

U D V I K L I N G K O N S T R U K T I O N E R

BEF-PCSTATIK

PC-Statik

Lodret lastnedføring efter EC0+EC1

Version 2.0

Dokumentationsrapport

2009-03-20

ALECTIA A/S

Teknikerbyen 34
2830 Virum
Denmark
Tlf.: +45 88 19 10 00
Fax: +45 88 19 10 01

CVR nr. 22 27 89 16

www.alectia.com

U D V I K L I N G K O N S T R U K T I O N E R

BEF-PCSTATIK

PC-Statik

Lodret lastnedføring efter EC0+EC1

Version 2.0

Dokumentationsrapport

2009-03-20

Revision : 2/EC
Revisionsdato: 2009-03-20
Sagsnr. : 17681
Projektleder : JFJ
Udarbejdet af : AHH/JFJ/PKB
Godkendt af : JFJ

Indholdsfortegnelse

1	Indledning	2
2	Kort beskrivelse af programmet.....	3
3	Fortolkning af EC0+EC1	6
3.1	Nyttelast	6
3.2	Snelast.....	7
3.3	Brand og ulykke	7
4	Teoretisk baggrund	8
4.1	Laster	8
4.2	Resultanter.....	8
4.3	Lastkombinationer	8
4.3.1	<i>Vedvarende eller midlertidige dimensioneringstilfælde.....</i>	<i>8</i>
4.3.2	<i>Ulykkesdimensioneringstilfælde</i>	<i>10</i>
4.4	Lastnedføring	11
4.4.1	<i>Vedvarende eller midlertidige dimensioneringstilfælde.....</i>	<i>11</i>
4.4.2	<i>Ulykkesdimensioneringstilfælde</i>	<i>12</i>
5	Beregningseksempel.....	14
5.1	Vedvarende eller midlertidige dimensioneringstilfælde.....	14
5.2	Ulykkesdimensioneringstilfælde	17

1 Indledning

Nærværende rapport udgør KS-dokumentationen, udført i forbindelse med udvikling af beregningsprogram for lastnedføring efter EC0 + EC1.

Rapporten er opdelt således, at første afsnit beskriver programmets opbygning.

Hernæst gennemgås de fortolkninger, der er foretaget af EC0 + EC1, for at få et beregningsmodul, der er så konsistent som muligt. Derefter kommer et teoriafsnit, som beskriver teorien bag lastnedføringen.

Til slut gennemgås et beregningseksempel, hvor lastnedføringen gennemgås detaljeret for en 6-etages bygning.

Ansvarsforhold

NB: Resultaterne af beregningsmodulerne skal ALTID efterkontrolleres af køber/bruger! Betonelement-Foreningen og de øvrige ophavsmænd påtager sig INTET ANSVAR for fejl og mangler ved beregningsmodulernes informationsindhold mv. eller for svigt ved - eller tab som følge af - produkter fremstillet under anvendelse heraf.

2 Kort beskrivelse af programmet

Programmet beregner lastnedføringen for en maksimalt 6-etagers høj bygning. På **Figur 1** ses lastnedføringsprogrammets skærmbillede.

Øverst til højre i brugerfladen indtaster brugeren fladelaste og linielaste. Fladelaste og linielaste er opdelt i permanente laste, g , og variable laste, q . De permanente laste er desuden opsplittet i en bunden del, g_k , og en fri del, $g_{k,fri}$. Her indtastes desuden partialkoefficienter, γ_q , samt ψ -faktorer for de forskellige variable laste. Øverst til højre skal brugeren indtaste, hvilken kategori den angivne nyttelast er knyttet til.

Egenlasten påføres en partialkoefficient, $\gamma_{g,sup}$, eller, $\gamma_{g,inf}$, alt efter om egenlasten virker til gunst eller ej. Disse koefficienter indtastes øverst til højre. Her er det desuden muligt at indtaste koefficienten, K_{FI} , som angiver hvilken konsekvensklasse, bygningen henføres til.

Det er desuden muligt øverst i brugerfladen at skifte mellem en lastnedføring for sædvanlige dimensioneringstilfælde og en lastnedføring for brand/ulykke.

I brugerfladen nederst til venstre indtastes spændvidder for de forskellige etager. En etage udgår, hvis L_v og L_h sættes til 0. I samme område indtastes desuden hvilke fladelaste etagerne er belastet af, samt eventuelle linielaster og placeringen af disse.

Til venstre herfor kan brugeren angive størrelsen af en egenvægt i bærelinien for de enkelte etager. Egenvægten i bærelinien kan ligeledes opdeles i en bunden, g_k , og en fri del $g_{k,fri}$.

I brugerfladen til venstre er det muligt for brugeren selv at indtaste navne på de forskellige etager. I brugerfladen øverst til venstre vises en figur, hvor den overordnede geometri og laster er angivet. De indtastede navne på etagerne vises desuden ud for hver etage.

Centralt i brugerfladen ses en rubrik med forklaringer på nogle af de anvendte symboler.

Nederst til højre i brugerfladen ses resultatet af selve lastnedføringen. Resultatet er opgivet i kolonner med henholdsvis maksimalværdier, reducerede

værdier og minimalværdier. For hver kolonne ses betegnelsen n_o , n_v , n_h , som svarer til henholdsvis last fra højereliggende etager inkl. last i bærelinie, last fra dæk til venstre for bærelinien og last fra dæk til højre for bærelinien. En udskrift af beregningsprogrammet er identisk med skærbilledet, blot uden farver.

Lastnedføring version 2.0 / EC		Udgivet af Betonelement-Foreningen mar. 2009	
Sag: Betonelementhuset Emne: Linie B, modul 5-12. Vedvarende dimensioneringstilstande (kombination 6.10b)		Nr.: 23 - 4545 Init: JFJ	Gå til lastnedføringskema for belastning under brand / ulykke
Egenvægt, $\gamma_{g,sup} = 1,00$		$\gamma_{g,inf} = 0,90$	Konsekvensklasse: $K_{FI} = 1,10$
Etage	Egenvægt i bærelinie g_k (kN/m)	g_{frik} (kN/m)	Kategori
Tag	10,00	0,00	N
4. sal	10,00	0,00	A
3. sal	10,00	0,00	B
2. sal	10,00	0,00	E
1. sal	10,00	0,00	D
Stue	10,00	0,00	D
Kld.	20,00	0,00	D

Fladelaste	g_k (kN/m ²)	g_{frik} (kN/m ²)	q_k (kN/m ²)	γ_q	v_{i0}	Kategori
F0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,60	N
F1	3,10	1,00	0,80	1,50	0,60	A
F2	3,65	1,50	1,50	1,50	0,50	B
F3	3,65	2,00	2,50	1,50	0,60	E
F4	3,65	2,00	7,50	1,50	1,00	D
F5	4,15	4,00	4,00	1,50	0,60	D

NB: EC1 3.3.1(2)P fjerner reelt lastreduktion for kategori E-G i normale lastkombinationer

Linielaste	g_k (kN/m)	g_{frik} (kN/m)	q_k (kN/m)	γ_q	v_{i0}	Kategori
L0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,50	A
L1	8,00	4,00	6,00	1,50	0,50	D
L2	0,00	8,00	10,00	1,50	0,60	D

Etage	g_k (kN/m)	g_{frik} (kN/m)	q_k (kN/m)	γ_q	v_{i0}	Kategori
Tag	15,2	11,0	8,7	8,0	4,2	N
4. sal	43,5	43,7	20,7	16,7	9,9	A
3. sal	19,9	111,8	20,7	7,3	9,9	B
2. sal	43,4	159,9	19,6	13,8	7,4	E
1. sal	65,1	226,9	55,8	11,5	9,9	D
Stue	65,4	369,8	35,3	15,7	8,4	D
Kld.	500,2	459,4	184,8			

Etage	Linie	L_v (m)	Fladelast	L_h (m)	Linielast	sh (m)
Tag	F1	5,20	F1	3,00	L0	0,00
	F2	8,40	F2	6,00	L0	0,00
	F3	3,00	F3	6,00	L0	0,00
	F4	8,40	F4	4,50	L0	0,00
	F5	7,00	F5	6,00	L0	0,00
Stue	F1	8,40	F1	4,50	L2	3,00
	F2		F2			
	F3		F3			
	F4		F4			
	F5		F5			

Diagrammer:
 - Tag-v F1, 4. sal-v F2, 3. sal-v F2, 2. sal-v F3, 1. sal-v F4, Stue-v F5
 - venstre dækfelt (L1, L2), højre dækfelt (L1, L2)
 - dimensioner: L_v , L_h , s_v , s_h
 - L1 og L2 betegner linielaste.
 - L_v og L_h er dækkernes spændvidder.
 - Resultanter på underliggende væg eller bjælke: n_v , n_h
 - n_v og n_h : Last fra dæk i etagen
 - n_o : Last fra højreliggende dæk og fra egenvægte i bærelinie

Figur 1. Skærbillede af brugerfladen for lastnedføringsprogrammet

3 Fortolkning af EC0+EC1

I forbindelse med udvikling af programmet har det været nødvendigt, at fortolke EC0 og EC1, således at en konsistent løsning kan tilvejebringes. I nærværende afsnit beskrives de fortolkninger, der er foretaget i forhold til EC0 og EC1.

3.1 Nyttelast

Der er beskrevet to forskellige måder i EC0 og EC1, hvorpå lastnedføring af nyttelast kan udføres.

- Den generelle metode efter EC0, afsnit 6.4.3, hvor lastvirkningen på et konstruktionselement fra variable laster regnes ved at påføre den fulde værdi for den dominerende variable last, mens den øvrige variable last reduceres. For tilfældet med en fleretagers bygning påvirket af nyttelast i samme kategori fås den samlede lastvirkning således ved at påføre den fulde nyttelast på én etage, $\gamma \cdot Q$, mens nyttelasten reduceres på de øvrige etager, $\gamma \cdot \psi_0 \cdot Q$.
- α_n -metoden iht. EC1-1-1, afsnit 6.3.1.2(11), hvor den totale nyttelast fra flere etager for søjler og vægge inden for hver kategori reduceres med en reduktionsfaktor α_n . α_n -metoden har flere svagheder, og for større statisk ubestemte konstruktioner er den uegnet. Ovenstående regel med reduktion af nyttelast gælder kun for nyttelast fra kategori A til D i henhold til EC1-1-1. Denne begrænsning er dog ikke medtaget i det nationale annek.

For en simpel geometri svarer α_n -metoden til, at fuld nyttelast tilføjes én etage inden for hver kategori, mens nyttelasten på de øvrige etager reduceres med faktoren ψ_0 .

Programmet regner med en middelvej mellem de to ovenstående metoder. Således påføres den fulde nyttelast, $\gamma \cdot Q$, på én etage indenfor hver lastkategori for kategori A-D. Hvis der er flere etager med samme lastkategori reduceres de følgende nyttelaster med faktoren ψ_0 . Nyttelaster i kategori E-G reduceres som udgangspunkt ikke. Programmet giver dog mulighed for at brugeren selv kan indtaste en reduktionsfaktor.

Kategorier for nyttelast bestemmes i henhold til EC1-1-1 DK NA:2007 afsnit 6.3.

3.2 Snelast

I EC1-1-1 afsnit 3.3.1 (2)P står der "I dimensioneringstilfælde, hvor nyttelaster virker samtidig med andre variable laster (fx laster fra vind, sne, kraner eller maskiner), skal den totale nyttelast i lasttilfældet betragtes som en enkelt last." Dette betyder at, hvor sne er den dominerende last, må alle nyttelaster reduceres med ψ_0 . Omvendt må snelasten reduceres når nyttelasten er dominerende, hvilket den ofte er.

Snelast henføres i programmet til kategori N for naturlast.

3.3 Brand og ulykke

Lastnedføring i ulykkestilfælde udføres i henhold til EC0 afsnit 6.4.3.3 og EC0 NA:2007 tabel A1.3.

I ulykkestilfældet påføres konstruktionen en dominerende ulykkeslast, eksempelvis påkørsel eller brand. Den dominerende ulykkeslast er ikke en del af lastnedføringen. De variable nyttelaster opdeles i primær og andre. Dette fortolkes i programmet på samme måde, som dominerende og øvrige variable laster i forbindelse med den almindelige lastnedføring for vedvarende og midlertidige dimensioneringstilstande. I overensstemmelse hermed påføres maksimal nyttelast på én etage for hver lastkategori A-D mens nyttelast på de øvrige etager reduceres. For lastkategori E-G reduceres der som udgangspunkt ikke.

I brandtilfældet benyttes faktoren ψ_1 ved områder med maksimal nyttelast og ψ_2 for områder, hvor nyttelasten reduceres. For ulykkestilfælde i øvrigt bruges faktoren ψ_2 begge steder. I programmet er faktorerne svarende til brand tastet ind på forhånd. Ønskes et andet ulykkestilfælde beregnet, skal brugeren selv rette faktorerne til.

4 Teoretisk baggrund

4.1 Laster

Laster på de forskellige etager fastsættes i henhold til EC1:2007 og EC1 DK NA:2007.

4.2 Resultanter

Som angivet i udskriften af skærbilledet, se **Figur 1**, opgives resultatet af lastnedføringen for hver etage i resultanterne n_v , n_0 , n_h . Disse er resultanter på den underliggende etage. n_v svarer til last fra det venstre dæk i etagen, n_h er last fra det højre dæk i etagen, og n_0 er last fra højereliggende etager inklusiv væggen i det pågældende snit.

4.3 Lastkombinationer

Programmet har to brugergrænseflader for lastnedføring. Én for vedvarende eller midlertidige dimensioneringstilfælde og én for belastning under brand/ulykke. Der skiftes mellem brugergrænsefladerne ved at trykke på bjælken øverst til højre.

4.3.1 Vedvarende eller midlertidige dimensioneringstilfælde

Lastnedføringen gennemføres for STR-grænsetilstande, som i henhold til EC0;2007 afsnit 6.4.1 er karakteriseret ved:

“STR: Indvendigt svigt eller meget stor deformation af konstruktionen eller konstruktionsdele, herunder fundamenter, pæle, kældervægge osv., hvor styrken af konstruktionsmaterialerne er bestemmende.”

Last på de forskellige etager kombineres ved lastkombinationer i henhold til EC0 DK NA:2007 tabel A1.2(B).

Tabel 1. Regningsmæssige lastværdier, STR og GEO, jf. EC0 DK NA, tabel A1.2(B)

Vedvarende og midlertidige dimensioneringsstilfælde	Permanente laste		Dominerende variabel last	Øvrige variable laste
	Ugunstige	Gunstige		
(Formel 6.10a)	$K_{FI} \gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup}$	$\gamma_{Gj,inf} G_{kj,inf}$		
(Formel 6.10b)	$\xi K_{FI} \gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup}$	$\gamma_{Gj,inf} G_{kj,inf}$	$K_{FI} \gamma_{Q,i} Q_{k,1}$	$K_{FI} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$

Af EC0 DK NA:2007 fremgår det, at ξ for STR-grænsetilstande sættes til 1,0.

$$\xi = 1,0$$

Værdier af ψ -faktoren og partialkoefficienten, γ , fremgår af henholdsvis EC0 DK NA:2007 tabel A1.1 og tabel A1.2(B). Værdier for karakteristisk nyttelast, Q_k , bestemmes iht. EC1-1-1 og EC1-1-1 DK NA:2007.

K_{FI} afhænger af konsekvensklassen. Talværdien for K_{FI} findes i EC0 DK NA:2007 tabel A1.2(B), se mere om konsekvensklasse i afsnit 4.3.1.1 i denne rapport.

Lastvirkningen på et konstruktionselement fra nyttelast virkende på flere etager udregnes i programmet ved at påføre den fulde nyttelast på én etage for hver lastkategori A-D, mens nyttelasten reduceres på de øvrige etager.

På de etager hvor der påføres fuld nyttelast bestemmes nyttelasten ved:

$$q_k = K_{FI} \gamma_{Q,1} Q_{k,1}$$

På de etager, hvor nyttelasten reduceres bestemmes nyttelasten ved:

$$q_k = K_{FI} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Programmet finder selv den farligste kombination på hvert etageniveau.

4.3.1.1 Konsekvensklasse

Som det fremgår af det forrige afsnit afhænger størrelsen af bidraget fra både permanent last og variabel last af hvilken konsekvensklasse konstruktionen kan henføres til. Definitionen på de forskellige konsekvensklasser er angivet i EC0 afsnit B.3. Der kan vælges mellem CC1, CC2 og CC3 og klasserne

er kendetegnet ved henholdsvis lille, moderat og stor konsekvens ved et eventuelt svigt.

Konsekvensklassen har kun betydning i vedvarende eller midlertidige dimensioneringstilfælde.

4.3.2 Ulykkesdimensioneringstilfælde

Lastnedføringen gennemføres for ulykkestilfælde, som i henhold til EC0;2007 afsnit 6.4.3.3. Last på de forskellige etager kombineres ved lastkombinationer i henhold til EC0 DK NA:2007 tabel A1.3.

Tabel 2. Regningsmæssige lastværdier til brug ved lastkombinationer ved ulykkesdimensioneringstilfælde, jf. EC0 DK NA, tabel A1.3

Ulykkesdimensioneringstilfælde	Permanente laste		Dominerende ulykkelast	Ikke-dominerende variable laster*	
	Ugunstige	Gunstige		Eventuel primær	Andre
Brand (Formel 6.11a/b)	$G_{kj,sup}$	$G_{kj,inf}$	A_d	$\psi_{1,1}Q_{k,1}$	$\psi_{2,i}Q_{k,i}$
Ulykke i øvrigt (Formel 6.11a/b)	$G_{kj,sup}$	$G_{kj,inf}$	A_d	$\psi_{2,1}Q_{k,1}$	$\psi_{2,i}Q_{k,i}$

*) Variable laster er de laster, der er indeholdt i tabel A.1.1

Værdier af ψ -faktoren fremgår af EC0 DK NA:2007 tabel A1.1. Værdier for karakteristisk nyttelast, Q_k , bestemmes iht. EC1-1-1 og EC1-1-1 DK NA:2007.

Lastvirkningen på et konstruktionselement fra nyttelast virkende på flere etager udregnes i programmet ved at påføre den maksimale nyttelast på én etage for hver lastkategori A-D, svarende til primær variabel last, mens nyttelasten reduceres på de øvrige etager.

På de etager hvor der påføres maksimal nyttelast bestemmes nyttelasten ved:

$$q_k = \psi_{1,1}Q_{k,1} \text{ for brand}$$

$$q_k = \psi_{2,1}Q_{k,1} \text{ for ulykke i øvrigt}$$

På de etager, hvor nyttelasten reduceres bestemmes nyttelasten ved:

$$q_k = \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Programmet finder selv den farligste kombination på hvert etageniveau.

4.4 Lastnedføring

4.4.1 Vedvarende eller midlertidige dimensioneringstilfælde

For lastnedføring ved vedvarende eller midlertidige dimensioneringstilfælde, udregner programmet laster opdelt i tre kategorier, minimale, reducerede og maksimale værdier.

Last fra dæk, n_v og n_h , på de forskellige etager og last fra overliggende etager, n_0 , bestemmes i henhold til EC0 DK NA:2007 Tabel A1.2(B) på følgende måde:

Maksimalværdier, n_v og n_h :

$$n = K_{FI} \left(\xi (g_k + g_{fri,k}) \cdot \gamma_{g,sup} + q_k \cdot \gamma_q \right) \cdot 0,5 \cdot L + K_{FI} \left(\xi (G_k + G_{fri,k}) \cdot \gamma_{G,sup} + Q_k \cdot \gamma_Q \right) \cdot \frac{(L-s)}{L}$$

Reducerede værdier, n_v og n_h :

$$n = K_{FI} \left(\xi (g_k + g_{fri,k}) \cdot \gamma_{g,sup} + q_k \cdot \gamma_q \cdot \psi_0 \right) \cdot 0,5 \cdot L + K_{FI} \left(\xi (G_k + G_{fri,k}) \cdot \gamma_{G,sup} + Q_k \cdot \gamma_Q \cdot \psi_0 \right) \cdot \frac{(L-s)}{L}$$

Minimalværdier, n_v og n_h :

$$n = g_k \cdot \gamma_{g,inf} \cdot 0,5 \cdot L + G_k \cdot \gamma_{G,inf} \cdot \frac{(L-s)}{L}$$

- hvor L er dækkets spændvidde og s er afstanden fra en linielast til bærelinien.

I ovenstående betegner g og q bidrag fra fladelaste, mens G og Q betegner bidrag fra linielast.

Maksimalværdier, n_0 :

For maksimalværdier bestemmes lasten fra overliggende etager ved som tidligere nævnt at påføre fuld nyttelast på én etage, mens de øvrige etager fra samme kategori påføres en reduceret nyttelast. Programmet beregner alle kombinationer af lastopstillinger og viser den farligste.

Når den samlede maksimallast n_0 bestemmes, undersøges to dimensioneringstilfælde, hvoraf den farligste vises.

1. Dominerende snelast

$$n_{o,max} = \xi K_{FI} \gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup} + K_{FI} \gamma_{sne} Q_{k,sne} + K_{FI} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,nytte,i}$$

2. Dominerende nyttelast

$$n_{o,max} = \xi K_{FI} \gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup} + K_{FI} \gamma_{sne} \psi_{0,sne} Q_{k,sne} \\ + K_{FI} \gamma_{Q,i} Q_{k,nytte,i} + K_{FI} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,nytte,i}$$

Reducerede og minimale værdier, n_0 :

Last fra overliggende etager bestemmes for reducerede og minimalværdier ved simpel summering af last fra dæk på de enkelte etager samt egenvægt i bærelinier.

4.4.2 Ulykkesdimensioneringstilfælde

For lastnedføring ved ulykkesdimensioneringstilfælde, udregner programmet laster opdelt i tre kategorier, minimale, reducerede og maksimale værdier. Last fra dæk, n_v og n_{hr} , på de forskellige etager bestemmes i henhold til EC0 DK NA:2007 Tabel A1.3 på følgende måde i brandtilfældet:

Maksimalværdier:

$$n = (g_k + g_{fri,k} + q_k \cdot \psi_1) \cdot 0,5 \cdot L \\ + (G_k + G_{fri,k} + Q_k \cdot \psi_1) \cdot (L - s) / L$$

Reducerede værdier:

$$n = (g_k + g_{fri,k} + q_k \cdot \psi_2) \cdot 0,5 \cdot L \\ + (G_k + G_{fri,k} + Q_k \cdot \psi_2) \cdot (L - s) / L$$

Minimalværdier:

$$n = g_k \cdot \gamma_{g,inf} \cdot 0,5 \cdot L + G_k \cdot \gamma_{G,inf} \cdot (L - s) / L$$

- hvor L er dækkets spændvidde og s er afstanden fra en linielast til bærelinien.

I ovenstående betegner g og q bidrag fra fladelaste, mens G og Q betegner bidrag fra linielast.

Som udgangspunkt sættes $\gamma_{g,inf}$ lig 1,0, da EC0 ikke opererer med denne faktor i ulykkestilfælde. Der er dog mulighed for, at brugeren af programmet selv kan sætte faktoren.

Last fra overliggende etager, n_0 , bestemmes efter samme principper som for vedvarende eller midlertidige dimensioneringstilstande.

5 Beregningseksempel

5.1 Vedvarende eller midlertidige dimensioneringstilfælde

I nærværende eksempel foretages en gennemregning af en lastnedføring for en 6-etages bygning for vedvarende eller midlertidige dimensioneringstilfælde. Inddata for flade- og linielaste, samt konsekvensklasse ses i Tabel 3.

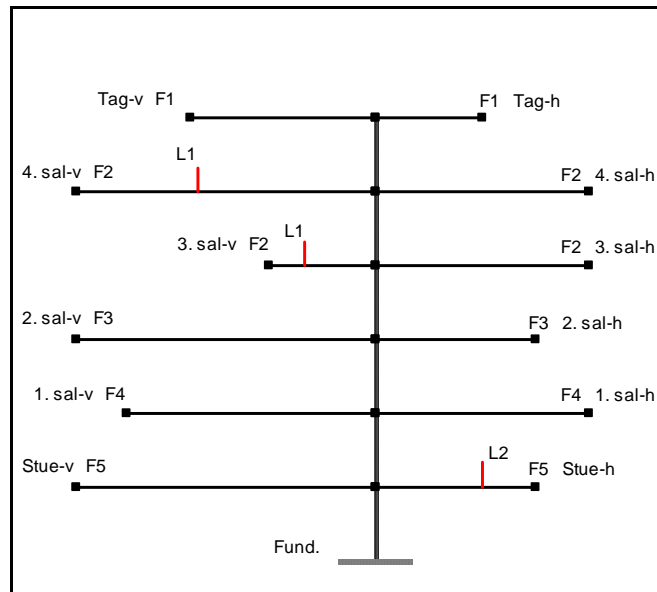
Tabel 3. Inddata for beregningseksempel

Egenvægt, $\gamma_{g,sup} = 1,00$		$\gamma_{g,inf} = 0,90$		Konsekvensklasse: $K_{FI} = 1,10$			
Fladelaste		g_k	$g_{fri,k}$	q_k	γ_q	ψ_q	Kategori
		kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²			
F ₀		0,00	0,00	0,00			
F ₁	Tagflader, sne	3,10	1,00	0,80	1,50	0,60	N
F ₂	Boligarealer	3,65	1,50	1,50	1,50	0,50	A
F ₃	Kontorer	3,65	2,00	2,50	1,50	0,60	B
F ₄	Kontor med arkiv	3,65	2,00	7,50	1,50	0,80	E
F ₅	Butiksarealer	4,15	4,00	4,00	1,50	0,60	D
Linielaste		g_k	$g_{fri,k}$	q_k	γ_q	ψ_q	Kategori
L ₀		0,00	0,00	0,00			
L ₁	Badeværelser	8,00	4,00	6,00	1,50	0,50	A
L ₂	Komprimator	0,00	8,00	10,00	1,50	0,60	D

Geometri for de forskellige etager og lastpåførsel fremgår af Tabel 4.

Tabel 4. Geometri og lastpåførsel

Etage	Egenvægt i bærelinie		Laste på venstre dækfelt				Laste på højre dækfelt			
	g_k	$g_{k,fri}$	L_v	Flade-	Linie-	s_v	L_h	Flade-	Linie-	s_h
	kN/m	kN/m	m	last	last	m	m	last	last	m
Tag	10,00	0,00	5,20	F1	L0	0,00	3,00	F1	L0	0,00
4. sal	10,00	0,00	8,40	F2	L1	5,00	6,00	F2	L0	0,00
3. sal	10,00	0,00	3,00	F2	L1	2,00	6,00	F2	L0	0,00
2. sal	10,00	0,00	8,40	F3	L0	0,00	4,50	F3	L0	0,00
1. sal	10,00	0,00	7,00	F4	L0	0,00	6,00	F4	L0	0,00
Stue	10,00	0,00	8,40	F5	L0	0,00	4,50	F5	L2	3,00
Fund.	20,00	0,00								



Figur 2. Visuel præsentation af etager og lastopland.

På Figur 2 vises geometri af lastopland samt hvilke flade- og linielaste de forskellige etager er belastet af.

For det pågældende eksempel gennemføres følgende beregninger for bestemmelse af reaktioner fra 2. sal. Der snittes umiddelbart over dæk mellem stue og 1. sal.

Af Tabel 4 og Figur 2 fremgår det, at der på etagerne over 2. sal er 2 etager med nyttelast fra kategori A og 1 etage med last fra kategori N (snelast). Nyttelasten er dominerende i forhold til snelasten. For at bestemme den maksimale reaktion fra overliggende etager, n_0 , på 2. sal, skal der derfor kun påføres fuld nyttelast på én etage med nyttelast, kategori A. Etagen med snelast, kategori N, og den anden etage med nyttelast, kategori A, skal påføres reduceret nyttelast. Det fremgår umiddelbart af Figur 2, at fuld nyttelast, kategori A, på 4. sal og reduceret nyttelast, kategori A, på 3. sal vil give den maksimale værdi, n_0 , på væggen under 2. sal, inkl. væggens egenvægt.

Maksimalværdier:

$$n_v = 1,1 \cdot \left(\frac{1,0 \cdot (3,65 \text{ kN/m}^2 + 2,00 \text{ kN/m}^2) \cdot 1,0}{+2,50 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,50} \right) \cdot 0,5 \cdot 8,40 \text{ m} = \underline{\underline{43,4 \text{ kN}}}$$

$$n_h = 1,1 \cdot \left(\frac{1,0 \cdot (3,65 \text{ kN/m}^2 + 2,00 \text{ kN/m}^2) \cdot 1,0}{+2,50 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,50} \right) \cdot 0,5 \cdot 4,50 \text{ m} = \underline{\underline{23,3 \text{ kN}}}$$

$$\begin{aligned} n_0 &= 1,1 \cdot \left(\frac{1,0 \cdot (3,10 \text{ kN/m}^2 + 1,00 \text{ kN/m}^2) \cdot 1,0}{+0,80 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,50 \cdot 0,6} \right) \cdot 0,5 \cdot (5,2 \text{ m} + 3,0 \text{ m}) \\ &+ 1,1 \cdot \left(\frac{1,0 \cdot (8,0 \text{ kN/m} + 4,0 \text{ kN/m}) \cdot 1,0}{+6,0 \text{ kN/m} \cdot 1,50} \right) \cdot \frac{8,4 \text{ m} - 5,0 \text{ m}}{8,4 \text{ m}} \\ &+ 1,1 \cdot \left(\frac{1,0 \cdot (3,65 \text{ kN/m}^2 + 1,50 \text{ kN/m}^2) \cdot 1,0}{+1,50 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,50} \right) \cdot 0,5 \cdot (8,4 \text{ m} + 6,0 \text{ m}) \\ &+ 1,1 \cdot \left(\frac{1,0 \cdot (3,65 \text{ kN/m}^2 + 1,50 \text{ kN/m}^2) \cdot 1,0}{+1,50 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,50 \cdot 0,50} \right) \cdot 0,5 \cdot (3,0 \text{ m} + 6,0 \text{ m}) \\ &+ 1,1 \cdot \left(\frac{1,0 \cdot (8,00 \text{ kN/m} + 4,00 \text{ kN/m}) \cdot 1,0}{+6,00 \text{ kN/m} \cdot 1,50 \cdot 0,50} \right) \cdot \frac{(3,0 \text{ m} - 2,0 \text{ m})}{3,0 \text{ m}} \\ &+ 1,1 \cdot 1,0 \cdot 4 \cdot 10,00 \text{ kN/m} \cdot 1,0 \\ &= \underline{\underline{170,8 \text{ kN/m}}} \end{aligned}$$

Reducerede værdier:

$$n_v = 1,1 \cdot \left(\frac{1,0 \cdot (3,65 \text{ kN/m}^2 + 2,00 \text{ kN/m}^2) \cdot 1,0}{+2,50 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,5 \cdot 0,6} \right) \cdot 0,5 \cdot 8,40 \text{ m} = \underline{\underline{36,5 \text{ kN/m}}}$$

$$n_h = 1,1 \cdot \left(\frac{1,0 \cdot (3,65 \text{ kN/m}^2 + 2,00 \text{ kN/m}^2) \cdot 1,0}{+2,50 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,5 \cdot 0,6} \right) \cdot 0,5 \cdot 4,50 \text{ m} = \underline{\underline{19,6 \text{ kN/m}}}$$

$$\begin{aligned} n_0 &= 1,1 \cdot \left(\frac{1,0 \cdot (3,10 \text{ kN/m}^2 + 1,0 \text{ kN/m}^2) \cdot 1,0}{+0,80 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,5 \cdot 0,6} \right) \cdot 0,5 \cdot (5,2 \text{ m} + 3,0 \text{ m}) \\ &+ 1,1 \cdot \left(\frac{1,0 \cdot (8,0 \text{ kN/m} + 4,0 \text{ kN/m}) \cdot 1,0}{+6,0 \text{ kN/m} \cdot 1,5 \cdot 0,5} \right) \cdot \frac{8,4 \text{ m} - 5,0 \text{ m}}{8,4 \text{ m}} \\ &+ 1,1 \cdot \left(\frac{1,0 \cdot (3,65 \text{ kN/m}^2 + 1,50 \text{ kN/m}^2) \cdot 1,0}{+1,50 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,5 \cdot 0,5} \right) \cdot 0,5 \cdot (8,4 \text{ m} + 6,0 \text{ m}) \\ &+ 1,1 \cdot \left(\frac{1,0 \cdot (8,0 \text{ kN/m} + 4,0 \text{ kN/m}) \cdot 1,0}{+6,0 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,5 \cdot 0,5} \right) \cdot \frac{3,0 \text{ m} - 2,0 \text{ m}}{3,0 \text{ m}} \\ &+ 1,1 \cdot \left(\frac{1,0 \cdot (3,65 \text{ kN/m}^2 + 1,50 \text{ kN/m}^2) \cdot 1,0}{+1,50 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,5 \cdot 0,5} \right) \cdot 0,5 \cdot (3,0 \text{ m} + 6,0 \text{ m}) \\ &+ 1,1 \cdot 1,0 \cdot 10,0 \text{ kN/m} \cdot 1,0 \cdot 4 \\ &= \underline{\underline{159,9 \text{ kN/m}}} \end{aligned}$$

Minimalværdier:

$$\begin{aligned}
 n_v &= 3,65 \text{ kN} / \text{m}^2 \cdot 0,90 \cdot 0,5 \cdot 8,40 \text{ m} = \underline{\underline{13,8 \text{ kN}}} \\
 n_h &= 3,65 \text{ kN} / \text{m}^2 \cdot 0,90 \cdot 0,5 \cdot 4,50 \text{ m} = \underline{\underline{7,4 \text{ kN}}} \\
 n_o &= 3,10 \text{ kN} / \text{m}^2 \cdot 0,90 \cdot 0,5 \cdot (5,20 \text{ m} + 3,00 \text{ m}) \\
 &\quad + 3,65 \text{ kN} / \text{m}^2 \cdot 0,90 \cdot 0,5 \cdot (8,40 \text{ m} + 6,00 \text{ m}) \\
 &\quad + 8,00 \text{ kN} / \text{m} \cdot 0,90 \cdot \frac{8,40 \text{ m} - 5,00 \text{ m}}{8,40 \text{ m}} \\
 &\quad + 3,65 \text{ kN} / \text{m}^2 \cdot 0,90 \cdot 0,5 \cdot (3,00 \text{ m} + 6,00 \text{ m}) \\
 &\quad + 8,00 \text{ kN} / \text{m} \cdot 0,90 \cdot \frac{3,00 \text{ m} - 2,00 \text{ m}}{3,00 \text{ m}} \\
 &\quad + 10,0 \text{ kN} / \text{m} \cdot 0,90 \cdot 4 \\
 &= \underline{\underline{91,2 \text{ kN} / \text{m}}}
 \end{aligned}$$

Samme beregningsprocedure gennemføres for de øvrige etager. Resultatet af den samlede lastnedføring fremgår af Tabel 5, og som det ses, er der overensstemmelse mellem de beregnede resultanter på væggen under 2. sal og programmets resultater.

Tabel 5. Resultat af lastnedføring fra programmets udskrift

Etage	maksimalværdier			reducerede værdier			minimalværdier		
	n_v (kN/m)	n_o (kN/m)	n_h (kN/m)	n_v (kN/m)	n_o (kN/m)	n_h (kN/m)	n_v (kN/m)	n_o (kN/m)	n_h (kN/m)
Tag	15,2	11,0	8,7	13,8	11,0	8,0	7,3	9,0	4,2
4. sal	43,5	45,9	24,4	36,3	43,7	20,7	16,7	29,4	9,9
3. sal	19,9	122,7	24,4	16,4	111,8	20,7	7,3	65,0	9,9
2. sal	43,4	170,8	23,3	36,5	159,9	19,6	13,8	91,2	7,4
1. sal	65,1	248,5	55,8	65,1	226,9	55,8	11,5	121,4	9,9
Stue	65,4	391,3	43,5	54,3	369,8	35,3	15,7	160,7	8,4
Fund.		500,2			459,4			184,8	

5.2 Ulykkesdimensioneringstilfælde

Ovenstående eksempel beregnes nu for brandtilfældet. Bemærk at faktorerne $K_{F1,r}$, ξ og γ_q alle sættes til 1, da disse faktorer ikke indgår i beregningen for ulykkestilfældet. $\gamma_{g,sup}$ sættes som udgangspunkt til 1, men kan dog redigeres af brugeren.

Tabel 6. Inddata for beregningseksempel

Egenvægt, $\gamma_{g,sup} = 1,00$		$\gamma_{g,inf} = 0,90$		Konsekvensklasse: $K_{FI} = 1,00$			
Fladelaste		g_k	$g_{fri,k}$	q_k	ψ_1	ψ_2	Kategori
		kN/m ²	kN/m ²	kN/m ²			
F_0		0,00	0,00	0,00			
F_1	Tagflader, sne	3,10	1,00	0,80	0,20	0,00	N
F_2	Boligarealer	3,65	1,50	1,50	0,30	0,20	A
F_3	Kontorer	3,65	2,00	2,50	0,40	0,20	B
F_4	Kontor med arkiv	3,65	2,00	7,50	0,80	0,70	E
F_5	Butiksarealer	4,15	4,00	4,00	0,60	0,50	D
Linielaste		g_k	$g_{fri,k}$	q_k	ψ_1	ψ_2	Kategori
L_0		0,00	0,00	0,00			
L_1	Badeværelser	8,00	4,00	6,00	0,30	0,20	A
L_2	Komprimator	0,00	8,00	10,00	0,60	0,50	D

Geometri for de forskellige etager og lastpåførsel fremgår af Tabel 6.

For det pågældende eksempel gennemføres følgende beregninger for bestemmelse af reaktioner fra 2. sal. Der snittes umiddelbart over dæk mellem stue og 1. sal.

Maksimalværdier:

$$n_v = \left(\begin{array}{l} (3,65\text{kN/m}^2 + 2,00\text{kN/m}^2) \\ + 2,50\text{kN/m}^2 \cdot 0,40 \end{array} \right) \cdot 0,5 \cdot 8,40\text{m} = \underline{\underline{27,9\text{kN}}}$$

$$n_h = \left(\begin{array}{l} (3,65\text{kN/m}^2 + 2,00\text{kN/m}^2) \\ + 2,50\text{kN/m}^2 \cdot 0,40 \end{array} \right) \cdot 0,5 \cdot 4,50\text{m} = \underline{\underline{15,0\text{kN}}}$$

$$\begin{aligned}
 n_0 &= \left(\begin{array}{l} (3,10kN/m^2 + 1,00kN/m^2) \\ +0,80kN/m^2 \cdot 0,00 \end{array} \right) \cdot 0,5 \cdot (5,2m + 3,0m) \\
 &+ \left(\begin{array}{l} (8,0kN/m + 4,0kN/m) \\ +6,0kN/m \cdot 0,30 \end{array} \right) \cdot \frac{8,4m - 5,0m}{8,4m} \\
 &+ \left(\begin{array}{l} (3,65kN/m^2 + 1,50kN/m^2) \\ +1,50kN/m^2 \cdot 0,30 \end{array} \right) \cdot 0,5 \cdot (8,4m + 6,0m) \\
 &+ \left(\begin{array}{l} (3,65kN/m^2 + 1,50kN/m^2) \\ +1,50kN/m^2 \cdot 0,20 \end{array} \right) \cdot 0,5 \cdot (3,0m + 6,0m) \\
 &+ \left(\begin{array}{l} (8,00kN/m + 4,00kN/m) \\ +6,00kN/m \cdot 0,20 \end{array} \right) \cdot \frac{(3,0m - 2,0m)}{3,0m} \\
 &+ 4 \cdot 10,00kN/m \\
 &= \underline{\underline{131,6kN/m}}
 \end{aligned}$$

Reducerede værdier:

$$\begin{aligned}
 n_v &= \left(\begin{array}{l} (3,65kN/m^2 + 2,00kN/m^2) \\ +2,50kN/m^2 \cdot 0,20 \end{array} \right) \cdot 0,5 \cdot 8,40m = \underline{\underline{25,8kN/m}} \\
 n_h &= \left(\begin{array}{l} (3,65kN/m^2 + 2,00kN/m^2) \\ +2,50kN/m^2 \cdot 0,20 \end{array} \right) \cdot 0,5 \cdot 4,50m = \underline{\underline{13,8kN/m}} \\
 n_0 &= \left(\begin{array}{l} (3,10kN/m^2 + 1,0kN/m^2) \\ +0,80kN/m^2 \cdot 0,00 \end{array} \right) \cdot 0,5 \cdot (5,2m + 3,0m) \\
 &+ \left(\begin{array}{l} (8,0kN/m + 4,0kN/m) \\ +6,0kN/m \cdot 0,20 \end{array} \right) \cdot \frac{8,4m - 5,0m}{8,4m} \\
 &+ \left(\begin{array}{l} (3,65kN/m^2 + 1,50kN/m^2) \\ +1,50kN/m^2 \cdot 0,20 \end{array} \right) \cdot 0,5 \cdot (8,4m + 6,0m) \\
 &+ \left(\begin{array}{l} (8,0kN/m + 4,0kN/m) \\ +6,0kN/m^2 \cdot 0,20 \end{array} \right) \cdot \frac{3,0m - 2,0m}{3,0m} \\
 &+ \left(\begin{array}{l} (3,65kN/m^2 + 1,50kN/m^2) \\ +1,50kN/m^2 \cdot 0,20 \end{array} \right) \cdot 0,5 \cdot (3,0m + 6,0m) \\
 &+ 10,0kN/m \cdot 4 \\
 &= \underline{\underline{130,3kN/m}}
 \end{aligned}$$

Minimalværdier:

$$\begin{aligned}
 n_v &= 3,65kN/m^2 \cdot 1,0 \cdot 0,5 \cdot 8,40m = \underline{\underline{15,3kN}} \\
 n_h &= 3,65kN/m^2 \cdot 1,0 \cdot 0,5 \cdot 4,50m = \underline{\underline{8,2kN}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n_0 &= 3,10 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,0 \cdot 0,5 \cdot (5,20 \text{ m} + 3,00 \text{ m}) \\
 &+ 3,65 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,0 \cdot 0,5 \cdot (8,40 \text{ m} + 6,00 \text{ m}) \\
 &+ 8,00 \text{ kN/m} \cdot 1,0 \cdot \frac{8,40 \text{ m} - 5,00 \text{ m}}{8,40 \text{ m}} \\
 &+ 3,65 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,0 \cdot 0,5 \cdot (3,00 \text{ m} + 6,00 \text{ m}) .. \\
 &+ 8,00 \text{ kN/m} \cdot 1,0 \cdot \frac{3,00 \text{ m} - 2,00 \text{ m}}{3,00 \text{ m}} \\
 &+ 10,0 \text{ kN/m} \cdot 1,0 \cdot 4 \\
 &= \underline{\underline{101,3 \text{ kN/m}}}
 \end{aligned}$$

Samme beregningsprocedure gennemføres for de øvrige etager. Resultatet af den samlede lastnedføring fremgår af **Tabel 7**, og som det ses, er der overensstemmelse mellem de beregnede resultanter på væggen under 2. sal og programmets resultater.

Tabel 7. Resultat af lastnedføring fra programmets udskrift

Etage	maksimalværdier			reducerede værdier			minimalværdier		
	n_v (kN/m)	n_o (kN/m)	n_h (kN/m)	n_v (kN/m)	n_o (kN/m)	n_h (kN/m)	n_v (kN/m)	n_o (kN/m)	n_h (kN/m)
Tag	11,1	10,0	6,4	10,7	10,0	6,2	8,1	10,0	4,7
4. sal	29,1	37,5	16,8	28,2	36,8	16,4	18,6	32,7	11,0
3. sal	13,0	92,7	16,8	12,6	91,4	16,4	8,1	72,2	11,0
2. sal	27,9	131,6	15,0	25,8	130,3	13,8	15,3	101,3	8,2
1. sal	40,8	184,5	35,0	38,2	180,0	32,7	12,8	134,9	11,0
Stue	44,3	280,3	28,4	42,6	270,8	27,2	17,4	178,6	9,3
Fund.		353,0			340,6			205,4	