

## 5 Lastkombinationer

### Brottgränstillstånd (ULS)

Enligt SS-EN 1990, Eurokod 0, ska följande krav uppfyllas, när det är relevant:

- Jämviktskrav (EQU). Det ska påvisas att konstruktionen eller en del av den inte är instabil. Detta gäller till exempel dimensionering av mothållande förankringar eller upplag för kontinuerliga balkar, vilka kan påverkas av uppåtriktade krafter.
- Hållfasthetskrav (STR). Det ska påvisas att konstruktionen eller en del av den inte brister på grund av spänningar eller instabilitet. De deformationer som påverkar konstruktionens beteende ska beaktas.
- Geotekniska krav (GEO). Det ska påvisas att byggnadens grund uppfyller de hållfasthets- och styvhetskrav som krävs av konstruktionen.
- Utmattningskrav (FAT). Det ska påvisas att konstruktionsdelarna inte brister på grund av utmattning.

För konstruktioner gjorda av trä eller träprodukter är i ULS alltså STR normalt utslagsgivande när konstruktionens bärförmåga ska verifieras i brottgränstillstånd.

**Tabell 5.1** Partialkoefficienterna  $\gamma_d$  i säkerhetsklasserna enligt EKS 10.

Säkerhetsklass	Omfattning av eventuella personsador	$\gamma_d$
1 - Låg	Liten risk för allvarliga personsador	0,83
2 - Normal	Någon risk för allvarliga personsador	0,91
3 - Hög	Stor risk för allvarliga personsador	1

**Tabell 5.2** Dimensioneringsvärden för laster i brottgränstillstånd, jämviktskrav (EQU) och hållfasthetskrav (STR), enligt SS-EN 1990. Partialkoefficienterna  $\gamma_d$  enligt *tabell 5.1*.  $\psi$ -faktorerna för olika lastkombinationer är givna i *tabell 5.4, sidan 3*. För träkonstruktioner är STR-2 normalt utslagsgivande i brottgränstillstånd.

Last	Lastkombination		
	STR-1	STR-2	EQU
Permanent laster $G$			
Ogynnsamma	$\gamma_d \cdot 1,35 \cdot G_k$	$\gamma_d \cdot 1,2 \cdot G_k$	$\gamma_d \cdot 1,1 \cdot G_k$
Gynnsamma	$1,0 \cdot G_k$	$1,0 \cdot G_k$	$0,9 \cdot G_k$
Variabla laster $Q$			
Huvudlast $Q_{k,1}$	–	$\gamma_d \cdot 1,5 \cdot Q_{k,1}$	$\gamma_d \cdot 1,5 \cdot Q_{k,1}$
Samverkande variabla laster ( $\sum \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$ )	$\gamma_d \cdot 1,5 \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$	$\gamma_d \cdot 1,5 \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$	$\gamma_d \cdot 1,5 \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$

När man ska bestämma vilken lastkombination som är utslagsgivande vid dimensionering, ska var och en av de variabla lasterna turvis fungera som huvudlast i de ovanstående ekvationerna. Beakta till exempel gränstillståndet STR för en fritt upplagd balk som förutom sin egen vikt belastas av en permanent last  $G_k$ , medellång variabel last  $Q_{k,1}$  och en kortvarig oberoende variabel last  $Q_{k,2}$ . I STR-2 ska man betrakta följande lastkombinationer för att bestämma en verkan,  $LC_i$  (till exempel av böjmoment):

$$\begin{aligned} \gamma_d \cdot 1,2 \cdot G_k &\rightarrow LC_1 \\ \gamma_d \cdot (1,2 \cdot G_k + 1,5 \cdot Q_{k,1}) &\rightarrow LC_2 \\ \gamma_d \cdot (1,2 \cdot G_k + 1,5 \cdot Q_{k,2}) &\rightarrow LC_3 \\ \gamma_d \cdot (1,2 \cdot G_k + 1,5 \cdot Q_{k,1} + 1,5 \cdot \psi) &\rightarrow LC_4 \\ \gamma_d \cdot (1,2 \cdot G_k + 1,5 \cdot Q_{k,2} + 1,5 \cdot \psi) &\rightarrow LC_5 \end{aligned}$$

där  $k_{\text{mod,perm}}$ ,  $k_{\text{mod,med}}$  och  $k_{\text{mod,short}}$  är modifieringsfaktorerna för permanent, medellång och kort lastvaraktighet. De motsvarande dimensioneringsvärdena  $LC_d$  är:

$$LC_d = \max \begin{cases} LC_1/k_{\text{mod, perm}} \\ LC_2/k_{\text{mod, med}} \\ LC_3/k_{\text{mod, short}} \\ LC_4/k_{\text{mod, short}} \\ LC_5/k_{\text{mod, short}} \end{cases}$$

För takkonstruktioner är de variabla lasterna normalt  $Q_{k,1}$ : "snölast" och  $Q_{k,2}$ : "vindlast". I dessa fall är  $LC_2$  och ibland  $LC_3$  (för relativt branta tak) den utslagsgivande lastkombinationen.

## Bruksgränstillstånd (SLS)

För träkonstruktioner ska följande krav verifieras:

- Deformationskrav.
- Vibrationskrav.

### Deformationskrav

Lastkombinationerna i SLS är givna i SS-EN 1990, Eurokod 0 och de är:

- Karakteristisk kombination.
- Frekvent kombination.
- Kvasipermanent kombination.

Enligt SS-EN 1995-1-1, avsnitt 2.3.2 gäller:

Den omedelbara deformationen,  $u_{\text{inst}}$  bör beräknas för den karakteristiska lastkombinationen, se SS-EN 1990, avsnitt 6.5.3(2) a, med användande av medelvärde av elasticitetsmodul, skjuvmodul och förskjutningsmodul.

Den slutliga deformationen,  $u_{\text{fin}}$  bör beräknas för den kvasipermanenta lastkombinationen, se EN 1990, avsnitt 6.5.3(2) c.

För bärverk bestående av delar, komponenter och förband med samma kryp beteende och under antagande av linjärt förhållande mellan laster och motsvarande deformationer får, som förenkling den slutliga utböjningen,  $u_{\text{fin}}$ , beräknas som:



Ulls Hus, Uppsala.

$$u_{\text{fin}} = u_{\text{fin,G}} + U_{\text{fin,Q,1}} + \sum u_{\text{fin,Q,i}}$$

där:

$$u_{\text{fin,G}} = u_{\text{inst,G}} (1 + k_{\text{def}}) \quad \text{för en permanent last, } G.$$

$$u_{\text{fin,Q,1}} = u_{\text{inst,Q,1}} (1 + k_{\text{def}}) \quad \text{för huvudlasten av de variabla lasterna, } Q_1.$$

$$u_{\text{fin,Q,i}} = u_{\text{inst,Q,i}} (1 + k_{\text{def}}) \quad \text{för samhörande variabla laster, } Q_i \text{ (} i > 1 \text{)}.$$

Klimatklass	1	2	3
$k_{\text{def}}$	0,60	0,80	2,00

**Tabell 5.3** Lastkombinationerna i bruksgränstillstånd enligt SS-EN 1990, avsnitt 6.5.3.  $\psi$ -faktorerna för olika laster är givna i *tabell 5.4*.

Last	Lastkombination		
	Karakteristisk <sup>1)</sup>	Frekvent <sup>2)</sup>	Kvasi-permanent <sup>3)</sup>
Permanent last $G$	$1,0 \cdot G_k$	$1,0 \cdot G_k$	$1,0 \cdot G_k$
Variabla laster $Q$			
- Huvudlast $Q_{k1}$	$1,0 \cdot Q_{ki}$	$\psi_{1,1} \cdot Q_{k,1}$	
- Samverkande variabla laster ( $\sum \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$ )	$\psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$	$\psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$	$\psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$

<sup>1)</sup> motsvarar "bestående skada" (irreversibla deformationer).

<sup>2)</sup> motsvarar "tillfällig stor deformation" (reversibla deformationer).

<sup>3)</sup> motsvarar "långvarig belastning" (inverkan av krypning).

**Tabell 5.4**  $\psi$ -faktorerna för olika laster enligt SS-EN 1990.

Last	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
<b>Nyttig last i byggnader, kategori <sup>1)</sup></b>			
A: Rum och utrymmen i bostäder	0,7	0,5	0,3
B: Kontorslokaler	0,7	0,5	0,3
C: Samlingslokaler	0,7	0,7	0,6
D: Affärslokaler	0,7	0,7	0,6
E: Lagerutrymmen	1,0	0,9	0,8
F: Utrymmen med fordonstrafik, fordonstyngd $\leq 30$ kN	0,7	0,7	0,6
G: Utrymmen med fordonstrafik, $30 \text{ kN} < \text{fordonstyngd} \leq 160$ kN	0,7	0,5	0,3
H: Yttertak	0	0	0
<b>Snölast</b>			
$s_k \geq 3 \text{ kN/m}^2$	0,8	0,6	0,2
$2,0 \leq s_k < 3,0 \text{ kN/m}^2$	0,7	0,4	0,2
$1,0 \leq s_k < 2,0 \text{ kN/m}^2$	0,6	0,3	0,1
<b>Vindlast</b>	0,3	0,2	–
<b>Temperaturlast</b> (ej vid brand) i byggnader	0,6	0,5	0

<sup>1)</sup> Kategori enligt SS-EN 1991-1-1.