Attraversamenti idraulici	21

1. INTRODUZIONE

La diga di Trepidò (n. di archivio 85 – RID 39) si trova sul confine dei comuni di San Giovanni in Fiore (CS) e Cotronei (KR), ed è uno sbarramento a gravità in muratura di pietrame con fondazioni in calcestruzzo, di altezza massima di circa 32.50 m, formato da un corpo principale ad asse leggermente arcuato, collegato ad uno sbarramento secondario in calcestruzzo mediante un pilone di forma poligonale presente in sponda sinistra. Lo sbarramento genera il serbatoio dell'Ampollino nell'Altopiano della Sila ed è alla testa di un importante schema di impianti idroelettrici in cascata, di cui A2A è proprietaria e gestore. La diga è stata realizzata negli anni 1923-1927 quando ancora non esisteva una normativa nazionale specifica nel campo delle dighe ed il sito non era considerato zona sismica.

Nel dicembre 2015 la società CESI ha valutato, per conto di A2A, la vulnerabilità sismica della diga, ai sensi delle Norme Tecniche per la progettazione e la costruzione degli sbarramenti di ritenuta (DM 26/06/2014). Nell'aprile 2019 la DG DIGHE ha evidenziato la necessità di prevedere interventi principalmente finalizzati al miglioramento sismico dello sbarramento.

Nel settembre 2020 A2A trasmetteva alla DG DIGHE il progetto con l'analisi della fattibilità tecnica degli interventi di miglioramento sismico, redatto dalla società Lombardi, ed approvato dalla DG DIGHE stessa nel febbraio 2021. Il progetto prevedeva sia una serie d'interventi di rinforzo del corpo diga esistente, che la realizzazione di un rilevato in terra in adiacenza al paramento di valle dello sbarramento principale in muratura. Il progetto prevedeva anche una serie di attività propedeutiche al successivo livello di progettazione, finalizzate ad approfondire la conoscenza sia della diga che della roccia di fondazione, oltre alla conferma della geometria riportata negli elaborati progettuali storici. Tali approfondimenti si sono poi concretizzati in una campagna indagine in sito (agosto – novembre 2021) e successive prove di laboratorio sui campioni di materiale prelevato.

Nel presente documento, che è parte integrante del Progetto Definitivo degli interventi di miglioramento sismico della diga di Trepidò, si riportano le caratteristiche dei principali materiali da impiegare per la realizzazione degli interventi previsti in progetto.

2. INTERVENTI DI CONSOLIDAMENTO

2.1 Iniezioni di consolidamento e impermeabilizzazione

Per le iniezioni di consolidamento e impermeabilizzazione si prevede di utilizzare miscele di tipo cementizio (acqua, cemento, additivi). Come illustrato nella seguente tabella, in prima approssimazione, si prevede di utilizzare una miscela cementizia costituita da cemento fine (5000) e rapporto cemento-acqua compreso tra 1,0 e 1,5. La composizione della miscela sarà definita sulla base delle risultanze dei campi prova previsti in progetto.

MISCELA CEMENTIZIA PER INIEZIONI		
Componente	Quantità	Note
Cemento fine tipo I 52,5 R Portland	100÷150 kg	superficie specifica Blaine > 5'000 cm ² /g (UNI EN 196/6)
Acqua	100 kg	Rapporto c/a = 1,0÷1,5
Additivo fluidificante	1÷2 %	del contenuto di cemento in peso Possibili tipologie di additivo: MAPEI_Dynamon-SX14, BASF_RHEOBUILD 2000 PF, MAPEI_Cablejet, o equivalenti

Tabella 1: Miscela cementizia per iniezioni, composizione di primo tentativo

2.2 Barre di cucitura in cresta

ACCIAIO PER LE BARRE	
Tipologia/Classe	GEWI PLUS S670/800
Diametro	75 mm
Carico di snervamento	2'960 kN
Carico ultimo	3'534 kN
Durabilità	Ancoraggio permanente
Trattamento	Zincatura a caldo, secondo UNI EN ISO 1461

Tabella 2: Barre di cucitura in cresta, acciaio

BOIACCA CEMENTIZIA PER INGHISAGGIO DELLE BARRE	
Tipologia	Boiaccia cementizia additivata
Resistenza caratteristica cubica R _{ck}	≥ 30 MPa
Rapporto acqua/cemento	≤ 0,5
Additivi	Additivo anti-ritiro

Tabella 3: Barre di cucitura in cresta, boiaccia cementizia

2.3 Ripristino superficiale del paramento di monte

MALTA STRUTTURALE	
Tipologia	Sika MonoTop MT1 o equivalente
Resistenza a compressione	60 MPa (classe R4) (EN 12190)
Modulo di elasticità a compressione	28,5 MPa (EN 13412)
Resistenza per flessione	10,0 Mpa (UNI 196-1)
Adesione per trazione	2,0 MPa (EN 1542)
Resistenza alla pressione idrostatica positiva	< 3mm (3gg a 5 bar) (EN 12390-8)

Tabella 4: Ripristino superficiale del paramento di monte, malta strutturale

SIGILLANTE PER GIUNTI DI DILAZIONE	
Tipologia	Sikaflex PRO-2HP o equivalente
Movimenti permissibili del giunto	25%
Dimensione giunti	10-40mm
Tixotropia	0 (DIN EN ISO 7390)
Temperatura di esercizio	-40° - 70°C
Resistenza alla lacerazione	7 MPa (DIN 53 515)
Durezza Shore A	25 (28 gg a 23°C e u.r. 50%) (DIN 53 505)
Modulo elastico	0.3 MPa al 100% allungamento (23°C, u.r. 50%) (DIN EN ISO 8340) 0.6 MPa al 100% allungamento (-20°C) (DIN EN ISO 8340)
Allungamento a rottura	800% (23°C, u.r. 50%) (DIN 53504)
Ritorno elastico	80% (23°C, u.r. 50%) (DIN EN ISO 7389 B)

Tabella 5: Ripristino superficiale del paramento di monte, sigillante per giunti di dilatazione

3. RILEVATO IN MATERIALE SCIOLTO

3.1 Tout-venant

Il materiale che sarà utilizzato per il Tout-Venant dovrà rispettare i criteri di accettabilità riportati in Tabella 6.

Criterio	Descrizione
Granulometria	La curva granulometrica dovrà essere compresa all'interno del fuso granulometrico illustrato nella Figura 1 .
Pulizia	Il tout-venant dovrà essere libero da materiale organico.

Tabella 6: Tout-venant, criteri di accettabilità

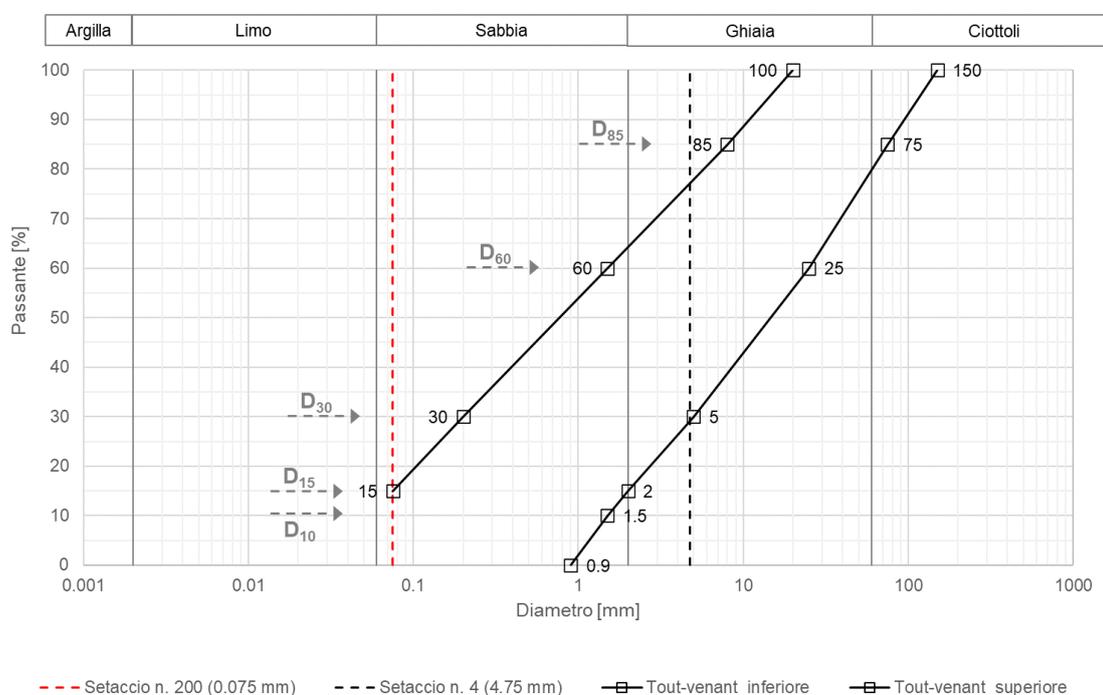


Figura 1 – Tout-Venant, fuso granulometrico

Le modalità di posa in opera e in particolare lo spessore dei singoli strati dipenderà dalla tipologia e dalla resistenza del materiale. Si prevedono in prima approssimazione strati di spessore compreso tra 0,5 e 1,0 m. Un campo prova dovrà essere effettuato in sito durante la fase esecutiva del progetto al fine di comprendere le più idonee modalità di posa in opera del materiale (spessore dello strato, tipologia di compattatore, numero di passate, quantitativo di acqua per la compattazione, ecc.).

3.2 Rockfill (R)

Il materiale che sarà utilizzato per la realizzazione del rockfill e per l'unghia di valle dovrà rispettare i criteri di accettabilità riportati in Tabella 7.

Criterio	Descrizione
Litologia/Grado di alterazione	Roccia non alterata ("fresh rock", classificazione ISRM W ₁) o debolmente alterata ("Slightly weathered, classificazione ISRM W ₂). Dovranno essere privilegiate litologie non metamorfiche o comunque formazioni non scistose.
Granulometria	La curva granulometrica del rockfill dovrà essere compresa all'interno del fuso granulometrico illustrato nella Figura 2 . L'unghia di valle dovrà essere realizzata con pietrame di dimensioni comprese tra 100 e 800 mm.

Tabella 7: Rockfill, criteri di accettabilità

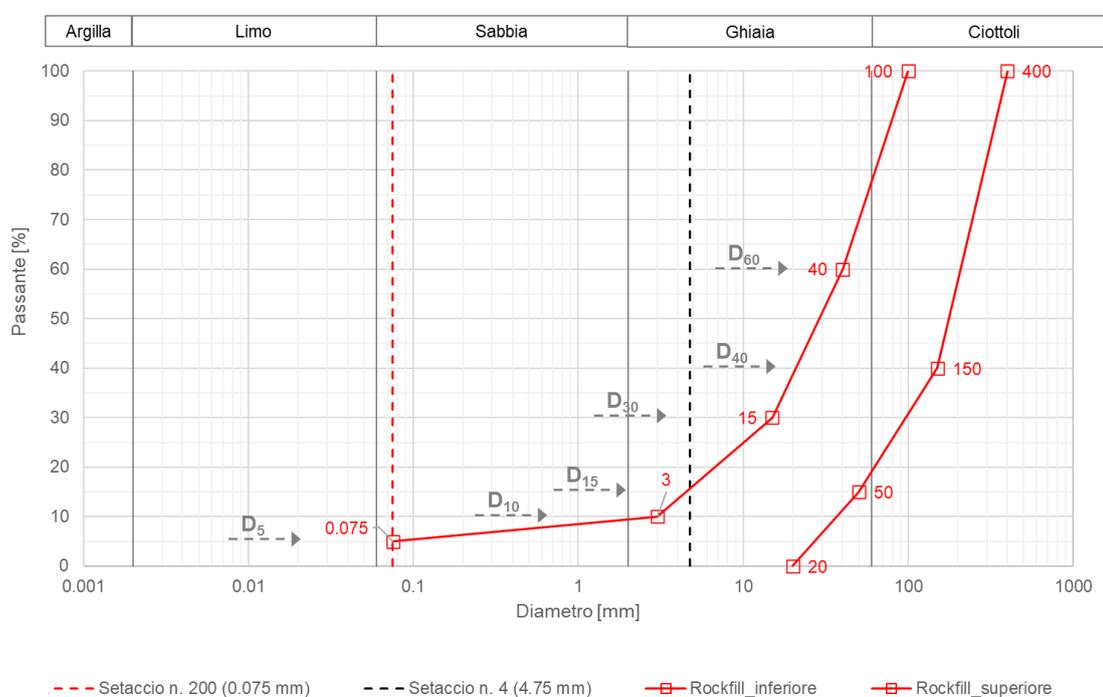


Figura 2 – Rockfill, fuso granulometrico

Per le modalità di posa in opera valgono le stesse considerazioni sopra esposte per il Tout-venant.

3.3 Filtro (F)

Il materiale che sarà utilizzato per il Filtro dovrà rispettare i criteri minimi di accettabilità riportati in **Tabella 8**.

Critero	Descrizione
Litologia/Grado di alterazione	Roccia non alterata ("fresh rock", classificazione ISRM W1). Dovranno essere evitate litologie metamorfiche o comunque formazioni caratterizzate da scistosità.
Pulizia	Al termine del processo di lavorazione la superficie dei grani dovrà essere esente da polveri, sali solubili, solfati solubili e da eventuale materiale organico o argilla adesi. In caso contrario gli inerti dovranno essere lavati
Granulometria	La curva granulometrica dovrà essere compresa all'interno dei fusi granulometrici illustrati nella Figura 3 . La scelta tra alternativa A e B dovrà essere effettuata sulla base delle caratteristiche del materiale di base (fondazione).
Fino	Percentuale di fino inferiore al 5%. Fino non plastico (limite liquido non ottenibile, indice di plasticità pari allo 0%).
Forma dei grani	"Flakiness index" e "Elongation index" inferiori al 35%.
Resistenza all'abrasione	Massima percentuale di perdita in peso nella Prova Los Angeles pari al 30% (1000 rivoluzioni)
Suscettibilità alla rottura in condizioni di asciutto/bagnato	Massima percentuale di perdita in peso nella prova "Resistenza al solfato di sodio" pari a 10% (dopo 5 cicli)
Assordimento d'acqua	Massimo 2%

Tabella 8: Filtro, criteri di accettabilità

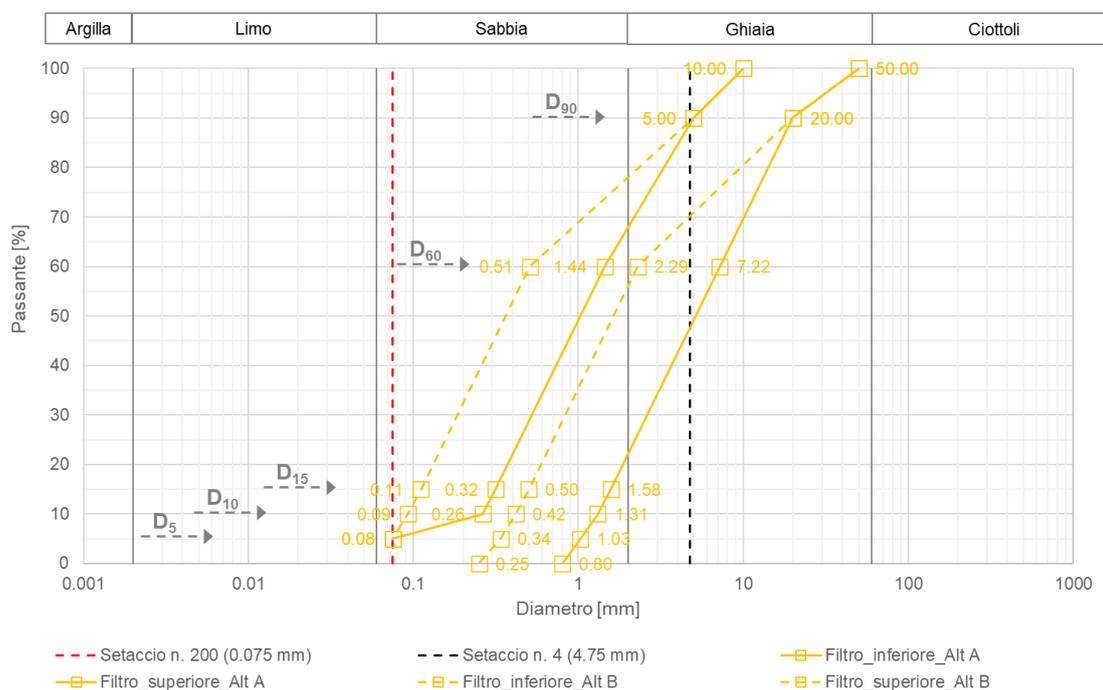


Figura 3 – Filtro, fuso granulometrico

Si prevedono in prima approssimazione strati di spessore compreso tra 0,2 e 0,3 m. Un campo prova dovrà essere effettuato in sito durante la fase esecutiva del progetto al fine di comprendere le più idonee modalità di posa in opera del materiale.

3.4 Dreno (D)

Il materiale che sarà utilizzato per il Dreno dovrà rispettare i criteri minimi di accettabilità riportati in Tabella 9. **Tabella 9**

Critero	Descrizione
Litologia/Grado di alterazione	Roccia non alterata ("fresh rock", classificazione ISRM W1). Dovranno essere evitate litologie metamorfiche o comunque formazioni caratterizzate da scistosità.
Pulizia	Al termine del processo di lavorazione la superficie dei grani dovrà essere esente da polveri, sali solubili, solfati solubili e da eventuale materiale organico o argilla adesi. In caso contrario gli inerti dovranno essere lavati
Granulometria	La curva granulometrica dovrà essere compresa all'interno dei fusi granulometrici illustrati nella Figura 4 . La scelta tra alternativa A e B dovrà essere effettuata sulla base delle caratteristiche del materiale di base (fondazione).
Fino	Percentuale di fino inferiore al 5%. Fino non plastico (limite liquido non ottenibile, indice di plasticità pari allo 0%).
Forma dei grani	"Flakiness index" e "Elongation index" inferiori al 35%.
Resistenza all'abrasione	Massima percentuale di perdita in peso nella Prova Los Angeles pari al 30% (1000 rivoluzioni)
Suscettibilità alla rottura in condizioni di asciutto/bagnato	Massima percentuale di perdita in peso nella prova "Resistenza al solfato di sodio" pari a 10% (dopo 5 cicli)
Assordimento d'acqua	Massimo 2%

Tabella 9: Dreno, criteri di accettabilità

Si prevedono in prima approssimazione strati di spessore compreso tra 0,2 e 0,3 m. Un campo prova dovrà essere effettuato in sito durante la fase esecutiva del progetto al fine di comprendere le più idonee modalità di posa in opera del materiale.

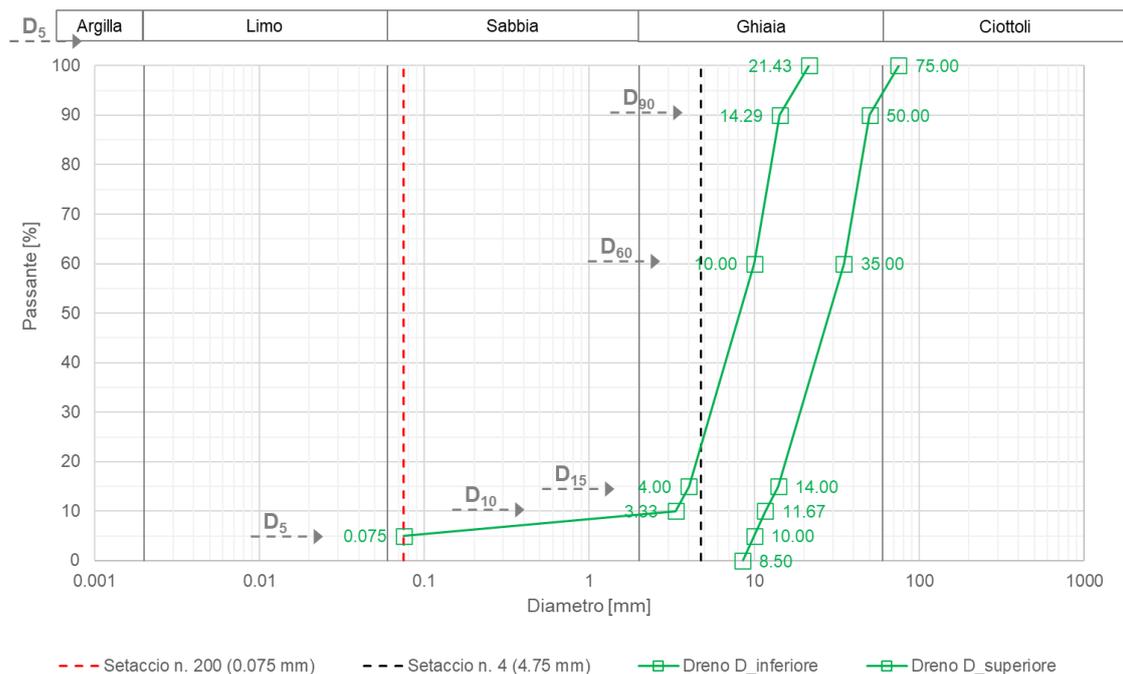


Figura 4 – Dreno, fuso granulometrico

3.5 Terreno vegetale

Per quanto riguarda il terreno vegetale si potrà parzialmente riutilizzare il terreno di copertura che sarà rimosso prima della realizzazione del rilevato. In particolare, si potrà riutilizzare solo lo strato più corticale di spessore 30-50 cm maggiormente ricco di sostanza organica.

4. OPERE IN CALCESTRUZZO

4.1 Nuovo cunicolo di ispezione e drenaggio

CALCESTRUZZO PER ELEMENTI STRUTTURALI	
Classe di resistenza a compressione	C32/40
Classe di esposizione	XC3
Massimo rapporto A/C	0,5
Minimo contenuto di cemento	340 kg/m ³
Classe di consistenza	S4
Diametro massimo degli inerti	32 mm

Tabella 10: Nuovo cunicolo di ispezione e drenaggio, calcestruzzo per elementi strutturali

CALCESTRUZZO MAGRO	
Classe di resistenza a compressione	C12/15
Classe di esposizione	X0
Classe di consistenza	S3
Diametro massimo degli inerti	32 mm

Tabella 11: Nuovo cunicolo di ispezione e drenaggio, calcestruzzo magro

ACCIAIO PER CALCESTRUZZO STRUTTURALE	
Classe di acciaio	B450C
Tensione caratteristica di rottura	540 MPa
Tensione caratteristica di snervamento	450 MPa

Tabella 12: Nuovo cunicolo di ispezione e drenaggio, acciaio per calcestruzzo

WATERSTOP PER GIUNTI STRUTTURALI	
Densità (UNI EN ISO 1183-1)	1,43 gr/cm ³
Durezza (UNI EN ISO 868)	75 Shore A
Resistenza a trazione (UNI EN ISO 527)	13 MPa
Allungamento a rottura (UNI EN ISO 527)	300%

Tabella 13: Nuovo cunicolo di ispezione e drenaggio, waterstop per giunti strutturali

4.2 Camera paratoie

CALCESTRUZZO PER ELEMENTI STRUTTURALI	
Classe di resistenza a compressione	C32/40
Classe di esposizione	XC3
Massimo rapporto A/C	0,5
Minimo contenuto di cemento	340 kg/m ³
Classe di consistenza	S4
Diametro massimo degli inerti	32 mm

Tabella 14: Camera paratoie, calcestruzzo per elementi strutturali

CALCESTRUZZO MAGRO	
Classe di resistenza a compressione	C12/15
Classe di esposizione	X0
Classe di consistenza	S3
Diametro massimo degli inerti	32 mm

Tabella 15: Camera paratoie, calcestruzzo magro

ACCIAIO PER CALCESTRUZZO STRUTTURALE	
Classe di acciaio	B450C
Tensione caratteristica di rottura	540 MPa
Tensione caratteristica di snervamento	450 MPa

Tabella 16: Camera paratoie, acciaio per calcestruzzo

4.3 Nuovo cunicolo di accesso e scarico di fondo

CALCESTRUZZO PER ELEMENTI STRUTTURALI	
Classe di resistenza a compressione	C32/40
Classe di esposizione	XC3
Massimo rapporto A/C	0,5
Minimo contenuto di cemento	340 kg/m ³
Classe di consistenza	S4
Diametro massimo degli inerti	32 mm

Tabella 17: Nuovo cunicolo di accesso e scarico di fondo, calcestruzzo per elementi strutturali

CALCESTRUZZO MAGRO	
Classe di resistenza a compressione	C12/15
Classe di esposizione	X0
Classe di consistenza	S3
Diametro massimo degli inerti	32 mm

Tabella 18: Nuovo cunicolo di accesso e scarico di fondo, calcestruzzo magro

ACCIAIO PER CALCESTRUZZO STRUTTURALE	
Classe di acciaio	B450C
Tensione caratteristica di rottura	540 MPa
Tensione caratteristica di snervamento	450 MPa

Tabella 19: Nuovo cunicolo di accesso e scarico di fondo, acciaio per calcestruzzo

WATERSTOP PER GIUNTI STRUTTURALI	
Densità (UNI EN ISO 1183-1)	1,43 gr/cm ³
Durezza (UNI EN ISO 868)	75 Shore A
Resistenza a trazione (UNI EN ISO 527)	13 MPa
Allungamento a rottura (UNI EN ISO 527)	300%

Tabella 20: Nuovo cunicolo di accesso e scarico di fondo, waterstop per giunti strutturali

MALTA RESISTENTE ALL'ABRASIONE	
Tipologia	Sika MonoTop®-3400 Abraroc o Fondag DG o equivalente
Classe	C60/75
Resistenza a compressione (28gg)	≥ 60 MPa
Resistenza a trazione	≥ 5,5 MPa

Tabella 21: Nuovo cunicolo di accesso e scarico di fondo, malta resistente all'abrasione

4.4 Muri d'ala all'uscita dello scarico di fondo

CALCESTRUZZO PER ELEMENTI STRUTTURALI	
Classe di resistenza a compressione	C30/37
Classe di esposizione	XC3
Massimo rapporto A/C	0,5
Minimo contenuto di cemento	340 kg/m ³
Classe di consistenza	S4
Diametro massimo degli inerti	32 mm

Tabella 22: Muri d'ala all'uscita dello scarico di fondo, calcestruzzo per elementi strutturali

CALCESTRUZZO MAGRO	
Classe di resistenza a compressione	C12/15
Classe di esposizione	X0
Classe di consistenza	S3
Diametro massimo degli inerti	32 mm

Tabella 23: Muri d'ala all'uscita dello scarico di fondo, calcestruzzo magro

ACCIAIO PER CALCESTRUZZO STRUTTURALE	
Classe di acciaio	B450C
Tensione caratteristica di rottura	540 MPa
Tensione caratteristica di snervamento	450 MPa

Tabella 24: Muri d'ala all'uscita dello scarico di fondo, acciaio per calcestruzzo

4.5 Prolungamento del cunicolo di drenaggio in spalla sinistra

CALCESTRUZZO PER ELEMENTI STRUTTURALI	
Classe di resistenza a compressione	C32/40
Classe di esposizione	XC3
Massimo rapporto A/C	0,5
Minimo contenuto di cemento	340 kg/m ³
Classe di consistenza	S4
Diametro massimo degli inerti	32 mm

Tabella 25: Prolungamento del cunicolo di drenaggio in spalla sinistra, calcestruzzo per elementi strutturali

CALCESTRUZZO MAGRO	
Classe di resistenza a compressione	C12/15
Classe di esposizione	X0
Classe di consistenza	S3
Diametro massimo degli inerti	32 mm

Tabella 26: Prolungamento del cunicolo di drenaggio in spalla sinistra, calcestruzzo magro

ACCIAIO PER CALCESTRUZZO STRUTTURALE	
Classe di acciaio	B450C
Tensione caratteristica di rottura	540 MPa
Tensione caratteristica di snervamento	450 MPa

Tabella 27: Prolungamento del cunicolo di drenaggio in spalla sinistra, acciaio per calcestruzzo

4.6 Cabina di controllo

CALCESTRUZZO PER ELEMENTI STRUTTURALI	
Classe di resistenza a compressione	C30/37
Classe di esposizione	XC3
Massimo rapporto A/C	0,5
Minimo contenuto di cemento	340 kg/m ³
Classe di consistenza	S4
Diametro massimo degli inerti	32 mm

Tabella 28: Cabina di controllo, calcestruzzo per elementi strutturali

CALCESTRUZZO MAGRO	
Classe di resistenza a compressione	C12/15
Classe di esposizione	X0
Classe di consistenza	S3
Diametro massimo degli inerti	32 mm

Tabella 29: Cabina di controllo, calcestruzzo magro

ACCIAIO PER CALCESTRUZZO STRUTTURALE	
Classe di acciaio	B450C
Tensione caratteristica di rottura	540 MPa
Tensione caratteristica di snervamento	450 MPa

Tabella 30: Cabina di controllo, acciaio per calcestruzzo

5. OPERE IDROMECCANICHE

5.1 Scarico di fondo e di alleggerimento

Strutture idromeccaniche	
acciaio strutturale per nuove costruzioni	Acciaio EN 10025 S355JR
acciaio strutturale per adeguamenti	Acciaio EN 10025 S275JR
acciaio non strutturale	Acciaio EN 10025 S275JR
acciaio inossidabile	AISI; EN 10088
Tenute	P-OTS 60 UNI 6399
Controtenute e piatti di scorrimento	AISI 304; equivalenti EN 10088
Pattini, cunei, rulli di tenuta e/o guida	AISI 304 - AISI 316; equivalenti EN 10088
Perni	AISI 410; equivalenti EN 10088
Boccole autolubrificanti	Bronzo con inserti in materiale lubrificante solido
pattini, cunei, rulli di tenuta e/o guida perni	AISI 304 - AISI 316; equivalenti EN 10088
Supporti cerniere	Acciaio EN 10025 S355JR (e/o di fusione di analoghe caratteristiche)

Tabella 31: Scarico di fondo e di alleggerimento, strutture idromeccaniche

Guarnizioni	
contenuto min. Polimero di base:	75% in volume
tensione di rottura minima:	16 N/mm
allungamento minimo a rottura:	300%
Durezza:	67-70 shore
Compressibilità specifica:	max 30%
Assorbimento max acqua in peso:	2%
Tensione di rottura dopo invecchiamento artificiale per 48 h a 70°C in ossigeno 1,2 bar:	95% min. del valore non invecchiato

Tabella 32: Scarico di fondo e di alleggerimento, guarnizioni

Servomotori e aste di segnalazione	
Camicia dei cilindri	S355J2 EN 10025-2; E355J2 EN 10294-1
Acciaio per anelli, stantuffi, dadi per aste, flange e coperchi	Acciaio EN 10025 S355J2
aste cilindri e di segnalazione	Acciaio EN 10083 36 CrNiMo 4
Guarnizioni: OR, a pacco	Tipo CARCOTEX, PTFE+NBR o equivalenti
Raschiatore	Tipo CARCOWIP; poliuretano o equivalente
Boccole di contenimento	BSZN5 o equivalente
Anello di guida	PTFE + bronzo o equivalente
cromatura dell'acciaio	UNI 9948, UNI 4240

Tabella 33: Scarico di fondo e di alleggerimento, servomotori e aste di segnalazione

Circuiti oleodinamici	
tubi trafilati	AISI 304, DIN 17458/2381, DIN 2391
raccordi, minitest, sfiati d'aria e giunti girevoli	AISI 316, DIN 2353
flange	AISI 316L SAE 3000
diaframmi passa parete	AISI
olio per comandi	olio idraulico di origine vegetale, adatto per trasmissioni idrostatiche, con le seguenti caratteristiche: <ul style="list-style-type: none"> – viscosità cinematica a 40°C: 46 cSt – punto di infiammabilità ≥ 300 °C – indice di viscosità: ≥ 180 – punto di scorrimento: ≤ -30 °C biodegradabilità $\geq 90\%$

Tabella 34: Scarico di fondo e di alleggerimento, circuiti oleodinamici

Saracinesche in ghisa	
Corpo, coperchio e cuneo	Acciaio EN 1561 EN-GJL-250; Acciaio EN 1563 EN-GJS-400-15
Stelo di manovra	Acciaio EN 10083 36 CrNiMo 4 bonificato; ottone CuZn39 Pb2; Acciaio EN 10088 X20 Cr13
Sedi di tenuta	Ottone CuZn37
Sistema di tenuta	Anelli O-ring NBR o equivalenti
Volantino e/o cilindro di manovra	Acciaio EN 10025 S275JR (per cilindro vedi servomotori)

Tabella 35: Scarico di fondo e di alleggerimento, saracinesche in ghisa

Saracinesche in acciaio	
Corpo, coperchio e cuneo	Acciaio EN 10213-2 GP 240 GH
Stelo di manovra	Acciaio EN 10083 36 CrNiMo 4 bonificato; ottone CuZn39 Pb2; Acciaio EN 10088 X20 Cr13
Sedi di tenuta	Ottone CuZn39Pb2; Acciaio EN 10088 X20 Cr13; gomma sintetica (elastomero) o equivalenti
Sistema di tenuta	Anelli O-ring NBR o equivalenti
Volantino e/o cilindro di manovra	Acciaio EN 10025 S275JR (per cilindro vedi servomotori)
Giunti di dilatazione, controflange	Acciaio EN 10025 S275JR e/o S355JR
acciaio inox	ASTM A351 CF8; ASTM A 216 WCB

Tabella 36: Scarico di fondo e di alleggerimento, saracinesche in acciaio

Bulloneria	
Bulloneria in acciaio inossidabile	Viti AISI 316 A4-70 UNI 5737, UNI 5933 Dadi AISI 304 A-2-70 Rosette AISI 316 A4-70 UNI 6592, B 10 UNI 1751
Bulloneria in acciaio zincato a caldo	Viti 8.8, 10.9 UNI 5737, UNI 5933. EN 15048-1 Rosette R40 UNI 6592
Coppie di serraggio	EN 1090-2

Tabella 37: Scarico di fondo e di alleggerimento, bulloneria

Salvo ove diversamente indicato, per la scelta dei materiali destinati ai diversi impieghi, valgono le seguenti modalità:

- **Parti saldate:** tutti i materiali soggetti a saldatura devono essere di qualità saldabile e compatibile con la procedura adottata e con il materiale d'apporto prescelto.
- **Controsedi di tenuta:** tutte le controsedi di tenuta devono essere costruite con materiale resistente alla corrosione. Particolare attenzione va riservata all'accoppiamento di materiali diversi allo scopo di evitare corrosione galvanica.
- **Fissaggio guarnizioni di tenuta:** tutta la bulloneria di fissaggio delle guarnizioni di tenuta deve essere di materiale resistente alla corrosione in acciaio inox AISI 304-316.
- **Bulloneria:** in linea generale, salvo ove diversamente indicato, si dovrà impiegare bulloneria in acciaio inox ove a contatto con l'acqua e per la giunzione di pezzi in acciaio inox; altrove in acciaio zincato, classe 8.8 o superiore.

6. NUOVA STRADA DI ACCESSO A VALLE DELLA DIGA

6.1 Carreggiata

6.1.1 Pavimentazione stradale

La pavimentazione stradale sarà realizzata in misto granulare stabilizzato.

La frazione grossa di tale miscela (trattenuta al setaccio UNI 2 mm) può essere costituita da ghiaie, frantumati, detriti di cava, scorie o anche altro materiale ritenuto idoneo dalla DL. La fondazione potrà essere formata da materiale di apporto idoneo oppure da correggersi con adeguata attrezzatura in impianto fisso di miscelazione.

Lo spessore da assegnare alla fondazione sarà definito nel Progetto Esecutivo.

Il materiale in opera, dopo l'eventuale correzione e miscelazione, dovrà rispondere alle seguenti caratteristiche seguenti:

- a) l'aggregato non deve avere dimensioni superiori a 63 mm, e deve essere senza forma appiattita, allungata o lenticolare;
- b) granulometria compresa nel seguente fuso e avente andamento continuo ed uniforme praticamente concorde a quello delle curve limite:

Setacci UNI (mm)	Fuso (passante %)
setaccio 63	100-100
setaccio 40	84-100
setaccio 20	70-92
setaccio 14	60-85
setaccio 8	46-72
setaccio 4	30-56
setaccio 2	24-44
setaccio 0.25	8-20
setaccio 0.063	6-12

- a) perdita in peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature, inferiore al 30% in peso;
- b) equivalente in sabbia misurato sulla frazione passante al setaccio UNI 4 mm, compreso tra 40 e 80 (la prova va eseguita con dispositivo meccanico di scuotimento);
- c) indice di portanza CBR ai sensi della norma UNI EN 13286-47 - 2012 dopo quattro giorni di imbibizione in acqua (eseguito sul materiale passante al crivello UNI 25 mm) non minore di 50.

È inoltre richiesto che la condizione di cui alla precedente lettera c) sia verificata per un intervallo di + 5% rispetto all'umidità ottima di costipamento. I controlli di cui sopra dovranno anche essere eseguiti per il materiale prelevato dopo costipamento.

Il limite superiore dell'equivalente in sabbia pari a 80 potrà essere modificato in funzione delle provenienze e delle caratteristiche del materiale.

Se le miscele contengono oltre il 60% in peso di elementi frantumati a spigoli vivi, l'accettazione avverrà sulla base delle sole caratteristiche indicate ai precedenti commi a), b), c), d), e), ad eccezione di quanto prescritto al comma b) per il quale è ammesso che la miscela abbia equivalente in sabbia compreso tra 25 e 35.

6.1.2 Calcestruzzi

CALCESTRUZZO PREFABBRICATO PER CANALETTE	
Classe di resistenza a compressione	C35/45
Classe di esposizione	XF1-XC2
Massimo rapporto A/C	0,5
Minimo contenuto di cemento	360 kg/m ³
Classe di consistenza	S4
Diametro massimo degli inerti	32 mm

Tabella 38: Strada di accesso a valle diga, calcestruzzo prefabbricato per canalette

CALCESTRUZZO PER CORDOLO BARRIERA	
Classe di resistenza a compressione	C32/40
Classe di esposizione	XC4
Massimo rapporto A/C	0,5
Minimo contenuto di cemento	340 kg/m ³
Classe di consistenza	S4
Diametro massimo degli inerti	32 mm

Tabella 39: Strada di accesso a valle diga, calcestruzzo prefabbricato per canalette

6.2 Rilevati e rinterri

Il materiale impiegato, proveniente dagli scavi o da altre fonti, dovrà essere selezionato oppure frantumato in modo da ottenere terreno appartenente ai gruppi A1, A2 e A3 (secondo i criteri della normativa CNR-UNI 10006/1963). Il materiale dovrà essere steso in strati regolari con densità uniforme e spessore prestabilito compresa la compattazione eventuale richiesta durante i lavori e che

dovrà essere eseguita per strati di 30 cm di spessore. Il materiale dovrà essere esente da residui vegetali o sostanze organiche.

6.3 Muro in gabbioni

6.3.1 Pietrame di riempimento per gabbioni

Materiale litoide selezionato proveniente da cava o da alveo, non friabile né gelivo e quindi non deteriorabile dagli agenti atmosferici, di elevato peso specifico (non inferiore a 26 kN/mc) e di pezzatura superiore alla dimensione della maglia (minimo 1,5 D) in modo da non permettere alcuna fuoriuscita del riempimento né in fase di posa in opera né in esercizio. Il materiale di riempimento dovrà essere messo in opera con operazioni meccanizzate e/o manuali in modo da raggiungere sempre una porosità del 30-40% tale da ottenere un idoneo peso di volume, nel rispetto delle ipotesi di progetto

6.3.2 Rete per gabbioni

RETE PER GABBIONI	
Maglia	8x10 mm (esagonale)
Diametro filo	3,0 mm
Resistenza a trazione	60 KN/m
Rivestimento	Zn/Al classe A (EN 10244-2)

Tabella 40: Strada di accesso a valle diga, rete per gabbioni

6.4 Terre rinforzate

6.4.1 Materiale di riempimento

Il materiale impiegato, proveniente dagli scavi o da altre fonti, dovrà essere selezionato oppure frantumato in modo da ottenere terreno appartenente ai gruppi A1, A2 e A3 (secondo i criteri della normativa CNR-UNI 10006/1963). Il materiale dovrà essere steso in strati regolari con densità uniforme e spessore prestabilito compresa la compattazione eventuale richiesta durante i lavori e che dovrà essere eseguita per strati di 30 cm di spessore. Il materiale dovrà essere esente da residui vegetali o sostanze organiche.

6.4.2 Elementi strutturali

STRUTTURA IN MAGLIA ELETTROSALDATA	
Tipologia	Sistema Terramesh verde o equivalente
Maglia	Rete in doppia torsione maglia TIPO 8X10
Diametro filo	Ø2.7/3.7mm
Rivestimento	GALMAC (Zn-Al 5%)
Resistenza a trazione	50 kN/m
Resistenza a punzonamento	67 kN

Tabella 41: Strada di accesso a valle diga, terra rinforzata, struttura in maglia elettrosaldata

GEOGRIGLIE	
Tipologia	PARDAGRID100 o equivalente
Materiali	PES/PE
Maglia	5x5 cm
Resistenza a trazione	100 kN/m
Allungamento a rottura	≤ 12 %

Tabella 42: Strada di accesso a valle diga, terra rinforzata, geogriglie

6.5 Consolidamenti pareti in roccia

ACCIAIO PER LE BARRE	
Tipologia/Classe	GEWI B500B
Diametro	25 mm
Carico di snervamento	245 kN
Carico ultimo	270 kN
Durabilità	Ancoraggio permanente
Trattamento	Zincatura a caldo, secondo UNI EN ISO 1461

Tabella 43: Strada di accesso a valle diga, acciaio per ancoraggi in roccia

BOIACCA CEMENTIZIA PER INGHISAGGIO ANCORAGGI IN ROCCIA	
Tipologia	Boiaccia cementizia additivata
Resistenza caratteristica cubica R_{ck}	≥ 30 MPa
Rapporto acqua/cemento	≤ 0,5
Additivi	Additivo anti-ritiro

Tabella 44: Strada di accesso a valle diga, boiaccia cementizia per inghisaggio ancoraggi in roccia

RETE CORTICALE IN ADERENZA	
Tipologia	Sistema RECS MET o equivalente
Rete romboidale	Maglia 80x100mm, filo 2,7 mm Resistenza a trazione:42 kN/m (ASTM A-975-97) Allungamento UNI EN10223-3: > 10% Zincatura a caldo ZN.AL5%: 245 gr/m ² UNI EN 10244-2.
Rete a triplice torsione	Maglia 16x16 mm, filo 0.7 mm
Funi di ancoraggio	Diametro 16 mm (UNI EN 12385-4; UNI EN 10264-2)
Tipologia	Sistema RECS COCCO o equivalente
Rete romboidale	Maglia 80x100mm, filo 2,7 mm Resistenza a trazione:42 kN/m (ASTM A-975-97) Allungamento UNI EN10223-3: > 10% Zincatura a caldo ZN.AL5%: 245 gr/m ² UNI EN 10244-2.
Biostuoia	Biorete in cocco con massa areica di 700gr/mq biodegradabile al 100%.Resistenza a trazione longitudinale 20 kN/m.
Funi di ancoraggio	Diametro 16 mm (UNI EN 12385-4; UNI EN 10264-2)

Tabella 45: Strada di accesso a valle diga, rete corticale in aderenza

6.6 Attraversamenti idraulici

CALCESTRUZZO PER ELEMENTI PREFABBRICATI	
Classe di resistenza a compressione	C35/45
Classe di esposizione	XF1-XC2
Massimo rapporto A/C	0,5
Minimo contenuto di cemento	360 kg/m ³
Classe di consistenza	S4
Diametro massimo degli inerti	32 mm

Tabella 46: Strada di accesso a valle diga, attraversamenti idraulici, calcestruzzo per elementi prefabbricati