

## ASANSÖR KLAVUZ RAYLARININ, TAŞIYICI HALATLARININ EN 81-20/50 (2020)'e UYGUN HESABINDA BAZI YÖNTEM VE YAKLAŞIMLAR

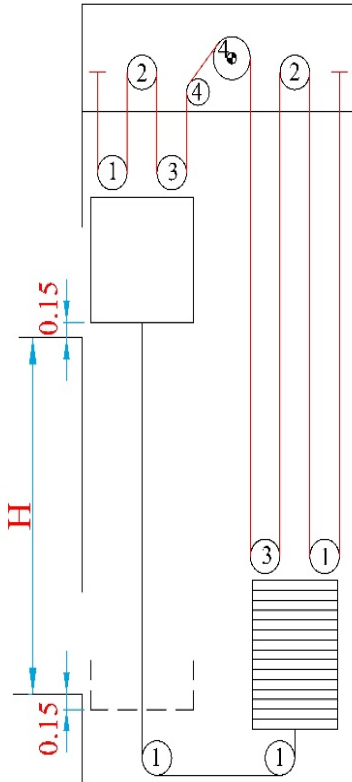
Latif Dalı, Mehmet Yücelay, Gürkan Öztürk

Gravit Makine San. ve Tic. A.Ş.  
info@eleport.com.tr

### ÖZET

Asansör kılavuz raylarının, taşıyıcı halatlarının TS EN 81-20/50(2020) ve TS EN 81-77(2020)'e uygun hesaplanması sırasında, değişkenlerin bulunması, hesapların yapılması konularında bazı yöntem ve yaklaşımlar geliştirilmiştir. Aşağıda açıkladığımız bu yöntem ve yaklaşımların sektör mühendislerinin görüşlerine sunulması, onların katkılarıyla daha da geliştirilmesinin önemli olduğunu düşünmekteyiz...

### 1. HALAT HESABINDA $N_{ps}$ , $N_{pr}$ DEĞERLERİNİN TESBİTİ İÇİN BİR YÖNTEM;



Asansör taşıyıcı halatlarının hesabında, özellikle karmaşık halat askı sistemleri için  $N_{ps}$  (Basit eğilmeli makara sayısı) ve  $N_{pr}$  (Ters eğilmeli makara sayısı) değişkenlerinin tespiti kolay olmayabilir. Burada en karmaşık halat askı sistemlerinde  $N_{ps}$  ve  $N_{pr}$  değerlerinin kesin olarak bulunabilmesi için bir yöntem önerilmektedir.

Önce halat askı sistemini bir çizim programı yardımıyla ölçekli bir şekilde çizelim. Halatı, yatay eksen boyunca, kasnakların yerleri ve halat boyları bozulmayacak şekilde, yatayda tam doğrusal bir hale gelene kadar düzenleyelim.

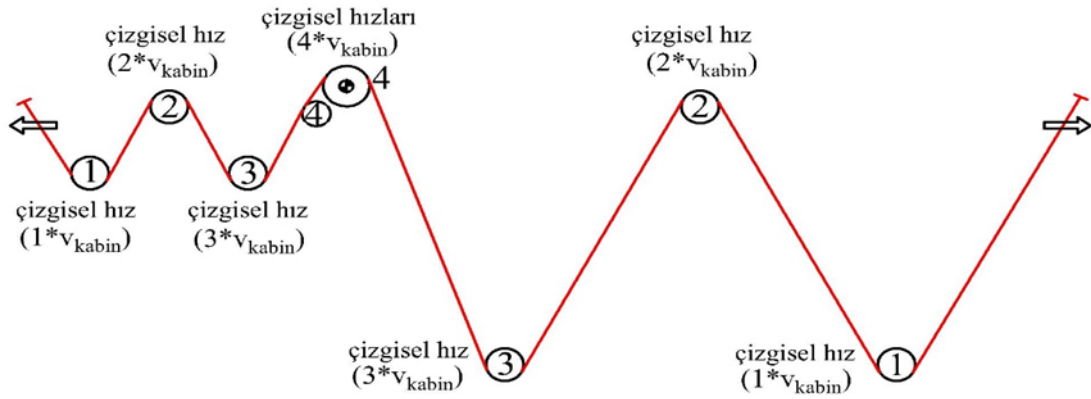
Konuyu EN 81-50; 5.11.3'teki örnek asansör halat sistemine göre açıklayalım (**Şekil 1**). Kasnak üzerindeki değerler, her bir kasnağın hız faktörüdür,

$v_{\text{makara}}$ ; makaranın çizgisel hızı (m/s) olmak üzere;

$$v_{\text{makara}} = (\text{Hız faktörü}) * v_{\text{kabin}} \dots\dots\dots(\text{m/s})(1)$$

**Şekil 2'de**, halatın yatay eksen boyunca, kasnakların yerleri ve halat boyları bozulmayacak şekilde düzenlenmesinde ilk safha, **Şekil 3'te** ise halatın tam olarak serilmiş hali görülmektedir.

**Şekil 1.** Konu anlatımında  
Kullanılan örnek halat askı sistemi



Şekil 2. Halatı kasnakların yerleri bozulmadan yatay eksen boyunca düzenlemede ilk safha

Yukarıda da belirtildiği üzere gerek saptırma gerek palanga gerek denge halatı gerdirme tertibatı kasnaklarının çizgisel hızları, dolayısıyla da bu kasnakların halatı süpürme miktarları farklılık gösterecektir. Asansörün seyir mesafesi kadar (H) yol gittiğini var sayalım;

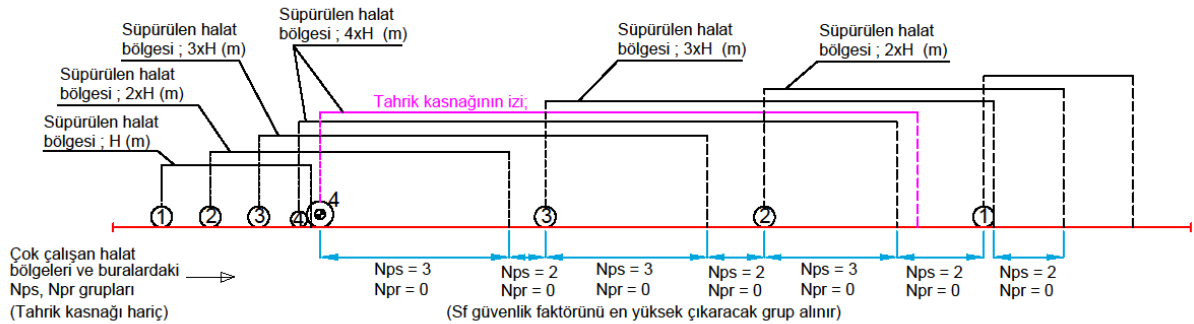
\*Hız faktörü, 1 olan kasnağın H seyir mesafesi için halatı süpürme miktarı =  $1 \cdot H$  ..... (m)(2)

\*Hız faktörü, 2 olan kasnağın H seyir mesafesi için halatı süpürme miktarı =  $2 \cdot H$  ..... (m)(3)

\*Hız faktörü, 3 olan kasnağın H seyir mesafesi için halatı süpürme miktarı =  $3 \cdot H$  ..... (m)(4)

\*Hız faktörü, 4 olan kasnağın H seyir mesafesi için halatı süpürme miktarı =  $4 \cdot H$  ..... (m)(5)

olacaktır. (Daha farklı halat askı sistemleri için bu liste uzayabilir)



Şekil 3. Halat tam serilmiş, halat üzerinde, kasnakların halatı süpürdüğü bölgeler şeklin alt kısmında gösterilmiştir.

Bilindiği gibi Nps, Tahrik kasnağı hariç basit eğilmeli makara sayısı, Npr, Tahrik kasnağı hariç, ters eğilmeli makara sayısıdır. Dolayısıyla halat üzerinde en çok zorlanan bölgeler tahrik kasnağı izi de dikkate alınarak (ki bu  $N_{eşdeğer(t)}$  ile devreye girer), en çok kasnak izi bulunan bölgelere bakılır. Ters sarım varsa o kasnakların izleri farklı bir renkle çizilmeli ve onlar  $N_{pr}$  olarak sayılmalıdır, bu örnekte ters sarım kasnak olmadığından  $N_{pr} = 0$  olmuştur. (Bu örnekte ters sarım gibi görülebilecek makine dairesindeki palanga kasnakları ile gerek kabin üstünde gerek karşı ağırlık üstünde palanga kasnakları vardır. Gerek kabin üstündeki gerek karşı ağırlık üstündeki kasnaklar hareketli olduğundan burada ters sarım incelemesi yapılmaz. TS EN 81-50 madde 5.12.2.3) Şekil 3'te alt bölümde, bu örnek için çeşitli bölgelere göre Nps, Npr değerleri verilmiştir. Formüllerde en zorlanan halat bölgeleri baz alınacağından, bu örnek için max. değerli bölge seçilmiş ve Nps = 3, Npr = 0 olmuştur. (Ters sarım olduğunda hangi grubun Sf güvenlik faktörünü en büyük yapacağı ilk anda görülmeyebilir, o zaman o gruplar için ayrı ayrı hesap yapmak gerekebilir.)



ELEport hesap portalında, halat hesabı sırasında kullanıcıya 36 değişik halat askı seçeneği sunulur. Bu halat askı tiplerinin hepsi için yukarıdaki inceleme yapılmıştır, kullanıcının seçtiği halat sarım tipine göre Nps ve Npr değişkenleri otomatik olarak belirlenmektedir. Kullanıcıdan gelecek talepler doğrultusunda bu listeye yeni sarım tipleri ilave edilebilir.

## 2. HALAT HESABINDA İVMELİ DURUŞTA KASNAK ATALET KUVVETLERİNDEN KAYNAKLI BİLEŞENLERİN HESABI İÇİN BİR YAKLAŞIM;

Bilindiği gibi EN 81-50;5.11.2'deki halat tahrik yeteneği hesabında, tahrik kasnağının her iki yanına gelen T1 ve T2 kuvvetleri etki etmektedir. Bu kuvvetlerin bulunuşu sırasında çeşitli senaryolar söz konusu olmaktadır. Bu senaryolar içinde makine-motor fren sistemi (elektromekanik fren) ile, a ivmesiyle acil duruş şartlarında da kasnakların atalet kuvvetleri önem kazanmaktadır. T1 ve T2 hesabındaki bu bileşenler aşağıda A, B, C, D, E ile işaretlenen bileşenlerdir.

a) Yukarı yerleştirilmiş makinalar için:

$$T_1 = \frac{(P+Q+M_{CRcar}+M_{Trav})}{r} \cdot (g_n \pm a) + \frac{M_{Comp}}{2 \cdot r} \cdot g_n + M_{SRcar} \cdot \left( g_n \pm a \cdot \frac{r^2+2}{3} \right) \pm \left( \frac{{}^iPTD \cdot mPTD \cdot a}{2 \cdot r} \right)$$

$$= \left[ \frac{(m_{DP} \cdot a)}{r} \right]^I \pm \left[ \frac{\sum_{i=1}^{r-1} (m_{Pcar} \cdot i \cdot Pcar \cdot a)}{r} \right]^{III} \pm \frac{FR_{car}}{r} \dots \dots \dots (N)(6)$$

$$T_2 = \frac{M_{cwt}+M_{CRcwt}}{r} \cdot (g_n \mp a) + \frac{M_{Comp}}{2 \cdot r} \cdot g_n + M_{SRcwt} \cdot \left( g_n \mp a \cdot \frac{r^2+2}{3} \right) \pm \left( \frac{{}^iPTD \cdot mPTD \cdot a}{2 \cdot r} \right)$$

$$= \left[ \frac{(m_{DP} \cdot a)}{r} \right]^{II} \pm \left[ \frac{\sum_{i=1}^{r-1} (M_{Pcwt} \cdot i \cdot Pcwt \cdot a)}{r} \right]^{III} \pm \frac{FR_{cwt}}{r} \dots \dots \dots (N)(7)$$

**Şekil 6.** Halat tahrik yeteneği hesabında T1 ve T2 kuvvetlerinin bulunuş formülündeki, kasnak ataletlerinden kaynaklı bileşenler (TS EN 81-50: Madde 5.11.3)

Bildirinin bu bölümünde genelde ihmal edilen ama standarda geçmesi bakımından bulunması mecburi bu değerleri bulmak için bir yol önerilmektedir, ayrıca değerleri ufak olsa da T1 de toplanan, T2 de çıkarılan (ya da tersi) dolayısıyla da hesaplardaki etkilerini katlayan bu değişkenler için bilgisayar ortamında son derece hızlı hesaplar yapılabilmektedir.

ELEport hesap portalında, halat hesabı sırasında kullanıcıya 36 değişik halat askı tipi seçeneği sunulur, bu 36 değişik halat askı tipi için aşağıda geliştirilen formüller belirlenmiş ve kullanıcı seçimine göre otomatik olarak hızla devreye sokulmaktadır. Ayrıca bu hesaplardaki son bileşen sürtünme kuvveti ile ilgili bileşendir bu da genelde ihmal edilmesine rağmen özellikle semer asansörlerde önemli hale gelen bu bileşende ELEport'ta hesaba katılmıştır.

Bu bölümde T1 ve T2 hesabında kırmızı ile işaretlenen kasnak atalet kuvvetleri ile ilgili bileşenlerle değinilecek, diğer bileşenlerine bakılmayacaktır.

Bileşenlerinin hesaplarının açıklanması sırasında yukarıda **Şekil 1'de** verilen örnek asansör askı tipi kullanılmıştır.

**2.1. Formüldeki A bileşenini ele alırsak (Formül 8);**

$$\left( \frac{i_{PTD} \cdot m_{PTD} \cdot a}{2 \cdot r} \right) \dots\dots\dots (N)(8)$$

Bu bileşen, asansörde denge halatı gergi tertibatı varsa, gergi tertibatının makaralarından kaynaklı atalet kuvvetini veren bileşendir.

\* $i_{PTD}$ ; Denge Halatı Gergi tertibatı makara sayısı

**Şekil 1’deki** örnek için 2 adet, ELEport hesabın giriş sayfasında bu değer kullanıcıdan istenmektedir.

\* $r$ ; Halat askı katsayısı

ELEport hesabın giriş sayfasında kullanıcıdan 36 değişik halat askı tipi resmi içinden, kendi halat askı tipini seçmesi istenmektedir, bu seçime göre halat askı katsayısı ( $r$ ) arka planda otomatik olarak belirlenmektedir.

\* $a$ ; Kabinin acil frenlemede yavaşlama ivmesi (pozitif değer) ( $m/s^2$ )

ELEport hesabın giriş sayfasında bu değer kullanıcıdan istenmektedir, default değer  $0.5(m/s^2)$  dir.

\* $m_{PTD}$ ; Denge Halatı Gergi tertibatındaki bir makaranın dinamik kütesidir ve EN 81-50:5.11.3 de verildiği üzere genel ifadesi aşağıdaki şekildedir;

$$m = J \cdot (v_{makara} / v_{kabin})^2 / R^2 \dots\dots\dots (kg)(9)$$

\* $v_{makara}$ ; Makaranın çizgisel hızı ( $m/s$ )

\* $v_{kabin}$ ; Kabin hızı ( $m/s$ )

\* $J$ ; Döner sistemlerdeki kasnak atalet momenti ( $kgm^2$ )

\* $R$ ; Kasnağın metre cinsinden yarıçapı. ( $m$ )

Örneğimiz **Şekil 1’deki** halat askı tipinde görüleceği üzere, Gerdirme Tertibatı makaralarında hız faktörü 1’dir (Bu değer, halat askı tipi ne olursa olsun değişmeyecektir.)

Buna göre **Formül 9’**daki  $m_{PTD}$  (dinamik kütle) ifadesinde,  $v_{makara} = 1 \cdot v_{kabin}$  ve ilgili alt indisler konularak aşağıdaki ifadeye gelinir;

$$m_{PTD} = J_{PTD} \cdot (1 \cdot v_{kabin} / v_{kabin})^2 / R^2 = J_{PTD} / R^2 \dots\dots\dots (kg)(10)$$

Bulunan  $m_{PTD}$ , A ifadesinde (**Formül 8**) yerine konursa A ifadesi daha kolay tespit edilir hale gelecektir;

$$A = \frac{(i_{PTD} \cdot J_{PTD})}{2 \cdot R^2 \cdot r} \cdot a \dots\dots\dots (N)(11)$$

Bu formülde yukarıda belirtildiği üzere  $i_{PTD}$ ,  $r$ ,  $a$  bilinmektedir,  $J$  ve  $R$  değerlerinin hesabı ise **Madde 2.6** da incelenecektir.

**2.2. Formüldeki B bileşenini ele alırsak (Formül 12);**

$$\frac{(m_{DP} \cdot a)^I}{r} \dots\dots\dots (N)(12)$$

Bu bileşen saptırma makarası ya da makaralarından kaynaklı atalet kuvvetini veren bileşendir. Buradaki (I) üst indisi, bileşenin kabin tarafındaki saptırma makarasının atalet kuvvetine ait olduğunu göstermektedir.

Örneğimiz **Şekil 1'deki** halat askı tipinde görüleceği üzere, kabin tarafında bir adet saptırma makarası vardır ve makaranın hız faktörü r'dir (r: Halat askı katsayısı). Bu r hız faktörü halat askı tipi ne olursa olsun tüm saptırma kasnakları için de geçerlidir.

Buna göre **Formül 9'daki**  $m_{PTD}$  (dinamik kütle) ifadesinde,  $v_{makara} = r \cdot v_{kabin}$  ifadesi ve ilgili alt indisler konularak aşağıdaki ifadeye gelinir;

$$m_{DP} = J_{DP} \cdot (r \cdot v_{kabin} / v_{kabin})^2 / R^2 = J_{DP} \cdot r^2 / R^2 \dots \dots \dots \text{(kg)} \quad (13)$$

Bulunanları B ifadesinde (**Formül 12**) yerine koyarsak B ifadesi aşağıdaki hale gelir:

$$B = \frac{(J_{DP} \cdot r^2)}{R^2 \cdot r} \cdot a = \frac{(J_{DP} \cdot r)}{R^2} \cdot a \dots \dots \dots \text{(N)} \quad (14)$$

Bu formülde yukarıda belirtildiği üzere r, a bilinmektedir, J ve R değerlerinin hesabı ise **Madde 2.6'** da incelenecektir.

### 2.3. Formüldeki C bileşenini ele alırsak (**Formül 15**);

$$\left[ \frac{\sum_{i=1}^{r-1} (m_{Pcar} \cdot i \cdot Pcar \cdot a)}{r} \right]^{III} \dots \dots \dots \text{(N)} \quad (15)$$

Bu bileşen kabin tarafındaki palanga makaralarının atalet kuvvetlerini veren bileşendir. Buradaki III üst indisi, bileşenin sadece halat askı oranı >1 ise bulunabileceğini göstermektedir. Gerçekten de halat askı oranı 1 olduğunda palanga kasnağı bulunmayacağından bu bileşen formülde kullanılmaz.

\* $i_{Pcar}$  ; Aynı dönme hızına sahip, kabin tarafındaki palanga makaralarının sayısıdır (saptırma kasnağı hariç)

\* $m_{Pcar}$ ; Aynı dönme hızına sahip, kabin tarafındaki palanga makaralarının dinamik kütlesidir.

Şekil 1'deki örneğimiz için formülün C bileşenini açarsak;

Örneğimizde r=4 dür, r-1=3 olacağından formülün,  $\Sigma$ 'lı ifade 3 adet bileşene ayrılacaktır,

$$\left[ \frac{\sum_{i=1}^{r-1} (m_{Pcar} \cdot i \cdot Pcar \cdot a)}{r} \right] = \frac{(m_{Pcar1} \cdot i \cdot Pcar1 \cdot a) + (m_{Pcar2} \cdot i \cdot Pcar2 \cdot a) + (m_{Pcar3} \cdot i \cdot Pcar3 \cdot a)}{r} \dots \dots \dots \text{(N)} \quad (16)$$

Buradaki (1) alt indisle gösterilen palanga makarası, kabin tarafındaki, kabin üzerindeki, fixpointe yakın palanga kasnağını temsil etsin. Bu makaranın hız faktörü **Şekil 1'de** görüleceği üzere 1'dir, aynı dönme hızına sahip makara sayısı da 1'dir. Bu zamanda **Formül 16'daki** ilk bileşendeki değişkenler aşağıdaki şekilde oluşur;



$$m_{Pcar1} = J \cdot (v_{makara}/v_{kabin})^2 / R^2 = J_{Pcar} \cdot (1 \cdot v_{kabin}/v_{kabin})^2 / R^2 = 1 \cdot (J_{Pcar}/R^2) \dots\dots(kg)(17)$$

$$i_{Pcar1} = 1$$

Buradaki (2) alt indisle gösterilen palanga makarası, kabin tarafındaki, makine dairesindeki palanga kasnağını temsil etsin, bu makaranın hız faktörü **Şekil 1’de** görüleceği üzere 2’dir, aynı dönme hızına sahip makara sayısı 1’dir. Bu zamanda **Formül 16’daki** ikinci bileşendeki değişkenler aşağıdaki şekilde oluşur;

$$m_{Pcar2} = J \cdot (v_{makara}/v_{kabin})^2 / R^2 = J_{Pcar} \cdot (2 \cdot v_{kabin}/v_{kabin})^2 / R^2 = 4 \cdot (J_{Pcar}/R^2) \dots\dots(kg)(18)$$

$$i_{Pcar2} = 1$$

Buradaki (3) alt indisle gösterilen palanga makarası, kabin tarafındaki, saptırma makarasına yakın, kabin üzerindeki palanga kasnağını temsil etsin. Bu makaranın hız faktörü **Şekil 1’de** görüleceği üzere 3’tür, aynı dönme hızına sahip makara sayısı da 1’dir. Bu zamanda **Formül 16’daki** üçüncü bileşendeki değişkenler aşağıdaki şekilde oluşur;

$$m_{Pcar3} = J \cdot (v_{makara}/v_{kabin})^2 / R^2 = J_{Pcar} \cdot (3 \cdot v_{kabin}/v_{kabin})^2 / R^2 = 9 \cdot (J_{Pcar}/R^2) \dots\dots(kg)(19)$$

$$i_{Pcar3} = 1$$

Bulunan bu değerler C formülünde (**Formül 16**) yerine konur ve  $(J_{Pcar} \cdot a)/R^2$  parantezine alınır aşağıdaki ifadeye gelinir;

$$C = \frac{\sum_{i=1}^3 (m_{Pcar} \cdot i_{Pcar} \cdot a)}{r} = \frac{(J_{Pcar} \cdot a) \cdot (1+4+9)}{R^2 \cdot r} = \frac{14 \cdot (J_{Pcar} \cdot a)}{R^2 \cdot r} \dots\dots(N)(20)$$

Bu formülde de r, a bilinmektedir, J ve R değerlerinin hesabı ise **Madde 2.6 da** incelenecektir. Yukarıda da belirtildiği üzere ELEport hesap portalında, halat hesabı sırasında kullanıcıya 36 değişik halat askı tipi seçeneği sunulur. Arka planda tüm **halat askı tipleri için C formülü oluşturulmuştur**. Kullanıcının seçimine göre uygun formül otomatik olarak devreye sokulur.

#### 2.4. Formüldeki D bileşenini ele alırsak;

$$\left( \frac{m_{DP} \cdot a}{r} \right)^{II} \dots\dots\dots(N)(21)$$

Bu bileşen saptırma makarasının atalet kuvvetini veren bileşendir. Buradaki (II) üst indisi, bileşenin karşı ağırlık tarafındaki saptırma makarasının atalet kuvvetine ait olduğunu göstermektedir. Örneğimiz **Şekil 1’deki** halat askı tipinde görüleceği üzere, karşı ağırlık tarafında saptırma makarası bulunmamaktadır, dolayısıyla bu örnek için bu bileşen hesaplanmaz.

Karşı ağırlık tarafında saptırma makarası bulunsaydı, bu makaranın da hız faktörü r (Halat askı katsayısı) olacaktı ve hesap formülü **Madde 2.2; Formül 14’e** benzeyecekti.

#### 2.5. Formüldeki E bileşenini ele alırsak;

$$\left[ \frac{\sum_{i=1}^{r-1} (M_{Pcwt} \cdot i_{Pcwt} \cdot a)}{r} \right]^{III} \dots\dots\dots(N)(22)$$

Bu bileşen karşı ağırlık tarafındaki palanga makaralarının atalet kuvvetlerini veren bileşendir. Buradaki (III) üst indisi, bileşenin sadece halat askı oranı  $>1$  ise bulunabileceğini göstermektedir. Gerçekten de halat askı oranı (1) olduğunda palanga kasnağı bulunmayacağından bu bileşen formülde kullanılmaz.

\* $i_{Pcwt}$ ; Aynı dönme hızına sahip, karşı ağırlık tarafındaki makaraların sayısıdır (saptırma kasnağı hariç)

\* $m_{Pcwt}$ ; Aynı dönme hızına sahip, karşı ağırlık tarafındaki makaraların dinamik kütlesidir.

Şekil 1'deki örneğimiz için formülün E bileşenini açarsak; Örneğimizde  $r=4$  dür,  $r-1=3$  olacağından formülün,  $\Sigma$ 'lı ifade 3 adet bileşene ayrılacaktır,

$$\left[ \frac{\sum_{i=1}^{r-1} (m_{Pcwt} \cdot i_{Pcwt} \cdot a)}{r} \right] = \frac{(m_{Pcwt} \cdot i_{Pcwt} \cdot a) + (m_{Pcwt} \cdot i_{Pcwt} \cdot a) + (m_{Pcwt} \cdot i_{Pcwt} \cdot a)}{r} \dots(N)(23)$$

Buradaki (1) alt indisi ile gösterilen palanga makarası, karşı ağırlık tarafındaki, kabin üzerindeki, fixpointe yakın palanga kasnağını temsil etsin. Bu makaranın hız faktörü Şekil 1'de görüleceği üzere 1'dir, aynı dönme hızına sahip makara sayısı da 1'dir. Bu zamanda Formül 23'teki birinci bileşendeki değişkenler aşağıdaki şekilde oluşur;

$$m_{Pcwt1} = J \cdot (v_{makara}/v_{kabin})^2 / R^2 = J_{Pcwt} \cdot (1 \cdot v_{kabin}/v_{kabin})^2 / R^2 = 1 \cdot (J_{Pcwt}/R^2) \dots(kg)(24)$$

$$i_{Pcwt1} = 1$$

Buradaki (2) alt indisi ile gösterilen palanga makarası, karşı ağırlık tarafındaki, makine dairesindeki palanga kasnağını temsil etsin, bu makaranın hız faktörü Şekil 1'de görüleceği üzere 2'dir, aynı dönme hızına sahip makara sayısı 1'dir. Bu zamanda Formül 23'teki ikinci bileşendeki değişkenler aşağıdaki şekilde oluşur;

$$m_{Pcwt2} = J \cdot (v_{makara}/v_{kabin})^2 / R^2 = J_{Pcwt} \cdot (2 \cdot v_{kabin}/v_{kabin})^2 / R^2 = 4 \cdot (J_{Pcwt}/R^2) \dots(kg)(25)$$

$$i_{Pcwt2} = 1$$

Buradaki (3) alt indisi ile gösterilen palanga makarası, karşı ağırlık tarafındaki, tahrik makarasına yakın, kabin üzerindeki palanga kasnağını temsil etsin. Bu makaranın hız faktörü Şekil 1'de görüleceği üzere 3'tür, aynı dönme hızına sahip makara sayısı da 1'dir. Bu zamanda Formül 23'teki değişkenler aşağıdaki şekilde oluşur;

$$m_{Pcwt3} = J \cdot (v_{makara}/v_{kabin})^2 / R^2 = J_{Pcwt} \cdot (3 \cdot v_{kabin}/v_{kabin})^2 / R^2 = 9 \cdot (J_{Pcwt}/R^2) \dots(kg)(26)$$

$$i_{Pcwt3} = 1$$

Bulunan bu değerler E formülünde (Formül 23) yerine konur ve  $(J_{Pcwt} \cdot a)/R^2$  parantezine alınırsa aşağıdaki formüle gelir;

$$E = \frac{\sum_{i=1}^3 (m_{Pcwt} \cdot i_{Pcwt} \cdot a)}{r} = \frac{(J_{Pcwt} \cdot a) \cdot (1+4+9)}{R^2 \cdot r} = \frac{14 \cdot (J_{Pcwt} \cdot a)}{R^2 \cdot r} \dots(N)(27)$$

Bu formülde de  $r$ ,  $a$  bilinmektedir,  $J$  ve  $R$  değerlerinin hesabı ise Madde 2.6 da incelenecektir.

Yukarda da belirtildiği üzere  $a$  (kabinin acil frenle yavaşlama ivmesi),  $i_{PTD}$  (Denge Halatı Gergi tertibatı makara sayısı),  $v_{kabin}$  (Kabin hızı) gibi değerler kullanıcıdan istenmiştir, dolayısıyla da bellidir. Bu zamanda A, B, C, D, E bileşenlerinin hesabında belirsiz kalan iki değişken  $R$  ve  $J$  dir, bunların tespiti için ELEport aşağıda Madde 2.6'da anlatılan iki yaklaşımı yapar.



## 2.6. Formüllerde bilinmeyen R ve J değerlerinin tespiti;

\*ELEport hesapta, R (Makara yarıçapı(m)) değerinin bulunuşunda, kullanıcıdan sistemdeki tüm kasnakların çaplarını sormak yerine, daha kolay ve hızlı bir hesap yöntemi geliştirmek üzere aşağıdaki yaklaşıma gidilmiştir.

TS EN 81-50 halat hesabında;

**D<sub>p</sub>**; Tahrik kasnağı hariç, diğer tüm kasnakların ortalama çapı (mm) değişkeni kullanılmaktadır. ELEport'ta gerek saptırma kasnağı gerek palanga kasnakları gerek kullanılmışsa denge halatı gerdirme tertibatı kasnak ya da kasnaklarının aynı fiziksel yapıda ve çap değerinin de olduğu ve bu çap değerinde D<sub>p</sub> olduğu varsayımı yapılmıştır. Kasnakların çapının seçiminde halat çapı önemlidir ve tasarımcı gerek sipariş kolaylığı gerek imalat kolaylıklarından sistemdeki tüm kasnakları çok büyük oranda aynı çapta seçer. Dolayısıyla bu yaklaşım çok büyük oranda doğru bir yaklaşımdır. Buna göre yukarıdaki hesapta bilinmeyen iki değişkenden biri olan R (Makara yarıçapı(m)) **Formül 28'de** hesaplanırsa;

$$R; \text{Tahrik kasnağı hariç tüm makaraların yarı çapı} = D_p / (2 * 1000) \dots\dots\dots (m)(28)$$

(Paydadaki 1000 değeri, kullanıcıdan (mm) olarak alınan D<sub>p</sub> değerinin (m) cinsine çevrilmesi ile ilgilidir)

\*Ayrıca ELEport hesapta J (Döner sistemlerdeki kasnak atalet momenti (kgm<sup>2</sup>)) değeri bilindiği gibi kasnağın fiziksel yapısıyla ilgili bir değişkendir. ELEport hesapta tahrik kasnağı hariç diğer tüm kasnakların fiziksel yapılarının aynı olduğu varsayımının yapılmış olduğunu belirtmiştik, buna göre;

$$J = J_{DP} = J_{Pcar} = J_{Pcwt} = J_{PTD} \dots\dots\dots (kgm^2)(29)$$

olur.

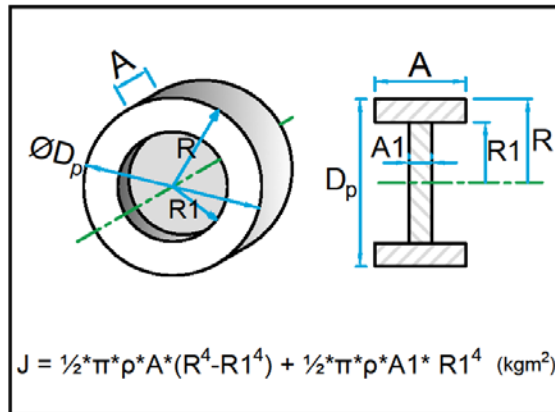
J<sub>DP</sub>; Saptırma makarası atalet momenti,

J<sub>Pcar</sub>; Kabin tarafındaki palanga kasnaklarının atalet momenti,

J<sub>Pcwt</sub>; Karşı ağırlık tarafındaki palanga kasnaklarının atalet momenti,

J<sub>PTD</sub>; Denge halatı varsa, denge halatı gerdirme tertibatı kasnağının atalet momenti.

Kasnaklar **Şekil 7'de** verilen bir fiziksel yapıya sahip olsun, şekilde bu fiziksel yapı için J formülü de verilmektedir.



Şekil 7. Döner sistemlerde bu yapı için kasnak atalet momenti



$$F_k = k_1 * g_n * (Q+P) / n \dots\dots\dots(N)(32)$$

formülü ile veriliyordu.

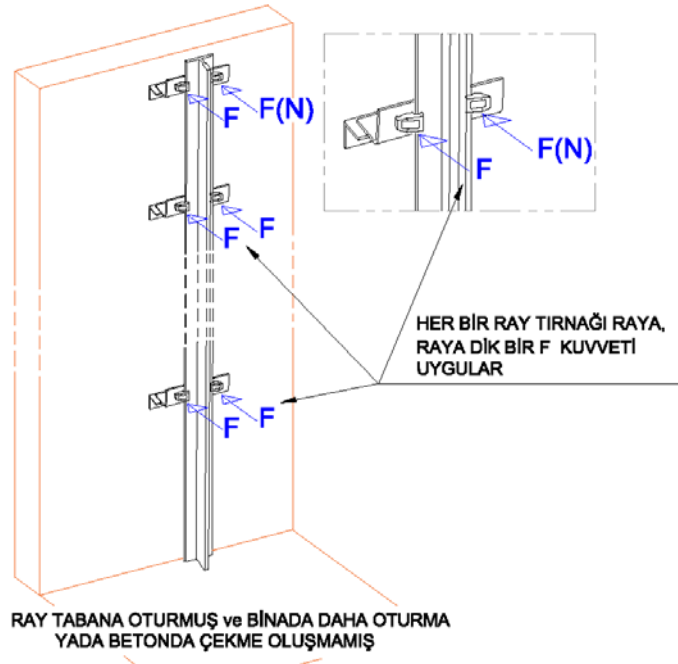
Burada görüldüğü gibi sadece asansörün tam yükte güvenlik tertibatının çalışması ile oluşacak düşey kuvvet dikkate alınmıştır.

Son standart TS EN 81-20/50;5.7.2.3.5'te ise kılavuz raylarının her birine gelen max düşey kuvvet;

$$F_v = k_1 * g_n * (Q+P) / n + M_g * g_n + F_p \dots\dots\dots(N)(33)$$

formülü ile geliştirildi. Buradaki ilavelerin ilki ( $M_g * g_n$ ) (N) Kılavuz raylarının bir hattının kütlelerinden kaynaklı kuvveti, ikincisi  $F_p$  (N) ise **betonun çekilmesi veya binanın normal oturması nedeniyle**, bir kılavuz rayda bulunan tüm ray tırnaklarının kuvvetiyle oluşacak düşey sürtünme kuvvetini (statik sürtünme kuvveti) temsil etmektedir.

Aşağıda bu  $F_p$  kuvveti 4 senaryo halinde incelenecektir;



**Şekil 9. Senaryo1**, Ray tabana oturmuş, daha binada oturma ya da betonda çekme yok

Ray tırnakları raya dik  $F$  (N) kuvvetleri uygularlar. Bu uyguladıkları  $F$  kuvveti, tırnakların fiziksel yapıları ile ilgilidir. Bu arada tırnakların sıkılması sırasındaki tork değeri de  $F$  kuvvetini etkiler. Tırnak imalatçıları, tırnak cıvatalarının sıkılma tork değerini vermektelerdir, bu tork değerine dikkat edilmezse aşağıda inceleyeceğimiz sürtünme kuvvet değerleri değişecektir. (Bilindiği gibi **Sürtünme kuvveti= sürtünme katsayısı(k)\* dik kuvvet(F)**)

#### Senaryo 1:

Kılavuz ray, kuyu tabanına oturtulmuş fakat binada daha oturma veya betonda çekme oluşmamış. Bu durum **Şekil 9'da** gösterilmektedir. Bu zamanda ray tırnaklarından kaynaklı, raya uygulanan düşey itme kuvvetinden ( $F_p$ ) bahsedilemez.

**Senaryo 2:**

Ne zamanki binada oturma veya betonda çökme olmaya başlar, o taktirde binayla birlikte davranan ray konsolları ve ray tırnaklarının her biri, raya aşağı yönde bir kuvvet uygulamaya başlarlar. Bu zamanda rayda aşağı yönlü bir statik sürtünme kuvveti ( $F_p$ ) oluşur. (**Şekil 10**) (Bilindiği gibi sürtünme kuvveti statik sürtünme kuvveti ve kinetik sürtünme kuvveti olarak iki tiptir. Statik sürtünme kuvveti daha tırnaklar ray üstünde kaymaya başlamadığı statik durumda söz konusudur ve böyle bir sistemde binanın dolayısıyla tırnakların aşağı yönde uyguladıkları kuvvetle aynı yödedir). Tırnak imalatçıları tırnağın tipine ve modeline göre değişen bu statik sürtünme kuvvetlerinin max. değerlerini ( $F_{r \max}$ ) teknik dokümanlarında vermektedirler. Aşağıda **Tablo 1'de** önde gelen bir ray ve ray tırnağı üreticisi firmanın tırnak tipine (sac, çelik dövme) ve tırnak modeline göre değişen  $F_{r \max}$  değerlerini kgf olarak gösteren teknik dökümanı görülmektedir. Ne zamanki kuvvet bu  $F_{r \max}$  değerini geçer o zaman tırnaklar ray üzerinde kaymaya başlayacaklar ve kinetik sürtünme ortaya çıkacaktır. Kinetik sürtünme kuvveti, uygulanan kuvvete zıt yönde oluşur, bu durum **Senaryo 3'te** ele alınmıştır.)



Tipo de guía Type of guide		T45/A	T50/A	T65/A	T70/A	T70-70-9/A	T75/A-B	T78/B	T80-80-9/A	T82/A-B	T89/A-B	T90/A-B	T125-11/A	T114/B	T125/B	T127-1/B	T127-2/B	T140-1/B	T140-2/B
Para fijar guías For fixing guide rails	F.Rozamiento / brida (kgf) Friction force / clip (kgf) Max.	170	170	170	260	350	280	280	350	260	400	400	350	500	500	500	700	700	700
Para fijar componentes For fixing components	F.Rozamiento / brida (kgf) Friction force / clip (kgf) Min.	120	120	120	180	250	180	180	250	180	300	300	250	320	320	320	500	500	500
Resistencia / Strength Max. Fa (kgf)		1900	1900	1900	2200	2600	2200	2200	2600	2200	2600	2600	2700	2950	2950	2950	2950	2950	2950
AA ±3 (mm)		55	60	75	83	86	88	91	96	95	105	106	138	131	142	144	148	161	161



Tipo de guía Type of guide		T45/A	T50/A	T65/A	T70/A	T70-70-9/A	T75/A-B	T78/B	T80-80-9/A	T82/A-B	T85/A-B	T89/A-B	T125-11/A	T114/B	T125/B	T127-1/B	T127-2/B	T140-1/B	T140-2/B
F.Rozamiento / brida Friction force / clip	Min.	30	30	30	71	84	84	71	69	71	69	69	84	69	69	69	96	96	96
Fr (kgf)	Max.	38	38	38	89	105	105	89	87	89	87	87	105	87	87	87	121	121	121
Resistencia / Strength Max. Fa (kgf)		125	125	125	297	349	349	297	288	297	288	288	349	288	288	288	402	402	402
AA ±3 (mm)		63	60	60	94	100	111	102	120	100	129	100	161	154	165	167	167	160	160

**Tablo 1.** Çelik dövme ve sac tırnaklar için tırnakların düşey yönde oluşturacakları max. statik sürtünme kuvvet değerleri (kgf)

TS EN 81-50; 5.7.2.3.5'te  $F_p$  aşağıdaki şekilde hesap edilir. (Ray kuyu tabanına oturtulmuş);

$$F_p = n_b * Fr \dots \dots \dots (N)(34)$$

$n_b$  ; Bir kılavuz ray için konsolların sayısı ( $H_{kuyu}$  / ray konsollarının arası)

$F_r$  ; Konsol başına tüm tırnakların kuvvetiyle itme

Konsolda 2 ray tırnağı olsun, bu taktirde  $F_r$  aşağıdaki gibi olacaktır.

$$F_r = 2 * F_{rmax} * g_n \dots \dots \dots (N) (35)$$

Konuyu bir örnekle açıklayalım, standart tarafından bu hesabın yapılması gereken min, seyir mesafesi 40 m, kuyu boyu 45,5 m olan (yaklaşık 14 kat) bir binayı ele alalım. Asansör kapasitesi  $Q=1000$  kg,  $P=1100$  kg, konsollar 2 m’de bir atılmış olsun, T90/B ray, çelik dövme tırnak kullanılsın (**Tablo 1’den**  $F_{rmax}=400$  kgf olur), kayma fren kullanılmış olsun  $k_1=2$  olur. Ayrıca ray kuyu tabanına oturtulmuş ve her konsolda 2 tırnak bulunsun ve asansör 2 raylı ( $n=2$ ) olsun. Bu durumda asansörü iki değerini hesaplayalım;

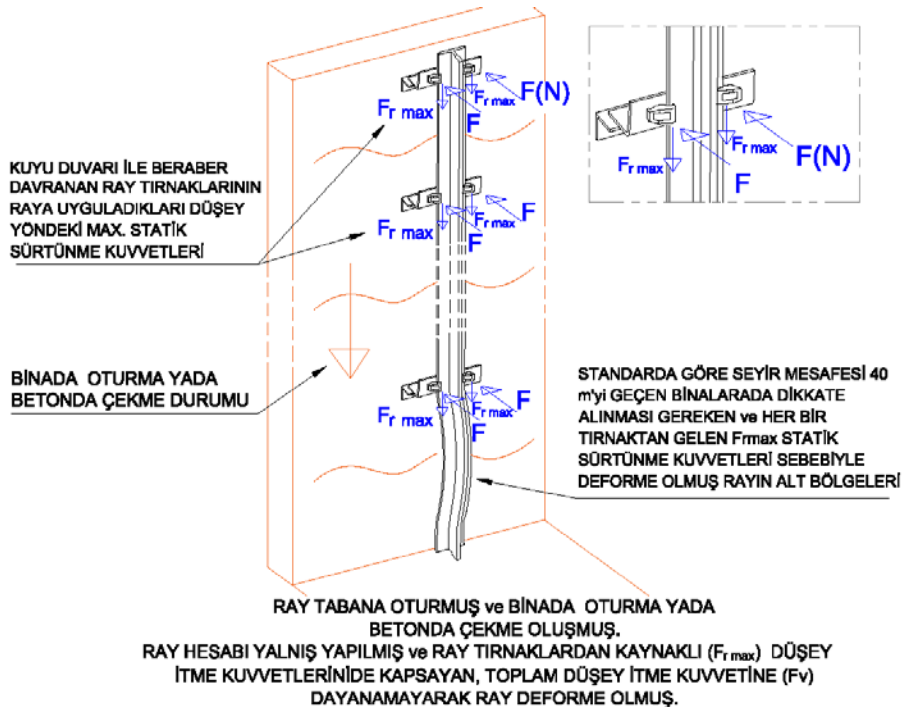
1-Asansörde güvenlik tertibatı çalışması halinde bir raya gelecek düşey kuvvet;

$$k_1 * g_n * (Q+P) / n = 2 * 9,81 * (1000+1100) / 2 = 20,6 \dots \dots \dots (kN) (36)$$

2-Binada oturma veya betonda çökme başlamasıyla tırnaklar vasıtasıyla bir raya gelecek düşey statik sürtünme kuvveti  $F_p$  (ray kuyu tabanına oturtulmuş);

$$F_p = n_b * F_r = (H_{kuyu}/2) * (2 * F_{rmax} * g_n) = (45,5/2) * (2 * 400 * 9,81) = 178,5 \dots \dots \dots (kN) (37)$$

Bırakalım 50-60 katlı binaları, standardın  $F_p$ ’yi hesaba katmamızı söylediği seyiri 40 m binada raya güvenlik tertibatı çalışmada 20,6 kN düşey kuvvet gelirken, binanın oturma veya betonda çökme başlamasıyla tırnaklar, raya bunun yaklaşık 8 katı 178,5 kN bir düşey kuvvet uygulayacaktır. Bu çok ciddi bir kuvvettir. ELEport ray hesabında 40 m’yi geçmeyen seyirlerde isteğe bağlı, 40 m’yi geçen seyirlerde mecburi olarak bu  $F_p$  kuvvetini devreye sokmaktadır. ELEport’ta kullanıcıya sac ya da çelik dövme tırnak seçimi sorulmakta, cevaba göre  $F_{rmax}$  değeri, **Tablo 1’den** arka planda hesaplara gelmektedir. Bir sonraki versiyonda kullanıcı kendi tırnağının  $F_{rmax}$  değerini de direk girebilecektir.



Şekil 10. Senaryo 2 durumu

Yukarıda **Formül 33'te** verilmiş raya gelen max. düşey kuvvet  $F_v$ 'ye gelirse, ray kesiti bu kuvvete dayanabilmelidir. Aksi takdirde **Şekil 10'da** görüleceği üzere rayın alt bölgeleri ciddi kalıcı deformasyonlara uğrayacaktır.

Bu durumda ray kesitini aşırı büyük değerlere götürmemenin bir yolu yüksek katlı asansörlerde sac tırnağa geçmektir. Bu taktirde  $F_{r \max}$  değerinde dolayısı ile  $F_p$  kuvvetinde düşme olacaktır. İkinci bir yol ise ray montajında rayın kuyu tabanına oturtulmadığı serbestçe asılı ray montaj tipine geçilebilir. Bu taktirde  $F_p$  ;

$F_p = n_b * F_r$  formülü yerine  $F_p = 1/3 * n_b * F_r$  formülü (TS EN 81-50; 5.7.2.3.5)

ile hesaplanır ki bu da yüksek katlı binalarda ray kesitinin ciddi şekilde düşmesine sebep olacaktır. Bu konudan **Senaryo 4'te** bahsedilecektir.

(Rayın kuyu tabanına oturtulmadığı bir durumda asansörün güvenlik tertibatı çalıştığında raya kuyu tabanına doğru bir hareket yapar mı diye düşünülebilir. Bu zamanda ray altına konan aparatla bu kayma sınırlandırılabilir. (Bu aparatın **Senaryo 4'te** bahsedilecektir) Ayrıca bırakalım yüksek katlı binaları daha 40 m seyiri olan, yukarıda örneği verilmiş  $Q=1000$  kg'lık bir asansörde paraşüt kuvveti, darbe katsayısı da konarak 20,6 kN iken buna direnecek tırnak sürtünme kuvvetleri toplamı 178,5 kN olmaktadır. Bu durumda rayın tırnakların arasından kayıp kuyu tabanına hareketlenmesi bile mümkün değildir. (Burada 40 mt altı asansörlerde rayın bir taraftan sabitlenmesi, boş olan raylarda ise ayar aparatının kullanılmasının zorunlu olduğunu belirtmeliyiz, bu rayın serbest asılma montaj şekli 40 mt altı binalar için önerilmemektedir. Şekil 12'de bahsedilen aparatın kullanılması durumunda kullanılan tırnak cinsine göre yukarıdaki karşılaştırma hesabı yapılmalıdır.)

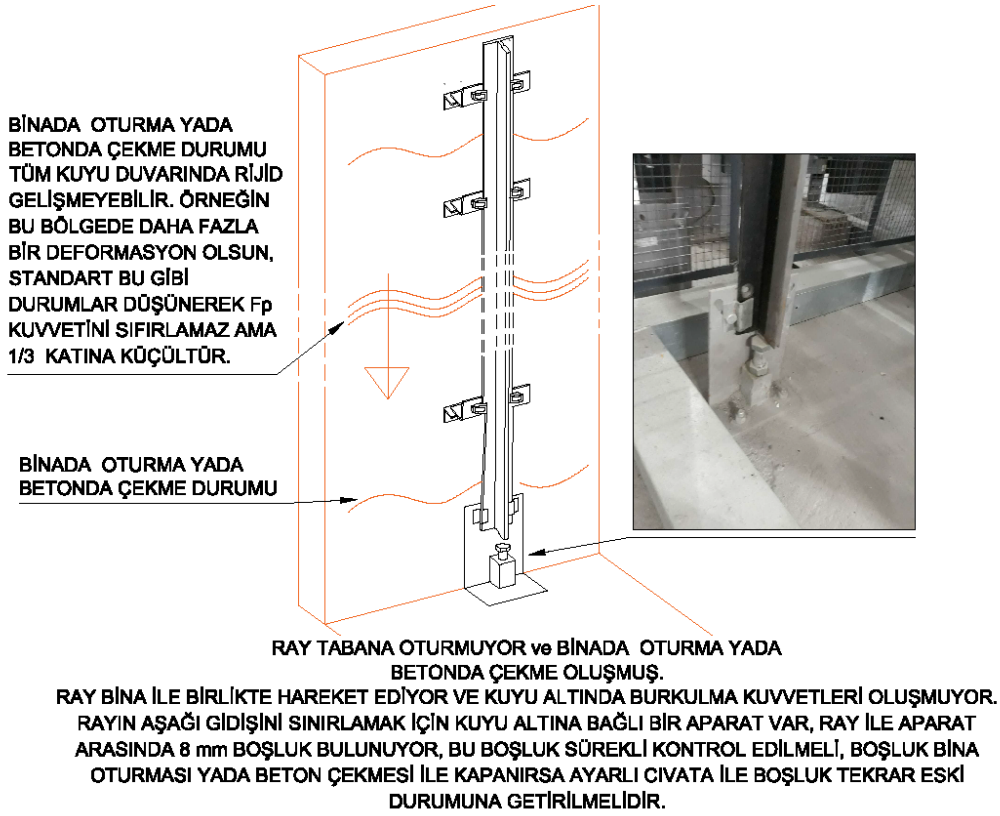
### Senaryo 3:

Binada oturma veya betonda çökme başladı ve devam ediyor, kuyu duvarı ile beraber davranan ray tırnakları ile ray arasındaki statik sürtünme kuvvetleri oluşmuş ( $F_p$ ) ve **Formül 33'te** verilen  $F_v$  raya toplam düşey itme kuvveti ( $F_v = k_1 * g_n * (Q+P) / n + M_g * g_n + F_p$  (N) devrede olsun.

Ray kesiti **Senaryo 2'deki** gibi yanlış hesap edilmemiş, yani  **$F_v$  kuvvetine deforme olmadan dayanabilecek** bir kesitte olsun. Bina oturması devam etsin ve rayla, ray tırnakları arasındaki kuvvet  $F_{r \max}$ 'ı geçtiğinde, ray artık **Senaryo 2'deki** gibi duruma deformasyonunu artırarak değil direnerek karşılık verir. Bu zamanda ise ray tırnakları ray üzerinde statik kalamayacak, ray üzerinde kaymaya başlayacaklardır. (**Şekil 11**)







Şekil 12. Senaryo 4 durumu

Gerek aşağıda bahsedilecek sismik asansörler konusunda, gerek binanın oturması, betonun çekmesi konularında inşaat mühendisleri ile uzun çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Onlardan alınan bilgilerde yüksek katlı binalarda 10 cm ve üstü oturma ve betonda çekmeler oluşabilmektedir.

ELeport ray hesabı sırasında sizin ray montaj tipinizi seçmenize de olanak tanır, böylece çok yüksek seyirli asansörler için ray hesabı yapmanız mümkün olacaktır.

## 5. ASANSÖRDE SİSMİK ETKİLER, TS EN 81-77(2020)'ye GENEL BAKIŞ, $a_d$ DEPREM TASARIM İVMESİ ve RAY HESABI;

Asansör standardı TS EN 81-20(2020); **Madde 1.2'**de asansör tasarımında Deprem Şartlarının göz önüne alınmasını istemekte ve **Madde 0.2.2.2** de de bu konuda **TS EN 81-77'**ye atıf yapmaktadır.

TS EN 81-77 Sismik durumlara tabi asansörlerle ilgili standartları içermektedir. Burada kilit nokta

### $a_d$ ; tasarım ivmesinin ( $m/s^2$ )

tespitidir, deprem kuvvetlerinin hesaplanmasında kullanılacak bu yatay ivme ( $a_d$ ) gerek deprem sırasında binaya gelecek kuvvetlerin gerek asansör sistemine etki edecek kuvvetlerin bulunmasında kullanılmaktadır. Ayrıca asansörün sismik kategorisinin belirler. Buradan da asansöre uygulanacak ilave önlemler belirlenir. Aşağıda bu konu açıklanmaktadır;

Tasarım ivmesi ( $a_d$ ) ( $m/s^2$ )	Sismik Asansör kategorisi	Açıklama
$a_d \leq 1$	0	TS EN 81-20 ve TS EN 81-50 standartları yeterlidir. Ayrıca önlem almak gerekmez
$1 < a_d \leq 2,5$	1	Alt seviyede düzeltici müdahale gerekmektedir
$2,5 < a_d \leq 4$	2	Orta seviyede düzeltici müdahale gerekmektedir
$a_d > 4$	3	Önemli seviyede düzeltici müdahale gerekmektedir

**Tablo 2.**  $a_d$  tasarım ivmesine göre asansörün sismik kategorisini veren tablo

Yukarıda verilen Tablo 2, **TS EN 81-77; Ek A-Tablo A.1** tablosudur, görüleceği üzere  $a_d \leq 1$ 'ise asansörün **sismik kategorisi 0'dır** ve ilave bir önlem gerekmez. Ne var ki tablodan görüleceği üzere  $a_d > 1$  olduğunda asansöre düzeltici müdahaleler gerekecektir. Bu düzeltici müdahaleler yine **TS EN 81-77; Tablo 5'te** verilmektedir. Aşağıda **Tablo 3'te** bu tablo verilmektedir.

Table 5 — Verification table

Subclause	Requirements	Seismic lift category	Visual presence inspection <sup>a</sup>	Design document check <sup>b</sup>	Functional test <sup>c</sup>	Measurement <sup>d</sup>
5.2	Prevention of snag points	1–2-3	X	X		X
5.3	Machinery spaces and well located on the same side of an expansion joint	1–2-3	X			
5.4.2	Car retaining devices	2–3	X	X		X
5.4.3	Car door locking devices	2–3	X	X	X	
5.5	Counterweight or balancing weight retaining devices	1–2-3	X	X		X
5.6.1	Protection for traction sheaves, pulleys and sprockets	1–2-3	X			X
5.6.2	Compensating chain guides	1–2-3	X			
5.7	Precautions against environmental damage	1–2-3	X			
5.8	Guide rail system	1–2-3	X	X		X
5.9	Machinery	1–2-3	X	X		
5.10.1	Electric installations in the lift well	1–2-3	X	X		
5.10.2	Behaviour of the lift in case of failure of the normal power supply	2–3	X	X	X	
5.10.3	Seismic detection system	3	X	X	X	
5.10.4	Lift operation in seismic mode	3	X	X	X	
Clause 7	Information for use	1–2-3	X	X		
Annex C (informative)	Primary wave detection system (optionally)	3	X	X	X	

**Tablo 3.** TS EN 81-77; Tablo 5 Asansörün sismik kategorisine göre alınacak önlemleri gösteren tablo

Burada 3. ve 5. satırlara dikkat edilirse, **2. ve 3. sismik kategorideki** asansörlerin kabinlerinde alta ve üste **Acil Durum Klavuzları** (yeni tercümede tutucu aygıt olarak çevrildi) (retaining devices) kullanılması şartı getirilmektedir, ayrıca 1. 2. ve 3. Sismik kategorideki asansörlerin karşı ağırlık ve denge ağırlıklarında yine **tutucu aygıt** kullanılması şartı getirilmektedir. Asansörde **tutucu aygıt** kullanıldığı durumunda, deprem hesabı formüllerinde değişen bir şey yoktur, yalnız gerek gerilim için kontrol değeri ( $\sigma_{perm}$ ), gerek deformasyon için kontrol değeri ( $\delta_{perm}$ ) değerleri değişmektedir.

Aşağıda sektörümüzün önde gelen uzmanlarından Elek. Müh. Serdar TAVASLIOĞLU'nun bilgi paylaşım sitesi [www.serdartavaslioglu.com](http://www.serdartavaslioglu.com)'daki "TS EN 81-77 SİSMİK ASANSÖRLER Standart özeti ve Deprem Kuvvetlerine Göre İlave Ray Hesapları" isimli teknik makalesinden ray hesabı ile ilgili bölüme atıf yapılmıştır;

### EN 81-77; Ek D Kılavuz Rayların güvenlik kontrolü

**Ek D** TS EN 81-20 madde 5.7 ve TS EN 81-50 madde 5.10 da verilen asansör kılavuz ray hesaplarında,  $a_d$  deprem tasarım ivmesinin yaratacağı etkiye göre yapılacak düzenlemeyi açıklamaktadır. Deprem esnasında deprem tasarım ivmesi sebebiyle etki edecek beyan yükünün, aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanması gerekmektedir. (TS EN 81-77; Ek D.2)

$$Q_{SE} = k_{SE} * Q \dots\dots\dots (kg) \quad (38)$$

Deprem tasarım ivmesi sonucunda oluşacak deprem kuvveti ise standartça aşağıdaki gibi verilmiştir (TS EN 81-77; Ek D.3)

$$F_{SE} = a_d * (P_{EC} + k_{SE} * Q) \text{ Kabin için} \dots\dots\dots (N) \quad (39)$$

$$F_{SE} = a_d * (P_{EC} + q * Q) \text{ Karşı ağırlık ve dengeleme ağırlığı için} \dots\dots (N) \quad (40)$$

$Q_{SE}$ ; Deprem şartlarında alınacak beyan yükü kütlesi kg

$k_{se}$ ; Deprem yük faktörü (yolcu asansörleri için 0,4; yük asansörleri için 0,8 alınmalıdır)

$Q$ ; Beyan yükü kg

$F_{SE}$ ; Deprem tasarım ivmesinden oluşan ek kuvvet (N)

$a_d$ ; Deprem tasarım ivmesi  $m/s^2$

$P_{EC}$ ; Kontrol kablosu ve denge zincirlerini hesaba katmadan boş kabin kütlesi (kg)

$q$ ; Karşı ağırlık veya dengeleme ağırlığı balans oranı değeri

TS EN 81-77(2020); Ek D.4 de deprem şartı hesabının yapılışında dikkate alınması gereken yük ve kuvvetler verilmiştir. TS EN 81-77(2014) standardında depremin olmadığı durumdaki **normal çalışma-işletme** hesapları göz önüne alınmazken, TS EN 81-77(2020) Standardında **normal çalışma-işletme** hesaplarının da hesaba eklenmesi istenmektedir. Deprem etkisi hesaplamaları, asansör seyir halinde iken ray eğilme ve sehimlerinin hesaplanmasını kapsamaktadır. (TS EN 81-77; Ek D.4 Tablo D.1)

Table D.1 — Loads and forces to be taken into consideration in the different load cases

Load cases	Loads and forces	P	$P_{EC}$	Q	$M_{cwt}/M_{bwt}$	$F_s$	$F_p$	$M_k$	$M_{aux}$	WL	$F_{SE}$
Normal use	running	x		x	x		$x^a$	x	x	x	
	loading + unloading	x				x	$x^a$	x	x	x	
Safety device operation	safety devices or similar	x		x	x		$x^a$	x	x		
	rupture valve	x		x			$x^a$	x	x		
Seismic condition	running		x	$x^b$	x		$x^a$	x	x	x	x

\* See EN 81-20:2014, 5.7.2.3.5.  
<sup>b</sup> The load to be considered is  $Q_{SE} = k_{SE}Q$ .

Tablo 4. TS EN 81-77; Tablo D1 Hesap yapılırken dikkate alınması gereken yükler

Deprem koşulunda yapılacak hesap TS EN 81-20 de seyir durumu için belirtilen bütün şartları kapsamaktadır.  $F_p$  konsolların binanın oturmasından veya beton çekmesinden dolayı raylara

etkilediği kuvvet, WL harici asansörlerdeki rüzgâr yükü,  $M_g$  kılavuz rayların kütesinden ve  $M_{aux}$  raylara bağlanan regülatör ve kat belirleyici cihazlar haricindeki makina veya ek donanımın oluşturduğu kütleden oluşan kuvvet ve torklar dikkate alınmalıdır. 40 metre seyir mesafesinin altındaki asansörlerde  $F_p$  kuvveti dikkate alınmayabilir. Hesaplamalarda normal kullanım seyir şartında hesaplama yapıldığı için darbe faktörü olarak  $k_2=1,2$  kullanılacaktır. (TS EN 81-77 Ek D.5)

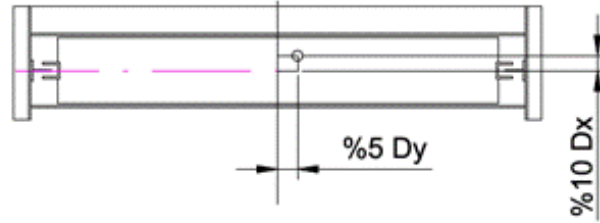
Dikkat edilmesi gereken bir diğer nokta rayların müsaade edilen gerilme değeri olarak kullanılan değerlerdir. Seyir hesabı yapmamıza rağmen, deprem sürekli yaşanan bir olay olmadığı için rayların frenleme şartında alınan % 0,2 Gerilme Mukavemeti değerleri kullanılmalıdır. (TS EN 81-77;5.8.2.2)

**Table 4 — Permissible stresses  $\sigma_{perm}$**

Rm (Tensile strength of guide rail) (N/mm <sup>2</sup> )	370	440	520
$\sigma_{perm}$ (Permissible stresses) (N/mm <sup>2</sup> )	205	244	290

**Tablo 5.** TS EN 81-77; Tablo 4, Ray çekme gerilmesi ve müsaade edilebilir gerilim değerleri

Karşı ağırlık veya dengeleme ağırlığında genişliğinde %5, derinliğinde ise %10 bir ağırlık merkezi kaçıklığı olduğu kabul edilmelidir. (Bu şart askı şekline bakılmaksızın uygulanır.) Bu hesaplamada askı sistemi, dengeleme zinciri veya halatları da hesaba katılmalıdır.



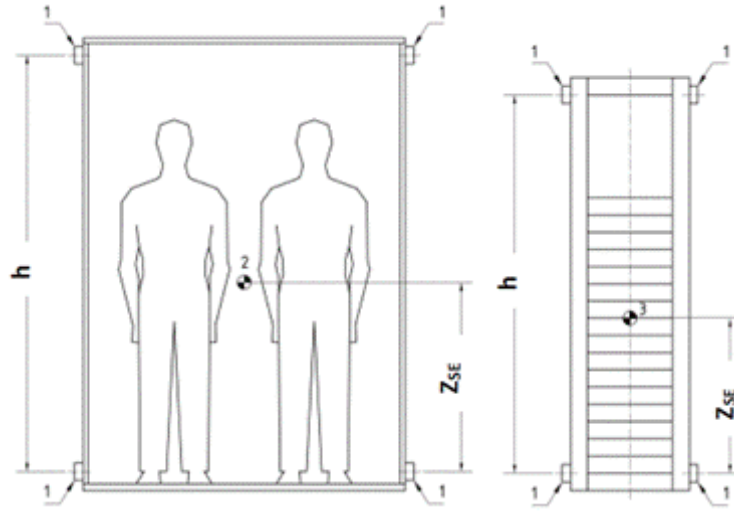
**Şekil 13.** Karşı ağırlık veya dengeleme ağırlığında ağırlık merkezi hesabı

Deprem sonucu oluşacak kuvvete etki edecek ivmenin yönü olarak baktığımızda  $a_d$  yönlü bir değer olmadığı için, deprem etkisiyle oluşan ek kuvvette her iki yönde etkili ivme değeri olarak ad değerini almak gerekecektir.

X eksen yönündeki eğme kuvveti hesaplamasında  $a_x = a_d$ ,  $a_y = 0$

Y eksen yönündeki eğme kuvveti hesaplamasında  $a_x = 0$ ,  $a_y = a_d$  olarak alınmalıdır.

TS EN 81-77; Ek D.6- Ek D.7 de yüklerin düşey dağılımı incelenmiştir. Kabin patenleri veya acil durum kılavuzları mesafeleri arası  $h$  olarak, ağırlık merkezi taban arası mesafede  $Z_{SE}$  olarak gösterilmiştir.



Şekil 14. Ağırlık merkezi ön görünüş

$X_{SE}$  değeri patenler veya acil durum kılavuzlarına etki eden yük oranını temsil eder ve aşağıdaki orantılardan büyük olanı kullanılmalıdır.

$$X_{SE} = Z_{SE}/h \text{ veya } X_{SE} = (h - Z_{SE}) / h \dots \dots \dots (41)$$

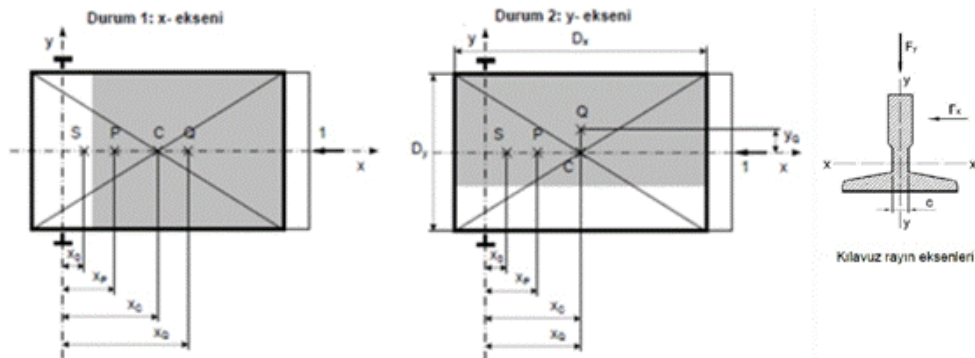
Bu oranı ağırlıklarda tespit etmek kolaydır, ancak kabinde bu oranı önceden bilebilmek çok kolay olmaz. Kabinde havaleli bir yük veya yayılı ağır bir yük durumunda ağırlık merkezi değişecektir. Bu durumda oranın büyük olanını alacağımız için, havaleli yükte  $X_{SE} = Z_{SE}/h$ , yayılı yükte  $X_{SE} = (h - Z_{SE}) / h$  eşitliğini kullanırsak, çok yaklaşık olarak 0,6 gibi bir oran buluruz. Bu yüzden Kabinde ve çok özel bir tasarım değilse ağırlık gurubunda da  $X_{SE} = 0,6$  oranını kullanmak çok da yanlış olmaz. Özellikle kabinde her seyirde değişebilecek bir çarpan içinde çok düşünmek zorunda kalınmaz.

Ek D.8 ve Ek D.9 da Kabin ve Ağırlık raylarına etki eden eğilme kuvvetlerinin formülasyonu verilmiştir. **Ancak aşağıdaki iki maddeye dikkat edilmelidir.**

1. Ek D.4 de verilen hesapların tamamı için formülasyona devam edilmemiştir. Yani TS EN 81-20 ve TS EN 81-50 de normal kullanım seyir hesaplarında yapılması istenen bütün hesaplar, TS EN 81-77; Ek D.4 deprem koşulu için yeni bulunacak  $F_x$  ve  $F_y$  kuvvetlerine göre tam olarak ayrıca yapılmalıdır.

2. Deprem koşulunda TS EN 81-77; Madde 5.8.2.2 de belirtilen maksimum ray sehim değeri için ayrıca sehim hesaplaması yapılmalıdır.

$x$  ve  $y$  eksenleri için kuvvet formüllerini yazıp hesaplamalara geçebiliriz. Aşağıda verilen bütün formüllerde kullanılacak  $\sigma_{perm}$  değerleri ise TS EN 81-77;5.8.2.2 Tablo 4 de verilen değerlerden alınmalıdır.



Şekil 15. Kılavuz raylara gelen kuvvetler hesabındaki değişkenler ve eksenler



a) **Kılavuz kuvvetlerinden kaynaklanan kılavuz rayın x ve y' eksenine ilişkin eğilme gerilmesi:**

Kılavuz kuvvetlerinden kaynaklanan kılavuz rayın y' eksenine ilişkin eğilme gerilmesi:

$$F_x = \frac{k_2 g_n [Q_{SE}(x_Q - x_S) + P_{EC}(x_P - x_S)]}{nh} + \frac{a_x (P_{EC} + Q_{SE}) X_{SE}}{n} \dots \dots \dots (N) (42)$$

$$M_y = (3 * F_x * L_K) / 16 \dots \dots \dots (Nmm) (43)$$

$$\sigma_y = M_y / W_y \dots \dots \dots (N/mm^2) (44)$$

Kılavuz kuvvetlerinden kaynaklanan kılavuz rayın x' eksenine ilişkin eğilme gerilmesi:

$$F_y = \frac{k_2 g_n [Q_{SE}(y_Q - y_S) + P_{EC}(y_P - y_S)]}{\frac{n}{2} h} + \frac{a_y (P_{EC} + Q_{SE}) X_{SE}}{\frac{n}{2}} \dots \dots \dots (N) (45)$$

$$M_x = (3 * F_y * L_K) / 16 \dots \dots \dots (Nmm) (46)$$

$$\sigma_x = M_x / W_x \dots \dots \dots (N/mm^2) (47)$$

Toplam Eğilme gerilmesi  $\sigma = \sigma_m = \sigma_x + \sigma_y \leq \sigma_{perm}$  olmalıdır.

b) **Burkulma gerilmesi**

Burkulma gerilmesinde, yardımcı donanımlardan gelen etkiler, rayların ağırlığı ve konsolların itme etkisi dikkate alınmalıdır. TS EN 81-20 de ray ağırlıklarının burkulma hesaplarına dahil edilmesiyle beraber her çalışma şartı için burkulma hesaplarının da yapılması gerekmektedir. Ancak bu şarttaki hesaplamada “ $\omega$ ” değerinin gerilme formülünde kullanılmadığına dikkat etmek gerekir. Güvenlik tertibatı çalışması olmadığı için sadece ray ağırlığı ve  $F_P$  kuvvetleri incelenmektedir. Raylara bağlanmış donanımlar dikkate alınmalıdır.

$$F_V = (M_g * g_n) + F_P \dots \dots \dots (N) (48)$$

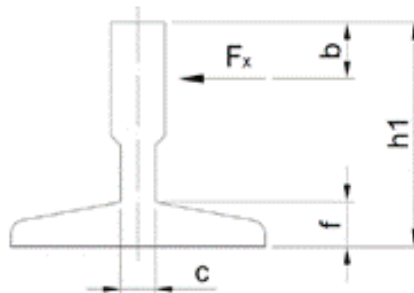
$$\sigma_k = (F_V + k_3 * M_{Aux}) / A \dots \dots \dots (N/mm^2) (49)$$

c) **Birleşik gerilme**

Eğilme gerilmeleri;  $\sigma = \sigma_m = \sigma_x + \sigma_y \leq \sigma_{perm}$  olmalıdır.

Eğilme ve basma/çekme gerilmeleri,  $\sigma = \sigma_m + (F_V + k_3 * M_{Aux}) / A \leq \sigma_{perm}$  olmalıdır.

d) **Flanş eğilmesi gerilmesi**



Şekil 16. Kaymalı patende flanş eğilme gerilmesi formülünde kullanılan değişkenler

Makaralı (yuvarlanmalı-tekerlekli) kılavuz patenler için;

$$\sigma_F = (1,85 * F_x) / c^2 \leq \sigma_{perm} \dots\dots\dots (N/mm^2) \quad (50)$$

Kaymalı kılavuz patenler için;

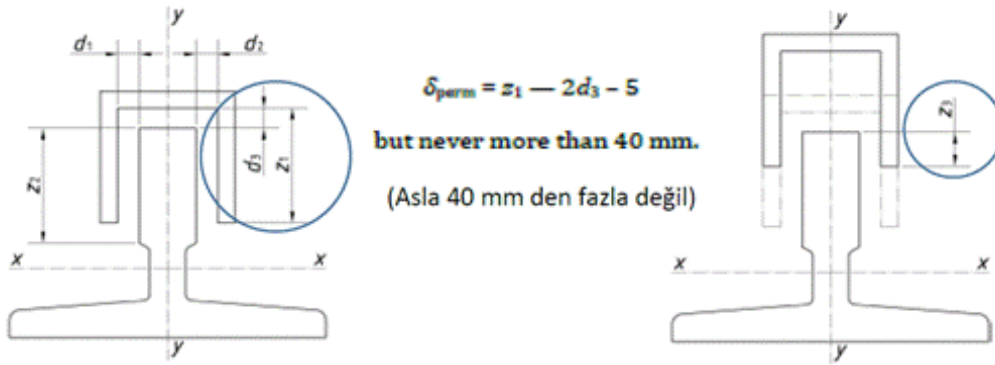
$$\sigma_F = (F_x * (h_1 - b - f) * 6) / (c^2 * (L + 2 * (h_1 - f))) \leq \sigma_{perm} \dots\dots\dots (N/mm^2) \quad (51)$$

Burada kullanılacak olan değer, yeni hesaplanan **F<sub>x</sub>** kuvveti olmalıdır.

- e) **Şehim miktarları** Acil durum kılavuzları ölçüleri dikkate alınmalıdır. **F<sub>x</sub>** ve **F<sub>y</sub>** kuvvetleri sonucu oluşan şehim 40 mm'den fazla olamayacağı gibi **z<sub>3</sub>** değeri de 5 mm'den az olamaz.

$$\delta_y = (0,7 * F_y * L_k^3) / (48 * E * I_x) + \delta_{str-y} \quad y-y \text{ düzleminde } \leq \delta_{perm} \dots\dots\dots (mm) \quad (52)$$

$$\delta_x = (0,7 * F_x * L_k^3) / (48 * E * I_y) + \delta_{str-x} \quad x-x \text{ düzleminde } \leq \delta_{perm} \dots\dots\dots (mm) \quad (53)$$



Şekil 17. Acil durum kılavuzlarının ölçüleri

### Karşı ağırlık veya dengeleme ağırlığı hesapları

#### Eğilme gerilmesi

Ağırlık merkezi kaçıklığı olumsuz durum şartı için her zaman ters tarafta düşünülmelidir

$$F_x = [k_2 * g_n * (P_{EC} + q * Q) * e_x * D_x] / (n * h) + [a_x * (P_{EC} + q * Q) * X_{SE}] / n \dots\dots\dots (N) \quad (54)$$

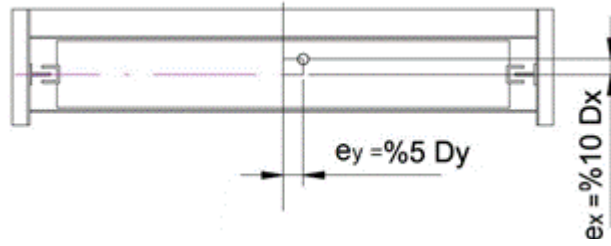
$$M_y = 3 * F_x * L_k / 16 \dots\dots\dots (Nmm) \quad (55)$$

$$\sigma_y = M_y / W_y \dots\dots\dots (N/mm^2) \quad (56)$$

$$F_y = (k_2 * g_n * (P_{EC} + q * Q) * e_y * D_y) / (n * h) + [a_y * (P_{EC} + q * Q) * X_{SE}] / (n / 2) \dots\dots\dots (N) \quad (57)$$

$$M_x = 3 * F_y * L_k / 16 \dots\dots\dots (Nmm) \quad (58)$$

$$\sigma_x = M_x / W_x \dots\dots\dots (N/mm^2) \quad (59)$$



**Şekil 18.** Karşı ağırlık veya dengeleme ağırlığı  $F_x$  ve  $F_y$  kuvvetlerinin hesabındaki  $e_y$  ve  $e_x$  değişkenleri

### Burkulma gerilmesi

$$F_V = (M_g * g_n) + F_P \dots\dots\dots (N) \quad (60)$$

$$\sigma_k = (F_V + k_3 * M_{Aux}) / A \dots\dots\dots (N/mm^2) \quad (61)$$

### Eğilme ve basınç gerilmeleri

Eğilme gerilmesi  $\sigma = \sigma_m = \sigma_x + \sigma_y \leq \sigma_{perm}$  olmalıdır.

Eğilme ve basma/çekme gerilmeleri  $\sigma = \sigma_m + (F_V + k_3 * M_{Aux}) / A \leq \sigma_{perm}$  olmalıdır.

### Flanş eğilmesi (Ray boynu eğilmesi)

Makaralı (yuvarlanmalı-tekerlekli) kılavuz patenler için

$$\sigma_F = (1,85 * F_X) / c^2 \leq \sigma_{perm} \text{ olmalıdır.}$$

Kaymalı kılavuz patenler için

$$\sigma_F = (F_X * (h_1 - b - f) * 6) / (c^2 * (L + 2 * (h_1 - f))) \leq \sigma_{perm} \text{ olmalıdır.}$$

### Raydaki sehim kontrolü

$$\delta_y = (0,7 * F_y * L_k^3) / (48 * E * I_x) + \delta_{str-y} \quad y-y \text{ düzleminde } \leq \delta_{perm} \dots\dots(mm) \quad (62)$$

$$\delta_x = (0,7 * F_x * L_k^3) / (48 * E * I_y) + \delta_{str-x} \quad x-x \text{ düzleminde } \leq \delta_{perm} \dots\dots(mm) \quad (63)$$

$$\delta_{perm} = z_1 - 2d_3 - 5$$

$$\text{but never more than 40 mm. (Asla 40 mm den fazla değil) } \dots\dots(mm) \quad (64)$$

### Yazarın notu:

*Bu konuda yetkili kurumlar Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı ile Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı olup, bu standardın uygulanmasıyla ilgili bir karar almadıkları veya duyurmadıkları sürece, kişi ve kurumların kendilerini yetkili görüp özel görev çıkarmaları doğru olmaz. Bu çalışmanın amacı bir ön bilgilendirme yapmaktır. Bakanlıklar uygulama ile ilgili bir tebliğ çıkarmadığı sürece Asansör Kontrol Kriterlerine ek maddeler koymak veya ek incelemeler yapmak yanlış olur....*

*Bu çalışma TS EN 81-77 standardının anlaşılmasına yardımcı olmak için hazırlanmıştır ama proje çalışmalarında esas alınması gereken standardın kendisidir. Bu yazıyı esas alarak herhangi bir çalışmanın yapılması doğru olmaz ve yazar bu konuda sorumluluk almayacağını baştan beyan eder. Çalışmanın faydalı olmasını, hesaplamaların kullanılmasında sizlere yardımcı olmasını umuyorum. Kolaylıklar dilerim.*

.....

Bu düşüncelere ELEport olarak aynen katılmaktayız. Bizce konunun çıkmaza girdiği bölüm en başta da belirttiğimiz üzere  $a_d$  tasarımı ivmesinin tespitindedir. Aşağıda bu konudaki düşüncemiz açıklanmaktadır. Eğer  $a_d$  tasarım ivmesi bilinse yukarıda anlatıldığı üzere asansörün kategorisi, asansörün bu kategori numarasına göre alınacak önlemler ve  $a_d$  kullanılarak kılavuz raylara gelecek ilave yüklerin, momentlerin, gerilimlerin hesabı çok basit olarak yapılabilir.

#### **$a_d$ ; tasarım ivmesi hesabı için önerimiz;**

$a_d$ 'nin hesap formülü, aşağıdaki konularda değişkenler içermektedir;

- Binanın zemin şartları (zemin etüdü),
- Bina bölgesindeki fay hatlarının özelliği (Binanın fay hatlarına yakınlığı ve fay hatlarının özelliğine bağlı, her ülkenin kendi yetkili kurumlarından sağlanabilecek, en büyük yer ivmesi değeri)
- Binanın çeşidi (önem faktörü),
- Binanın titreşim periyodu,
- vb.

Görüleceği gibi  $a_d$  hesabı asansör firması makine mühendisinin eğitimini ve yetkisini aşan, inşaat mühendisinin uzmanlık ve yetki alanına giren bir konudur. Dolayısıyla bina ile ilgili bilmesi mümkün olmayan, öğrense de uzmanlık alanına girmeyen ve yetki olarak da altına imza atamayacağı bir hesaba, asansör firma mühendisleri girmemelidirler düşüncesindeyiz.

Bu  $a_d$  hesabı zaten her binanın inşaatının başında, deprem kuvvetlerinin hesabı sırasında inşaat mühendisince yapılması mecburi bir hesaptır ve bina statik raporlarında bulunur.

Zira;  $Kuvvet = Kütlesel \times ivmedir$  , buradan

#### **Deprem durumunda binaya gelecek ilave kuvvet = (Bina kütlesi) x (deprem tasarım ivmesi)**

olarak inşaat mühendisi binaya gelecek deprem kuvvetlerini hesaplar. Görüleceği üzere bu hesapta deprem tasarım ivmesi mevcuttur. Elbette ki deprem aynı deprem olduğuna göre, binayı da asansörü de aynı ivmeyle etkileyecektir. Bu zamanda

#### **Asansöre gelecek ilave kuvvetler = (asansör ya da karşı ağırlık kütlesi) x (deprem tasarım ivmesi)**

olacaktır. Yukarıda asansör ya da karşı ağırlığın kütesinden ve  $a_d$  değerinden, yararlanarak raya etkileyecek ilave kuvvetlerin bulunuşu ayrıntılı olarak verilmiştir. (Formül 42-45)

“Türkiye Bina Deprem yönetmeliğinde”  $a_d$  tasarım ivmesi aynı isimle geçmemektedir. Aşağıdaki yönetmelikte geçen isimler gösterilmiştir;

2018 öncesi standartta ;  
 $a_d = A(T)/R_a(T)$  (m/s<sup>2</sup>)  
 2018 sonrası standartta (sayfa 49) ;  
 $a_d = S_{aR} (T_p^{(X)})$  (m/s<sup>2</sup>) şeklinde gösterilir.  
 Bu değer, binanın statik raporlarından alınabilir.

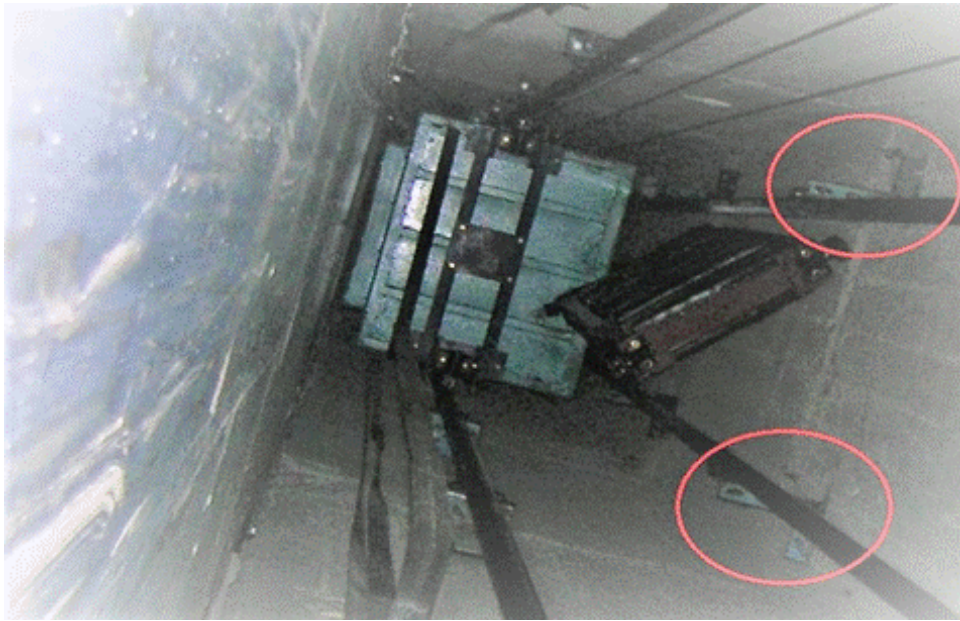
ELEportta  $a_d$  tasarım ivmesinin bulunması konusuna girilmemiş, diğer yabancı saygın hesaplarda olduğu gibi  $a_d$  değeri müşteriden istenmiştir. Yerli olarak bu hesabı yapan bir program yoktur.

Özetlersek TS EN 81-77 standardında,  $a_d$  bulunduktan sonra asansörün sismik kategorisinin bulunması, bu sismik kategoriye göre asansörde alınacak önlemler, ray gelecek ilave kuvvetler konularında gayet ayrıntılı, açık, yoruma gerek bırakmayan bilgiler vermektedir.

Düşüncemiz  $a_d$  değerinin bina statik raporlarından alınması ve TS EN 81-77'nin dediği gibi  $a_d > 1$  olan asansörlerde standardın istediği (**Tablo 3**) önlemlerin talep edilmesi yönündedir.

### Yetkililerden bu konuda ilgi beklemekteyiz...

Aşağıda Van depreminden sonra çekilmiş, fotoğrafta karşı ağırlığı raydan çıkmış bir asansör görülmektedir. Yapılan incelemelerde birçok asansörün bu durumda olduğu tespit edilmiştir.



**Fotoğraf 1.** Van depreminden karşı ağırlığı raydan çıkmış çok sayıda asansörden biri

Depremden sonra içine girilemeyen konutların asansörlerinde yapılan incelemede, kumanda ve besleme panolarındaki tüm sigortaların ON konumunda olduğu görülmüştür. Depremden sonra saniyeler içinde elektriklerin kesilmesi, bu gibi durumlarda kaçınılmaz olan kazaların yaşanmasını önlemiştir. Depremden sonra, asansörlerin devreye alınması sırasında bir kontrol prosedürünün uygulanması önemlidir.

Ayrıca tam **konsol bölgesinde** raydan çıkmış karşı ağırlıklar da görülmüştür (**Fotoğraf 1**), bu raydan çıkmalar ray konsollarının deforme olması sonucu gerçekleşmiştir. Dolayısıyla raydan çıkmalar rayın aşırı esnemesi sonucu olduğu gibi, ray konsollarının deforme olması sonucu da meydana gelmiştir. Deprem etkisi hesaba katılacağı durumlarda, özellikle karşı ağırlık arkada veya karşı ağırlık yanda U konsollu projelerde, ray konsollarının tasarımına özel önem verilmesi gereklidir.

## SONUÇ

ELEport programı sektördeki uygulamalar çerçevesinde tecrübelerimize ve firma ihtiyaçlarına dayanılarak hazırlanan bir asansör çözüm programıdır. Bu program tamamen yerli kaynaklar kullanılarak hazırlanmaktadır. Hazırlanan kısımları kullanıcıların kullanımına sunulmuş bulunmaktadır. Bildiride de bahsedildiği gibi birçok problemi kolayca çözebilecek ve tasarım hesaplarına yardımcı olacak bir programdır.

Program geliştirme çalışmaları hızla devam etmektedir, avan yada uygulama projesinde olması gerekip-gerekmediğine bakılmaksızın, mimar ve mühendislerimize yardımcı olacak hesaplar ve çok çeşitli asansör montaj tiplerini içeren çizim modülü devreye sokulacaktır. İlk aşamada ELEporta eklenecek hesaplar için trafik hesabı, binaya gelen kuvvetler hesabı, sadece motor gücünün hesaplandığı şu anki hesaba ilave, motor/makine tahrik sistemindeki sabit ve ivmeli hareketteki torkların hesabı, devir hızları hesabı, besleme akım frekansı, termik tork, operasyonel ve max. akım hesapları sayılabilir. Ayrıca aydınlatma hesapları, kolon kesit hesabı dahil toplam çekilen güç hesabı, kabin süspansiyonu ve karşı ağırlık şase hesapları, kuyu basınçlandırma hesabı, motor şase hesabı, hidrolik asansör ile ilgili hesaplar üzerinde de çalışmalar devam etmektedir.

Son olarak gerek ELEport ile ilgilenen firmalarımızdan gerek devreye girmesini istedikleri konularda gerek şu anki hesaplarla ilgili konularda katkılarını beklediğimizi belirtmek isteriz.