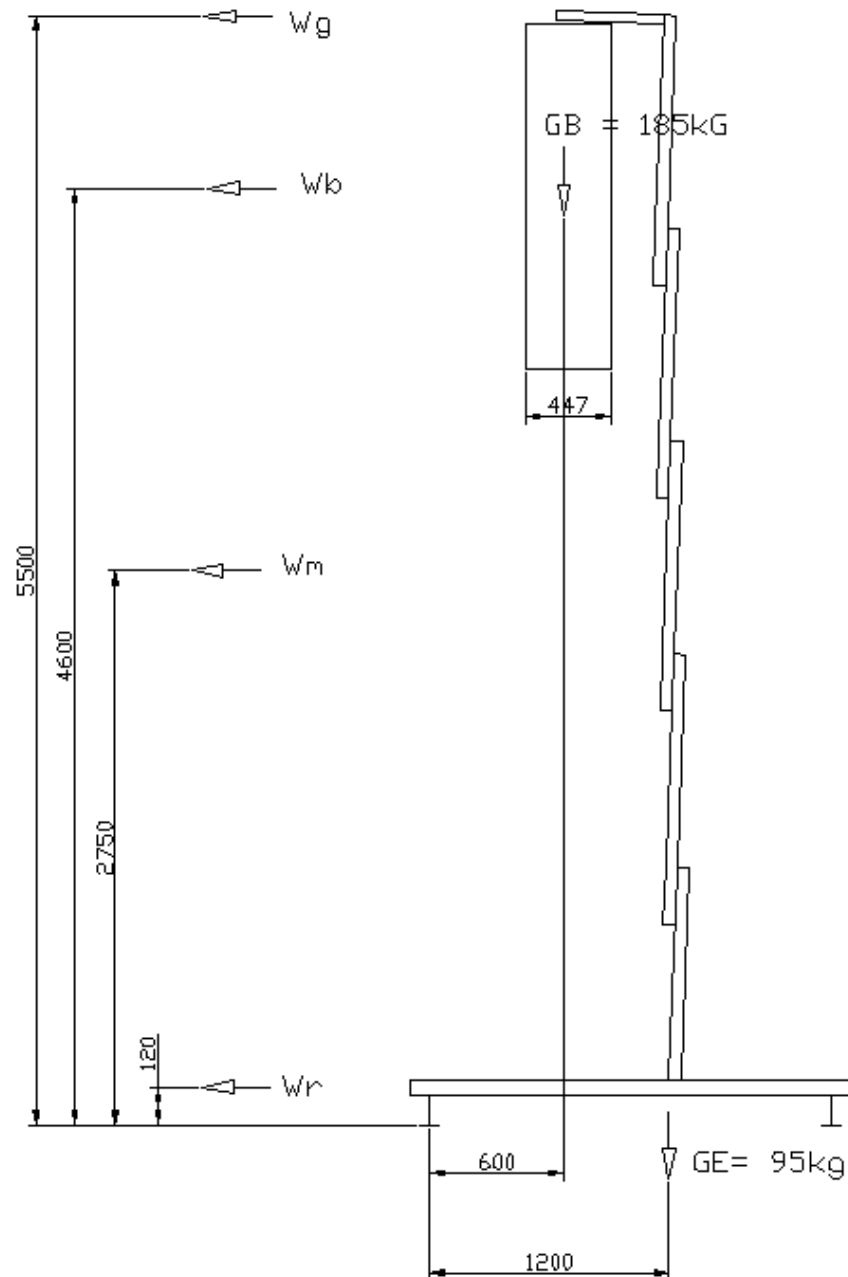


Proof of stability for the TL-A220 traverse lift with a box tower under wind loads

Overview:



- The dimensions have been transmitted by the client.

- In the following calculation, proof of the sufficient stability of the TL-A220 traverse lift with a box tower measuring 714x447x1800mm and a net mass of 185kg hanging on the load fork during outdoor use under wind loads is to be provided. DIN EN 13814 – temporary structures is used as the basis for the calculation. This standard is used to verify, for example, fairground rides, tent halls and mobile grandstands at fairs and folk festivals. This stipulates that operation must be stopped before an expected wind speed of 15m/s. For the traverse lift, this means that it has to be cranked down. The wind force coefficients are taken from or calculated from DIN EN 1991-1-4 – Effects on structures, wind loads.

Load assumptions

Dead weight

The dead weight of the TL-A220 traverse lift is given as 95kg = 0.95kN. The net mass of the boxes is 6 x 30.2 kg = 181.2 kg with connectors and suspension beam approx. 185 kg = 1.850 kN.

Wind loads

- Dynamic pressure: According to DIN EN 13814, a dynamic pressure of $q = 0.20\text{kN/m}^2$ is to be expected at heights of up to 8m above the ground.

Wind load on the load fork:

$$W_G = c_f \times q \times A_G$$

$$c_f = 1,3$$

$$q = 0,20\text{kN/m}^2$$

$$A_G = 0,80\text{m} \times 0,05\text{m} = 0,04\text{m}^2$$

$$W_G = 1,3 \times 0,20\text{kN/m}^2 \times 0,04\text{m}^2 = 0,010\text{kN}$$

- Wind load on box tower

Wind from the front or behind:

$$c_f = 1,3$$

$$q = 0,20\text{kN/m}^2$$

$$A_G = 1,80\text{m} \times 0,714\text{m} = 1,285\text{m}^2$$

$$W_B = 1,3 \times 0,20\text{kN/m}^2 \times 1,285\text{m}^2 = 0,334\text{kN}$$

Side wind:

$$c_f = 1,3$$

$$q = 0,20\text{kN/m}^2$$

$$A_G = 1,80\text{m} \times 0,447\text{m} = 0,805\text{m}^2$$

$$W_B = 1,3 \times 0,20\text{kN/m}^2 \times 0,805\text{m}^2 = 0,209\text{kN}$$

- Wind load on mast:

Force coefficient: $c_f = c_{f,0} \times \psi_\lambda$

Wind from the front or behind:

$$\lambda = l / b = 5500\text{mm} / 125\text{mm} = 44$$

- $\psi_\lambda = 0,87$

$$c_{f,0} = 2,0$$

$$c_f = 2,0 \times 0,87 = 1,74$$

Side wind:

$$\lambda = l / b = 5500\text{mm} / 130\text{mm} = 42,3$$

- $\psi_\lambda = 0,86$

$$c_{f,0} = 2,0$$

$$c_f = 2,0 \times 0,86 = 1,72$$

Wind load from the front or behind:

$$W_{Mv,h} = c_f \times q \times A$$

$$A = 5,5\text{m} \times 0,125\text{m} = 0,688\text{m}^2$$

$$W_{Mv,h} = 1,74 \times 0,20\text{kN/m}^2 \times 0,688\text{m}^2 = 0,239\text{kN}$$

Side wind:

$$W_{Mv,h} = c_f \times q \times A$$

$$A = 5,5\text{m} \times 0,130\text{m} = 0,715\text{m}^2$$

$$W_{Mv,h} = 1,72 \times 0,20\text{kN/m}^2 \times 0,715\text{m}^2 = 0,246\text{kN}$$

- Wind on base frame:

$$W_R = c_f \times q \times A$$

Wind from the front or behind:

$$c_f = 1,3$$

$$q = 0,20\text{kN/m}^2$$

$$A_G = 1,60\text{m} \times 0,08\text{m} = 0,128\text{m}^2$$

$$W_B = 1,3 \times 0,20\text{kN/m}^2 \times 0,128\text{m}^2 = 0,033\text{kN}$$

Side Wind:

$$c_f = 1,3$$

$$q = 0,20 \text{ kN/m}^2$$

$$A_G = 2,10 \text{ m} \times 0,08 \text{ m} = 0,168 \text{ m}^2$$

$$W_B = 1,3 \times 0,20 \text{ kN/m}^2 \times 0,168 \text{ m}^2 = 0,044 \text{ kN}$$

Standing moments:

Tipping over the front outriggers:

$$M_{Stv} = 0,95 \text{ kN} \times 1,20 \text{ m} + 1,85 \text{ kN} \times 0,6 \text{ m} = 2,250 \text{ kNm}$$

Tipping over the side supports:

$$M_{Sts} = 0,95 \text{ kN} \times 0,80 \text{ m} + 1,85 \text{ kN} \times 0,80 \text{ m} = 2,240 \text{ kNm}$$

Tilting moments

Tipping over the front outriggers:

$$M_{Kiv} = 0,01 \text{ kN} \times 5,5 \text{ m} + 0,334 \text{ kN} \times 4,6 \text{ m} + 0,239 \text{ kN} \times 2,75 \text{ m} + 0,033 \text{ kN} \times 0,12 \text{ m} \\ = 2,253 \text{ kNm}$$

Tipping over the side supports:

$$M_{Kis} = 0,01 \text{ kN} \times 5,5 \text{ m} + 0,209 \text{ kN} \times 4,6 \text{ m} + 0,246 \text{ kN} \times 2,75 \text{ m} + 0,044 \text{ kN} \times 0,12 \text{ m} \\ = 1,699 \text{ kNm}$$

Stability

Tilt forward:

$$v = 2,250 \text{ kNm} / 2,253 \text{ kNm} = 0,999 < \text{erf } v = 1,2$$

A ballast weight of at least 35kg must be placed on the support arms at a distance of >1.5m from the front tipping edge. Following results:

$$M_{Stv} = 2,250 \text{ kNm} + 0,35 \text{ kN} \times 1,5 \text{ m} = 2,775 \text{ kNm}$$

$$v = 2,775 \text{ kNm} / 2,253 \text{ kNm} = 1,23 > 1,2$$

Tipping to the side:

$$v = 2,240 \text{ kNm} / 1,699 \text{ kNm} = 1,32 > \text{erf } v = 1,2$$

Security against slipping

The support spindles are to be supported on wooden supports. This results in a coefficient of friction of $\nu = 0,4$.

Friction force: $R = 0,4 \times (0,95\text{kN} + 1,85\text{kN}) = 1,120\text{kN}$

Wind load: $W = 0,010\text{kN} + 0,334\text{kN} + 0,239\text{kN} + 0,033\text{kN} = 0,616\text{kN}$

$\nu = 1,120\text{kN} / 0,616\text{kN} = 1,81 > \text{erf } \nu = 1,2$

Discussion of the results

The lift with the attached box tower can only be operated with the additional ballast weight of at least 35kg at a distance of at least 1.5m from the front tipping edge. The calculated security against tipping over of 1.23 is therefore greater than the required minimum security of 1.2. At 1.81, the calculated safety against slipping is greater than the required minimum safety of 1.2.

The traverse lift is to be set down on wooden supports. Before an expected wind speed of 15m/s, the telescopic mast must be cranked down.

The calculation refers to the maximum height of the traverse lift of 5.5m. If the lift is extended to a lower height, this has a positive effect on stability, so separate verification for lower heights is not required.

A loudspeaker system with a maximum height of 1800mm and a maximum width of 714mm, a depth of 447mm and a net mass of 185kg is assumed to be the load. A system whose dimensions are smaller with the same dead weight has a smaller surface area exposed to the wind. This has a positive effect on the stability, which is why a separate verification for systems with smaller dimensions is not required.

A minimum speaker system weight of 185kg is assumed. If a lighter system is used, the weight difference in the form of ballast in the fall line of the speaker system must be applied to the cantilevers (e.g. on a plank laid over the cantilevers). A speaker system with a mass greater than 185kg increases stability.

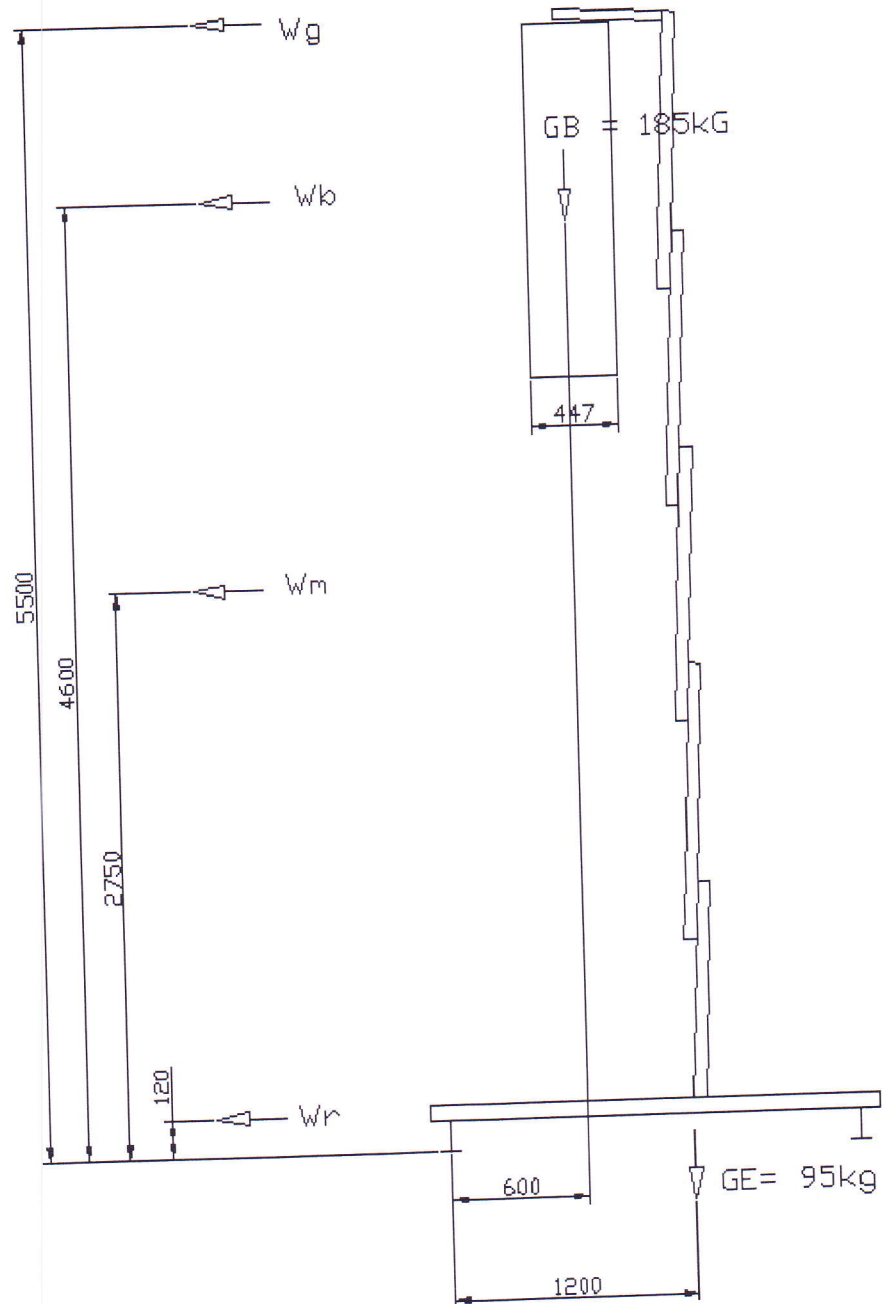
aufgestellt im Februar 2019

von Dipl.-Ing. Konrad Haak



Stand sicherheitsnachweis für Traversenlift TL-A220 mit einem Boxenturm bei Windbelastung

Übersicht:



Die Maße sind vom Auftraggeber so übermittelt worden.

In der nachfolgenden Berechnung soll der Nachweis für die ausreichende Standsicherheit des Traversenliftes TL-A220 mit einem Boxenturm der Abmessungen 714x447x1800mm und einer Eigenmasse von 185kg an der Lastgabel hängend beim Outdooreinsatz bei Windbelastung geführt werden. Als Grundlage für die Berechnung wird die DIN EN 13814 – Fliegende Bauten herangezogen. Diese Norm wird angewandt für den Nachweis von zum Beispiel Fahrgeschäfte, Zelthallen und mobilen Tribünen auf Jahrmärkten und Volksfesten. Hierin ist vorgeschrieben, dass vor einer zu erwartenden Windgeschwindigkeit von 15m/s der Betrieb eingestellt werden muß. Das heißt für den Traversenlift, dass dieser heruntergekurbelt werden muß. Die Windkraftbeiwerte werden der DIN EN 1991-1-4 – Einwirkungen auf Tragwerke, Windlasten entnommen bzw. errechnet.

Lastannahmen

Eigenlasten

Die Eigenmasse des Traversenliftes TL-A220 ist mit 95kg = 0,95kN angegeben. Die Eigenmasse der Boxen beträgt 6 x 30,2kg = 181,2kg mit Verbindern und Aufhängertraverse ca. 185kg = 1,850kN.

Windlasten

Staudruck: Gemäß DIN EN 13814 bei Höhen bis 8m über dem Erdboden ist mit einem Staudruck von $q = 0,20\text{kN/m}^2$ zu rechnen.

- Windlast auf die Lastgabel:

$$W_G = c_f \times q \times A_G$$

$$c_f = 1,3$$

$$q = 0,20\text{kN/m}^2$$

$$A_G = 0,80\text{m} \times 0,05\text{m} = 0,04\text{m}^2$$

$$W_G = 1,3 \times 0,20\text{kN/m}^2 \times 0,04\text{m}^2 = 0,010\text{kN}$$

- Windlast auf Boxenturm

Wind von vorn oder hinten:

$$c_f = 1,3$$

$$q = 0,20\text{kN/m}^2$$

$$A_G = 1,80\text{m} \times 0,714\text{m} = 1,285\text{m}^2$$

$$W_B = 1,3 \times 0,20\text{kN/m}^2 \times 1,285\text{m}^2 = 0,334\text{kN}$$

Wind von der Seite:

$$c_f = 1,3$$

$$q = 0,20\text{kN/m}^2$$

$$A_G = 1,80\text{m} \times 0,447\text{m} = 0,805\text{m}^2$$

$$W_B = 1,3 \times 0,20\text{kN/m}^2 \times 0,805\text{m}^2 = 0,209\text{kN}$$

- Windlast auf Mast:

Kraftbeiwert: $c_f = c_{f,0} \times \psi_\lambda$

Wind von vorn oder hinten:

$$\lambda = l / b = 5500\text{mm} / 125\text{mm} = 44$$

- $\psi_\lambda = 0,87$

$$c_{f,0} = 2,0$$

$$c_f = 2,0 \times 0,87 = 1,74$$

Wind von der Seite:

$$\lambda = l / b = 5500\text{mm} / 130\text{mm} = 42,3$$

- $\psi_\lambda = 0,86$

$$c_{f,0} = 2,0$$

$$c_f = 2,0 \times 0,86 = 1,72$$

Windlast von vorn oder hinten:

$$W_{Mv,h} = c_f \times q \times A$$

$$A = 5,5\text{m} \times 0,125\text{m} = 0,688\text{m}^2$$

$$W_{Mv,h} = 1,74 \times 0,20\text{kN/m}^2 \times 0,688\text{m}^2 = 0,239\text{kN}$$

Windlast von der Seite:

$$W_{Mv,h} = c_f \times q \times A$$

$$A = 5,5\text{m} \times 0,130\text{m} = 0,715\text{m}^2$$

$$W_{Mv,h} = 1,72 \times 0,20\text{kN/m}^2 \times 0,715\text{m}^2 = 0,246\text{kN}$$

- Wind auf Grundrahmen:

$$W_R = c_f \times q \times A$$

Wind von vorn oder hinten:

$$c_f = 1,3$$

$$q = 0,20\text{kN/m}^2$$

$$A_G = 1,60\text{m} \times 0,08\text{m} = 0,128\text{m}^2$$

$$W_B = 1,3 \times 0,20\text{kN/m}^2 \times 0,128\text{m}^2 = 0,033\text{kN}$$

Wind von der Seite:

$$c_f = 1,3$$

$$q = 0,20 \text{ kN/m}^2$$

$$A_G = 2,10 \text{ m} \times 0,08 \text{ m} = 0,168 \text{ m}^2$$

$$W_B = 1,3 \times 0,20 \text{ kN/m}^2 \times 0,168 \text{ m}^2 = 0,044 \text{ kN}$$

Standmomente:

Kippen über die Vorderabstützungen:

$$M_{Stv} = 0,95 \text{ kN} \times 1,20 \text{ m} + 1,85 \text{ kN} \times 0,6 \text{ m} = 2,250 \text{ kNm}$$

Kippen über die Seitenabstützungen:

$$M_{Sts} = 0,95 \text{ kN} \times 0,80 \text{ m} + 1,85 \text{ kN} \times 0,80 \text{ m} = 2,240 \text{ kNm}$$

Kippmomente

Kippen über die Vorderabstützungen:

$$M_{Kiv} = 0,01 \text{ kN} \times 5,5 \text{ m} + 0,334 \text{ kN} \times 4,6 \text{ m} + 0,239 \text{ kN} \times 2,75 \text{ m} + 0,033 \text{ kN} \times 0,12 \text{ m} \\ = 2,253 \text{ kNm}$$

Kippen über die Seitenabstützungen:

$$M_{Kis} = 0,01 \text{ kN} \times 5,5 \text{ m} + 0,209 \text{ kN} \times 4,6 \text{ m} + 0,246 \text{ kN} \times 2,75 \text{ m} + 0,044 \text{ kN} \times 0,12 \text{ m} \\ = 1,699 \text{ kNm}$$

Standicherheit

Kippen nach vorn:

$$v = 2,250 \text{ kNm} / 2,253 \text{ kNm} = 0,999 < \text{erf } v = 1,2$$

Es muß ein Ballastgewicht von mindestens 35kg im Abstand von >1,5m von der vorderen Kippkante auf die Abstützarme gelegt werden. Damit ergibt sich:

$$M_{Stv} = 2,250 \text{ kNm} + 0,35 \text{ kN} \times 1,5 \text{ m} = 2,775 \text{ kNm}$$

$$v = 2,775 \text{ kNm} / 2,253 \text{ kNm} = 1,23 > 1,2$$

Kippen zur Seite:

$$v = 2,240 \text{ kNm} / 1,699 \text{ kNm} = 1,32 > \text{erf } v = 1,2$$

Sicherheit gegen Verrutschen

Die Abstützspindeln sind auf Holzunterpallungen abzustützen. Damit ergibt sich ein Reibbeiwert von $\nu = 0,4$.

$$\text{Reibkraft: } R = 0,4 \times (0,95\text{kN} + 1,85\text{kN}) = 1,120\text{kN}$$

$$\text{Windlast: } W = 0,010\text{kN} + 0,334\text{kN} + 0,239\text{kN} + 0,033\text{kN} = 0,616\text{kN}$$

$$\nu = 1,120\text{kN} / 0,616\text{kN} = 1,81 > \text{erf } \nu = 1,2$$

Diskussion der Ergebnisse

Der Lift mit dem angehängten Boxenturm kann nur mit dem zusätzlich aufgelegten Ballastgewicht von mindestens 35kg im Abstand von mindestens 1,5m von der vorderen Kippkante betrieben werden. Die errechnete Sicherheit gegen Umkippen von 1,23 ist somit größer als die geforderte Mindestsicherheit von 1,2. Die errechnete Sicherheit gegen Verrutschen ist mit 1,81 größer als die geforderte Mindestsicherheit von 1,2.

Der Traversenlift ist auf Holzunterpallungen abzusetzen. Vor einer zu erwartenden Windgeschwindigkeit von 15m/s ist der Teleskopmast herunter zu kurbeln.

Die Berechnung bezieht sich auf die maximale Höhe des Traversenliftes von 5,5m. Wird der Lift auf eine geringere Höhe ausgefahren, so wirkt sich dies positiv auf die Standsicherheit aus, ein gesonderter Nachweis für geringere Höhen ist deshalb nicht erforderlich.

Als Last wird von einem Lautsprecher-System mit einer Höhe von max. 1800mm und einer Breite von max. 714mm, einer Tiefe von 447mm sowie einer Eigenmasse von 185kg ausgegangen. Ein System, dessen Abmessungen bei gleicher Eigenmasse geringer sind, weist eine geringere Windangriffsfläche auf. Dieses wirkt sich positiv auf die Standsicherheit aus, deshalb ist ein gesonderter Nachweis für Systeme mit geringeren Abmessungen nicht erforderlich.

Es wird von einem Mindestgewicht des Lautsprecher-Systems von 185kg ausgegangen. Wird ein leichteres System verwendet, so ist die Gewichts- Differenz in Form von Ballast in Falllinie des Lautsprecher-Systems auf die Ausleger (z.B. auf einer über die Ausleger gelegte Bohle), aufzubringen. Ein Lautsprecher-System mit einer größeren Eigenmasse als 185kg erhöht die Standsicherheit.

aufgestellt im Februar 2019

von Dipl.-Ing. Konrad Haak

