Tampereen yliopisto
Tampere University

MILLAINEN NORMI SOPII OPTIMOINTIIN?

Kristo Mela
Tenure track -tutkija
Tampereen yliopisto

+358 40 849 0563

kristo.mela@tuni.fi

RAKENNESUUNNITTELIJAN TOIMINTAYMPÄRISTÖ
- miksi optimoida?

RAKENNESUUNNITTELIJAN ROOLI

ASIAKAS
(toiveet, vaatimukset)

ARKKITEHTI
(tilaratkaisut)

MUUT SUUNNITTELIJAT
(LVI, sähkö, koneet, jne.)

RAKENNESUUNNITTELIJA

TURVALLISUUS
(kestävä rakenne)

VALMISTETTAVUUS
(konepaja, tuotevalmistajat)

AIKATAULU

Kuva: Modern times (1936), United Artists

SUUNNITTELIJAN TYÖKALUT

STANDARDIT, OHJEET
(Eurocode, RIL, TRY, ECCS)

MALLINNUSOHJELMAT
(Tekla)

LASKENTA- JA
MITOITUSOHJELMAT
(Robot, Excel, Mathcad,…)

RAKENNESUUNNITTELIJA

LUJUUSOPPI ja
RAKENTEIDEN
MEKANIIKKA

LUOVUUS

KOKEMUS

Kuva: Modern times (1936), United Artists

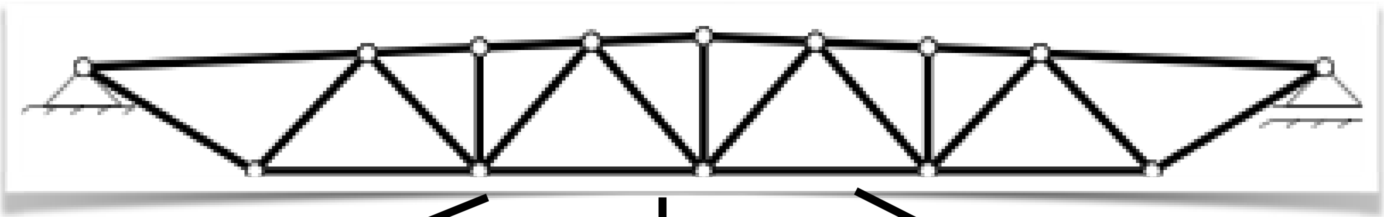
SUUNNITTELIJAN TAVOITTEET

- Käytettävissä olevien resurssien (aika, raha, osaaminen) puitteissa tehdään
  a) Toimiva rakenne
  b) Kilpailijoita parempi rakenne
  c) Paras mahdollinen rakenne
- Pyrkimys parempaan ja kohti parasta pitäisi olla insinöörillä sisäänrakennettu ominaisuus.
  - Näissä pyrkimyksissä voidaan käyttää kaikkia mahdollisia apuvälineitä.
  - *Matemaattinen optimointiteoria* tarjoaa voimakkaan työkalun suunnittelu- ja kehitystyön tueksi.

Miksi suunnittelijan pitäisi pyrkiä parhaimpaan?

SUUNNITTELU JA OPTIMOINTI

SUUNNITTELUN KOLMIJALKA



VALMISTUS

MITOITUS

TALOUDELLISUUS

MITÄ OPTIMOINTI ON?

- *Parhaan* ratkaisun *systemaattista* etsintää.
- Vaatii suunnittelutehtävän *matemaattisen esityksen*.
- Etsintä suoritetaan soveltuvien *algoritmien* avulla.
- Muutaman vaihtoehdon vertailu tai ratkaisun parantelu käsin EI ole optimointia.

OPTIMOINTITEHTÄVÄN STANDARDIMUOTO:

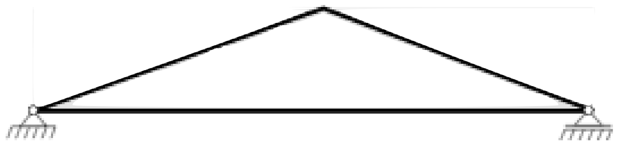
Kohde-funktio

$$\begin{aligned} \min_{\boxed{\mathbf{x}}} \quad & \boxed{f(\mathbf{x})} \\ \text{siten, että} \quad & \boxed{\begin{aligned} g_i(\mathbf{x}) &\leq 0 \\ h_j(\mathbf{x}) &= 0 \end{aligned}} \end{aligned}$$

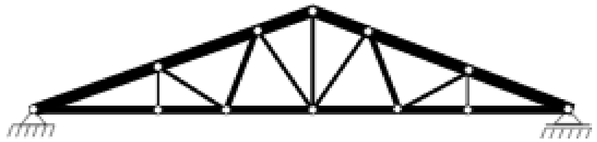
Suunnittelu-muuttujat

Rajoitusehdot

OPTIMOINTIPROSESSI



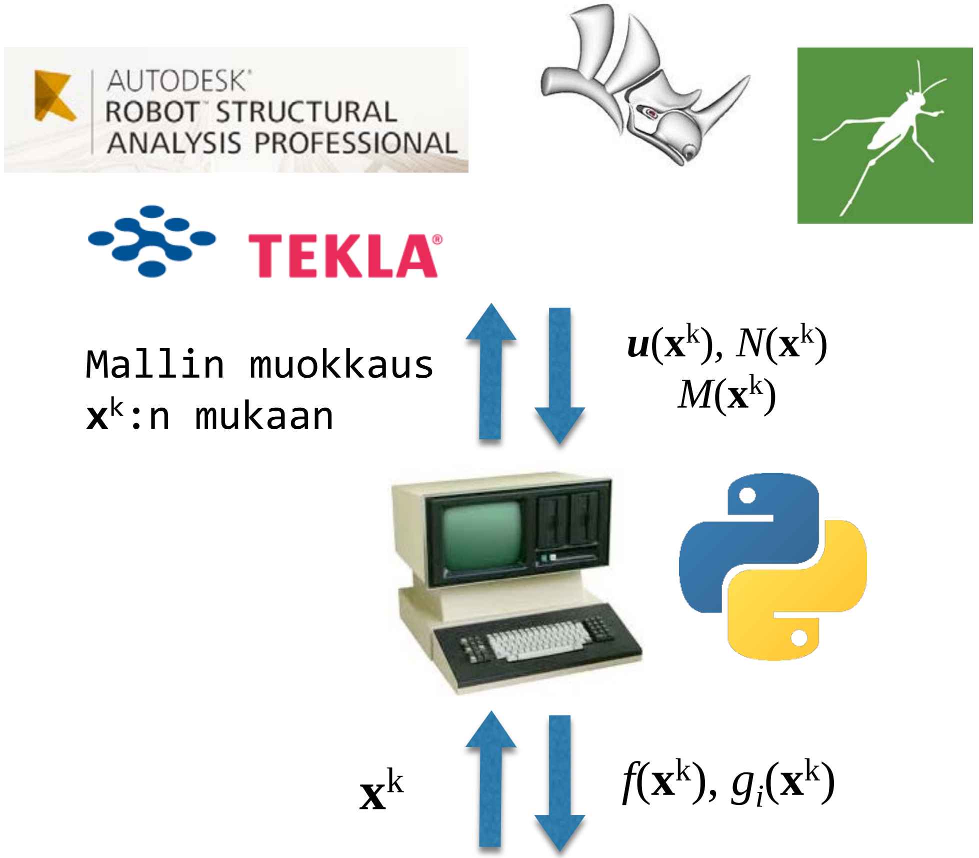
$$\begin{aligned}
\min_{A_i} \quad & V(\mathbf{x}) = \sum_{i=1}^{n_E} L_i A_i \\
\text{such that} \quad & \underline{\sigma}_i \leq \sigma_{ij}(\mathbf{x}) \leq \overline{\sigma}_i, \quad \text{if } A_i > 0 \\
& 0 \leq A_i \leq \overline{A}_i, \quad i = 1, 2, \ldots, n_E
\end{aligned}$$



min kg

OPTIMOINNIN SOVELTAMINEN

- Rakennemalli on *parametrisoitava*: mallia on pystyttävä muokkaamaan mallinnusohjelman ulkopuolelta.
- Rakenneanalyysi on tehtävä *automaattisesti.*
- *Eurokoodien mitoitussäännöt* on formuloitava rajoitusehdoiksi.
- Suunnittelumuuttujien arvot on välitettävä rakennemalliin.
- Rakenneanalyysin tulokset on muunnettava rajoitusehtojen vaatimiin muotoihin.
- Optimointialgoritmi on valittava viisaasti.



$$\begin{aligned} \min_{\mathbf{x}} \quad & f(\mathbf{x}) \\ \text{siten, että} \quad & g_i(\mathbf{x}) \leq 0 \\ & h_j(\mathbf{x}) = 0 \end{aligned}$$

OPTIMOINTI ja EUROKOODIT

OPTIMOINTI ja EUROKOODIT

- Eurokoodien mitoitussäännöt kirjoitetaan *epäyhtälömuotoisiksi rajoitusehdoiksi*.
  - Pääsääntöisesti mitoitussäännöt ovat periaatteessa valmiiksi optimointiin sopivassa muodossa.
- Eurokoodin mitoitussääntöjä on katsottava erilaisista *suunnittelumuuttujista riippuvina matemaattisina funktioina*.
- Keskeiset kysymykset ovat:
  1. Miten eurokoodista poimitun funktion arvo lasketaan?
  2. Onko funktio suunnittelumuuttujien suhteen *jatkuva* ja (jatkuvasti) *derivoituva*?
- Optimointitehtävän matemaattisella struktuurilla on keskeinen rooli tehtävän ratkaistavuuden kannalta.

$$\begin{aligned} \min_{\mathbf{x}} \quad & f(\mathbf{x}) \\ \text{siten, että} \quad & \boxed{g_i(\mathbf{x}) \leq 0} \\ & h_j(\mathbf{x}) = 0 \end{aligned}$$

YLEINEN MITOITUSEHTO:

$$E(\mathbf{x}) \leq R(\mathbf{x})$$

E … Kuormien vaikutus

R … Kestävyys

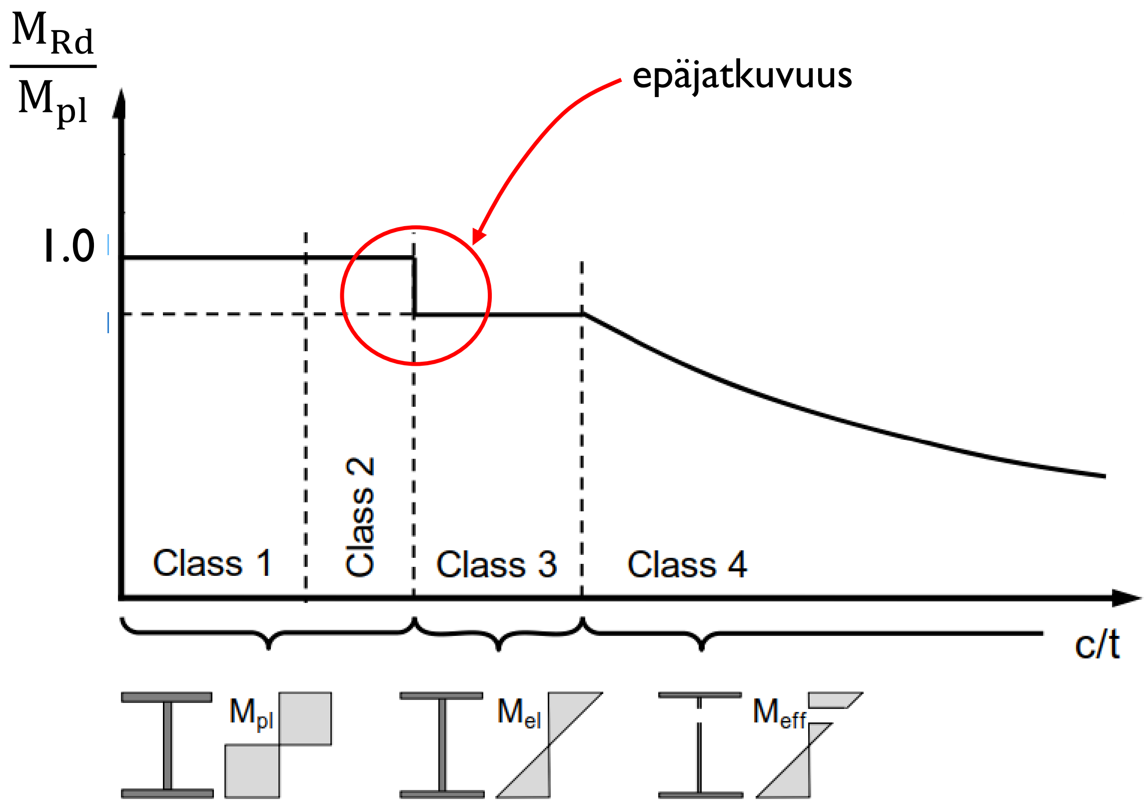
”KÄYTTÖASTE”:

$$\frac{E(\mathbf{x})}{R(\mathbf{x})} \leq 1.0 \quad \Rightarrow \quad g(\mathbf{x}) = \frac{E(\mathbf{x})}{R(\mathbf{x})} - 1.0 \leq 0$$

OPTIMOINTI ja EUROKOODIT

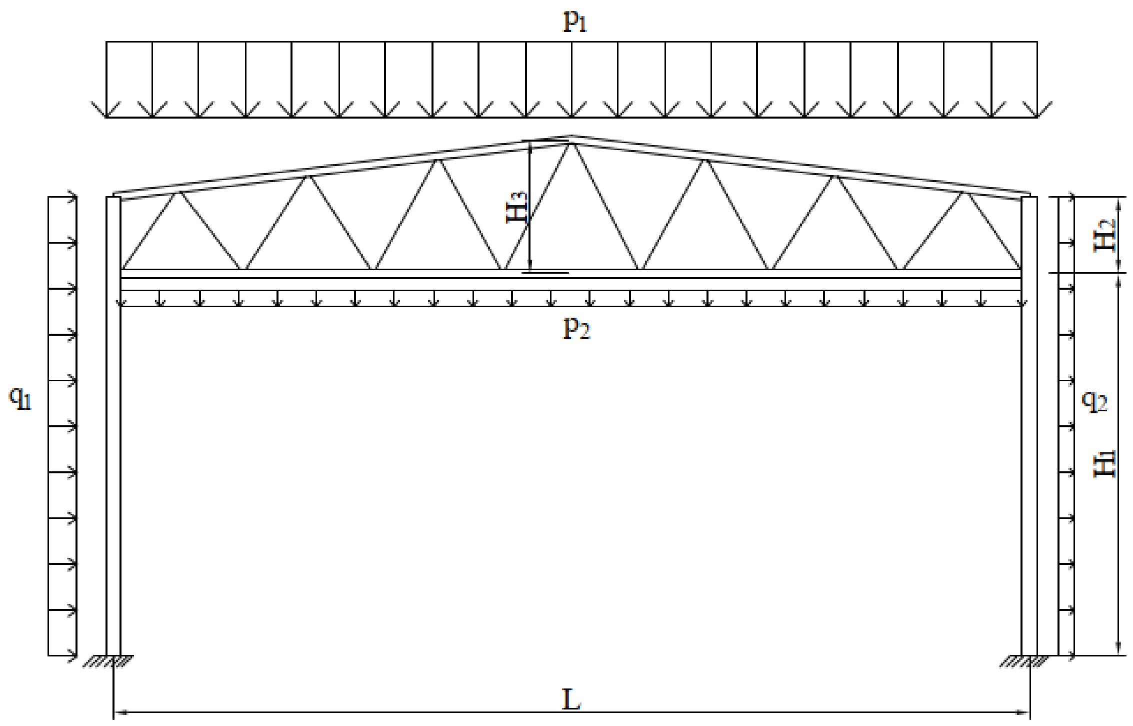
IHANTEELLINEN MAAILMA

- Kestävyyksien lausekkeet ovat *sileitä funktioita* rakenteen geometrian ja sauvojen poikkileikkaussuureiden suhteen.
- Kestävyyksien lausekkeissa on *mahdollisimman vähän ehdollisuuksia*, ja siirtymät eri ehtojen välillä eivät johda epäjatkuvuuksiin tai epäderivoituvuuksiin.
- Kestävyyksien laskennassa tarvittavien kertoimien *arvoja EI katsota taulukoista eikä varsinkaan käyriltä*, vaan ne voidaan laskea rakenteen parametreistä riippuvien lausekkeiden avulla.



ESIMERKKI: TERÄSKEHÄN OPTIMOINTI*

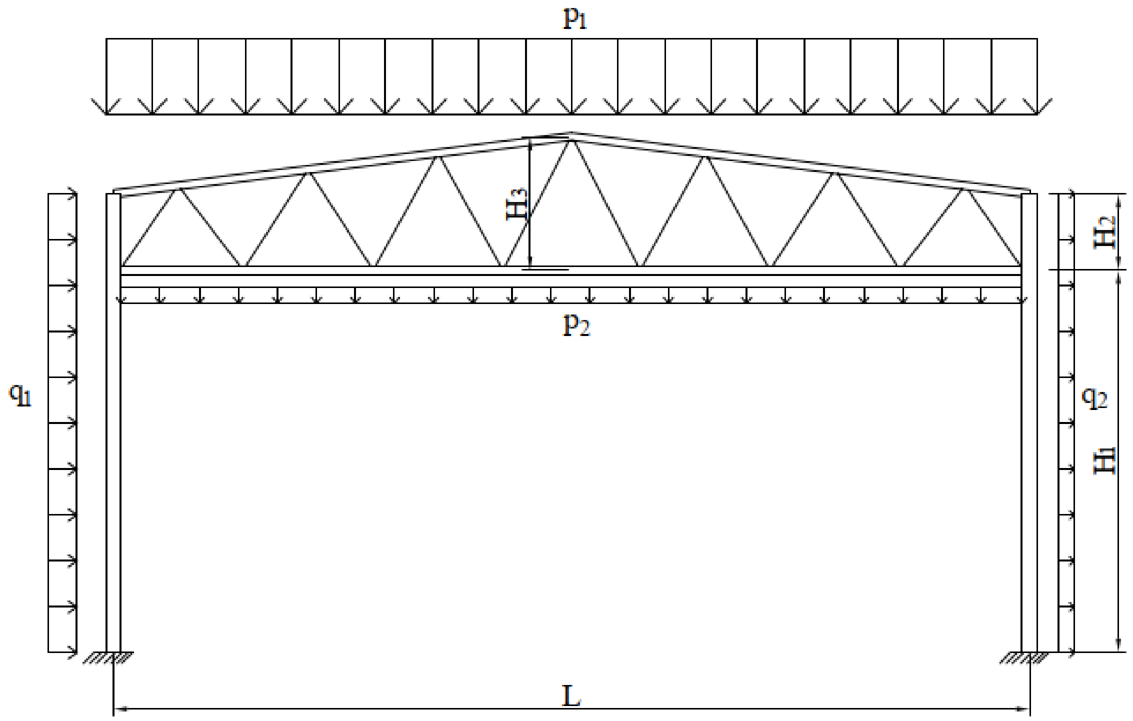
- Rajoitusehdot standardista EN 1993
  - Sauvojen poikkileikkauskestävyys: yksittäiset rasitukset ja niiden yhdistelmät.
  - Sauvojen stabiilisuus: ristikon sauvoilla nurjahdus, pilarilla myös kiepahdus.
    - Pilari ja ristikon yläpaarre ovat puristettuja ja taivutettuja sauvoja.
- Rasitusten etumerkit ja tarkasteltavat poikkileikkaukset on katsottava huolellisesti.



*Helminen M., *Optimization of a trussed steel portal frame*, Diplomityö, Tampereen teknillinen yliopisto, 2017.

RAJOITUSEHDOT – *poikkileikkausten kestävyys*

- Jokaiselle sauvalle kirjoitetaan *kaikissa kuormitusyhdistelyissä kriittisille poikkileikkauksille* kestävyysehdot.
- Kriittiset poikkileikkaukset: rasitusten maksimikohdat, yhteisvaikutusehtojen kannalta määräävät kohdat.
- Kriittiset poikkileikkaukset on tunnistettava etukäteen, esim.
  - FEM-mallin solmupisteet
  - Sauvan päätepisteet ja keskijänne



Kuva: Helminen (2017)

RAJOITUSEHDOT: *poikkileikkauskestävyys*

Yksittäiset rasitukset, EN 1993-1-1, Tasotapaus

- Kaavoissa rasitusten mitoitusarvoilla ('Ed') on aina positiivinen arvo.
  - Laskennassa rasitusten etumerkkiä ei välttämättä tiedetä etukäteen.
- Eurokoodin mukaiset rajoitusehdot ovat luonnostaan "käyttöastemuodossa".
- Niin kestävyydet kuin rasitukset riippuvat suunnittelumuuttujista.
  - Kestävyyksien lausekkeet ovat suoraviivaisia.
- Optimoinnissa on varauduttava myös negatiivisiin rasitusten arvoihin.

VETO:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1{,}0$$

PURISTUS:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1{,}0$$

TAIVUTUSMOMENTTI:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1{,}0$$

LEIKKAUS:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1{,}0$$

RAJOITUSEHTOINA:

$$-N_{i,\mathrm{Rd}}(\mathbf{x}) \leq N_i \leq N_{i,\mathrm{Rd}}(\mathbf{x})$$
$$-M_{i,\mathrm{Rd}}(\mathbf{x}) \leq M_i \leq M_{i,\mathrm{Rd}}(\mathbf{x})$$
$$-V_{i,\mathrm{Rd}}(\mathbf{x}) \leq V_i \leq V_{i,\mathrm{Rd}}(\mathbf{x})$$

RAJOITUSEHDOT: *poikkileikkauskestävyys*

Rasitusten yhteisvaikutus, EN 1993-1-1

- Teräsrakenteilla on käytössä yksinkertainen lineaarinen yhteisvaikutuskaava.
- Plastisuusteoriaa hyödynnettäessä voidaan käyttää tehokkaampia yhteisvaikutuskaavoja.
- Rasitusten mitoitusarvo voidaan hoitaa kahdella tavalla optimoinnissa:
  1) Otetaan rajoitusehtoihin rasituksista *itseisarvot*. Tällöin voidaan käyttää suoraan normin esitystapaa, mutta derivoituvuuden kanssa voi tulla ongelmia, jos rasitusten etumerkki muuttuu suunnittelumuuttujien arvoja muuteltaessa.
  2) Kirjoitetaan rajoitusehdot siten, että rasitusten etumerkit voivat olla + tai -. Tällöin tehtävään tulee enemmän rajoitusehtoja, mutta derivoituvuudesta ei tule ongelmia.

NORMAALIVOIMA JA TAIVUTUSMOMENTTI:

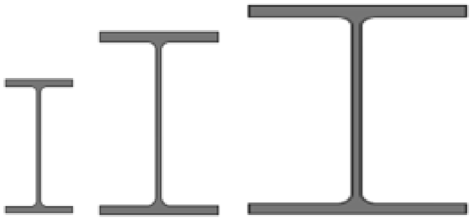
$$\frac{N_{\mathrm{Ed}}}{N_{\mathrm{Rd}}} + \frac{M_{\mathrm{Ed}}}{M_{\mathrm{Rd}}} \leq 1$$

RAJOITUSEHTOINA:

$$-1 \leq \frac{N_i(\mathbf{x})}{N_{i,\mathrm{Rd}}(\mathbf{x})} + \frac{M_i(\mathbf{x})}{M_{i,\mathrm{Rd}}(\mathbf{x})} \leq 1$$

$$-1 \leq \frac{N_i(\mathbf{x})}{N_{i,\mathrm{Rd}}(\mathbf{x})} - \frac{M_i(\mathbf{x})}{M_{i,\mathrm{Rd}}(\mathbf{x})} \leq 1$$

RAJOITUSEHDOT: *poikkileikkauskestävyys*



Rasitusten yhteisvaikutus, EN 1993-1-1

- Tarkastellaan M+N –yhteisvaikutusta plastisuusteorian mukaan.
- Taivutusmomentin kestävyyttä pienennetään normaalivoiman vaikutuksesta: kestävyys $M_{\mathrm{N,Rd}}$.
  - Kysymys:
    Miten min-operaattori hoidetaan?
  - Vastaus:
    Kirjoitetaan kaksi rajoitusehtoa!

NORMAALIVOIMA JA TAIVUTUSMOMENTTI, PLASTISUUSTEORIA:

$$M_{\mathrm{Ed}} \leq M_{\mathrm{N,Rd}}$$

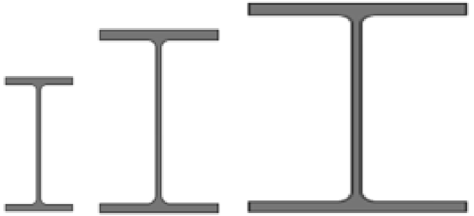
I- ja H-profiilit:

$$M_{\mathrm{N,Rd}} = \min\left\{M_{\mathrm{pl,Rd}}, M_{\mathrm{pl,Rd}}\frac{1-n}{1-0.5a}\right\}$$

$$n = \frac{N_{\mathrm{Ed}}}{N_{\mathrm{Rd}}} \qquad a = \min\left\{\frac{A-2bt_f}{A}, 0.5\right\}$$

$$\boxed{\begin{aligned} M_{\mathrm{Ed}} &\leq M_{\mathrm{pl,Rd}} \\ M_{\mathrm{Ed}} &\leq M_{\mathrm{pl,Rd}}\frac{1-n}{1-0.5a} \end{aligned}}$$

RAJOITUSEHDOT: *poikkileikkauskestävyys*

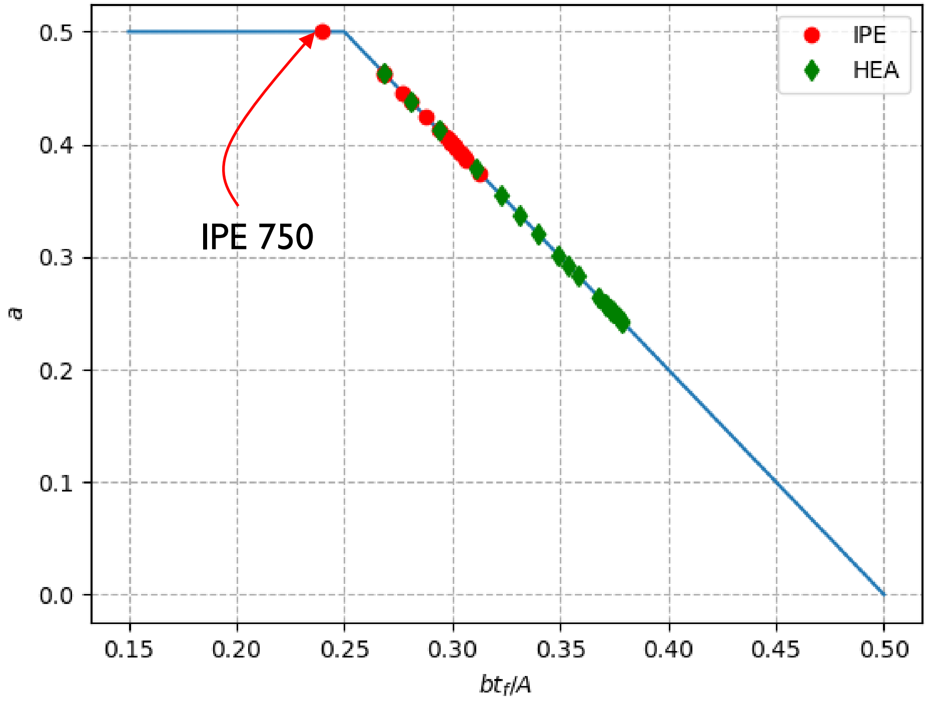


Rasitusten yhteisvaikutus, EN 1993-1-1

$$\boxed{\begin{aligned} M_{\mathrm{Ed}} &\leq M_{\mathrm{pl,Rd}} \\ M_{\mathrm{Ed}} &\leq M_{\mathrm{pl,Rd}}\frac{1-n}{1-0.5a} \end{aligned}}$$

Kirjoitetaan normaalivoima näkyviin rajoitusehtoon

Termi $a = \min\left\{\frac{A-2bt_f}{A}, 0.5\right\}$



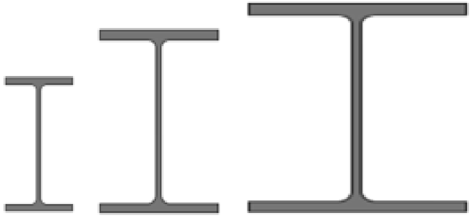
$$\frac{N_{\mathrm{Ed}}}{N_{\mathrm{Rd}}} + (1-0.5a)\frac{M_{\mathrm{Ed}}}{M_{\mathrm{pl,Rd}}} \leq 1$$

Otetaan rasitusten etumerkit huomioon

$$-1 \leq \frac{N_i}{N_{i,\mathrm{Rd}}(\mathbf{x})} + (1-0.5a(\mathbf{x}))\frac{M_i}{M_{i,\mathrm{Rd}}(\mathbf{x})} \leq 1$$

$$-1 \leq \frac{N_i}{N_{i,\mathrm{Rd}}(\mathbf{x})} - (1-0.5a(\mathbf{x}))\frac{M_i}{M_{i,\mathrm{Rd}}(\mathbf{x})} \leq 1$$

RAJOITUSEHDOT: *poikkileikkauskestävyys*



Rasitusten yhteisvaikutus, EN 1993-1-1

- Standardeissa on usein annettu ehtoja mitoituskaavojen voimassaololle.
  - Nämä ovat optimoinnin kannalta erittäin hankalia.
- Mahdollisia tapoja hoitaa ehdollisuudet:
  i. Ei välitetä niistä.
  ii. Lisätään tehtävään rajoitusehdot, jotka pakottavat ratkaisun jollekin puolelle ehtoa.
  iii. Käytetään binäärimuuttujia, jotka määräävät, onko ehto voimassa vai ei.
  iv. Kirjoitetaan tehtävään rajoitusehtoja, joilla approksimoidaan ko. mitoituskaavojen kokonaistoimintaa.

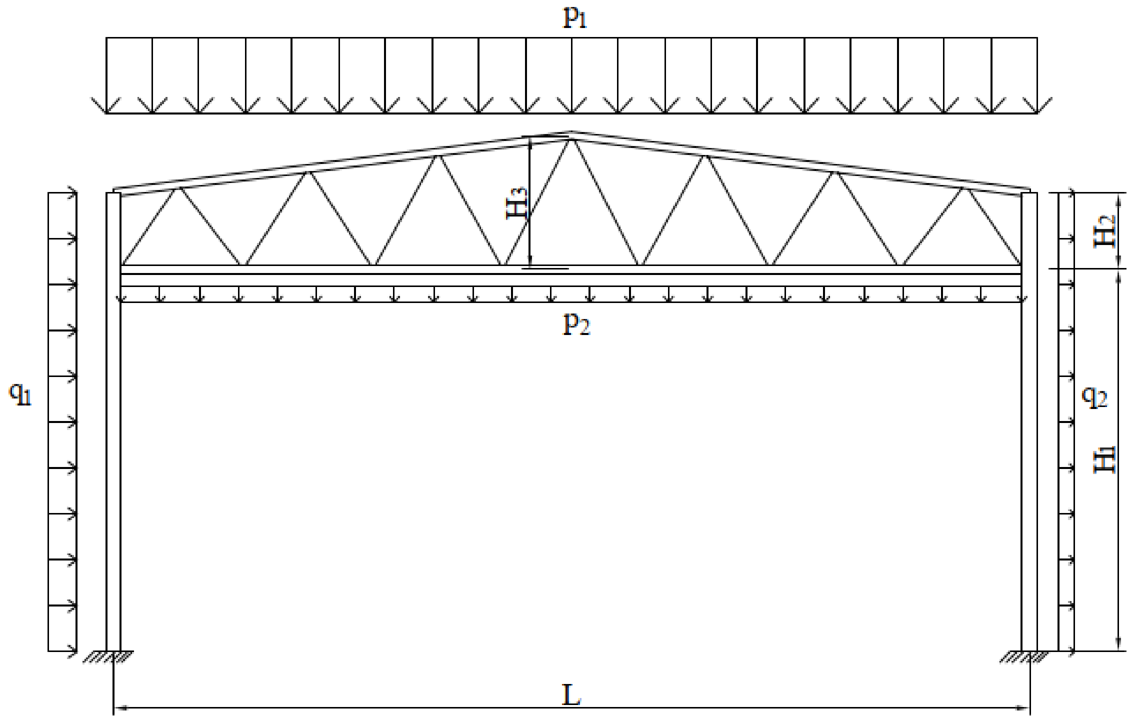
Esimerkki:
M+N -yhteisvaikutusta ei tarvitse ottaa huomioon, jos:

$$N_{\mathrm{Ed}} \leq 0.25 N_{\mathrm{Rd}}$$

$$N_{\mathrm{Ed}} \leq \frac{0.5 h_w t_w f_{\mathrm{y}}}{\gamma_{\mathrm{M0}}}$$

RAJOITUSEHDOT: *sauvojen stabiilisuus*

- Stabiilisuusehtoja kirjoitetaan yleensä yksi per sauva per kuormitusyhdistely.
  - Etukäteen voidaan yrittää tunnistaa sauvoja, joita tietyt stabiilisuusilmiöt eivät koske.
- Stabiilisuuden mitoituskaavat ovat yleensä mutkikkaita.
  - Tarvitaan kimmoteorian mukainen kriittinen voima/momentti.
  - Voidaan tarvita taivutusmomentin jakautumaa sauvassa.



Kuva: Helminen (2017)

RAJOITUSEHDOT: SAUVOJEN STABIILISUUS

Puristustaivutus, EN 1993-1-1, tasotapaus

- Tarvitaan rasitusten itseisarvoltaan suurimmat arvot.
- Tarvitaan nurjahduksen pienennystekijät χ_y, χ_z.
- Erityisen hankalia termejä:
  - Yhteisvaikutustekijät k_{yy} ja k_{zy}
  - Kiepahduksen pienennyskerroin χ_{LT}.

Terässauvan puristustaivutus tasossa:

$$\frac{N_{\mathrm{Ed}}}{\chi_y N_{\mathrm{Rd}}} + k_{yy}\frac{M_{y,\mathrm{Ed}}}{\chi_{\mathrm{LT}} M_{y,\mathrm{Rk}}} \leq 1$$

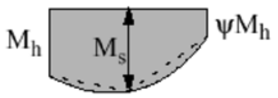
$$\frac{N_{\mathrm{Ed}}}{\chi_z N_{\mathrm{Rd}}} + k_{zy}\frac{M_{y,\mathrm{Ed}}}{\chi_{\mathrm{LT}} M_{y,\mathrm{Rk}}} \leq 1$$

Poikkileikkausluokat 1 ja 2:

$$k_{yy} = C_{my}\left(1 + \min\{\bar{\lambda}_y - 0.2, 0.8\}\frac{N_{\mathrm{Ed}}}{\chi_y N_{\mathrm{Rk}}/\gamma_{\mathrm{M1}}}\right)$$

RAJOITUSEHDOT: *sauvojen stabiilisuus*

Puristustaivutus, EN 1993-1-1, tasotapaus

Momenttipinta	Alue		C_{my} ja C_{mz} ja C_{mLT}	
			Tasan jakaantunut kuormitus	Pistemäinen kuormitus
	$-1 \le \psi \le 1$		$0{,}6 + 0{,}4\psi \ge 0{,}4$	
	$0 \le \alpha_s \le 1$	$-1 \le \psi \le 1$	$0{,}2 + 0{,}8\alpha_s \ge 0{,}4$	$0{,}2 + 0{,}8\alpha_s \ge 0{,}4$
	$-1 \le \alpha_s < 0$	$0 \le \psi \le 1$	$0{,}1 - 0{,}8\alpha_s \ge 0{,}4$	$-0{,}8\alpha_s \ge 0{,}4$
$\alpha_s = M_s/M_h$		$-1 \le \psi < 0$	$0{,}1(1-\psi) - 0{,}8\alpha_s \ge 0{,}4$	$0{,}2(-\psi) - 0{,}8\alpha_s \ge 0{,}4$
	$0 \le \alpha_h \le 1$	$-1 \le \psi \le 1$	$0{,}95 + 0{,}05\alpha_h$	$0{,}90 + 0{,}10\alpha_h$
	$-1 \le \alpha_h < 0$	$0 \le \psi \le 1$	$0{,}95 + 0{,}05\alpha_h$	$0{,}90 + 0{,}10\alpha_h$
$\alpha_h = M_h/M_s$		$-1 \le \psi < 0$	$0{,}95 + 0{,}05\alpha_h(1+2\psi)$	$0{,}90 + 0{,}10\alpha_h(1+2\psi)$ [1)]
Sivusiirtyvien kehien sauvoille ekvivalentin momentin kertoimiksi valitaan arvot $C_{my} = 0{,}9$ tai $C_{Mz} = 0{,}9$				

Poikkileikkausluokat 1 ja 2:

$$k_{yy} = C_{my}\left(1 + \min\{\bar{\lambda}_y - 0.2, 0.8\}\frac{N_{\mathrm{Ed}}}{\chi_y N_{\mathrm{Rk}}/\gamma_{\mathrm{M1}}}\right)$$

☹

Ekvivalentin momentin kerroin C_{my} riippuu momenttikuvion muodosta. ☹

- Momenttikuvion muotoa on vaikea seurata optimoinnissa.

RAJOITUSEHDOT: *sauvojen stabiilisuus*

Puristustaivutus, EN 1993-1-1, tasotapaus

$$\chi_{LT} = \min\left\{\frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}}, 1.0\right\}$$

$$\Phi_{LT} = 0.5\left(1 + \alpha_{LT}(\bar{\lambda}_{LT} - 0.2) + \bar{\lambda}_{LT}^2\right)$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_y f_y}{M_{\mathrm{cr}}}}$$

Poikkileikkausluokat 1 ja 2:

$$\frac{N_{\mathrm{Ed}}}{\chi_y N_{\mathrm{Rd}}} + k_{yy}\frac{M_{y,\mathrm{Ed}}}{\chi_{\mathrm{LT}} M_{y,\mathrm{Rk}}} \leq 1$$

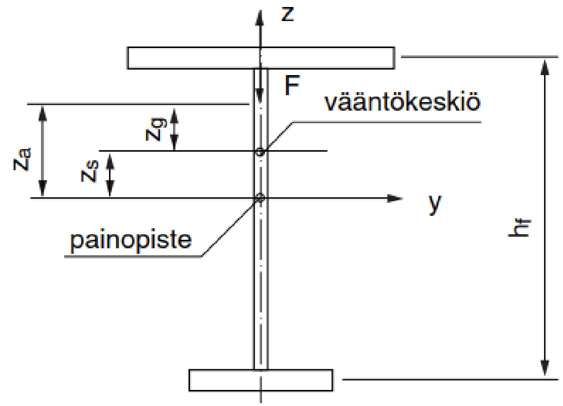
$$\frac{N_{\mathrm{Ed}}}{\chi_z N_{\mathrm{Rd}}} + k_{zy}\frac{M_{y,\mathrm{Ed}}}{\chi_{\mathrm{LT}} M_{y,\mathrm{Rk}}} \leq 1$$

Kiepahduksen pienennyskerrointa varten tarvitaan kriittinen momentti, M_{cr}.

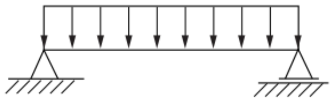
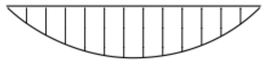
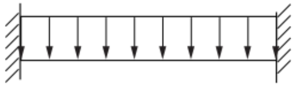
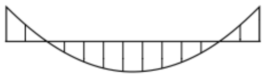
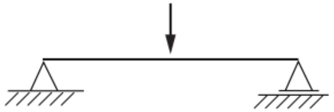
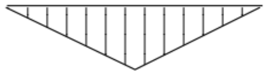
RAJOITUSEHDOT: *sauvojen stabiilisuus*

Kiepahdus: kriittinen momentti

$$M_{\mathrm{cr}} = C_1 \frac{\pi^2 E I_z}{(k_z L)^2} \left(\sqrt{\left(\frac{k_z}{k_w}\right)^2 \frac{I_w}{I_z} + \frac{(k_z L)^2 G I_t}{\pi^2 E I_z} + (C_2 z_g - C_3 z_j)^2} - (C_2 z_g - C_3 z_j) \right)$$



- Kriittinen momentti riippuu sauvan tuennasta, kuormituksen sijainnista suhteessa vääntökeskiöön ja taivutusmomenttikuvion muodosta.
- Yleisessä tapauksessa vakioiden C_1, C_2 ja C_3 arvot on hankala määrittää. ☹

Kuormitus ja tukiehdot	Taivutusmomenttipinnan muoto	k	Tekijöiden arvot		
			C_1	C_2	C_3
		1,0 0,5	1,132 0,972	0,459 0,304	0,525 0,980
		1,0 0,5	1,285 0,712	1,562 0,652	0,753 1,070
		1,0 0,5	1,365 1,070	0,553 0,432	1,730 3,050

Ongelin & Valkonen (2010)

RAJOITUSEHDOT: *sauvojen stabiilisuus - yhteenveto*

- Stabiilisuusilmiöiden kirjoittaminen siisteiksi matemaattisiksi lausekkeiksi on erittäin hankalaa (*suht' mahotonta*).
  - Rajoitusehdot voidaan kuitenkin evaluoida optimoinnissa, vaikka kestävyydet olisivatkin mutkikkaiden lausekkeiden takana.
- Monet lausekkeissa esiintyvät termit saadaan määritettyä rasitusten avulla.
  - Voidaan kuitenkin tarvita lisätietoja/oletuksia, vrt. kuormituksen sijainti kiepahdustarkasteluissa.
- Miten toimitaan optimoinnissa?
  a) Tehdään varmalla puolella olevia yksinkertaistuksia: esim. $C_{my} = 1.0$ (tai 0.9)
  b) Käytetään erillistä ohjelmaa, joka laskee annetuilla lähtötiedoilla tarvittavat suureet.

EUROKOODIT JA OPTIMOINTI *yhteenveto 1/2*

- Optimoinnissa eurokoodien mitoituskaavoja käsitellään matemaattisina funktioina, jotka riippuvat suunnittelumuuttujien arvoista.
- Monille optimointimenetelmille tehtävän funktioiden jatkuvuus ja derivoituvuus ovat perusedellytyksiä.
  - Epäjatkuvuudet ja ehdolliset lausekkeet standardeissa ovat hankalia.
- On myös olemassa optimointimenetelmiä, jotka eivät välitä funktioiden matemaattisesta muodosta.
  - Metaheuristiset menetelmät: evoluutioalgoritmit, geneettiset algoritmit, parveilualgoritmit, jne.
  - Usein nämä menetelmät eivät ole niin tehokkaita kuin sellaiset, jotka hyödyntävät tehtävän matemaattista struktuuria.

EUROKOODIT JA OPTIMOINTI
yhteenveto 2/2

- Normeja laadittaessa olisi hyvä välttää lausekkeita, joissa arvoja luetaan taulukoista ja käyristä. Myös erilaiset ehdollisuudet tulisi minimoida.
  - Siirtymät ehdollisten alueiden välillä pitäisi tehdä sileästi.
  - Myös rasituskuvioiden muodosta riippuvat lausekkeet ovat hankalia optimoinnissa.
- Optimoinnissa erilaiset ”rajatapaukset” aktivoituvat herkästi.
  - Liikutaan kaavojen pätevyysalueiden rajoilla (vrt. terässauvoilla poikkileikkausluokat 2 ja 3)
- Nykyisellään Eurokoodit soveltuvat melko hyvin optimointiin. Monet mitoitusehdot ovat valmiiksi sopivassa muodossa.
  - Tehtävänasettelujen laatimisessa on kertaalleen katsottava mitoituskaavat läpi ja mietittävä, onko erilaisiin tilanteisiin tehtävä lisätoimenpiteitä.