

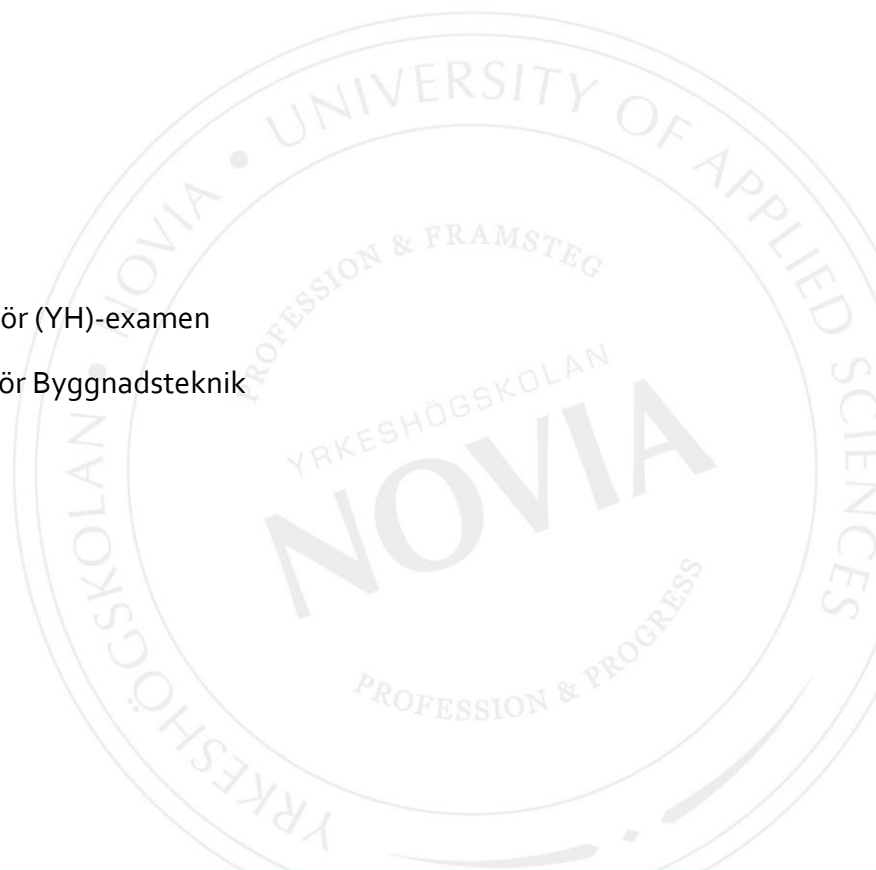
# Dimensionering av träkonstruktioner i Excel

Christoffer Lindholm

Examensarbete för Ingenjör (YH)-examen

Utbildningsprogrammet för Byggnadsteknik

Raseborg 2018



## EXAMENSARBETE

Författare: Christoffer Lindholm

Utbildning och ort: Byggnadsteknik, Raseborg

Inriktningsalternativ/Fördjupning: Projektering och byggnadskonstruktion

Handledare: Towe Andersson

Titel: Dimensionering av träkonstruktioner i Excel

---

Datum 10.04.2018

Sidantal 28

Bilagor 5

---

### Abstrakt

Detta arbete består av två delar.

Ena delen är själva räknaren i Excel som är uppbyggd så att man med minimal utgångsinformation kan dimensionera träkonstruktioner. Utgångsinformation som behövs är viktiga mått (spännvidder och lasternas placering) och laster, vilket är det enda man måste räkna ut på förhand. Slutligen kommer också uträkningarna att visas, vilket byggnadstillsyn kan kräva.

Andra delen är skriftliga delen som beskriver uppbyggnaden och användningen av räknaren samt vad som skiljer sig från existerande liknande räknare.

Räknaren är gjord i Excel för att programmet klarar av tusentals långa och svåra beräkningar, där allt hänger ihop med varandra, vilket är mycket tidskrävande för hand. En databas med konstruktionsmaterial och deras värden är också inkluderad för att slippa söka fram dessa för hand.

---

Språk: Svenska

Nyckelord: Dimensionering, Träkonstruktioner, Excel

---

## OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: Christoffer Lindholm

Koulutus ja paikkakunta: Rakennustekniikka, Raasepori

Suuntautumisvaihtoehto/Syventävät opinnot: Rakennesuunnittelu

Ohjaaja: Towe Andersson

Nimike: Puurakenteiden mitoitus Excelissä

---

Päivämäärä 10.04.2018

Sivumäärä 28

Liitteet 5

---

### Tiivistelmä

Tämä työ käsittää kaksi osaa.

Ensimmäinen osa on itse laskuri Excelissä ja se on tehty siten että minimaalisilla perustiedoilla voi mitoittaa puurakenteita. Tarvittavat perustiedot ovat tärkeitä mittoja (jännevälejä ja kuormien sijoitukset) ja kuormia, jotka ovat ainoat mitkä pitää laskea etukäteen. Lopuksi myös esitetään ne laskelmat joita rakennusvalvonta voi vaatia.

Toinen osa on kirjallinen osa joka kertoo miten laskuri on tehty ja miten sitä käytetään sekä miten se eroaa jo olemassa olevista samanlaisista laskureista.

Laskuri on tehty Excelissä koska ohjelma pystyy laskemaan tuhansia pitkiä ja vaikeita laskelmia, jotka liittyvät toisiinsa, ja ovat aikaa vieviä käsin laskea. Tietokanta sisältää rakennemateriaaleja ja niiden ominaisuudet on myös sisällytetty siihen jotta niitä ei tarvitse etsiä käsin.

---

Kieli: Ruotsi

Avainsanat: Mitoitus, Puurakenteet, Excel

---

## BACHELOR'S THESIS

Author: Christoffer Lindholm

Degree Programme: Construction Engineering

Specialization: Structural Engineering

Supervisor: Towe Andersson

Title: Dimensioning of Wood Structures in Excel

---

Date 10 April 2018

Number of pages 28 Appendices 5

---

### **Abstract**

This thesis consists of two parts.

The first part is the calculator itself in Excel which is structured so that you can with minimal starting data calculate wood structures. The starting data that is needed are important measures (spans and load placements) and loads, which is the only thing you need to calculate beforehand. Finally, the calculations are shown, which the civil engineering department might require.

The second part is the written part describing the structure and how to use the calculator as well as how it differs from existing, similar calculators.

The calculator is made in Excel because the program is capable of thousands of long and hard calculations, all linked together, which is very time consuming to do manually. A database including construction material and its properties is also included to avoid having to search for them one at the time.

---

Language: Swedish

Key words: Dimensioning, Wood structures, Excel

---

## Innehållsförteckning

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 1     | Inledning.....                          | 1  |
| 1.1   | Syfte .....                             | 1  |
| 1.2   | Metoder .....                           | 2  |
| 2     | Innehåll och uppbyggnad.....            | 2  |
| 2.1   | Material .....                          | 3  |
| 2.1.1 | Sågvirke .....                          | 3  |
| 2.1.2 | Limträ.....                             | 4  |
| 2.1.3 | Kertopuu .....                          | 5  |
| 2.2   | Byggnadsstatik och beräkningar .....    | 6  |
| 2.2.1 | Stödkrafter och upplagstryck .....      | 7  |
| 2.2.2 | Skjuvkraft.....                         | 8  |
| 2.2.3 | Momentkraft.....                        | 9  |
| 2.2.4 | Nedböjning.....                         | 11 |
| 3     | Användningskategorier .....             | 14 |
| 3.1   | Användningskategori 1.....              | 14 |
| 3.2   | Användningskategori 2.....              | 14 |
| 3.3   | Användningskategori 3.....              | 15 |
| 4     | Lasternas tidsklass .....               | 15 |
| 4.1   | Materialsäkerhetsfaktor .....           | 15 |
| 5     | Begränsningar .....                     | 17 |
| 6     | Planerat att tilläggas .....            | 18 |
| 7     | Skillnader till befintliga räknare..... | 18 |
| 8     | Räknaren.....                           | 19 |
| 8.1   | Allmän information.....                 | 19 |
| 8.2   | Snabbgranskning.....                    | 20 |
| 8.3   | Tillsättning av laster.....             | 20 |
| 8.3.1 | Punktlaster .....                       | 21 |
| 8.3.2 | Linjelaster .....                       | 22 |
| 8.3.3 | Triangellaster .....                    | 23 |
| 8.4   | Beräkningar .....                       | 24 |
| 8.5   | Användning.....                         | 25 |
| 9     | Slutsats .....                          | 27 |
| 10    | Källförteckning .....                   | 28 |

# 1 Inledning

## 1.1 Syfte

Konstruktionsdimensionering är en mycket viktig och tidskrävande del i konstruktionsplanering. Motivet till detta arbete är att laga en räknare i Excel som klarar av konstruktionsdimensioneringsberäkningar enligt dagens standarder med så lite utgångsinformation som möjligt och därmed spara tid och undvika slarvfel i framtida planeringsobjekt för användaren.

Speciellt byggnadsstatiken består av mycket långa uträkningar, åtminstone i de fall där tabellvärden för lastfall inte kan användas.

Tabellvärden för färdiga lastfall är mycket begränsade tack vare att det är specifika lastfall och deras resultat går sällan att adderas ihop. Till exempel en 10 meter lång, fritt upplagd tvåstödsbalk utan överhäng, med en linjelast över hela balken på 10 kN/m och en punktlast på 50 kN två meter från vänstra stödet ger med belastningsfallens böjningsmoment totalt 125 kNm och 80 kNm moment för belastningarna. Dessa kan inte adderas tack vare att momentena inte påverkar samma position på balken. Tillsammans ger dessa moment 205 kNm, vilket är nästan 14% högre än verkliga momentet som balken utsätts för vilket är 180 kNm. För nedböjningen ger tabellvärdena totalt 9% lägre värde än verkliga nedböjningen för ovannämnda lastfall.

Nedan visas hur momentdiagrammen för först punktlasten och sen linjelasten ser ut enskilt, i sista grafen är dessa adderade för att hitta maxmomentet. Maxmomentet 180 kNm hittas 4 meter från vänstra stödet. Observera att graferna inte är i proportionerlig skala till varandra.

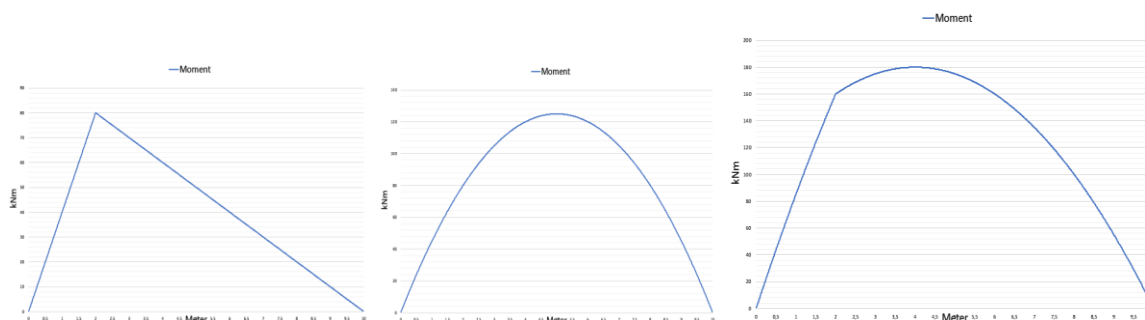


Bild 1. Enskilda och adderade lasternas momentdiagram.

Denna räknare använder inga färdiga lastfall eller dylikt utan räknar ut allting steg för steg.

## 1.2 Metoder

Utgångsläge var att få fram en räknare som löser ut allt från byggnadsstatikens moment, skjuvkrafter och deformationer, till slutliga dimensioner med avseende på spänningarna och lasterna.

Räknaren valdes att göras i Excel tack vare att programmet klarar av tusentals långa och svåra beräkningar, där allt hänger ihop med varandra, vilket är mycket tidskrävande för hand. Programmet är också mycket vanligt och största delen av alla datoranvändare har tillgång till det och i allafall grundkunskaper i att använda programmet.

Möjligheterna att kontinuerligt förbättra, ändra och lägga till i räknaren är också mycket viktigt i valet av programvaran. Det finns mycket som inte ännu går att räkna med räknaren men som är planerat att tilläggas i framtiden.

Räknaren är uppbyggd så att den skall vara så användarvänlig som möjligt, det är endast siffror som man måste fylla i ”för hand”, allt annat väljs från listor.

Beräkningarna och databaserna är sammanställda av många olika böcker:

- Byggnadskalendern 2012
- Byggekonstruktion 1, byggnadsstatik
- Teknisten ammattien matematiikka 3A
- Eurokoodi 5, Puurakenteiden suunnittelu

## 2 Innehåll och uppbyggnad

I detta stycke går det igenom vad räknaren innehåller, hur den räknar ut det, begränsningar på olika uträkningar och vad som planeras att tilläggas.

## 2.1 Material

### 2.1.1 Sågvirke

Sågvirke inom träkonstruktioner skall vara enligt standarden EN 14081-1 och dess fingerskarvar skall vara enligt standarden EN 385. Barrträds hållfasthetsklasser C14-C50 och lövträds hållfasthetsklasser D30-D70 finns i standarden EN 338. När man använder sågvirkes träprodukter som är färska, nästan helt eller helt fuktmättade eller som blivit utsatta för fukt, vilka under belastning kommer att torka, förstorar man  $k_{def}$  värdet enligt tabell 6 med 1,0. (Puuinfo, 2011, 16)

Sågvirke fås vanligast i bredden 48mm och höjden 98mm, 123mm, 148mm, 173mm, 198mm o.s.v.

Materialsäkerhetsfaktor för sågvirke vars hållfasthet  $\geq$  C35  $\gamma_M = 1,25$  och för övriga  $\gamma_M = 1,4$ , (Puuinfo, 2011, 15).

De vanligaste sågvirkesklasserna och deras tabellvärden (N/mm<sup>2</sup>):

| Hållfasthetsklass |               | C18  | C24   | C30   |
|-------------------|---------------|------|-------|-------|
| Böj               | $f_{m,k}$     | 18   | 24    | 30    |
| Drag              | $f_{t,o,k}$   | 11   | 14    | 18    |
|                   | $f_{t,90,k}$  | 0,4  | 0,4   | 0,4   |
| Tryck             | $f_{c,0,k}$   | 12   | 21    | 23    |
|                   | $f_{c,90,k}$  | 2,2  | 2,5   | 2,7   |
| Skjuv             | $f_{v,k}$     | 3,4  | 4,0   | 4,0   |
| Elasticitetsmodul | $E_{mean}$    | 9000 | 11000 | 12000 |
|                   | $E_{90,mean}$ | 300  | 370   | 400   |

Tabell 1. Sågvirkes karakteristiska värden (Puuinfo, 2011, 17).

## 2.1.2 Limträ

Limträ inom träkonstruktioner skall vara enligt standarden EN 14080. Barrträslimträns hållfasthetsklasser finns i standarden EN 1194 uppdelade i av samma hållfasthet ihoplimmade lameller GL24h-GL36h och för av olika hållfasthets ihoplimmade lameller GL24c-GL36c. (Puuinfo, 2011, 16)

Limträ är förutom standardpelare (90mm x 90mm, 115mm x 115mm) beställningsvara och fås i önskade bredder och höjder på 45mm mellanrum.

Limträns materialsäkerhetsfaktor  $\gamma_M = 1,2$  (Puuinfo, 2011, 15)

De vanligaste limträklasserna och deras tabellvärden (N/mm<sup>2</sup>):

| Hållfasthetsklass |               | GL28c | GL32c |
|-------------------|---------------|-------|-------|
| Böj               | $f_{m,k}$     | 28    | 32    |
| Drag              | $f_{t,o,k}$   | 16,5  | 19,5  |
|                   | $f_{t,90,k}$  | 0,4   | 0,45  |
| Tryck             | $f_{c,0,k}$   | 24    | 26,5  |
|                   | $f_{c,90,k}$  | 2,7   | 3     |
| Skjuv             | $f_{v,k}$     | 2,7   | 3,2   |
| Elasticitetsmodul | $E_{mean}$    | 12600 | 13700 |
|                   | $E_{90,mean}$ | 390   | 420   |

Tabell 2. Limträns karakteristiska värden (Puuinfo, 2011, 17).

### 2.1.3 Kertopuu

Kertopuu inom träkonstruktioner skall fylla kraven i standarden EN 14374. Kertopuubalken Kerto-S har faneren limmade åt samma håll, Kerto-Q har krosslimmade fanerer och används både till skivor och balkar. Kerto-T har faneren limmade åt samma håll och är menad för pelare. (Puuinfo, 2011, 16)

Keropuu för konstruktioner är beställningsvara som fås med vissa bredder och så gott som vilka höjder som helst.

Kertopuus materialsäkerhetsfaktor  $\gamma_M = 1,2$  (Puuinfo, 2011, 15)

De vanligaste Kertopuuklasserna och deras tabellvärden (N/mm<sup>2</sup>):

| Hållfasthetsklass       |                   | Kerto-S | Kerto-T | Kerto-Q |
|-------------------------|-------------------|---------|---------|---------|
| Böj stående             | $f_{m,k}$         | 44      | 27      | 32      |
| Storlekseffektsexponent | $s$               | 0,12    | 0,15    | 0,12    |
| Böj liggande            | $f_{m,0,flat,k}$  | 50      | 32      | 36      |
| Drag                    | $f_{t,0,k}$       | 35      | 24      | 26      |
|                         | $f_{t,90,edge,k}$ | 0,8     | 0,5     | 6       |
| Tryck                   | $f_{c,0,k}$       | 35      | 26      | 26      |
|                         | $f_{c,90,edge,k}$ | 6       | 4       | 9       |
|                         | $f_{c,90,flat,k}$ | 1,8     | 1,0     | 2,2     |
| Skjuv                   | $f_{v,k}$         | 4,1     | 2,3     | 4,5     |
|                         |                   | 2,3     | 1,3     | 1,3     |
| Elasticitetsmodul       | $E_{mean}$        | 13800   | 10000   | 10500   |
|                         | $G_{edge,mean}$   | 600     | 400     | 600     |

Tabell 3. Kertopuus karakteristiska värden (Puuinfo, 2011, 18).

## 2.2 Byggnadsstatik och beräkningar

Byggnadsstatiken, som i denna räknare är till för att räkna balkars stöd-, skjuv- och momentkraft och nedböjning, är uppdelad var last för sig. Alla laster sätts in i bruksgränstillstånd och väljs från lista ifall de hör till variabel- eller nyttolaster. Räknaren gör alla statikberäkningar i flera olika alternativ beroende på säkerhetskoefficienterna och finner belastningsfallet som orsakar största spänningarna, förutom nedböjningen som alltid räknas i bruksgränstillstånd.

Beroende på konstruktionsmaterialet som beräknas behövs olika beräkningsfalls resultat med olika säkerhetskoefficienter räknas.

Dessa beräkningsfall räknas:

- Alla laster oberoende egenvikter eller snö-/vistelselaster utan säkerhetsfaktorer
- Endast nyttolasterna med säkerhetskoefficient 1,35
- Nyttolasterna med säkerhetskoefficient 1,15 + större variabelast med säkerhetskoefficient 1,5 + mindre variabelast med säkerhetskoefficient 1,05
- Nyttolasterna med säkerhetskoefficient 1,15 + max av följande
  - större variabelast med säkerhetskoefficient 1,5 + mindre variabelast med säkerhetskoefficient 1,05 + tillfällig variabelast (vind) med säkerhetskoefficient 0,9
  - tillfällig variabelast (vind) med säkerhetskoefficient 1,5 + större variabelast med säkerhetskoefficient 1,05 + mindre variabelast med säkerhetskoefficient 1,05

(Puuinfo, 2011, 9)

Statikräknaren är uppdelad i 1 centimeters delar genom hela balken, för varje centimeter räknas ut om och hur lasten påverkar nedböjning, skjuv- och momentkrafter.

Steglängden 1 centimeter valdes för att få exakta svar utan att överbelasta Excel. Steglängden går att ändra ifall det önskas, men ifall den minskas mycket så kan Excels maximala tillåtna dataanvändning i celler överskridas. Med denna steglängd är uträkningarna

mycket exakta. Maximala avståndet till absoluta maxkraften kan alltså vara max 5 mm, det vill säga så gott som 0.

### 2.2.1 Stödkrafter och upplagstryck

Stödkrafterna räknas ut med jämviktsvillkor, i detta fall kan alla laster räknas som punktlaster lika stora som totala lasten som angriper i lastens tyngdpunkt (Langesten 1999, 50). Därefter adderas alla stödkrafterna från enskilda lasterna till totala stödkrafter som behövs i vidare beräkningar. Den större av stödkrafterna används till att dimensionera upplagstrycket vid stödet.

Upplagstryckets dimensioneringskrav är

$$\sigma_{c,90,d} < k_{c,\perp} * f_{c,90,d}$$

där

$\sigma_{c,90,d}$  är trycket som uppstår i balken under stödet i N/mm<sup>2</sup>

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{A_d}{b * l}$$

där

$A_d$  är upplagstrycket i N

$b$  är balkens bredd i mm (stödet djup ifall stödet är smalare än balken)

$l$  är stödets bredd i mm

$f_{c,90,d}$  är balkens dimensionerande tryckhållfasthet i N/mm<sup>2</sup>

$$f_{c,90,d} = k_{mod} \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_m}$$

$k_{c,\perp}$  är en tryckkoefficient

$$k_{c,\perp} = \frac{l_{c,90,ef}}{l} * k_{c,90}$$

där

$l$  är stödets bredd i mm (se bild nedan).

$l_{c,90,ef}$  är effektiva bredden på stödet som fås genom att lägga till 30mm på båda sidorna av stödets längd  $l$ , men ändå max  $a$ ,  $l$  eller  $l_1/2$  (se bild nedan). För stående Kertopuubalkar är alltid  $l_{c,90,ef} = l$ .

$k_{c,90}$  är en koefficient med värdet 1,0 förutom i följande fall om krafternas avstånd uppfyller  $l_1 > 2h$ , då är  $k_{c,90}$  värdena enligt följande:

- 1,25 för barrträds sågvirke
- 1,5 för barrträds limträ
- 1,3 för stående Kerto-Q
- 1,4 för liggande Kertopuu

(Puuinfo, 2011, 24)

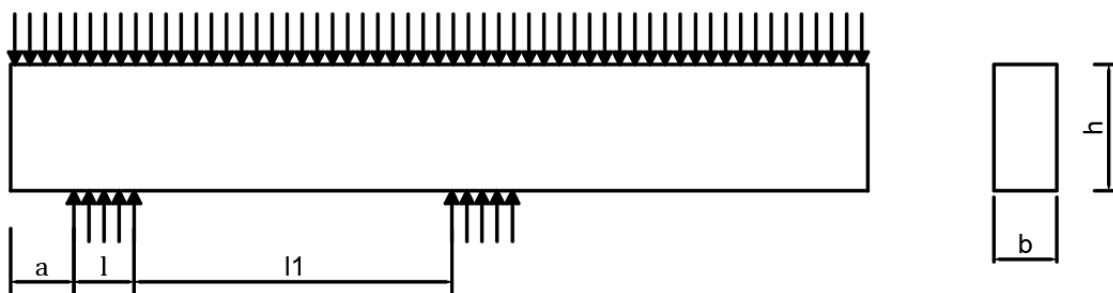


Bild 2. Förklaring för  $a$ ,  $l$ ,  $l_1$ ,  $b$  och  $h$ .

### 2.2.2 Skjuvkraft

Lasterna räknas alla skilt ut om och hur mycket skjuvkraft dom påverkar balken med vid varje steglängd. Därefter räknas totala skjuvkraften för balken börjandes från vänstra stödet med stödets upplagstryck och framgår med steglängden hela balken igenom subtraherande varje lasts påverkning vid just det för tillfället beräknande snittet.

Denna räknare är ännu begränsad till statiskt bestämda tvåstöds- eller fast inspända balkar så ifall det inte finns laster i motsatt riktning till gravitation så är max skjuvkraften alltid vid någondera stöd.

Skjuvspänningens dimensioneringskrav är

$$\tau_d < f_{v,d}$$

där

$\tau_d$  är skjuvspänningar som uppstår i balken i N/mm<sup>2</sup>

$$\tau_d = \frac{3}{2} * \frac{V_d}{b_{ef} * h}$$

där

$V_d$  är maximala skjuvkraften i N

$b_{ef}$  är balkens effektiva bredd i mm. I användningskategori 1 för sågvirke och limträ används balkens bredd multiplicerat med 0.67 ( $b_{ef} = 0,67b$ ). I alla andra fall är  $b_{ef} = b$ .

$h$  är balkens höjd i mm

$f_{v,d}$  är balkens dimensionerande skjuvhållfasthet i N/mm<sup>2</sup>

$$f_{v,d} = k_{mod} \frac{f_{v,k}}{\gamma_m}$$

(Puuinfo, 2011, 25)

### 2.2.3 Momentkraft

Momentkrafterna räknas likadant ut som skjuvkrafterna förutom att lasternas momentarm från varje steglängd är medräknat vid varje last skilt och slutligen vid totala momentkraften.

Tack vare att momentkrafterna oftast är bågformade så hittas maxmomentet på max halva steglängdens nogrannhet.

Momentspänningens dimensioneringskrav är

$$\sigma_{m,y,d} < f_{m,d}$$

där

$\sigma_{m,y,d}$  är momentspänningar som uppstår i balken i N/mm<sup>2</sup>

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{6 \cdot M_d}{b \cdot h^2}$$

där

$M_d$  är maximala momentkraften i Nmm

$b$  är balkens bredd i mm

$h$  är balkens höjd i mm

$f_{m,d}$  är balkens dimensionerande momenthållfasthet i N/mm<sup>2</sup>

$$f_{m,d} = k_{mod} \frac{f_{m,k}}{\gamma_m}$$

Ifall balken som beräknas är Kertopuu och höjden  $h$  är högre än 300mm så reduceras balkens karakteristiska värde  $f_{m,k}$  med koefficienten  $k_h$  på följande sätt

$$k_h = \left( \frac{h}{300} \right)^s$$

där

$h$  är balkens höjd i mm

$s$  är storlekseffektsexponent (Kerto-S = 0,12, Kerto-T = 0,15 och Kerto-Q = 0,12)

(Puuinfo, 2011, 16)

### 2.2.4 Nedböjning

I balkar orsakar laster deformationer, det vill säga nedböjningar. Deformationerna är proportionella till lasternas storlek; en dubbelt så stor annars likadan last på samma ställe orsakar dubbelt så stor maxnedböjning. Olika lasters nedböjningar för specifika platser på balken kan adderas. Om last 1 orsakar en viss nedböjning på plats  $x$  i balken och last 2 orsakar en annan nedböjning på samma ställe så blir slutliga nedböjningen på plats  $x$  nedböjningen orsakad av last 1 adderat med nedböjningen av last 2 oberoende vilken ordning lasterna belastar balken. Detta brukar benämnas superpositionslagen. (Langesten 1999, 95)

Nedan visas två olika lastfalls nedböjning, tack vare att max nedböjningen  $Y_{max}$  inte hittas på samma ställen på balken kan dessa inte adderas för totala nedböjningen. Endast nedböjningarna som inträffar samma plats i balken kan adderas. Nedböjningen i mitten på balken i detta fall skulle bli  $Y_{mitt}$  för punktlasten +  $Y_{max}/Y_{mitt}$  för linjelasten. För att hitta totala nedböjningen för dessa kombinerade laster måste båda lasternas kurvor adderas över hela balken för att sedan hitta maxnedböjningen.

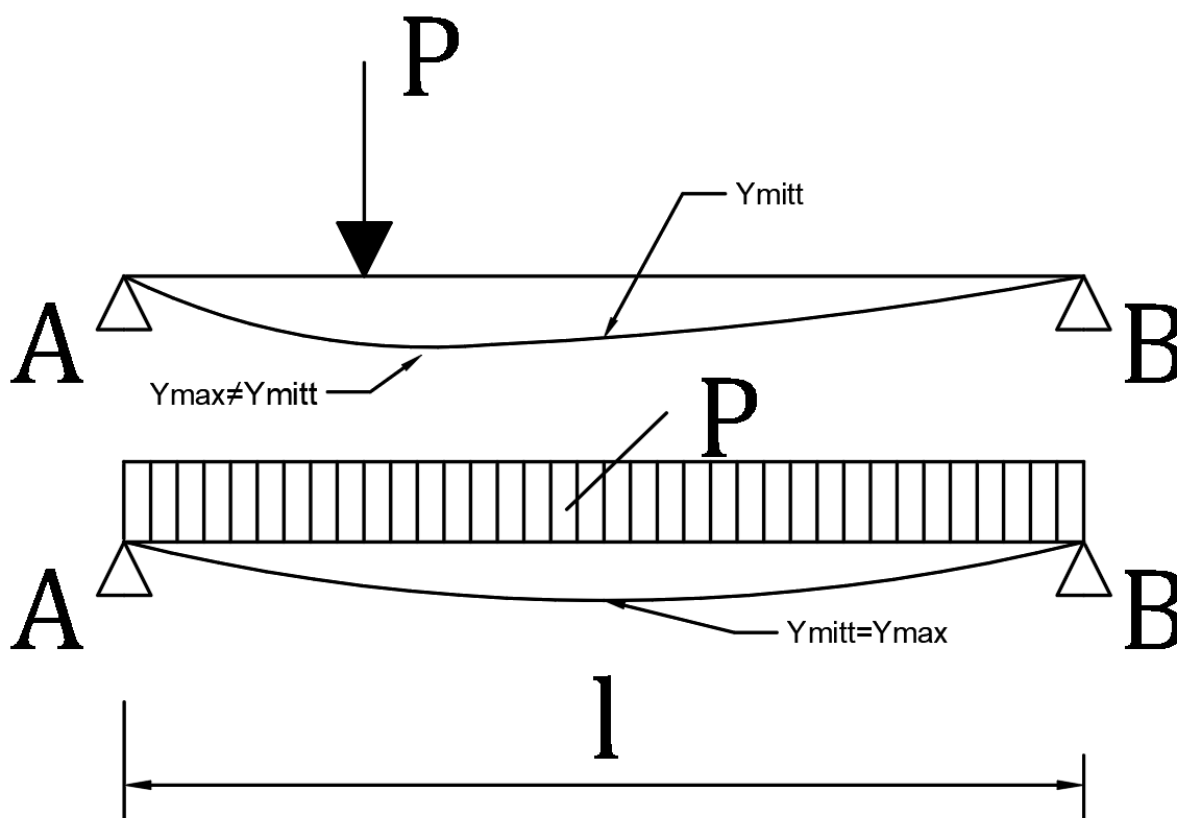


Bild 3. Olika lasters inverkan på balkens nedböjning.

Nedböjningskurvan kallas elastiska linjen och uttrycks

$$y = f(x)$$

där  $y$  är positivt för nedböjning och negativt för uppböjning. Ur hållfasthetslära fås uttrycket

$$M = \frac{E}{r} I \text{ vilket som omskrivet är } \frac{1}{r} = \frac{M}{EI}$$

där  $M$  är momentekvationen,  $E$  är materialets elasticitetsmodul,  $I$  tvärsnittets tröghetsmoment och  $r$  balkens krökningsradie.  $\frac{1}{r}$  kallas för krökningen. Sambandet mellan krökning och elastiska linjen ger

$$\frac{1}{r} = \frac{M}{EI} = -y'' \text{ de två sista leden skrivs på följande sätt } EI y'' = -M. \text{ (Langesten, 1999, 97)}$$

Detta är elastiska linjens differentialekvation. Utgående från denna kan nedböjningskurvans funktion, elastiska linjen  $y = f(x)$ , beräknas för varje lastfall. Integrering av formeln två gånger ger två integreringskonstanter som måste lösas ut med hjälp av sambanden mellan  $x$ ,  $y$  och  $y'$  beroende på balkens uppläggningssätt och stödvillkor. Dessa hittas vid stöden och vid olika ställen längs balken beroende på lasternas form och position. (Langesten, 1999, 96-97)

Elastiska linjens differentialekvation och integreringskonstanterna räknas ut för varje last skilt. Elastiska linjen definieras för varje last och adderas till slut ihop för att få balkens totala teoretiska nedböjning.

Nedböjningarna adderas enligt lastens typ (egenvikt, snö, vind och vistelse) skilt för att kunna räkna vidare enligt Eurokoodi 5. För att följande beräkningar skall kunna följas måste följande punkter stämma:

- Konstruktionens alla delar måste ha samma  $k_{def}$  -värden, se tabell 6.
- Konstruktionen belastas samtidigt av maximalt egenvikt, snölast, vindlast och en av A, B eller C-klassens vistelseelast (bostads-, kontors- eller samlingsutrymmen)

Av lasterna orsakad tillfällig nedböjning  $W_{inst}$  beräknas på följande sätt:

Om vistelse- eller snölasten är bestämmande variabelast:

$$G_{kj} + Q_{k,1} + 0,7Q_{k,2}$$

Om vindlasten är bestämmande variabelast:

$$G_{kj} + Q_{k,t} + 0,7Q_{k,1} + 0,7Q_{k,2}$$

där

$G_{kj}$  är egenvärde av egenvikt,

$Q_{k,1}$  är egenvärde av den större av antingen snö- eller vistelselasten,

$Q_{k,2}$  är egenvärde av den mindre av antingen snö- eller vistelselasten och

$Q_{k,t}$  är egenvärde av vindlast

(Puuinfo, 2011, 10)

Nedböjningarna är proportionella till lasterna så det är ingen skillnad ifall  $W_{inst}$  räknas ut med egenvärden enligt formlerna ovan eller med nedböjningarna av lasterna.

För att hitta absoluta max beloppe av formlerna ovan så beräknar räknaren dessa båda formler genom hela balken och därefter använder största nedböjningen till  $W_{inst}$ . (Puuinfo, 10)

Dimensioneringskravet är

$$W_{inst} < l/400 \text{ där } l \text{ är balkens spännvidd. (Puuinfo, 21)}$$

Totala nedböjningen  $W_{fin}$  beräknas enligt följande:

$$W_{fin} = \max \left\{ \begin{array}{l} (1 + k_{def})W_{inst,G} + (1 + 0,2k_{def})W_{inst,lumi} + (0,7 + 0,3k_{def})W_{inst,hyöty} \\ (1 + k_{def})W_{inst,G} + (1 + 0,3k_{def})W_{inst,hyöty} + (0,7 + 0,2k_{def})W_{inst,lumi} \end{array} \right.$$

Där

$k_{def}$  är deformationstal, se tabell 3

$W_{inst,G}$  är tillfälliga nedböjningen orsakad egenvikten  $G_{kj}$

$W_{inst,lumi}$  är tillfälliga nedböjningen orsakad av snölasten  $Q_{k,l}$

$W_{inst,hyöty}$  är tillfälliga nedböjningen orsakad av vistelselasten  $Q_{k,h}$

(Puuinfo, 2011, 10)

För att hitta absoluta max beloppet av formlerna ovan beräknas  $W_{fin}$  ut på samma sätt som  $W_{inst}$ .

Dimensioneringskravet är

$W_{inst} < l/300$  där  $l$  är balkens spännvidd. (Puuinfo, 2011, 21)

### 3 Användningskategorier

När bärande konstruktioner planeras av trä måste konstruktionerna delas in i användningskategorierna 1, 2 eller 3. Detta för att trädets egenskaper och hållfastheter påverkas olika beroende på miljön som materialet är i. (Puuinfo, 2011, 15).

#### 3.1 Användningskategori 1.

I denna kategori är det vanligt att materialets fuktighet motsvarar temperaturens på 20°C och luftfuktigheten runt materialet överskrider 65% endast några veckor per år. I denna kategori överskrider barrträds fuktighet inte 12%. (Puuinfo, 2011, 15).

Till denna kategori hör träkonstruktioner som är i uppvärmda utrymmen eller med liknande luftfuktighet. Ifall konstruktioner befinner sig i isolerade utrymmen så räknas det till denna kategori ifall dragsidan av konstruktionen är inne i isoleringen. (Puuinfo, 2011, 15).

#### 3.2 Användningskategori 2.

I denna kategori är det vanligt att materialets fuktighet motsvarar temperaturens på 20°C och luftfuktigheten runt materialet överskrider 85% endast några veckor per år. I denna kategori överskrider barrträds fuktighet inte 20%. (Puuinfo, 2011, 15).

Till denna kategori hör träkonstruktioner som är utomhus men hålls torra. Konstruktionen bör vara i skydd för väder och i ventilerade utrymmen. Konstruktionerna skall även skyddade mot fukt underifrån. Till denna kategori hör till exempel trossbottens och kalla vindars träkonstruktioner. (Puuinfo, 2011, 15).

### 3.3 Användningskategori 3.

För denna kategori är det typiskt att klimatförhållandena orsakar högre fuktvärden än i användningskategori 2. (Puuinfo, 2011, 15).

Till denna kategori hör träkonstruktioner som är utomhus utan skydd för väder, i fuktiga utrymmen och i kontakt med vatten. När träkonstruktionernas livstid i denna kategori planeras så delas denna kategori ytterligare upp i två stycken underkategorier. (Puuinfo, 2011, 15).

När konstruktionerna delas in i dessa kategorier måste hänsyn också till fuktvariationerna tas i beaktande. Fuktvariationer kan ha större påverkan på träkonstruktioner än kontinuerligt hög fuktighet. (Puuinfo, 2011, 15).

Vilken kategori som träkonstruktionen hör till måste fyllas i i räknaren, därefter väljer Excel ut rätta koefficienter för beräkningarna.

## 4 Lasternas tidsklass

Träkonstruktioner klarar av olika spänningar beroende på hur länge de varar.

Tidsklasserna kategoriseras enligt följande:

| Tidsklass  | Hur länge lasten varar | Exempel på laster                                       |
|------------|------------------------|---|
| Permanent  | Över 6 månader         | Egenvikt, maskiner, lätta mellanväggar, lagrat material |
| Medellång  | 10 minuter – 6 månader | Snö, vistelselaster                                     |
| Tillfällig | Under 10 minuter       | Vind, olycksfallslast                                   |

Tabell 4. Träkonstruktioners tidsklasser (Puuinfo, 2011, 15).

### 4.1 Materialsäkerhetsfaktor

Trä som konstruktionsmaterial finns det tre stycken olika av i denna räknare. Kertopuu, limträ och sågvirke finns att välja mellan. Alla dessa har olika karakteristiska värden, sågvirke har ytterligare olika för alla hållfasthetsklasserna. Oberoende trämateriallet eller hållfasthetsklass så räknas det dimensionerande värde ut på samma sätt.

Dimensionerande värde  $X_d$  räknas ut på följande sätt:

$$X_d = k_{mod} \frac{X_k}{\gamma_M}$$

Där  $X_k$  är materialets karakteristiska värde,  $\gamma_M$  är materialsortens säkerhetskoefficient (1,4 för sågvirke, 1,2 för kertopuu och 1,2 limträ) och  $k_{mod}$  är koefficient beroende på hur länge lasten varar och vilken användningskategori det hör till. (Puuinfo, 2011, 15).

Värdena för  $k_{mod}$  fås från följande tabell med att korsa användningskategorin med tidsklassen. Om konstruktionen påverkas av flera olika laster som hör till olika tidsklasser, används  $k_{mod}$ -värdet för den kortvarigaste lasten. Sågvirke, Kertopuu och Limträ alla har samma värden:

| Material     | Användningskategori | Tidsklass |           |            |
|--------------|---------------------|-----------|-----------|------------|
|              |                     | Permanent | Medellång | Tillfällig |
| Sågvirke,    | 1                   | 0,6       | 0,8       | 1,1        |
| Kertopuu och | 2                   | 0,6       | 0,8       | 1,1        |
| Limträ       | 3                   | 0,5       | 0,65      | 0,9        |

Tabell 5. Träkonstruktioners  $k_{mod}$ -värden (Puuinfo, 2011, 17).

Om konstruktionen man beräknar kombinerar flera trädelar vars tidsberoende funktion är olika räknas  $k_{mod}$  ut på följande sätt:

$$k_{mod} = \sqrt{k_{mod,1} * k_{mod,2}}$$

där  $k_{mod,1}$  och  $k_{mod,2}$  är de kombinerade trädelarnas  $k_{mod}$  värden.

(Suomen Standardisoimistoliitto, EN1995-1-1, 2014, 23).

För nedböjningen används istället för  $k_{mod}$ -värden  $k_{def}$ -värden. Nedböjningen dimensioneras alltid i bruksgränstillstånd (käyttörajatila ,KRT). Varken lasternas säkerhetskoefficienter eller materialsortens säkerhetskoefficient  $\gamma_M$  är med i beräkningarna. Tack vare att lasternas säkerhetskoefficienter inte är med så har  $k_{def}$  värden ingen påverkan utav lasternas tidsklass, endast användningskategorin påverkar värdet.

Värdena för  $k_{def}$  fås från följande tabell, där Sågvirke, Kertopuu och Limträ alla har samma värden:

| Material                      | Användningskategori |     |     |
|-------------------------------|---------------------|-----|-----|
|                               | 1                   | 2   | 3   |
| Sågvirke, Kertopuu och Limträ | 0,6                 | 0,8 | 2   |
| Kertopuu på ligg              | 0,8                 | 1   | 2,5 |

Tabell 6. Träkonstruktioners  $k_{def}$ -värden (Puuinfo, 2011, 17).

## 5 Begränsningar

Räknaren beräknar endast statistiskt bestämda balkar (fast inspända och tvåstöds). Jag själv som har byggt upp hela räknaren och vet hur den fungerar kan använda den till statistiskt obestämda med lite extra beräkningar till, men det är inte det som är meningen med räknaren för tillfälle.

Tröghetsmomentet måste vara samma över hela balken. Man kan inte beräkna färdigt ”triangelformade” takstolsbalkar eller balkar med hål.

Inte direkt en begränsning men om man använder räknaren till att dimensionera lutande takbalkar med snölaster som belastning måste man tänka på att snön belastar med sin last kN/m eller kN/m<sup>2</sup> per horisontell meter. För att få beräkningarna exakta och för att denna räknare inte räknar med balklutningar eller lastens lutning i proportion till balken så skall man alltid sätta in lasterna med kraften i 90° lutning till balken. Så ifall vi har en balk vars horisontella längd är 12m och lutar 20° och belastas av en snölast 2kN/m över hela balken. Då blir balkens spännvidd i räknaren  $12m/\cos 20 = 12,77m$  och en linjelast mellan 0m och 12,77m på  $2 \text{ kN/m} * \cos 20 = 1,88 \text{ kN/m}$ . Då blir båda totala lasterna desamma

$2 \frac{\text{kN}}{\text{m}} * 12 \text{ m} = 1,88 \frac{\text{kN}}{\text{m}} * 12,77 \text{ m} = 24 \text{ kN}$ . Skillnaden på dessa olika beräkningar är små men betydande så bättre att göra rätt.

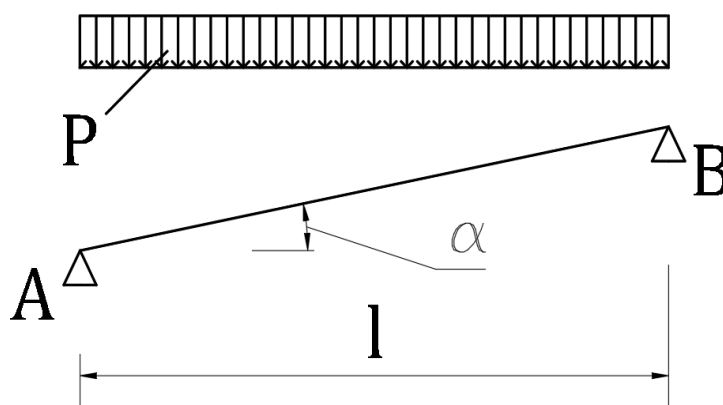


Bild 4. Snölasters påverkan på lutande balkar.

## 6 Planerat att tilläggas

Ovannämnda begränsningar har planerats att tilläggas i framtiden men när räknaren började vara klar konstaterades det att räknaren blivit ganska trög, väldigt mycket information och formler som skall beräknas. Ifall man fyller i all information snabbt och flyttar blad till beräkningar märker man att det tar en stund innan alla grafer ändrar....

Byggnadsstatikdelen av räknaren, som är överlägset den största delen och har krävt mest med arbete och som fungerar till vilka material som helst, kan tänkas användas i framtiden för att bygga upp liknande räknare för andra material.

Andra träkonstruktioner kommer tilläggas för att få en bättre helhet i framtiden med räknaren. Planen är att kunna använda räknaren till att räkna ut i alla fall träkonstruktionerna till mindre krävande konstruktioner (egnahemshus, garage, mindre hallar o.s.v.).

## 7 Skillnader till befintliga räknare

Efter närmare bekantskap med befintliga räknare så finns det nog inte stora skillnader mellan denna och vissa andra. Tack vare att denna är uppbyggd i Excel istället för ett helt eget program så finns det mera begränsningar på denna än andra. Största skillnaden på denna från andra är att användaren (jag själv) kan gå in och kolla alla mellansteg vid behov. Denna räknare är uppbyggd så att ändringar är så lätta som möjligt, ifall användaren vill ändra till exempel säkerhetskoefficienterna av någon orsak så är det bara att ändra dem på ett ställe så ändras de i hela räknaren. Till exempel ifall man vill använda denna räknare på svenska konstruktioner så är den ganska lätt att ändra till överensstämmande med svenska bestämmelser.

## 8 Räknaren

### 8.1 Allmän information

Räknaren är uppbyggd så att all utgångsinformation fylls i på första bladet i Exceln (bladet heter "Formulär"). Högst upp på räknaren ser det ut såhär:

|                                |  |    |
|--------------------------------|--|----|
| Typ:                           |  |    |
| Spännvidd:                     |  | m  |
| Balkmaterial:                  |  |    |
| Användningskategori:           |  |    |
| Höjd:                          |  | mm |
| Bredd:                         |  | mm |
| Skall balkens tyngd medräknas: |  |    |
| Stödets bredd ( $l$ ):         |  | mm |
| Stödets djup:                  |  | mm |
| Balkens överhäng:              |  | mm |

Typ: Lista. Val av konstruktionstyp fast inspänd- eller tvåstödsbalk

Spännvidd: Balkens spännvidd i enheten meter

Balkmaterial: Lista. Val av träsort. C18, C24, C30, Kerto-S, Kerto-Q, GL28c, GL32c, ...

Användningskategori: Lista. 1, 2 eller 3 enligt kapitel 3. Användningskategorier.

Höjd: Balkens höjd i enheten millimeter. OBS! Verklig höjd, alla möjliga reduceringar räknar excel ut själv.

Bredd: Balkens bredd i enheten millimeter. OBS! Verklig bredd, alla möjliga reduceringar räknar excel ut själv.

Skall balkens tyngd räknas: Lista. Ja eller Nej. Om balkens egenvikt skall räknas med.

Stödets bredd ( $l$ ): Stödets bredd i enheten millimeter. Samma som  $l$  på bilden i kapitel 2.2.1 Stödkrafter och upplagstryck.

Stödets djup: Stödets djup tvärsöver balken i enheten millimeter. Detta mått är nästan alltid samma som balkens bredd, ifall ett större tal

än balkens bredd ges så används balkens bredd till beräkningarna.

Balkens överhäng: Balkens överhäng i enheten millimeter. Samma som  $a$  på bilden i kapitel 2.2.1 Stödkrafter och upplagstryck. Om balken är en fast inspänd så är detta tal onödigt.

När allt detta är ifyllt är all behövlig utgångsinformation tillsatt förutom lasterna.

## 8.2 Snabbgranskning

Bredvid där man fyller i allmän information och lasterna finns en ”snabbgranskningsruta” där användningsgraden för alla beräkningar syns så man inte behöver byta från ”Formulär” sidan till ”Beräkningar” för att kunna se om konstruktionen håller eller ej. Om användningsgraden blir högre än 100% ändrar den färg till röd så att man tydligt skall lägga märke till det. Rutan ser ut såhär:

|        | KY 1  | KY 2.1 | KY 2.2 | KY 3.1 | KY 3.2 | KY 3.3 |
|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Moment | 7 %   | 88 %   | 63 %   | 64 %   | 46 %   | 46 %   |
| Skjuv  | 2 %   | 13 %   | 10 %   | 10 %   | 7 %    | 7 %    |
| Tryck  | 2 %   | 14 %   | 10 %   | 10 %   | 7 %    | 7 %    |
| Winst  | 115 % |        |        |        |        |        |
| Wfin   | 97 %  |        |        |        |        |        |

Bild 5. Snabbgranskningsruta med alla användningsgrader.

## 8.3 Tillsättning av laster

Lasterna sätts till under utgångsinformationen. Alla laster (punkt, linje eller triangel) är begränsade till 5 stycken laster var. Oberoende fast inspänd- eller tvåstödsbalk så fylls lasterna i precis lika. Om man valt ”Ja” på ”Skall balkens tyngd räknas” behöver man inte tillägga den som en last, utan Excel lägger automatiskt till den som en jämn linjelast över hela balken. Balkens egen tyngd är räknad med  $5\text{kN/m}^3$ .

### 8.3.1 Punktlaster

Punktlasterna fylls i i följande tabell:

|                    | Typ | Kraft (kN) | Meter från A stödet (m) |
|--------------------|-----|------------|-------------------------|
| <b>Punktlaster</b> |     |            |                         |
|                    |     |            |                         |
|                    |     |            |                         |
|                    |     |            |                         |
|                    |     |            |                         |

Bild 6. Punktlasters insättning i räknaren.

Typ: Lista. Egenvikt (Gk), snö (QkSnö), vistelse (QkVist) eller vind (QkVind)

Kraft (kN): Punktlastens kraft i enheten kN

Meter från A stödet (m): Punktlastens placering i enheten meter från A stödet enligt bilden:

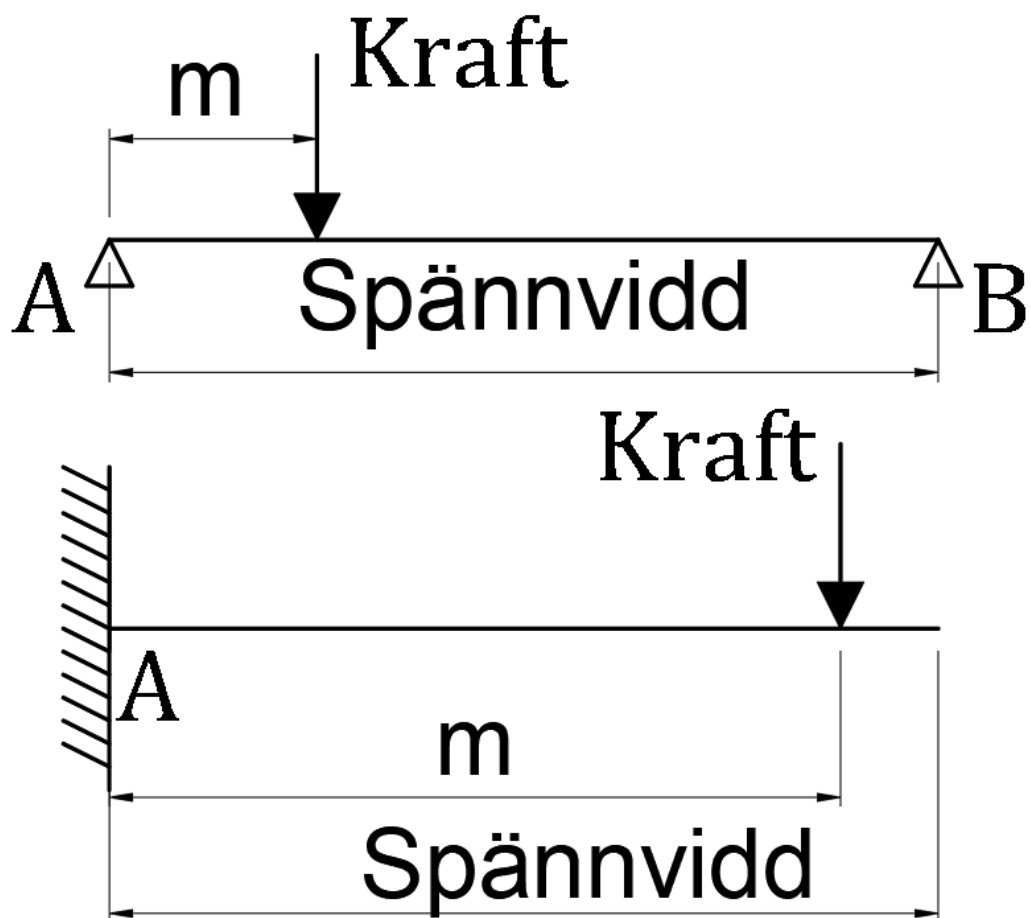


Bild 7. Punktlasters förklaring för insättning i räknaren.

### 8.3.2 Linjelaster

Jämna linjelasterna fylls i i följande tabell:

|                         | Typ | Kraft (kN/m) | Start, meter från A stödet (m) | Slut, meter från A stödet (m) |
|-------------------------|-----|--------------|--------------------------------|-------------------------------|
| <b>Raka linjelaster</b> |     |              |                                |                               |
|                         |     |              |                                |                               |
|                         |     |              |                                |                               |
|                         |     |              |                                |                               |
|                         |     |              |                                |                               |

Bild 8. Jämna linjelasters insättning i räknaren.

Typ: Lista. Egenvikt (Gk), snö (QkSnö), vistelse (QkVist) eller vind (QkVind)

Kraft (kN/m): Linjelastens kraft i enheten kN/m

Start, meter från A stödet (m): Linjelastens start placering från A stödet i enheten meter enligt bilden nedan.

Slut, meter från A stödet (m): Linjelastens slut placering från A stödet i enheten meter enligt bilden:

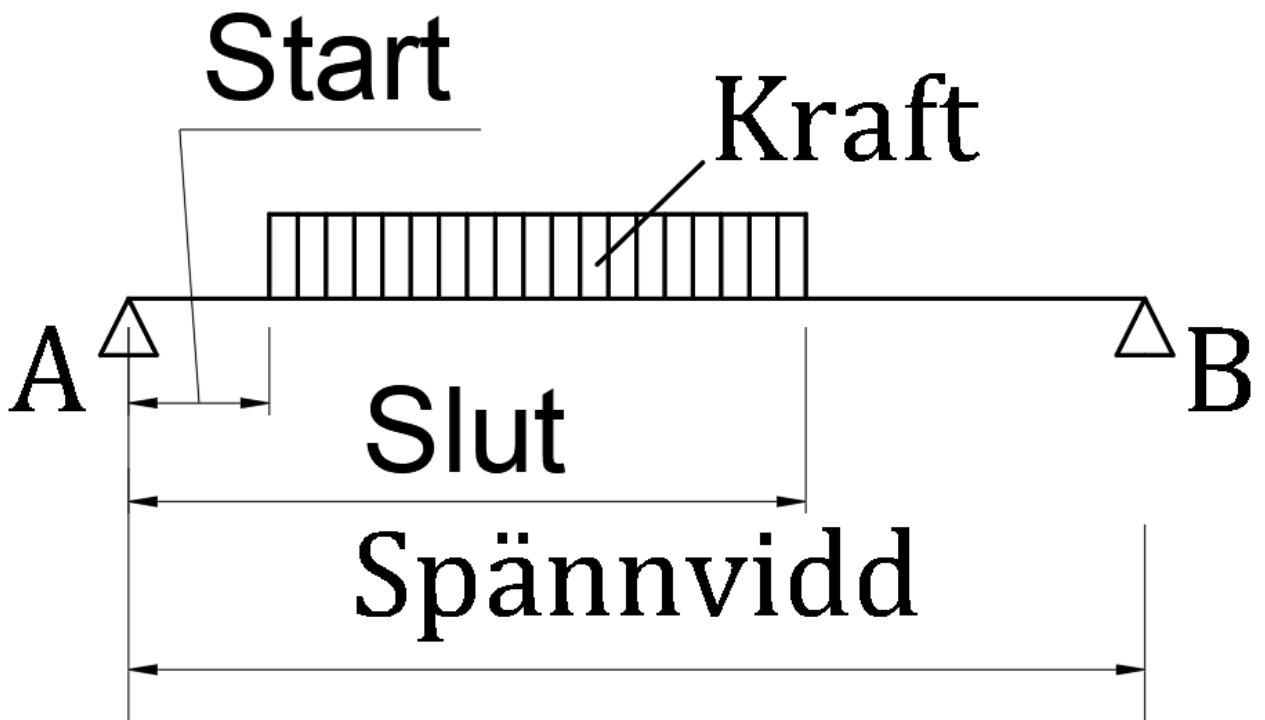


Bild 9. Jämna linjelasters förklaring för insättning i räknaren.

### 8.3.3 Triangellaster

Observera att endast rätvinkliga triangellaster kan läggas till i räknaren, om lasten är ”pyramidformad” måste den delas upp i 2 stycken olika rätvinkliga triangellaster.

Triangellasterna fylls i i följande tabell:

| Triangel laster | Typ | Största Kraft<br>(kN/m) | Största kraften,           |                                       |
|-----------------|-----|-------------------------|----------------------------|---------------------------------------|
|                 |     |                         | meter från A stödet<br>(m) | 0 kraften, meter<br>från A stödet (m) |
|                 |     |                         |                            |                                       |
|                 |     |                         |                            |                                       |
|                 |     |                         |                            |                                       |
|                 |     |                         |                            |                                       |

Bild 10. Triangellasters insättning i räknaren.

Typ: Lista. Egenvikt (Gk), snö (QkSnö), vistelse (QkVist) eller vind (QkVind)

Kraft (kN/m): Triangellastens största kraft i enheten kN/m

Största kraften, meter från A stödet (m): Triangellastens största krafts placering från A stödet i enheten meter enligt bilden nedan.

0 kraften, meter från A stödet (m): Triangellastens 0 krafts placering från A stödet i enheten meter enligt bilden:

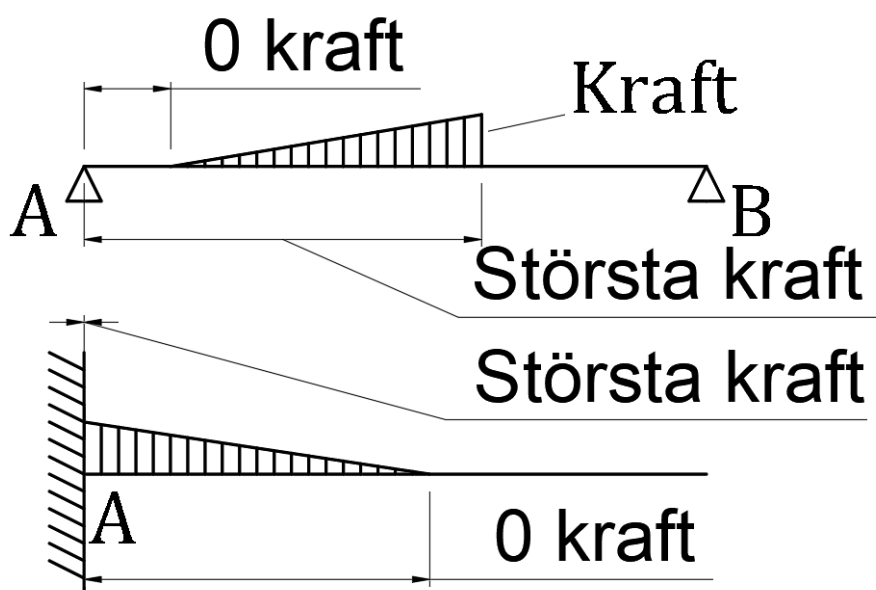


Bild 11. Triangellasters förklaring för insättning i räknaren.

## 8.4 Beräkningar

Alla beräkningar inklusive mellanstegen finns på nästa blad med namnet ”Beräkningar printfärdiga”. Totalt 7 sidor finns att printa eller konvertera till pdf, 6 stycken sidor med olika lastfallskombinationer och en med nedböjningen. Allt är färdigt inställt så det är bara att printa eller konvertera. Färdigt konverterad ser beräkningarna ut såhär:

### Beräkningar

$$G=1.15 \text{ QkSnö}=1.5 \text{ QkVist}=1.05$$

Sågvirke C30

|                |                         |                  |           |
|----------------|-------------------------|------------------|-----------|
| $F_{m,k}$ :    | 30 N/mm <sup>2</sup>    | Balk höjd:       | 148 mm    |
| $F_{v,k}$ :    | 4 N/mm <sup>2</sup>     | Balk bredd:      | 48 mm     |
| $F_{c,90,k}$ : | 2,7 N/mm <sup>2</sup>   | Effektiva höjd:  | 148,00 mm |
| Emean:         | 12000 N/mm <sup>2</sup> | Effektiva bredd: | 32,16 mm  |
| $\gamma_m$ :   | 1,4                     | Max moment:      | 2,91 kNm  |
| $k_{mod}$ :    | 0,8                     | Max skjuv:       | 2,34 kN   |
| $K_{c,90}$ :   | 1,25                    | Upplagstryck:    | 2,34 kN   |

Moment

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{6 * M_d}{b * h^2}$$

$$f_{m,d} = \frac{f_{m,k} * k_{mod}}{\gamma_m}$$

Krav:

$$\sigma_{m,y,d} < f_{m,d}$$

Användningsgrad:

97 %

$$\sigma_{m,y,d} : 16,62 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{m,d} : 17,14 \text{ N/mm}^2$$

Skjuv

$$\tau_d = \frac{3}{2} * \frac{V_d}{b_{ef} * h}$$

$$f_{v,d} = \frac{f_{v,k} * k_{mod}}{\gamma_m}$$

Krav:

$$\tau_d < f_{v,d}$$

Användningsgrad:

32 %

$$\tau_d : 0,74 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{v,d} : 2,29 \text{ N/mm}^2$$

Stämpling

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{A_d}{b * l}$$

$$f_{c,90,d} = \frac{f_{c,90,k} * k_{mod}}{\gamma_m}$$

Krav:

$$\sigma_{c,90,d} < k_{c,\perp} * f_{c,90,d}$$

Användningsgrad:

32 %

$$\sigma_{c,90,d} : 1,01 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{c,90,d} : 1,34 \text{ N/mm}^2$$

$$k_{c,\perp} = \frac{l_{c,90,ef}}{l} * k_{c,90}$$

$$k_{c,\perp} : 2,03$$

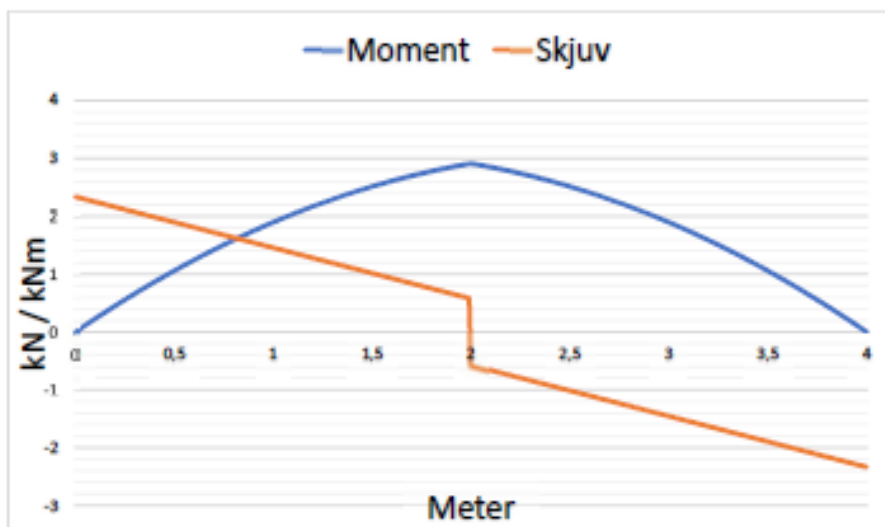


Bild 12. Printfärdiga beräkningar.

## 8.5 Användning

Räknaren är uppbyggd så att så lite utgångsinformation som möjligt måste fyllas i och därmed vara så enkel att använda som möjligt. Större byggnadsföretag och ingenjörbyråer har egna räknare, vilka kan vara kopplade till ritprogrammet för att ta ut information därifrån, som dom använder sig av. Denna räknare är planerad i första hand att användas i eget bruk men kan också tänkas användas av planerare på mindre företag/byråer eller av egenföretagare. Tack vare att räknaren är gjord i Excel kan den med dagens telefoner öppnas och användas så gott som var som helst.

Låt oss som exempel säga att användaren av räknaren är på ett kundbesök angående renovering och kunden vill laga en 3 meter bred öppning i en bärande mellanvägg av sågvirke 48 x 98 mm i nedre våningen av tvåvåningshuset. Kunden vill inte att öppningen blir för låg och undrar ifall det alls är möjligt.

Användaren bör identifiera vilka laster som balken utsätts för. Vistelselasten i övre våningen är tabellvärde och är alltid  $2 \text{ kN/m}^2$  för bostadsutrymmen (Puuinfo, 2011, 11). Balkens zon identifieras till 4 meter, alltså balken bär upp ett område som är totalt 4 meter brett. Vistelselasten blir då  $8 \text{ kN/m}$ .

Från ritningar erhållna av kunden fås mellanbjälklagets vikt  $0,6 \text{ kN/m}^2$ . Egenvikten blir då  $2,4 \text{ kN/m}$ .

Balkens egenvikt måste räknas med för givna egenvikten på  $0,6 \text{ kN/m}^2$  är endast för mellanbjälklaget som balken bär upp.

Från ritningarna kan också räknas ut att bärande balkens höjd får max vara 250 mm så att öppningen inte bli för låg enligt kundens önskemål. Bredden kan vara max väggstommens bredd, alltså 98 mm. Pelarna i bägge ändarna av balken planeras att göras av befintliga 48 x 98 mm sågvirke. För att balken är inne i en vägg kan balkens överhäng över pelarna räknas med 30 mm för att bättra tryckhållfastheten i balken.

Balken är inomhus i ett bostadshus så den tillhör användningskategori 1.

All denna information fylls i i räknaren (se bilaga 1) och först prövas det med en balk av 2 stycken 48 x 248 mm (standardmått) sågvirke av klass C24 breved varandra (totalt 96 x 248 mm).

Från snabbgranskningsrutan kan det direkt konstateras att moment- och tryckspänningen inte klarar dimensioneringskraven i beräkningsfall 2.2 (nyttolaster med säkerhetskoefficient 1,15 + större variabelast med säkerhetskoefficient 1,5 + mindre variabelast med säkerhetskoefficient 1,05), inte heller tillfälliga och slutliga nedböjningen klarar av dimensioneringskraven.

Sågvirkesklassen C24 ändras till C30 ( se bilaga 2) och ännu kan det konstateras att varken tryckspänningen i beräkningsfall 2.2 eller tillfälliga nedböjningen klarar dimensioneringskraven. Observera att ingen av skjuvshållfastheternas användningsgrad ändras när man ändrar från C24 till C30, detta är för att båda har samma karakteristiska värde för skjuvhållfasthet  $f_{v,k} = 4 \text{ N/mm}^2$ .

Balkmaterialet ändras nu till Kertopuu (Kerto-S) ( se bilaga 3). Balkens höjd höjs till 250 mm och totala bredden ändras till 90 mm (höjderna fås enligt beställning och bredderna finns att få i vissa olika mått, 45 mm är en standard bredd så det används 2 stycken breve varandra för att få en total bredd på 90 mm). Stödets djup behövs inte i detta fall ändras för räknaren använder automatiskt balkens bredd ifall det angivna måttet är större än balkbredden.

Ännu klarar inte tryckspänningen dimensioneringskravet i beräkningsfall 2.2 men tillfälliga nedböjningen klarar det nu med användningsgraden 92%.

För att balkens höjd eller bredd inte påverkar totala tryckshållfastheten i balken mot tryckspänningen som bildas mellan balken och pelaren den står på och Kerto-S har det bästa karakteristiska värdet för tryckhållfasthet ( $f_{c,90,edge,k} = 6 \text{ N/mm}^2$ ) av de olika trämaterialen så är det enda alternativet att få dimensioneringskravet under 100% att öka på ytan mellan balken och pelaren. Balken som valts är smalare (och går inte att få bredare med Kertopus standard bredder) än djupet på pelaren den står på så enda ändringen man kan göra för att påverka resultatet är att ändra på stödets bredd ( $l$ ). Istället för en pelare 48 x 98 mm så väljs det att sätta dubbla sågvirkespelare i bägge ändarna av balken, då ändras stödets bredd ( $l$ ) i räknaren till 96 mm (se bilaga 4).

Snabbgranskningsrutan är nu helt grön, alla användningsgrader är under 100%. Balken klarar av alla dimensioneringskrav enligt *Eurokoodi 5, Puurakenteiden suunnittelu*. Högsta användningsgraden är 92% så konstruktionen är inte överdimensionerad.

Önskade beräkningar kan nu printas ut eller omvandlas till PDF från ”Beräkningar printfärdiga” (se bilaga 5).

Med användning av denna räknare och grundkunskaper i dimensionering av träkonstruktioner, kan detta räknas ut på bygget under mötet till skillnad från att räkna för hand vilket som säkert skulle ta upp till en timme, om inte mera, för endast denna beräkning.

## 9 Slutsats

Under tiden jag lagat denna räknare har jag fått en bra helhetsbild hur dimensioneringen fungerar. Fast vi lärt oss allt detta i skolan så har hela processen att arbeta fram en fungerande räknare lärt mig mycket så att jag nu har en bättre bild över hur olika saker påverkar varandra, speciellt inom statistikdelen. Små problem har man stött på hela tiden under hela processen, speciellt inom Excels funktioner, men största problemet för mig har varit frågan hur och var jag skall begränsa räknaren. I början hade jag planerat in mycket mera men har förstått under tiden jag byggt upp räknaren att jag måste begränsa den mera och mera, till slut märkte jag att själva räknaren inte skulle klara av eller i alla fall blivit mycket långsam ifall jag hade satt mycket mera till den. Jag har jobbat mycket med Excel tidigare men inte riktigt lika djupgående som denna räknare har krävt. Jag har lärt mig mycket nytt inom flera områden i programmet, speciellt inom området att framföra information, till exempel skiftande grafer.

Jag är själv nöjd med slutresultatet av räknaren och hoppas kunna både förbättra och använda den i framtida arbeten inom nybyggnads- samt renoveringsplaneringar i till exempel liknande uppgifter som exemplet tidigare.

## 10 Källförteckning

Langesten, B., 1999. *Byggkonstruktion 1, Byggnadsstatik*. Stockholm: Liber.

Launonen, E., Sorvali, E. & Toivonen, P., 2009. *Teknisten ammattien matematiikka 3A*. Helsingfors: WSOY pro OY.

Puuinfo, 2011. *Puurakenteiden suunnittelu, Lyhennetty suunnitteluohje*. Puuinfo: Helsingfors.

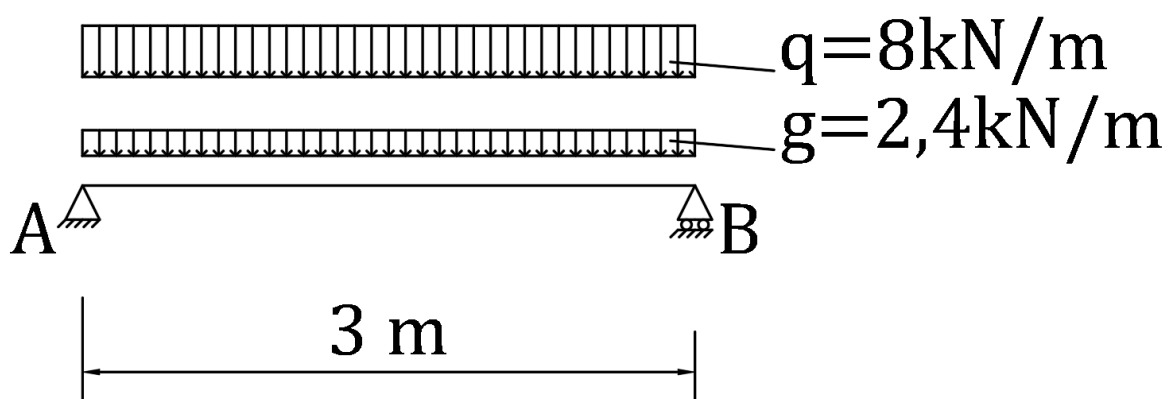
Suomen Standardisoimistoliitto, EN1995-1-1, 2014: *Eurokoodi 5: Puurakenteiden suunnittelu. Osa 1-1: Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt*

# Träkonstruktionsdimensionering

|                                |              |
|--------------------------------|--------------|
| Typ:                           | Tvåstödsbalk |
| Spännvidd:                     | 3 m          |
| Balkmaterial:                  | Sågvirke C24 |
| Användningskategori:           | 1            |
| Höjd:                          | 248 mm       |
| Bredd:                         | 96 mm        |
| Skall balkens tyngd medräknas: | Ja           |
| Stödets bredd (l):             | 48 mm        |
| Stödets djup:                  | 98 mm        |
| Balkens överhäng:              | 30 mm        |

| Raka linjelaster | Typ    | Kraft (kN/m) | Start, meter från A |   | Slut, meter från A |   |
|------------------|--------|--------------|---------------------|---|--------------------|---|
|                  |        |              | stödet (m)          |   | stödet (m)         |   |
|                  | Gk     | 2,4          | 0                   | 3 | 0                  | 3 |
|                  | QkVist | 8            | 0                   | 3 | 0                  | 3 |
|                  |        |              |                     |   |                    |   |
|                  |        |              |                     |   |                    |   |

|        | KY 1  | KY 2.1 | KY 2.2 | KY 3.1 | KY 3.2 | KY 3.3 |
|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Moment | 38 %  | 94 %   | 124 %  | 68 %   | 90 %   | 68 %   |
| Skjuv  | 28 %  | 70 %   | 92 %   | 51 %   | 67 %   | 51 %   |
| Tryck  | 37 %  | 92 %   | 121 %  | 67 %   | 88 %   | 67 %   |
| Winst  | 111 % |        |        |        |        |        |
| Wfin   | 106 % |        |        |        |        |        |

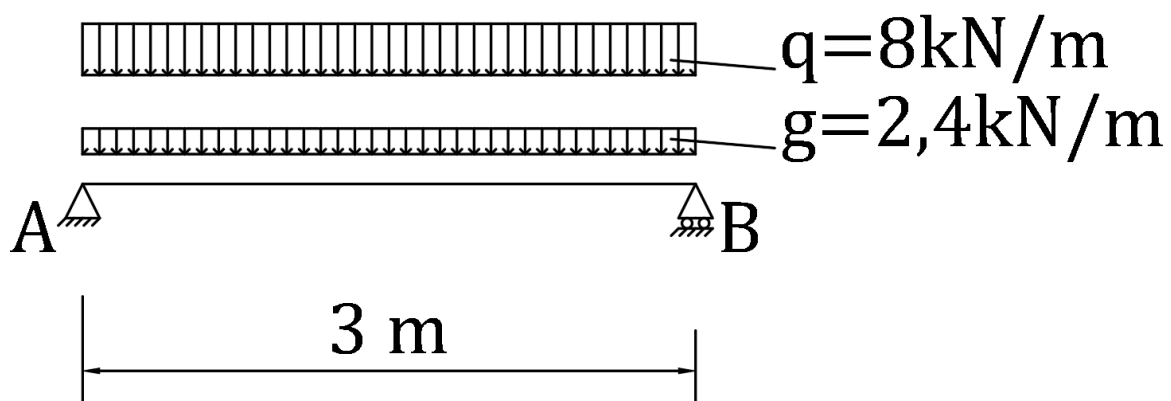


# Träkonstruktionsdimensionering

|                                |              |
|--------------------------------|--------------|
| Typ:                           | Tvåstödsbalk |
| Spännvidd:                     | 3 m          |
| Balkmaterial:                  | Sågvirke C30 |
| Användningskategori:           | 1            |
| Höjd:                          | 248 mm       |
| Bredd:                         | 96 mm        |
| Skall balkens tyngd medräknas: | Ja           |
| Stödets bredd ( $l$ ):         | 48 mm        |
| Stödets djup:                  | 98 mm        |
| Balkens överhäng:              | 30 mm        |

| Raka linjelaster | Typ    | Kraft (kN/m) | Start, meter från A Slut, meter från A |             |
|------------------|--------|--------------|--|-------------|
|                  |        |              | stödets (m)                            | stödets (m) |
|                  | Gk     | 2,4          | 0                                      | 3           |
|                  | QkVist | 8            | 0                                      | 3           |
|                  |        |              |  |             |
|                  |        |              |  |             |

|        | KY 1  | KY 2.1 | KY 2.2 | KY 3.1 | KY 3.2 | KY 3.3 |
|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Moment | 30 %  | 75 %   | 99 %   | 55 %   | 72 %   | 55 %   |
| Skjuv  | 28 %  | 70 %   | 92 %   | 51 %   | 67 %   | 51 %   |
| Tryck  | 34 %  | 85 %   | 112 %  | 62 %   | 81 %   | 62 %   |
| Winst  | 102 % |        |        |        |        |        |
| Wfin   | 98 %  |        |        |        |        |        |

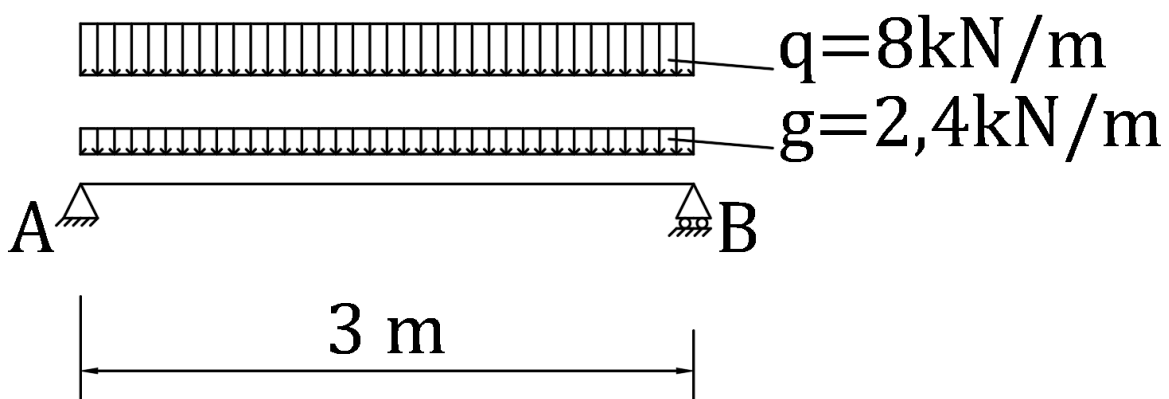


# Träkonstruktionsdimensionering

|                                |              |
|--------------------------------|--------------|
| Typ:                           | Tvåstödsbalk |
| Spännvidd:                     | 3 m          |
| Balkmaterial:                  | Kerto-S      |
| Användningskategori:           | 1            |
| Höjd:                          | 250 mm       |
| Bredd:                         | 90 mm        |
| Skall balkens tyngd medräknas: | Ja           |
| Stödets bredd (l):             | 48 mm        |
| Stödets djup:                  | 98 mm        |
| Balkens överhäng:              | 30 mm        |

| Raka linjelaster | Typ    | Kraft (kN/m) | Start, meter från A |   | Slut, meter från A |   |
|------------------|--------|--------------|---------------------|---|--------------------|---|
|                  |        |              | stödet (m)          |   | stödet (m)         |   |
|                  | Gk     | 2,4          | 0                   | 0 | 3                  | 3 |
|                  | QkVist | 8            | 0                   | 0 | 3                  | 3 |
|                  |        |              |                     |   |                    |   |
|                  |        |              |                     |   |                    |   |

|        | KY 1 | KY 2.1 | KY 2.2 | KY 3.1 | KY 3.2 | KY 3.3 |
|--------|------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Moment | 19 % | 46 %   | 61 %   | 34 %   | 44 %   | 34 %   |
| Skjuv  | 17 % | 41 %   | 54 %   | 30 %   | 40 %   | 30 %   |
| Tryck  | 39 % | 98 %   | 129 %  | 71 %   | 94 %   | 71 %   |
| Winst  | 92 % |        |        |        |        |        |
| Wfin   | 89 % |        |        |        |        |        |

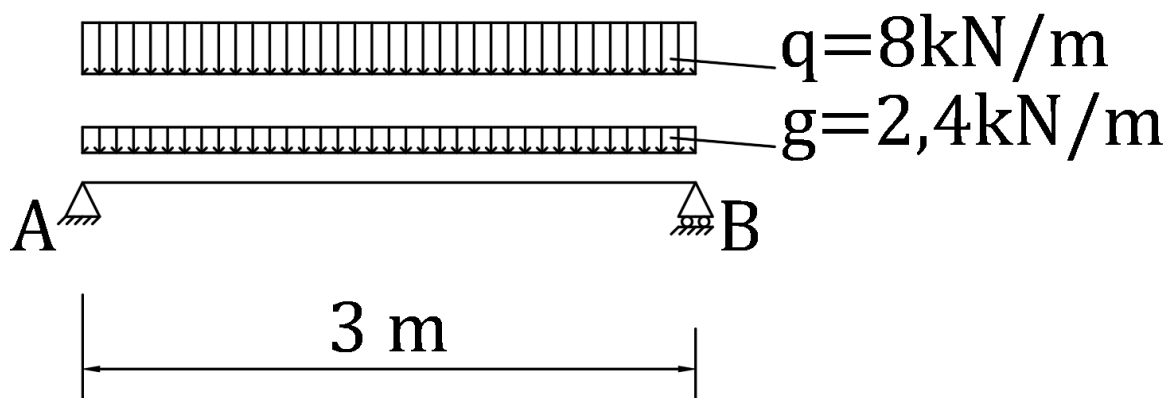


# Träkonstruktionsdimensionering

|                                |              |
|--------------------------------|--------------|
| Typ:                           | Tvåstödsbalk |
| Spännvidd:                     | 3 m          |
| Balkmaterial:                  | Kerto-S      |
| Användningskategori:           | 1            |
| Höjd:                          | 250 mm       |
| Bredd:                         | 90 mm        |
| Skall balkens tyngd medräknas: | Ja           |
| Stödets bredd (l):             | 96 mm        |
| Stödets djup:                  | 98 mm        |
| Balkens överhäng:              | 30 mm        |

| Raka linjelaster | Typ    | Kraft (kN/m) | Start, meter från A Slut, meter från A |            |
|------------------|--------|--------------|--|------------|
|                  |        |              | stödet (m)                             | stödet (m) |
|                  | Gk     | 2,4          | 0                                      | 3          |
|                  | QkVist | 8            | 0                                      | 3          |
|                  |        |              |  |            |
|                  |        |              |  |            |
|                  |        |              |  |            |

|        | KY 1 | KY 2.1 | KY 2.2 | KY 3.1 | KY 3.2 | KY 3.3 |
|--------|------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Moment | 19 % | 46 %   | 61 %   | 34 %   | 44 %   | 34 %   |
| Skjuv  | 17 % | 41 %   | 54 %   | 30 %   | 40 %   | 30 %   |
| Tryck  | 20 % | 49 %   | 65 %   | 36 %   | 47 %   | 36 %   |
| Winst  | 92 % |        |        |        |        |        |
| Wfin   | 89 % |        |        |        |        |        |



### Beräkningar

G=1.35

|          |                       |                                |  |
|----------|-----------------------|--------------------------------|--|
| Kerto-S  |                       | Balk höjd: 250 mm              |  |
| Fm,k:    | 44 N/mm <sup>2</sup>  | Balk bredd: 90 mm              |  |
| Fv,k:    | 4,1 N/mm <sup>2</sup> | Effektiv höjd: 250,00 mm       |  |
| Fo,90,k: | 6 N/mm <sup>2</sup>   | Emean: 13800 N/mm <sup>2</sup> |  |
| Ym:      | 1,2                   | Maxmoment: 3,82 kNm            |  |
| Kmod:    | 0,6                   | Maxskjuv: 5,09 kN              |  |
| Ko,90:   | 1                     | Upplagstryck: 5,09 kN          |  |

**Moment**

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{6 + M_d}{b + h^2}$$

$$f_{m,d} = \frac{f_{m,k} + k_{mod}}{Y_m}$$

Krav:  $\sigma_{m,y,d} < f_{m,d}$

Användningsgrad: 19%

$\sigma_{m,y,d}$ : 4,07 N/mm<sup>2</sup>     $f_{m,d}$ : 22,00 N/mm<sup>2</sup>

**Skjuv**

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_d}{b_f + h}$$

$$f_{v,d} = \frac{f_{v,k} + k_{mod}}{Y_m}$$

Krav:  $\tau_d < f_{v,d}$

Användningsgrad: 17%

$\tau_d$ : 0,34 N/mm<sup>2</sup>     $f_{v,d}$ : 2,05 N/mm<sup>2</sup>

**Stämpling**

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{A_d}{b + l}$$

$$f_{c,90,d} = \frac{f_{c,90,k} + k_{mod}}{Y_m}$$

Krav:  $\sigma_{c,90,d} < k_{c,1} \cdot f_{c,90,d}$

Användningsgrad: 20%

$\sigma_{c,90,d}$ : 0,53 N/mm<sup>2</sup>     $f_{c,90,d}$ : 3,00 N/mm<sup>2</sup>

$k_{c,1} = \frac{h_{c,90,d}}{l} + k_{c,90}$

$k_{c,1}$ : 1,00

### Beräkningar

G=1.15 QkSn0=1.05 QkVst=1.50

|          |                       |                                |  |
|----------|-----------------------|--------------------------------|--|
| Kerto-S  |                       | Balk höjd: 250 mm              |  |
| Fm,k:    | 44 N/mm <sup>2</sup>  | Balk bredd: 90 mm              |  |
| Fv,k:    | 4,1 N/mm <sup>2</sup> | Effektiv höjd: 250,00 mm       |  |
| Fo,90,k: | 6 N/mm <sup>2</sup>   | Emean: 13800 N/mm <sup>2</sup> |  |
| Ym:      | 1,2                   | Maxmoment: 16,75 kNm           |  |
| Kmod:    | 0,8                   | Maxskjuv: 22,33 kN             |  |
| Ko,90:   | 1                     | Upplagstryck: 22,33 kN         |  |

**Moment**

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{6 + M_d}{b + h^2}$$

$$f_{m,d} = \frac{f_{m,k} + k_{mod}}{Y_m}$$

Krav:  $\sigma_{m,y,d} < f_{m,d}$

Användningsgrad: 61%

$\sigma_{m,y,d}$ : 17,87 N/mm<sup>2</sup>     $f_{m,d}$ : 29,33 N/mm<sup>2</sup>

**Skjuv**

$$\tau_d = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_d}{b_f + h}$$

$$f_{v,d} = \frac{f_{v,k} + k_{mod}}{Y_m}$$

Krav:  $\tau_d < f_{v,d}$

Användningsgrad: 54%

$\tau_d$ : 1,49 N/mm<sup>2</sup>     $f_{v,d}$ : 2,73 N/mm<sup>2</sup>

**Stämpling**

$$\sigma_{c,90,d} = \frac{A_d}{b + l}$$

$$f_{c,90,d} = \frac{f_{c,90,k} + k_{mod}}{Y_m}$$

Krav:  $\sigma_{c,90,d} < k_{c,1} \cdot f_{c,90,d}$

Användningsgrad: 65%

$\sigma_{c,90,d}$ : 2,58 N/mm<sup>2</sup>     $f_{c,90,d}$ : 4,00 N/mm<sup>2</sup>

$k_{c,1} = \frac{h_{c,90,d}}{l} + k_{c,90}$

$k_{c,1}$ : 1,00

Formulär Beräkningar Printfärdigt Page: 1 of 13