

SEF

STILLASENTREPRENØRENE FORENING

Postboks 5466, Majorstuen, 0305 Oslo - Besøksadresse: Middelthunsgt. 27
 Telefon: 23 08 88 00/23 08 75 99 – Bankgiro: 6003 06 78934
 Organisasjonsnr.: 994 231 081 mva



Sandefjord 16/10-2018

Tak over tak

Inndekkede konstruksjoner er midlertidige konstruksjoner som er underlagt Direktoratet for Byggkvalitet ved plan og bygningsloven. Inndekkede konstruksjoner er per definisjon ikke stillas, og er derfor ikke underlagt Arbeidstilsynet.

I inndekkede konstruksjoner inngår alltid et tak. Derfor blir de ofte kalt "tak over tak".

Hvis taket understøttes av stillas, så blir også stillaset å anse som inndekket konstruksjon.

Hvis taket understøttes av stillas er det viktig å regne begge deler sammen. Hvis ikke får en ikke med kreftene i forbindelsen tak/stillas.

Utdrag fra TG9:18

6.2 Method of design

It is not recommended that the roof structure is designed in isolation from the supporting structure. This can lead to inaccurate assessment of the forces at the ends of the roof trusses. It is preferable, and more accurate, to consider the complete structural arrangement.

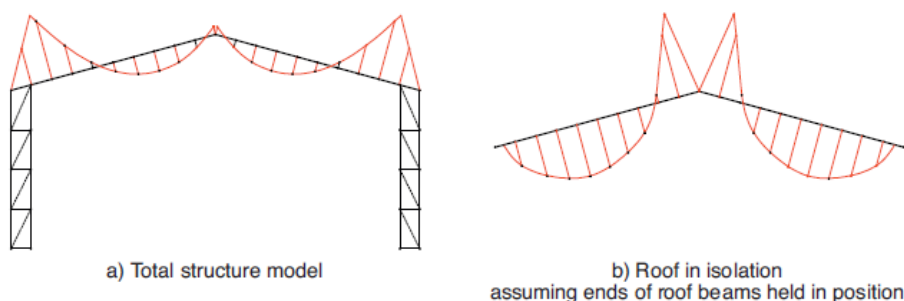


Figure 10 – Effect of supporting structure on bending moment distribution

Beregninger

Det skal brukes Eurokoder ved beregninger, og de viktigste er:

NS-EN 1990 Eurokode; Grunnlag for prosjektering.

NS-EN 1991-1-3 Eurokode 1; Laster på konstruksjoner - Del 1-3: Allmenne laster - Snølaster

NS-EN 1991-1-4 Eurokode 1; Laster på konstruksjoner - Del 1-4: Allmenne laster -

Vindlaster

NS-EN 1993-1-1 Eurokode 3; Prosjektering av stålkonstruksjoner

NS-EN 1995-1-1 Eurokode 5; Prosjektering av trekonstruksjoner

NS-EN 1999-1-1 Eurokode 9; Prosjektering av aluminiumskonstruksjoner

Siden det er vanskelig å regne fulle snølaster på inndekkede konstruksjoner det utarbeidet en Europeisk standard for dette; NS-EN 16508; Inndekkede konstruksjoner.

Den tar utgangspunkt i snølastene og at vi har prosedyrer for fjerning av is og snø:

Tabell – Snølastklasser (fra NS-EN 16508 og NS 9700-1)

Snølastklasse	Beskrivelse	Last kN/m ²
SL 1	Ingen snølast (minimums last)	0,1
SL 2a	Basert på prosedyre for fjerning av snø og is ^a	0,25
SL 2b	Basert på prosedyre for fjerning av snø og is ^a	0,6
SL 3	Full snølast	NS-EN 1991-1-3

^a Fjerning av snø og is fysisk eller ved bruk av innvendig varme.

I Norge er det vedtatt å bruke snølastklasse SL 2b når kriteriene for å fjerne snø oppfylles. (Punkt 8.3.1 i NS 9700-1 Stillaser).

Ut ifra NS-EN 16508 skal vi bruke følgende lastkombinasjoner:

Tabell – Snølastklasser (fra NS-EN 16508 og NS 9700-1)

Snølast klasse	Lastkomb. LC 1 Max. Upward load	Lastkomb. LC 4 Max. Downward load and working wind combined	Lastkomb. LC 5 Wind and snow combined
SL 2	X	X	X

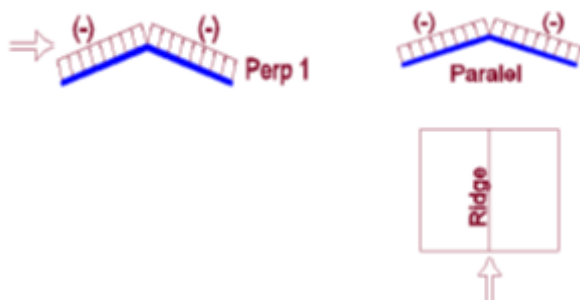
Lastkombinasjon LC 1; maks oppløft

Det som skal beregnes i denne kombinasjonen er egenvekt og maks vindkraft oppover (sug).

Egenvekten (+ eventuell ballast) vil i dette tilfellet virke stabiliserende og vi skal bruke lastfaktor $\gamma_L = 1,0$

Vindlasten vil virke destabiliserende og vi skal bruke lastfaktor $\gamma_L = 1,5$

Vi har lik faktor $C_{pe,sug}$ på taket enten vinden blåser mot sidevegg eller gavelvegg (parallel på tegning).



$C_{pe,sug}$ faktorene skal regnes etter Annex A i NS-EN 16508, og vil variere for forskjellige typer tak og takvinkler.

Faktorene i NS-EN 16508 er basert på at konstruksjonen er helt tett, men dette skjer ikke alltid i praksis, slik at vi må regne med innvendig vindtrykk. Innvendige og utvendige vindtrykk forutsettes virke samtidig, og den ugunstigste kombinasjonen skal vurderes for hver kombinasjon av åpninger og andre lekkasjesteder.

Husk at oppløft gir strekkrefter, og hvis en forutsetter at egenvekten skal gi stabiliserende bidrag, skal det alltid brukes skjøtebolter.

Når minst 2 sider av konstruksjonen (fasader og tak) har åpninger i hver side som er mer enn 30 % av arealet av denne siden skal konstruksjonen regnes etter kapittel 7.3 Frittstående tak i NS-EN 1991-1-4. Dette er kompliserte beregninger som tar hensyn til blokkeringsgrad φ mellom 0 og 1. Her risikerer vi store ekstra krefter etter tabell 7.6 og 7.7 i NS-EN 1991-1-4. Ved mindre åpninger kan vi beregne etter punkt 7.2.9 Innvendig vindtrykk.

Tabell formfaktorer innvendig vindtrykk

Uten dominerende åpninger	Med dominerende åpninger	
$C_{pi} = +0,2$ eller $-0,3$	Forholdstall mellom åpninger i den dominerende fasaden og åpninger i de andre fasadene	
Den mest ugunstige	2	$C_{pi} = +0,75 C_{pe}$
	3	$C_{pi} = +0,90 C_{pe}$

Vindkasthastighetstrykket beregnes etter forenklet metode:

$$q(z)_p = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot c_{dir}^2 \cdot c_{alt}^2 \cdot c_{season}^2 \cdot c_{prob}^2 \cdot q_{p0}(z),$$

Hvis ikke bygget/stillaset ligger spesielt vindutsatt til slik som nær bakketopp eller skråninger kan vi velge å sette alle faktorene til 1,0, og da får vi:

$$q(z)_p = q_{k0}(z)$$

Grunnverdiene for hastighetstrykket kan da leses ut ifra veiledningen til forenklet beregning i NS-EN 1991-1-4, når vi vet kommunen vi arbeider i, eller vi kan beregne etter nasjonalt tillegg i nevnte standard.

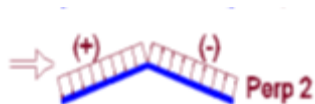
Husk å ta hensyn til forankringskreftene på sideveggene (se figure A3 i NS-EN 16508), da sug-faktoren her vil være -0,8 (større enn -0,5 på le side).

Lastkombinasjon LC 4; maks last nedover og arbeidsvind (0,2 kN/m²) kombinert

Det som skal beregnes i denne kombinasjonen er egenvekt, nyttelast (på 1,5 stillasgulv), Laster fra heiser, redusert snølast og arbeidsvind (0,2 kN/m²) på veggene.

Denne lastkombinasjonen brukes for å finne største belastning i spirene når stillaset som bærer taket er i bruk.

Det som antageligvis vil gi størst belastning i spir og tak er hvis vinden på taket virker nedover (Perp 2; nedover på en side og oppover på motsatt side).



$C_{pe,trykk}$ faktoren (+) $C_{pe,sug}$ faktoren (-) skal regnes etter Annex A i NS-EN 16508, og vil variere for forskjellige typer tak og takvinkler.

Arbeidsvind på $0,2 \text{ kN/m}^2$ er vind mot vegg, og vi må beregne hvilket vindtrykk dette vil gi på taket basert på vindkasthastighetstrykket på stedet, for å finne kreftene på tak og ned i og veggene.

Egenvekten vil i dette tilfellet virke ugunstig og vi skal bruke lastfaktor $\gamma_L = 1,35$

Nyttelaster, andre dynamiske påvirkninger og vindlast nedover og sideveis vil virke ugunstig og vi skal bruke lastfaktor $\gamma_L = 1,5$

Redusert snølast virker nedover, er ugunstig, og vi må bruke lastfaktor $\gamma_L = 1,5$ (Se LC 5 for beregning av redusert snølast).

Vindkrefter som virker oppover vil virke gunstig og da skal vi bruke lastfaktor $\gamma_L = 1,0$

I denne lastkombinasjonen (LC 4) risikerer vi 3 forskjellige vindkombinasjoner multiplisert med 3 snølastkombinasjoner. Totalt 9 forskjellige beregninger.

Lastkombinasjon LC 5; Vind og snø kombinert

Det som skal beregnes i denne kombinasjonen er egenvekt, redusert nyttelast, laster fra heiser, redusert snølast og vind som virker nedover (trykk).

Denne lastkombinasjonen brukes for å finne største belastning i spirene når stillaset som bærer taket ikke er i bruk (pga. for sterk vind).

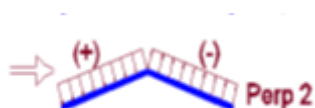
Egenvekten vil i dette tilfellet virke ugunstig og vi skal bruke lastfaktor $\gamma_L = 1,35$

Redusert nyttelast, andre dynamiske påvirkninger og vindlast nedover og sideveis vil virke ugunstig og vi skal bruke lastfaktor $\gamma_L = 1,5$

Redusert snølast virker nedover, er ugunstig og vi må bruke lastfaktor $\gamma_L = 1,5$

Vindkrefter som virker oppover vil virke gunstig og vi skal bruke lastfaktor $\gamma_L = 1,0$

Det som sannsynligvis vil gi størst belastning i spir og tak er hvis vinden på taket virker nedover (Perp 2; nedover på en side og oppover på motsatt side).



$C_{pe,trykk}$ faktoren (+) $C_{pe,sug}$ faktoren (-) skal regnes etter Annex A i NS-EN 16508, og vil variere for forskjellige typer tak og takvinkler.

Faktorene i NS-EN 16508 er basert på at konstruksjonen er helt tett, men dette skjer ikke alltid i praksis, slik at vi må regne med innvendig vindtrykk. Innvendige og utvendige vindtrykk forutsettes virke samtidig, og den ugunstigste kombinasjonen skal vurderes for hver kombinasjon av åpninger og andre lekkasjesteder. Se punkter under LC 1.

Redusert nyttelast på stillaset skal regnes etter punkt 6.2.9.2 i NS-EN 12811-1, og avhenger av belastningsklassen til stillaset;

Belastningsklasse 1 – 0%

Belastningsklasse 2 og 3 – 25%

Belastningsklasse 4, 5 og 6 – 50%

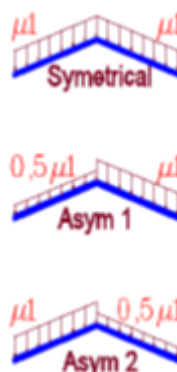
Eventuelt dynamiske belastninger.

Snølast skal regnes etter NS-EN 1991-1-3, men karakteristisk snølast tas fra NS-EN 16508, og i snølastklasse SL 2b er den $0,6 \text{ kN/m}^2$.

Skal den inndekkede konstruksjonen kun stå oppe i perioden det normalt ikke snør, skal det uansett beregnes etter SL 1 som har minimums last på $0,1 \text{ kN/m}^2$.

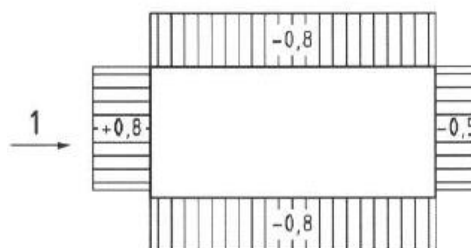
Det skal regnes med formfaktor for snølast. Denne skal avleses etter enten figur 5.1 eller tabell 5.2 i NS-EN 1991-1-3, men siden de fleste tak over tak vi monterer har takvinkel $\alpha \leq 30^\circ$ kan vi bruke formfaktor $\mu_1 = 0,8$.

Videre skal en beregne saltak for 3 forskjellige situasjoner. 1 symmetrisk og 2 usymmetriske (ref 5.3.3 i NS-EN 1991-1-3), mens pultak kun regnes for 1 situasjon (ref 5.3.2 i NS-EN 1991-1-3)



Taket, som skal beregnes for vind, vil være avhengig av formen. Om det er flatt, pultak, saltak osv., og kan variere for de forskjellige vindretningene. Se Annex A i NS-EN 16508.

Veggene (stillaset) skal også beregnes for vind. Husk å ta hensyn til kreftene på sideveggene når vinden blåser mot konstruksjonen.



I denne lastkombinasjonen (LC 5) risikerer vi 3 forskjellige vindkombinasjoner multiplisert med 3 snølastkombinasjoner. Totalt 9 forskjellige beregninger.

Er det fare for at den inndekkede konstruksjonen kan skli eller flytte seg skal det beregnes etter punkt 7.6.3 i NS-EN 16508.

Dokumentasjon

For hver enkelt inndekket konstruksjon skal det følge tegninger av konstruksjonen og forutsetningene som er valgt for å ta opp kreftene. Se kapittel 8 i NS-EN 16508.

Technical Guideline (TG9: 18)

"Guide to the design and construction of temporary roofs and buildings"

Det anbefales å bruke denne guiden da den inneholder sjekklister, risikovurderinger, beregninger med over og undertrykk som ikke går frem a NS-EN 16508, men som er en del av NS-EN 1991-1-4 Vindlaster. I TG9 finner en alt i samme hefte, men vi må bruke reduserte snølaste og beregningsmetode for vind etter nasjonalt tillegg i NS-EN 1991-1-4.

Konklusjon: Beregning av krefter og lastkombinasjoner for inndekkede konstruksjoner er kompliserte og bør beregnes av ingeniør.

Prosjekteringskontroll

Slike inndekkede konstruksjoner har også stort potensiale til å skade personer og burde kanskje vært plassert i pålitelighetsklasse etter nasjonalt tillegg i NS-EN 1990.

Denne klassen vil sannsynligvis være pålitelighetsklasse 2 og i enkelt tilfelle også klasse 3.

Klasse 2 innebærer "normal" prosjekteringskontroll og i tillegg kollegakontroll.

Er en på steder hvor det ferdes mange personer burde kontrollen vært etter klasse 3 "utvidet" prosjekteringskontroll og utføres av et annet foretak en de som foretok prosjekteringen.

Mvh

Aage Christiansen

Konsulent KIS

Mob 90972093

aage.christiansen@kis.norskindustri.no

Vedlegg; Beregning

Vedlegg for beregning

De forskjellige lastene (cases):

2	Egenvekt	vekt	Statisk - Nonline
3	Nyttelast	last	Statisk - Nonline
4	Vind Perp1	vind	Statisk - Nonline
5	Vind Perp2	vind	Statisk - Nonline
6	Vind Parallell	vind	Statisk - Nonline
7	Snø Symmetrisk	snø	Statisk - Nonline
8	Snø Asym1	snø	Statisk - Nonline
9	Snø Asym2	snø	Statisk - Nonline

Lastkombinasjon LC 1; maks oppløft

Denne lastkombinasjonen består av:

11	LC 1 Vind Perp1	$2*1.00+4*1.50$
12	LC 1 Vind Parallell	$2*1.00+6*1.50$

Laster (Case) Vindu Perp1 og Vindu Parallell har like verdier for taket men annerledes for veggene.

Lastkombinasjon LC 4; maks last nedover og arbeidsvind (0,2 kN/m²) kombinert

Denne lastkombinasjonen inneholder:

13	LC 4 Vind Perp1 + Snø Symmetrisk	$2*1.35+(3+7) *1.50+4*0.46$
14	LC 4 Vind Perp1 + Snø Asym1	$2*1.35+(3+8) *1.50+4*0.46$
15	LC 4 Vind Perp1 + Snø Asym2	$2*1.35+(3+9) *1.50+4*0.46$
16	LC 4 Vind Perp2 + Snø Symmetrisk	$2*1.35+(3+7) *1.50+5*0.46$
17	LC 4 Vind Perp2 + Snø Asym1	$2*1.35+(3+8) *1.50+5*0.46$
18	LC 4 Vind Perp2 + Snø Asym2	$2*1.35+(3+9) *1.50+5*0.46$
19	LC 4 Vind Parallell + Snø symmetrisk	$2*1.35+(3+7) *1.50+6*0.46$
20	LC 4 Vind Parallell + Snø Asym1	$2*1.35+(3+8) *1.50+6*0.46$
21	LC 4 Vind Parallell + Snø Asym2	$2*1.35+(3+9) *1.50+6*0.46$

Lastfaktor for vind kalkuleres som: $\gamma_L = 200 / 650 \times 1,5 = 0,46$ (verdien avhenger av vindkasthastighetstrykk)

hvor: 200 N/m² – arbeidsvind

650 N/m² – vindkasthastighetstrykk i Oslo, terreng kat, III og høyde 15 m

1,5 – lastfaktor for vind

Lastkombinasjon LC 5; Vind og snø kombinert

Denne lastkombinasjonen inneholder:

22	LC 5 Vind Perp1 + Snø Symmetrisk	$2*1.35+(3+4+7) *1.50$
23	LC 5 Vind Perp1 + Snø Asym1	$2*1.35+(3+4+8) *1.50$
24	LC 5 Vind Perp1 + Snø Asym2	$2*1.35+(3+4+9) *1.50$
25	LC 5 Vind Perp2 + Snø Symmetrisk	$2*1.35+(3+5+7) *1.50$
26	LC 5 Vind Perp2 + Snø Asym1	$2*1.35+(3+5+8) *1.50$
27	LC 5 Vind Perp2 Snø Asym2	$2*1.35+(3+5+9) *1.50$
28	LC 5 Vindu Parallell + Snø Symmetrisk	$2*1.35+(3+6+7) *1.50$
29	LC 5 Vind Parallell + Snø Asym1	$2*1.35+(3+6+8) *1.50$
30	LC 5 Vind Parallell + Snø Asym2	$2*1.35+(3+6+9) *1.50$

I lastkombinasjonene ovenfor er det ikke tatt hensyn til over og undertrykk, slik at dette kommer i tillegg.