

Analiza buke na istraživačkom polarnom kruzeru

Kajfeš, Ita

Master's thesis / Diplomski rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:235:748938>

Rights / Prava: [Attribution-ShareAlike 4.0 International/Imenovanje-Dijeli pod istim uvjetima 4.0 međunarodna](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-31**

Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Ita Kajfeš

Zagreb, 2022.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Mentor:

Izv. prof. dr. sc. Nikola Vladimir, dipl. ing.

Studentica:

Ita Kajfeš

Zagreb, 2022.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradila samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se prije svega svojem mentoru na ukazanoj pomoći, podijeljenom znanju i iznimnoj susretljivosti tijekom izrade ovog rada. Također, želim se zahvaliti dečku na svakodnevnoj potpori i motivaciji. Posljednje, ali ne manje važno, hvala obitelji, prijateljima i kolegama iz Drinjačke na podršci tijekom cijelog studiranja.

Ita Kajfeš



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za diplomske ispite studija strojarstva za smjerove:



Procesno-energetski, konstrukcijski, inženjersko modeliranje i računalne simulacije i brodstrojarski

Sveučilište u Zagrebu	
Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa: 602 - 04 / 22 - 6 / 1	
Ur.broj: 15 - 1703 - 22 -	

DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **Ita Kajfeš** JMBAG: 0035209128

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Analiza buke na istraživačkom polarnom kruzeru**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Noise assessment of a polar expedition cruise vessel**

Opis zadatka:

Akustički proračuni predstavljaju važan dio integralnog postupka osnivanja broda i njihovo provođenje nužno je za predviđanje eventualnih problema povezanih s bukom u eksploataciji broda. Buku, koja nastaje uslijed rada brodskih strojeva i uređaja, potrebno je držati u propisanim granicama, kako bi se osigurao adekvatan komfor posade i putnika. To je osobito izraženo kod brodova namijenjenih prijevozu putnika ili kod brodova za posebne namjene kao što su istraživački brodovi. Za istraživački brod za kružna putovanja u polarnim uvjetima kapaciteta 200 putnika i duljine $L_{OA} = 128,0$ m, potrebno je napraviti prognozu razina buke metodom hibridne statističke analize energije koristeći komercijalni programski paket Designer-NOISE.

Zadatak treba sadržavati: opis osnovne problematike vezane za buku na brodovima, pregled metoda za analizu buke (s naglaskom na korištenu metodu), opis korištenog programskog paketa, opis projektnog zahtjeva i odgovarajućih kriterija, značajke zadanog broda i osnovne izvore buke, detaljan opis numeričkog modela i načina integracije izvora buke u model (način temeljenja, dimenzije temelja, itd.), te analizu rezultata. Rezultate je potrebno usporediti s rezultatima proračuna drugim metodama koji su dostupni na Fakultetu strojarstva i brodogradnje.

U radu je potrebno navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:

29. rujna 2022.

Datum predaje rada:

1. prosinca 2022.

Predviđeni datum obrane:

12. – 16. prosinca 2022.

Zadatak zadao:

Izv. prof. dr. sc. Nikola Vladimirović

Predsjednik Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Tanja Jurčević Lulić

SADRŽAJ

SADRŽAJ	I
POPIS SLIKA	III
POPIS TABLICA.....	V
POPIS OZNAKA	VI
SAŽETAK.....	VII
SUMMARY	VIII
1. UVOD.....	1
2. OSNOVNI POJMOVI U AKUSTICI	4
2.1. Definicija i mjerenje zvuka	4
2.1.1. Intenzitet zvuka	6
2.1.2. Razina intenziteta zvuka	6
2.1.3. Razina zvučnog tlaka	7
2.1.4. Razina glasnoće zvuka	7
2.1.5. Valna duljina, frekvencija i brzina zvuka	8
2.2. Zvučni filtri	9
2.3. Mjerenje zvuka na brodu.....	10
3. BUKA NA BRODU	12
4. METODE PROGNOZE BUKE NA BRODOVIMA	14
4.1. Metoda konačnih elemenata.....	14
4.2. Metoda energetske konačnih elemenata	16
4.3. Metoda statističke analize energije	16
5. DESIGNER-NOISE	19
6. ZAKONSKA REGULATIVA	22
6.1. Det Norske Veritas	26
6.2. Lloyds'd Register.....	28
6.3. Bureau Veritas.....	29
7. IZRADA MODELA	31
7.1. Tehnički podaci analiziranog broda	31
7.2. Izrada geometrijskog modela	31
7.3. Akustičke značajke modela.....	33

7.4. Izvori buke	35
7.4.1. Glavni motori	35
7.4.2. Dizel-generatori	36
7.4.3. Propulzori.....	38
7.4.4. HVAC sustav	39
8. REZULTATI	41
9. ZAKLJUČAK.....	56
LITERATURA.....	57
PRILOZI.....	60

POPIS SLIKA

Slika 1	Utjecaj buke iz okoliša na stanovništvo u Europi [3].....	2
Slika 2	Spektralna krivulja praga osjeta prosječnog uha [9]	5
Slika 3	Usporedba standardnih krivulja jednake razine glasnoće s prethodnima [12]	8
Slika 4	Ilustracija longitudinalnog vala	9
Slika 5	Odziv različitih filtera [14].....	9
Slika 6	Vizualno objašnjenje rada A filtera [15]	10
Slika 7	Utjecajni faktori na razinu buke na brodu [16]	12
Slika 8	Propagacija buke na brodu [17].....	13
Slika 9	Prikaz propagacije buke kroz brodsku konstrukciju koristeći MKE [20]	15
Slika 10	Zasebni podsustav (lijevo) i dva povezana podsustava (desno) [22]	17
Slika 11	Grafičko sučelje programskog paketa <i>Designer-NOISE</i>	19
Slika 12	Dopušteno izlaganje buci prema [29].....	23
Slika 13	Aksonometrijski prikaz topološkog modela analiziranog broda.....	32
Slika 14	Prikaz broskog trupa.....	33
Slika 15	Bočni prikaz modela.....	33
Slika 16	Svojstva panela.....	34
Slika 17	Poprečni presjeci modela na $x=48$ m (lijevo) i $x = 88,8$ m (desno)	34
Slika 18	Prikaz unutarnje strukture modeliranog broda	35
Slika 19	Ulazni podaci pogonskih motora kao izvora buke	36
Slika 20	Ulazni podaci dizel-generatora kao izvora buke	37
Slika 21	Pozicioniranje električnih motora i dizel-generatora na palubi 0.....	37
Slika 22	Ulazni podaci broskog vijka kao izvora buke	38
Slika 23	Pozicioniranje brodskih vijaka na modelu	38
Slika 24	Pozicioniranje pramčanih potisnika na modelu.....	39
Slika 25	Ulazni podaci pramčanog potisnika kao izvora buke.....	39
Slika 26	Smještaj usisnog i ispušnog ventilatora.....	40
Slika 27	Ulazni podaci ventilatora na usisu kao izvora buke	40
Slika 28	Razine buke u tv salonu prema DNV-u.....	42
Slika 29	Razine buke u tv salonu izračunate u Designer NOISE-u.....	43
Slika 30	Razine buke u prostoriji za pripremu putnika za ekspedicije prema DNV-u.....	44

Slika 31	Razine buke u prostoriji za pripremu putnika za ekspedicije izračunate u Designer-NOISE-u.....	45
Slika 32	Razine buke u kabinama za osobe s posebnim potrebama prema DNV-u.....	46
Slika 33	Razine buke u kabinama za osobe s posebnim potrebama izračunate u Designer-NOISE-u.....	47
Slika 34	Razine buke u kabinama časnika prema DNV-u.....	48
Slika 35	Razine buke u kabinama časnika izračunate u Designer-NOISE-u	49
Slika 36	Razine buke u restoranu prema DNV-u	50
Slika 37	Razine buke u restoranu izračunate u Designer-NOISE-u	51
Slika 38	Razine buke u putničkim kabinama prema DNV-u	52
Slika 39	Razine buke u putničkim kabinama izračunate u Designer-NOISE-u	53
Slika 40	Razine buke u panoramskom salonu prema DNV-u	54
Slika 41	Razine buke u panoramskom salonu u Designer-NOISE-u	55

POPIS TABLICA

Tablica 1	Razina intenziteta zvuka i intenzitet zvuka za neke uobičajene izvore.....	7
Tablica 2	Dostupni konstrukcijski materijali u bazi podataka	20
Tablica 3	Usporedba dopuštenih razina buke prema različitim rezolucijama.....	24
Tablica 4	Oznake kvalitete za buku, vibracije i temperaturnu ugodnost prema DNV-u	27
Tablica 5	Prostor za smještaj putnika - dozvoljene razine buke	27
Tablica 6	Prostor za smještaj posade – dozvoljene razine buke.....	28
Tablica 7	Nespecificirani prostor na brodu – dozvoljene razine buke	28
Tablica 8	Dopuštene razine buke prema LR-u	29
Tablica 9	Dopuštene razine buke na brodu prema BV-u	30
Tablica 10	Osnovne značajke analiziranoga broda	31
Tablica 11	Usporedba rezultata razina buke	41

POPIS OZNAKA

Oznaka	Jedinica	Opis
E_i	J	pohranjena vibracijska energija
f	Hz	frekvencija
$\{F\}$	N	vektor sila
I	W/m^2	intenzitet zvuka
I_0	W/m^2	referentni intenzitet zvuka
$[K]$	N/m	matrica krutosti
L	dB	razina intenziteta zvuka
$[M]$	kg	matrica masa
p	Pa	zvučni tlak
p_0	Pa	referentni zvučni tlak
P_i, P_j	W	rezultantna snaga ulaznog podražaja na sustav
P_{ii}, P_{jj}	W	gubitci promatranog sustava
P_{ij}, P_{ji}	W	snaga izmijenjena između podsustava
SPL	dB	razina zvučnog tlaka
v	m/s	brzina širenja vala
η_i	-	koeficijent unutarnjih gubitaka
η_{ij}	-	koeficijent gubitka spoja
λ	m	valna duljina
$\{\xi\}$	m	vektor pomaka
ω	s^{-1}	frekvencija vibriranja

SAŽETAK

Radom glavnog stroja, broskog vijka te ostalih brodskih strojeva, kao neželjena posljedica nastaje buka koja smanjuje ugodu na brodu, a u nekim slučajevima može ometati normalno funkcioniranje posade i putnika. Stoga je potrebno, kako bi se postigla što veća kvaliteta ugone za posadu i putnike, dovesti razinu buke u dozvoljene granice. U okviru ovog diplomskog rada izvršena je prognoza razine buke metodom hibridne statističke analize za istraživački brod za kružna putovanja u polarnim uvjetima za posebne namjene kapaciteta 200 putnika i duljine $L_{OA} = 128$ m. Za navedenu analizu korišten je komercijalni programski paket Designer-NOISE. Predstavljani su osnovni pojmovi u broskoj akustici te je prikazana zakonska regulativa koju zajedno definiraju Međunarodna pomorska organizacija (IMO) i klasifikacijska društva. Detaljno je opisan postupak izrade modela, i popis izvora buke koji su prisutni na brodu. U konačnici su dobiveni rezultati uspoređeni s proračunom razina buke koje je za isti brod, ali različitom metodom, provelo klasifikacijsko društvo Det Norske Veritas (DNV).

Ključne riječi: buka, istraživački brod, polarni kruzer, metoda hibridne statističke analize energije.

SUMMARY

As an unwanted consequence, the operation of the main propulsion engine, the ship's propeller and other machinery, creates noise that reduces comfort on the ship, and in some cases can disturb the crew and passengers in their everyday activities. Therefore, in order to achieve the highest quality of comfort for the crew and passengers, it is necessary to keep the noise level within the specified limits. In this thesis, a noise level prediction calculation was made using the hybrid statistical energy analysis method for a research ship operating in polar conditions with a capacity of 200 passengers and a length of $L_{OA} = 128$ m. The commercial software package Designer-NOISE was used for performing the analysis. The basic terms in ship acoustics are presented and the legal regulations jointly defined by international organizations and classification societies are given. The process of making the model is described in detail, as well as the list of noise sources that are present on the ship. In the end, the obtained results were compared with the calculation of noise levels, which was carried out by Det Norske Veritas (DNV) for the same ship but using a different method.

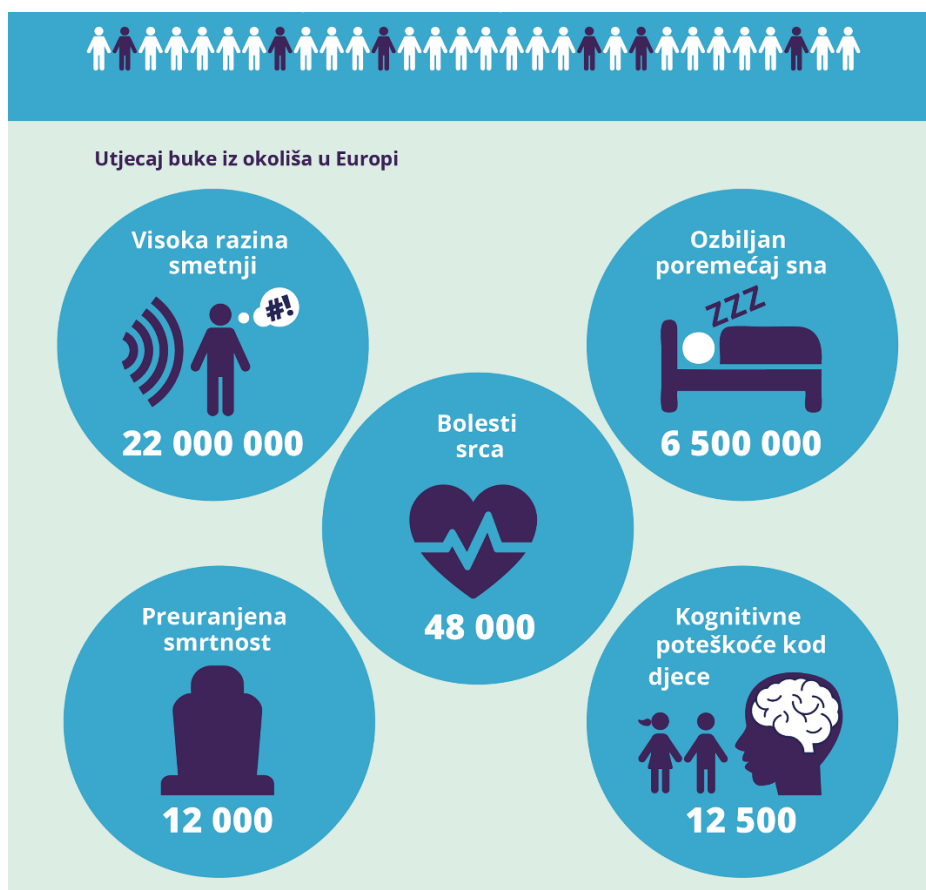
Key words: noise, research ship, polar cruise vessel, hybrid statistical energy analysis method.

1. UVOD

Neizbježna pojava te rastući globalni problem uslijed urbanizacije svjetskog stanovništva postala je buka. Prisutna je na ulici uslijed prometa ili radova, u prostorima namijenjenima za društvena okupljanja kao što su barovi, klubovi i koncertne dvorane, na radnim mjestima, itd. S obzirom da je skoro svaki izvor buke, proizveo, osmislio, organizirao, ili stvorio čovjek, čovjeka se može i okarakterizirati, da svojim tehničkim i društvenim djelovanjem predstavlja primarni izvor buke. Danas se buku smatra vrstom zagađenja okoliša i ona postaje rastući problem u razvijenim zemljama, a dugotrajno izlaganje visokoj razini buke može imati ozbiljne zdravstvene posljedice. Također, njezina prisutnost na radnom mjestu predstavlja štetne radne uvjete. Zbog navedenih problema, regulatornim mjerama definira se granica dopuštene buke, što osigurava sigurnost i ugodu u različitim aspektima čovjekova života pa tako i u brodogradnji i pomorskoj tehnici. Regulacija buke postojala je još u davno rimsko doba, kad je pod vladavinom Cezara zabranjena noćna vožnja bučnih vagona ulicama glavnoga grada [1]. Stoga, vrlo važan kriterij pri gradnji brodova, uz vibracije, predstavlja i buka. Osim negativnog utjecaja na pojedine komponente broda, ona se može reflektirati i na komfor, zdravlje i sigurnost posade i putnika te okoliš i podvodni životinjski svijet. Unaprjeđenjem znanosti i tehnologije, proizvedeni strojevi u mogućnosti su razviti sve veće snage, a time generiraju veću buku. Sa zahtjevima za sve veće i brže brodove, rastu dakle, i zahtjevi za redukcijom buke. Među raznovrsnim strojevima i uređajima koji na brodu stvaraju buku, bitno je izdvojiti glavne izvore, a to su: glavni stroj, dizel-električni generatori, reduktor, sustavi klimatizacije i ventilacije te brodski vijak. Ugodnu i mirnu plovidbu izrazito je važno osigurati kod putničkih brodova i brodova za posebne namjene kao što su istraživački brodovi, o kakvom je riječ u ovom diplomskom radu.

Pretjerana buka, osim što napreže, ili čak uništava sluh, negativno utječe i na druge organe i funkcije ljudskog tijela [2]. Viši tonovi, odnosno zvukovi viših frekvencija pokazali su se štetnijima za ljudsko zdravlje. Oštećenje unutarnjeg uha nastupa uslijed dugotrajne izloženosti visokim razinama buke, a privremena posljedica takvog oštećenja je pomak praga čujnosti koji se nakon toga oporavlja i vraća u normalu. Ukoliko je izlaganje buci periodično, slušni organ nema dovoljno vremena za oporavak i postupno gubi sposobnost obnove te dolazi do dugotrajnih oštećenja sluha. Osim gubitka sluha, nerijetke posljedice su smetnje u orijentaciji, nervoza, nesanica, tinitus odnosno zujanje u ušima, ili kardiovaskularni problemi. Europska

agencija za okoliš tvrdi kako 20% stanovništva, odnosno svaka peta osoba živi u područjima u kojima se razine buke smatraju štetnima za zdravlje [3]. Slika 1 prikazuje probleme uzrokovane bukom zajedno s brojem europskog stanovništva koji je doživio takve probleme.



Slika 1 Utjecaj buke iz okoliša na stanovništvo u Europi [3]

Smanjenjem propisanih granica buke osigurava se veći komfor posade i putnika te se uklanjaju štetni utjecaju na brodsku konstrukciju i okolinu. U tu svrhu, Međunarodna pomorska organizacija (eng. *International Maritime Organization*, IMO), u Poglavlje IX Konvencije SOLAS, uvodi Kodeks o razini buke [4] koji je usvojen 2012. godine Rezolucijom MSC.337(91) [5], a stupio je na snagu 2014. godine. Iste je godine odbor IMO-a za zaštitu pomorskog okoliša (eng. *Marine Environment Protection Committee*, MEPC) odobrio Upute za redukciju podvodne buke od strane komercijalne plovitbe [6]. Uz međunarodne organizacije, klasifikacijska društva također propisuju granice zahtijevane razine buke na brodovima, pa su tako uslijed povećanog interesa za putničke brodove i brodove za kružna putovanja razvili nova pravila pod nazivom „*Comfort Class*“ tj. klase udobnosti, čime su

dodatno snižene granice buke i vibracija s ciljem ostvarenja ugodnijeg boravka na brodu. Vodeću ulogu po pitanju regulacije buke među klasifikacijskim društvima ima Det Norske Veritas (DNV), koji je prvi izdao regulative ovakve vrste. S vrlo sličnim pristupom ga prate Lloyd's Register of Shipping i Bureau Veritas, koji također uvode udobnost putnika i posade kao bitan kriterij s ciljem dovođenja komfora na višu razinu.

Propagacija buke je prolaz zvučne uzbude od izvora do mjesta mjerenja buke i moguće ju je ostvariti na dva načina. Prvi je propagacija kroz zrak (eng. *airborne*), odnosno širenje zvučnih valova kroz zrak kao medij. Dolaskom zvučnog vala do prepreke kao što je npr. zid, val predaje dio svoje energije koja poprima oblik vibriranja krutih tijela te se na taj način ostvaruje propagacija buke kroz konstrukciju kao drugi način njezinog širenja. Ovaj način širenja buke predstavlja veći problem pri njezinom reduciranju na složenoj konstrukciji.

U svrhu prognoziranja razine buke koriste se različite empirijske i numeričke metode od kojih su najčešće: metoda konačnih elemenata, energijska metoda konačnih elemenata i statistička metoda, pri čemu svaka od njih ima određene prednosti i nedostatke

U ovom diplomskom radu izvršena je prognoza buke metodom hibridne statističke analize energije koristeći komercijalni programski paket Designer-NOISE. Predmet analize je istraživački brod za kružna putovanja u polarnim uvjetima za posebne namjene kapaciteta 200 putnika i duljine $L_{OA} = 128$ m. Rezultati su uspoređeni s rezultatima proračuna drugim metodama koji su raspoloživi na Fakultetu strojarstva i brodogradnje.

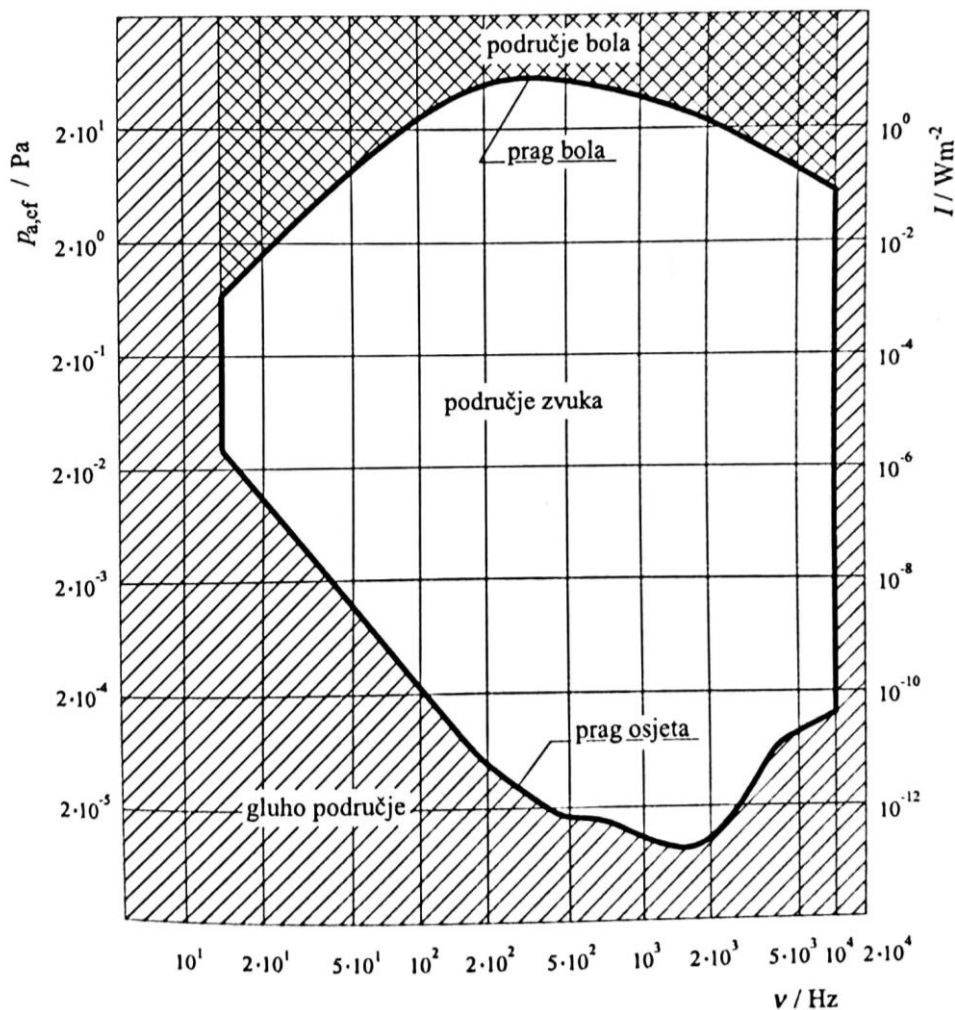
2. OSNOVNI POJMOVI U AKUSTICI

Strojevi i uređaji na brodu, uzročnici su nepoželjne buke i vibracija zbog čega postaju bitan faktor već u početnoj fazi projektiranja. Prema provedenom istraživanju, škripa, buka motora, i „zviždanje“ sustava za grijanje hlađenje i ventilaciju su najčešće prijavljivani neželjeni zvukovi odnosno buka na brodu [7]. Grana fizike koja proučava načine dobivanja zvuka, zakone njegovog širenja te detektiranje zvuka, naziva se akustika. Za bolje razumijevanje akustike na brodu, u ovom poglavlju objašnjeni su osnovni pojmovi.

2.1. Definicija i mjerenje zvuka

Zvuk definiran sa stajališta fizike predstavlja niz promjena tlaka i pomicanja čestica unutar elastičnog medija kojim se taj zvuk širi. Po drugoj, fiziološkoj definiciji, zvuk je sve ono što čujemo, tj. to je osjećaj koji čovjek zaprima preko organa sluha, izazvan promjenama tlaka zraka [8]. Naravno, svaka promjena tlaka zraka neće izazvati osjećaj zvuka u ljudskom uhu, moguće je da su promjene suviše spore, ili suviše brze. Pretjerano spore promjene tlaka proizvode zvukove nižih frekvencija i stvaraju infrazvuk, dok prebrze promjene posjeduju veliku frekvenciju i uzrokuju zvuk koji se naziva ultrazvuk. Frekvencija je veličina koja označava broj izlazaka i povrataka neke čestice u ravnotežu, a izražava se u hercima (Hz). Čujni spektar ljudskog slušnog organa prostire se između približno 16 i 20 000 Hz i time je smješten između područja infrazvuka i ultrazvuka. Kod novorođenčadi gornja je granica čujne frekvencije najviša, oko 24 kHz i kasnije opada s godinama sve do 5 kHz. Osim selektivne frekvencije koju ljudsko uho može registrirati, područje zvuka također ovisi i o njegovom intenzitetu.

Osjetljivost uha ispituje se tako da se intenzitet sinusnog tona, određene frekvencije, povećava do vrijednosti kod koje opažatelj uhom čuje upadni val. Dosegnut je tada prag osjetljivosti opažatelja uha za danu frekvenciju. Ako se intenzitet zvuka i dalje povećava, konačno opažatelj više ne osjeća zvuk već bol u ušima - tada je dosegnut prag bolnog osjeta. Ponavljajući eksperiment s različitim frekvencijama dobivaju se dvije krivulje: krivulja praga čujnosti ili spektralna osjetljivost uha i krivulja praga bola [9]. Ponavljanjem ovakvog testiranja na većem broju ispitanika, moguće je grafički prikazati područje zvuka prosječnog ljudskog uha kao što je prikazano na Slici 2.



Slika 2 Spektralna krivulja praga osjeta prosječnog uha [9]

Na Slici 2 može se primijetiti da je prag osjeta najizraženiji pri višim frekvencijama dok najviši prag bola ljudsko uho registrira kod srednjih frekvencija u spektru čujnih frekvencija. Također je zanimljivo primijetiti kako je raspon intenziteta zvuka koji čovjek može čuti, pri minimalnoj frekvenciji nekoliko puta manji od onoga pri maksimalnoj frekvenciji.

Fluidi se poput krutih tijela opiru lokalnoj kompresiji ili dilataciji, a s prestankom djelovanja uzroka promjena, vraćaju se u prvobitno stanje. Shodno tome, predvidljivo je da će vibracije krutih tijela u fluidu izazvati longitudinalne valove pomaka. Pojava dobiva naročitu važnost kad se uoči da su ti valovi ono što uho zamjećuje kao zvuk [9]. S obzirom na to da zvuk predstavlja longitudinalni valni poremećaj, ta se energija prenosi isključivo uzastopnim zgušćivanjem i razrjeđivanjem stupaca zraka, tj. malim lokalnim promjenama tlaka [10]. Iako

nema prijenosa mase kod širenja zvuka medijem, zvučni val i dalje prenosi impuls sile i energiju. Zbog postojanja prijenosa energije, moguće je govoriti o intenzitetu zvuka.

2.1.1. *Intenzitet zvuka*

Intenzitet, ili jakost zvuka I označava energiju koju val prenese kroz jediničnu površinu u jedinici vremena. Jednostavnije rečeno, to je omjer zvučne snage koju nosi zvučni val i ploštine presjeka zvučnog snopa [11]. Mjerna jedinica kojom označavamo ovu veličinu je dakle, W/m^2 . Ljudsko uho je neobično osjetljiv instrument i može registrirati zvuk u širokom rasponu intenziteta, tako npr. pri frekvenciji od 1 kHz čovjek može opaziti zvukove intenziteta od $10^{-12} W/m^2$ pa sve do $1 W/m^2$, što čini razliku od čak 12 redova veličine. Ljudski slušni organ registrira logaritamske promjene intenziteta, a ne linearne, iz tog razloga je uvedena veličina razine intenziteta zvuka.

2.1.2. *Razina intenziteta zvuka*

Razina intenziteta zvuka, ili samo razina zvuka pojam je koji u svakodnevnom govoru zamjenjujemo izrazom glasnoća. Razina intenziteta zvuka mjeri se u decibelima (dB) i definirana je sljedećom jednačinom:

$$L = 10 \log \frac{I}{I_0} \quad (1)$$

Referentni zvučni intenzitet I_0 dogovorno je određen kao prosječni prag osjetljivosti pri frekvenciji 1 Hz i iznosi $10^{-12} W/m^2$. Omjer dviju veličina iste vrste je čisti broj bez mjerne jedinice, no ukoliko se iskoristi njegov logaritam, tada je konačan broj izražen u belima. Radi praktičnih razloga u akustici se koristi deset puta manja jedinica i upravo zato je razina intenziteta zvuka mjerena u decibelima. U Tablici 1 prikazani su primjeri zvukova s pripadajućim intenzitetima zvuka i razinama intenziteta zvuka. Brojčani prikaz pojedinih razina intenziteta za zadane intenzitete zvuka daje bolji uvid u razumijevanje uha kao logaritamskog osjetila. Ova veličina i dalje objektivno određuje svojstvo zvuka, ali je zbog logaritamske skale vrlo blizu subjektivnom opisu glasnoće zvuka.

Tablica 1 Razina intenziteta zvuka i intenzitet zvuka za neke uobičajene izvore

Razina intenziteta dB	Intenzitet W/m^2	Izvor zvuka
0	10^{-12}	granica osjetljivosti
10	10^{-11}	normalno disanje, treperenje lišća
20	10^{-10}	tiho šaputanje na udaljenosti 1 m
30	10^{-9}	tihi dom
40	10^{-8}	prosječan ured, tiši ured
50	10^{-7}	prosječan ured
60	10^{-6}	normalan razgovor, prosječan promet
70	10^{-5}	bučniji ured
80	10^{-4}	živahan promet
90	10^{-3}	podzemna željeznica
100	10^{-2}	strojna radionica
110	10^0	pneumatska bušilica, granica boli
120	10^1	mitraljeska paljba
130	10^2	manji mlazni avion pri uzletu udaljen 30 m
170	10^5	svemirska raketa prilikom uzleta

2.1.3. Razina zvučnog tlaka

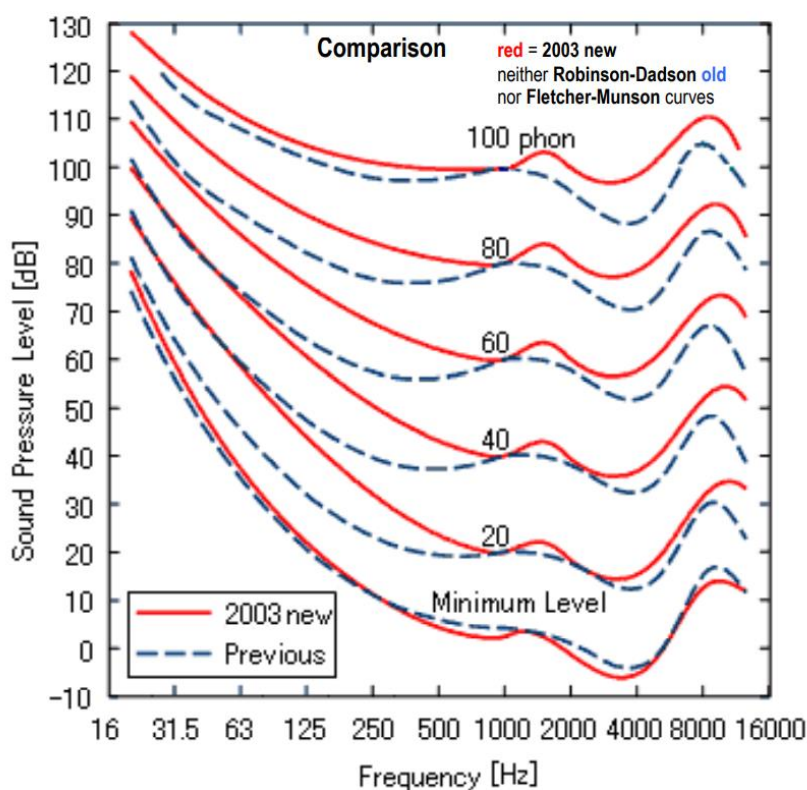
Razina zvučnog tlaka (eng. *Sound Pressure Level*), *SPL* služi za iskazivanje logaritamskog omjera zvučnog tlaka naspram referentnog zvučnog tlaka koji iznosi $p_0 = 20 \mu\text{Pa}$, a to je onaj tlak koji proizvodi zvuk referentnog intenziteta zvuka I_0 . Kao i kod razine intenziteta zvuka, koristi se deset puta manja mjerna jedinica decibel.

$$SPL = 20 \log\left(\frac{p}{p_0}\right) \quad (2)$$

2.1.4. Razina glasnoće zvuka

Kao subjektivna veličina za mjerenje zvuka, uvodi se razina glasnoće zvuka, ili u nekoj literaturi nazivana akustički nivo. Ona osim o intenzitetu zvuka, dodatno ovisi i o frekvenciji i izražava

se u mjernoj jedinici fon, odnosno decifon. Mjerenje razine glasnoće nekog tona, šuma, ili buke može se izvesti tako da se taj zvuk uhom uspoređuje sa sinusnim tonom frekvencije 100 Hz kojemu se mijenja intenzitet sve dok se ne postigne, više-manje jednak osjet jakosti obaju zvukova [9]. U tom trenutku može se reći da oba zvuka imaju jednaki akustički nivo ili razinu glasnoće izraženu u fonima. Za svaku frekvenciju će isti intenzitet zvuka rezultirati različitim razinom glasnoće što se jasno vidi na Slici 3 koja prikazuje krivulje jednakog akustičkog nivoa. Dakle, svaka krivulja prikazuje jednak subjektivan osjećaj glasnoće pri različitim frekvencijama pa se te krivulje nazivaju izofone. Dugi niz godina su Robinson-Dadson krivulje uzete kao standardne izofone, sve do 2003. godine kad je ISO revidirao stare krivulje. Slika 3 prikazuje usporedbu starih i novih krivulja jednake razine glasnoće.

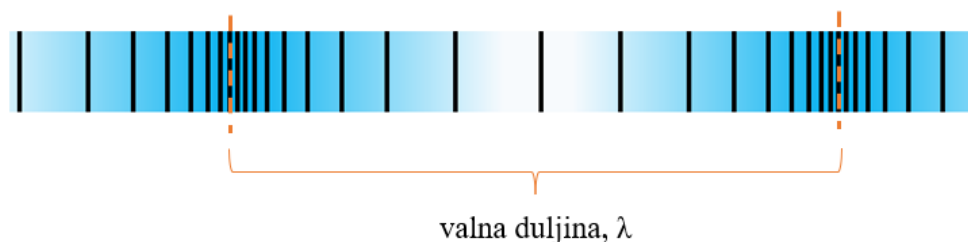


Slika 3 Usporedba standardnih krivulja jednake razine glasnoće s prethodnima [12]

2.1.5. Valna duljina, frekvencija i brzina zvuka

Kao što je već spomenuto, zvuk predstavlja jedan primjer longitudinalnog vala koji nastaje širenjem poremećaja tlaka kroz fluid odnosno zrak. Slika 4 prikazuje ilustraciju primjera longitudinalnog vala. Moguće je okomite crne linije zamisliti kao stupce zraka, gušće linije

predstavljaju veći tlak i obrnuto. Kad bi se pronašle dvije uzastopne linije s maksimalnim ili minimalnim tlakom, njihova udaljenost predstavljala bi valnu duljinu λ .



Slika 4 Ilustracija longitudinalnog vala

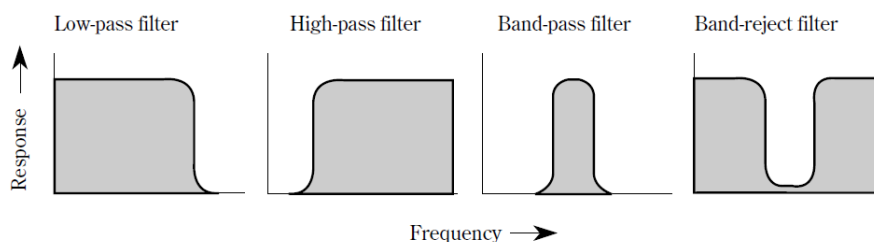
Jedna valna duljina ujedno i označava jedan titraj odnosno 1 Hz. Frekvencija vala f bit će jednaka broju titraja koje val ostvari u sekundi. Ukoliko je poznata brzina širenja vala v moguće je s poznatom frekvencijom izračunati valnu duljinu i obrnuto, pomoću jednadžbe:

$$v = f \cdot \lambda \quad (3)$$

Brzina zvuka u zraku pri temperaturi od 20° poznata je i iznosi $v = 343$ m/s [13].

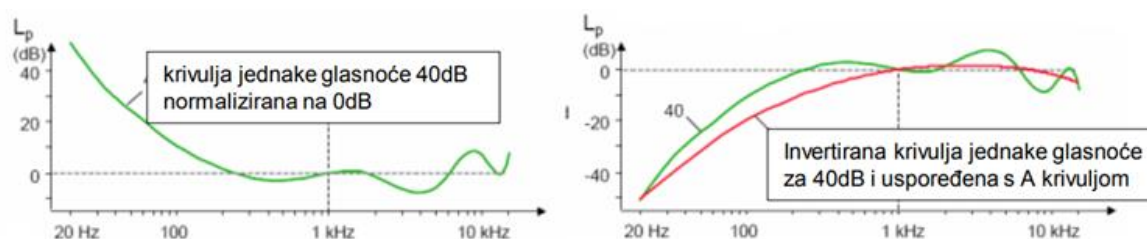
2.2. Zvučni filtri

Za mjerenje zvuka, potrebno je u točku promatranja postaviti elektroakustički uređaj kao što je zvukomjer koji prima impulse zvučnog tlaka i pretvara ih u električni signal. Radi boljih i jasnijih rezultata, električni signal obrađuju uređaji koji se nazivaju težinski filtri koji su sastavni dio instrumenta zvukomjera. Njihova uloga je selektivno propuštanje frekvencije ovisno o sferi interesa. Slika 5 prikazuje dijagrame koji opisuju rad različitih filtera. Redom slika prikazuje: niskofrekventne, visokofrekventne, pojasne filtere i isključno-pojasne filtere. Zbog nelinearnosti čovjekovog slušnog organa, linearno mjerenje razine zvučnog tlaka ne bi odražavalo čovjekovu percepciju zvuka. U svrhu stvaranja realnije slike zvuka prilikom mjerenja koriste se filtri.



Slika 5 Odziv različitih filtera [14]

Zvukomjer je objektivni mjerac razine zvuka i ukoliko nema implementiran filter dobivene veličine rezultata mjerenja, neće se slagati sa subjektivnom percepcijom glasnoće ljudskog uha. Najčešće korišten filter je A filter čija se osjetljivost mijenja s frekvencijom oponašajući pritom ljudsko uho. Na Slici 6 prikazana je jedna izofona prema Robinson-Dadson krivuljama, njezina invertirana krivulja te je s njome uspoređena krivulja A filtera. Na taj način je slikovito objašnjena funkcija i rad A filtera. Oznaka filtera naznačuje se nakon mjerne razine intenziteta, tako npr. za A filter mjerna jedinica glasi dBA.



Slika 6 Vizualno objašnjenje rada A filtera [15]

U praksi se korištenje A filtera pokazalo mjerodavno za ocjenu razine glasnoće buke pa se danas većina zakonskih regulativa definira na temelju izmjerenih razina zvuka pomoću upravo tog filtera. Razina buke koja se dobila filtriranjem zvučnog tlaka A filterom izražava se u dBA. Analogan postupak vrijedi za mjerne jedinice zvuka filtrirane drugim filterima, npr B, C, D.

2.3. Mjerenje zvuka na brodu

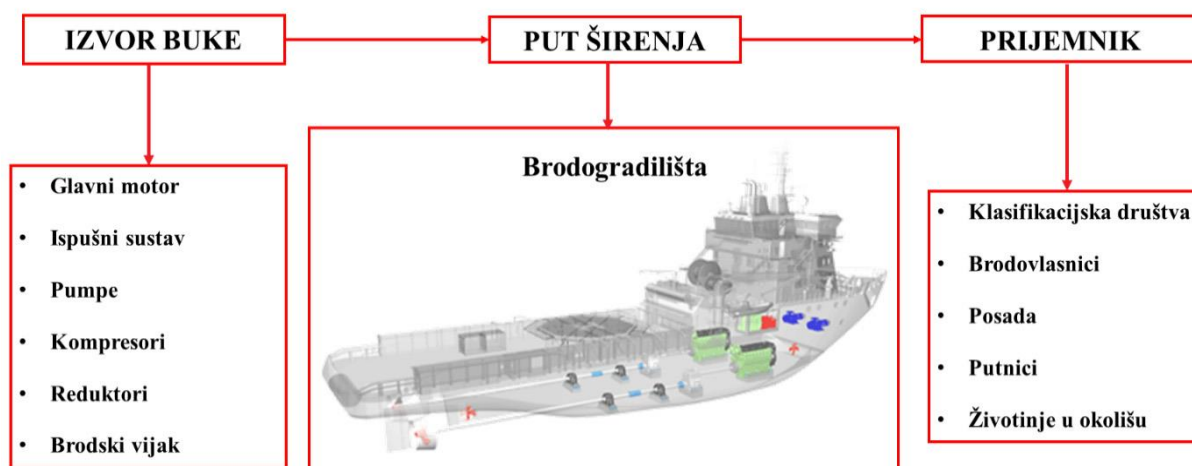
Klasifikacijska društva precizno definiraju zahtjeve i uvjete u kojima je potrebno provesti ispitivanje buke te koje informacije moraju biti evidentirane. Osoba odgovorna za takvo testiranje direktno, ili indirektno dolazi iz odgovornog društva, te mora biti educirana u području akustike isto kao za rukovanje potrebnim uređajima i alatima.

Za provođenje ispitivanja buke na brodu, potrebno je osigurati plovību pri operativnoj brzini uz ravan kurs i rad glavnog motora pri barem 80% nazivne radne snage motora. Brod treba biti natovaren, ili u stanju balasta. Nužno je da svi instrumenti za navigaciju budu uključeni i u uporabi kao i za vrijeme normalne plovidbe, isto se odnosi i na sustav za klimatizaciju, grijanje, hlađenje i ventilaciju. Sve prostorije moraju biti potpuno opremljene za vrijeme testiranja,

prozori i vrata u pravilu zatvorena. Ukoliko brod posjeduje opremu za iskrcaj tereta, potrebno je provjeriti razine buke u fazi iskrcaja također. Što se tiče vanjskih uvjeta, vremenske prilike ne smiju utjecati na konačne rezultate mjerenja i minimalna dubina jednaka je pet puta većem iznosu od gaza na krmu [4]. Za vrijeme mjerenja, mikrofoni bi se trebali nalaziti na visini između 1,2 m i 1,6 m iznad palube.

3. BUKA NA BRODU

Kao što je već u uvodu spomenuto, glavne izvore buke na brodu predstavljaju glavni i pomoćni strojevi, brodski vijak, reduktori, sustavi ventilacije i klimatizacije, ispušni sustavi itd. U pravilu najveći udio generirane buke pripada glavnom stroju i brodskom vijku, no na brodu koji je analiziran u ovom radu, za glavni stroj je odabran električni pogon koji ne stvara velike razine buke poput klasičnog dizel-motora. Stoga će uz brodski vijak bitan utjecaj imati dizel-generatori. Razina buke na brodu ovisi o tri utjecajna faktora; izvor buke, put širenja i prijemnik. Ovakvo zamišljeni koncept prikazuje Slika 7.

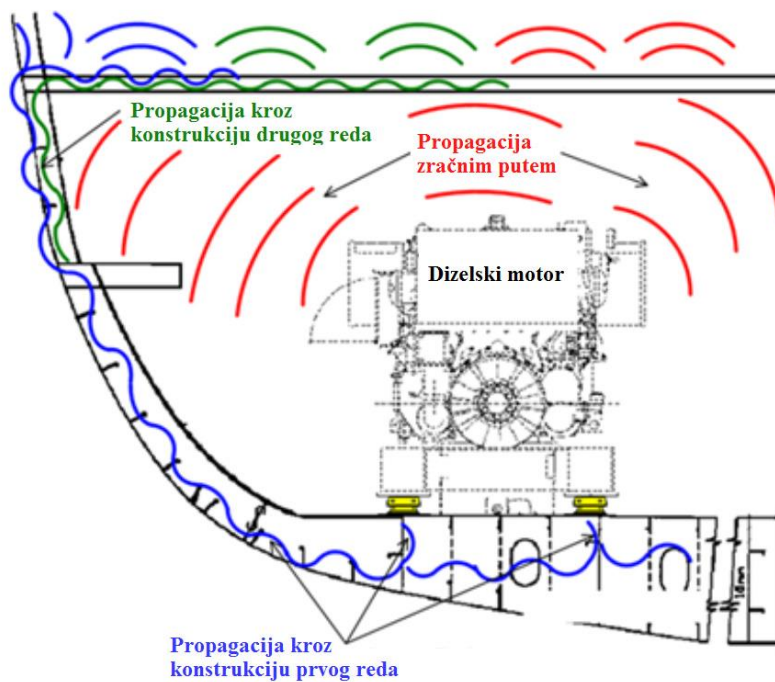


Slika 7 Utjecajni faktori na razinu buke na brodu [16]

Brodska konstrukcija predstavlja zvučnu stazu kojom se buka širi od izvora do prijemnika i kao takva ima veliki utjecaj na konačne rezultate, stoga projektanti imaju odgovornost sagledavanja akustičkih svojstava konstrukcije. Pojam prijemnik može označavati uređaj koji očitava razine buke kao što bi to radila klasifikacijska društva ili brodovlasnici, ali može označavati i živo biće; putnik, član posade, ili pak životinje u vodi. U slučaju potrebe za reduciranjem razina buke na brodu, moguće je utjecati na bilo koji od navedena tri faktora.

Kao što je ranije spomenuto, način propagacije buke može biti ostvaren kroz konstrukciju ili kroz zrak. Slikovito objašnjenje načina širenja buke prikazuje Slika 8. Temelj izvora predstavlja kontakt izvora s konstrukcijom i upravo se preko temelja buka počinje širiti konstrukcijom. Ovakav način propagacije naziva se širenje buke kroz konstrukciju prvog reda. Ukoliko buka

koja se širi zrakom naiđe na pregradu, postoji mogućnost izazivanja sekundarnih vibracija koje će zatim s druge strane pregrade generirati zvuk. U slučaju da postoji propagacija buke kroz strukturu koja ne polazi od točke kontakta izvora s konstrukcijom, takav se način propagacije naziva širenje buke kroz konstrukciju drugog reda.



Slika 8 Propagacija buke na brodu [17]

4. METODE PROGNOZE BUKE NA BRODOVIMA

Propisani zahtjevi za kontrolu buke podižu kriterije posljednjih godina te svako klasifikacijsko društvo razvija svoje smjernice i pravila kojima je potrebno udovoljiti. Za implementaciju novih propisa vezanih uz maksimalnu razinu buke, nužno je već u projektnoj fazi provesti potrebne proračune te primijeniti mjere smanjenja buke i vibracija ukoliko ti rezultati prelaze dopuštene granice. Pri završetku projekta gradnje broda, provodi se mjerenje buke i vibracija koje će potvrditi ili opovrgnuti točnost prethodno obavljenih proračuna.

Složena struktura broskog trupa koja zajedno sa svom montiranom opremom generira buku i vibracije čini složeni dinamički sustav [18]. Proračun buke i vibracija u takvom sustavu uključuje određivanje frekvencije odziva, amplitude vibracija, i u konačnici, razine zvuka koji se prenosi zrakom. Pristup ovakvoj problematici analitičkom metodom iziskuje strahovito puno vremena i truda te potpuno ispada nepraktičan, moguće i uzaludan. U potrazi za novim i jednostavnijim načinima za rješavanje takvih problema, prepoznato je više numeričkih metoda, od kojih će u ovom radu biti objašnjene 3 najutjecajnije, a to su: metoda konačnih elemenata, metoda statističke energije i metoda energetskih konačnih elemenata.

4.1. Metoda konačnih elemenata

Metoda konačnih elemenata, MKE (eng. Finite element analysis) kreće s diskretizacijom vibroakustičnog sustava na konačan broj elemenata od kojih je svaki manji od najmanje amplitude elastičnog vala. Ova metoda je ostvarila najširu primjenu kod predviđanja buke u području niskih frekvencija. Pristup se temelji na transformaciji spregnutih diferencijalnih jednadžbi gibanja u sustav algebarskih izraza [19]. Pomaci elementa opisani su odgovarajućim polinomima, dok su mjesta spajanja elemenata određena jednakostima u pomacima ili naprezanjima duž granica spojenih elemenata. Matrična jednadžba koja se koristi za opisivanje ovakvog sustava glasi:

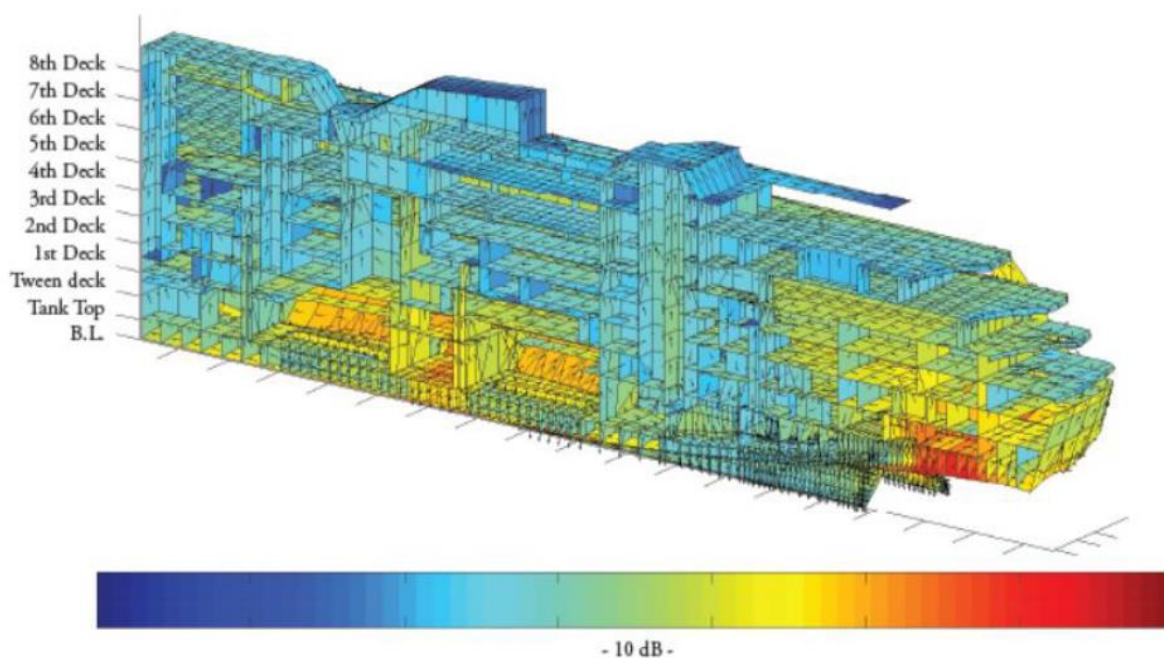
$$([K] + j\omega[R] \cdot \omega^2[M])\{\xi\} = \{F\} \quad (4)$$

Gdje su:

- [K] - matrica krutosti sustava
- [R] - matrica apsorbirane energije vibracija

$[M]$	- matrica masa
$\{F\}$	- vektor sila koje djeluju na strukturu
$\{\xi\}$	- vektor strukturnih pomaka kojeg je potrebno odrediti

Proces izrade modela za analizu metodom konačnih elemenata provodi se u tri faze. Prvi korak obuhvaća izradu 3D modela koji će poslužiti kao geometrija za izradu mreže konačnih elemenata. Zatim se definiraju pločasti konačni elementi koji moraju definirati prethodno napravljen model. Konačno se provodi analiza u određenom programskom paketu. Slika 9 prikazuje tipičan model mreže konačnih elemenata.



Slika 9 Prikaz propagacije buke kroz brodsku konstrukciju koristeći MKE [20]

Glavni nedostatak ove metode jest potreba za vrlo snažnom računalnom potporom te činjenica da bi zbog malih valnih duljina vibracija bilo potrebno izraditi model presitnih pločastih elemenata. Iako su buka i vibracije vrlo srodne problematike, pojas njihovih frekvencija na brodu se uvelike razlikuje. Prema [21] za MKE preporučljiva su barem 3 konačna elementa po valnoj duljini te primjena kod problema s maksimalnom frekvencijom od 200 Hz. Stoga, ova metoda pronalazi primjenu u problemu vibracija niskih frekvencija dok za analizu buke postaje

prekomplicirana. Nedostaci MKE upravo su bili poticaj za pronalazak novih i boljih načina provođenja analize buke.

4.2. Metoda energetskih konačnih elemenata

Metoda energetskih konačnih elemenata (eng. Energy Finite Element Analysis, EFEA) relativno je nov pristup usmjeren analiziranju i simuliranju širenja visokih frekvencija i buke kroz složenu konstrukciju kao što je brod. U ovoj se metodi formulira energetska bilanca za diferencijalni dio elementa čime se dobije parcijalna diferencijalna jednačba drugog reda u kojoj je varijabla gustoća energije spojenih elemenata [22]. Za numeričko rješavanje sustava jednačbi koristi se metoda konačnih elemenata.

Za razliku od MKE, u ovoj je metodi dovoljna gruba mreža konačnih elemenata za modeliranje brodske konstrukcije, što je svakako, njezina najveća prednost. Time se gubi potreba za snažnom računalnom potporom i smanjuje se vrijeme izrade modela. U idealnom slučaju, geometrijska mreža bi bila ista kao i za ostale strukturne analize koje se izvode tijekom projektiranja konstrukcije broda, tj. pomoću FEM analize niskofrekventnih vibracija [23].

4.3. Metoda statističke analize energije

Klasifikacijska društva odabrala su metodu statističke energije (eng. *Statistical Energy Analysis*, SEA) kao preporuku za provjeru visokih razina buke. Ova metoda se bazira na disipaciji energije, a riječ „statistička“ polazi od činjenice da su varijable određene statistički, a vrijednosti rezultata predviđene [22]. Metoda se već dugi niz godina primjenjuje u analizi visokih frekvencija konstrukcija, a danas je integrirana u mnoge programske pakete za izvođenje takvih analiza. Osnovna ideja metode je podjela složene konstrukcije u nekoliko povezanih podsustava i modeliranje protoka energije među njima [24]. Za svaki podsustav postavljen je zakoni očuvanja energije uzimajući u obzir, prosječnu prostornu brzinu vibriranja, brzinu disipacije energije, brzinu izmjene energije i brzinu unosa energije uslijed djelovanja vanjskih sila. Podsustav je analizirani element strukture koji mora ispunjavati dva uvjeta:

- sposobnost samostalnog vibriranja,
- posjedovanje vlastite frekvencije [22].

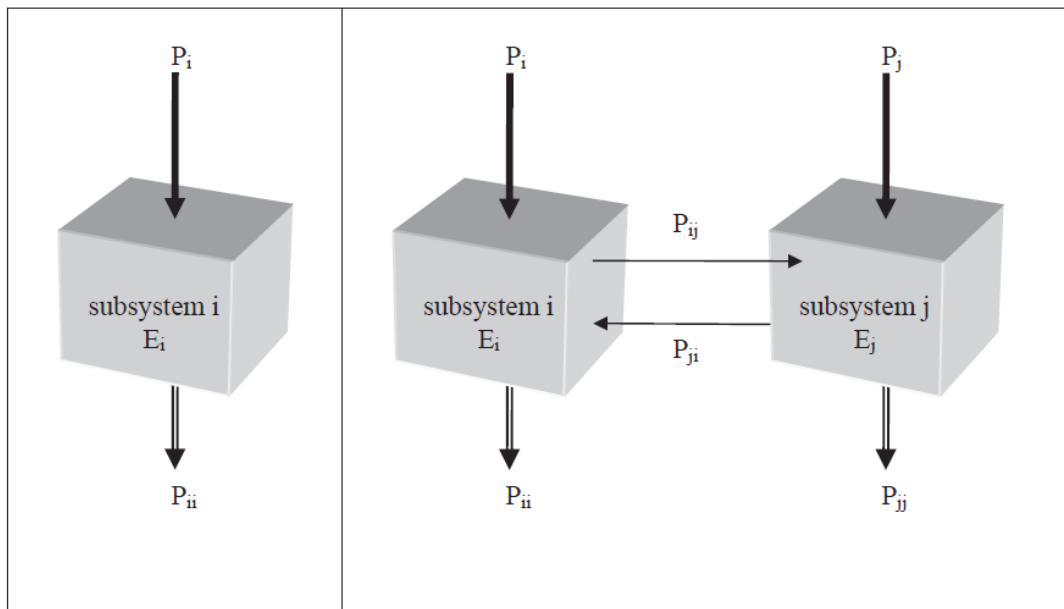
Recimo da na podsustav „i“ djeluje rezultantna snaga P_i kao što na lijevoj strani prikazuje Slika 10. Nakon ulaska te snage, dio se pohranjuje u obliku vibracijske energije E_i , a dio će sačinjavati gubitci P_{ii} koji se mogu izračunati pomoću koeficijenta unutarnjih gubitka η_i :

$$P_{ii} = \omega \cdot \eta_i \cdot E_i \quad (5)$$

Ukoliko se definira stacionarno stanje onda ulazna energija mora biti jednaka izlaznoj:

$$P_i = P_{ii} \quad (6)$$

Ako se u razmatranje ubaci još jedan podsustav „j“ koji je u interakciji s onim prvim, stvar se neznatno komplicira. Slika 10 na desnoj strani prikazuje jedan takav primjer povezana dva podsustava.



Slika 10 Zasebni podsustav (lijevo) i dva povezana podsustava (desno) [22]

Zakon očuvanja energije vrijedi i dalje:

$$P_i + P_j = P_{ii} + P_{jj} \quad (7)$$

Budući da su podsustavi povezani, između njih postoji izmjena vibracijske energije koja se može definirati pomoću koeficijenta gubitaka spoja η_{ij} :

$$P_{ij} = \omega \cdot \eta_{ij} \cdot E_i \quad (8)$$

$$0 = P_{ij} - P_{ji} \quad (9)$$

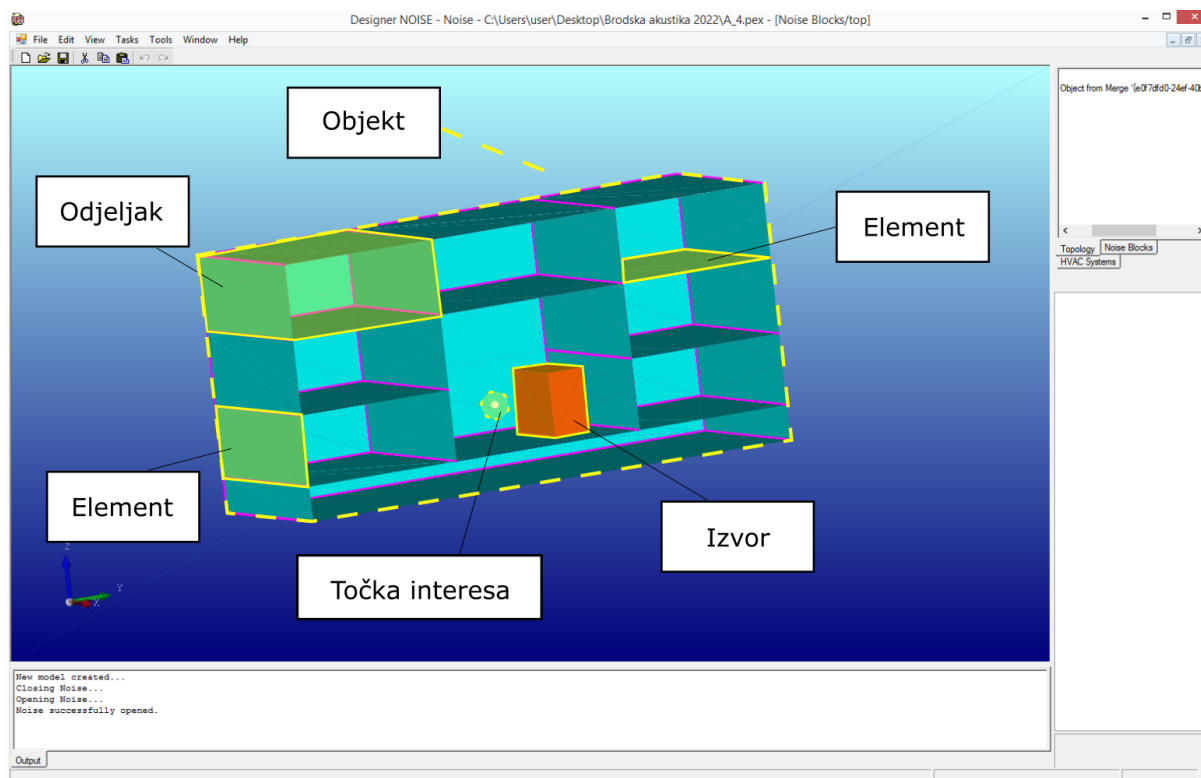
Daljnijim dodavanjem podsustava, formira se sustav linearnih jednadžbi koje se rješavaju matrično, a čije rješenje daje srednje energije za pojedine podsustave.

Uočljivo je da su SEA i EFEM slične metode uz tu razliku da se kod SEA pretpostavlja da gustoća energije ne ovisi o položaju unutar elementa. S matematičkog gledišta, jednadžbe očuvanja energije izražene su algebarski, i konačna matrica predstavlja sustav linearnih jednadžbi. S druge strane, kod EFEM, bilanca energije je definirana za različite dijelove elementa što rezultira diferencijalnim jednadžbama drugog reda za pojedini element.

Budući da je SEA metoda primjenjiva kod buke visokih frekvencija, a FEM dovoljno točna za onu niskih frekvencija, kombinacijom tih dviju metoda i stvaranjem tzv. hibridne metode statističke energije stvara se alat za dovoljno dobru predikciju vibracija i buke srednjih frekvencija. Takva SEA-FEM hibridna metoda analize sposobna je dati točnu procjenu utjecaja buke za niske, srednje i visoke frekvencije [25]. Upravo se na ovoj metodi temelji korišteni programski paket Designer-NOISE koji je korišten za analizu buke u ovom diplomskom radu i o kojem je riječ u sljedećem poglavlju.

5. DESIGNER-NOISE

Kao što je već prethodno rečeno, programska podrška korištena za izradu ovog diplomskog rada je programski paket *Designer-NOISE*, čiji se rješavač temelji na hibridnoj metodi statističke energije. Ovaj alat razvijen je s ciljem pružanja programske podrške inženjerima koja će dovoljno brzo i precizno provesti analizu predviđanja buke na brodovima ali i drugim kompleksnim tankostjenim konstrukcijama. Obzirom da je korištenje programa specifično predviđeno za rad u brodskoj industriji, svi specifični izvori lako se modeliraju kao što su: glavni brodski stroj, brodski vijak, HVAC sustavi, bočni propulzori itd. Za izradu modela, dostupno je 3-D grafičko sučelje što omogućuje brz i jednostavan unos parametara modela te njegovu izradu kao što prikazuje Slika 11 na kojoj su istaknuti i definirani sastavni dijelovi akustičkog modela. Objekt predstavlja cjelokupni topološki model kojem su pridodana svojstva debljine lima, njegove dimenzije i vrsta materijala. Objekt je sastavljen od više manjih odjeljaka koji nastaju zatvaranjem određenog volumena okolnim elementima. U gotov objekt se postavljaju izvor buke, u ovom slučaju je prikazan strojni element i točka interesa u kojoj se mjeri razina zvučnog tlaka.



Slika 11 Grafičko sučelje programskog paketa *Designer-NOISE*

Mogu se procijeniti uzroci buke u bilo kojem odjeljku te je moguće istražiti različite opcije obrade, uključujući elastično montiranu opremu, dodavanje apsorberajuće izolacije, ili materijala za prigušenje [26]. Na taj način, projektantima se nudi uvid u akustičko stanje brodske konstrukcije te mogućnost za optimiranjem istog i jednostavnim ispunjavanjem zadanih ciljeva te održavanjem buke u propisanim granicama. Mjerodavni prikaz propagacije buke u projektnoj fazi stvara uvjete za bolje planiranje u pogledu izbora opreme, materijala izolacije i sl. U programu su na raspolaganju dva načina rada:

- „Topologija“ – služi isključivo za izradu geometrijskog modela bez ikakvih svojstava
- „Buka i vibracije“ – način u kojem se definiraju debljina i vrsta materijala, dimenzije ploha i sl. te se dodaju izvori buke, izolacija ako postoji i u konačnici se provodi sama analiza.

Nakon izrade modela, potrebno je definirati svojstva površina tako da im se dodjeli određena debljina, materijal i dimenzije. Dostupni konstrukcijski materijali u bazi podataka programskog paketa prikazuje Tablica 2. Zatim se dodaju izvori, gdje je potrebno specificirati volumen, lokaciju, razine emitiranog zvučnog tlaka te ubrzanje vibracija.

Tablica 2 Dostupni konstrukcijski materijali u bazi podataka

Materijal	Konstrukcijski materijal	Materijal za izolacijske ploče	Modul elastičnosti, GPa	Gustoća, kg/m ³	Poissonov omjer
Čelik	da	da	210	7800	0,29
Aluminij	da	da	72	2800	0,3
Titan	da	da	120	4500	0,32
Stakloplastika	da	da	21	1700	0,25
Kompozitna ploča	ne	da	/	proizvoljno	/
HTL	ne	da	/	1780	/
Drvo	ne	da	12	500	0,35
Pleksiglas	ne	da	43	1200	0,4
Šperploča	ne	da	3,4	800	0,35
Plastika	ne	da	13	1400	0,3
Marinit	ne	da	3	800	0,3

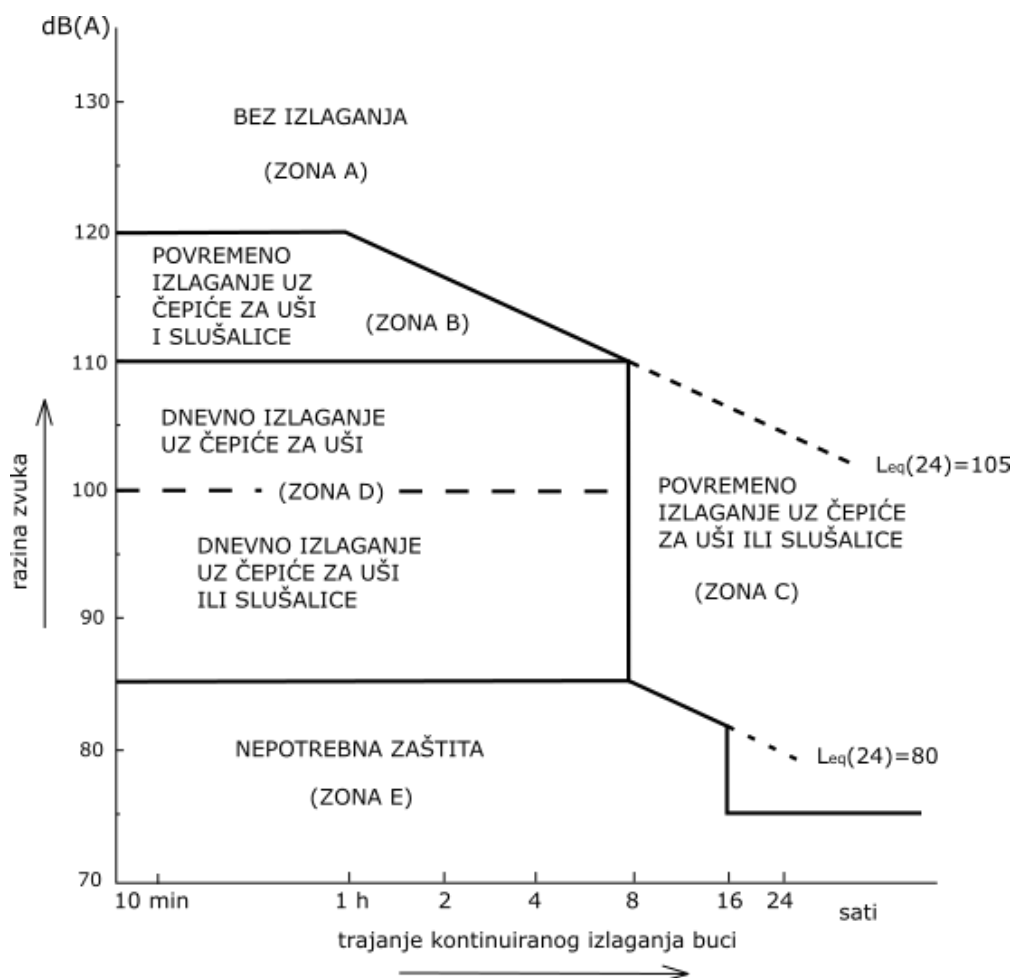
Zbog vrlo specifične primjene programa, minimalizirana je zahtijevana količina informacija od korisnika odnosno pojednostavljen je unos potrebnih parametara. Što se tiče postavljanja izolacije, na raspolaganju je velika baza podataka različitih izolacijskih i apsorpcijskih materijala koje je dovoljno samo odabrati, bez poznavanja njihovih točnih akustičkih svojstava. U rezultatima je moguće identificirati točne odjeljke broda koji ne zadovoljavaju korisnički definirane kriterije te identificirati udjele doprinosa buci pojedinih izvora kako bi se lakše provela sanacija problema.

6. ZAKONSKA REGULATIVA

Buka je danas postala globalni problem s kojim se već desetljećima intenzivno bave različita nacionalna i međunarodna regulatorna tijela pa tako i krovna udruga koja se bavi zdravljem ljudi, Svjetska zdravstvena organizacija WHO [27]. Kad je riječ o pomorskoj industriji, valja reći da najvažniju i najutjecajniju ulogu ima IMO. Prvi koraci prema redukciji buke na brodovima napravljeni su 70-ih godina prošlog stoljeća kad je na snagu stupila IMO Rezolucija A.343(IX) [28]. Obzirom na današnju regulativu, restrikcije su bile znatno blaže odnosno sve razine buke su dane kao preporuke za daljnje projekte, a ne kao dopuštene granice. Slijedila su zatim nova saznanja o štetnim utjecajima buke na posadu i putnike pa je IMO 1981. godine preciznije definirao metode mjerenja i potrebne opreme Rezolucijom A.468(XII) [29]. Ovom rezolucijom, ulazi se mnogo detaljnije u problematiku buke na brodu, točno su definirane upute za provođenje potrebnih mjerenja, granice buke po kategoriziranim prostorima na brodu, upute za dodatnu zaštitu od buke čepićima i slušalicama. Jasno je naglašeno kako propisane granice razina buke više nisu preporuke nego eksplicitni zahtjevi. Očekivano, ograničenje buke neće biti jednako za svaku lokaciju na brodu pa je u tu svrhu brodski prostor podijeljen u 5 kategorija:

- radni prostori,
- navigacijski prostori,
- uslužni prostori,
- prostori u kojima nije uobičajena prisutnost ljudi.
- prostori bez prisutnosti ljudi

Također, obaveza je svakog broda provesti ispitivanje buke, a izvješće mora biti u skladu s predloškom koji je definiran u Rezoluciji A.468(XII). Zanimljiva stavka iz ove rezolucije jesu preporuke za dodatnu zaštitu od buke ukoliko unatoč izolaciji i preventivnim mjerama nije moguće zadovoljiti propisane granice te dođe do predugog izlaganja štetnoj razini buke, ili nastane buka koja trenutačno oštećuje sluh. Slika 12 prikazuje graf koji definira okolnosti u kojima je potrebno koristiti zaštitu kao što su zaštitne slušalice ili čepići za uši. Vidi se da za razine buke do 75 dB, nije potrebna nikakva dodatna zaštita slušnog organa, dok se za veće razine intenziteta zvuka preporuča korištenje zaštite za uši i smanjuje se dopuštena vremenska izloženost buci. Ukoliko izloženost buci od 85 dB(A) traje manje od 8 sati, također nije potrebna zaštita. Kako frekvencija zvuka nije specificirana, ovaj se graf primjenjuje na svim frekvencijama.



Slika 12 Dopušteno izlaganje buci prema [29]

Za sada konačnu verziju pravilnika o regulaciji buke na brodu, IMO donosi 2014 Rezolucijom MSC.337(91) [5] pod nazivom „Code on noise levels on board ships“, ili poznatiju pod imenom „IMO Noise Code“. Dopuštene granice buke blago su pooštrene u usporedbi s prethodnom rezolucijom. Tablica 3 prikazuje usporedbu propisanih zahtjeva posljednje dvije rezolucije. Izmjene se uglavnom tiču velikih brodova od 10 000 GT i više, i to posebice prostorija za smještaj putnika i posade. Obrazloženje za postavljanje strožih zahtjeva kod većih brodova je iz jednostavnog razloga što zbog veće prostranosti, postoji i veća udaljenost od glavnih izvora buke pa je moguće postići i niže razine buke u prostorima namijenjenima za boravak ljudi. Spuštanjem dopuštene granice za prostorije u kojima borave putnici i posada, limitira se štetno djelovanje na zdravlje ljudi te se istodobno pruža veći komfor za vrijeme plovidbe. Uz prethodno spomenutu podjelu broskog prostora, može se vidjeti da Tablica 3 prikazuje i podjelu na podgrupe.

Tablica 3 Usporedba dopuštenih razina buke prema različitim rezolucijama

Prostori na brodu	IMO	MSC-337(91)	
	Veličina broda	Veličina broda	
	≥ 1600 GT	1600 do 10000 GT	≥ 10000 GT
Radni prostori			
Prostori sa strojevima (redovita prisutnost ljudi)	90	110	110
Prostori sa strojevima (neredovita prisutnost ljudi)	110		
Prostori za upravljanje strojevima	75	75	75
Radionice	85	85	85
Nedefinirani radni prostori	90	90	85
Navigacijski prostori			
Navigacijski most i prostorije s kartama	65	65	65
Slušne postaje, krila navigacijskog prostora	70	70	70
Radio sobe	60	60	60
Prostorije s radarima	65	65	65
Prostori za smještaj putnika i posade			
Kabine i bolničke prostorije	60	60	55
Kantine	65	65	60
Prostori za rekreaciju	65	65	60
Otvoreni rekreacijski prostori	75	75	75
Uredi	65	65	60
Uslužni prostori			
Kuhinja s opremom za obradu hrane koja nije u funkciji	75	75	75
Plohe za posluživanje hrane i ostave	75	75	75
Prostori u kojima nije uobičajena prisutnost ljudi			
Nedefinirani prostori	90	90	90

Osim navedenih rezolucija koje je donio IMO, postoji niz međunarodnih normi koje diktiraju regulativu u vezi akustike na brodu. U nastavku su nabrojene i ukratko objašnjene:

- ISO 226:2003, „*Normal equal-loudness-level contours*“ [12]– specificirane su kombinacije razine intenziteta zvuka i frekvencija koje rezultiraju jednakim razinama glasnoće, drugim riječima definirane su krivulje izofona kao što je prethodno prikazano na Slici 3. Tako definirane krivulje vrijede uz uvjete: u odsutnosti slušatelja, zvučno se polje sastoji od ravninski progresivnih valova; izvor zvuka nalazi se ispred slušatelja; zvučni signali sastoje se od čistih tonova; razina zvučnog tlaka mjeri se u središtu glave slušatelja (bez njeove prisutnosti); slušanje je binauralno; slušatelji su otološki normalne osobe u dobi od 18 do 25 godina.
- ISO 20283-3:2006, „*Pre-installation vibratory noise measurement of shipboard equipment*“ [30] – odnosi se na putničke, trgovačke brodove, jahte i brze brodove. Norma definira zahtjeve i upute za provođenje testiranja vibracija uslijed rada brodske opreme prilikom tvorničkog ispitivanja opreme.
- ISO 354:2003, „*Measurement of sound absorption in reverberation room*“ [31] – opisuje metode mjerenja koeficijenta apsorpcije zvuka akustičkih materijala koji se koriste za tretiranje zidova i stropova.
- ISO 1999:2013, „*Acoustics – Estimation of noise-induced hearing loss*“ [32] – opisuje kombinacije razina buke i perioda izloženosti koji bi uzrokovali trajni gubitak sluha
- ISO 2923:1996, „*Acoustics – Measurement of noise on board vessels*“ [33] – opisuje metode i uvjete za mjerenje buke na brodovima.
- ISO 8000-8:2007, „*Quantities and units – Part 8: Acoustics*“ [34] – određuje nazive, simbole, mjerne jedinice i definicije veličina koje se koriste u akustici.
- IEC 61672-1:2013, „*Electroacoustics – Sound level meters – Part 1: Specifications*“ [35] - navodi specifikacije za elektroakustične radne karakteristike triju tipova mjernih instrumenata za mjerenje zvuka:

1. zvukomjeri za vremensko ponderiranje koji mjere eksponencijalne, vremenski i frekvencijski ponderirane razine zvuka,
2. integrirajući zvukomjeri koji mjere vremenski uprosječene, frekvencijski ponderirane razine zvuka,
3. integrirajući zvukomjeri koji mjere frekvencijski ponderirane vrijednosti izloženosti zvuku.

Svi navedeni propisi, upute, i savjeti predstavljaju nit vodilju klasifikacijskim društvima za postavljanje zahtjeva koji će doprinijeti redukciji buke i vibracija na brodu i ostvarenju ugodnije plovidbe za posadu i putnike. U nastavku je dan pregled propisa u vezi dopuštenih granica buke na brodu koje su propisala tri različita klasifikacijska društva: DNV, Lloyd's Register (LR), i Bureau Veritas (BV). Obzirom da su rezultati provedene analize uspoređeni s onima koje je za zadani brod ponudio DNV, najveći fokus usmjeren je na DNV-ove propise.

6.1. Det Norske Veritas

Det Norske Veritas (DNV) zajedno s Germanischer Lloyd-om (GL) prva su klasifikacijska društva koja implementiraju pravila u vezi regulacije buke i vibracija. U skladu s tom idejom, definiraju tzv. klase udobnosti. Cilj uvođenja notacije klase udobnosti (COMF) je osigurati sustavnu procjenu kvalitete života obzirom na buku, vibracije cijele strukture i unutarnju temperaturu za putnike i posadu na brodu [36]. Zahtjevi nad ta tri uvjeta podijeljeni su u tri klase od kojih je svakoj pridodana ocjena razine udobnosti (eng. *comfort rating number*, crn) brojkama od 1 do 3 gdje 1 označava najvišu razinu postignute ugodnosti, a 3 zadovoljavajuću. Kad je riječ o ostvarenju temperaturne ugone, ova klasifikacija vrijedi za sve brodove. S druge strane, za buku i vibracije ova se klasifikacija ne primjenjuje na jahte i vojne brodove koji imaju posebne oznake kvalitete bez podjele u različite razrede kakvoće. Zahtjevi za klasu ugodnosti za buku i vibracije razine 3, i dalje su u granicama postavljenima U IMO Rezoluciji MSC.337(91). Oznake kvalitete obzirom na buku vibracije, i postignutu temperaturnu ugodnost za različite brodove prikazuje Tablica 4 prema [36].

Tablica 4 Oznake kvalitete za buku, vibracije i temperaturnu ugodnost prema DNV-u

Klasni zapis	Oznaka kvalitete	Svrha	Primjena
COMF	C-crn	Uvjeti kvalitete života obzirom na unutarnju temperaturu	Svi brodovi
	V-crn	Uvjeti kvalitete života obzirom na buku i vibracije	Svi brodovi osim jahti i vojnih brodova
	Y-S	Uvjeti kvalitete života obzirom na buku i vibracije	Jahte i superjahte
	Y-M	Uvjeti kvalitete života obzirom na buku i vibracije	Megajahte
	NAV	Uvjeti kvalitete života obzirom na buku i vibracije	Vojni brodovi

Nadalje, svaki brod mora imati evidentiranu dokumentaciju koja mora sadržati:

- plan uređenja – raspored smještajnih prostorija, njihova izolacija, pozicioniranje vrata,
- specifikacije – informacije o panelima i vratima na mjestu kabina,
- izvješće mjerenja – rezultati laboratorijskih ispitivanja izolacijskih svojstava,
- plan pokusne vožnje – plan i upute za mjerenje buke,
- izvješće pokusne vožnje – potrebne stavke izvješća.

Ukoliko su na brodu postignute različite klase udobnosti, ona najveća odnosno najnepovoljnija će determinirati ukupnu klasu udobnosti. Tablica 5 i Tablica 6 prikazuju dozvoljene razine buke za prostorije namijenjene za smještaj putnika i posade za slučaj smještaja posade, vrijednosti tablice odnose se samo na brodove veće od 10 000 GT. Tablica 7 prikazuje dozvoljene razine buke za nespacificirane prostorije.

Tablica 5 Prostor za smještaj putnika - dozvoljene razine buke

Lokacije	Ocjena razine udobnosti (crn)		
	1	2	3
	Dopuštena razina buke [dBA]		
Kabine za putnike, prva klasa	44	47	50
Kabine za putnike, standardne	49	52	55
Javni prostor	55	58	60
Otvorena paluba	65	68	70

Tablica 6 Prostor za smještaj posade – dozvoljene razine buke

Lokacije	Ocjena razine udobnosti (crn)		
	1	2	3
	Dopuštena razina buke [dBA]		
Most	60	60	65
Radio soba	55	55	60
Kabine za članove posade	50	53	55
Dijeljeni prostor posade	55	58	60
Bolnica	55	55	55
Uredi	55	58	60
Sobe za upravljanje strojevima	65	70	75
Otvoreni rekreacijski prostor	70	73	75
Radionice	85	85	85

Tablica 7 Nespecificirani prostor na brodu – dozvoljene razine buke

Vrsta prostora	Dopuštena razina buke u [dBA]
Prostor za spavanje	60
Prostor za visoke razine koncentracije	65
Prostor za opuštenu komunikaciju	70
Prostor gdje je moguća komunikacija uz povišenje glasa, ali bez rizika oštete sluha, niti potrebe za korištenjem zaštite za uši	85

6.2. Lloyds' Register

Klasifikacijsko društvo Lloyd's Register utvrđuje kriterij za ocjenu buke i vibracija na brodovima koji se primjenjuje u sklopu Pravila i propisa za klasifikaciju brodova [37]. LR nudi dvije mogućnosti za definiranje zadovoljavajućih uvjeta na brodu glede buke i vibracija:

- klasni zapis – potvrđuje da su razine buke i vibracija na brodu u skladu s propisanim granicama te da je osigurano sustavno periodično ispitivanje buke i vibracija za vrijeme cijelog životnog vijeka broda,
- certifikat o sukladnosti – potvrđuje da su razine buke i vibracija u skladu s propisanim granicama.

Klasni zapis najčešće je primjenjen na putničkim brodovima te su definirane tri različite oznake:

- „Crew Accomodation Comfort“, CAC – kriterij za putnički smještaj,
- „Passenger Accomodation Comfort“ PAC – kriterij za smještaj posade,
- „Passenger and Crew Accomodation Comfort“, PCAC – kriterij za smještaj putnika i posade.

Uz oznake CAC i PAC dodijeljena je brojka od 1 do 3 koje iskazuju razinu prihvatljivosti buke i vibracija na brodu, gdje oznaka 1 ukazuje na postignutu najvišu razinu ugone, a oznaka 3 zadovoljavajuću. Uz oznaku PCAC dodjeljuju se dvije brojke od kojih prva upućuje na postignutu klasu za putnički smještaj, a druga za smještaj posade. Dopuštene razine buke na brodu dane su u Tablici 8.

Tablica 8 Dopuštene razine buke prema LR-u

Prostor		Dopuštena razina buke prema ocjeni ugodnosti		
		1	2	3
Putničke kabine	obične	49	52	55
	prva klasa	45	47	50
Javni prostor	sve osim trgovina	55	58	62
	trgovine	60	62	65
Centar za medicinsku pomoć		50	55	60
Kazalište		50	55	60
Otvorena paluba		67	72	72
Bazeni i sl.		70	75	75

6.3. Bureau Veritas

Prema Rules for the Classification of Steel Ships [38], za kriterije buke uvedena je oznaka klase COOMF-NOISE koja se odnosi za pojedine kategorije brodova. Navedenoj oznaci pridodaje se brojka od 1 do 3 gdje 1 označava najvišu postignutu razinu ugodnosti, a 3 zadovoljavajuću. Moguća je podjela oznake klase ovisno o prostoru na koji se odnosi:

- COMF-NOISE Pax – postignuta ugodnost putnika,
- COMF-NOISE Crex – postignuta ugodnost posade.

U Tablici 9 prikazane su najveće dopuštene razine buke za pojedini prostor na brodu koje je definirao BV.

Tablica 9 Dopuštene razine buke na brodu prema BV-u

Razine zvuka, dB(A)			
Prostori	1	2	3
Putničke kabine, prva klasa	45	47	50
Putničke kabine, obične	49	53	56
Restoran, kafići, prostorije tipa B	55	58	62
Trgovine, hodnici	60	63	65
Putnički prostor (tip A)	65	68	72
Putnički prostor (tip C)	53	56	59
Vanjske instalacije	65	70	75
Kormilarnica	60	63	65
Radio soba	55	57	60
Kabine posade	52	55	60
Uredi	57	60	63
Javni prostori posade	57	60	63
Bolnica	55	57	60
Otvoreni prostor za rekreaciju posade	70	73	75
Kontrolna soba glavnog stroja	70	73	75
Kuhinja	70	73	76
Radionice	85	85	85
Stubište, prolazi	70	73	75

7. IZRADA MODELA

Za izradu modelu korištena je tehnička dokumentacija istraživačkog broda koji je izgrađen kao gradnja NB487 u brodogradilištu Brodosplit d.d. U Prilogu 1 nalazi se sva korištena tehnička dokumentacija koju je u svrhu izrade ovog rada ustupilo brodogradilište Brodosplit d.d. Izrada modela započinje sa stvaranjem geometrijskog modela u „Topološkom“ načinu rada, a zatim se s gotovom geometrijom u načinu rada „Buka i vibracije“ objektu dodaju značajke modela bitne za prognozu buke na brodu.

7.1. Tehnički podaci analiziranog broda

Osnovne značajke analiziranog istraživačkog broda za kružna putovanja u polarnim uvjetima prikazuje Tablica 10.

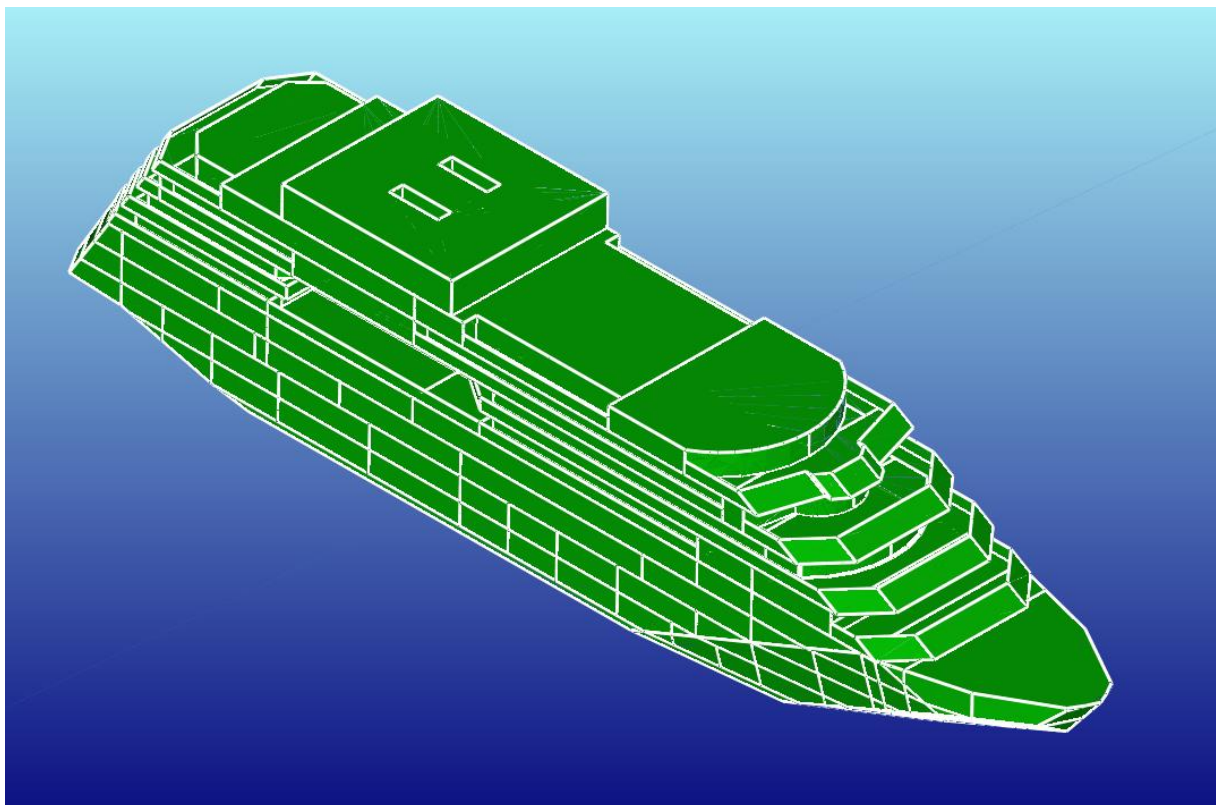
Tablica 10 Osnovne značajke analiziranoga broda

Duljina preko svega,	127,9	m
Duljina između okomice	115	m
Širina	21,5	m
Gaz maksimalni	5,25	m
Gaz projektni	5,1	m
Brzina	16	čv
Tonaža	13768	GT
Klasa	DNV GL	-
Kapacitet	200	br. putnika
Instalirana snaga	15162	kW

7.2. Izrada geometrijskog modela

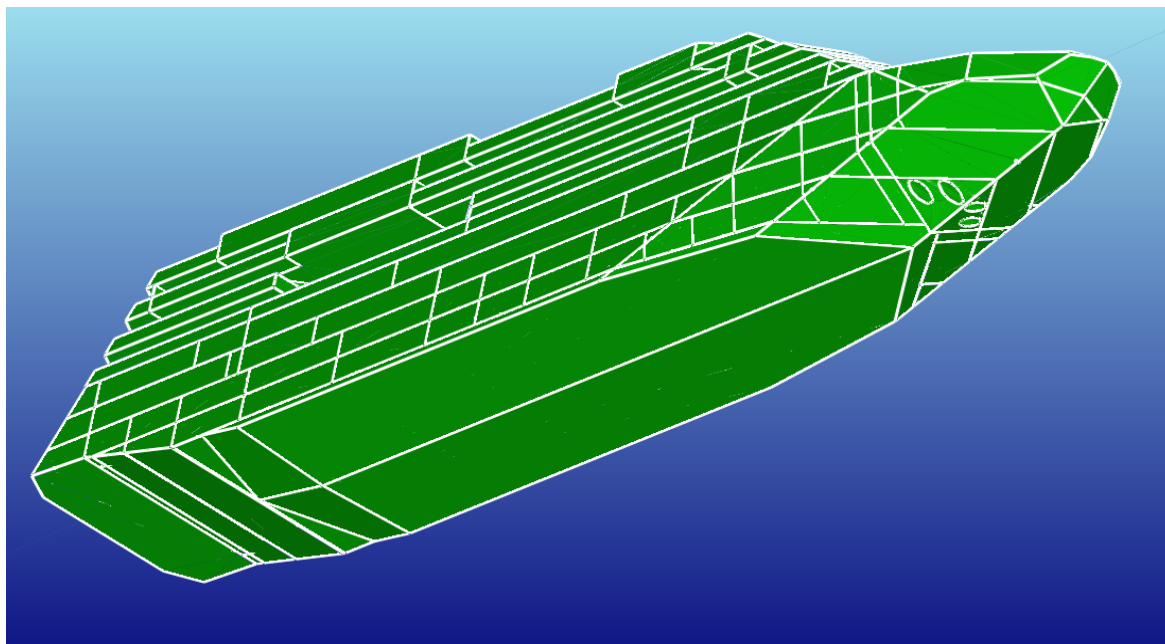
Za kreiranje modela broda potrebno je poznavati geometrijske strukturne informacije kao što su raspored paluba, poprečnih i uzdužnih pregrada, topološki izgled, razmak između okvira. Za razliku od uobičajenih alata koji omogućuju izradu trodimenzionalnog modela, u programskom paketu Designer-NOISE taj je proces krajnje pojednostavljen. Započinje sa dodavanjem jednostavnih geometrijskih oblika koji se zatim međusobno spajaju, izrezuju i oblikuju kako

bi se u konačnici dobila željena geometrija. Zatim se dodaju plohe kojima se model podijeli u odjeljke. U topološkom modelu se dakle, definiraju površine koje predstavljaju palube, pregrade i bočnu ljusku broda. Slika 13 prikazuje izrađen geometrijski model analiziranog broda u izometrijskom prikazu.

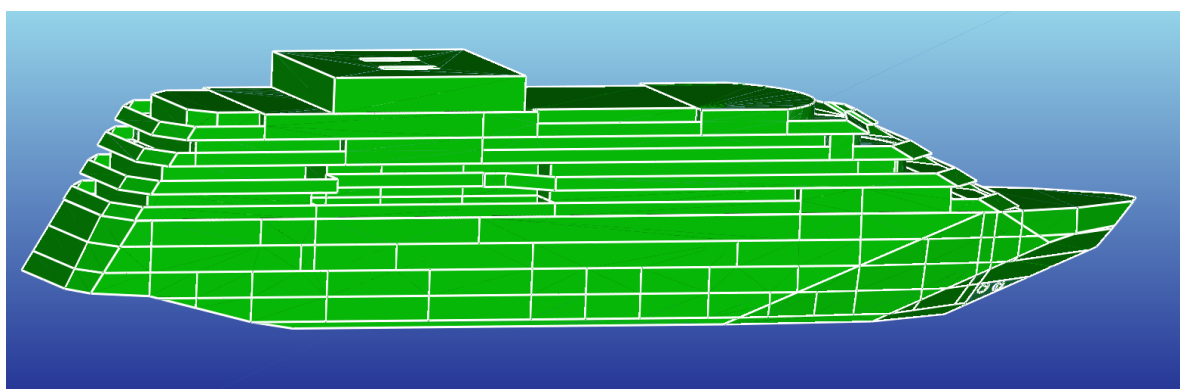


Slika 13 Aksonometrijski prikaz topološkog modela analiziranog broda

Za postizanje vjerodostojnih rezultata model je potrebno izraditi na način da između pojedinog izvora i točke mjerenja buke budu sadržani svi odjeljci kojima buka putuje do referentne točke. Stoga, detalji forme trupa nemaju utjecaj na akustička svojstva brodske konstrukcije pa time i konačne rezultate. Uzevši to u obzir, topologija trupa je blago pojednostavljena te su pri izradi zanemareni pramčani bulb i kormilo. Slika 14 prikazuje pogled od dolje iz kojeg se jasno vidi forma broskog trupa, a odmah u nastavku slijedi Slika 15 koja prikazuje bočni pogled broskog modela. Slika 18 daje uvid u unutarnju konstrukciju izrađenog modela na kojoj se mogu prepoznati palube kao horizontalne pregrade, poprečne pregrade raspodijeljene po svakoj palubi te vertikalni prolazi namijenjeni za lift i sustav ispuha dimnih plinova. Dva poprečna presjeka na Slici 17 detaljnije prikazuju unutarnju konstrukciju modela.



Slika 14 Prikaz brodskog trupa



Slika 15 Bočni prikaz modela

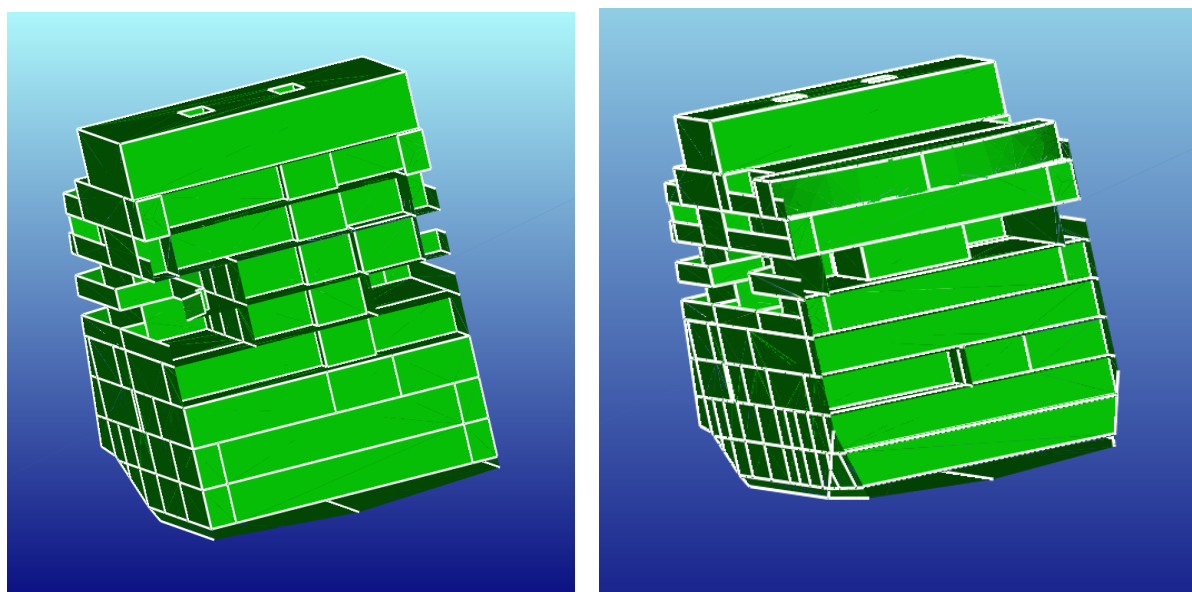
7.3. Akustičke značajke modela

Imajući gotov geometrijski model prikazan kao jedan objekt, prelazi se u način rada „Buka i vibracije“, gdje se za početak definiraju karakteristike i svojstva limova. Dimenzije čeličnih limenih panela za izradu modela iznose $2 \times 0,6$ m, a debljine variraju od 5 mm na gornjim palubama sve do 20 mm na pramčanom piku. Također, potrebno je definirati je li ostvaren kontakt s vodom za pojedini element. Kontakt s vodom se smatra ostvaren ukoliko je barem 50% površine u kontaktu s vodom. Budući da maksimalni gaz iznosi 5,25 m i uzevši u obzir moguće valove i zapljuskivanja pretpostavljen je kontakt s vodom sve do druge palube na visini

od 7 m od osnovice. Slika 16 prikazuje odabrane parametre za izradu akustičkog modela koja se primjenjuju na cjelokupni model. Nakon zadavanja svojstava za cjelokupni model, moguće je svakom elementu zasebno izmijeniti određene parametre. Na taj su način definirane različite debljine paluba, oplata i pregrada te elementi koji su u dodiru s vodom.

Identity	
BlockId	1
Name	istrazivacki brod
ProjectId	1
VariantId	3
Property	
PanelLength	2.000 m
PanelWidth	0.600 m
StructuralMaterialType	Steel
Thickness	8.0 mm
WaterContact	Dry

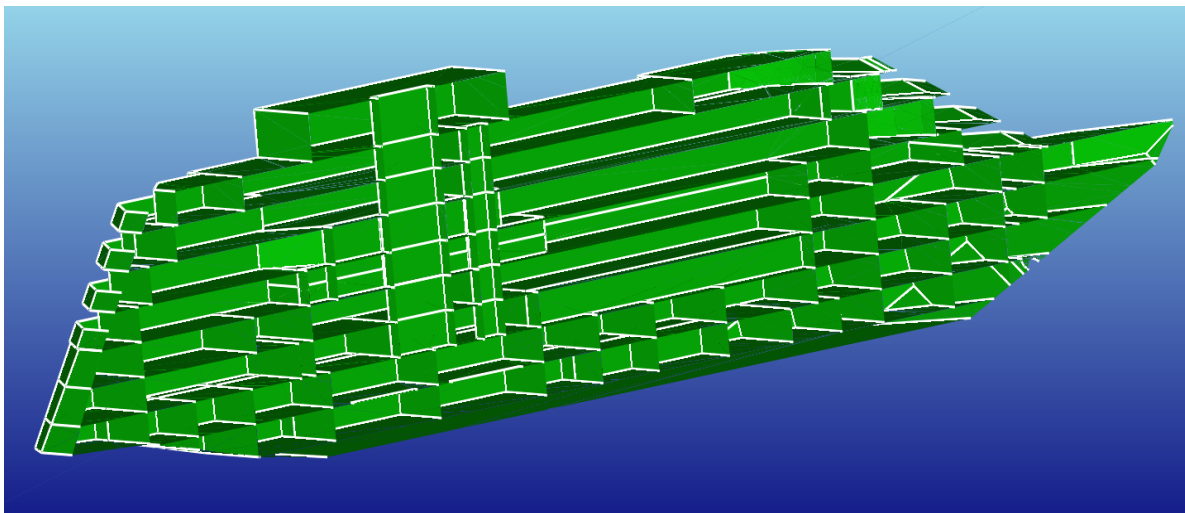
Slika 16 Svojstva panela



Slika 17 Poprečni presjeci modela na $x = 48$ m (lijevo) i $x = 88,8$ m (desno)

Prvih set parametara na Slici 16 je identifikacijske prirode i kao takvi ne utječu na ishod rezultata. Materijali korišteni za izradu broda su čelici AH-36 i NV-A, no za potrebe izrade modela dovoljno je odabrati čelik kao vrstu materijala. Stvoreni akustički model sastavljen je od 668 elemenata koji tvore 95 odjeljaka. Za svaki odjeljak moguće je odrediti:

- vrstu odjeljka – strojarnica, ured, salon i sl.,
- je li odjeljak točka interesa u pogledu razine buke,
- kriterij na razinu buke.



Slika 18 Prikaz unutarnje strukture modeliranog broda

7.4. Izvori buke

7.4.1. Glavni motori

Glavni stroj postavljen je na pokrov dvodna odnosno palubu 0 i sastoji se od dva električna motora snaga 2956 kW od kojih svaki pokreće jedan propulzor. Električna propulzija ne generira veliku razinu buke poput motora s unutarnjim izgaranjem ali svakako nije zanemariva. Za modeliranje motora kao izvora buke potreban je unos sljedećih podataka:

- položaj izvora,
- dimenzije izvora i temelja,
- način temeljenja,
- uprosječene razine zvučnog tlaka po oktavama, izmjerene blizu izvora (u ovom slučaju na udaljenosti 1 m od izvora),
- uprosječene razine vibracija po oktavama, ispod ili iznad temelja.

Slika 19 prikazuje potrebne parametare za modeliranje električnog motora. Uprosječene razine zvučnog tlaka po oktavama preuzete su iz DNV-ovog izvještaja analize buke za isti brod koje su izmjerene za zadani izvor pri 80% nazivne snage.

Identity	
Name	
Source ID	2
Base Element ID	4
Compartment ID	1
Is Active?	True
Source Type	Machinery
Library Source	None
Parameters - Coordinate System	
Foundation Origin	{ 20.900 , -6.850 , 1.350 } m
Local X-axis	{ 0.000 , 0.000 , 1.000 } m
Local Z-Axis	{ -1.000 , 0.000 , 0.000 } m
Rotation Angle	0.0
Parameters - Noise	
Source Length	2.230 m
Source Width	2.395 m
Source Height	2.435 m
Source R	1.000 m
Source Noise Levels	75,76,73,70,68,65,61,56,52
Airborne Source Offset	{ 0.0 , 0.0 , 0.0 } mm
Parameters - Vibration	
Mass	9.100 tonne
Source Vibration Levels	75,76,73,70,68,65,61,56,52
Foundation Length	2.230 m
Foundation Width	2.395 m
Foundation R0	2.435 m
Source Data Type	AboveMount
Mounting Type	Hard
Source Element	
Type of Base Element	StandardDeck
Large Panel Length	4.000 m
Large Panel Width	3.000 m
Stiffener Moment of Inertia	4000.0 cm ⁴

Slika 19 Ulazni podaci pogonskih motora kao izvora buke

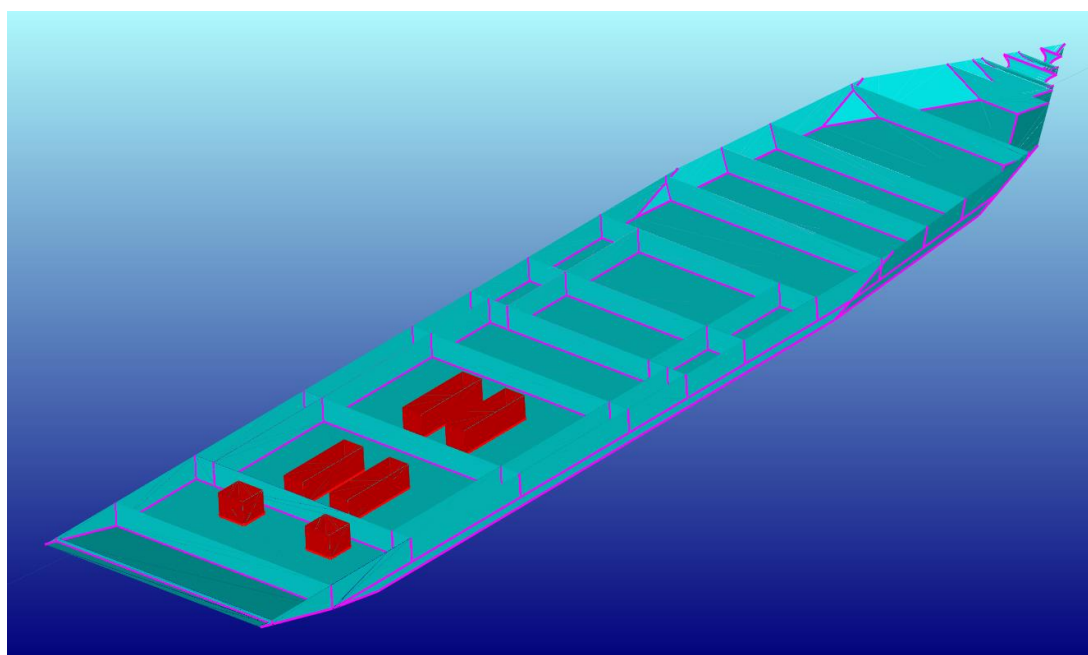
7.4.2. Dizel-generatori

Za pokrivanje električnih potreba na brodu instalirana su 4 dizel-generatora. Nalaze se kao i uobičajeno, u stražnjem djelu broda, također na pokrovu dvodna. Dva su generatora snage 2560 kW, dok druga dva imaju nešto manju snagu od 2065 kW. Zahtijevani ulazni podaci za modeliranje izvora potpuno su identični kao i za električne motore, a njihove vrijednosti mogu se očitati na Slici 20. Uprosječeni zvučni tlak po oktavama također je preuzet iz DNV-ovog izvješća analize buke.

Identity	
Name	gemset3
Source ID	9
Base Element ID	10
Compartment ID	-1
Is Active?	True
Source Type	Machinery
Library Source	None
Parameters - Coordinate System	
Foundation Origin	{ 39.600 ,1.150 ,1.350 } m
Local X-axis	{ 1.000 ,0.000 ,0.000 } m
Local Z-Axis	{ 0.000 ,1.000 ,0.000 } m
Rotation Angle	0.0
Parameters - Noise	
Source Length	6.667 m
Source Width	1.850 m
Source Height	2.962 m
Source R	1.000 m
Source Noise Levels	77,76,77,77,72,66,60,58,50
Airborne Source Offset	{ 0.0 ,0.0 ,0.0 } mm
Parameters - Vibration	
Source Vibration Levels	77,76,77,77,72,66,60,58,50
Foundation Length	6.667 m
Foundation Width	1.850 m
Foundation R0	1.000 m
Source Data Type	AboveMount
Mounting Type	Resilient
Isolation Mount	None
Source Element	
Large Panel Length	6.000 m
Large Panel Width	3.000 m
Stiffener Moment of Inertia	4000.0 cm ⁴

Slika 20 Ulazni podaci dizel-generatora kao izvora buke

Glavni motori i dizel generatori nalaze se u neposrednoj blizini na palubi 0, njihovo pozicioniranje vidi se iz horizontalnog presjeka broda kao što prikazuje Slika 21.



Slika 21 Pozicioniranje električnih motora i dizel-generatora na palubi 0

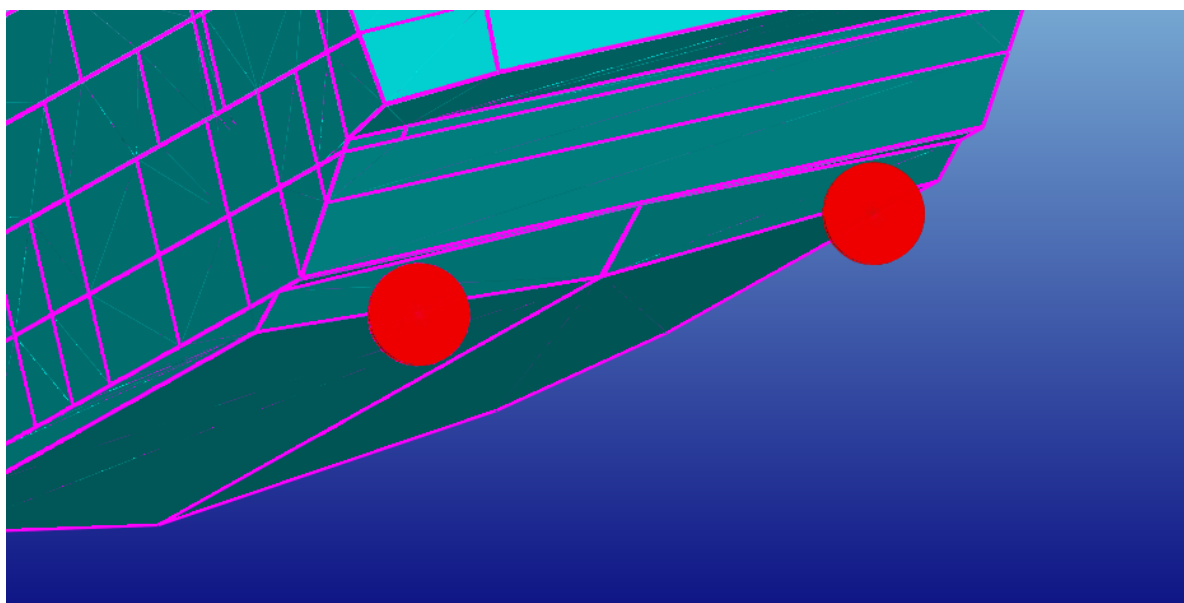
7.4.3. Propulzori

Propulzija broda je ostvarena s dva brodska vijka od kojih je svaki pogonjen zasebnim električnim motorom. Najveća snaga koju može ostvariti pojedini vijak iznosi 3000 kW, a najveća brzina vrtnje je 170 o/min. Za izradu modela broskog vijka potrebni su sljedeći podaci:

- brzina broda,
- promjer vijka,
- udaljenost broskog vijka od oplata,
- broj okretaja vijka po minuti,
- broj lopatica,
- kavitacijska brzina.

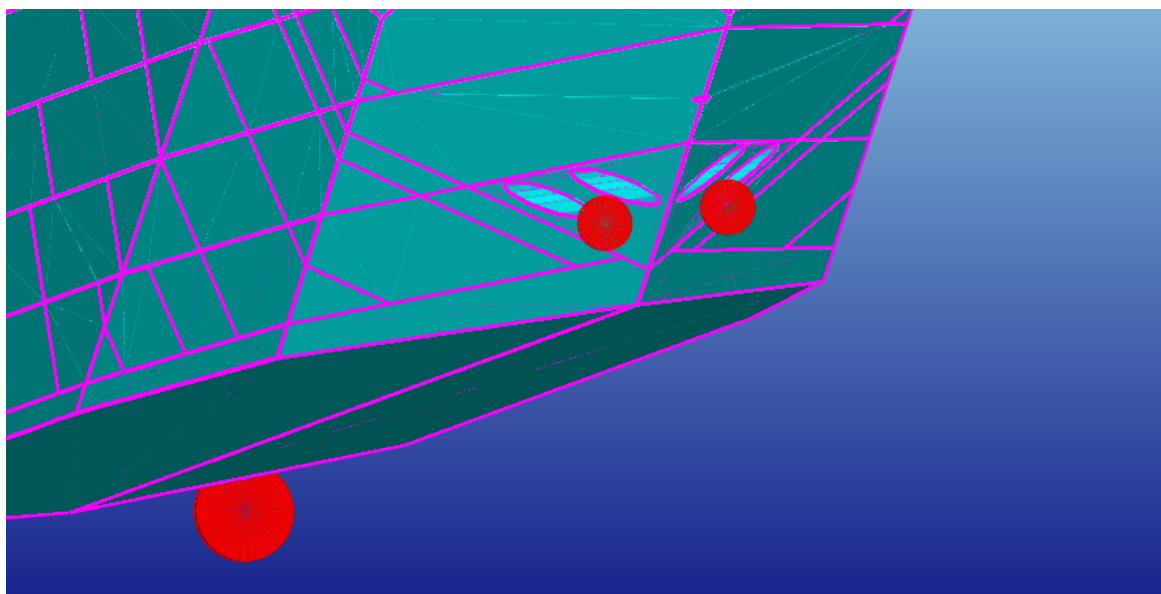
Identity	
Name	
Source ID	8
Base Element ID	88
Compartment ID	10
Is Active?	True
Source Type	Propeller
Library Source	None
Parameters - Propeller	
Ship Speed	8.76 m/s
Prop Diameter	3.200 m
Prop Tip Clearance	400.0 mm
Prop RPM	166
Cavitation Inception Speed	4.00 m/s
No. Propeller Blades	5

Slika 22 Ulazni podaci broskog vijka kao izvora buke



Slika 23 Pozicioniranje brodskih vijaka na modelu

Dva pramčana potisnika smještena su u pramčanom piku. Njihovo pozicioniranje na modelu prikazuje Slika 24, a ulazni podaci su vidljivi na Slici 25.



Slika 24 Pozicioniranje pramčanih potisnika na modelu

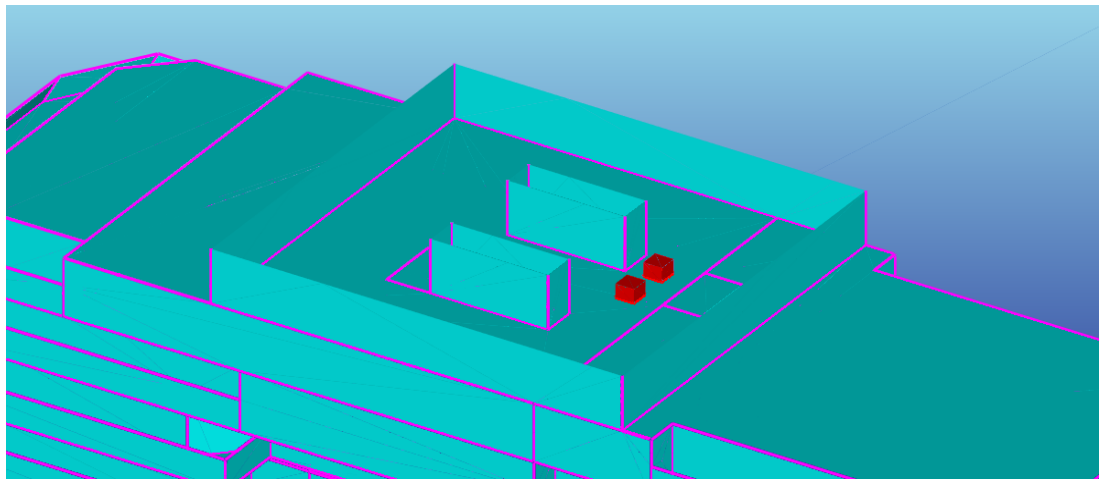
Name	pramcani potisnik 1
Source ID	8
Base Element ID	434
Compartment ID	46
Is Active?	True
Source Type	Propeller
Library Source	None
Parameters - Propeller	
Ship Speed	8.75 m/s
Prop Diameter	1.650 m
Prop Tip Clearance	50.0 mm
Prop RPM	369
Cavitation Inception Speed	7.00 m/s
No. Propeller Blades	4

Slika 25 Ulazni podaci pramčanog potisnika kao izvora buke

7.4.4. HVAC sustav

Od sustava za ventilaciju grijanje i hlađenje dostupni su podaci o usisnom i ispušnom ventilatoru koji su smješteni na palubi 8 kojoj putnici nemaju pristup. Ovaj će izvor najveći utjecaj imati na otvorene prostore na palubi 7 zato što se nalazi u neposrednoj blizini. Slika 26

prikazuje pozicioniranje ventilatora na modelu, a potrebni podaci za unos ponovno su identični onima za električne motore i njihove vrijednosti prikazane su na Slici 27.



Slika 26 Smještaj usisnog i ispušnog ventilatora

Identity	
Name	vent-usis
Source ID	3
Base Element ID	343
Compartment ID	23
Is Active?	True
Source Type	Machinery
Library Source	None
Parameters - Coordinate System	
Foundation Origin	{ 40.000 ,2.400 ,24.500 } m
Local X-axis	{ 1.000 ,0.000 ,0.000 } m
Local Z-Axis	{ 0.000 ,0.000 ,1.000 } m
Rotation Angle	0.0
Parameters - Noise	
Source Length	1.000 m
Source Width	1.000 m
Source Height	0.700 m
Source R	1.000 m
Source Noise Levels	0,100,98,104,105,103,100,95,0
Airborne Source Offset	{ 0.0 ,0.0 ,0.0 } mm
Parameters - Vibration	
Mass	1.000 tonne
Source Vibration Levels	0,100,98,104,105,103,100,95,0
Foundation Length	1.000 m
Foundation Width	1.000 m
Foundation R0	1.000 m
Source Data Type	AboveMount
Mounting Type	Hard
Source Element	
Type of Base Element	StandardDeck
Large Panel Length	3.000 m
Large Panel Width	2.000 m
Stiffener Moment of Inertia	4000.0 cm⁴

Slika 27 Ulazni podaci ventilatora na usisu kao izvora buke

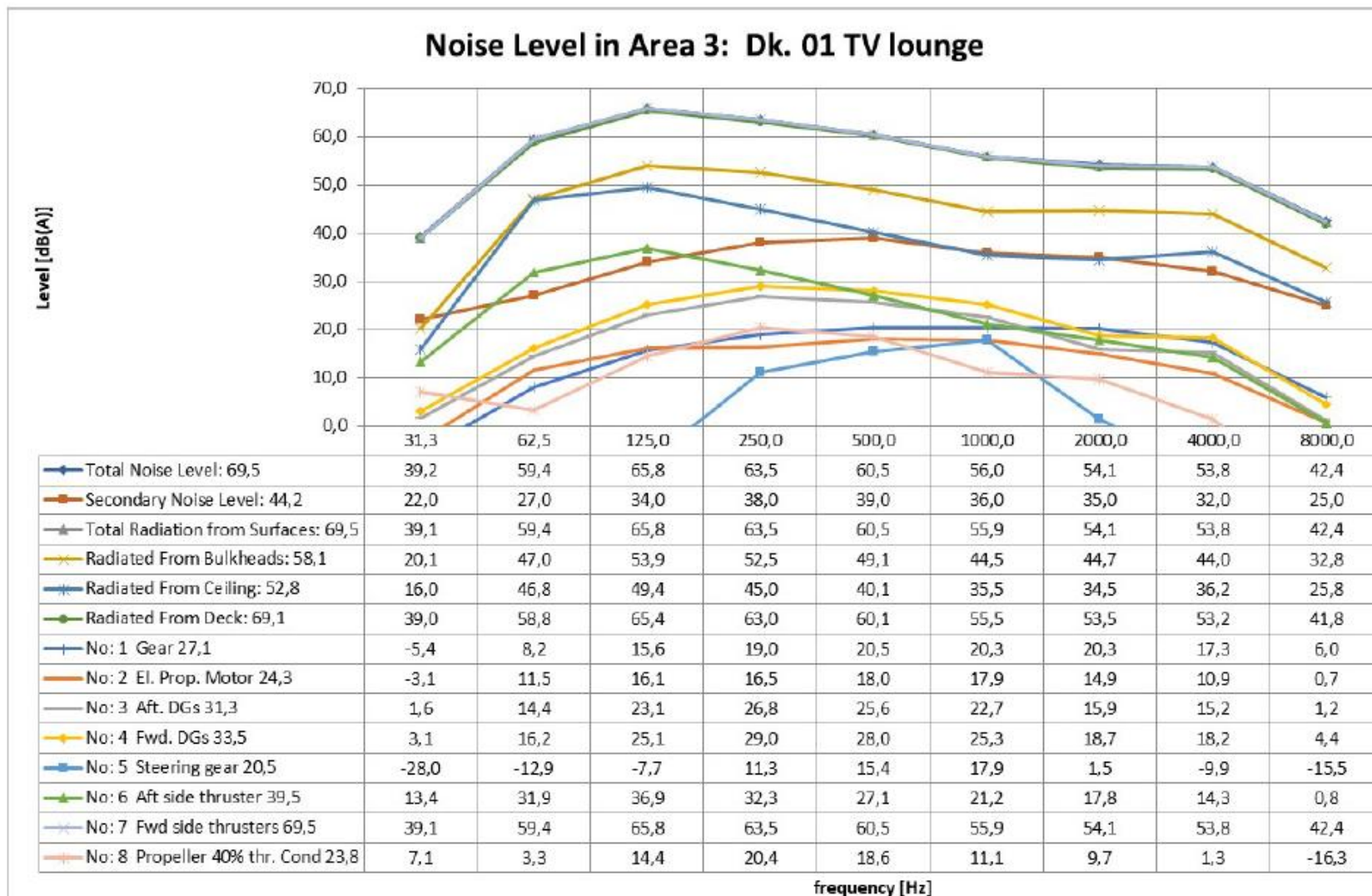
8. REZULTATI

Nakon definiranog akustičkog modela, što podrazumijeva akustička svojstva konstrukcije, raspored i svojstva izvora buke, raspored izolacije te označavanje odjeljaka koji su predmet interesa, programski paket Designer-NOISE korištenjem hibridne statističke analize energije generira razine zvučnog tlaka u dBA po oktavama za sve označene odjeljke. Dobiveni rezultati uspoređeni su s analizom buke koju je proveo DNV te koju je također ustupio Brodosplit u svrhu izrade ovog rada. DNV-ovi rezultati dobiveni su korištenjem vlastitog programa za predikciju razina buke „Noise Prediction Program NV590 Millenium“ koji se temelji na metodi prijenosne matrice. U nastavku slijede naizmjenice prikazani grafovi s rezultatima koje je iznio DNV, a zatim oni dobiveni provedenom analizom u ovom radu, i to za proizvoljno odabranu jednu prostoriju sa svake palube namijenjenu za boravak putnika ili posade kao što je navedeno u Tablici 11.

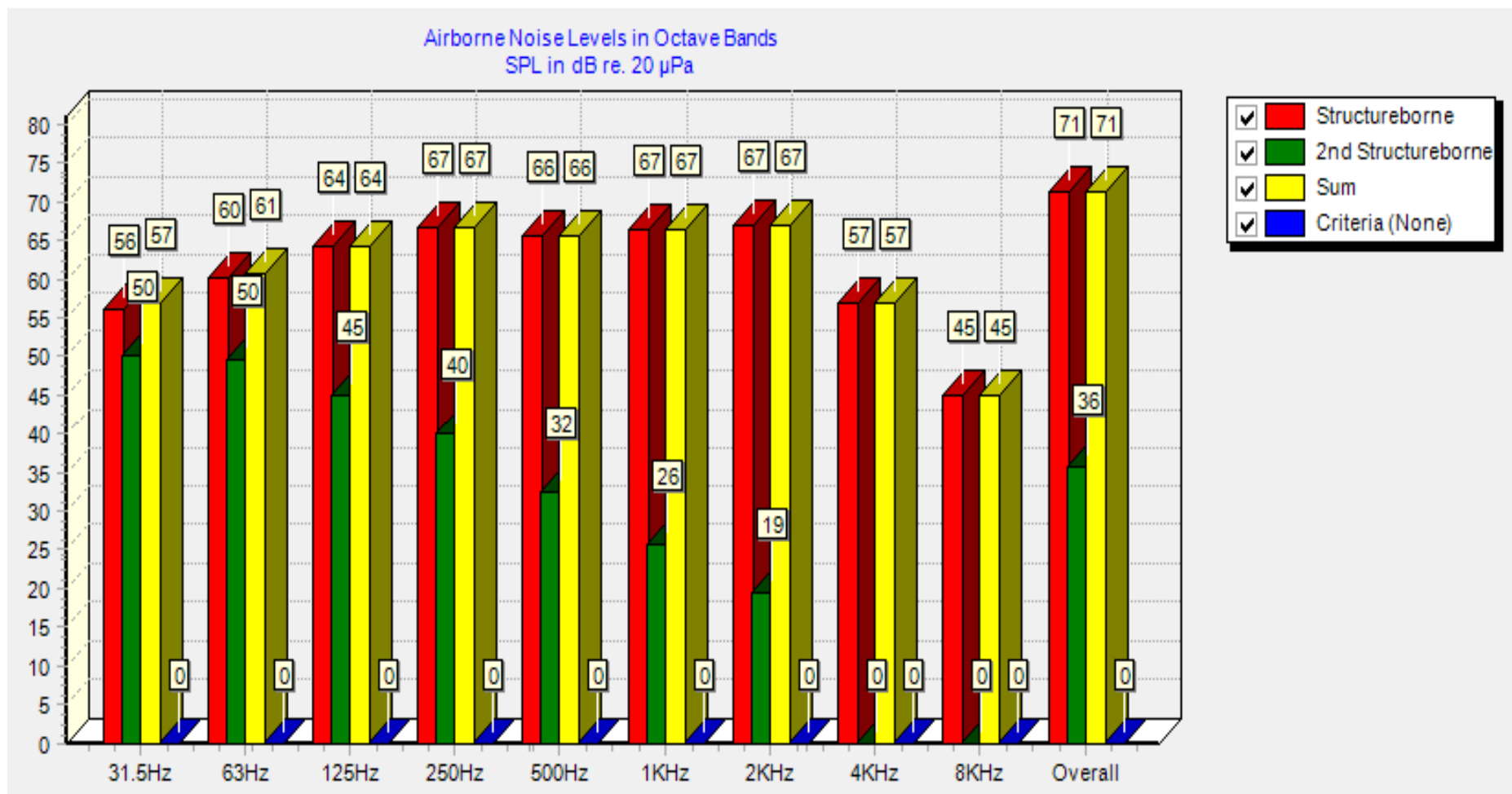
Tablica 11 Usporedba rezultata razina buke

	Prostor	DNV	Designer-NOISE	Propisana granica
Paluba 1	tv salon	69,5	71	85
Paluba 2	prostorija za pripremu putnika	67	71	58
Paluba 3	putničke kabine	52,9	59	52
Paluba 4	kabine za osobe s posebnim potrebama	63,2	64	52
Paluba 5	kabine časnika	59,2	56	52
Paluba 6	putničke kabine	49,8	45	52
Paluba 7	panoramski salon	48,2	37	58

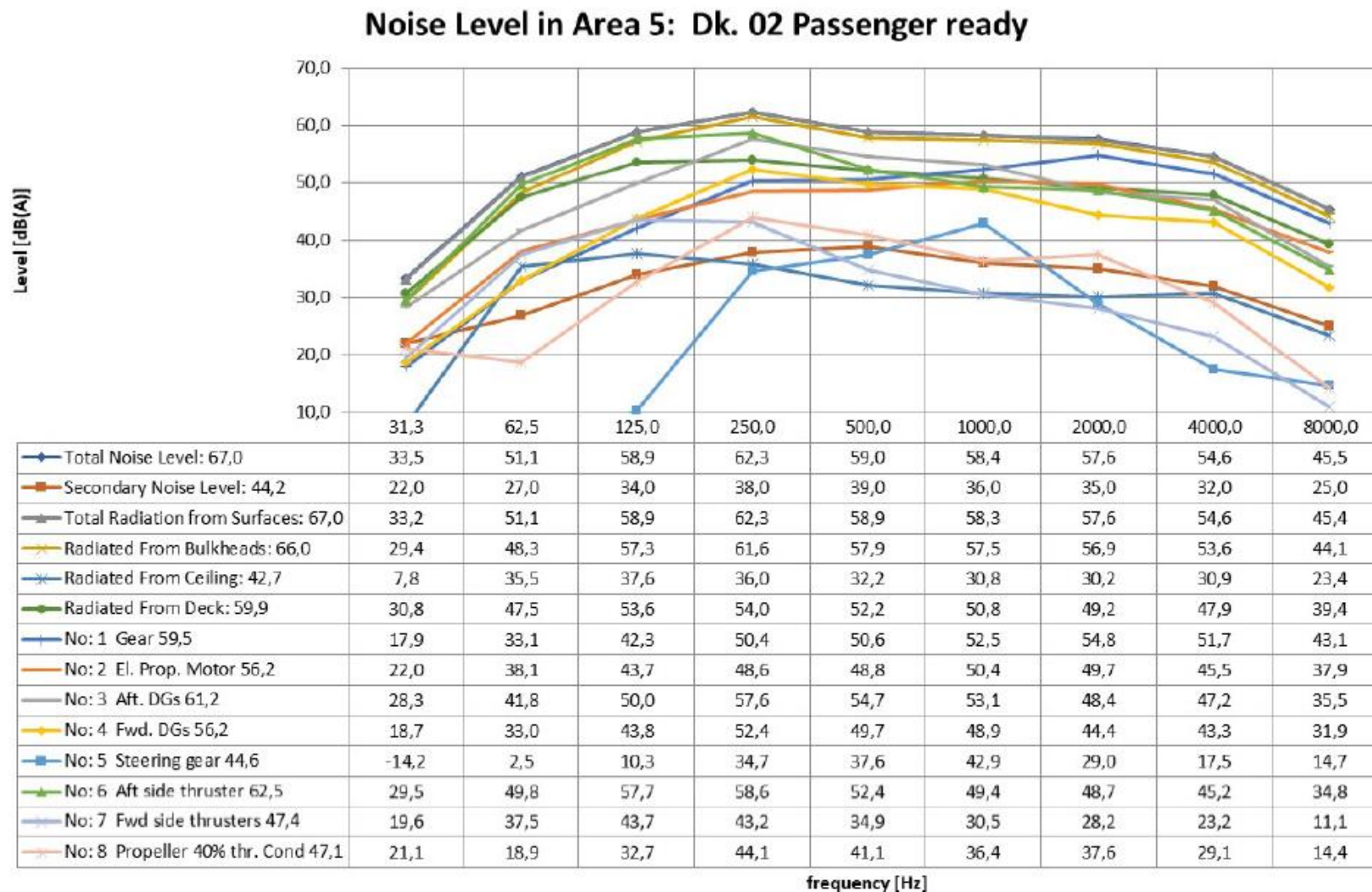
Odstupanja dobivenih rezultata od vrijednosti koje je prognozirao DNV iznose najviše 12%. Velika razlika u rezultatima na palubi 7 je ostvarena djelomično zbog nepoznavanja parametara izvora buke za ispuh dimnih plinova, zbog čega izvor nije ni modeliran. Palube 2, 3, 4 i 5 ne zadovoljavaju kriterije za klasu udobnosti C2 te je potrebno ukloniti višak generirane buke. Uz izuzetak palube 3, prekoračenja granica nisu velika te bi dodatna izolacija pregrada mogla biti dovoljna, dok bi kod palube 3 bilo poželjno postavljanje plutajućeg poda s izolacijskim materijalom kao npr. mineralna vuna.



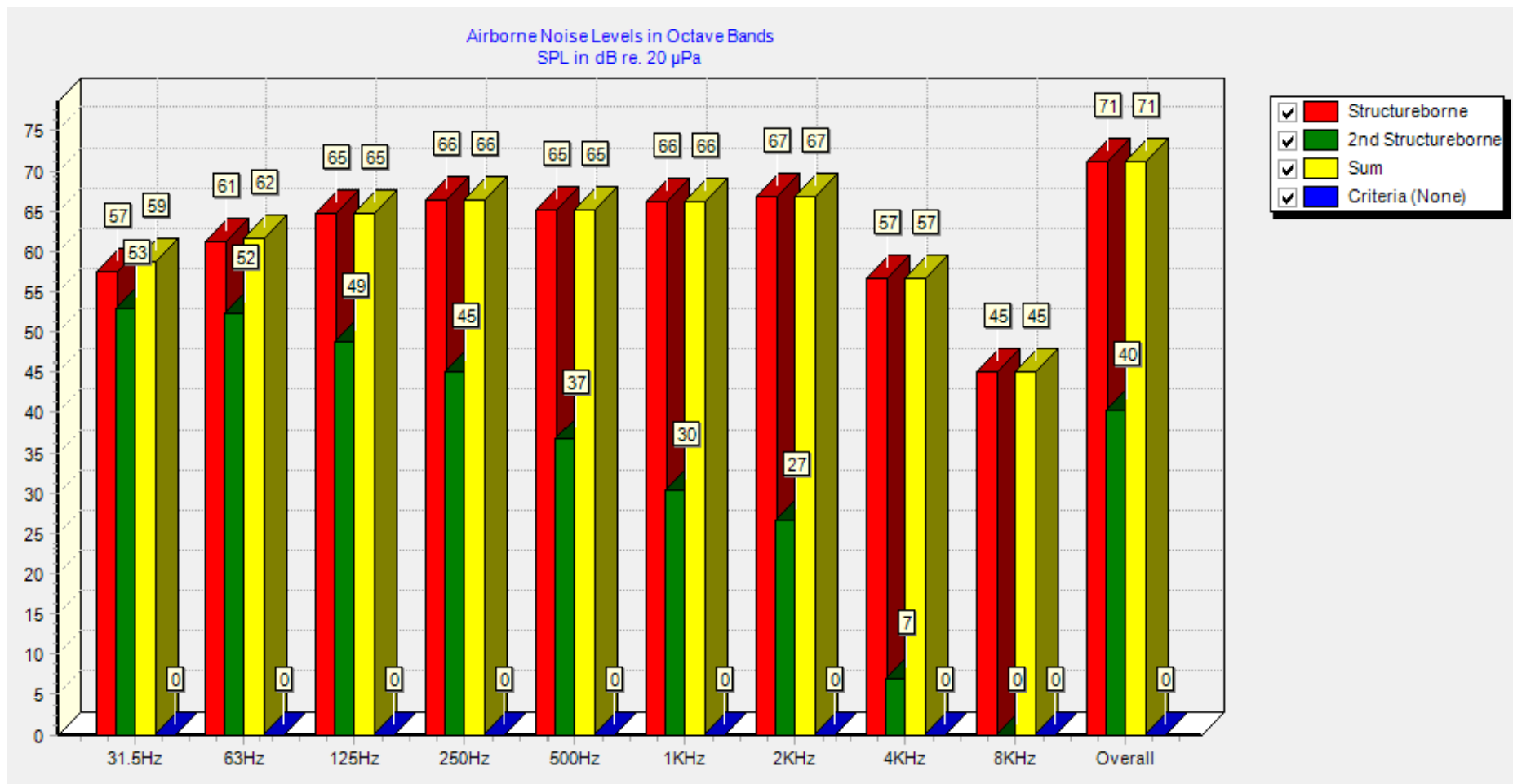
Slika 28 Razine buke u tv salonu prema DNV-u



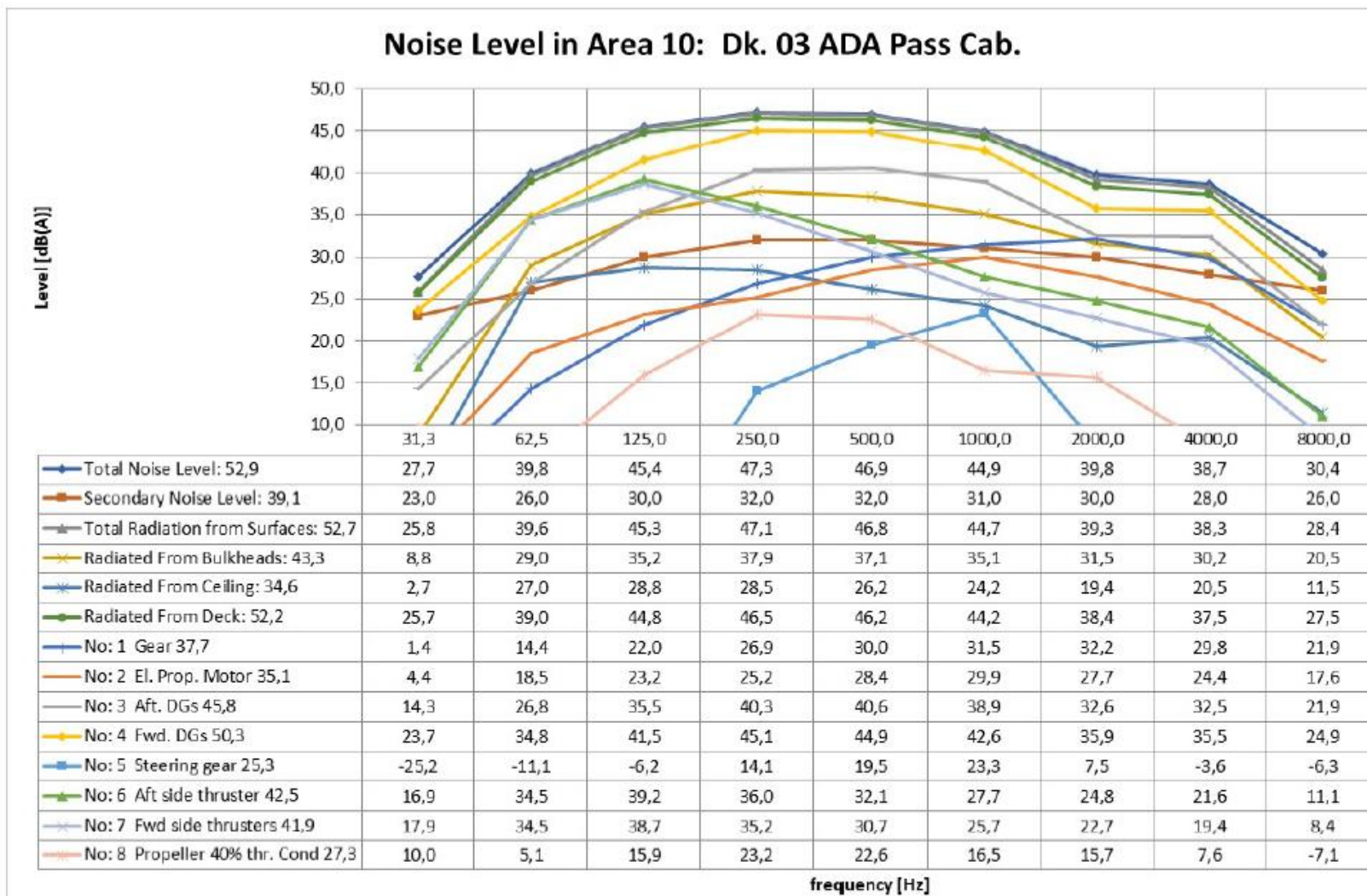
Slika 29 Razine buke u tv salonu izračunate u Designer NOISE-u



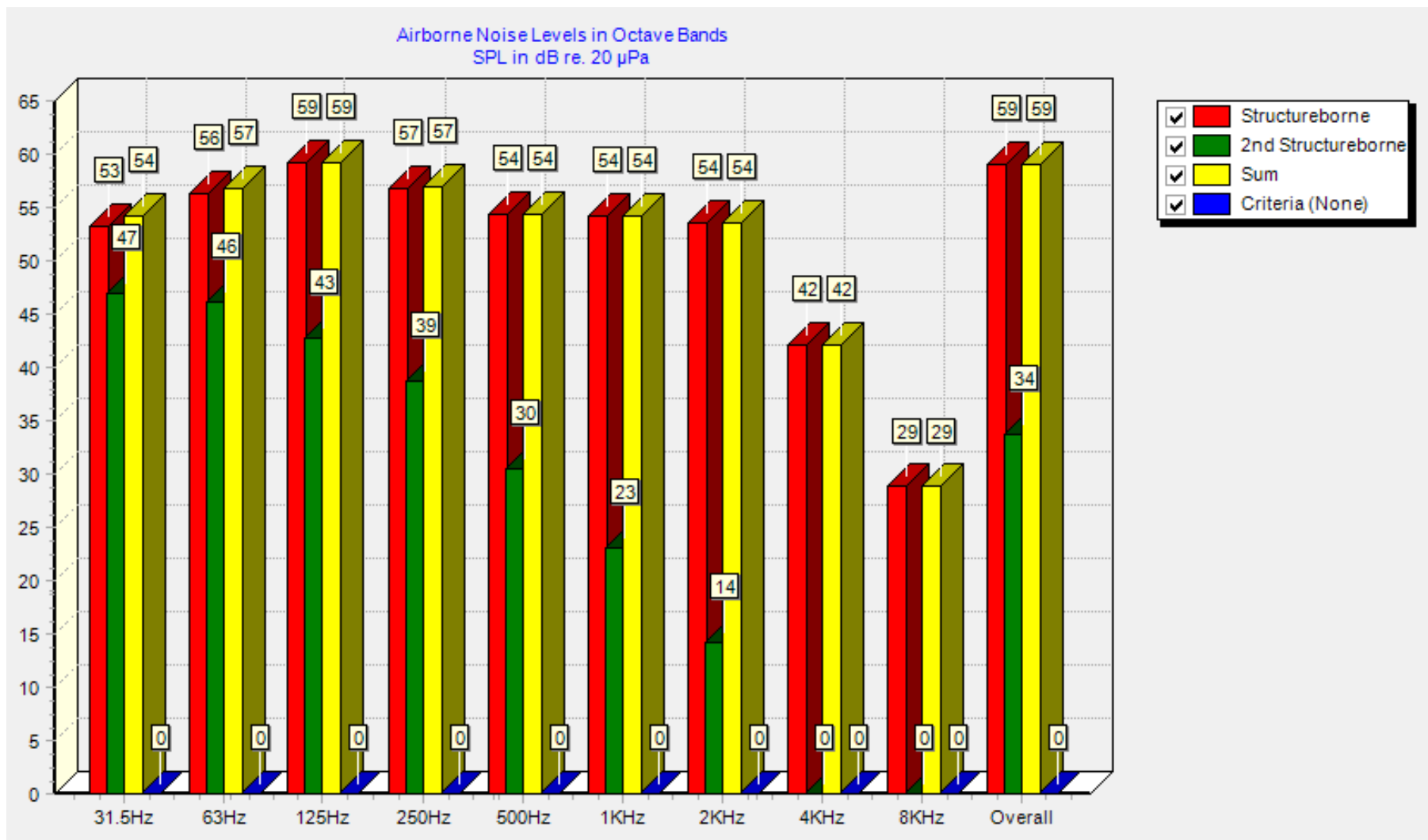
Slika 30 Razine buke u prostoriji za pripremu putnika za ekspedicije prema DNV-u



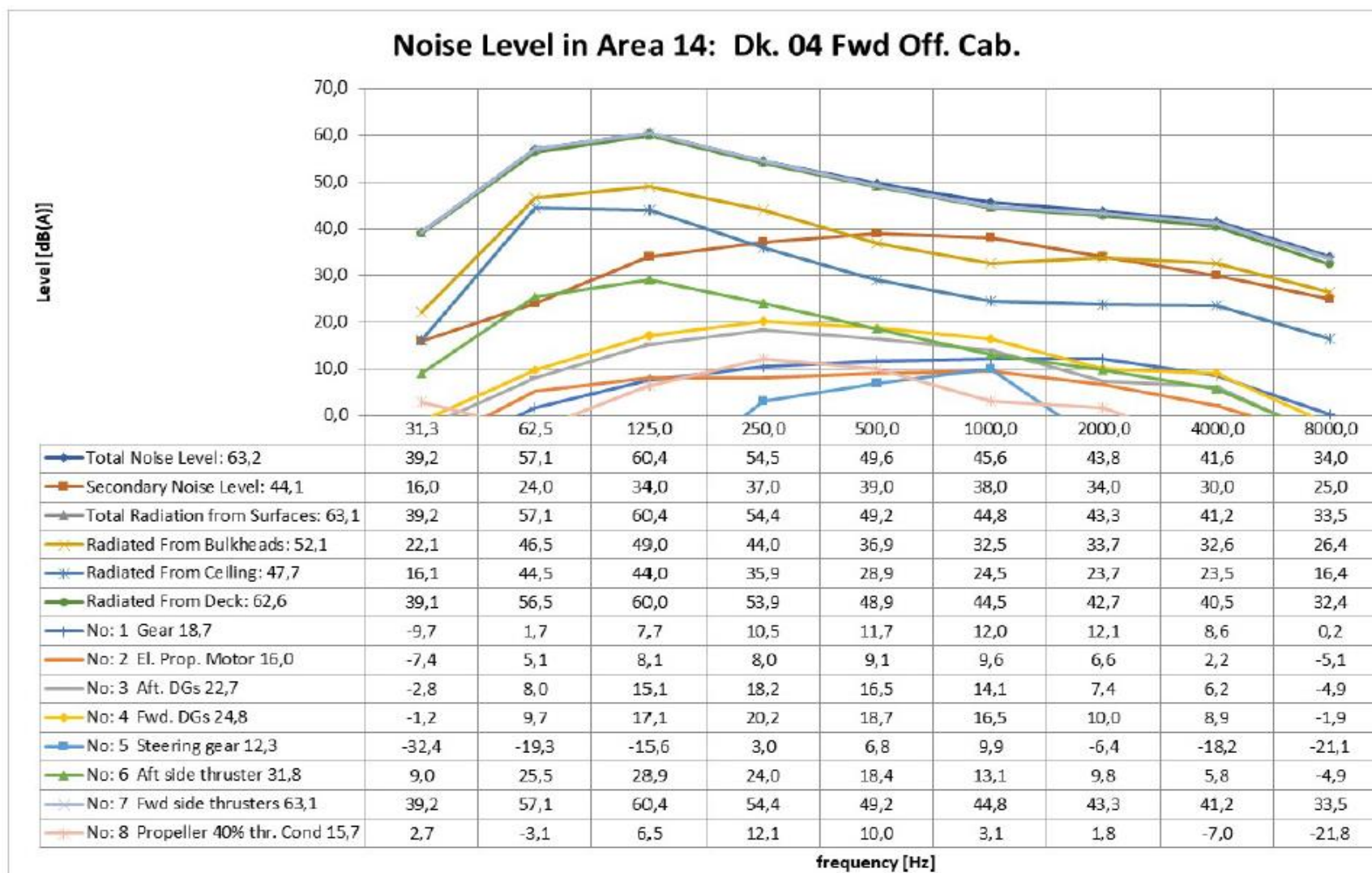
Slika 31 Razine buke u prostoriji za pripremu putnika za ekspedicije izračunate u Designer NOISE-u



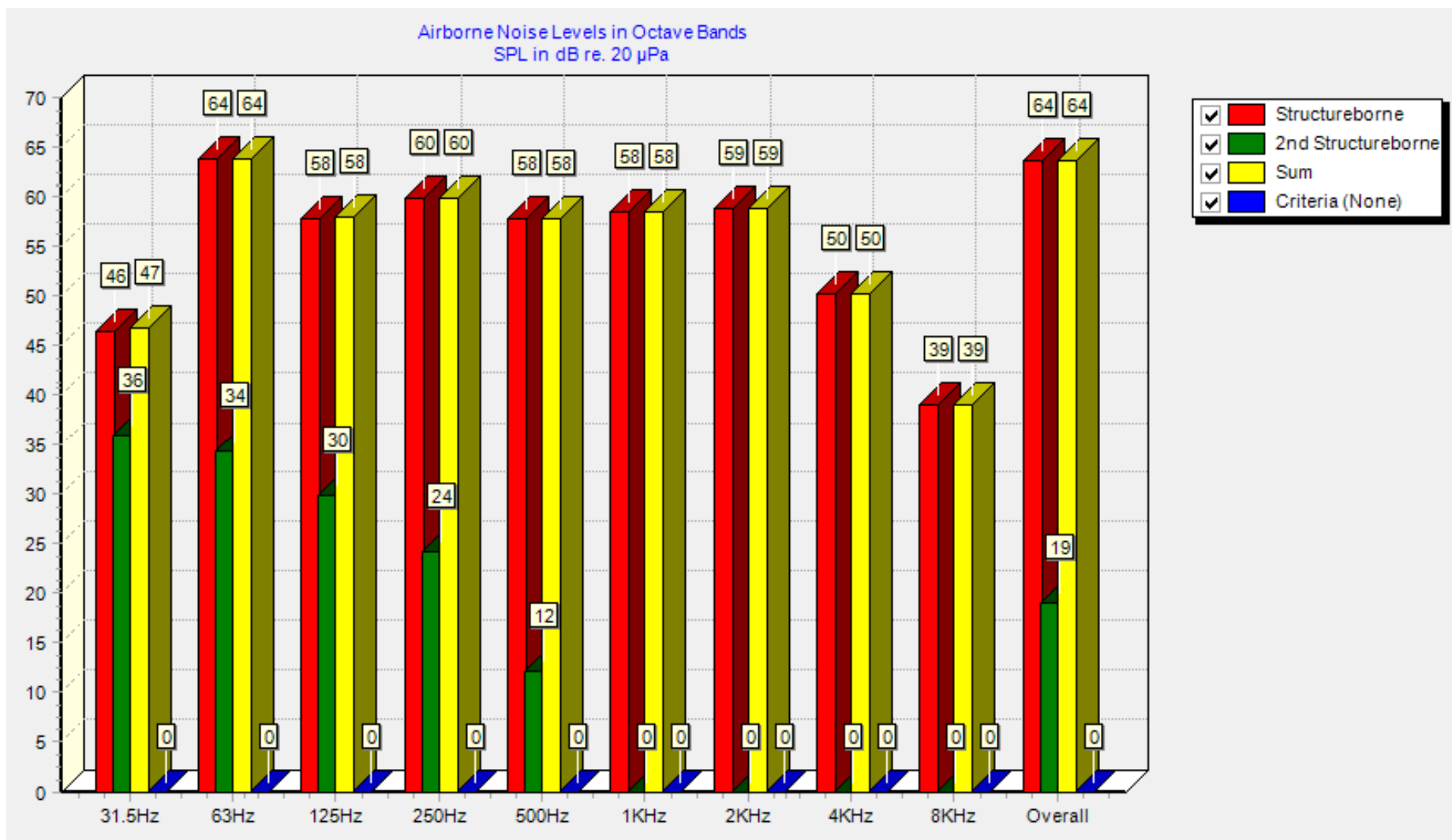
Slika 32 Razine buke u kabinama za osobe s posebnim potrebama prema DNV-u



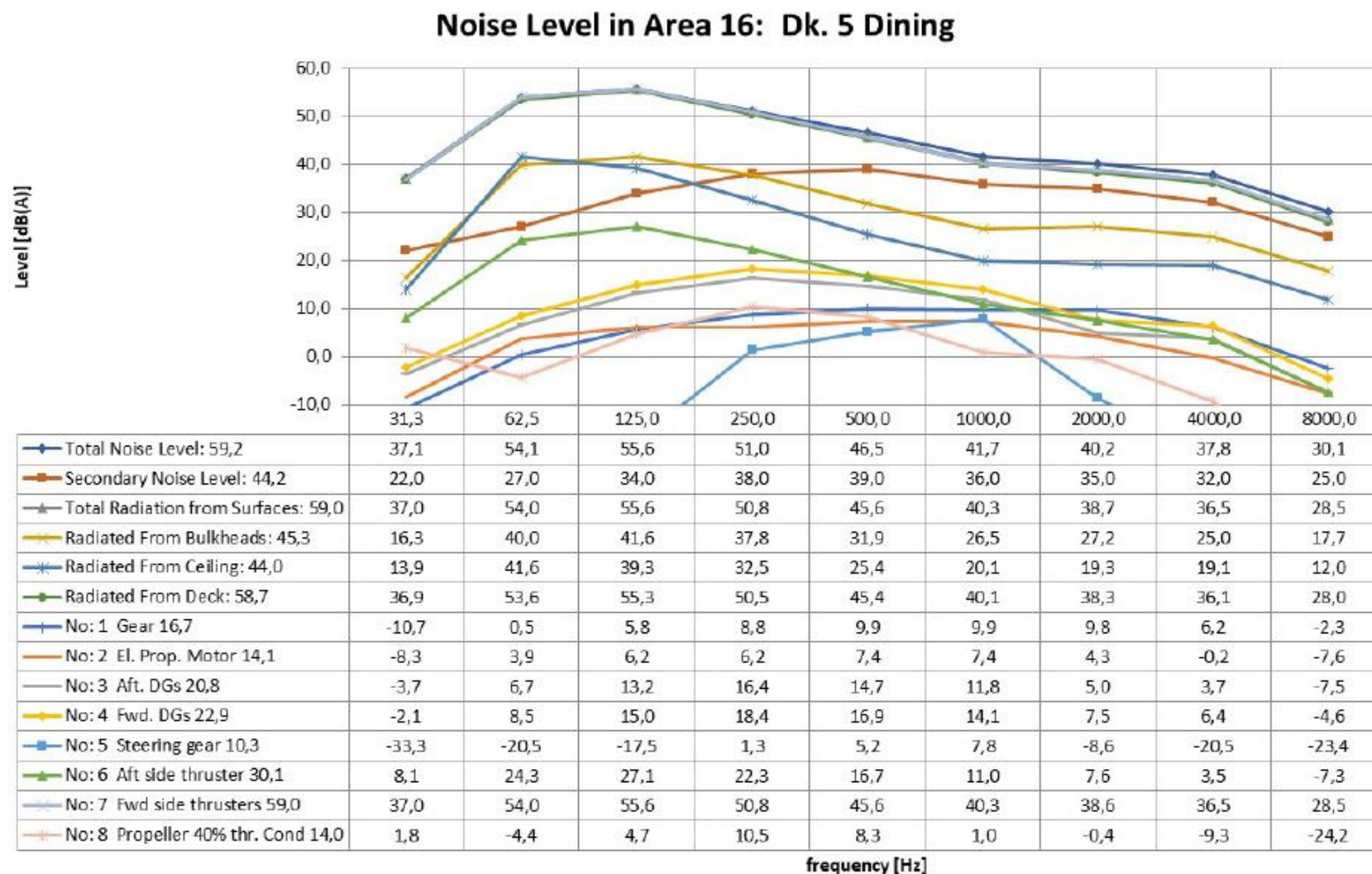
Slika 33 Razine buke u kabinama za osobe s posebnim potrebama izračunate u Designer-NOISE-u



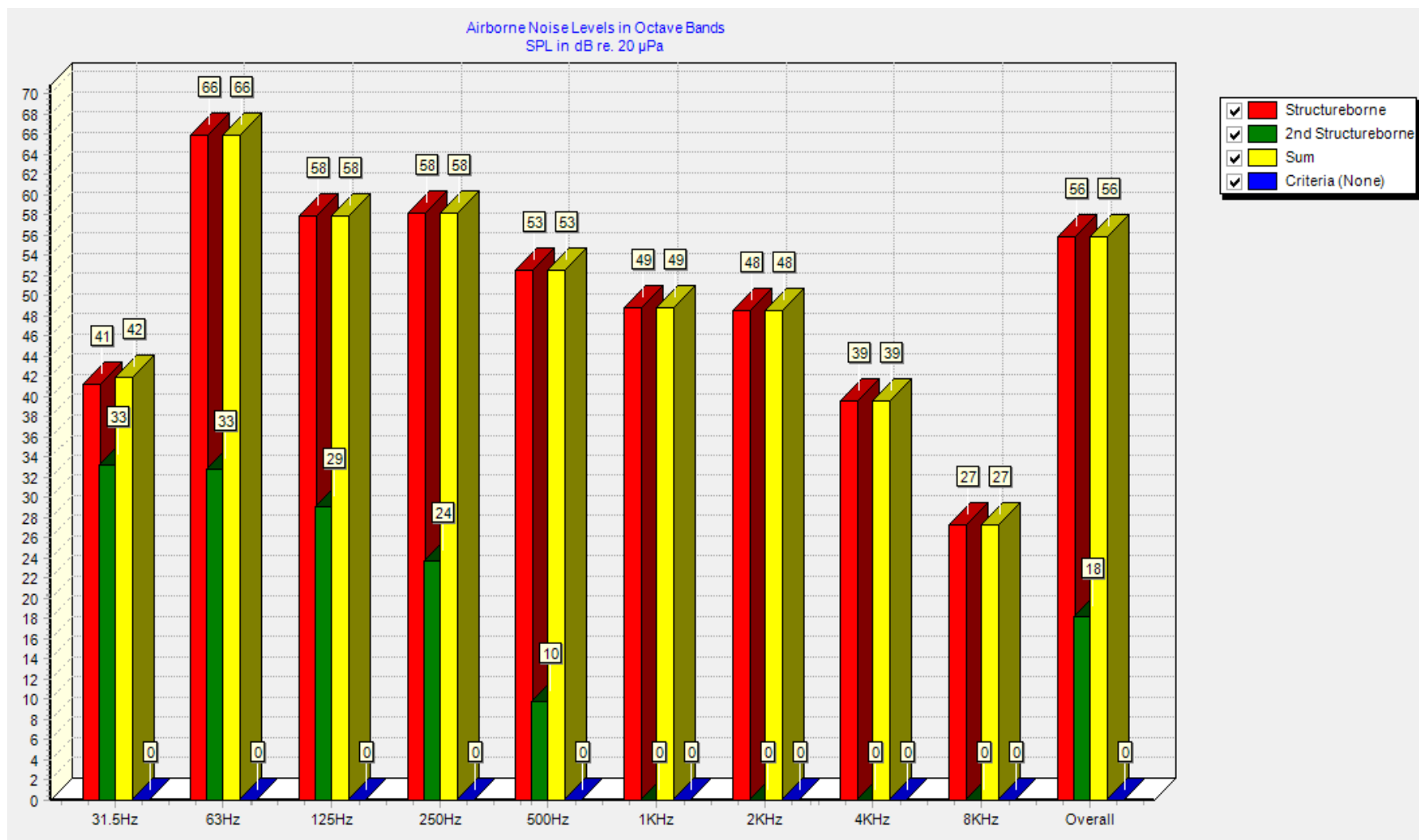
Slika 34 Razine buke u kabinama časnika prema DNV-u



Slika 35 Razine buke u kabinama časnika izračunate u Designer-NOISE-u

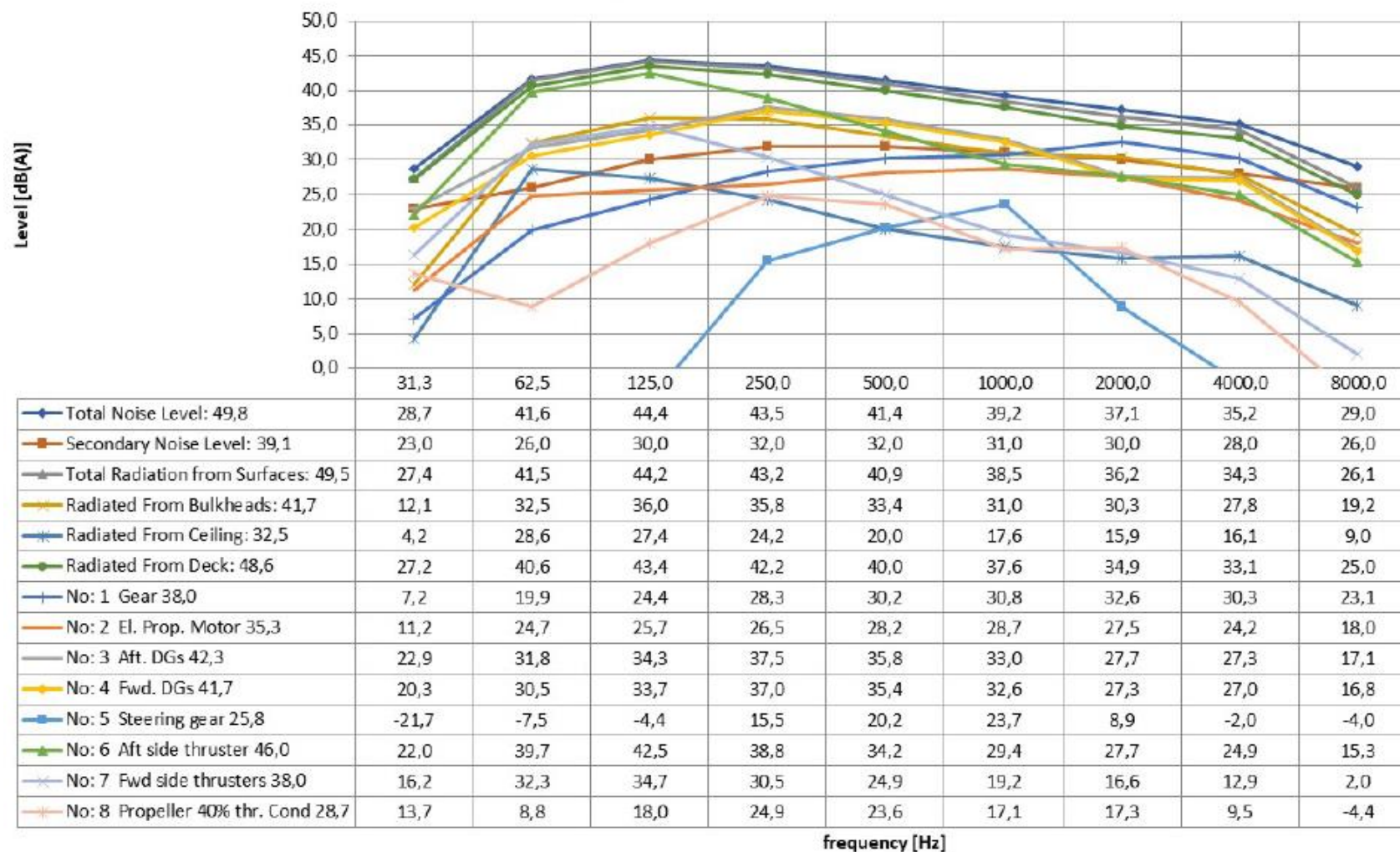


Slika 36 Razine buke u restoranu prema DNV-u

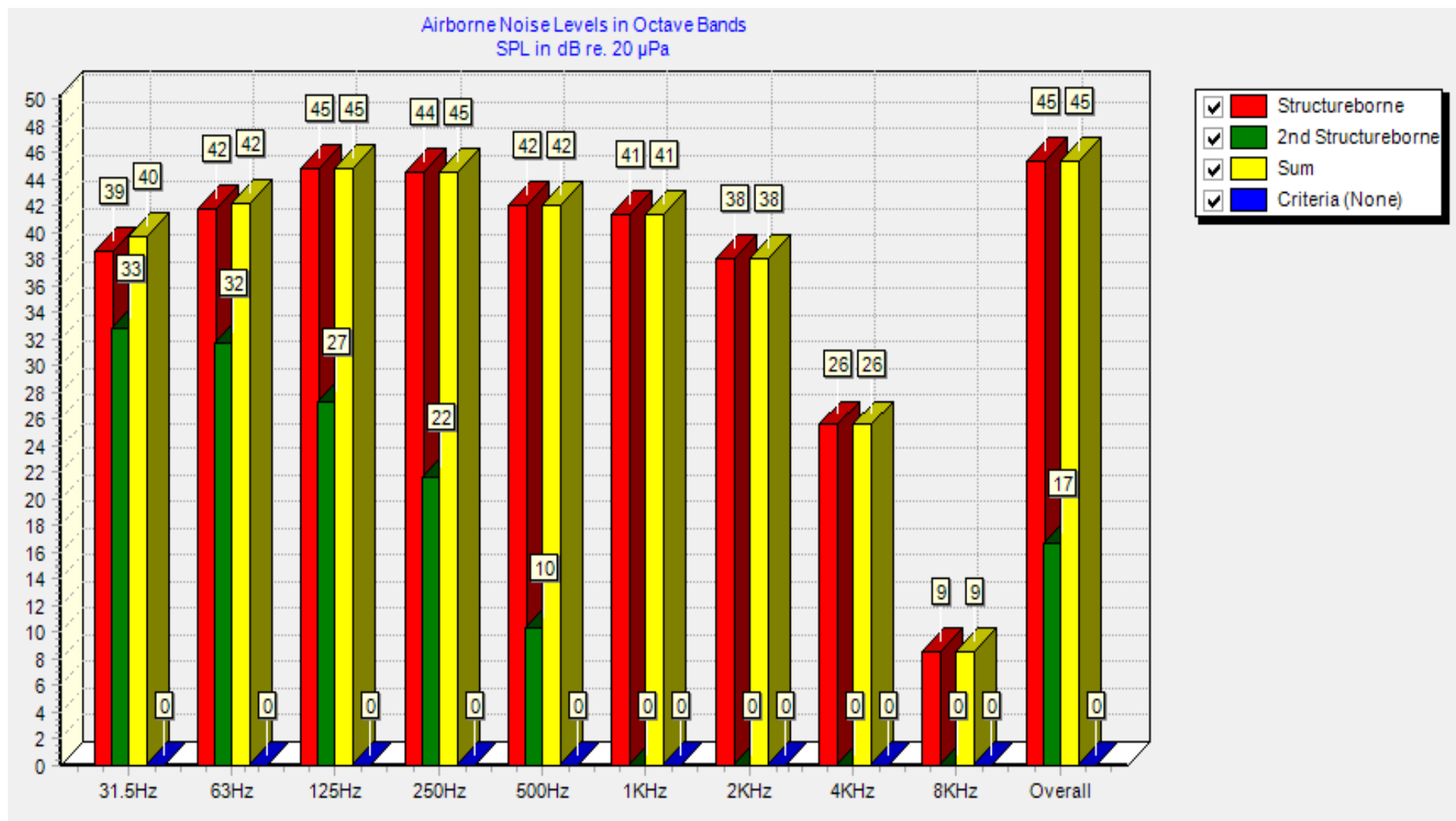


Slika 37 Razine buke u restoranu izračunate u Designer-NOISE-u

Noise Level in Area 18: Dk. 6 Pass. Cab #44

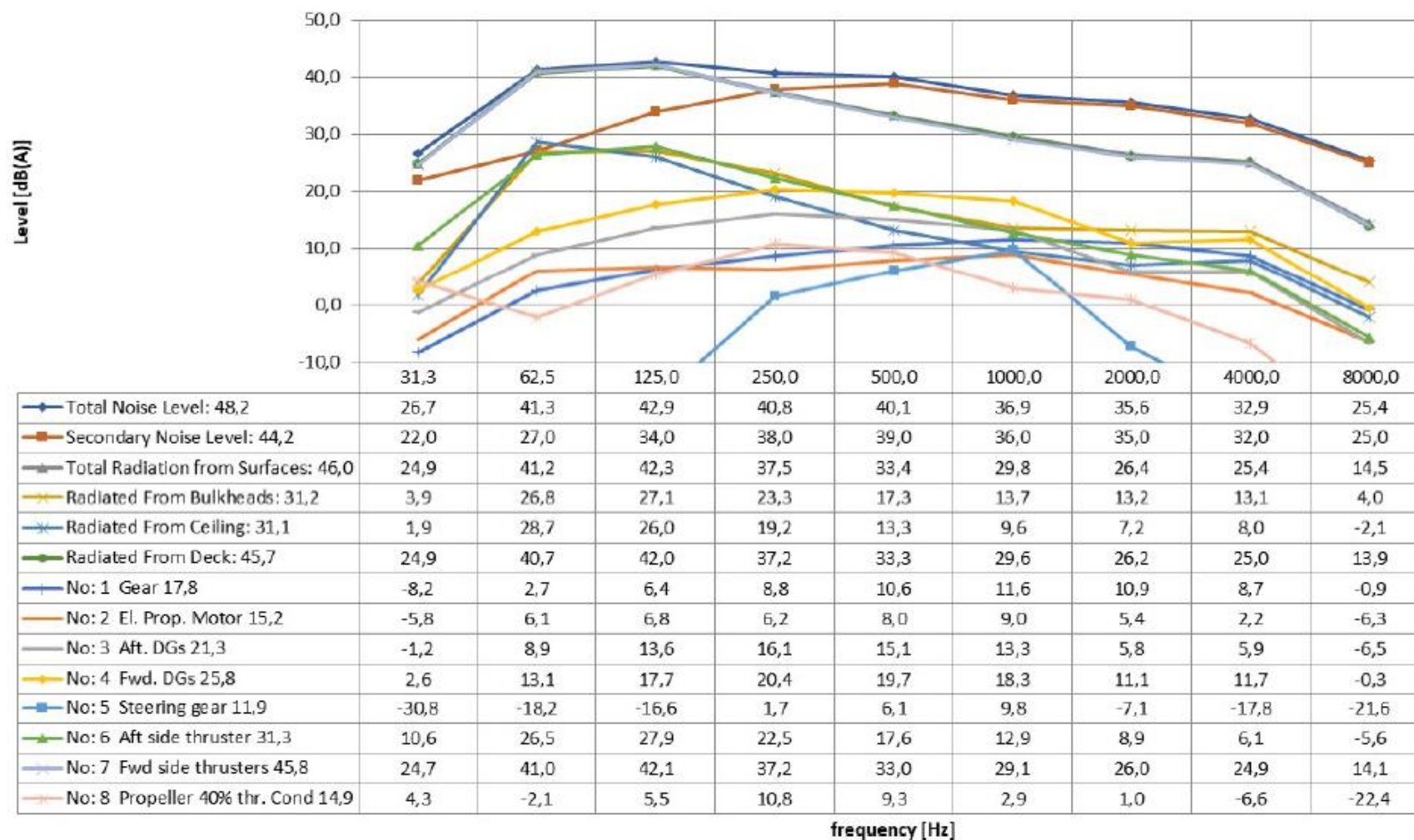


Slika 38 Razine buke u putničkim kabinama prema DNV-u

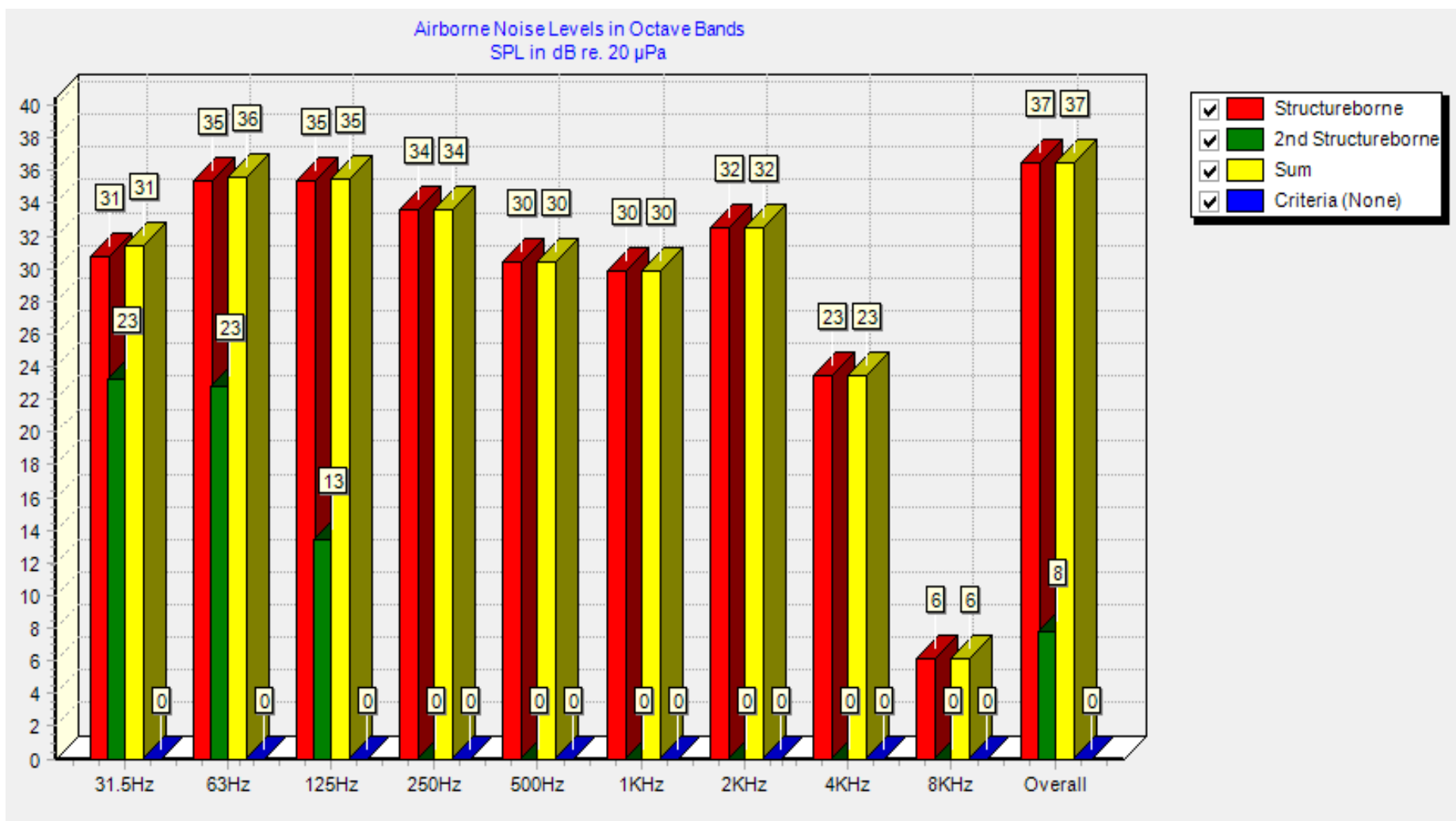


Slika 39 Razine buke u putničkim kabinama izračunate u Designer-NOISE-u

Noise Level in Area 21: Dk. 7 Panorama Lounge



Slika 40 Razine buke u panoramskom salonu prema DNV-u



Slika 41 Razine buke u panoramskom salonu u Designer-NOISE-u

9. ZAKLJUČAK

Buka na brodu postala je važan projektni kriterij pa su sukladno tome nerijetko u postupku osnivanja broda uključeni i akustički proračuni. U ovom diplomskom radu provedena je analiza razine buke na istraživačkom brodu namijenjenom za plovidbu u polarnim uvjetima, kapaciteta 200 putnika i duljine $L_{OA} = 128$ m. Metodom hibridne statističke analize energije dobivene su prognozirane razine buke za vrijeme plovidbe, a za provedbu proračuna buke korišten je komercijalni programski paket Designer-NOISE. Analizirani brod izgrađen je u brodogradilištu Brodosplit d.d. koje je ustupilo tehničku dokumentaciju na temelju koje je izrađen topološki model, zajedno s DNV-ovim izvješćem analize razine buke za isti brod. Za analizu buke provedenu od strane DNV-a korišten je program Noise Prediction Program 590 Millenium koji se temelji na metodi prijenosnih matrica.

Provedeni proračun uključuje izradu topološkog modela, definiranje akustičkog modela, postavljanje izvora buke, izolacije te pokretanje same analize. Rezultati razina buke nisu zadovoljili sve zahtjeve klasifikacijskog društva te bi bilo potrebno sanirati prekomjernu buku dodatnom izolacijom prostorija. Također, uspoređeni su s rezultatima iz DNV-ovog izvješća te je ustanovljen visok stupanj podudarnosti. Dakle, iako potpuno različite, metode generiraju približno iste rezultate po pitanju predikcije razina buke kod složenih konstrukcija.

Iako postoji međunarodna regulativa oko dopuštenih razina buke na brodu, kojima se vode klasifikacijska društva pri postavljanju vlastitih zahtjeva za ostvarenje klase udobnosti, akustički proračun i dalje nije uvršten pod obaveznu klasifikacijsku dokumentaciju. U ovom radu može se primijetiti da s odmakom vremena, dopuštene granice buke opadaju odnosno postaju strože, a razlog tome su nova saznanja te razvoj znanosti i tehnologije. S druge strane, brodska industrija teži izgradnji većih i bržih brodova, veće nosivosti i veće učinkovitosti. Uzrok tome je pretežno financijske prirode. Nastave li se postavljati sve stroža pravila i graditi brodovi sve većih instaliranih snaga, potreba za akustičkim proračunima postat će neizbježni dio projektne faze gradnje broda.

LITERATURA

- [1] T. Hener, 'Noise pollution and violent crime☆', *J. Public Econ.*, vol. 215, p. 104748, studeni 2022, doi: 10.1016/j.jpubeco.2022.104748.
- [2] S. Ingemansson, H. Elvhammar, *Zaštita od buke - načela i primjena*. Zagreb: ZIRS, 1995.
- [3] 'Onečišćenje bukom — Europska agencija za okoliš'.
<https://www.eea.europa.eu/hr/signals/signali-2020/graficki-informacije/oneciscenje-bukom/view> (Pristupljeno 11. studenog 2022.).
- [4] IMO, 'Code on noise levels on board ship'. 1982.
- [5] IMO, 'Resolution MSC.338(91)'. 2012.
- [6] MEPC.1(833), 'Guidelines for the reduction of underwater noise from commercial shipping to address adverse impacts on marine life'. 2014.
- [7] B. Goujard, A. Sakout, V. Valeau, 'Acoustic comfort on board ships: An evaluation based on a questionnaire', *Appl. Acoust.*, vol. 66, no. 9, pp. 1063–1073, Sep. 2005, doi: 10.1016/j.apacoust.2005.01.001.
- [8] M. Simonović, D. Kalić, Pravica Petar, *Buka, štetna dejstva, merenje i zaštita*. Niš: Prosveta, 1982.
- [9] M. Paić, *Gibanja, sile, valovi - Udžbenik za studente Prirodoslovno-matematičkog fakulteta u Zagrebu*. Zagreb: Školska knjiga, 1997.
- [10] R. Krsnik and B. Mikuličić, *Fizika - međudjelovanja, relativnost, titranja i zvuk*. Zagreb: Školska knjiga, 1992.
- [11] G. Božić, A. Božić, *Fizika na državnoj maturi - Priručnik za pripremu ispita državne mature*, Zagreb: Školska knjiga, 2015.
- [12] 'ISO 226:2003(E): Acoustics-Normal Equal-Loudness-Level Contours'. International Standardization Organization, Geneva, Switzerland.
- [13] 'zvuk | Hrvatska enciklopedija'.
<https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=67594> (Pristupljeno 9. studenog 2022).
- [14] F. A. Everest, *Master handbook of acoustics*, 4th ed. USA: The McGraw-Hill Companies, 2001.
- [15] O. Bilan, *Akustika prostorija*. Split: GRAF FORM, 1998.
- [16] H. Tudor, 'Tehno-ekonomska analiza razvoja novog tipa brodskog motora niske razine buke i vibracija', Diplomski rad, Fakultet strojarstva i brodogradnje, 2017.

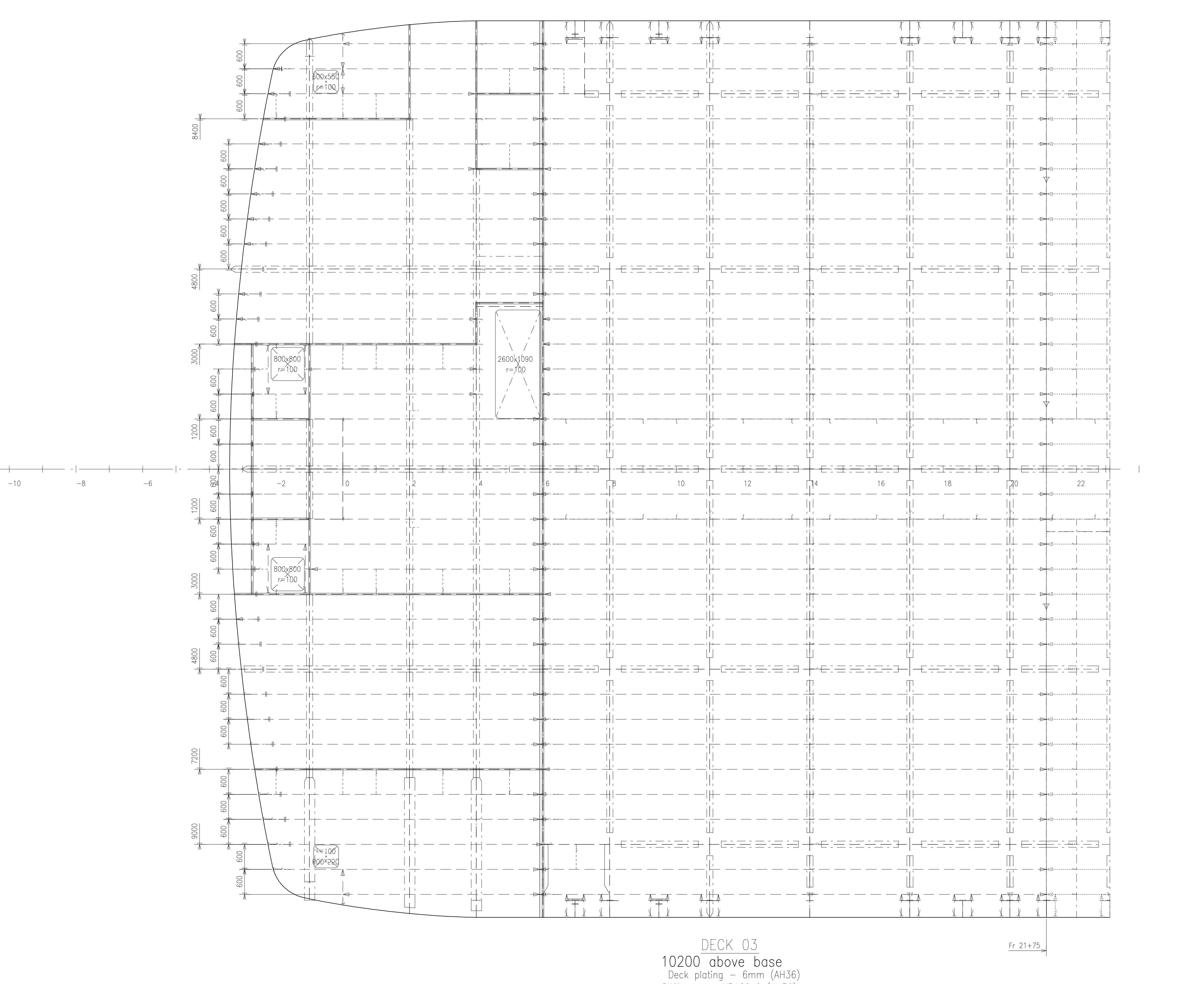
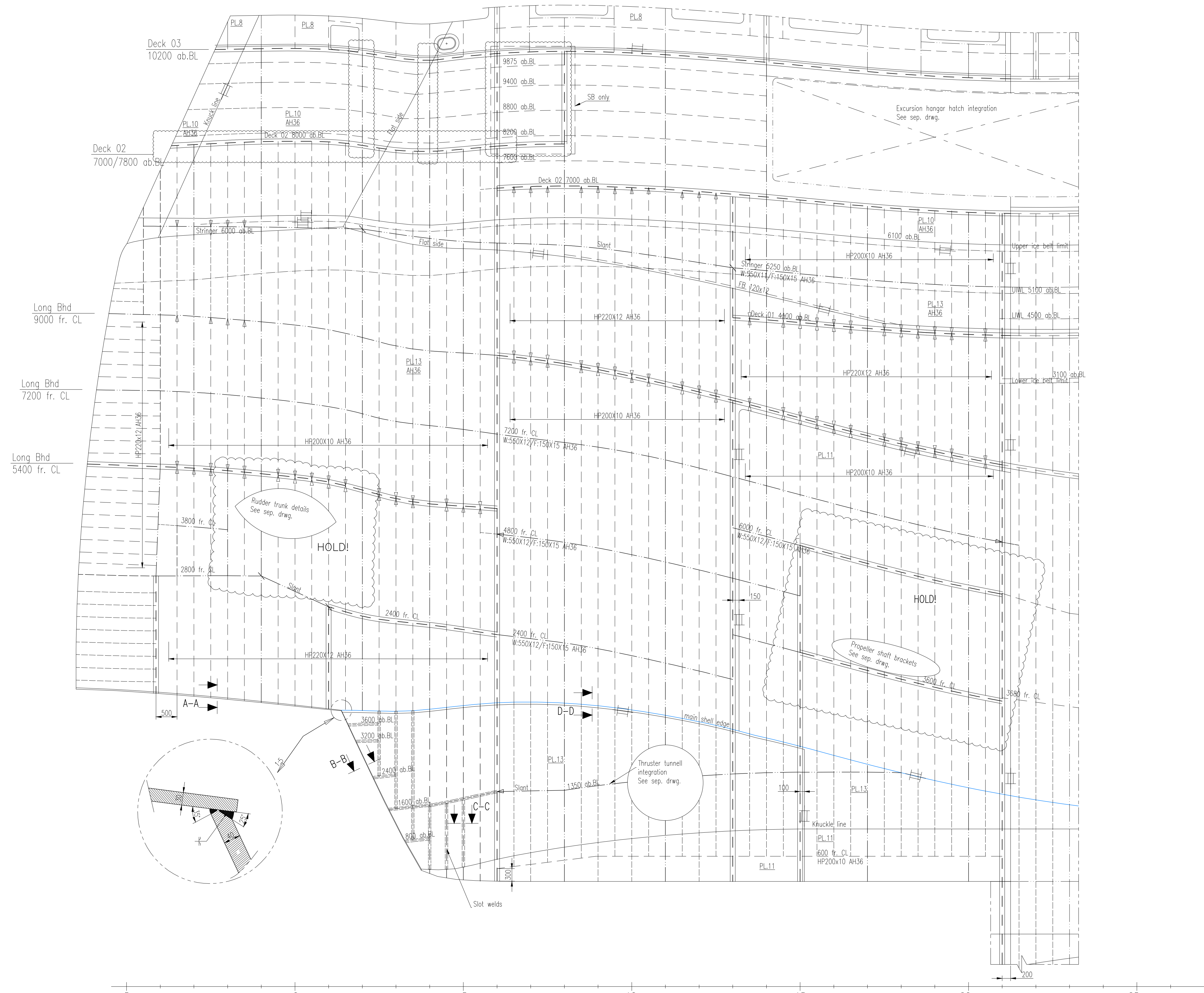
-
- [17] M. Mikulec, 'Primjena hibridne statističke analize energije u prognozi razina buke na brodovima', Diplomski rad, Fakultet strojarstva i brodogradnje, 2018.
- [18] M. B. Dühring, J. S. Jensen, and O. Sigmund, 'Acoustic design by topology optimization', *J. Sound Vib.*, vol. 317, no. 3, pp. 557–575, Nov. 2008, doi: 10.1016/j.jsv.2008.03.042.
- [19] J. Dong, K. Choi, N. Vlahopoulos, A. Wang, W. Zhang, 'Sensitivity Analysis and Optimization Using Energy Finite Element and Boundary Element Methods', *Aiaa J. - AIAA J*, vol. 45, pp. 1187–1198, Jun. 2007, doi: 10.2514/1.20811.
- [20] F. G. Aufforth and V. Bertram, 'Design of High-Performance Ships using Simulations', *Cienc. Tecnol. Buques*, vol. 3, no. 6, Art. no. 6, 2009, doi: 10.25043/19098642.21.
- [21] N. Atalla and R. J. Bernhard, 'Review of numerical solutions for low-frequency structural-acoustic problems', *Appl. Acoust.*, vol. 43, no. 3, pp. 271–294, 1994, doi: 10.1016/0003-682X(94)90050-7.
- [22] M. Weryk, 'Ship on board noise propagation analysis methods', *Hydroacoustics*, vol. 129, 2018.
- [23] J. Parunov, C. Pastelli, S. Rudan, N. Hadžić, and I. Senjajović, 'Review of methods for structure born noise prediction on ships', *Brodogradnja*, vol. 63, no. 2, pp. 134–139, 2012.
- [24] N. Vladimir, I. Lončar, I. Ančić, and I. Sejanović, 'Prediction of Noise Performance of Ro-Ro Passenger Ship by the Hybrid Statistical Energy Analysis', *Pomorski zbornik, posebno izdanje*, pp. 29–45, 2018.
- [25] T.-M. Kim, J.-T. Kim, and J.-S. Kim, 'SEA-FEM hybrid analysis for predicting Inter-floor impact noise', *Appl. Acoust.*, vol. 129, pp. 397–407, Jan. 2018, doi: 10.1016/j.apacoust.2017.08.025
- [26] 'Software', *Noise Control Engineering, LLC*. <https://www.noise-control.com/software/> (Pristupljeno 14. studenog 2022.)
- [27] R. O. for E. World Health Organization, *Environmental noise guidelines for the European Region*. Copenhagen: World Health Organization, 2018.
- [28] 'IMO Resolution A.343(IX) - Recommendation on Methods of Measuring Noise Levels at Listening Posts - (Adopted on 12 November 1975.)'.
- [29] 'IMO Resolution A 468 (XII)', *Scribd*. <https://www.scribd.com/document/76137190/IMO-A-468-XII> (accessed Nov. 15, 2022).

-
- [30] 'ISO 20283-3:2006(en), Mechanical vibration — Measurement of vibration on ships — Part 3: Pre-installation vibration measurement of shipboard equipment'. International Standardization Organization, 2006.
- [31] 'ISO 354:2003: Acoustics — Measurement of sound absorption in a reverberation room'. International Standardization Organization, 2003.
- [32] 'ISO 1999:2013(en), Acoustics — Estimation of noise-induced hearing loss'. International Standardization Organization.
- [33] 'ISO 2923:1996: Acoustics — Measurement of noise on board vessels'. International Standardization Organization, 1996.
- [34] 'ISO 80000-8:2007: Quantities and units — Part 8: Acoustics'. International Standardization Organization, 2007.
- [35] 'IEC 61672-1:2013 | IEC Webstore'. <https://webstore.iec.ch/publication/5708> (Pristupljeno 16. studenog 2022).
- [36] '[DNV-RU-SHIP Pt.6 Ch.8] Living and working conditions - edition Jul, 2021'.
- [37] Lloyd's Register, 'Rules and Regulation for Classification of Ships, Part 7, Chapter 12'. Jul. 2019.
- [38] Bureau Veritas, 'Rules for the Classification of Steel Ships, Part-E'. 2017.

PRILOZI

- I. Tehnička dokumentacija analiziranog broda
- II. CD-R disc

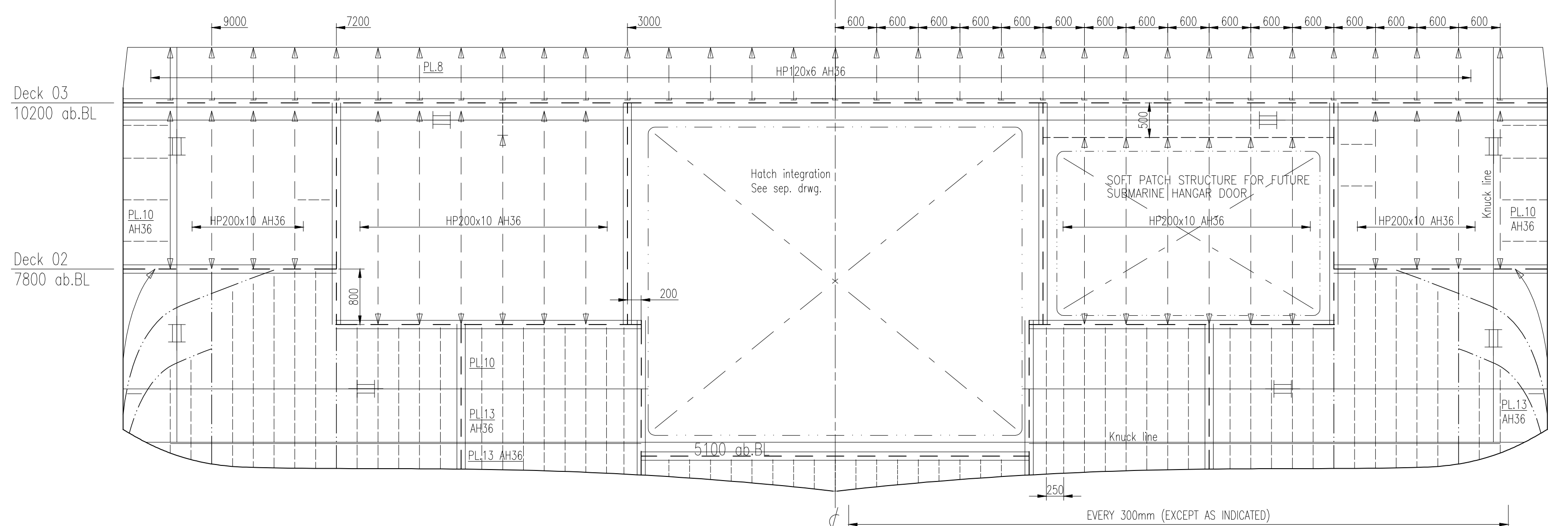
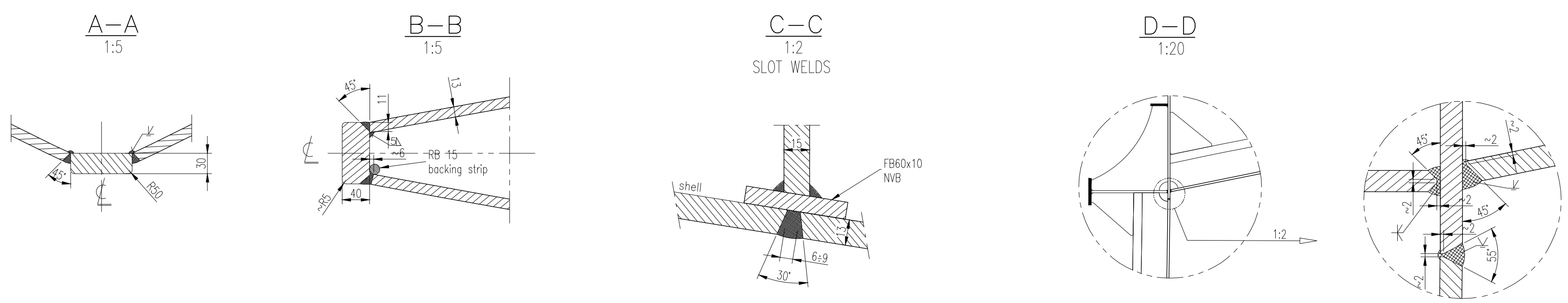
PRILOG 1



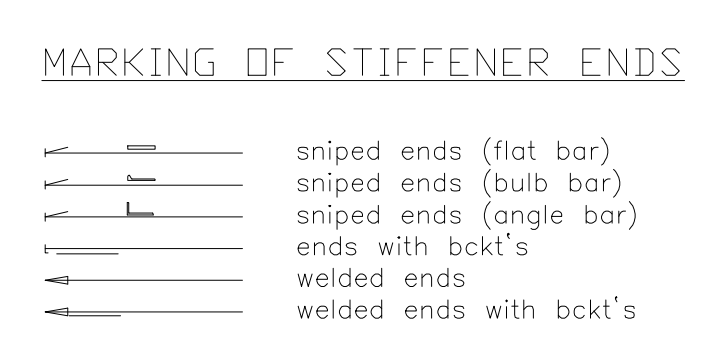
DECK 03
10200 above base
Deck plating - 6mm (AH36)
Stiffeners - HP120x6 (AH36)

TRANS. WEB FRAMES ABOVE DECK 03	acc. fr. sections
TRANS. WEB FRAMES ABOVE DECK 02	acc. fr. sections
TRANS. WEB FRAMES ABOVE DECK 01	acc. fr. sections

SHELL EXPANSION SB
PS - SIMILARLY



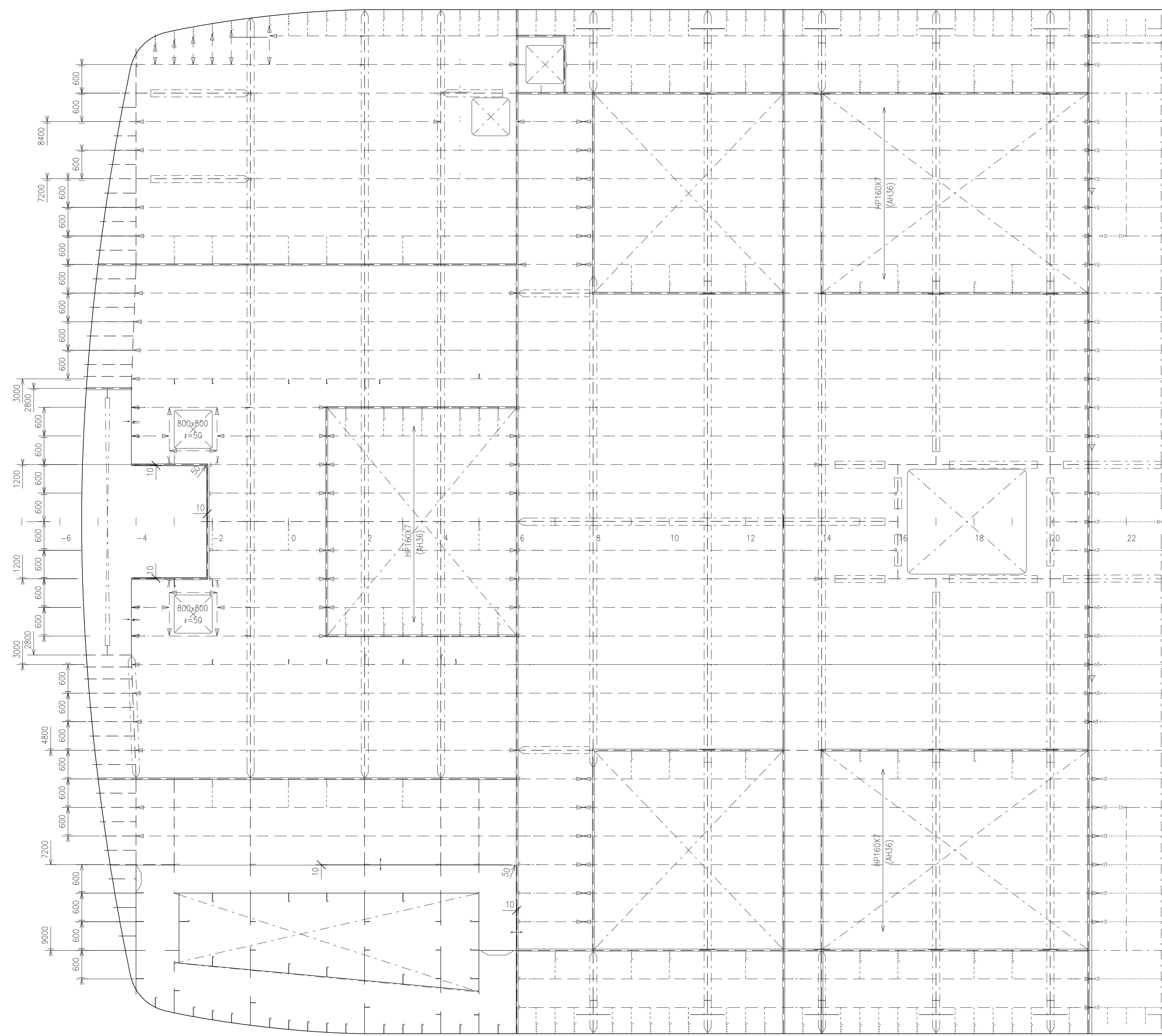
TRANSOM



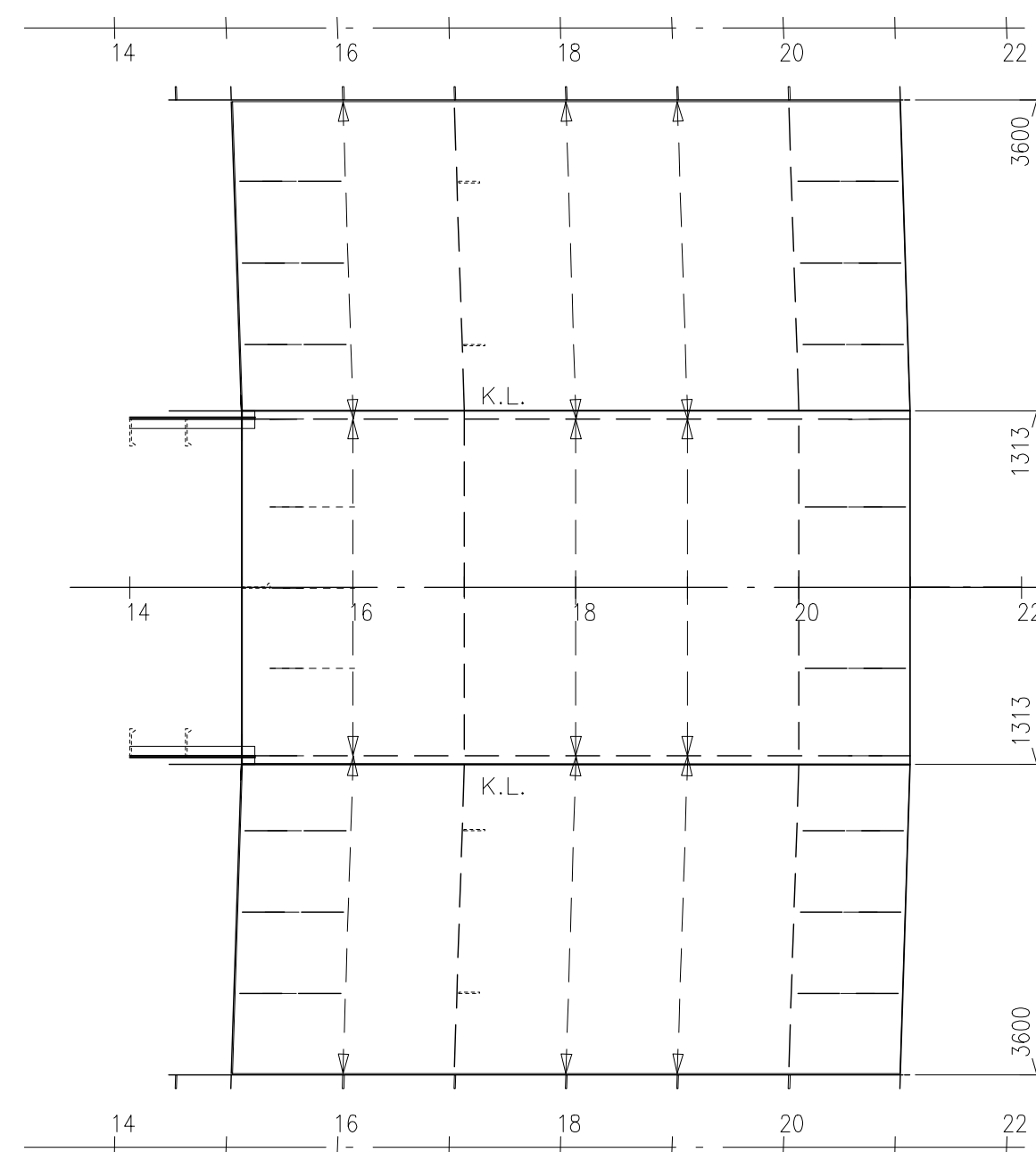
NOTES:
1. ALL MATERIALS TO BE N/A-S UNLESS NOTED OTHERWISE
2. DETAILS ARE SHOWN ON STANDARD STRUCTURAL DETAILS DRAWING
3. DRAWING COMPATIBLE WITH GA rev A

PROJECT REFERENCES:
369005-DW-101-C-LMG-00001 GENERAL ARRANGEMENT
369005-DW-200-N-LMG-00001 STEEL DEFINITION PLAN
369005-DW-205-N-LMG-00001 MATERIAL GRADE PLAN
369005-DW-208-N-LMG-00003 TYPICAL STRUCTURAL DETAILS
369005-DW-210-N-LMG-00001 MIDSHIP SECTION
369005-DW-230-N-LMG-00002 PROFILE AND DECKS PLAN
369005-DW-235-N-LMG-00003 SHELL EXPANSION & FRAMING PLAN
369005-DW-236-N-LMG-00001 TRANSVERSE SECTIONS
369005-DW-237-N-LMG-00001 LONGITUDINAL SECTIONS

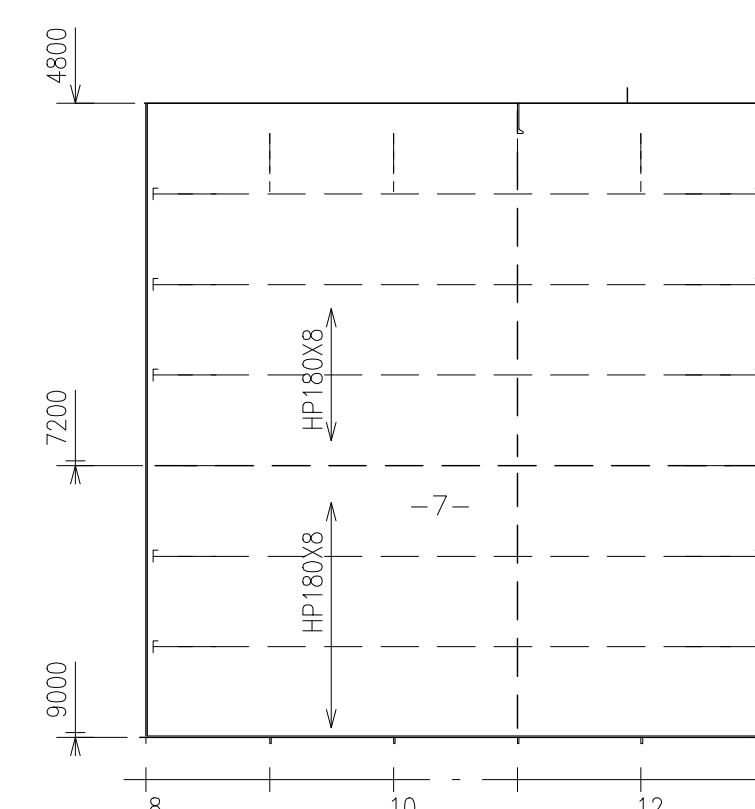
E					
D					
C					
B					
A					
ISSUED FOR YARD COMMENTS	11.07.2018	MDCON	SNL	PEMA	
REV. TEXT	REV. DATE	DRAWN	CHECK	APP.	
THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LMG MARIN AS. THE DRAWING SHALL NOT BE DISCLOSED TO ANY THIRD PARTY WITHOUT THE WRITTEN PRIOR CONSENT OF LMG MARIN AS.					
OWNER	PROJECT NO.	DOC. TYPE	DOC. NUMBER	SEQUENTIAL NO.	
LMG	369005-DW-210-N-LMG-00001				
OWNER	LMG 200 PCS, YARD P1357/NB487 EXPEDITION SHIP				
DATE	AFT SHIP				
SCALE	1:50				
SHEET NO.	1 of 9				



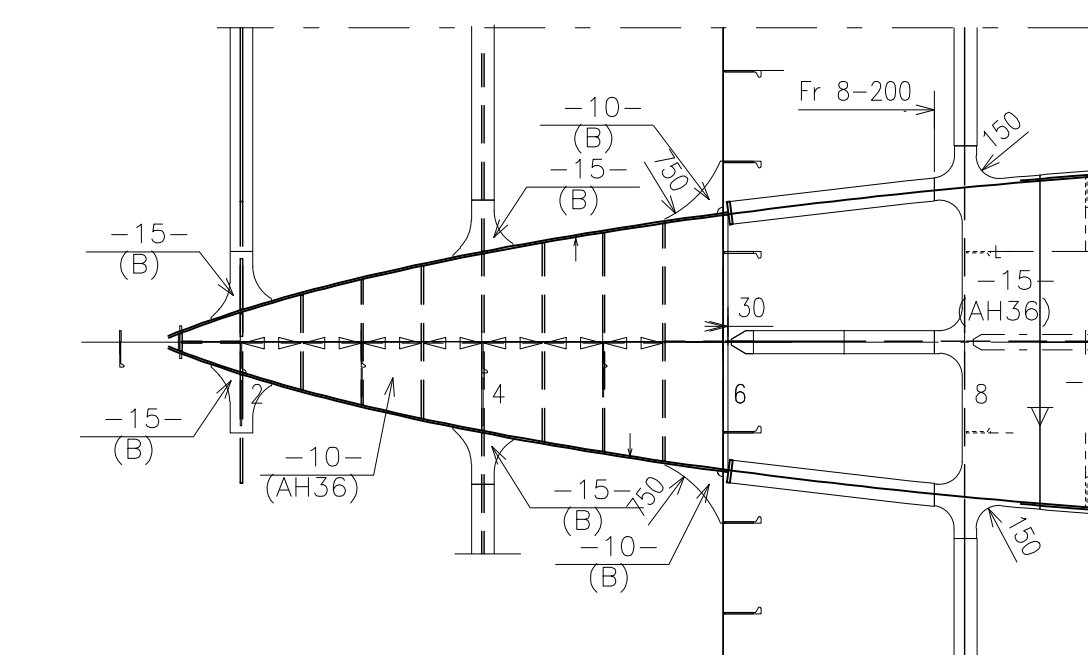
DECK 02
7000 above base
Deck plating - 6mm (AH36)
Stiffeners - HP120x6 (AH36) UNLESS OTHERWISE INDICATED



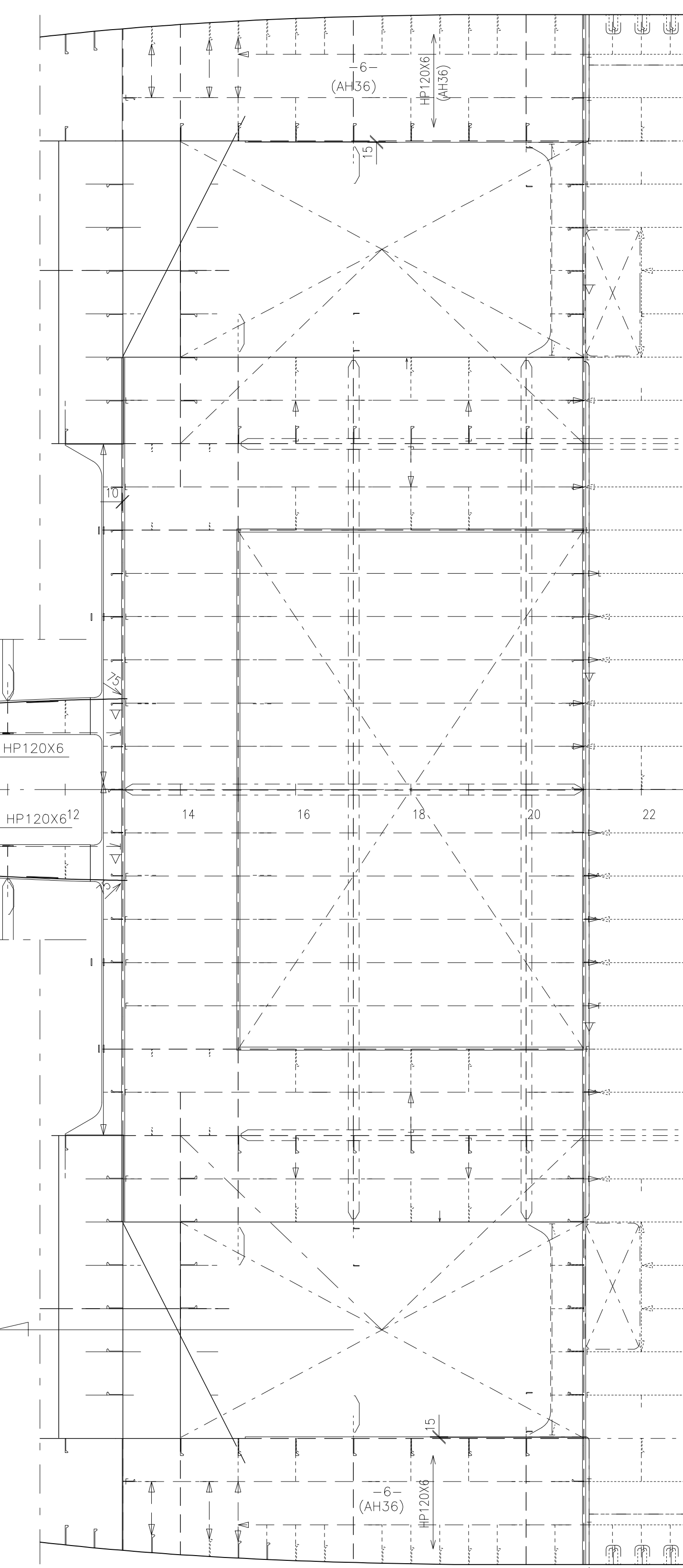
BOTTOM OF FW TANK
EXPANDED VIEW
Deck plating - 8mm
Stiffeners - HP200x10



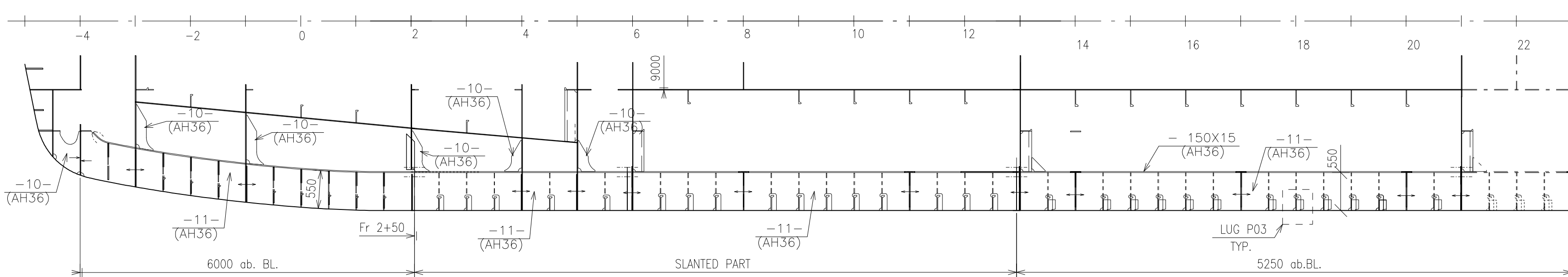
H-H
BOTTOM OF TFW TANK
EXPANDED VIEW



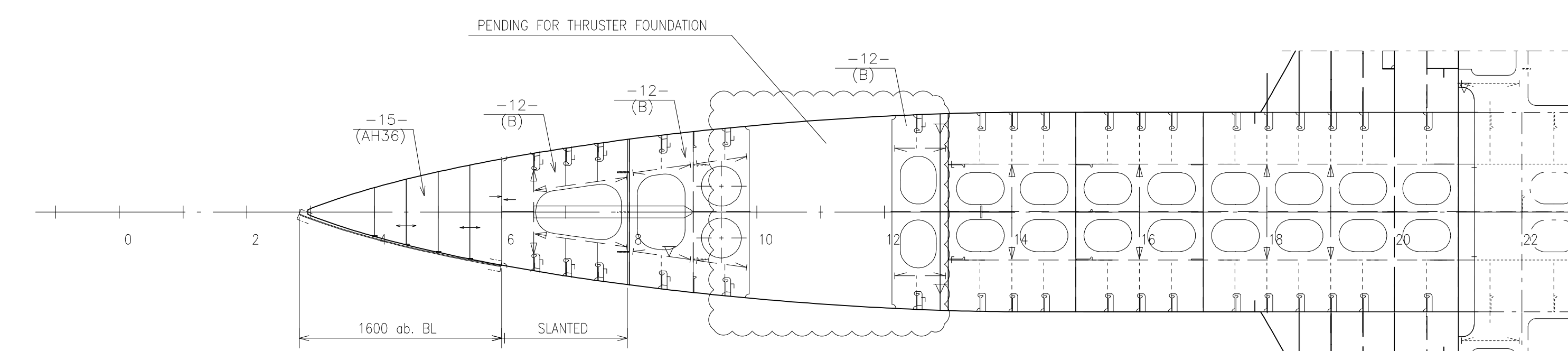
G-G
BOTTOM OF MDF TANK
EXPANDED VIEW



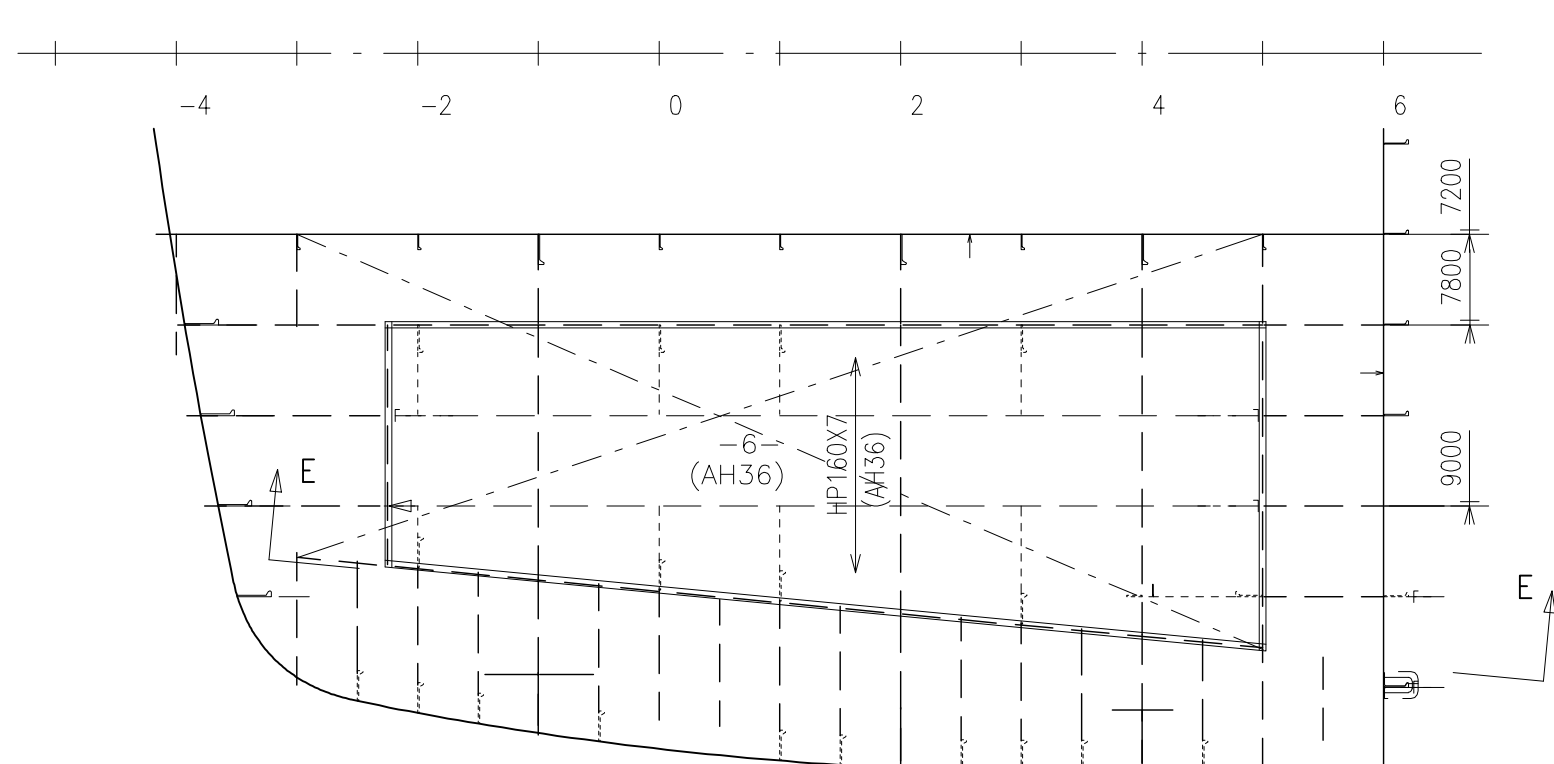
DECK 01
4100 above base
Deck plating - 8mm UNLESS OTHERWISE INDICATED
Stiffeners - HP180x8 UNLESS OTHERWISE INDICATED



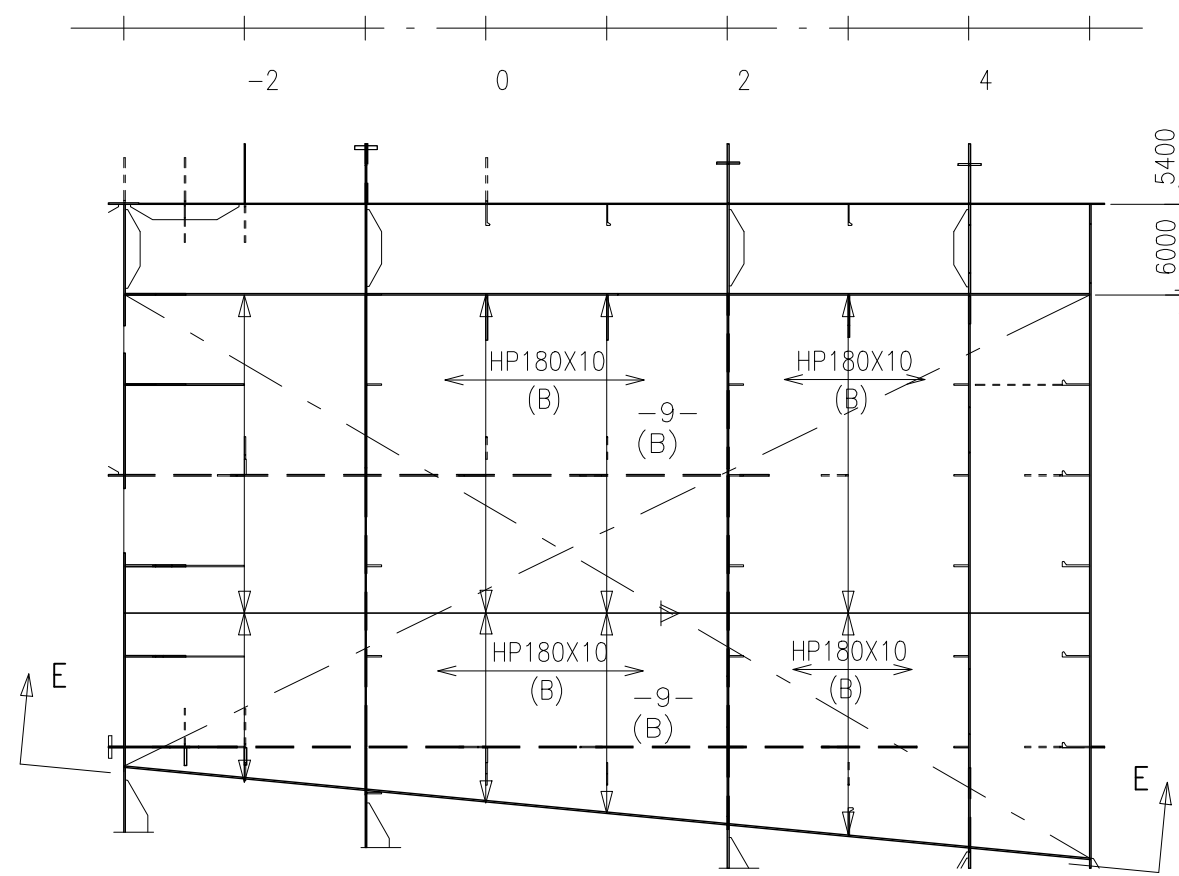
STRINGER
6000/5250 above base



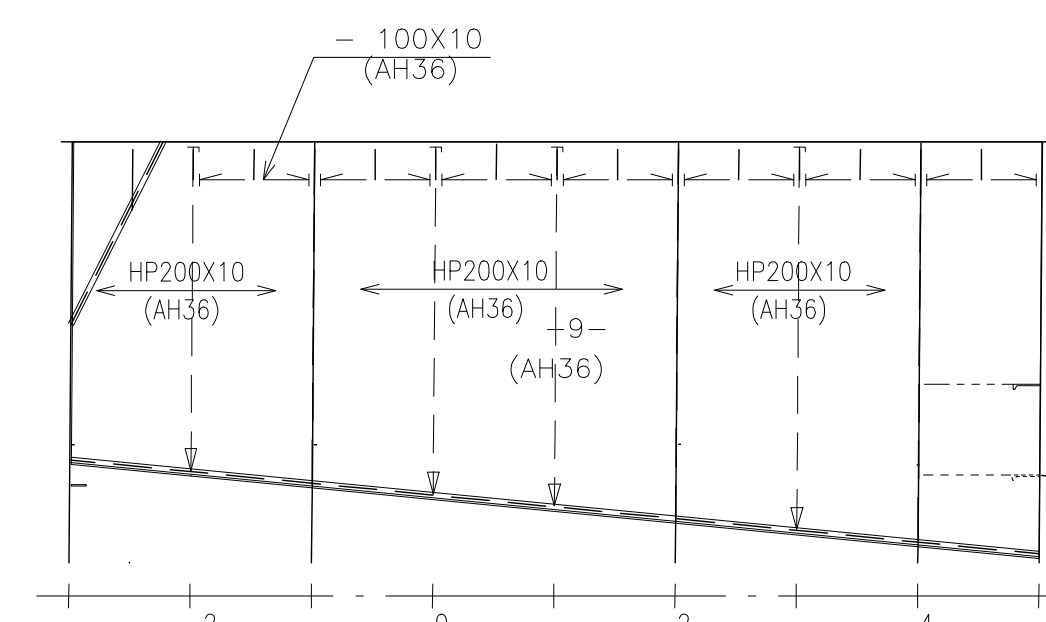
DECK 0
1350 above base
Deck plating - 8mm UNLESS OTHERWISE INDICATED
Stiffeners - HP180x8 UNLESS OTHERWISE INDICATED



HELI FUEL TANK TOP
8000 above base



HELI FUEL TANK BOTTOM
(NOT EXPANDED)

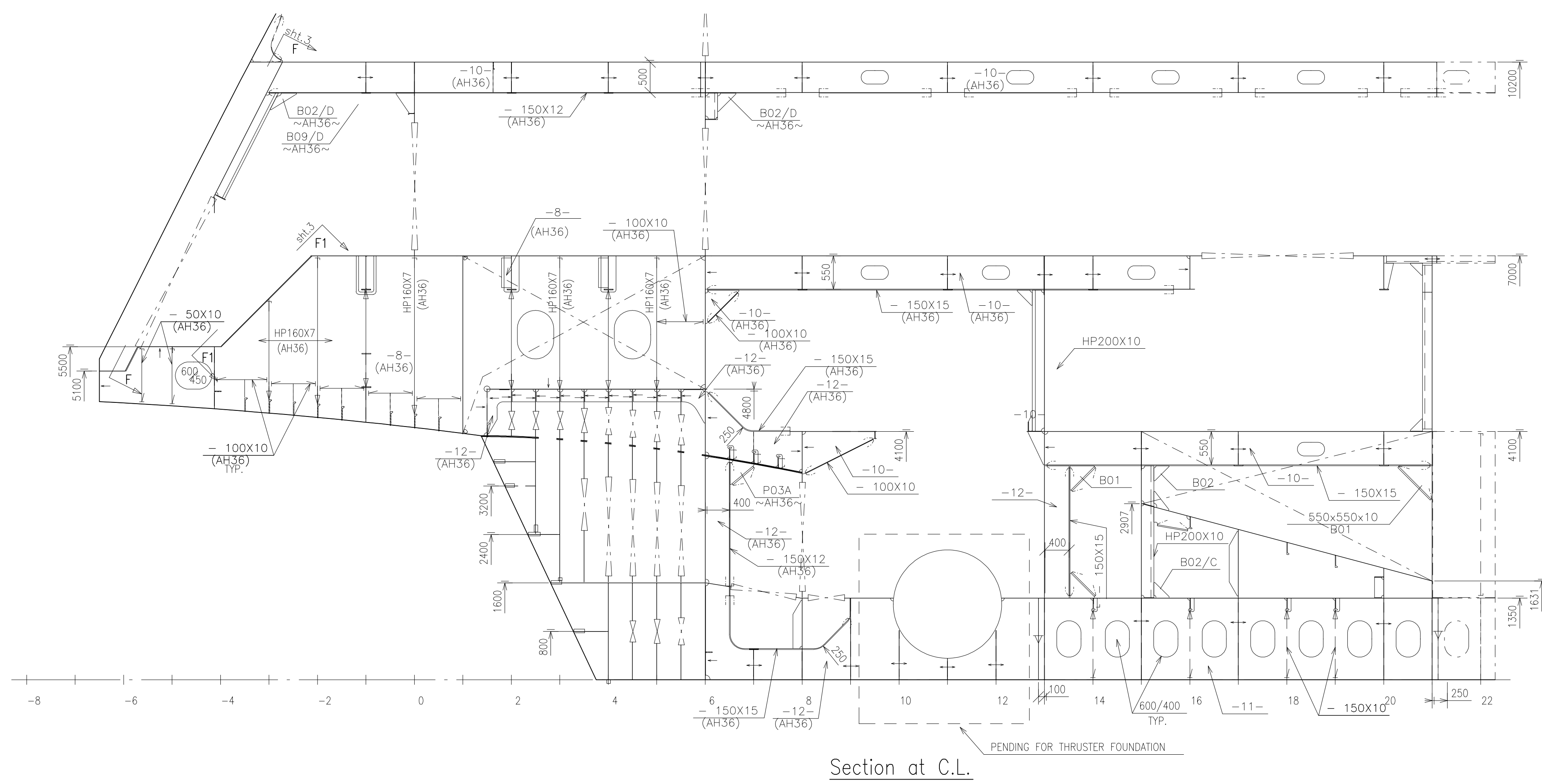


E-E
HELI FUEL SIDE SLANTED BULKHEAD

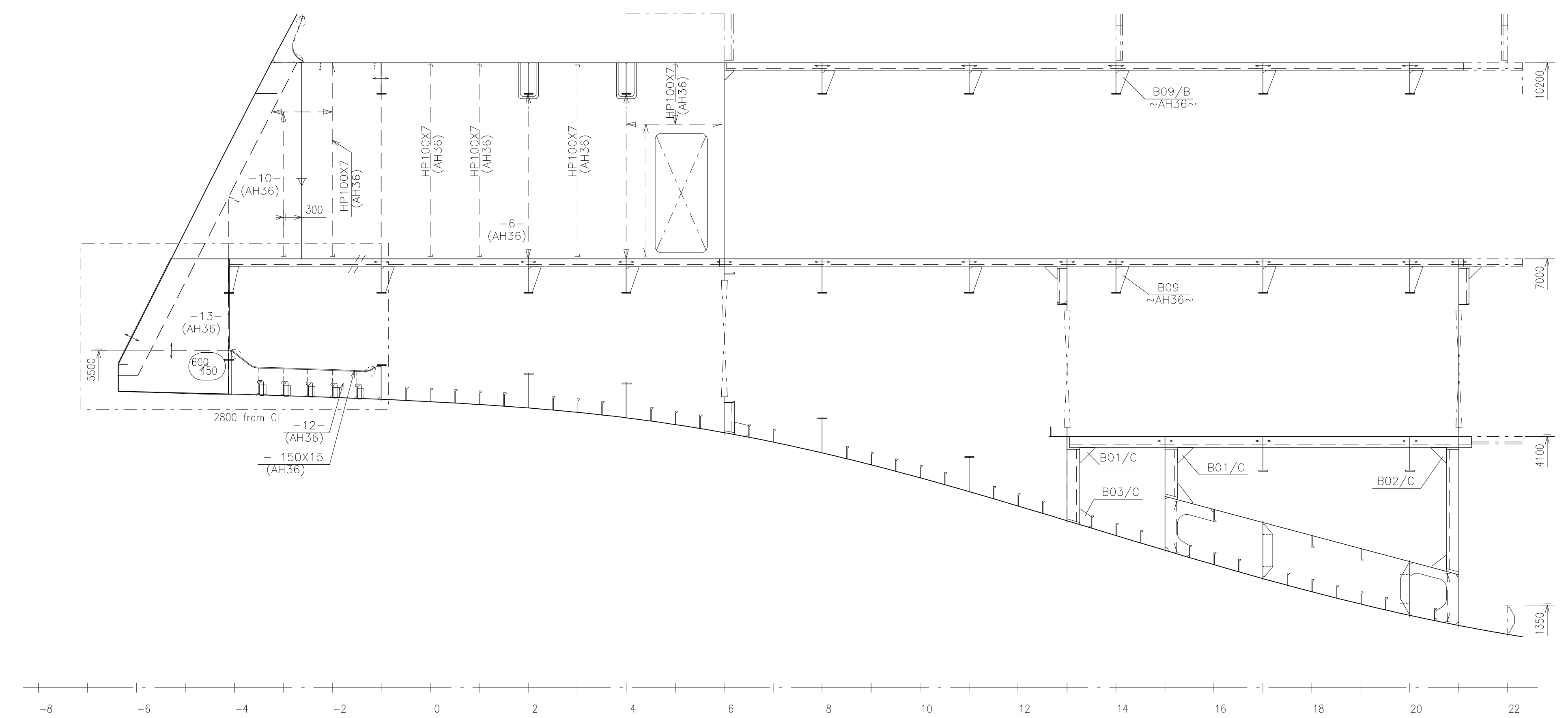
E					
D					
C					
B					
A					

OWNER	LMG MARIN AS	PROJECT NO.	369005-DW-210-N-LMG-00001
ISSUED FOR YARD COMMENTS	11.07.2018	DOC. NO.	369005-DW-210-N-LMG-00001
REV. TEXT	REV. DATE	DRAWN	CHECK, APP.
THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LMG MARIN AS. THE DRAWING SHALL NOT BE DISCLOSED TO ANY THIRD PARTY WITHOUT THE WRITTEN PRIOR CONSENT OF LMG MARIN AS.			
OWNER	Quark Expeditions	PROJECT NO.	369005-DW-210-N-LMG-00001
ISSUED FOR YARD COMMENTS	11.07.2018	DOC. NO.	369005-DW-210-N-LMG-00001
REV. TEXT	REV. DATE	DRAWN	CHECK, APP.
THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LMG MARIN AS. THE DRAWING SHALL NOT BE DISCLOSED TO ANY THIRD PARTY WITHOUT THE WRITTEN PRIOR CONSENT OF LMG MARIN AS.			
OWNER	LMG MARIN AS	PROJECT NO.	369005-DW-210-N-LMG-00001
ISSUED FOR YARD COMMENTS	11.07.2018	DOC. NO.	369005-DW-210-N-LMG-00001
REV. TEXT	REV. DATE	DRAWN	CHECK, APP.
THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LMG MARIN AS. THE DRAWING SHALL NOT BE DISCLOSED TO ANY THIRD PARTY WITHOUT THE WRITTEN PRIOR CONSENT OF LMG MARIN AS.			
OWNER	Quark Expeditions	PROJECT NO.	369005-DW-210-N-LMG-00001
ISSUED FOR YARD COMMENTS	11.07.2018	DOC. NO.	369005-DW-210-N-LMG-00001
REV. TEXT	REV. DATE	DRAWN	CHECK, APP.
THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LMG MARIN AS. THE DRAWING SHALL NOT BE DISCLOSED TO ANY THIRD PARTY WITHOUT THE WRITTEN PRIOR CONSENT OF LMG MARIN AS.			
OWNER	LMG MARIN AS	PROJECT NO.	369005-DW-210-N-LMG-00001
ISSUED FOR YARD COMMENTS	11.07.2018	DOC. NO.	369005-DW-210-N-LMG-00001
REV. TEXT	REV. DATE	DRAWN	CHECK, APP.
THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LMG MARIN AS. THE DRAWING SHALL NOT BE DISCLOSED TO ANY THIRD PARTY WITHOUT THE WRITTEN PRIOR CONSENT OF LMG MARIN AS.			
OWNER	Quark Expeditions	PROJECT NO.	369005-DW-210-N-LMG-00001
ISSUED FOR YARD COMMENTS	11.07.2018	DOC. NO.	369005-DW-210-N-LMG-00001
REV. TEXT	REV. DATE	DRAWN	CHECK, APP.
THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LMG MARIN AS. THE DRAWING SHALL NOT BE DISCLOSED TO ANY THIRD PARTY WITHOUT THE WRITTEN PRIOR CONSENT OF LMG MARIN AS.			

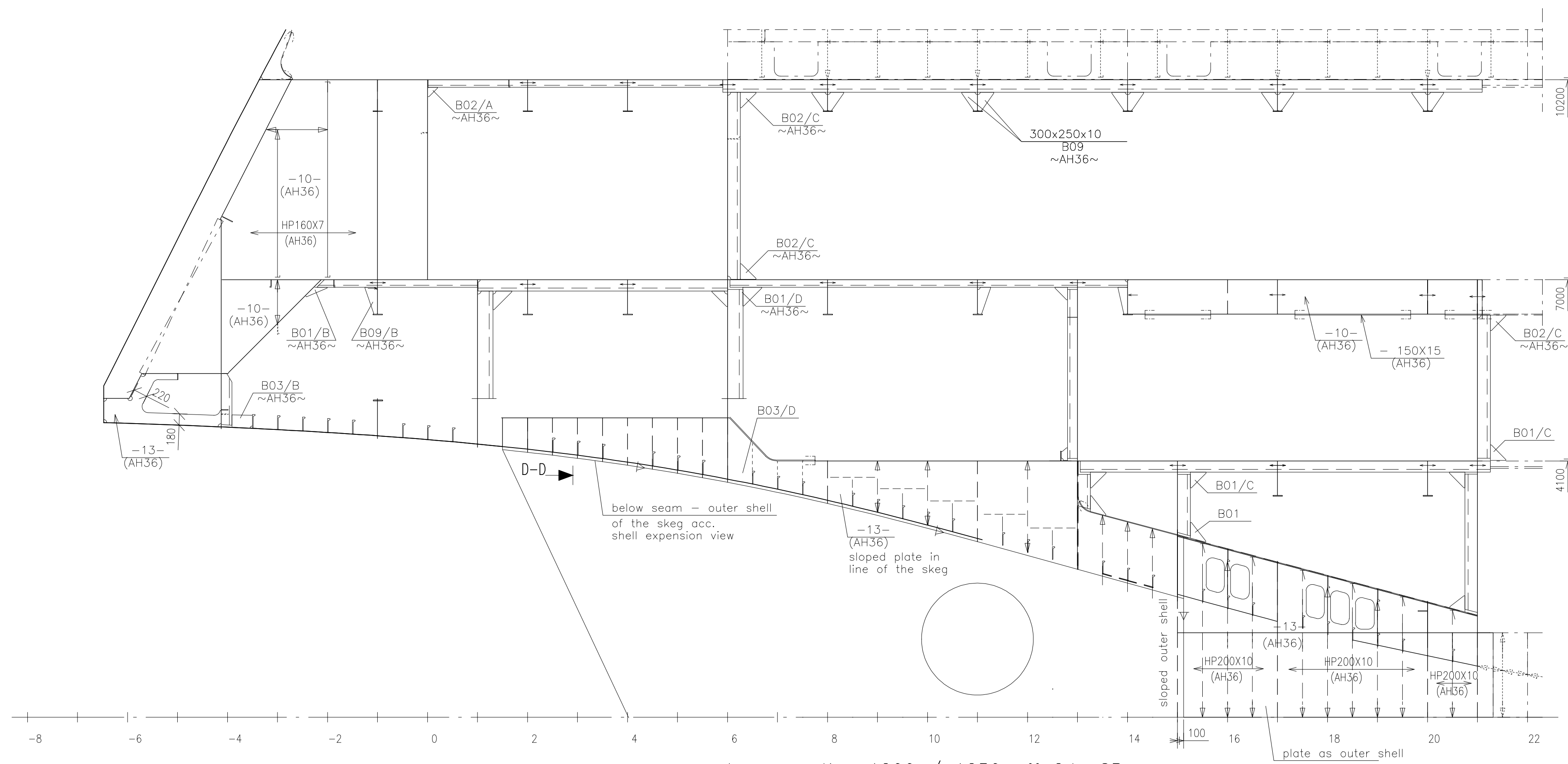
AFT SHIP



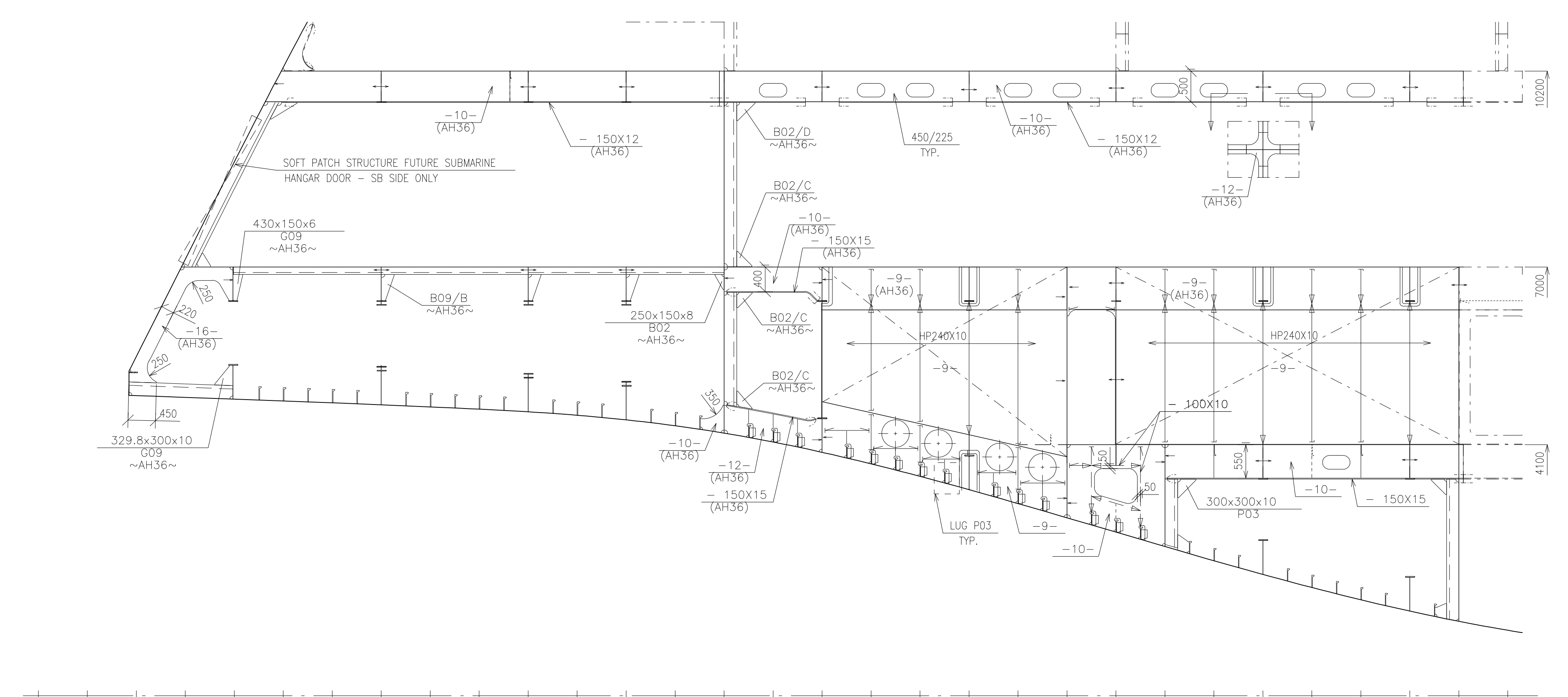
Section at C.L.



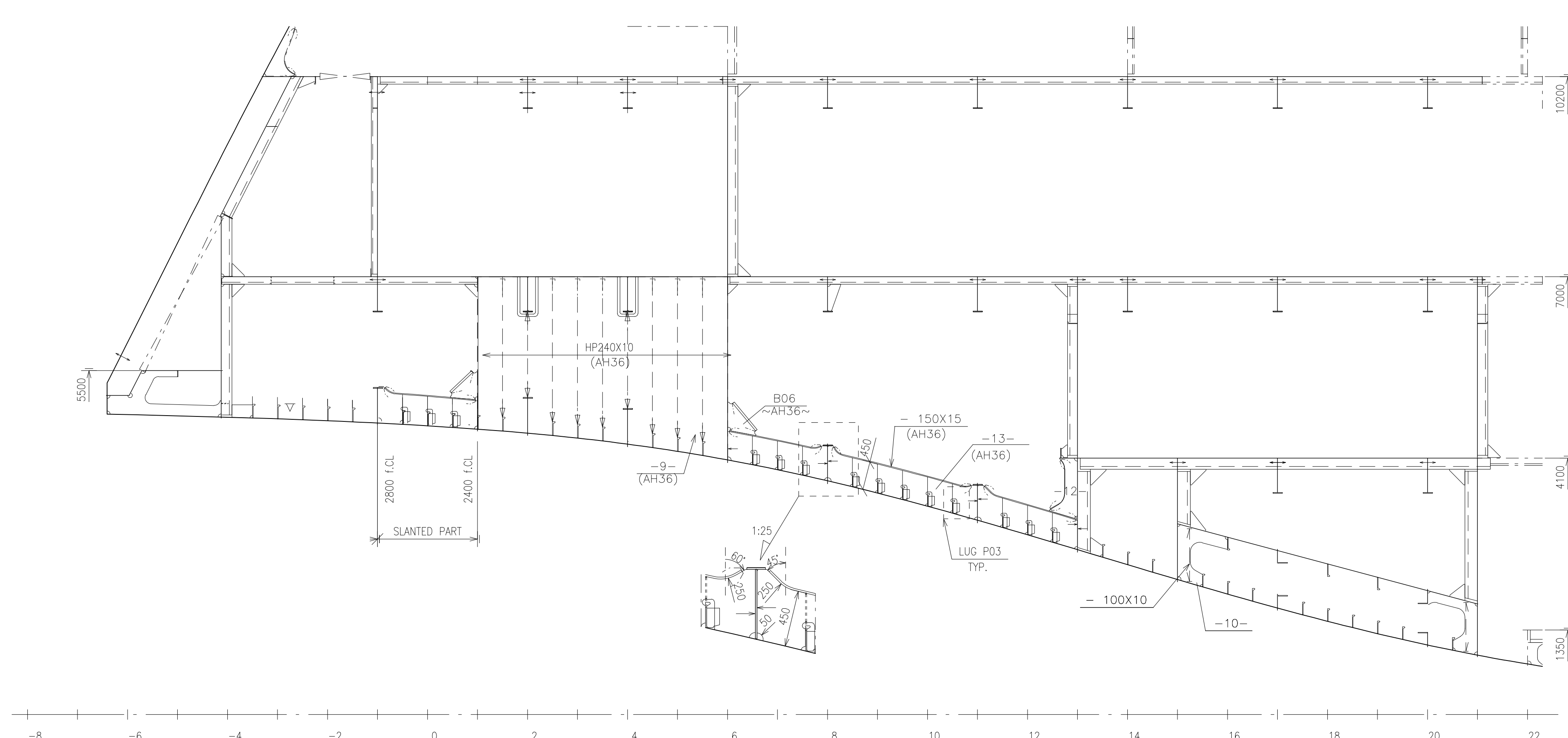
Long. section 2800/3000 off C.L. SB
PS - SIMILAR



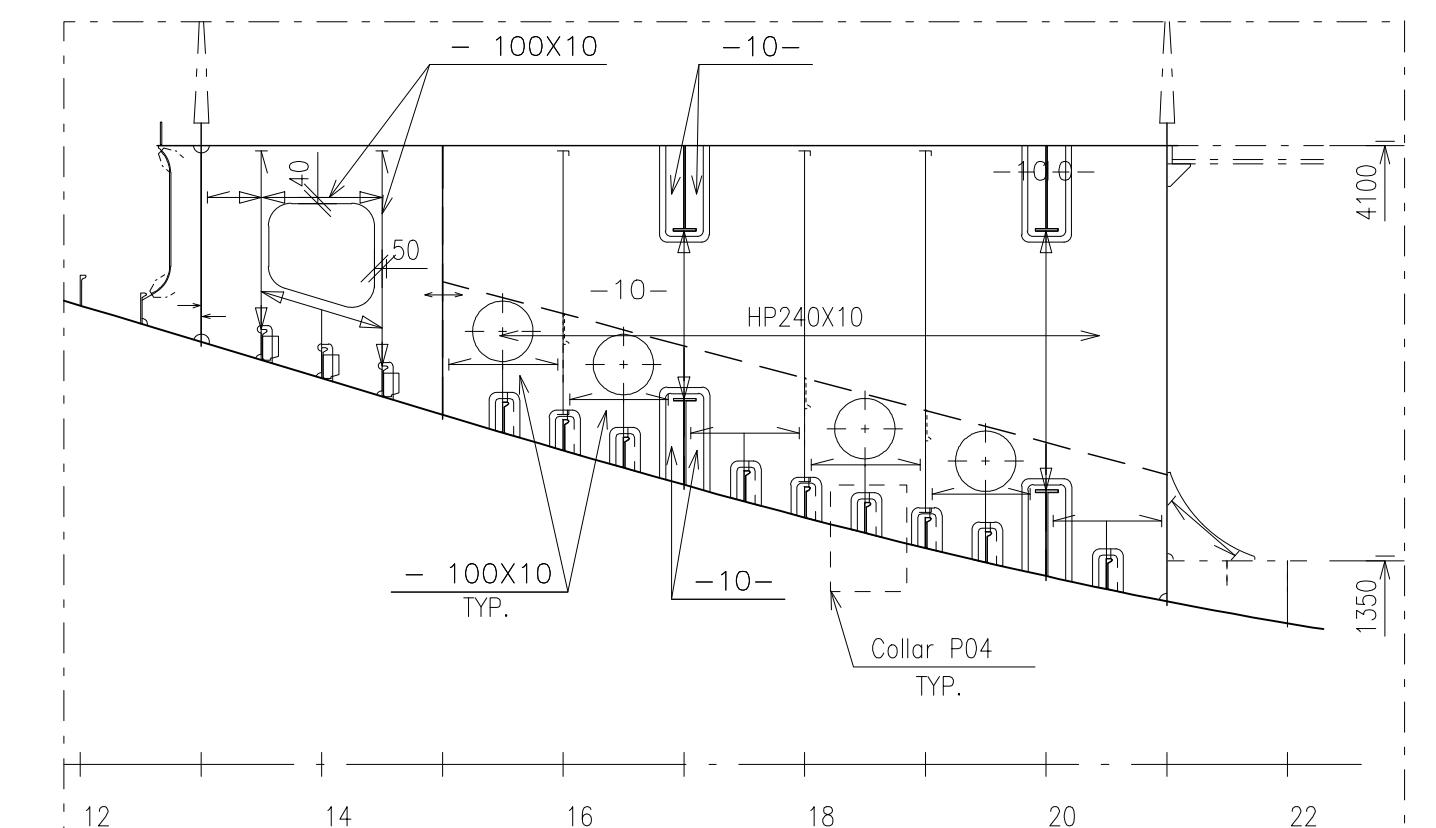
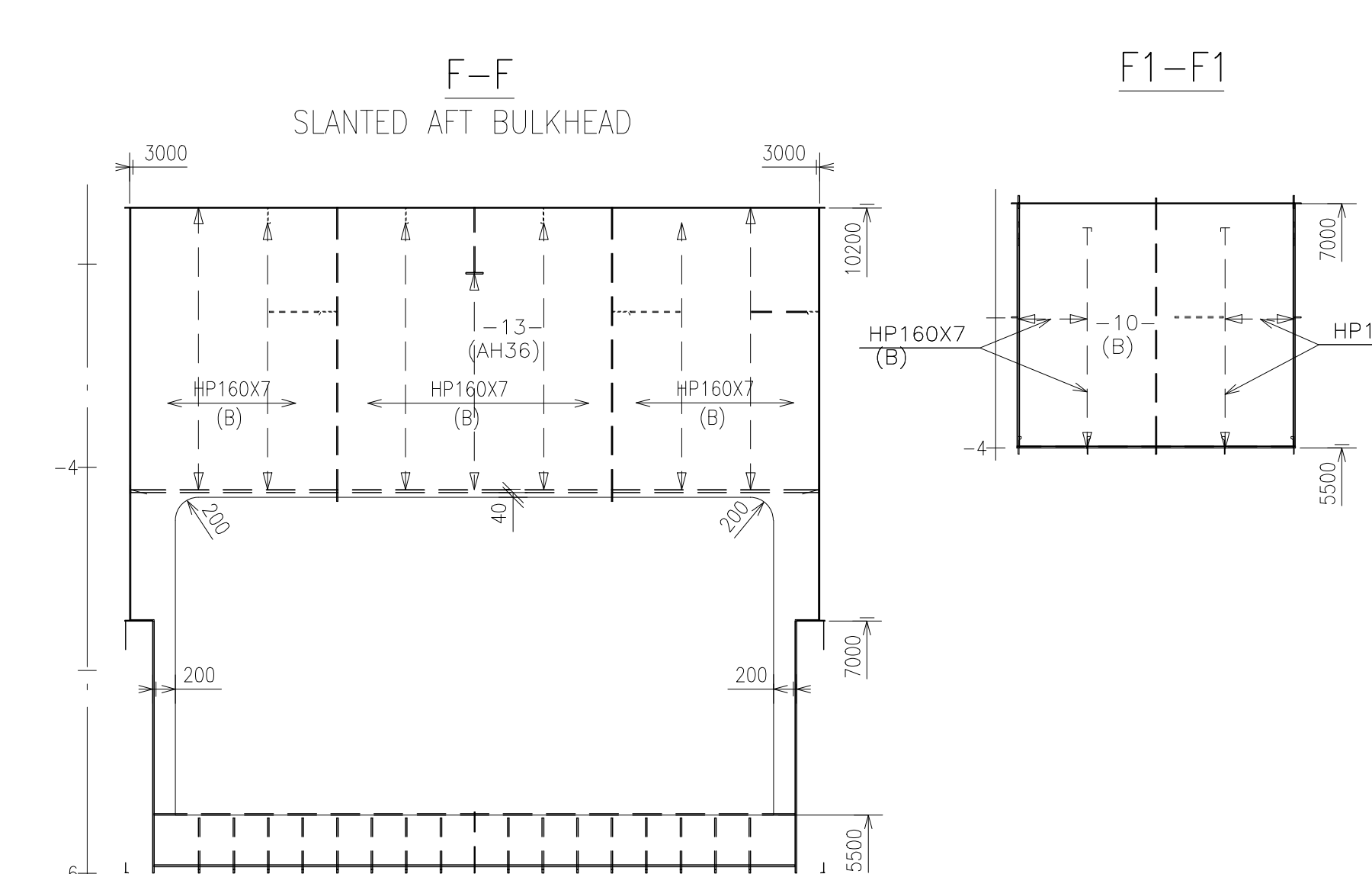
Long. section 1200 / 1250 off C.L. SB
PS - SIMILAR



Long. section 4800 off C.L. SB
PS - SIMILAR

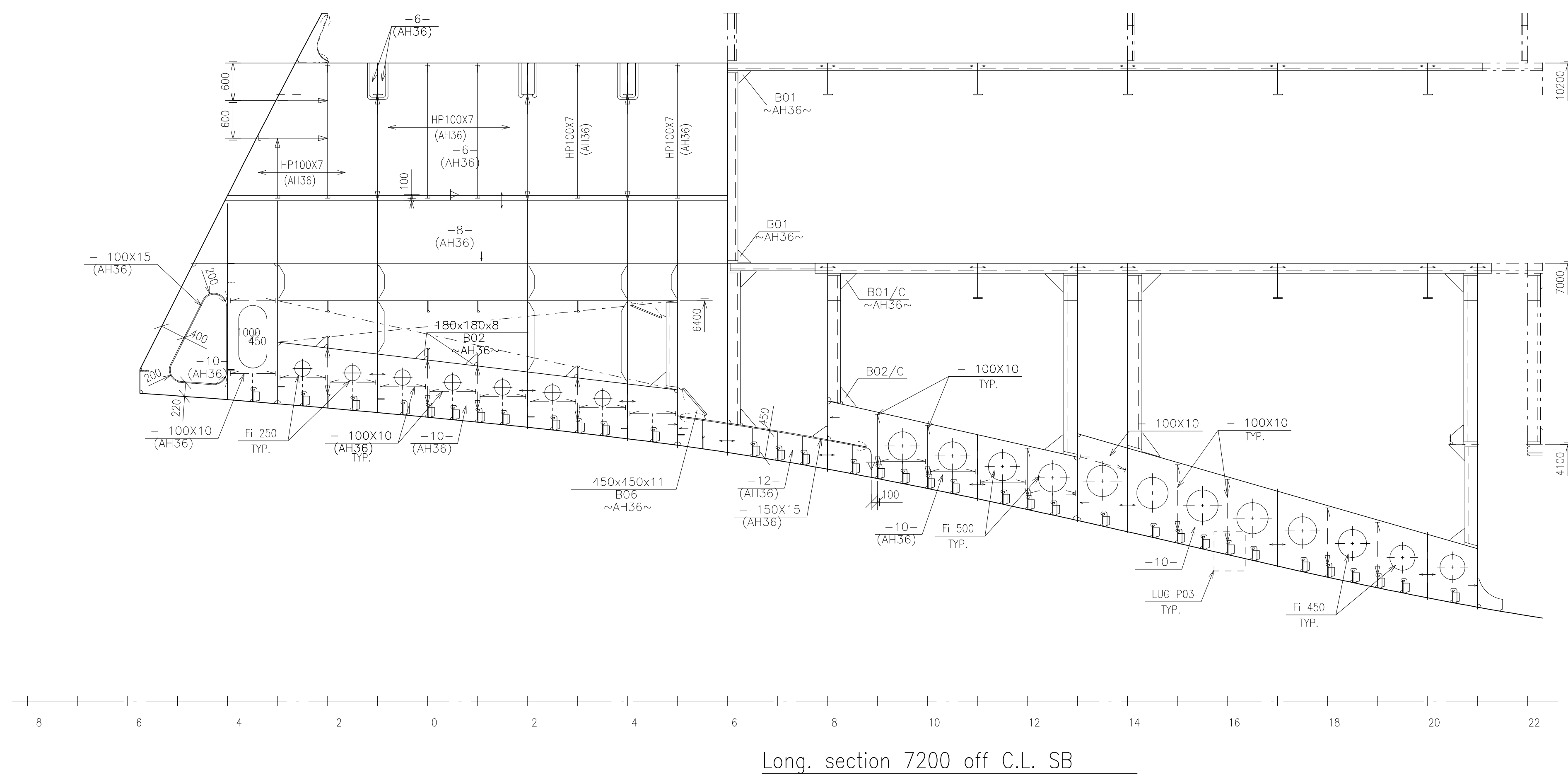
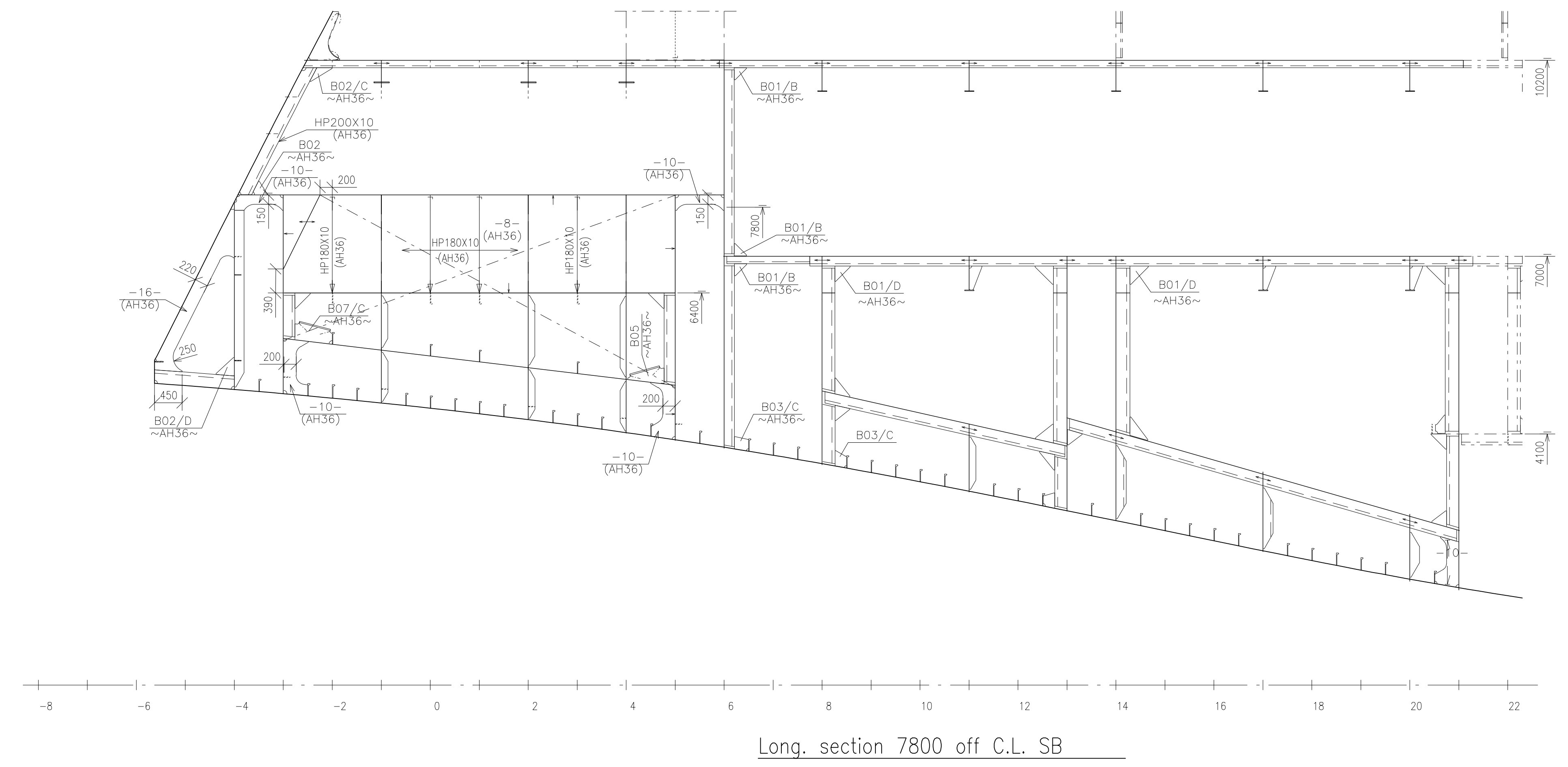
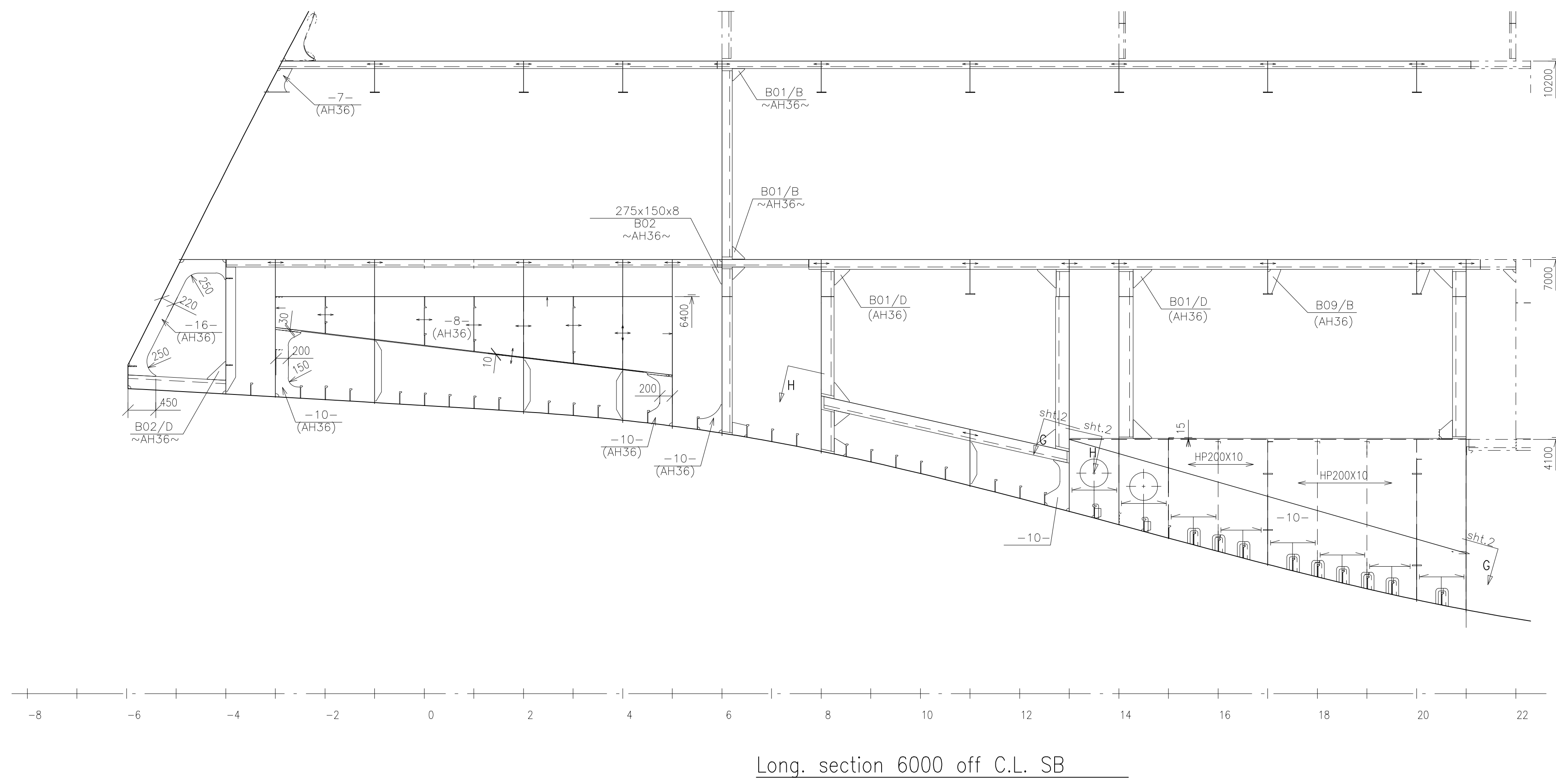
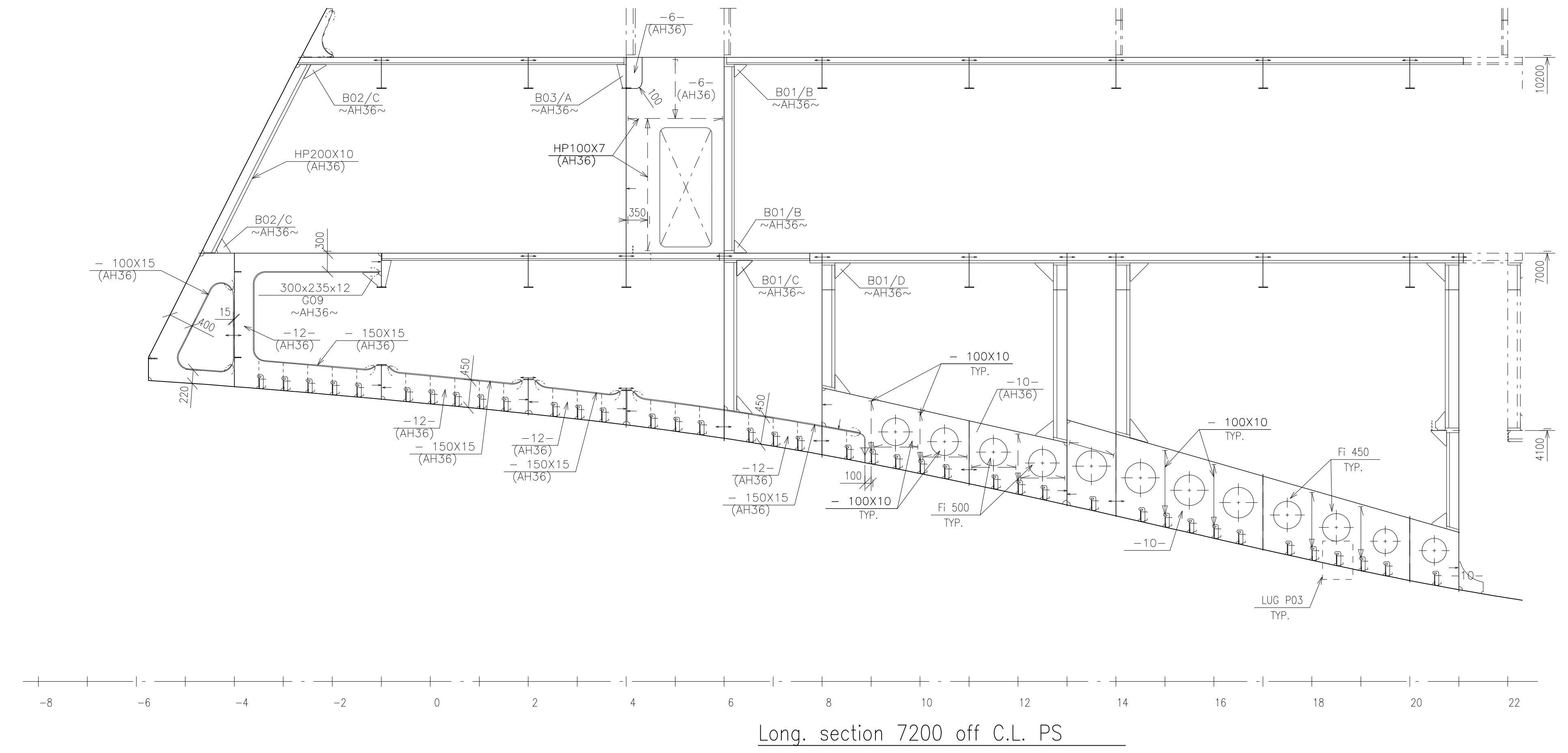
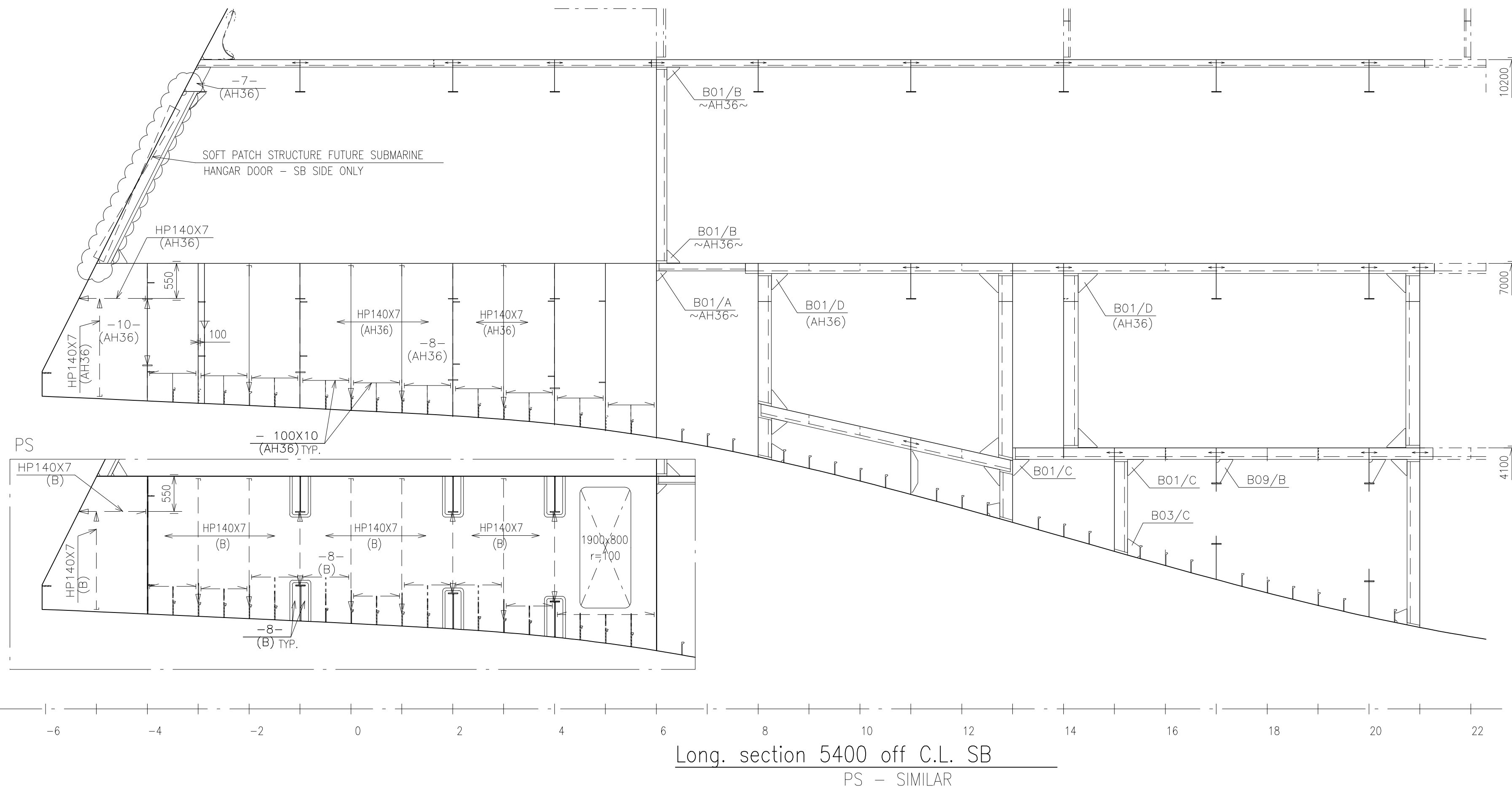


Long. section 2400 off C.L. SB
PS - SIMILAR



Long. section 3600 off C.L. SB
PS - SIMILAR

E					
D					
C					
B					
A					
REV.	TEXT				
THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LMG MARIN AS. THE DRAWING SHALL NOT BE DISCLOSED TO ANY THIRD PARTY WITHOUT THE WRITTEN PRIOR CONSENT OF LMG MARIN AS.					
DESIGNER	LMG MARIN AS	DRAWING NO.	369005-DW-210-N-LMG-00001		
OWNER	Quark Expeditions	PROJECT	LMG 200 PCS, YARD P1357/NB487		
YARD DWG. NO.	01-210-300 / 318064	SHEET	3 of 9		
REPLACEMENT FOR		TITLE	AFT SHIP		
DATE	11.07.2018	SCALE	1:50		
BY		CHECK			
APP.		DATE			

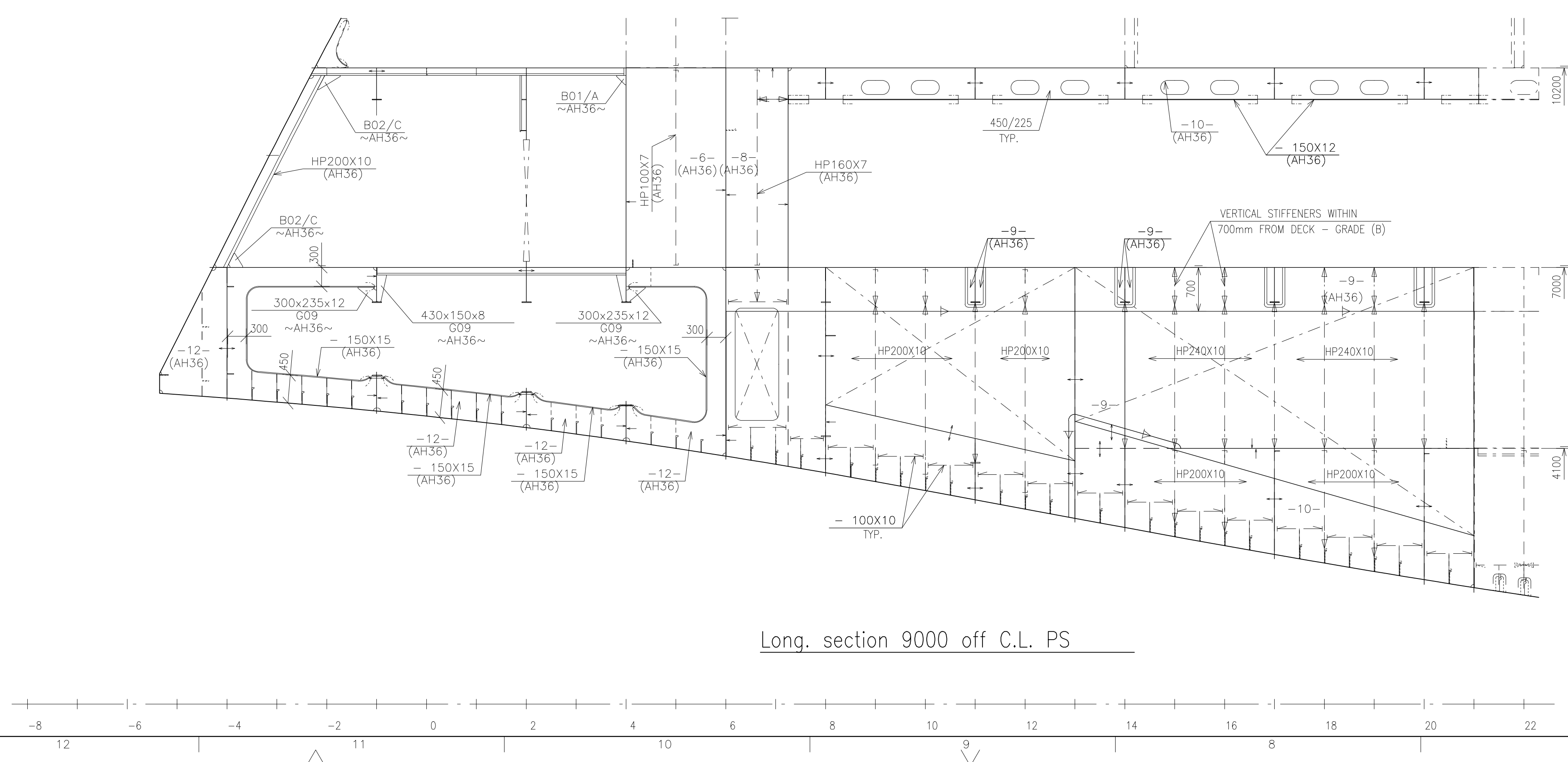
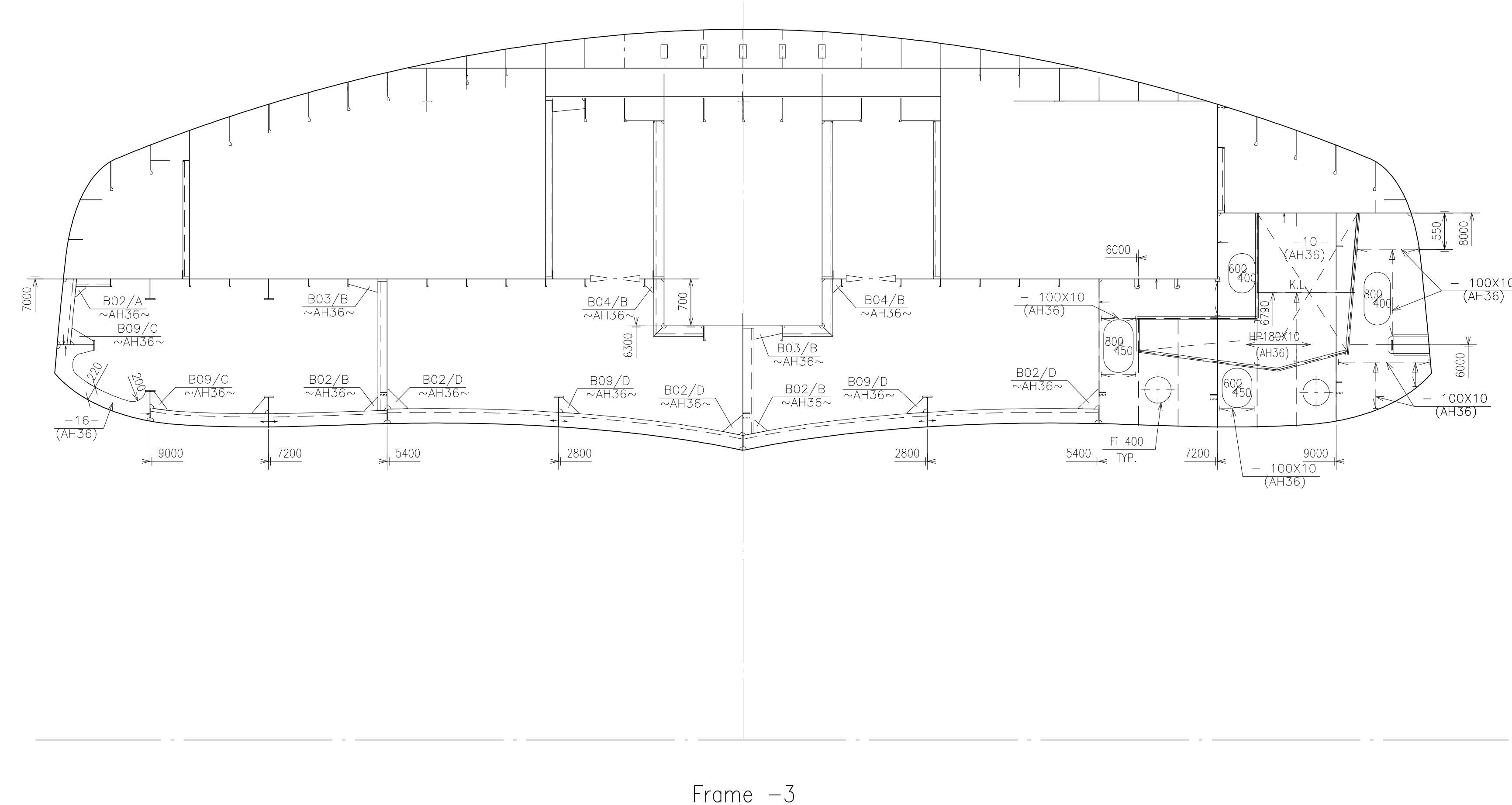
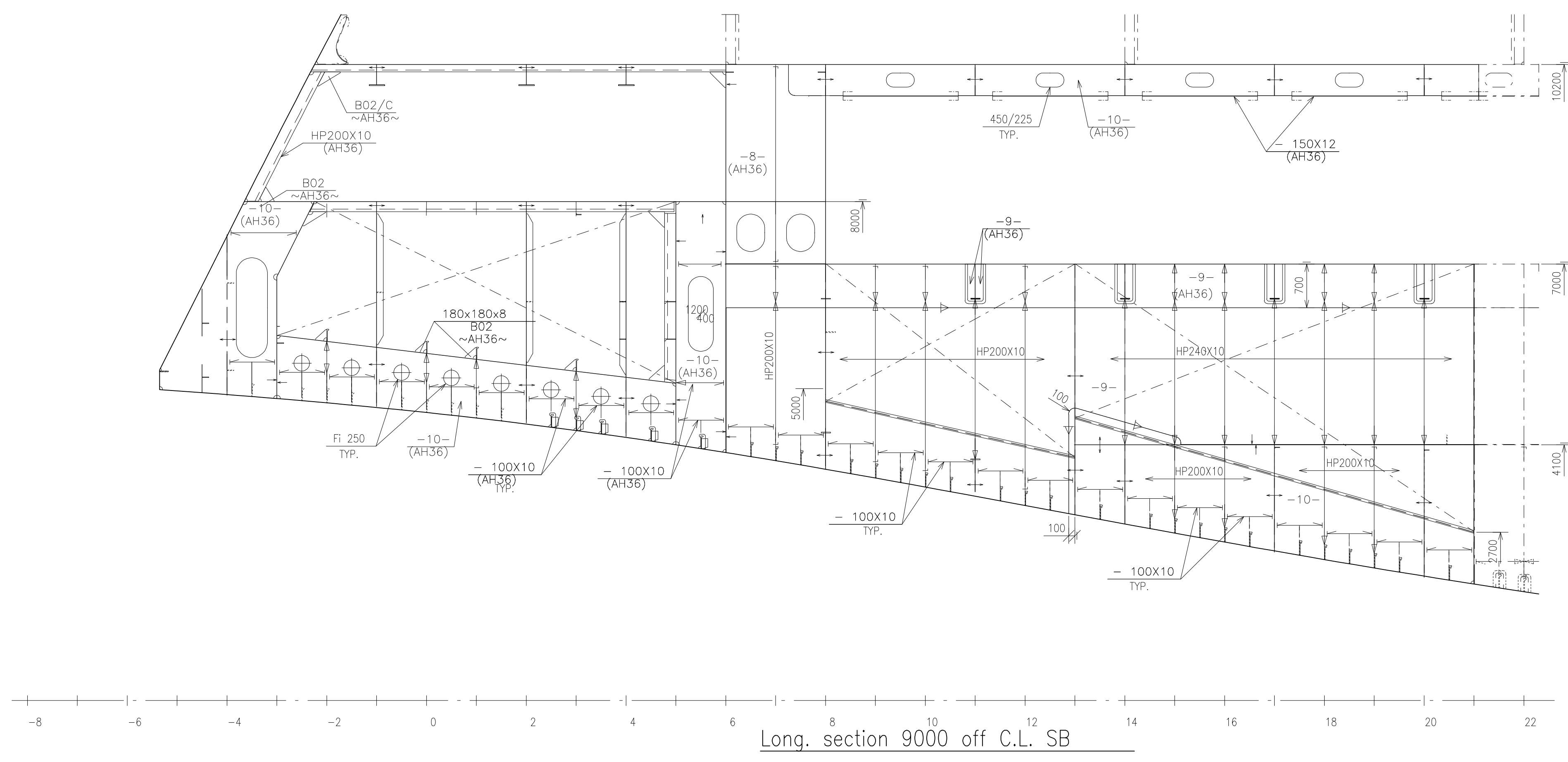
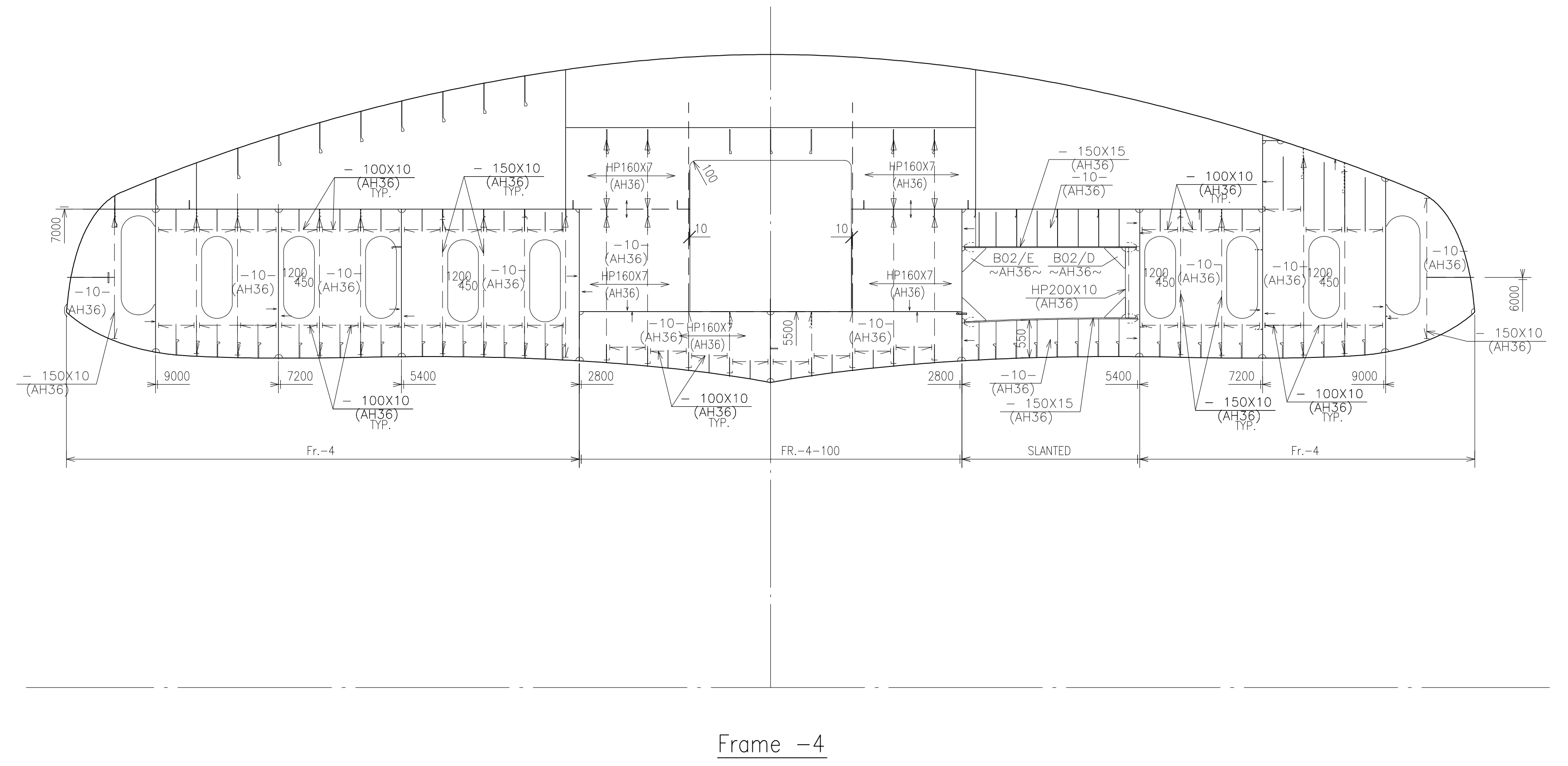
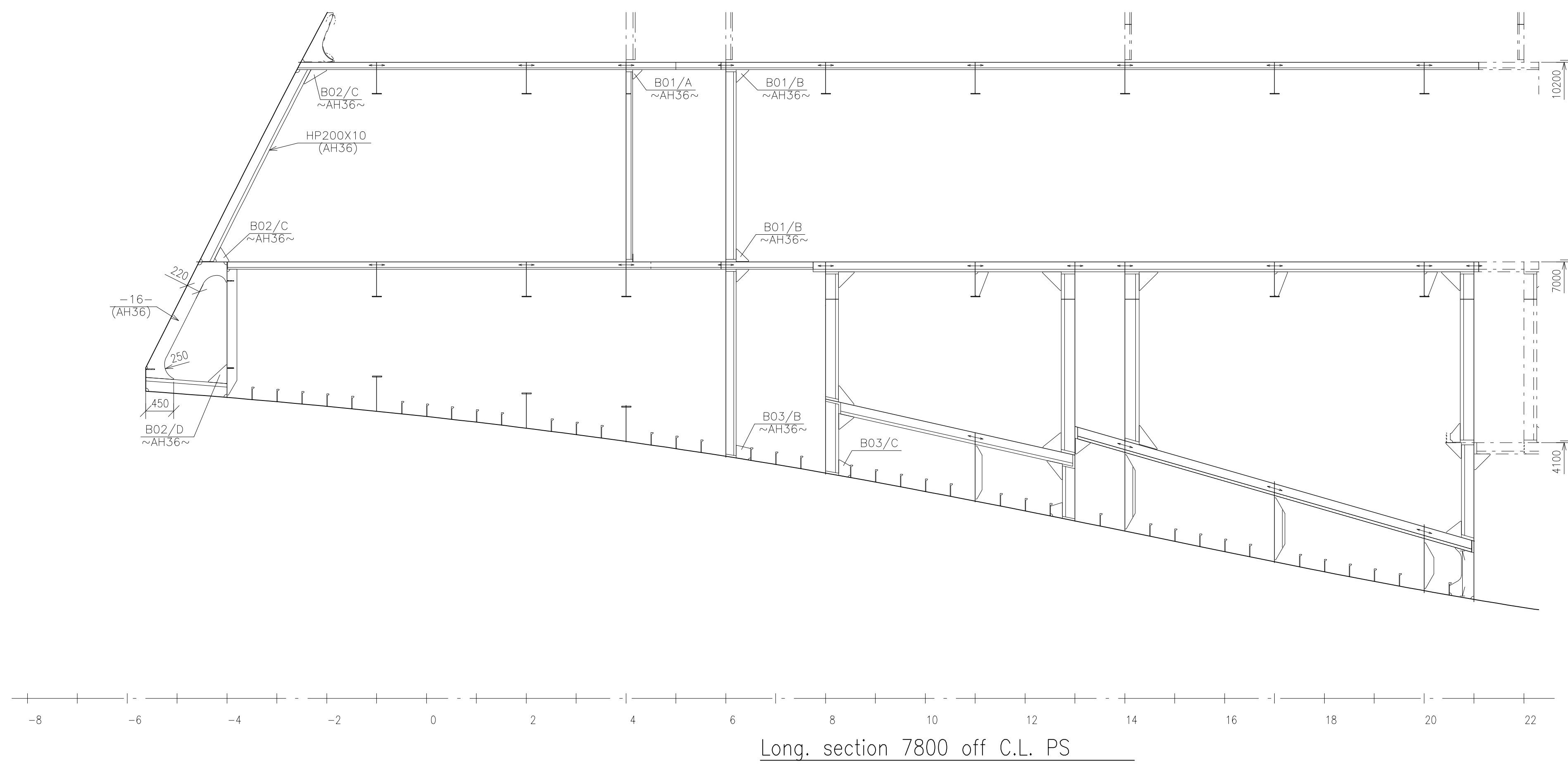


E					
D					
C					
B					
A					

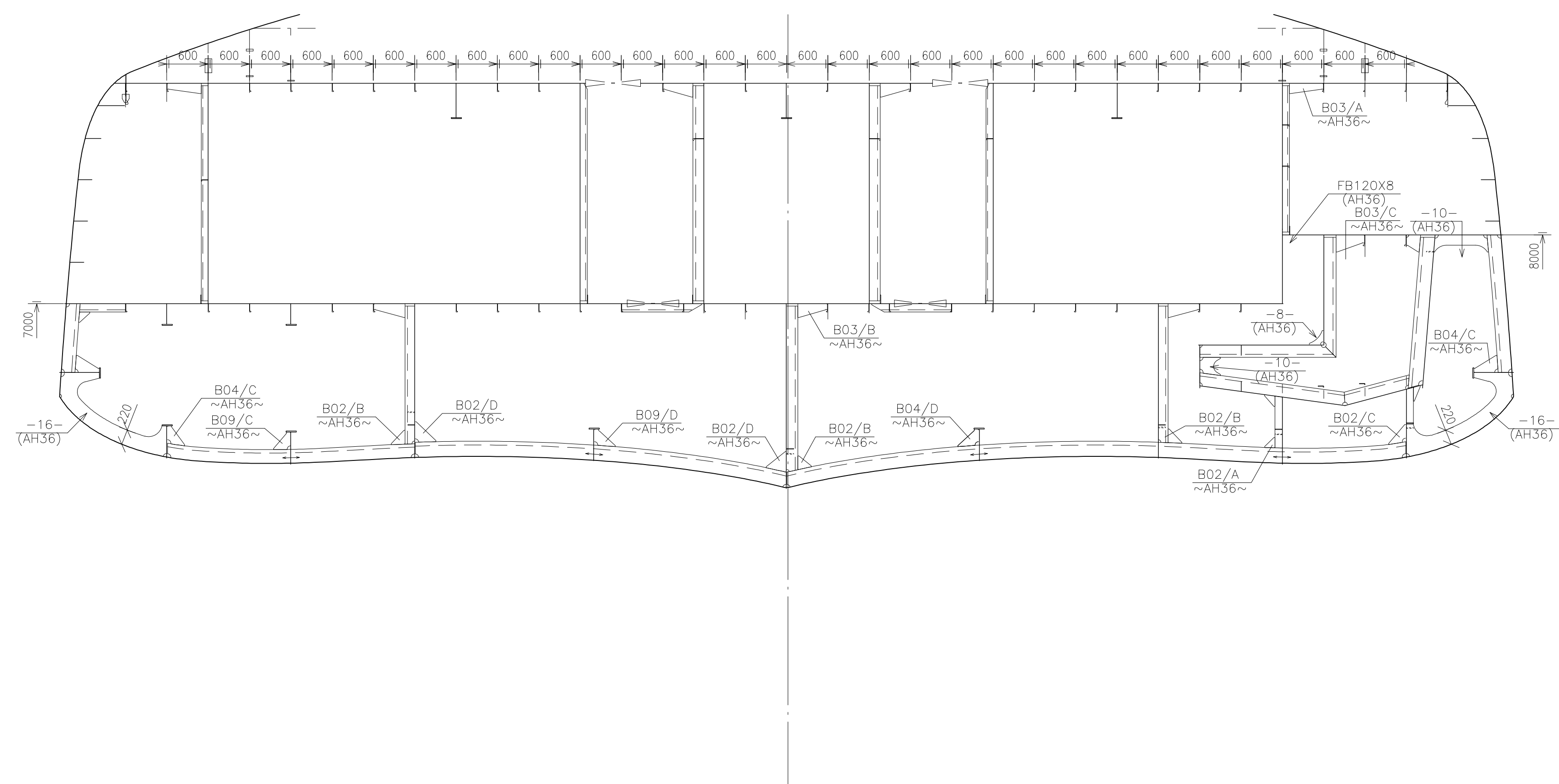
ISSUED FOR YARD COMMENTS	11.07.2018	MDCON	SNL	PEMA
REV. TEXT		REV. DATE	DRAWN	CHECK, APP.

THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LMG MARIN AS. THE DRAWING SHALL NOT BE DISCLOSED TO ANY THIRD PARTY WITHOUT THE WRITTEN PRIOR CONSENT OF LMG MARIN AS.

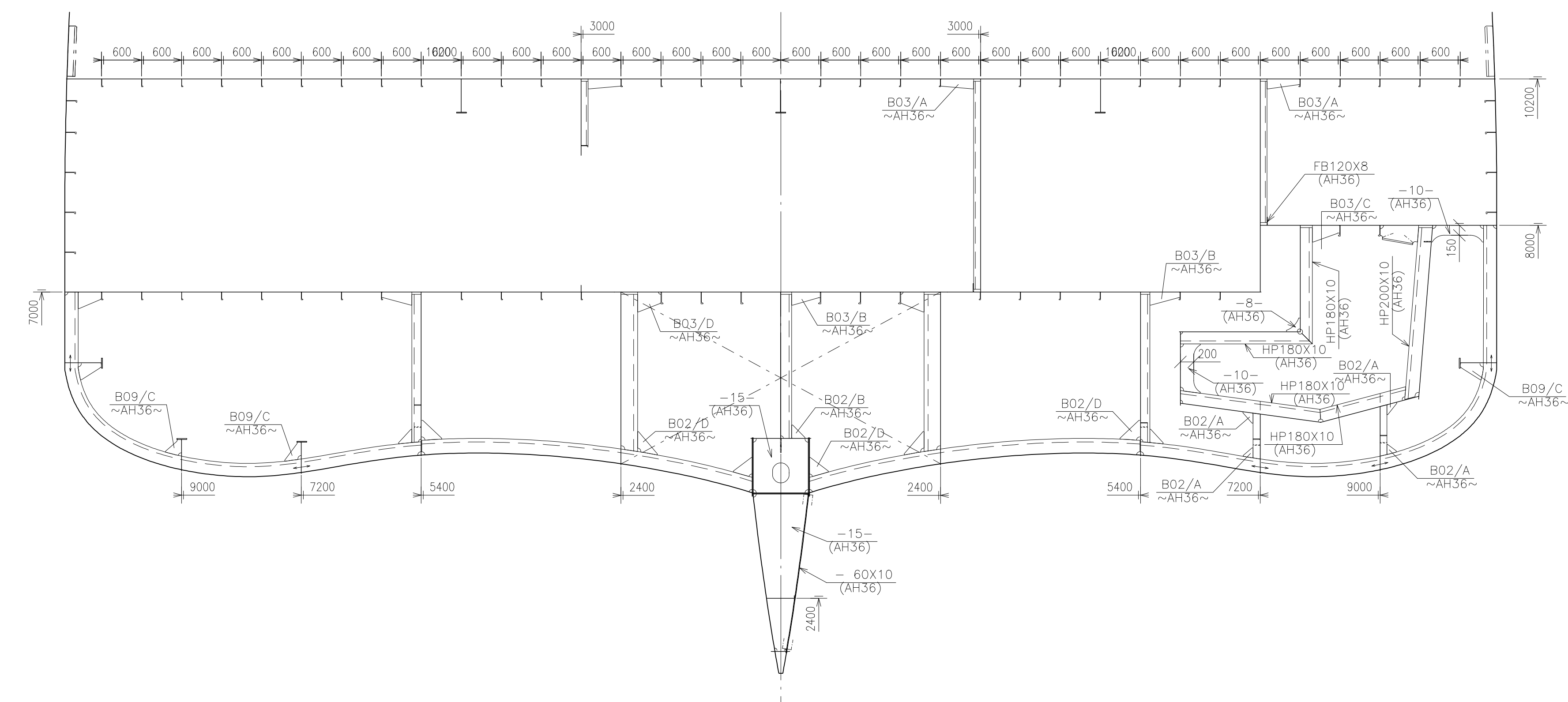
DESIGNER	LMG MARIN AS	DRAWING NO.	369005-DW-210-N-LMG-00001
OWNER	Quark Expeditions	PROJECT	LMG 200 PCS, YARD P1357/NB487 EXPEDITION SHIP
YARD DWG. NO.	01-210-300 / 318064	TITLE	AFT SHIP
REPLACEMENT FOR			
CGD TOOL	ACAD 2015	PRIMARY SCALE	1:50
		SHEET SIZE	A0
		SHEET	4 of 9



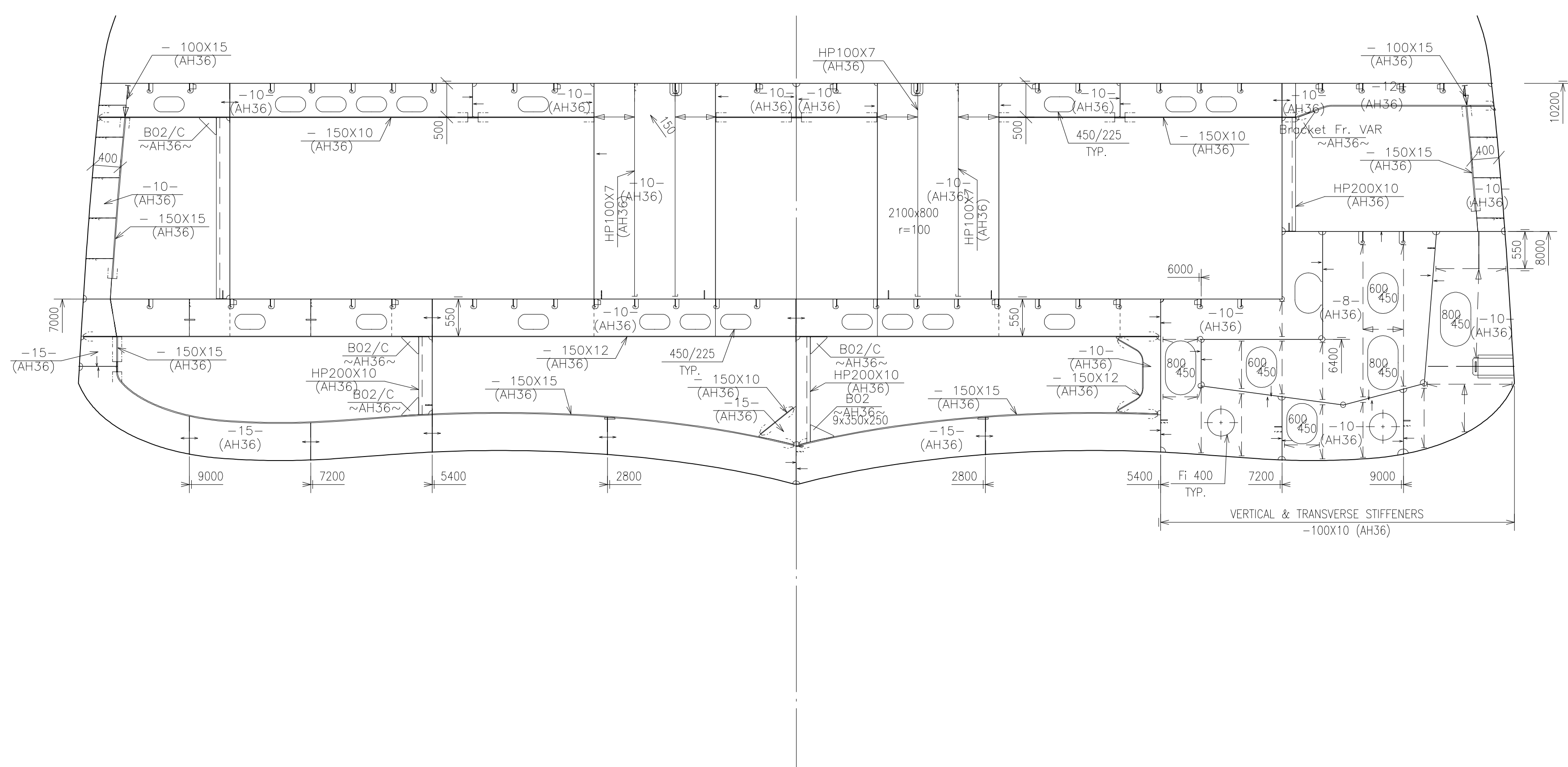
E									
D									
C									
B									
A									
REV.	TEXT								
THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LMG MARIN AS. THE DRAWING SHALL NOT BE DISCLOSED TO ANY THIRD PARTY WITHOUT THE WRITTEN PRIOR CONSENT OF LMG MARIN AS.									
OWNER	LMG MARIN AS	DESIGNER	BRODOSPLIT	PROJECT NO.	369005-DW-210-N-LMG-00001	DATE	11.07.2018	SCALE	1:50
OWNER	Quark Expeditions	DESIGNER	BRODOSPLIT	PROJECT NO.	369005-DW-210-N-LMG-00001	DATE	11.07.2018	SCALE	1:50
YARD DWG. NO.	01-210-300 / 318064	TITLE	AFT SHIP						
REPLACEMENT FOR		SCALE	1:50	SHEET NO.	5 of 9				



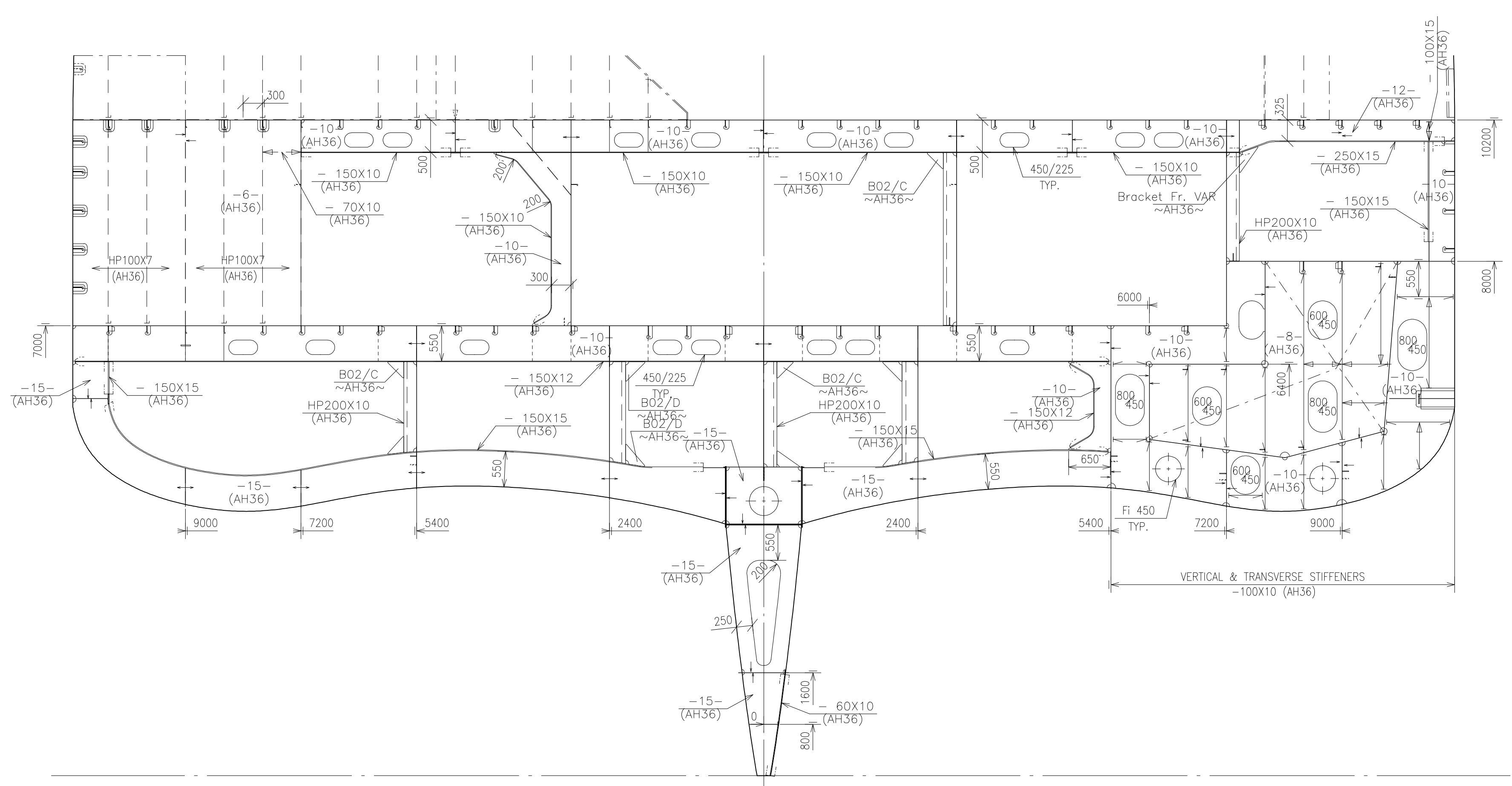
Frame -2



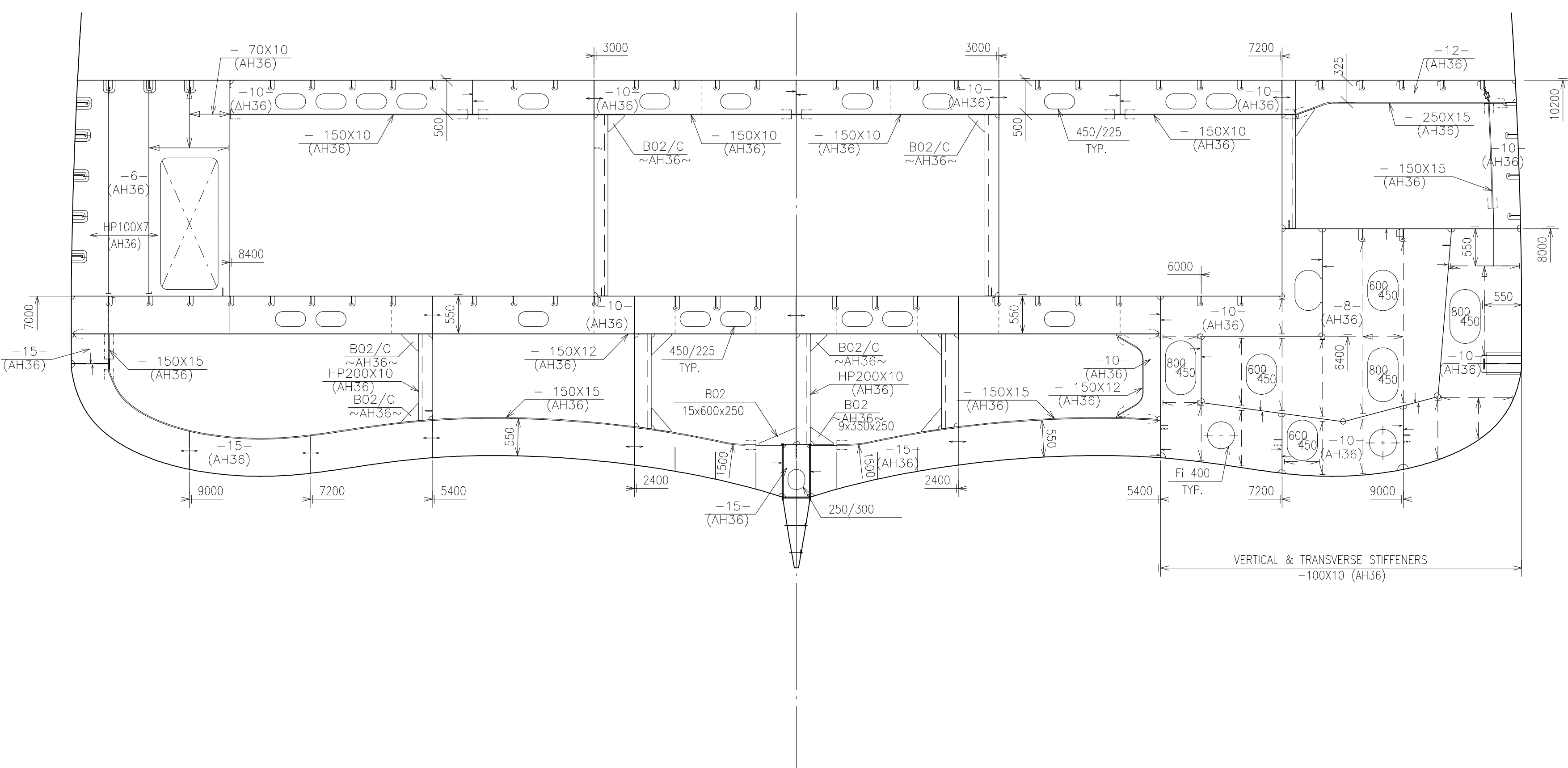
Frame 3



Frame -1

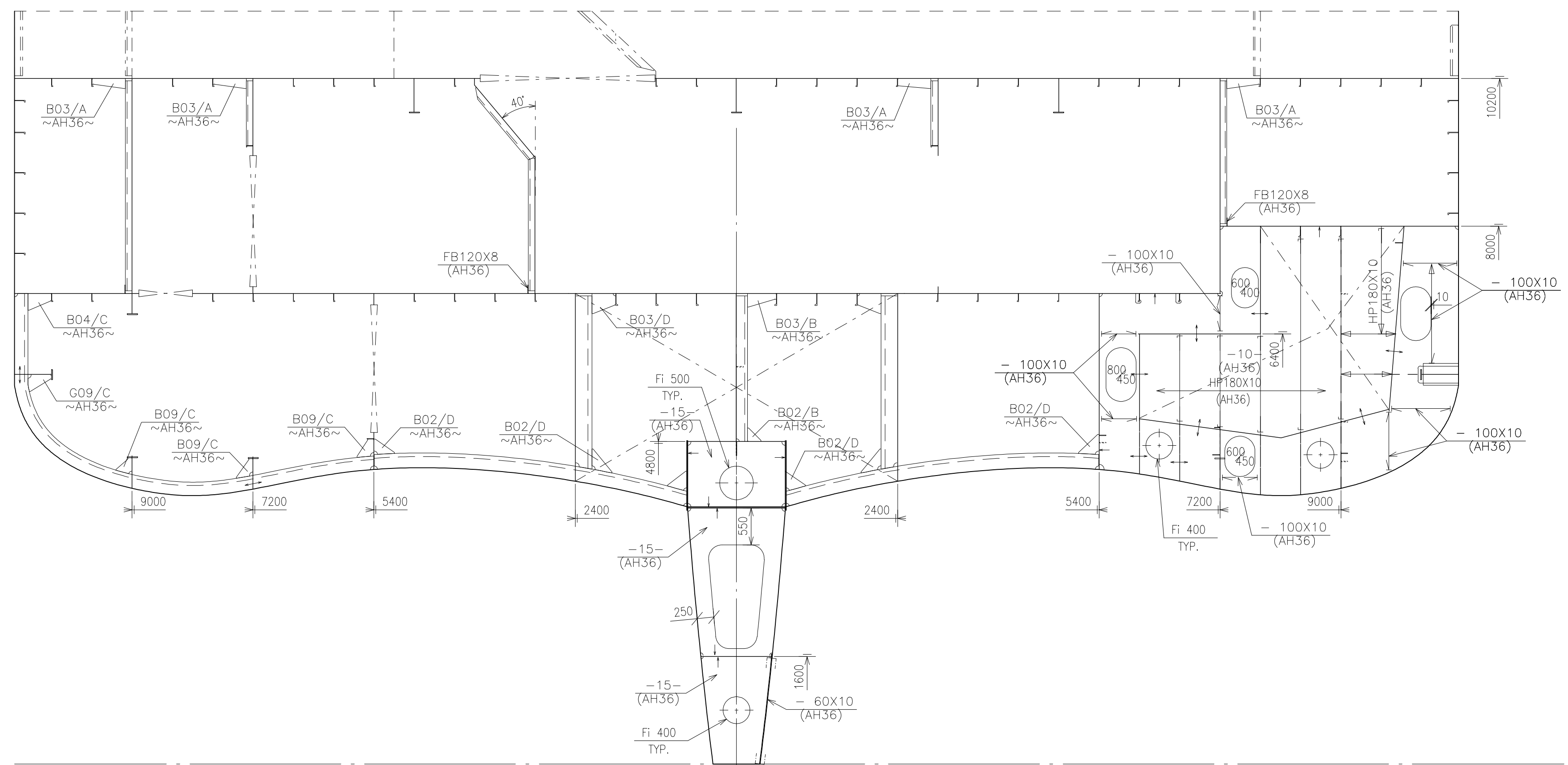


Frame 4

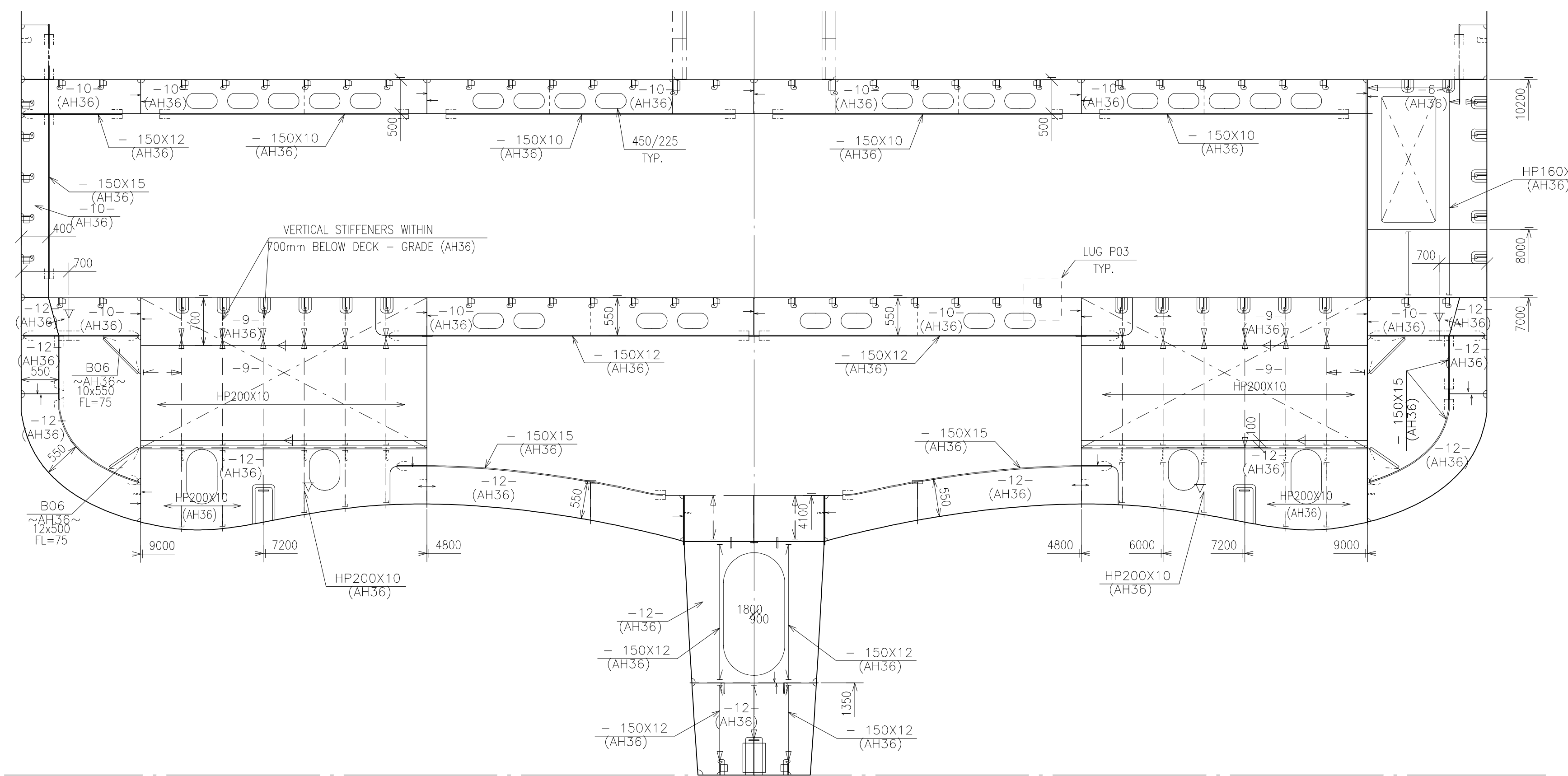


Frame 2

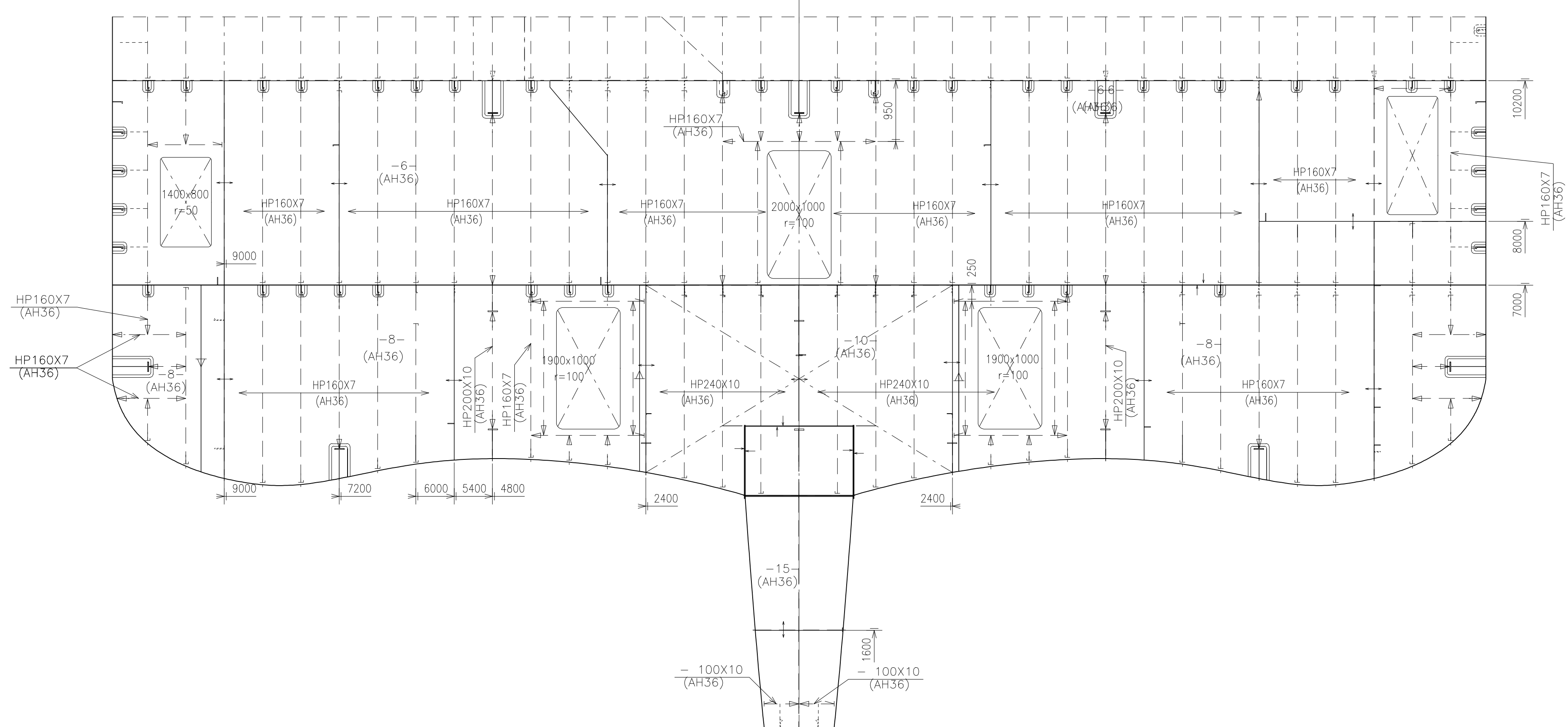
E					
D					
C					
B					
A					
ISSUED FOR YARD COMMENTS		11.07.2018	MDCON	SNL	PEMA
REV. TEXT		REV. DATE	DRAWN	CHECK	APP.
THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LMG MARIN AS. THE DRAWING SHALL NOT BE DISCLOSED TO ANY THIRD PARTY WITHOUT THE WRITTEN PRIOR CONSENT OF LMG MARIN AS.					
DESIGNER	LMG MARIN AS	DRAWING NO.	369005-DW-210-N-LMG-00001		
OWNER	Quark Expeditions	PROJECT	LMG 200 PCS, YARD P1357/NB487 EXPEDITION SHIP		
YARD DWG. NO.	01-210-300 / 318064	TITLE	AFT SHIP		
REPLACEMENT FOR		DATE			
CGD TOOL	ACAD 2015	PRIMARY SCALE	SHEET SIZE	SHEET	6 of 9
		1:50	A0		



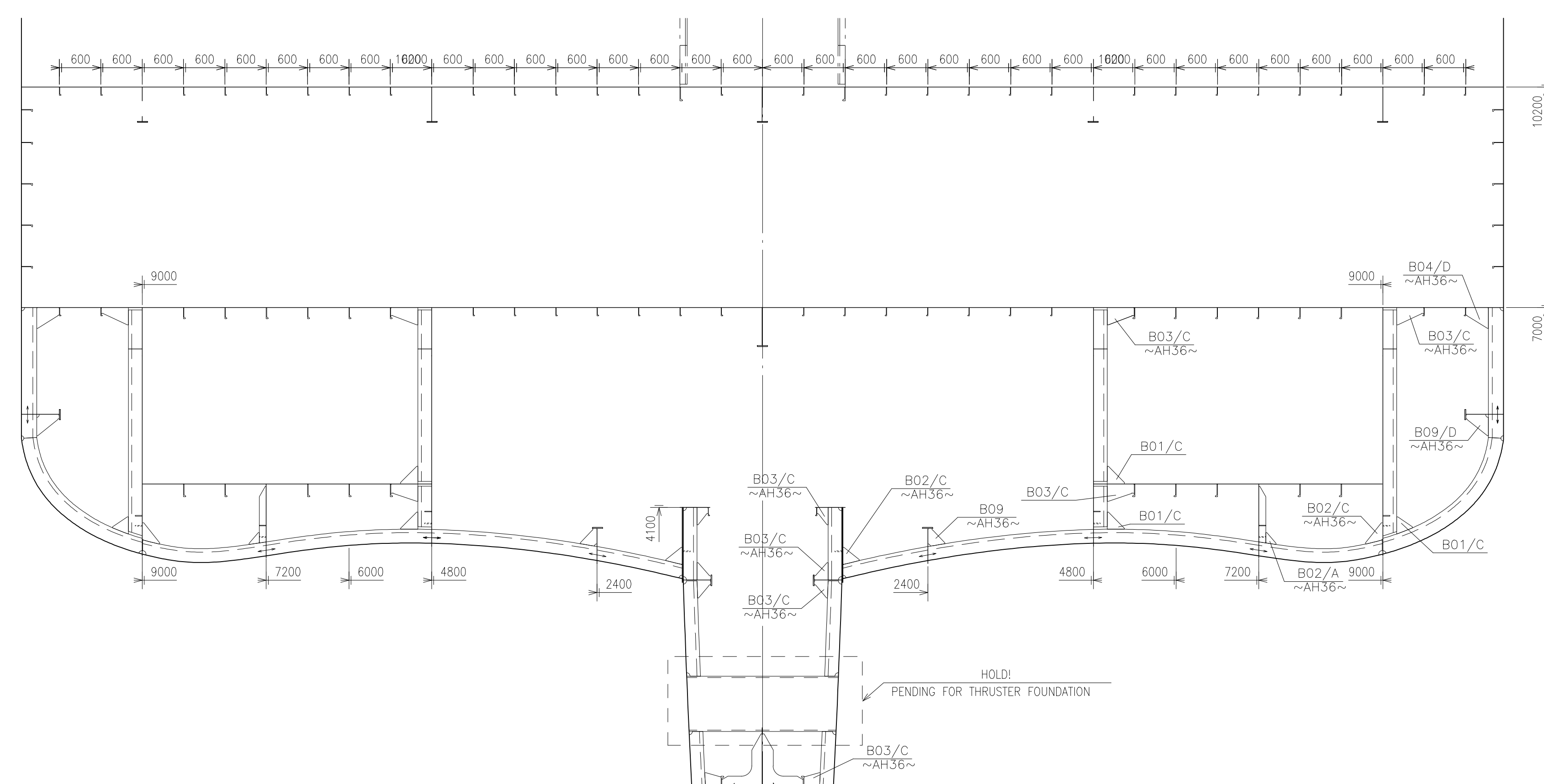
Frame 5



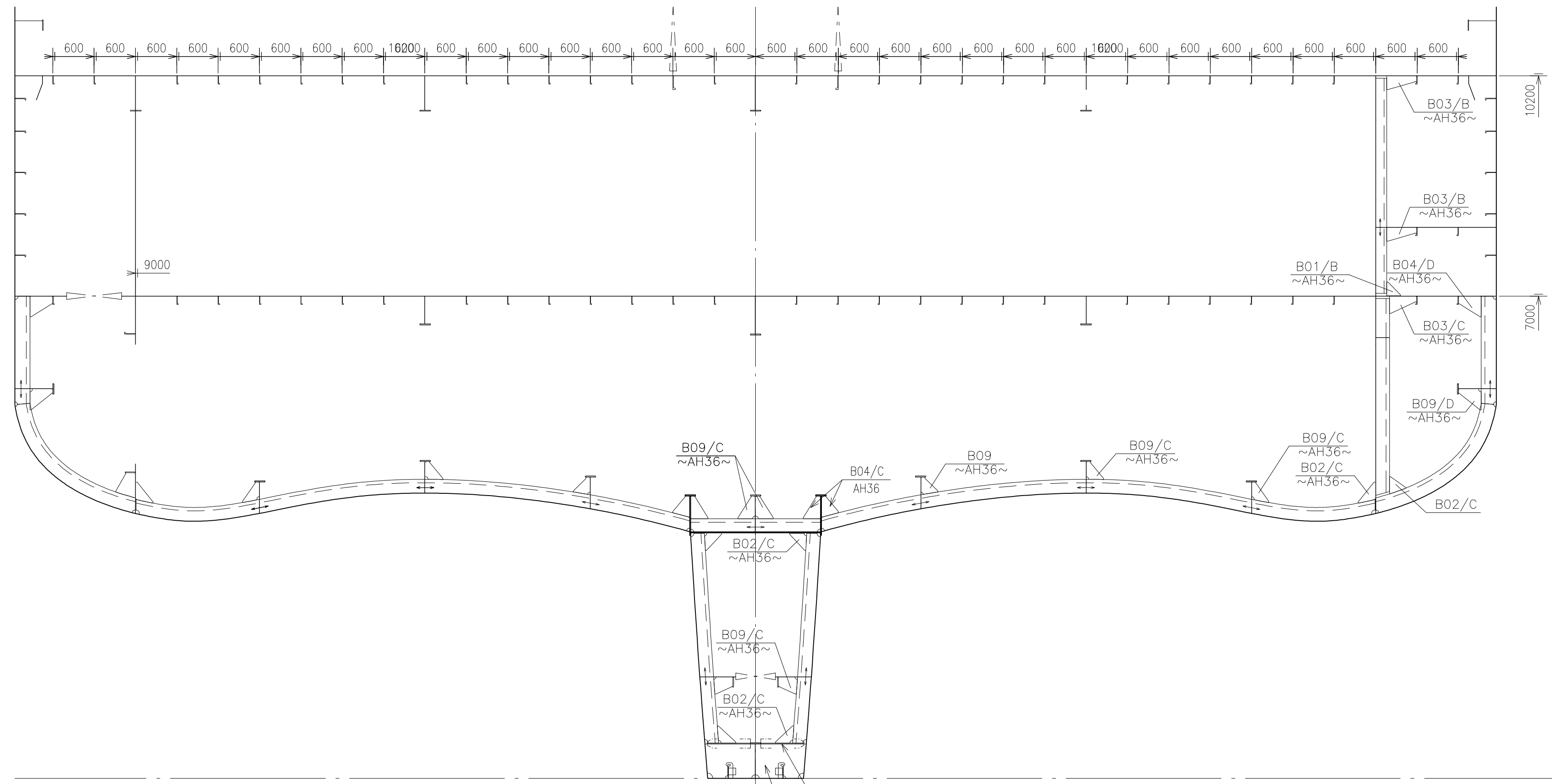
Frame 8



Frame 6

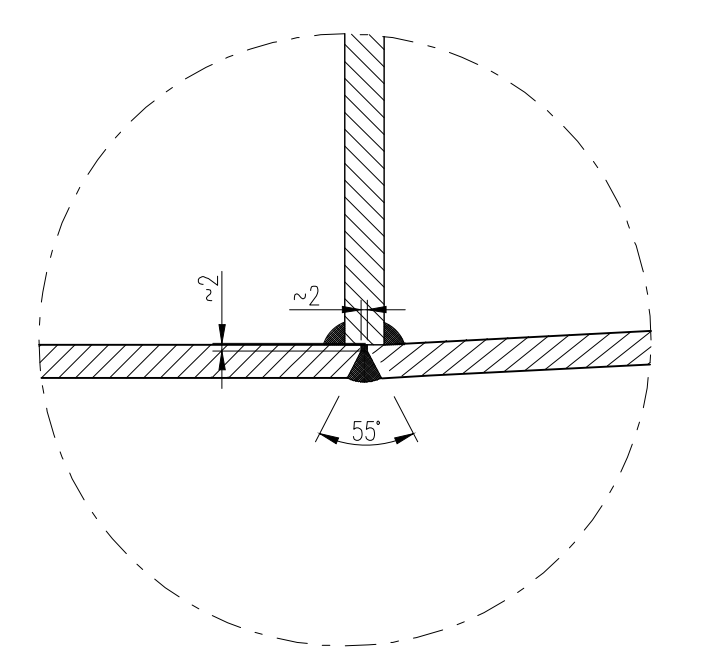
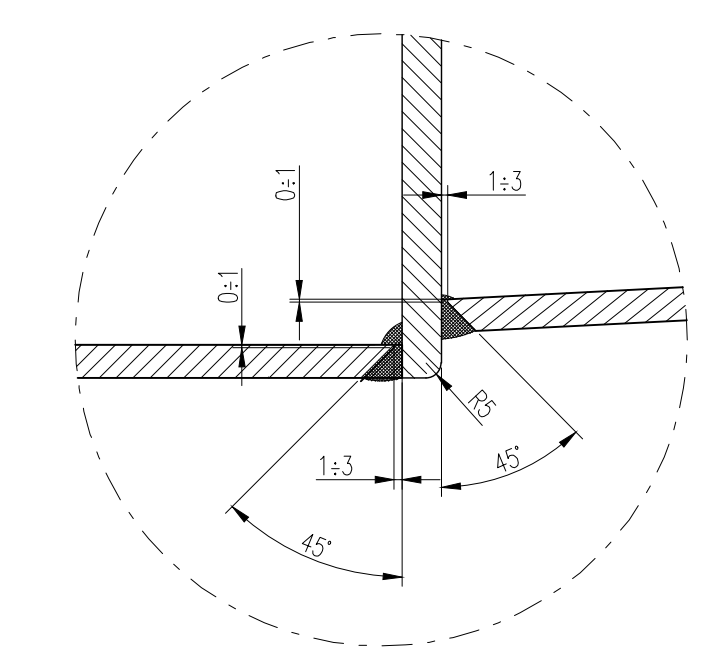
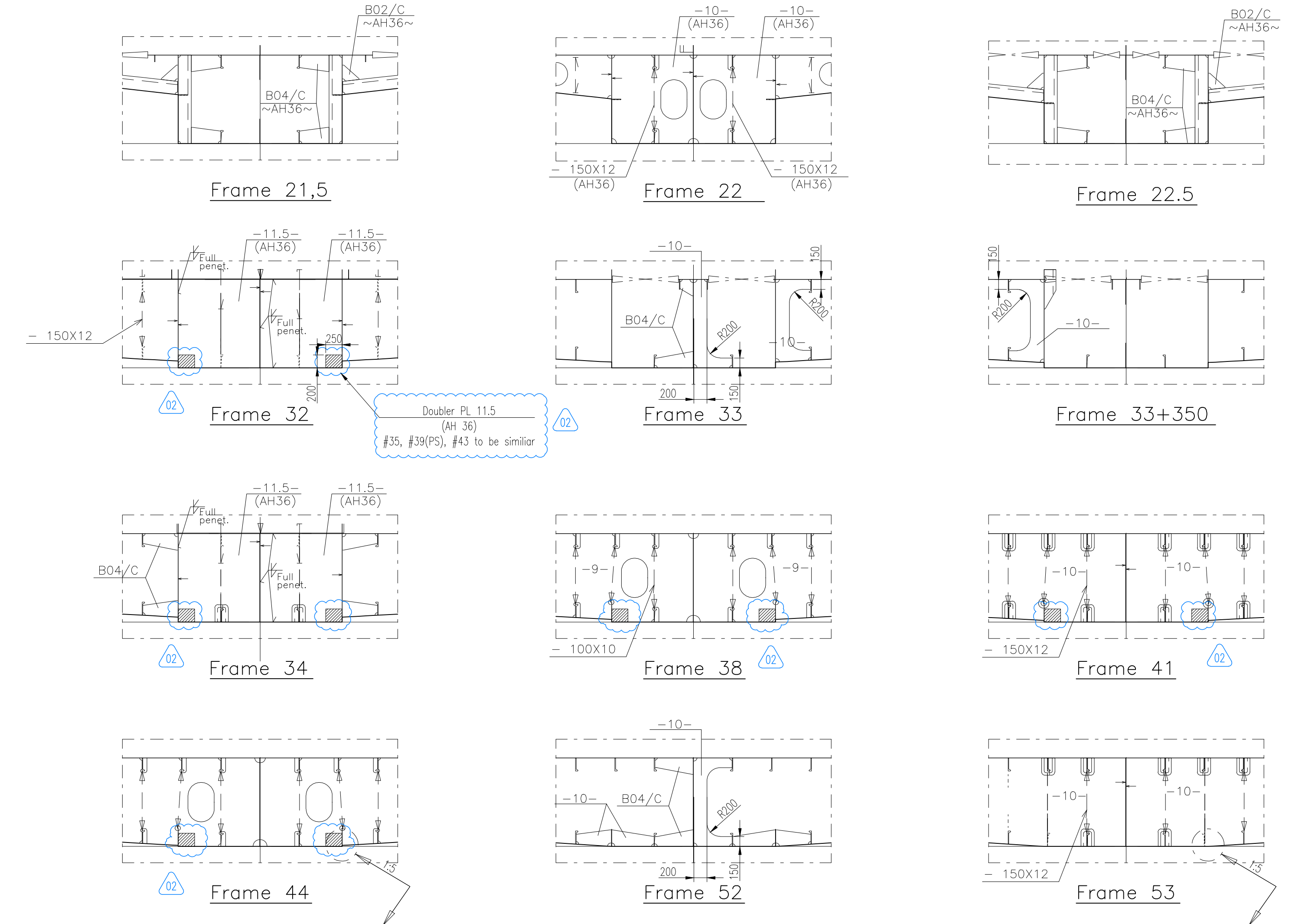
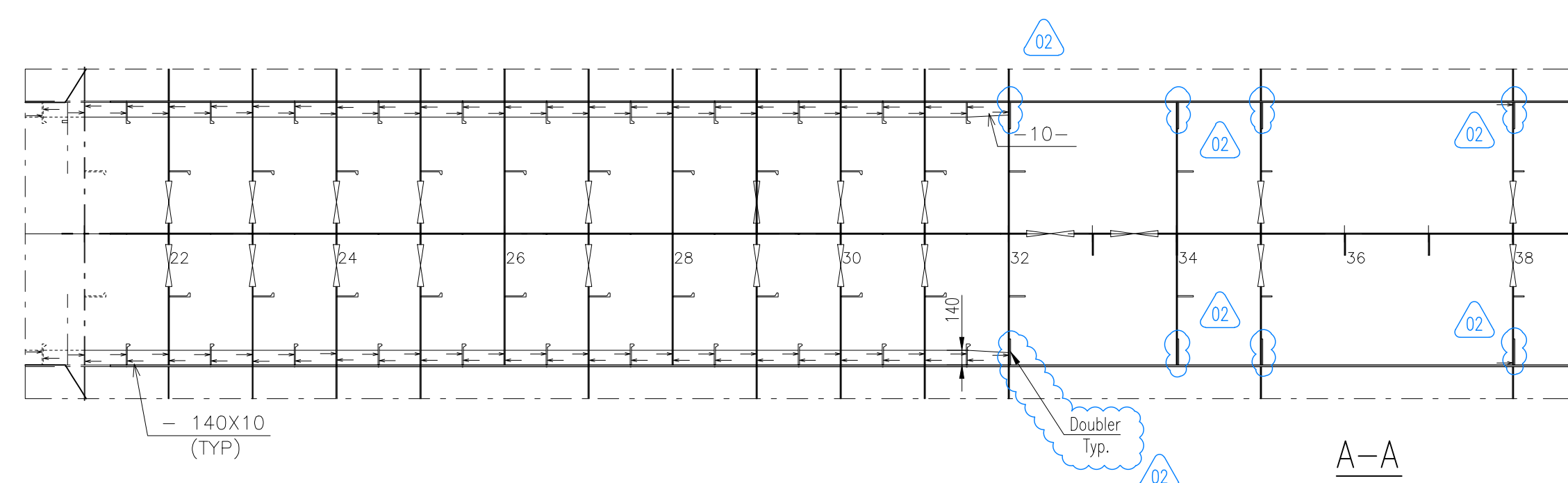
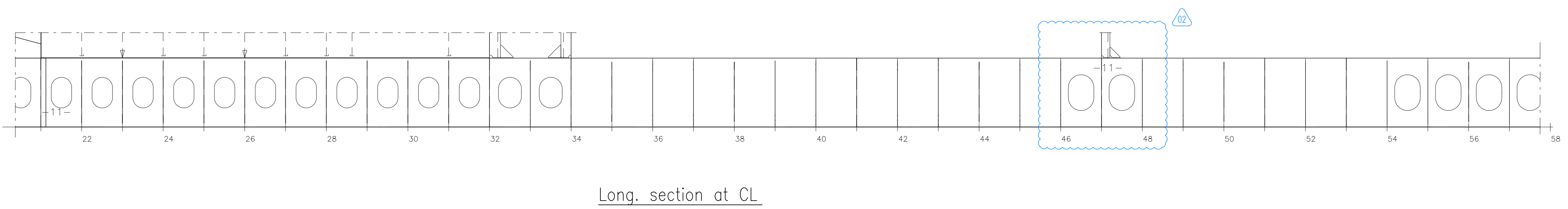
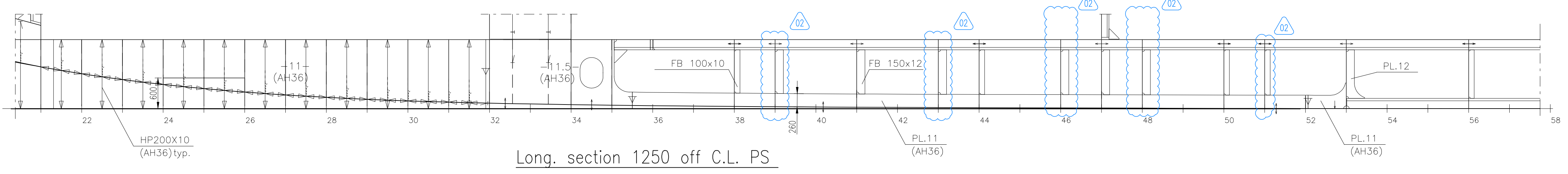
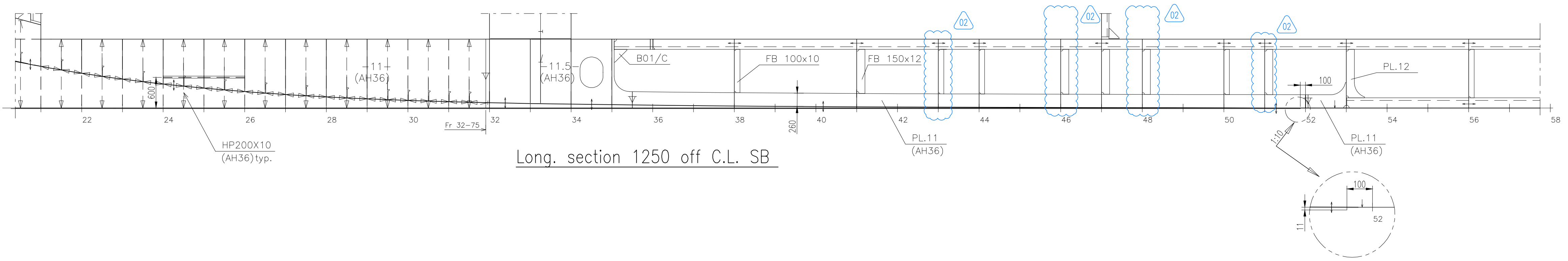
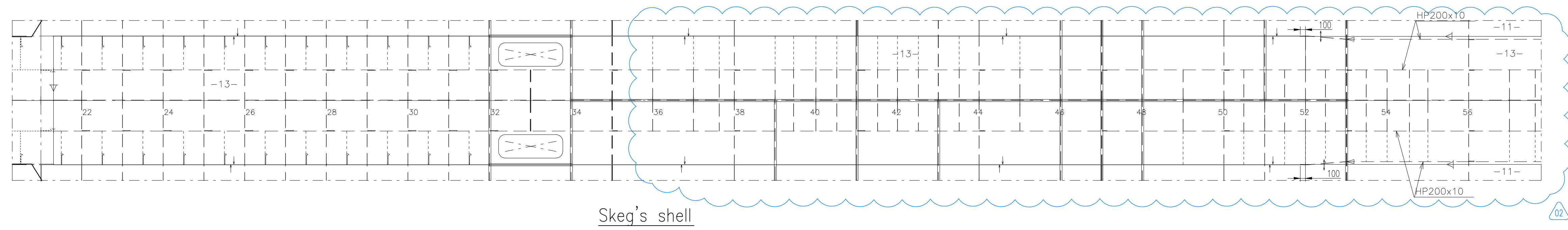
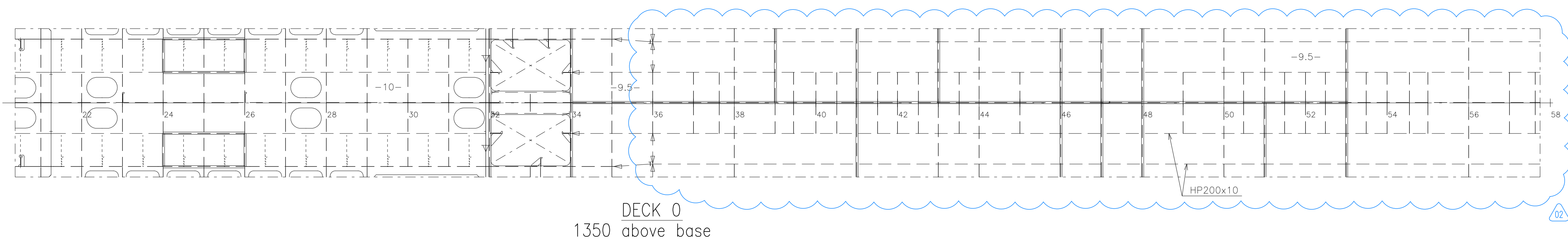


Frame 10



Frame 7

E					
D					
C					
B					
A					
REV.	TEXT				
THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LMG MARIN AS. THE DRAWING SHALL NOT BE DISCLOSED TO ANY THIRD PARTY WITHOUT THE WRITTEN PRIOR CONSENT OF LMG MARIN AS.					
DESIGNER	LMG MARIN AS	DRAWING NO.	369005-DW-210-N-LMG-00001		
OWNER	Quark Expeditions	PROJECT NO.	01-210-300	SHEET NO.	7 of 9
ISSUED FOR YARD COMMENTS	11.07.2018	MDCON	SNL	PEMA	
AFT SHIP					



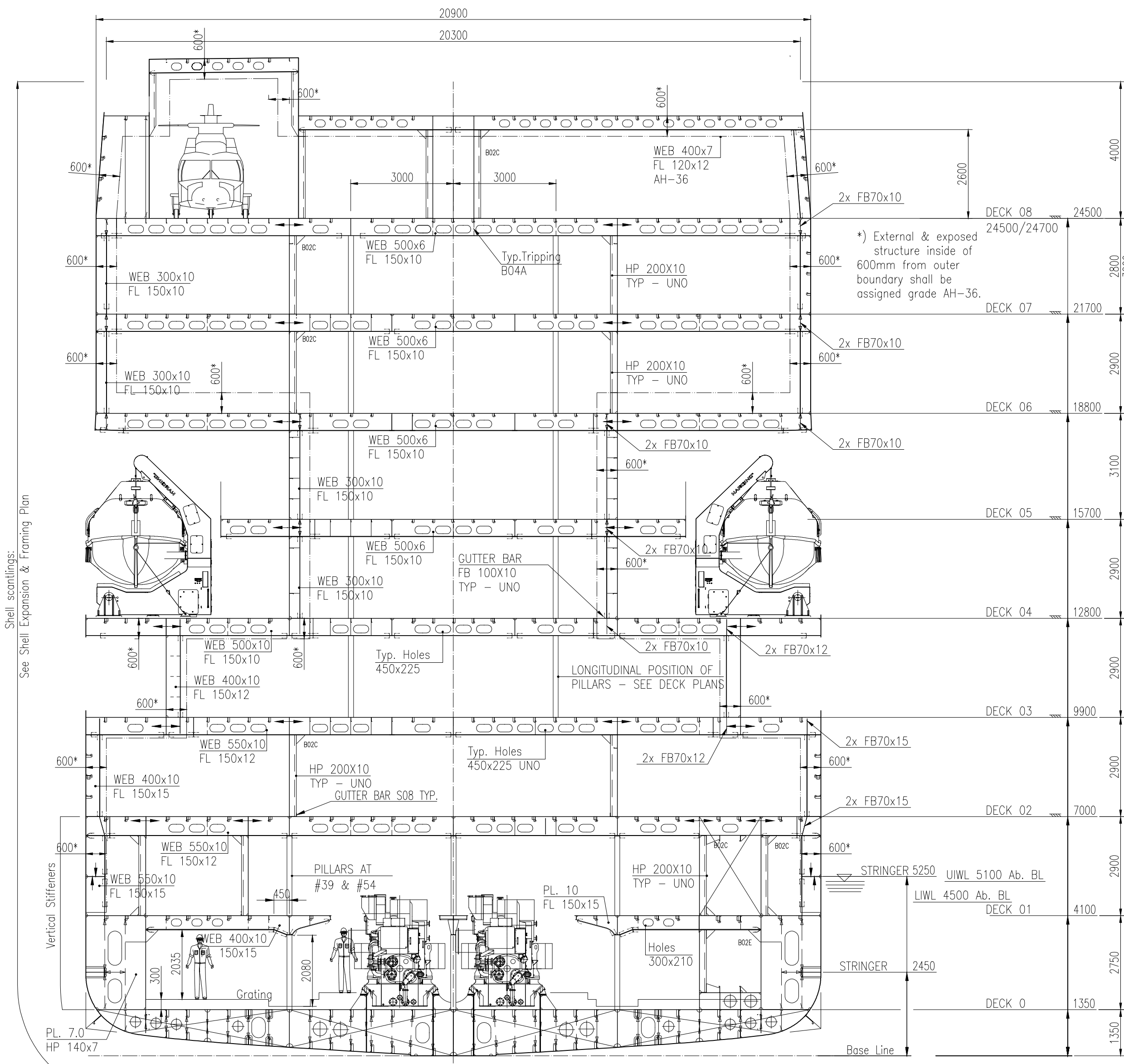
NOTES:
 1. ALL MATERIALS IN WAY OF KEBELT TO BE AH-36. SEE SHELL EXPANSION FOR DETAILS.
 2. EXTERNAL & EXPOSED MATERIAL ABOVE ICE BELT AND IN SUPERSTRUCTURE TO BE AH-36. SEE MATERIAL GRADE PLAN FOR DETAILS.
 3. ALL OTHER MATERIALS THIN MENTIONED IN NOTE 1&2 ARE TO BE NORMAL STRENGTH MATERIAL WITH GRADE A.
 4. DETAILS ARE SHOWN IN THE TYPICAL STRUCTURAL DETAILS DRAWING.
 5. WELD REQUIREMENTS ARE SUMMARIZED IN WELDING TABLE.
 6. ALL MEASUREMENTS ARE IN MM UNLESS OTHERWISE NOTED.

PROJECT REFERENCES:
 369005-DW-101-C-LMG-0001 GENERAL ARRANGEMENT rev.13
 369005-DW-200-N-LMG-0001 STRUCTURAL DEFINITION PLAN rev.06
 369005-DW-200-N-LMG-0002 MATERIAL GRADE PLAN rev.0
 369005-DW-200-N-LMG-0003 TYPICAL STRUCTURAL DETAILS rev.C
 369005-DW-230-N-LMG-0001 MIDSHIP SECTION rev.06
 369005-DW-230-N-LMG-0002 PROFILE AND DECK'S PLAN rev.07
 369005-DW-230-N-LMG-0003 SHELL EXPANSION & FRAMING PLAN rev.B
 369005-DW-236-N-LMG-0001 TRANSVERSE SECTIONS rev.04
 369005-DW-237-N-LMG-0001 LONGITUDINAL SECTIONS rev.04

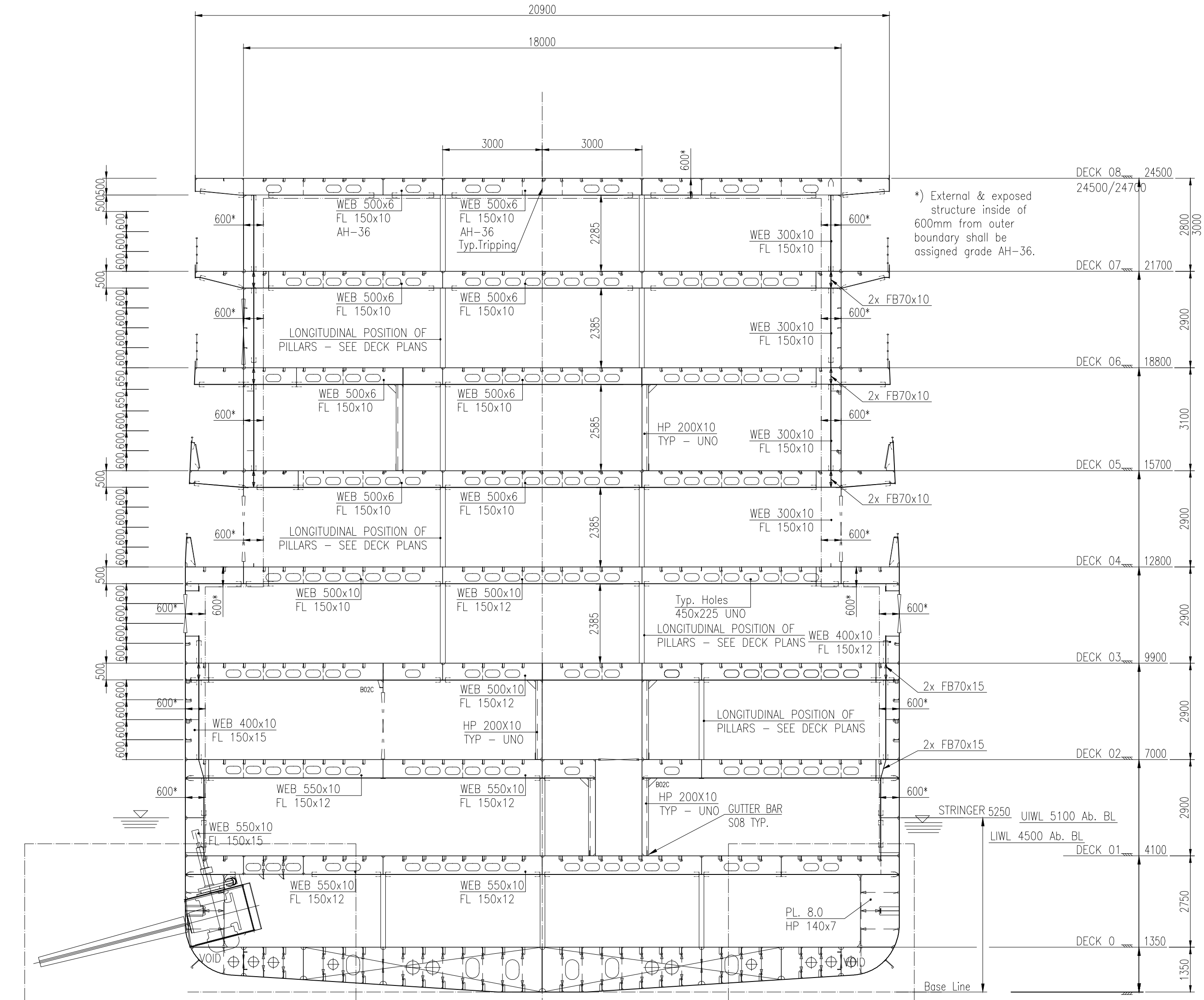
MARKING OF STIFFENER ENDS

- snipped ends (flat bar)
- snipped ends (bulb bar)
- snipped ends (angle bar)
- ends with bck't's
- welded ends
- welded ends with bck't's

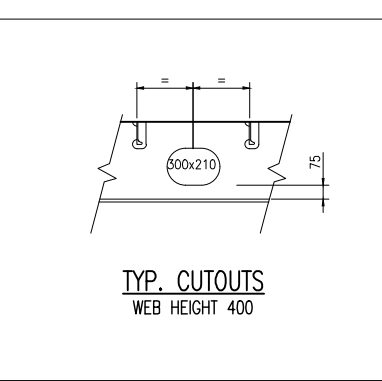
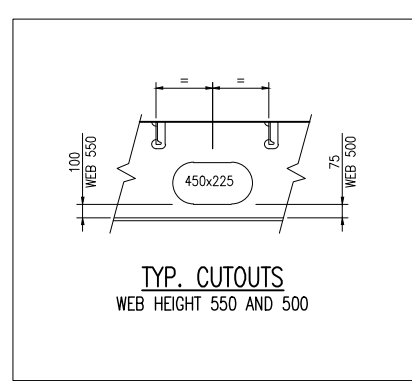
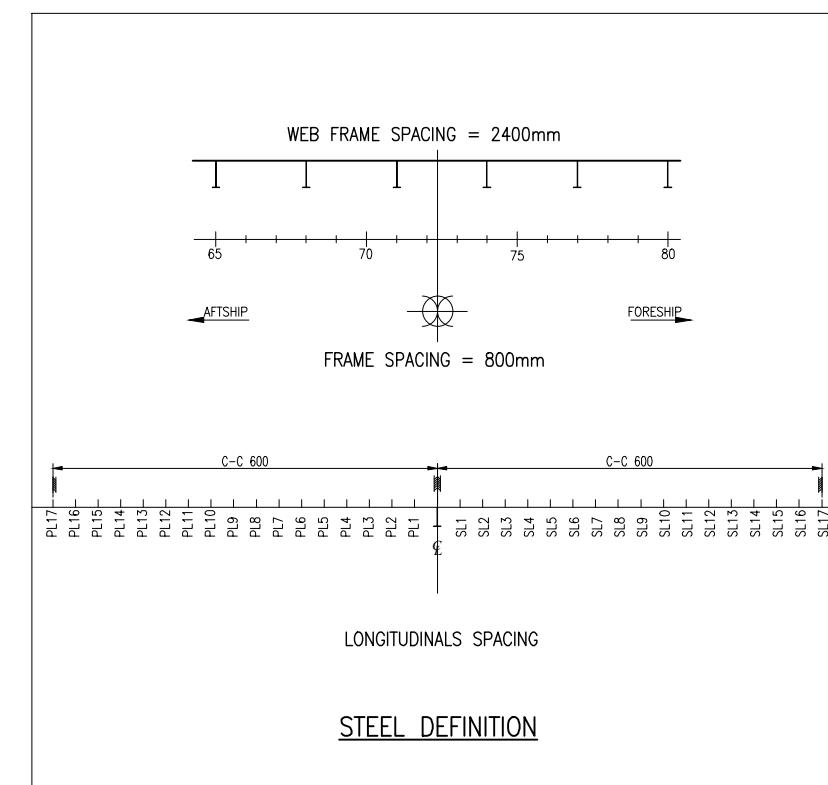
E					
D					
O2	REVISED ACCORDING TO YARD'S COMMENTS	02.10.2018	TANI	HLE	MAGO
B	REVISED ACCORDING TO YARD'S COMMENTS	15.08.2018	MAGAN	HLE	MAGO
A	ISSUED FOR YARD COMMENTS	29.06.2018	MST	HLE	PEMA
REV.	TEXT	REV DATE	BRANN	CHECK	APP.
THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LMG MARIN AS. THE DRAWING SHALL NOT BE DISCLOSED TO ANY THIRD PARTY WITHOUT THE WRITTEN PRIOR CONSENT OF LMG MARIN AS.					
DESIGNER	LMG	LMG MARIN AS	DRAWING NO.		
DRAWN	Quark Expeditions	369005-DW-210-N-LMG-00002			
REPLACEMENT FOR		LMG 200 PCS, YARD P1357/NB487 EXPEDITION SHIP			
SKEG STRUCTURE					
DATE	01-210-301 / 318065	SHEET 1 OF 1			
SCALE	1:50	SHEET 1 OF 1			



WEB FRAME #38
SEEN FROM AFT



WEB FRAME #71
SEEN FROM AFT



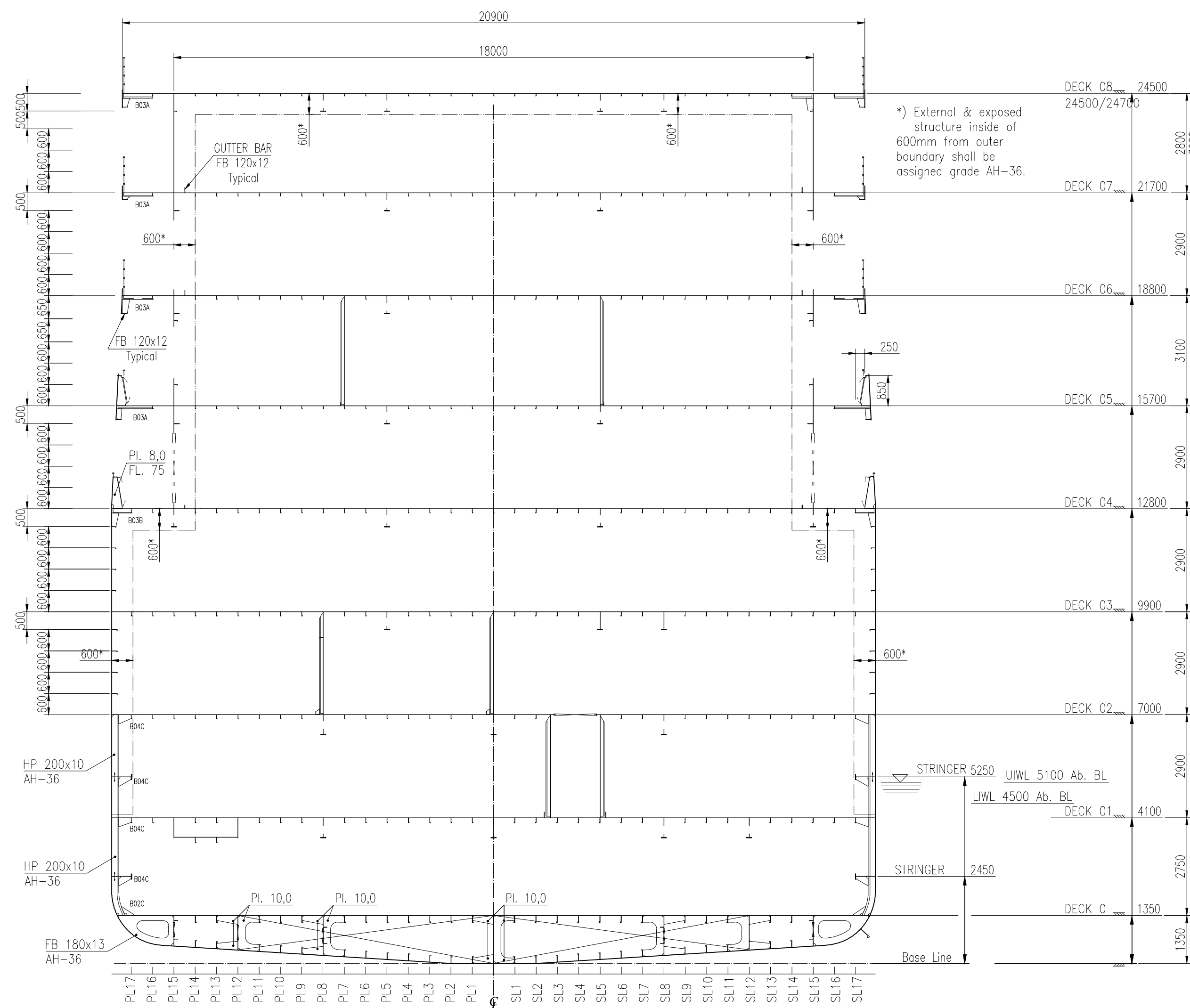
NOTES:

1. ALL MATERIALS IN WAY OF ICEBELT TO BE AH-36. SEE SHELL EXPANSION FOR DETAILS.
2. EXTERNAL & EXPOSED MATERIAL ABOVE ICE BELT AND IN SUPERSTRUCTURE TO BE AH-36. SEE MATERIAL GRADE PLAN FOR DETAILS.
3. ALL OTHER MATERIALS THAN MENTIONED IN NOTE 1&2 ARE TO BE NORMAL STRENGTH MATERIAL WITH GRADE A.
4. DETAILS ARE SHOWN OF STANDARD STRUCTURAL DETAILS DRAWING
5. WELD REQUIREMENTS ARE SUMMARIZED IN WELDING TABLE

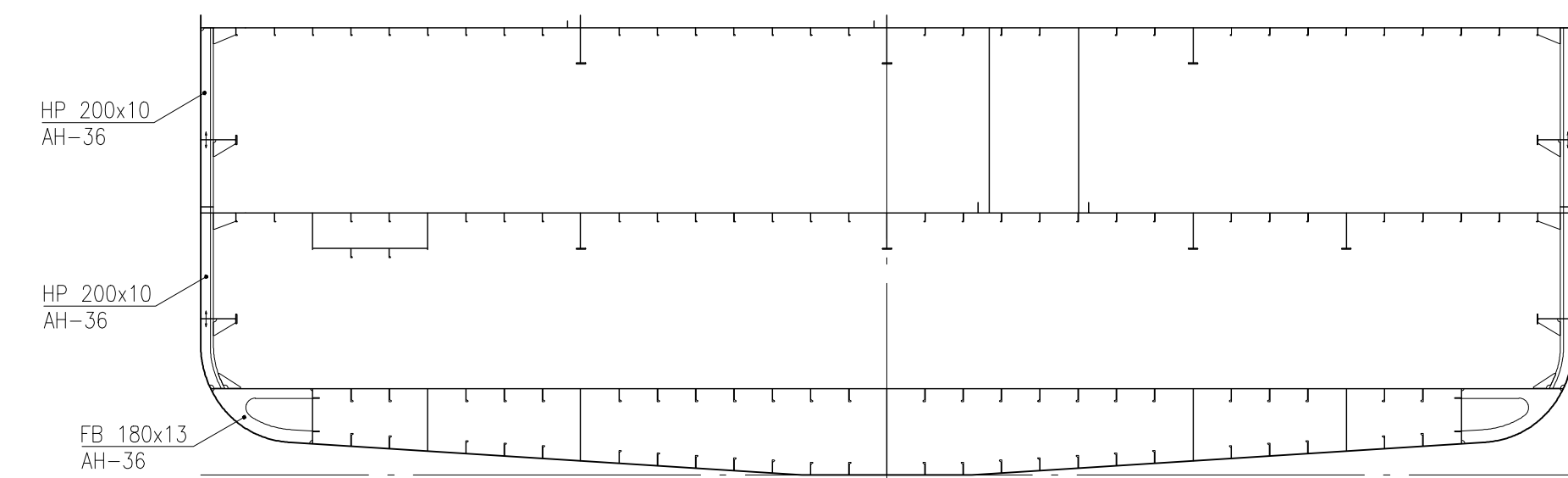
PROJECT REFERENCES:

- 369005-DW-101-C-LMG-00001 GENERAL ARRANGEMENT
- 369005-DW-200-N-LMG-00003 TYPICAL STRUCTURAL DETAILS
- 369005-DW-230-N-LMG-00002 PROFILE AND DECK'S PLAN
- 369005-DW-230-N-LMG-00003 SHELL EXPANSION & FRAMING PLAN
- 369005-DW-236-N-LMG-00001 TRANSVERSE SECTIONS
- 369005-DW-237-N-LMG-00001 LONGITUDINAL SECTIONS
- 369005-DW-200-N-LMG-00002 MATERIAL GRADE PLAN
- 369005-DW-200-N-LMG-00004 WELDING TABLE

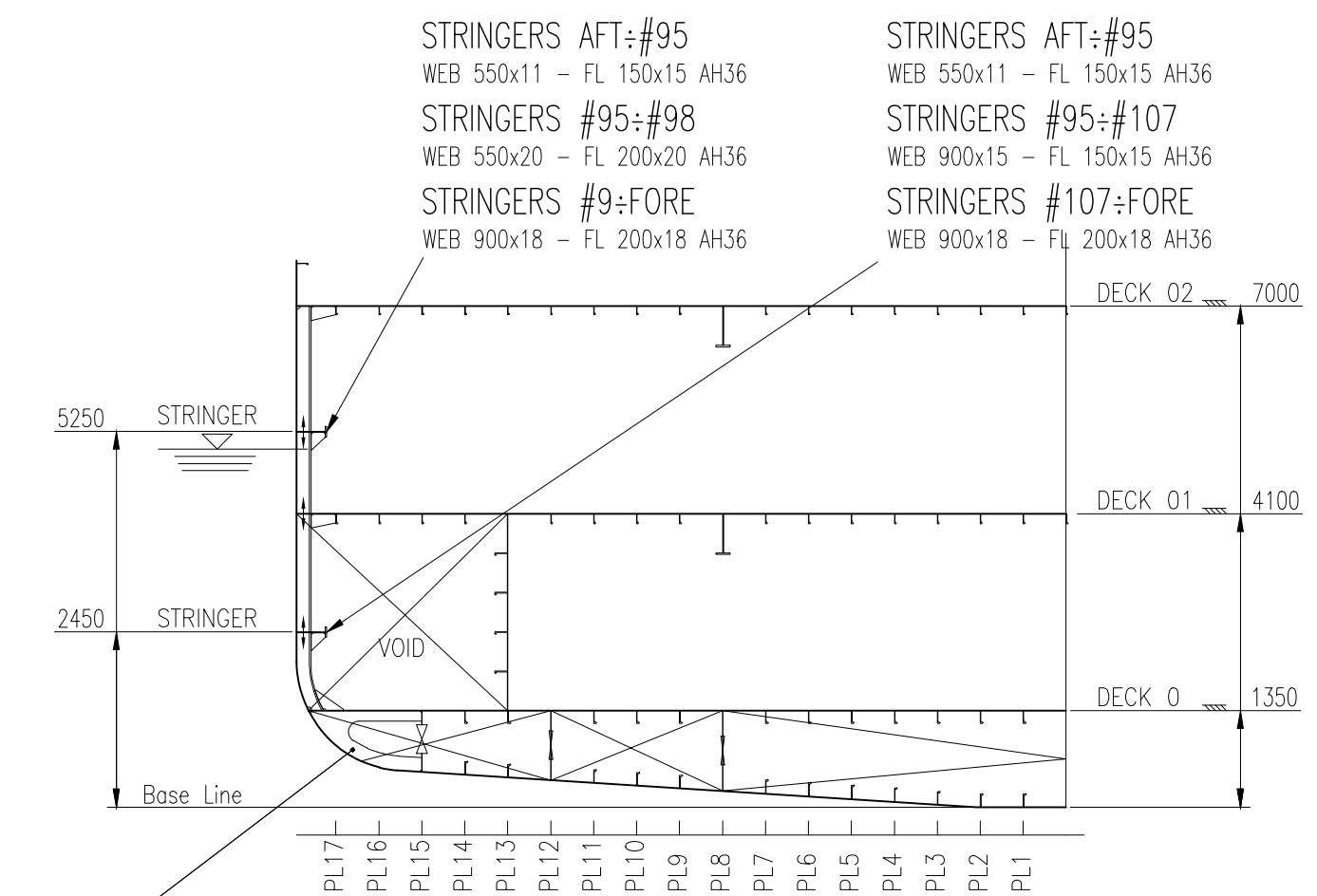
E					
D					
C					
B					
A	ISSUED FOR YARD COMMENTS	03.07.2018	Midcon	HLE	PEMA
REV.	TEXT	REV.DATE	DRAWN	CHECK.	APP.
THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LMG MARIN AS. THE DRAWING SHALL NOT BE DISCLOSED TO ANY THIRD PARTY WITHOUT THE WRITTEN PRIOR CONSENT OF LMG MARIN AS.					
DESIGNER	LMG	YARD	LMG MARIN AS DRAWING NO. 369005-DW-230-N-LMG-00001		
OWNER	Quark Expeditions	PROJECT	LMG 200 PCS, YARD P1357/NB487 EXPEDITION SHIP		
YARD DWG. NO.	01-230-301 / 318067	TITLE	MIDSHIP SECTION		
REPLACEMENT FOR:					
CAD TOOL:	ACAD 2015	PRIMARY SCALE:	1:100	SHEET SIZE:	A1
				SHEET	1 of 3



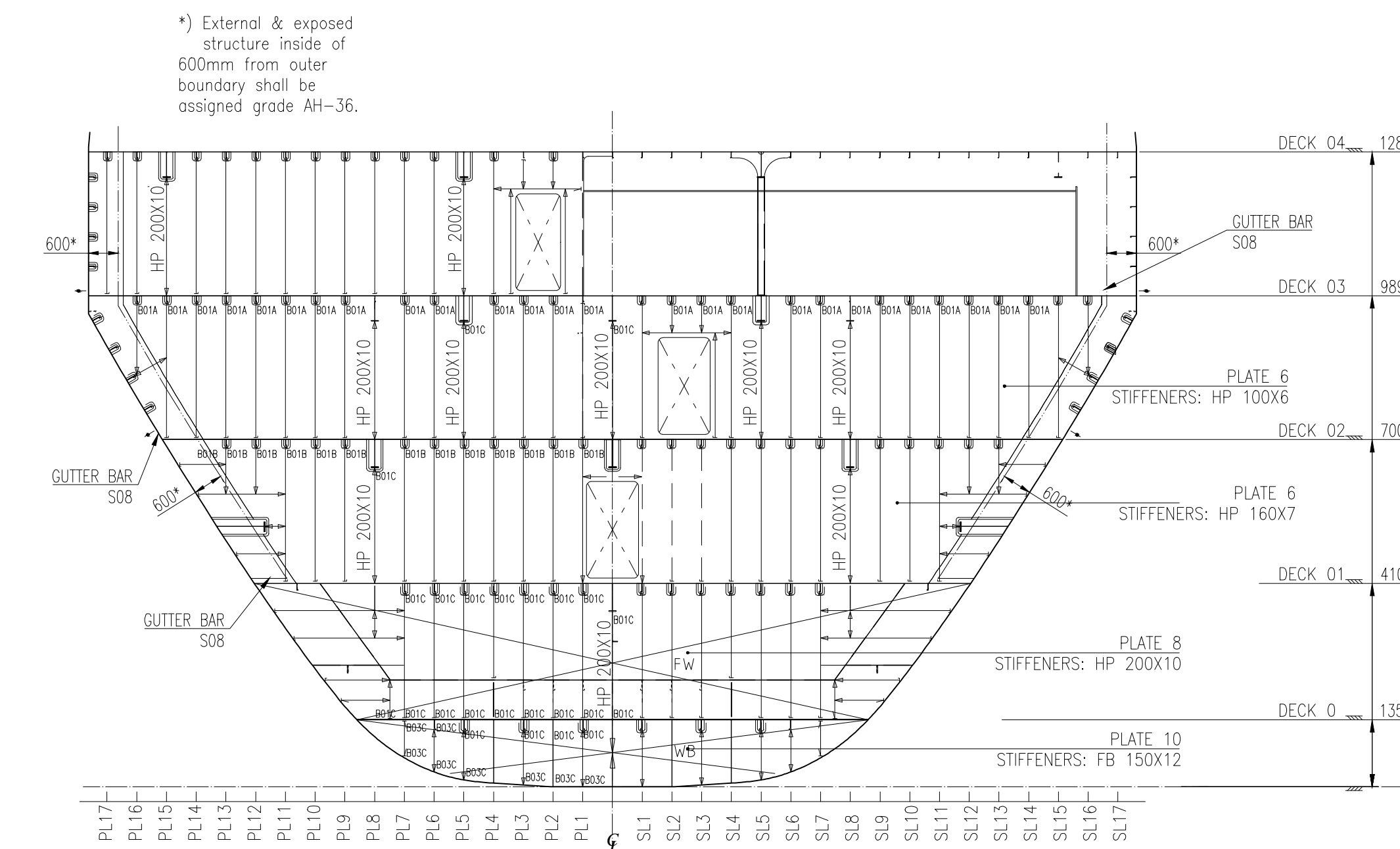
ORDINARY FRAME #73
SEEN FROM AFT



ICE FRAME #73+400
SEEN FROM AFT



ICE FRAME (HALF FRAME)
SEEN FROM AFT, SB SIMILAR



BHD #120
SEEN FROM AFT

INTERNAL BULKHEADS - DECK 01
TRANSVERSE WT BULKHEADS: PLATE 6,0 - STIFFENERS: HP 160X7
LONGITUDINAL WT BULKHEADS: PLATE 7,0 - STIFFENERS: HP 160X7
FW TANKS, TRANSVERSE BULKHEADS: PLATE 7,0 - STIFFENERS HP 200X10
FW TANKS, LONGITUDINAL BULKHEADS: PLATE 9,0 - STIFFENERS HP 220X10
TANKS in ER, TRANSVERSE BULKHEADS: PLATE 7,0 - STIFFENERS HP 180X8
TANKS in ER, LONGITUDINAL BULKHEADS: PLATE 9,0 - STIFFENERS HP 200X10
ORDINARY TRANSVERSE BULKHEADS: PLATE 6,0 - STIFFENERS: HP 120X6
ORDINARY LONGITUDINAL BULKHEADS: PLATE 7,0 - STIFFENERS: HP 120X6

INTERNAL BULKHEADS - DECK 0
TRANSVERSE WT BULKHEADS: PLATE 6,0 - STIFFENERS: HP 200X10
LONGITUDINAL WT BULKHEADS: PLATE 7,0 - STIFFENERS: HP 200X10
WB TANKS, TRANSVERSE BULKHEADS: PLATE 10,0 - STIFFENERS HP 220X10
WB TANKS, LONGITUDINAL BULKHEADS: PLATE 11,0 - STIFFENERS HP 220X10
FW TANKS, TRANSVERSE BULKHEADS: PLATE 8,0 - STIFFENERS HP 200X10
FW TANKS, LONGITUDINAL BULKHEADS: PLATE 10,0 - STIFFENERS HP 20X10
TANKS in ER, TRANSVERSE BULKHEADS: PLATE 8,0 - STIFFENERS HP 200X10
TANKS in ER, LONGITUDINAL BULKHEADS: PLATE 10,0 - STIFFENERS HP 200X10
ORDINARY TRANSVERSE BULKHEADS: PLATE 6,0 - STIFFENERS: HP 140X7
ORDINARY LONGITUDINAL BULKHEADS: PLATE 7,0 - STIFFENERS: HP 140X7

INTERNAL BULKHEADS - DOUBLE BOTTOM
TRANSVERSE WT BULKHEADS: PLATE 10 - STIFFENERS: FB 150X12
LONGITUDINAL WT BULKHEADS: PLATE 11,0 - STIFFENERS: FB 150X12
ORDINARY BULKHEADS: PLATE 9,0 - STIFFENERS FB 100X10

INTERNAL BULKHEADS
PLATING & STIFFENERS

Bow
Pl. 20.0 AH36 - FB280x20 AH36 (trans. 400 mm spacing, max span 1650)
Bow Intermediate Icebelt
Pl. 18.0 AH36 - FB280x20 AH36 (trans. 400 mm spacing)
Bow Intermediate Lower
Pl. 14.0 AH36 - HP 200x10 AH36 (trans. 400 mm spacing)
Bow Intermediate Bottom
Pl. 13.0 AH36 - HP 200x10 AH36 (long. 600 mm spacing)

Midbody Icebelt
Pl. 13.0 AH36 - HP 200x10 AH36 (trans. 400 mm spacing)
Midbody Lower
Pl. 10.0 AH36 - HP 200x10 AH36 (trans. 400 mm spacing)

Stern Icebelt
Pl. 13.0 - HP 200x10 AH36 (trans. 400 spacing) for l(max)=2,1m
Pl. 13.0 - HP 220x11 AH36 (trans. 400 spacing) for l(max)=2,85m

Stern Lower
Pl. 11.0 - HP 200x10 AH36 (trans. 400 mm spacing)

Midbody Bottom / Stern Bottom
No additional strengthening for ice loads

FOR COMPLETE ICEBELT, SEE SHELL EXPANSION DRAWING.

*) External & exposed structure inside of 600mm from outer boundary shall be assigned grade AH-36.

E				
D				
C				
B				
A	ISSUED FOR YARD COMMENTS	03.07.2018	Midcon	HLE PEMA
REV.	TEXT	REV.DATE	DRAWN	CHECK.

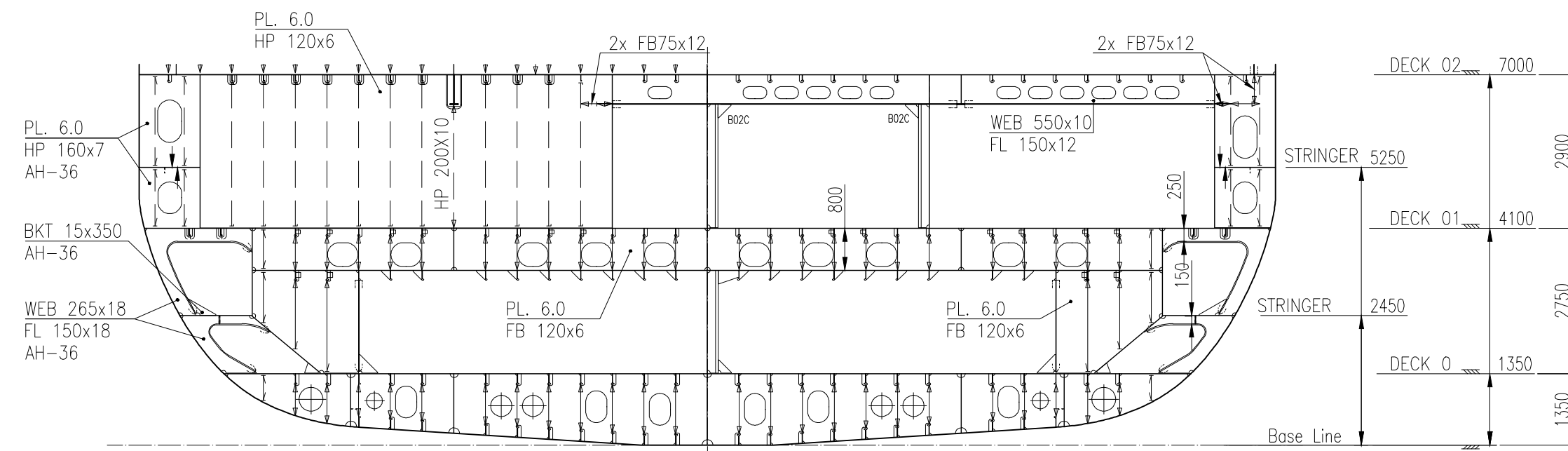
THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LMG MARIN AS. THE DRAWING SHALL NOT BE DISCLOSED TO ANY THIRD PARTY WITHOUT THE WRITTEN PRIOR CONSENT OF LMG MARIN AS.

DESIGNER	YARD	LMG MARIN AS DRAWING NO.
OWNER	PROJECT	369005-DW-230-N-LMG-00001
YARD DWG. NO.	PROJECT NO.	01-230-301 / 318067
REPLACEMENT FOR:	DISC. TYPE	
CAD TOOL:	PRIMARY SCALE	SHEET SIZE
ACAD 2015	1:100	A1
	SHEET	2 of 3

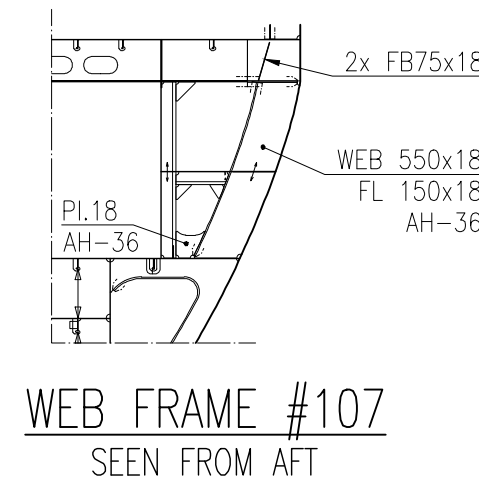
Quark Expeditions
The Leader in Polar Adventures

LMG 200 PCS, YARD P1357/NB487
EXPEDITION SHIP

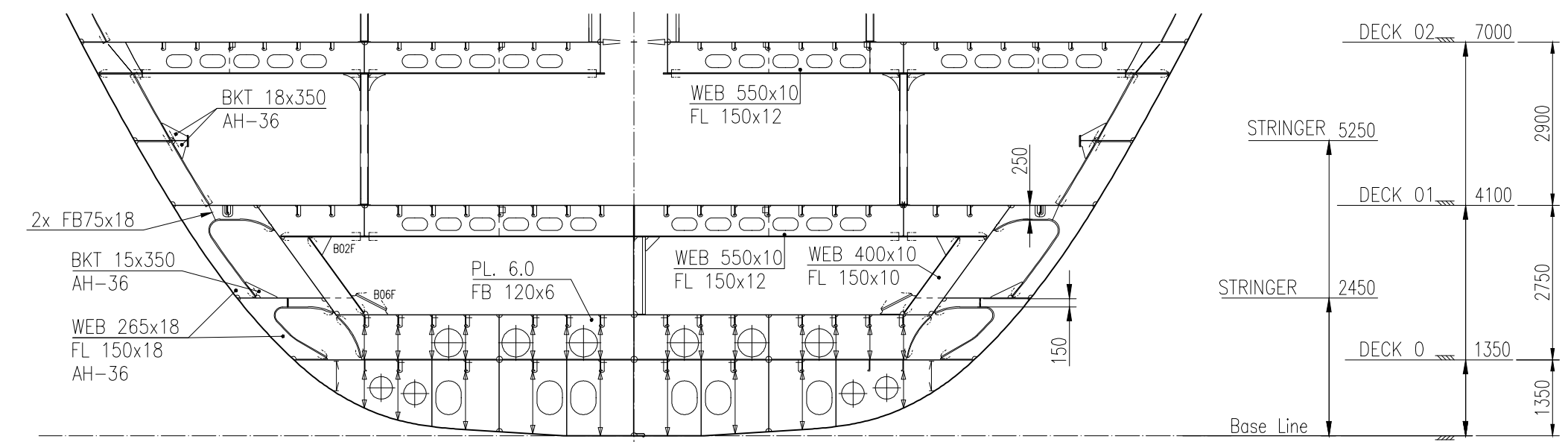
MIDSHIP SECTION



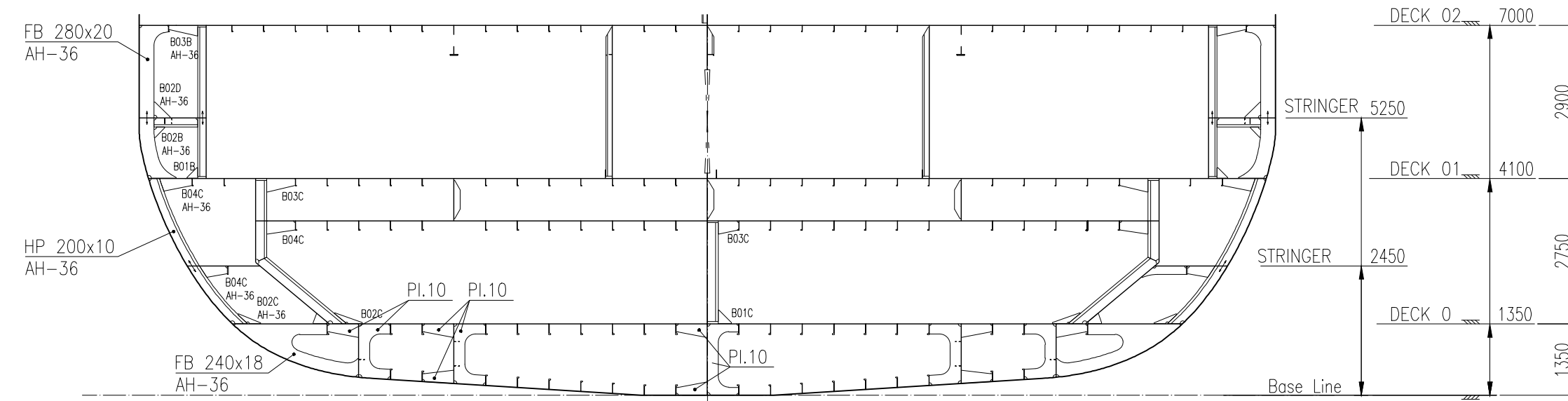
WEB FRAME #101
SEEN FROM AFT



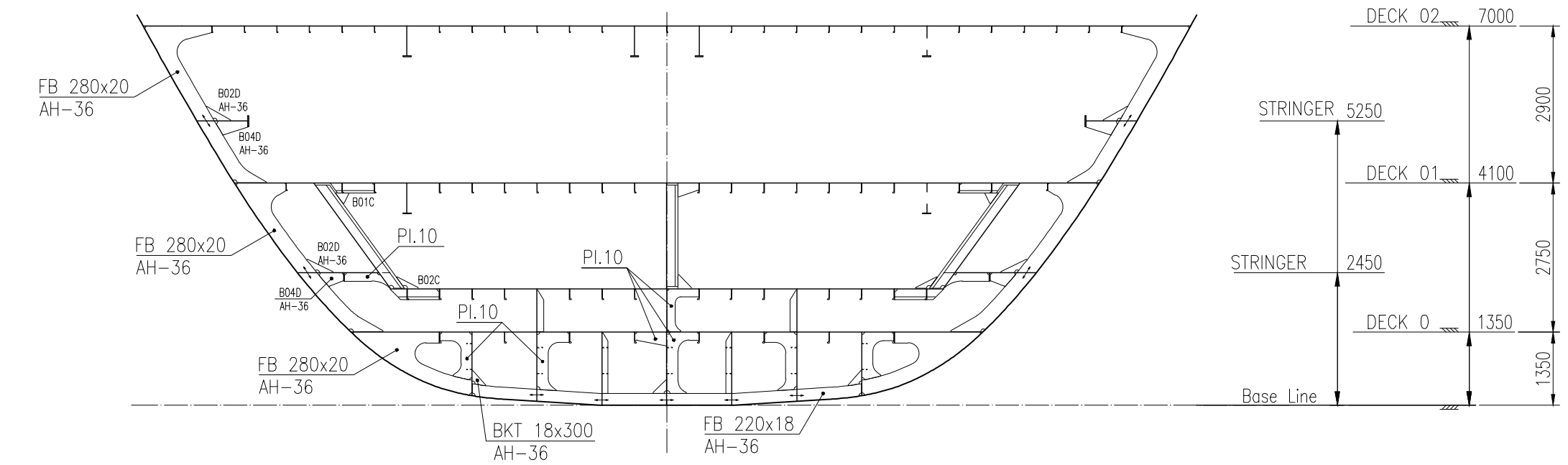
WEB FRAME #107
SEEN FROM AFT



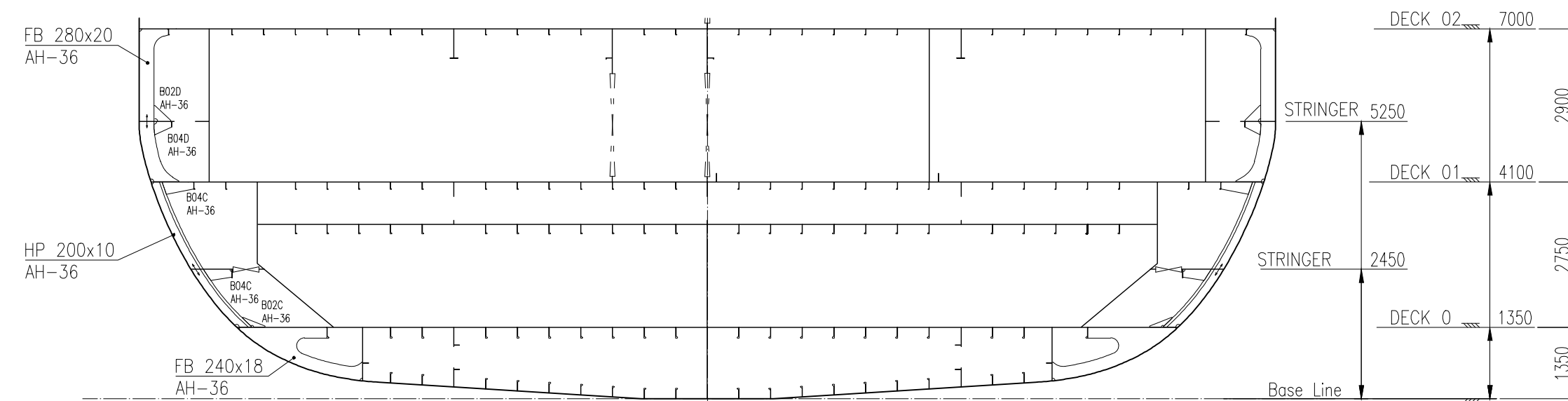
WEB FRAME #116
SEEN FROM AFT



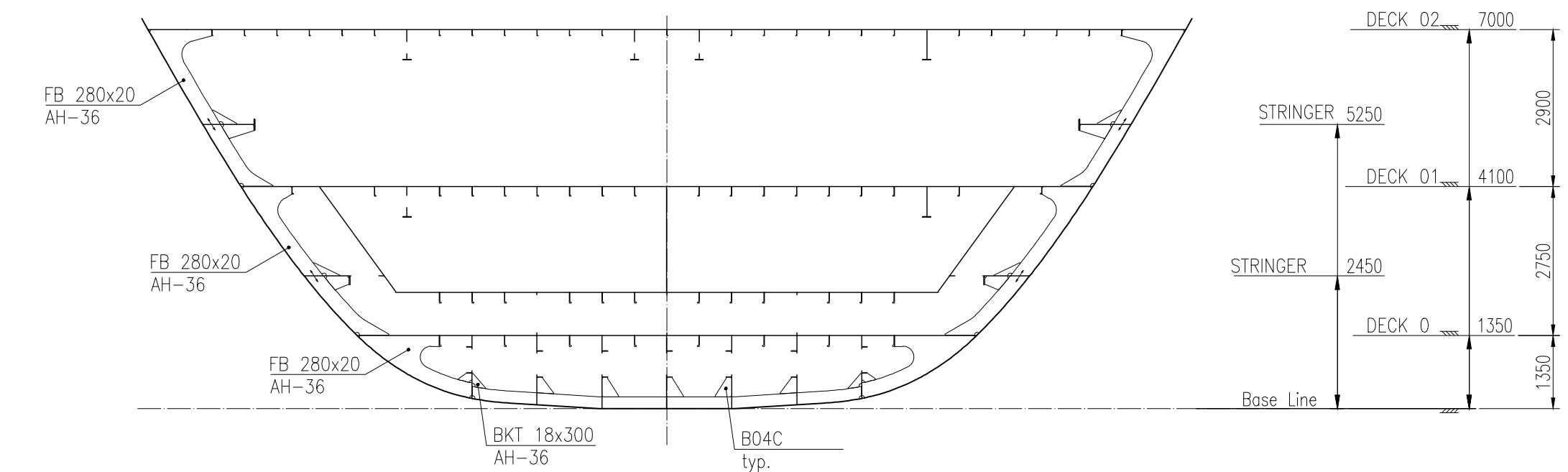
ORDINARY FRAME #102
SEEN FROM AFT



ORDINARY FRAME #117
SEEN FROM AFT

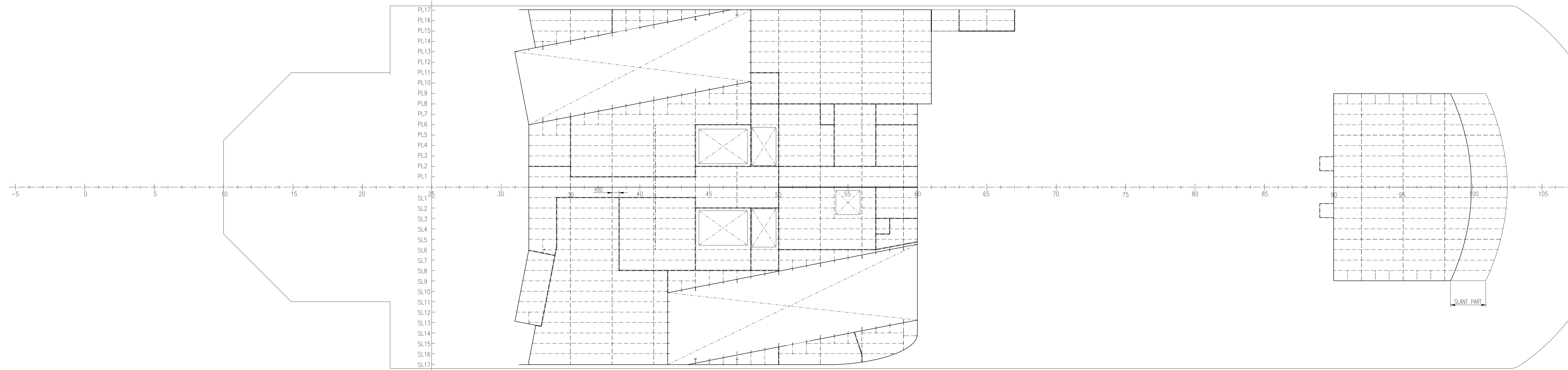


ICE FRAME #102+400
SEEN FROM AFT



ICE FRAME #117+400
SEEN FROM AFT

E					
D					
C					
B					
A	ISSUED FOR YARD COMMENTS	03.07.2018	Midcon	HLE	PEMA
REV.	TEXT	REV.DATE	DRAWN	CHECK.	APP.
THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LMG MARIN AS. THE DRAWING SHALL NOT BE DISCLOSED TO ANY THIRD PARTY WITHOUT THE WRITTEN PRIOR CONSENT OF LMG MARIN AS.					
DESIGNER	YARD	LMG MARIN AS DRAWING NO. 369005-DW-230-N-LMG-00001			
OWNER	PROJECT	NO.	DISC. TYPE	SFI NO.	DISC. CODE
	LMG	01-230-301 / 318067			
REPLACEMENT FOR:	-				
CAD TOOL:	PRIMARY SCALE:	SHEET SIZE:	SHEET		
ACAD 2015	1:100	A1	3 of 3		
		TITLE			
		MIDSHIP SECTION			



ROOF TOP
28500/27100 ABOVE BL.

DECK PLATING-UNO	PL. 5,5 AH-36 (Plating not exposed to weather to be NV-A)
STIFFENERS-UNO	HP 80x6 AH-36 (Stiffener connected to material not exposed to weather to be NV-A)
TRANSVERSE FRAMES-UNO	WEB 400x7 - FL 120x12 AH-36 (Girder connected to material not exposed to weather to be NV-A)
LONGITUDINAL GIRDERS-UNO	WEB 400x7 - FL 120x12 AH-36 (Girder connected to material not exposed to weather to be NV-A)
INTERNAL BHDS BELOW	PL. 5,0 AH-36 - HP 100x7 AH-36 - HP 200x10 AH-36 iwo girders *
EXTERNAL BHDS BELOW	PL. 5,0 AH-36 - HP 120x6 AH-36 - W300x10/FL150x10 AH-36 iwo girders

* Grade AH-36 only applicable for first 600mm from exposed deck/bhd

WEB FRAME SPACING = 2400mm

FRAME SPACING = 800mm

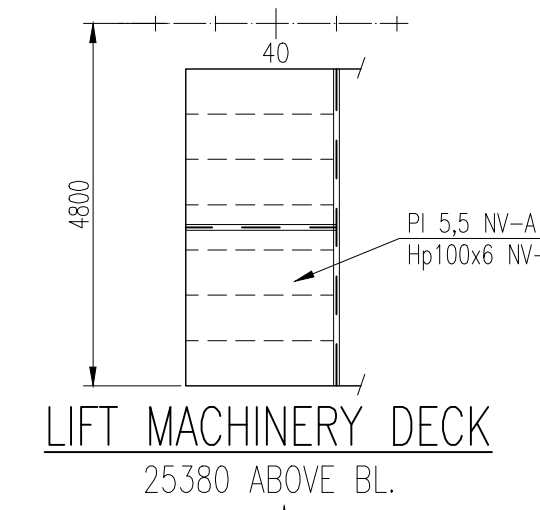
LONGITUDINALS SPACING

STEEL DEFINITION

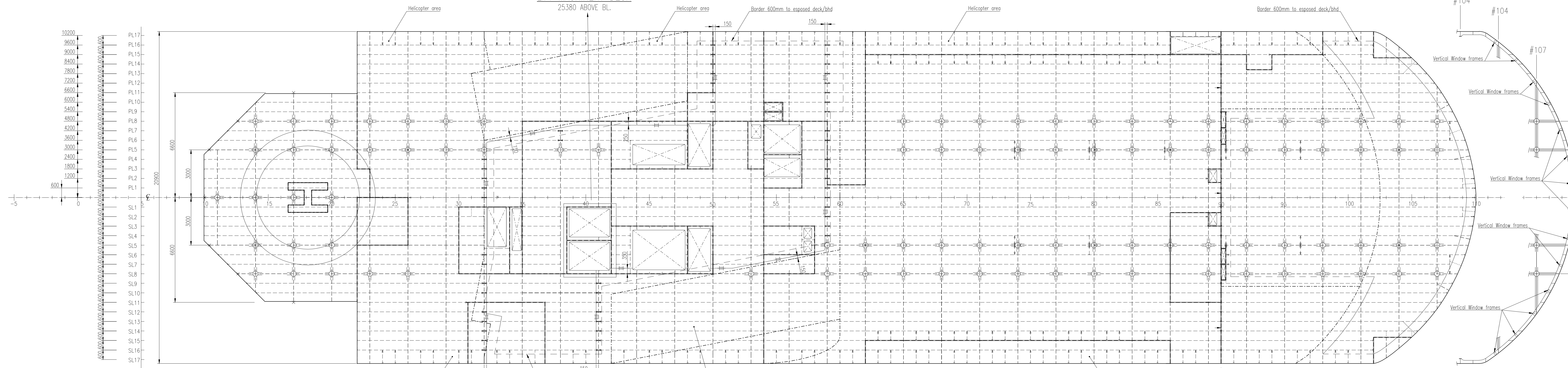
- PILLARS ABOVE DECK
- ⊗ PILLARS ABOVE & BELOW DECK
- ⊗ PILLARS BELOW DECK

PILLARS

Hatched areas on decks are pending input for deck equipment



LIFT MACHINERY DECK
25380 ABOVE BL.



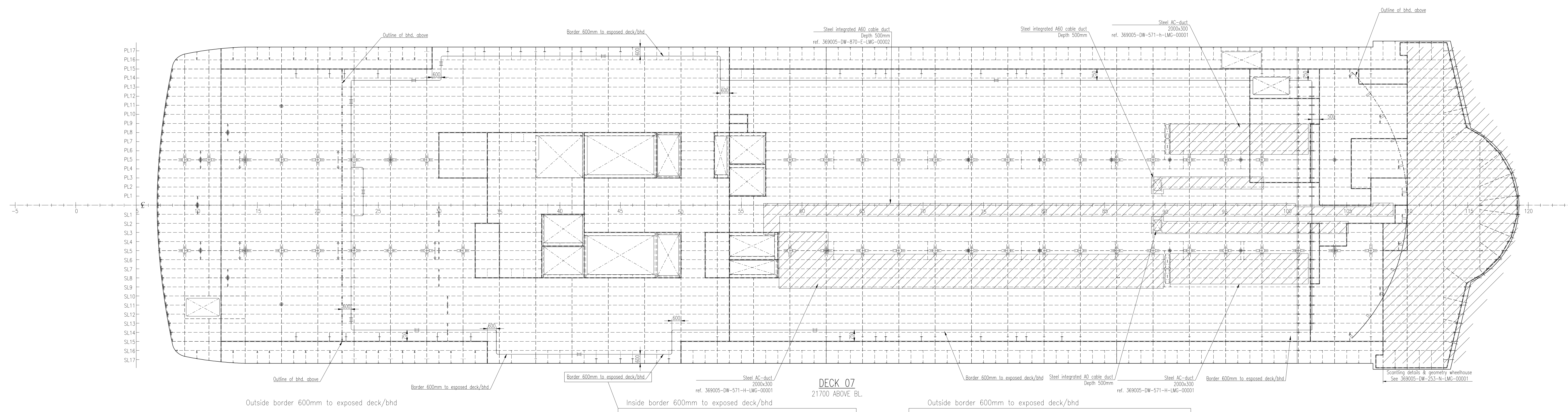
DECK 08
24500/24750 ABOVE BL.

DECK PLATING-UNO	PL. 8,0 AH-36	PL. 5,5 AH-36	PL. 5,5 AH-36
STIFFENERS-UNO	HP 140x7 AH-36	HP 80x6 AH-36	HP 80x6 AH-36
TRANSVERSE GIRDERS-UNO	WEB 300x8 - FL 150x10 AH-36	WEB 500x7 - FL 150x10 AH-36	WEB 500x6 - FL 150x10 AH-36
LONGITUDINAL GIRDERS-UNO	WEB 300x10 - FL 150x15 AH-36	WEB 500x7 - FL 150x10 AH-36	WEB 500x6 - FL 150x10 AH-36
INTERNAL BHDS BELOW	PL. 5,0 AH-36 - HP 100x7 AH-36 - HP 200x10 AH-36 iwo girders *	PL. 5,0 AH-36 - HP 100x7 AH-36 - HP 200x10 AH-36 iwo girders *	PL. 5,0 AH-36 - HP 100x7 AH-36 - HP 200x10 AH-36 iwo girders *
EXTERNAL BHDS BELOW	PL. 5,0 AH-36 - HP 120x6 AH-36 - W300x10/FL150x10 AH-36 iwo girders	PL. 5,0 AH-36 - HP 120x6 AH-36 - W300x10/FL150x10 AH-36 iwo girders	PL. 6,0 AH-36 - HP 100x6 AH-36 - W300x10/FL150x10 AH-36 iwo girders
PILLARS BELOW	ø139,7x8 NV-A		

* Grade AH-36 only applicable for first 600mm from exposed deck/bhd

- PROJECT REFERENCES**
- 369005-DW-101-C-LMG-0001 GENERAL ARRANGEMENT
 - 369005-DW-102-F-LMG-0003 TYPICAL STRUCTURE DETAILS
 - 369005-DW-103-F-LMG-0005 CAPACITY PLAN
 - 369005-DW-104-F-LMG-0006 WELDING TABLE
 - 369005-DW-105-F-LMG-0007 WELDING TABLE
 - 369005-DW-106-F-LMG-0008 WELDING TABLE
 - 369005-DW-107-F-LMG-0009 SHELL EXPANSION & FRAMING PLAN
 - 369005-DW-108-F-LMG-0010 TRANSVERSE SECTION
 - 369005-DW-109-F-LMG-0011 LONGITUDINAL SECTION
 - 369005-DW-110-F-LMG-0012 FLOOR PLAN
 - 369005-DW-111-F-LMG-0013 WHELPOUSE STRUCTURE
- SUPPLIERS REFERENCES**
- Painting
- NOTES:**
- Materials labeled AH shall have yield strength not less than 355 N/mm².
 - Materials labeled H shall have yield strength not less than 335 N/mm².
 - Welding to be in accordance with guidelines presented in Welding Plan.
 - Material grade to be in accordance with requirements listed in Material Grade Plan.
 - Material exposed to external temperature to be assigned AH-36.

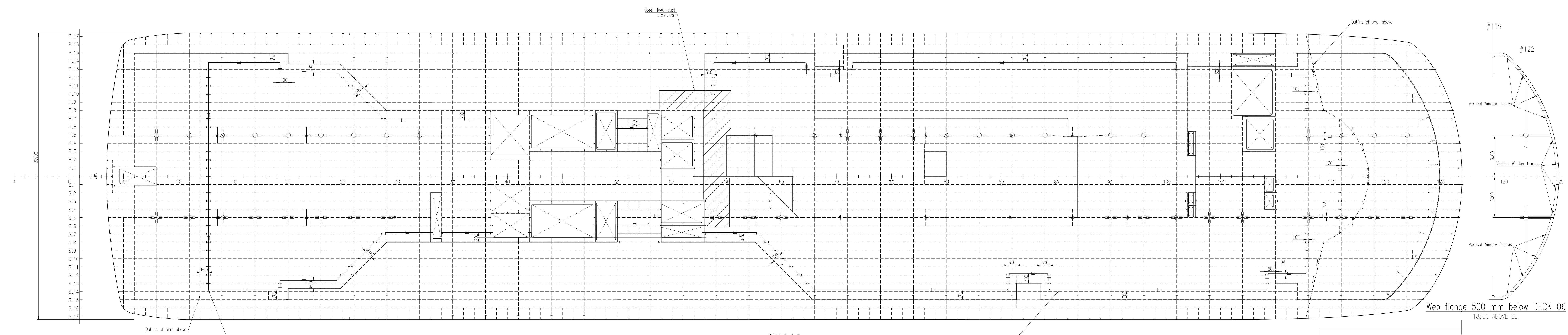
OWNER	LMG MARIN AS	PROJECT NO.	369005-DW-230-N-LMG-0002
DESIGNER	LMG MARIN AS	PROJECT TYPE	EXPEDITION SHIP
ISSUED FOR YARD COMMENTS		REV. DATE	03.07.2018
ISSUED FOR YARD COMMENTS		DRAWN	M. H. E.
ISSUED FOR YARD COMMENTS		CHECK	P. M.
ISSUED FOR YARD COMMENTS		APP.	
THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LMG MARIN AS. THE DRAWING SHALL NOT BE DISCLOSED TO ANY THIRD PARTY WITHOUT THE WRITTEN PRIOR CONSENT OF LMG MARIN AS.			
OWNER	Quark Expeditions	PROJECT	LMG 200 PCS, YARD P1357/NB487 EXPEDITION SHIP
YARD DWG. NO.	01-230-302 / 318068	TITLE	PROFILE AND DECK PLAN
REPLACEMENT FOR		DATE	
DATE	03.07.2018	SHEET	1 of 7



DECK 07
21700 ABOVE BL.

DECK PLATING-UNO	PL. 5,5 AH-36	PL. 5,0 NV-A	PL. 5,5 AH-36
STIFFENERS-UNO	HP 80x6 AH-36	HP 80x6 NV-A	HP 80x6 AH-36
TRANSVERSE FRAMES-UNO	WEB 500x6 - FL 150x10 AH-36	WEB 500x6 - FL 150x10 NV-A	WEB 500x6 - FL 150x10 AH-36
LONGITUDINAL GIRDERS-UNO	WEB 500x6 - FL 150x15 AH-36	WEB 500x6 - FL 150x15 NV-A	WEB 500x6 - FL 150x15 AH-36
INTERNAL BHDS BELOW	PL. 6,0 AH-36 - HP 120x6 AH-36 - W300x10/FL150x10 AH-36 iwo girders	PL. 5,0 NV-A - HP 100x6 NV-A - HP 200x10 NV-A iwo girders	PL. 5,0 AH-36 - HP 100x6 AH-36 - HP 200x10 AH-36 iwo girders *
EXTERNAL BHDS BELOW			PL. 6,0 AH-36 - HP 120x6 AH-36 - W300x10/FL150x10 AH-36 iwo girders
PILLARS BELOW		Ø139,7x8 NV-A	

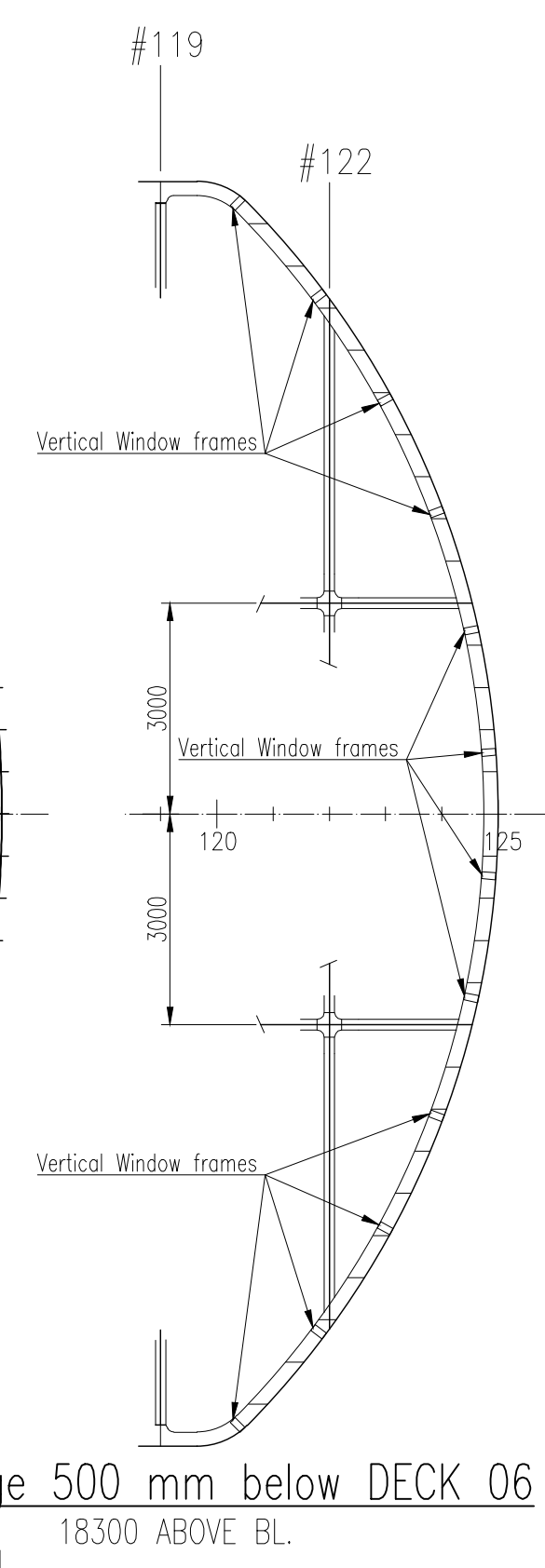
* Grade AH-36 only applicable for first 600mm from exposed deck/bhd



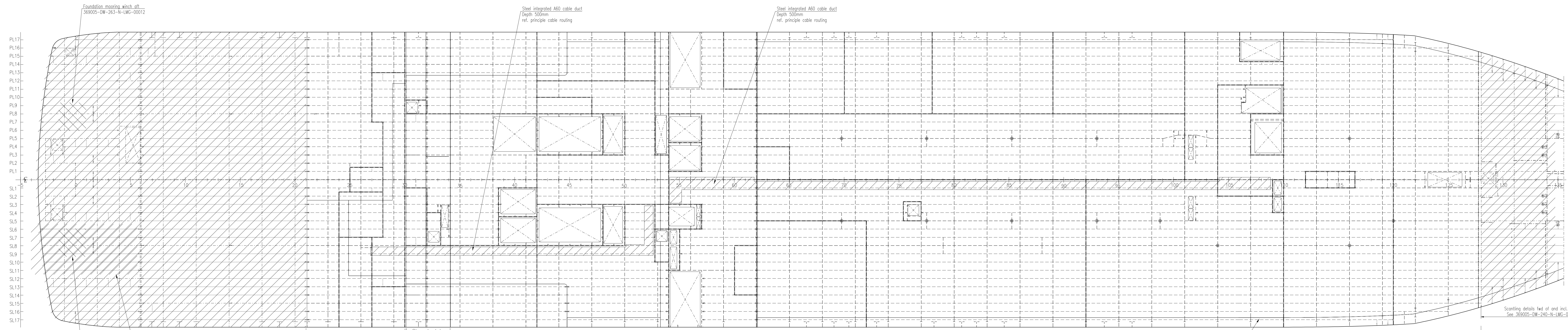
DECK 06
18800 ABOVE BL.

DECK PLATING-UNO		PL. 5,0 NV-A	PL. 5,5 AH-36
STIFFENERS-UNO		HP 80x6 NV-A	HP 80x6 AH-36
TRANSVERSE FRAMES-UNO		WEB 500x6 - FL 150x10 NV-A	WEB 500x6 - FL 150x10 AH-36
LONGITUDINAL GIRDERS-UNO		WEB 500x6 - FL 150x10 NV-A	WEB 500x6 - FL 150x10 AH-36
INTERNAL BHDS BELOW		PL. 5,0 NV-A - HP 100x6 NV-A - HP 200x10 NV-A iwo girders	PL. 5,0 AH-36 - HP 100x6 AH-36 - HP 200x10 AH-36 iwo girders *
EXTERNAL BHDS BELOW			PL. 6,0 AH-36 - HP 120x6 AH-36 - W300x10/FL150x10 AH-36 iwo girders
PILLARS BELOW		Ø139,7x8 NV-A	

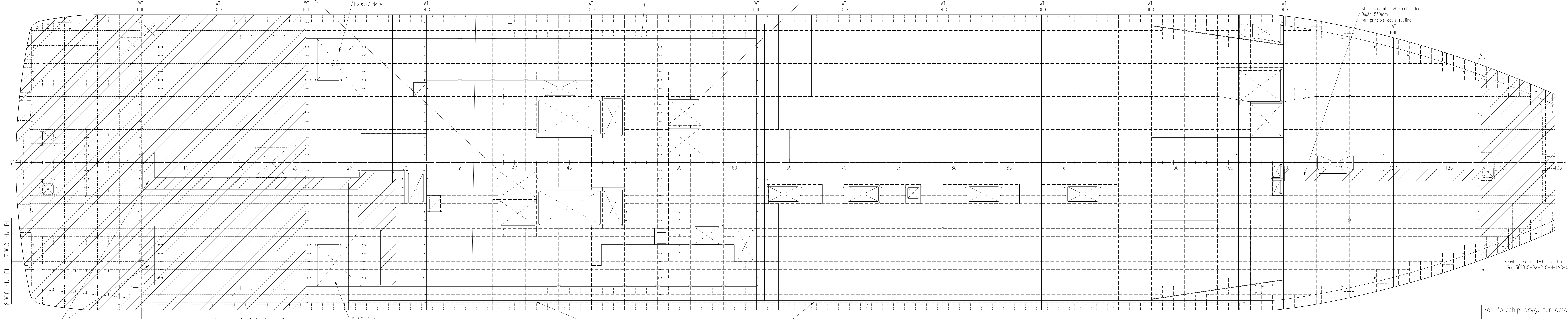
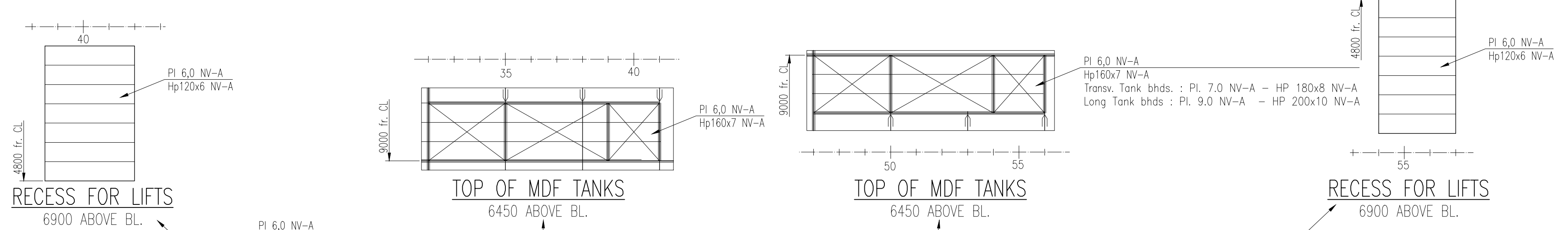
* Grade AH-36 only applicable for first 600mm from exposed deck/bhd



DESIGNED BY	LMG MARIN AS	DRAWING NO.	369005-DW-230-N-LMG-00002
PROJECT NO.	01-230-302 / 318068	DATE	03.07.2018
OWNER	Quark Expeditions	PROJECT	LMG 200 PCS, YARD P1357/NB487 EXPEDITION SHIP
SCALE	1:100	SHEET NO.	2 of 7
PROFILE AND DECK PLAN			

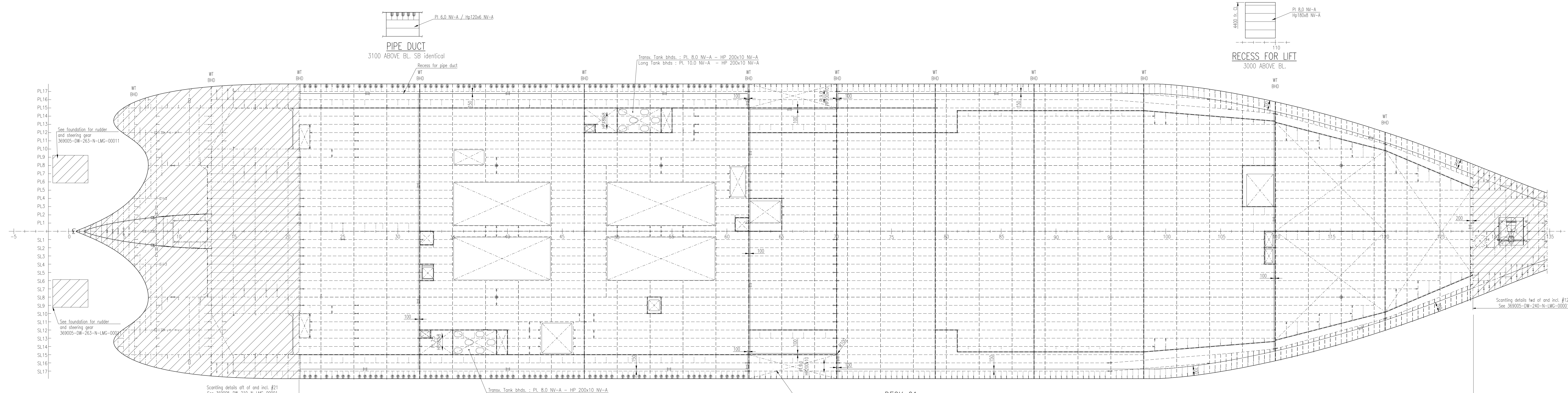


DECK PLATING-UNO STIFFENERS-UNO TRANSVERSE FRAMES-UNO LONGITUDINAL GIRDERS-UNO INTERNAL BHDS BELOW EXTERNAL BHDS BELOW PILLARS BELOW See offship drwg. for details	Inside border 600mm to exposed deck/bhd PL 6.0 NV-A HP 120x6 NV-A WEB 500x10 - FL 150x10 NV-A WEB 500x10 - FL 150x12 NV-A PL 6.0 NV-A (7.0 AH36 for bhd's of funnel) - HP 100x6 NV-A - HP 200x10 NV-A iwo girders ø139,7x10 (Hold)	Outside border 600mm to exposed deck/bhd PL 6.0 AH-36 HP 120x6 AH-36 WEB 500x10 - FL 150x10 AH-36 WEB 500x10 - FL 150x12 AH-36 PL 6.0 NV-A (7.0 AH36 for bhd's of funnel) - HP 100x6 AH-36 - HP 200x10 AH-36 iwo girders * See shell expansion for details ø139,7x10 (Hold)
	* Grade AH-36 only applicable for first 600mm from exposed deck/bhd	
	See foreship drwg. for details	



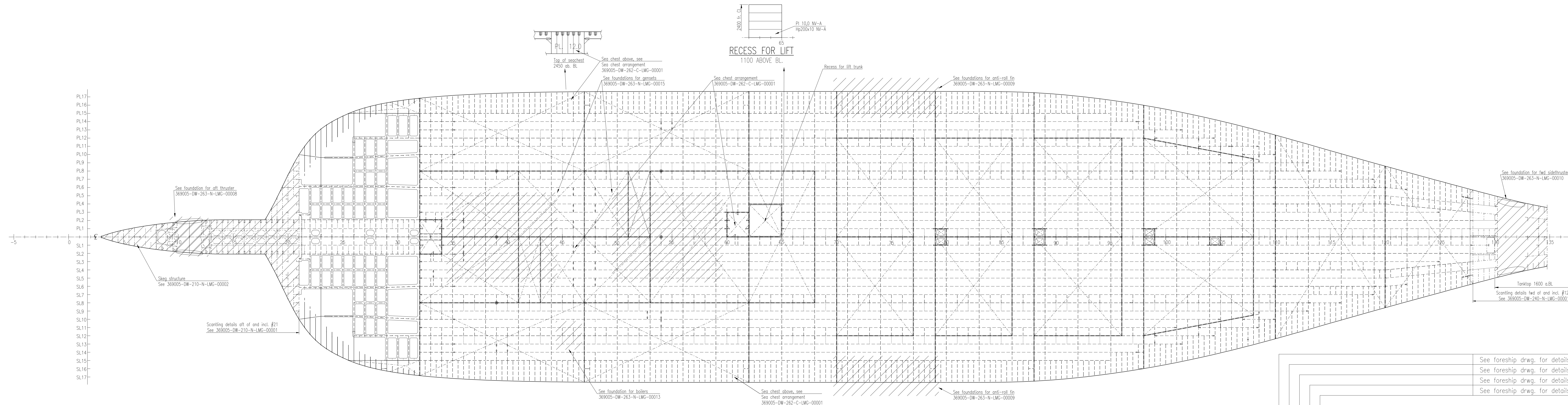
DECK PLATING-UNO STIFFENERS-UNO TRANSVERSE FRAMES-UNO LONGITUDINAL GIRDERS-UNO NON WT BHDS BELOW TRANSV. WT BHDS BELOW LONG. WT BHDS BELOW EXTERNAL BHDS BELOW PILLARS BELOW See offship drwg. for details	Inside border 600mm to exposed deck/bhd PL 6.0 NV-A HP 120x6 NV-A WEB 550x10 - FL 150x12 NV-A WEB 550x10 - FL 150x15 NV-A Non-WT bhd's. : PL 7.0 (6.0 for transv. bhd's) NV-A - HP 120x6 NV-A - HP 200x10 NV-A iwo girders Transv. WT bhd's. : PL 6.0 NV-A - HP 160x7 NV-A - HP 200x10 NV-A iwo girders, Tank bhd's. : PL 7.0 NV-A - HP 180x8 NV-A Long. WT bhd's. : PL 7.0 NV-A - HP 160x7 NV-A - HP 200x10 NV-A iwo girders, Tank bhd's. : PL 9.0 NV-A - HP 200x10 NV-A ø139,7x10 (Hold)	Outside border 600mm to exposed deck/bhd PL 6.0 AH-36 HP 120x6 AH-36 WEB 550x10 - FL 150x12 AH-36 WEB 550x10 - FL 150x15 AH-36 Non-WT bhd's. : PL 7.0 (6.0 for transv. bhd's) AH-36 - HP 120x6 AH-36 - HP 200x10 AH-36 iwo girders Transv. WT bhd's. : PL 6.0 AH-36 - HP 160x7 AH-36 - HP 200x10 AH-36 iwo girders Long. WT bhd's. : PL 7.0 AH-36 - HP 160x7 AH-36 - HP 200x10 AH-36 iwo girders See shell expansion for details ø139,7x10 (Hold)
	* Grade AH-36 only applicable for first 600mm from exposed deck/bhd	
	See foreship drwg. for details	

		369005-DW-230-N-LMG-00002	
		LMG 200 PCS, YARD P1357/NB487 EXPEDITION SHIP	
TITLE: PROFILE AND DECK PLAN			
SHEET: 4 of 7			



DECK PLATING-UNO	See aftship drwg. for details	PL 6.0 NV-A aft of #62	PL 6.0 NV-A from #62 to #110, PL 7.5 NV-A forw. of #110	PL 6.0 AH-36	See foreship drwg. for details
STIFFENERS-UNO	See aftship drwg. for details	WEB 400x10 - FL 150x15 ** (two engine rooms)	HP 120x6 NV-A aft of #70, HP 140x7 NV-A forw. of #70	HP 120x6 AH-36 aft of #70, HP 140x7 AH-36 forw. of #70	
TRANSVERSE FRAMES-UNO	See aftship drwg. for details		WEB 550x10 - FL 150x12 NV-A	WEB 550x10 - FL 150x12 AH-36	
LONGITUDINAL GIRDERS-UNO	See aftship drwg. for details		WEB 550x10 - FL 150x15 NV-A	WEB 550x10 - FL 150x15 AH-36	
NON WT BHDS BELOW	See aftship drwg. for details		Non-WT bhds. : PL 7.0 (6.0 for transv. bhds) NV-A - HP 140x7 NV-A - HP 200x10 NV-A two girders	Non-WT bhds. : PL 7.0 (6.0 for transv. bhds) AH-36 - HP 140x7 AH-36 - HP 200x10 AH-36 two girders	
TRANSV WT BHDS BELOW	See aftship drwg. for details		Transv. WT bhds. : PL 6.0 NV-A - HP 200x10 NV-A	Transv. WT bhds. : PL 8.0 AH-36 - HP 200x10 AH-36	
LONG WT BHDS BELOW	See aftship drwg. for details		WT bhds. : PL 8.0 NV-A - HP 200x10 NV-A, WB Tank bhds. : PL 11.0 NV-A - HP 220x10 NV-A	WT bhds. : PL 8.0 AH-36 - HP 200x10 AH-36, WB Tank bhds. : PL 11.0 AH-36 - HP 220x10 AH-36	
EXTERNAL BHDS BELOW	See aftship drwg. for details				
PILLARS BELOW	See aftship drwg. for details		ø139,7x10 (Hold)	ø139,7x10 (Hold)	

** 600mm from exposed deck/bhd to be grade AH-36



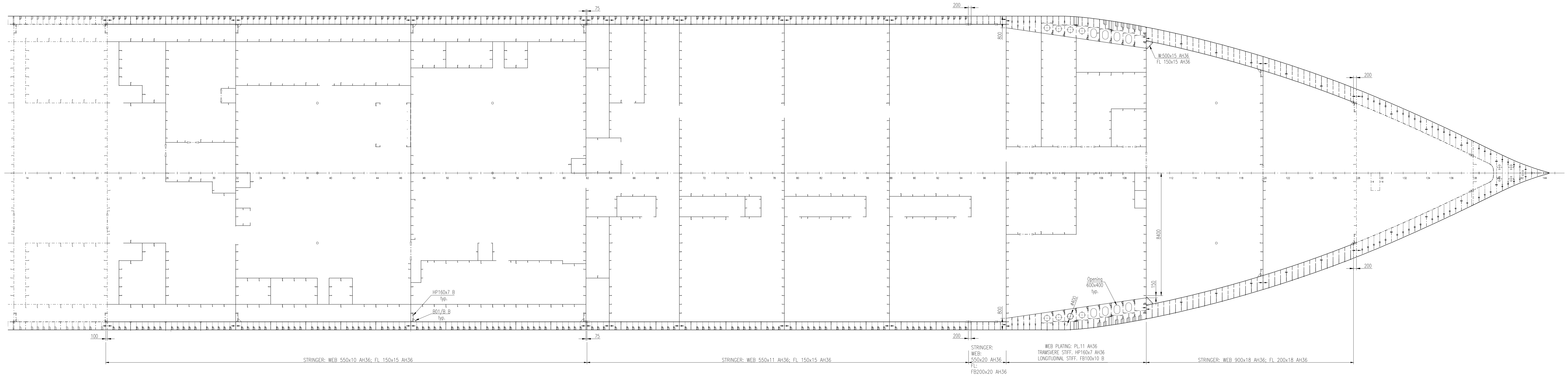
DECK PLATING-UNO	See aftship drwg. for details	PL 9.5 NV-A #32x70; PL 8.5 NV-A #70x110; PL 9.5 NV-A #110x128	PL 9.5 NV-A #32x70; PL 8.5 NV-A #70x110; PL 9.5 NV-A #110x128		
STIFFENERS-UNO	See aftship drwg. for details	HP 200x10 NV-A	HP 200x10 NV-A		
TRANSVERSE FLOORS-UNO	See aftship drwg. for details	Non-WT floors: PL 9.0 NV-A - FB 100x10 NV-A WT floors: PL 10.0 NV-A - FB 150x12 NV-A	Non-WT floors: PL 9.0 NV-A - FB 100x10 NV-A WT floors: PL 10.0 NV-A - FB 150x12 NV-A		
LONGITUDINAL GIRDERS-UNO	See aftship drwg. for details	Non-WT floors: PL 9.0 NV-A - FB 100x10 NV-A WT floors: PL 11.0 NV-A - FB 150x12 NV-A	Non-WT floors: PL 9.0 NV-A - FB 100x10 NV-A WT floors: PL 11.0 NV-A - FB 150x12 NV-A		

REV	TEXT	DATE	DRAWN	CHECK	APP.
A	ISSUED FOR YARD COMMENTS	03.07.2018	Misoon	HE	PEMA
B					
C					
D					
E					

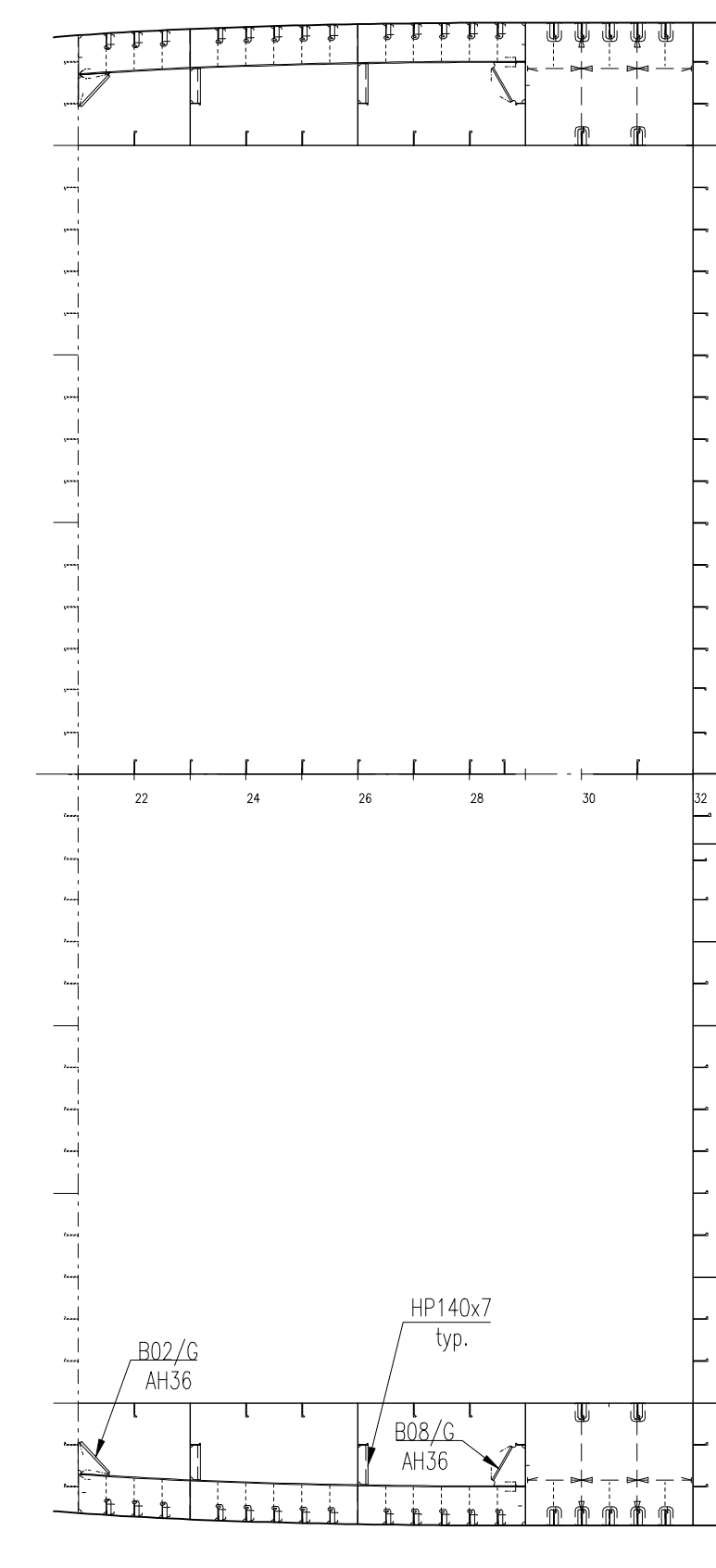
THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LMG MARIN AS. THE DRAWING SHALL NOT BE DISCLOSED TO ANY THIRD PARTY WITHOUT THE WRITTEN PRIOR CONSENT OF LMG MARIN AS.

DESIGNER	LMG MARIN AS DRAWING NO.	369005-DW-230-N-LMG-00002
OWNER	Quark Expeditions The Leader in Polar Adventures	LMG 200 PCS, YARD P1357/NB487 EXPEDITION SHIP
YARD DWG. NO.	01-230-302 / 318068	TITLE
REPLACEMENT FOR		
OLD TOOL ACAD 2015	PRIMARY SCALE 1:100	SHEET SIZE A0
		SHEET 5 of 7

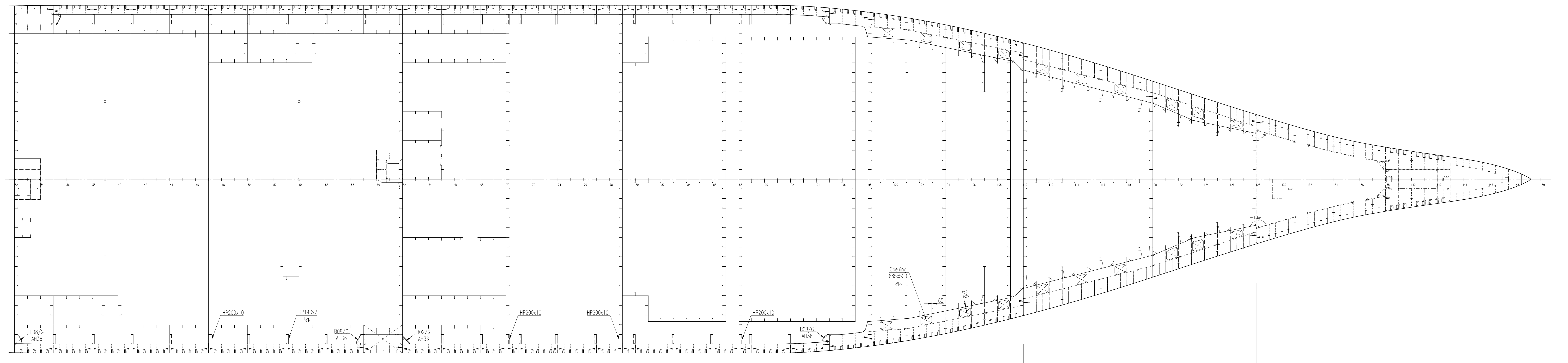
PROFILE AND DECK PLAN



STRINGER 02
5250 ABOVE BL.

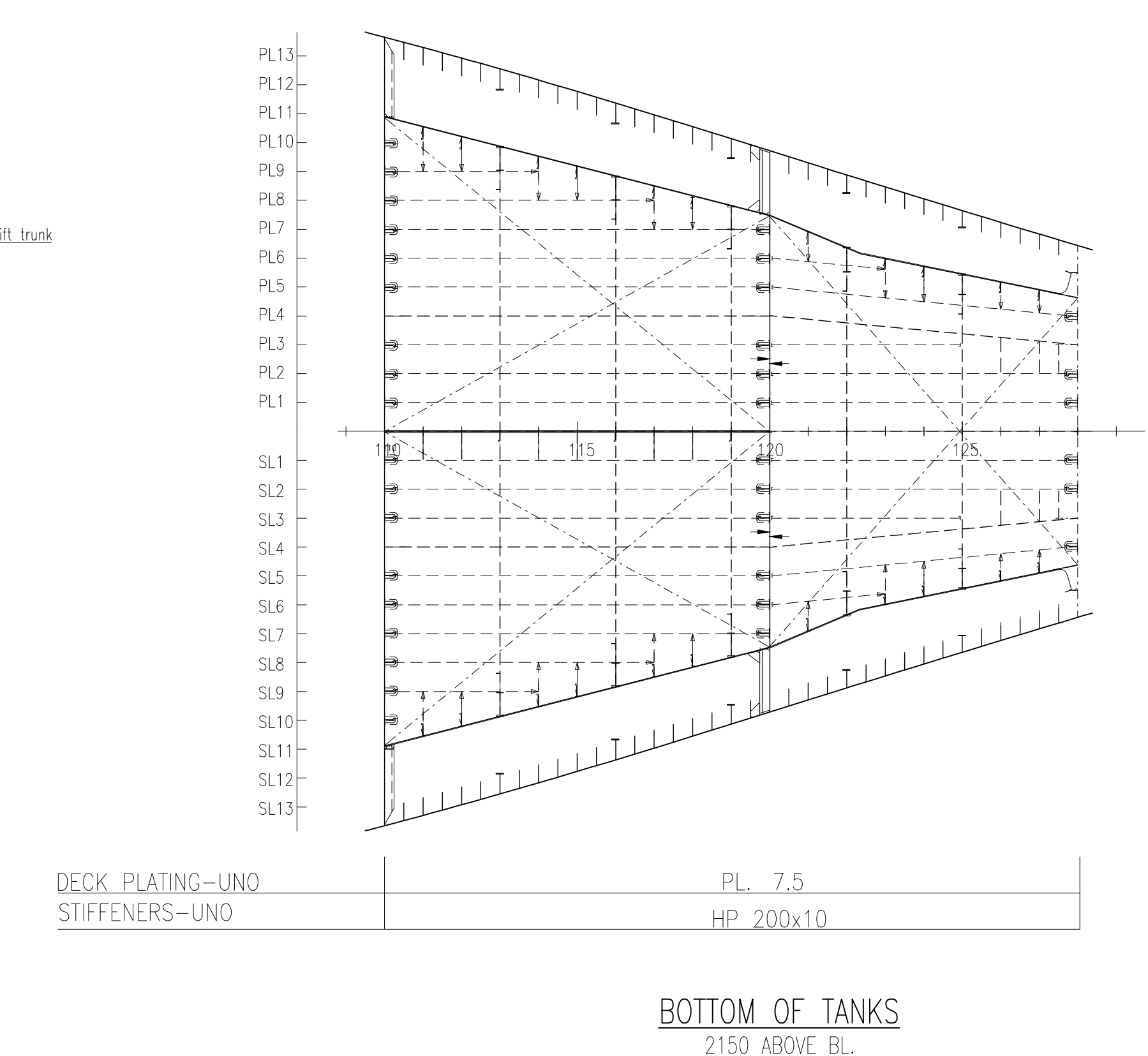
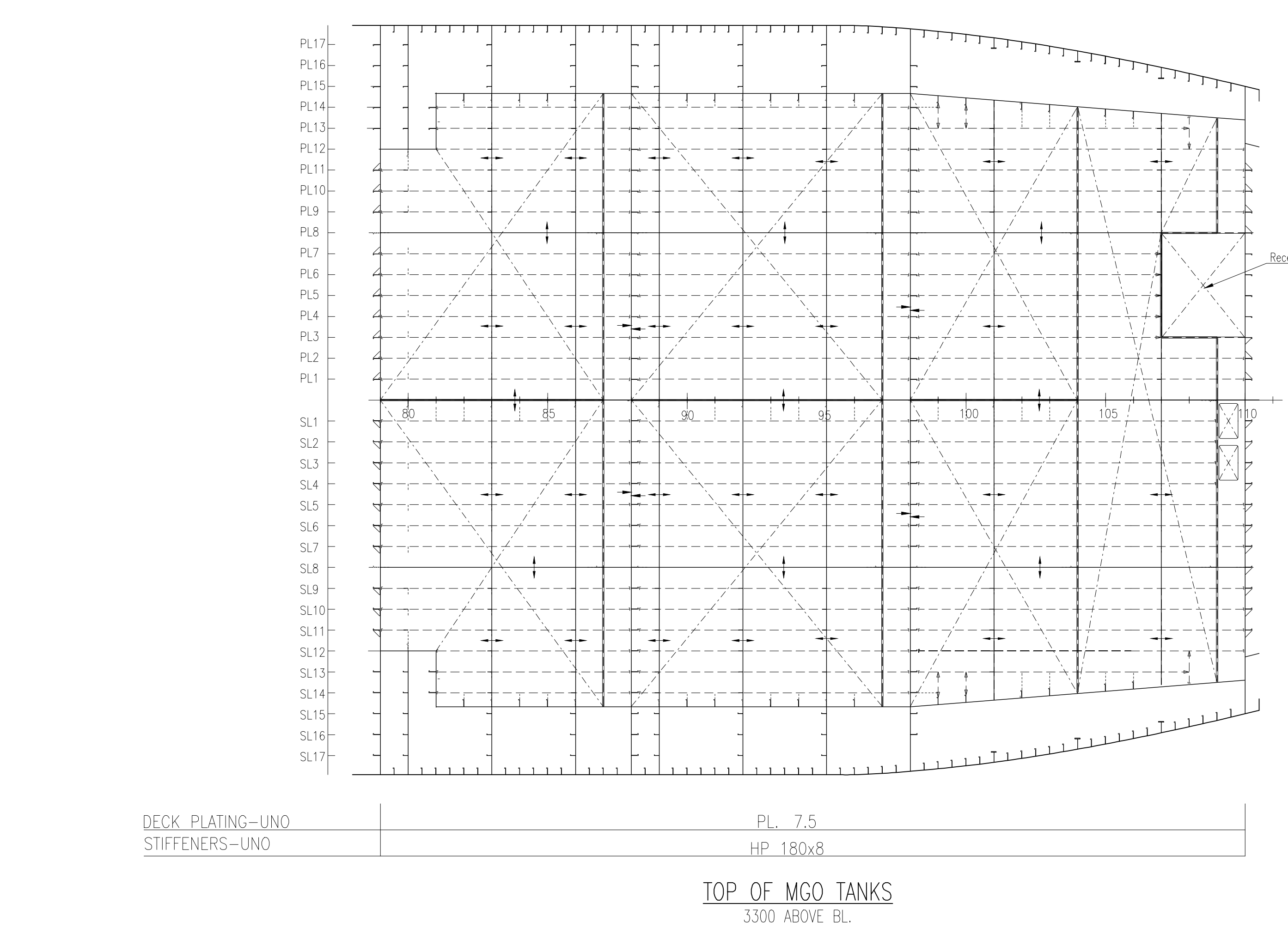
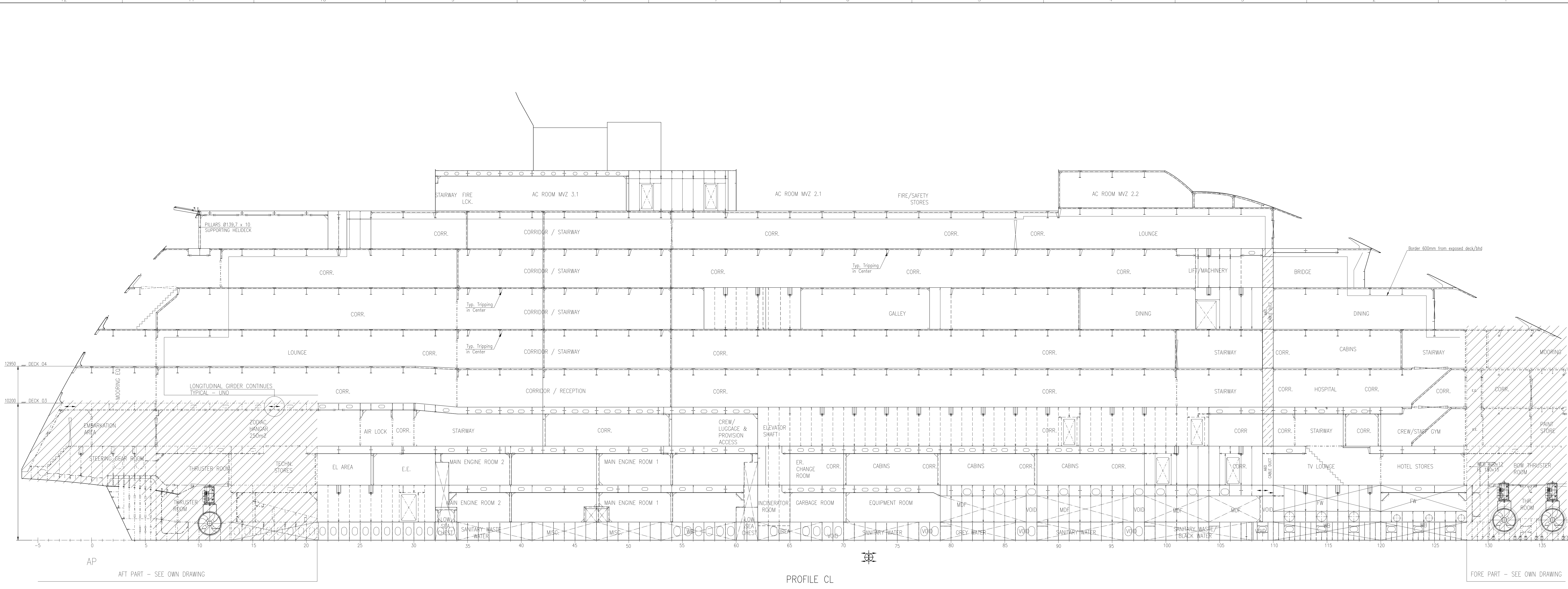





STRINGER 01
3100 ABOVE BL.



STRINGER 01
2450 ABOVE BL.

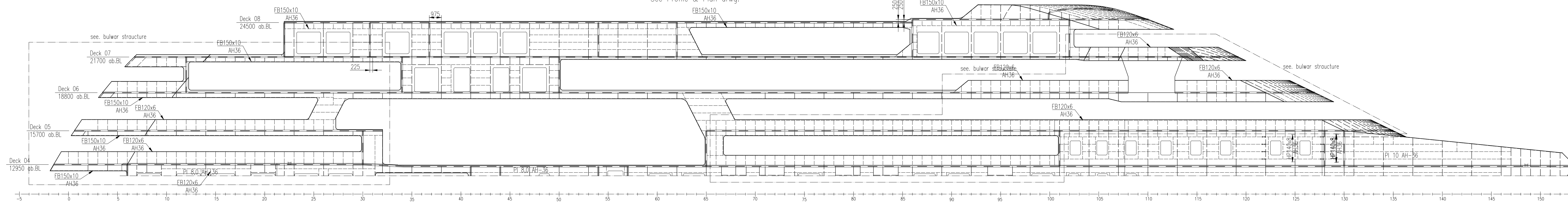
E						
D						
C						
B						
A						
REV.	TEXT	ISSUED FOR YARD COMMENTS	03.07.2018	Mstoon	HLE	PEMA
			REV. DATE	DRAWN	CHECK	APP.
THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LMG MARIN AS. THE DRAWING SHALL NOT BE DISCLOSED TO ANY THIRD PARTY WITHOUT THE WRITTEN PRIOR CONSENT OF LMG MARIN AS.						
				LMG MARIN AS DRAWING NO. 369005-DW-230-N-LMG-00002		
		PROJECT NO. 01-230-302 / 318068		TITLE LMG 200 PCS, YARD P1357/NB487 EXPEDITION SHIP		
SHEET NO. 2		SHEET SIZE A0		SHEET 6 of 7		
PROFILE AND DECK PLAN						



E					
D					
C					
B					
A					
DESIGNED BY	LMG MARIN AS	DRAWING NO.	369005-DW-230-N-LMG-00002		
OWNER	Quark Expeditions	PROJECT NO.	YARD	DATE	SCALE
		01-230-302 / 318068			
ISSUED FOR YARD COMMENTS	03.07.2018	MSBON	HLE	PENM	
REV. TEXT	REV. DATE	DRAWN	CHECK	APP.	
THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LMG MARIN AS. THE DRAWING SHALL NOT BE DISCLOSED TO ANY THIRD PARTY WITHOUT THE WRITTEN PRIOR CONSENT OF LMG MARIN AS.					
 					
					
LMG 200 PCS, YARD P1357/NB487 EXPEDITION SHIP					
PROFILE AND DECK PLAN					

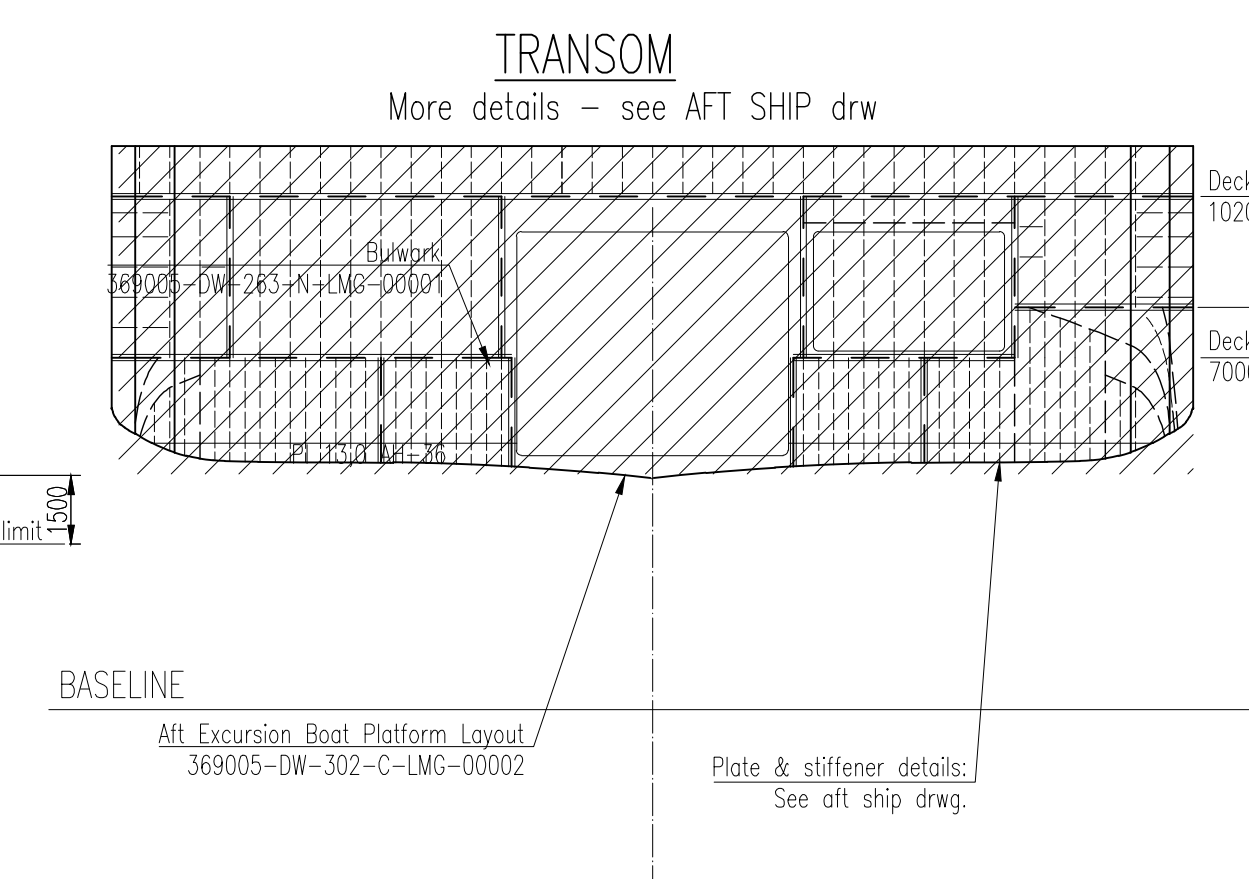
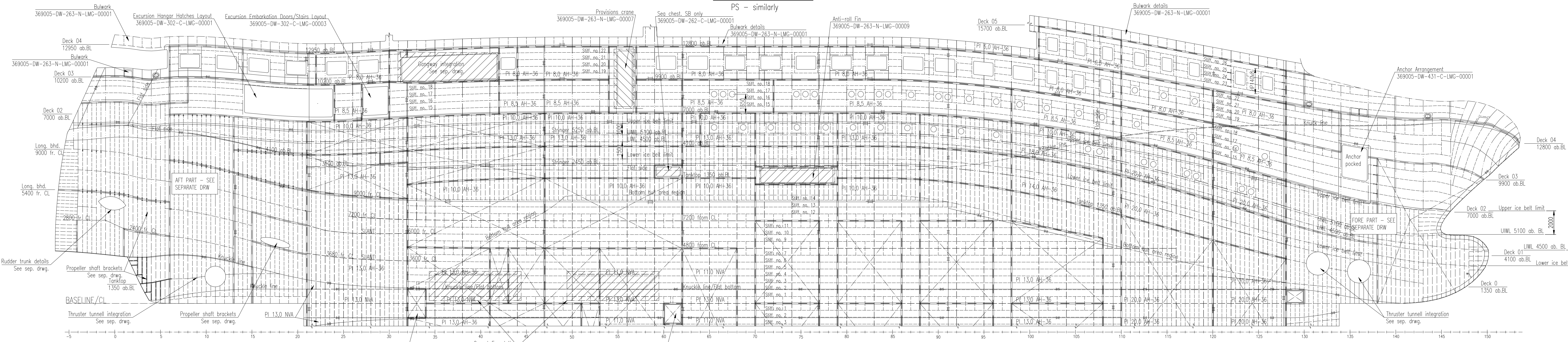
SUPESTRUCTURE - SIDE VIEW (SB)

PS - similarly
For plate & stiffener details:
See Profile & Plan drwg.

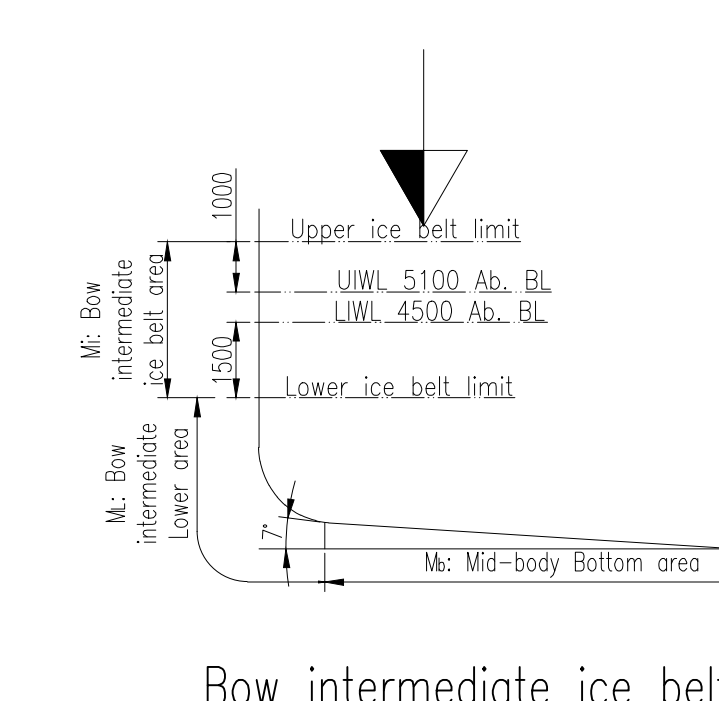
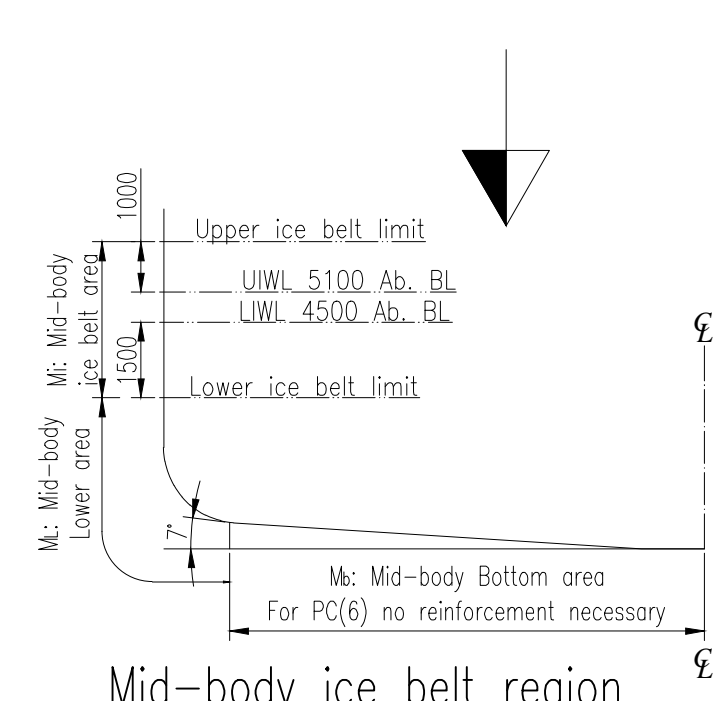
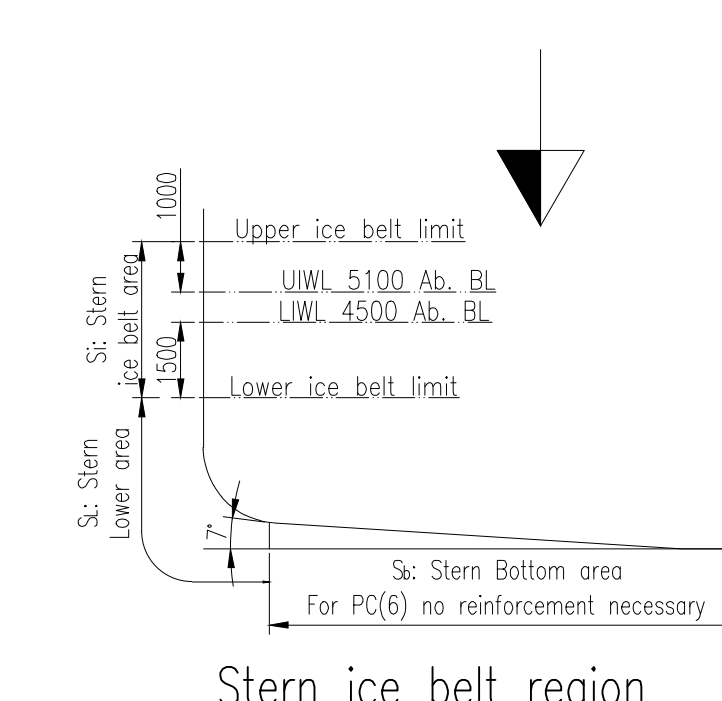
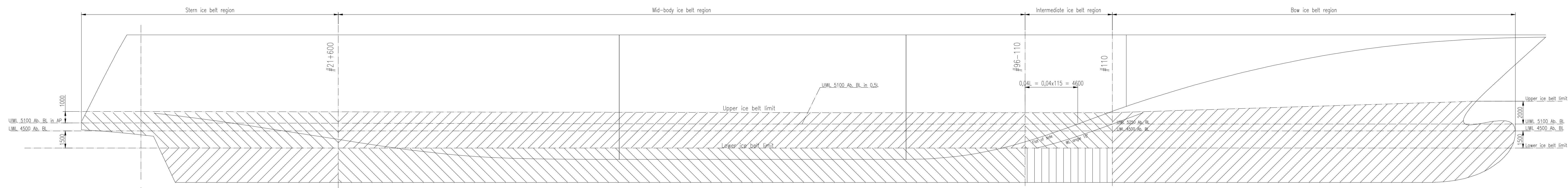


SHELL EXPANSION SB

PS - similarly



TRANS. WEB FRAMES ABOVE DECK 03	Scantling details: See aftship drwg.	W400x10/Fb150x12 AH-36	Scantling details: See foreship drwg.	TRANS. WEB FRAMES ABOVE DECK 03
TRANS. WEB FRAMES ABOVE DECK 02	Scantling details: See aftship drwg.	W400x10/Fb150x15 AH-36	Scantling details: See foreship drwg.	TRANS. WEB FRAMES ABOVE DECK 02
TRANS. WEB FRAMES ABOVE DECK 01	Scantling details: See aftship drwg.	W550x10/Fb150x15 AH-36	Scantling details: See foreship drwg.	TRANS. WEB FRAMES ABOVE DECK 01
TRANS. WEB FRAMES ABOVE DECK 0	Scantling details: See aftship drwg.	W550x10/Fb150x18 AH-36	Scantling details: See foreship drwg.	TRANS. WEB FRAMES ABOVE DECK 0
TRANS. FRAMES IN ICEBELT	Scantling details: See aftship drwg.	HP 200x10 N/A	Scantling details: See foreship drwg.	TRANS. FRAMES IN ICEBELT
LONG. STIFFENER NO. 1-14	Scantling details: See aftship drwg.	HP 200x10 AH-36	Scantling details: See foreship drwg.	LONG. STIFFENER NO. 1-14
LONG. STIFFENER NO. 15-18	Scantling details: See aftship drwg.	HP 160x7 AH-36	Scantling details: See foreship drwg.	LONG. STIFFENER NO. 15-18
LONG. STIFFENER NO. 19-22	Scantling details: See aftship drwg.	HP 120x6 AH-36	Scantling details: See foreship drwg.	LONG. STIFFENER NO. 19-22
LONG. GIRDER 2450 ab. BL	Scantling details: See aftship drwg.	W550x11/Fb150x15 AH36	Scantling details: See foreship drwg.	LONG. GIRDER 2450 ab. BL
LONG. GIRDER 5250 ab. BL	Scantling details: See aftship drwg.	W550x11/Fb150x15 AH36	Scantling details: See foreship drwg.	LONG. GIRDER 5250 ab. BL



MAIN DIMENSIONS

LENGTH OVER ALL	abt. 127.97 m
LENGTH BETWEEN P.P.	115.58 m
MOULDED BEAM	21.50 m
DEPTH, MOULDED	7.00 m
DRAUGHT SCANTLING	5.25 m
DESIGN DRAUGHT	5.10 m
FRAME SPACING	0.80 m

CLASS
DNVGL +1A, PC-(6)(-20), PASSENGER SHIP, EO, COMF (V2)(C2)PAX, (V3)(C3)CREW, CLEAN, RECYCLABLE, TMON, BIS, ECA(Sox-A), HELDK(S,H,F) LFL(2)

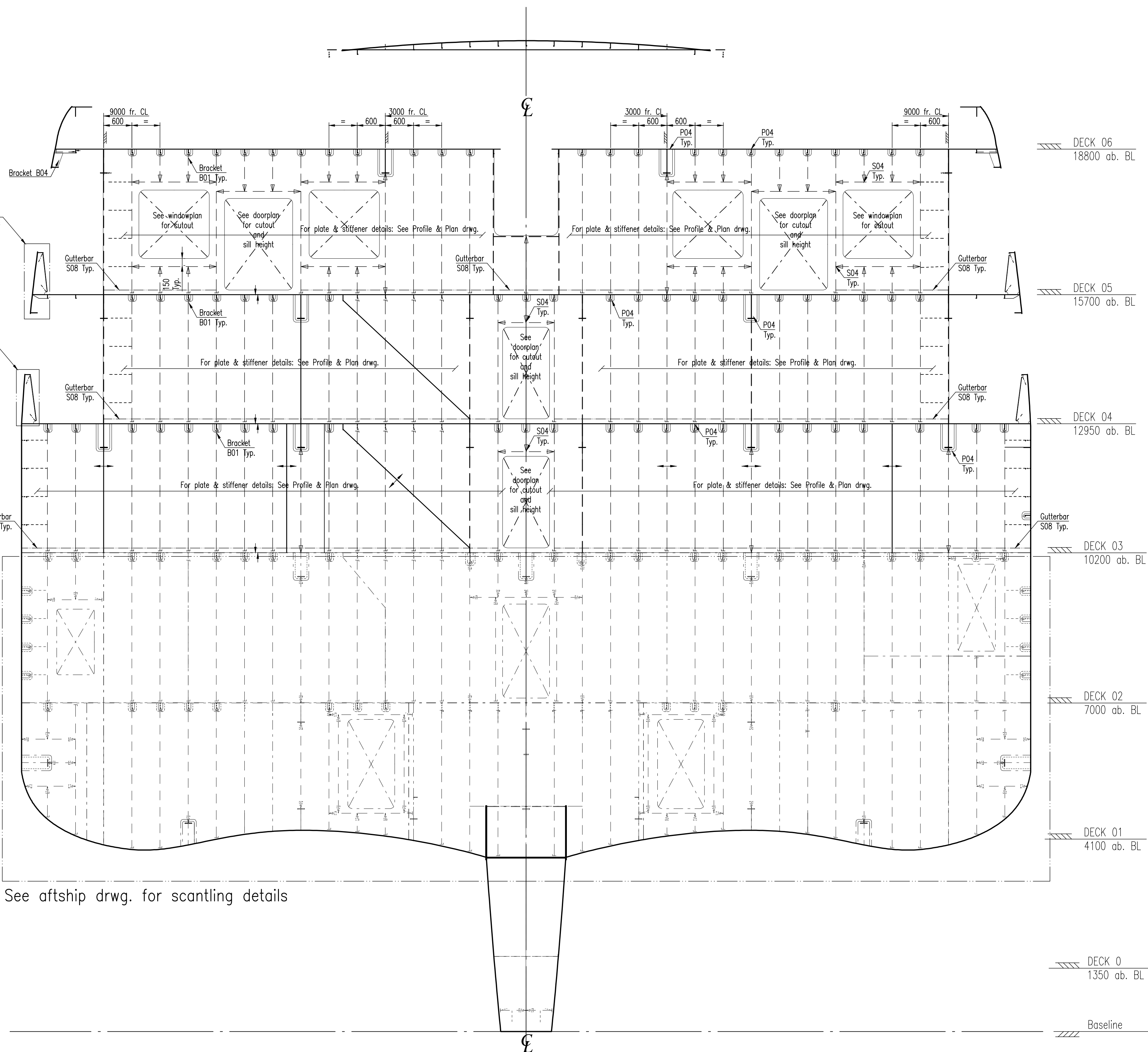
PROJECT REFERENCES:
369005-DW-01-C-LMG-00001 GENERAL ARRANGEMENT
369005-DW-102-Y-LMG-00005 CAPACITY PLAN
369005-DW-200-N-LMG-00002 MATERIAL GRADE PLAN
369005-DW-200-N-LMG-00004 WELDING TABLE
369005-DW-261-C-LMG-00001 HULL MARKINGS, BOTTOM OUTFITTING AND BOTTOM PLUGS
369005-DW-262-C-LMG-00001 SEA CHEST ARRANGEMENT
369005-DW-315-C-LMG-00001 WINDOW PLAN

SUPPLIERS REFERENCES:
Pending

NOTES:
1. Materials labeled AH shall have yield strength not less than 355 N/mm².
2. Materials labeled A shall have yield strength not less than 235 N/mm².
3. Welding to be in accordance with guidelines presented in Welding Plan.
4. Material grade to be in accordance with requirements listed in Material Grade Plan.
5. Material exposed to external temperature to be assigned AH-36.

OWNER	LMG MARIN AS
PROJECT NO.	369005-DW-230-N-LMG-00003
PROJECT TYPE	EXPEDITION SHIP
DATE	03.07.2018
SCALE	1:150
SHEET NO.	1 of 1
SHEET TOTAL	1 of 1

SHELL EXPANSION & FRAMING PLAN



MAIN DIMENSIONS

LENGTH OVER ALL	abt. 127.97 m
LENGTH BETWEEN P.P.	115.58 m
MOULDED BEAM	21.50 m
DEPTH, MOULDED	7.00 m
DRAUGHT MAX	5.25 m
DESIGN DRAUGHT	5.10 m

CLASS

DNVGL +1A, PC-(6)(-20), PASSENGER SHIP,
E0, COMF (V2)(C2)PAX, (V3)(C3)CREW,
CLEAN, RECYCLABLE, TMON, BIS, ECA(Sox-A),
HELDK(S,H,F) LFL(2)

PROJECT REFERENCES:

- 369005-DW-101-C-LMG-00001 GENERAL ARRANGEMENT
- 369005-DW-102-Y-LMG-00005 CAPACITY PLAN
- 369005-DW-200-N-LMG-00003 TYPICAL STRUCTURAL DETAILS
- 369005-DW-200-N-LMG-00004 WELDING TABLE
- 369005-DW-230-N-LMG-00002 PROFILE AND DECK'S PLAN
- 369005-DW-230-N-LMG-00003 SHELL EXPANSION & FRAMING PLAN
- 369005-DW-237-N-LMG-00001 LONGITUDINAL SECTIONS
- 369005-DW-262-C-LMG-00001 SEA CHEST ARRANGEMENT
- 369005-DW-263-N-LMG-00001 BULKWARK STRUCTURE

SUPPLIERS REFERENCES:

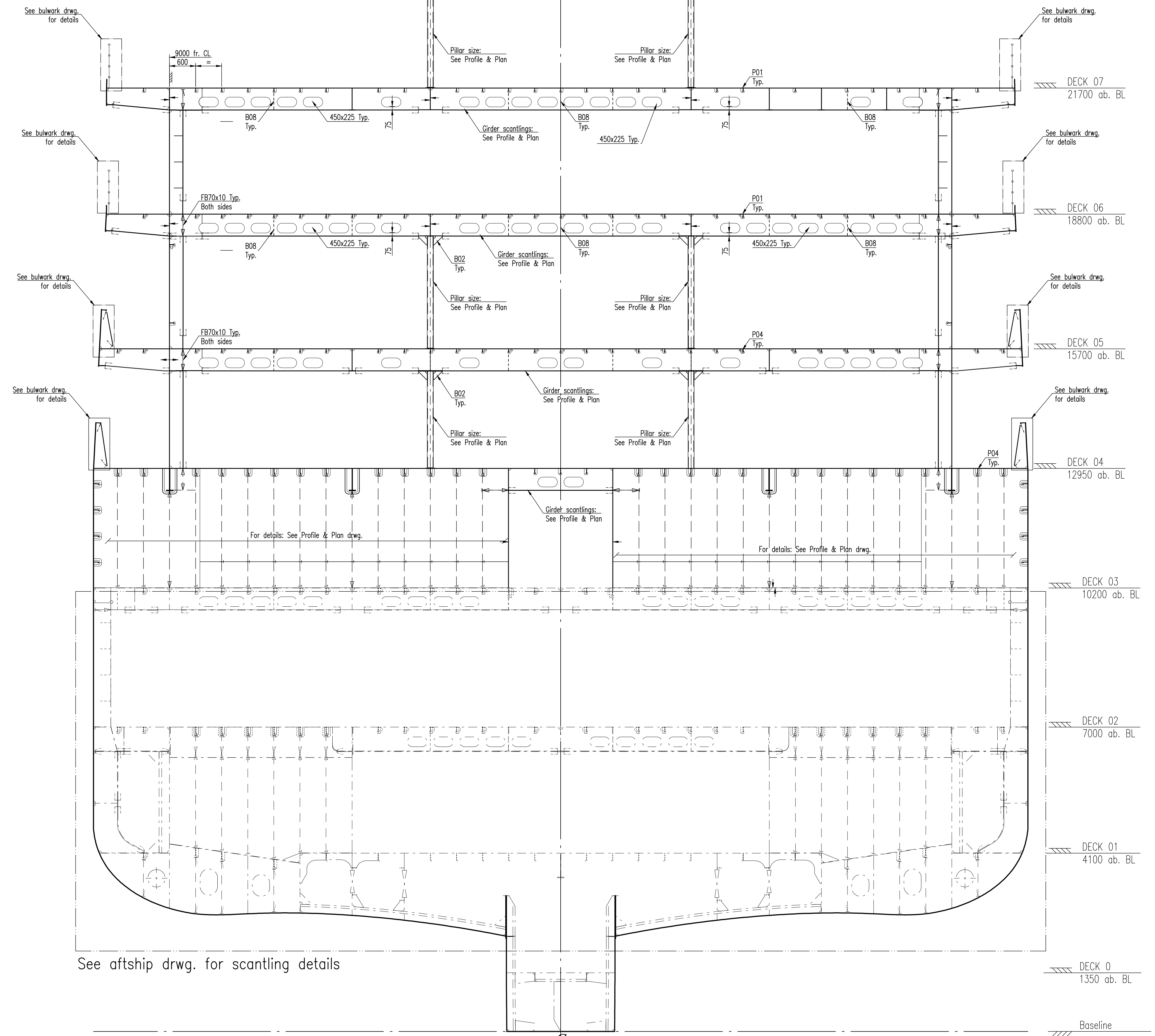
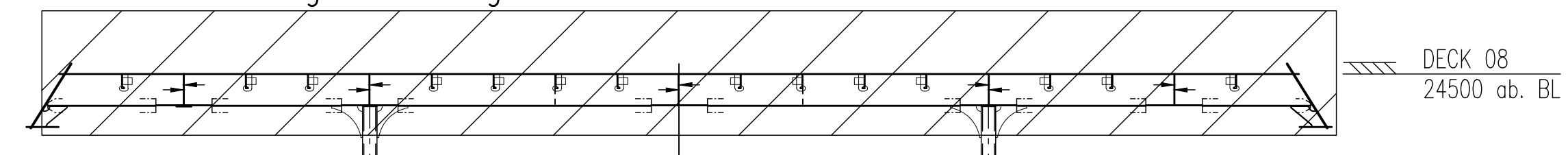
SUPPLIER NAME: -

E					
D					
C					
B					
A	ISSUED FOR YARD COMMENTS	03.07.2018	Midcon	HLE	PEMA
REV.	TEXT	REV. DATE	DRAWN	CHECK.	APP.

THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LMG MARIN AS. THE DRAWING SHALL NOT BE DISCLOSED TO ANY THIRD PARTY WITHOUT THE WRITTEN PRIOR CONSENT OF LMG MARIN AS.

		LMG MARIN AS DRAWING NO.	369005-DW-236-N-LMG-00001
	PROJECT NO.	DISC. TYPE	SFI NO.
YARD NO.	DISC. CODE	ORIGINATOR CODE	SEQUENTIAL NO.
01-230-304 / 318070	-	-	-
REPLACEMENT FOR:	PRIMARY SCALE	SHEET SIZE	SHEET
-	1:50	A1	1 of 11
CAD TOOL	SHEET NO.	SHEET NO.	SHEET NO.
ACAD 2015	1:50	A1	1 of 11
PROJECT		TITLE	
LMG 200 PCS, YARD P1357/NB487 EXPEDITION SHIP		TRANSVERSE SECTIONS	

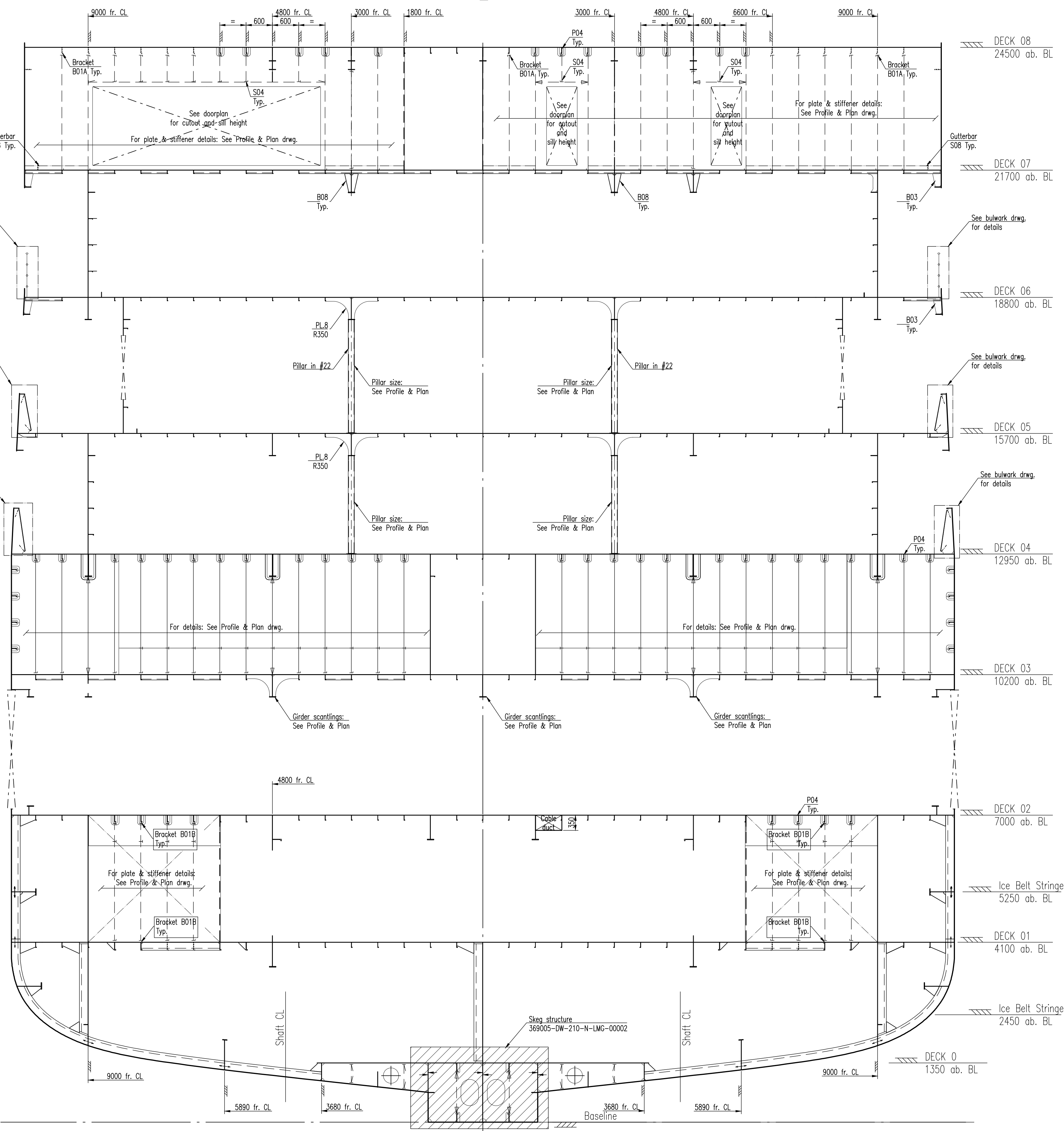
See helideck integration drwg. for details



See aftship drwg. for scantling details

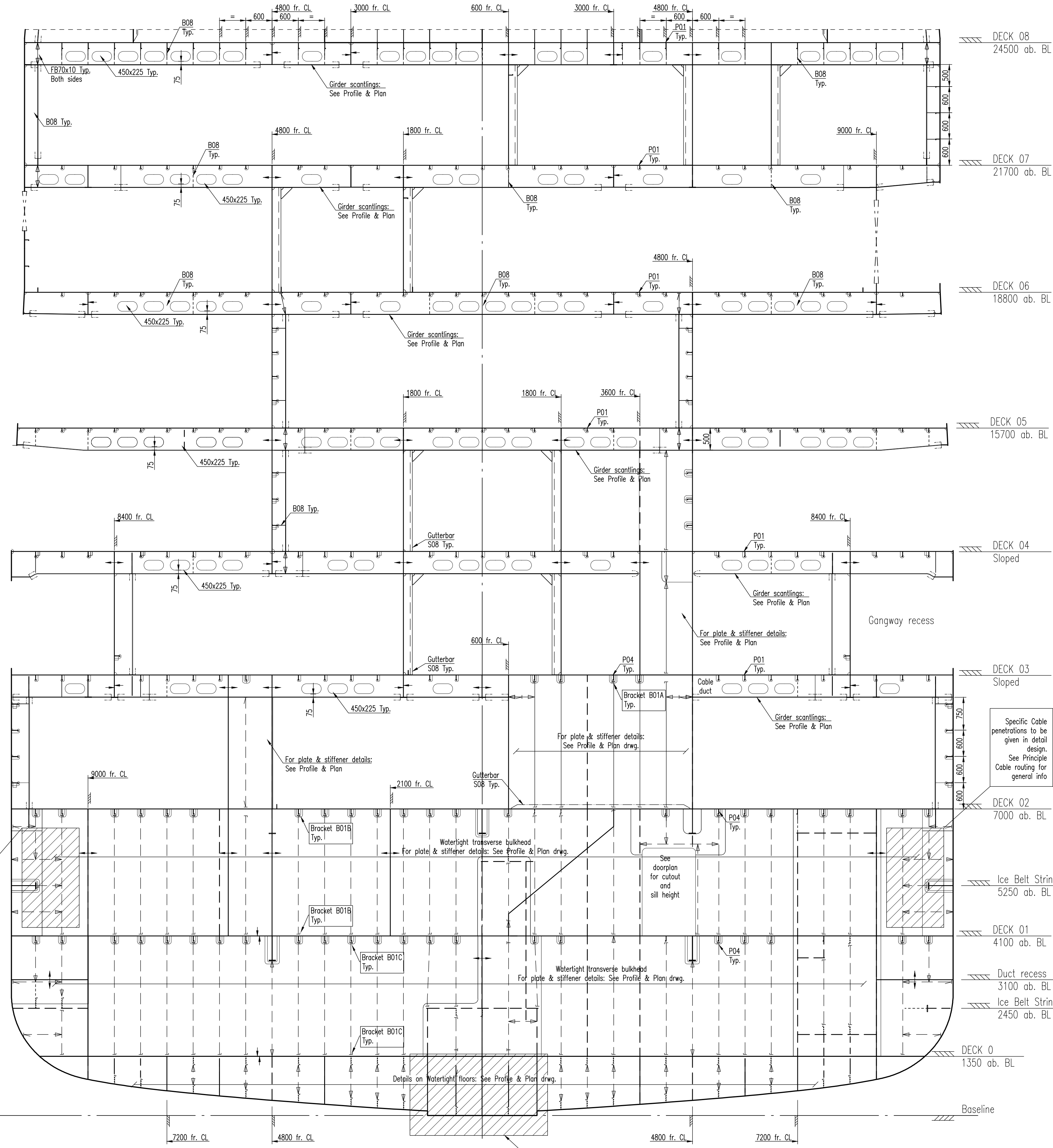
Transverse frame #14 (Webframe)
Seen from aft

E					
D					
C					
B					
A	ISSUED FOR YARD COMMENTS	03.07.2018	Midcon	HLE	PEMA
REV.	TEXT	REV.DATE	DRAWN	CHECK.	APP.
THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LMG MARIN AS. THE DRAWING SHALL NOT BE DISCLOSED TO ANY THIRD PARTY WITHOUT THE WRITTEN PRIOR CONSENT OF LMG MARIN AS.					
DESIGNER	YARD	PROJECT			
		LMG MARIN AS DRAWING NO. 369005-DW-236-N-LMG-0001			
OWNER	PROJECT	NO.	DOC. TYPE	SFI NO.	DISC. CODE
	LMG 200 PCS, YARD P1357/NB487				
YARD Dwg. NO. 01-230-304 / 318070		TITLE			
REPLACEMENT FOR: -		TRANSVERSE SECTIONS			
CAD TOOL	PRIMARY SCALE	SHEET SIZE	SHEET		
ACAD 2015	1:50	A1	2 of 11		



Transverse frame #22 (Ordinary frame)
 Seen from aft

E					
D					
C					
B					
A	ISSUED FOR YARD COMMENTS	03.07.2018	Midcon	HLE	PEMA
REV.	TEXT	REV. DATE	DRAWN	CHECK.	APP.
THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LMG MARIN AS. THE DRAWING SHALL NOT BE DISCLOSED TO ANY THIRD PARTY WITHOUT THE WRITTEN PRIOR CONSENT OF LMG MARIN AS.					
DESIGNER	YARD	LMG MARIN AS DRAWING NO. 369005-DW-236-N-LMG-00001			
OWNER	Quark Expeditions The Leader in Polar Adventures	PROJECT NO.	DISC. TYPE	SFI NO.	DISC. CODE
YARD DWG. NO.	01-230-304 / 318070	PROJECT LMG 200 PCS, YARD P1357/NB487 EXPEDITION SHIP			
REPLACEMENT FOR:	TITLE TRANSVERSE SECTIONS				
CAD TOOL	PRIMARY SCALE	SHEET SIZE	SHEET		
ACAD 2015	1:50	A1	3 of 11		

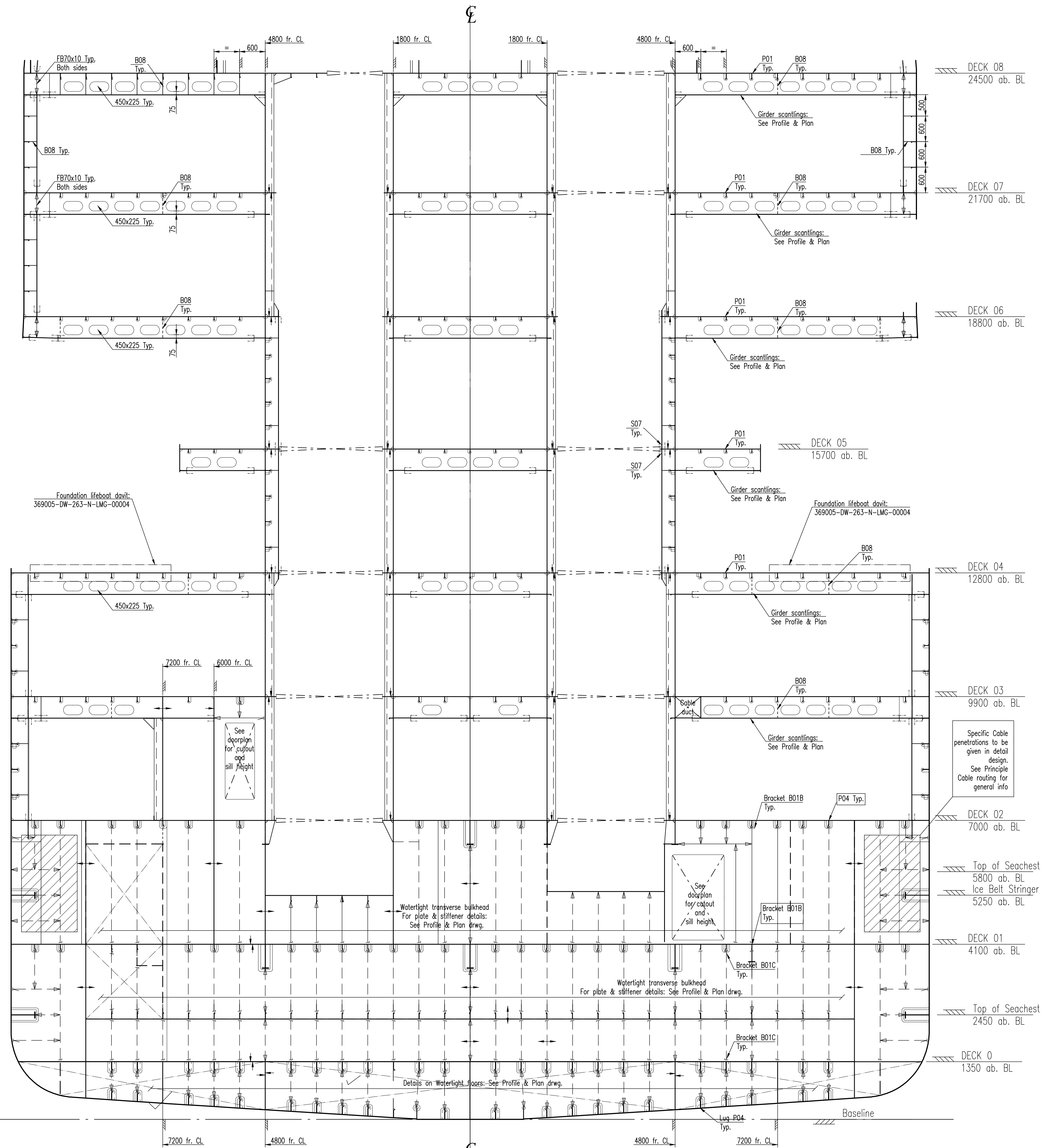


Specific Cable penetrations to be given in detail design. See Principle Cable routing for general info

Specific Cable penetrations to be given in detail design. See Principle Cable routing for general info

Transverse frame #32 (Webframe)
Seen from aft

E					
D					
C					
B					
A	ISSUED FOR YARD COMMENTS	03.07.2018	Midcon	HLE	PEMA
REV.	TEXT	REV. DATE	DRAWN	CHECK.	APP.
THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LMG MARIN AS. THE DRAWING SHALL NOT BE DISCLOSED TO ANY THIRD PARTY WITHOUT THE WRITTEN PRIOR CONSENT OF LMG MARIN AS.					
DESIGNER	YARD	LMG MARIN AS DRAWING NO. 369005-DW-236-N-LMG-00001			
OWNER	PROJECT	DWG. NO.	SFI NO.	DISC. CODE	ORIGINATOR CODE
Quark Expeditions	LMG 200 PCS, YARD P1357/NB487	01-230-304 / 318070			
YARD DWG. NO. 01-230-304 / 318070		TITLE			
REPLACEMENT FOR: -		EXPEDITION SHIP			
CAD TOOL	PRIMARY SCALE	SHEET SIZE	SHEET		
ACAD 2015	1:50	A1	4 of 11		
TRANSVERSE SECTIONS					



Transverse frame #47 (Webframe)
Seen from aft

- DECK 08
24500 ab. BL
- DECK 07
21700 ab. BL
- DECK 06
18800 ab. BL
- DECK 05
15700 ab. BL
- DECK 04
12800 ab. BL
- DECK 03
9900 ab. BL
- DECK 02
7000 ab. BL
- Top of Seachest
5800 ab. BL
- Ice Belt Stringer
5250 ab. BL
- DECK 01
4100 ab. BL
- Top of Seachest
2450 ab. BL
- DECK 0
1350 ab. BL

Specific Cable penetrations to be given in detail design. See Principle Cable routing for general info

See doorplan for cutout and sill height

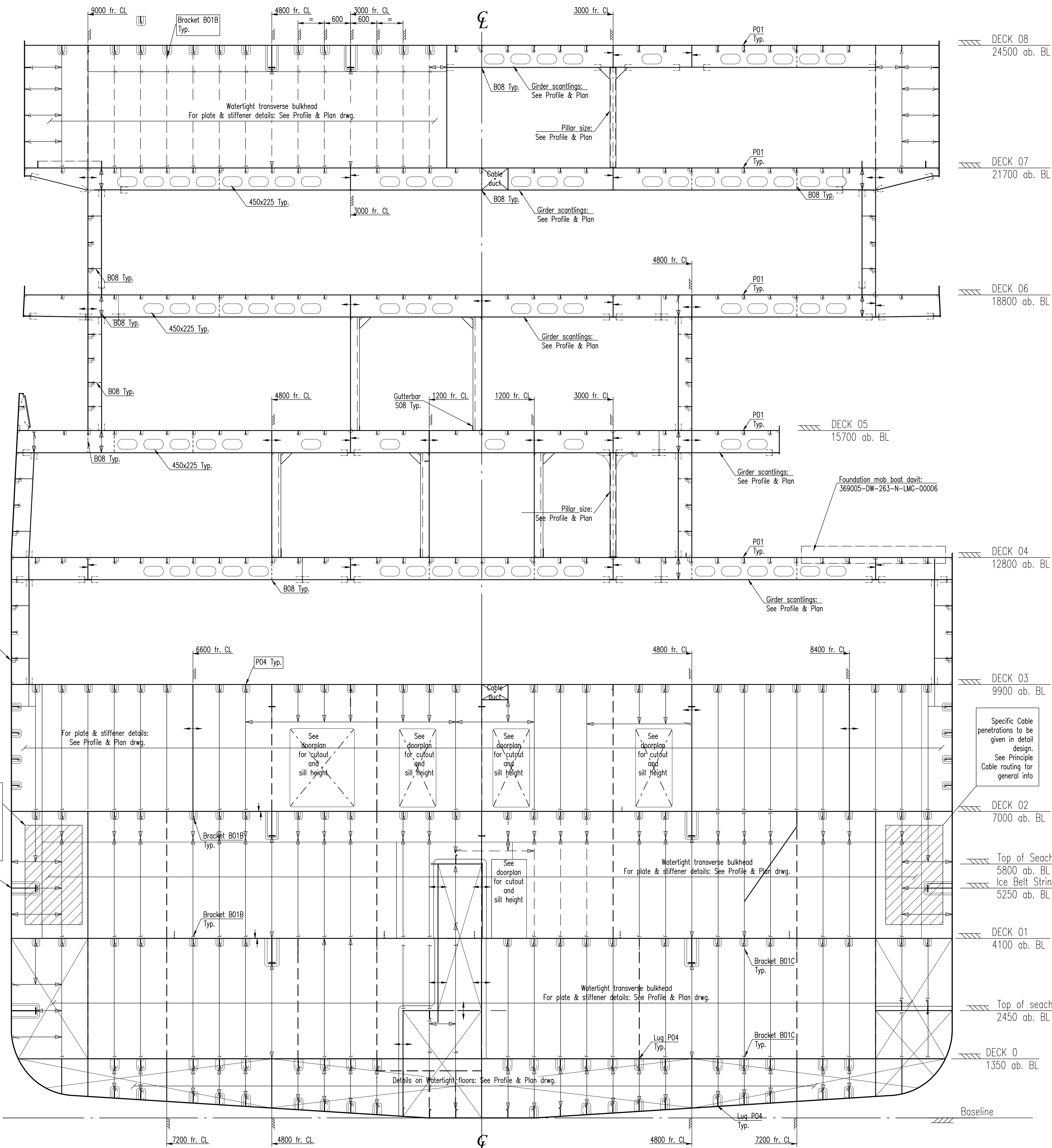
See doorplan for cutout and sill height

Watertight transverse bulkhead
For plate & stiffener details: See Profile & Plan drwg.

Watertight transverse bulkhead
For plate & stiffener details: See Profile & Plan drwg.

Details on Watertight floors: See Profile & Plan drwg.

E					
D					
C					
B					
A	ISSUED FOR YARD COMMENTS	03.07.2018	Midcon	HLE	PEMA
REV.	TEXT	REV. DATE	DRAWN	CHECK.	APP.
THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LMG MARIN AS. THE DRAWING SHALL NOT BE DISCLOSED TO ANY THIRD PARTY WITHOUT THE WRITTEN PRIOR CONSENT OF LMG MARIN AS.					
DESIGNER	YARD	LMG MARIN AS DRAWING NO. 369005-DW-236-N-LMG-00001			
OWNER	PROJECT	DWG. NO.	SFI NO.	DISC. CODE	ORIGINATOR CODE
Quark Expeditions	LMG 200 PCS, YARD P1357/NB487 EXPEDITION SHIP	01-230-304 / 318070			
YARD DWG. NO.	TITLE	TRANSVERSE SECTIONS			
REPLACEMENT FOR:					
CAD TOOL	PRIMARY SCALE	SHEET SIZE	SHEET		
ACAD 2015	1:50	A1	5 of 11		






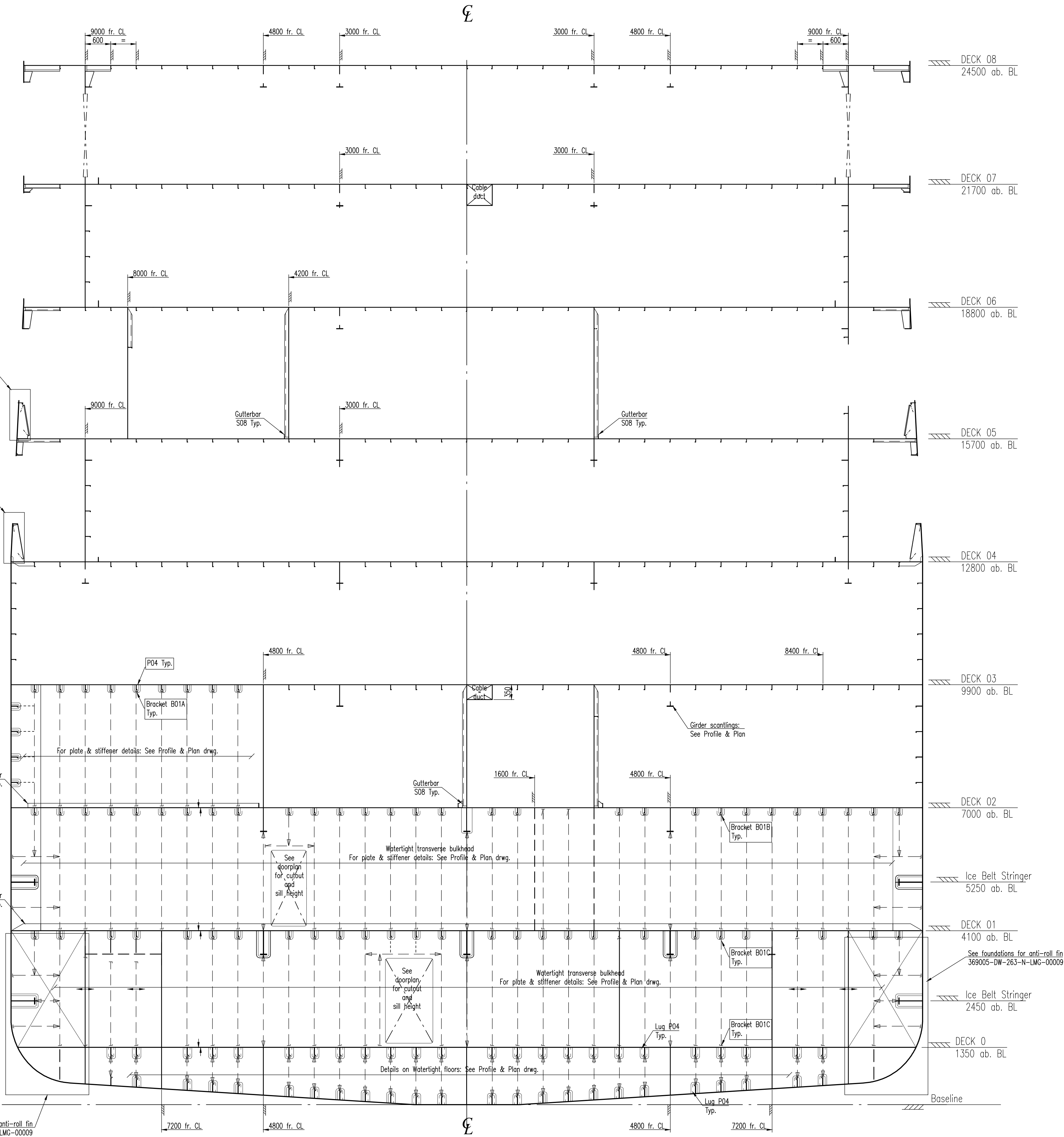
- DECK 08
24500 ab. BL
- DECK 07
21700 ab. BL
- DECK 06
18800 ab. BL
- DECK 05
15700 ab. BL
- DECK 04
12800 ab. BL
- DECK 03
9900 ab. BL
- DECK 02
7000 ab. BL
- Top of Seachest
5800 ab. BL
- Ice Belt Stringer
5250 ab. BL
- DECK 01
4100 ab. BL
- Top of seachest
2450 ab. BL
- DECK 0
1350 ab. BL
- Baseline

Transverse frame #62 (Webframe)
Seen from aft

Specific Cable penetrations to be given in detail design. See Principle Cable routing for general info

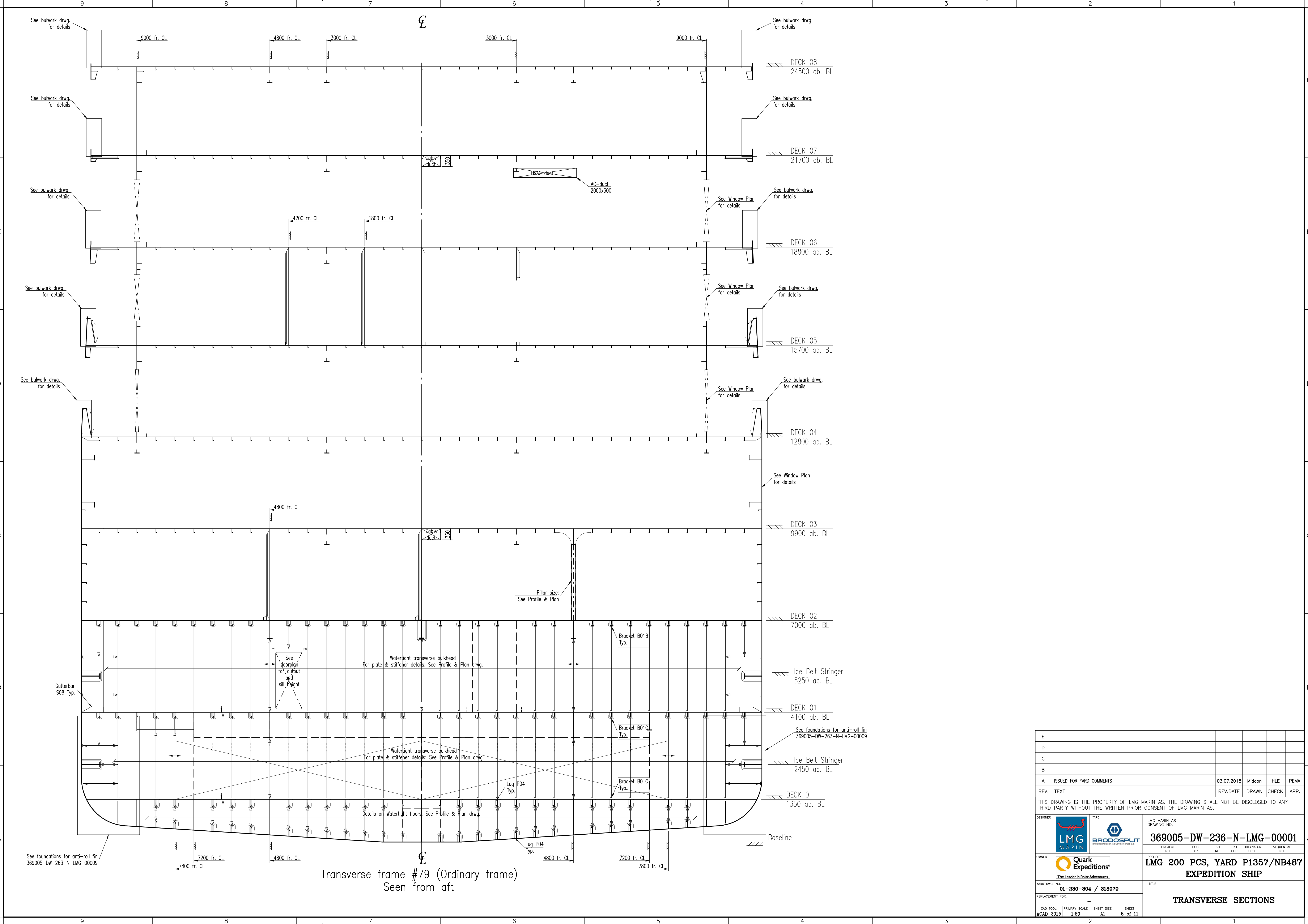
Specific Cable penetrations to be given in detail design. See Principle Cable routing for general info

E					
D					
C					
B					
A	ISSUED FOR YARD COMMENTS	03.07.2018	Midcon	HLE	PEMA
REV.	TEXT	REV.DATE	DRAWN	CHECK.	APP.
THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LMG MARIN AS. THE DRAWING SHALL NOT BE DISCLOSED TO ANY THIRD PARTY WITHOUT THE WRITTEN PRIOR CONSENT OF LMG MARIN AS.					
DESIGNER	 		LMG MARIN AS DRAWING NO. 369005-DW-236-N-LMG-0001		
OWNER			PROJECT LMG 200 PCS, YARD P1357/NB487 EXPEDITION SHIP		
YARD DWG. NO.	01-230-304 / 318070		TITLE TRANSVERSE SECTIONS		
REPLACEMENT FOR:	-				
CAD TOOL	PRIMARY SCALE	SHEET SIZE	SHEET		
ACAD 2015	1:50	A1	6 of 11		

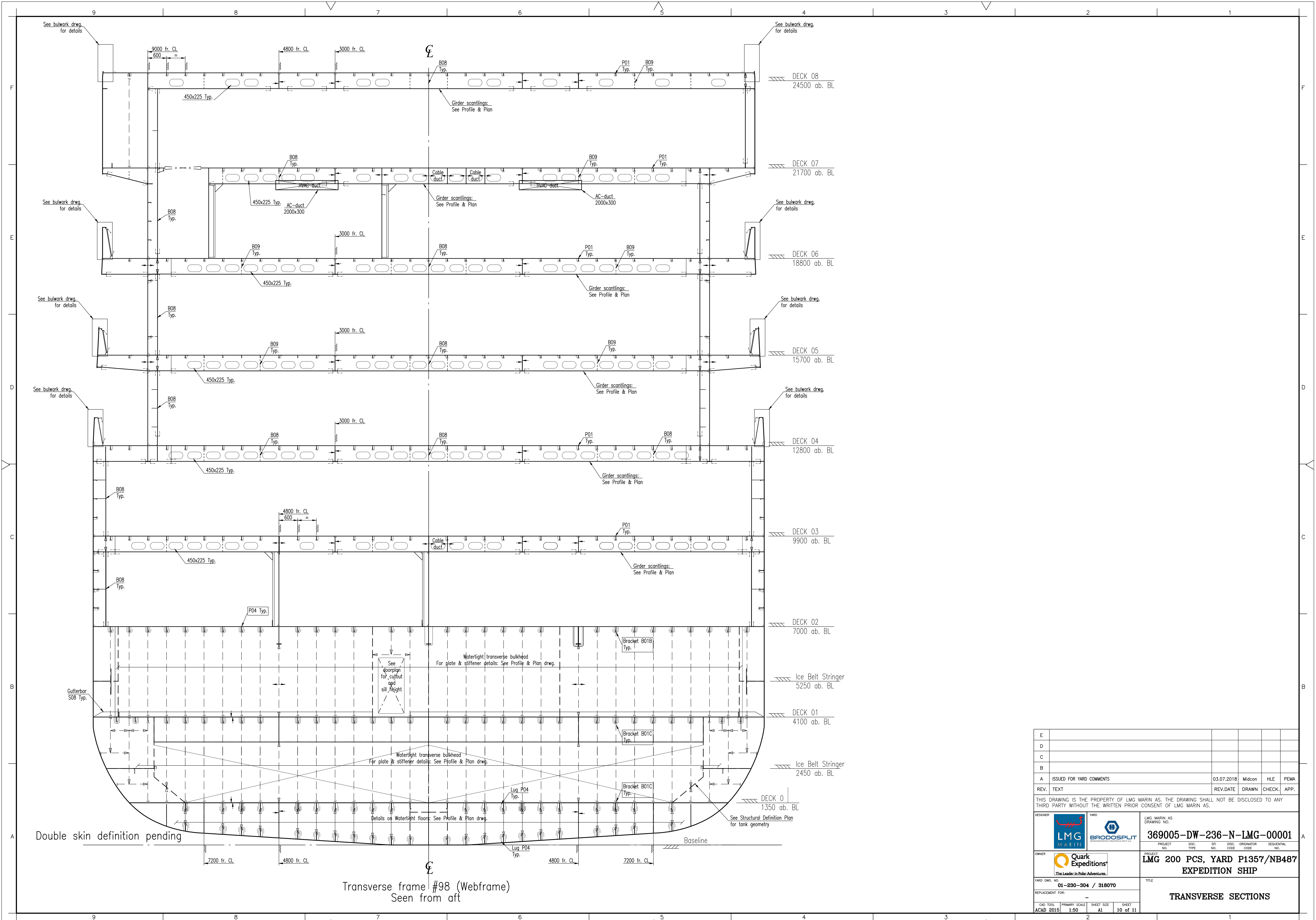


Transverse frame #70 (Ordinary frame)
Seen from aft

E					
D					
C					
B					
A	ISSUED FOR YARD COMMENTS	03.07.2018	Midcon	HLE	PEMA
REV.	TEXT	REV. DATE	DRAWN	CHECK.	APP.
THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LMG MARIN AS. THE DRAWING SHALL NOT BE DISCLOSED TO ANY THIRD PARTY WITHOUT THE WRITTEN PRIOR CONSENT OF LMG MARIN AS.					
DESIGNER	YARD	LMG MARIN AS DRAWING NO. 369005-DW-236-N-LMG-00001			
OWNER	PROJECT	DWG. NO.	SFI NO.	DISC. CODE	SEQUENTIAL NO.
Quark Expeditions	LMG 200 PCS, YARD P1357/NB487 EXPEDITION SHIP	01-230-304 / 318070			
YARD DWG. NO.	TITLE	TRANSVERSE SECTIONS			
01-230-304 / 318070					
REPLACEMENT FOR:					
CAD TOOL: ACAD 2015	PRIMARY SCALE: 1:50	SHEET SIZE: A1	SHEET 7 of 11		



E					
D					
C					
B					
A	ISSUED FOR YARD COMMENTS	03.07.2018	Midcon	HLE	PEMA
REV.	TEXT	REV. DATE	DRAWN	CHECK.	APP.
THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LMG MARIN AS. THE DRAWING SHALL NOT BE DISCLOSED TO ANY THIRD PARTY WITHOUT THE WRITTEN PRIOR CONSENT OF LMG MARIN AS.					
DESIGNER	YARD	LMG MARIN AS DRAWING NO. 369005-DW-236-N-LMG-00001			
OWNER	PROJECT	DWG. NO.	SFI NO.	DISC. CODE	ORIGINATOR CODE
Quark Expeditions The Leader in Polar Adventures	LMG 200 PCS, YARD P1357/NB487 EXPEDITION SHIP	01-230-304 / 318070			
YARD DWG. NO.	REPLACEMENT FOR:	TITLE			
01-230-304 / 318070		TRANSVERSE SECTIONS			
CAD TOOL	PRIMARY SCALE	SHEET SIZE	SHEET		
ACAD 2015	1:50	A1	8 of 11		

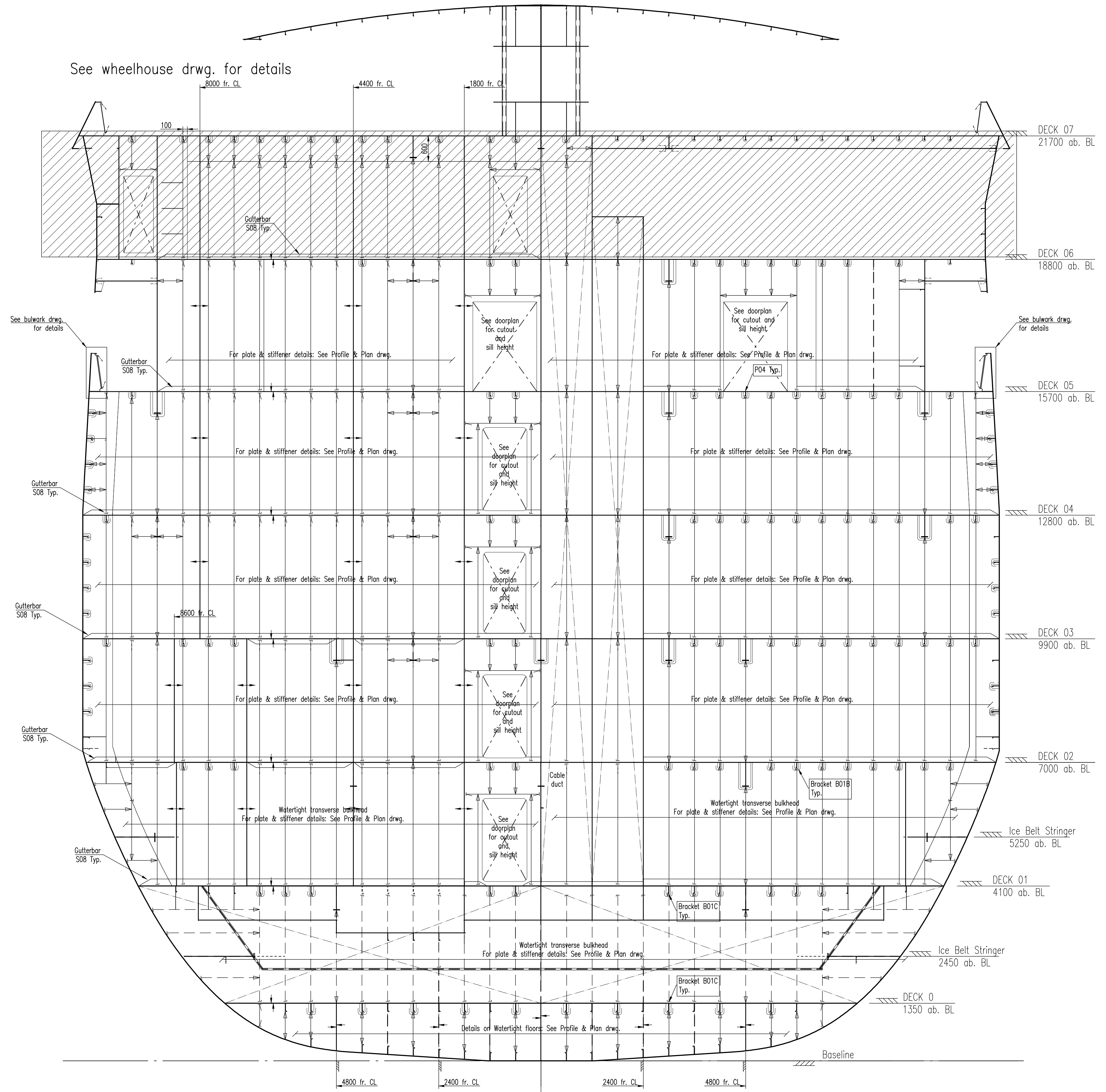


Double skin definition pending

Transverse frame #98 (Webframe)
Seen from aft

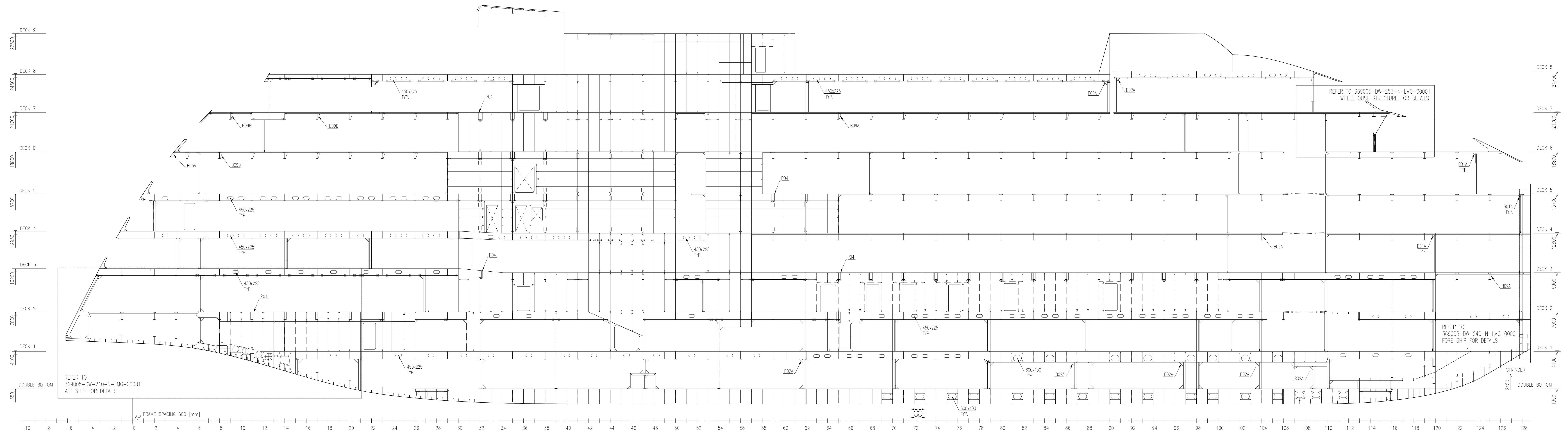
E					
D					
C					
B					
A	ISSUED FOR YARD COMMENTS	03.07.2018	Midcon	HLE	PEMA
REV.	TEXT	REV. DATE	DRAWN	CHECK.	APP.
THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LMG MARIN AS. THE DRAWING SHALL NOT BE DISCLOSED TO ANY THIRD PARTY WITHOUT THE WRITTEN PRIOR CONSENT OF LMG MARIN AS.					
DESIGNER	YARD	LMG MARIN AS DRAWING NO. 369005-DW-236-N-LMG-0001			
OWNER	Quark Expeditions The Leader in Polar Adventures	PROJECT NO.	DISC. TYPE	SFI. NO.	DISC. CODE
YARD DWG. NO.	01-230-304 / 318070	PROJECT LMG 200 PCS, YARD P1357/NB487 EXPEDITION SHIP			
REPLACEMENT FOR:		TITLE TRANSVERSE SECTIONS			
CAD TOOL	PRIMARY SCALE	SHEET SIZE	SHEET		
ACAD 2015	1:50	A1	10 of 11		

See wheelhouse drwg. for details

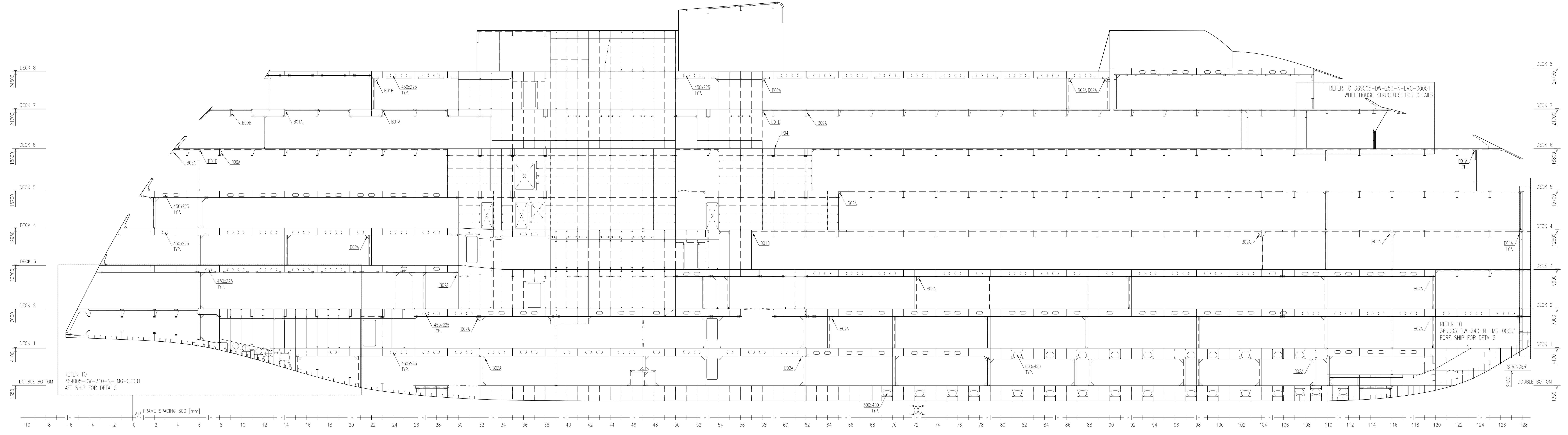


Transverse frame #110 (Webframe)
Seen from aft

E					
D					
C					
B					
A	ISSUED FOR YARD COMMENTS	03.07.2018	Midcon	HLE	PEMA
REV.	TEXT	REV. DATE	DRAWN	CHECK.	APP.
THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LMG MARIN AS. THE DRAWING SHALL NOT BE DISCLOSED TO ANY THIRD PARTY WITHOUT THE WRITTEN PRIOR CONSENT OF LMG MARIN AS.					
DESIGNER	YARD	LMG MARIN AS DRAWING NO. 369005-DW-236-N-LMG-0001			
OWNER	PROJECT	DISC. NO.	SFI. NO.	DISC. CODE	ORIGINATOR
LMG	Quark Expeditions				LMG 200 PCS, YARD P1357/NB487
YARD DWG. NO. 01-230-304 / 318070		TITLE			
REPLACEMENT FOR: -		EXPEDITION SHIP			
CAD TOOL	PRIMARY SCALE	SHEET SIZE	SHEET		
ACAD 2015	1:50	A1	11 of 11		
TRANSVERSE SECTIONS					

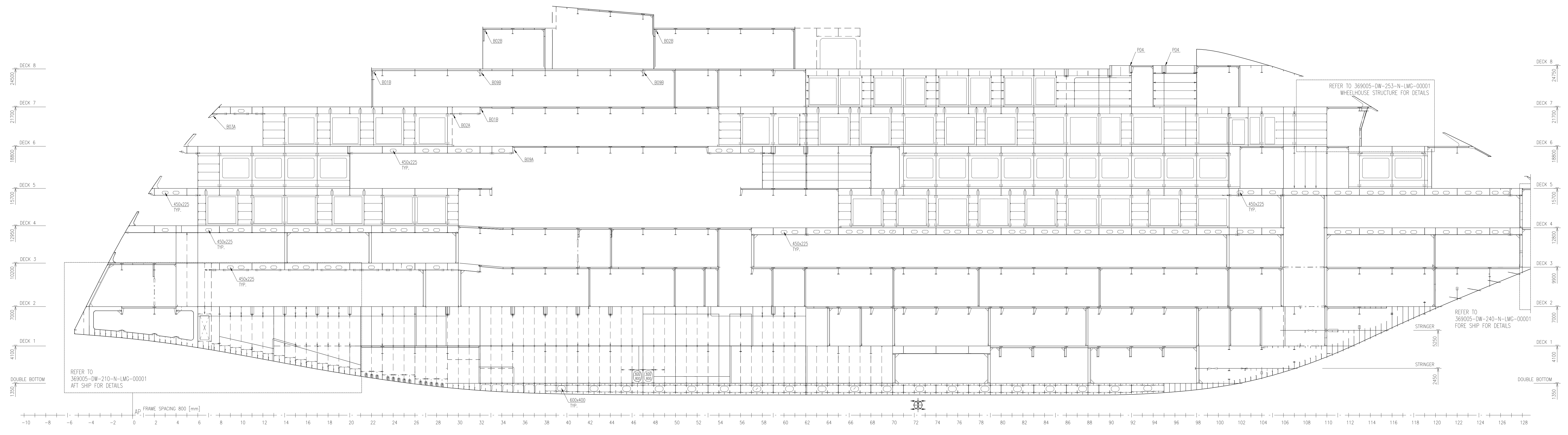


LONGITUDINAL SECTION 4800 f.c.l. PS
SEEN TOWARDS PORT

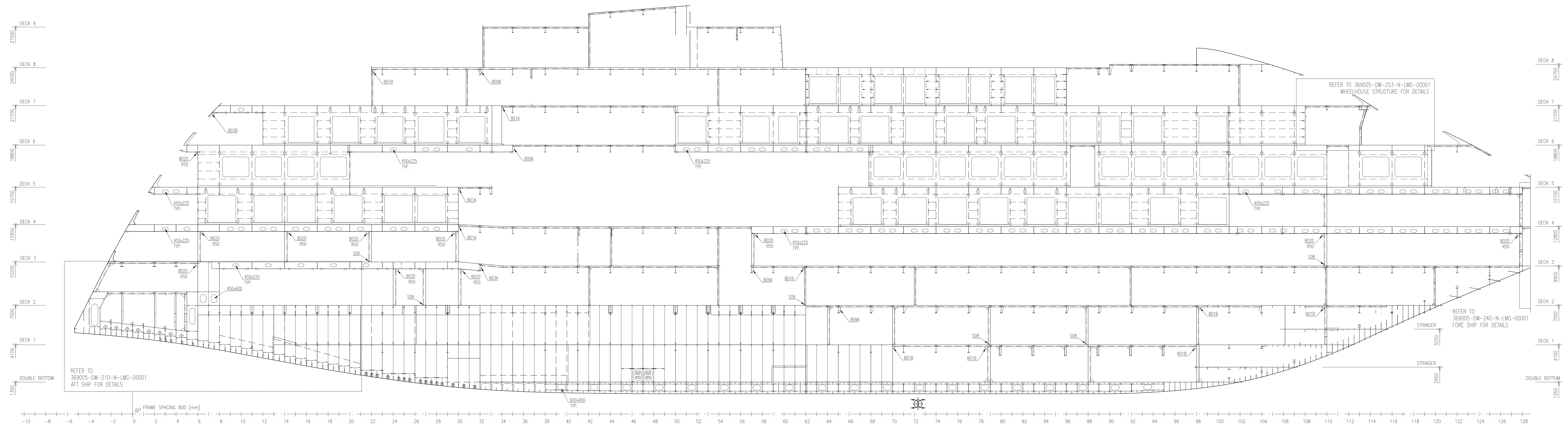


LONGITUDINAL SECTION 4800 f.c.l. SB
SEEN TOWARDS PORT

E						
D						
C						
B						
A						
REV.	TEXT	ISSUED FOR YARD COMMENTS	03.07.2018	Misoon	HLE	PEMA
			REV. DATE	DRAWN	CHECK.	APP.
THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LMG MARIN AS. THE DRAWING SHALL NOT BE DISCLOSED TO ANY THIRD PARTY WITHOUT THE WRITTEN PRIOR CONSENT OF LMG MARIN AS.						
DESIGNER	LMG MARIN AS	DRAWING NO.	369005-DW-237-N-LMG-00001	PROJECT NO.	01-230-305 / 318071	SCALE
OWNER	Quark Expeditions	PROJECT	LMG 200 PCS, YARD P1357/NB487	SHIP	EXPEDITION SHIP	TITLE
DATE	03.07.2018	SCALE	1:100	SHEET NO.	2	SHEET
ACAD	2015	PRIMARY SCALE	1:100	SHEET SIZE	A0	SHEET
						2 of 3
LONGITUDINAL SECTIONS						

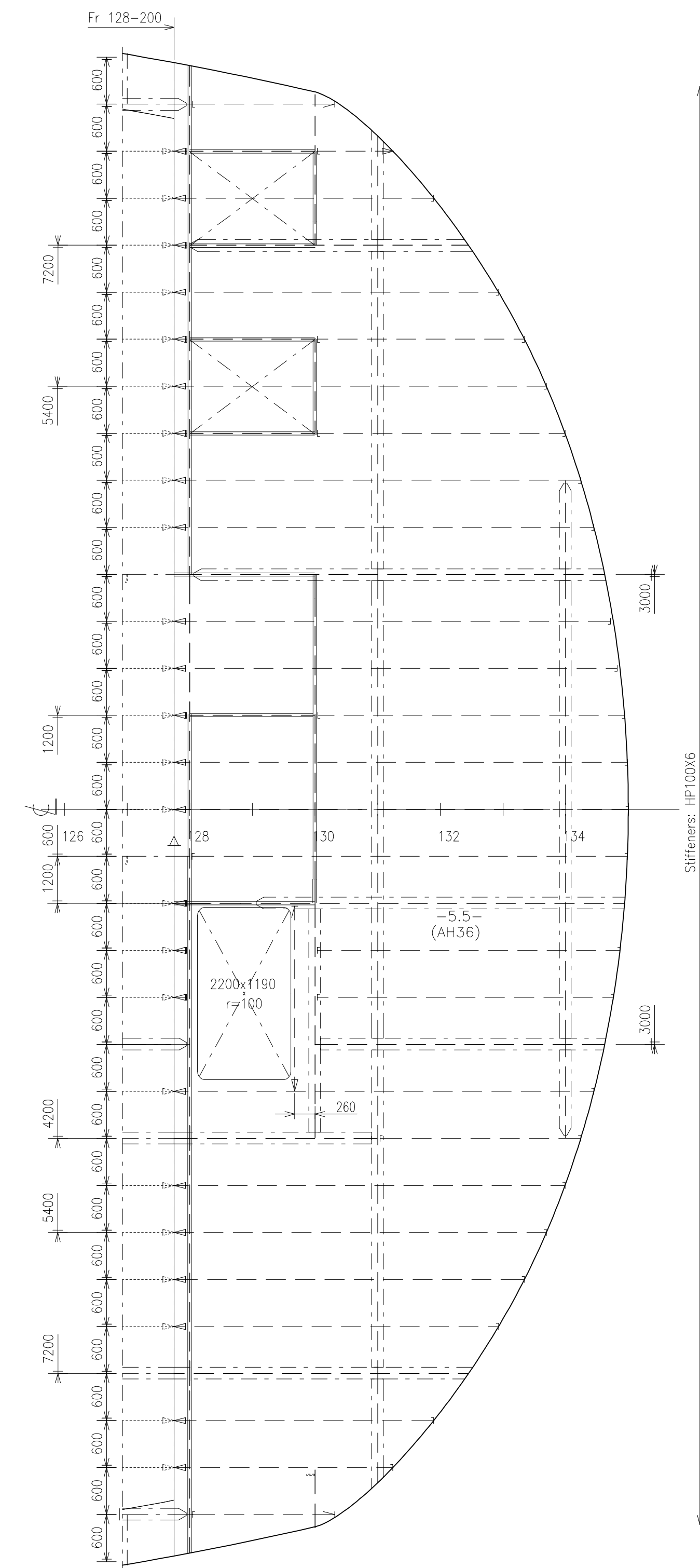
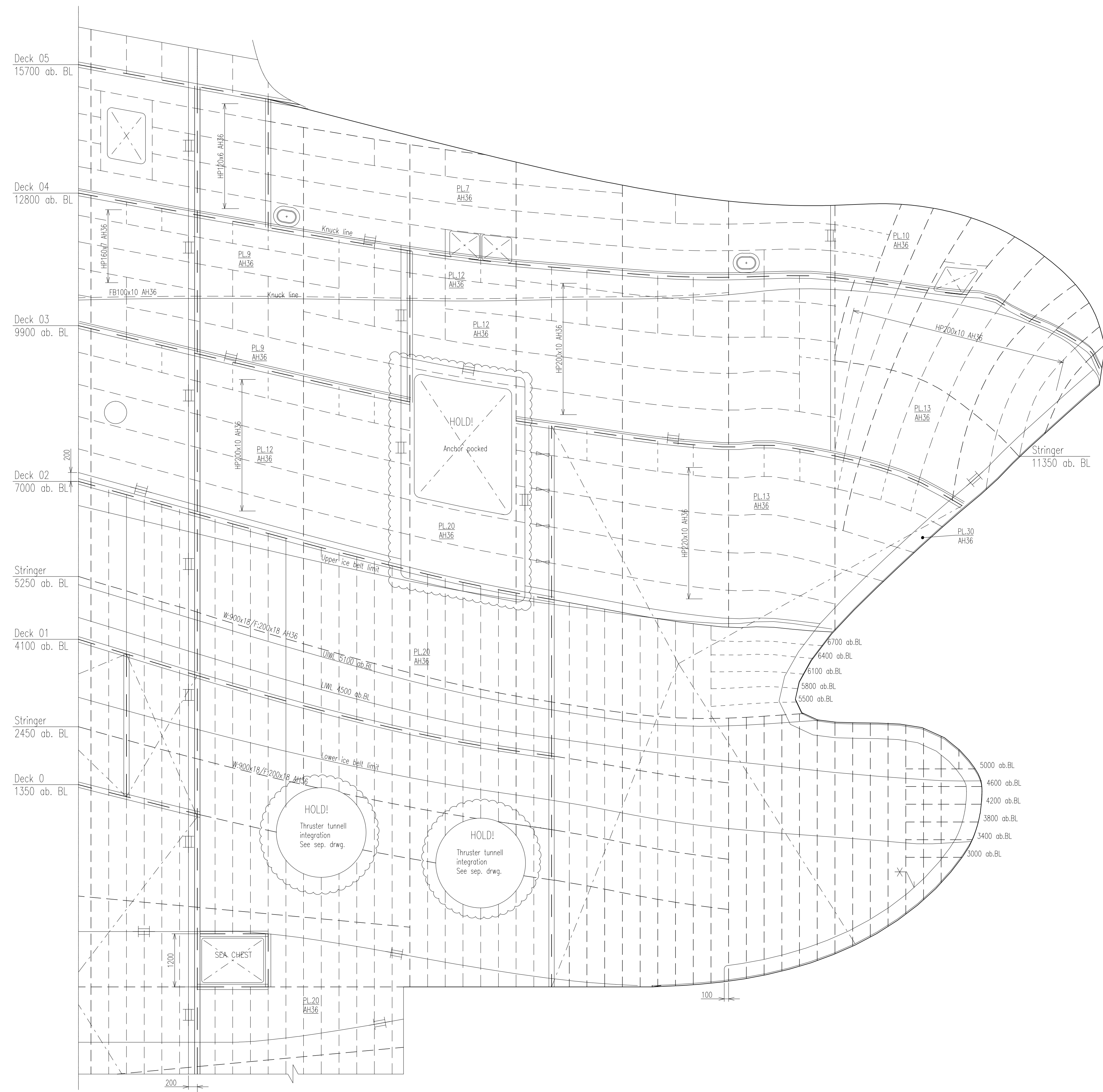


LONGITUDINAL SECTION 9000 f.CL PS
SEEN TOWARDS PORT



LONGITUDINAL SECTION 9000 f.CL SB
SEEN TOWARDS PORT

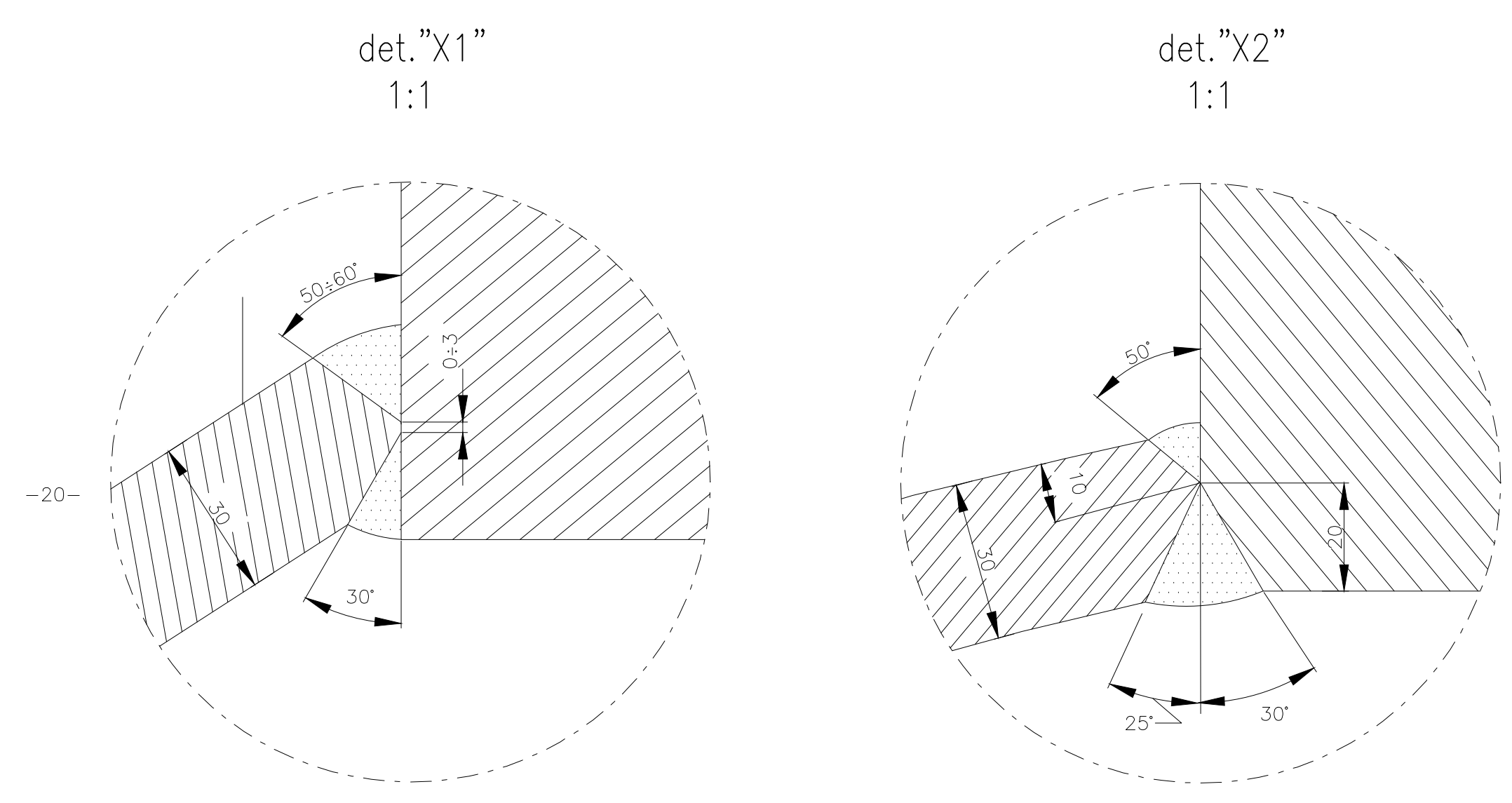
E					
D					
C					
B					
A					
REV.	TEXT	ISSUED FOR YARD COMMENTS	03.07.2018	Misoon	MLE
REV.	TEXT				PEMA
THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LMG MARIN AS. THE DRAWING SHALL NOT BE DISCLOSED TO ANY THIRD PARTY WITHOUT THE WRITTEN PRIOR CONSENT OF LMG MARIN AS.					
OWNER	LMG MARIN AS	DRAWING NO.	369005-DW-237-N-LMG-00001		
OWNER	Quark Expeditions	PROJECT NO.	01-230-305 / 318071		
YARD DWG. NO.		REPLACEMENT FOR			
DATE	03.07.2018	SCALE	1:100		
			SHEET NO.	3 of 3	
			LONGITUDINAL SECTIONS		



DECK 05
15700 above base

VERT. WEB FRAMES ABOVE DECK 04	W400x10/Ft100x12 AH36	
VERT. WEB FRAMES ABOVE DECK 03	W500x10/Ft150x12 AH36	W500x10/Ft200x12 AH36
VERT. WEB FRAMES ABOVE DECK 02	W500x10/Ft150x12 AH36	
VERT. WEB FRAMES ABOVE DECK 01	W550x18/Ft150x18 AH36	
VERT. WEB FRAMES ABOVE DECK 0	W550x18/Ft150x18 AH36	
VERT. STIFFENERS (0x17000 ob.BL)	W285x15/Ft100x15 AH36	

SHELL EXPANSION SB
PS - SIMILARLY

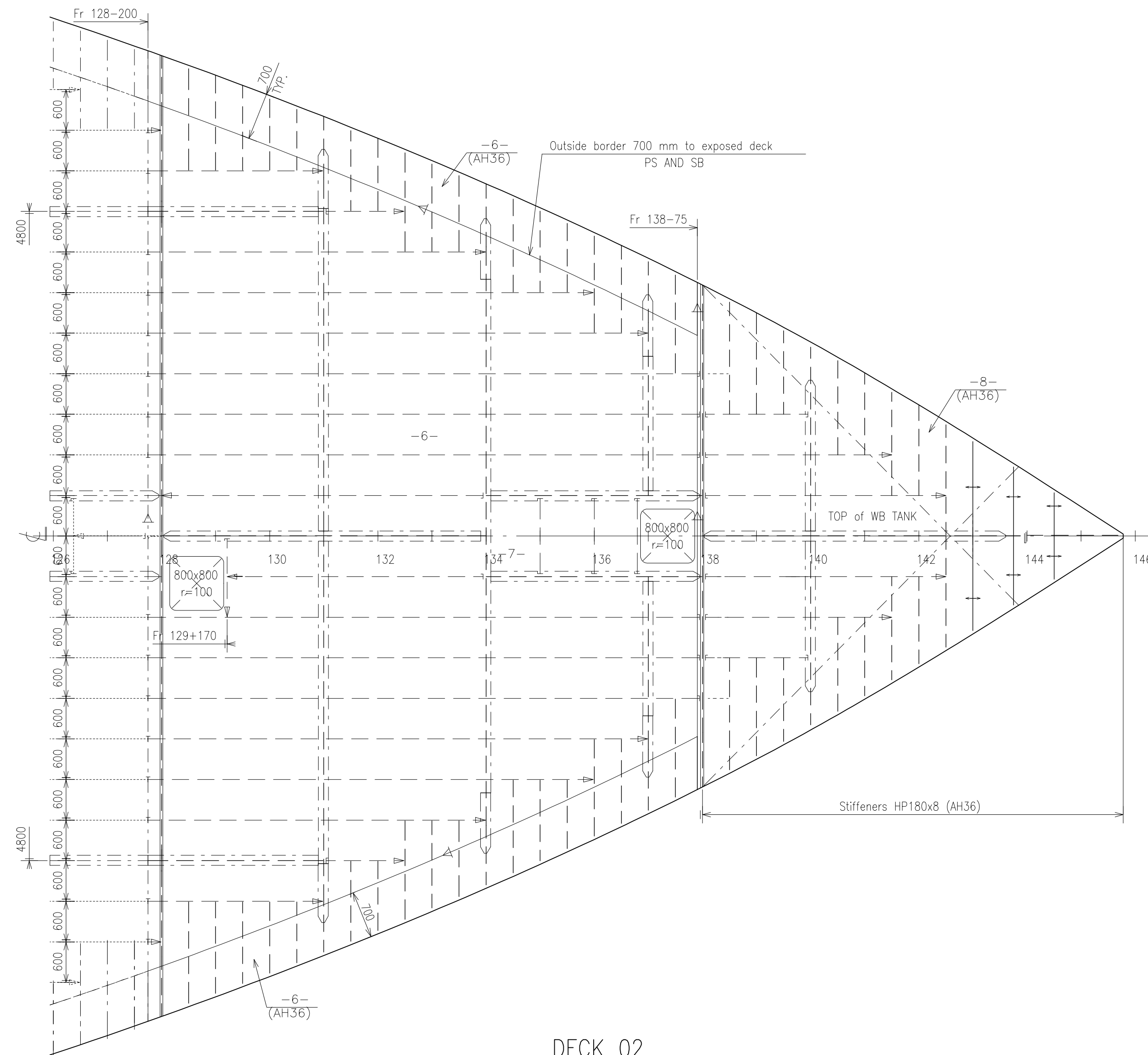


- MARKING OF STIFFENER ENDS
- sniped ends (flat bar)
 - sniped ends (bulb bar)
 - sniped ends (angle bar)
 - ends with bckt's
 - welded ends
 - welded ends with bckt's

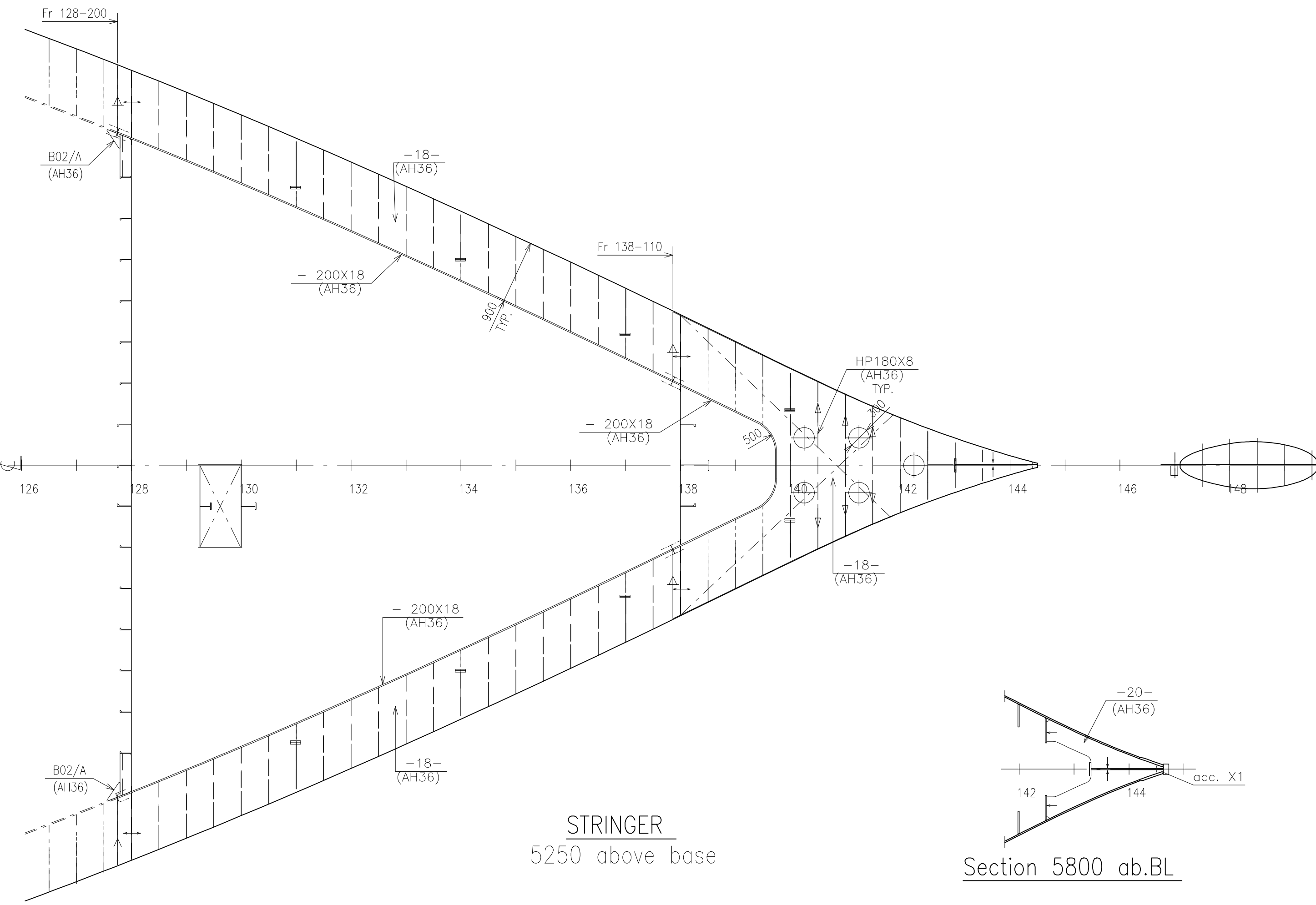
NOTES:
1. ALL MATERIALS TO BE 'N'-AS UNLESS NOTED OTHERWISE
2. DETAILS ARE SHOWN ON STANDARD STRUCTURAL DETAILS DRAWING
3. DRAWING COMPATIBLE WITH GA rev A

PROJECT REFERENCES:
369005-DW-101-C-LMG-00001 GENERAL ARRANGEMENT
369005-DW-200-N-LMG-00001 STEEL DEFINITION PLAN
369005-DW-205-N-LMG-00000 MATERIAL GRADE PLAN
369005-DW-200-N-LMG-00003 TYPICAL STRUCTURAL DETAILS
369005-DW-230-N-LMG-00001 MESHUP SECTION
369005-DW-230-N-LMG-00002 PROFILE AND DECKS PLAN
369005-DW-230-N-LMG-00003 SHELL EXPANSION & FRAMING PLAN
369005-DW-236-N-LMG-00001 TRANSVERSE SECTIONS
369005-DW-237-N-LMG-00001 LONGITUDINAL SECTIONS

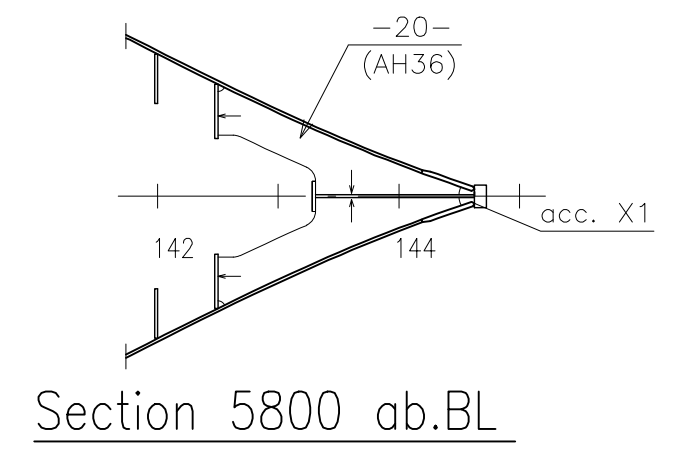
E					
D					
C					
B					
A					
REV.		TEXT	ISSUED FOR YARD COMMENTS	11.07.2018	MDCON SML PEMA
REV.		TEXT			REV DATE DRAWN CHECK APP.
THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LMG MARIN AS. THE DRAWING SHALL NOT BE DISCLOSED TO ANY THIRD PARTY WITHOUT THE WRITTEN PRIOR CONSENT OF LMG MARIN AS.					
OWNER			LMG MARIN AS DRAWING NO. 369005-DW-240-N-LMG-00001 PROJECT NO. 369005-DW-240-N-LMG-00001 SHEET NO. 1 OF 8		
TITLE LMG 200 PCS, YARD P1357/NB487 EXPEDITION SHIP		FORE SHIP			



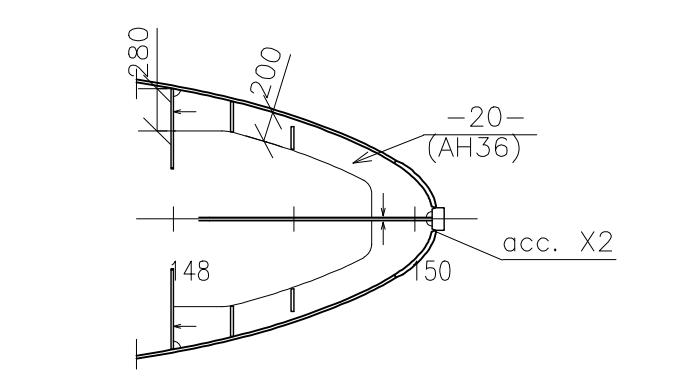
DECK 02
7000 above base
Stiffeners - HP120x6 UNLESS OTHERWISE INDICATED



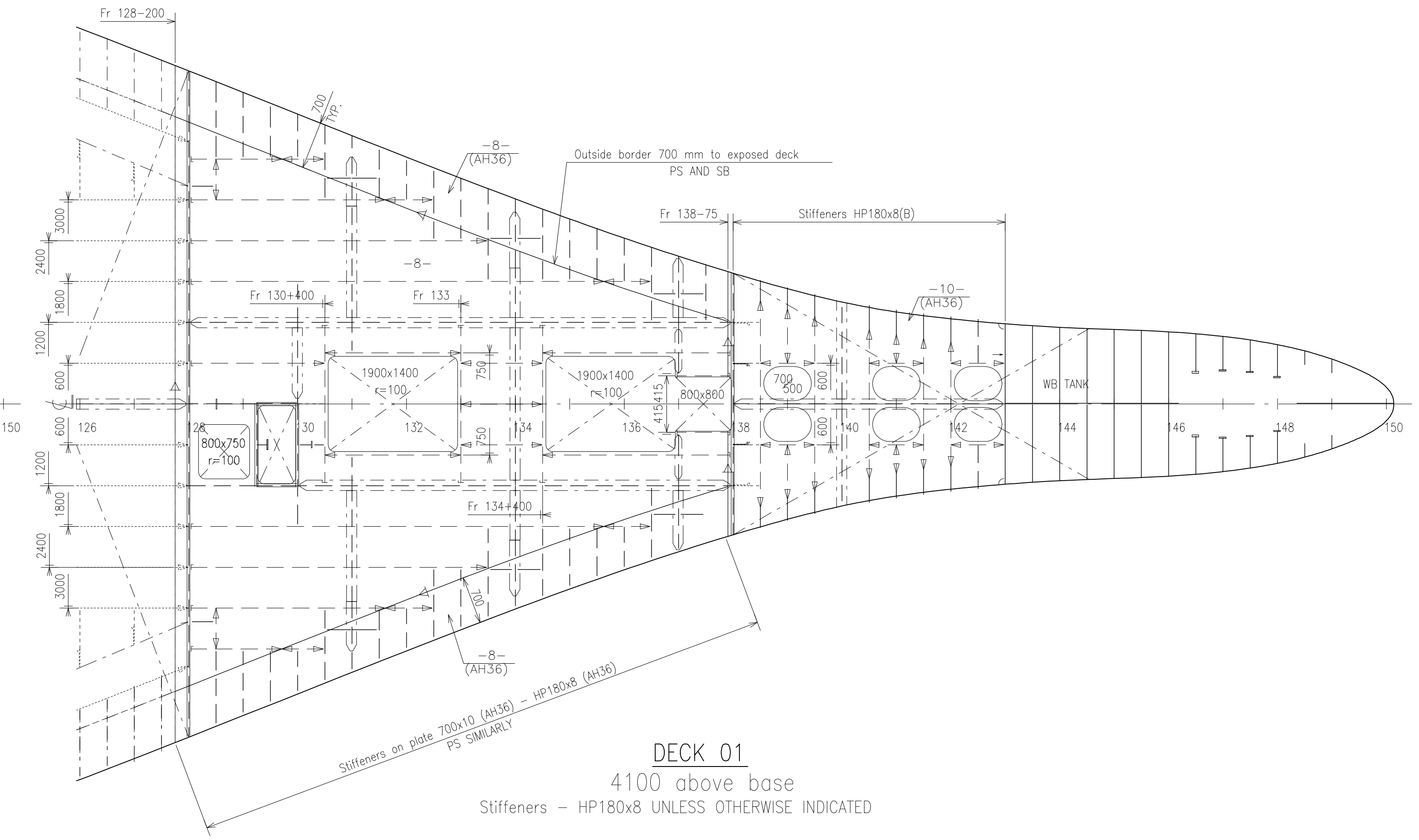
STRINGER
5250 above base



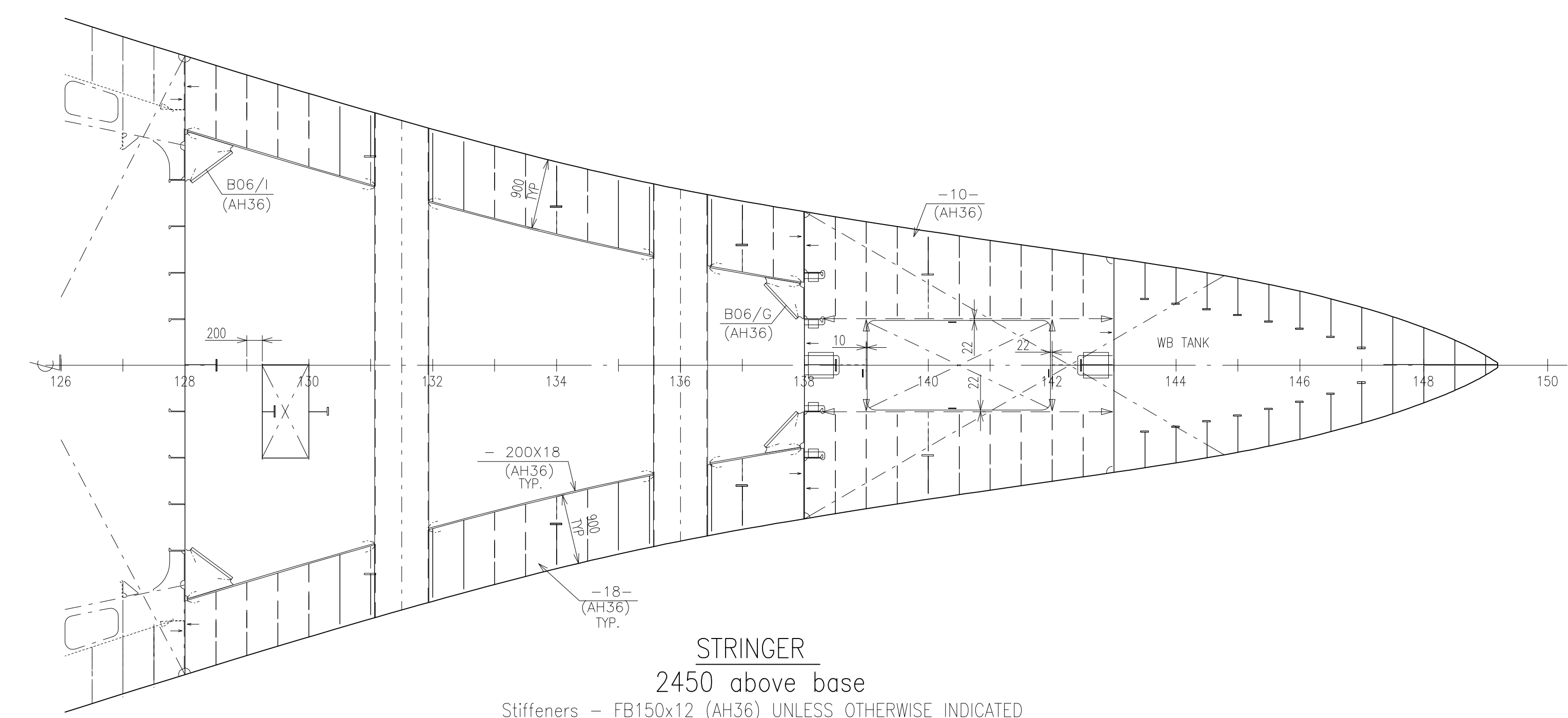
Section 5800 ab.BL



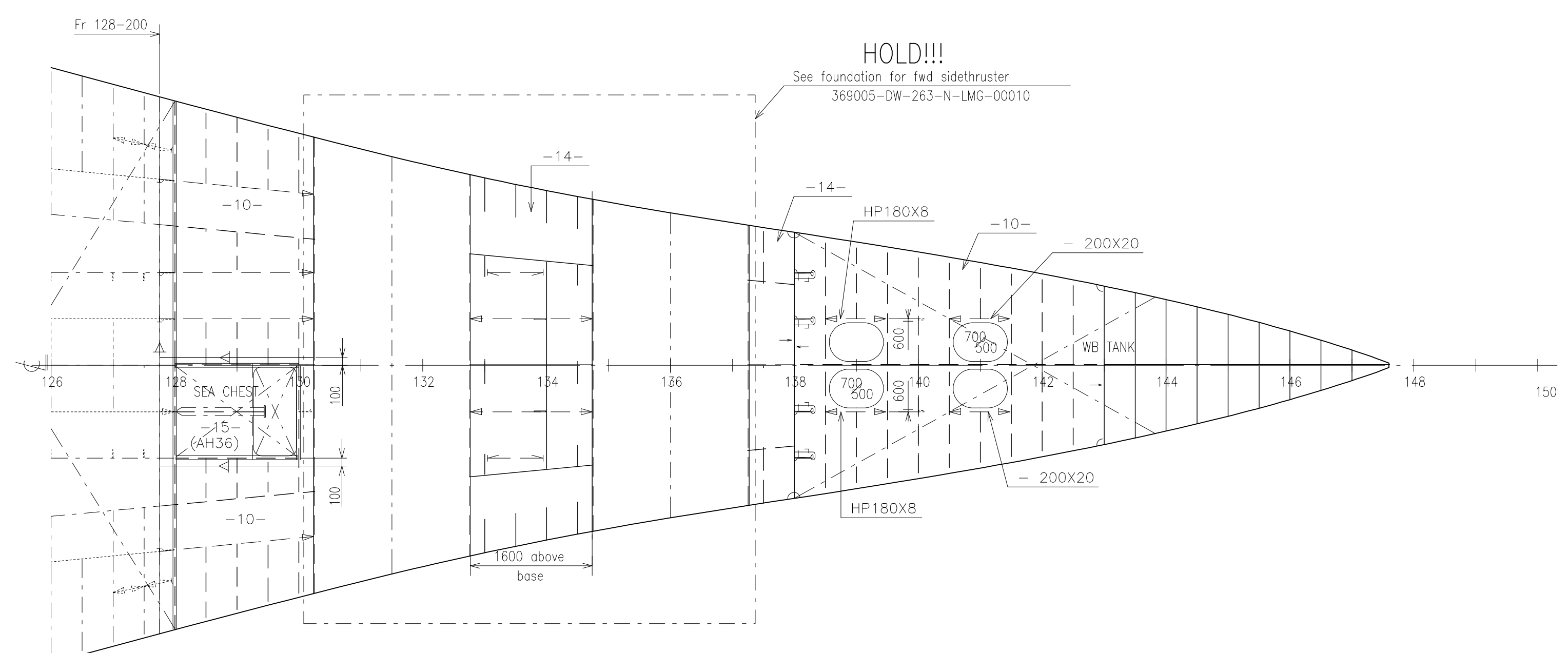
Section 4200 ab.BL



DECK 01
4100 above base
Stiffeners - HP180x8 UNLESS OTHERWISE INDICATED

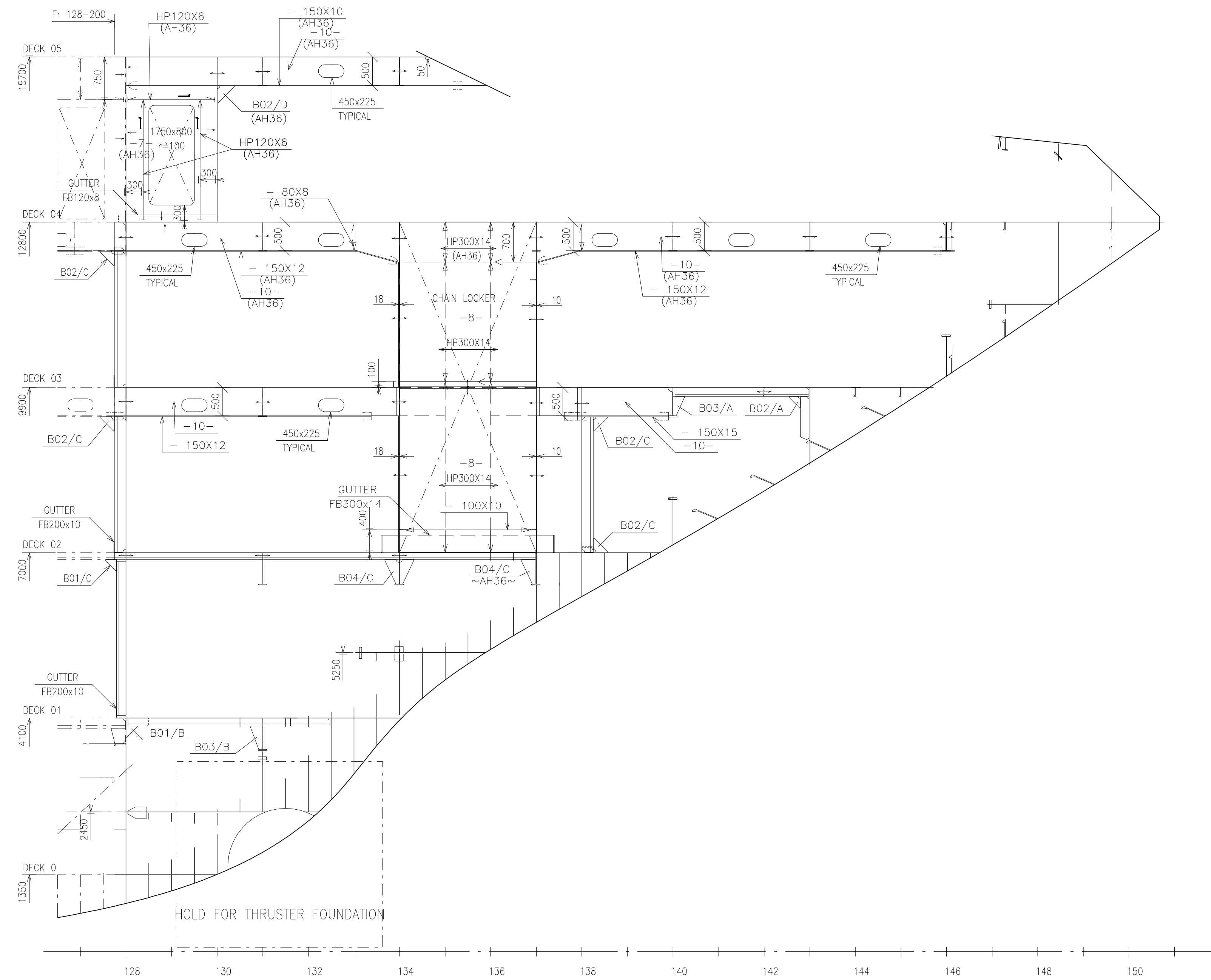


STRINGER
2450 above base
Stiffeners - FB150x12 (AH36) UNLESS OTHERWISE INDICATED

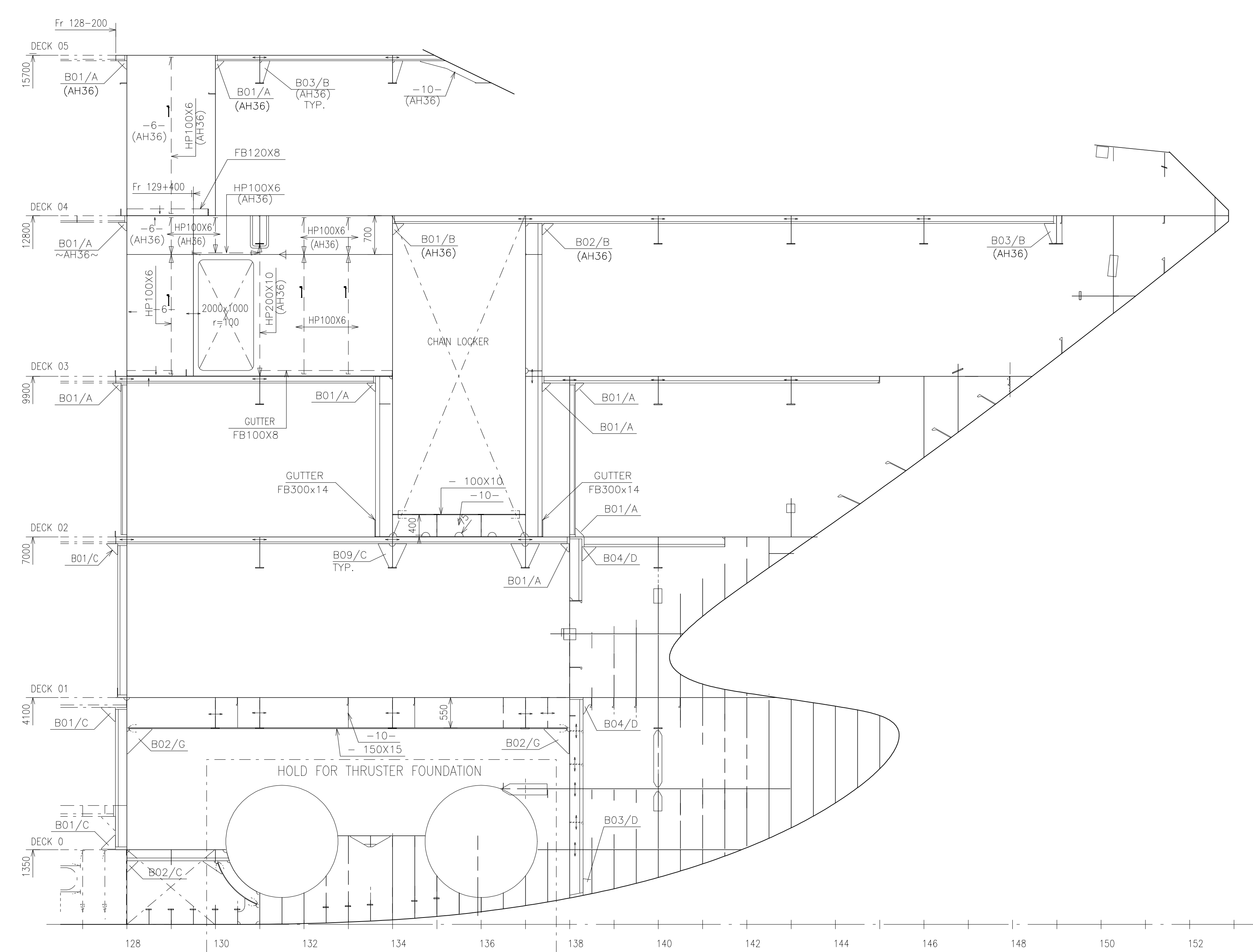


DECK 0
1350 above base
Stiffeners - HP200x10 UNLESS OTHERWISE INDICATED

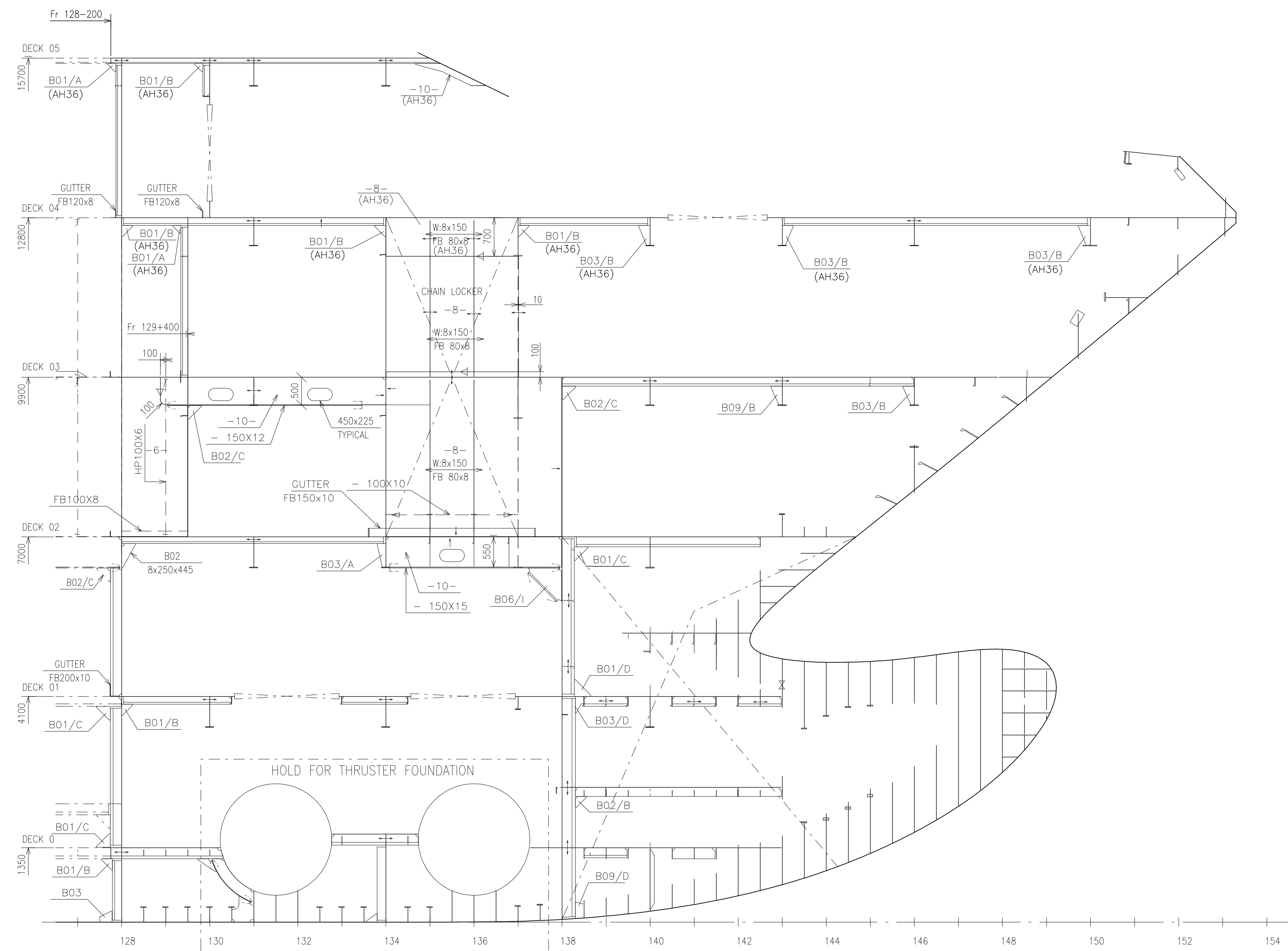
E					
D					
C					
B					
A					
ISSUED FOR YARD COMMENTS		11.07.2018	MDCON	SNL	PEMA
REV.	TEXT		REV.DATE	DRAWN	CHECK, APP.
THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LMG MARIN AS. THE DRAWING SHALL NOT BE DISCLOSED TO ANY THIRD PARTY WITHOUT THE WRITTEN PRIOR CONSENT OF LMG MARIN AS.					
DESIGNER	LMG MARIN AS	DRAWING NO.	369005-DW-240-N-LMG-00001		
OWNER	Quark Expeditions	PROJECT	LMG 200 PCS, YARD P1357/NB487	EXPEDITION SHIP	
YARD DWG. NO.	01-240-300 / 318072	TITLE	FORE SHIP		
REV. TOOL	ACAD 2015	PRIMARY SCALE	1:50	SHEET SIZE	A0
				SHEET	3 of 8



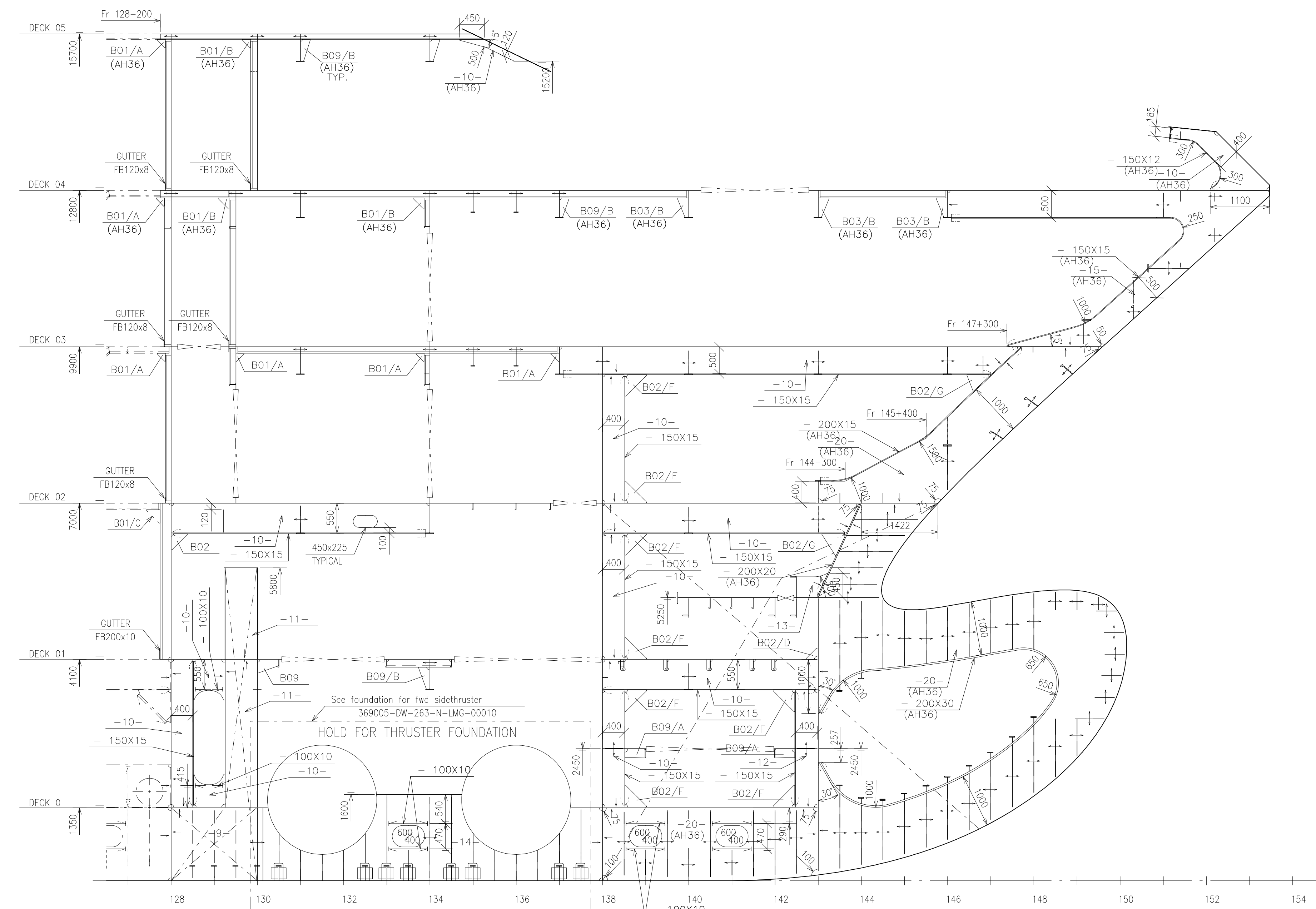
Long. section 3000 off C.L. PS



Long. section 1200 off C.L. PS

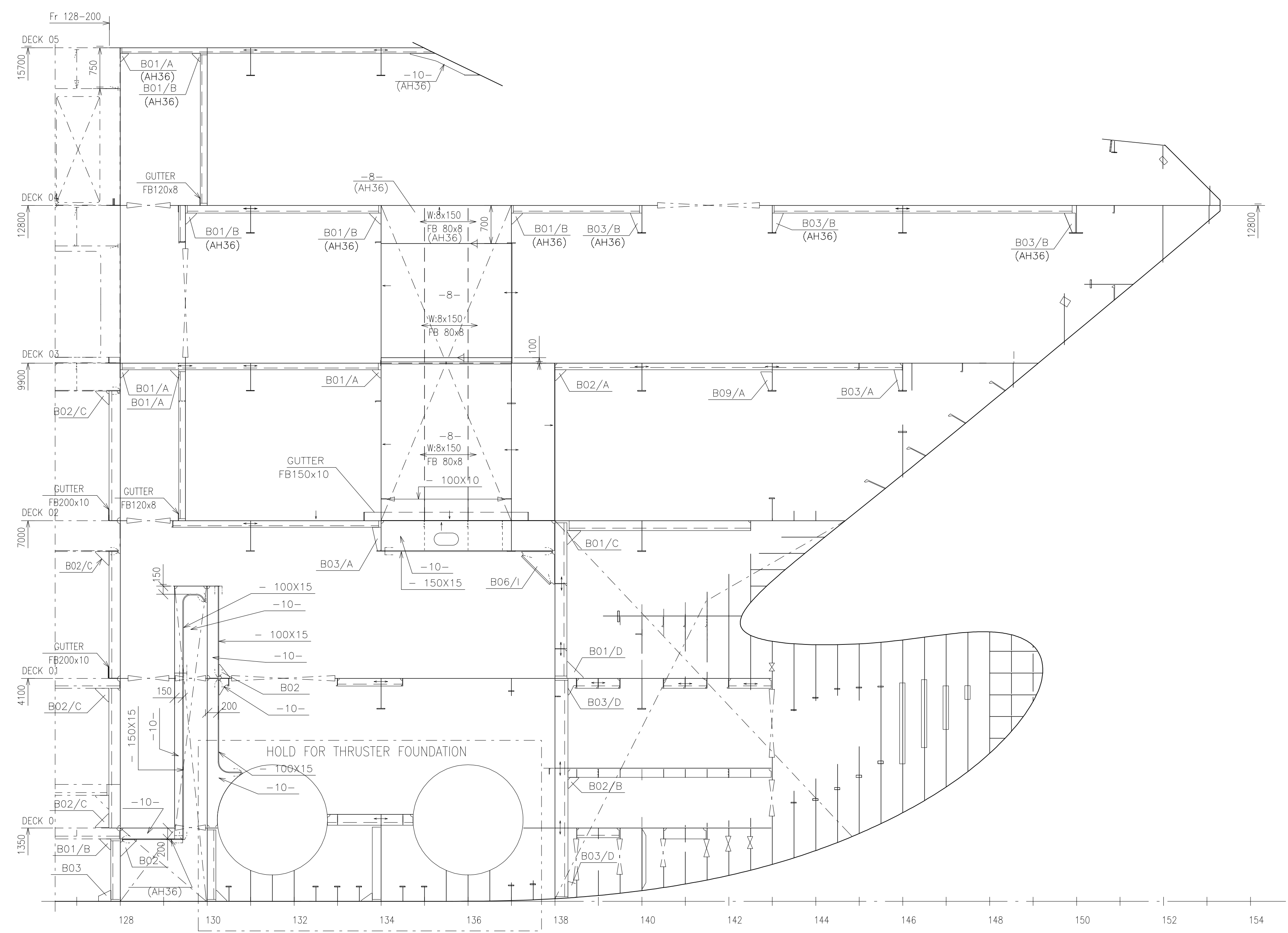


Long. section 600 off C.L. PS

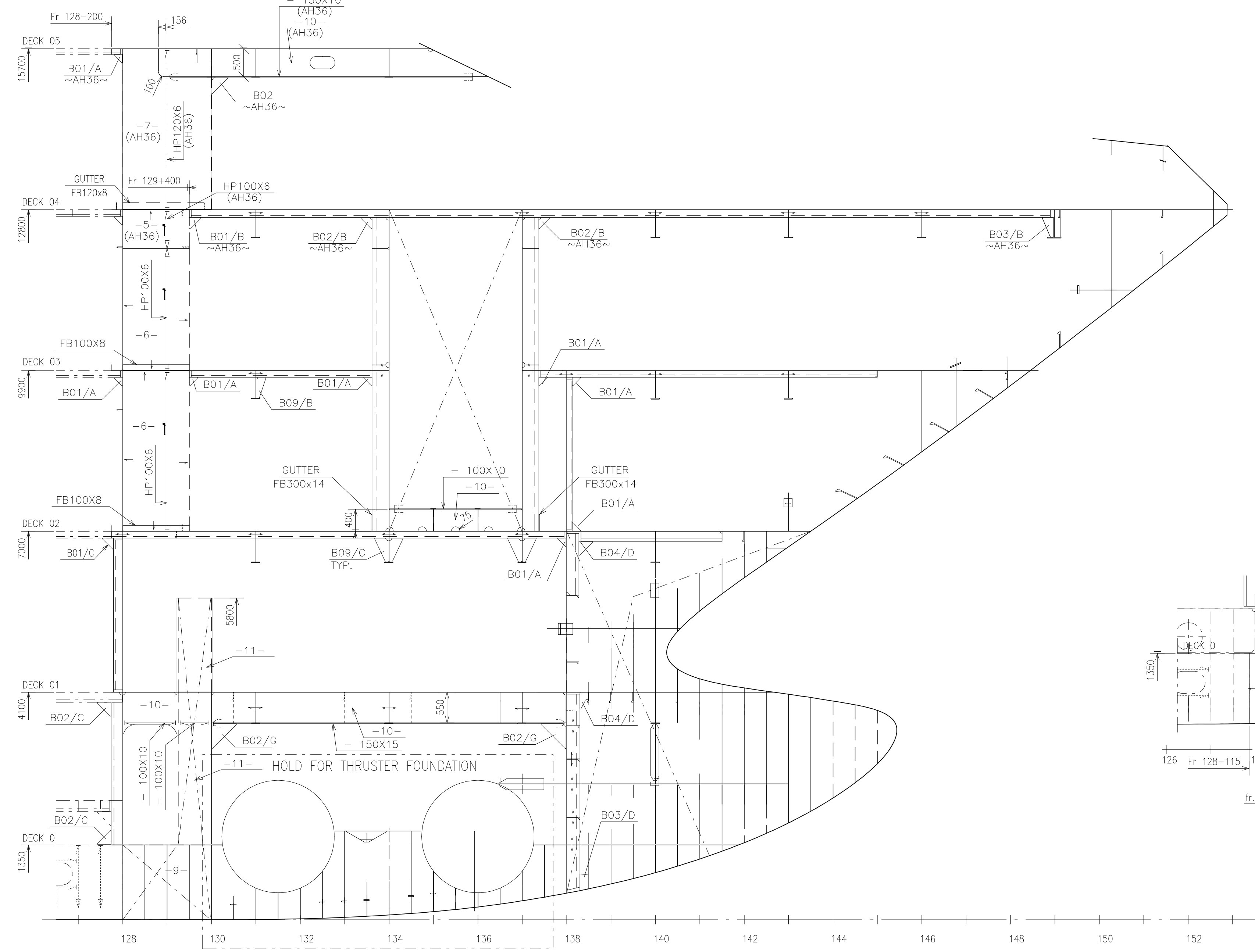


Section at C.L.

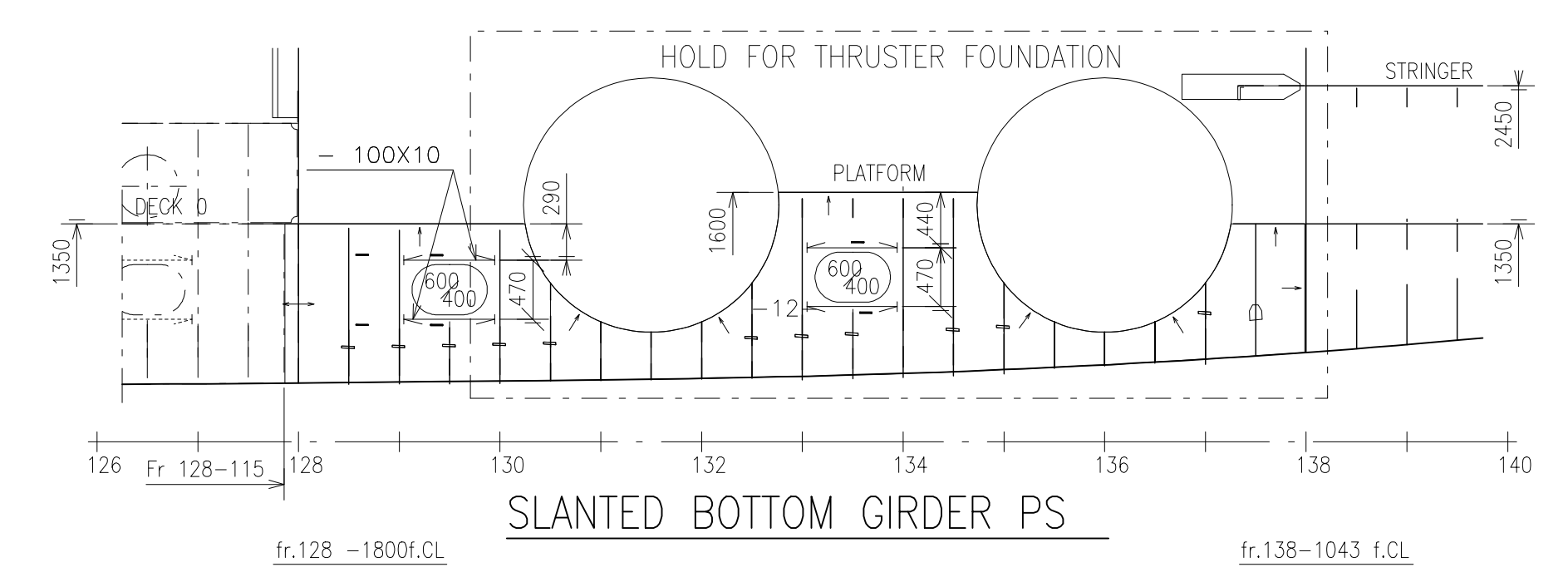
E					
D					
C					
B					
A	ISSUED FOR YARD COMMENTS	11.07.2018	MDCON	SNL	PEMA
REV.	TEXT		REV.DATE	DRAWN	CHECK, APP.
THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LMG MARIN AS. THE DRAWING SHALL NOT BE DISCLOSED TO ANY THIRD PARTY WITHOUT THE WRITTEN PRIOR CONSENT OF LMG MARIN AS.					
OWNER	LMG MARIN AS	PROJECT NO.	369005-DW-240-N-LMG-00001	DRAWING NO.	
OWNER	Quark Expeditions	PROJECT	LMG 200 PCS, YARD P1357/NB487	EXPEDITION SHIP	
YARD DWG. NO.	01-240-300 / 318072	TITLE	FORE SHIP		
REPLACEMENT FOR		SCALE	AS SHOWN		
DATE	2018	SCALE	1:50	SHEET NO.	4 of 8



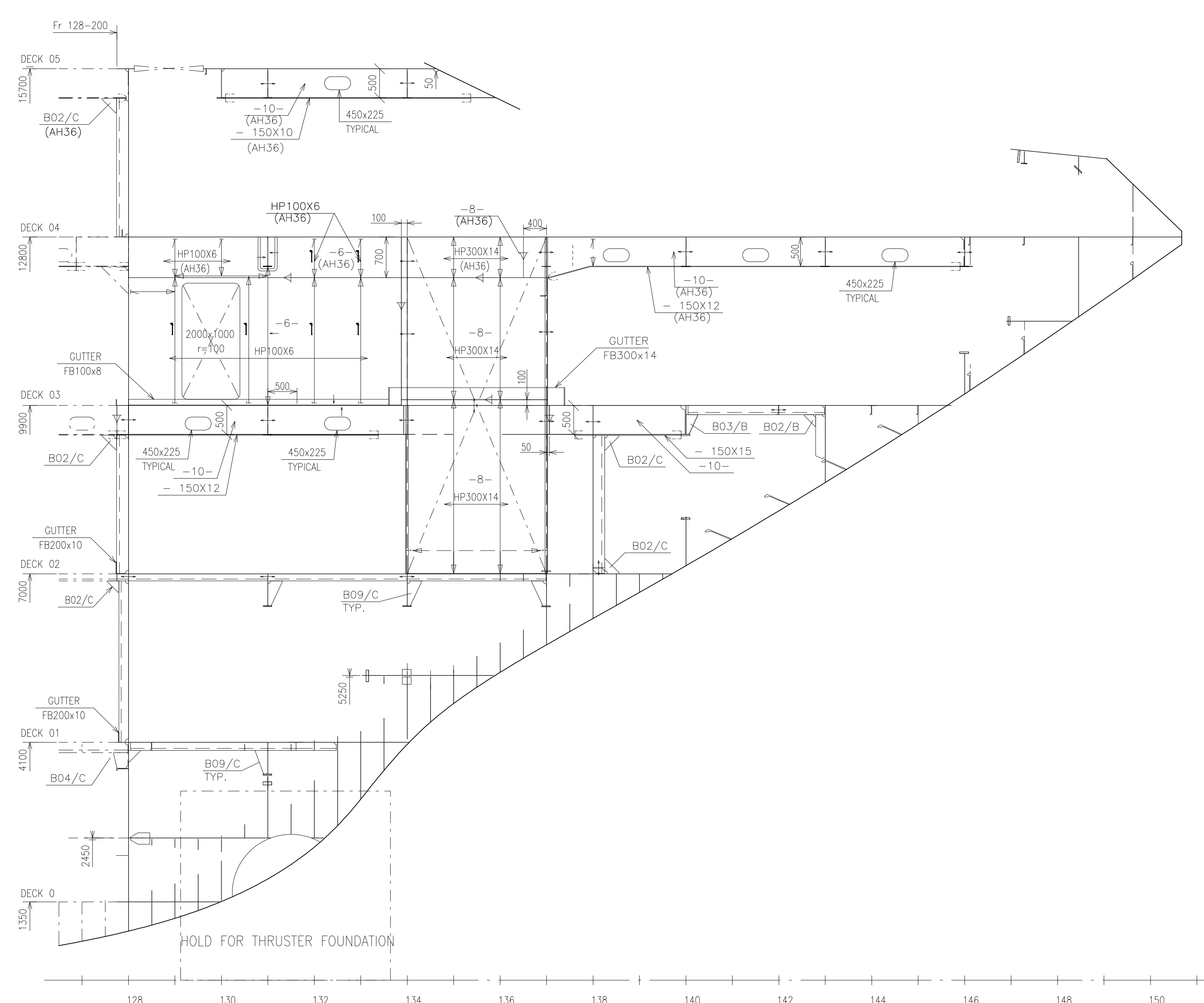
Long. section 600 off C.L. SB



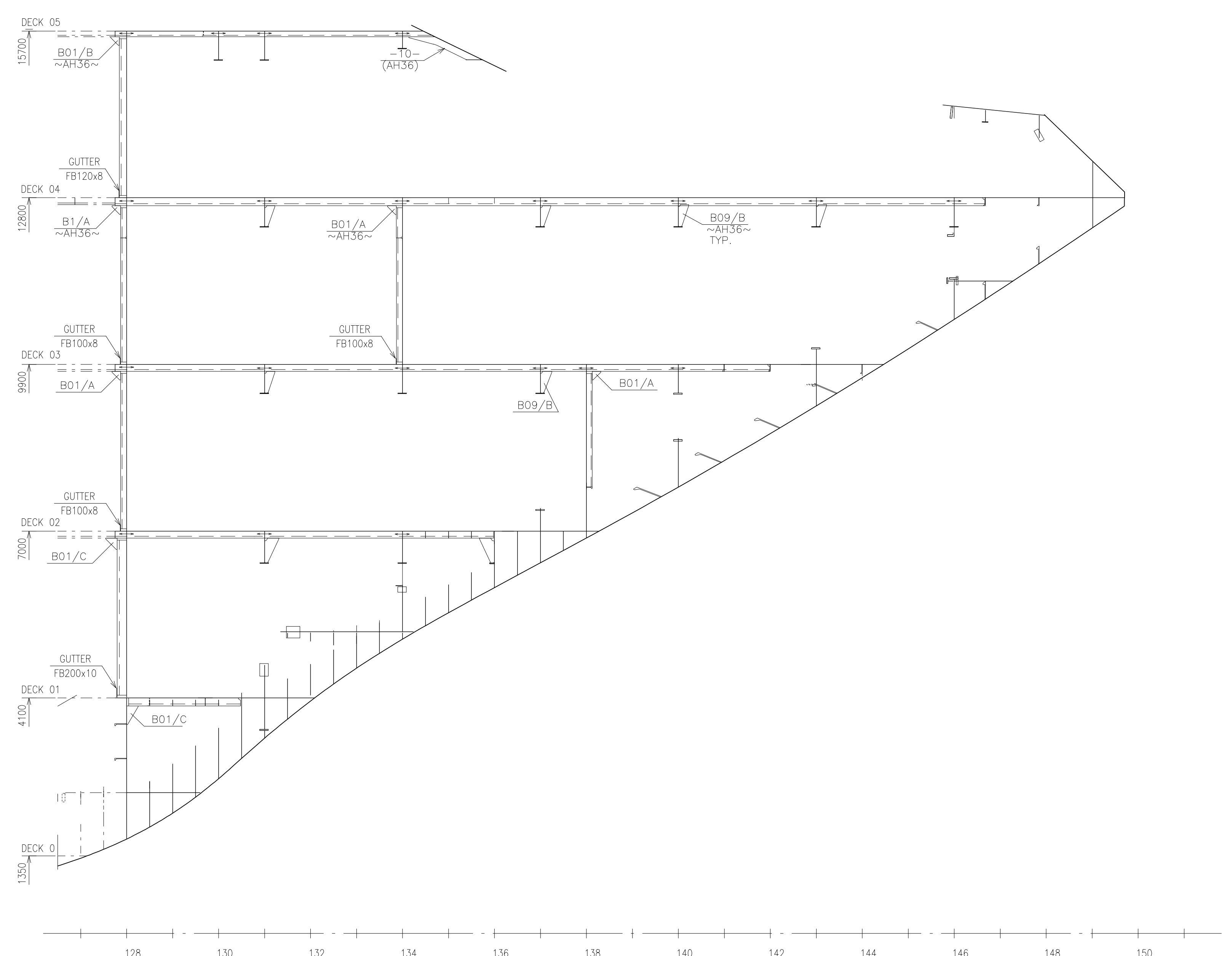
Long. section 1200 off C.L. SB



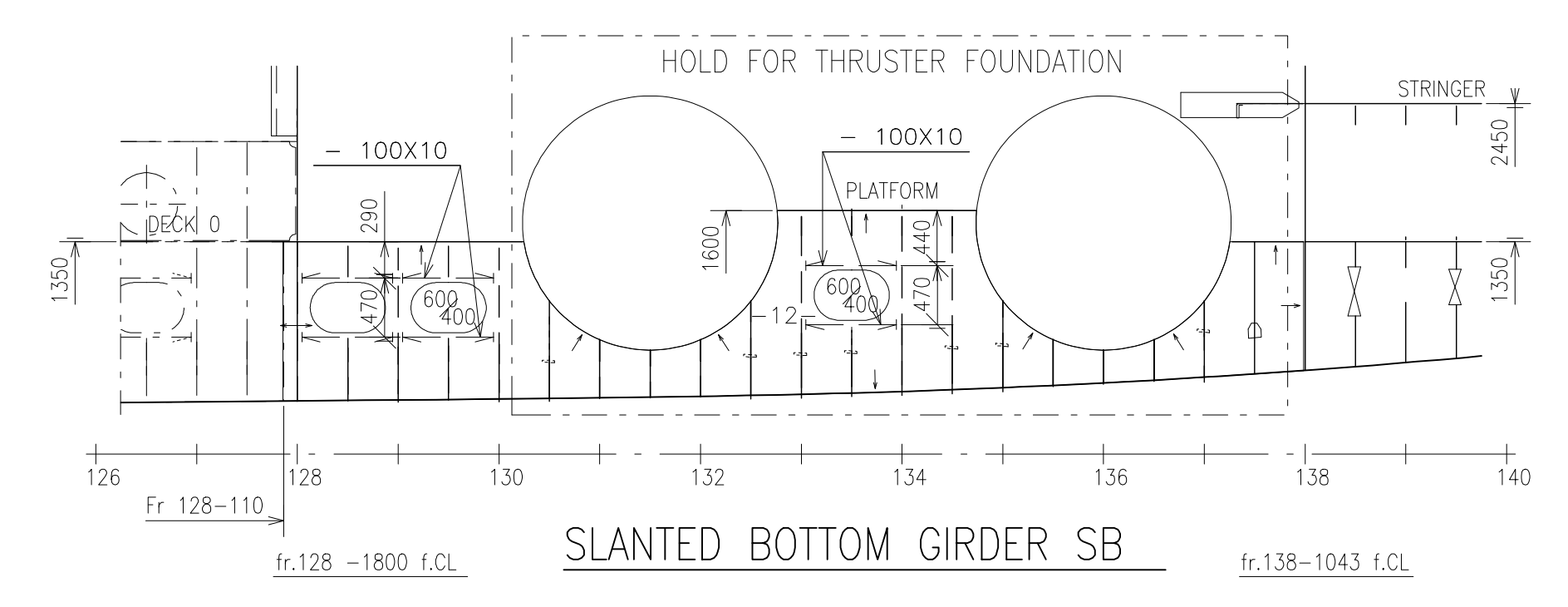
SLANTED BOTTOM GIRDER PS



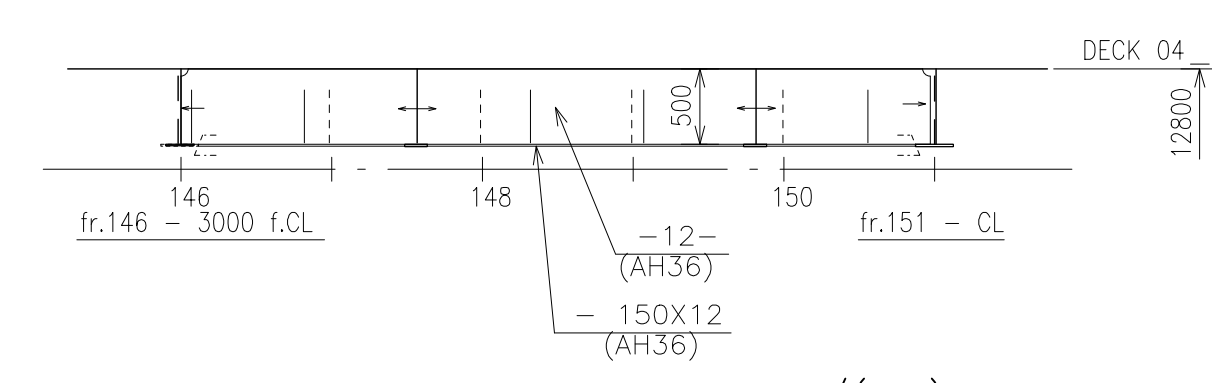
Long. section 3000 off C.L. SB



Long. section 3600 off C.L. SB/(PS)



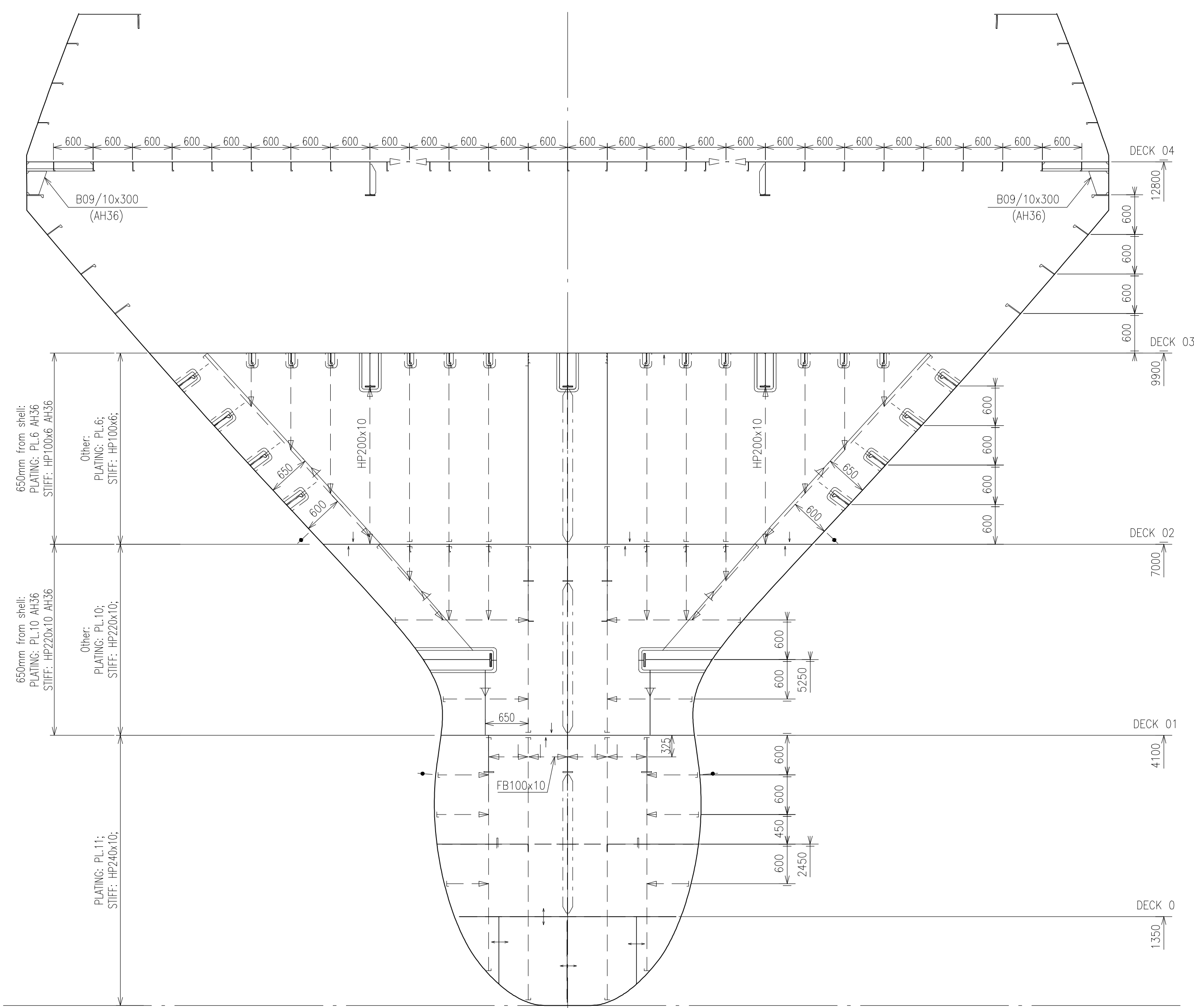
SLANTED BOTTOM GIRDER SB



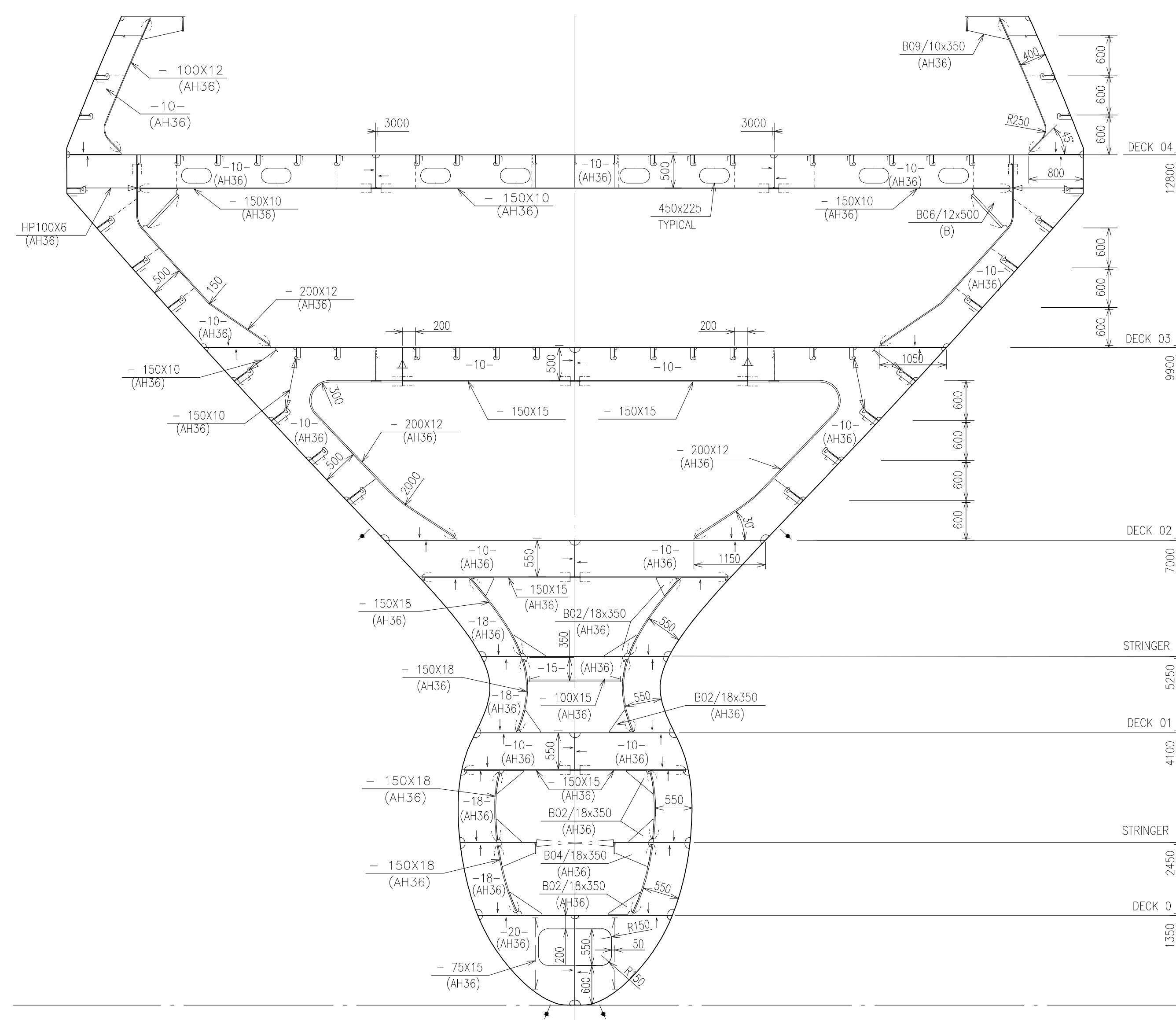
SLANTED DECK GIRDER SB/(PS)

E					
D					
C					
B					
A					

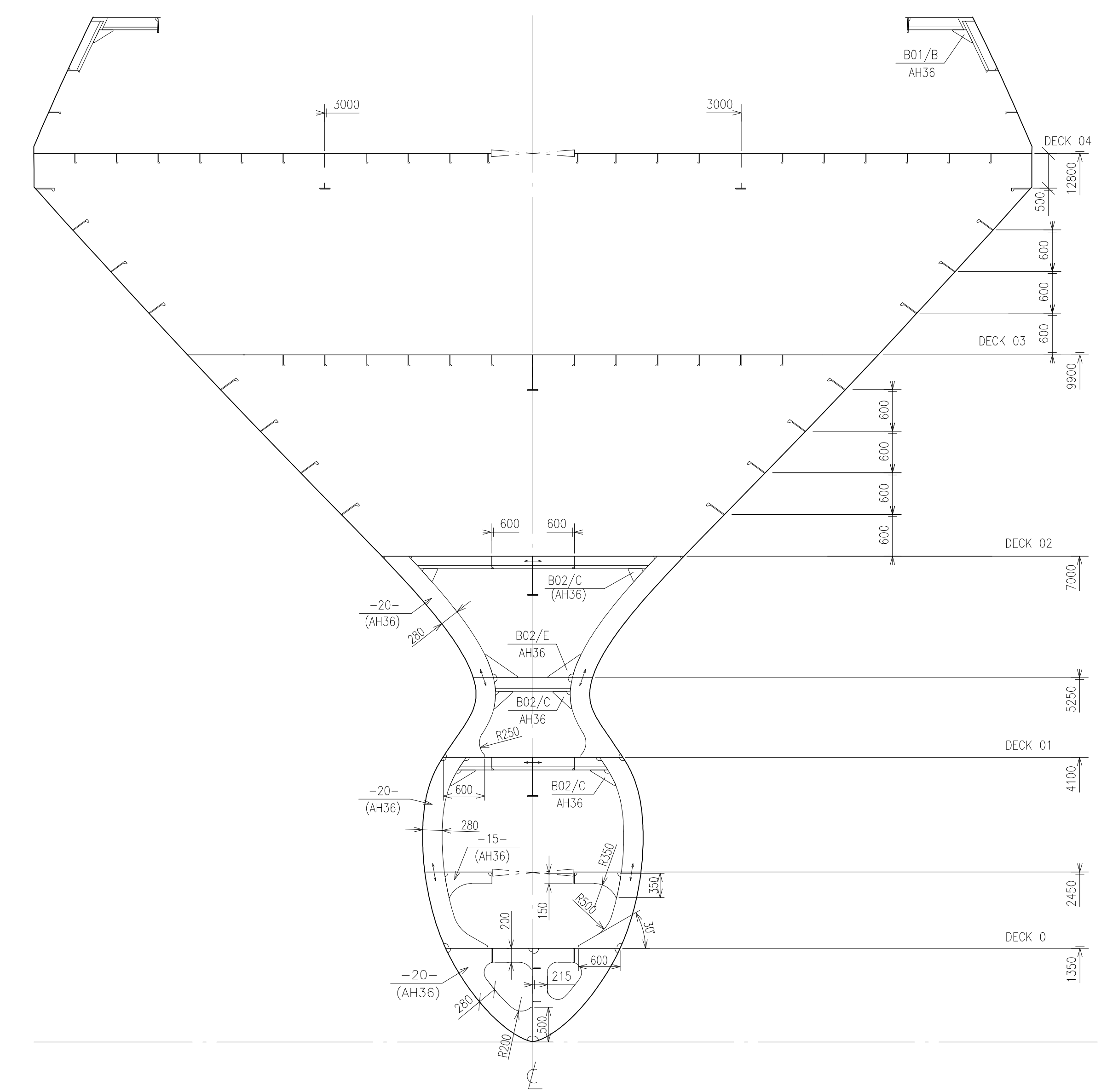
DESIGNED BY	LMG MARIN AS	PROJECT NO.	369005-DW-240-N-LMG-00001
DRAWN BY	BRODOSPLIT	DATE	11.07.2018
CHECKED BY		SCALE	1:50
APPROVED BY		SHEET NO.	5 of 8
OWNER	Quark Expeditions	TITLE	FORE SHIP
YARD DWG. NO.	01-240-300 / 318072		
REPLACEMENT FOR			
CGD TOOL	ACAD 2015	PRIMARY SCALE	1:50
		SHEET SIZE	A0
		SHEET	5 of 8



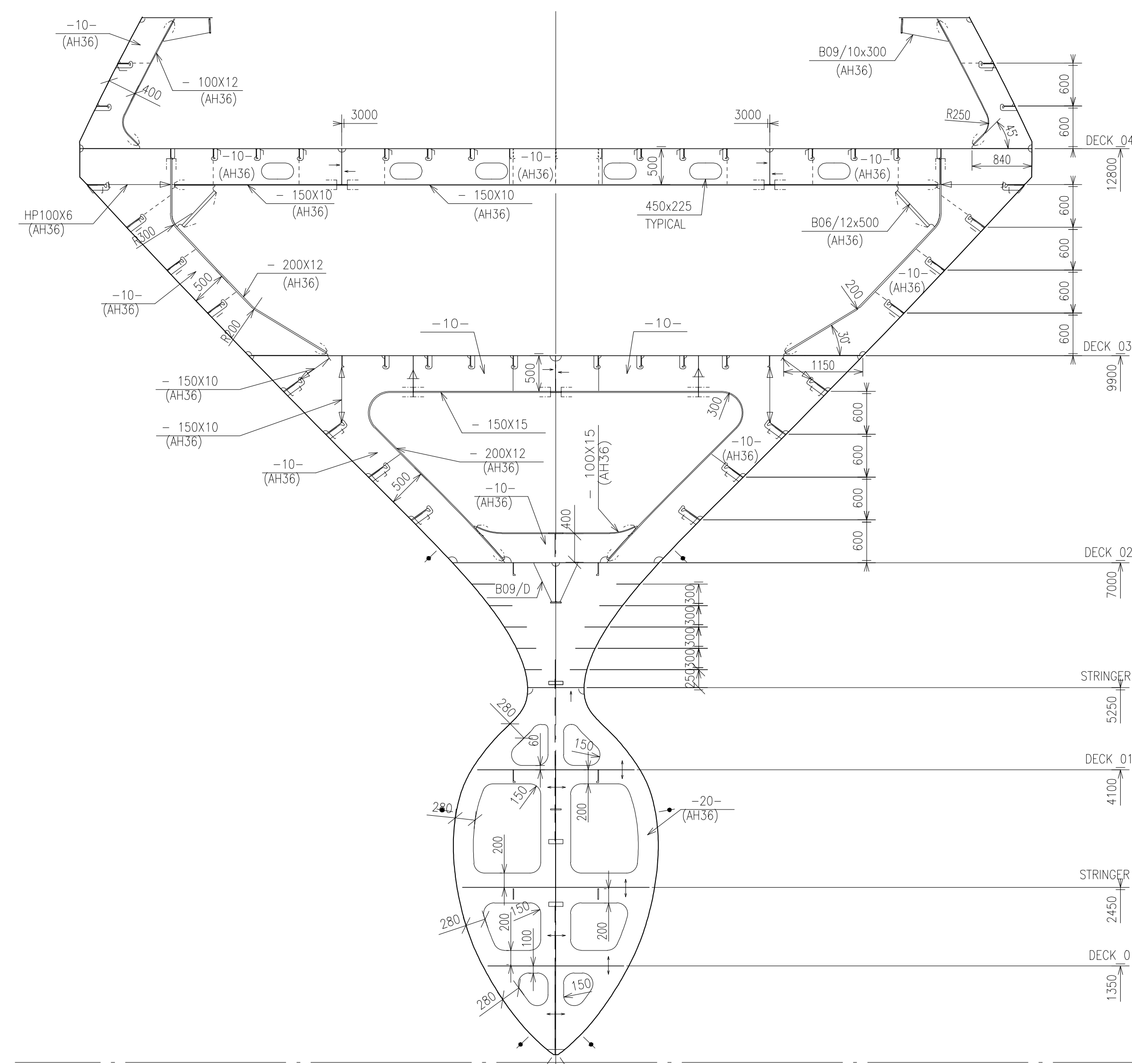
Bulkhead Fr. 138



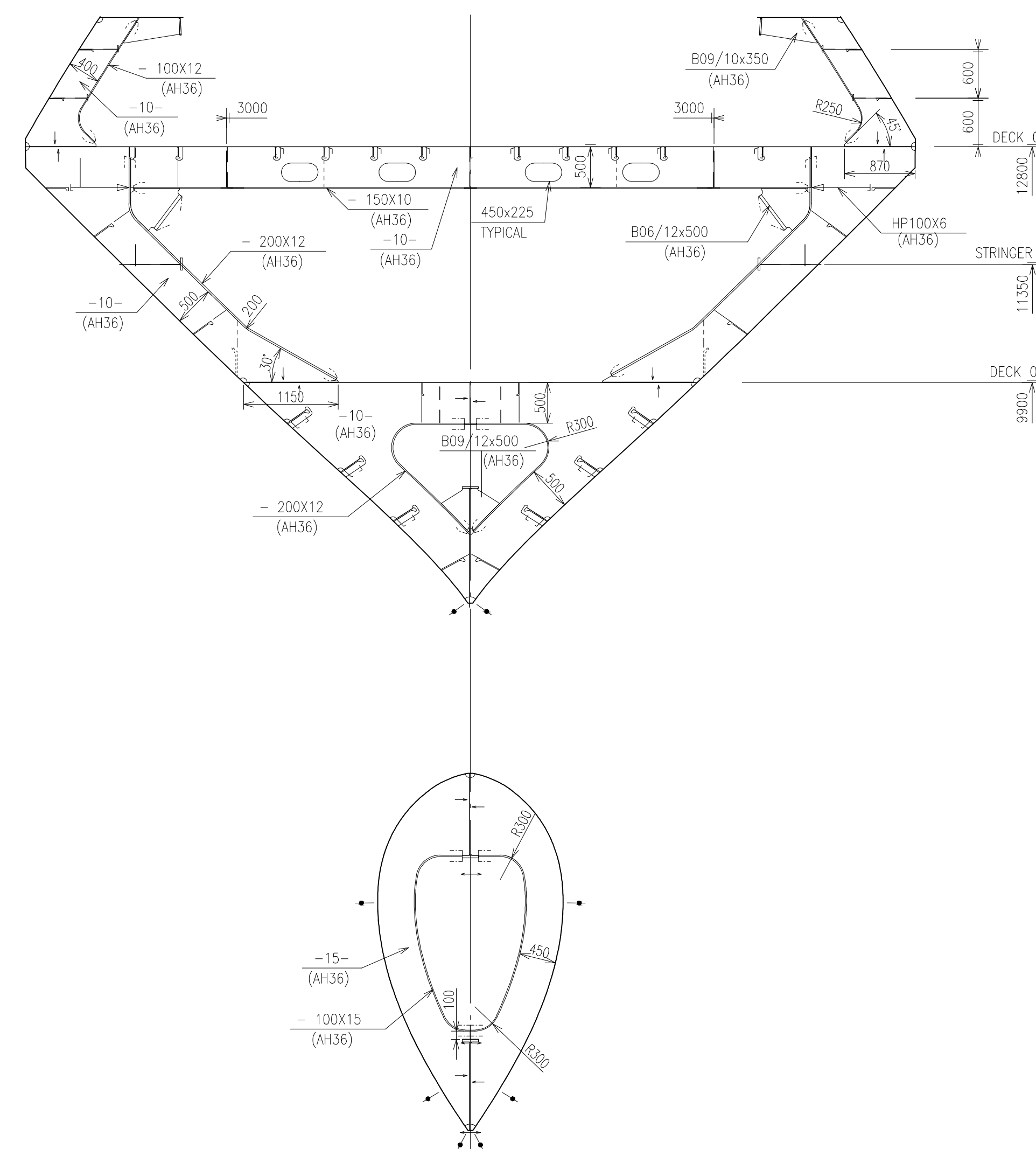
Frame 140



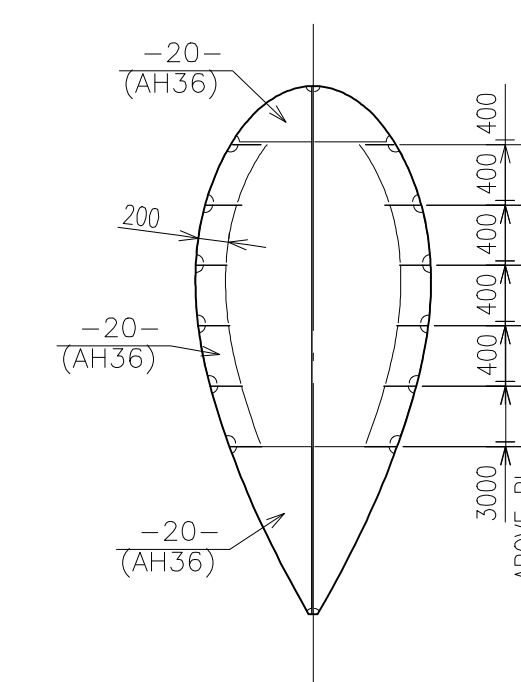
Frame 141+400



Frame 143

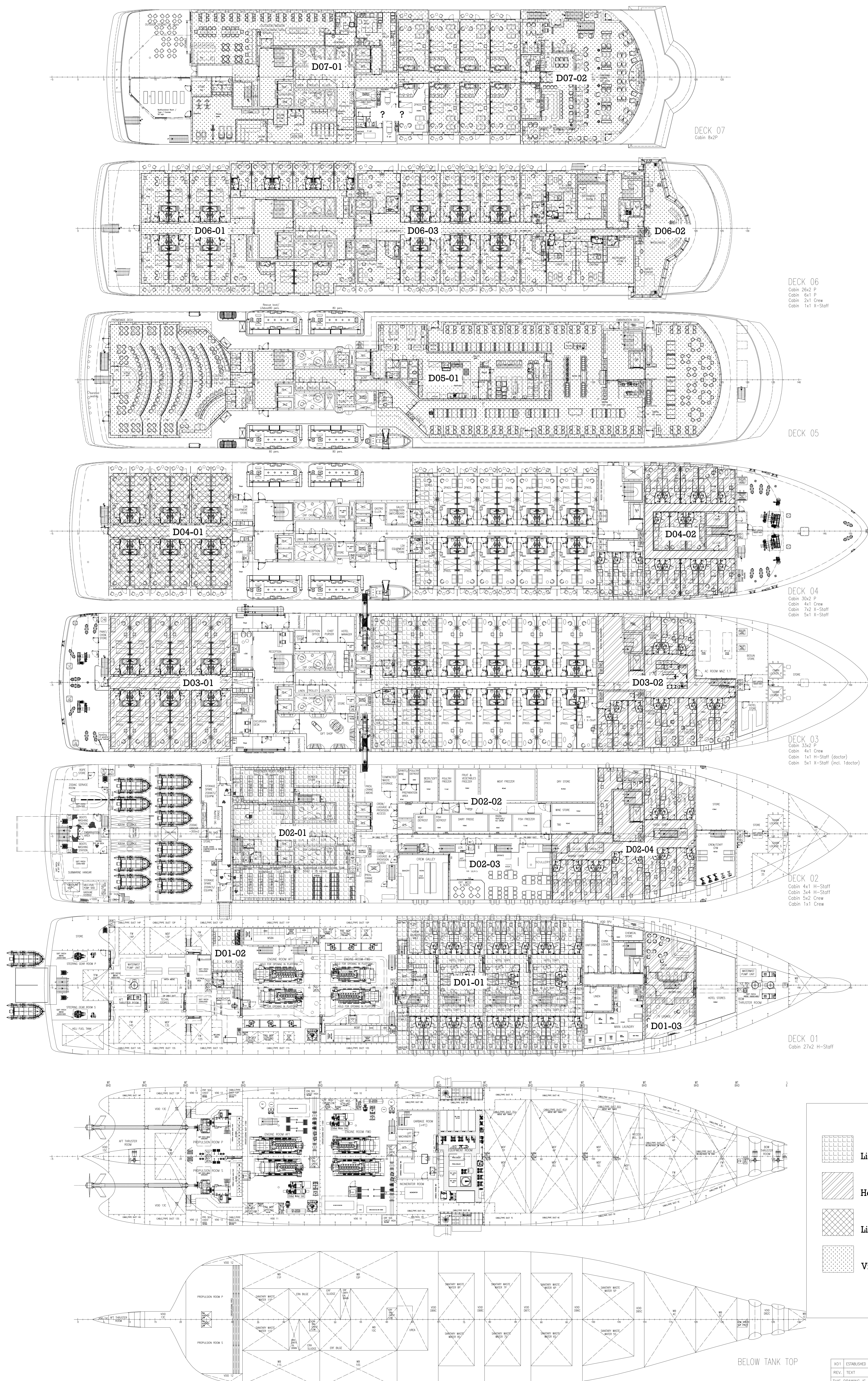


Frame 146



Frame 148+400

E					
D					
C					
B					
A					
ISSUED FOR YARD COMMENTS		11.07.2018	MDCON	SNL	PEMA
REV. TEXT		REV. DATE	DRAWN	CHECK	APP.
THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LMG MARIN AS. THE DRAWING SHALL NOT BE DISCLOSED TO ANY THIRD PARTY WITHOUT THE WRITTEN PRIOR CONSENT OF LMG MARIN AS.					
DESIGNER	LMG MARIN AS	DRAWING NO. 369005-DW-240-N-LMG-00001			
OWNER	Quark Expeditions	PROJECT NO. 01-240-300 / 318072			
YARD DWG. NO.	01-240-300 / 318072	TITLE FORE SHIP			
REPLACEMENT FOR					
ISO TOOL ACAD 2015	1:50	AA	8	8	8



DECK 06
 Cabin 26x2 P
 Cabin 6x1 P
 Cabin 2x1 Crew
 Cabin 1x1 X-Staff

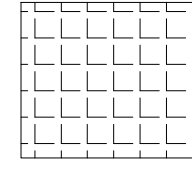
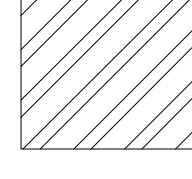
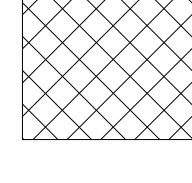
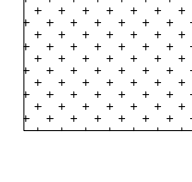
DECK 05

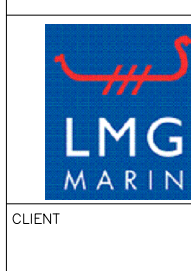
DECK 04
 Cabin 30x2 P
 Cabin 4x1 Crew
 Cabin 7x2 X-Staff
 Cabin 5x1 X-Staff

DECK 03
 Cabin 33x2 P
 Cabin 4x1 Crew
 Cabin 1x1 H-Staff (doctor)
 Cabin 5x1 X-Staff (incl. doctor)

DECK 02
 Cabin 4x1 H-Staff
 Cabin 3x4 H-Staff
 Cabin 5x2 Crew
 Cabin 1x1 Crew

DECK 01
 Cabin 27x2 H-Staff

-  Light Floating floor 41 kg/m²
-  Heavy Floating Floor 72 kg/m²
-  Light/Heavy depending on propeller design
-  Viscoelastic layer

X01	ESTABLISHED FOR WEIGHT CALCULATION	04.05.2018	VOK/GAS
REV.	TEXT	REV. DATE	DRAWN CHECK APP.
THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LMG MARIN AS. THE DRAWING SHALL NOT BE DISCLOSED TO ANY THIRD PARTY WITHOUT THE WRITTEN PRIOR CONSENT OF LMG MARIN AS.			
 NAVAL ARCHITECTS & ENGINEERS ENG. FRANK B. BIRKENHORN TEL: +47 59 38 42 00 E-MAIL: info@lmgmarin.no WWW: www.lmgmarin.no	LMG MARIN AS DRAWING NO.	369005-DW-521-C-LMG-00001	
	CLIENT	PROJECT	PROJECT
CLIENTS DWG. NO.	FILE	LMG 200 PCS	
REPLACEMENT FROM	FLOATING FLOOR		
DATE TOOL: ACAP 2016	PRIMARY SCALE: 1:200	SHEET SIZE: A3	SHEET 1 of 1