

# LASTBEREGNING

VERSJON 6.0.0 april 2010

1	Før du starter .....	2
1.1	Minimum systemkrav .....	2
1.2	Installasjon av programmet.....	2
2	Om programmet .....	2
3	Teori .....	2
3.1	Snølast.....	2
3.2	Vindlast.....	3
4	Veiledning i bruk av programmet.....	6
4.1	Starte beregning. ....	6
4.2	Input data for snølast.....	6
4.3	Input data for vindlast .....	7
4.4	Skjema for vindhastighet .....	8
4.5	Skjema for topografifaktor.....	9
5	Programrevisjoner .....	10
6	Referanser.....	11

# 1 Før du starter

## 1.1 Minimum systemkrav

- PC med Microsoft Windows 95 operativsystem eller nyere.

## 1.2 Installasjon av programmet

### Oppgradering/Innstallasjon:

- Systemfiler og brukerveiledning kan lastes ned fra internett: [www.ove-sletten.no/setupnypc.exe](http://www.ove-sletten.no/setupnypc.exe)
- Oppdatering av programfilene blir sendt med e-post.

# 2 Om programmet

LASTBEREGNING er et program for beregning av snølast på tak, eller vindlast på vegger og tak. Beregningene er basert på:

- NS-EN 1991-1-3:2003+NA:2008, Snølast.
- NS-EN 1991-1-4:2005+NA:2009, Vindlast

# 3 Teori

Den generelle teorien er beskrevet i NS-EN 1991-1-3 og NS-EN 1991-1-4.

## 3.1 Snølast.

Formfaktorer for snølast på tak er beregnet etter regler gitt i kapittel 5 /2/.

Snølast på tak beregnes etter ligning 5.1.

$$S = \mu * C_e * C_t * S_k \quad \mu = \text{snølastens formfaktor, } C_e = \text{eksponeringskoeffisient og } C_t = \text{termisk koeff.}$$

Karakteristiske verdier for snølast på mark ( $S_k$ ) blir beregnet som vist i Tillegg NA.4.1 /2/.

## 3.2 Vindlast

### 3.2.1 Vindhastighet og vindhastighetstrykk

Vindhastighet og hastighetstrykk beregnes som vist i kapittel 4 /1/ og NA.4 /1/.

**Referansevindhastigheten**,  $V_{b,0}$  er angitt i Tabell NA.4(901.1) /1/.

**Basisvindhastighet** beregnes som:

$$V_b = C_{dir} * C_{season} * C_{alt} * C_{prob} * V_{b,0} \quad (NA.4.1) /1/$$

**Middelvind** (stedsvindhastighet)

$$V_m(z) = C_r(z) * C_o(z) * V_b \quad 'C_r \text{ blir beregnet, } C_o \text{ må angis av bruker, } z = \text{høyde over terrenget} \quad (4.3) /1/$$

**Basisvindhastighetstrykk** beregnes etter følgende formel:

$$q_b = (\rho / 2) * V^2 = (1.25/2) * V_b^2 \quad (4.10) /1/$$

**Terrengruhetskategori** er angitt i Tabell NA.4.1 /1/.

#### Terrengform

Terrengformfaktoren er  $C_o(z)$  og turbulensfaktoren er  $k_t$ .

I kapittel NA.4.3.3 /1/ er det angitt 4 alternativer for å bestemme faktorene.

1. NA.4.3.3(901.2.1) Terrengform for frittliggende ås eller skråning.
2. NA.4.3.3(901.3.1) Byggested nær toppen av ås eller skråning i le av annen ås eller skråning.
3. NA.4.3.3(901.3.2) Lavereliggende byggested i le av ås eller skråning.
4. NA.4.3.3(901.4) Byggested på lesiden av bratt terreng med fall større en 30 grader i vindretningen.

### 3.2.2 Vindkasthastighetstrykk og vindkasthastighet

Vindkasthastighetstrykk og vindkasthastighet beregnes etter regler gitt i kapittel 4 i /1/.

**Vindkasthastighetstrykket:**

$$q_p(z) = [1 + 7 * I_v(z)] * \frac{1}{2} * \rho * V_m^2(z) \quad [N/m^2] \quad (4.8) /1/$$
$$= [1 + 7 * I_v(z)] * 0.625 * V_m^2(z)$$

- Standardverdi på densiteten er  $\rho=1.25$  (tilsvarer  $1.25 \text{ kg} / \text{m}^3$ )
- Toppverdifaktor  $k_p=3.5$
- $I_v(z)$  er turbulensintensiteten, se ligning (4.7) i /1/ eller ligning NA.4 (901.4) i /1/ hvis bygget er plassert i overgangssone.
- Hastigheten  $v_m$  er gitt i [m/s]

#### Overgangssoner:

For overgangssoner må stedsvindhastigheten og turbulensintensitetsfaktoren korrigeres:

- Stedsvindhastigheten  $V_m(z)$  beregnes etter regler i kapittel NA.4.3.2(2) (901.2) i /1/.
- Turbulensintensitetsfaktoren  $I_v(z)$  beregnes etter ligning NA.4 (901.4) i /1/.

Tilhørende vindkasthastighet blir beregnet ved å sette inn korrigererte verdier for  $V_m(z)$  og  $I_v(z)$  i ligning for vindkasthastighetstrykket ovenfor. Dersom  $C_o(z) > 1$  blir verdien av  $V_m(z)$  korrigert for  $C_o(z)$  i ligningen.

### 3.2.3 Vindtrykk på vegger og tak

I kapittel 5 /1/ er det beskrevet hvordan vindtrykket blir beregnet.

Utvendig vindtrykk på vegger og tak beregnes som:

$$w_e = C_{pe} * q_p(z_e)$$

$C_{pe}$  er den utvendige formfaktoren. Programmet beregner to verdier av utvendig vindtrykk, for  $C_{pe-10}$  og  $C_{pe-1}$ .

$C_{pe,10}$  brukes vanligvis for beregning av lastvirkningen av den totale lasten.

$C_{pe,1}$  og mellomliggende verdier brukes for å regne på lokalt forhøyet laster ved dimensjonering av limfuger, spikring, båndstål o.l.

For bygg med *en dominerende vindfasade* blir det innvendige vindtrykket beregnet som en funksjon av utvendig vindtrykk:

$$w_i = 0.9 * w_e \text{ eller } w_i = 0.75 * w_e \text{ avhengig hvor dominerende vindfasaden er. Se kapittel 7.2.9 (5) i /1/.$$

Det innvendige vindtrykket for et bygg som **ikke har dominerende vindfasade** beregnes som

$$w_i = C_{pi} * q_{kast}$$

- $C_{pi}$  er den innvendige formfaktoren se kapittel 7.2.9 (6) /1/

Det resulterende vindtrykket av utvendig og innvendig vindtrykk blir ikke beregnet av programmet.

### 3.2.4 Formfaktorer for vegger og tak

Formfaktorer for bygget og inndeling i soner blir beregnet som vist i kapittel 7 /1/.

Programmet beregner ikke soneinndeling for bygg som funksjon av høyden, men bruker referansehøyden  $Z$  som brukeren angir i programmet for hele bygget. [kap. 7.2.2 /1/].

For flate tak beregnes formfaktoren for takavslutning med skarp kant.

### 3.2.5 Frittstående tak

For frittstående tak (kapittel 7.3 /1/) beregnes total kraftfaktor  $C_f$  (resultantkraft) og resulterende formfaktor  $C_{p,net}$ . For figurer vises det til:

- Figurene 7.16-17 /1/ viser lasttilfeller og plassering av kraftfaktor.

- Tabellene 7.6-7 /1/ viser figur med inntegning av soner for resulterende formfaktor  $C_{p,net}$ .

Resultantkraften beregnes etter ligning:

$$F_w = C_s C_d * C_f * q_p(z) * A_{ref} \quad (5.3) /1/$$

Konstruksjonsfaktoren  $C_s C_d$  se kapittel 6 /1/. Programmet bruker verdien lik 1 som standardverdi.

### 3.2.6 Frittstående vegg

Se kapittel 7.4 /1/.

### 3.2.7 Frittstående søyle

Søylen er fast innspent. Resultantkraften beregnes etter ligning (5.3) /1/.

For **rekangulær** søyle blir kraftfaktoren:

$$C_f = C_{f,o} * \psi_r * \psi_\lambda \quad (7.9) /1/$$

$\psi_\lambda$  Endeeffekt: Kapittel 7.13, tabell 7.16 og figur 7.36 med massivitetsforhold = 1.

Kraftfaktor  $C_{f,0}$  se figur 7.23

$\psi_r$  :Reduksjonsfaktoren for avrundet hjørne se figur 7.24.

For **sirkulær** søyle bestemmes kraftfaktoren av ligning:

$$C_f = C_{f,o} * \psi_\lambda \quad (7.19) /1/$$

$C_{f,0}$  se figur 7.28 /1/

$\psi_\lambda$  endeeffekt faktoren se kapittel 7.13 /1/

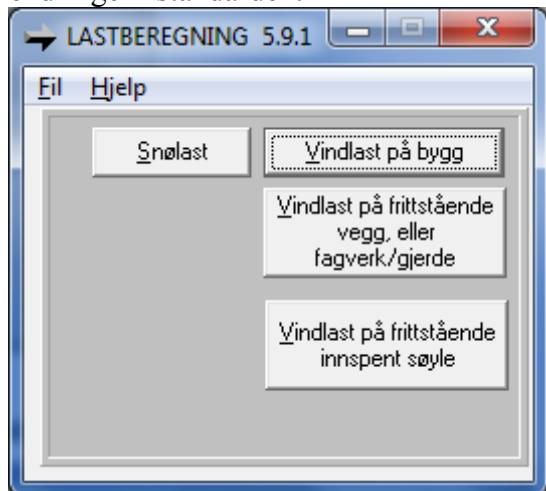
## 4 Veiledning i bruk av programmet

### 4.1 Starte beregning.

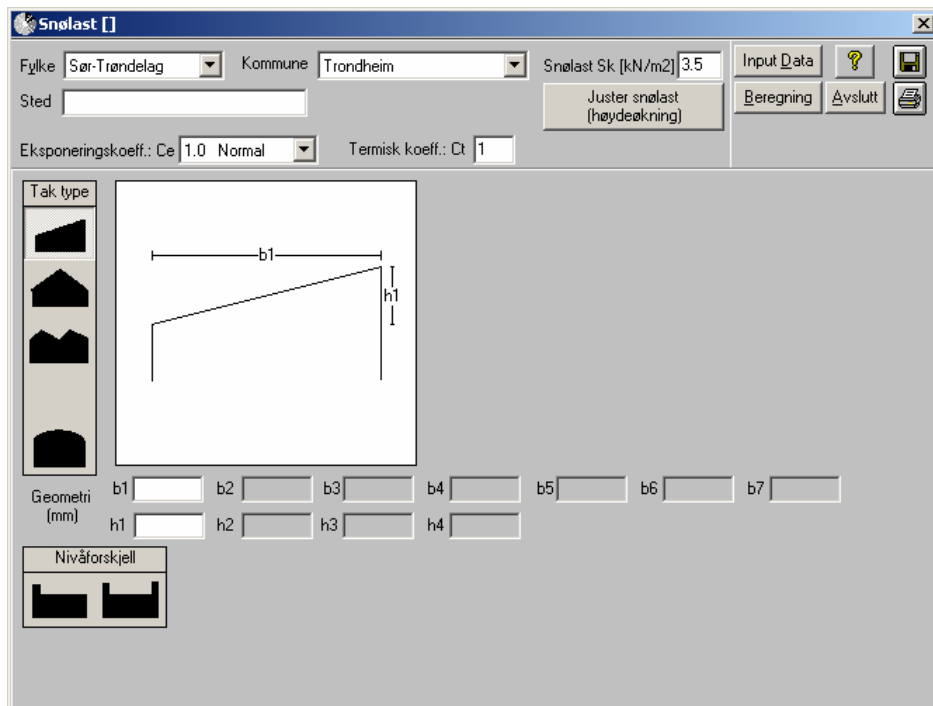
Fra det første skjermbildet kan du velge om du skal gjøre en beregning av snølast eller vindlast.

Fra filmenyen kan du åpne en fil som er lagret tidligere.

NB ! Vindlastberegninger som er lagret med versjon 1 og 2 av lastberegning kan ikke åpnes pga endringer i standarden.



### 4.2 Input data for snølast



#### Data


- Plassering av bygget (Fylke, kommune og sted). Karakteristisk snølast  $Sk$  gitt for den enkelte kommune (se tillegg NA.4.1 i standard)
- Eksponeringskoeffisient tabell NA.5.1
- Termisk koeffisient
- Taktype (pult-, sal-, sag- og buet tak)
- Nivåforskjell for bygget
- Geometridata for bygget og tak.


#### Byggested (høydeøkning)


Karakteristisk snølast kan korrigeres for byggestedets høyde. Klikk på "JUSTER SNØLAST" for å vise skjema for korrigering.

#### Beregning

Klikk på "BEREGNING" for å vise snølasten på taket.

**Lagre datasett:** Klikk på ikonet  for å lagre datasettet.

**Utskrift:** Klikk på ikonet med  for å skrive ut eller eksportere til PDF-format.

**Hjelp:** Klikk på ikon  for å vise hjelp.

**Avslutt:** For å avsluttet snølastberegning klikk på 'avslutt'.

## 4.3 Input data for vindlast

### Data

- Velg om taket skal være frittstående ?
- Velg takform (pulttak, saltak eller flatt tak)
- Angi takhøyde
- Angi geometri for bygningens grunnflate og høyde for vegger.

### 'Bestem hastighetstrykket'

Klikk på knappen for å angi vindhastighet og referansehøyde z.

### Beregning for tak

Viser formfaktorer og soner for taket.

### Beregning for yttervegg

Viser formfaktorer og soner for vegger. Viser også innvendig vindtrykk.

### Innvendig vindlast

#### Dominerende vindfasade


Innvendig vindtrykk beregnes som funksjon av utvendig vindtrykk når bygningen har *en* dominerende vindfasade. Da blir  $w_i = 0.9 * w_e$  eller  $w_i = 0.75 * w_e$ . Der  $w_e = c_{pe,10} * q_p(z)$


#### Ikke dominerende vindfasade


Alternativ 1. Skriv inn verdier for åpningene for hver vegg i bygget. Programmet beregner det minste og det største åpningsforholdet for bygningen og bestemmer innvendige formfaktorer fra figur 7.13 i standard.

Alternativ 2. Hvis det ikke er mulig å angi åpningene kan åpningsforholdet velges som 0,2 og -0,3 for beregning av formfaktorene.

Når **minst to sider av bygningen** (fasader og tak) har åpninger som er mer enn 30 % av arealet av denne siden skal vindlasten beregnes etter reglene i punkt 7.3 /1/ (fritt tak) og 7.4 /1/ (frittstående vegger ) dette blir ikke beregnet av programmet.

**Lagre datasett:** Klikk på ikon  for å lagre datasettet.

**Utskrift:** Klikk på ikon  for å skrive ut eller eksportere til PDF-format.

**Hjelp:** Klikk på ikon  for å vise hjelp.

**Avslutt:** For å avsluttet snølastberegning klikk på 'avslutt'.

## 4.4 Skjema for vindhastighet

### Sted

- Velg fylke og kommune. Vind-hastigheten  $V_{b,0}$  vises for den enkelte kommunen.  $V_{b,0}$  kan endres.

### Faktorer for basisvind

- Velg høyde over havet for byggestedet for å beregne nivåfaktoren  $C_{-alt}$ .
- $C_{-prob}$  er en faktor som bestemmer årlig sannsynlighet for overskridelse
- $C_{-dir}$  er retningsfaktor
- $C_{-season}$  er årstidsfaktoren

### Høyden over terrenget

- $Z$  er høyden over terrenget på byggestedet og angis i [m].

### Overgangsoner

- Velg avstand  $X_b$  i [m] fra grensen mellom sone A og B til byggestedet.
- Terrengkategorier og nabosone angis.

### Terrengkategorier:

0 - Åpent opprørt hav

I - Kystnær, opprørt sjø. Åpne vidder og strandsoner uten trær eller busker.

II - Landbruksområde, område med spredte små bygninger eller trær.

III - Sammenhengende småhus-bebyggelse, industriområder eller skogsområder

IV - Byområde der minst 15% av arealet er dekket med bygninger og deres gjennomsnittlige høyde overskrider 15 m. Granskogområder.

### Terrengformfaktoren $C_o(z)$ og turbulensfaktoren $k_t$

Disse faktorene må velges av brukeren. Standardverdi for faktorene er satt til 1 i programmet (ingen topografisk påvirkning).

#### Fire typer topografisk påvirkning:

1. NA.4.3.3(901.2.1) Terrengform for frittliggende ås eller skråning.  
 $C_o(z)$  må beregnes/angis.  
 $k_t=1$
2. NA.4.3.3(901.3.1) Byggested nær toppen av ås eller skråning i le av annen ås eller skråning.  
 $C_o(z)$  må beregnes / angis.  
Programmet foreslår  $k_t=1$
3. NA.4.3.3(901.3.2) Lavereliggende byggested i le av ås eller skråning.  
Hvis alle 3 vilkårene er oppfylt er:  $C_o(z)=1.2$  og  $k_t=0.8$  (samlet blir vindkasthastigheten mindre.)

Vilkårene for å ta hensyn til denne reduksjonen for en aktuell retningssektor på byggestede er:

- det gjennomsnittlige fallet for det skjermende terrenget på losiden av byggestedet for terrengarealer i siktelinjen fra byggested, motsatt vindretningen, innenfor aktuell retningssektor er mindre enn 25 grader, og
- horisontal avstand fra den skjermende åsen eller skråningens topp til byggestedet er mindre enn 15 ganger nivåforskjellen mellom de to punktene, og
- avstanden  $x$ , jf. ligning NA.4.(901.6), oppfyller kravet  $x > 1.5 K_{virk} * L_h$

4. NA.4.4.4(901.4) Byggested på lesiden av bratt terreng med fall større en 30 grader i vindretningen.



## 4.5 Skjema for topografifaktor

Programmet har et skjema for beregning av:

$C_o(z)$  etter ligning NA.4 (901.5) /1/

$C'o(z)$  etter ligning NA.4(901.7) /1/

NA.4.3.3 Skjema for beregning av  $C_o(z)$  og  $C'o(z)$

NA.4.3.3 (901.2.1) Terrengformfaktor for frittliggende ås eller skråninger

Skal konstruksjonen bygges på ås eller skråning

Ås  Skråning

x (m)		Horisontal avstand (pos. i vindretning) i vindvektorplanet xz, fra lokal topp av åsen til byggestedet
H (m)		H er største lokale ås- eller bakkehøyde over det omkringliggende terrenget i samme plan.
Lh (m)		Halv ås- eller bakkebredde målt i nivået 0.5H
B (m)		Se figur under hjelp eller figur NA.4(901.3) NS-EN 1991-1-4.
Lo (m)		Se figur under hjelp eller NA.4(901.3) NS-EN 1991-1-4
$C_o(z)$		

NA.4.3.3(901.3.1) Bygning nær toppen av ås eller skråning i le av annen ås eller skråning

H (m)		Største høyde i vindvektorplanet av åsen på byggestedet
Ho (m)		Største høyde i vindvektorplanet av den skjermende åsen
L (m)		Horisontal avstand mellom disse to punktene
$C'o(z)$		

Forklaring og figurer for dataene i skjemaet se kapittel NA.4.3.3 /1/.

## 5 Programrevisjoner

### Versjon 1.0, desember 1999.

Første utgave av programmet.

### Versjon 1.1.0, januar 2000.

- Vindlast-kurve E og F er lagt inn
- Brukeren får melding hvis geometriske data er slik at formfaktorer for vind ikke gjelder, men brukeren kan da likevel velge å fortsette beregningen.
- Tegning av figur med formfaktorer er forbedret for spesielt avlange konstruksjoner.

### Versjon 1.1.2, januar 2000.

- Korrigering av skjermbildet for yttervegger
- Korrigering av nivå I (snølast)
- Nytt: nivå II ( snølast på tak med to oppstikkende tak ).

### Versjon 2.0.0, september 2001.

- Snølast i henhold til ny standard for snølaster /2/
- Forhåndsvisning
- Eksporter PDF-format (Adobe Acrobat dokument).

### Versjon 2.1.3, oktober 2001.

Lagring av datafil. Det gis en melding med spørsmål om godkjenning hvis du vil skrive over en tidligere datafil

### Versjon 2.2.1, desember 2001.

- Utskriftsformen har fått en knapp: Prosjekt = Mappenavn Ved å klikke på denne settes teksten i prosjekt-feltet til navnet på mappen som datafilen er lagret i.
- Datafiler for snølast er inkludert i programmet, og det skal ikke lenger legges inn egne datafiler.
- Buet takform er medtatt under vindberegning.

### Versjon 2.3.0, mars 2002.

- Snølastdata er rettet for følgende kommuner: Os i Hedmark, Sande i Vestfold .
- Vindtrykk på saltak med vinkel større enn 54 grader, er rettet (førtegn).
- Direkte kobling mellom program og datafil. En kan starte programmet direkte og hente opp en datafil ved å dobbelklikke på datafilen.

### Versjon 3.0.0, november 2002.

- Snølast. Formfaktor for sagtak er korrigert.
- Vindlast i henhold til ny standard /1/.

### Versjon 3.0.1, mars 2003.

Feilmelding på skjermen: Hvis du har valgt en region for vindretning. (for eksempel Østlandet, øst) , men ikke valgt vindretning, så kommer det en feilmelding.

### Versjon 3.0.2, april 2003.

Det er gjort en liten rettelse for innvendig vindtrykk når en har bygning med en dominerende vindfasade.

### Versjon 3.0.3, mai 2003.

Det er gjort en liten rettelse i skjermbildet med frittstående tak, slik at label "h1" alltid blir synlig.

### Versjon 3.1.0 juni 2003.

- Det er gjort en rettelse i beregning av takras fra overliggende takflate. Halvparten av total snømengde på overliggende tak fordeles på taket nedenfor. Det fordeles som en trekantform og minste fordelingslengde er 5 meter. Er takflaten nedenfor mindre enn 5 meter i utstrekning, så forsvinner en del av takraset utenfor, men det gjelder ikke hvis en har to takoppbygg.
- En kan nå angi at det skal benyttes snøfangere på overliggende tak, og at takras ikke skal medregnes.

### **Versjon 3.1.1 mars 2004.**

- Spesielle krav for frittstående tak, gitt i /1/ punkt 10.3: Hvis noen av disse krav ikke er oppfylt så gis det en melding på skjermen, men programmet tillater at beregningen gjennomføres.

### **Versjon 3.2 august 2004.**

- Overgangsoner punkt 5.3.2 og punkt 6 i /1/ er nytt i denne versjonen.
- Topografifaktorer. Skjema for beregning av  $C_t(z)$ , punkt 5.4.2.1 og punkt 5.4.2.2 i /1/ er nytt.

### **Versjon 3.2.1 mars 2005.**

- Vindlast på overside av flate tak: For sone I er det føyd til +- i utskriften.

### **Versjon 3.2.2 august 2005.**

- Snølast på lavereliggende tak ved flernivå tak er rettet litt. (/2/ figur 7): Hvis  $L_v + L_h > L_1$  så krysses lastkurvene fra høyre og venstre side, og formfaktoren for midtpartiet kan bli litt forskjellig for venstre og høyre kant. Programmet benytter da middelverdien som formfaktor for midtpartiet. Knekkpunkt på lastkurven beregnes der de skrå linjene treffer den horisontale linjen i midtsonen.

### **Versjon 3.2.5 januar 2007.**

Snølast på lavereliggende tak ved flernivå tak er rettet litt i henhold til rettelsesblad AC , NS 3491. Maksimalverdien kan i enkelt tilfeller bli noe mindre.

### **Versjon 3.2.6 april 2007.**

På utskrift for vindlast er det i tabellene tatt med utstrekning (mm), for de forskjellige sonene. For skrå takflater er det horisontalprojeksjon som angis.

### **Versjon 3.2.7 juni 2007.**

Under ” Frittstående vegg” kan en nå velge å beregne ”Fagverk / gjerde”, med massivitet fra 0 til 0.7 , i henhold til NS3491-4 Fig 36

### **Versjon 3.3.0 mars 2008.**

En kan nå velge å beregne ”Frittstående innspent søyle ”

#### Rektangulær søyle:

Søylens lengde: L. Tverrsnitt: b x d. Vindretning mot side b.

En kan angi avrundet hjørne med radius = r.

#### Sirkulær søyle:

Søylens lengde: L Diameter: b Overflate: 11 forskjellige typer overflate kan angis.

### **Versjon 4.0.0 april 2009**

Standard for beregning av snølast er endret fra NS 3491-3 til NS-EN 1991-1-3:2003+NA:2008

- Tabelldata for karakteristiske verdier for snølastdata er ny med angitt høydeplassering for kommunesenter.
- Mulighet for å angi eksponeringskoeffisient. Settes lik 1 for buet tak.
- Formfaktorer for buet tak er endret
- Input og formfaktorer for sagtak er endret

### **Versjon 6.0.0 april 2010**

Standard for beregning av vindlast er endret fra NS 3491-4 til NS-EN 1991-1-4:2005/NA:2009.

## **6 Referanser**

- /1/ NS-EN 1991-1-4:2005/NA:2009 Vindlaster
- /2/ NS-EN 1991-1-3:2003+NA:2008 Snølaster