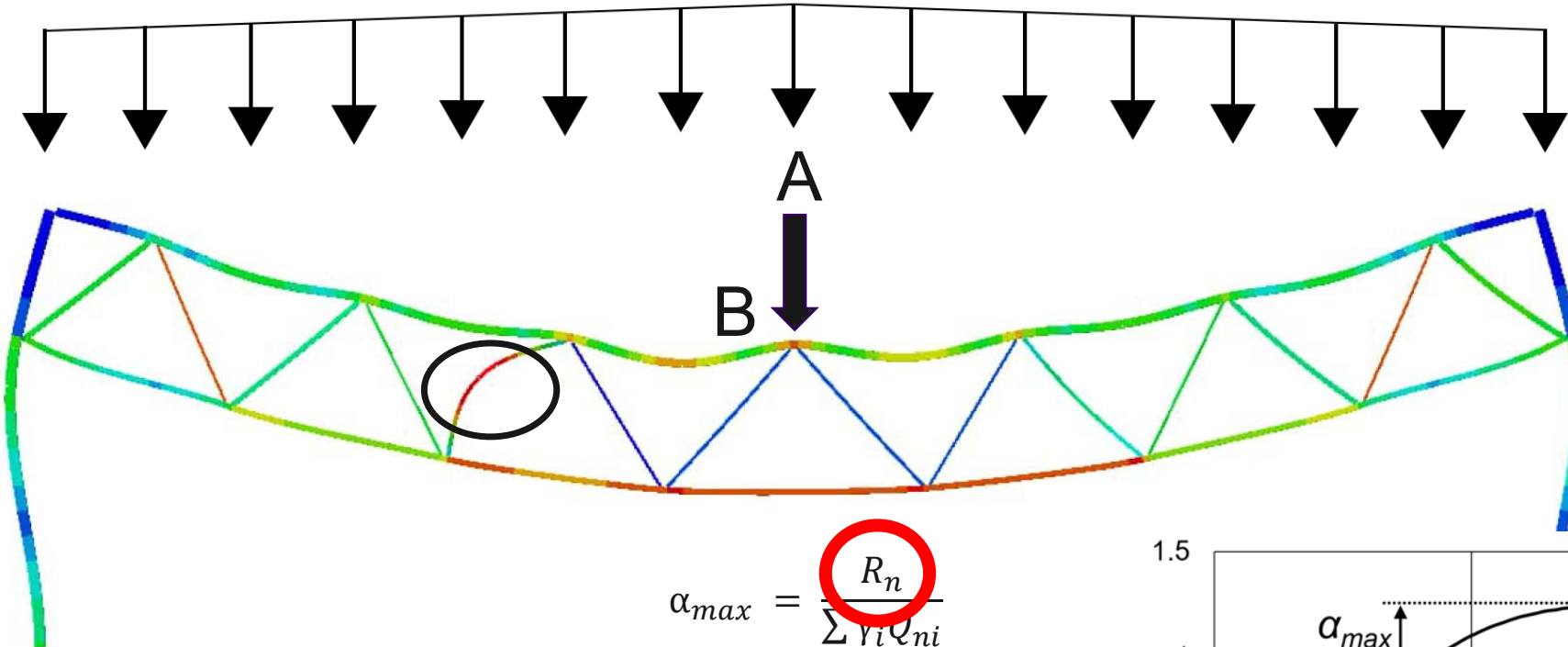


Suora mitoitusmenetelmä ristikkorakenteisille portaalikehille

Teräsrakentamisen T&K -Päivät 24.-25.08.2023

Lauri Jaamala, Kristo Mela

Suora mitoitusmenetelmä

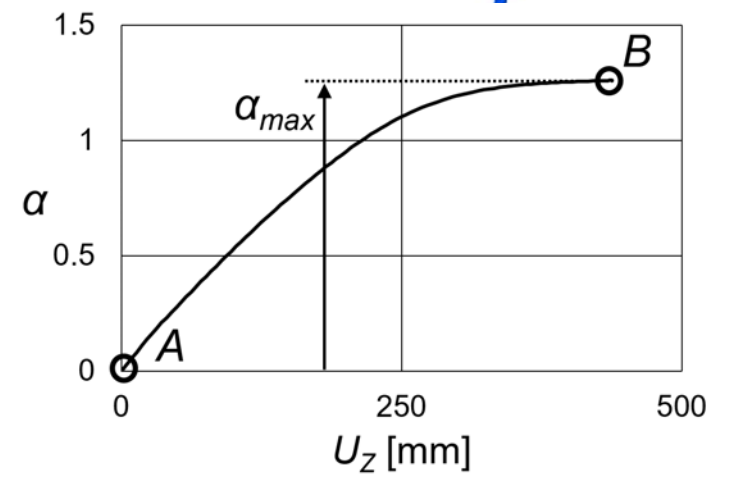


R_n = Nimelliskestävyys
 γ_{ADM} = Systemivarmuuskerroin
 $\sum \gamma_i Q_{ni}$ = Kuormitusyhdistelyiden mukaiset mitoituskuormat

$$\alpha_{max} = \frac{R_n}{\sum \gamma_i Q_{ni}}$$

$$\frac{R_n}{\gamma_{ADM}} \geq \sum \gamma_i Q_{ni}$$

➔ $\frac{\alpha_{max}}{\gamma_{ADM}} \geq 1$



Suora mitoitusmenetelmä

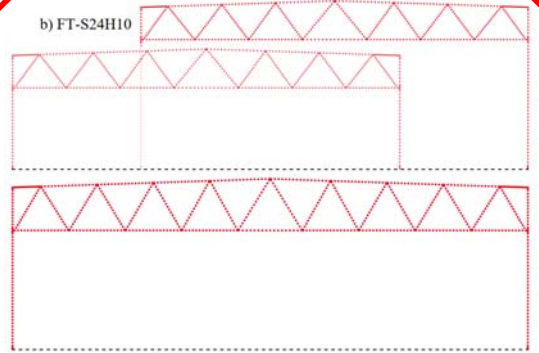
- Engl. Direct Design Method (DDM)
- Tutkimusta Australiassa [1-5]
 - Hyväksytty Australian ja Uuden-Seelannin kylmämuovattujen teräsrakenteiden standardissa AS/NZS 4600:2018 [6]
- Menetelmän edut:
 - Kustannus- ja materiaalisäästöt
 - Materiaalin plastisoituminen/ kuormien uudelleenjakautuminen/ perinteistä menetelmää tarkempi laskenta
 - Turvallisuuden parantaminen
 - Rakenteen todellisen käyttäytymisen ymmärtäminen
 - Suunnittelun järkevöittäminen
 - Laskentamallien, insinööriosaimisen ja materiaalien täysi hyödyntäminen

Tehty DDM Tutkimus Tampereen yliopistossa

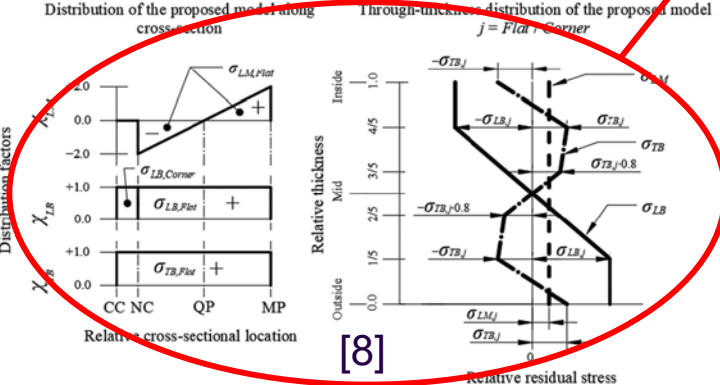
- Lauri Jaamala
- Kristo Mela
- Henna Hietikko-Kaukola
- Yhteistyökumppanina:



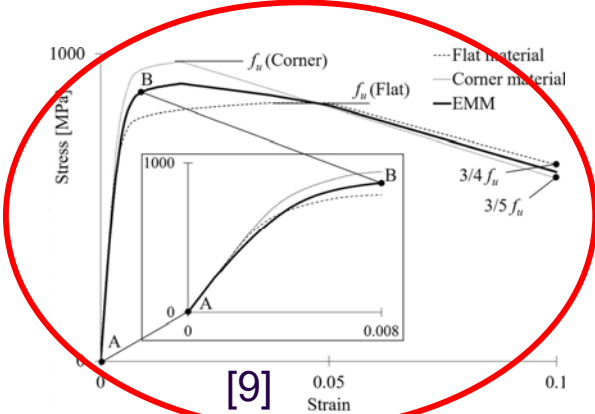
[7]



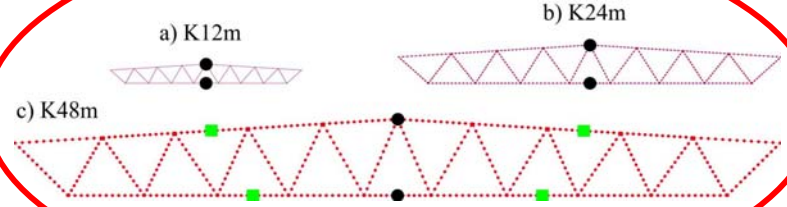
[12]



[8]



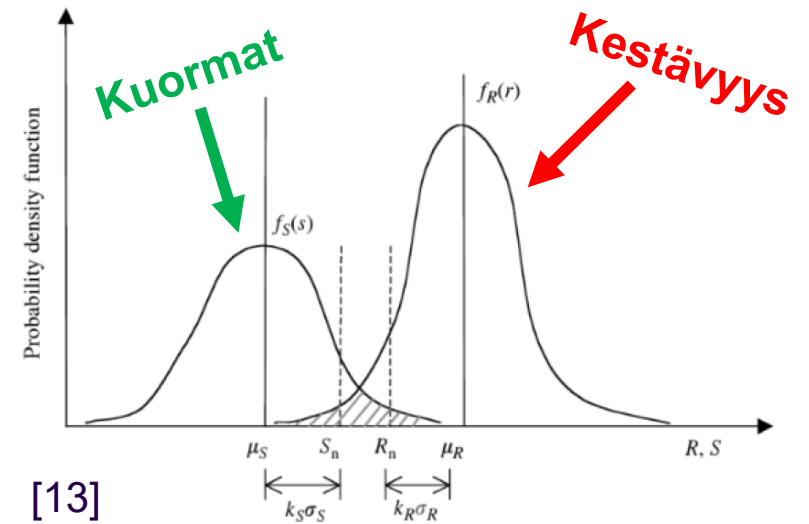
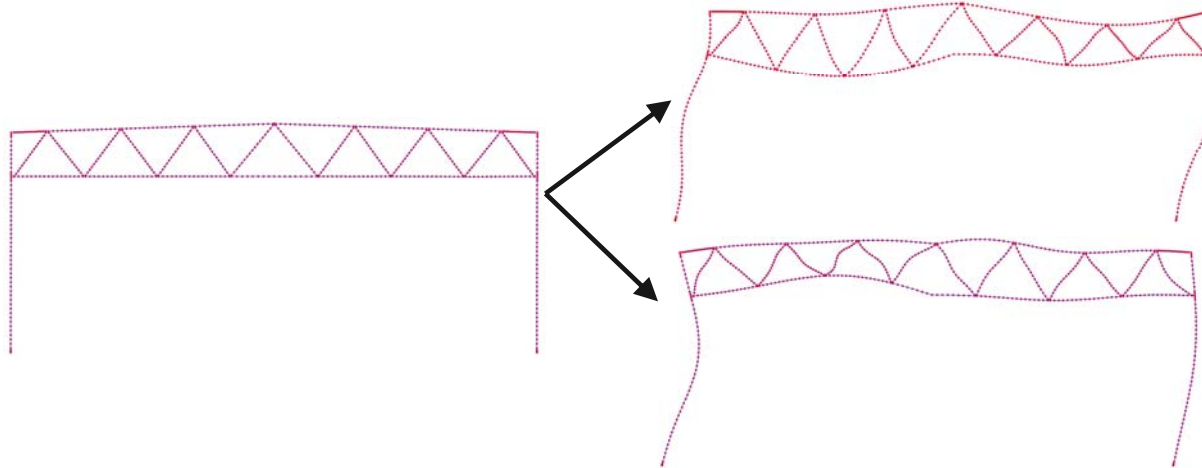
[9]



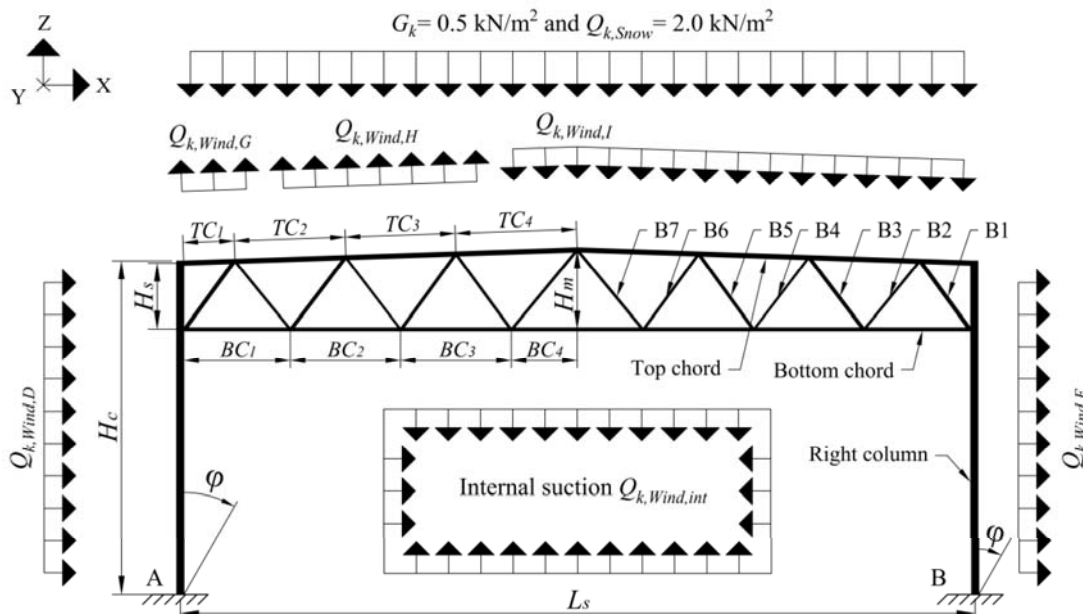
[10,11]

Varmuuskerroin γ_{ADM} (Menetelmän kehitysvaihe)

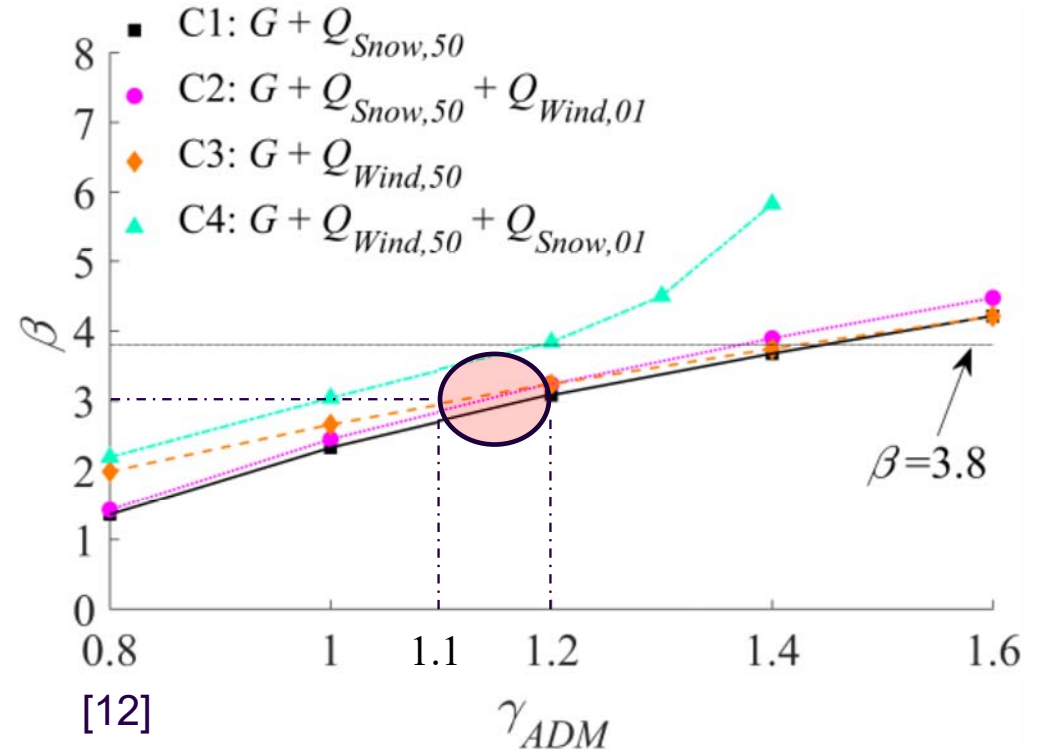
- Steemitason luotettavuusanalyysi
 1. Rakennesysteemin **kestävyysjakauma** Monte-Carlo simulaatioilla
 2. **Kuormien** tilastolliset mallit kirjallisuudesta
 3. Luotettavuusindeksi β ja sitä vastaava γ_{ADM} ensimmäisen kertaluvun luotettavuusanalyysillä
- Rakenneperhekohtainen!



Systemivarmuuseroin portaaliristikoiille



[12]

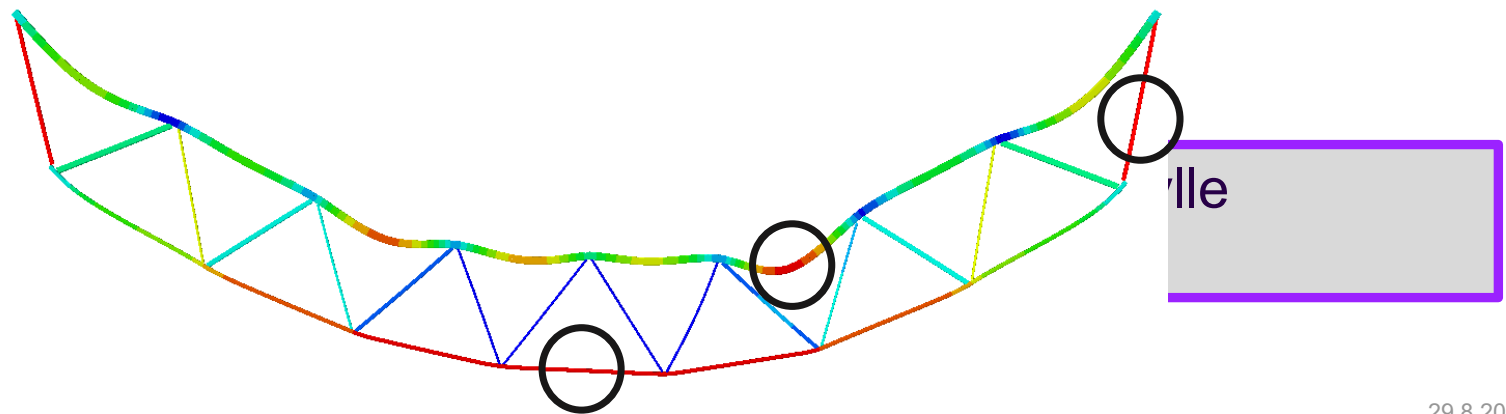


[12]

Miksi suora mitoitusmenetelmä, miksei GMNIA?

- GMNIA = **G**eometrically and **M**aterially **N**onlinear **A**nalysis with **I**mperfections
 - EN 1993-1-6 => GMNIA
 - prEN 1993-1-14, "Design assisted by finite element analysis".
- GMNIA ei ole vielä valmis monimutkaisille rakennesysteemeille, esim. kattoristikoilta:
 - Mallinnusepätkä tarkkuuden määrittäminen insinööreille vaikeaa
 - Vauriomuotokohtaiset varmuuskertoimet aiheuttavat ristiriitaa tai ylikonservatiivisuutta sellaisissa rakenteissa, joissa voi ilmetä monia erilaisia vauriomuotoja
 - GMNIA pohjautuu rakenneosakohtaiseen luotettavuustarkasteluun, vaikka meidän pitäisi olla enemmänkin kiinnostuneita itse lopputuotteen luotettavuudesta (systemitaso)
- Suora mitoitusmenetelmä selvittää nämä GMNIA:n haasteet systemitason luotettavuustarkastelulle

Suora mitoitusmenetelmä
rakennepäälle



Kehitysvaiheessa oleva tulevaisuuden mitoitustyökalu!

Lähteet

- [1] Liu W, Zhang H, Rasmussen K (2018) System reliability-based Direct Design Method for space frames with cold-formed steel hollow sections. *Engineering Structures* 166:79-92.
- [2] Arrayago I., Rasmussen K. (2021) System-based reliability analysis of stainless steel frames under gravity loads. *Engineering Structures* 231:111775
- [3] Arrayago I., Rasmussen K., Zhang H. (2022) System-based reliability analysis of stainless steel frames subjected to gravity and wind loads. *Structural Safety* 97:102211.
- [4] Cardoso F., Rasmussen K, Zhang H (2019) System reliability-based criteria for the design of steel storage rack frames by advanced analysis: Part 1 – Statistical characterisation of system strength. *Thin-Walled Structures* 141: 713-724.
- [5] Zhang H, Shayan S, Rasmussen K, Ellingwood B (2016) System-based design of planar steel frames, I: Reliability framework. *Journal of Constructional Steel Research* 123: 135-143.
- [6] Cold-formed steel structures AS/NZS 4600:2018, Australian/ New Zealand Standard, Third edition 2018.
- [7] SSAB, <https://www.ssab.com/en/brands-and-products/steel-categories/tubular-products>, (17.5.2023).
- [8] Jaamala L., Mela K., Laurila J., Rinne M., Peura P. Probabilistic modelling of residual stresses in cold-formed rectangular hollow sections. *J Constr Steel Res* 2022;189: 107108.
- [9] Jaamala L., Mela K., Tulonen J. (2022) Hyvärinen A., Effective material model for cold-formed rectangular hollow sections in beam element-based advanced analysis. *Journal of Constructional Steel Research* 198:107569.
- [10] Jaamala L., Mela K., Tulonen J., Hyvärinen A. (2023) Eurocode-compliant system safety factor for advanced design of hollow section Warren trusses, *Engineering Structures* 288: 116198.
- [11] Jaamala L., Mela K. (2023) Towards a practicable GMNIA procedure in the footsteps of the Direct Design Method. *Ce/Papers*, Hyväksytty julkaistavaksi Eurosteel 2023 konferenssijulkaisussa.
- [12] Jaamala L., Hietikko-Kaukola H., Mela K., Tulonen J., Hyvärinen A. (2023) Eurocode-compliant system-level reliability analyses of Warren truss portal frames under climatic loads, *Lähetetty Structural Safety-lehteen*.
- [13] Manoj N (2016) First-order Reliability Method: Concepts and Application, Additional Graduation Thesis, Delft University of Technology.