

Esimerkkilaskelma

**Kaareva- & bumerangipalkki**

**31.05.2021**

Sisällys

[1 LÄHTÖTIEDOT 3](#_Toc73692352)

[2 KUORMAT 3](#_Toc73692353)

[3 MATERIAALI 4](#_Toc73692354)

[4 MITOITUS 5](#_Toc73692355)

[4.1 TAIVUTUSKESTÄVYYS PALKIN KESKELLÄ 5](#_Toc73692356)

[4.1.1 TASAKORKEA KAAREVA PALKKI 5](#_Toc73692362)

[4.1.2 KAAREVA HARJAPALKKI ELI BUMERANGIPALKKI 6](#_Toc73692363)

[4.2 POIKITTAINEN VETOKESTÄVYYS PALKIN KESKELLÄ 8](#_Toc73692364)

[4.2.1 TASAKORKEA KAAREVA PALKKI 8](#_Toc73692366)

[4.2.2 KAAREVA HARJAPALKKI ELI BUMERANGIPALKKI 9](#_Toc73692367)

[4.3 LEIKKAUSKESTÄVYYS TUILLA 11](#_Toc73692368)

[4.3.1 VASEN TUKI 12](#_Toc73692370)

[4.3.2 OIKEA TUKI 12](#_Toc73692371)

[4.4 TUKIPAINEKESTÄVYYS 12](#_Toc73692372)

[4.3.3 VASEN TUKI 12](#_Toc73692373)

[4.3.4 OIKEA TUKI 13](#_Toc73692374)

[4.5 OIKEAN TUEN LOVIVAIKUTUS 13](#_Toc73692375)

[4.6 SIIRTYMIEN ARVIOINTI 14](#_Toc73692376)

[4.7 Y-SUUNNAN STABILOIVAN TUEN VOIMA JA JOUSIJÄYKKYYS 14](#_Toc73692377)

# LÄHTÖTIEDOT

Palkin jänneväli: 15 000 mm (tuen keskeltä keskelle)

Käyttöluokka: 1

Aikaluokka: Keskipitkä

Palkin materiaali: GL30c

Palkin poikkileikkaus (BxH): 240x800-1492-800

Palkin lamellin paksuus t on 25 mm.

Palkin taivutussäde, rin = 11 388 mm

Yläreunan (katon) kaltevuus on 18,43°.

Palkin tilavuuksia:

* tasakorkea: Kaarevan osan tilavuus Vkaari = 1,5683 m³ ja koko palkin tilavuus Vb = 12,5725 m³
* bumerangi: Kaarevan osan tilavuus Vkaari = 2,0229 m³ ja koko palkin tilavuus Vb = 14,4667 m³

Palkin tuet:

* HEA 200 teräspalkki (tukipinnan pituus 200 mm)
* IPE 200 (tukipinnan pituus 100 mm)

Kuorma tulee palkin puristetulta reunalta

Staattisessa mallissa oletetaan, että toinen tuista sallii vaakasiirtymän

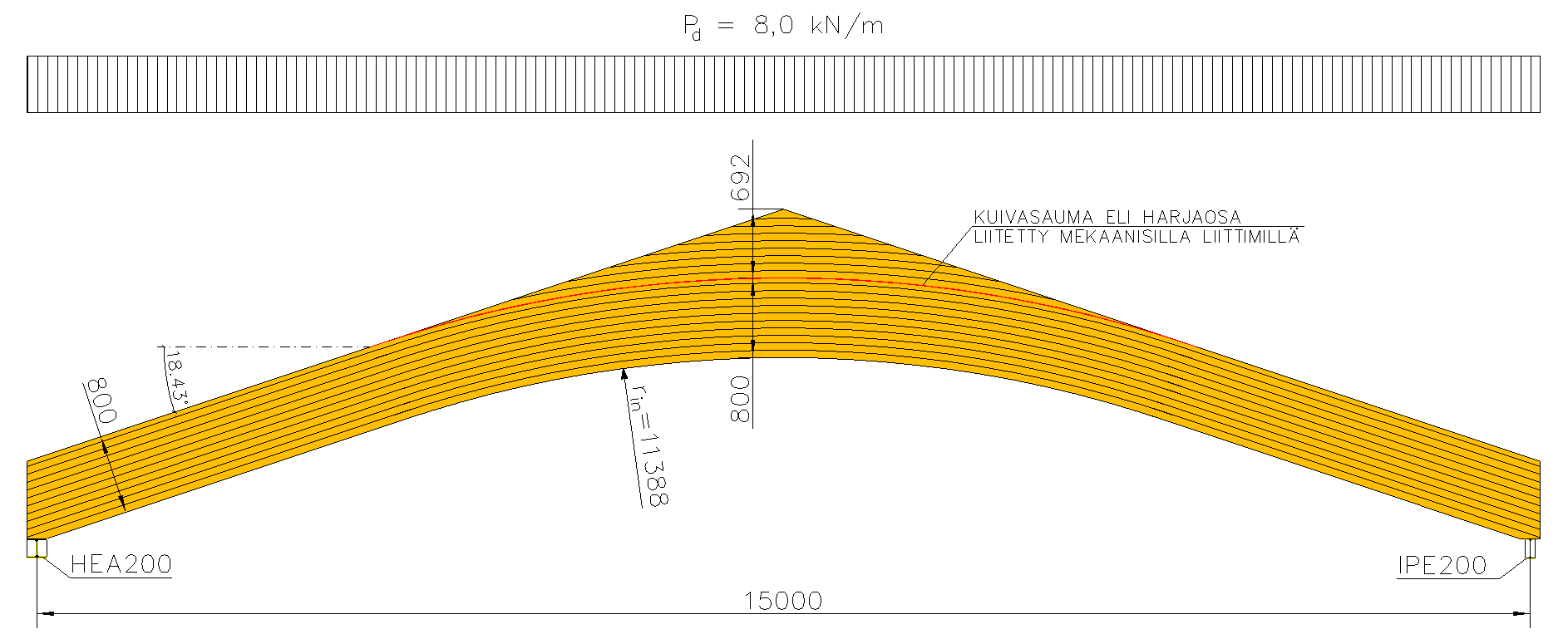
Pintakäsittelyn kosteustekninen toiminta: ei estä kosteuden siirtymistä

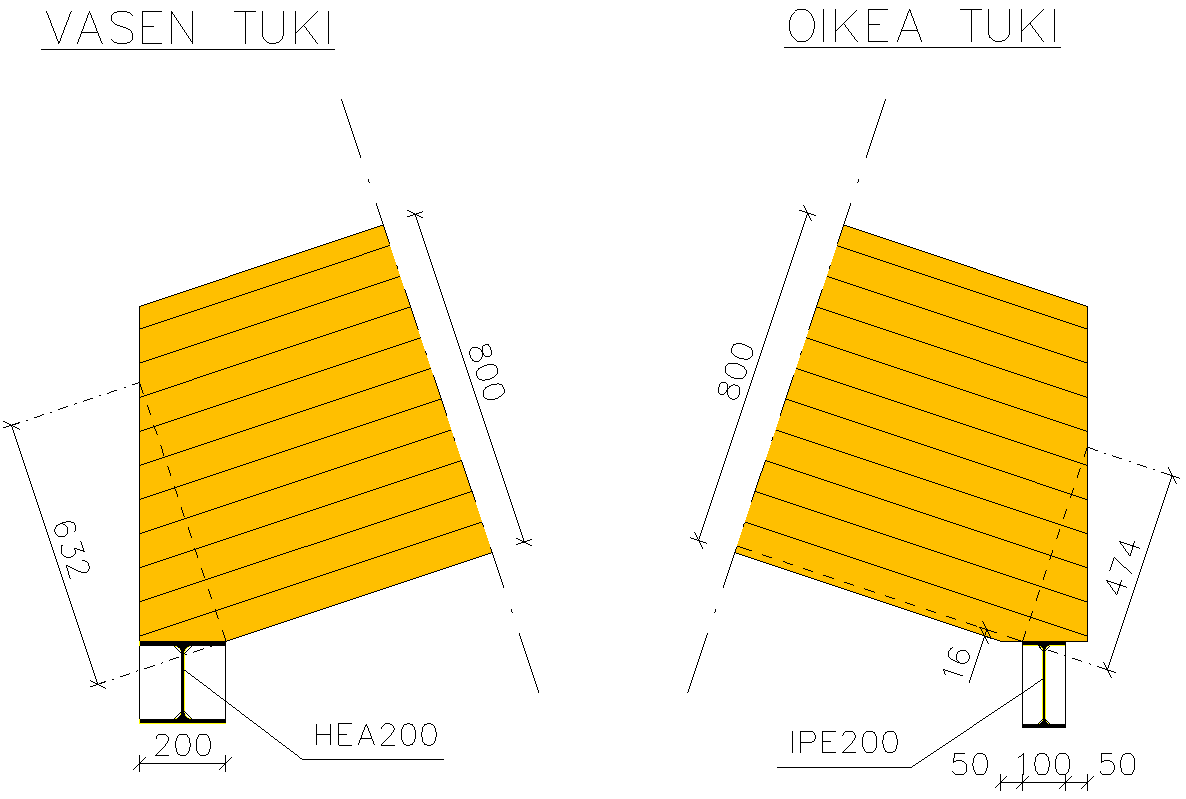
Laskelmassa **ei pienennetä** tasaisen kuorman aiheuttamaa leikkausvoimaa

Lasketaan palkki **kaarevana palkkina** ja **Bumerangipalkkina**. Kaarevassa palkissa palkin harjaosa on lisätty liimauksen jälkeen ja kiinnitetty mekaanisilla kiinnikkeillä (kuivasauma). Kuormia (omapaino) ei ole muutettu palkkien välillä.

# KUORMAT







# MATERIAALI

**Liimapuupalkki GL30c 240x800-1492-800 (lamellin paksuus t = 25 mm)**



palkin korkeus yli 600 mm

* taivutuslujuuden ominaisarvon korotuskerroin kh = 1,0

Lamellin paksuuden rajoitus:

Liimapuussa lamellien paksuus on enintään 45 mm (6…45 mm). Käyttöluokan 3 liimapuussa lamellipaksuus saa olla enintään 35 mm. Kaarevassa liimapuussa lamellipaksuutta t rajoitetaan lisäksi kaarevuussäteestä r ja lamellin sormijatkoksille ilmoitetusta taivutuslujuudesta fm,j,dc,k riippuen seuraavasti:



Sormijatkoksen taivutuslujuus määritetään valmistuslinjakohtaisessa sormijatkoksen alkutestauksessa. Minimivaatimuksena on 1,4 x lamellin vetolujuus. Lamellin vetolujuutta voi siis käyttää varmalla puolella olevana ”yleisarvona”. Liimapuulamellien vetolujuudet ja eri liimapuun lujuusluokissa käytettävät lamellit on esitetty EN 14080 standardissa.

GL30c: Ulkolamellit T22 ja sisälamellit T15. Valitaan T15 (heikoimman vaihtoehdon mukaan) => fm,j,k = 27 N/mm² ja ft,0,l,k = 15 N/mm². Lasketaan fm,j,dc,k = 1,4 x ft,0,l,k => fm,j,dc,k = 1,4 x 15 N/mm = 21,0 N/mm². rin = 11 388 mm

 => OK!

Jos lamellin paksuus alle 40 mm, liimapuun taivutuslujuutta saadaan korottaa kertoimella k:



**Aikaluokka: Keskipitkä**

**Käyttöluokka: 1**

* aika- ja käyttöluokka kerroin, kmod = 0,8
* virumaluku, kdef = 0,6

**Lujuus- ja jäykkyysominaisuudet**

materiaalin osavarmuusluku, M = 1,25

**Ominaislujuus Suunnittelulujuus**

Taivutuslujuus: fm,y,k = 30,0 N/mm² fm,y,d = k x kh x kmod x fm,k /M = 20,1 N/mm²

Leikkauslujuus: fv,k = 3,50 N/mm² fv,d = kmod x fv,k /M = 2,24 N/mm²

Puristuslujuus (90°): fc,90,k = 2,50 N/mm² fc,90,d = kmod x fc,90,k /M = 1,60 N/mm²

Puristuslujuus (0°): fc,0,k = 24,5 N/mm² fc,0,d = kmod x fc,0,k /M = 15,7 N/mm²

Vetolujuus (90°): ft,90,k = 0,5 N/mm² ft,90,d= kmod x ft,90,k /M = 0,32 N/mm²

Kimmomoduuli: E0,mean = 13 000 N/mm² E0,05 = 10 800 N/mm²

Liukumoduuli: G0,mean = 650 N/mm² G0,05 = 540 N/mm²

# MITOITUS

## TAIVUTUSKESTÄVYYS PALKIN KESKELLÄ

Tarkastellaan aluksi palkkia tasakorkeana kaarevana palkkina ja sen jälkeen kaarevana harjapalkkina eli bumenrangipalkkina.



### TASAKORKEA KAAREVA PALKKI

Lasketaan taivutusmomentti palkin keskellä,



Lasketaan kl –kerroin:

r = rin + 0,5 x hap ; rin = kaarevuussäde (sisä)

k1 = 1 + 1,4 x tan  + 5,4 x tan2

k2 = 0,35 – 8 x tan 

k3 = 0,6 + 8,3 x tan  - 7,8 x tan2

k4 = 6 x tan2

Tässä mitoitustapauksessa kaareva palkki



Lasketaan maksimi taivutusjännitys (keskellä):



Lasketaan kr –kerroin (RIL 205-1-2017 s.88):

Harjapalkilla kr = 1,0 ja muilla kaarevilla rakenteilla



**Mitoitusehto: **

### KAAREVA HARJAPALKKI ELI BUMERANGIPALKKI

Lasketaan taivutusmomentti palkin keskellä,



Lasketaan kl –kerroin:

r = rin + 0,5 x hap ; rin = kaarevuussäde (sisä)

k1 = 1 + 1,4 x tan  + 5,4 x tan2

k2 = 0,35 – 8 x tan 

k3 = 0,6 + 8,3 x tan  - 7,8 x tan2

k4 = 6 x tan2

Tässä mitoitustapauksessa kaareva palkki



Lasketaan maksimi taivutusjännitys (keskellä):



Lasketaan kr –kerroin (RIL 205-1-2017 s.88):

Harjapalkilla kr = 1,0 ja muilla kaarevilla rakenteilla



**Mitoitusehto: **

## POIKITTAINEN VETOKESTÄVYYS PALKIN KESKELLÄ

Tarkastellaan aluksi palkkia tasakorkeana kaarevana palkkina ja sen jälkeen kaarevana harjapalkkina eli bumenrangipalkkina.



### TASAKORKEA KAAREVA PALKKI

Lasketaan taivutusmomentti palkin keskellä,



Kaarevan alueen tilavuus: 

Koko palkin tilavuus: 

Lasketaan mitoittava tilavuus:



Lasketaan kp -kerroin:



r = rin + 0,5 x hap ; rin = kaarevuussäde (sisä)

k5 = 0,2 x tan 

k6 = 0,25 – 1,5 x tan  + 2,6 x tan² 

k7 = 2,1 x tan  – 4 x tan² 

eli kaarevalla palkilla



Lasketaan poikittainen vetojännitys:



Lasketaan tilavuuskerroin (liimapuu ja Kerto-S):



Lasketaan jännitysjakauma kerroin:



eli kaarevalla palkilla kdis = 1,4

**Mitoitusehto:**



### KAAREVA HARJAPALKKI ELI BUMERANGIPALKKI

Lasketaan taivutusmomentti palkin keskellä,



Kaarevan alueen tilavuus: 

Koko palkin tilavuus: 

Lasketaan mitoittava tilavuus:



Lasketaan kp -kerroin:



r = rin + 0,5 x hap ; rin = kaarevuussäde (sisä)

k5 = 0,2 x tan 

k6 = 0,25 – 1,5 x tan  + 2,6 x tan² 

k7 = 2,1 x tan  – 4 x tan² 

eli kaarevalla palkilla



Lasketaan poikittainen vetojännitys:



Lasketaan tilavuuskerroin (liimapuu ja Kerto-S):



Lasketaan jännitysjakauma kerroin:

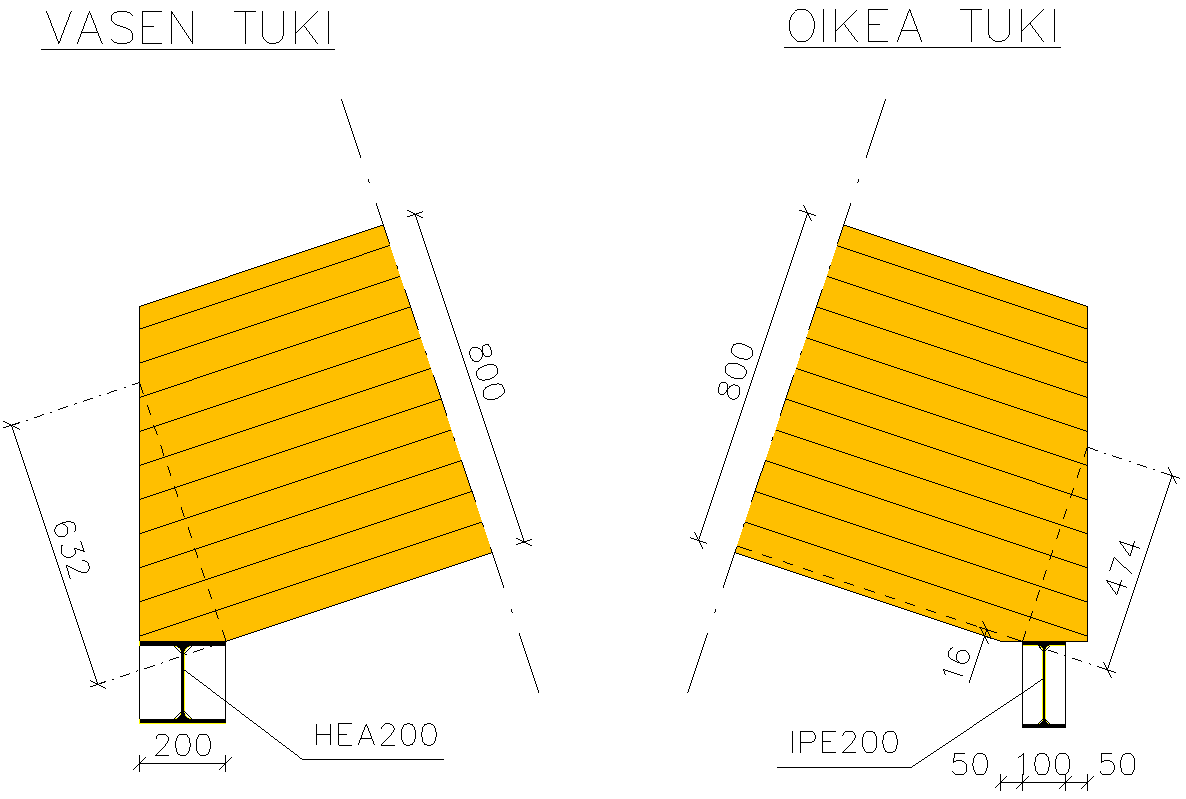


eli kaarevalla palkilla kdis = 1,7

**Mitoitusehto:**



## LEIKKAUSKESTÄVYYS TUILLA



Palkin tukireaktio on 

, josta lasketaan palkin leikkausvoima 

Lasketaan leikkausjännitys: 



### VASEN TUKI

Tehollinen korkeus leikkauksessa on kohtisuora korkeus syitä vastaan tuen (sisä)reunasta eli hef = 632 mm



### OIKEA TUKI

Tehollinen korkeus leikkauksessa on kohtisuora korkeus syitä vastaan tuen (sisä)reunasta eli hef = 474 mm



## TUKIPAINEKESTÄVYYS

Lasketaan palkin tukireaktio: 

### VASEN TUKI

Lasketaan kerroin 

, muissa tapauksissa käytetään arvoa 1,0

Tässä tapauksessa käytetään arvoa kc,90 = 1,75 (liimapuu), koska tukipituus < 400 mm.

**Mitoitusehto:**



### OIKEA TUKI

Lasketaan kerroin 

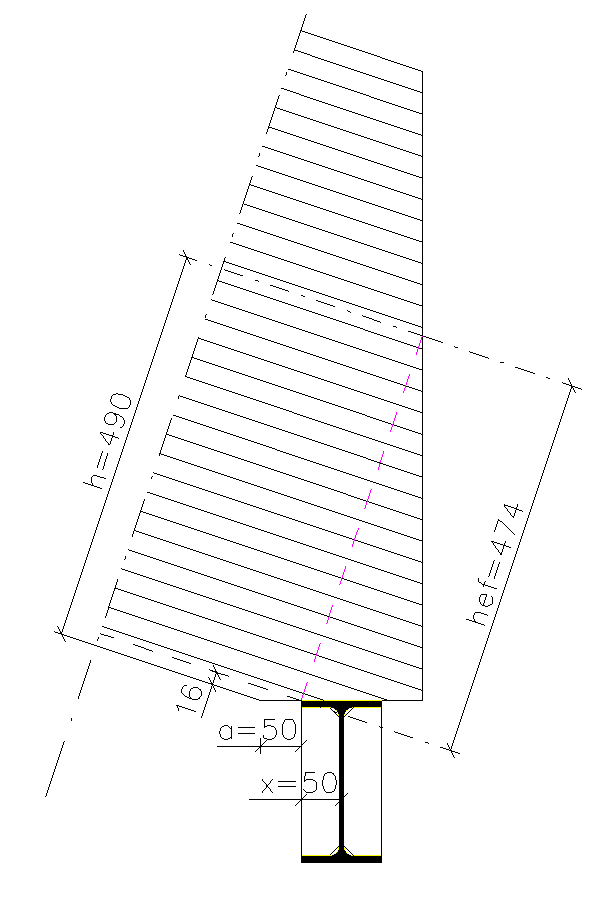
, muissa tapauksissa käytetään arvoa 1,0

Tässä tapauksessa käytetään arvoa kc,90 = 1,75 (liimapuu), koska tukipituus < 400 mm.

**Mitoitusehto:**



## OIKEAN TUEN LOVIVAIKUTUS

Palkin tukireaktio on 

, josta lasketaan palkin leikkausvoima 

Lasketaan leikkausjännitys: 

kerroin, => kn = 6,5

x = 50 mm, a = 50 mm, , 



Koska kv:n arvoksi tuli yli 1,00 niin valitaan arvoksi kv=1,00



## SIIRTYMIEN ARVIOINTI

Palkin siirtymäarviot kannattaa laskea statiikka ohjelman, jolloin tulee tarkemmat ja luotetta-vammat tulokset kuin käsin laskettuna. Palkkiin tulee pystysiirtymää (keskelle) ja vaakasiirtymää (tuille).

## Y-SUUNNAN STABILOIVAN TUEN VOIMA JA JOUSIJÄYKKYYS

Rakenteesta tulee tarkastaa kiepahduksen/nurjahduksen 1. ja 2. muoto ja niistä aiheutuvat tukien voimat ja jousijäykkyydet.