



M.T.M. s.r.l.

## Note di Calcolo

Rev. 00

Page 1 of 14

**NOTE di CALCOLO**

**FISSAGGIO**

**per SERBATOIO TOROIDALE tipo F13**

**Normativa R 67-01 Rev.02 del 29/03/06**

Copia conforme all'originale  
Faithful copy  
Copie conforme à l'original  
Copia conforme al original

M.T.M. s.r.l.

**LNRO**

Gianbeppe Cravero



## 1 Introduzione.

### 1.1 Tipologia di Serbatoio

La presente relazione di calcolo è una verifica di resistenza del fissaggio del serbatoio toroidale tipo F13 su vettura. Tale verifica è effettuata prendendo in considerazione il serbatoio riempito di GPL al 80% della sua capacità.

#### Dati:

Dimensioni (D x H):	650 x 200 mm
Massa a Vuoto ( $m_v$ ):	33 kg
Capacità (C):	51 l
Riempimento (R):	80%
Massa Volumica GPL ( $\rho_{GPL}$ ):	0,55 kg/dm <sup>3</sup>
Massa Multivalvola ( $m_{MV}$ ):	1,5 kg
Massa Elementi di Fissaggio ( $m_F$ ):	5,6 kg
Massa staffe superiori ( $m_{SS}$ ):	2,7 kg

Copia conforme all'originale  
Faithful copy  
Copie conforme à l'original  
Copia conforme al original

M.T.M. s.r.l.  
**LNRO**  
Gianbeppe Cravero

### 1.2 Sollecitazioni Verificate

La normativa di riferimento è la R67-01 Rev.02 del 29/03/06. In particolare, al paragrafo 17.4.6, si indicano come sollecitazioni massime per i veicoli delle categorie M1-N1, quelle determinate da:

- Accelerazione pari a 20 g nella direzione di marcia (Longitudinale);
- Accelerazione pari a 8 g nella direzione perpendicolare al senso di marcia (Trasversale).

In entrambi i versi e con serbatoio riempito all'80% della sua capacità.

## 2 Tipologia di Fissaggio.

Il serbatoio viene posizionato parallelamente al piano stradale ed è fissato mediante due staffe, una destra ed una sinistra. Le staffe vengono fissate al telaio della vettura tramite n° 2+2 viti M12 classe 10.9, similmente vengono fissati il serbatoio e i piatti orizzontali alle staffe stesse con altre 2+2 viti M10 classe 10.9; inoltre tra il serbatoio e il telaio della vettura viene inserito un foglio isolante.

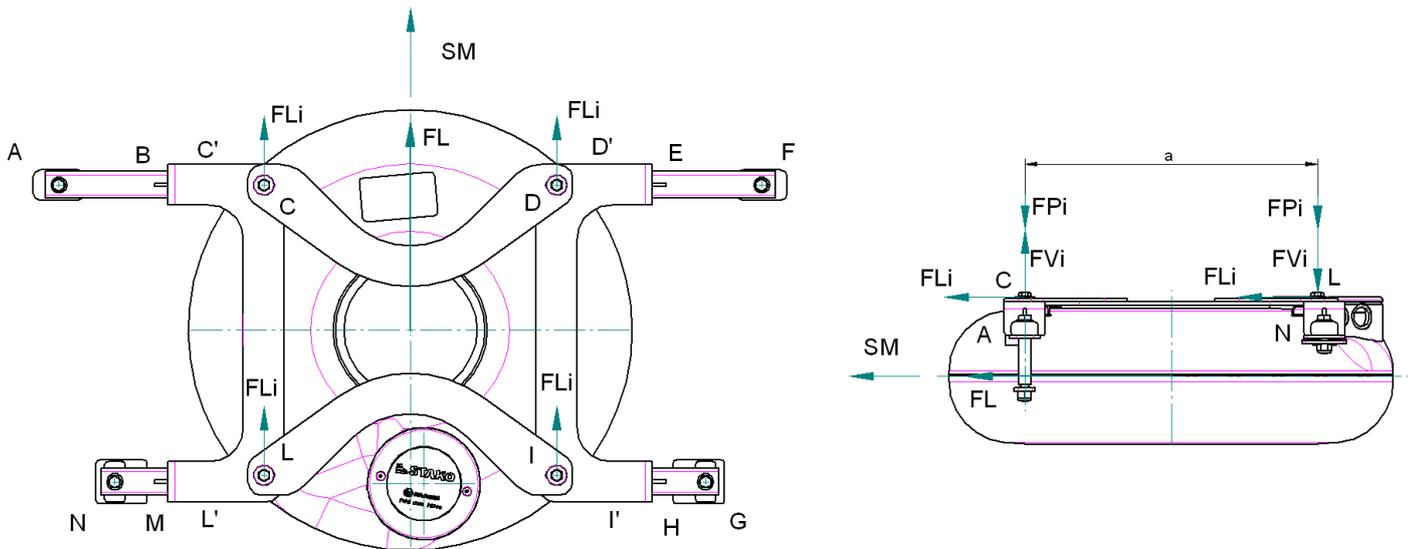
In base a quanto riportato nel seguito della relazione, le staffe di fissaggio e le viti, risultano idonei a sopportare le sollecitazioni indicate dalla normativa R67-01 Rev.02 del 29/03/06.

## 3 Verifica Fissaggio Serbatoio.

Per la verifica del fissaggio del serbatoio si procede ad una prima verifica del sistema in cui agisce un'accelerazione longitudinale pari a 20g, dopodiché si procede con la verifica del sistema sottoposto ad un'accelerazione pari a 8g.

### 3.1 Verifica Fissaggi con Accelerazione Longitudinale 20g.

Le sollecitazioni a cui è sottoposto il sistema sono rappresentate in Fig.1; come si vede dallo schema, il momento ribaltante dovuto alla forza d'inerzia longitudinale in concomitanza con la forza stessa sono le sollecitazioni del sistema.



**Fig. 1**

La massa che subendo l'accelerazione longitudinale dà luogo alla forza longitudinale è:

$$m_{SC} = m_V + (R \cdot \rho_{GPL} \cdot C) + m_{MV} + m_{SS}$$

$$m_{SC} = 33 + (0,80 \cdot 0,55 \cdot 51) + 1,5 + 2,7 = 59,6 \text{ kg}$$

L'accelerazione longitudinale; parallela al senso di marcia del veicolo, pari a 20g equivale a:

$$a_L = 20 \cdot g = 20 \cdot 9,81 = 196,2 \text{ m/s}^2$$

da cui si ottiene la forza longitudinale:

$$F_L = m_{SC} \cdot a_L = 59,6 \cdot 196,2 = 11701 \text{ N}$$

**Copia conforme all'originale**  
**Faithful copy**  
**Copie conforme à l'original**  
**Copia conforme al original**

M.T.M. s.r.l.

**LNRO**

Gianbeppe Cravero



#### 3.1.1 Verifica staffe fissaggio serbatoio

Le staffe sono composte da un piatto di lamiera a cui vengono saldati due piedini in tubolare, esse hanno le seguenti caratteristiche:

Caratteristiche del materiale e geometriche del piatto in lamiera

Materiale:	Acciaio DD11 UNI 10139
Tensione di snervamento ( $\sigma_S$ ):	300 N/mm <sup>2</sup>
Limite elastico a taglio ( $\tau_S$ ):	212 N/mm <sup>2</sup>
Grado di Sicurezza ( $g_S$ ):	1,5
Tensione Normale ammissibile ( $\sigma_{am}$ ):	$\sigma_S / g_S = 200$ N/mm <sup>2</sup>
Tensione ammissibile Saldature ( $\sigma_{SALD}$ ):	$\sigma_{am} * 0,85 = 170$ N/mm <sup>2</sup>
Spessore (s):	5 mm

Caratteristiche del materiale e geometriche del tubolare

Dimensioni:	40x20x3 mm
Materiale:	FE 360 B
Tensione di snervamento ( $\sigma_S$ ):	235 N/mm <sup>2</sup>
Limite elastico a taglio ( $\tau_S$ ):	166 N/mm <sup>2</sup>
Grado di Sicurezza ( $g_S$ ):	1,5
Tensione Normale ammissibile ( $\sigma_{am}$ ):	$\sigma_S / g_S = 156,7$ N/mm <sup>2</sup>
Tensione Normale Saldature ( $\sigma_{SALD}$ ):	$\sigma_{am} * 0,85 = 133,2$ N/mm <sup>2</sup>

Le staffe sono simmetriche, pertanto è sufficiente verificarne una sola.

Nella configurazione del sistema con forza longitudinale  $F_L$  (Fig.1) le forze indotte dal momento ribaltante sono:

$$M_{RL} = F_L \cdot \frac{h}{2} = 11701 \cdot 100 = 1170100 \text{ Nmm}$$

$$F_V = \frac{M_{RL}}{a} = \frac{1170100}{428,5} = 2731 \text{ N}$$

Che si divide nei punti di fissaggio

$$F_{Vi} = \frac{F_V}{n} = \frac{2731}{2} = 1365 \text{ N}$$

Si considera anche il contributo della forza peso del serbatoio e del sistema di fissaggio:

$$F_P = m_{SC} \cdot g = 59,6 \cdot 9,81 = 585 \text{ N}$$

Che ripartita uniformemente nei punti di fissaggio risulta:

$$F_{Pi} = \frac{F_P}{n_T} = \frac{585}{4} = 146 \text{ N}$$

Le forze verticali che sollecitano il sistema sono una composizione della forza peso e della forza risultante dal momento ribaltante:

Copia conforme all'originale  
Faithful copy  
Copie conforme à l'original  
Copia conforme al original

M.T.M. s.r.l.

LNRO

Gianbeppe Cravero



Con  $F_L$  concorde al senso di marcia

$$F_{VF} = F_{Vi} - F_{Pi} = 1365 - 146 = 1219 \text{ N}$$

$$F_{VR} = F_{Vi} + F_{Pi} = 1365 + 146 = 1512 \text{ N}$$

Con  $F_L$  opposta al senso di marcia

$$F_{VF} = F_{Vi} + F_{Pi} = 1365 + 146 = 1512 \text{ N}$$

$$F_{VR} = F_{Vi} - F_{Pi} = 1365 - 146 = 1219 \text{ N}$$

**Copia conforme all'originale**  
**Faithful copy**  
**Copie conforme à l'original**  
**Copia conforme al original**

M.T.M. s.r.l.

**LNRO**

Gianbeppe Cravero



Le sollecitazioni orizzontali si ripartiscono come quelle verticali equamente su ogni punto di fissaggio:

$$F_{Li} = \frac{F_L}{n_f} = \frac{11701}{4} = 2925 \text{ N}$$

Per la verifica delle staffe di fissaggio non si può considerare uno schema completamente di tipo iperstatico, ma neanche uno isostatico, la realtà è una via di mezzo tra i due schemi. Con questo modello si calcolano le reazioni vincolari nei punti A ed N e di conseguenza le sollecitazioni nei punti di cambio di sezione B, C', M e L'.

Le sollecitazioni nelle varie sezioni sono riportate nelle seguenti tabelle:  
 Cominciando con la configurazione in senso di marcia:

<b>SOLLECITAZIONI (SM)</b>	A	N	B	M	C'	L'
<b>Momento Flettente (Mf<sub>x</sub>) Nmm</b>	182862	164766	12191	77092	67049	43837
<b>Forza di Taglio (T<sub>Z</sub>) N</b>	1219	1512	1219	1512	1219	1512
<b>Momento Flettente (Mf<sub>Z</sub>) Nmm</b>	405147	318852	4388	149188	194529	84832
<b>Forza di Taglio (T<sub>X</sub>) N</b>	2925	2925	2925	2925	2925	2925
<b>Momento Torcente (Mt<sub>y</sub>) Nmm</b>	58505	58505	58505	58505	0	0

Le sollecitazioni generate nella configurazione con forza contro senso di marcia invece sono:

<b>SOLLECITAZIONI (CSM)</b>	A	N	B	M	C'	L'
<b>Momento Flettente (Mf<sub>x</sub>) Nmm</b>	226742	132879	15116	62173	105813	35353
<b>Forza di Taglio (T<sub>Z</sub>) N</b>	1512	1219	1512	1219	1512	1219
<b>Momento Flettente (Mf<sub>Z</sub>) Nmm</b>	405147	318852	4388	149188	238408	84832
<b>Forza di Taglio (T<sub>X</sub>) N</b>	2925	2925	2925	2925	2925	2925
<b>Momento Torcente (Mt<sub>y</sub>) Nmm</b>	58505	58505	58505	58505	0	0

Le caratteristiche geometriche delle sezioni verificate sono riportate in tabella, A N B ed M sono sezioni del tubolare, mentre C' ed L' sono sezioni del piatto di collegamento:

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE	A	N	B	M	C'	L'
Sezione Resistente (A <sub>i</sub> ) mm <sup>2</sup>	324	324	324	324	300	300
Modulo di Resistenza a Flessione (W <sub>f<sub>x</sub></sub> ) mm <sup>3</sup>	1889	1889	1889	1889	550	550
Modulo di Resistenza a Flessione (W <sub>f<sub>z</sub></sub> ) mm <sup>3</sup>	3041	3041	3041	3041	3000	3000
Modulo di Resistenza a Torsione (W <sub>t</sub> ) mm <sup>3</sup>	3774	3774	3774	3774	470	470

Utilizzando le espressioni di seguito riportate, si ricavano le tensioni normali e tangenziali e di conseguenza quella ideale per ciascuna sezione:

$$\sigma_{fi} = \frac{Mf_i}{W_i}$$

$$\tau_i = \frac{T_i}{A_i} \quad \tau_{to} = \frac{Mt}{W_t}$$

$$\tau_{tot} = \tau_{to} + \sqrt{\tau_x^2 + \tau_z^2}$$

$$\sigma_y = \frac{N_i}{A_i}$$

$$\sigma_{id} = \frac{\sigma_{fx} + \sigma_{fz}}{2} + \frac{\sqrt{(\sigma_{fx} - \sigma_{fz})^2 + 4 \cdot \tau_{tot}^2}}{2} + \sigma_y$$

Copia conforme all'originale  
Faithful copy  
Copie conforme à l'original  
Copia conforme al original

M.T.M. s.r.l.  
**LNRO**  
Gianbeppe Cravero



Anche in questo caso si valuta sia la configurazione in senso di marcia:

TENSIONI (SM)	A	N	B	M	C'	L'
Tensione Normale (σ <sub>fx</sub> ) N/mm <sup>2</sup>	96,8	87,2	6,5	40,8	121,9	79,7
Tensione Tangenziale (τ <sub>z</sub> ) N/mm <sup>2</sup>	3,8	4,7	3,8	4,7	4,1	5,0
Tensione Normale (σ <sub>fz</sub> ) N/mm <sup>2</sup>	133,2	104,9	1,4	49,1	64,8	28,3
Tensione Tangenziale (τ <sub>x</sub> ) N/mm <sup>2</sup>	9,0	9,0	9,0	9,0	9,8	9,8
Tensione Tangenziale (τ <sub>TO</sub> ) N/mm <sup>2</sup>	15,5	15,5	15,5	15,5	0	0
Tensione Ideale (σ <sub>id</sub> ) N/mm <sup>2</sup>	146,2 <156,7	123,2 <156,7	29,4 <156,7	10,9 <156,7	123,8 <200,0	81,9 <200,0

Sia la configurazione contro senso di marcia

TENSIONI (CSM)	A	N	B	M	C'	L'
Tensione Normale ( $\sigma_{f_x}$ ) N/mm <sup>2</sup>	120,0	70,3	8,0	32,9	192,4	64,3
Tensione Tangenziale ( $\tau_z$ ) N/mm <sup>2</sup>	4,7	3,8	4,7	3,8	5,0	4,1
Tensione Normale ( $\sigma_{f_z}$ ) N/mm <sup>2</sup>	133,2	104,9	1,4	49,1	79,5	28,3
Tensione Tangenziale ( $\tau_x$ ) N/mm <sup>2</sup>	9,0	9,0	9,0	9,0	9,8	9,8
Tensione Tangenziale ( $\tau_{TO}$ ) N/mm <sup>2</sup>	15,5	15,5	15,5	15,5	0	0
Tensione Ideale ( $\sigma_{id}$ ) N/mm <sup>2</sup>	153,1 <156,7	118,2 <156,7	30,6 <156,7	67,5 <156,7	193,4 <200,0	67,1 <200,0

essendo la  $\sigma_{id} < \sigma_{amm}$  la verifica è positiva.

### 3.1.2 Verifica Viti di Fissaggio Serbatoio.

Il serbatoio viene fissato alle staffe superiori verificate nel paragrafo precedente, mediante quattro viti M10 classe 10.9. Nella parte inferiore viene fissato al corpo della vettura mediante altrettante viti M12 classe 10.9.

#### Caratteristiche delle viti

Tipologia:	M10
Sezione di Nocciolo ( $S_N$ ):	52,3 mm <sup>2</sup>
Angolo profilo filetto metrico ( $\beta$ ):	30°
Passo (p):	1,5 mm
Coefficiente di attrito ( $f_T$ ):	0,15
Dimensione massima sotto testa (e):	15,6
Classe di resistenza:	10.9
Tensione di rottura ( $\sigma_R$ ):	1000 N/mm <sup>2</sup>
Tensione di snervamento ( $\sigma_S$ ):	900 N/mm <sup>2</sup>
Coppia di Serraggio (Cs):	50 ± 7,5 Nm

**Copia conforme all'originale**  
**Faithful copy**  
**Copie conforme à l'original**  
**Copia conforme al original**

M.T.M. s.r.l.  
**LNRO**  
Gianbeppe Cravero



In base alle caratteristiche geometriche delle viti sopra riportate, si calcola il diametro medio:

$$d_m = d_{nom} - 0,64952 \cdot p = 10 - 0,64952 \cdot 1,5 = 9,0 \text{ mm}$$

mentre il diametro di nocciolo vale:

$$d_n = d_{nom} - 2 \cdot 0,61343 \cdot p = 10 - 2 \cdot 0,61343 \cdot 1,5 = 8,16mm$$

Il valore del precarico minimo è:

$$F_{Amin} = \frac{C_{Smin}}{\left[ \frac{d_m}{2} \cdot (\tan \alpha + \tan \varphi) + f_T \cdot r_T \right]}$$

dove:

$$\tan \alpha = \frac{p}{\pi \cdot d_m} = \frac{1,5}{\pi \cdot 9} = 0,05305$$

$$\tan \varphi = \frac{f_T}{\cos \beta} = \frac{0,15}{\cos 30^\circ} = 0,173205$$

$$r_T = \frac{s + d_{nom}}{4} = \frac{15,6 + 10}{4} = 6,4mm$$

$$F_{Amin} = \frac{42500}{\left[ \frac{9}{2} \cdot (0,05305 + 0,173205) + 0,15 \cdot 6,4 \right]} = 21485 N$$

Dalla coppia di serraggio massima  $C_{Smax} = 57,5 Nm$ , si ricava il precarico massimo sulle viti:

$$F_{Amax} = \frac{C_{Smax}}{\left[ \frac{d_m}{2} \cdot (\tan \alpha + \tan \varphi) + f_T \cdot r_T \right]}$$

da cui sostituendo i valori si ottiene:

$$F_{Amax} = \frac{57500}{\left[ \frac{9}{2} \cdot (0,05305 + 0,173205) + 0,15 \cdot 6,4 \right]} = 29067 N$$

La tensione assiale indotta dalla forza  $F_{Amax}$  vale:

$$\sigma_A = \frac{F_{Amax}}{S_N} = \frac{29067}{52,3} = 555,8 N/mm^2$$

mentre la tensione tangenziale dovuta alla coppia di serraggio vale:

Copia conforme all'originale  
Faithful copy  
Copie conforme à l'original  
Copia conforme al original

M.T.M. s.r.l.  
**LNRO**  
Gianbeppe Cravero



$$\tau_{TO} = \frac{16 \cdot C_s}{\pi \cdot d_n^3} = \frac{16 \cdot 57500}{\pi \cdot 8,16^3} = 539,0 \text{ N/mm}^2$$

Considerando la sollecitazione normale ideale:

$$\sigma_{id} = \frac{\sigma_A}{2} + \frac{\sqrt{\sigma_A^2 + 4 \cdot \tau_{TO}^2}}{2} = \frac{555,8}{2} + \frac{\sqrt{555,8^2 + 4 \cdot 539,0^2}}{2} = 884,3 \text{ N/mm}^2$$

In base alle caratteristiche del materiale, essendo  $\sigma_S = 900 \text{ N/mm}^2 > \sigma_{id}$  la verifica è positiva.

Dinamicamente le viti in questione vengono sollecitate a trazione dalle forze verticali che equilibrano il momento ribaltante precedentemente calcolate ed eventualmente a taglio dalla forza d'inerzia longitudinale del serbatoio, se supera la forza d'attrito generata dalla chiusura delle viti.

La forza d'attrito generata dalla minima forza assiale vale:

$$F_{Tmin} = F_{Amin} \cdot f_t = 21485 \cdot 0,15 = 3223 \text{ N}$$

Confrontando la forza longitudinale che si scarica sul singolo fissaggio del serbatoio  $F_{li}$ , precedentemente calcolata, e  $F_{Tmin}$  si osserva che  $F_{li} = 2925 \text{ N} < F_{Tmin} = 3223 \text{ N}$  quindi le viti di fissaggio del serbatoio non sono sottoposte a taglio.

Per la verifica si sceglie il caso dove le viti vengono maggiormente sollecitate, ovvero quando sulla vite agisce una forza pari a  $F_{VRSM} = F_{VFCSM}$

La forza assiale totale nella vite è quindi

$$F_{ATOT} = F_{Amax} + F_{VRSM} = 29067 + 1512 = 30579 \text{ N}$$

La tensione ideale risulta:

$$\sigma_{id} = \sigma_A = \frac{F_{TOTi}}{S_N} = \frac{30576}{52,3} = 584,7 \text{ N/mm}^2$$

essendo la  $\sigma_{id} < \sigma_S = 900 \text{ N/mm}^2$ , la verifica è positiva.

Copia conforme all'originale  
Faithful copy  
Copie conforme à l'original  
Copia conforme al original

M.T.M. s.r.l.  
LNRO  
Gianbeppe Cravero



### 3.1.3 Verifica Viti di Fissaggio Staffa.

In primo luogo si verificano le viti al serraggio, di seguito vengono riportate le caratteristiche delle viti:

### Caratteristiche delle viti

Tipologia:	M12
Sezione di Nocciolo ( $S_N$ ):	76,2 mm <sup>2</sup>
Angolo profilo filetto metrico ( $\beta$ ):	30°
Passo ( $p$ ):	1,75 mm
Coefficiente di attrito ( $f_T$ ):	0,15
Dimensione massima sotto testa ( $e$ ):	17,4
Classe di resistenza:	10.9
Tensione di rottura ( $\sigma_R$ ):	1000 N/mm <sup>2</sup>
Tensione di snervamento ( $\sigma_S$ ):	900 N/mm <sup>2</sup>
Coppia di Serraggio ( $C_s$ ):	50 ± 7,5 Nm

In base alle caratteristiche geometriche delle viti sopra riportate, si calcola il diametro medio:

$$d_m = d_{nom} - 0,64952 \cdot p = 12 - 0,64952 \cdot 1,75 = 10,9 \text{ mm}$$

mentre il diametro di nocciolo vale:

$$d_n = d_{nom} - 2 \cdot 0,61343 \cdot p = 12 - 2 \cdot 0,61343 \cdot 1,75 = 9,85 \text{ mm}$$

Il valore del precarico minimo è:

$$F_{A \min} = \frac{C_{S \min}}{\left[ \frac{d_m}{2} \cdot (\tan \alpha + \tan \varphi) + f_T \cdot r_T \right]}$$

dove:

$$\tan \alpha = \frac{p}{\pi \cdot d_m} = \frac{1,75}{\pi \cdot 9} = 0,051105$$

$$\tan \varphi = \frac{f_T}{\cos \beta} = \frac{0,15}{\cos 30^\circ} = 0,173205$$

$$r_T = \frac{s + d_{nom}}{4} = \frac{17,4 + 12}{4} = 7,35 \text{ mm}$$

$$F_{A \min} = \frac{42500}{\left[ \frac{10,9}{2} \cdot (0,051105 + 0,173205) + 0,15 \cdot 7,35 \right]} = 18280 \text{ N}$$

Dalla coppia di serraggio massima  $C_{S \max} = 57,5 \text{ Nm}$ , si ricava il precarico massimo sulle viti:

Copia conforme all'originale  
Faithful copy  
Copie conforme à l'original  
Copia conforme al original

M.T.M. s.r.l.  
**LNRO**  
Gianbeppe Cravero



$$F_{Amax} = \frac{C_{Smax}}{\left[ \frac{d_m}{2} \cdot (\tan \alpha + \tan \varphi) + f_T \cdot r_T \right]}$$

da cui sostituendo i valori si ottiene:

$$F_{Amax} = \frac{57500}{\left[ \frac{10,9}{2} \cdot (0,051105 + 0,173205) + 0,15 \cdot 7,35 \right]} = 24731 \text{ N}$$

La tensione assiale indotta dalla forza  $F_{Amax}$  vale:

$$\sigma_A = \frac{F_{Amax}}{S_N} = \frac{24731}{76,2} = 324,6 \text{ N/mm}^2$$

**Copia conforme all'originale**  
**Faithful copy**  
**Copie conforme à l'original**  
**Copia conforme al original**

M.T.M. s.r.l.

**LNRO**

mentre la tensione tangenziale dovuta alla coppia di serraggio vale: Gianbeppe Cravero

$$\tau_{TO} = \frac{16 \cdot Cs}{\pi \cdot d_n^3} = \frac{16 \cdot 57500}{\pi \cdot 9,85^3} = 306,4 \text{ N/mm}^2$$



Considerando la sollecitazione normale ideale:

$$\sigma_{id} = \frac{\sigma_A}{2} + \frac{\sqrt{\sigma_A^2 + 4 \cdot \tau_{TO}^2}}{2} = \frac{324,6}{2} + \frac{\sqrt{324,6^2 + 4 \cdot 306,4^2}}{2} = 509,0 \text{ N/mm}^2$$

In base alle caratteristiche del materiale, essendo  $\sigma_s = 900 > \sigma_{id}$  la verifica al serraggio è positiva.

Per quanto riguarda la verifica alle sollecitazioni dinamiche dovute all'accelerazione longitudinale, oltre al precarico di serraggio si devono considerare: la forza verticale dovuta al momento ribaltante, il momento flettente che detta forza induce nel punto considerato e la quota parte della forza longitudinale dovuta alla massa del telaio che si scarica nel punto considerato. Per valutare quest'ultima è necessario valutare la forza d'inerzia dei telai di fissaggio  $F_{LT}$ , essa si considera poi distribuita uniformemente sui fissaggi.

$$F_{LT} = m_f \cdot a_L = 5,6 \cdot 196,2 = 1099 \text{ N}$$

$$F_{LTi} = \frac{F_{LT}}{nf} = \frac{1099}{4} = 275 \text{ N}$$

Di seguito in forma tabellare sono riportate le sollecitazioni nelle viti nei punti A, e N nelle due configurazioni: senso di marcia e contro senso di marcia.

<b>SOLLECITAZIONI</b>	A (SM)	N (SM)	A (CSM)	N (CSM)
<b>Forza Assiale (Fmf<sub>X</sub>) N</b>	9143	8238	11337	6644
<b>Forza Assiale (Fmf<sub>Y</sub>) N</b>	2925	2925	2925	2925
<b>Forza Assiale (Ft<sub>Z</sub>) N</b>	0	1512	1512	0
<b>Forza di Taglio (Ft<sub>X</sub>) N</b>	2925	2925	2925	2925
<b>Forza Assiale Dinamica (Fvtot) N</b>	12068	12675	15774	9569
<b>Forza Assiale Totale (Ftot) N</b>	36800	37406	40505	34301
<b>Forza di Taglio Totale (Fttot) N</b>	3200	3200	3200	3200

Il precarico delle viti genera una forza d'attrito  $F_{Tmin}$  che contrasta lo sforzo di taglio.

$$F_{Tmin} = F_{Amin} \cdot f_t = 18280 \cdot 0,15 = 2742 \text{ N}$$

Confrontando i valori Fttot e  $F_{Tmin}$  si nota che le viti sono soggette a taglio. La sollecitazione di taglio in queste ultime viti risulta allora:

$$F_{Teff} = F_{ttot} - F_{Tmin}$$

Le sollecitazioni nelle vite sono quindi le seguenti:

<b>SOLLECITAZIONI</b>	A (SM)	N (SM)	A (CSM)	N (CSM)
<b>Tensione Normale (<math>\sigma_N</math>)</b>	482.9	490.9	531.6	450.1
<b>Tensione Tangenziale (<math>\tau</math>)</b>	6.0	6.0	6.0	6.0
<b>Tensione Ideale (<math>\sigma_{id}</math>) N/mm<sup>2</sup></b>	483.0	491.0	531.6	450.2

essendo le  $\sigma_{idi} < \sigma_S = 900 \text{ N/mm}^2$ , la verifica è positiva.

### 3.1.4 Verifica del Corpo Vettura.

Per la verifica del corpo vettura alle sollecitazioni indotte da un'accelerazione longitudinale pari a 20g si verifica a taglio l'area interessata dai fissaggi.

Per il fissaggio inferiore del serbatoio si utilizzano piastre piane 60x45 nei fissaggi anteriori e piastre piane 75x65 nei fissaggi posteriori. Si verifica la resistenza al taglio dei punti di fissaggio considerando una forza tagliente pari a  $F_{TOTi}$ . ed un area resistente pari al

Copia conforme all'originale  
Faithful copy  
Copie conforme à l'original  
Copia conforme al original

M.T.M. s.r.l.

**LNRO**

Gianbeppe Cravero



perimetro delle piastre moltiplicato per lo spessore del materiale dove avviene il fissaggio. Le caratteristiche di resistenza del materiale nei punti di fissaggio sono le seguenti, ipotizzando un Acciaio DD11 UNI 10139:

Caratteristiche del materiale

Spessore (s): 1,5 mm  
Limite elastico a taglio ( $\tau_S$ ): 212 N/mm<sup>2</sup>

Copia conforme all'originale  
Faithful copy  
Copie conforme à l'original  
Copia conforme al original

Lo sforzo di taglio si ricava con la relazione seguente:

$$\tau_R = \frac{F_{TOTi}}{S \cdot p}$$

M.T.M. s.r.l.  
LNRO  
Gianbeppe Cravero



In tabella vengono riportati i risultati nei vari punti.

SOLLECITAZIONI	A (SM)	N (SM)	A (CSM)	N (CSM)
Forza Totale (Ftot) N	36800	37406	40505	34301
Tensione Tangenziale ( $\tau$ ) N/mm <sup>2</sup>	136.3	89.1	150.0	81.7

essendo la  $\tau_R < \tau_S$  la verifica è positiva.

### 3.2 Verifica Fissaggi con Accelerazione Trasversale 8g.

In questa configurazione il sistema è soggetto ad una forza d'inerzia trasversale dovuta ad un'accelerazione pari a 8g; di seguito viene esplicitata tale forza.

$$a_T = 8 \cdot g = 8 \cdot 9,81 = 78,5 \text{ m/s}^2$$

da cui si ottiene la forza trasversale:

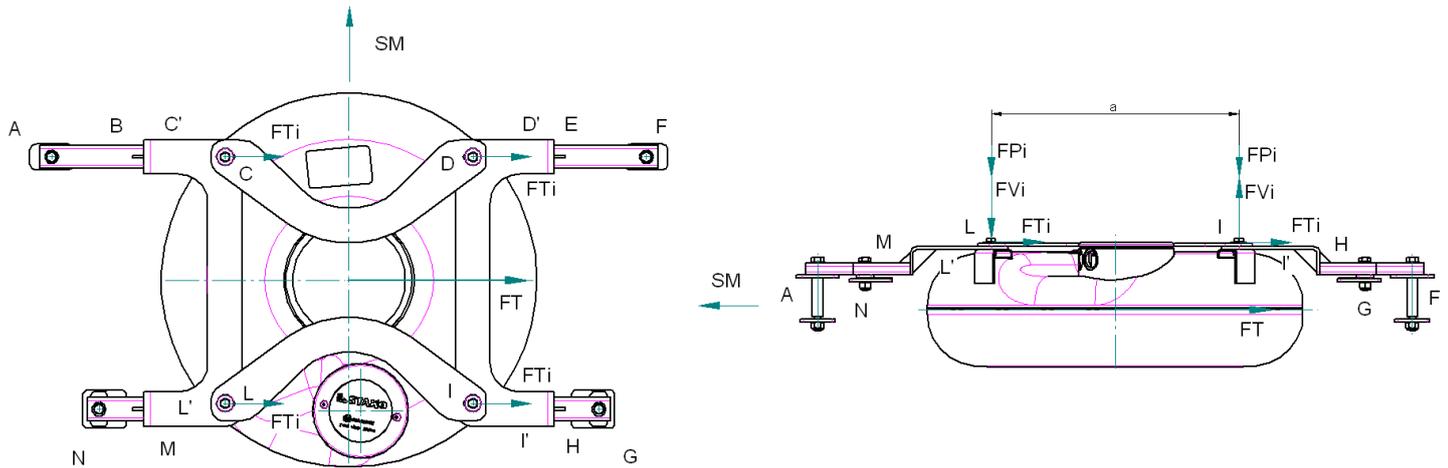
$$F_T = m_{SC} \cdot a_T = 59,6 \cdot 78,5 = 4679 \text{ N}$$

In base a quanto riportato in Fig. 2 e ripercorrendo quanto visto nel paragrafo 3.1 per la sollecitazione longitudinale, le forze che sollecitano il sistema di fissaggio sono:

$$M_{RL} = F_T \cdot \frac{h}{2} = 4679 \cdot 100 = 467900 \text{ Nmm}$$

$$F_V = \frac{M_{RL}}{a} = \frac{467900}{428,5} = 1092 \text{ N}$$

Essendo queste forze di molto inferiori a quelle viste nel paragrafo 3.1 ( $F_V = 2731 \text{ N}$ ,  $F_L = 11701 \text{ N}$ ) per la configurazione con forza longitudinale; essendo anche gli schemi di carico meno gravosi rispetto al caso longitudinale, il sistema nella configurazione di carico trasversale è idoneo a sopportare le sollecitazioni a cui è sottoposto.



**Fig. 2**

Copia conforme all'originale  
Faithful copy  
Copie conforme à l'original  
Copia conforme al original

M.T.M. s.r.l.  
**LNRO**  
Gianbeppe Cravero

