0	11/2017	PRIMA EMISSIONE	TRESSO	BERTERO	CASSANI
Revisione	**Data**	**Oggetto revisione**	**Redatto**	**Verificato**	**Approvato**

REGIONE LIGURIA

#ItaliaSicura
Presidenza del Consiglio dei Ministri

COMUNE DI GENOVA

PIANO STRALCIO PER LE AREE METROPOLITANE E LE AREE URBANE CON ALTO LIVELLO DI POPOLAZIONE ESPOSTA AL RISCHIO DI ALLUVIONI

Presidenza del Consiglio dei Ministri

PRESIDENZA DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI
COMMISSARIO STRAORDINARIO
delegato per l'attuazione degli interventi inseriti nell'A.d.P. del 16.09.2010 e ss.ii.
(ex art. 10 del D.L. n. 91 del 24.06.2014)

Commissario straordinario
Dott. Giovanni TOTI

PROGETTISTI

CAPOGRUPPO MANDATARIA:

ROCKSOIL S.p.A.
CONSULENZA E ASSISTENZA TECNICA
nel campo della GEOINGEGNERIA

MANDANTI:

art ambiente risorse territorio

HYDRODATA INGEGNERIA DELLE RISORSE IDRICHE

Ing. Mario CANGIANO

Ing. Paolo GALLO

Ing. Francesco DE SANCTIS

Dott.ssa Francesca GIOMI

RESPONSABILE STRUTTURA COMMISSARIALE: **Ing. Luca BERRUTI**

RESPONSABILE UNICO PROCEDIMENTO: **Ing. Stefano PINASCO**

Progettista responsabile integrazioni prestazioni specialistiche e Direttore Tecnico della mandataria.
Rocksoil S.p.A.
Ing. Giovanna Cassani
Ord. Ingg. Milano N° 20997



Progettista/Progettisti responsabili elaborato
Hydrodata S.p.A.
Ing. Roberto Bertero
Ord. Ingg. Torino N° 7570L



Intervento/Opera

SECONDO LOTTO DEI LAVORI RELATIVI ALLA REALIZZAZIONE DELLA GALLERIA SCOLMATRICE DEL TORRENTE BISAGNO IN COMUNE DI GENOVA

PROGETTO ESECUTIVO

N° Progr.: ----

Codice elaborato: BIS2E - H - ALV01 - RE03 - 0

Oggetto della tavola

OPERE IN ALVEO

OPERA DI SBARRAMENTO

Relazione di calcolo paratoie a settore e panconi

Scala

Data: NOVEMBRE 2017

Codice FILE: BIS2E-H-ALV01-RE03-0.DWG

I DISEGNI E LE INFORMAZIONI IN ESSI CONTENUTE SONO PROPRIETA' ESCLUSIVA DELLA STRUTTURA COMMISSARIALE E NON POSSONO ESSERE MODIFICATI, RIPRODOTTI, RESI PUBBLICI O UTILIZZATI PER USI DIFFERENTI DA QUELLI PER CUI SONO STATI REDATTI, SALVO AUTORIZZAZIONE SCRITTA.

INDICE

1 PREMESSA 2
2 PARATOIE A SETTORE 2
2.1 Caratteristiche principali 2
2.2 Determinazione degli sforzi 3
2.3 Materiali e sollecitazioni ammissibili 4
2.4 Verifica delle travi orizzontali principali e del mantello 5
2.5 Verifica delle travi verticali 8
3 PANCONATURE PER LE PARATOIE A SETTORE 11
3.1 Premessa 11
3.2 Caratteristiche principali 12
3.3 Materiali e sollecitazioni ammissibili 12

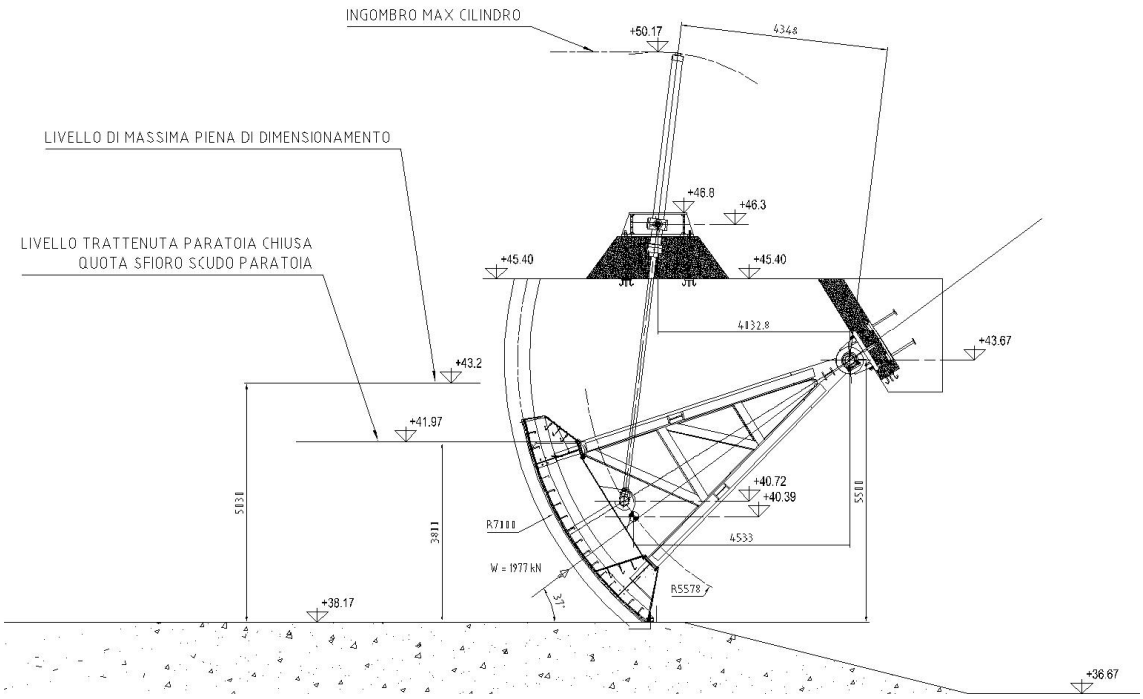
1 PREMESSA

La presente relazione di calcolo è stata condotta per consentire la corretta stima dei pesi e delle forze di manovra che agiscono sulle opere elettromeccaniche al fine di fornire al Costruttore di tali opere gli elementi costruttivi secondo quanto previsto dal Capitolato Speciale di Appalto, in modo da indirizzare le soluzioni costruttive che intenderà adottare ed i materiali che dovrà utilizzare e le dimensioni finali degli elementi strutturali.

2 PARATOIE A SETTORE

2.1 Caratteristiche principali

- larghezza libera della luce: 13.60 m
- altezza della paratoia: 3.80 m
- raggio del mantello: 7.00 m
- quota della soglia: 38.17 m s.m.
- quota dei perni: 43.67 m s.m.
- quota di ritenuta normale: 41.97 m s.m.
- carico normale di progetto strutturale: 3.80 m
- quota di massima piena con una paratoia abbassata: 43.20 m s.m.
- carico eccezionale di progetto strutturale: 5.03 m
- manovra con coppia di cilindri oleodinamici: a singolo effetto
- manovra di apertura e chiusura a carico squilibrato: 3.80 m
- Norme di calcolo: DIN 19704



2.2 Determinazione degli sforzi.

Considerando il rapporto tra carico idraulico normale e carico idraulico eccezionale ed il corrispondente rapporto tra le sollecitazioni ammissibili, la condizione più gravosa per il calcolo delle strutture è quella di massimo carico eccezionale, con una paratoia abbassata ed il livello di massima piena duecentennale.

RADIAL GATES

peso specifico acqua	γ	9,81	kN/m^3					
larghezza paratoia	B	13,6	m					
raggio curvatura mantello paratoia	R	7	m					
elevazione p.m.s carico max		43,2	m.s.l.m					
elevazione sommità paratoia		41,97	m.s.l.m					
elevazione snodo rotazione		43,67	m.s.l.m					
elevazione fondo		38,17	m.s.l.m					
carico massimo acqua considerato	H	5,03	m					
sopralzo acqua	h1	1,23						
altezza paratoia	h	3,8	m					
differenza tra quota massimo livello acqua considerato e quota centro di rotazione.	Dm	-0,47	m					
arc sin Ds/R	αs	0,24531	rad	cos αs	0,970062	sin αs	0,242857	
arc sin Di/R	αi	0,90385	rad	cos αi	0,61859	sin αi	0,785714	
differenza tra quota centro di rotazione e quota sommità paratoia	Ds	1,7	m					
differenza tra quota centro di rotazione e quota fondo	Di	5,5	m					

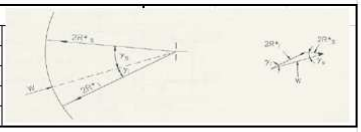
DETERMINAZIONE SFORZI SUGLI APPOGGI DOVUTI AL CARICO IDRAULICO

CARICO IDRAULICO componente orizzontale	Wh	**1586,85**	kN	161758,4	kg	161,76	t
CARICO IDRAULICO componente verticale	Wv	1179,651	kN	120249,9	kg	120,25	t
MAGNITUDE (risultante)	W	**1977,289**	kN	201558,5	kg	201,56	t
direzione di W	β	0,639258	rad	36,62681	°		

CARICHI ASSIALI SUI BRACCI

ANALISI BRACCI PARALLELI

MAGNITUDE (risultante)	W	1586,85	kN	161758,4	kg	161,76	t
angolo superiore	γs	11	°				
angolo inferiore	γi	11	°				
carico assiale per braccio superiore	Rs*	404,1376	kN	41196,5	kg	41,20	t
carico assiale per braccio inferiore	Ri*	404,1376	kN	41196,5	kg	41,20	t

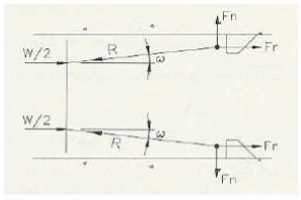


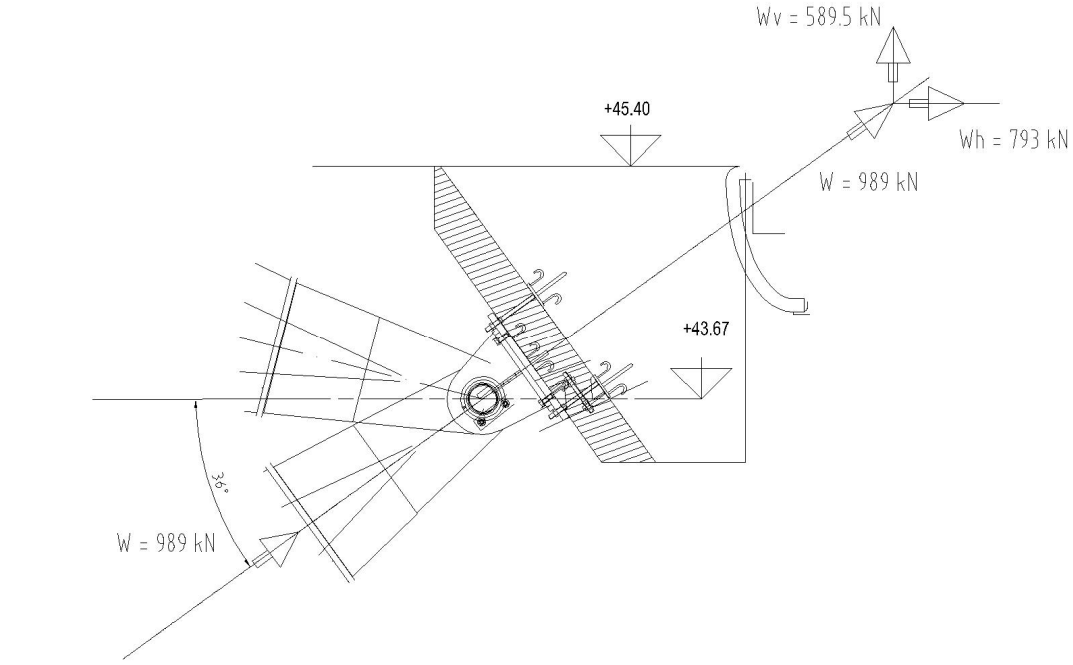
ANALISI BRACCI INCLINATI

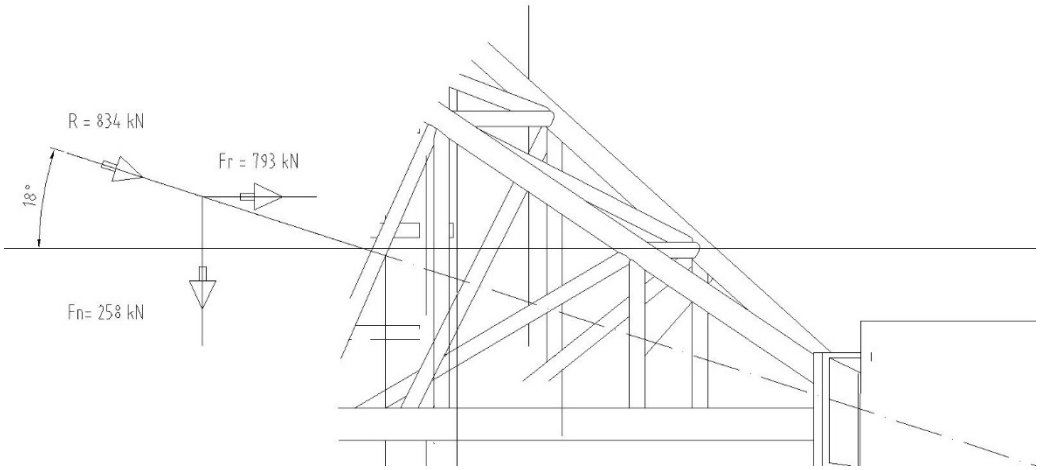
MAGNITUDE (risultante)	W	1586,85	kN	161758,4	kg	161,76	t
angolo superiore	γs	11	°				
angolo inferiore	γi	11	°				
inclinazione bracci	ω	18	°				
carico assiale per braccio superiore	Rs	424,9354	kN	43316,56	kg	43,32	t
carico assiale per braccio inferiore	Ri	424,9354	kN	43316,56	kg	43,32	t

CARICHI SUI SUPPORTI CASO BRACCI INCLINATI

MAGNITUDE (risultante)	W	1586,85	kN	161758,4	kg	161,76	t
inclinazione bracci	ω	18	°				
risultante su ogni supporto	R	834,2564	kN	85041,42	kg	85,04	t
componente verticale su ogni supporto	Fn	257,7994	kN	26279,25	kg	26,28	t
componente orizzontale su ogni supporto	Fr	793,425	kN	80879,2	kg	80,88	t







2.3 Materiali e sollecitazioni ammissibili

Per il calcolo si considerano le caratteristiche meccaniche dell'acciaio S355 J2G3.

Materiale del mantello paratoia: Hardox 400 - UNI EN 10025 S355 J2G3

- Carico minimo di rottura: 510 N/mm²
- Carico di snervamento (per sp. da 10 a 40 mm): 345 N/mm²
- Sollecitazione normale ammissibile a flessione: 240 N/mm²
- Sollecitazione eccezionale ammissibile a flessione: 315 N/mm²

Materiale delle travi UNI EN 10025 S355 J2G3

- Carico minimo di rottura: 510 N/mm²
- Carico di snervamento (per sp. da 10 a 40 mm): 345 N/mm²
- Sollecitazione normale ammissibile a flessione: 240 N/mm²

- Sollecitazione eccezionale ammissibile a flessione: 315 N/mm²

2.4 Verifica delle travi orizzontali principali e del mantello

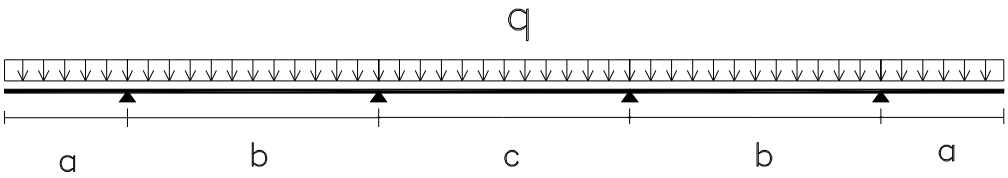
La posizione delle due travi orizzontali principali può essere scelta in modo da renderle equicaricate. Con il massimo battente eccezionale, risulta:

- Carico totale sulla paratoia: 1977.289 kN
- Carico su ciascuna trave: 988.64 kN
- Corrispondente valore di carico distribuito: 72.7 N/mm

Ai fini della sicurezza, per la determinazione dei fattori progettuali si considerano approssimati per eccesso i carichi e pertanto:

- Carico totale sulla paratoia (valore per eccesso) 2046 kN
- Carico su ciascuna trave: (valore per eccesso) 1023 kN
- Corrispondente valore di carico distribuito: (valore per eccesso) 75.22 N/mm

Tenendo conto del tipo di struttura ipotizzato per le gambe, ciascuna trave orizzontale può essere considerata come trave continua su 4 appoggi, secondo lo schema seguente:



essendo:

- a = 1465 mm
- b = 2910 mm
- c = 4850 mm

I massimi valori dei momenti flettenti sono:

- sugli appoggi centrali: Mfac = 117 E+6 N mm
- sugli appoggi laterali: Mfal = 80.7 E+6 N mm
- in mezzeria della trave: Mfmt = -105 E+6 N mm
- sulle campate laterali: Mfcl = -17.8 E+6 N mm
  (a 2758 mm dal bordo esterno)

mentre le reazioni vincolari valgono:

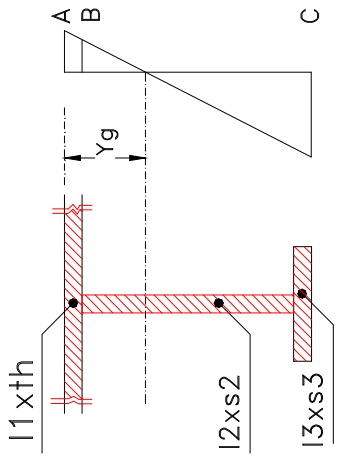
- appoggi centrali: 304 kN
- appoggi laterali: 207.5 kN

La larghezza del mantello collaborante con la sezione resistente di trave è calcola-ta secondo la Norma DIN 19704, par.6.5.2.1.

Il momento flettente si annulla unicamente nella campata centrale a distanza dal bordo esterno pari a:

- LII = 5129 mm
- 2B = 1895 mm (valore stimato)
- LII/B = 5.41
- ע II = 0.595
- Larghezza collaborante = ע II x 2B = 1127 mm

Sezione resistente della trave:



Spessore del mantello: th = 15 mm

l2 = 500 mm
s2 = 15 mm

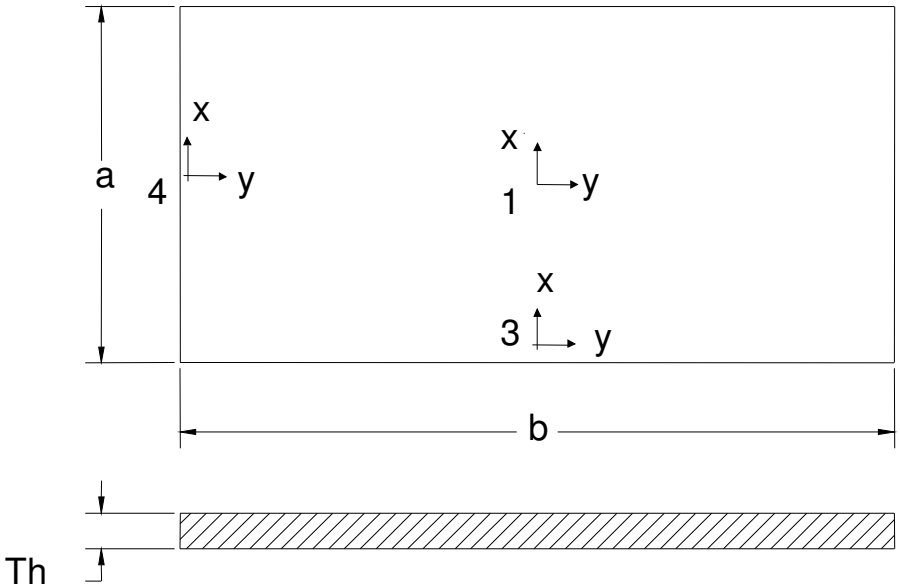
l3 = 500 mm
s3 = 20 mm

- Area:	A = 34405 mm²	
- Momento d'inerzia:	Jg = 1.864 E+9 mm4	
- Moduli di resistenza:	W1 = 8.711 E+6 mm³	
	W2 = 5.809 E+6 mm³	
- Momento statico:	Sg = 3.789 E+6 mm³	
- Posizione baricentro:	Yg = 214 mm	

Massime sollecitazioni a flessione:

- Soll. di pannello:	σA = Mfac / W1 =	13.43 N/mm²
- Soll. di pannello:	σB = 12.49 N/mm²	
- Soll. di ala libera:	σC = -Mfac / W2 =	-20.14 N/mm²

Le sollecitazioni di pannello sono calcolate secondo DIN 19704, par.6.5.2.2.



Lato parall. alla trave:	a = 970 mm
Lato perp. alla trave:	b = 2500 mm
Sp. pannello:	Th = 15 mm
Pressione media:	p = 0.036 N/mm²
	b/a = 2.577
Coefficienti:	K1X = 25
	K1Y = 7.923
	K3X = 50
	K4X = 10.29
	K4Y = 34.3

Le sollecitazioni sono calcolate secondo la relazione: $\sigma = K / 100 \times p \times a^2 / th^2$

e valgono:

$\sigma 1X = \mp 37.636$ N/mm² $\quad \sigma 1Y = \mp 11.927$ N/mm²

$\sigma 3X = \pm 75.272$ N/mm² $\quad \sigma 3Y = \pm 22.582$ N/mm²

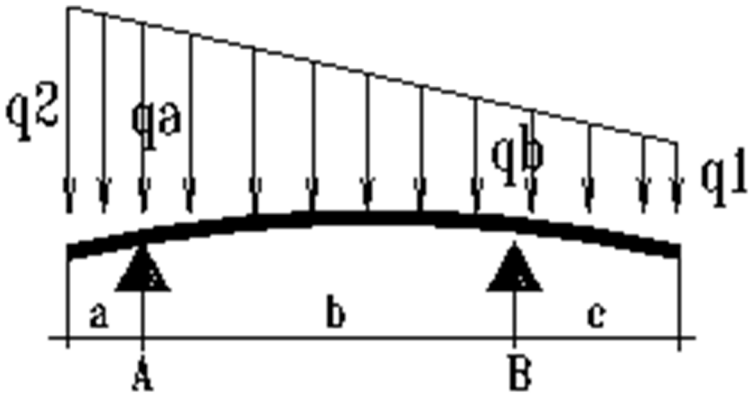
$\sigma 4X = \pm 15.491$ N/mm² $\quad \sigma 4Y = \pm 51.637$ N/mm²

Il massimo valore di sollecitazione composta è al bordo pannello sul lato perpendicolare alla trave:

$$\sigma Comp = \sqrt{(\sigma A + \sigma 3X)^2 + \sigma 3Y^2 - (\sigma A + \sigma 3X) \times \sigma 3Y} = 79.85 \text{ N/mm}^2$$

2.5 Verifica delle travi verticali

Schema di calcolo:



Sviluppo del mantello:

a = 645 mm
b = 2500 mm
c = 1465 mm
Interasse delle travi: 970 mm

Pressioni e carichi agenti sulla trave:

-	sulla soglia:	p2 = 0.0493 N/mm²	q2 = 47.86 N/mm
-	sulla trave A:	pA = 0.0452 N/mm²	qA = 43.85 N/mm
-	sulla trave B:	pB = 0.0255 N/mm²	qB = 24.78 N/mm
-	sul ciglio:	p1 = 0.0121 N/mm²	q1 = 11.71 N/mm

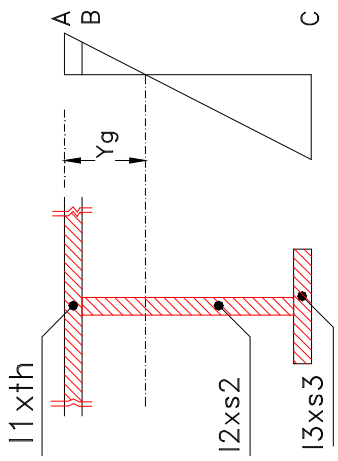
I massimi valori dei momenti flettenti sono:

-	sull'appoggio A:	MfA = 9.68 E+6 N mm
-	sull'appoggio B:	MfB = 17.24 E+6 N mm
-	nella campata centrale: (a distanza 1394 mm da B)	MCC = -13.71 E+6 N mm

La larghezza del mantello collaborante con la sezione resistente di trave è calcola-ta come sopra. Poiché il momento flettente si annulla nella campata centrale a di-stanza 483 mm dall'appoggio B, risulta in questo caso:

- L_{II} = 1465 + 483 = 1948 mm
- 2B = 970 mm
- L_{II}/B = 4.02
- ν_{II} = 0.51
- Larghezza collaborante = ν_{II} x 2B = 494 mm

Sezione resistente della trave:



Spessore del mantello: th = 15 mm

l2 = 350 mm
s2 = 10 mm

l3 = 150 mm
s3 = 15 mm

- Area: A = 13160 mm²
- Momento d'inerzia: Jg = 2.903 E+8 mm4
- Moduli di resistenza: W1 = 2.451 E+6 mm³
  W2 = 1.110 E+6 mm³
- Momento statico: Sg = 8.756 E+5 mm³
- Posizione baricentro: Yg = 118.4 mm

Massime sollecitazioni a flessione:

- Soll. lato pannello: σA = MfB / W1 = 7.04 N/mm²
- Soll. lato ala libera: σC = -MfB / W2 = -15.53 N/mm²

1.5. Verifica dei bracci

I bracci sono costituiti da strutture reticolari che, in questa fase, si considerano composte da tubi. Ciascun braccio ha due punti di vincolo su ogni trave verticale, pertanto risulta caricata a compressione dalle reazioni vincolari di cui al par. 2.3.

La forza più grande è data dal vincolo interno e vale: F = 304 kN.

Si ipotizza di utilizzare tubi di diametro 227 sp. 16 mm con due stralli intermedi, aventi le seguenti caratteristiche:

- Area: A = 10606 mm²
- Raggio d'inerzia: ρ = 74.8 mm
- Lunghezza totale: L = 6900 mm (ipotizzata)
- Lunghezza libera di inflessione: Lo = 2300 mm

Si ottiene:

- Snellezza: $\lambda = Lo/\rho =$ 30.75
- Coefficiente di sbandamento: $\omega =$ 1.06
- Max. soll. di compressione: $\sigma = \omega \times F / A =$ 30.38 N/mm²

1.6. Forze di manovra

Per il calcolo delle forze di manovra si considera un carico da monte pari a 5.03 m sulla soglia. In questo caso risulta:

- Carico totale sulla paratoia: Fm = 1977.289 kN

Coppia dovuta al peso

Peso della paratoia (stimato): P = 40000 kg = 400 kN

Braccio del baricentro in pos. chiusa: bc = 4533 mm

Braccio del baricentro in pos. aperta: ba = 5343 mm

Coppia dovuta al peso in pos. chiusa: Mpc = P x bc = 1813.2 kN m

Coppia dovuta al peso in pos. aperta: Mpa = P x ba = 2137.2 kN m

Coppia dovuta all'attrito degli snodi di rotazione

Diametro medio di rotazione: d = 250 mm

Coefficiente di attrito snodi autolubrif.: μ = 0.2

Coppia di attrito snodi: Mas = Fm x μ x d/2 = 49.4 kN m

Coppia dovuta all'attrito guarnizioni

Raggio di contatto guarnizioni laterali: Rg = 6950 mm

Pressione media sulle guarnizioni: Pm = 0.0327 N/mm²

Larghezza equivalente delle guarnizioni: Leq = 38.5 mm

Sviluppo guarnizioni laterali: Sv = 4610 mm

Coefficiente di attrito snodi guarnizioni: μ = 0.8

Coppia di attrito guarnizioni: Mag = 2 x Pm x Leq x Sv x μ Rg = 65 kN m

Coppia totale in sollevamento

Allo spunto: Mstot = Mpc + 1.2 x (Mas + Mag) = 1930 kN m

A paratoia aperta: Matot = Mpa = 2137 kN m

Cilindri oleodinamici di manovra

Si ipotizza di adottare N° 2 cilindri oleodinamici aventi alesaggio 200 mm, con diametro asta di 90 mm.

Braccio dei meccanismi di manovra allo spunto: Bs = 4.348 m

Braccio dei meccanismi a paratoia aperta: Ba = 4.863 m

Sezione utile di lavoro dei cilindri: A = 25041 mm²

Forza su ciascun cilindro allo spunto: Fcs = Mstot / (2 x Bs) = 222 kN

Pressione di manovra: p = Fcs / A = 88.6 bar

Forza su ciascun cilindro a paratoia aperta: Fca = Matot / (2 x Ba) = 219 kN

Pressione di manovra: p = Fcs / A =87 bar

Pressione di manovra

Si considera pertanto di operare con una pressione massima di lavoro pari a :

- Pressione massima di lavoro in apertura (lato stelo) : 100 bar
- Forza sviluppata da ciascun cilindro (in apertura) : 25041.5 kN

3 PANCONATURE PER LE PARATOIE A SETTORE

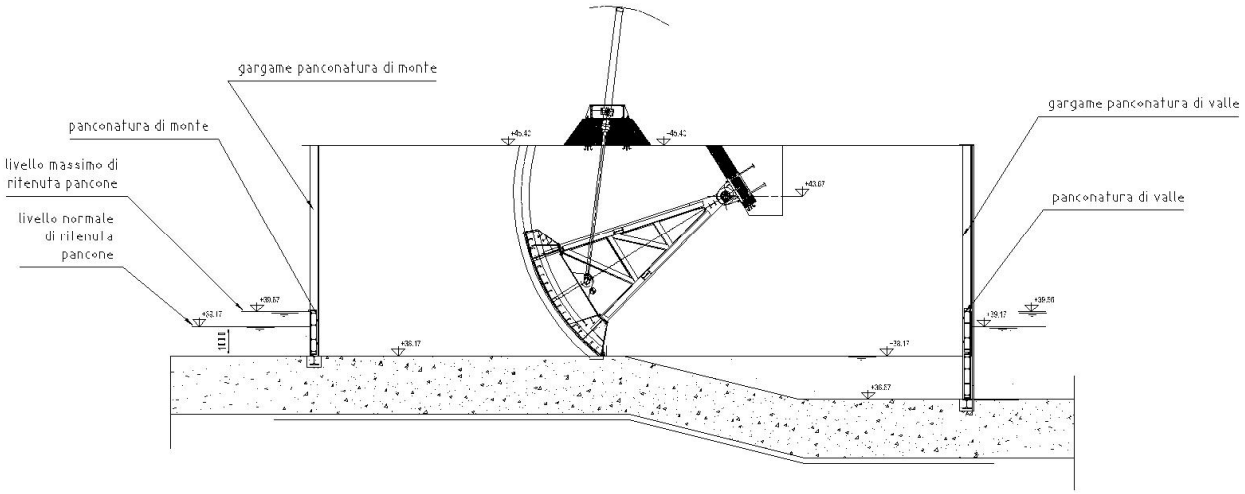
3.1 Premessa

Si considera che le operazioni di manutenzione vengano programmate in una condizione di portata minima del canale, escludendo pertanto di operare, ai fini della sicurezza, con un carico idraulico superiore al corrispondente di un “tirante idraulico” pari a 1m. In tal caso, considerando un franco di sicurezza pari a 0,5 m si considera per il lato di monte di utilizzare un unico pancone di altezza pari a 1,5 m.

La stessa analisi vale per la panconatura di valle. L’unica differenza consiste nella presenza della depressione che si realizza a valle delle paratoie a settore; in tal caso saranno necessari n° 2 elementi sovrapposti.

Il pancone inferiore, immerso nella depressione compensa gli sforzi per la presenza dell’acqua da entrambi i lati. Il pancone superiore invece opererà nelle stesse condizioni di quello inserito a monte della paratoia a settore intercettata e quindi con un carico idraulico corrispondente al “tirante idraulico2 pari a 1m, sempre con un “franco pari a 0,5 m.

Tale condizione operativa dovrà essere osservata nel corso delle operazioni di manutenzione straordinaria della struttura della paratoia.



3.2 Caratteristiche principali

- larghezza libera della luce: 13.60 m
- altezza di ritenuta: 1.5 m
- altezza di ogni elemento: 1.5 m
- numero di elementi di pancone per ogni luce di monte : 1
- numero di elementi di panconi per ogni luce di valle: 2
- quota di soglia della panconatura di monte: 36.17 m s.m.
- quota di soglia della panconatura di valle: 36.67 m s.m.
- carico normale di progetto: 1 m
- carico massimo considerato: 1.5m
- quota livello normale trattenuta: 39.17 m s.m.
- quota livello massimo trattenuta: 39.67 m s.m.
- Norme di calcolo: DIN 19704
-

3.3 Materiali e sollecitazioni ammissibili

Materiale del mantello UNI EN 10025 S355 J2G3

- Carico minimo di rottura: 510 N/mm²
- Carico di snervamento (per sp. da 10 a 40 mm): 345 N/mm²
- Sollecitazione normale ammissibile a flessione: 240 N/mm²

Materiale delle travi UNI EN 10025 S355 J2G3

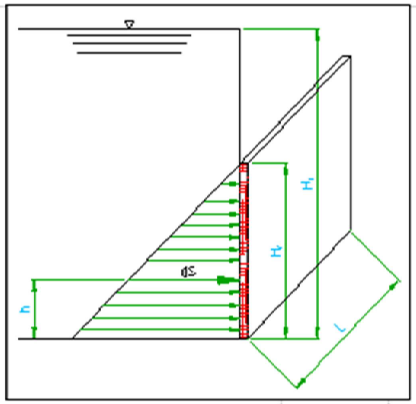
- Carico minimo di rottura: 510 N/mm²
- Carico di snervamento (per sp. da 10 a 40 mm): 345 N/mm²
- Sollecitazione normale ammissibile a flessione: 240 N/mm²

PANCONATURA BISAGNO

Altezza acqua	H_1=	1500	mm
Altezza paratoia	H_2=	1500	mm
Larghezza paratoia	L=	13600	mm
Densità acqua	γ=	1	kg/dm^3
Spinta	dS=	15,300	ton
Altezza spinta	h=	500,00	mm
altezza paratoia da considerare da terra	H_2^1=	500	mm
spinta su porzione di paratoia considerata	dS^1=	8,500	ton
altezza spinta su porz. di paratoia consid.	h^1=	233,33	mm
Sigma ammissibile		160	N/mm^2
N° travi in totale		4	
Mometo flettente max su totale paratoia	Mf_{max}=	260.100	Nm
Modulo max su totale Paratoia	W_{max}=	406,406	cm^3
N° travi su porz. Paratoia		2	
Mometo flettente max su porz. paratoia	Mf_{max}=	144.500	Nm
Modulo max su porz. paratoia	W_{max}=	451,563	cm^3
Profilo paratoia		HEB 200	
Modulo amm. su profilo	W_{amm}=	569,6	cm^3
Momento d'inerzia asse X trave desiderata	J_x=	5696	cm^4
Freccia massima	F_{max}=	116,3738	mm

VERIFICATA

VERIFICATA



PESO PARATOIA APPROSSIMATIVO		
Lamiera frontale Sp.	8	mm
Travi verticali	10	num.
Peso Lamiera	1.281	kg
Peso Travi	4.254	kg
Percentuale correzione	15	%
TOTALE	6.366	kg

Fattore di attrito	0,2	
Spinta per attrito	3.060	kg

TRAZIONE PER POTER ALZARE LA PARATOIA		
Zavorra	0	kg
TOTALE	9.426	kg

MANDATARIA
MANDANTI
Ing. Mario Cangiano
Ing. Francesco de Sanctis
Ing. Paolo Gallo
Dott.ssa Francesca Giorni