

Exam | Tentti 4 May 2026

Instructions | Ohjeet

- Calculator and writing tools allowed, use of accompanying material is forbidden.
Laskin ja kirjoitusvälineet sallittu, oheismateriaalin käyttö kielletty.
- You may answer to questions either in English or in Finnish
Voit vastata kysymyksiin englanniksi tai suomeksi.
- You may also draw/write solutions to the exam paper (if given space allows). The exam paper must be returned together with the concept paper(s). (Nb! fill your student ID and name).
Voit piirtää/kirjoittaa vastauksia myös tenttipaperiin (jos mahtuvat). Tenttipaperi palautettava konseptipaperin lisäksi (huom! täydennä op. numero ja nimi).

Student ID Number | Opiskelijanumero: _____

Name | Nimi: _____

Task | Tehtävä 1.

A) **Explain** (with a sentence or few) following **terms/concepts** and, if needed, supplemented with figure/equation (2/5 p.)

Selitä lyhyesti (lauseella tai parilla) seuraavat **käsitteet** tarvittaessa kuvalla/yhtälöllä selvennettynä. (2/5 p.)

- 1) Uncracked ultimate limit state | Särötön murtorajatila
- 2) True stress – true strain | Todellinen jännitys-venymä
- 3) Ideal-elastic plate buckling | Ideaali-elastinen levyn lommahdus
- 4) Notch stress concentration | lovi-jännityskonsentraatio

B) For the welded T-joint, **determine** expected **failure plane** when the joint behavior is (3/5 p.)

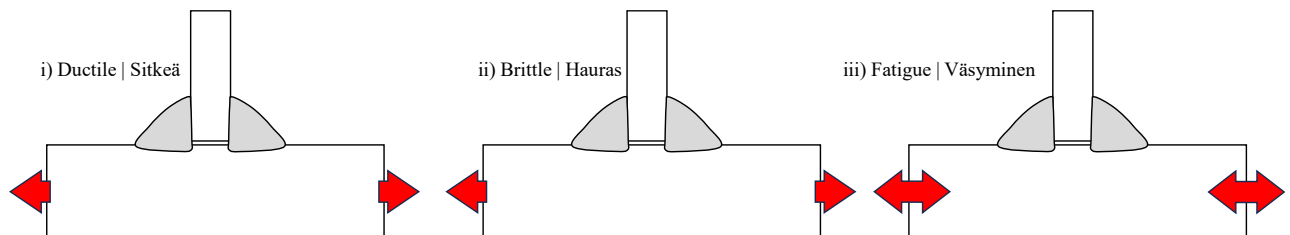
- i) ductile (under quasistatic loading),
- ii) brittle (under quasistatic loading),
- iii) fatigue (under cyclic stress)

In each case (i...iii), **give a short explanation** on your answer.

Määritä hitsatun T-liitoksen oletettu **murtumiskohta/-taso**, kun liitos vaurioituu (3/5 p.)

- i) sitkeästi (kvasistaattinen kuormitus),
- ii) hauraasti (kvasistaattinen kuormitus),
- iii) väsymällä (syklinen väsyttävä kuormitus)

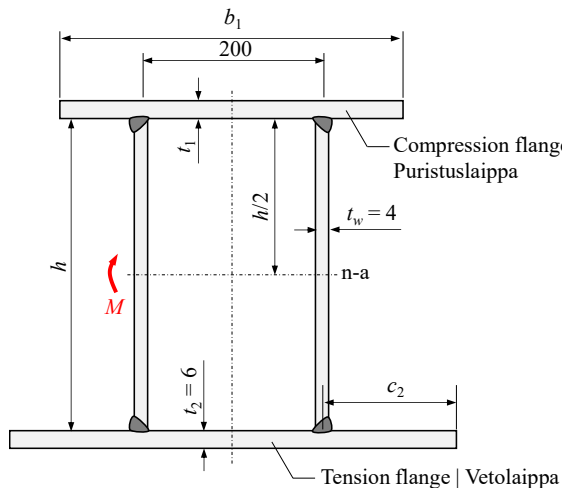
Jokaisessa tapauksessa (i...iii), **anna lyhyt selitys** vastauksellesi.



Task | Tehtävä 2.

A) Determine **dimensions (t_1 , b_1 , c_2 ja h) for the bending-loaded welded hollow section** so that the individual plate members are as thin as possible but fulfill the criteria of **cross-section class 3 (Class 3)**, and the neutral axis of the beam is located in the middle of the beam. The flange members are material S500, and web members are material S420 ($t_w = 4$ mm). Reductions on buckling widths due to the welds and plate thicknesses can be neglected, the calculations can be carried out using mid-plane dimensions. (4/5 p.)

Määritä oheisen **taivutuskuormitetun hitsatun kotelopalkin puuttuvat mitat (t_1 , b_1 , c_2 ja h)** siten, että palkin levykentät ovat mahdollisimman hoikat, mutta täyttävät **poikkileikkausluokka 3 (PL3)** mukaiset raja-arvovaatimukset ja palkin neutraaliakseli sijaitsee palkin uuman korkeuden puolivälissä. Palkin laipat ovat materiaalia S500 ja uumat materiaalia S420 ($t_w = 4$ mm). Hitsien tai levykenttien paksuuksien vähennyksiä lommahtavien levykenttien leveyksissä ei tarvitse ottaa yksinkermaisessa mitoituksessa huomioon, mitoitus keskilinjamitoilla. (4/5 p.)



Stress Distr.	Limit c/t	Ψ	Steel grade										
			S235	S275	S355	S420	S460	S500	S550	S600	S650	S700	
			ϵ										
			1,000	0,924	0,814	0,748	0,715	0,686	0,654	0,626	0,601	0,579	
	$38,3 \cdot \epsilon$	1	38,3	35,4	31,2	28,6	27,4	26,5	25,0	24,0	23,0	22,2	
		$\Psi \geq 0$	0,75	43,0	39,8	35,0	32,2	30,8	29,5	28,1	26,9	25,9	24,9
			0,50	48,4	44,7	39,4	36,2	34,6	33,2	31,6	30,3	29,1	28,0
			0,25	54,8	50,6	44,6	41,0	39,2	37,6	35,8	34,3	32,9	31,7
	$\epsilon \cdot [19,5 \cdot (1 - \Psi)^2 + 43,4]$	-0,25	73,2	67,7	59,6	54,8	52,3	50,2	47,8	45,8	44,0	42,4	
		-0,50	87,0	80,4	70,8	65,0	62,2	59,6	56,8	54,4	52,3	50,4	
		-0,75	103,3	95,5	84,0	77,2	73,8	70,8	67,5	64,6	62,1	59,8	
		-1	121,5	112,3	98,9	90,9	86,9	83,3	79,4	76,1	73,1	70,4	
Free edge ^a	$14 \cdot \epsilon$	1	14	12,9	11,4	10,5	10,0	9,6	9,2	8,8	8,4	8,1	

^awhen $\Psi = 1$

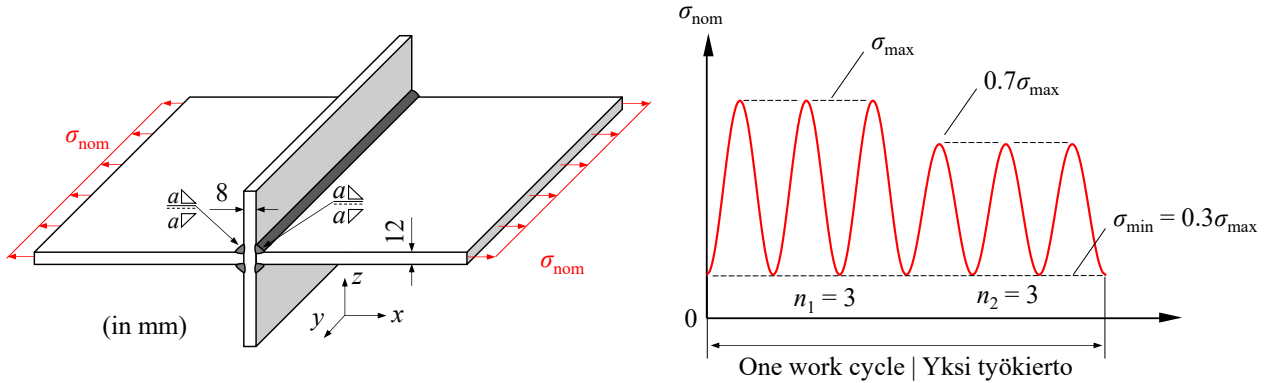
B) In the beam dimensioned in (a)-task, the plate thickness of the tension flange member is **increased** from $t_2 = 6$ mm to $t_2 = 10$ mm (while keeping the same flange width), and bending load is similar. **Does the beam fulfil the Class 3 requirements? Justify your answer.** (1/5 p.)

(a)-kohdassa mitoitettujen palkin vetolaipan levynpaksuus **kasvatetaan** $t_2 = 6$ mm \rightarrow $t_2 = 10$ mm (muuttamatta laipan leveyttä), ja taivutuskuormitus pidetään samanlaisena. **Täyttääkö palkki edelleen PL3 mukaiset vaatimukset? Perustele vastauksesi.** (1/5 p.)

Task | Tehtävä 3.

Fillet-welded (throat size of a) primary load-carrying joint made of S355 steel is subjected to repeating cyclic membrane nominal loading according to the given load spectrum (one work cycle shown).

Pienahitsattua (a-mitta a) S355 materiaalista valmistettua voimaliitosta kuormitetaan kalvomaisella nimellisellä jännityksellä ohessa kuvatun kuormitushistorian mukaisesti (yksi työkierto kuvattuna).



A) Determine **sufficient weld throat thickness a** based on the acting **quasistatic load** ($\sigma_{\max} = 100$ MPa) using partial safety factors of $\gamma = 1.5$ (loading) and $\gamma_{M2} = 1.25$, for S355 material ($f_u = 510$ MPa, $\beta_w = 0.9$) using

- component method**, and
- equal strength method (plate yielding)** (1.5/5 p)

Määritä riittävä hitsin a-mitta a kvasistaattisen kuormituksen perusteella ($\sigma_{\max} = 100$ MPa) käyttäen osavarmuuskerrointa $\gamma = 1.5$ (kuormitus) ja $\gamma_{M2} = 1.25$, materiaalina S355 ($f_u = 510$ MPa, $\beta_w = 0.9$) seuraavilla menetelmillä:

- komponenttimenetelmä**, ja
- tasalujan liitoksen menetelmä (levyn myötääminen)** (1.5/5 p)

B) Determine **sufficient weld throat thickness a** based on the acting **cyclic load** to avoid weld root fatigue failure. Joint fatigue classes of the load-carrying joint are FAT63 (for toe failures) and FAT36 (for root failures) (1.5/5 p)

Määritä **riittävä hitsin a-mitta a** vaikuttavan **syklisen kuormituksen** perusteella siten, että väsyminen hitsin juuresta vältetään. Liitoksen väsymisloukat kuormaakantavassa liitoksessa ovat FAT63 (rajaviivan väsyminen) ja FAT36 (hitsin juuren väsyminen). (1.5/5 p)

C) Calculate **fatigue life prediction** of the joint (as no. of load cycles *or* work cycles) using equivalent stress concept with partial safety factor of $\gamma_{Mf} = 1.3$ and damage parameter of $D = 1.0$ at the given load of $\sigma_{\max} = 100$ MPa (assuming toe failure, sufficient throat size can be assumed, see B). (2/5 p)

Laske liitoksen väsymiskestoikä (sykliä *tai* työkiertojen lukumäärä) käyttämällä ekvivalentin kuormituksen periaatetta väsymisen osavarmuuskerroimella $\gamma_{Mf} = 1.3$ ja vauriosummalla $D = 1.0$, kun $\sigma_{\max} = 100$ MPa (rajaviivan väsyminen riittävällä a-mitalla, ks. B). (2/5 p)

$$a \geq \frac{\beta_w \gamma_{M2} t}{2 f_u} \sqrt{2\sigma_x^2 + 3\tau_{xy}^2}, \quad C = \Delta\sigma_{\text{nom}}^m \cdot N_f = \left(\frac{\text{FAT}}{\gamma_{Mf}} \right)^m \cdot 2 \cdot 10^6, \quad \sigma_w = \frac{t}{2a} \sigma_{\text{plate}}, \quad \Delta\sigma_{\text{eq}} = \sqrt{\frac{1}{D} \cdot \frac{\sum_{i=j}^k n_i \cdot \Delta\sigma_i^m}{N_{\text{ref}}}}$$

(σ_x and τ_{xy} stress at plate)