

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA
SEZIONE DI INGEGNERIA NAVALE

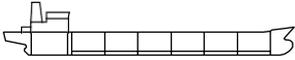


VITTORIO BUCCI, LUCA BRAIDOTTI, SERENA BERTAGNA

LABORATORIO DI SOFTWARE NAVALI

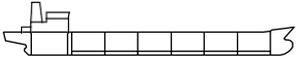
GUIDA ALLE ESERCITAZIONI

TRIESTE, 28 FEBBRAIO 2023



Sommario

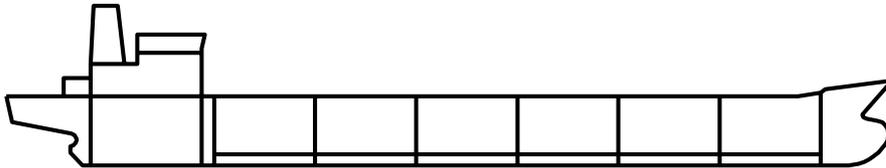
DESCRIZIONE DELLA NAVE BASE	2
Caratteristiche principali dello scafo	3
Caratteristiche geometriche della sezione maestra	3
Profilo della sezione maestra	3
PIANO DI CAPACITÀ.....	4
Suddivisione longitudinale dei volumi	4
Suddivisione longitudinale dei volumi	5
RILEVATO DELLE SEMILARGHEZZE.....	6
Tabella 1 di 3 – dalla WL 01 alla WL 08	7
Tabella 2 di 3 – dalla WL 09 alla WL 16	8
Tabella 3 di 3 – dalla WL 17 alla WL 19	9
CARENE DRITTE.....	10
BONJEAN.....	12
Tabella 1 di 2 – da FR 01 a FR 20	13
Tabella 2 di 2 – da FR 21 a FR 40	14
CONDIZIONI DI CARICAZIONE DI PROGETTO	15
Castello dei pesi	15
Pieno carico normale (PCN)	15
Zavorra pesante (ZAV)	15
CASTELLO DEI PESI	16
Condizione di caricazione di progetto: pieno carico normale	16
Condizione di caricazione di progetto: zavorra pesante	17
CONDIZIONE DI EQUILIBRIO.....	8
CURVE DI PIENEZZA	9
CURVA DI PIENEZZA.....	20
Condizione di caricazione di progetto: pieno carico normale	20
Condizione di caricazione di progetto: zavorra pesante	21
DESCRIZIONE DELLA NAVE MODELLO	22
Caratteristiche principali della nave e del progetto strutturale	22
PIANO DEI FERRI DELLA NAVE MODELLO	23
Sezione Maestra - geometria	24
Sezione Maestra - dimensionamento	25
Costola rinforzata.....	26
Paratia stagna trasversale (1).....	27



Paratia stagna trasversale (2).....	28
Sezione longitudinale in mezzeria.....	29
Ponte di coperta.....	30
Cielo del doppio fondo	31
Sviluppo del fasciame	32



DESCRIZIONE DELLA NAVE BASE



Tipo di nave	Nave Cisterna
Classifica RINA	Oil tanker ESP – C ☒ – unrestricted navigation ex notazione “Cst (oil) – ★100 A 1.1 – Nav. IL”

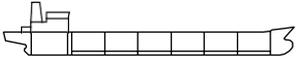
Nave cisterna monoelica per trasporto di prodotti petroliferi.

Le sovrastrutture e l'apparato motore sono collocati a poppa del corpo delle cisterne, la zona adibita al carico è centrale e divisa in n.6 cisterne di uguale lunghezza.

La nave è adibita al trasporto alla rinfusa, in stive strutturali, di petrolio greggio o di altri prodotti petroliferi allo stato liquido, a pressione atmosferica e a temperatura ambiente o riscaldati, aventi qualsiasi grado di infiammabilità.

Le cisterne del carico sono del tipo a doppio fondo e a doppia murata, non sono presenti paratie stagne centrali né paratie di sbattimento trasversali o longitudinali. L'ubicazione e le dimensioni delle stesse soddisfano le regole dell'Annesso I della MARPOL 73/78.

La struttura della nave è interamente di tipo longitudinale, le paratie stagne trasversali sono a superficie semplice con travi rinforzate verticali.



Caratteristiche principali dello scafo

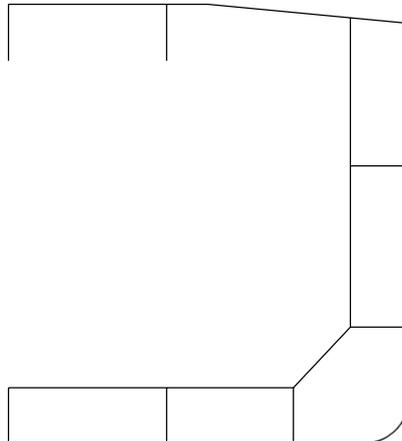
Caratteristiche principali dello scafo

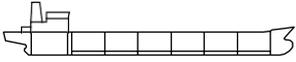
lunghezza tra le perpendicolari	L_{pp}	121,80 m
lunghezza al galleggiamento	L_{wl}	125,30 m
lunghezza fuori tutto	L_{oa}	130,80 m
larghezza fuori ossatura	B	18,90 m
altezza di costruzione	D	10,00 m
immersione di progetto	T	6,60 m
volume fuori ossatura corrispondente a T	∇_T	11673 m ³
coefficiente di finezza	c_B	0,77
velocità di servizio	v_s	17,5 nodi

Caratteristiche geometriche della sezione maestra

altezza di bolzone a B/4 dalla murata	450 mm
raggio di curvatura del ginocchio	1000 mm
altezza doppio fondo	1300 mm
larghezza doppia murata	1350 mm
inclinazione cassa bassa	~ 45°
larghezza della platea	13500 mm

Profilo della sezione maestra





Suddivisione longitudinale dei volumi

Il prospetto indica la suddivisione longitudinale dei compartimenti stagni e la destinazione funzionale dei singoli compartimenti.

Le ascisse sono misurate dalla perpendicolare addietro in [m].

	0,000	Gavone di poppa
Corpo poppiero	6,400	L.A..M.
	22,350	Intercapedine
	25,350	Stiva # 06
Corpo delle stive	40,350	Stiva # 05
	55,350	Stiva # 04
	70,350	Stiva # 03
	85,350	Stiva # 02
	100,350	Stiva # 01
	115,350	
Corpo prodiero		Gavone di prora
	121,800	



RILEVATO DELLE SEMILARGHEZZE

Nelle pagine a seguire sono riportate le semilarghezze della carena della nave cisterna, rilevate sulle sezioni trasversali e sulle linee d'acqua di seguito elencate (senza considerare le sovrastrutture stagne, il bolzone e il castello di poppa). Per le seguenti tabelle vale la seguente nomenclatura:

- FR sigla della sezione trasversale
- x ascissa della sezione trasversale misurata dalla E_{Pp} in [m] (le ascisse sono indicate sino al decimo di millimetro perché coincidono con quelle di calcolo)
- WL sigla della linea d'acqua
- T altezza della linea d'acqua misurata dalla linea di base in [m]

	FR	X	FR	X	FR	X
	01	0,0000	15	23,2500	28	107,8500
	02	1,1625	16	27,9000	29	112,5000
	03	2,3250	17	32,5500	30	114,8250
	04	3,4875	18	37,2000	31	117,1500
PpAD	05	4,6500	19 CC	41,8500	32	119,4750
	06	5,8125	20 CC	52,5375	33	121,8000
	07	6,9750	21 CC	63,2250	34	122,9625
	08	8,1375	(Pp M --- CC	65,5500)	35	124,1250
	09	9,3000	22 CC	73,9125	36	125,2875
	10	11,6250	23 CC	84,6000	PpAV 37	126,4500
	11	13,9500	24 CC	89,2500	38	127,6125
	12	16,2750	25	93,9000	39	128,7750
	13	18,6000	26	98,5500	40	130,8000
	14	20,9250	27	103,2000		

	WL	T	WL	T	WL	T
	01	1,000	08	4,500	15	8,000
	02	1,500	09	5,000	16	8,500
	03	2,000	10	5,500	17	9,000
	04	2,500	11	6,000	18	9,500
	05	3,000	12	6,500	19	10.000
	06	3,500	13	7,000		
	07	4,000	14	7,500		

Il tabulato delle semilarghezze riporta, in corrispondenza di ogni linea d'acqua, l'elenco delle semilarghezze a partire dal primo trasversale di poppa; tutte le grandezze sono misurate in [m] (le semilarghezze sono indicate sino al decimo di millimetro perché coincidono con quelle di calcolo).



Tabella 1 di 3 – dalla WL 01 alla WL 08

WL 01									
0	0	0	0	0	0	0	0	0,6717	1,1272
1,6281	2,186	2,835	3,575	4,5542	6,6264	7,7194	8,152	8,2203	8,2203
8,2203	8,2203	8,2203	8,2203	7,9926	7,0818	5,7155	4,2923	3,0399	2,5162
2,038	1,6509	1,2866	1,1272	0,9564	0,7856	0,6262	0,444	0	0
WL 02									
0	0	0	0	0	0	0	0,4213	0,7856	1,2638
1,8672	2,5845	3,4157	4,52	5,818	7,5486	8,3797	8,6985	8,7441	8,7441
8,7441	8,7441	8,7441	8,7441	8,5733	7,7877	6,467	4,9755	3,6092	3,0172
2,5048	2,0494	1,6395	1,4346	1,241	1,0475	0,8539	0,6717	0,444	0
WL 03									
0	0	0	0	0	0	0	0,4213	0,7742	1,3663
1,9811	3,0172	4,2582	5,7269	6,8427	8,1748	8,801	9,0173	9,0629	9,0629
9,0629	9,0629	9,0629	9,0629	8,9376	8,2886	7,0476	5,4992	4,0419	3,4157
2,8464	2,3113	1,89	1,6737	1,4687	1,2638	1,0475	0,8425	0,6376	0
WL 04									
0	0	0	0	0	0	0	0,2619	0,7173	1,4687
2,4251	3,8483	5,4992	6,7402	7,6055	8,6302	9,0742	9,2223	9,245	9,245
9,245	9,245	9,245	9,245	9,1653	8,6644	7,5372	5,966	4,4176	3,7231
3,0855	2,5504	2,0722	1,8445	1,6281	1,4004	1,1613	0,9792	0,7514	0
WL 05									
0	0	0	0	0	0	0	0,1025	0,7059	1,6737
3,1538	5,2373	6,5922	7,5144	8,1862	8,9376	9,245	9,3361	9,3475	9,3475
9,3475	9,3475	9,3475	9,3475	9,302	8,949	7,9585	6,3873	4,7591	3,9963
3,2904	2,6984	2,1746	1,9469	1,7078	1,4915	1,2752	1,0589	0,8311	0
WL 06									
0	0	0	0	0	0	0	0,1252	0,8198	2,5845
4,9982	6,4442	7,4233	8,1179	8,6074	9,1653	9,3589	9,4044	9,4044	9,4044
9,4044	9,4044	9,4044	9,4044	9,3817	9,1653	8,3342	6,8199	5,1007	4,2582
3,4612	2,7781	2,1974	1,9583	1,7306	1,5143	1,2979	1,0816	0,8539	0
WL 07									
0	0	0	0	0	0	0	0,5237	2,0266	4,8161
6,319	7,3323	8,0154	8,5733	8,9262	9,3247	9,4044	9,4272	9,4272	9,4272
9,4272	9,4272	9,4272	9,4272	9,4272	9,3133	8,6644	7,2526	5,4423	4,52
3,632	2,8464	2,186	1,9128	1,6737	1,446	1,2296	1,0247	0,8198	0
WL 08									
0	0	0	0	0	0,501	2,391	3,7686	4,8161	6,262
7,2753	8,004	8,5277	8,9035	9,1653	9,393	9,4386	9,4386	9,45	9,45
9,45	9,45	9,45	9,45	9,45	9,393	8,9262	7,6852	5,8294	4,8161
3,8255	2,9261	2,1519	1,8217	1,5257	1,2752	1,0589	0,8539	0,6604	0

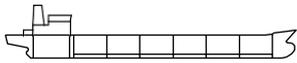


Tabella 2 di 3 – dalla WL 09 alla WL 16

WL 09									
0	0	0	1,5712	3,0285	4,1102	4,9868	5,7155	6,3076	7,2412
7,9585	8,505	8,8807	9,1426	9,3133	9,4386	9,45	9,45	9,45	9,45
9,45	9,45	9,45	9,45	9,45	9,4386	9,1426	8,1065	6,2393	5,1576
4,0532	3,0399	2,1177	1,7078	1,3093	0,9792	0,6945	0,4896	0,3416	0
WL 10									
0	2,5617	3,7572	4,6111	5,3398	5,9432	6,467	6,911	7,3095	7,9812
8,4936	8,8693	9,1312	9,302	9,4044	9,45	9,45	9,45	9,45	9,45
9,45	9,45	9,45	9,45	9,45	9,45	9,302	8,4822	6,6947	5,5561
4,372	3,2221	2,1291	1,6167	1,1272	0,6604	0,0342	0	0	0
WL 11									
0	5,169	5,7497	6,2734	6,7288	7,1273	7,4689	7,7877	8,0154	8,5277
8,8921	9,1426	9,302	9,393	9,4386	9,45	9,45	9,45	9,45	9,45
9,45	9,45	9,45	9,45	9,45	9,45	9,4044	8,801	7,1501	6,0002
4,7478	3,4726	2,2429	1,6737	1,1386	0,6376	0,1594	0	0	0
WL 12									
0	6,5808	7,0135	7,3778	7,7194	8,004	8,2545	8,4708	8,6644	8,9718
9,1881	9,3247	9,4044	9,45	9,45	9,45	9,45	9,45	9,45	9,45
9,45	9,45	9,45	9,45	9,45	9,45	9,45	9,0515	7,5827	6,4556
5,1804	3,8369	2,5162	1,89	1,3207	0,7856	0,3074	0	0	0
WL 13									
0	7,5144	7,8902	8,2203	8,4822	8,6871	8,8579	8,9945	9,097	9,2792
9,3703	9,4272	9,45	9,45	9,45	9,45	9,45	9,45	9,45	9,45
9,45	9,45	9,45	9,45	9,45	9,45	9,45	9,2223	7,9699	6,8996
5,6358	4,2696	2,9033	2,2429	1,6281	1,0589	0,5237	0	0	0
WL 14									
0	8,1748	8,5391	8,801	9,0059	9,1539	9,2564	9,3247	9,3817	9,4272
9,45	9,45	9,45	9,45	9,45	9,45	9,45	9,45	9,45	9,45
9,45	9,45	9,45	9,45	9,45	9,45	9,45	9,3361	8,2886	7,3209
6,114	4,7591	3,3701	2,6984	2,038	1,4004	0,8311	0,0569	0	0
WL 15									
0	8,5961	8,9148	9,1426	9,302	9,393	9,4386	9,45	9,45	9,45
9,45	9,45	9,45	9,45	9,45	9,45	9,45	9,45	9,45	9,45
9,45	9,45	9,45	9,45	9,45	9,45	9,45	9,4044	8,5733	7,6852
6,558	5,2487	3,8597	3,1652	2,4934	1,8331	1,1841	0,4896	0	0
WL 16									
0	8,801	9,0571	9,2336	9,3532	9,4158	9,4443	9,45	9,45	9,45
9,45	9,45	9,45	9,45	9,45	9,45	9,45	9,45	9,45	9,45
9,45	9,45	9,45	9,45	9,45	9,45	9,45	9,4272	8,7668	7,9755
6,9337	5,687	4,3265	3,632	2,9431	2,2657	1,5883	0,8767	0	0

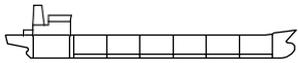


Tabella 3 di 3 – dalla WL 17 alla WL 19

WL 17									
0	9,0059	9,1995	9,3247	9,4044	9,4386	9,45	9,45	9,45	9,45
9,45	9,45	9,45	9,45	9,45	9,45	9,45	9,45	9,45	9,45
9,45	9,45	9,45	9,45	9,45	9,45	9,45	9,45	8,9604	8,2659
7,3095	6,1254	4,7933	4,0988	3,3929	2,6984	1,9925	1,2638	0	0
WL 18									
9,05	9,1141	9,2735	9,3645	9,4215	9,4443	9,45	9,45	9,45	9,45
9,45	9,45	9,45	9,45	9,45	9,45	9,45	9,45	9,45	9,45
9,45	9,45	9,45	9,45	9,45	9,45	9,45	9,45	9,0856	8,4765
7,5941	6,4726	5,1918	4,5086	3,8084	3,1082	2,4023	1,6623	0,5693	0
WL 19									
9,0742	9,2223	9,3475	9,4044	9,4386	9,45	9,45	9,45	9,45	9,45
9,45	9,45	9,45	9,45	9,45	9,45	9,45	9,45	9,45	9,45
9,45	9,45	9,45	9,45	9,45	9,45	9,45	9,45	9,2109	8,6871
7,8788	6,8199	5,5903	4,9185	4,224	3,5181	2,8122	2,0608	1,1386	0



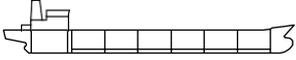
CARENE DRITTE

WL	T	A_w	x_F	V_{FO}	x_B	KB	C_B
	[m]	[m ²]	[m]	[m ³]	[m]	[m]	
1	1,00	1451,196	0,261	1104,778	0,058	0,578	0,480
2	1,50	1586,780	0,280	1865,960	0,148	0,854	0,540
3	2,00	1681,857	0,222	2684,806	0,181	1,128	0,583
4	2,50	1753,994	0,055	3544,360	0,173	1,401	0,616
5	3,00	1811,950	-0,218	4436,437	0,123	1,672	0,642
6	3,50	1865,133	-0,674	5355,780	0,028	1,943	0,665
7	4,00	1916,585	-1,330	6301,281	-0,124	2,214	0,684
8	4,50	1973,612	-2,261	7274,179	-0,349	2,487	0,702
9	5,00	2032,169	-3,405	8275,149	-0,645	2,761	0,719
10	5,50	2091,950	-4,618	9306,579	-1,025	3,037	0,735
11	6,00	2140,340	-5,218	10365,20	-1,427	3,314	0,750
12	6,50	2178,820	-5,464	11445,29	-1,798	3,591	0,765
13	7,00	2210,216	-5,508	12542,84	-2,122	3,868	0,778
14	7,50	2235,804	-5,384	13654,56	-2,394	4,143	0,791
15	8,00	2256,285	-5,107	14777,79	-2,612	4,417	0,802
16	8,50	2270,614	-4,760	15909,88	-2,772	4,690	0,813
17	9,00	2285,404	-4,477	17049,14	-2,901	4,961	0,823
18	9,50	2302,740	-4,317	18195,30	-2,991	5,231	0,832
19	10,00	2316,370	-4,102	19349,20	-3,062	5,501	0,841

Le ascisse x_F e x_B sono misurate dalla PpM (positive verso prora).



WL	T	BM _T	BM _L	W _s	A _M	DU	MU
	[m]	[m]	[m]	[m ²]	[m ²]	[t/cm]	[t · m/cm]
1	1,00	24,707	954,593	1504,303	12,809	14,918	89,010
2	1,50	18,218	647,816	1693,394	21,308	16,312	102,023
3	2,00	14,546	494,122	1856,109	30,229	17,289	111,968
4	2,50	12,091	403,420	2008,393	39,389	18,031	120,682
5	3,00	10,323	343,804	2156,301	48,692	18,627	128,733
6	3,50	9,015	303,679	2307,355	58,071	19,174	137,272
7	4,00	8,000	276,065	2463,215	67,489	19,702	146,820
8	4,50	7,219	258,131	2634,309	76,930	20,289	158,479
9	5,00	6,582	245,950	2812,270	86,382	20,891	171,778
10	5,50	6,071	237,043	2994,304	95,832	21,505	186,193
11	6,00	5,650	226,468	3160,732	105,282	22,003	198,121
12	6,50	5,288	215,009	3316,875	114,732	22,398	207,697
13	7,00	4,957	203,884	3467,792	124,182	22,721	215,837
14	7,50	4,649	193,327	3616,592	133,632	22,984	222,801
15	8,00	4,354	183,402	3762,753	143,082	23,195	228,750
16	8,50	4,080	173,654	3903,716	152,532	23,342	233,184
17	9,00	3,834	165,056	4050,914	161,982	23,494	237,509
18	9,50	3,624	158,163	4216,846	171,432	23,672	242,891
19	10,00	3,431	151,309	4364,020	180,882	23,812	247,100



BONJEAN

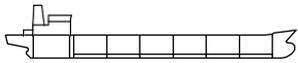
Nelle pagine a seguire sono riportate le aree immerse in [m²] rilevate sulle stesse sezioni trasversali utilizzate per la lettura delle semilarghezze.



Tabella 1 di 2 – da FR 01 a FR 20

WL	FR 1	FR 2	FR 3	FR 4	FR 5	FR 6	FR 7	FR 8	FR 9	FR 10
1,00	0	0	0	0	0	0	0	0	0,476	1,573
1,50	0	0	0	0	0	0	0	0,246	1,215	2,771
2,00	0	0	0	0	0	0	0	0,702	2,006	4,089
2,50	0	0	0	0	0	0	0	1,044	2,748	5,498
3,00	0	0	0	0	0	0	0	1,226	3,456	7,061
3,50	0	0	0	0	0	0	0	1,309	4,127	9,08
4,00	0	0	0	0	0	0	0	1,602	5,459	12,67
4,50	0	0	0	0	0	0	1,178	3,856	8,989	18,248
5,00	0	0	0	0,524	1,01	2,038	4,85	8,706	14,659	25,039
5,50	0	1,277	2,026	3,73	5,271	7,119	10,617	15,046	21,492	32,666
6,00	0	5,139	6,926	9,287	11,382	13,708	17,625	22,422	29,179	40,937
6,50	0	11,053	13,34	16,134	18,625	21,29	25,502	30,564	37,537	49,698
7,00	0	18,141	20,824	23,955	26,745	29,652	34,073	39,31	46,436	58,835
7,50	0	26,005	29,062	32,486	35,508	38,591	43,148	48,487	55,693	68,198
8,00	0	34,411	37,811	41,477	44,68	47,884	52,514	57,891	65,127	77,647
9,00	0	52,013	55,925	59,945	63,387	66,715	71,402	76,791	84,027	96,547
10,00	15,091	70,241	74,472	78,674	82,23	85,604	90,302	95,691	102,927	115,447

WL	FR 11	FR 12	FR 13	FR 14	FR 15	FR 16	FR 17	FR 18	FR 19	FR 20
1,00	2,416	3,26	4,167	5,209	6,431	9,45	11,811	12,68	12,809	12,809
1,50	4,174	5,642	7,271	9,234	11,637	16,562	19,88	21,124	21,308	21,308
2,00	6,108	8,44	11,086	14,336	17,987	24,449	28,49	30,001	30,229	30,229
2,50	8,288	11,827	15,977	20,59	25,227	32,863	37,436	39,128	39,389	39,389
3,00	11,053	16,323	22,035	27,737	33,138	41,66	46,605	48,415	48,692	48,692
3,50	15,173	22,19	29,063	35,565	41,543	50,717	55,912	57,789	58,071	58,071
4,00	20,875	29,105	36,802	43,923	50,318	59,967	65,3	67,209	67,489	67,489
4,50	27,695	36,788	45,087	52,669	59,372	69,328	74,723	76,642	76,93	76,93
5,00	35,335	45,056	53,804	61,7	68,618	78,746	84,169	86,086	86,382	86,382
5,50	43,572	53,751	62,817	70,928	77,982	88,191	93,619	95,536	95,832	95,832
6,00	52,276	62,764	72,04	80,281	87,408	97,642	103,069	104,986	105,282	105,282
6,50	61,326	72,005	81,398	89,707	96,854	107,092	112,519	114,436	114,732	114,732
7,00	70,615	81,387	90,83	99,162	106,304	116,542	121,969	123,886	124,182	124,182
7,50	80,032	90,828	100,28	108,612	115,754	125,992	131,419	133,336	133,632	133,632
8,00	89,488	100,28	109,73	118,062	125,204	135,442	140,869	142,786	143,082	143,082
9,00	108,388	119,18	128,63	136,962	144,104	154,342	159,769	161,686	161,982	161,982
10,00	127,288	138,08	147,53	155,862	163,004	173,242	178,669	180,586	180,882	180,882

**Tabella 2 di 2 – da FR 21 a FR 40**

WL	FR 21	FR 22	FR 23	FR 24	FR 25	FR 26	FR 27	FR 28	FR 29	FR 30
1,00	12,809	12,809	12,809	12,809	12,425	10,778	8,558	6,163	4,118	3,304
1,50	21,308	21,308	21,308	21,308	20,726	18,23	14,664	10,811	7,454	6,079
2,00	30,229	30,229	30,229	30,229	29,5	26,285	21,435	16,061	11,291	9,304
2,50	39,389	39,389	39,389	39,389	38,559	34,769	28,733	21,798	15,523	12,876
3,00	48,692	48,692	48,692	48,692	47,8	43,584	36,487	27,978	20,114	16,739
3,50	58,071	58,071	58,071	58,071	57,145	52,647	44,637	34,582	25,044	20,866
4,00	67,489	67,489	67,489	67,489	66,552	61,892	53,14	41,618	30,316	25,255
4,50	76,93	76,93	76,93	76,93	75,993	71,248	61,939	49,088	35,95	29,919
5,00	86,382	86,382	86,382	86,382	85,445	80,666	70,977	56,984	41,982	34,902
5,50	95,832	95,832	95,832	95,832	94,895	90,111	80,204	65,284	48,449	40,255
6,00	105,282	105,282	105,282	105,282	104,345	99,562	89,562	73,93	55,372	46,03
6,50	114,732	114,732	114,732	114,732	113,795	109,012	98,993	82,863	62,742	52,259
7,00	124,182	124,182	124,182	124,182	123,245	118,462	108,447	92,006	70,522	58,937
7,50	133,632	133,632	133,632	133,632	132,695	127,912	117,897	101,289	78,654	66,052
8,00	143,082	143,082	143,082	143,082	142,145	137,362	127,347	110,663	87,088	73,56
9,00	161,982	161,982	161,982	161,982	161,045	156,262	146,247	129,518	104,621	89,511
10,00	180,882	180,882	180,882	180,882	179,945	175,162	165,147	148,418	122,793	106,464

WL	FR 31	FR 32	FR 33	FR 34	FR 35	FR 36	FR 37	FR 38	FR 39	FR 40
1,00	2,622	2,095	1,6	1,387	1,154	0,841	0,518	0,233	0	0
1,50	4,904	3,956	3,071	2,674	2,257	1,761	1,261	0,796	0,243	0
2,00	7,59	6,148	4,845	4,234	3,617	2,92	2,214	1,558	0,805	0
2,50	10,559	8,587	6,832	5,998	5,172	4,256	3,319	2,473	1,502	0
3,00	13,75	11,219	8,962	7,9	6,846	5,706	4,537	3,497	2,296	0
3,50	17,126	13,958	11,151	9,857	8,572	7,217	5,831	4,574	3,143	0
4,00	20,672	16,771	13,346	11,797	10,281	8,704	7,103	5,634	3,985	0
4,50	24,398	19,654	15,515	13,667	11,886	10,075	8,263	6,589	4,738	0
5,00	28,335	22,635	17,649	15,433	13,31	11,213	9,156	7,277	5,252	0
5,50	32,543	25,76	19,764	17,083	14,512	12,008	9,455	7,44	5,366	0
6,00	37,098	29,102	21,942	18,716	15,629	12,632	9,486	7,44	5,366	0
6,50	42,06	32,751	24,312	20,486	16,848	13,334	9,714	7,44	5,366	0
7,00	47,466	36,798	27,012	22,542	18,312	14,245	10,124	7,44	5,366	0
7,50	53,344	41,313	30,147	25,011	20,141	15,467	10,797	7,44	5,366	0
8,00	59,683	46,316	33,76	27,942	22,403	17,077	11,801	7,679	5,366	0
9,00	73,55	57,69	42,413	35,206	28,289	21,608	14,978	9,433	5,366	0
10,00	88,738	70,636	52,797	44,223	35,906	27,825	19,782	12,757	6,505	0



CONDIZIONI DI CARICAZIONE DI PROGETTO

Castello dei pesi

L'analisi della robustezza dello scafo viene effettuata con riferimento alle due condizioni di caricazione estreme fra quelle previste per la normale navigazione: una condizione di pieno carico e una condizione di zavorra. Si ritiene infatti che, a confronto con le altre possibili e programmabili condizioni di caricazione, queste siano quelle più gravose per le strutture dello scafo.

La previsione del castello dei pesi per le due condizioni di caricazione di progetto si basa su valutazioni provvisorie sia del peso dello scafo che del peso degli allestimenti; anche il peso dei consumabili è stimato. Tali assunzioni possono ritenersi affidabili per la fase preliminare del progetto.

Pieno carico normale (PCN)

La condizione di pieno carico normale è quella definita in fase di progetto come la condizione di caricazione a saturazione del volume con la massima portata netta. Il peso dei consumabili è quello massimo, ossia alla partenza. Si prevede che questa condizione di caricazione fornisca il massimo inarcamento della nave. L'altezza del baricentro dei pesi è stimata pari a 5,50 m.

Zavorra pesante (ZAV)

La condizione di zavorra presa in considerazione si riferisce alla modalità di navigazione in mare ondosio di elevata severità. Allo scopo di ottenere una sicura navigazione vengono riempite sia le casse di zavorra poste nel doppiofondo e nella doppia murata, sia le cisterne di estrema prora. Tale condizione risulta estremamente gravosa per la non omogenea distribuzione longitudinale dei pesi —è da ritenersi infatti poco frequente— e viene assunta come condizione di zavorramento estrema. L'altezza del baricentro dei pesi è stimata pari a 2,50 m.

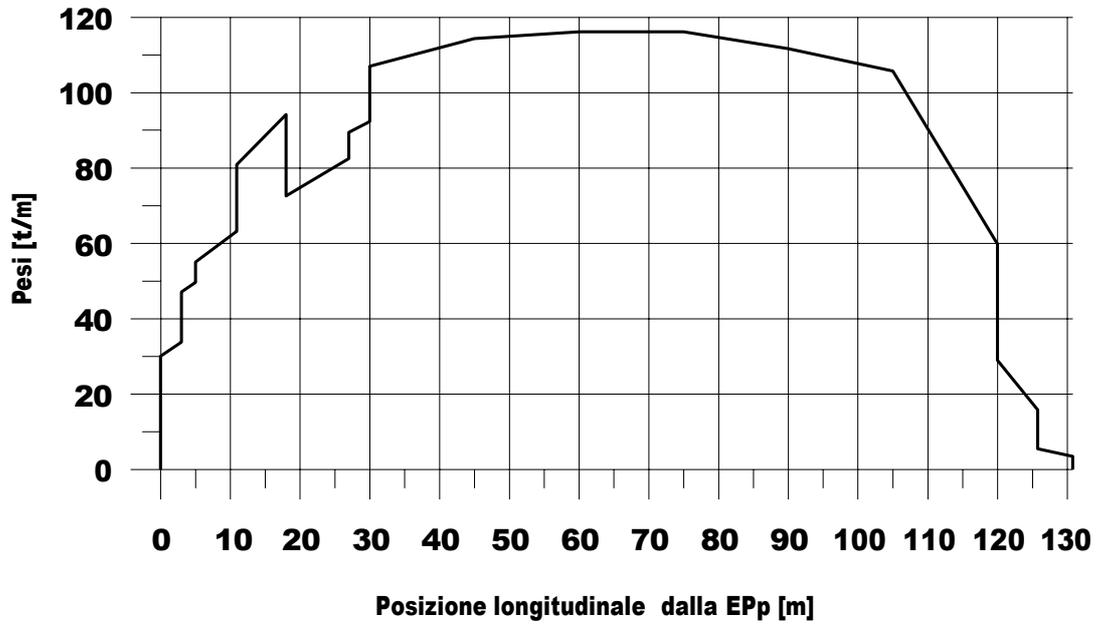
Nelle pagine a seguire sono riportati, per le due condizioni di caricazione di progetto, i castelli dei pesi in forma grafica e tabulare. Il tabulato dei pesi, utile per i calcoli di robustezza longitudinale, si riferisce ai pesi raggruppati in modo tale da rappresentare la spezzata con cui viene espresso il castello. Vale la seguente nomenclatura:

- (i) numero identificativo del peso distribuito
- $p(i)$ valore del peso distribuito in [t]
- $x1(i)$ ascissa iniziale della distribuzione del peso dalla EPP in [m]
- $x2(i)$ ascissa finale della distribuzione del peso dalla EPP in [m]
- $e(i)$ eccentricità della distribuzione del peso (positiva verso prora)

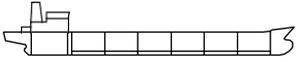


CASTELLO DEI PESI

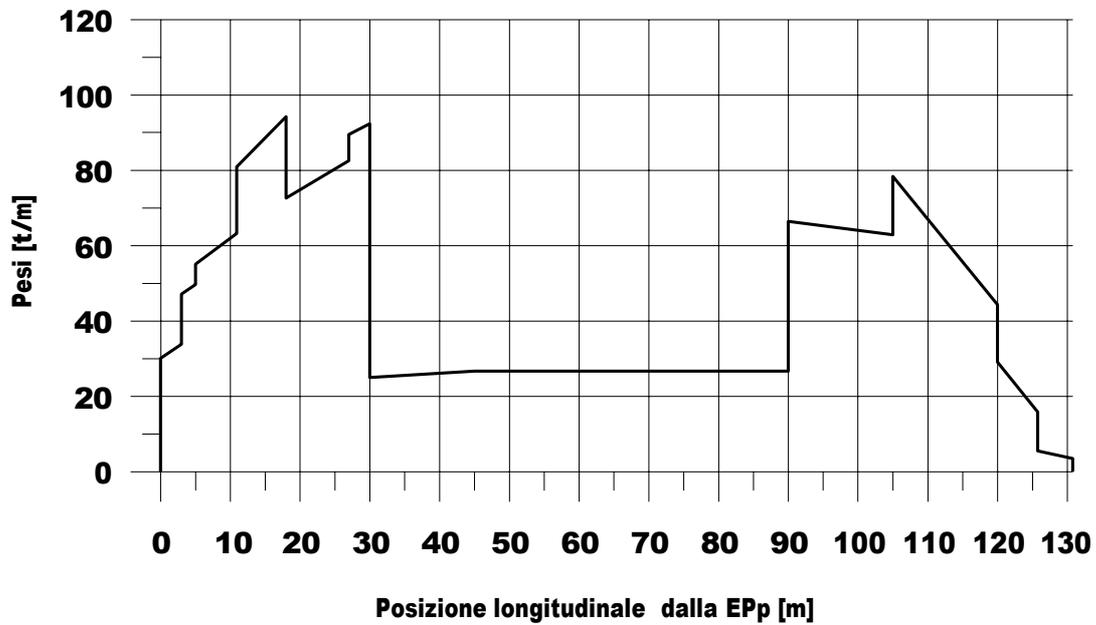
Condizione di caricazione di progetto: pieno carico normale



(i)	p(i)	x1(i)	x2(i)	e(i)
1	96,0	0,0	3,0	0,029
2	96,8	3,0	5,0	0,009
3	349,0	5,0	10,9	0,068
4	621,9	10,9	18,0	0,090
5	698,4	18,0	27,0	0,096
6	272,8	27,0	30,0	0,008
7	1661,9	30,0	45,0	0,085
8	1728,5	45,0	60,0	0,021
9	1742,5	60,0	75,0	0,000
10	1708,3	75,0	90,0	-0,049
11	1630,5	90,0	105,0	-0,068
12	1241,9	105,0	120,0	-0,693
13	129,9	120,0	125,8	-0,283
14	22,4	125,8	130,8	-0,189



Condizione di caricazione di progetto: zavorra pesante

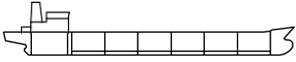


(i)	p(i)	x1(i)	x2(i)	e(i)
1	96,0	0,0	3,0	0,029
2	96,8	3,0	5,0	0,009
3	349,1	5,0	10,9	0,068
4	621,9	10,9	18,0	0,090
5	698,4	18,0	27,0	0,096
6	272,8	27,0	30,0	0,008
7	387,5	30,0	45,0	0,081
8	400,0	45,0	60,0	0,000
9	400,0	60,0	75,0	0,000
10	400,0	75,0	90,0	0,000
11	970,0	90,0	105,0	-0,068
12	920,0	105,0	120,0	-0,693
13	91,6	120,0	125,8	-0,331
14	61,0	120,0	130,8	-0,698

**CONDIZIONE DI EQUILIBRIO****per le condizioni di caricazione di progetto**

Le condizioni di equilibrio della nave per le caricazioni di progetto sono riportate nelle seguenti tabelle, complete delle informazioni riguardanti la stabilità della nave.

	condizione di caricazione	
	PCN	ZAV
immersione media T_m	6,605 m	3,635 m
KG	5,500 m	2,500 m
X_G (dalla PpM)	-1,874 m	-5,238 m
dislocamento	12000,800 t	5765,100 t
assetto	0,002 m	2,076 m
angolo di assetto	0,001 °	0,977 °
X_F (dalla PpM)	-5,489 m	-3,432 m
KF	6,605 m	3,659 m
X_B (dalla PpM)	-1,874 m	-5,245 m
KB	3,649 m	2,061 m
BM_T	5,216 m	8,891 m
BM_L	212,632 m	321,748 m
A_w	2185,897 m ²	1929,771 m ²
GM	3,365 m	8,453 m
Immersione poppiera T_{AD}	6,606 m	4,638 m
Immersione prodiera T_{AV}	6,604 m	2,562 m

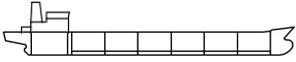


CURVE DI PIENEZZA **relative alle cariche di progetto**

Nelle pagine a seguire sono riportate, per le due condizioni di caricazione di progetto, le curve di pienezza in forma grafica e tabulare. La tabella, utile per i calcoli di robustezza longitudinale, si riferisce alle ascisse delle sezioni trasversali di calcolo. Vale la seguente nomenclatura:

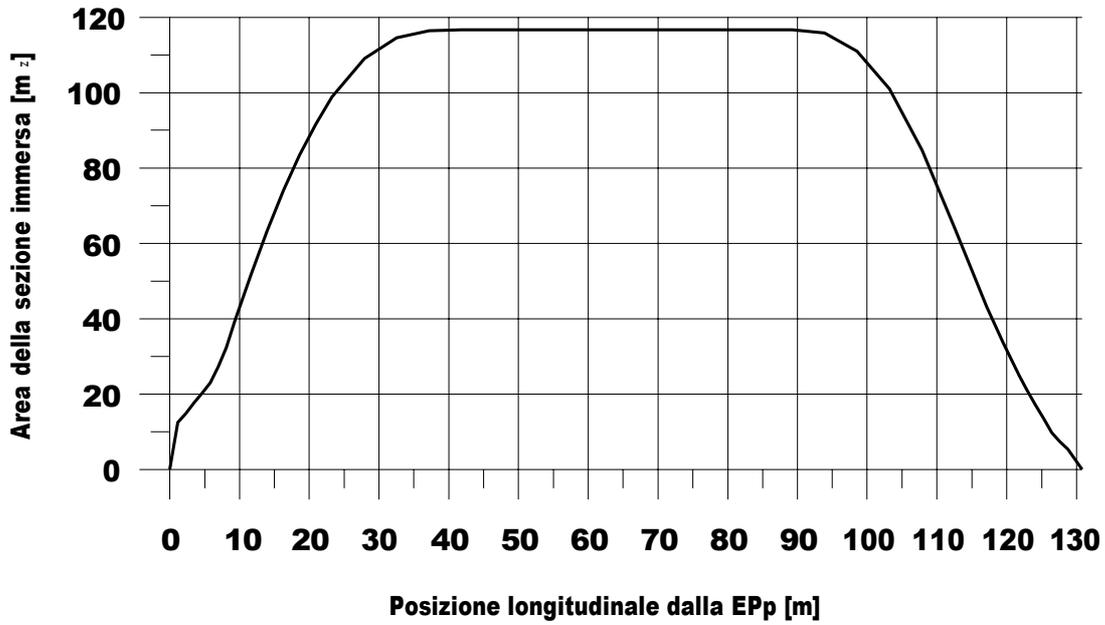
- x ascissa della sezione misurata dalla EPP in [m]
- A(x) area della sezione immersa in [m²]

Il diagramma delle spinte va calcolato dalla curva di pienezza utilizzando per il peso dell'acqua di mare il valore corretto di 1,028 t/m³.

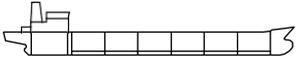


CURVA DI PIENEZZA

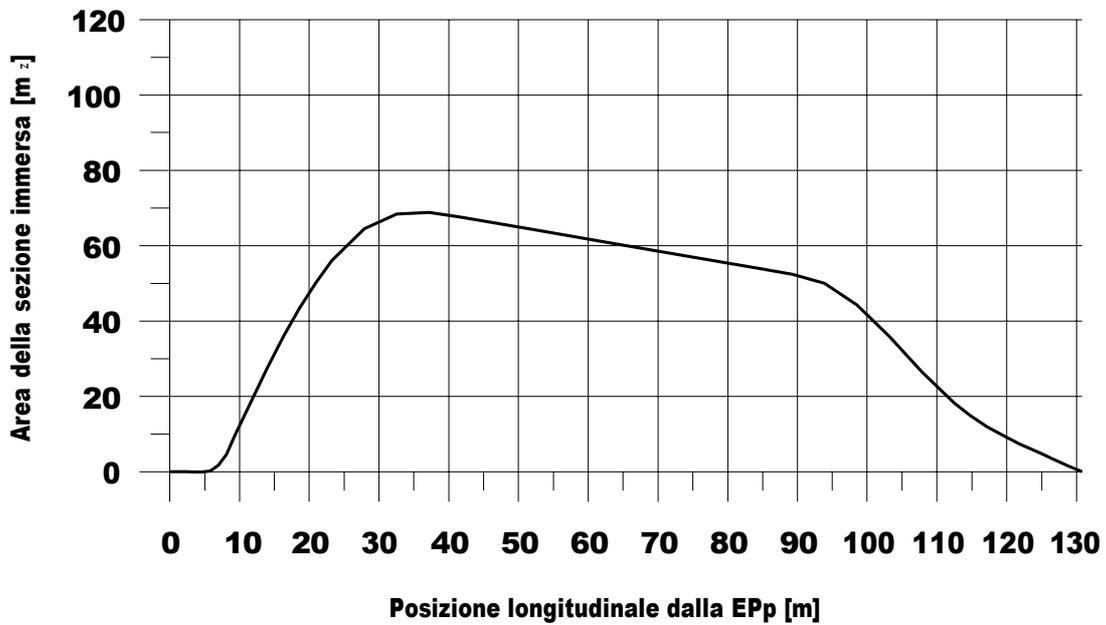
Condizione di caricazione di progetto: pieno carico normale



x	A(x)	x	A(x)	x	A(x)
0	0	23,250	98,843	112,500	64,331
1,163	12,485	27,900	109,080	114,825	53,611
2,325	14,857	32,550	114,506	117,150	43,144
3,487	17,726	37,200	116,421	119,475	33,553
4,650	20,285	41,850	116,716	121,800	24,837
5,813	23,006	52,538	116,713	122,963	20,879
6,975	27,268	63,225	116,710	124,125	17,122
8,137	32,374	73,912	116,707	125,287	13,497
9,300	39,384	84,600	116,704	126,450	9,777
11,625	51,605	89,250	116,703	127,612	7,440
13,950	63,273	93,900	115,765	128,775	5,366
16,275	73,977	98,550	110,981	130,800	0,000
18,600	83,383	103,200	100,962		
20,925	91,699	107,850	84,754		



Condizione di caricazione di progetto: zavorra pesante



x	A(x)	x	A(x)	x	A(x)
0,000	0,000	23,250	56,109	112,500	18,235
1,163	0,000	27,900	64,487	114,825	14,852
2,325	0,000	32,550	68,360	117,150	11,943
3,487	0,000	37,200	68,778	119,475	9,526
4,650	0,000	41,850	67,565	121,800	7,428
5,813	0,207	52,538	64,130	122,963	6,455
6,975	1,736	63,225	60,699	124,125	5,508
8,137	4,520	73,912	57,271	125,287	4,489
9,300	9,596	84,600	53,851	126,450	3,466
11,625	18,493	89,250	52,364	127,612	2,558
13,950	27,400	93,900	49,977	128,775	1,536
16,275	35,834	98,550	44,257	130,800	0,000
18,600	43,400	103,200	35,824		
20,925	50,203	107,850	26,443		



DESCRIZIONE DELLA NAVE MODELLO

Come ausilio per la definizione della geometria strutturale dello scafo viene fornito un modello riguardante il progetto di una nave cisterna per trasporto di prodotti petroliferi. Tale progetto costituisce una buona base per la scelta della disposizione degli elementi strutturali e rappresenta inoltre un buon punto di riferimento per la validazione dei risultati del dimensionamento. Si rammenta che nel confronto vanno considerate nella giusta proporzione le differenze correlate alle diverse dimensioni degli scafi e alle diverse destinazioni d'uso.

Di seguito vengono riportate le caratteristiche principali e alcuni disegni estratti dal Piano dei Ferri della nave modello.

Caratteristiche principali della nave e del progetto strutturale

Tipo di nave: Nave Cisterna

Classifica RINA: Oil tanker ESP – C \boxtimes – unrestricted navigation

Le sovrastrutture e l'apparato motore sono collocati a poppa del corpo delle cisterne, la zona adibita al carico è centrale e divisa in n.7 cisterne di uguale lunghezza (pari a 15700 mm). Le cisterne del carico sono del tipo a doppio fondo e a doppia murata, non sono presenti paratie stagne centrali né paratie di sbattimento trasversali o longitudinali. L'ubicazione e le dimensioni delle stesse soddisfano le regole dell'Annesso I della MARPOL 73/78.

La struttura della nave è interamente di tipo longitudinale (intervallo di ossatura rinforzata a centro nave pari a 3925 mm), le paratie stagne trasversali sono a superficie semplice con travi rinforzate verticali. L'acciaio dello scafo è di Grado 24 e per alcuni elementi di grado 32 (indicazione Δ).

Seguono le caratteristiche principali dello scafo:

lunghezza tra le perpendicolari	L_{pp}	156,00 m
lunghezza al galleggiamento	L_{wl}	160,00 m
lunghezza di calcolo	L_c	155,20 m
larghezza fuori ossatura	B	28,00 m
altezza di costruzione	D	14,90 m
immersione di progetto	T	10,90 m
volume fuori ossatura corrispondente a T	∇_T	38400 m ³
coefficiente di finezza	C_B	0,81

I dati di base relativi al progetto strutturale della trave–nave sono di seguito elencati:

SWBM inarcante di progetto	$M_{SW,H}$	90000 tm
SWBM insellante di progetto	$M_{SW,S}$	82500 tm
modulo di resistenza offerto al ponte	W_P	11440960 cm ³
modulo di resistenza offerto al fondo	W_F	14334790 cm ³



PIANO DEI FERRI DELLA NAVE MODELLO

Sono qui descritti i disegni strutturali riportati nelle pagine a seguire, disegni estratti dal Piano dei Ferri della nave modello.

Sezione Maestra - geometria

Sezione Maestra - dimensionamento

Il disegno della sezione maestra è suddiviso in due fogli: il primo riporta la configurazione geometrica quotata di tutti gli elementi longitudinali che costituiscono la sezione maestra, il secondo illustra il dimensionamento degli stessi, con l'indicazione dei pochi elementi che costituiscono i rinforzi ordinari trasversali.

Costola rinforzata

Il disegno della costola rinforzata illustra la configurazione della stessa a centro nave. Si noti il particolare relativo alla costruzione dell'aletta anti rollio.

Paratia stagna trasversale (1)

Paratia stagna trasversale (2)

Il primo disegno della paratia stagna trasversale illustra la configurazione della stessa a centro nave in corrispondenza di una costola rinforzata stagna. Nel secondo disegno viene completata la quotatura dei correnti ordinari di detta paratia e viene mostrata la configurazione relativa ad una costola non stagna.

Sezione longitudinale in mezzeria

Il disegno illustra la configurazione dell'anello rinforzato longitudinale in corrispondenza della mezzeria nave limitatamente ad una delle cisterne per il carico. Si osservino le dimensioni delle travi rinforzate longitudinali e la sezione della paratia stagna trasversale.

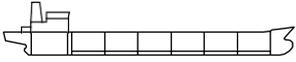
Ponte di coperta

Cielo del doppio fondo

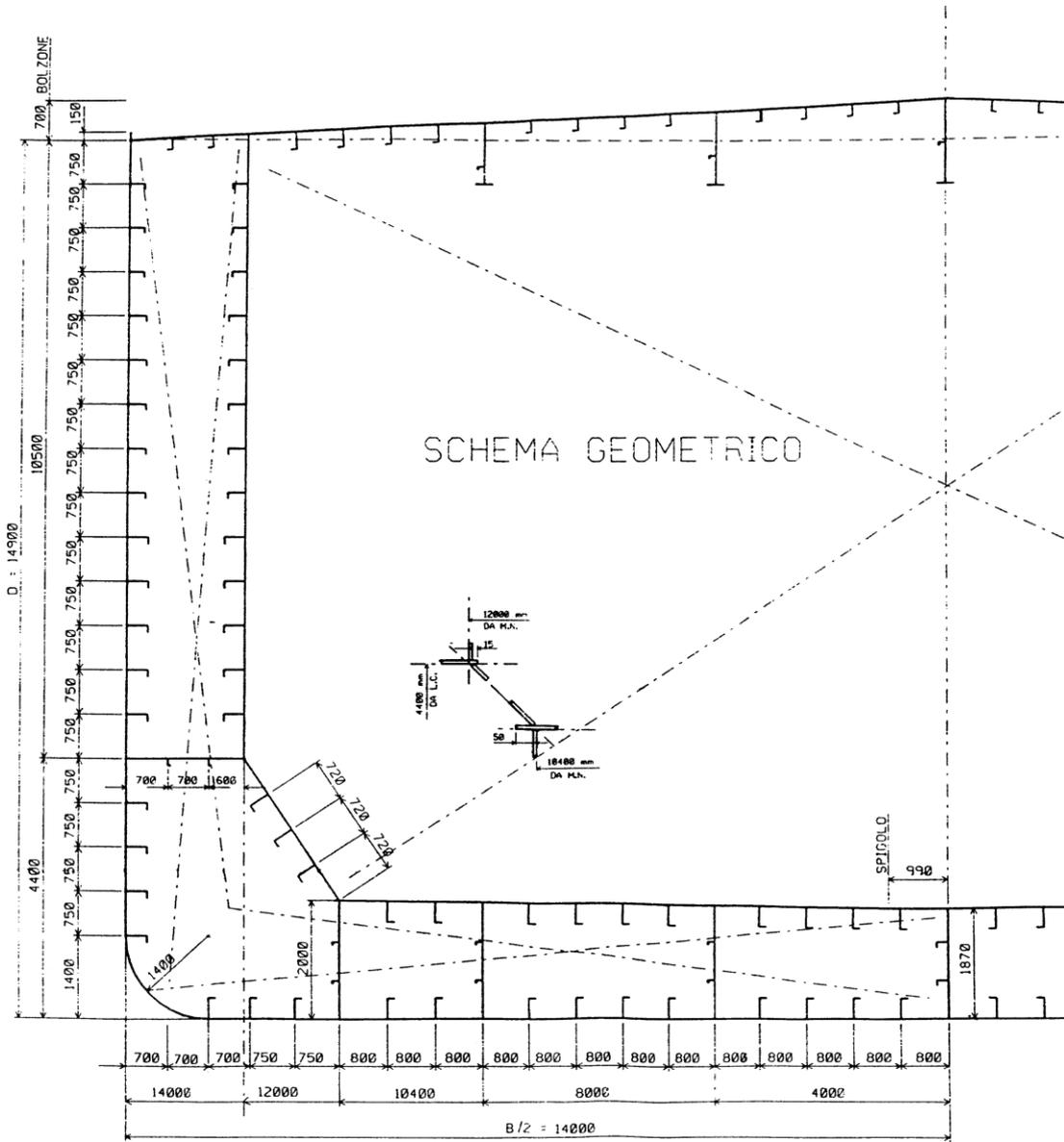
Le sezioni orizzontali illustrano la configurazione strutturale del ponte di resistenza e del doppiofondo nella zona a centro nave delle cisterne per il carico; la numerazione che compare in corrispondenza della traccia di mezzeria si riferisce al piano delle ossature (l'intervallo di ossatura ordinaria a centro nave è pari a 785 mm). Si noti la configurazione dei grigliati del ponte e del fondo.

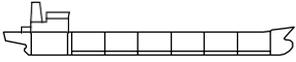
Sviluppo del fasciame

Il disegno illustra lo sviluppo del fasciame e riporta la traccia dei rinforzi ordinari sia longitudinali che trasversali –si osservi il ginocchio– nella zona a centro nave.

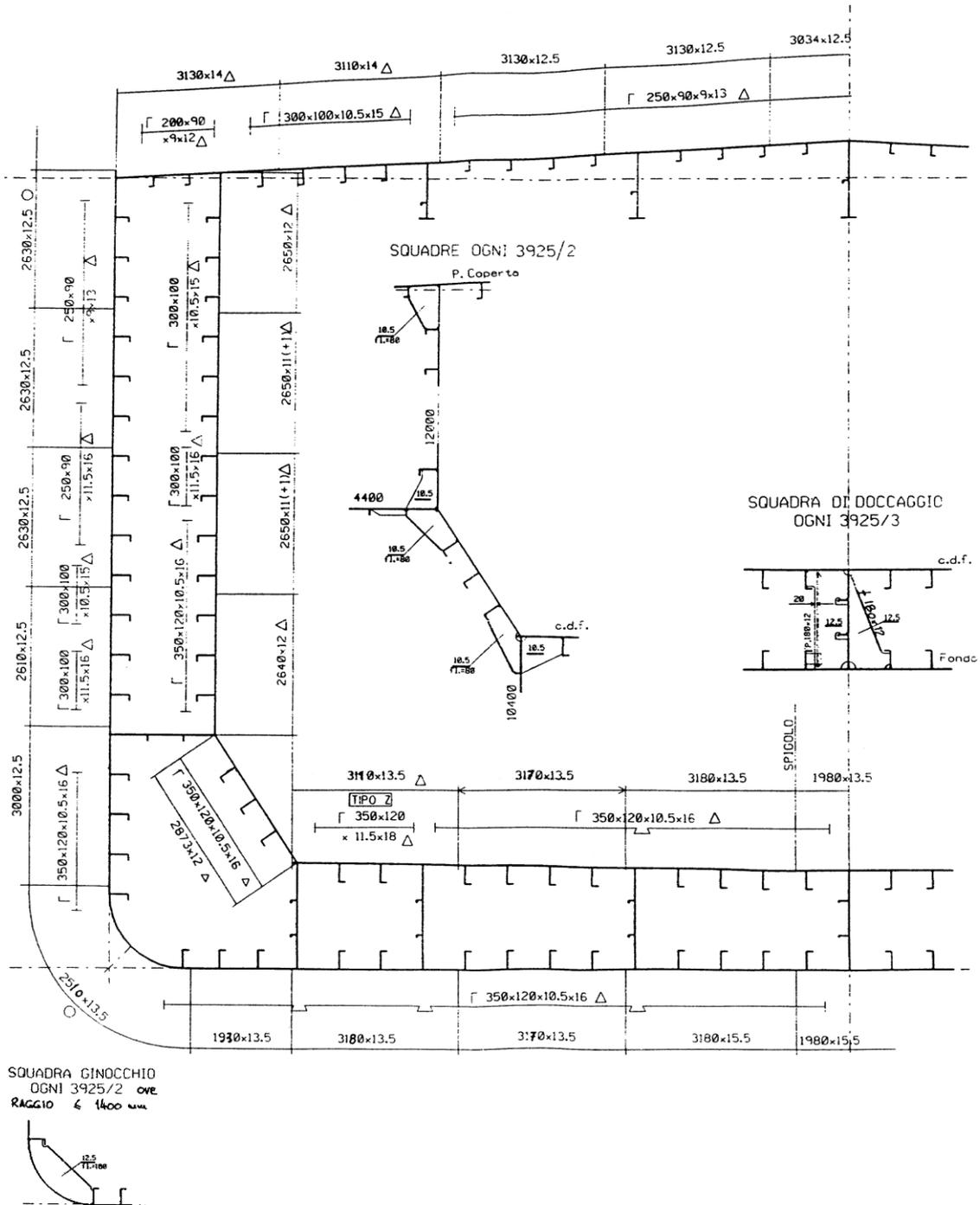


Sezione Maestra - geometria



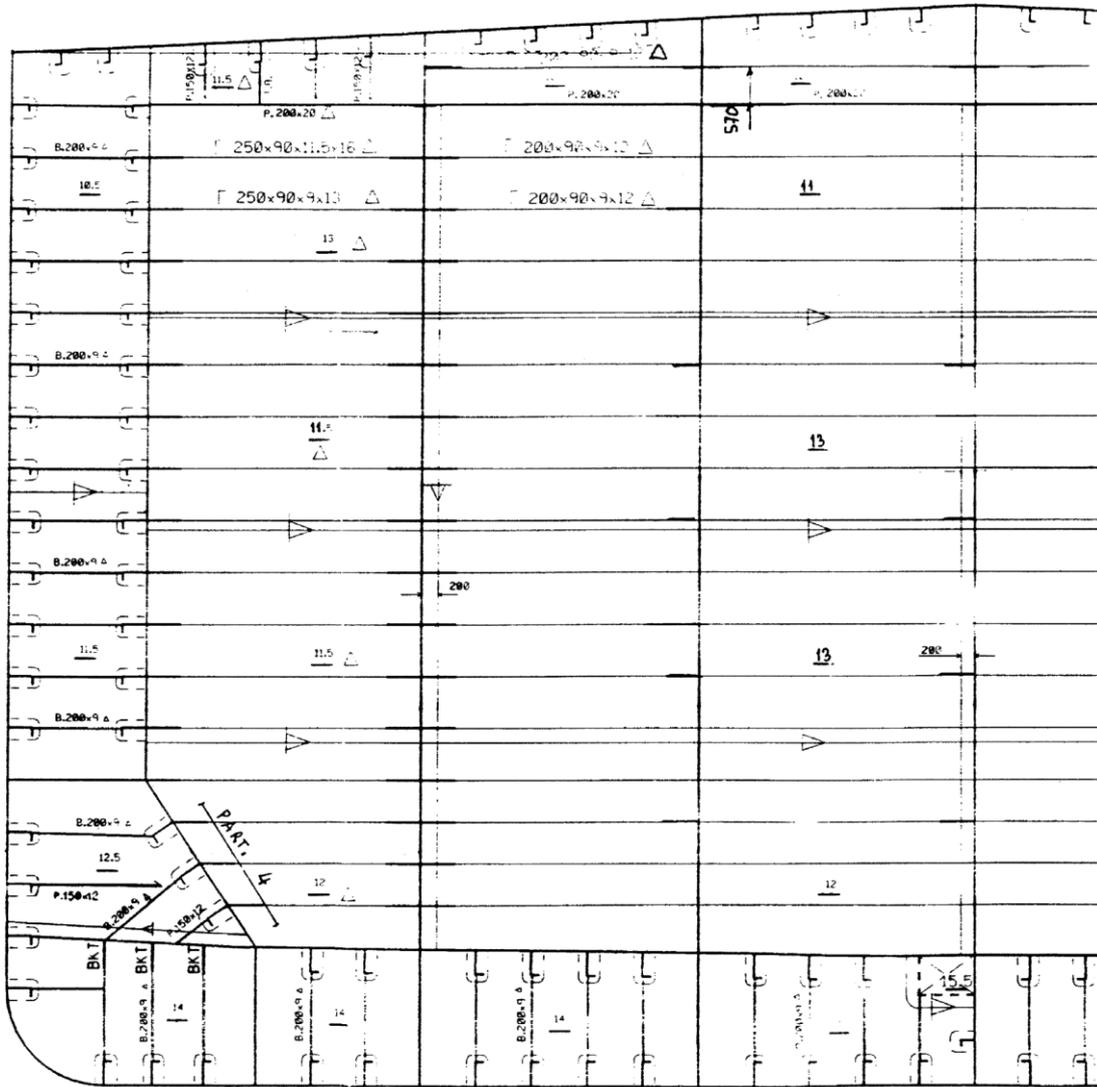


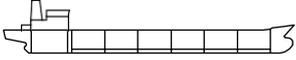
Sezione Maestra - dimensionamento



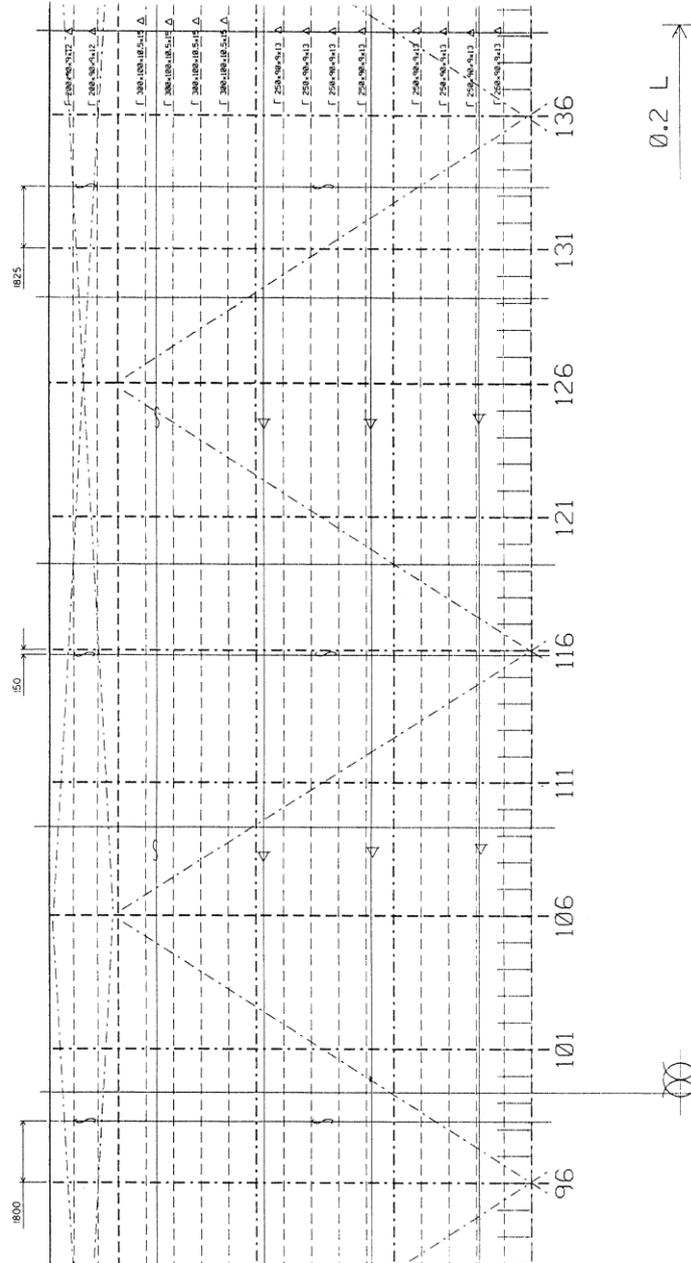


Paratia stagna trasversale (1)





Ponte di coperta





Sviluppo del fasciame

