

Kurs – ”Trekonstruksjoner med spikerplater” → Vindlaster

- Referansevindhastighet v_{REF}

Vindhastigheten i en 10 minutters periode i høyde 10 m over flatt terreng med terrengruhet II

- Basisvindhastighet v_b

Vindhastigheten korrigert for vindretning, årstidsvariasjon, høyde over havet og sannsynlighet for overskridelse → **C-faktorene**

- Stedsvindhastighet v_s

Vindhastigheten korrigert for terrengruhet 0 - IV og hastighetsendring som følge av at luften strømmes over åser, skråninger og fjell

Kurs – ”Trekonstruksjoner med spikerplater” → Vindlaster

- Vindkasthastighet v_{kast}

Vindhastigheten i kortvarige vindkast. Influert av turbulens på grunn av terrengets ruhet og topografi

- Alt dette går an å ”kose” seg med, men det tar tid!
- **Derfor bruker vi tillegg E:** (selv om det er mer enn nok faktorer der også !)
”Forenklet” beregning av hastighetstrykket fra vindkasthastigheten:
- Formelen er:
 - $q(z)_{\text{kast}} = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot c_{\text{RET}}^2 \cdot c_{\text{HOH}}^2 \cdot c_{\text{ARS}}^2 \cdot c_{\text{SAN}}^2 \cdot q_{\text{KO}}(z)$

Kurs – ”Trekonstruksjoner med spikerplater” → Vindlaster

$$q(z)_{\text{kast}} = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot c_{\text{RET}}^2 \cdot c_{\text{HOH}}^2 \cdot c_{\text{ARS}}^2 \cdot c_{\text{SAN}}^2 \cdot q_{\text{ko}}(z)$$

- k_1 : Justerer for vindakselerasjon over åser og skråninger $1,0 < k_1 < 2,6$ (E.4.3, E.4.1)
- k_2 : Justerer for vindkastøkning på lesiden av bratt terreng $1,0 < k_2 < 1,5$ (E.5)
- k_3 : Justerer for tilgrensede områder med annen ruhet $0,6 < k_3 < 1,65$ (E.6)
- c_{RET} : Tar hensyn til vindretning (vanligvis lik 1,0) $0,7 < c_{\text{RET}} < 1,0$ (A.2)
- c_{HOH} : Tar hensyn høydenivået – øker mellom H_0 og H_{topp} $1,0 < c_{\text{HOH}} < 1,5$ (A.4)
- c_{ARS} : Tar hensyn til årsvariasjon $0,8 < c_{\text{ARS}} < 1,0$ (A.3)
- c_{SAN} : Tar hensyn annen årlig sannsynlighet for overskridelse $1,0 < c_{\text{SAN}}$ (5.1)

- $q_{\text{ko}}(z)$: Grunnverdi for hastighetstrykk – tar kun hensyn til høyde Z over terrenget og terrengruhet (0 – IV) på byggestedet.

Finnes i E.3 eller ved bruk av faktoren k_W i kompendiet og V_{REF} : $q_{\text{ko}}(z) = k_W \cdot V_{\text{REF}}^2$

Kurs – ”Trekonstruksjoner med spikerplater” → Vindlaster

- **Opplysninger om bygget:**

Bygget ligger i Ringeby kommune.

Høyde over terrenget (z) = 9 m

Terrengruhet (0 – IV) = II

Høyde på byggestedet (H) = 200 m. o. h.

- **Først finnes grunnverdi for hastighetstrykk $q_{k0}(z)$**

Referansevindhastighet for Ringeby: $V_{REF} = 22$ m/s

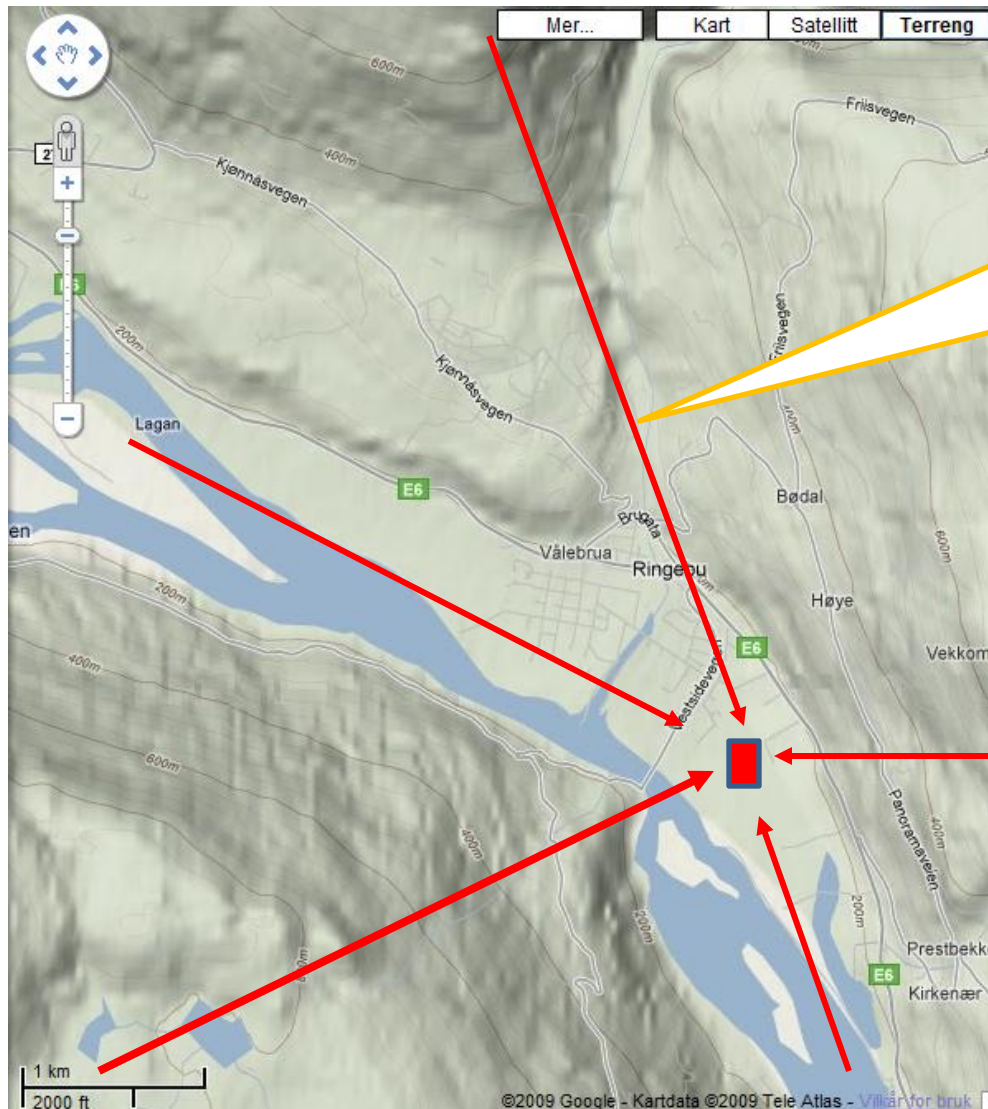
Høyde over terrenget (z) = 9 m

Terrengruhet (0 – IV) = II

Fra diagram side 94 i standarden finnes $q_{k0}(z) = 690$ N/m² - eller vi kan finne k_W på side 93 i kompendiet og bruke formelen $q_{k0}(z) = k_W \cdot V_{REF}^2 = 1,43 \cdot 22^2 = 693$ N/m²

Vi bruker $q_{k0}(z) = \underline{693}$ N/m²

Kurs – "Trekonstruksjoner med spikerplater" → Vindlaster



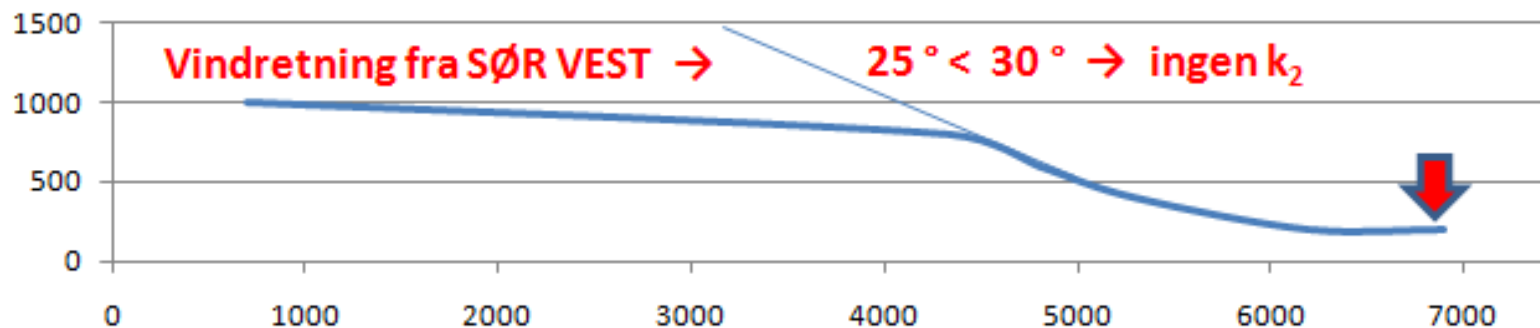
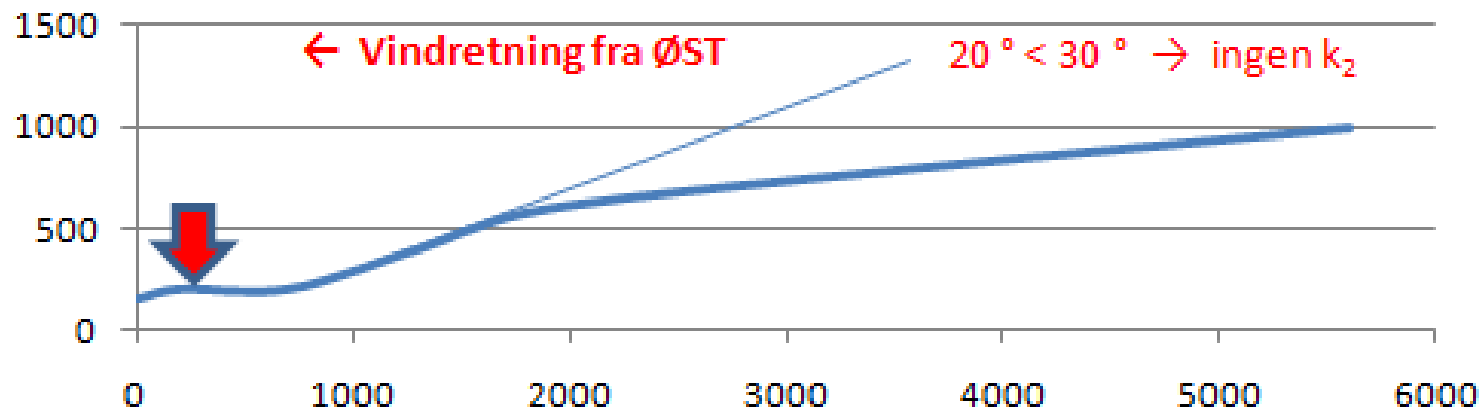
Vi ser på
terrengprofilene i de
ulike vindretningene:
Har vi noen k-faktorer?
(k_1 , k_2 , k_3)

k_1 : Justerer for vindakselerasjon
over åser og skråninger →
Nei! - $k_1 = 1,0$

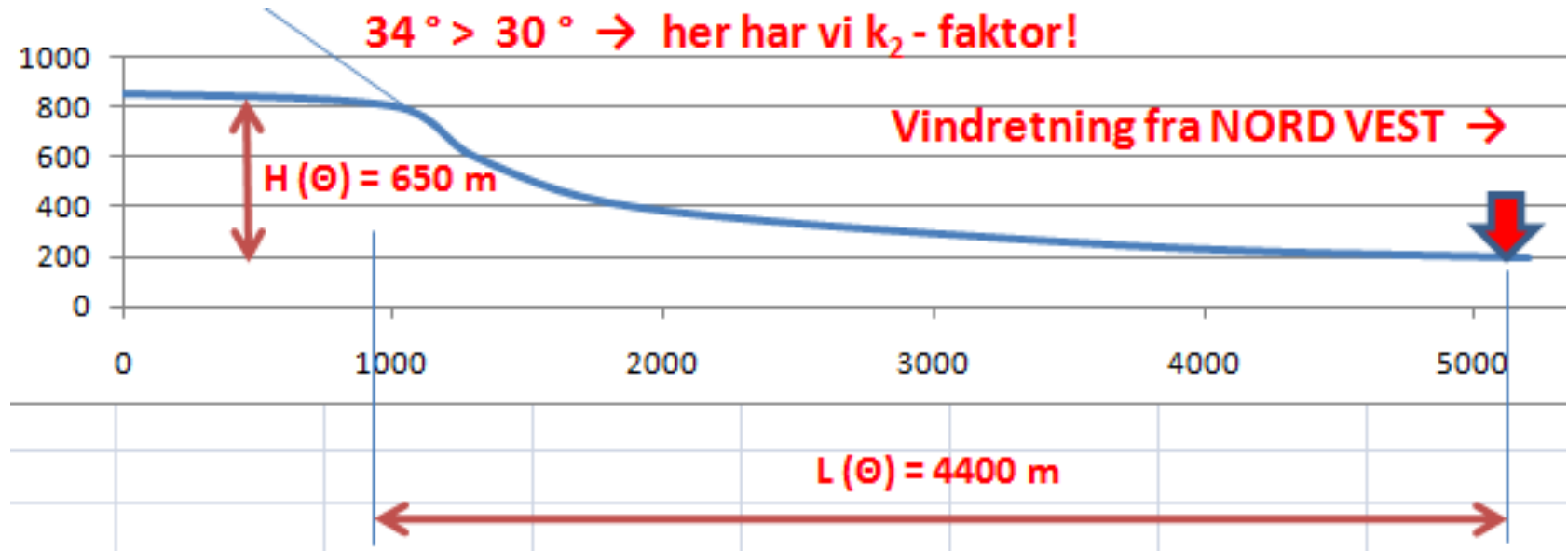
k_2 : Justerer for vindkastøkning
på *lesiden* av bratt terreng →
Ja, kanskje!

k_3 : Justerer for *tilgrensede*
områder med annen ruhet →
Ja, kanskje!

Kurs – "Trekonstruksjoner med spikerplater" → Vindlaster



Kurs – "Trekonstruksjoner med spikerplater" → Vindlaster



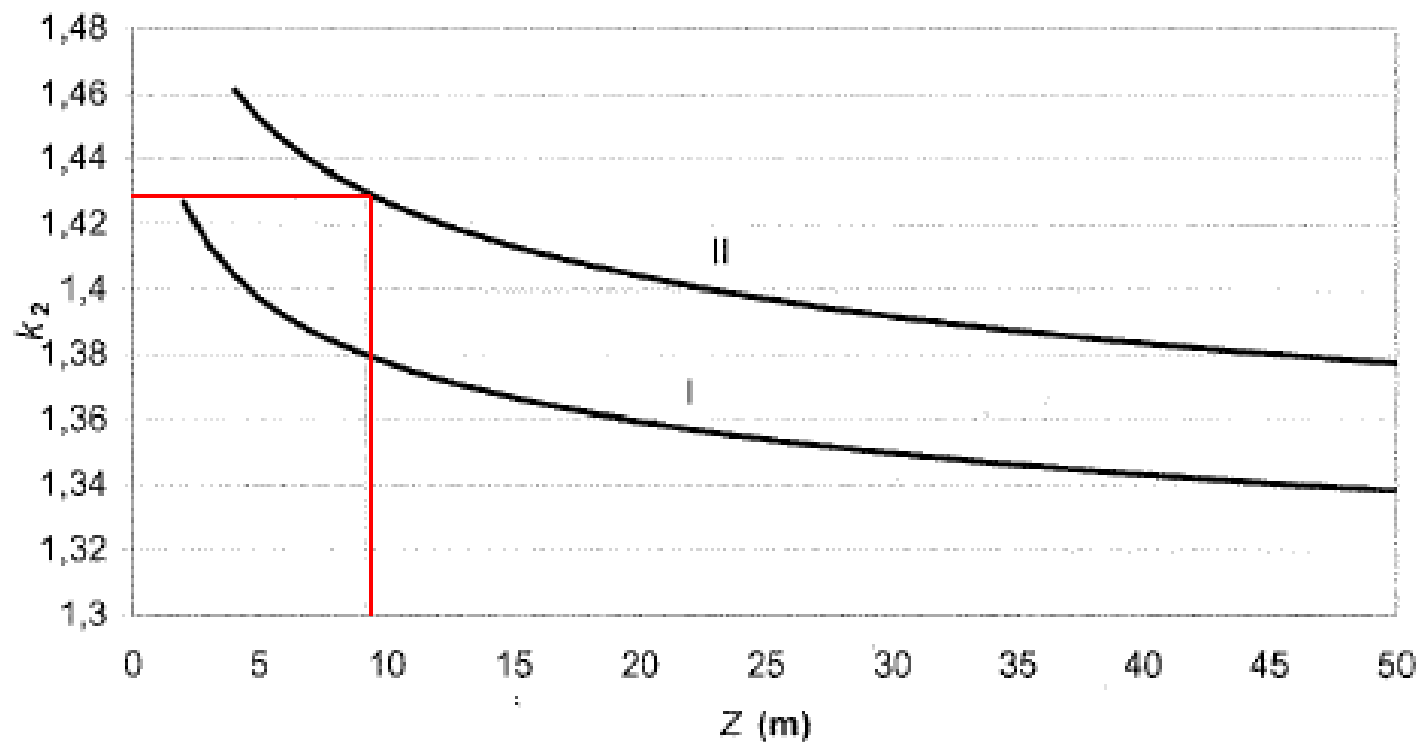
$$10 H(\Theta) = 6500 \text{ m}$$

$$L(\Theta) < 10 H(\Theta) \rightarrow c_t = 1,0 \text{ og } c_{tt} = 1,75$$

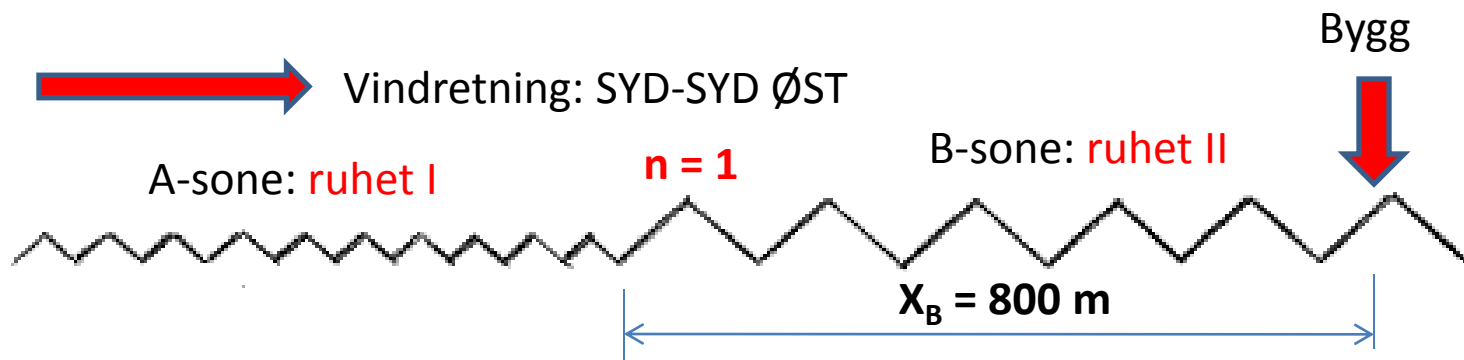
Terrengruhet: II , Høyde over terreng: $Z = 9,0 \text{ m}$

Fra figur E.13, side 104 i standarden: → $k_2 = 1,43$

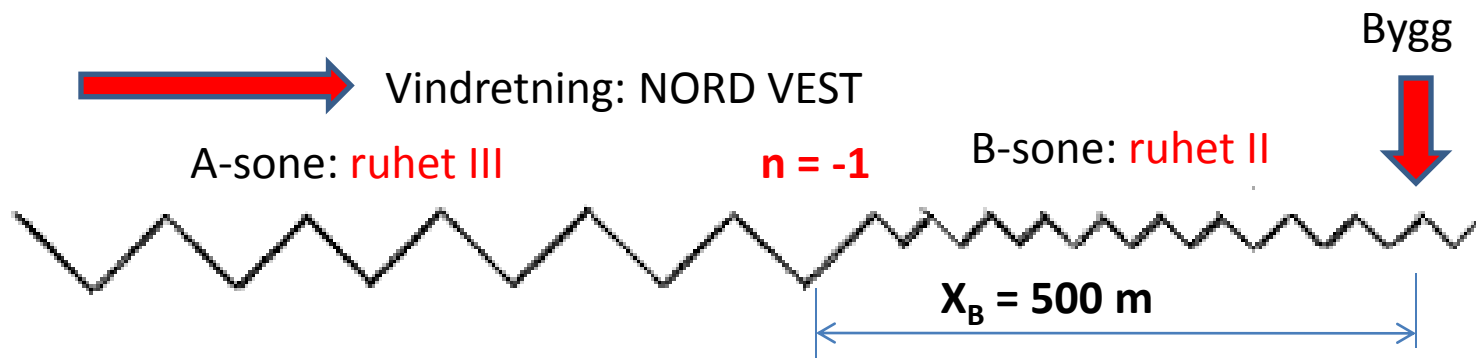
Kurs – "Trekonstruksjoner med spikerplater" → Vindlaster

Figur E.13 – Faktoren k_2 for $c_t = 1,0$ og $c_{tt} = 1,75$. Terrengruhetskategori I – II.

Kurs – ”Trekonstruksjoner med spikerplater” → Vindlaster



k_3 – verdien velges alltid ut fra A-sonens ruhet! Fra tabell E.1 a i standarden: $k_3 = 1,14$ (interpolert)



Fra tabell E.1 b i standarden: $k_3 = 0,9$

Kurs – "Trekonstruksjoner med spikerplater" → Vindlaster

For en verdi av n kan det i tabell E.1 finnes fra 1 til 4 verdier av k_3 for samme x_B , avhengig av hvilket terrengkategorinummer jf. tabell 1 som gjelder for A-sonen (A= I, II, III, eller IV i tabell E.1 a) og A= 0, I, II, III i tabell E.1b), jf figur 2. (I tabellen velges alltid den k_3 –verdien som svarer til A-sonens aktuelle terrengkategorinummer)

Tabell E.1 Verdier av overgangssonefaktor k_3 i ligning E.1.

a) For positive n (vindretning fra glatt til ru sone)

n	x_B km															
	0,5				2,5				5,0				10,0			
	A sone				A sone				A sone				A sone			
	0	I	II	III	0	I	II	III	0	I	II	III	0	I	II	III
1	1,15	1,15	1,10	1,10	1,05	1,05	1,00	1,05	1,05	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2	1,30	1,25	1,25	-	1,10	1,05	1,05	-	1,05	1,00	1,00	-	1,00	1,00	1,00	-
3	1,45	1,40	-	-	1,15	1,10	-	-	1,05	1,00	-	-	1,00	1,00	-	-
4	1,65	-	-	-	1,15	-	-	-	1,05	-	-	-	1,00	-	-	-

Vindretning:
SYD-SYD ØST

b) For negative n (vindretning fra ru til glatt sone)

n	x_B km															
	0,5				2,5				5,0				10,0			
	A sone				A sone				A sone				A sone			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
-1	0,90	0,90	0,90	0,90	0,95	0,95	1,00	0,95	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
-2	-	0,85	0,85	0,75	-	0,90	0,95	0,95	-	0,95	1,00	1,00	-	0,95	1,00	1,00
-3	-	-	0,70	0,65	-	-	0,85	0,85	-	-	0,95	0,95	-	-	-	-
-4	-	-	-	0,60	-	-	-	0,80	-	-	-	0,95	-	-	-	-

Vindretning:
NORD VEST

Kurs – ”Trekonstruksjoner med spikerplater” → Vindlaster

k_2 og k_3 faktorene kan ikke opptre samtidig, fordi de representerer ulike vindretninger. Dermed brukes kun den største – altså $k_2 = 1,43$

Av C-faktorene bør C_{HOH} vurderes dersom $v_{REF} < 30$ m/s

$$C_{HOH} = 1,0 + ((30 - v_{REF}) \cdot (H - H_0)) / (v_{REF} \cdot (H_{topp} - H_0))$$

Her ligger byggehøyden $H = 200$ m under $H_0 = 900$ m for Sør-Norge – altså $C_{HOH} = 1,0$

Ut fra dette blir hastighetstrykket $q(z)_{kast}$ på byggestedet:

$$q(z)_{kast} = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot c_{RET}^2 \cdot c_{HOH}^2 \cdot c_{ARS}^2 \cdot c_{SAN}^2 \cdot q_{k0}(z)$$

$$q(z)_{kast} = 1,0 \cdot 1,43 \cdot 1,0 \cdot 1,0^2 \cdot 1,0^2 \cdot 1,0^2 \cdot 1,0^2 \cdot 693 =$$

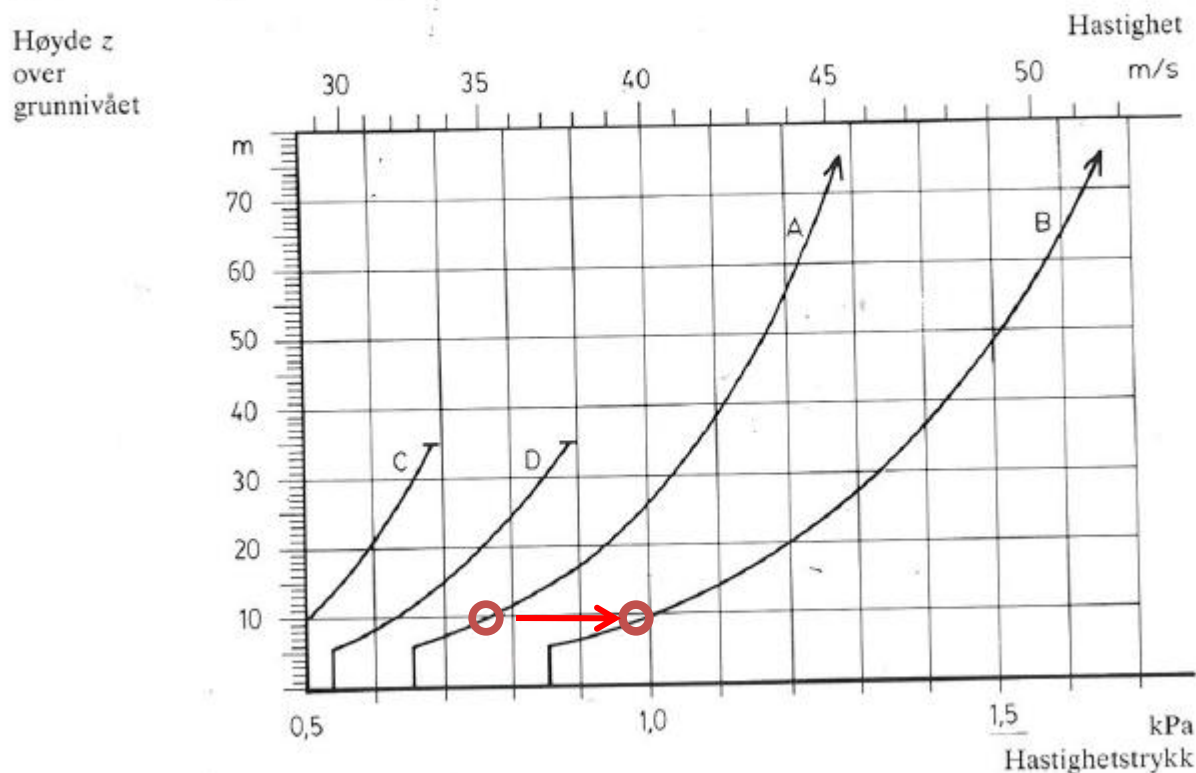
Kurs – ”Trekonstruksjoner med spikerplater” → Vindlaster

Til sammenligning – gammel standard:

Kurve A: $q(z)_{\text{kast}} = 760 \text{ N/m}^2$, kurve B: $q(z)_{\text{kast}} = 980 \text{ N/m}^2$

NS 3479

4.2.2.2 Vindhastighetens variasjon med beliggenhet og høyde over grunnivået

**Vi har beveget oss fra ikke værharde- til værharde strøk!**

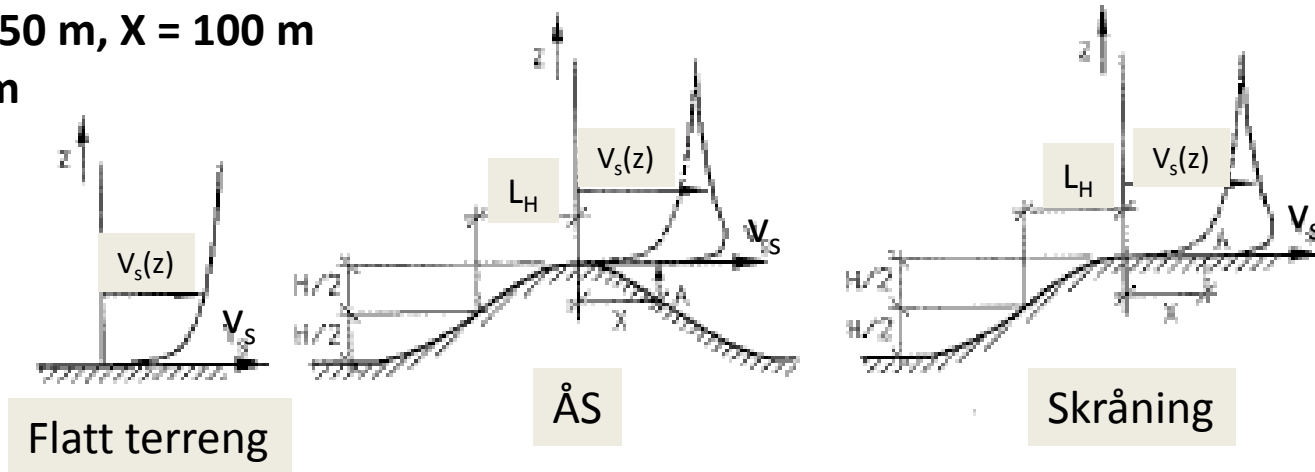
Figur 9 Hvordan vindhastighet og hastighetstrykk varierer med høyden over grunnivået

Kurs – "Trekonstruksjoner med spikerplater" → Vindlaster

Vi ser litt på åser og skråninger også - for eks. en ås:

$L_H = 150 \text{ m}$, $X = 100 \text{ m}$

$Z = 9 \text{ m}$



Figur 3 – Vindforsterkning over åser og skråninger i et vertikalt vindvektorplan gjennom byggestedet (A er et vilkårlig byggested)

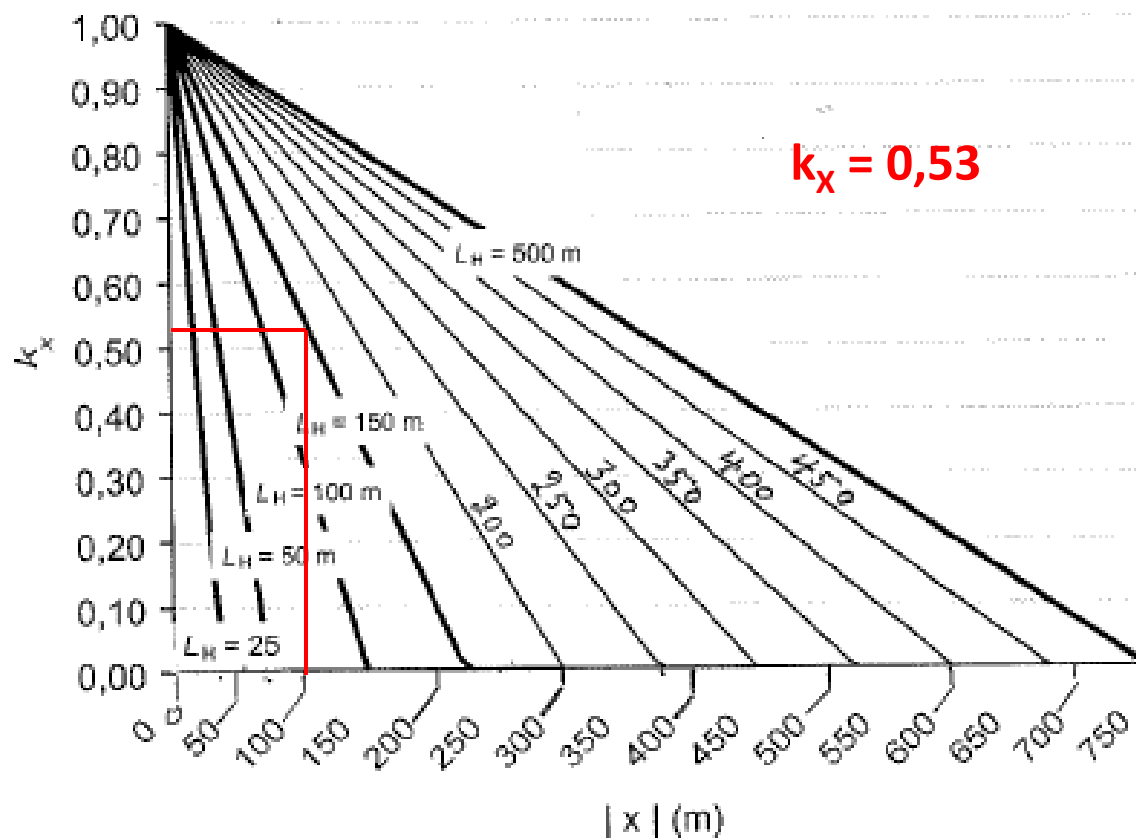
Først finnes topografifaktoren c_t fra E.4.3 i standarden:

$$c_t = 1 + k_t \cdot k_x \cdot k_z \cdot k_{3D} \cdot H/L_H \rightarrow (k_t = 2,0 \text{ for åser og } 1,8 \text{ for skråninger})$$

L_H og X brukes i Figur E.7 og Figur E.8 for å finne faktoren k_x

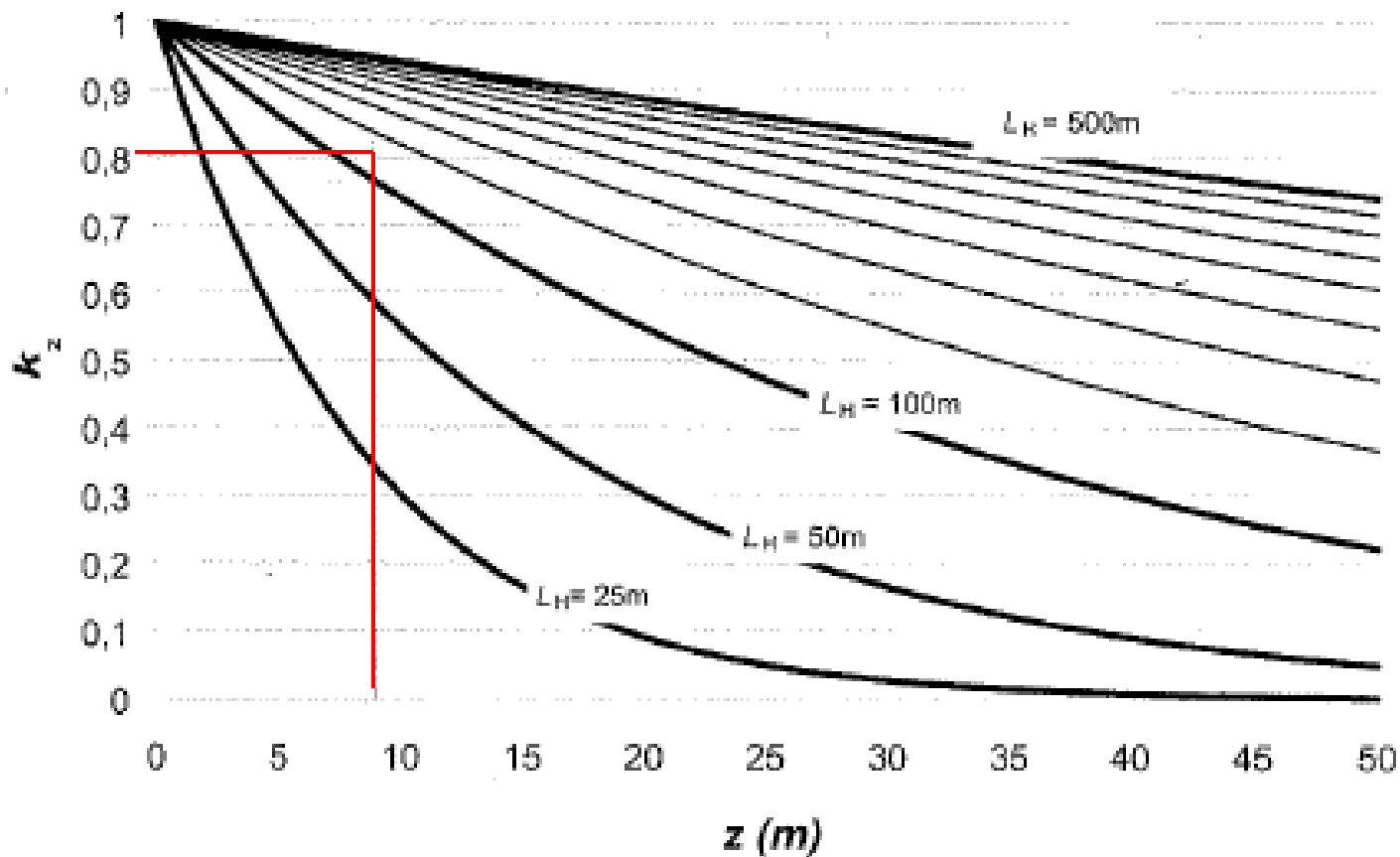
L_H og Z brukes i Figur E.9 og Figur E.10 for å finne faktoren k_z

Kurs – "Trekonstruksjoner med spikerplater" → Vindlaster



Figur E.7 – Faktor k_x ved horisontal avstand $|x|$ fra toppunkt av ås. Gjelder også for skråning når $x < 0$ (Se også figur 3)

Kurs – "Trekonstruksjoner med spikerplater" → Vindlaster



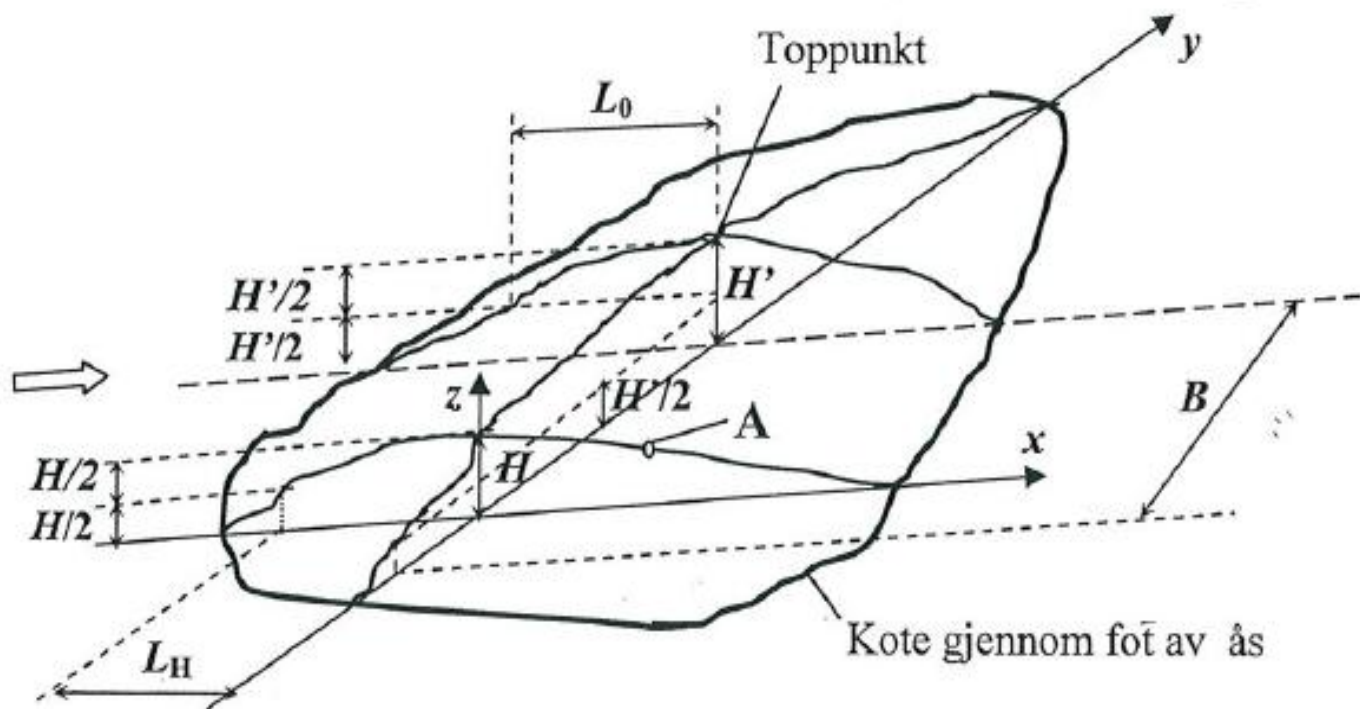
$$k_z = 0,81$$

Figur E.9 – k_z for topografifaktor med høyden z over ås (Se også figur 3)

Kurs – "Trekonstruksjoner med spikerplater" → Vindlaster

Topografifaktoren c_t .

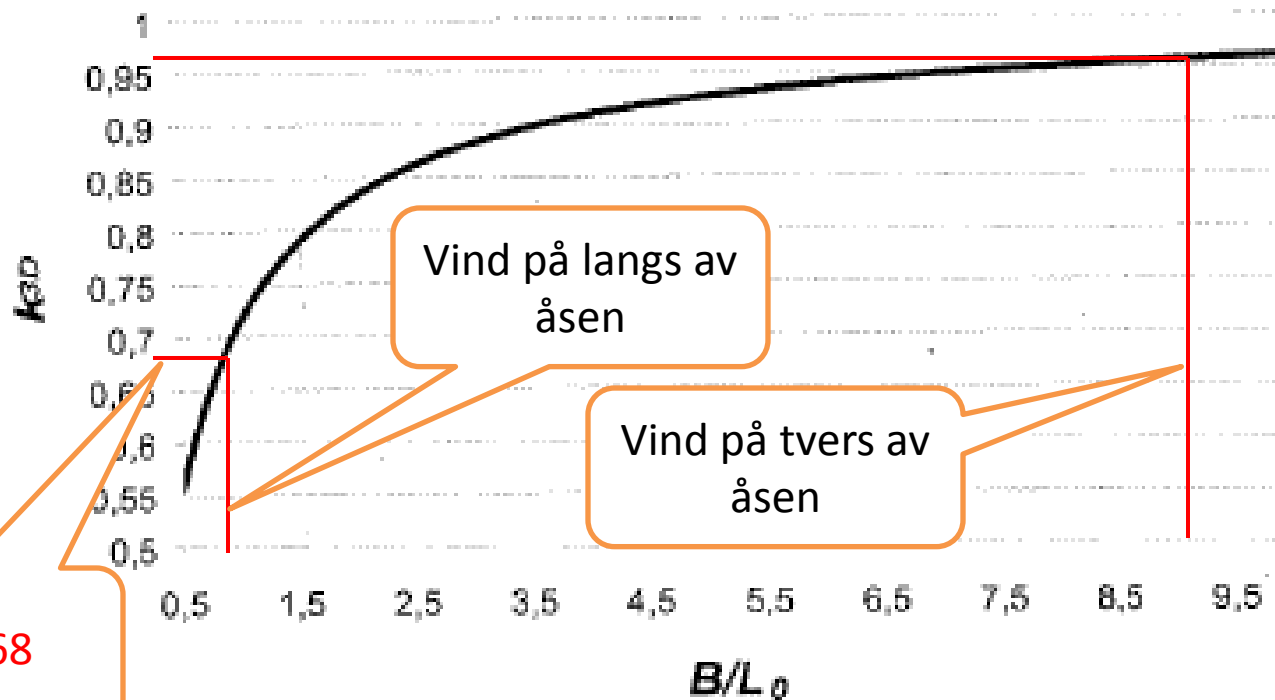
Den vindforsterkningen vi får over åser og skråninger vil avta med referansehøyden z over terrengoverflaten. Den vil dessuten avhenge av hvor på åsen byggestedet A ligger og av geometrien til åsen, se figur T:5.



Figur T:5 Geometrien til en irregulær ås med byggested A.

Velger $B = 60$ m og $L_0 = 75$ m
 $B/L_0 = 0,8$

Kurs – "Trekonstruksjoner med spikerplater" → Vindlaster

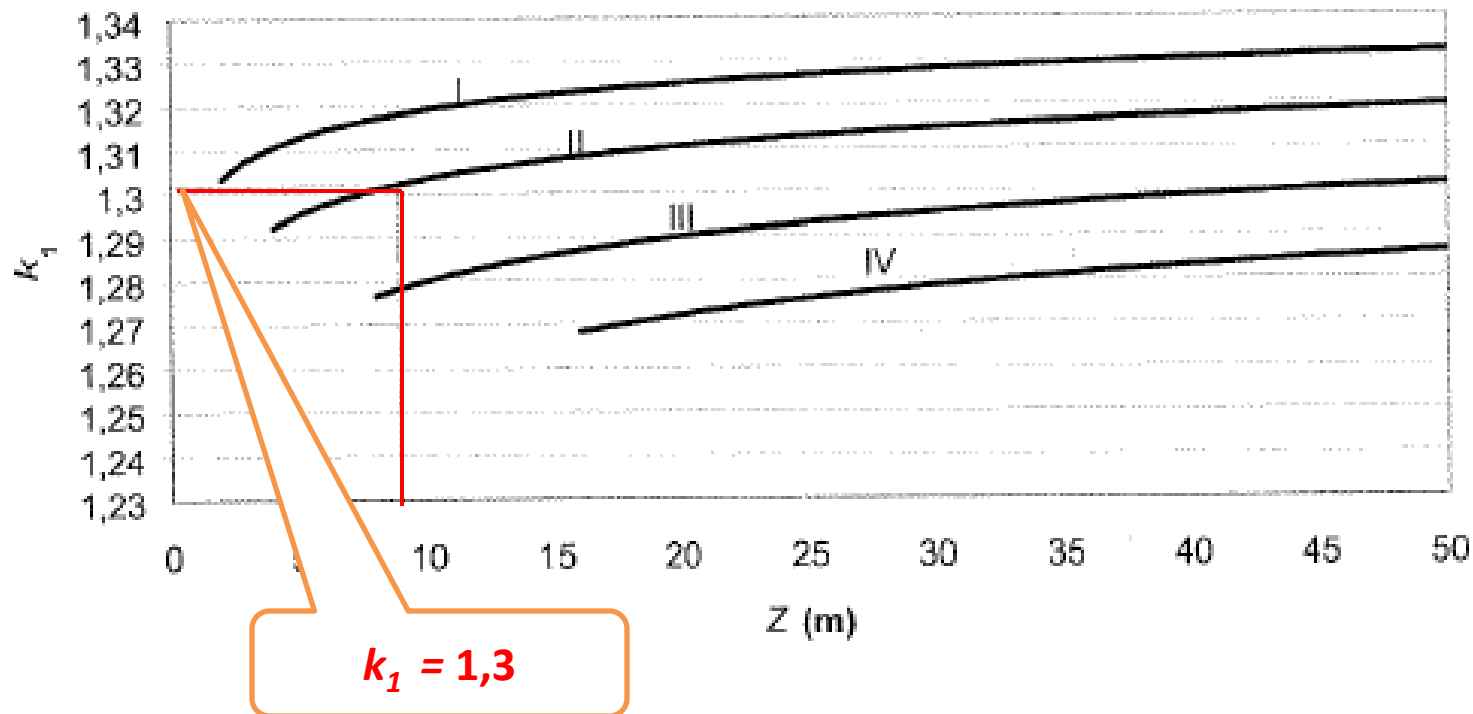


k_{3D} tar hensyn til om det blåser på langs eller på tvers av åsen

Figur E.11 – k_{3D} (Se også figurene 4 og 5)

Kurs – ”Trekonstruksjoner med spikerplater” → Vindlaster

$$c_t = 1 + k_t \cdot k_x \cdot k_z \cdot k_{3D} \cdot H/L_H = 1 + 2,0 \cdot 0,53 \cdot 0,81 \cdot 0,68 \cdot 60/150 = 1,2$$

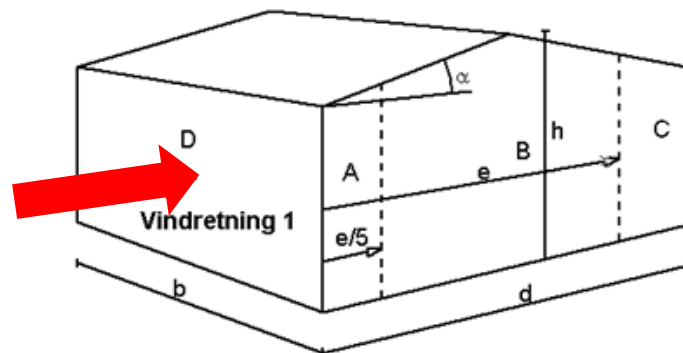
Figur E.3 – Faktoren k_1 for $c_1 = 1,2$

Kurs – "Trekonstruksjoner med spikerplater" → Vindlaster

Utvendige formfaktorer for vegger – vind mot langvegg:

INNDATA

Vindretning	=	1
b	=	40 000 mm
d	=	20 000 mm
h	=	9 000 mm
α	=	27,00°



Arealer

h-raft	=	3 905 mm
h/d	=	0,45
e	=	18 000
A	=	17,4 m ²
B	=	102,9 m ²
C	=	8,8 m ²
D	=	156,2 m ²
E	=	156,2 m ²

Utvendige formfaktorer avhengig av sone - C_{pe}

Sone	A	B	C	D	E
$C_{pe,10}$	-1,20	-0,80	-0,50	0,73	-0,35
$C_{pe,1}$	-1,40	-1,10	-0,50	1,00	-0,35
C_{pe}	-1,20	-0,80	-0,50	<u>0,73</u>	<u>-0,35</u>

Kurs – "Trekonstruksjoner med spikerplater" → Vindlaster

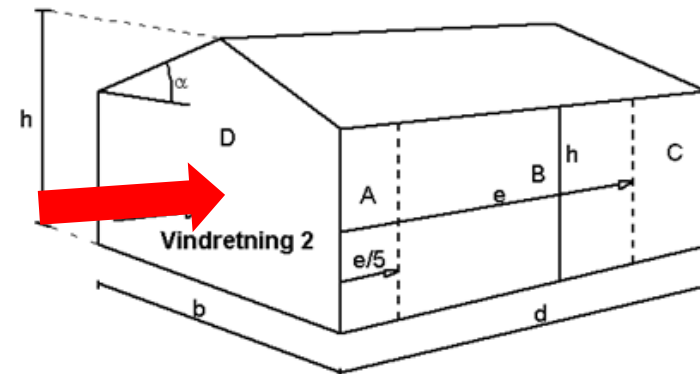
Utvendige formfaktorer for vegger – vind mot gavlvegg:

INNDATA

Vindretning	=	2
b	=	20 000 mm
d	=	40 000 mm
h	=	9 000 mm
α	=	27,00 °

Arealer

h-raft	=	3 905 mm
h/d	=	0,23
e	=	18 000
A	=	14,1 m ²
B	=	56,2 m ²
C	=	85,9 m ²
D	=	129,0 m ²
E	=	129,0 m ²



Utvendige formfaktorer avhengig av sone - C_{pe}

Sone	A	B	C	D	E
$C_{pe,10}$	-1,20	-0,80	-0,50	0,70	-0,30
$C_{pe,1}$	-1,40	-1,10	-0,50	1,00	-0,30
C_{pe}	-1,20	-0,80	-0,50	0,70	-0,30

Kurs – "Trekonstruksjoner med spikerplater" → Vindlaster

Utvendige formfaktorer for taket – **vind mot langvegg**:

INNDATA

b	=	40000 mm
d	=	20000 mm
h	=	9000 mm
θ	=	0°
Takvinkel	=	27,00°
c/c	=	600 mm

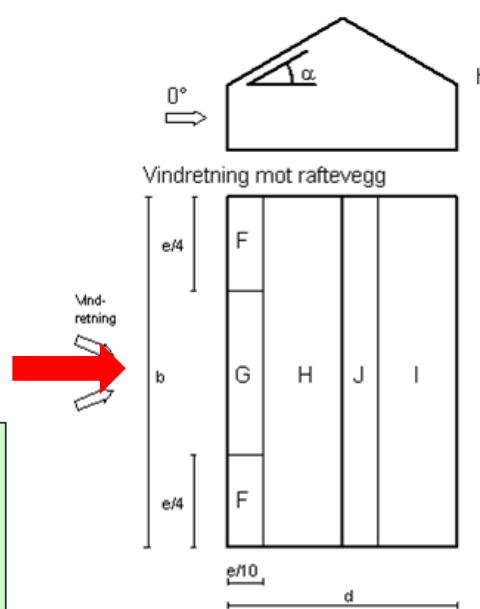
Gyldig takvinkel fra -45 til 75 grader.

Gyldig vindretning er 0 og 90 grader

Arealer

(takstol)

e	=	18000 mm	
F	=	8,1 m ²	1,08
G	=	55,8 m ²	1,08
H	=	328,0 m ²	4,92
I	=	328,0 m ²	4,92
J	=	72 m ²	1,08



Utvendige formfaktorer avhengig av sone - C_{pe}

Sone	F-sug	F-trykk	G-sug	G-trykk	H-sug	H-trykk	I-sug	I-trykk	J-sug	J-trykk
C _{pe,10}	-0,58	0,60								
C _{pe,1}	-1,60	0,60								
C _{pe}	-0,67	0,60								
C _{pe, takstol}	-1,57	<u>0,60</u>	-1,47	0,60	-0,22	<u>0,36</u>	<u>-0,40</u>	0,00	<u>-0,70</u>	0,00

$$\text{For } 1 < A < 10 \text{ m}^2 \rightarrow c_{pe} = c_{pe,1} + (c_{pe,10} - c_{pe,1}) \log_{10} A$$

$$A_{\text{takstol}} = 1,8 \cdot 0,6 = 1,08 \text{ m}^2 \rightarrow c_{pe} = -1,6 + (-0,58 - (-1,6)) \log_{10} 1,08 = -1,57$$

Kurs – "Trekonstruksjoner med spikerplater" → Vindlaster

Utvendige formfaktorer for taket – vind mot gavlvegg:

INNDATA

b	=	20000 mm
d	=	40000 mm
h	=	9000 mm
Θ	=	90 °
Takvinkel	=	27,00 °
c/c	=	600 mm

Gyldig takvinkel fra -45 til 75 grader.

Gyldig vindretning er 0 og 90 grader

Arealer

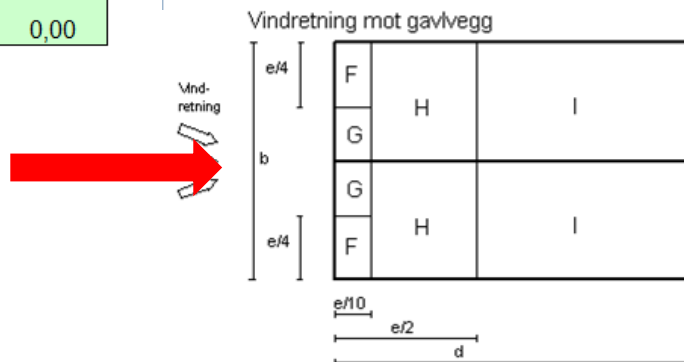
(takstol)

e	=	18000 mm	
F	=	8,1 m ²	2,70
G	=	9,9 m ²	3,30
H	=	72,0 m ²	6,00
I	=	310,0 m ²	6,00
J	=	0 m ²	0,00



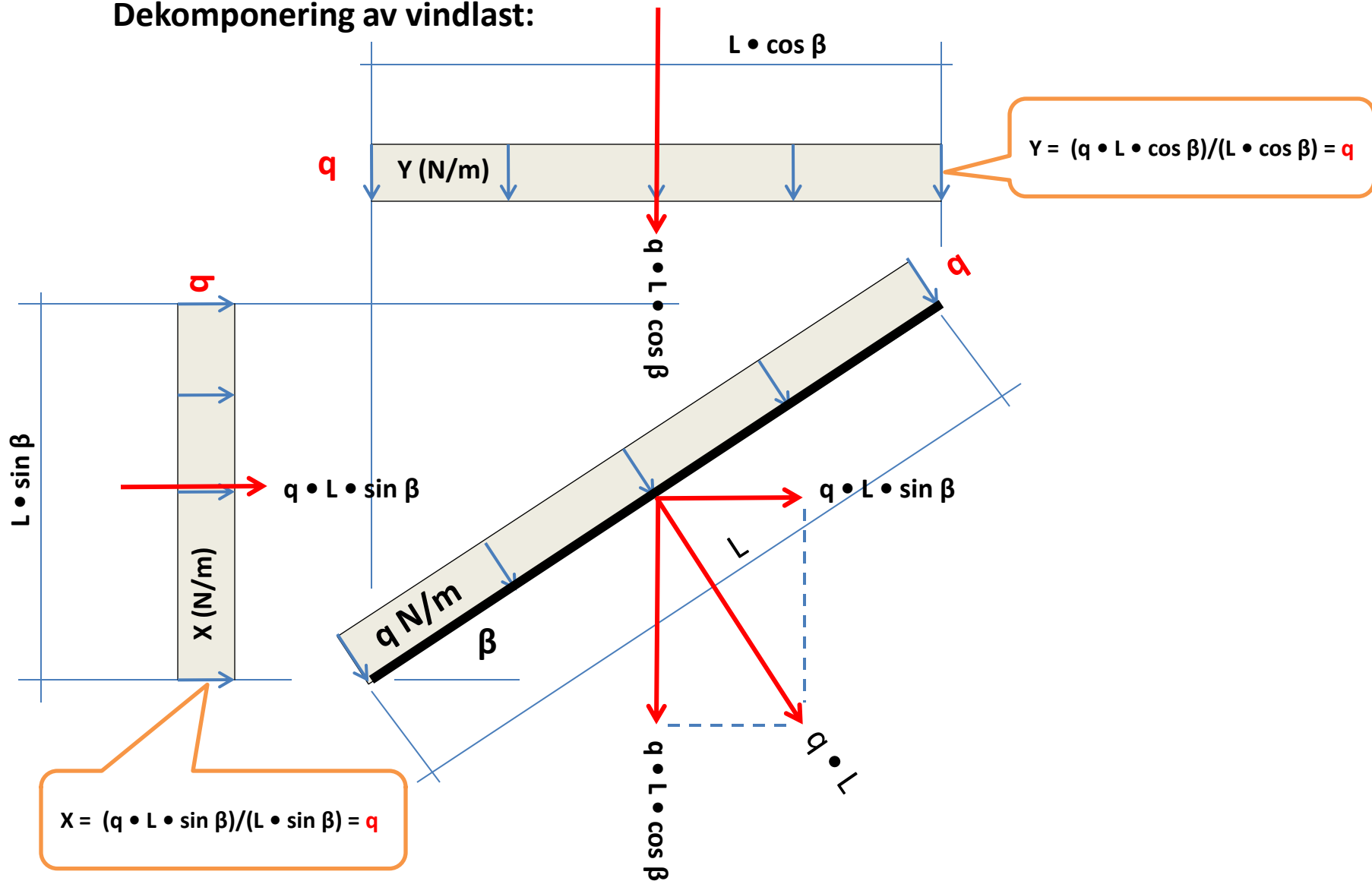
Utvendige formfaktorer avhengig av sone - C_{pe}

Sone	F-sug	F-trykk	G-sug	G-trykk	H-sug	H-trykk	I-sug	I-trykk	J-sug	J-trykk
C _{pe,10}	-1,14	0,00	-1,38	0,00	-0,76	0,00	-0,50	0,00		
C _{pe,1}	-1,60	0,00	-2,00	0,00	-1,20	0,00	-0,50	0,00		
C _{pe}	-1,18	0,00	-1,38	0,00	-0,76	0,00	-0,50	0,00		
C _{pe, takstol}	-1,40	0,00	-1,68	0,00	-0,86	0,00	-0,50	0,00		



Kurs – "Trekonstruksjoner med spikerplater" → Vindlaster

Dekomponering av vindlast:



Kurs – ”Trekonstruksjoner med spikerplater” → Vindlaster

Vi får da følgende formfaktorer for utvendig vindlast:

Langvegg lo side: $c_{pe} = 0,73$, Langvegg le side: $c_{pe} = - 0,35$

Gavlvegg lo side: $c_{pe} = 0,70$, Gavlvegg le side: $c_{pe} = - 0,30$

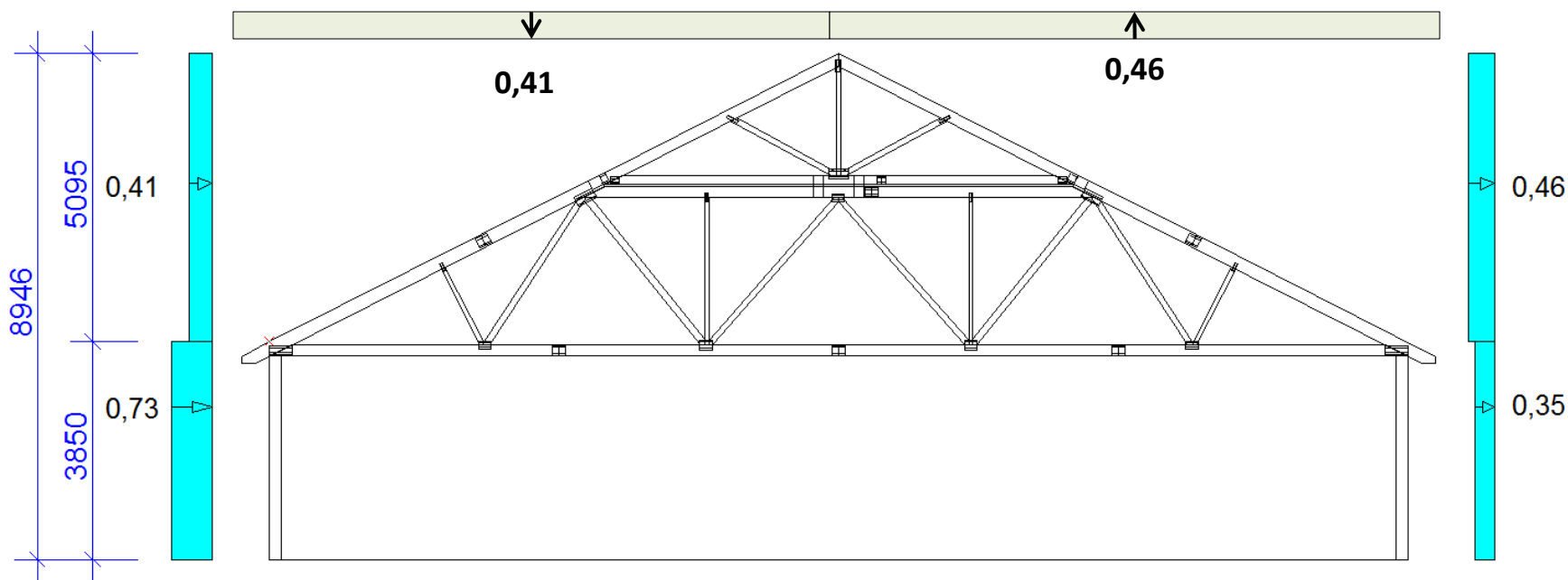
På taket vektes verdiene i forhold til sonenes utstrekning:

Sone F, G og J = $e/10 = 18000/10 = 1800$ mm. Dette utgjør $1800/10000 = 0,18$ av den ene takflaten.

Sone H og sone I blir da resten = $0,82$.

Tak lo side → $c_{pe} = 0,6 \cdot 0,18 + 0,36 \cdot 0,82 = 0,41$ (trykk)

Tak le side → $c_{pe} = - 0,7 \cdot 0,18 + - 0,4 \cdot 0,82 = - 0,46$ (sug)



Kurs – ”Trekonstruksjoner med spikerplater” → Vindlaster

Innvendig formfaktor c_{pi} – finnes fra Figur 19 i standarden.

Vi bruker for dette bygget den **ugunstigste av verdiene: 0,2 (trykk) og – 0,3 (sug)**

Den innvendige vindlasten kan ha betydning for dimensjonering av enkeltelementer, for eksempel veggstendere, men gir ingen samlet resultant horisontalt som påvirker avstivningssystemet.

Friksjonskrefter på taket fra vind:

Vi benytter overflatekategori ru - betongtakstein, korrugerte plater e. l.

$$F_{fr} \text{ (N)} = c_{fr} \cdot (A_{ref}) \cdot q_{kast} = 0,02 \cdot 20 \cdot 40 \cdot 991 = 15856 \text{ N} \rightarrow F_{fr} / L = 15856 / 40 = 397 \text{ N/m}$$

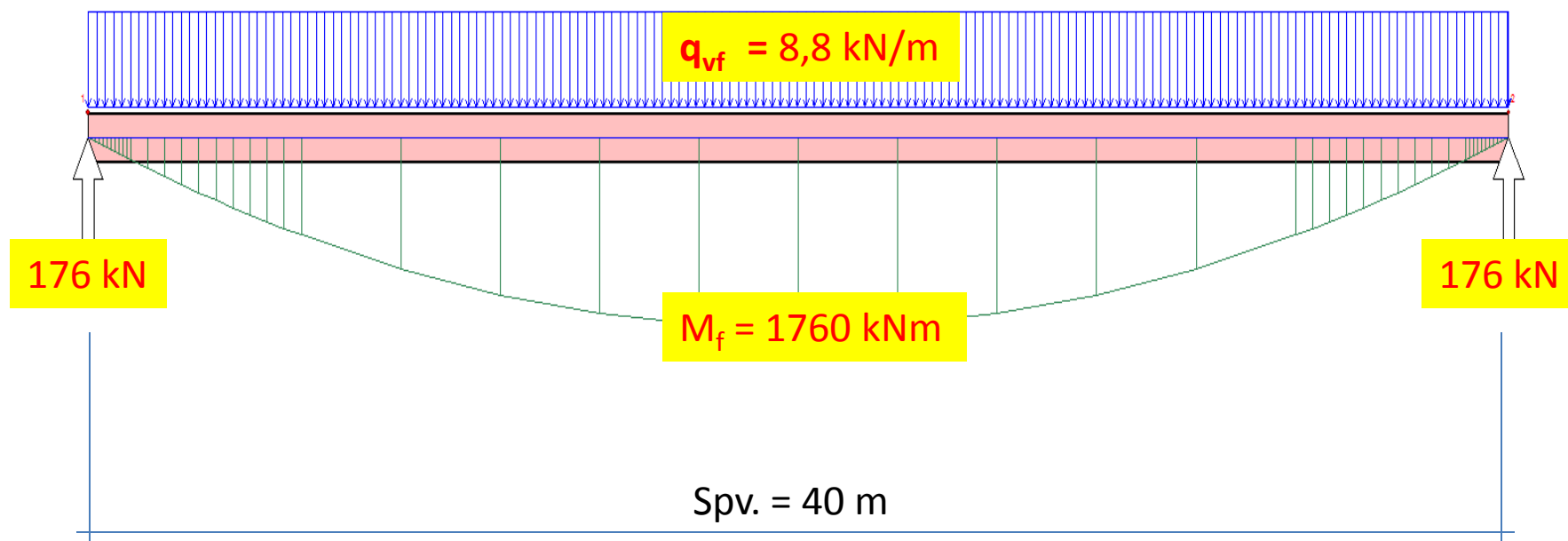
Dersom vi bruker takflaten eller himlingsflaten som avstivningssystem for vind mot langvegg, må disse skivene eller fagverkene kunne ta opp følgende linjelast:

$$q_v = 991 \cdot [(0,73 + 0,35) \cdot (3,85/2) + (0,41 + 0,46) \cdot 5,095] \cdot 0,85 = 5485 \text{ N/m} + F_{fr} / L$$

Vind er her dominerende last → lastfaktor $\gamma_M = 1,5$

$$q_{vf} = (5485 + 397) \cdot 1,5 = 8823 \text{ N/m} = 8,8 \text{ kN/m}$$

Kurs – "Trekonstruksjoner med spikerplater" → Vindlaster



Statisk system for skive/fagverk i takflate eller himling

Kurs – ”Trekonstruksjoner med spikerplater” → Vindlaster

Vindlast mot gavlvegg når himling brukes som avstivning:

Gavlvegg lo side: $c_{pe} = 0,70$, Gavlvegg le side: $c_{pe} = - 0,30$

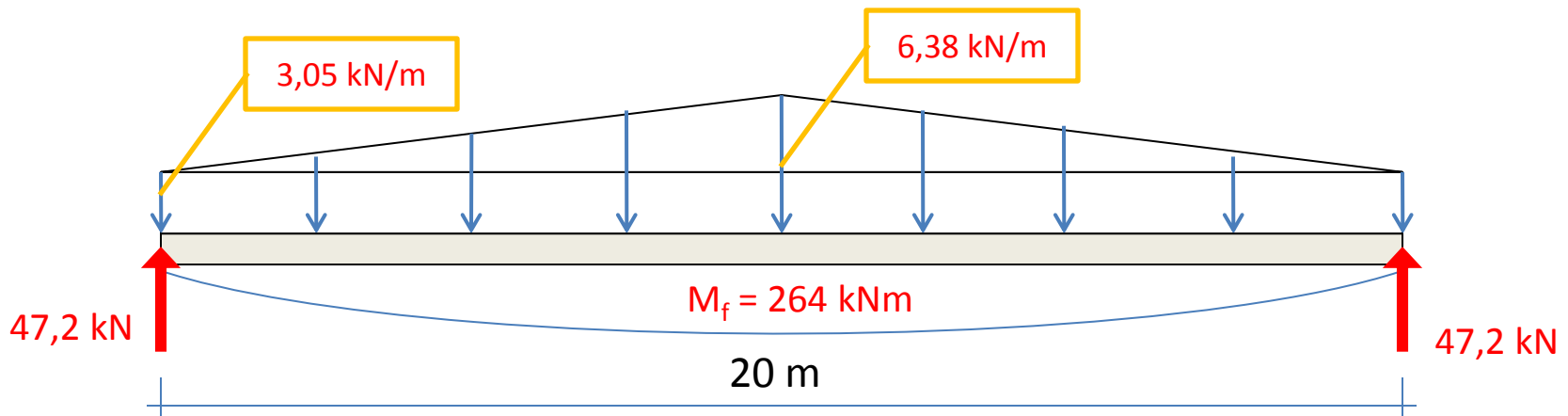
Vindsug på taket i sone F, G, H og I gir ingen horisontale krefter.

Gavlstendere regnes leddet i overkant vegg (samme høyde som langvegg). Da får avstivningssystemet i himlingsplanet følgende bruddlast (vind som dominerende last – lastfaktor 1,5):

$$q_{vR} = 1,5 \cdot 991 \cdot [(0,70 + 0,30) \cdot (3,85/2 + 0,25/2)] = 3047 \text{ N/m (ved raft)}$$

$$q_{vM} = 1,5 \cdot 991 \cdot [(0,70 + 0,30) \cdot (3,85/2 + 5,345/2)] = 6384 \text{ N/m (på midten)}$$

Bruddlast på avstivningssystem i **himlingsplanet** – gjelder for hver gavlvegg:



Kurs – "Trekonstruksjoner med spikerplater" → Vindlaster

Vind mot gavlvegg - det som gjenstår og må tas opp i takflaten:

Fra friksjonskraften i 15 m lengde av takflaten (vind dominerende last – lastfaktor 1,5):

$$F_{fr} \text{ (N/m)} = c_{fr} \cdot (A_{ref} / l) \cdot q_{kast} = 1,5 \cdot 0,02 \cdot (15 \cdot 20 / \cos 27) \cdot 991 = 10010 \text{ N} \rightarrow$$
$$F_{fr} / L = 10010 / 22,4 = 447 \text{ N/m}$$

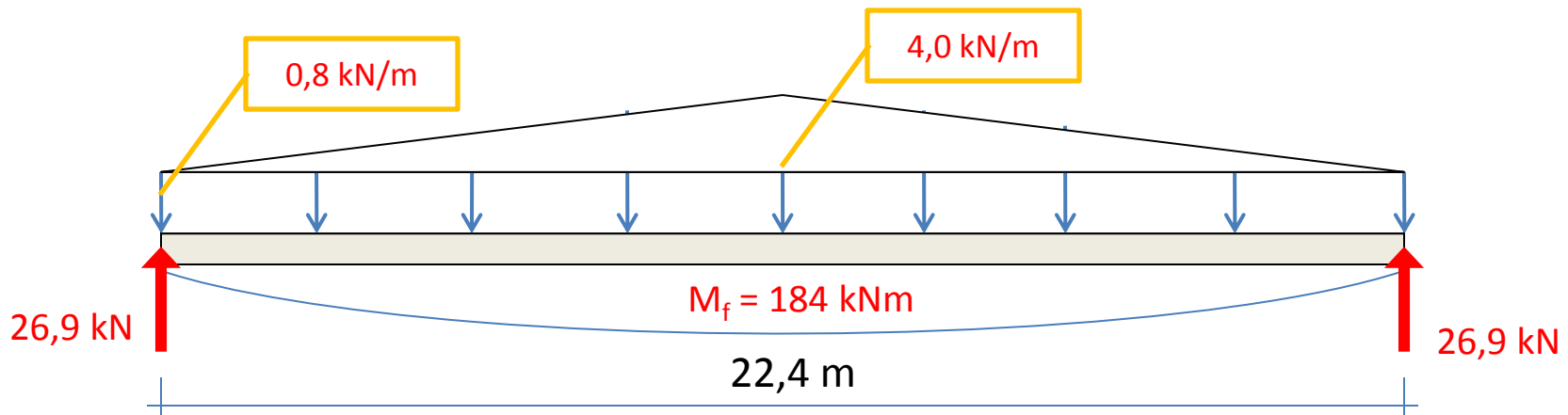
Fra resterende av gavltrekanten:

Lastbredde ved raft = 0,22 m, ved møne 2,38 m – vinkelrett på takflate.

$$q_{vR} = 1,5 \cdot 991 \cdot [(0,70 + 0,30) \cdot 0,22] = 327 \text{ N/m (ved raft)}$$

$$q_{vM} = 1,5 \cdot 991 \cdot [(0,70 + 0,30) \cdot 2,38] = 3538 \text{ N/m (på midten)}$$

Bruddlast på avstivningssystem i takflaten : NB! Kun vindlast!

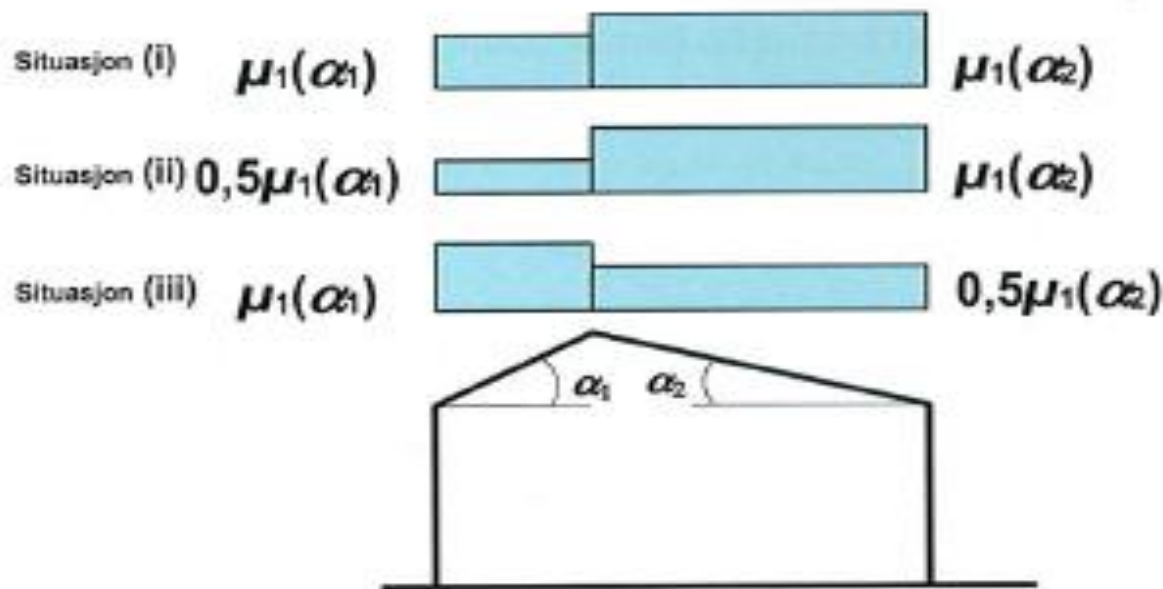


Kurs – "Trekonstruksjoner med spikerplater" → Snølast

Snølast:

Snølast på mark på byggestedet $s_k = 4,0 \text{ kN/m}^2$, Formfaktor $\mu_1 = 0,8$

Snølast på taket $s = \mu_1 \cdot s_k = 4,0 \cdot 0,8 = 3,2 \text{ kN/m}^2 \rightarrow 0,5 \mu_1 \cdot s_k = 0,5 \cdot 4,0 \cdot 0,8 = 1,6 \text{ kN/m}^2$



Figur 5.3 – Formfaktorer for snølast – saltak

Kurs – ”Trekonstruksjoner med spikerplater” → Snølaster

Egenlast:

Egenlast yttertak inkl. takstoler = $0,95 \text{ kN/m}^2$

Egenlast himling = $0,26 \text{ kN/m}^2$

Ekstra egenlast på horisontal overgurt = $0,20 \text{ kN/m}^2$ (på grunn av avstivningssystemet)

Nyttelast:

Nyttelast himling = $0,5 \text{ kN/m}^2$ innenfor fri høyde $0,6 \text{ m}$

Vi skal da se på situasjon 1 (lasttilfelle full snø + vind) for takstolen: (uten lastfaktorer)

Snølast $s = 3,2 \cdot 0,6 = 1,92 \text{ kN/m}$ (på overgurt)

Egenlast $g_o = (0,95 / \cos 27^\circ) \cdot 0,6 = 0,64 \text{ kN/m}$ (på overgurt)

Egenlast himling $g_u = 0,26 \cdot 0,6 = 0,16 \text{ kN/m}$ (på undergurt)

Egenlast horisontal overgurt $g_{ho} = 0,2 \cdot 0,6 = 0,12 \text{ kN/m}$ (på horisontal overgurt)

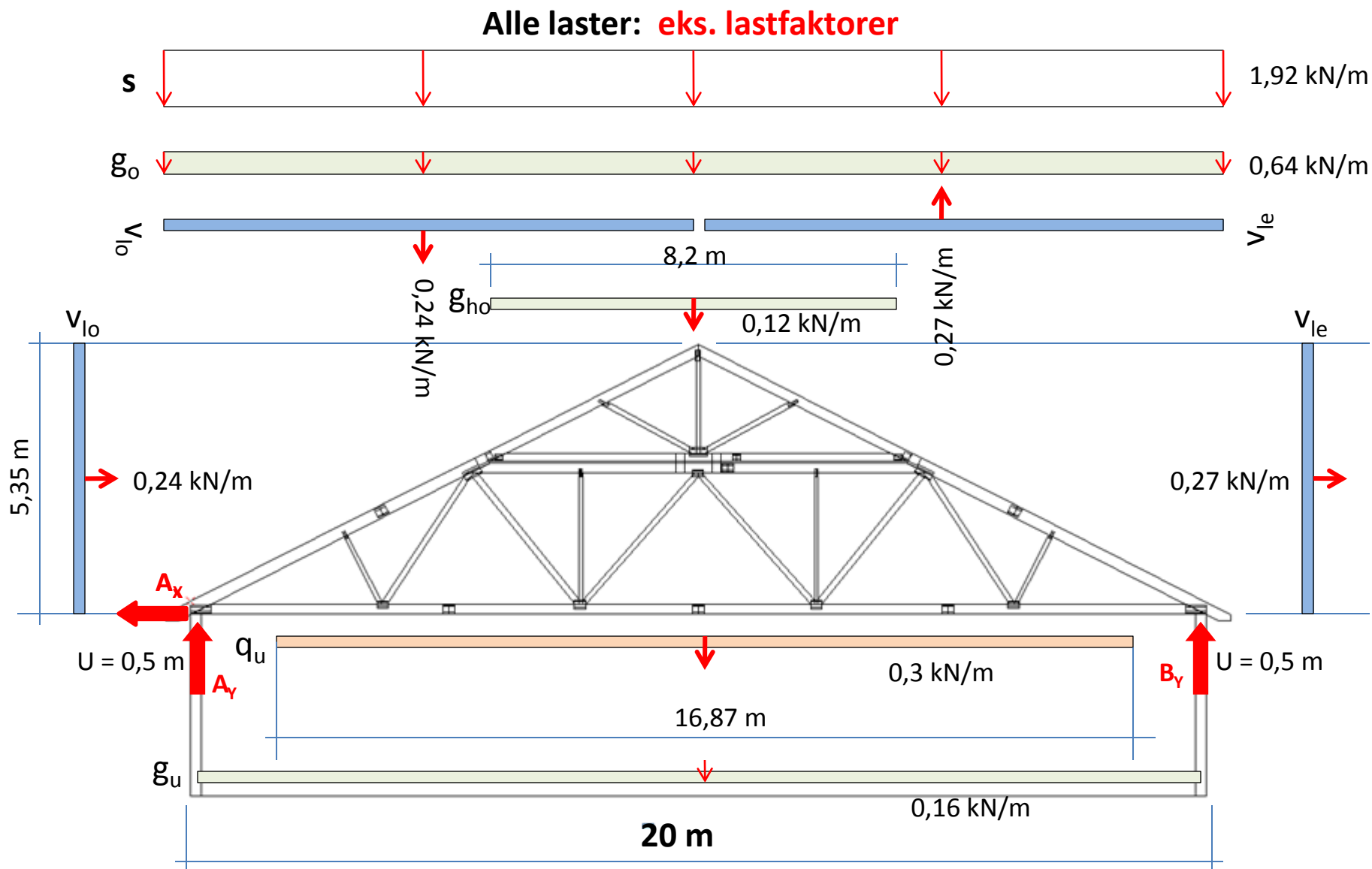
Nyttelast undergurt $q_u = 0,5 \cdot 0,6 = 0,3 \text{ kN/m}$ (på undergurt innenfor $h = 0,6 \text{ m}$)

Vindlast lo side $v_{lo} = (991 \cdot 0,41 \cdot 0,6) / 1000 = 0,24 \text{ kN/m}$ (trykk på overgurt)

Vindlast le side $v_{le} = (991 \cdot 0,46 \cdot 0,6) / 1000 = 0,27 \text{ kN/m}$ (sug på overgurt)

Vindlasten kan dekomponeres med samme verdi til vertikal- og horisontal angrepsretning.

Kurs – "Trekonstruksjoner med spikerplater" → Laster



Kurs – ”Trekonstruksjoner med spikerplater” → Snølast

Snølast på takutstikk s_e (linjelast kN/m)

$$s_e = k \cdot s^2 / \gamma \quad (\text{NS-EN 1991-1-3:2003})$$

Anbefales at punkt 6.3 brukes for steder som ligger over 800 m. o. h.

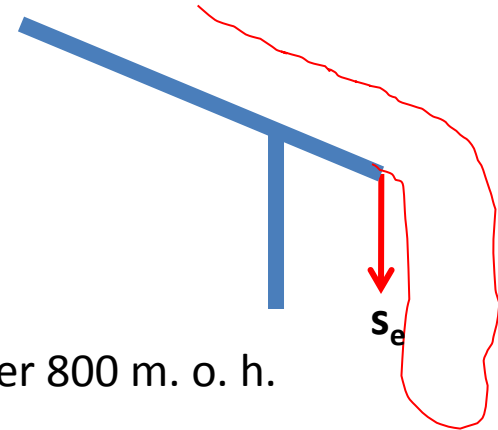
For nivå over 600 m o. h. brukes $k = 1,0$

s_e behøver normalt ikke være større enn $1,5 \cdot s$

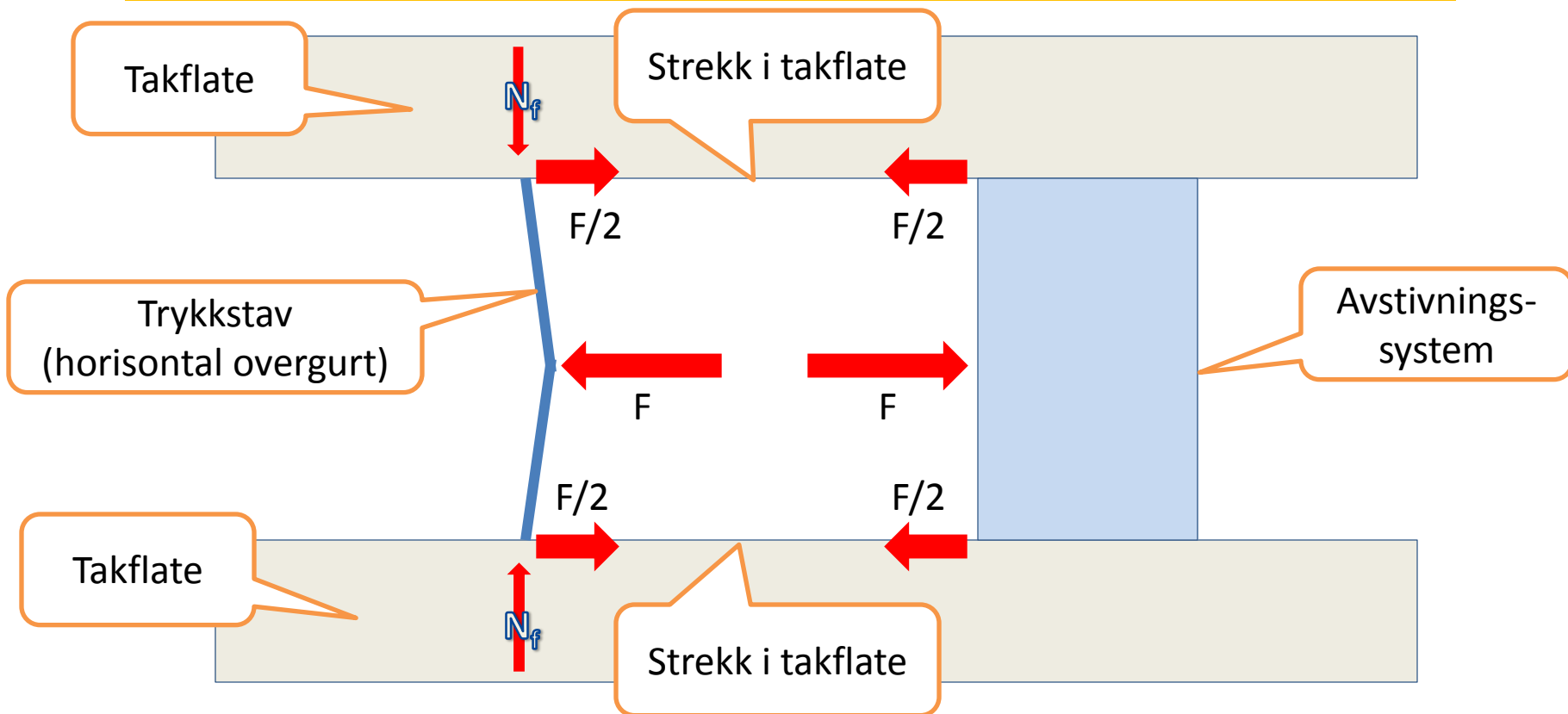
Mellom 200 og 600 regnes $k = (H - 200)/400 \rightarrow$ her $k = (200-200)/400 = 0!$

$(1,5 \cdot s = 1,5 \cdot 3,2 = 4,8 \text{ kN/m} \rightarrow \text{per takstol } F_f = 1,5 \cdot 4,8 \cdot 0,6 = 4,32 \text{ kN})$

S_e regnes i tillegg til andre laster og benyttes kun for å kontrollere utkragede deler på taket - inngår ikke i oppleggsreaksjonene!



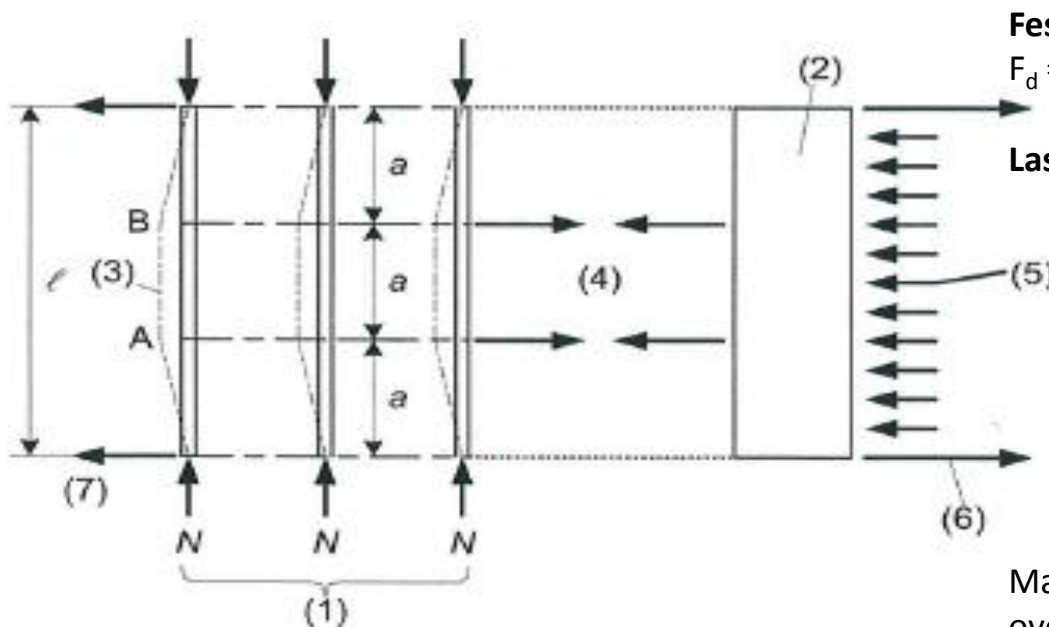
Kurs – "Trekonstruksjoner med spikerplater" → Avstivning



Avstivningskrefter er interne krefter som ikke belaster andre deler av bygget eller fundamentene!

Dersom vi belaster avstivningssystemet med ytre krefter – for eksempel vindkrefter - gjelder ikke dette!

Kurs – "Trekonstruksjoner med spikerplater" → Avstivning



Festekraft i hvert avstagningspunkt:

$$F_d = N_d / k_{f,1} = N_d / (50 - 80) \text{ for konstruksjonstre}$$

Last per lengdeenhet på avstivningssystemet:

$$q_d = (k_l \cdot n \cdot N_d) / (k_{f,3} \cdot l)$$

n = antall parallelle staver som skal avstives

k_l = den minste av 1,0 eller $\sqrt{15/l}$

N_d = midlere aksialkraft

l = spennvidde for avstivningssystemet

$k_{f,3}$ = korreksjonsfaktor (30 – 80)

Max. utbøyning av avstivningssystemet bør ikke overstige $l/500$ som følge av q_d og ytre laster.

Tegnforklaring

(1) n staver i fagverkssystemet

(2) Avstivning

(3) Utbøyning i fagverkssystemer som følge av uregelmessigheter og andre ordens virkninger

(4) Stabiliserende krefter

(5) Ytre last på avstivning

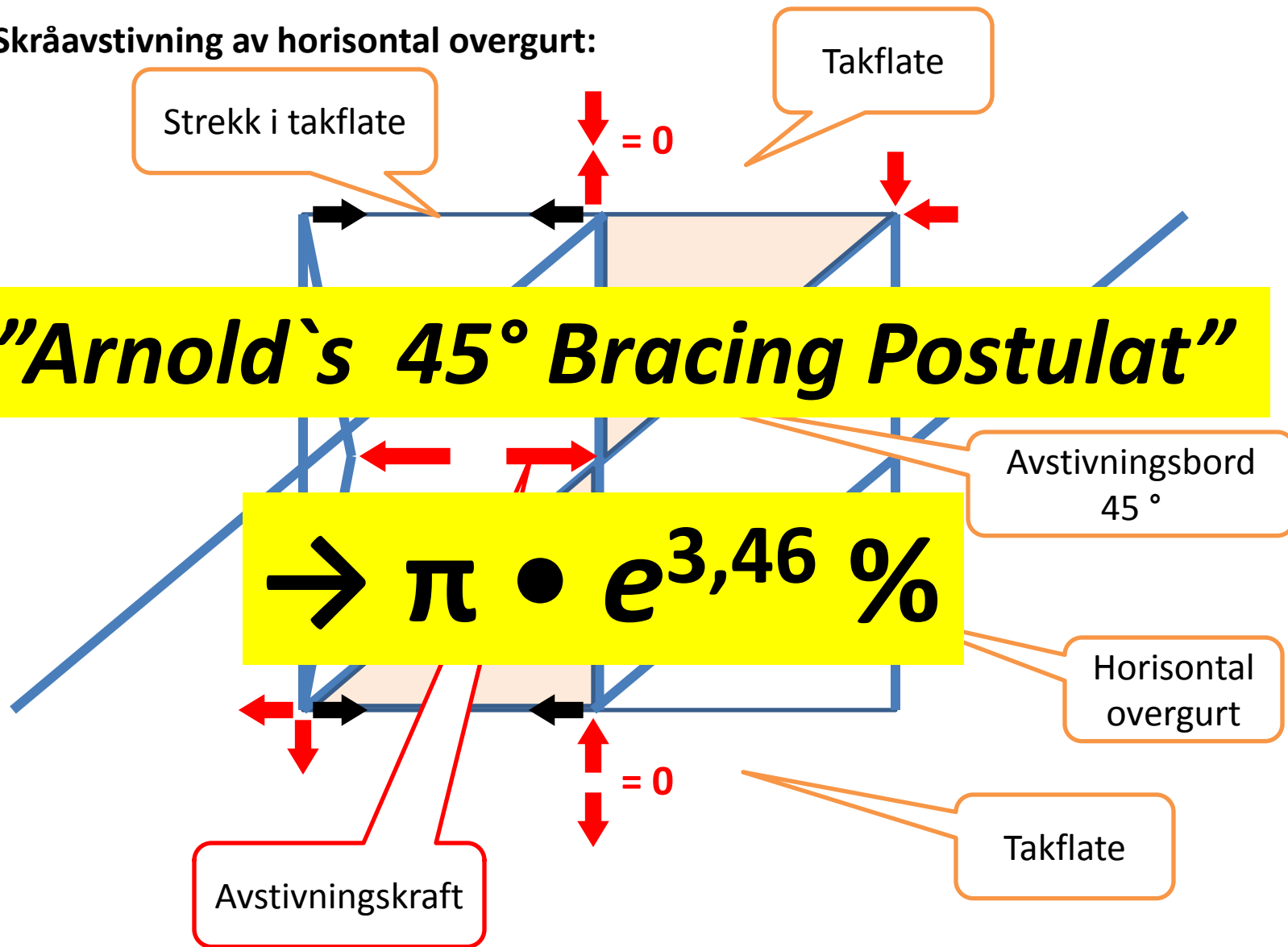
(6) Reaksjonskrefter på avstivning som følge av ytre laster

(7) Reaksjonskrefter i fagverkssystem som følge av stabiliserende krefter

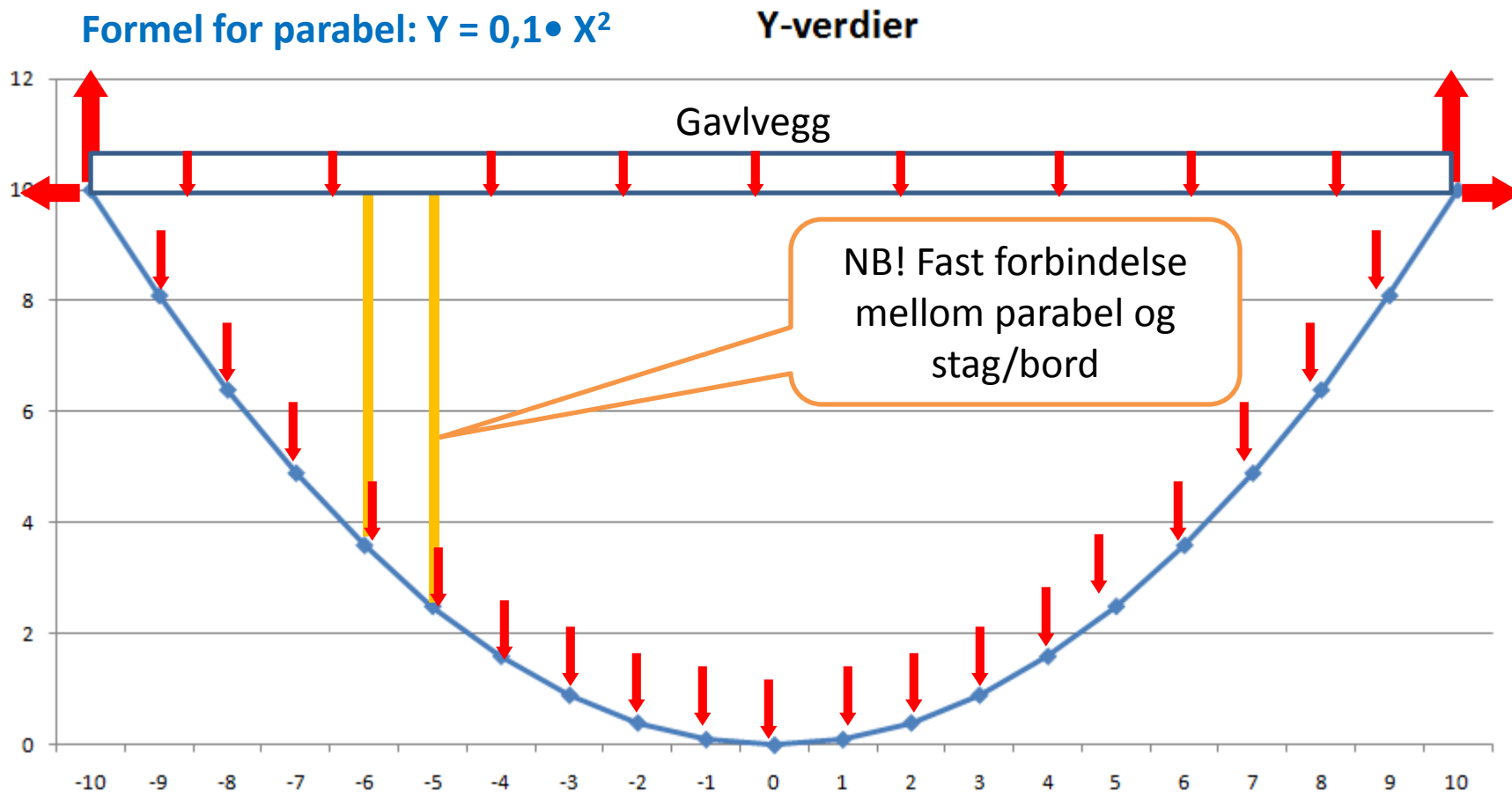
Figur 9.10 – Bjelke- eller fagverkssystem som krever tverravstivning

Kurs – "Trekonstruksjoner med spikerplater" → Avstivning

Skråavstivning av horisontal overgurt:



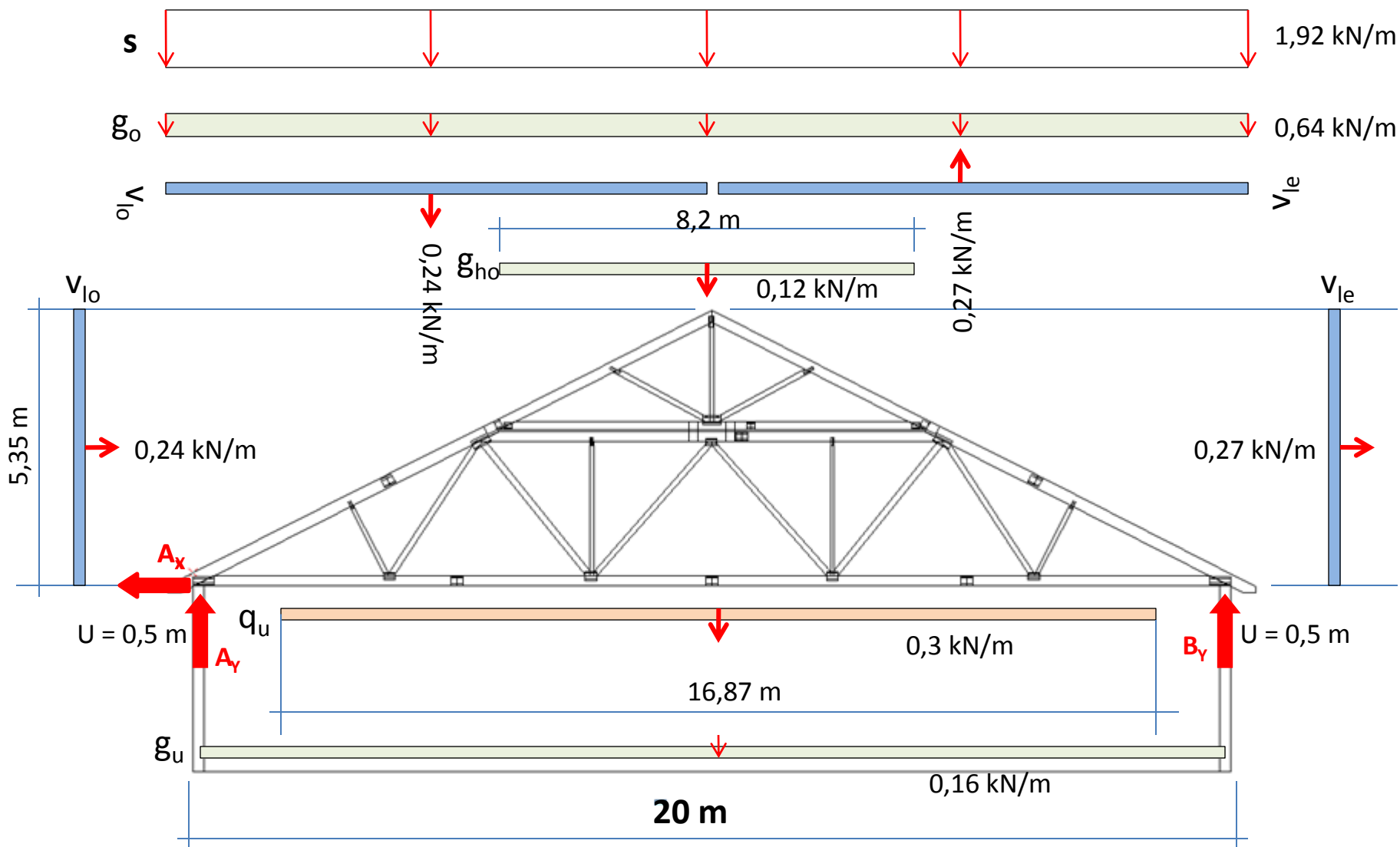
Kurs – "Trekonstruksjoner med spikerplater" → Avstivning



Avstivning med trykk- eller strekkparabel

Kurs – "Trekonstruksjoner med spikerplater" → Laster

Alle laster: eks. lastfaktorer



Kurs – "Trekonstruksjoner med spikerplater" → Laster

Oppleggsreaksjoner fra hver av lastene: (uten lastfaktorer)

$$\text{Snølast } R_s = 1,92 \cdot 10,5 = 20,16 \text{ kN}$$

$$\text{Egenlast } R_{g_o} = 0,64 \cdot 10,5 = 6,72 \text{ kN}$$

$$\text{Egenlast himling } R_{g_u} = 0,16 \cdot 10 = 1,60 \text{ kN}$$

$$\text{Egenlast horisontal overgurt } R_{g_{ho}} = 0,12 \cdot 4,1 = 0,49 \text{ kN}$$

$$\text{Nyttelast undergurt } R_{q_u} = 0,3 \cdot 16,87/2 = 2,53 \text{ kN}$$

$$\text{Vindlast lo side } R'_{v_{lo}} = 0,24 \cdot 10,5 = 2,52 \text{ kN (resultant trykk vertikalt)}$$

$$\text{Vindlast le side } R'_{v_{le}} = 0,27 \cdot 10,5 = 2,84 \text{ kN (resultant sug vertikalt)}$$

$$M_A = 0 \text{ gir } B_y : [(0,24 + 0,27) \cdot 5,35^2/2 + 2,52 \cdot 4,75 - 2,84 \cdot 15,25]/20 = -1,2 \text{ kN } \downarrow$$

$$M_B = 0 \text{ gir } A_y : [(0,24 + 0,27) \cdot 5,35^2/2 - 2,52 \cdot 15,25 + 2,84 \cdot 4,75]/20 = -0,9 \text{ kN } \uparrow$$

$$\text{Sum } F_x = 0 \text{ gir } A_x = (0,24 + 0,27) \cdot 5,35 = 2,7 \text{ kN } \leftarrow \text{ (tas opp i fastlager A)}$$

Med snø som dominerende variabel last får vi:

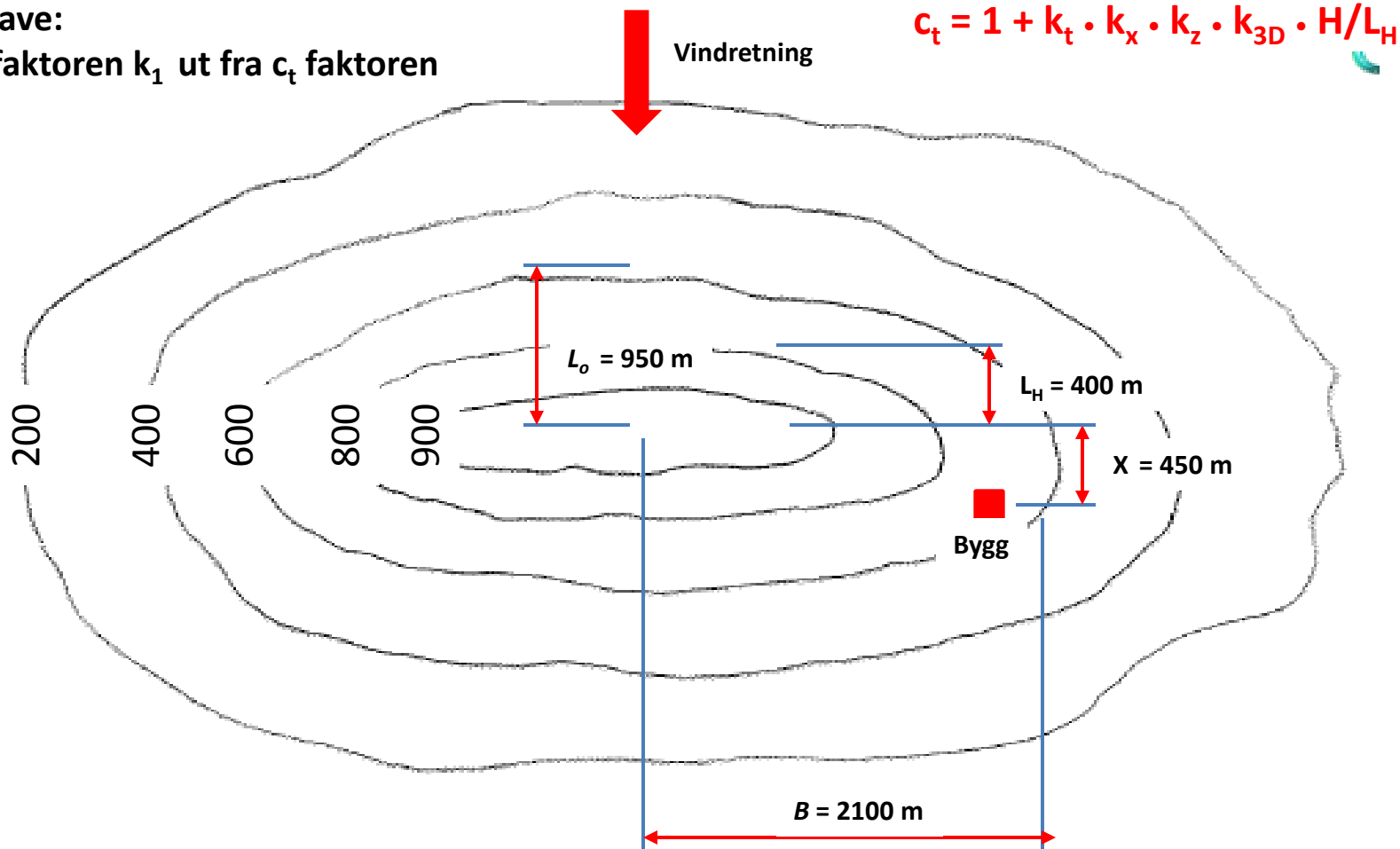
$$A_{y,f} = 1,2 \cdot (6,72 + 1,60 + 0,49) + 1,5 \cdot 20,16 + 1,05 \cdot (2,53 + 0,9) = 44,4 \text{ kN}$$

$$B_{y,f} = 1,2 \cdot (6,72 + 1,60 + 0,49) + 1,5 \cdot 20,16 + 1,05 \cdot (2,53 - 1,2) = 42,2 \text{ kN}$$

$$A_{x,f} = 2,7 \cdot 1,05 = 2,85 \text{ kN}$$

Kurs – "Trekonstruksjoner med spikerplater" → Laster

Oppgave:

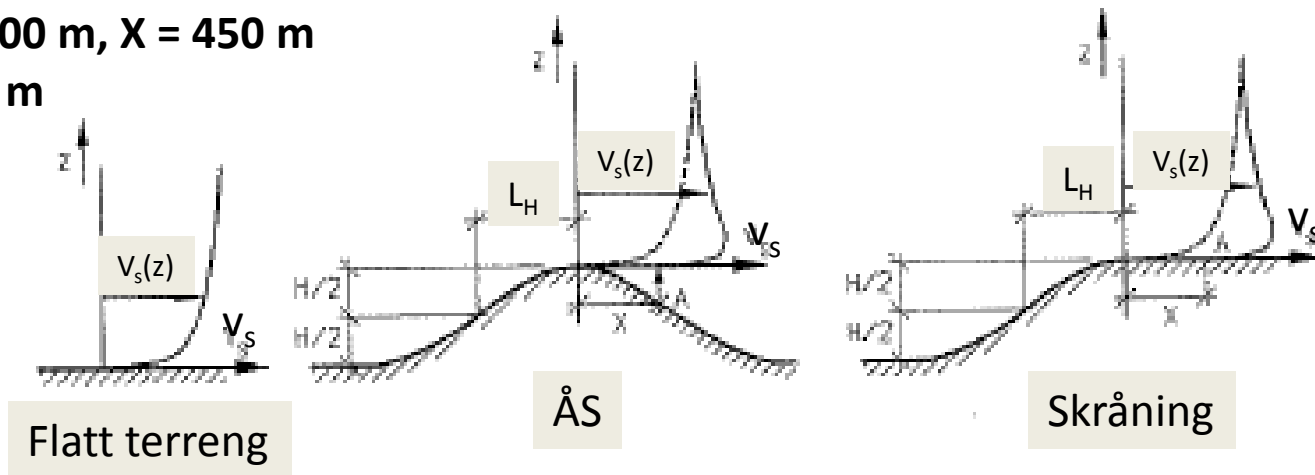
Finn faktoren k_1 ut fra c_t faktorenByggets høyde over terrenget $Z = 12 \text{ m}$, åsens høyeste høyde $H' = 750 \text{ m}$, åsens høyde ved bygget i vindretningen $H = 470 \text{ m}$

Kurs – "Trekonstruksjoner med spikerplater" → Vindlaster

Oppgave:

LH = 400 m, X = 450 m

Z = 12 m



Figur 3 – Vindforsterkning over åser og skråninger i et vertikalt vindvektorplan gjennom byggestedet (A er et vilkårlig byggested)

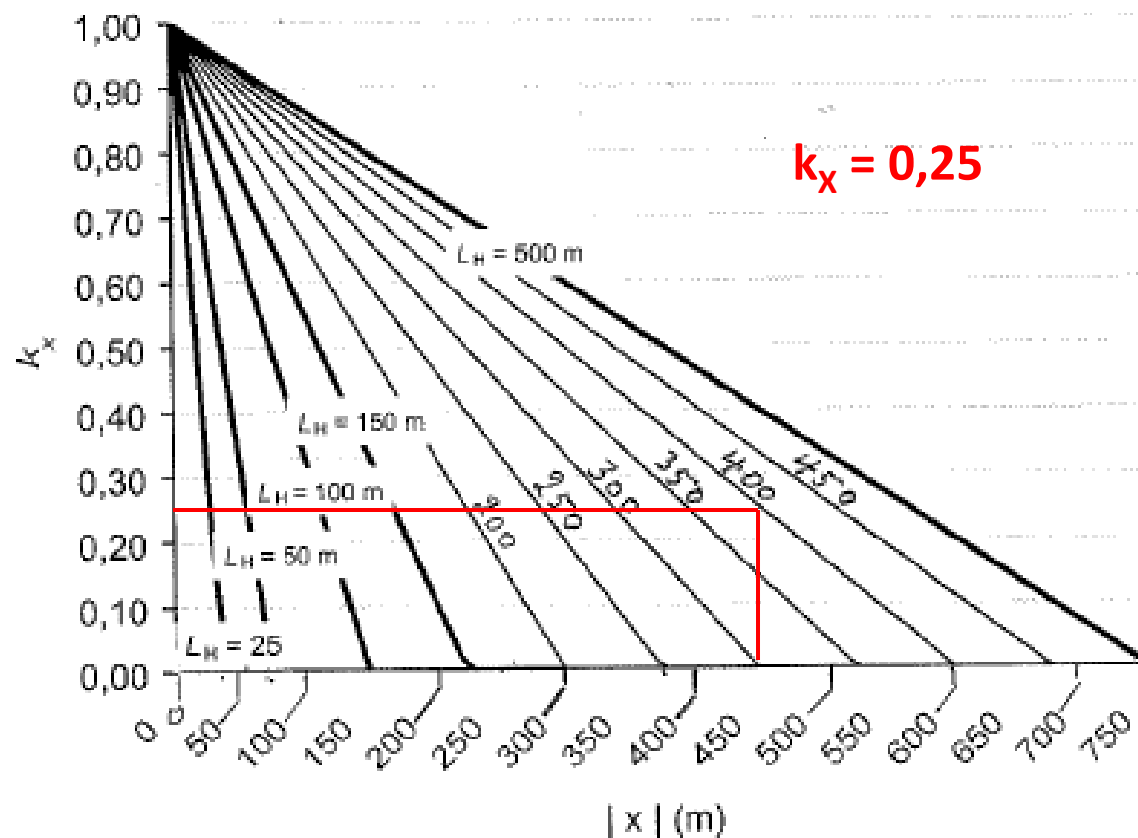
Først finnes topografifaktoren c_t fra E.4.3 i standarden:

$$c_t = 1 + k_t \cdot k_x \cdot k_z \cdot k_{3D} \cdot H/L_H \rightarrow (k_t = 2,0 \text{ for åser og } 1,8 \text{ for skråninger})$$

L_H og X brukes i Figur E.7 og Figur E.8 for å finne faktoren k_x

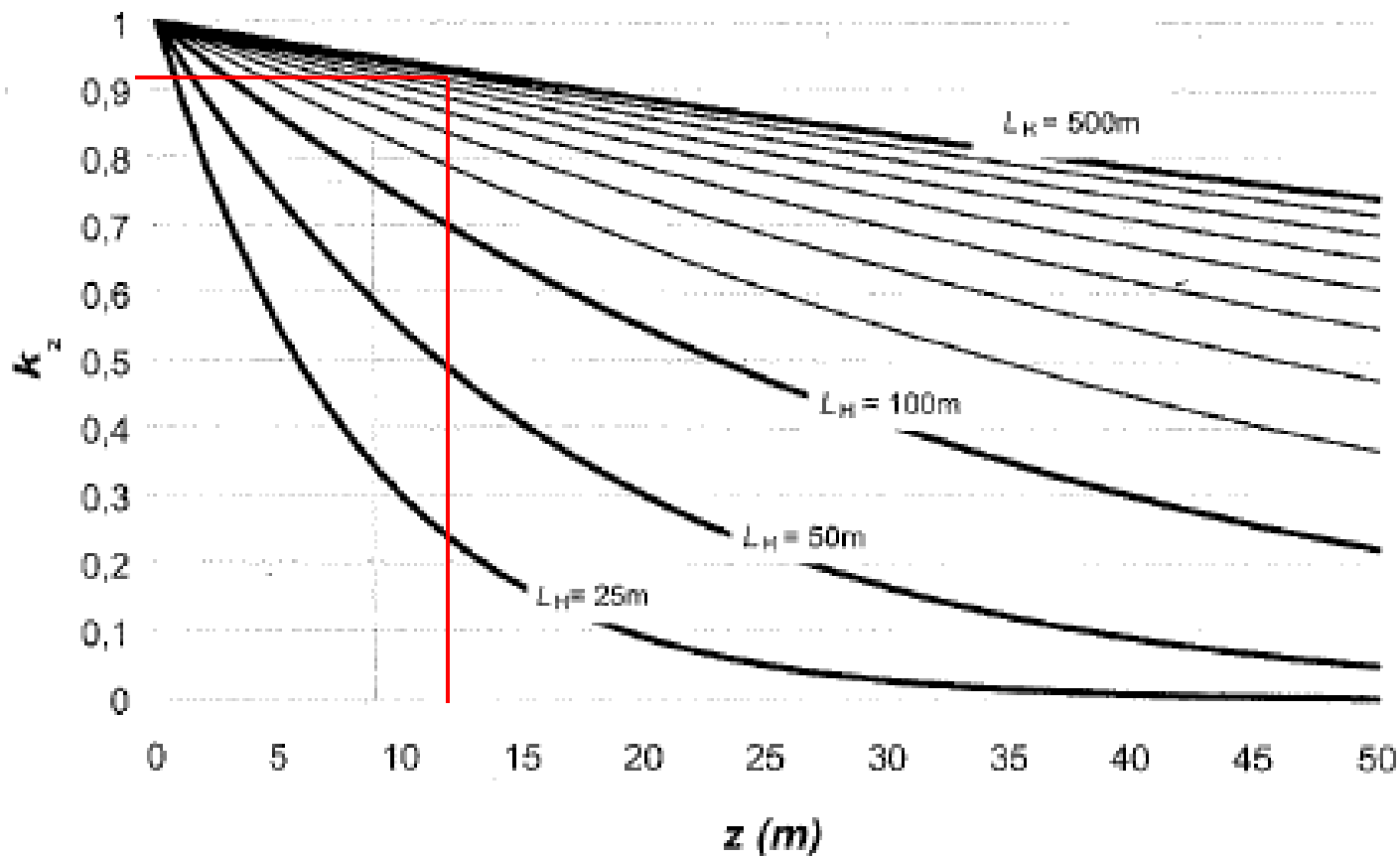
L_H og Z brukes i Figur E.9 og Figur E.10 for å finne faktoren k_z

Kurs – "Trekonstruksjoner med spikerplater" → Vindlaster



Figur E.7 – Faktor k_x ved horisontal avstand $|x|$ fra toppunkt av ås. Gjelder også for skråning når $x < 0$ (Se også figur 3)

Kurs – "Trekonstruksjoner med spikerplater" → Vindlaster



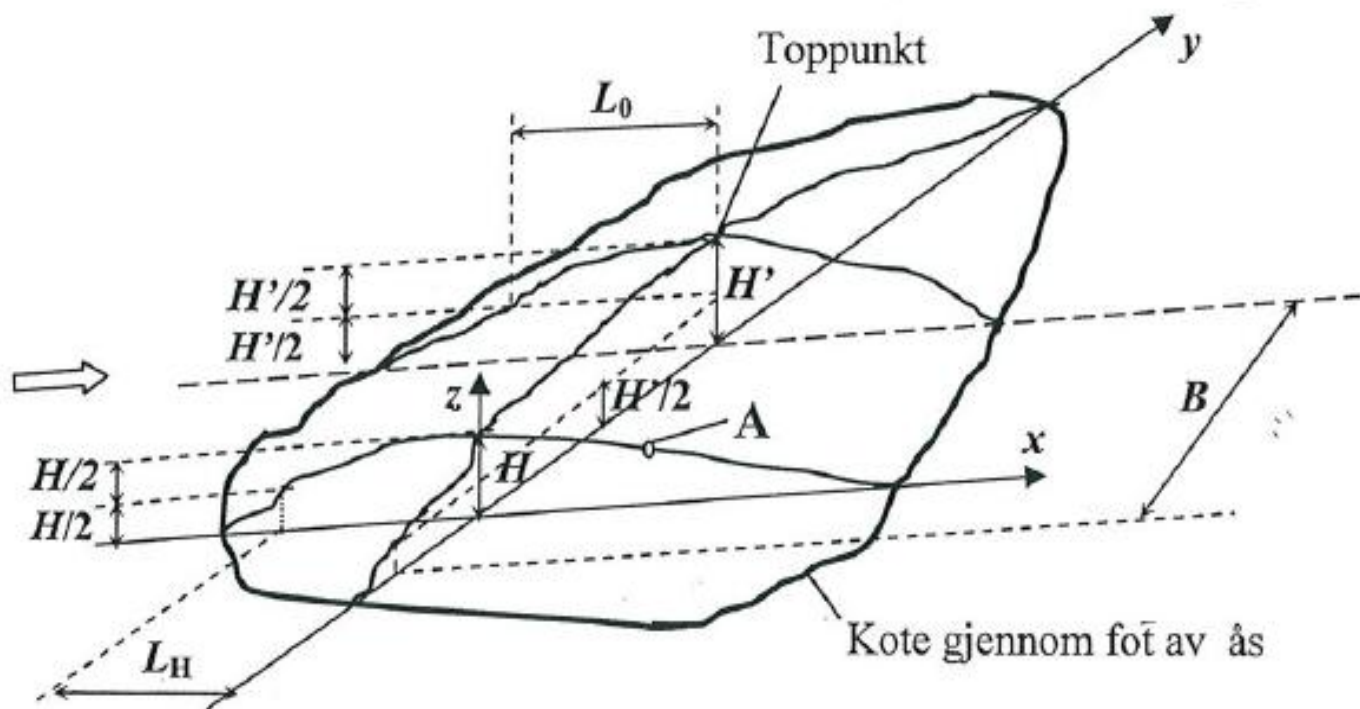
$$k_z = 0,92$$

Figur E.9 – k_z for topografifaktor med høyden z over ås (Se også figur 3)

Kurs – "Trekonstruksjoner med spikerplater" → Vindlaster

Topografifaktoren c_t .

Den vindforsterkningen vi får over åser og skråninger vil avta med referansehøyden z over terrengoverflaten. Den vil dessuten avhenge av hvor på åsen byggestedet A ligger og av geometrien til åsen, se figur T:5.

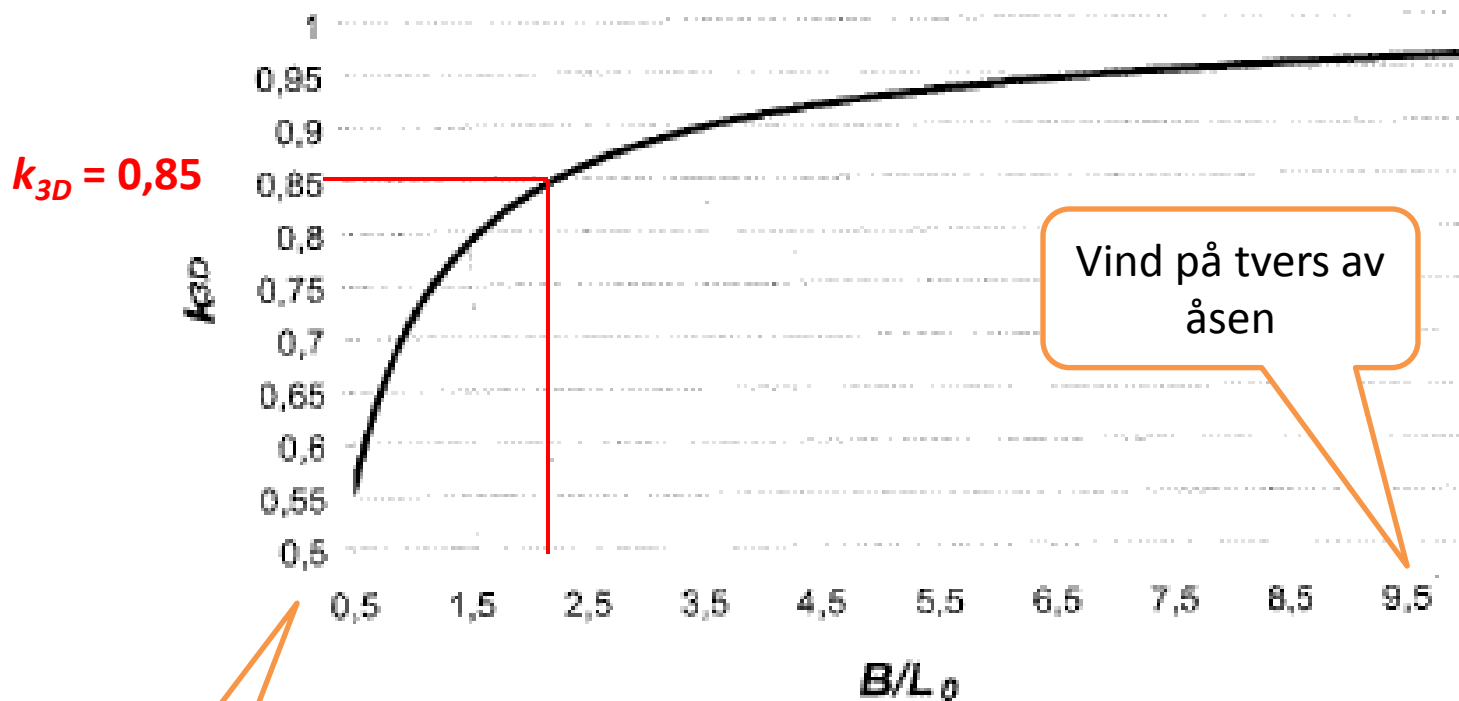


Figur T:5 Geometrien til en irregulær ås med byggested A.

$B = 2100$ m og $L_0 = 950$ m

$B / L_0 = 2,2$

Kurs – "Trekonstruksjoner med spikerplater" → Vindlaster



k_{3D} tar hensyn til om det blåser på langs eller på tvers av åsen

Figur E.11 – k_{3D} (Se også figurene 4 og 5)

Vind på langs av
åsen

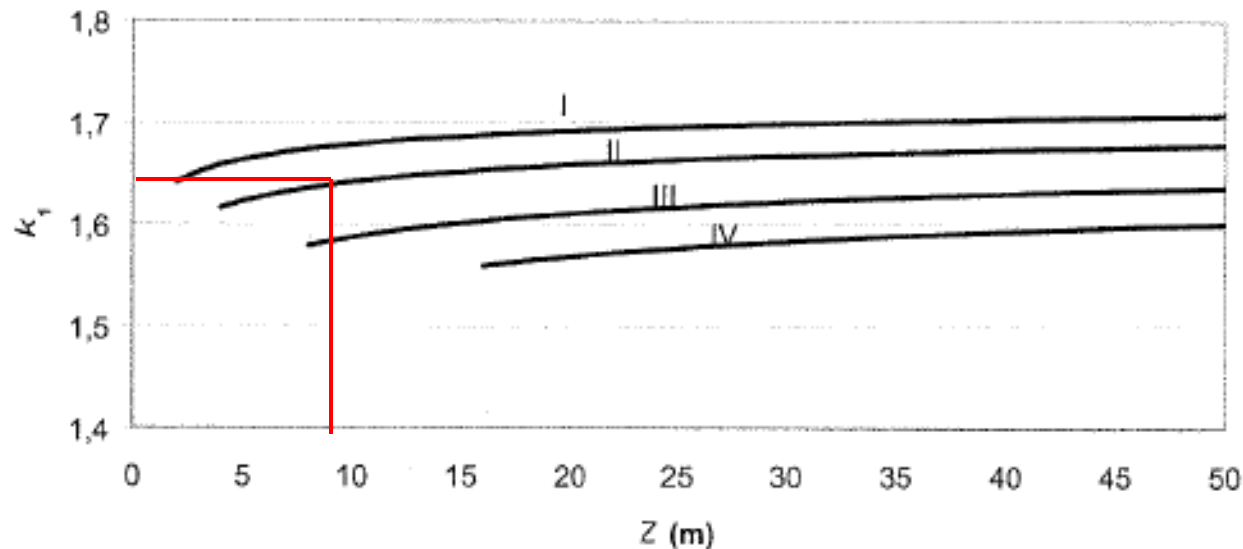
$B = 2100$ m og $L_0 = 950$ m

$B/L_0 = 2,2$

Kurs – ”Trekonstruksjoner med spikerplater” → Vindlaster

$$c_t = 1 + k_t \cdot k_x \cdot k_z \cdot k_{3D} \cdot H/L_H = 1 + 2,0 \cdot 0,25 \cdot 0,92 \cdot 0,85 \cdot 470/400 = 1,46$$

Fra Figur E.4 → $k_1 = 1,64$



Figur E.4 – Faktoren k_1 for $c_1 = 1,4$

Det var det!
Takk for oppmerksomheten!