



Comune di Nave (BS)



Regione Lombardia



# SISTEMAZIONE IDRAULICA DEL TORRENTE GARZA NEL COMUNE DI NAVE (BS)

## ENTE ATTUATORE:

COMUNE DI NAVE (BS)  
ASSESSORATO AI LAVORI PUBBLICI  
U.O. TECNICA LAVORI PUBBLICI  
RUP: *Geom. Michele Rossetti*

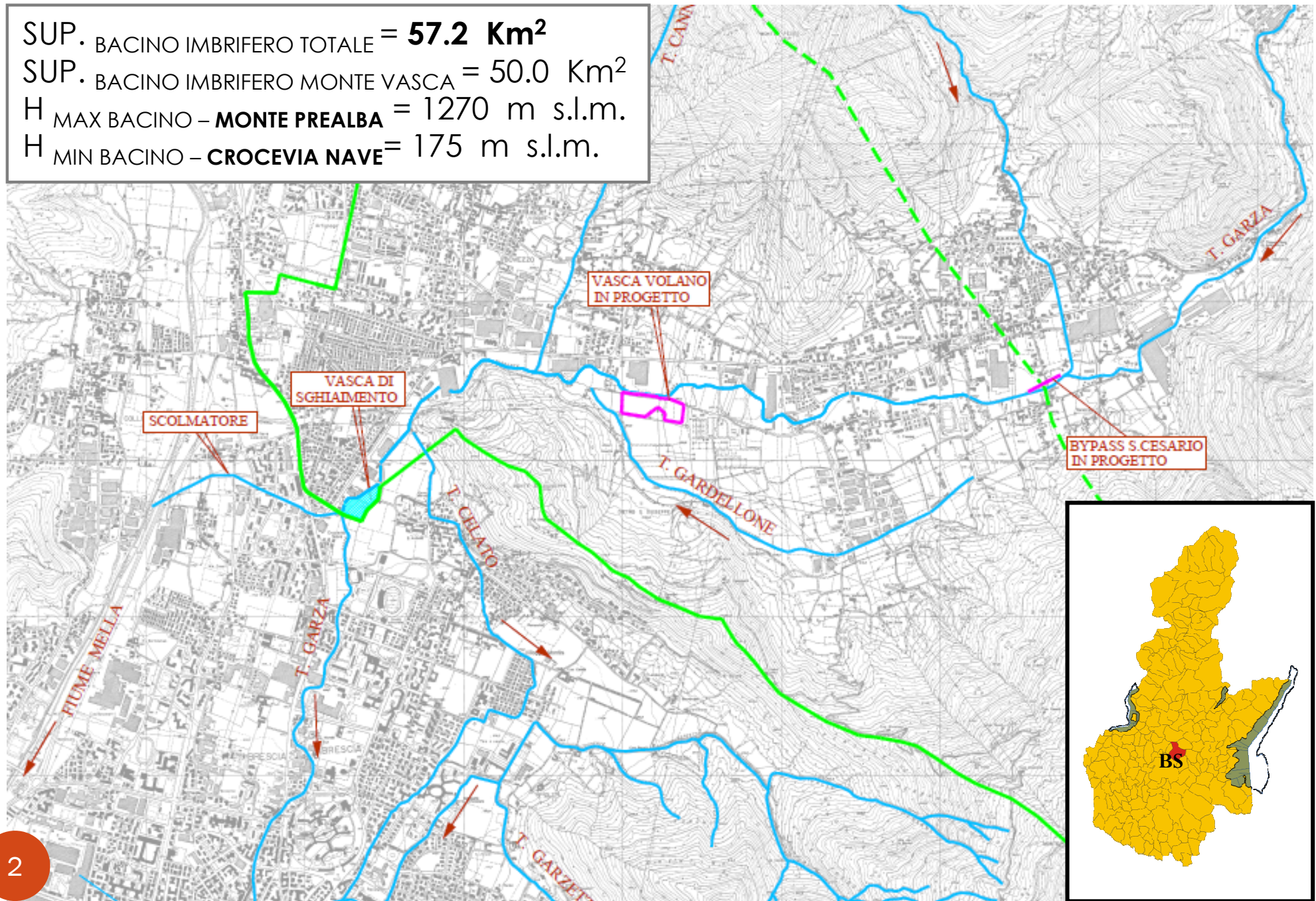
## PROGETTISTI:

PROF. ING. BALDASSARE BACCHI  
STUDIO TACCOLINI INGEGNERI ASSOCIATI  
*(Ing. Sergio Taccolini- Ing. Fabio Gagni)*

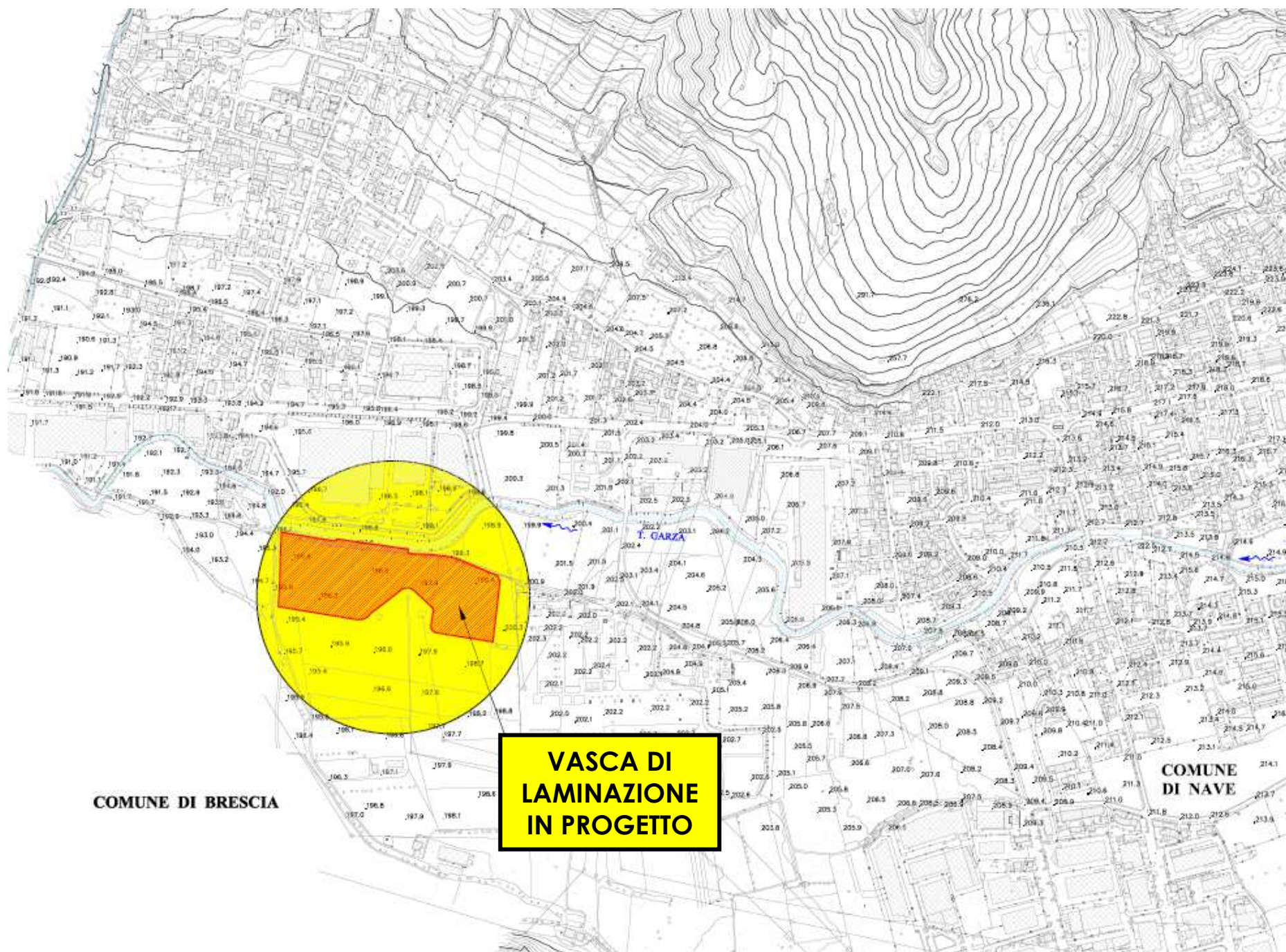
*Brescia, 22.05.2014*

# BACINO TORRENTE GARZA

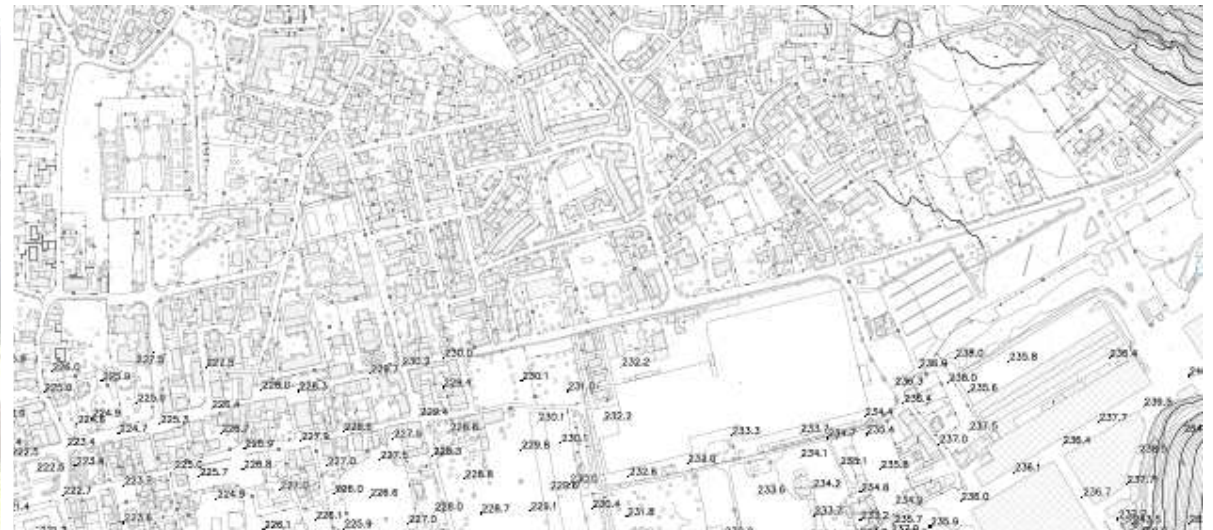
SUP. BACINO IMBRIFERO TOTALE = **57.2 Km<sup>2</sup>**  
SUP. BACINO IMBRIFERO MONTE VASCA = 50.0 Km<sup>2</sup>  
H MAX BACINO - **MONTE PREALBA** = 1270 m s.l.m.  
H MIN BACINO - **CROCEVIA NAVE** = 175 m s.l.m.



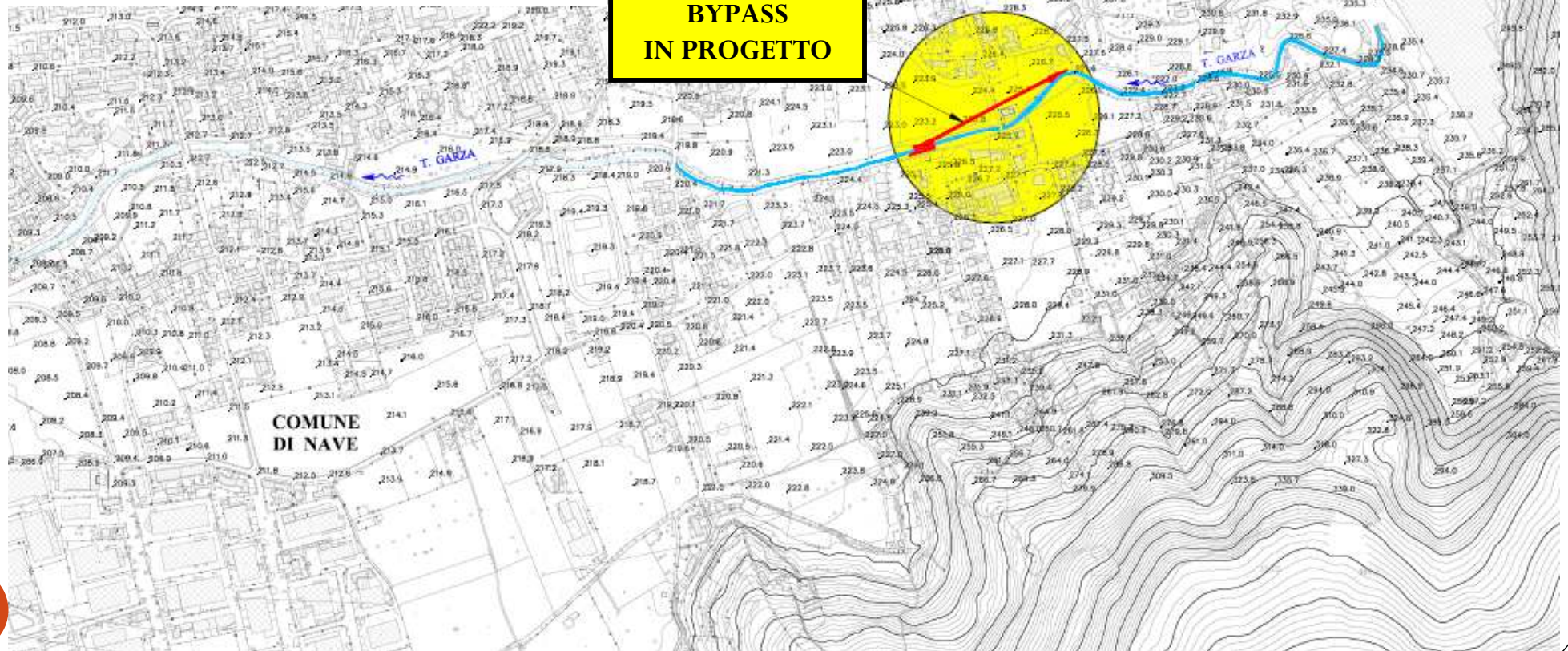
# UBICAZIONE VASCA DI LAMINAZIONE



# UBICAZIONE BYPASS SAN CESARIO



**BYPASS  
IN PROGETTO**







# DATI CARATTERISTICI DELL'OPERA

## INVASO

- **Quota fondo vasca:** m +193.00 s.l.m. (da +193.70 a +193.00 m s.l.m.)
- **Quota sommità argine:** m +199.30 s.l.m.
- **Quota piano campagna:** da m +200.05 s.l.m. a m +196.20 s.l.m.  
(quota più depressa del p.c.)
- **Quota di massimo invaso:** m +197.93 s.l.m. (evento di piena con TR100)
- **Quota massima di regolazione:** +197.85 s.l.m. (quota estradosso traversa sul T. Garza)
- **Quota sfioratore di emergenza:** +198.00 s.l.m. (quota sommità sfioratore)
- **Volume complessivo di invaso:** 141.000 mc  
(volume compreso tra la quota di massimo invaso Tr100 +197.93 m s.l.m. e quota minima della vasca pari a +193.00 m s.l.m.)
- **Volume di invaso:** 62.887 m<sup>3</sup>  
(volume compreso tra la quota più alta degli sfioratori +198.00 m. s.l.m. e la quota più depressa del piano campagna pari a +196.20 m. s.l.m.)
- **Superficie dello specchio liquido alla quota di massimo invaso:** mq 34.500  
(alla quota +197.93 m s.l.m.)
- **Tempo di svuotamento del bacino alla quota di massimo invaso:** h 19  
(apertura graduale delle 4 paratoie con sfasamento di 1 ora)  
(Sino a quota +196.75 m s.l.m. lo svuotamento avviene dal manufatto di derivazione )  
(circa 98.000 mc evacuati dal manufatto di scarico – circa 43.000 mc dalla derivazione)

# DATI CARATTERISTICI DELL'OPERA

## SBARRAMENTO

- **Altezza dello sbarramento:** m 3.10  
(quota sommità argine pari a +199.30 m. s.l.m. – piano campagna più depresso pari a +196.20).
- **Altezza massima di ritenuta:** m 3.55  
(quota di max invaso Tr100 +197.93 – fondo alveo più depresso a valle sfioratore di emergenza +194.38 m s.l.m.)
- **Quota di massimo invaso:** m +197.93 s.l.m. (evento di piena con TR100)
- **Franco:** m 1.37  
(quota sommità argine +199.30 m s.l.m. - quota max invaso Tr100 +197.93 m.s.l.m).
- **Franco netto:**  $m\ 1.37 - 0.63 / 2 = 1.05\ m$
- **Sviluppo del coronamento:** m 560 (lunghezza del tratto arginato della vasca)
- **Larghezza del coronamento:** m. 4.0
- **Volume dello sbarramento:** mc 62887  
(volume compreso dalla quota di sommità dello sfioratore di emergenza pari a +198.00 m s.l.m. e la quota più depressa del piano campagna +196.20)



# INQUADRAMENTO GEOLOGICO

- Scavo di numerose trincee esplorative;
- Esecuzione di n. 10 sondaggi geognostici a carotaggio continuo, (4 con piezometri)
- Esecuzione di prove SPT in foro di sondaggio;
- Prove di permeabilità in sito tipo Lefranc (ove possibile a carico costante);
- Prelievo di campioni di terreno per l'esecuzione di prove di laboratorio;
- Analisi per il riutilizzo del materiale per 39 campioni

SE13



Scavi esplorativi (Marzo 2013)  
con prelievo di campioni ambientali

S4



Sondaggio a 10 m con piezometro (Maggio 2002)

S7



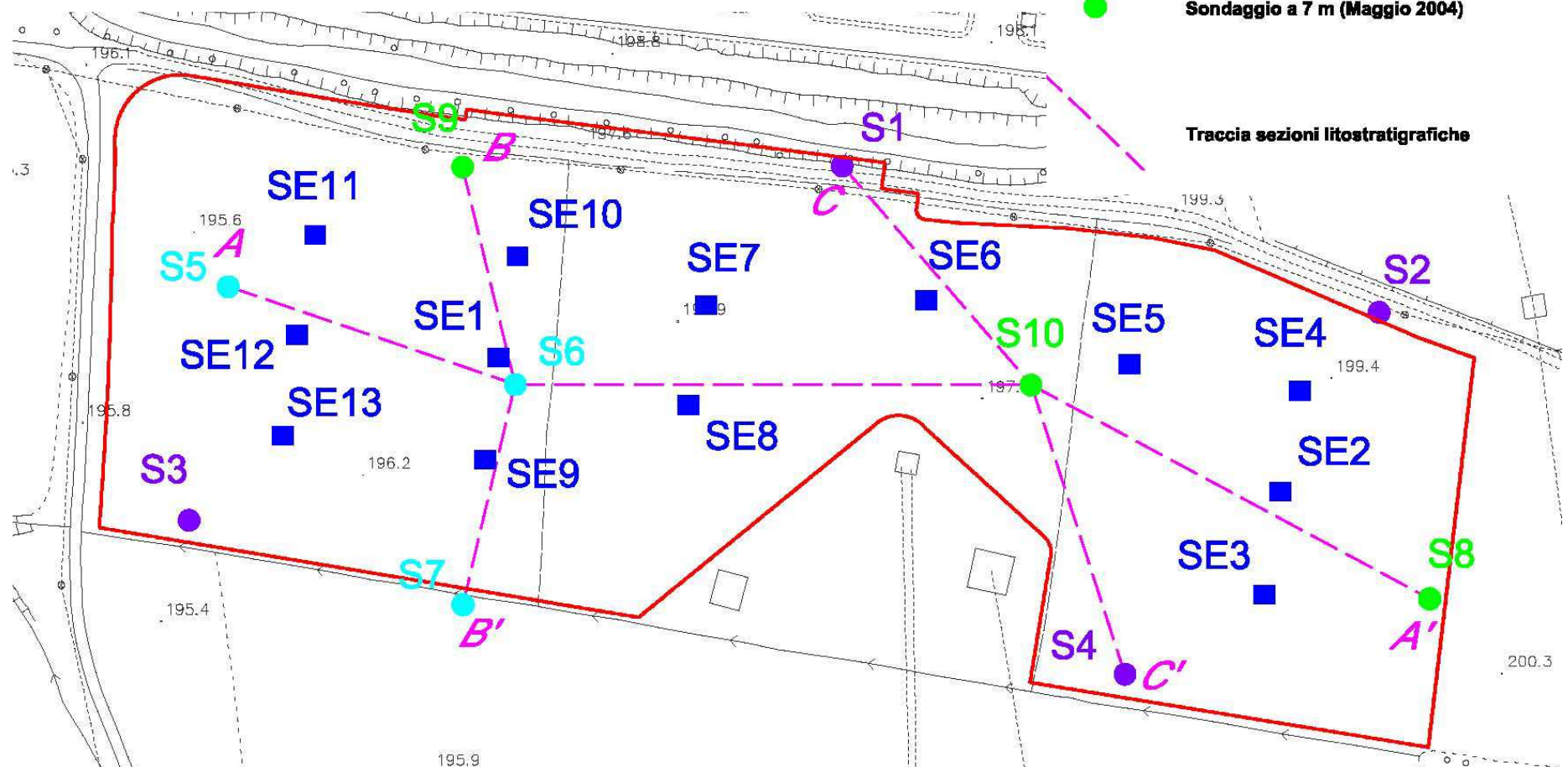
Sondaggio a 5 m (Maggio 2004)

S10



Sondaggio a 7 m (Maggio 2004)

Traccia sezioni litostratigrafiche



# INQUADRAMENTO GEOLOGICO

## CONCLUSIONI INDAGINI GEOLOGICHE

- falda sospesa a circa -8.5/10 m dal piano campagna;
- falda profonda a circa -15/20 m dal piano campagna;
- sottosuolo costituito da depositi alluvionali del Torrente Garza formati da ghiaie con sabbia limosa e lenti o strati di limo – argilloso intercalati ai terreni granulari.

- estrema eterogeneità granulometrica dei depositi naturali:

circa il 30% di materiale fine e 70% di terre granulari

ghiaiose e sabbiose



*Unità GM-GC* – ghiaia sabbiosa, ghiaia e sabbia limosa.

$\gamma = 18-19 \text{ KN}/\text{m}^3$

angolo di resistenza al taglio =  $35^\circ$

coesione nulla

permeabilità  $k = 5 \cdot 10^{-4} \text{ m}/\text{s}$



*Unità ML-CL* – limi e argille poco plastiche,

peso di volume  $\gamma = 17-18 \text{ kN}/\text{m}^3$

angolo di resistenza al taglio =  $28^\circ$

coesione  $c' = 5 \text{ kPa}$

Permeabilità  $k = 1 \cdot 10^{-5} \text{ m}/\text{s}$

# SINTESI DELL'ANALISI IDROLOGICA

- CURVE DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA
  - Legge probabilistica di Gumbel con invarianza di scala  
(coefficiente di variazione CV costante per tutte le durate)
- Mappe di  $m_{1,n}$  e CV per tutta la provincia di Brescia
- IETOGRAMMA CHICAGO ( $T_{\text{pioggia}} = 7$  ore – picco a 0.38)
- DEPURAZIONE PIOGGE CON METODO DEL CN
  - $CN = 75 - I_a = 0.20 \cdot S$  – Categoria AMC II – Classe suolo C
- MODELLO DI PIENA NASH (cascata di 2 serbatoi)

BACINO	A[km <sup>2</sup> ]	T=10 anni	20	50	100	200
Garza a Crocevia Nave	57.4	55	70	100	120	135
Garza a Nave (vasca)	50	47	60	<b><u>85</u></b>	<b><u>100</u></b>	<b><u>115</u></b>
Garza a San Cesario	40.2	43	55	75	95	105

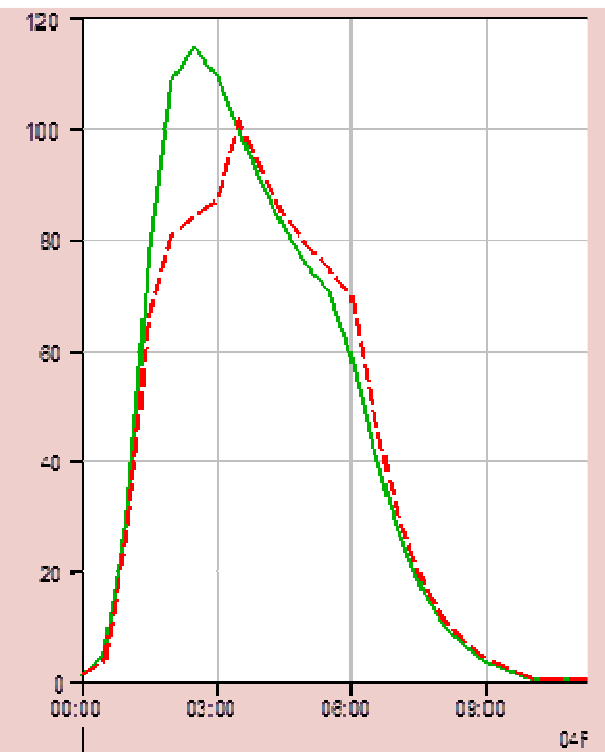
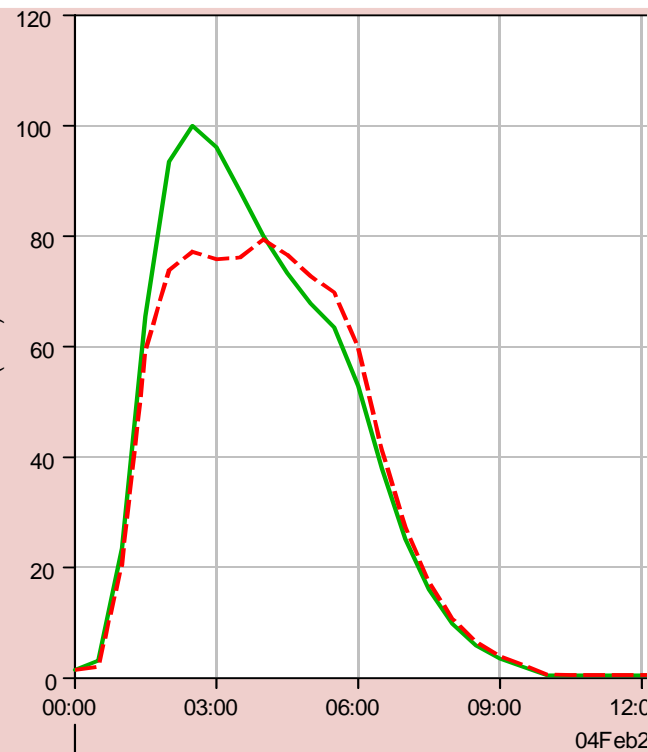
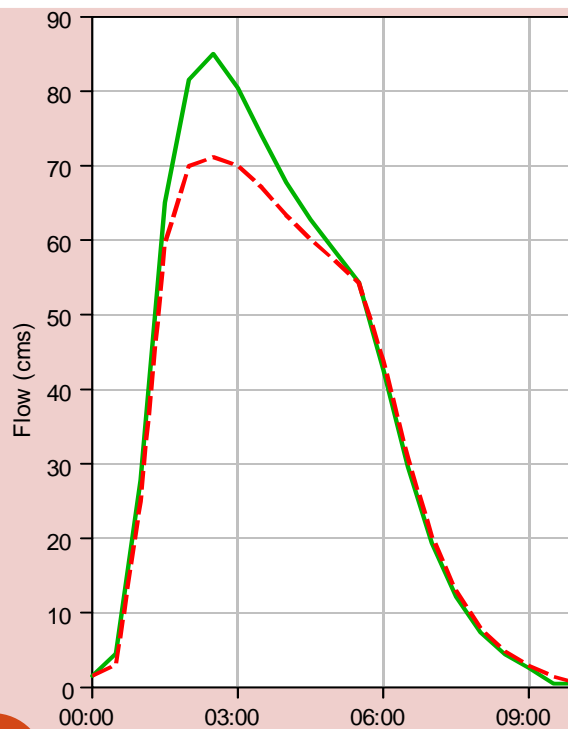
# FUNZIONAMENTO IDRAULICO

ID Simulazione	Condizioni iniziali	$Q_C$ [m <sup>3</sup> /s]	$Q_{LAMA}$ [m <sup>3</sup> /s]	H max [m s.l.m.]	Vol. Invasato [m <sup>3</sup> ]	Franco [m]
1 - TR 100 anni	VASCA VUOTA	100	80	197.93	141 000	1.37
2 - TR 200 anni	VASCA VUOTA	115	103	198.27	151 500	1.03
3 - TR 50 anni	VASCA VUOTA	85	71	196.80	100 000	2.50
4 - TR 200 anni	VASCA PIENA – LUCE OCCLUSA DEL 50%	115	115	198.75	167 000	0.55
5 - TR 20 anni	SFIORO DI DERIVAZIONE RIBASSATO DI 0.90 m (195.75 m s.l.m.) VASCA VUOTA	60	50	196.55	92 000	2.75

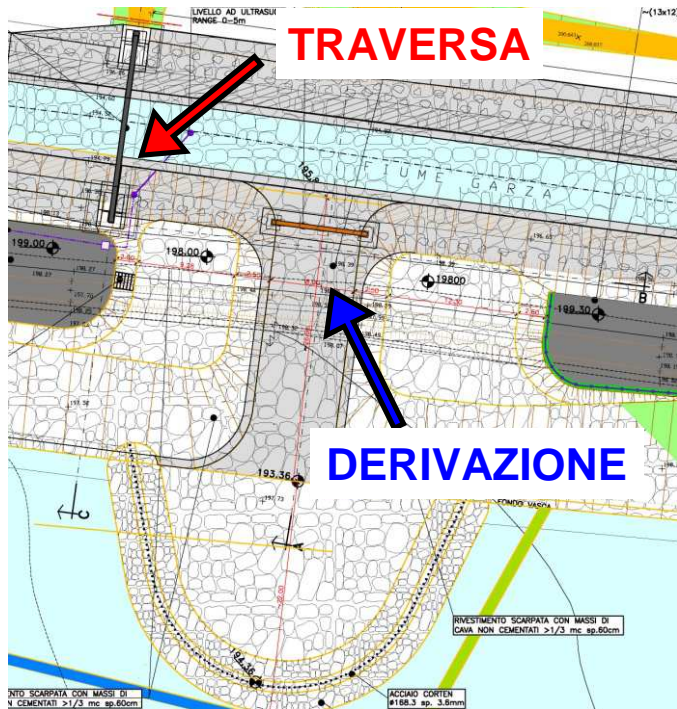
Tr = 50 ANNI

Tr = 100 ANNI

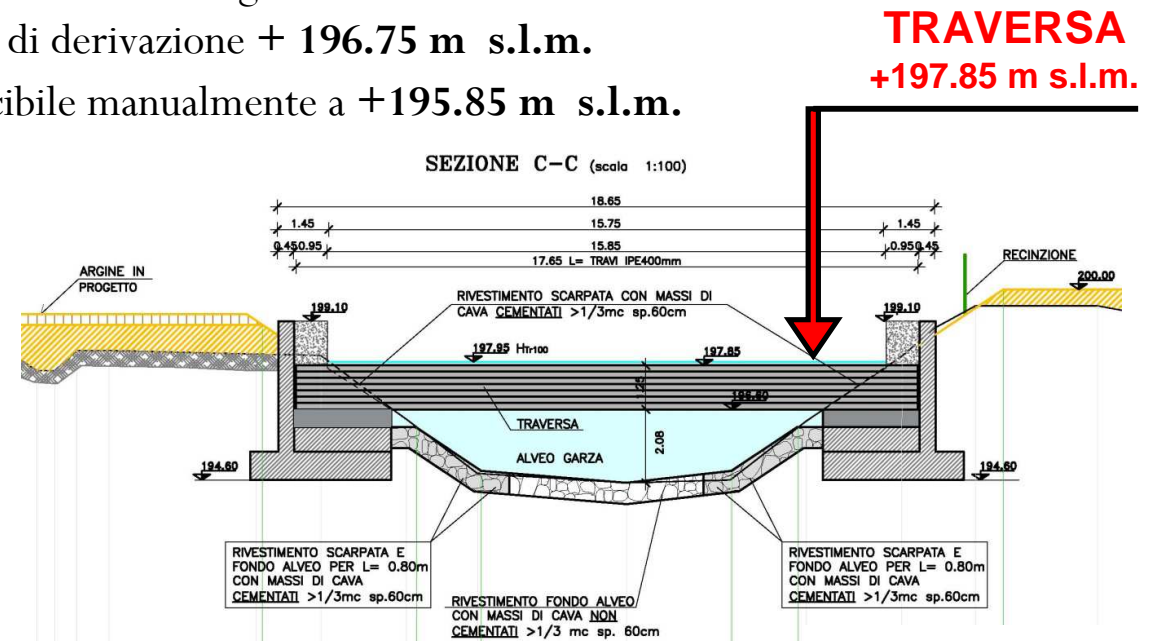
Tr = 200 ANNI



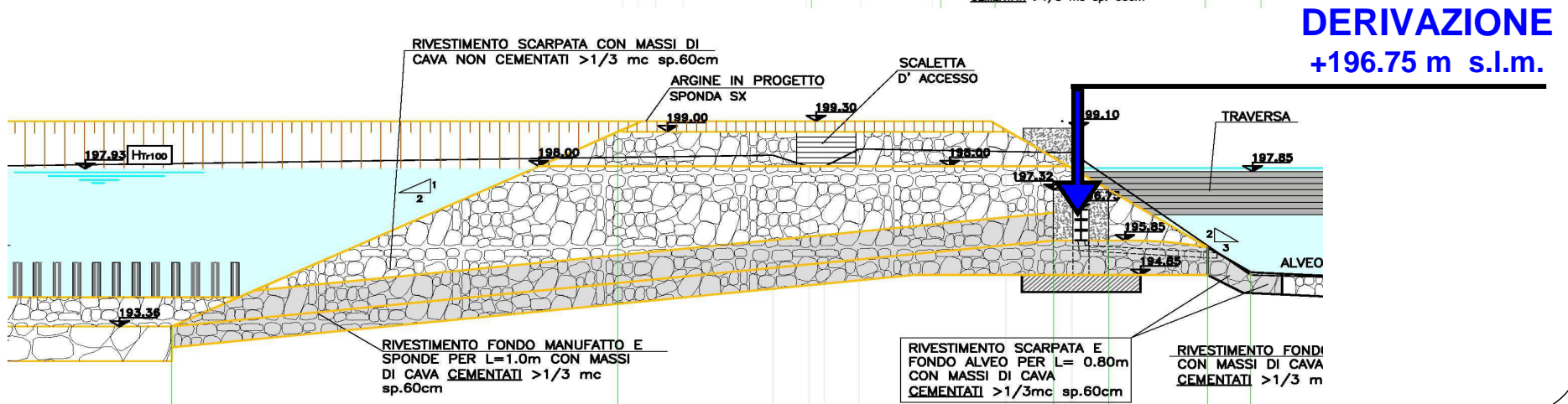
# IL MANUFATTO DI DERIVAZIONE



- Porta indisturbata a valle  $65 \text{ m}^3/\text{s}$
- Luce libera sotto traversa  $1.9 \text{ m}$
- Larghezza superiore traversa  $15.85 \text{ m}$
- Quota di massima regolazione  $+197.85 \text{ m s.l.m.}$
- Quota di derivazione  $+196.75 \text{ m s.l.m.}$   
(Riducibile manualmente a  $+195.85 \text{ m s.l.m.}$ )



**TRAVERSA**  
**+197.85 m s.l.m.**



**DERIVAZIONE**  
**+196.75 m s.l.m.**

# LO SCARICO DI SUPERFICIE

## CARATTERISTICHE :

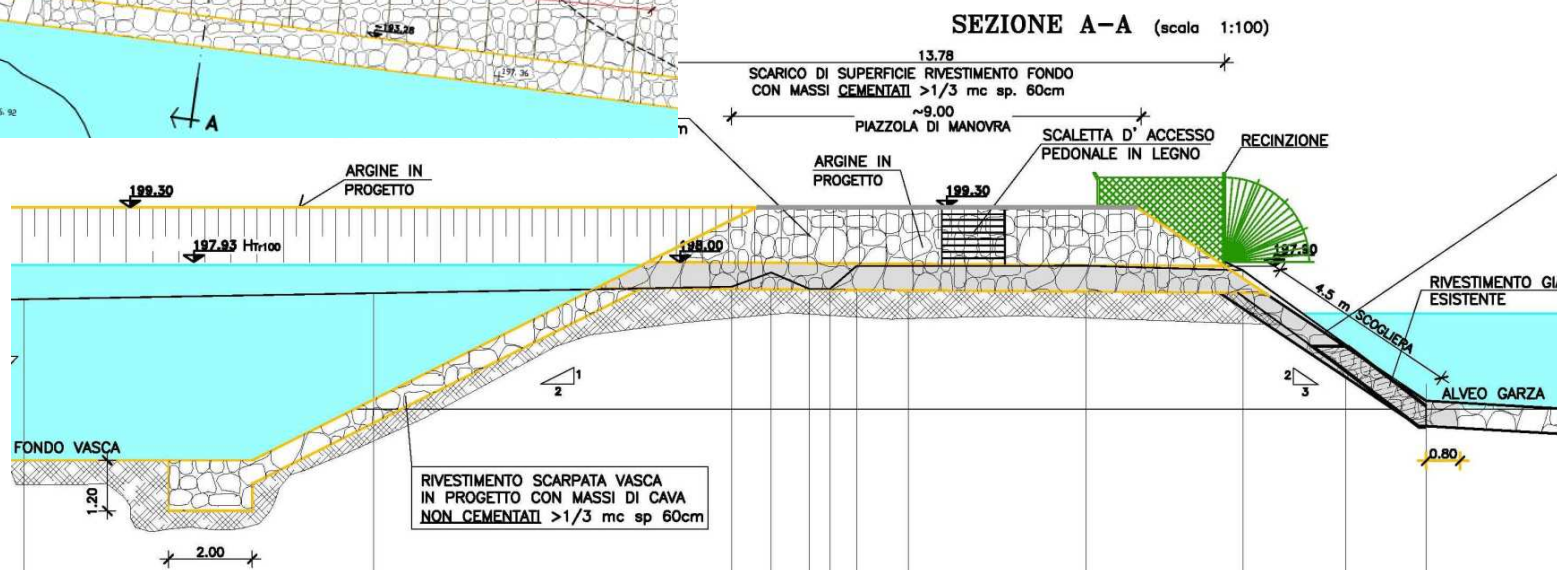
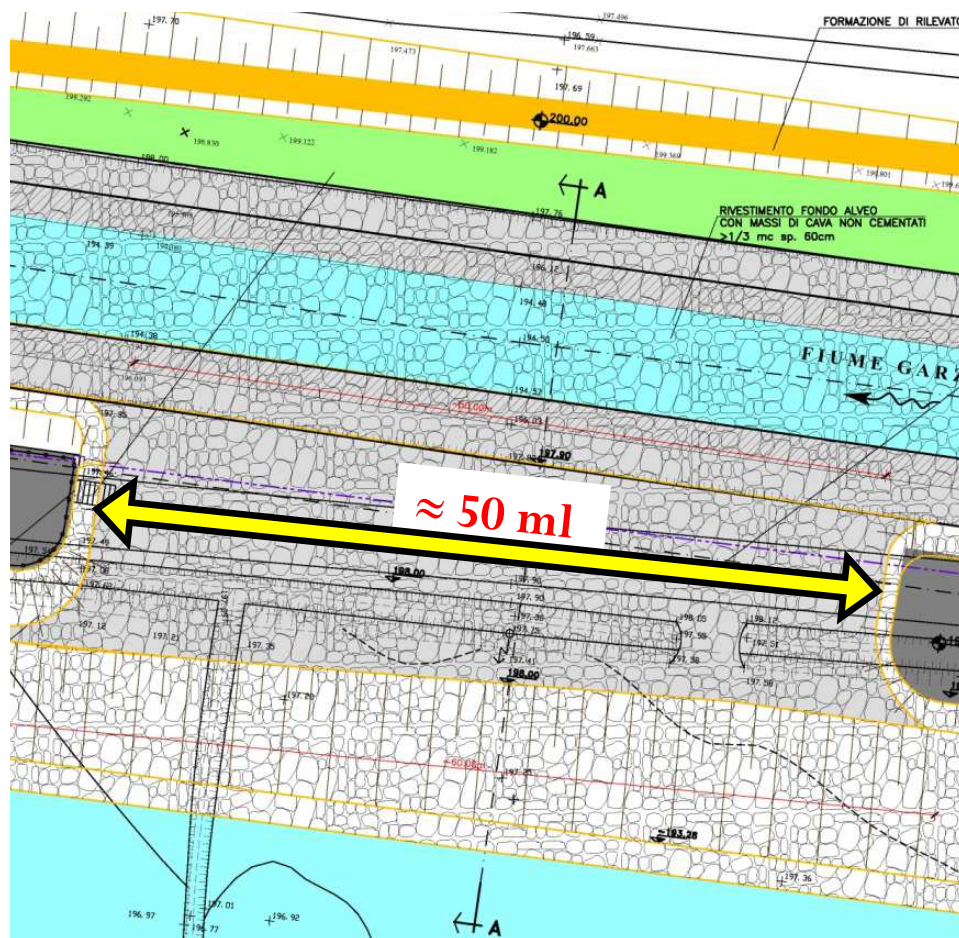
- LARGHEZZA SCARICO DI SUPERFICIE  $\approx 50$  ml
- QUOTA DI ATTIVAZIONE SCARICO +198.00 m s.l.m.

## FRANCO DI SICUREZZA :

- SIMULAZIONE VASCA VUOTA

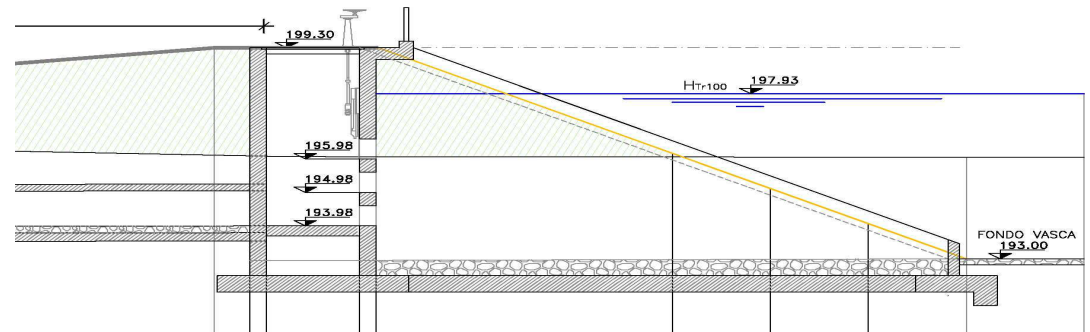
$$Tr = 100 \text{ anni} \quad h_{100} = +197.93 \text{ m s.l.m.} \quad f = 1.37 \text{ m}$$

$$Tr = 200 \text{ anni} \quad h_{200} = +198.27 \text{ m s.l.m.} \quad f = 1.03 \text{ m}$$



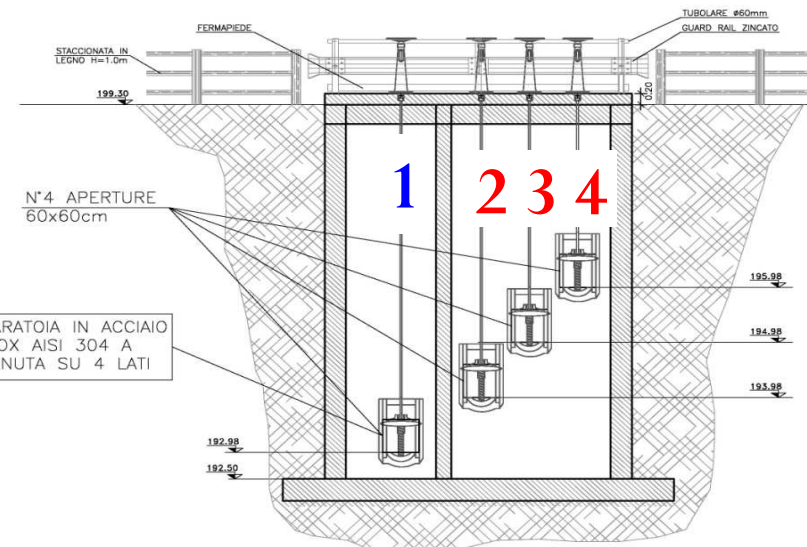
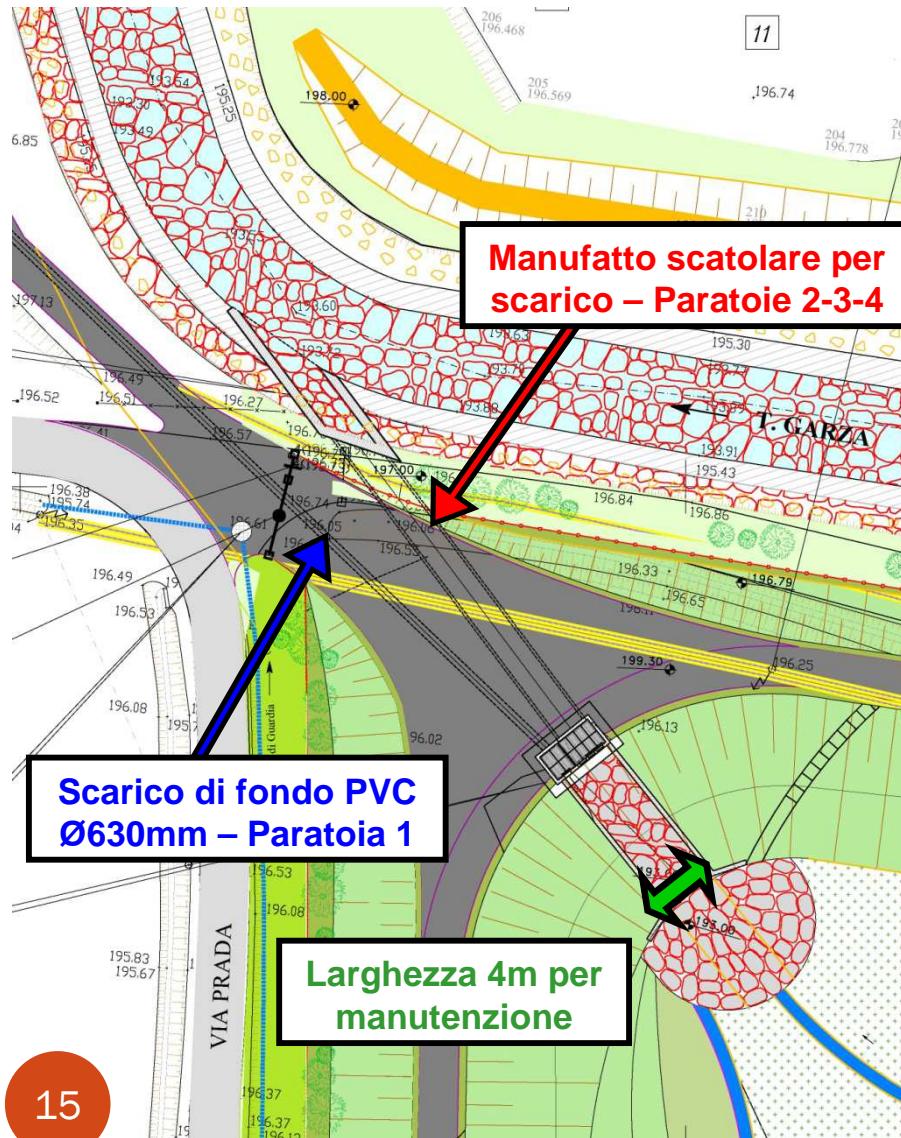
# IL MANUFATTO DI SCARICO

- Manufatto scatolare di scarico 1.00 x 2.25m
- Tubazione scarico di fondo Ø630mm PVC

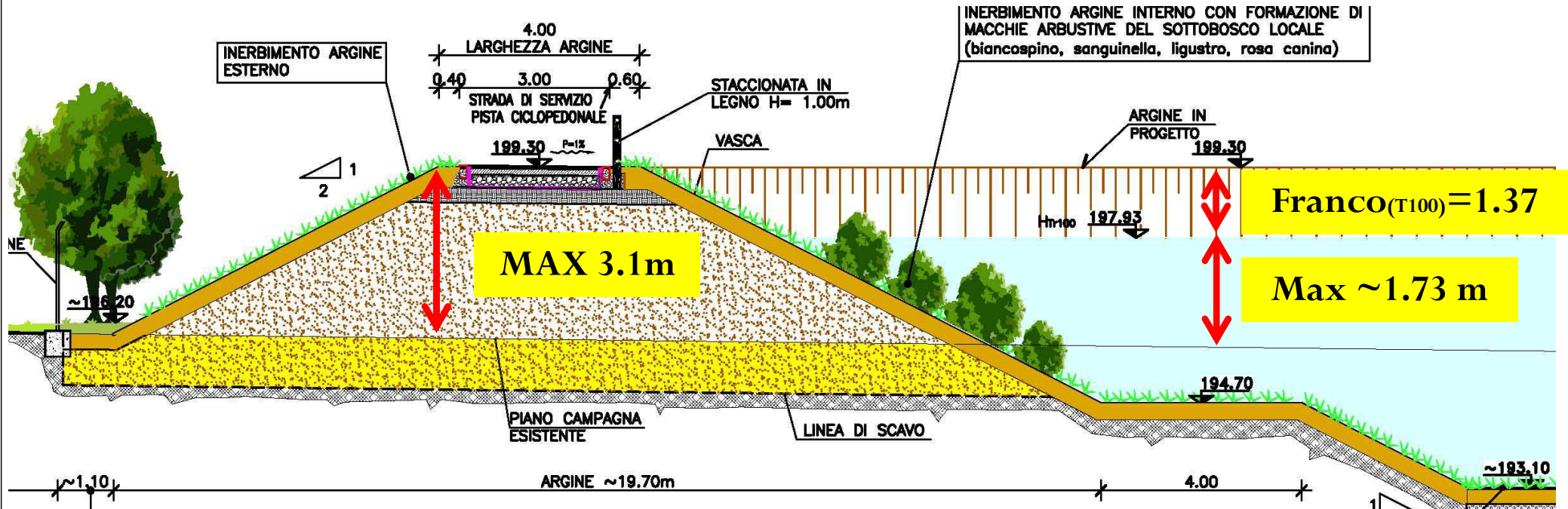


Quota di attivazione dello scarico di superficie: 196.75 m s.l.m

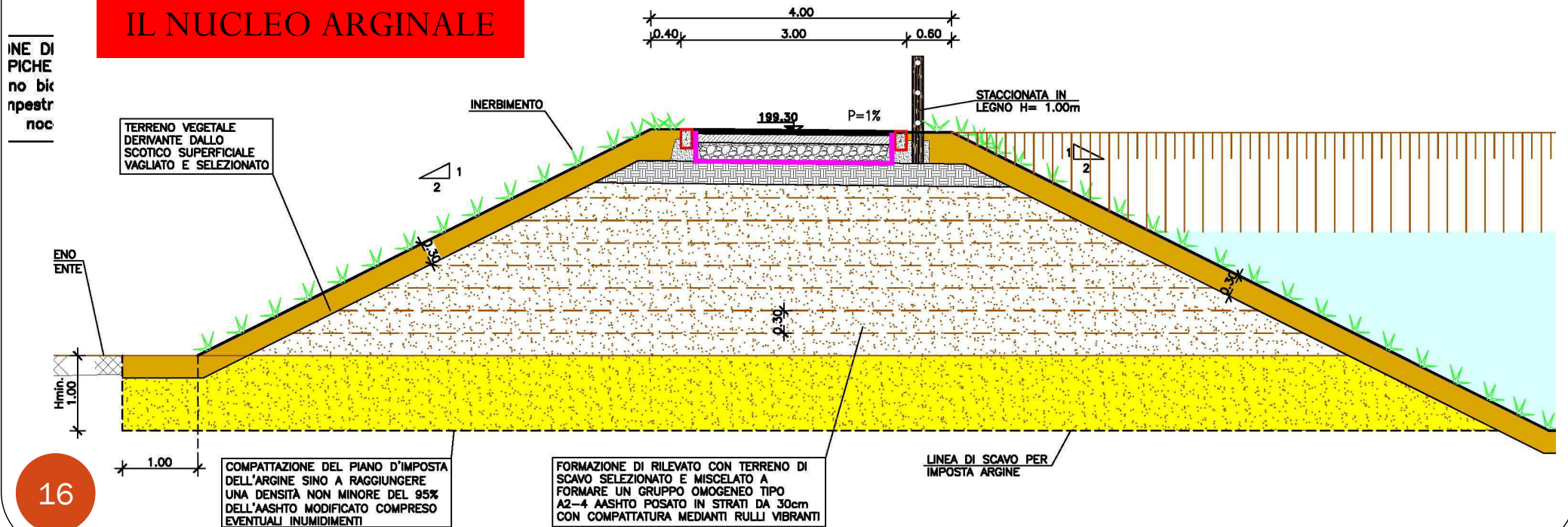
- $h > 196.75$  → Attivazione scarico di superficie
- $h < 196.75$  → Scarico paratoie
  - Sfasamento di apertura delle paratoie 1/2/3/4 di 1 ora
  - $Q_{MAX\ CUMULATA} = 3.6\ m^3/s$
  - Volume invasato nella vasca fino a quota +196.75 m s.l.m. pari a **98000 m<sup>3</sup>**
  - Svuotamento del 96% in 19 ore



# GLI ARGINI DELLA VASCA



## IL NUCLEO ARGINALE



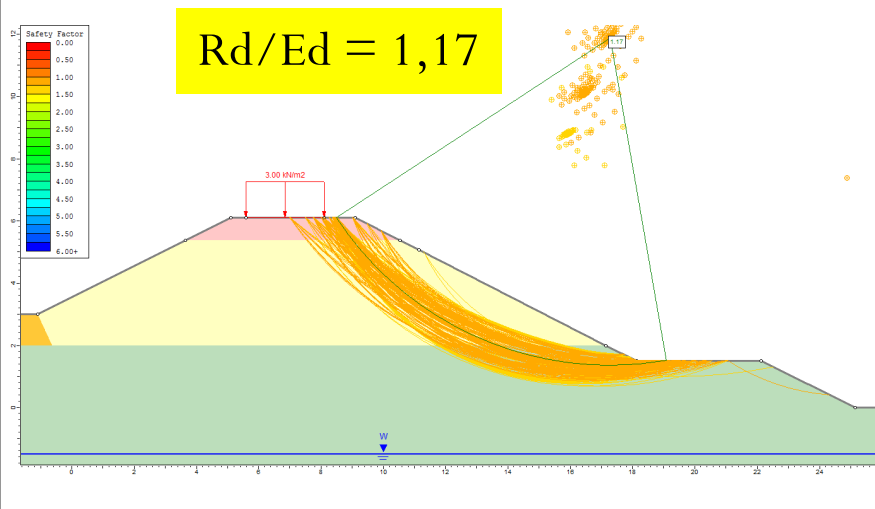


# LE VERIFICHE DELLE ARGINATURE (1 di 2)

- CARICHI:
  - VASCA PIENA (EVENTO CON TR 200 ANNI)
  - STRADA DI MANUTENZIONE 10 kN/mq
  - SISMA DIREZIONE X+Y (Met. pseudostatico)
- Vita nominale della costruzione VN 50 anni
- Classe d'uso della costruzione II
- Coefficiente d'uso della costruzione 1,0
- Categoria di suolo C
- Categoria topografica T1
- Tempo di ritorno (per SLV) 475 anni
- VERIFICHE DI STABILITA' CON APPROCCIO 1 COMBINAZIONE 2 (A2+M2+R2)
- CONDIZIONI (vasca vuota con sovraccarico-condizione sismica con sovraccarico ridotto a 3 kPa –vasca piena Tr200 sovraccarico ridotto a 5 kPa con filtrazione)

Permanent Actions (A)		Partial Factor
Unfavourable	$\gamma_G$	1
Favourable	$\gamma_G$	1
Variable Actions (A)		
Unfavourable	$\gamma_Q$	1.3
Favourable	$\gamma_Q$	0
Material Parameters (M)		
Effective cohesion	$\gamma_c$	1.25
Coefficient of shearing resistance	$\gamma_\phi$	1.25
Undrained strength	$\gamma_{cu}$	1.4
Weight density	$\gamma_Y$	1
Shear strength (other models)		1.25
Resistance (R)		
Earth resistance	$\gamma_{Re}$	1.1
Anchorage (R)		
Tensile and Plate strength	$\gamma_a$	1.1
Shear strength	$\gamma_a$	1.1
Compressive strength	$\gamma_a$	1.1
Bond strength	$\gamma_a$	1.1
Seismic		
Seismic Coefficient		1

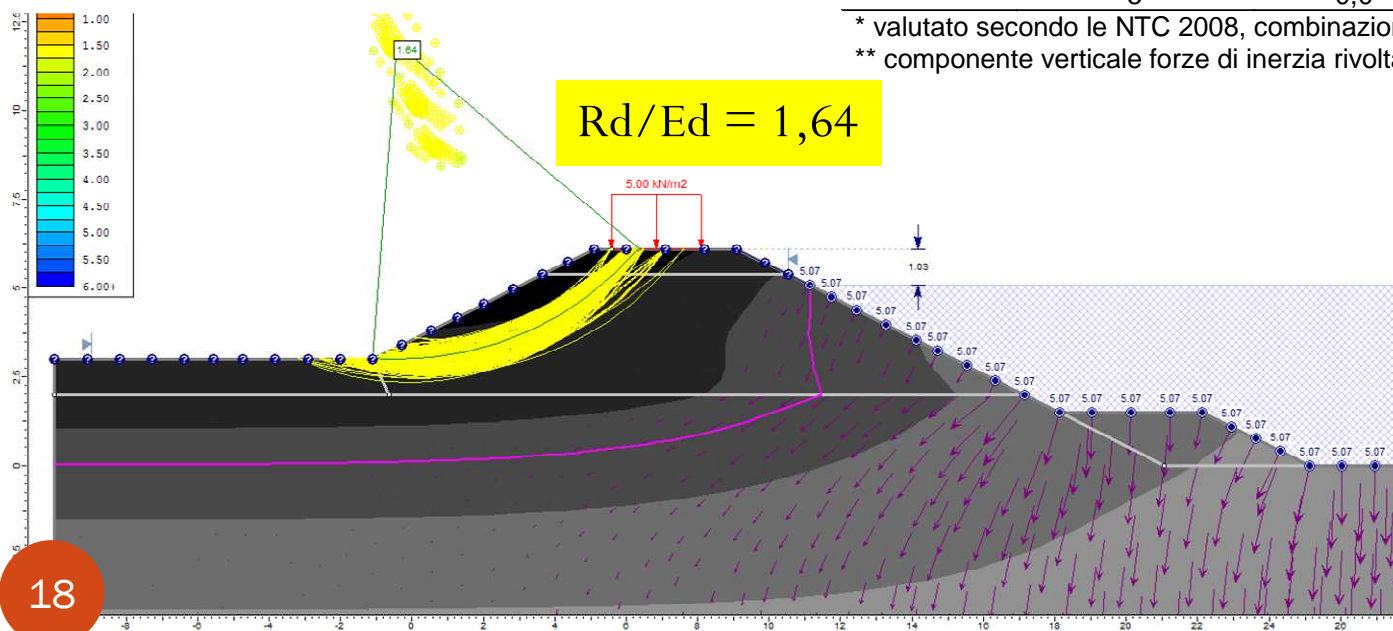
# LE VERIFICHE DELLE ARGINATURE (2 di 2)



Sezione	Sovraccarico $q_k$ (kPa, valore caratteristico)	Quota falda (m da fondo vasca)	Condizione	Vasca	Coefficiente sicurezza * Rd/Ed
5 Nord	10	1,5	Statica	Vuota	1,22
	3	1,5	Sismica ↓**	Vuota	1,13
	3	1,5	Sismica ↑	Vuota	1,13
5 Sud	5	0,0	Filtrazione	Piena	1,82
	10	1,5	Statica	Vuota	1,17
	3	1,5	Sismica ↓	Vuota	1,06
8 Sud	3	1,5	Sismica ↑	Vuota	1,06
	10	1,5	Statica	Vuota	1,26
	3	1,5	Sismica ↓	Vuota	1,11
11 Nord	3	1,5	Sismica ↑	Vuota	1,11
	5	0,0	Filtrazione	Piena	1,68
	10	1,5	Statica	Vuota	1,24
11 Sud	3	1,5	Sismica ↓	Vuota	1,11
	3	1,5	Sismica ↑	Vuota	1,12
	5	0,0	Filtrazione	Piena	1,61
<b>(16 Ovest)</b>	10	1,5	Statica	Vuota	1,57
	10	1,5	Statica	Vuota	1,32
	3	1,5	Sismica ↓	Vuota	1,17
	3	1,5	Sismica ↑	Vuota	1,17
	5	0,0	Filtrazione	Piena	1,64

\* valutato secondo le NTC 2008, combinazione A2+M2+R2

\*\* componente verticale forze di inerzia rivolta verso il basso (↓) o verso l'alto (↑)



NUCLEO ARGINALE

$$\gamma = 19 \text{ KN}/m^3$$

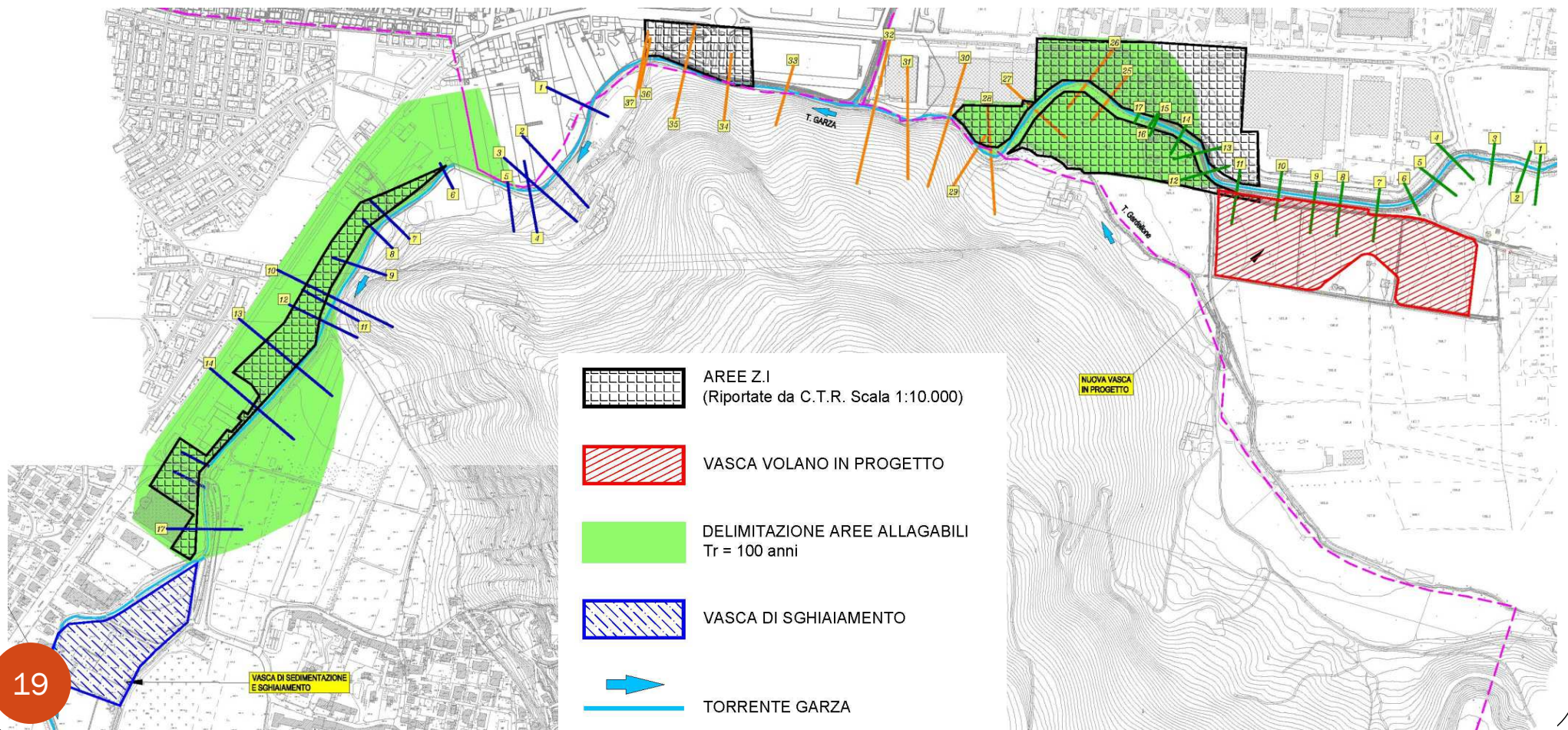
$$\phi' = 32^\circ$$

$$c' = 5 \text{ kPa}$$

$$k = 5 \cdot 10^{-4} m/s$$

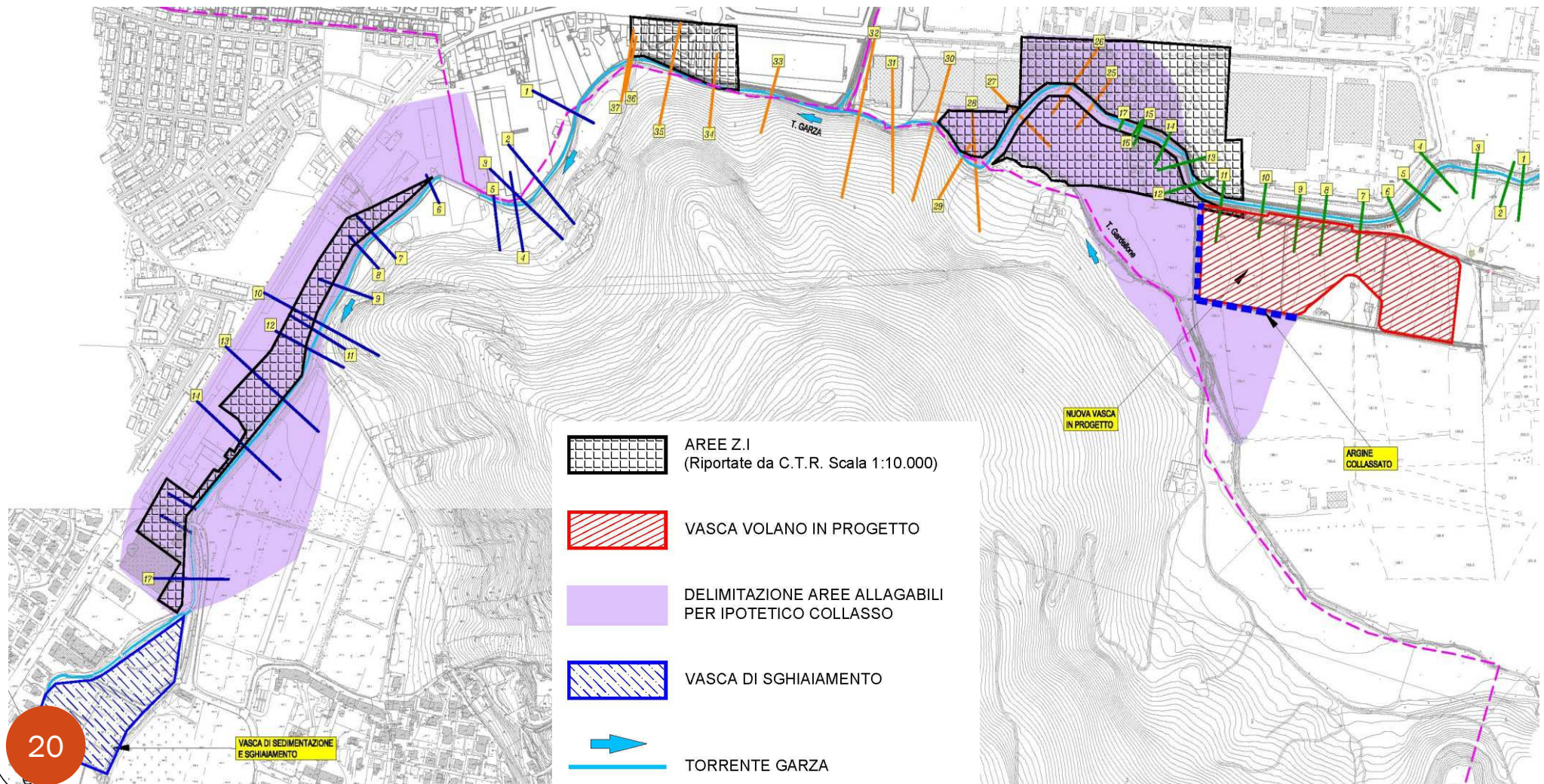
# LE VERIFICHE DI DEFLUSSO A VALLE

- Verifica per tempo di ritorno  $Tr = 100$ anni – Vasca inizialmente vuota: livello 193.00 m s.l.m.
- Franco di sicurezza della vasca 1.37m - Sfiatore di emergenza non attivo
- Volume massimo invasato  $141.000 \text{ m}^3$
- $Q_{MAX}$  a monte della vasca  $100 \text{ m}^3/\text{s}$  -  $Q_{MAX}$  a valle della vasca  $80 \text{ m}^3/\text{s}$
- Manufatti idraulicamente insufficienti: N°4 ponti - Tombinatura 64m – Passerella pedonale
- Allagamenti in sponda DX e SX a valle della vasca in progetto e a monte della vasca di sghiaimento



# LE VERIFICHE PER IPOTETICO COLLASSO

- Ipotesi di crollo istantaneo di circa **30 ml** di argine
- Portata massima risultante  $Q_{MAX} = 130 \text{ m}^3 / \text{s}$  per una tempo di svuotamento di circa 8 min
- Volume di invaso superiore al piano campagna pari a **63.000 m<sup>3</sup>**
- Aree di allagamento simili a eventi di piena  $Tr=100$  anni con incremento di aree esondate a valle della vasca



# QUADRO ECONOMICO DELL'OPERA

DESCRIZIONE	IMPORTO
Lav ori vasca di laminazione	€ 2.083.000,00
Lav ori bypass S. Cesario	€ 530.000,00
Oneri per la sicurezza	€ 42.000,00
<b>Totale lavori</b>	<b>€ 2.655.000,00</b>
Indagini geologiche e archeologiche	€ 48.751,76
allacciamenti sottoservizi	€ 116.378,25
imprevisti	€ 9.925,77
acquisizione aree	€ 767.419,84
spese tecniche	€ 265.772,00
spese per gara d'appalto	€ 2.500,00
collaudi	€ 20.000,00
iva 22% sulle opere	€ 584.100,00
fondo accordi bonari	€ 79.650,00
spese per commissario	€ 45.954,50
<b>IMPORTO TOTALE DELL'OPERA</b>	<b>€ 4.595.452,12</b>



**Comune di Nave**



**Regione Lombardia**

## Info:

Comune di Nave (BS)  
Assessorato ai Lavori Pubblici  
Unità Organizzativa Tecnica Lavori Pubblici  
tel. 0302537435-436  
mail: [lavoripubblici@comune.nave.bs.it](mailto:lavoripubblici@comune.nave.bs.it)