



Tappivaarna ja pultti

Ari Kevarinmäki
Eurofins Expert Services Oy

PUIKKOLIITTIMET

Tappivaarna



Pultti



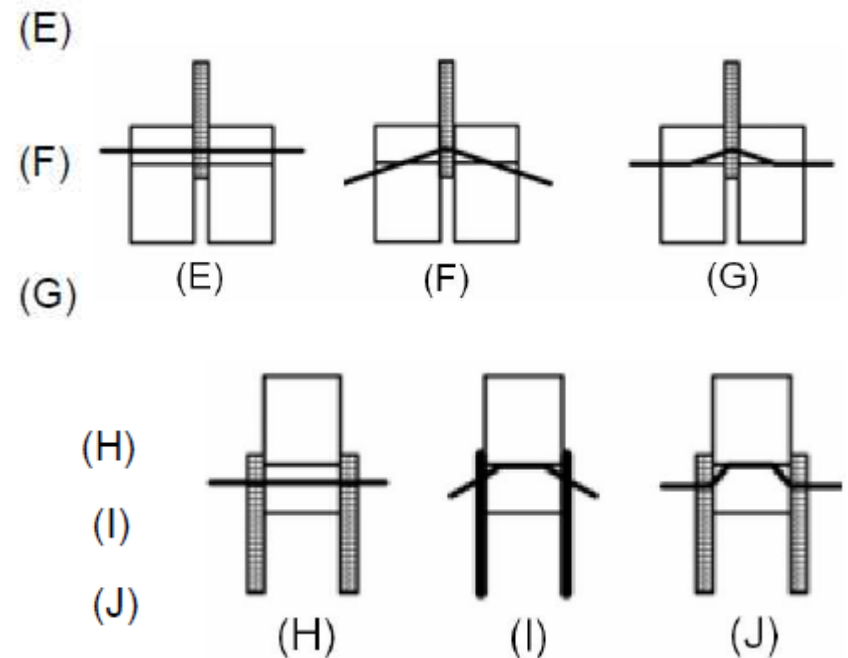
Kuva: Universität Karlsruhe (TH)

RIL 205-1 yksinkertaistettu laskenta, kun keskipuun paksuus $\geq 5d$ ja reunapuut $\geq 4d$

- Tappivaarnaliitoksen leikekestävyys 80 % pulttiliitoksen kestävyydestä: $0,8R_k$ (ei köysivoimaefektiä)
- Kaksileikkeisen** teräslevyllisen pulttiliitoksen leikkauskestävyys leikettä kohden

$$R_k = \min \begin{cases} f_h \cdot t \cdot d \\ 1,3 \cdot f_h \cdot t \cdot d \cdot \left[\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_y}{f_h \cdot d \cdot t^2}} - 1 \right] \\ 3 \cdot \sqrt{M_y \cdot f_h \cdot d} \end{cases}$$

$$R_k = \min \begin{cases} 0,5 \cdot f_h \cdot t \cdot d \\ 2 \cdot \sqrt{M_y \cdot f_h \cdot d} \\ 3 \cdot \sqrt{M_y \cdot f_h \cdot d} \end{cases} \quad \begin{array}{l} \text{kun } t_t \leq 0,5d \\ \text{kun } t_t \geq d \end{array}$$



Kuva: RIL 205-1-2017

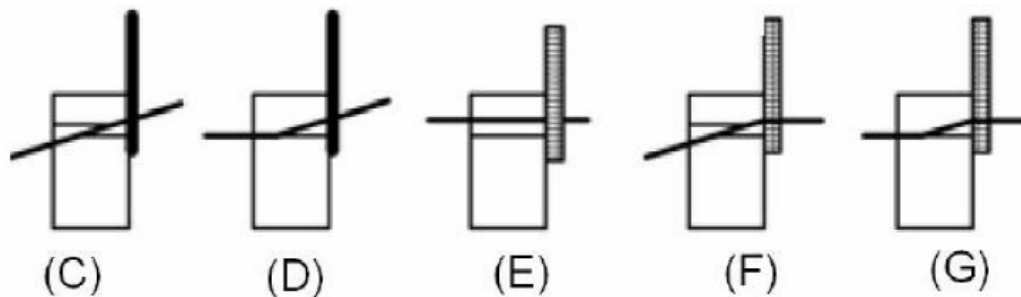
- **Yksileikkeinen teräslevyllinen liitos**

- Ohut teräslevy $t \leq 0,5d$

$$R_k = \min \begin{cases} 0,4 \cdot f_h \cdot t \cdot d & \text{(C)} \\ 2 \cdot \sqrt{M_y \cdot f_h \cdot d} & \text{(D)} \end{cases}$$

- Paksu teräslevy $t \geq d$

$$R_k = \min \begin{cases} f_h \cdot t \cdot d & \text{(E)} \\ 1,3 \cdot f_h \cdot t \cdot d \cdot \left[\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_y}{f_h \cdot d \cdot t^2}} - 1 \right] & \text{(F)} \\ 3 \cdot \sqrt{M_y \cdot f_h \cdot d} & \text{(G)} \end{cases}$$

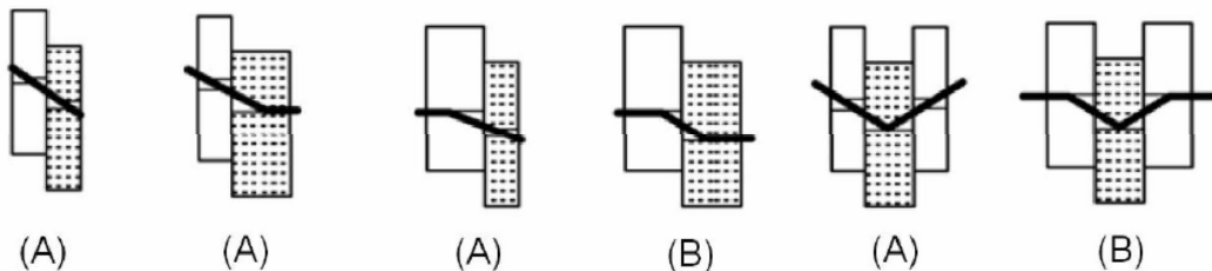
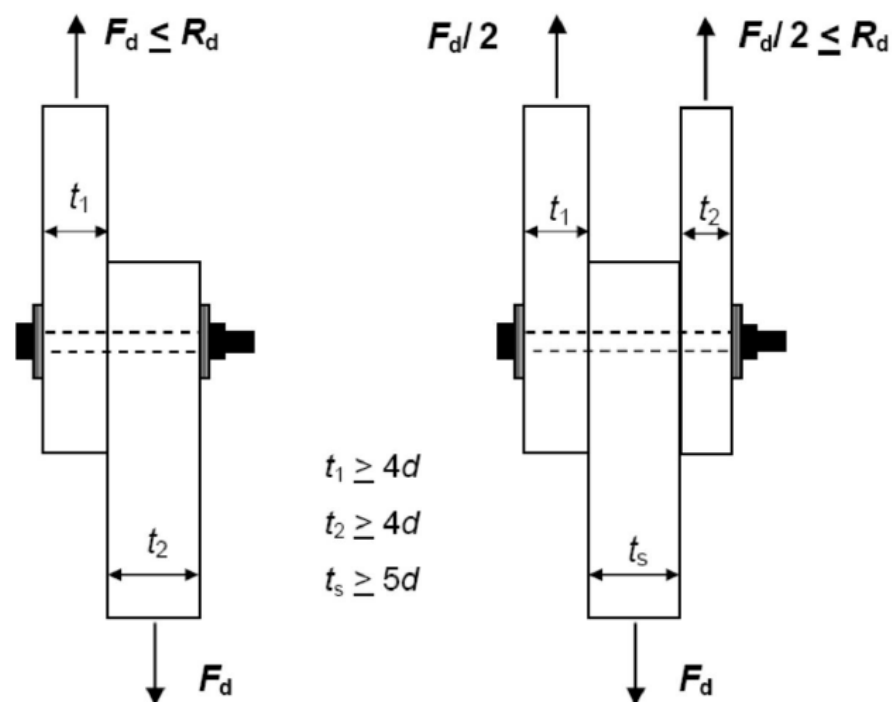


Yksi- ja kaksileikkeiset PUU-PUU -liitokset

$$R_k = \min \begin{cases} 0,4 \cdot f_h \cdot t_u \cdot d \cdot \sqrt{1 + \frac{3 \cdot M_y}{f_h \cdot d \cdot t_u^2}} & \text{(A)} \\ 2 \cdot \sqrt{M_y \cdot f_h \cdot d} & \text{(B)} \end{cases}$$

$$t_u = \min \begin{cases} \frac{t_1 \cdot f_{h,1,k}}{f_h} \\ \frac{t_2 \cdot f_{h,2,k}}{f_h} \end{cases}$$

$$f_h = \min(f_{h,1,k}; f_{h,2,k}; f_{h,s,k})$$



Reunapuristuslujuus kulmassa α syysuuntaan nähden

$$f_{h,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha}$$

$$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01d) \cdot \rho_k \quad \text{N/mm}^2$$

$$k_{90} = \begin{cases} 135 + 0,015 \cdot d & \text{havupuulle} \\ 130 + 0,015 \cdot d & \text{yhteen suuntaan viilutetulle LVL : lle} \\ 0,90 + 0,015 \cdot d & \text{lehtipuulle} \end{cases}$$

missä ominaistiheyden ρ_k yksikkö on kg/m^3 ja pultin paksuuden d yksikkö on mm.

Pultin myötömomentti

$$M_y = 0,3 f_{u,k} d^{2,6} \quad [\text{Nmm}]$$

missä $f_{u,k}$ on pultin vetomurtolujuuden ominaisarvo (N/mm^2).

- **Pulttiliitokset**

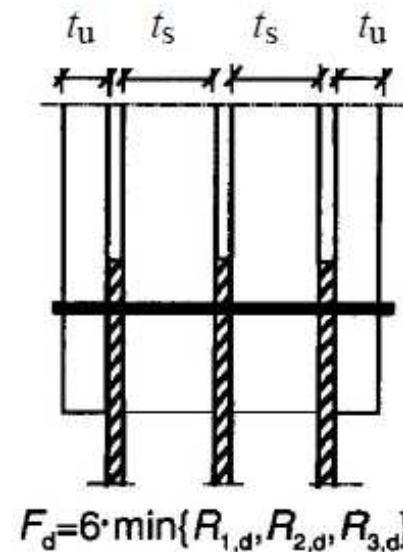
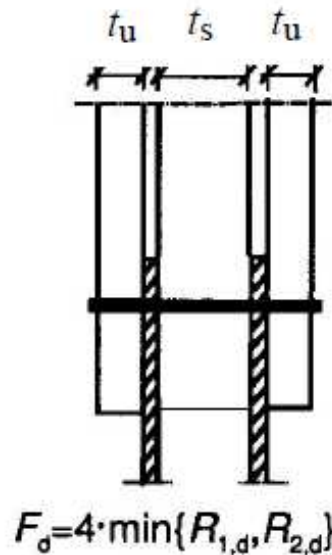
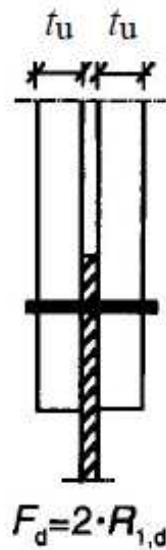
- Aluslevyn paksuus vähintään $0,3d$ ja halkaisija $3d$
- Reikien halkaisija puussa $\max d + 1$ mm ja teräslevyssä $\max d + 2$ mm, kuitenkin enintään $1,1d$, jos käytetään paksun teräslevyn kaavoja
- Mitoituspaksuus $\leq$ varren sileän osan tunkeuma
- Aksiaalisessa kuormituksessa aluslevyn leimapainekestävyys $3f_{c,90,k}$
- Teräslevyllä leimapaine ympyräalalle, jonka halkaisija $\min(12t; 4d)$

Tappivaarnaristikoiden liitokset

- Liitokset muotoillaan keskeisiksi, sisäsauvalinjat kohtaa paarteen keskilinjalla, paarteen tappivaarnaryhmän painopiste solmupisteessä ja sisäsauvojen liitinryhmien painopiste sauvan keskilinjalla => ei epäkeskisyysmomentteja, tappivaarnaryhmien mitoitus suoraan sauvavoimille
- Teräsliitoslevyjen mitoitus Eurokoodi 3 mukaan: myötö-, vetomurto-, nurjahdus-, palamurto- ja reunapuristuskestävyys
- Puristetun teräslevyn nurjahduspituus $0,8L_a$, kun L_a on sidepulttien välien etäisyys liitinryhmien välillä
- Puuosien väissä olevien teräslevyjen nurjahdusta ei tarvitse tarkistaa, kun sidepultit ja rako max $1,25 \times$ teräslevyn paksuus
- Sidepultit jokaiseen liitinryhmään: vähintään 1/10 tappivaarnoista
- Mitoituksessa voidaan hyödyntää vain liitosalueelta kierteettämiä täsmäpultteja, joilla sama lujuusluokka ja paksuus kuin tappivaarnoilla

Tappivaarnaliitokset

Tappivaarnoille sovelletaan leikkauskuormitettuja pultteja koskevia ohjeita, lukuun ottamatta annettuja liittimien pienimpiä keskinäisiä etäisyyksiä sekä porausta, aluslevyjä ja liitosten kiristämistä koskevia ohjeita.



Kuva: RIL 205-1-2017

Kuva 8.1 - Monileikkeisen teräslevyllisen puikkoliitoksen kestävyys määrättyminen. $R_{1,d}$ tarkoittaa kaksileikkeisen t_u -teräs- t_u -liitoksen, $R_{2,d}$ kaksileikkeisen teräs- t_s (puu)-teräs-liitoksen ja $R_{3,d}$ kaksileikkeisen t_s -teräs- t_s liitoksen liitinkestävyyttä yhtä leikettä kohden.

EN 1995-1-1: Sama murtotapa kaikissa puulamelleissa: joko puikon taipuminen tai puun reunapuristuminen => Liitoksen kapasiteetti voidaan laskea leikekestävyyksien summana

Tappivaarnaryhmän mitoituskestävyys:

$$F_{R,d} = \frac{k_{mod}}{\gamma_M} \cdot \sum n_{ef} \cdot m \cdot R_{k,min}$$

+ Lohkeamismurtotarkastelu
(jos puustamurtotarkastelu $\sum n_{ef} = N$)

m = leikkeiden lukumäärä

Puristussauvassa ja jatkuvan alapaarten solmussa $\sum n_{ef} = N$ (tappien lkm)

Vedetyissä sauvanpääliitoksissa puun syiden suuntaisesti sijoitetussa liitinrivissä tehollisesti toimivien pulttien lukumäärä

$$n_{ef} = \min \begin{cases} n_i \\ n_i^{0,9} \sqrt[4]{\frac{a \cdot t}{50 \cdot d^2}} \end{cases}$$

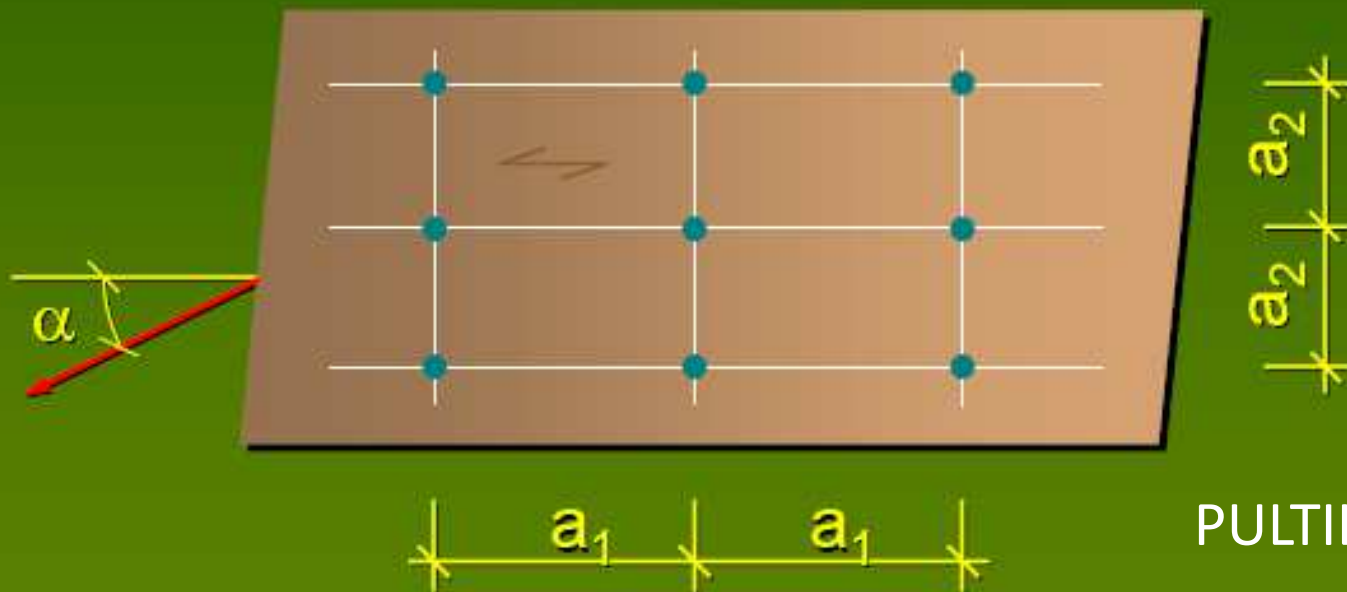
missä n_i on puun syiden suuntaiseen riviin i sijoitettujen pulttien lukumäärä,
 d on liittimen paksuus,

$$a = \begin{cases} \min(a_1, a_3) & \text{kun } n_i \geq 2 \\ a_3 & \text{kun } n_i = 1 \end{cases}$$

$t = \min(2 \times \text{reunapuun paksuus; keskipuun paksuus})$

Minimum spacing

- Parallel to the grain $a_1 = (3 + 2 \cos \alpha) d$
- Perpendicular to the grain $a_2 = 3 d$



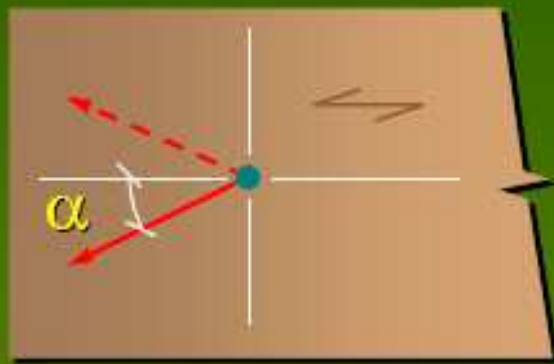
PULTILLA $a_2 = 4d$

Kuva: Universität Karlsruhe (TH)

Minimum end distance

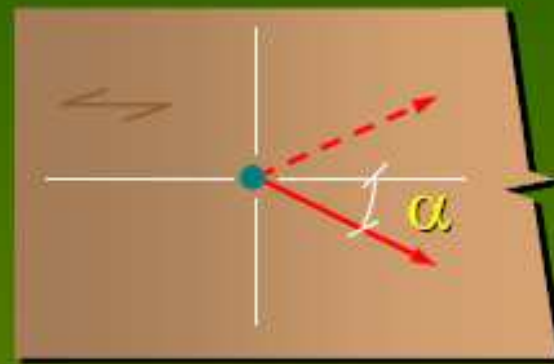
- Loaded end

$$a_{3,t} = 7d \text{ (minimum 80 mm)}$$



$$a_{3,t}$$

$$0^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$$



$$a_{3,c}$$

$$a_{3,c} = 3d \text{ } (\alpha \leq 30^\circ)$$

$$\text{RIL-205: } a_{3,c} = 4d$$

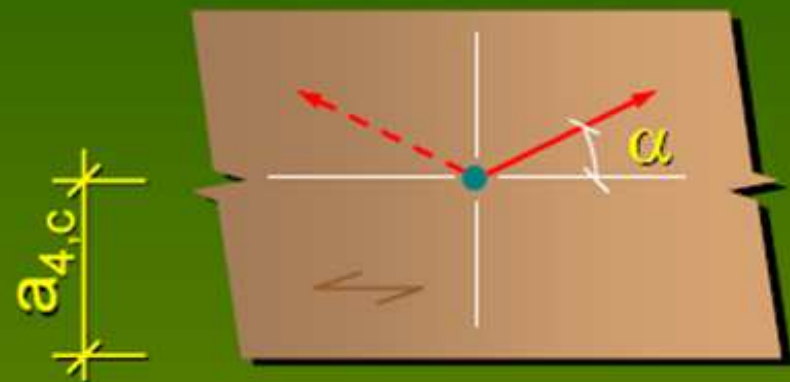
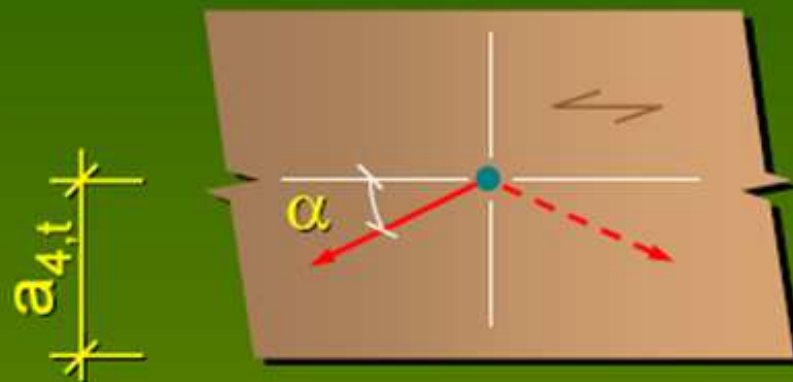
Kuva: Universität Karlsruhe (TH)

Minimum edge distance

- Loaded edge
- Unloaded edge

$$a_{4,t} = 4 d$$

$$a_{4,c} = 3 d$$



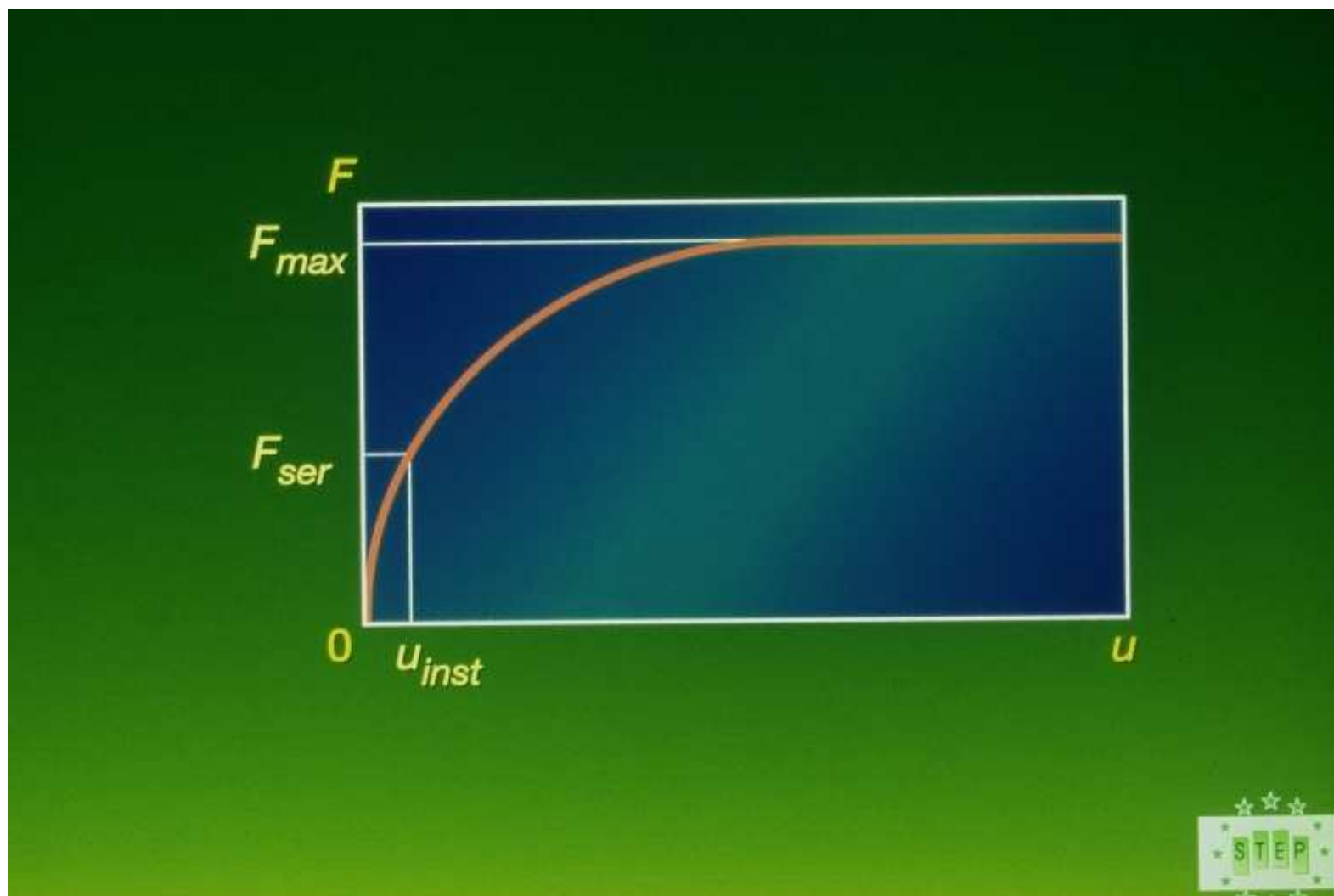
$$0^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$$

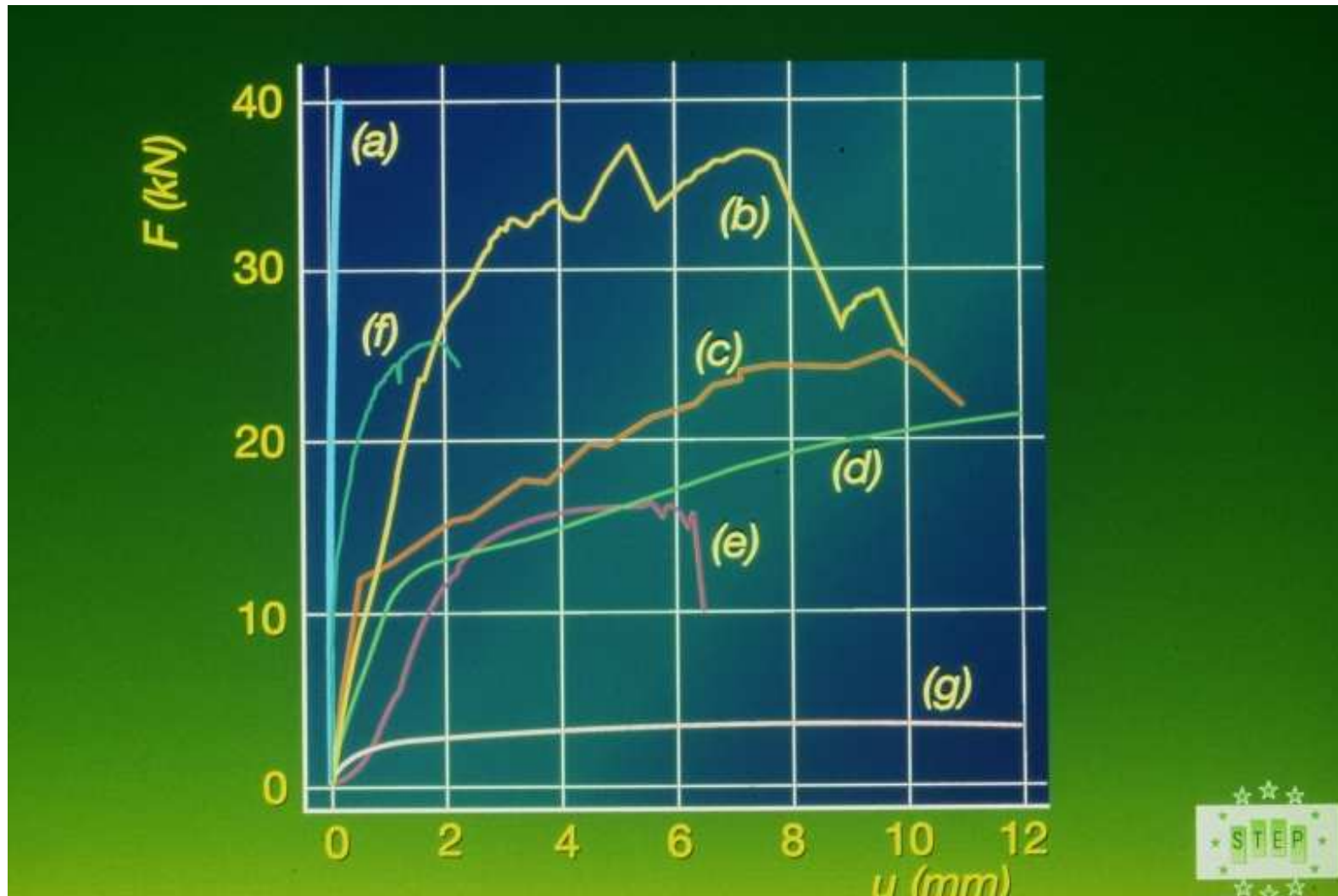
Kuva: Universität Karlsruhe (TH)



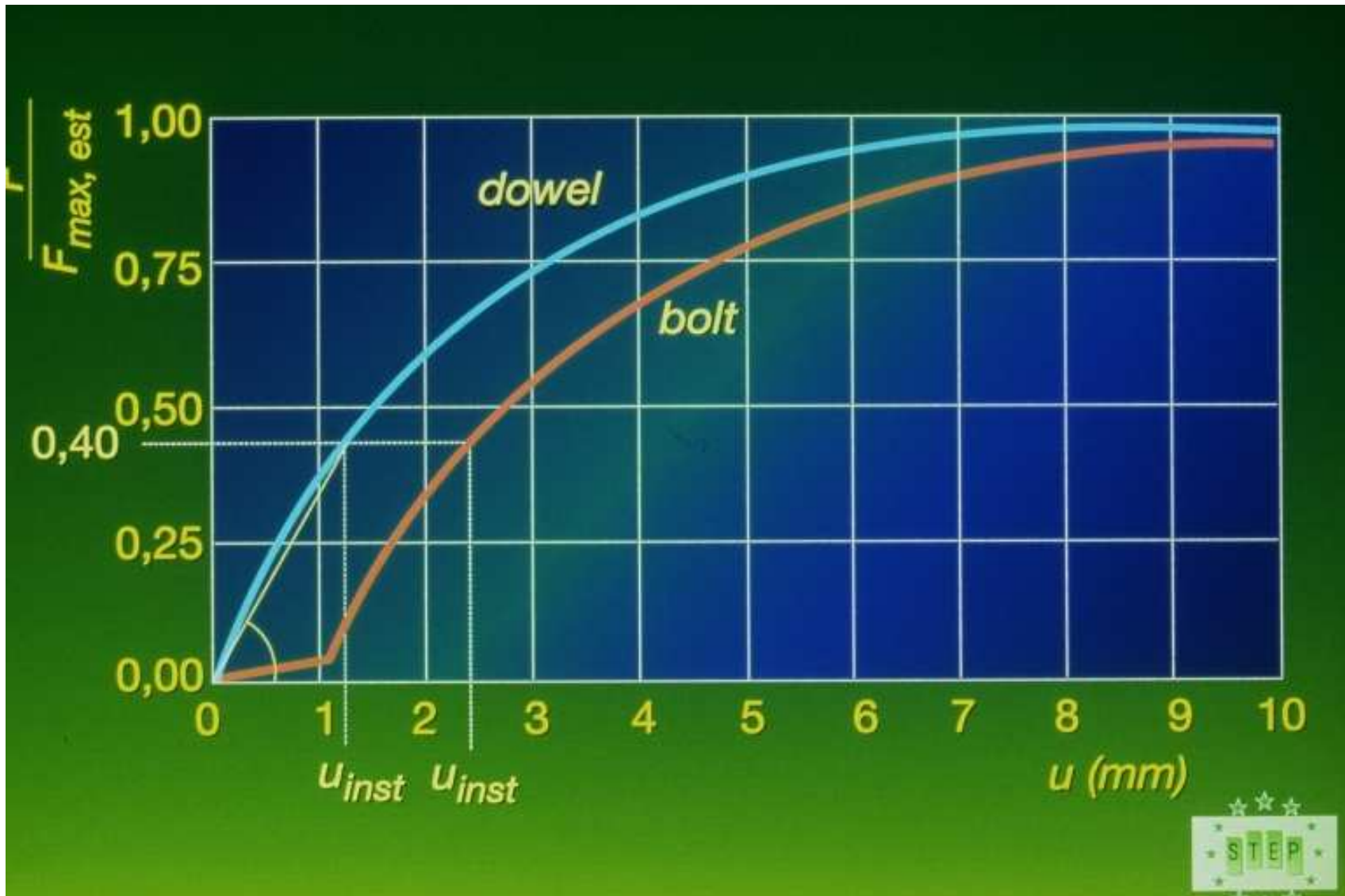
Kuva: Metsä Wood

Liitosten jäykkyys





a) liimaliitos, b) rengasvaarna, c) hammasvaarna, d) tappivaarna (φ14), e) pultti (M14), f) naulalevy, g) naula (4,4 mm)



LIITOSSIIRTYMÄT

Puikkoliitosten siirtymäkertoimet K_{ser} saadaan leikkaustasoa ja liitintä kohti käyttökuormilla taulukosta 7.1, jossa puun keskimääräisen tiheyden, $\rho_m = \rho_{mean}$, yksikkö on $[\text{kg/m}^3]$ ja liittimen paksuuden d yksikkö on $[\text{mm}]$.

Taulukko 7.1 – Siirtymäkertoimen K_{ser} arvot puikkoliittimille $[\text{N/mm}]$.

Liitintyyppi	K_{ser}
Tappivaarnat Pultit ^a Ruuvit Naulat, kun puuhun esiporataan reikä	$\rho_m^{1,5} d/23$
Naulat ilman esiporausta	$\rho_m^{1,5} d^{0,8}/30$
^a Reiän vällys on lisättävä pulttiliitoksen siirtymään.	

Jos toisiinsa liitettävien puuosien keskimääräiset tiheydet $\rho_{m,1}$ ja $\rho_{m,2}$ ovat eri suuret, niin taulukossa 7.1 oleva ρ_m korvataan suurella

$$\rho_m = \sqrt{\rho_{m,1} \rho_{m,2}} \quad (7.1)$$

Teräksen ja puun tai betonin ja puun välisissä liitoksissa taulukon 7.1 arvot kerrotaan kahdella ja kaavoissa käytetään puuosan tiheydettä $\rho_m = \rho_{mean}$.

MRT:

$$K_u = 2/3 K_{ser}$$

Liitosviruma:

$$k_{def} = 2 \sqrt{k_{def,1} k_{def,2}}$$

Esimerkkilaskelma:

3-nivelkehän nurkkaliitos pulteilla