

**Jan Artymiuk\*, Stanisław Bednarz\***

## **BADANIA PODBUDÓW WIERTNICZYCH\*\***

### **1. OBCIĄŻENIA**

Podbudowa jest konstrukcją przenoszącą obciążenia, które mogą występować w różnych kombinacjach, w zależności od rodzaju prac wykonywanych przez urządzenie wiertnicze [3, 4, 7, 8]. Badania przeprowadzone przez Laboratorium Badań Atestacyjnych Urzędów Wiertniczych i Eksploatacyjnych Wydziału Wiertnictwa Nafty i Gazu AGH na przykładzie dwóch podbudów wykonanych przez PAK Serwis pokazały, jak obciążenia rozkładają się w poszczególnych węzłach konstrukcyjnych i jakie wywołują ich odkształcenia.

Generalnie na podbudowę mogą oddziaływać następujące rodzaje obciążeń:

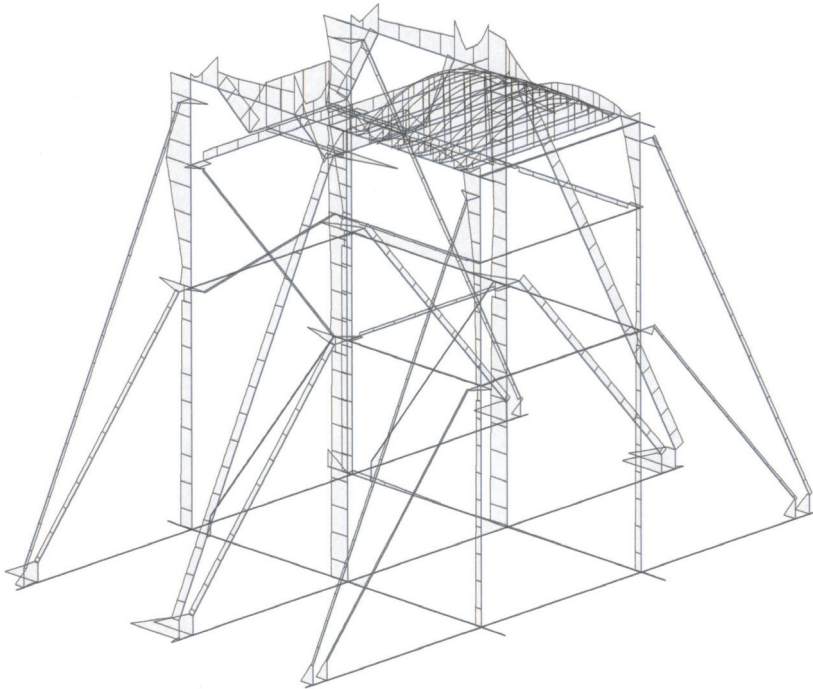
- maksymalne znamionowe obciążenie haka w połączeniu z obciążeniami występującymi w linii wielokrążkowej wyciągu oraz linii martwej, (np. przy pracach ratunkowych);
- maksymalne znamionowe obciążenie od ciężaru pasów rur odstawionego przewodu wiertniczego;
- maksymalne znamionowe obciążenie belek wspornikowych stołu obrotowego;
- maksymalna znamionowa wielkość wypadkowej obciążeń od ciężaru pasów rur odstawionego przewodu wiertniczego i obciążeń belek stołu obrotowego;
- obciążenie wywołanearciem wiatru o maksymalnej znamionowej prędkości, wiejącym z dowolnego kierunku i oddziaływującym na wszystkie eksponowane elementy wieży lub masztu i podbudowy poddanej znamionowemu obciążeniu ciężarem odstawionych w szybie rur;
- obciążenie wywołane podnoszeniem masztu;

---

\* Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu AGH, Kraków

\*\* Praca wykonana w ramach badań własnych

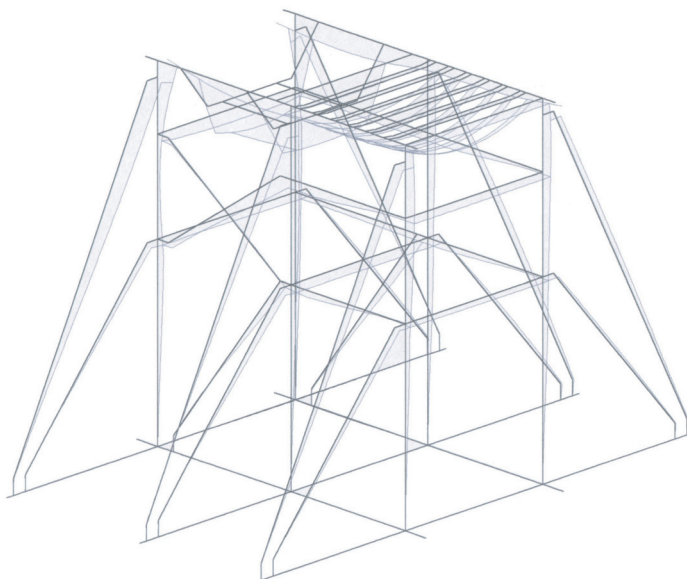
- obciążenia związane z przemieszczaniem urządzenia, przeciąganiem na płozach, montażem lub przewożeniem;
- obciążenie spowodowane linami odciągowymi przymocowanymi do masztu;
- obciążenia spowodowane ruchami statku lub platformy i kombinacje wymienionych obciążeń;
- obciążenia od ciężarów własnych wszystkich elementów, tworzące kombinacje obciążeń wymienionych powyżej.



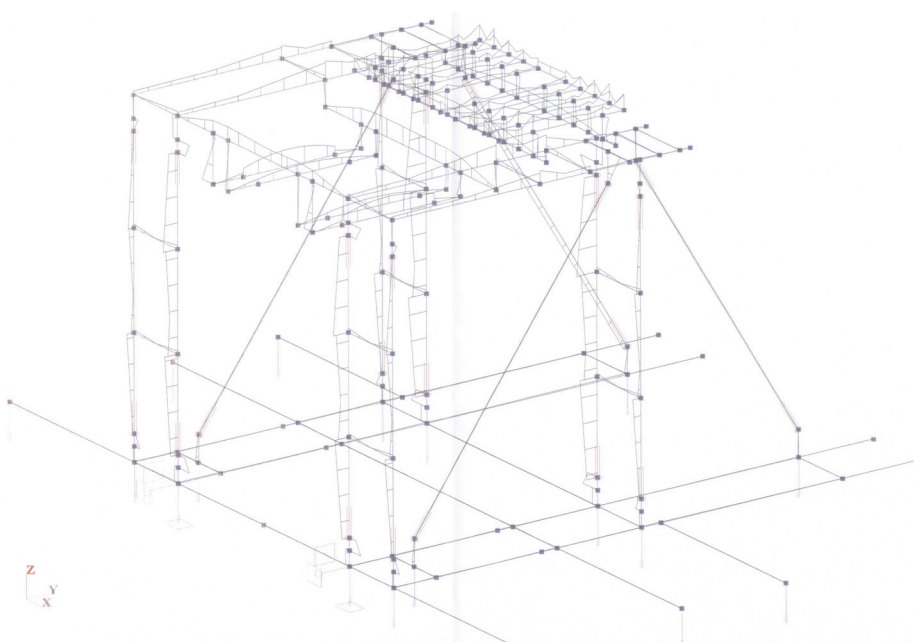
**Rys. 1.** Naprężenia maksymalne w elementach nośnych podbudowy urządzenia Skytop Brewster RR-650

W wyniku obciążeń (sił i momentów sił) działających na podbudowę, w poszczególnych elementach jej konstrukcji powstają naprężenia w formie sieci, w związku ze sprężystymi odkształceniami połączeń. Przykładowe przebiegi sieci naprężeń i odkształceń przedstawiono poniżej. Na rysunku 1 przedstawiono maksymalne naprężenia występujące w poszczególnych elementach konstrukcyjnych podbudowy przeznaczonej do urządzenia Skytop Brewster RR-650, oraz odkształcenia w kształtownikach podbudowy (rys. 2), powstałych w wyniku działających obciążeń [2].

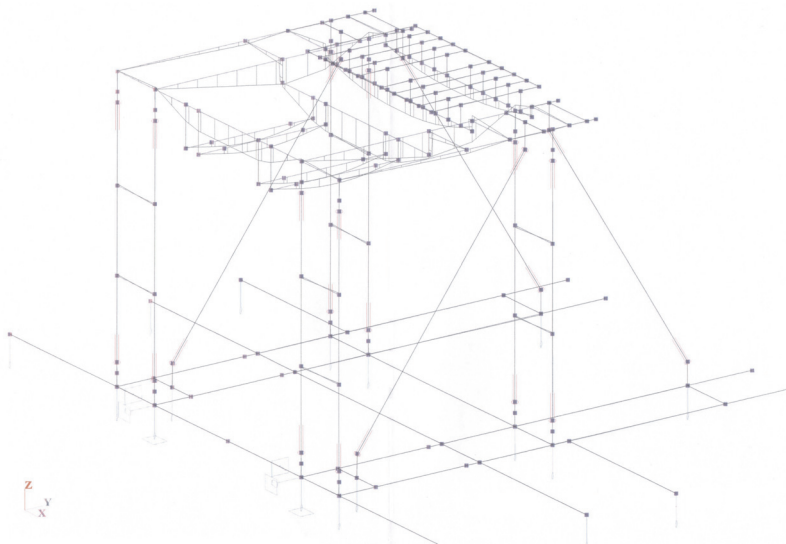
Na rysunku 3 przedstawiono maksymalne naprężenia występujące w poszczególnych elementach konstrukcyjnych, oraz momenty skręcające przy maksymalnych naprężeniach w elementach kłosa i belek stołu głównych słupów nośnych podbudowy urządzenia Skytop Brewster TR 800 (rys. 4) [1].



**Rys. 2.** Przemieszczenia przy maksymalnych naprężeniach w elementach nośnych podbudowy urządzenia Skytop Brewster RR-650



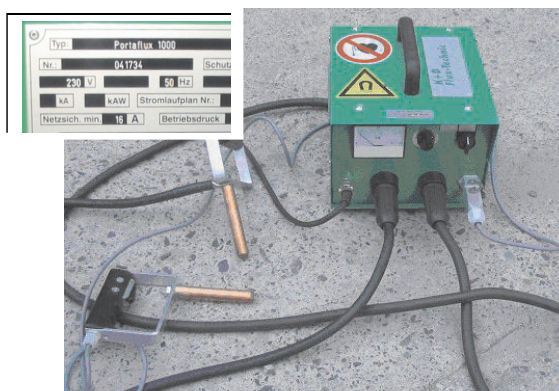
**Rys. 3.** Naprężenia maksymalne w elementach kłosa i belek stołu podbudowy urządzenia Skytop Brewster TR 800



**Rys. 4.** Momenty skręcające przy maksymalnych naprężeniach w elementach kłosa i belek stołu podbudowy urządzenia Skytop Brewster TR 800

## 2. BADANIA

W podbudowie przeznaczonej do konkretnego typu urządzenia wiertniczego wielkość tych naprężeń i miejsca ich występowania powinny być wyznaczone już na etapie projektowania. W podbudowie jak w każdej kratowej konstrukcji stalowej występują elementy o znaczeniu krytycznym, które decydują o stabilności (stateczności) konstrukcji. Dopuszczalne naprężenia jednostkowe występujące w tych elementach badanych podbudów zwiększono o 20÷30% względem podstawowych wartości dopuszczalnych naprężeń.



**Rys. 5.** Portaflux 1000 produkcji K+D Flux Technic z wyszczególnioną tabliczką znamionową aparatu

Po wykonaniu ww. podbudów dokonano przeglądu konstrukcji, wybrano węzły do badań oraz wykonano badania NDE. Badania połączeń spawanych węzłów nośnych konstrukcji przeprowadzono metodą magnetyczną proszkową przy użyciu aparatu Portaflux 1000 produkcji K+D Flux Technic (rys. 5) zgodnie z zaleceniami normy [5]. Nie stwierdzono wad. Dopuszczono podbudowy do prób obciążeniowych.

### 3. PRÓBY OBCIĄŻENIOWE

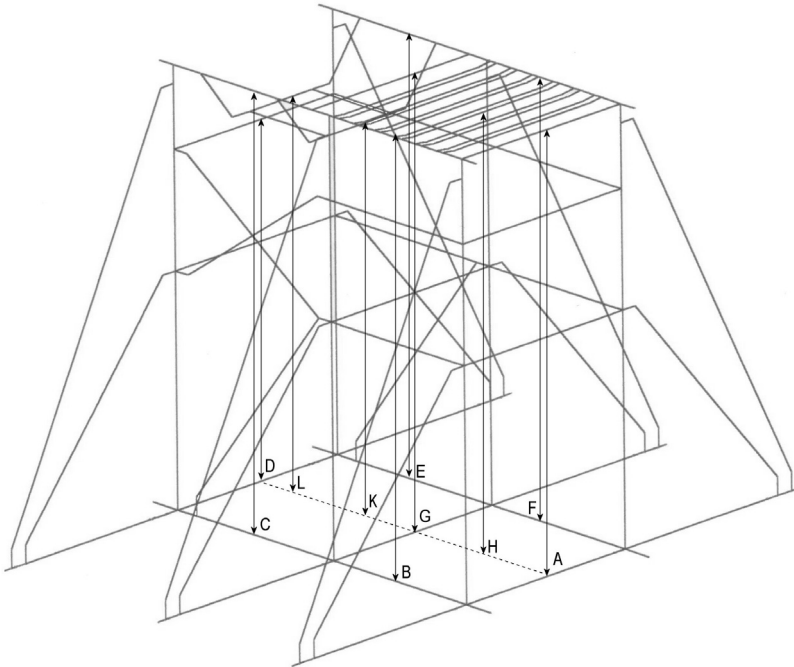
Po przeprowadzeniu badań połączeń spawanych wykonano próby wytrzymałościowe przy obciążeniu próbnym, którego wielkość uwzględniała obciążenia projektowe oraz wielkość przyszłych dopuszczalnych obciążeń roboczych. Przed próbą obciążeniową dokonano pomiarów geometrycznych elementów kształtowych podbudowy. Wymiary i przekroje zastosowanych kształtowników były zgodne z dokumentacją konstrukcyjną. Stosownie do wymagań [6] wykonano pomiary konstrukcji podbudowy w celu stwierdzenia wielkości odkształceń podczas poszczególnych etapów próby obciążeniowej. Pomiary zostały wykonane miernikiem laserowym DISTO Classic firmy Leica Geosystems AG według schematu pokazanego na rysunku 7. Po wykonaniu pomiarów liniowych bez obciążenia i sprawdzeniu montażu elementów konstrukcji (swornie montażowe były prawidłowo zabezpieczone zawleczkami przed ich wysunięciem) i oprzyrządowania, przystąpiono do próby obciążeniowej (rys. 6).



**Rys. 6.** Schemat układów olinowania dla leżni stołu i kloca przy próbie obciążeniowej podbudowy urządzenia Skytop Brewster RR 650

Próbie obciążeniową podbudowy urządzenia Skytop Brewster RR-650 przeprowadzono według poniższej procedury.

1. Zmontowano układ obciążający (rys. 6).
2. Sprawdzone stan połączeń osprzętu, układu wielokrążkowego napinającego i pomiarowego.
3. Dokonano pomiarów zerowych (bez obciążenia) w konstrukcji słupowo-belkowej podbudowy (tab. 1, kol. 1).
4. Obciążono podbudowę w strefie magazynu rur do wartości 491,08 kN, tj. 55,2% obciążenia znamionowego w czasie 15 minut.
5. Obciążono podbudowę w strefie magazynu rur do wartości 978,61 kN, tj. 110% obciążenia znamionowego w czasie 7 minut.
6. Obciążono podbudowę w strefie belek stołu wiertniczego i magazynu rur do wartości 693,92 kN i 978,61 kN, tj. 66% i 110% obciążenia znamionowego w czasie 4 minut.
7. Obciążono podbudowę w strefie belek stołu wiertniczego do wartości 1174,3 kN i magazynu rur do wartości i 978,61 kN, tj. 110% obciążenia znamionowego w czasie 12 minut.
8. Zmniejszono obciążenie magazynu rur do wartości 462,62 kN w czasie 6 minut.
9. Zmniejszono obciążenie w strefie belek stołu wiertniczego i magazynu rur do zera.
10. Przy każdej próbie obciążeniowej (punkty 4, 5, 6, 7 i 9 niniejszej procedury) dokonywano obserwacji i pomiarów liniowych konstrukcji pomiędzy belkami górnej i dolnej ramy podbudowy według rysunku 7. Wyniki pomiarów przedstawiono w tabeli 1.



**Rys. 7.** Pomiary liniowe przemieszczeń elementów konstrukcji podbudowy urządzenia Skytop Brewster RR 650 podczas poszczególnych faz obciążenia

**Tabela 1**

Wyniki pomiarów przemieszczeń konstrukcji  
podbudowy urządzenia Skytop Brewster RR 650

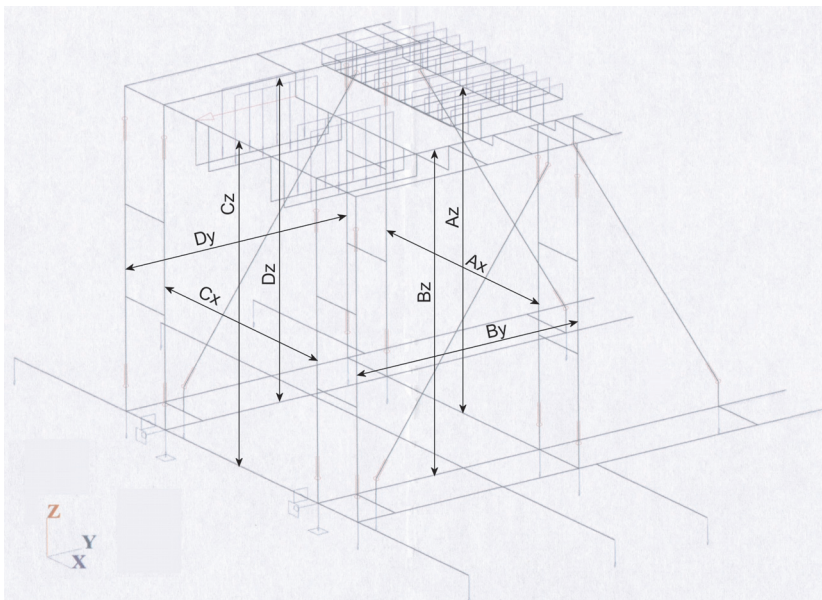
Wyszczególnienie		Punkt procedury próby				
		3	4	5	6	7
Stan obciążenia	Stół	0	0	1174,3 kN	1174,3 kN	0
	Magazyn	0	978,61 kN	978,61 kN	0	0
Punkty pomiarowe		Wyniki pomiarów liniowych				
A		4,570	4,569	4,569	4,570	4,570
B		4,492	4,490	4,491	4,493	4,493
C		4,570	4,570	4,569	4,569	4,571
D		4,070	4,069	4,065	4,065	4,069
E		4,571	4,571	4,570	4,570	4,572
F		4,493	4,492	4,493	4,494	4,494
G		4,492	4,490	4,489	4,492	4,493
H		4,493	4,489	4,489	4,493	4,492
K		3,971	3,969	3,965	3,966	3,970
L		3,967	3,968	3,964	3,964	3,969

Według podobnej procedury przeprowadzono badania podbudowy urządzenia Skytop Brewster TR 800. Różnice dotyczyły wielkości obciążeń.

1. Zmontowano układ obciążający (rys. 8).
2. Sprawdzone stan połączeń osprzętu, układu krążkowego napinającego i pomiarowego.
3. Dokonano pomiarów zerowych (bez obciążenia) w konstrukcji słupowo-belkowej podbudowy (tab. 2, punkt procedury 3).
4. Obciążono podbudowę w strefie belek stołu wiertniczego do wartości 1156,5 kN, tj. 69% obciążenia znamionowego w czasie 15 minut.
5. Obciążono podbudowę w strefie belek stołu wiertniczego do wartości 1793,5 kN, tj. 106% obciążenia znamionowego w czasie 10 minut.
6. Obciążono podbudowę w strefie belek stołu wiertniczego i magazynu rur do wartości 1183,2 kN i 1109,4 kN, tj. 70% i 78% obciążenia znamionowego w czasie 10 minut.
7. Obciążono podbudowę w strefie belek stołu wiertniczego i magazynu rur do wartości 591,61 kN i 1565,8 kN, tj. 35% i 110% obciążenia znamionowego w czasie 15 minut.
8. Obciążono podbudowę w strefie belek stołu wiertniczego i magazynu rur do wartości 1859,4 kN i 1565,8 kN, tj. 110% obciążenia znamionowego w czasie 15 minut.
9. Zmniejszono obciążenie do zera.
10. Przy każdej próbie obciążeniowej dokonywano obserwacji i pomiarów liniowych konstrukcji pomiędzy słupami i belkami konstrukcji podbudowy według rysunku 9. Wyniki pomiarów przedstawiono w tabeli 2.



Rys. 8. Podbudowa urządzenia Skytop Brewster TR 800 przygotowana do próby obciążeniowej



Rys. 9. Schemat pomiarów liniowych konstrukcji podbudowy Skytop Brewster TR 800

**Tabela 2**

Wyniki pomiarów odkształceń konstrukcji podbudowy Skytop Brewster TR 800

Punkt pro-cedury	Stan obciążenia, kN		Wyniki pomiarów liniowych, m (patrz rys. 9)							
			A		B		C		D	
	Stół	Magazyn	z	x	z	y	z	x	z	y
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3	0	0	3,755	3,479	4,103	3,301	3,528	3,482	4,099	3,302
4	1156,5	0	3,755	3,480	4,100	3,302	3,528	3,484	4,096	3,302
5	1793,5	0	3,754	3,480	4,098	3,302	3,525	3,485	4,093	3,302
6	1183,2	1109,4	3,749	3,482	4,097	3,302	3,526	3,485	4,093	3,302
7	591,01	1565,8	3,750	3,483	4,097	3,302	3,527	3,484	4,094	3,302
8	1859,4	1565,8	3,750	3,483	4,096	3,302	3,525	3,486	4,091	3,303
9	0	0	3,755	3,480	4,102	3,302	3,528	3,483	4,098	3,301

Rejestracja z poszczególnych prób była dokonywana na wykresach krążkowych ciężarowskazów GIW 6 i TOTCO. Po próbach obciążeniowych wykonano powtórnie badania defektoskopowe.

#### 4. PODSUMOWANIE

Podbudowa jest konstrukcją bardziej narażoną na destrukcyjne oddziaływanie środowiska w porównaniu z wieżą czy masztem. Na poszczególne jej elementy wylewa się z otworu wiertniczego płuczka wiertnicza niosąca ze sobą wiele agresywnych związków. Często zachodzi potrzeba napraw podbudowy. Niejednokrotnie lepiej wykonać nową niż naprawiać starą skorodowaną, zmęczoną konstrukcję. Wspecjalizowane firmy naprawcze sprzętu wiertniczego same podejmują się wykonania podbudowy, jednak zobowiązani są do przeprowadzenia badań NDE i wytrzymałościowych w celu określenia parametrów eksploatacyjnych. Przeprowadzone badania potwierdziły wytrzymałość podbudów i pozwoliły wyznaczyć wielkość dopuszczalnych bezpiecznych obciążeń roboczych.

#### LITERATURA

- [1] Artymiuk J., Bednarz S.: *Podbudowa PD 190/160 przystosowana do urządzenia wiertniczego Skytop Brewster TR 800*. Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Wiertnictwa Nafty i Gazu, LBAUWiE, Kraków, czerwiec 2005 (praca badawcza)
- [2] Artymiuk J., Bednarz S.: *Podbudowa PD 120/100A przystosowana do urządzenia wiertniczego Skytop Brewster RR-650*. Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Wiertnictwa Nafty i Gazu, LBAUWiE, Kraków, wrzesień 2006 (praca badawcza)

- [3] PN-EN ISO 13626:2006. *Przemysł naftowy i gazowniczy. Wyposażenie do wierceń i eksploatacji. Konstrukcje wiertnicze oraz konstrukcje do obsługi odwiertów*
- [4] PN-EN ISO 13535:2002. *Przemysł naftowy i gazowniczy. Sprzęt do wierceń i eksploatacji. Osprzęt urządzeń wyciągowych*
- [5] PN-G-61030-1:1997. *Wiercenia obrotowe normalnośrednicowe. Zespoły dźwigowo-wyciągowe wiertnic. Główne wymagania i badania*
- [6] PN-G-61060:1997. *Wiertnictwo. Wieże, podbudowy i maszty. Główne wymiary*
- [7] ANSI/API Spec 4F. *Specification for Drilling and Well Servicing Structures, Third Edition. Jan-2008*
- [8] API Spec 8A. *Specification for Drilling and Production Hoisting Equipment, (Includes Addendum 1-May 2001). Dec-1997*