



# CONSORZIO di BONIFICA dell' EMILIA CENTRALE

Corso Garibaldi n. 42 42121 Reggio Emilia - www.emiliacentrale.it - protocollo@pec.emiliacentrale.it  
Tel. 0522-443211 Fax. 0522-443254 C.F. 91149320359

M - PRG.  
18.01

Rev. 3  
del  
01.04.2019

Legge n°205/2017 art.1 comma 518. Primo Stralcio del Piano Nazionale degli interventi  
nel settore idrico – sezione "invasi"

## REALIZZAZIONE DI UNA CASSA DI ESPANSIONE PER LAMINAZIONE DELLE PIENE E ACCUMULO IDRICO A SCOPO IRRIGUO CAVO BONDENO IN COMUNE DI NOVELLARA (RE) - CODICE 518/5

Importo:

€. 10.000.000,00

Ente Finanziatore:

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti

Tipologia Progetto				Riferimento Legislativo	Comune
Fattibilità	Definitivo	Esecutivo	Contabilità	Legge n.205/2017 e Legge n. 145/2018	NOVELLARA (RE)
	X				

### ALLEGATI:

Allegato n.	Titolo:
<b>30</b>	<b>ELABORATI PER PROVINCIA DI REGGIO EMILIA STRUTTURA SISMICA PROVINCIALE</b>
<b>.2</b>	<b>INTEGRAZIONE ALLA RELAZIONE GEOTECNICA E STRUTTURALE DELLE OPERE NUOVE</b>

Il Progettista Generale:

**Ing. Matteo Giovanardi**



mgiovanardi@emiliacentrale.it

Collaboratori alla Progettazione:

<b>Geom. Andrea Autunni</b>	<b>Ing. Elena Mocchi</b>
<b>Geom. Stefano Bernardi</b>	<b>Agr. Aronne Ruffini</b>
<b>Geom. Riccardo Nicolini</b>	<b>Ing. Preti Valentina</b>
<b>P.I. Mauro Bigliardi</b>	<b>Agr. Baricca Matteo</b>
<b>P.I. Guido Ruini</b>	<b>Geol. Alessandro Fontanesi</b>
<b>P.I. Roberto Pinotti</b>	

Il Responsabile del Procedimento:

**Ing. Pietro Torri**



ptorri@emiliacentrale.it

Area Progettazione: <b>SLPP</b>	Codice Progetto: <b>105/18/00</b>	Codice CUP: <b>G33H18000060001</b>	Codice CIG:
------------------------------------	--------------------------------------	---------------------------------------	-------------

Redatto:	Verificato:	Nome File:	Note:

Data Progetto Originale:	<b>16-12-2019</b>	Data Aggiornamento:	<b>26/11/2021</b>
--------------------------	-------------------	---------------------	-------------------

UNI EN ISO 9001:2015

UNI EN ISO 14001:2015

OHSAS 18001:2007



**Integrazioni alla Relazione geotecnica e strutturale delle opere nuove**

**Deposito del progetto esecutivo riguardante le strutture: prot. n. 22659 del 19/08/2021**

\*\*\*

Le integrazioni riguardano:

- 1) Le integrazioni a seguito delle richieste da parte della struttura sismica,
- 2) L'integrazione volontaria per quanto riguarda i pozzetti del manufatto sotto al Cavo Bondeno lungo per la deviazione del Cavo Baciocca.

**PUNTO 1)**

A seguire, elencate per numero, le richieste da parte della struttura sismica:

- 1) Precisare che le strutture non sono dissipative

**Risposta:**

a pag. 4, punto 3 dell'elaborato 2.5 è scritto che: *tutti i manufatti in c.a. in opera si configurano come opere geotecniche ai sensi delle NTC 2018.*

*Il tipo di fondazione è superficiale ed a platea. Le strutture, data la loro elevata rigidità, sono considerate di bassa duttilità.*

In ciascuna sotto relazione dedicata ai manufatti, al punto "Caratteristiche dell'azione sismica negli SLV" e "Caratteristiche dell'azione sismica negli SLO" è indicato che il valore di  $\beta_m$  è pari ad 1,00.

di conseguenza, si ribadisce che le nuove strutture non sono dissipative.

\*\*\*

- 2) Precisare che è stato utilizzato il metodo pseudostatico nell'analisi sismica

**Risposta:**

a pag. 6, punto 3, dell'elaborato 2.5, è scritto che le azioni dovute al terremoto mediante l'analisi sismica locale sono state determinate con un approccio di tipo pseudo statico.

\*\*\*

**PRIMO STRALCIO DEL PIANO NAZIONALE PER GLI INTERVENTI NEL SETTORE IDRICO – SEZIONE INVASI**

Codice intervento 518/5

Realizzazione di una cassa di espansione per laminazione delle piene e accumulo idrico a scopo irriguo Cavo Bondeno  
Comune di Novellara (RE)

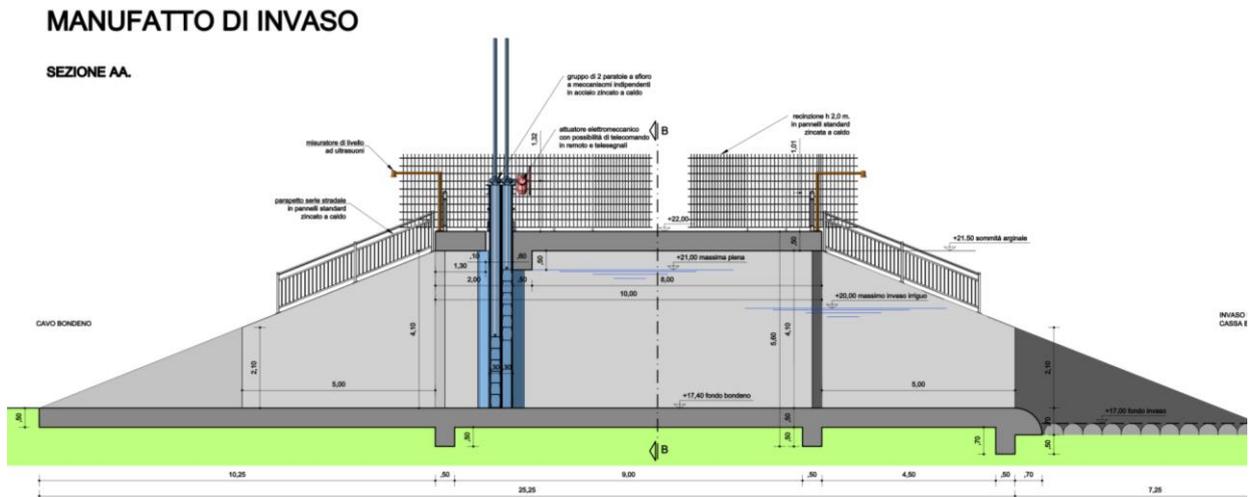
3) Inserire le verifiche HYD di sifonamento delle strutture in opera e dei rilevati arginali

Risposta:

La verifica a sifonamento pertinente è quella del manufatto di invaso in quanto per quanto riguarda i manufatti di svaso e scarico della cassa il fenomeno per la tipologia degli stessi e dove sono inseriti non può verificarsi.

La verifica a sifonamento del manufatto di invaso è stata condotta adottando la formula di Bligh. Il metodo di Bligh (1910), per determinare il coefficiente di sicurezza per le rotture di sifonamento, valuta il rapporto di scorrimento F, tra il percorso L (L lane) più breve della filtrazione che l'acqua compie nel terreno di fondazione del rilevato (la lunghezza della base del manufatto) e la differenza delle quote del pelo libero a monte e a valle dello sbarramento stesso.

Nella figura seguente è rappresentata la sezione del manufatto di invaso che dal punto di vista idrogeologico può essere sollecitato ad una estremità dalla quota idrica pari a 21,00 mslm lungo il Cavo Bondeno e contemporaneamente nell'altro estremo da un livello idrometrico nullo ovvero a quota della soletta di fondazione posta a 17,4 mslm.



Il rapporto  $F = L \text{ lane}/h$ , con h dato dalla differenza tra i due livelli è pari a 3,54 ed è maggiore al massimo ammissibile pari a 2.

Nella pagina seguente è illustrata la verifica positiva.

Per quanto riguarda le verifiche di sifonamento per tutte le tipologie dei corpi arginali esse sono contenute nella 02.03 - relazione geotecnica allegata al progetto al punto 6.8 con la tabella dei risultati a pag. 56.

**Integrazione alla relazione geotecnica e strutturale delle opere nuove**

PRIMO STRALCIO DEL PIANO NAZIONALE PER GLI INTERVENTI NEL SETTORE IDRICO – SEZIONE INVASI

Codice intervento 518/5

Realizzazione di una cassa di espansione per laminazione delle piene e accumulo idrico a scopo irriguo Cavo Bondeno  
Comune di Novellara (RE)

<b>MANUFATTO DI INVASO</b>			
Lunghezza totale orizzontale - L <sub>h</sub>		25,95 m.	
Lunghezza totale verticale-L <sub>v</sub>		4,1 m.	
Quota idrometrica Cavo Bondeno - Q.B.		21 mslm	quota di massima piena
Quota idrometrica nella cassa di espansione-Q.C.		17,4 mslm	quota soletta di fondazione
h = Q.B.-Q.C.		3,6 m	
<b>L lane</b>		12,75 m	
$L_{Lane} = \frac{1}{3}L_h + L_v$			
<b>F = L lane/h</b>		3,54	
C	argilla media	2	
<b>TABELLA C</b>			
	C		
Terreno	Bligh (1910)	Lane (1935)	
Sabbia molto fine o limo	18.0	8.5	
Sabbia fine	-	7	
Sabbia media	-	6	
Sabbia grossa	12.0	5	
Ghiaia fine	-	4	
Ghiaia media	-	3.5	
Ghiaia e sabbia	9.0	3.5	
Ghiaia grossa con ciottoli	5.0	3	
Massi con ciottoli e ghiaia	-	2.5	
Massi, ghiaia e sabbia	-	-	
Argilla molle	-	3	
Argilla media	-	2	
Argilla compatta	-	1.8	
Argilla molto compatta	-	1.6	
<b>la verifica è soddisfatta in quanto F&gt;C</b>			
il rapporto tra F/C è		1,8	

***Integrazione alla relazione geotecnica e strutturale delle opere nuove***

PRIMO STRALCIO DEL PIANO NAZIONALE PER GLI INTERVENTI NEL SETTORE IDRICO – SEZIONE INVASI

Codice intervento 518/5

Realizzazione di una cassa di espansione per laminazione delle piene e accumulo idrico a scopo irriguo Cavo Bondeno  
Comune di Novellara (RE)

4) Esplicitare che sono state condotte le verifiche di sollevamento (UPL) evidenziando i coefficienti di sicurezza

Risposta:

La verifiche a sollevamento dei manufatti sono nel punto 5.2 dell'elaborato 2.3 *Relazione geotecnica*, nel quale si evince che per il manufatto in vaso, manufatto di svaso e pozzetti che  $G_{st,d}$  è maggiore di  $V_{inst,d}$ .

PRIMO STRALCIO DEL PIANO NAZIONALE PER GLI INTERVENTI NEL SETTORE IDRICO – SEZIONE INVASI

Codice intervento 518/5

Realizzazione di una cassa di espansione per laminazione delle piene e accumulo idrico a scopo irriguo Cavo Bondeno  
Comune di Novellara (RE)

## **PUNTO 2) - POZZETTI PER SOTTOPASSO AL CAVO BONDENO DEL CAVO BACIOCCA**

### **1 Premessa**

La presente relazione si propone di verificare esecutivamente la sicurezza e le prestazioni dei due nuovi manufatti in c.a. necessari alla realizzazione del sottopasso o botte a sifone sotto il Cavo Bondeno lungo il Cavo Baciocca in Comune di Novellara (RE).

Essendo il sito dove verranno realizzate le opere classificato come **zona sismica 3** ai sensi dell'ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003, le strutture saranno progettate ai sensi del capitolo 7 delle NTC.

La relazione contiene sia quella dei materiali che della manutenzione della parte strutturale così come richiesto dalla normativa di riferimento.

### **2 Normativa di riferimento**

La normativa di riferimento per la progettazione strutturale delle opere sono le seguenti:

- Legge 1086 del 5/11/1971,
- D.M. 17/01/2018 - Norme Tecniche sulle Costruzioni,
- Circolare esplicativa n.7 del 21 Gennaio 2019.

### **3 Opere in progetto**

Come detto in premessa, le opere strutturali in progetto sono relative ai due pozzetti posti alle estremità del sottopasso o botte a sifone del Cavo Baciocca sotto il Cavo Bondeno.

Tutti i manufatti in c.a. in opera si configurano come opere geotecniche ai sensi delle NTC 2018.

Il tipo di fondazione è superficiale ed a platea. Le strutture, data la loro elevata rigidità, sono considerate di bassa duttilità.

Per ogni tipo di opera si sono state fatte scelte tecniche per assicurarne la durabilità, la robustezza e la duttilità. Nella loro progettazione si è tenuto in considerazione dei requisiti "gestionali" di ispezionabilità, manutenibilità, riparabilità, espandibilità/modularità ed eventuale rimovibilità.

L'analisi dell'opera, avvenuta mediante analisi lineare statica, ha analizzato, in assenza di sisma, gli stati limite ultimi (SLU) e di esercizio (SLE) e gli stati limite sismici ovvero lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) e quello Operativo (SLO)

Per questi ultimi è stato necessario stabilire le caratteristiche in termini di vita nominale e classe d'uso della costruzione e le azioni dovute al terremoto mediante l'analisi sismica locale con un approccio di tipo pseudo statico.

I parametri di riferimento del manufatto in progetto per il calcolo agli SLU con e senza sisma sono:

<b>Vita nominale <math>V_N</math></b>	<b>Classe d'uso</b>	<b>Coefficiente d'uso <math>C_u</math></b>	<b>Periodo di riferimento per l'azione sismica <math>V_R</math></b>	<b>Verifiche di sicurezza agli stati limite sismici</b>	<b>Tempo di ritorno dell'azione sismica - <math>T_R</math></b>
100	III°	1,50	150 anni	SLV SLO	1425 anni (SLV) 90 anni (SLO)

\*\*\*

#### **4 TIPO DI ANALISI**

L'analisi strutturale e le verifiche sono condotte con l'ausilio di un codice di calcolo automatico.

La verifica della sicurezza degli elementi strutturali è stata valutata con i metodi della scienza delle costruzioni.

La struttura viene discretizzata in elementi tipo trave.

Per simulare il comportamento del terreno di fondazione e di rinfiacco vengono inserite delle molle alla Winkler non reagenti a trazione.

L'analisi che viene effettuata è un'analisi al passo per tener conto delle molle che devono essere eliminate (molle in trazione).

L'analisi fornisce i risultati in termini di spostamenti. Dagli spostamenti si risale alle sollecitazioni nodali ed alle pressioni sul terreno.

Il calcolo viene eseguito secondo le seguenti fasi:

- Calcolo delle pressioni in calotta (per gli scatolari ricoperti da terreno);
- Calcolo della spinta del terreno;
- Calcolo delle sollecitazioni sugli elementi strutturali (fondazione, piedritti e traverso);
- Progetto delle armature e relative verifiche dei materiali.

L'analisi strutturale sotto le azioni sismiche è condotta con il metodo dell'analisi statica equivalente o metodo semplificato secondo le disposizioni del capitolo 7 del DM 17/01/2018.

La verifica delle sezioni degli elementi strutturali è eseguita con il metodo degli Stati Limite.

Le combinazioni di carico adottate sono esaustive relativamente agli scenari di carico più gravosi cui l'opera sarà soggetta.

PRIMO STRALCIO DEL PIANO NAZIONALE PER GLI INTERVENTI NEL SETTORE IDRICO – SEZIONE INVASI

Codice intervento 518/5

Realizzazione di una cassa di espansione per laminazione delle piene e accumulo idrico a scopo irriguo Cavo Bondeno  
Comune di Novellara (RE)

---

## **5 Origine e caratteristiche del codice di calcolo**

Titolo	<b>SCAT - Analisi Strutture Scatolari</b>
Versione	14.0
Produttore	Aztec Informatica srl, Casole Bruzio (CS)
Utente	CONSORZIO DI BONIFICA DELL'EMILIA CENTRALE
Licenza	AIR01197E

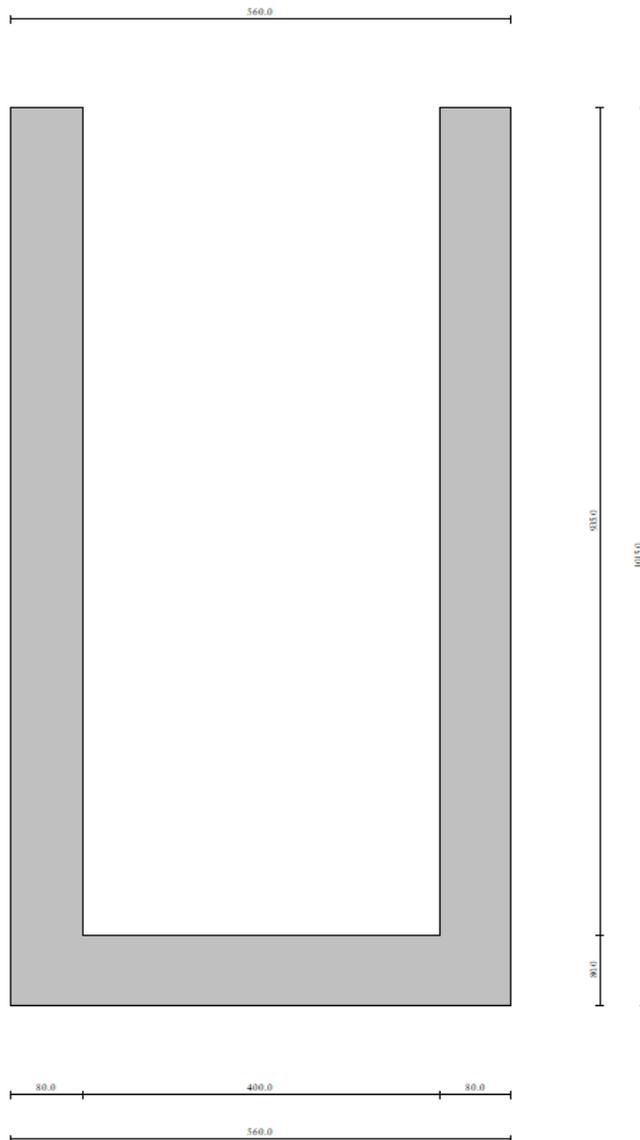
## 6 DESCRIZIONE DELL'OPERA

L'opera in progetto in c.a. è un manufatto completamente interrato altrimenti denominato "pozzetto" costituito da una soletta di fondazione quadrata avente lati interni pari a 4,00 m. e spessore 0,80 m., dalla quale si elevano quattro eguali pareti verticali di altezza interna di 9,35 m. e spessore 0,80 m.

Si rimanda agli elaborati grafici il dettaglio delle sagome civili e la distinta dei ferri (tav. 04-7-5 e 04-7-6).

Il calcolo viene eseguito con il pozzetto più alto. L'altro pozzetto, di medesima base, ha altezza delle pareti verticali pari a 8,50 m.

I manufatti sono realizzati presso il vertice Sud-Ovest della nuova cassa di espansione, in destra e sinistra al Cavo Bondeno.



## 6.1 MODELLO GEOTECNICO

Il modello geotecnico è inserito nella omonima relazione ed è il seguente con indicati i parametri caratteristici adottati:

Descrizione	Peso di volume [kN/mc]	Peso di volume saturo [kN/mc]	Angolo di attrito $\phi_k$ [°]	Angolo di attrito terreno struttura $\delta_k$ [°]	Coesione efficace $c'_k$ [kPa]
Terreno di rinfianco	19,00	19,65	18,00	12,00	19
Terreno di fondazione	19,00	19,65	18,00	12,00	19

La categoria di suolo dal punto di vista sismico è la D.

## 6.2 CALCOLO DELLE AZIONI SULLA STRUTTURA

### 6.2.1 SPINTA SUI PIEDRITTI

Si assume che sui piedritti agisca la spinta calcolata in condizioni di riposo. Il coefficiente di spinta a riposo è espresso dalla relazione:

$$K_0 = 1 - \sin\phi$$

dove  $\phi$  rappresenta l'angolo d'attrito interno del terreno di rinfianco.

Quindi la pressione laterale, ad una generica profondità  $z$  e la spinta totale sulla parete di altezza  $H$  valgono

$$\sigma = \gamma z K_0 + p_v K_0$$

$$S = 1/2 \gamma H^2 K_0 + p_v K_0 H$$

dove  $p_v$  è la pressione verticale agente in corrispondenza della calotta.

Nel caso in cui a monte della parete sia presente la falda il diagramma delle pressioni sulla parete risulta modificato a causa della sotto spinta che l'acqua esercita sul terreno. Il peso di volume del terreno al di sopra della linea di falda non subisce variazioni. Viceversa, al di sotto del livello di falda va considerato il peso di volume di galleggiamento:

$$\gamma_a = \gamma_{sat} - \gamma_w$$

dove  $\gamma_{sat}$  è il peso di volume saturo del terreno (dipendente dall'indice dei pori) e  $\gamma_w$  è il peso di volume dell'acqua. Quindi il diagramma delle pressioni al di sotto della linea di falda ha una pendenza minore. Al

diagramma così ottenuto va sommato il diagramma triangolare legato alla pressione idrostatica esercitata dall'acqua.

#### 6.2.2 SPINTA SUI PIEDRITTI IN PRESENZA DI SISMA

Nel caso di strutture rigide completamente vincolate, in modo tale che non può svilupparsi nel terreno uno stato di spinta attiva, nonché nel caso di muri verticali con terrapieno a superficie orizzontale, l'incremento dinamico di spinta del terreno può essere calcolato (metodo di Wood) come:

$$\Delta P_d = \alpha \gamma H^2$$

$$\alpha = a_g / g * S_s * \beta_m * S_t$$

H è l'altezza sulla quale agisce la spinta. Il punto di applicazione va preso a metà altezza.

### 6.3 TIPO DI MODELLAZIONE STRUTTURALE

A partire dal tipo di terreno, dalla geometria e dai sovraccarichi agenti il programma è in grado di conoscere tutti i carichi agenti sulla struttura per ogni combinazione di carico.

La struttura scatolare viene schematizzata come un telaio piano e viene risolta mediante il metodo degli elementi finiti (FEM). Più dettagliatamente il telaio viene discretizzato in una serie di elementi connessi fra di loro nei nodi.

Il terreno di rinfilo e di fondazione viene invece schematizzato con una serie di elementi molle non reagenti a trazione (modello di Winkler). L'area della singola molla è direttamente proporzionale alla costante di Winkler del terreno e all'area di influenza della molla stessa.

A partire dalla matrice di rigidezza del singolo elemento,  $K_e$ , si assembla la matrice di rigidezza di tutta la struttura  $K$ . Tutti i carichi agenti sulla struttura vengono trasformati in carichi nodali (reazioni di incastro perfetto) ed inseriti nel vettore dei carichi nodali  $p$ . Indicando con  $u$  il vettore degli spostamenti nodali (incogniti), la relazione risolutiva può essere scritta nella forma:

$$K u = p$$

Da questa equazione matriciale si ricavano gli spostamenti incogniti  $u$

$$u = K^{-1} p$$

Noti gli spostamenti nodali è possibile risalire alle sollecitazioni nei vari elementi.

La soluzione del sistema viene fatta per ogni combinazione di carico agente sullo scatolare. Il successivo calcolo delle armature nei vari elementi viene condotto tenendo conto delle condizioni più gravose che si possono verificare nelle sezioni fra tutte le combinazioni di carico.

#### 6.4 Caratteristiche dei materiali

##### Calcestruzzo:

Rck calcestruzzo	40.000	[kPa]
Peso specifico calcestruzzo	24,5170	[kN/mc]
Modulo elastico E	33.149.080	[kPa]
Tensione di snervamento acciaio	450.000	[kPa]
Coeff. omogeneizzazione cls tesoro/compresso (n')	0,50	
Coeff. omogeneizzazione acciaio/cls (n)	15,00	
Coefficiente dilatazione termica	0,0000120	

Ai sensi della norma UNI EN 206-1 vengono designate le seguenti caratteristiche:

- Classe di resistenza C32/40
- Classe di esposizione piedritti e soletta di fondazione XC4
- Classe di consistenza S4
- Diametro massimo dell'aggregato 20 mm.

##### Acciaio per c.a.: B450C

Copriferro: il calcolo deriva dal § 4.1.6.1.3 e tabella C4.1.IV delle NTC ed è pari a 50 mm.

#### 6.5 Verifiche della struttura

##### **Stato limite Ultimo**

Le verifiche sono state condotte secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 con l'Approccio 2.

Per quanto attiene gli Stati Limite Ultimi, i coefficienti parziali di sicurezza adottati di normativa sono:

Coefficiente di sicurezza calcestruzzo $\gamma_c$	1.50
Fattore di riduzione da resistenza cubica a cilindrica	0.83
Fattore di riduzione per carichi di lungo periodo	0.85
Coefficiente di sicurezza acciaio	1.15
Coefficiente di sicurezza per la sezione	1.00

Per quanto riguarda la **verifica a taglio** è stata scelta il metodo dell'inclinazione variabile del traliccio:

$$V_{Rd} = [0.18 \cdot k \cdot (100.0 \cdot \gamma_c \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0.15 \cdot \gamma_{cp}] \cdot b_w \cdot d > (v_{min} + 0.15 \cdot \gamma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

$$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot A_{sw} / s \cdot f_{yd} \cdot (\text{ctg} \gamma + \text{ctg} \gamma) \cdot \sin \gamma$$

$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \gamma_c \cdot f_{cd} \cdot (\text{ctg}(\gamma) + \text{ctg}(\gamma)) / (1.0 + \text{ctg}(\gamma)^2)$$

$$f_{cd}' = 0.5 * f_{cd}$$

$$k = 1 + (200/d)^{1/2}$$

$$v_{min} = 0.035 * k^{3/2} * f_{ck}^{1/2}$$

### Stato Limite di Esercizio

#### Criteria di scelta per verifiche tensioni di esercizio:

Ambiente moderatamente aggressivo

Limite tensioni di compressione nel calcestruzzo (comb. rare) 0.60  $f_{ck}$

Limite tensioni di compressione nel calcestruzzo (comb. quasi perm.) 0.45  $f_{ck}$

Limite tensioni di trazione nell'acciaio (comb. rare) 0.80  $f_{yk}$

#### Criteria verifiche a fessurazione:

Armatura poco sensibile

Apertura limite fessure espresse in [mm]

Apertura limite fessure  $w_1=0,20$        $w_2=0,30$        $w_3=0,40$

### Caratteristiche dell'azione sismica

#### Combinazioni SLV

Accelerazione al suolo  $a_g =$  2.04 [m/s<sup>2</sup>]

Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S) 1.62

Coefficiente di amplificazione topografica (St) 1.00

Coefficiente riduzione ( $\beta_m$ ) 1.00

Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale 0.50

Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)  $k_h = (a_g/g * \beta_m * St * S_s) = 33.63$

Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)  $k_v = 0.50 * k_h = 16.82$

#### Combinazioni SLO

Accelerazione al suolo  $a_g =$  0.78 [m/s<sup>2</sup>]

Coefficiente di amplificazione per tipo di sottosuolo (S) 1.80

Coefficiente di amplificazione topografica (St) 1.00

Coefficiente riduzione ( $\beta_m$ ) 1.00

Rapporto intensità sismica verticale/orizzontale 0.50

Coefficiente di intensità sismica orizzontale (percento)  $k_h = (a_g/g * \beta_m * St * S_s) = 14.31$

Coefficiente di intensità sismica verticale (percento)  $k_v = 0.50 * k_h = 7.15$

Forma diagramma incremento sismico

Rettangolare

Il calcolo della spinta sismica è stato effettuato con il metodo di Wood.

\*\*\*

## 6.6 Azioni di progetto, condizioni e combinazioni di carico

I carichi permanenti (G) considerati sono:

- Peso proprio del manufatto,
- Spinta a riposo del terrapieno posto a tergo dell'opera,
- Peso proprio dell'acqua sulla fondazione relativo ad acqua in transito nel Cavo Bondeno di altezza 2,00 m.,

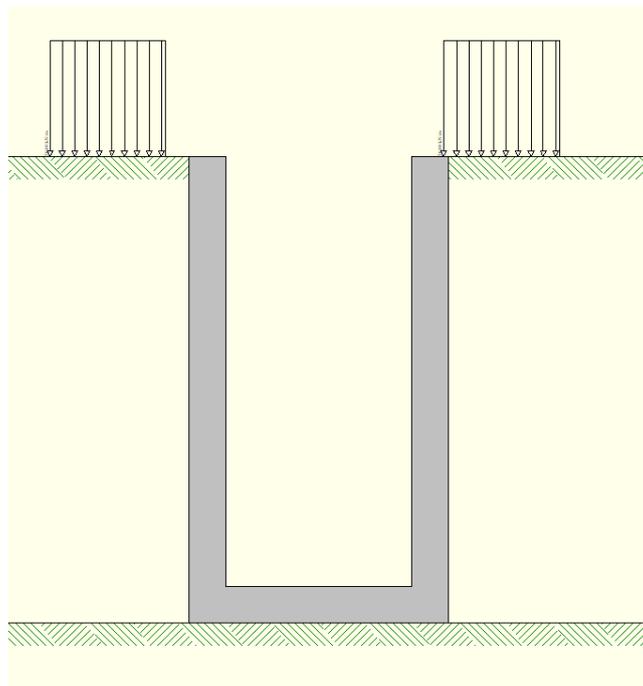
I carichi variabili (Q) sono:

- Passaggio dei mezzi di manutenzione per il quale si adotta un carico pari a 20 KPA.

I coefficienti di combinazione per carico variabile sono  $\Psi_0 = 0,75$   $\Psi_1 = 0,75$   $\Psi_2 = 0,00$

Si è applicata l'azione sismica (E).

Si sono considerate 21 combinazioni di carico complessive per gli SLU e SLE sismici e non.

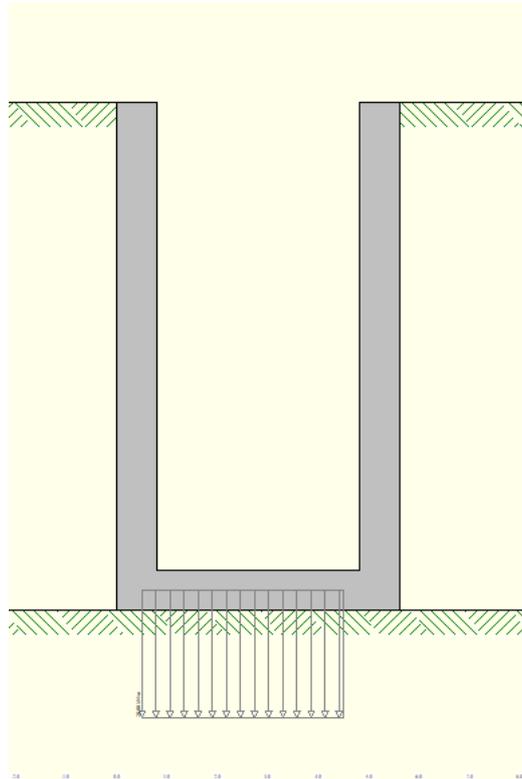


*Posizione del carico dovuto ai mezzi di manutenzione*

PRIMO STRALCIO DEL PIANO NAZIONALE PER GLI INTERVENTI NEL SETTORE IDRICO – SEZIONE INVASI

Codice intervento 518/5

Realizzazione di una cassa di espansione per laminazione delle piene e accumulo idrico a scopo irriguo Cavo Bondeno  
Comune di Novellara (RE)



*Posizione dell'acqua all'interno del pozzetto*

## 6.7 Analisi delle sollecitazioni e verifiche

*Simbologia adottata ed unità di misura*

$N^\circ$	Indice sezione
$X$	Ascissa/Ordinata sezione, espresso in cm
$M$	Momento flettente, espresso in kNm
$V$	Taglio, espresso in kN
$N$	Sforzo normale, espresso in kN
$N_u$	Sforzo normale ultimo, espressa in kN
$M_u$	Momento ultimo, espressa in kNm
$A_{ri}$	Area armatura inferiore, espresse in cmq
$A_{rs}$	Area armatura superiore, espresse in cmq
CS	Coeff. di sicurezza sezione
$V_{Rd}$	Aliquota taglio assorbita dal calcestruzzo in elementi senza armature trasversali, espressa in kN
$V_{Rcd}$	Aliquota taglio assorbita dal calcestruzzo in elementi con armature trasversali, espressa in kN
$V_{Rsd}$	Aliquota taglio assorbita armature trasversali, espressa in kN
$A_{sw}$	Area armature trasversali nella sezione, espressa in cmq

### 6.7.1 Stati Limite Ultimi e SLV

#### Inviluppo sollecitazioni fondazione

X [m]	M <sub>min</sub> [kNm]	M <sub>max</sub> [kNm]	V <sub>min</sub> [kN]	V <sub>max</sub> [kN]	N <sub>min</sub> [kN]	N <sub>max</sub> [kN]
0,40	-370,94	-237,76	-240,93	-153,42	258,28	422,71
1,56	-193,24	-69,91	-125,94	-64,40	258,28	415,04
2,80	-116,16	-6,27	-19,37	22,44	258,28	408,32
4,03	-182,70	-59,41	64,90	127,90	258,28	416,42
5,20	-353,93	-221,23	153,58	241,23	258,28	424,16

#### Inviluppo sollecitazioni piedritto sinistro

Y [m]	M <sub>min</sub> [kNm]	M <sub>max</sub> [kNm]	V <sub>min</sub> [kN]	V <sub>max</sub> [kN]	N <sub>min</sub> [kN]	N <sub>max</sub> [kN]
0,40	-370,94	-237,76	259,53	426,43	159,07	248,60
5,28	135,32	234,41	-159,28	-44,98	79,54	124,30
10,15	0,00	0,00	0,00	11,56	0,00	0,00

#### Inviluppo sollecitazioni piedritto destro

Y [m]	M <sub>min</sub> [kNm]	M <sub>max</sub> [kNm]	V <sub>min</sub> [kN]	V <sub>max</sub> [kN]	N <sub>min</sub> [kN]	N <sub>max</sub> [kN]
0,40	-353,93	-221,23	-423,88	-257,55	159,07	248,60
5,28	141,62	243,35	48,14	161,86	79,54	124,30
10,15	0,00	0,00	-11,58	0,00	0,00	0,00

\*\*\*

PRIMO STRALCIO DEL PIANO NAZIONALE PER GLI INTERVENTI NEL SETTORE IDRICO – SEZIONE INVASI

Codice intervento 518/5

Realizzazione di una cassa di espansione per laminazione delle piene e accumulo idrico a scopo irriguo Cavo Bondeno  
Comune di Novellara (RE)

---

\*\*\*

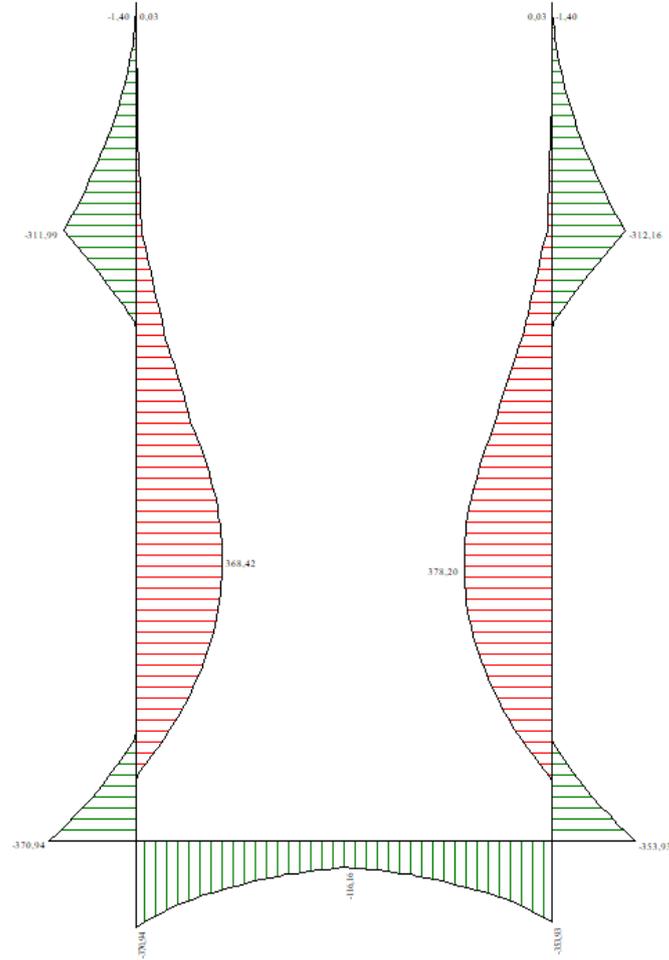


Diagramma di involuppo del Momento flettente negli SLU e SLV- [KN\*m]

PRIMO STRALCIO DEL PIANO NAZIONALE PER GLI INTERVENTI NEL SETTORE IDRICO – SEZIONE INVASI

Codice intervento 518/5

Realizzazione di una cassa di espansione per laminazione delle piene e accumulo idrico a scopo irriguo Cavo Bondeno  
Comune di Novellara (RE)

---

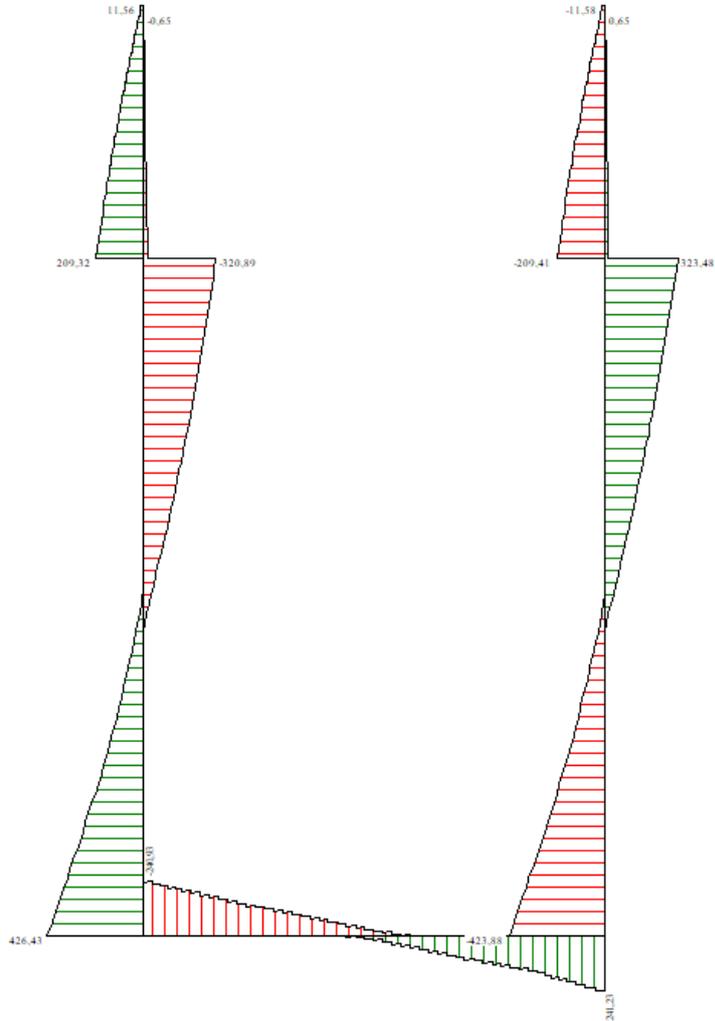


Diagramma di involuppo dello sforzo di Taglio negli SLU e SLV- [KN]

PRIMO STRALCIO DEL PIANO NAZIONALE PER GLI INTERVENTI NEL SETTORE IDRICO – SEZIONE INVASI

Codice intervento 518/5

Realizzazione di una cassa di espansione per laminazione delle piene e accumulo idrico a scopo irriguo Cavo Bondeno  
Comune di Novellara (RE)

---

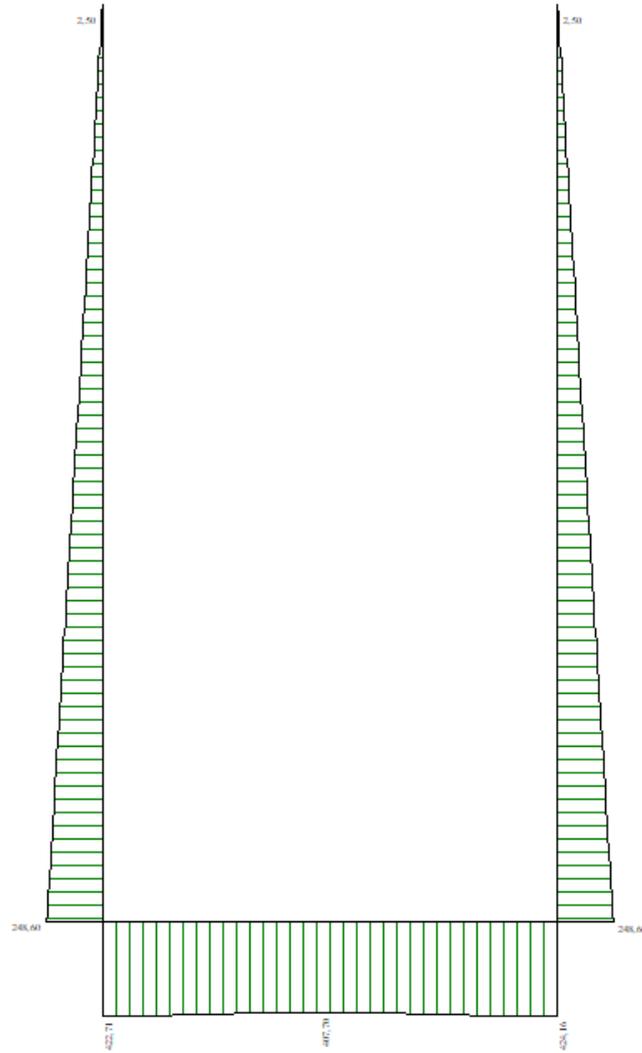


Diagramma di involuppo dello sforzo normale negli SLU e SLV- [KN]

PRIMO STRALCIO DEL PIANO NAZIONALE PER GLI INTERVENTI NEL SETTORE IDRICO – SEZIONE INVASI

Codice intervento 518/5

Realizzazione di una cassa di espansione per laminazione delle piene e accumulo idrico a scopo irriguo Cavo Bondeno  
Comune di Novellara (RE)

---

**Verifica sezioni fondazione (Inviluppo)**

Base sezione B = 100 cm  
Altezza sezione H = 80,00 cm

X	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
0,40	31,42	31,42	3,80
1,56	31,42	31,42	6,86
2,80	31,42	31,42	17,68
4,03	31,42	31,42	7,40
5,20	31,42	31,42	3,64

X	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	A <sub>sw</sub>
0,40	382,80	0,00	0,00	0,00
1,56	382,80	0,00	0,00	0,00
2,80	382,80	0,00	0,00	0,00
4,03	382,80	0,00	0,00	0,00
5,20	382,80	0,00	0,00	0,00

**Verifica sezioni piedritto sinistro (Inviluppo)**

Base sezione B = 100 cm  
Altezza sezione H = 80,00 cm

Y	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
0,40	31,42	43,98	4,07
5,28	31,42	31,42	2,78
10,15	31,42	31,42	112,27

Y	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	A <sub>sw</sub>
0,40	0,00	1173,50	3178,46	12,57
5,28	348,04	0,00	0,00	0,00
10,15	330,56	0,00	0,00	0,00

**Verifica sezioni piedritto destro (Inviluppo)**

Base sezione B = 100 cm  
Altezza sezione H = 80,00 cm

Y	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	CS
0,40	31,42	43,98	4,31
5,28	31,42	31,42	2,72
10,15	31,42	31,42	112,11

Y	V <sub>Rd</sub>	V <sub>Rsd</sub>	V <sub>Rcd</sub>	A <sub>sw</sub>
0,40	0,00	1173,50	3178,46	12,57
5,28	348,04	0,00	0,00	0,00
10,15	330,56	0,00	0,00	0,00

### 6.7.2 Stati Limite di Esercizio e SLO

La verifica negli stati limite di esercizio è soddisfatta per quanto riguarda le tensioni massime sia nel calcestruzzo che nell'acciaio.

Per quanto attiene alla fessurazione, le ampiezze calcolate sono inferiori e quelle stabilite dalla normativa.

La deformate massime congruenti con le prestazioni richieste dalla struttura in riferimento alle sue esigenze statiche e funzionali.

\*\*\*

#### Verifica sezioni fondazione (Inviluppo)

Base sezione B = 100 cm  
Altezza sezione H = 80,00 cm

X	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	S <sub>c</sub>	S <sub>fi</sub>	S <sub>fs</sub>
0,40	31,42	31,42	3395	88434	41630
1,56	31,42	31,42	1398	15336	18552
2,80	31,42	31,42	680	3725	9575
4,03	31,42	31,42	1272	11547	17036
5,20	31,42	31,42	3206	80648	39502

X	t <sub>c</sub>	A <sub>sw</sub>
0,40	-312	0,00
1,56	-169	0,00
2,80	17	0,00
4,03	171	0,00
5,20	313	0,00

#### Verifica sezioni piedritto sinistro (Inviluppo)

Base sezione B = 100 cm  
Altezza sezione H = 80,00 cm

Y	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	S <sub>c</sub>	S <sub>fi</sub>	S <sub>fs</sub>
0,40	31,42	43,98	3009	37083	75726
5,28	31,42	31,42	1970	66919	23124
10,15	31,42	31,42	0	0	0

Y	t <sub>c</sub>	A <sub>sw</sub>
0,40	506	12,57
5,28	-151	0,00
10,15	12	0,00

PRIMO STRALCIO DEL PIANO NAZIONALE PER GLI INTERVENTI NEL SETTORE IDRICO – SEZIONE INVASI

Codice intervento 518/5

Realizzazione di una cassa di espansione per laminazione delle piene e accumulo idrico a scopo irriguo Cavo Bondeno  
Comune di Novellara (RE)

---

**Verifica sezioni piedritto destro (Inviluppo)**

Base sezione B = 100 cm  
Altezza sezione H = 80,00 cm

Y	A <sub>fi</sub>	A <sub>fs</sub>	S <sub>c</sub>	S <sub>fi</sub>	S <sub>fs</sub>
0,40	31,42	43,98	2843	35131	70163
5,28	31,42	31,42	2032	69495	23813
10,15	31,42	31,42	0	0	0

Y	t <sub>c</sub>	A <sub>sw</sub>
0,40	-502	12,57
5,28	155	0,00
10,15	-12	0,00

\*\*\*

**Inviluppo spostamenti fondazione**

X [m]	u <sub>Xmin</sub> [cm]	u <sub>Xmax</sub> [cm]	u <sub>Ymin</sub> [cm]	u <sub>Ymax</sub> [cm]
0,40	-0,3006	0,3178	0,3280	0,6412
1,56	-0,3024	0,3161	0,3839	0,6507
2,80	-0,3043	0,3142	0,4227	0,6476
4,03	-0,3062	0,3123	0,3769	0,6374
5,10	-0,3079	0,3105	0,3144	0,6177

**Inviluppo spostamenti piedritto sinistro**

Y [m]	u <sub>Xmin</sub> [cm]	u <sub>Xmax</sub> [cm]	u <sub>Ymin</sub> [cm]	u <sub>Ymax</sub> [cm]
0,40	-0,3006	0,3178	0,3280	0,6412
5,28	-0,0304	0,1872	0,3302	0,6446
10,15	-0,1611	0,0161	0,3309	0,6458

**Inviluppo spostamenti piedritto destro**

Y [m]	u <sub>Xmin</sub> [cm]	u <sub>Xmax</sub> [cm]	u <sub>Ymin</sub> [cm]	u <sub>Ymax</sub> [cm]
0,40	-0,3079	0,3105	0,3144	0,6177
5,28	-0,1871	0,0304	0,3166	0,6211
10,15	-0,0158	0,1614	0,3173	0,6222