

## CARACTERISTICILE TEHNICE ALE REZERVORULUI

DENUMIRE	U.M	VALOARE
Capacitatea nominala a rezervorului	m <sup>3</sup>	4554
Mediul (fluidul) de lucru	-	Comercial GASOLINE
Temperatura de lucru	°C	Max.40
Diametrul rezervorului	mm	22600
Inaltimea partii cilindrice a rezervorului	mm	11700
Densitatea mediului de lucru 15 <sup>0</sup> C	Kg/ m <sup>3</sup>	730...765
Tipul tancului	-	ATMOSFERIC
Tipul de acoperis	-	FIX
Directia predominante a vintului	-	ENE , N
Debit de umplere	m <sup>3</sup> /h	350
Debit de golire	m <sup>3</sup> /h	350

Rezervorul ce face obiectul acestei lucrari este un rezervor cilindric vertical cu capac fix.

### A. INCARCARI CE ACTIONEAZA ASUPRA REZERVORULUI

Ipotezele de calcul utilizate sunt:

- presiunea datorata coloanei de lichid stocat in rezervor;
- incarcările din greutatea proprie a: mantalei , capacului,
- presiunea datorata vantului,
- incarcarea cu zapada asupra capacului.

Combinatiile de incarcari sunt analizate in conformitate cu SR EN 1990 iar valorile pentru incarcarea la vant si cea cu zapada sunt in conformitate cu valorile recomandate pentru Romania in standardele nationale.

#### 1.Incercarea din greutatea coloanei de lichid.

In conformitate cu HG.2139-2004, mijloacele de depozitare cum sunt rezervoarele atmosferice sunt considerate utilaje.Relatia generala de dimensionare in conditii de exploatare, conform API 650 par.3.6.3 , ultima editie este:

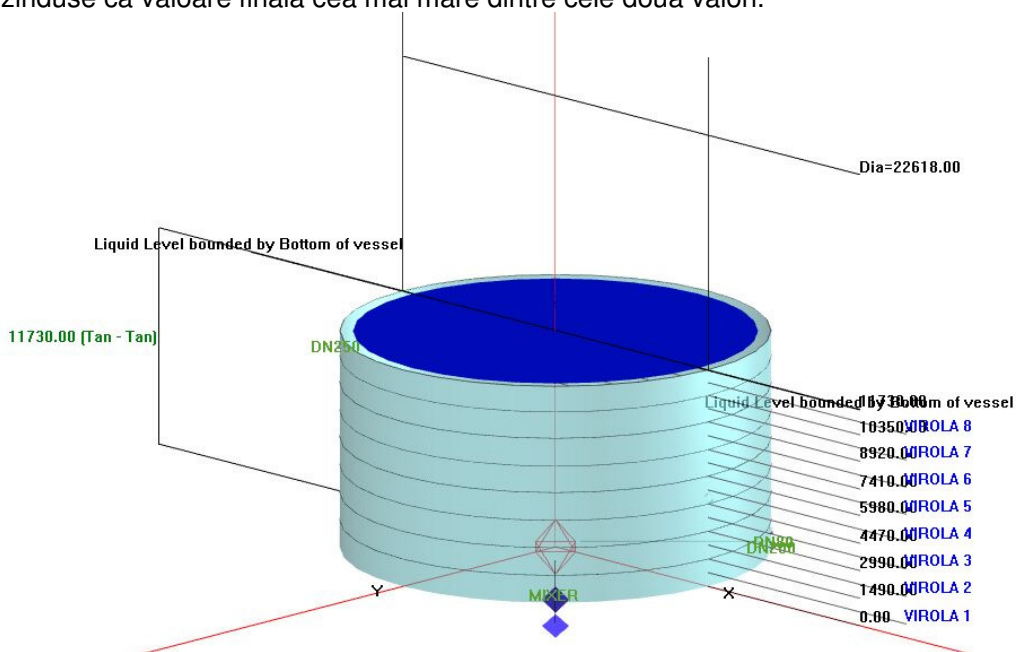
$$t_d \geq \frac{4.9 * D * (H - 0.3) * G}{S_d} + c1 \text{ , [m]}$$

Document	Nr.	Revizia nr.	Data:	Pagina
STABILITY ANALYSIS	STORAGE TANK 305	0	12.04.2012	1/12

iar în condiție de proba de presiune cu utlilajul plan cu apa relatia devine,

$$t_t \geq \frac{4.9 * D * (H_t - 0.3)}{S_t} , [m]$$

utilizinduse ca valoare finala cea mai mare dintre cele doua valori.



Semnificatia simbolurilor utilizate este;

- $t_d, t_t$  – grosimea virolei analizate din conditia de lucru si necesara la proba de presiune;
- $H$  – inaltimea virolei analizate
- $D$  – diametrul nominal al rezervorului
- $G$  – densitatea specifica a lichidului depozitat
- $S_d, S_t$  – rezistenta admisibila de calcul a materialului virolei in conditia de lucru si in

conditia de testare

Materialul sa considerat a fi OL37.4k.

Rezultatul calculului de verificare se regaseste in ANEXA 1- STRENGTH CALCULATION.

Eforturile efective ce apar in mantaua rezervorului conform calculului din ANEXA 1 au fost comparate cu valorile maxime admisibile conform SREN 14015 par.9.1 rezultatul regasindu-se , pentru fiecare virola analizata in ANEXA 1.

Conform raportului de masuratori grosimi Nr.7 din 06.02.2012 grosimea minima masurata sa utilizat in calculul de rezistenta mecanica din ANEXA 1 pentru determinarea eforturilor maxime din fiecare virola la solicitarea maxima cu fluid la interior , in cazul acesta densitatea fluidului de proba este foarte apropiata de densitatea fluidului de lucru.

Pentru usurinta calculelor sa echivalat conform SREN 1993-1-6/2007 cilindrul in trepte cu unul cu o singura grosime echivalenta determinata ca o medie ponderata a grosimilor pe fiecare virola.

**Grosimea echivalenta minima devine  $t = 6.5 \text{ mm}$**

Document	Nr.	Revizia nr.	Data:	Pagina
STABILITY ANALYSIS	STORAGE TANK 305	0	12.04.2012	2/12

## 2.Incarcarile din vint

Pentru determinarea acestor incarcari au fost considerate indicatiile cuprinse in SR EN 14015 par. 7.2.10 care precizeaza ca viteza minima a vintului trebuie considerata 45m/s pentru rafale de vint de cel putin 3 secunde.

In conformitate cu aceasta recomandare sa calculat presiunea asupra mantalei si a capacului rezervorului considerind distributia acesteia conform reglementarilor cuprinse in standardele de referinta.

Presiunea de referinta se determina cu relatia :

$$q_{ref} = (1/2)\rho V_{ref}^2 = 1689.9 \text{ N/m}^2$$

Distributia presiunii vintului pe circumferinta se determina cu relatia ;

$$q_{\alpha} = q_{ref} C_e C_p, \text{ N/m}^2,$$

unde :

$C_e$  – coeficient de zona care tine seama de densitatea constructiilor din vecinatatea zonei de amplasare,

$C_p$  – coeficient de corectie a distributiei de presiune care tine cont de raportul dintre diametrul si inaltimea rezervorului.

Coeficiente alesi (  $C_e$ ) sau calculati (  $C_p$ ) sunt in conformitate cu recomandarile standardelor la nivel national.

Se va tine seama ca distributia presinilor asupra utilajului este pe directia predominante a vintului ENE,N conform datelor din BASIS OF DESIGN TANK 16A.

Valoarea maxima a solicitarii la vint conform relatiei de mai sus este:

$$q_{eq,max} = -2174.96 \text{ N/m}^2 \text{ ( - inseamna solicitare de compresiune)}$$

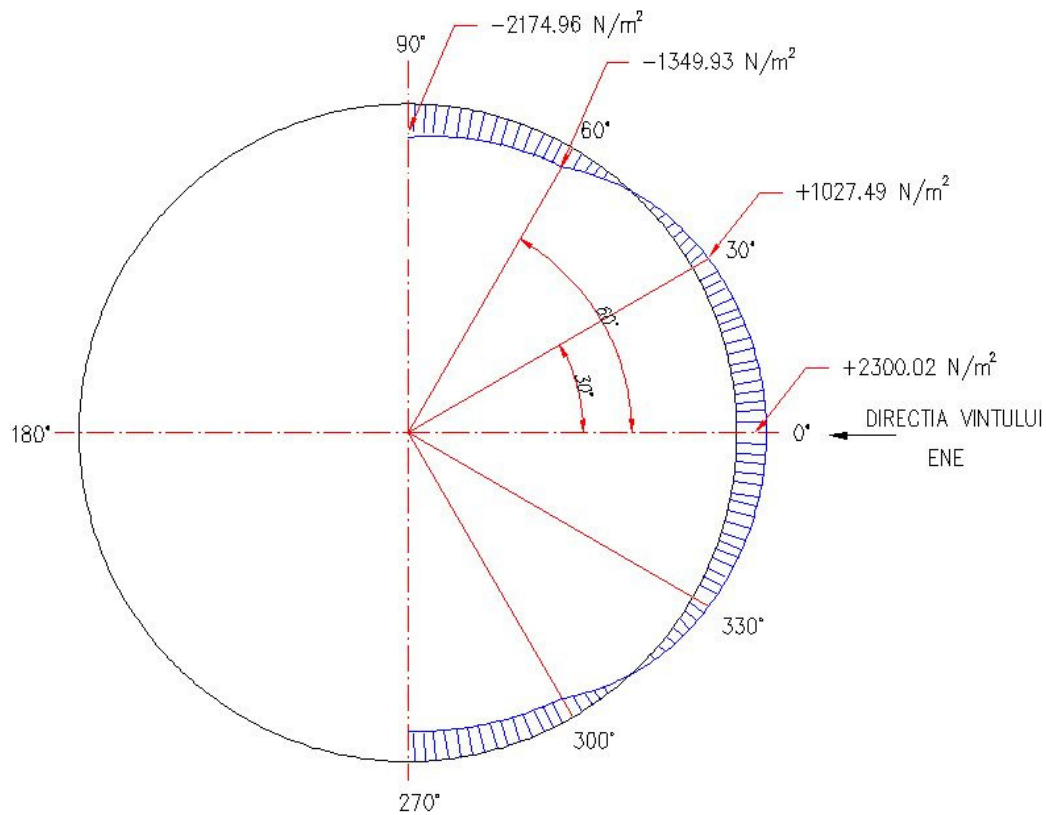
De asemenea sa determinat si o valoare a presiunii exterioare echivalente din vint care actioneaza uniform pe toata inaltimea rezervorului. Aceasta sa determinat cu relatia:

$$q_{eq,Ed} = 0.6792 q_{eq,max} = - 1477.232 \text{ N/m}^2$$

Analiza se va face in continuare utilizind ca valoare a presiunii din vant valoarea  $q_{eq,max}$

Distributia presiunii se regaseste in diagrama de mai jos.

Document	Nr.	Revizia nr.	Data:	Pagina
STABILITY ANALYSIS	STORAGE TANK 305	0	12.04.2012	3/12



De asemenea a fost considerata si depresiunea datorata vacuumului admis de -4mbar , ce actioneaza asupra mantalei si capacului cu coeficientii indicati in SR EN 1993-4-2/1999.

Valoarea fortei verticale de compresiune in perete distribuita circumferential este  
 $q_{zv} = 8.03 \text{ kN/m}$

de unde rezulta un efort de compresiune de membrana

$$\sigma_{xv} = k_M * q_{zv} / t = 1.405 \text{ N/mm}^2, \text{ unde } k_M = 1.1$$

### 3. Incarcari din zapada

Pentru incarcarea din zapada s-au luat in calcul indicatiile cuprinse in SR EN 1991-1-3/NA si in CR1-1-3-2005 , "Cod de proiectare.Evaluarea actiunii zapezii asupra constructiilor"

Valoarea caracteristica a incarcarii din zapada luata in calcul a fost;

$$S_{0,k} = 2.0 \text{ kN/m}^2$$

Acesta incarcare distribuita perimetral conduce la o forta de compresiune perimetrala distribuita in manta

$$q_{zz} = 11.29 \text{ kN/m}$$

Document	Nr.	Revizia nr.	Data:	Pagina
STABILITY ANALYSIS	STORAGE TANK 305	0	12.04.2012	4/12

de unde rezulta un efort de compresiune de membrana

$$\sigma_{xz} = k_M * q_{zz} / t = 1.911 \text{ N/mm}^2, \text{ unde } k_M = 1.1$$

#### 4. Incarcari din greutatea proprie( corp rezervor+acoperis+echipamente pe acoperis)

- Greutatea acoperisului = 283.6kN la care sa tinut cont de o suplimentare de 50% a greutatii datorita sistemului de sprijinire si a racordurilor plantate pe acoperis.



\*\*\*) structura de sustinere a acoperisului

- Greutate corp = 40734kg = 407.34kN

Greutatea utilajului sa calculat utilizind grosimea minima Misurata a fiecarui element in calcul.  
Valoarea fortei verticale de compresiune a capacului distribuita perimetral

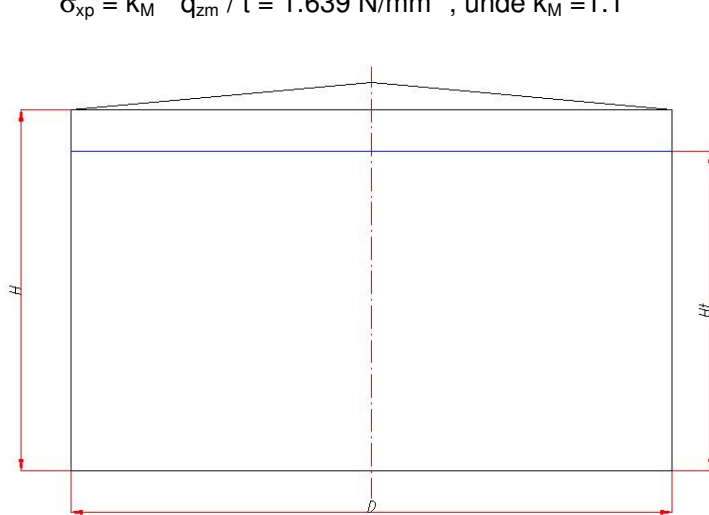
$$q_{za} = 3.99 \text{ kN/m}$$

Valoarea fortei verticale de compresiune totala distribuita perimetral(corp plus capac)

$$q_{zm} = 5.65 \text{ kN/m}$$

de unde rezulta un efort de compresiune de membrana

Document	Nr.	Revizia nr.	Data:	Pagina
STABILITY ANALYSIS	STORAGE TANK 305	0	12.04.2012	5/12



### 5. Incarcarea exceptionala din seism (calcul simplificat)

Valoarea caracteristica a incarcarii data de catre seism se evalueaza considerind un grad de umplere a rezervorului de 80%.

Amplasamentul rezervorului care se verifica se caracterizeaza printr-o acceleratie a terenului pentru proiectare  $a_g = 0.28g$  si o perioada de colt  $T = 1s$  caracteristica zonei PLOIESTI conform SR EN 1998-1/2004 si SR EN 1998-4/2007

Coeficientul seismic pentru calculul static va avea valoarea

$$c = \frac{\beta a_g}{qg} = 0.385$$

Fora seismica totala care tine seama de greutatea fiecarei parti componente a rezervorului va fi

$$S = cG_{tot} = 139870.654 \text{ KN}$$

Momentul incovoietor maxim din actiunea seismica si valoarea caracteristica maxima a fortei de compresiune in mantaua cilindrica, distribuita pe circumferinta, pe directie verticala sunt:

$$M_{\max} = \sum_1^3 S_i H_i = 72674.602 \text{ KN}$$

$$q_{zs, \max} = \frac{M_{\max}}{W_{rez}} \cdot t = 182.12 \text{ KN/m}$$

de unde rezulta un efort de compresiune de membrana

$$\sigma_{xs} = k_M \cdot q_{zs} / t = 30.81 \text{ N/mm}^2, \text{ unde } k_M = 1.1$$

Valoarea efortului de compresiune este sub valoarea efortului maxim admisibil pentru materialul rezervorului de  $132 \text{ N/mm}^2$ .

Document	Nr.	Revizia nr.	Data:	Pagina
STABILITY ANALYSIS	STORAGE TANK 305	0	12.04.2012	6/12

## B. COMBINATII DE ACTIUNI CARE SOLICITA REZERVORUL

Verificarea sa efectuat pentru urmatoarele combinatii de actiuni conform SR EN 1993-4-1/2007

- C1 ;incarcari proprii + zapada + vint + presiunea coloanei de fluid
- C2 ;incarcari proprii + zapada + vint (cu rezervorul gol)
- C3;incarcari proprii + zapada + presiunea coloanei de fluid (80%) + seism

### 1. Combinatia de incercari C1:

Pe directie verticala(eforturi de compresiune)

$$\sigma_x = 1.35\sigma_p + 0.6(1.5\sigma_z + 1.5\sigma_v) + 1.35\sigma_f = 146.266 \text{ N/mm}^2$$

Pe directie circumferentiala(eforturi de intindere)

$$\sigma_\theta = 1.35\sigma_{\theta 1} = 141.07 \text{ N/mm}^2$$

Efortul pentru starea limita plastica

$$\sigma_{e,Ed} = (\sigma_x^2 - \sigma_x\sigma_\theta + \sigma_\theta^2)^{0.5} = 143.738 \text{ N/mm}^2 > 145.2/1.1 = 132 \text{ N/mm}^2$$

### 2. Combinatia de incercari C2:

Pe directie verticala(eforturi de compresiune)

$$\sigma_x = 1.35\sigma_p + 0.6(1.5\sigma_z) + 1.5\sigma_v = 6.04 \text{ N/mm}^2$$

Pe directie circumferentiala(eforturi de intindere)

$$\sigma_\theta = 1.5\sigma_{\theta 2} = 2.1 \text{ N/mm}^2$$

Efortul pentru starea limita plastica

$$\sigma_{e,Ed} = (\sigma_x^2 - \sigma_x\sigma_\theta + \sigma_\theta^2)^{0.5} = 5.31 \text{ N/mm}^2 < 132 \text{ N/mm}^2$$

### 3. Combinatia de incercari C3:

Pe directie verticala(eforturi de compresiune)

$$\sigma_x = \sigma_p + 0.3\sigma_z + 0.8\sigma_f + \sigma_s = 116.612 \text{ N/mm}^2$$

Pe directie circumferentiala(eforturi de intindere)

$$\sigma_\theta = 0.8\sigma_{\theta 2} = 1.124 \text{ N/mm}^2$$

Efortul pentru starea limita plastica

$$\sigma_{e,Ed} = (\sigma_x^2 - \sigma_x\sigma_\theta + \sigma_\theta^2)^{0.5} = 105.67 \text{ N/mm}^2 < 132 \text{ N/mm}^2$$

unde  $132 \text{ N/mm}^2 = f^t/1.1$  , corespunzatoare materialului rezervorului la solicitarea maxima cu apa la proba de presiune.

Document	Nr.	Revizia nr.	Data:	Pagina
STABILITY ANALYSIS	STORAGE TANK 305	0	12.04.2012	7/12

## C.VERIFICAREA LIMITELOR PENTRU PIERDEREA STABILITATII (VOALARE)

### 1. Presiunea critica de flambaj extern;

$$P_{n,Rcu} = 0.92C_b C_w E \left( \frac{r}{l} \right) \left( \frac{t}{r} \right)^{0.25} = 2.11 \text{ KN/m}^2$$

Presiunea critica de verificare va respecta si conditia;

$$P_{n,Ed} \leq \frac{\alpha_n}{\gamma_M} P_{n,Rcu} = 0.959 \text{ KN/m}^2$$

unde  $\alpha_n = 0.5$  si  $\gamma_M = 1.1$

Calculul sa efectuat pentru o lungime  $l \approx 8.2\text{m}$  corespunzator inelului de intarire ce se monteaza la exterior la nivelul virolei 7.

Presiunea ce actioneaza la exteriorul peretelui din vint si suptiune(depresiune)accidentala este:

$$P_{rv} + P_{suc} = 1.477 \text{ KN/m}^2 > P_{n,Rcu} = 0.959 \text{ KN/m}^2$$

In aceasta situatie se observa ca exista o instabilitate la presiunea exterioara.

\*\*Se reface calculul cu un inel de intarire si o grosime echivalenta a peretelui metalic de 7mm

$$P_{n,Rcu} = 2.54 \text{ kN/m}^2 \Rightarrow P_{n,Ed} = 1.15 \text{ KN/m}^2$$
$$P_{rv} + P_{suc} = 1.477 \text{ KN/m}^2 > P_{n,Rcu} = 1.15 \text{ KN/m}^2$$

\*\*Se reface calculul cu un inel de intarire si o grosime echivalenta a peretelui metalic de 8mm

$$P_{n,Rcu} = 3.55 \text{ kN/m}^2 \Rightarrow P_{n,Ed} = 1.61 \text{ KN/m}^2$$
$$P_{rv} + P_{suc} = 1.477 \text{ KN/m}^2 < P_{n,Rcu} = 1.61 \text{ KN/m}^2 \text{ conditie indeplinita}$$

### 2.Tensiuni critice de pierdere a stabilitatii:

- tensiuni de voalare meridiana:

$$\sigma_{x,Rcr} = 0.605EC_x(t/r) = 73.08 \text{ N/mm}^2$$

- tensiuni de voalare circumferentiale:

$$\sigma_{\theta,Rcr} = 0.92E(C_\theta/\omega)(t/r) = 0.9 \text{ N/mm}^2$$

- efortul total echivalent in manta :

$$\sigma_{e,Ed} = (\sigma_x^2 - \sigma_x\sigma_\theta + \sigma_\theta^2)^{0.5} = 72.63 \text{ N/mm}^2$$

Se poate observa ca efortul total echivalent de voalare nu depaseste valoarea maxima a efortului din material conform ANEXA 1.

Document	Nr.	Revizia nr.	Data:	Pagina
STABILITY ANALYSIS	STORAGE TANK 305	0	12.04.2012	8/12



### 3.Verificarea sectiunii minime a inelului de varf

Verificare asa facut in conformitate cu prescriptiile API 650 par.5.9.6.1 si a constatat in determinarea sectiunii minime necesare a inelului de varf.

$$Z = \frac{D^2 H}{17} \left( \frac{V}{190} \right) = 255.55 \text{ cm}^3$$

unde V-viteza vintului pentru rafale de minim 3 secunde este de 162km/h

In conformitate cu Tab.5-20(a) din API 650 se va alege sau verifica tipul de cornier necesar pentru inelul de varf .

### 4. Verificarea inaltimei minime care un necesita rigidizare

Conform API 650 , par.5.9.7.1 a fost calculata inaltimea maxima nerigidizata a mantalei , masurata de la inelul de baza.

$$H_L = 9.47t \sqrt{\left( \frac{t}{D} \right)^3 \left( \frac{190}{V} \right)^2} = 11.7 \text{ m}$$

valoare apropiata de inaltimea reala a rezervorului

Valoarea de mai sus este rezultatul calculului pe cilindrul echivalent cu grosime constanta de 5.65 si in conditii statice de incarcare cu fluid de lucru.

Rezervorul este prevazut cu inel de intarire la vant exterior care se va monta la nivelul virolei 5.

Sa verificat suplimentar conform SR EN 1991-4 inaltimea maxima la care poate apare flambajul conform relatiei :

$$H_E = \sum h \left( \frac{t_{\min}}{t} \right)^{2.5} ,$$

unde: h – inaltimea virolei

$t_{\min}$  – cea mai mica grosime de virola,

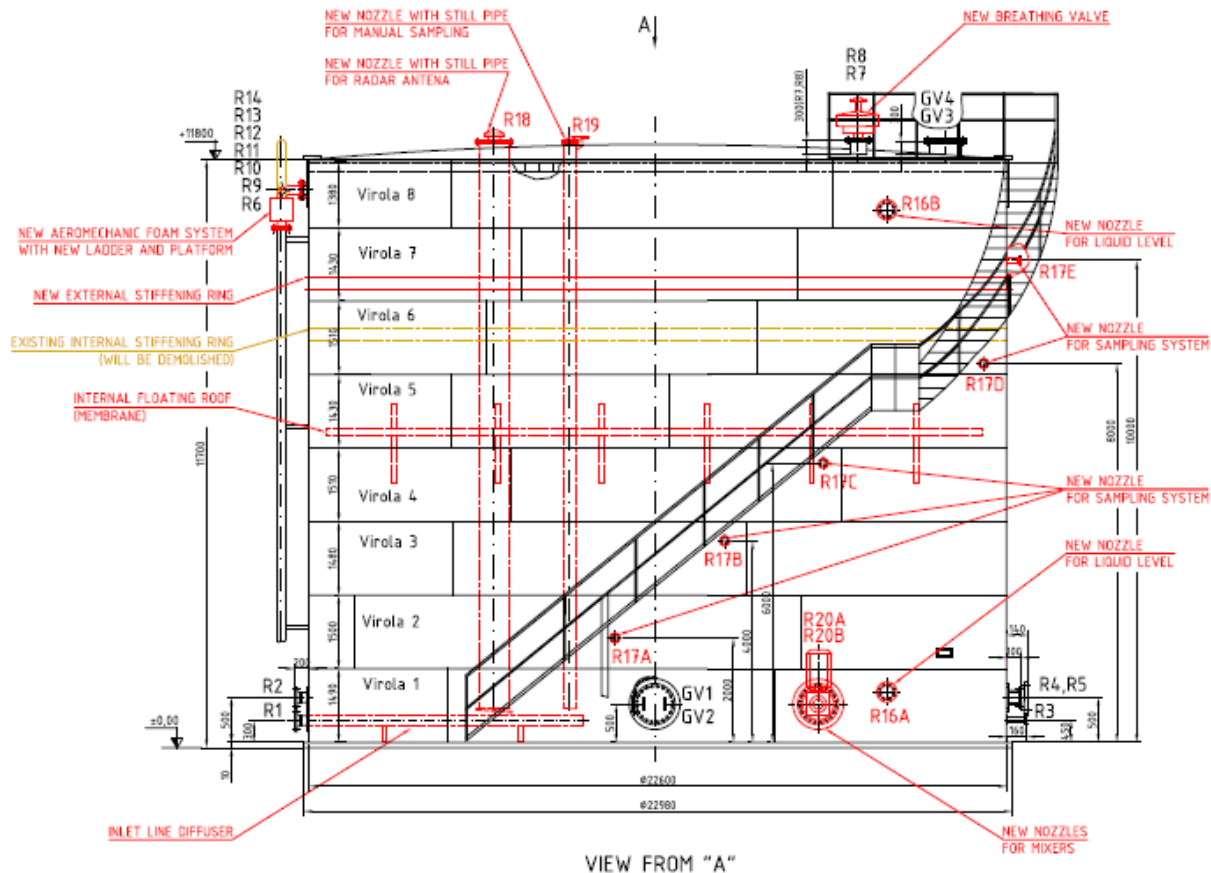
t – grosimea virolei considerate de inaltime h ,

In aceste conditii  $H_E = 5.587 \text{ m}$ .

Document	Nr.	Revizia nr.	Data:	Pagina
STABILITY ANALYSIS	STORAGE TANK 305	0	12.04.2012	9/12

## CONCLUZII ;

1. In schita de mai jos se prezinta rezervorul 305 in urma operatiilor de reparare si modernizare.



2. Calculul de verificare al rezervorului existent a fost efectuat in conditiile specificate de SREN 14015 si API 650 . Sa constatat ca tensiunile dezvoltate in materialul rezervorului pentru grosimea minima echivalenta de 6.5 mm sunt peste valorile maxime admisibile ale materialului rezervorului in conditia de combinatii de solicitari C1 care pot apare in exploatare dar sub valorile maxime admisibile indicate de SREN 14015.

Pentru o comparare mai usoara in tabelul de mai jos sunt valorile solicitarilor centralizate.

Document	Nr.	Revizia nr.	Data:	Pagina
STABILITY ANALYSIS	STORAGE TANK 305	0	12.04.2012	10/12

Virola	Grosimea utilizata in calcul (minima masurata),mm	Efortul maxim in virola, N/mm <sup>2</sup>		Efortul maxim admisibil conform SREN 14015, N/mm <sup>2</sup>	Efortul maxim admisibil pentru material, Sd/1.1,N/mm <sup>2</sup>
		La utilizare	Efortul maxim din combinatia de incarcari, N/mm <sup>2</sup>		
		La PH			
8	4	16.1	143.74	260.0	132.0
		30.1	105.67		
7	4.1	44.5	143.74	260.0	132.0
		68.3	105.67		
6	5.2	59.1	143.74	260.0	132.0
		86.3	105.67		
5	5.3	80.3	143.74	260.0	132.0
		114.8	105.67		
4	6.4	85.8	143.74	260.0	132.0
		121.2	105.67		
3	7	95.9	143.74	260.0	132.0
		<b>134.4</b>	105.67		
2	8	100.6	143.74	260.0	132.0
		<b>142.5</b>	105.67		
1	9	104.5	143.74	260.0	132.0
		<b>141.6</b>	105.67		

3. Sa verificat rezervorul la stabilitatea formei conform SREN 1993-4-2 si SREN 14015 si sa constatat ca acesta prezinta risc de pierdere a stabilitatii , in conditia de vant si suctiune.

Sa refacut calculul (presiunea critica de flambaj) pentru grosimi echivalente succesive si sa constatat ca la o grosime echivalenta de 8 mm rezervorul este stabil sub vant.

Se recomanda repararea zonelor cu grosime minima astfel incit sa creasca valoarea grosimii minime masurate pe virole si implicit grosimea echivalenta la minim 8 mm sau la o grosime echivalenta de 7mm cu un inel de intarire la vant suplimentar montat la nivelul virolei 4. O asemenea solutie are influenta si asupra celorlalte elemente de calcul in sensul reducerii eforturilor pe materialul rezervorului.

4. Racordul de mixer va avea o grosime de minim 10mm pentru a suporta solicitarile maxime si va fi intarit cu nervuri radiale

5. S-a facut verificarea racordurilor amplasate pe rezervor cu determinarea incarcarii maxime admisibile pe racorduri utilizind un program de analiza pe element finit , rezultatele fiind cuprinse in documentul . NOZZLES ANALYSIS , Doc. Nr.NOZ.305-00.

Prezentul document se va utiliza impregna cu urmatoarele anexe:

ANEXA 1 – STRENGTH CALCULATION , Doc. Nr. T-01.RV-206-00/BC

ANEXA 2 – NOZZLES ANALYSIS , Doc. Nr.NOZ.R305-00

Document	Nr.	Revizia nr.	Data:	Pagina
STABILITY ANALYSIS	STORAGE TANK 305	0	12.04.2012	11/12

**Bibliografie:**

La baza calculelor de verificare cuprinse in prezentul document si anexele de calcule au stat urmatoarele standarde si normative:

- 1.API 650 Last Editions
- 2.SR EN 14015 Last Editions
3. Cod de proiectare.Bazele proiectarii si actiunii asupra constructiilor.Actiunea vintului,indicative NP-082-04
4. SR EN 1990/NA
5. SR EN 1991-1-3/NA
6. SR EN 1991-1-4/NA
7. SR EN 1993-1-6 , Rezistenta si stabilitatea placilor curbe subtiri
8. SR EN 1993-4-2 , Proiectarea structurilor de otel.Rezervoare
9. P100-1/2006 , Normativ privind proiectarea antiseismica a constructiilor
10. BASIS OF DESIGN TANK 305

Document	Nr.	Revizia nr.	Data:	Pagina
STABILITY ANALYSIS	STORAGE TANK 305	0	12.04.2012	12/12