

DEN NYE KONTORFLØJ KAMSTRUP

AALBORG

DIPLOMPROJEKT



SAMSOR SOHAIL

DIPLOMPROJEKT

DET TEKNISK-NATURVIDENSKABELIGE FAKULTET

AALBORG UNIVERSITET

SOMMER 2015

Titel:

Diplomprojekt

Tema:

Den nye kontorbyggeri Kamstrup

Projektperiode:

Sommer 2015

Deltagere:

Samsor Sohail

Vejledere:

Christian Frier

Oplagstal: 3

Sidetal: 62

Afsluttet: 14. august 2015 .

Inklusiv bilags cd

Synopsis:

Dette projekt omhandler byggeriet af den nye kontorbygning Kamstrup. Projektet kommer til at bestå af tre dele. Den første del beskriver konstruktionens statiske system og opstilling af laster og lastkombinationer på konstruktionen. Den anden del består i sig selv af to dele ; analytisk og numerisk. Her vil konstruktionen blive analyseret statistisk og resultat blive sammenlignet med resultater fra den numeriske del. Til den numeriske del er der brugt FEM programmet Robot Structural Analysis. Den tredje del går ud på Robustheden af konstruktionen samt eftervisning af udvalgte elementer og samlinger i skivekonstruktionen .

Dette Diplomprojekt er udarbejdet af Samsor Sohail på 6./7.semester fra byggeri og anlægs konstruktionsuddannelse ved det Teknisk-Naturvidenskabelige Fakultet på Aalborg Universitet. Projektet er udarbejdet i perioden 14. juni 2015 til 6. Juni 2015.

Det overordnede tema er *Diplomprojekt med specialisering i bygge og anlægskonstruktion* og den underordnede tema er analyse af en skivebyggeri. Rapporten omhandler Den nye kontor byggeri Kamstrup i Skanderborg. Dette er en af projekterne Som ingeniørfirma MOE står for. Derfor der går stor tak til ingeniør firma MOE for supplerende af tegninger i forbindelse med projektet.

Ikke mindst, der går stor tak til Christian Frier, for faglig vejledning og instruktionen. Og til sidst stor tak til familie og venner som har hjulpet med at læse projektet igennem.

Læsevejledning

Projektet er skrevet i LaTeX og alle kildehenvisninger i projektet er givet efter Harvardmetoden. Litteraturlisten er bygget op som følgende: Ved bøger vil blive oplyst, titel, forfatter, udgivelsesår, nr. og udgiver. Ved hjemmesider bliver der vist forfatter, titel, adresse og i nogle tilfælde seneste redigerings år. Figurer, tabeller og formler vil blive nummereret, som i dette eksempel: figur 8.1, hvor 8-tallet står for kapitel 8 og 1-tallet står for, at det er den anden figur i kapitel 8. Figurer, tabeller og formler bliver nummereret uafhængig af hinanden. Det vil sige, at der både kan være en tabel 3.1 og en figur 3.1.

Der er desuden vedlagt en CD som indeholder beregningsbilagene. I tilfælde af der er beregninger i CDen hørende til en kapitel, vil denne blive nævnt i selv kapitlet. ydermere findes der bilagene sidst i projektet. I tilfælde af stor mængde udregninger kan der henvendes til bilagene i enden af rapporten, hvor den mere detaljerede version af bilagene er vedhæftet i den vedlagte CD.

Indholdsfortegnelse

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Forord | 3 |
| 2 | Indledning | 7 |
| 3 | Resumé | 9 |
| 4 | Forudsætninger | 11 |
| 4.1 | Afgrænsning | 11 |
| 4.2 | Bygningen | 13 |
| 4.3 | Konsekvensklasser | 13 |
| 4.4 | Last påvirkning på bygningen | 13 |
| 4.4.1 | Dimensioneringstilfælde | 15 |
| 4.4.2 | Lastkombinationer | 16 |
| 4.4.3 | Snelast | 17 |
| 4.5 | Vindlast | 17 |
| 4.5.1 | Bygningsgeometri | 20 |
| 4.6 | Egenlast | 22 |
| 4.7 | Nyttelast | 22 |
| 4.8 | Masselaster | 22 |
| 4.8.1 | Oversigt over laster | 23 |
| 4.9 | Statisk virkemåde | 24 |
| 5 | Konstruktion | 25 |
| 5.1 | Vandret stabilitet | 26 |
| 5.1.1 | Plastisk fordeling | 26 |
| 5.1.2 | Elastisk fordeling | 28 |
| 5.2 | Lodret lastnedførsel | 30 |
| 5.2.1 | Brudgrænsetilstand | 32 |
| 5.2.2 | Lastkombinationer | 37 |
| 5.3 | Analyse af konstruktionen ved hjælp af FEM program Robot Structure analysis | 40 |
| 5.3.1 | Scenario A: Analyse af model A på figur 5.11 | 41 |
| 5.3.2 | Scenario B: Analyse af Model B på figur 5.14. | 43 |
| 5.3.3 | Snitkræfter for væg 19 Dimensioneret adskilt | 46 |
| 5.3.4 | Scenario C: Analyse af Model B på figur 5.14 | 47 |
| 5.4 | Opstilling og sammenligning af resultater | 49 |
| 5.4.1 | Resultater fra det analytiske afsnit | 49 |
| 5.4.2 | Resultater fra Scenarie A | 49 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 5.4.3 | Resultater fra Scenario B | 50 |
| 5.4.4 | Resultater fra Scenario C | 50 |
| 5.5 | Sammenligning af resultater | 50 |
| 5.6 | Diskusion af resultater | 53 |
| 6 | Bæreevne eftervisning for de udvalgte elementer | 55 |
| 6.1 | Robusthed | 55 |
| 6.1.1 | Periferi trækforbindelser | 55 |
| 6.1.2 | Interne trækforbindelser | 56 |
| 6.1.3 | Vandrette trækforbindelser mellem vægge og dæk. | 57 |
| 6.2 | Dimensionering af trækarmring til væg 19 | 57 |
| 6.3 | Bæreevnen af væg nummer 19 | 58 |
| 7 | Konklusion | 61 |
| | Litteratur | I |
| | Bilag | I |
| | Bilag A Konstruktion | III |
| A.1 | Vandret stabilitet | III |
| A.1.1 | Elastisk fordeling | III |
| A.2 | Lodrette laster fra Sne og nyttelas | VI |
| A.3 | Brudgrænsetilstand | VIII |
| A.4 | Masselasten | XVI |

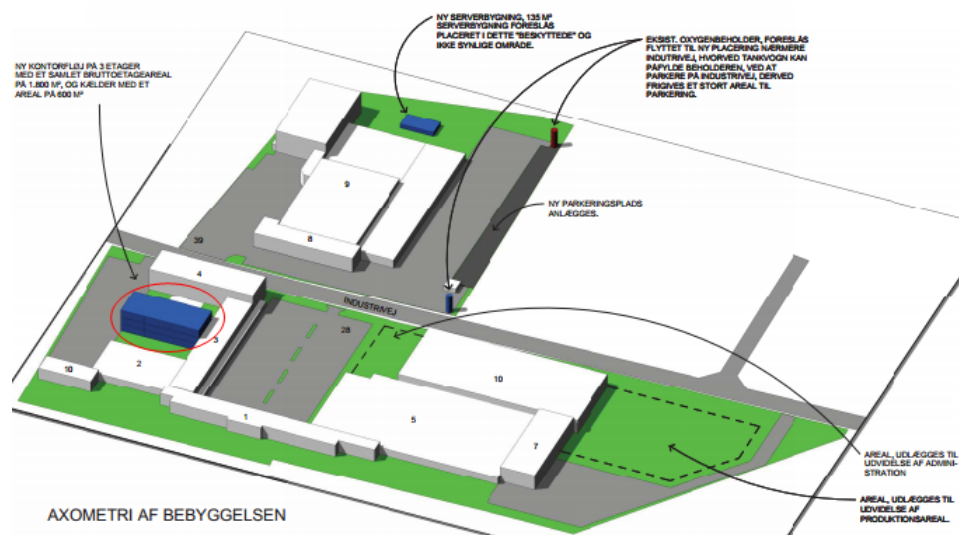
Indledning

2

Kamstrup er den nye kontorkonstruktion, som bliver bygget op i Skanderborg. Konstruktionen bliver bygget op ved siden af den eksisterende kontorkonstruktionen magen til det nye kontorbyggeri illustreret i figur 2.1 i den røde cirkel. Formålet med dette er, at den nye kontorfløj skal integreres med det allerede eksisterende bygningskompleks. Som det fremgår af navnet, vil den nye konstruktionen blive brugt som administrationsbygning.

Konstruktionen består af 3 etage, og fuld kælder. Konstruktionen er 12 meter høj, 39m lang og 15,5 meter brede og med en samlet bruttoareal på 1800m².

I forbindelse med projektering, står ingeniørfirmaet MOE for udfærdigelse af myndighedsrapport. Placering af den nye kontorfløj er illustreret på figur 2.1



Figur 2.1. Den nye kontorfløj Kamstrup markeret med rød.

I projektet bliver der sat fokus på to dele. Analytiske og numeriske.

Projektet bliver undersøgt analytiske med håndberegninger og numeriske med FEM programmet Robot Structural Analysis. Robot er en meget brugt program nu til dags, som bliver anvendt af de fleste konstruktionsfirmaer, derfor er det valgt

at bruge dette program. Formålet er desuden at finde ud af hvilken metode er den meste nøjagtige metode at bruge i forbindelse med analysering af en konstruktion. Er Robot et nøjagtigt program? Kan det betale sig at bruge Robot til analyse af store konstruktioner? Er håndberegningerne på den sikre side? Dette er nogle af de spørgsmål, som vil blive besvaret i dette projekt.

This rapport is based on statical analysis of a plat structure. It consist of mainly three parts,

The first part of the rapport deals with the description of construction and the statical system and addition to that horizontal and vertical loads and a reasonable combination of the aforementioned loads to how they operates on this building are discussed.

The second part of the rapport is contains to other parts within. The first part the so-called analytical part is build on analytically analysis of the building. Here different methods of load on the walls, relatively elastically and plastically distribution will be discussed. Stability of the structure will be analysed for these applied loads. Both elastically and plastically distribution of loads are done by hand calculation, whereas an elastically analysis of the structure has been made by Robot. The main focus of the analysis will be studying normal stresses and shear stresses. This is where the to different approaches, hand calculation and FEM analysis approach by Robot will be compared.

Third part of this rapport is based on dimensioning certain loaded elements and show whether they complies with the applied load. This is done in relation to the overall robustness of the the construction. This chapter is ended with a short discussion of the results where the main focus will be on comparing hand calculation with the FEM program Robot Structural Analysis. Rapport is ended with a conclusion where the overall process of the rapport is concluded, again with the main focus on analytical and numerical methods in regard to this project.

In regard to hand calculation Eurocodes based literature is used as a basis for the calculation. Last but not least the

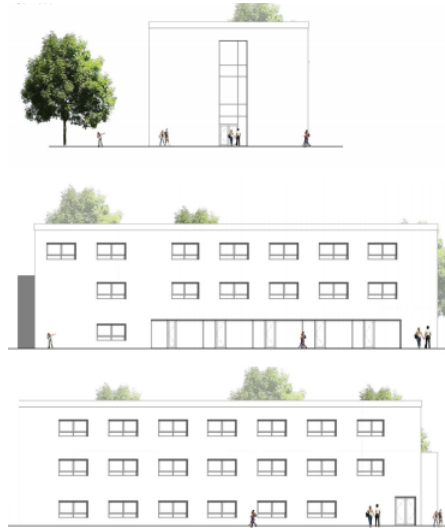
Dette kapitel omhandler de generelle informationer og forudsætninger for udregningerne videre i projektet. Kapitlet starter med afgrænsning, så læseren allerede fra startfasen har kendskab til dem. Ligeledes vil de påførte laster og lastkombinationer som hele projektet er baseret på blive diskuteret.

4.1 Afgrænsning

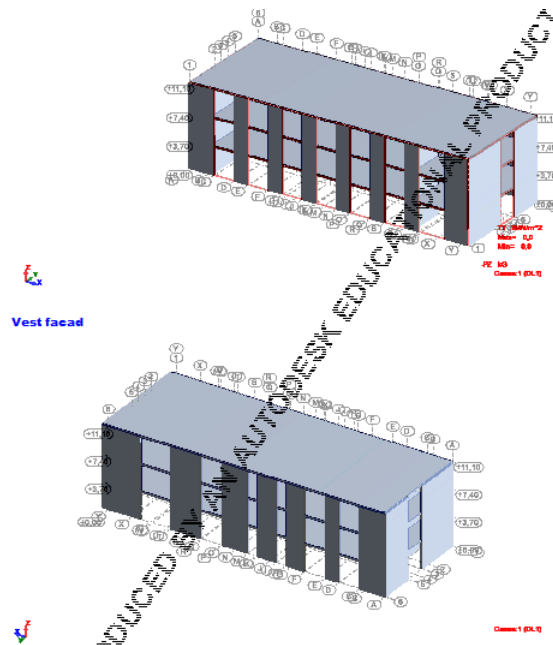
Da Hovedformål i dette projekt går ud på at sammenligne håndberegninger med Robotmodellen, er der blevet foretaget en afgrænsning. Formålet med afgrænsningen er at formindske fejlkilden så meget så muligt og sikre sig hermed, at modeller og konstruktions dele som bliver analyseret analytiske er i overensstemmelse med konstruktionen og modeller i Robot, så en sammenligning i sidste ende bliver så overskuelig som overhovedet muligt.

Dette er ikke ensbetydende med at sværhedsgraden vil falde. De områder hvor der sket afgrænsning og som ikke er nævnt her, vil blive nævnt undervejs.

Den første afgrænsning er allerede sket i startfasen hvor den virkelige model er ændret fra 4.1 som er modellen i virkeligheden til modellen på figur 4.2. Formålet med dette er at gøre stabilitets udregning udfordrende, så i stedet for at betragte facaden som en stor væg (der består af mange sammenhængende vægge), er den nu opdelt til mange små vægge. Dette er ligeledes sket med gavlen. Der er desuden kun bliver kigget på beton råhus. Med andre ord der vil der blive set bort fra frilasten, såsom ventilationslast, isolering, letvæg osv. Dette vil igen ikke have en stor betydning i forbindelse med sammenligning. Dette projekt er kun afgrænset til de 3 etager over terrænoverfladen. En endelig udregning af fundamentet er heller ikke en del af dette projekt.



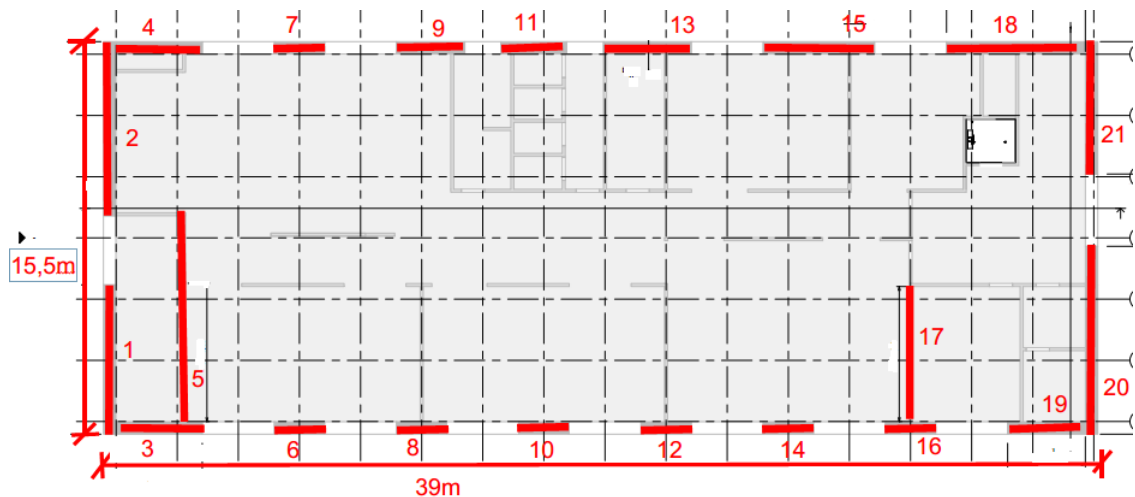
Figur 4.1. A. Den oprindelig fremtidig udseende af konstruktionen.



Figur 4.2. Om modellering af figur 4.1.

4.2 Bygningen

Som tidligere nævnt bruges konstruktionen som administrations byggeri. På figur 4.3 er der vist dimensioner af bygningen. Bygningen er skivebyggeri og har 3 etager. Alle etager antages at opbygges ens. Alle vægge er 180 mm tykke. Etagedæk er 400 mm huldæk, hvorimod tagskive er 320 mm huldæk. Konstruktionen vil også bestå af skillevægge og trapper, men her bliver det ikke taget hensyn til det. Konstruktionen er indspændt i alle modeller. Alle vægge som bliver vist er også indspændt.



Figur 4.3. Nummerering af vægge, samt dimensioner af bygningen.

4.3 Konsekvensklasser

Først og fremmest skal det bestemmes hvilken konsekvensklasse bygningen falder ind under. Dette er afgørende for videre udregning på konstruktionen. Et konsekvensklasse, hvor et tilfælde af svigt påfører middel risiko for tab af menneskeliv og hvor de økonomiske, sociale eller samfundsmæssige konsekvenser er betydelige kaldes for middel konsekvensklasse.

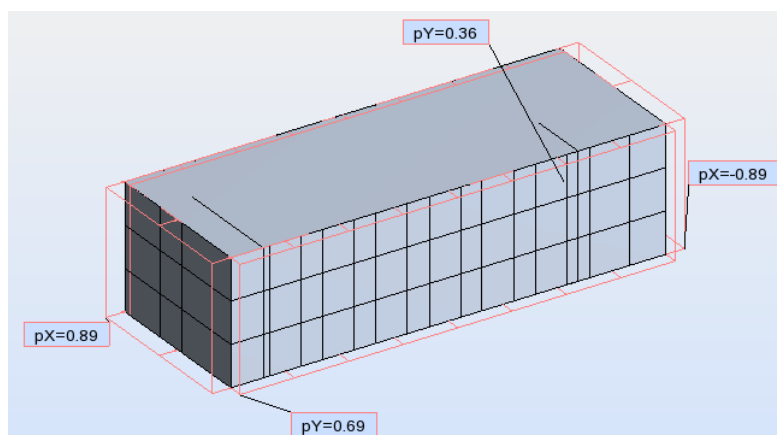
Denne beskrivelse passer med egenskaber for et kontorbyggeri, derfor falder dette kontorbyggeri ind under denne klasse CC1. Den tilsvarende K_{FI} faktorer for denne klasse er 1.0 [Staabi(2009, 20 udg.)]

4.4 Last påvirkning på bygningen

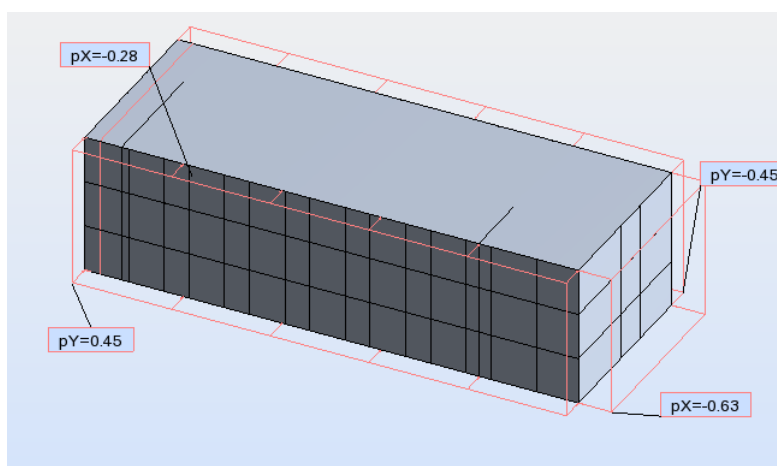
I det følgende vil der bliver bestemt hvilke laster konstruktionen bliver udsat for. Disse laster er med til at afgøre om hvorvidt bygningen er i stand til at modstå de fremtidige laster. Vindlast og snelasten er bestem i hensyn til Eurocodes samt de tilsvarende nationale annekser. Ydermere er bygningens egetvægt samt nyttelast også taget i betragtning. Til sidste er der lavet lastkombinationer af de nævnte laster. Der vil ligeledes blive gjort rede for det dimensioneringstilfælde som bygningen falder

ind under samt de regningsmæssige partialkoefficienter som skal bruges til denne konstruktion.

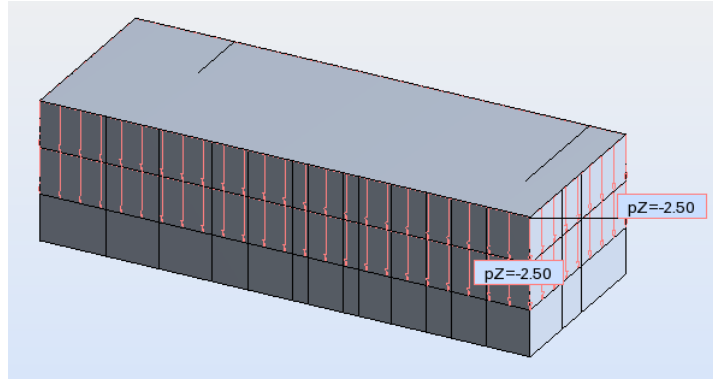
De 4 nederste figurer illustrerer lastpåvirkningen på konstruktionen. På det første billede er der illustreret den første tilfælde. Her vises det at vinden blæser på facaden. Vindlasten på facaden giver tryk på den én side og sug på alle andre sider. Billede 4.5 viser vindlast på gavlen som har påført et tryk på siden, og hvor der er opstået et sug på de resterende 3 flader. På figur 4.6 er der vist nyttelasten på de to etagedæk, henholdsvis første og anden sal. Den sidste figur 4.7 illustrerer snelasten på taget. De viste værdier på figurerne er hørende til vindlast og snelasten er ganget med formfaktorerne. Der er set bort fra vindtryk/sug på taget, da dette har en meget mindre betydning og det indvendig tryk bliver neutraliseret med den udvendig tryk.



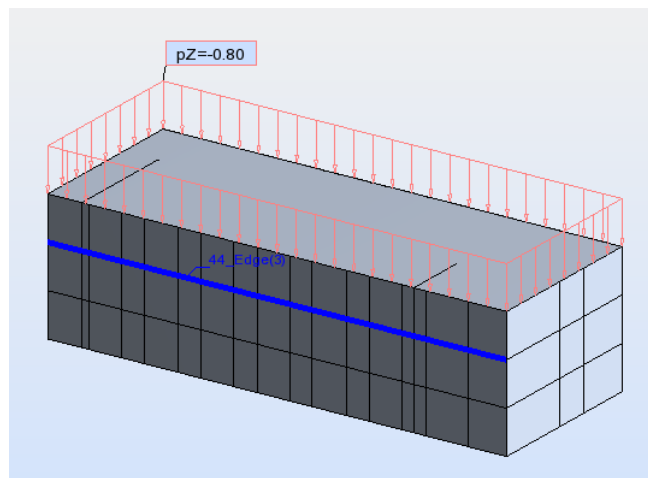
Figur 4.4. Vind på facaden med sug på begge gavle og tryk den modsatte facade.



Figur 4.5. Vind på gavlen med sug på begge facader og tryk på modsatte gavl.



Figur 4.6. Nyttelasten på etagedæk.



Figur 4.7. Snelasten på taget.

4.4.1 Dimensioneringstilfælde

I denne projekt vil der kun blive kigget på *STR* tilfælde af konstruktionen. Dette tilfælde omhandler styrkesvigt eller meget stor deformationer af konstruktionsdel 4.1.

| Permanent ugunstig Lastart | Dimensioneringstilfæld | | | |
|--|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| | EQU / UPL | 1 | STR / GEO 2 | 3 |
| Permanent ugunstig $K_{FI}\gamma_{Gj,sup} G_{kj,sup}$ | $\gamma_{Gj,sup} = 1.1$ | $\gamma_{Gj,sup} = 1.2$ | $\gamma_{Gj,sup} = 1.0$ | - |
| Permanent ugunstig $\gamma_{Gj,inf} G_{kj,inf}$ | $\gamma_{Gj,inf} = 0.9$ | - | - | $\gamma_{Gj,inf} = 0.9$ |
| Variabel, dominerende $K_{FI}\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$ | $\gamma_{Q,1} = 1.5$ | $\gamma_{Q,1} = 0$ | $\gamma_{Q,1} = 1.5$ | $\gamma_{Q,1} = 1.5$ |
| Variabel, øvrige $K_{FI}\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$ | $\gamma_{Q,1} = 1.5$ | $\gamma_{Q,1} = 0$ | $\gamma_{Q,1} = 1.5$ | $\gamma_{Q,1} = 1.5$ |

Tabel 4.1. Brudgrænsetilstande, regningsmæssige laster og partialkoefficienter. [Bjarne Chr. Jensen(2010)]

Tabel 4.1 lastart 3 siger at "Når den variable last giver væsentlige større virkninger på konstruktionen end permanent last, og den permanente last virker til gunst" skal disse partialkoefficienter bruges [Bjarne Chr. Jensen(2010)]. Når vindlasten i forbindelse med Kamstrup påvirker konstruktionen vil det give store træk i bunden af konstruktionen, som vil blive overført hele vejen ned til fundamentet og det kan i værste fald forårsage, at hele konstruktionen vælter omkuld. Derfor er egenlasten og nyttelasten til gunst for konstruktionen og det kan konkluderes, at partialkoefficienter fra STR3 bliver anvendt i lastkombinationer i det efterfølgende kapitel, medmindre masselasten bliver til den dominerende last.

4.4.2 Lastkombinationer

Følgende afsnit handler om lastkombinationer i brudgrænsetilstanden, samt en redegørelse af de ukendte faktorer.

Som tidligere nævnt i kapital 4.3 er konstruktionen placeret i konsekvensklasse 1, hvilket bestemmer K_{FI} faktor Ydermere i tabel 4.3 er der indført en etagereduktionsfaktor i forbindelse med nyttelasten vist med α_n . Denne faktor bestemmes ud fra følgende formel.

$$\alpha_0 = \frac{1 + (n - 1)\psi_0}{n} \quad (4.1)$$

ψ_0 i formlen svarer til at der er fuldlast på en etage og reduceret last på de øvrige etager.

Lastkombinationsfaktoreren ved kombinationen af variable laster for kontorbyggeri i brudgrænsetilstand er $\psi_0 = 0.6$:

| | |
|------------|------|
| ψ_0 | 0.6 |
| α_0 | 0.73 |
| K_{FI} | 1.0 |

Tabel 4.2. Faktorer som indgår i lastkombinationer

De omtalte faktorer er listet i tabel 5.6. Lastkombinationer for dette projekt er illustreret i tabel 4.3

| Lastkombinationer | G | S | V | N | Dominerende (variable) last |
|-------------------|-----|------------------|------------------|-------------------|-----------------------------|
| LK1 | 1,2 | 0 | 0 | 0 | Egenlast |
| LK2 | 1,0 | K_{FI} 1,5 0,3 | K_{FI} 1,5 0,3 | K_{FI} 1,5 0,73 | Nyttelast |
| LK3 | 1,0 | K_{FI} 1,5 | K_{FI} 1,5 0,3 | K_{FI} 1,5 0,6 | Snelast |
| LK4 | 0,9 | 0 | K_{FI} 1,5 | 0 | Vindlast |

Tabel 4.3. Lastkombinations tabel i brudgrænsetilstand.

Lastkombination 1 er rent dominerende egenlast. Lastkombination 2 er dominerende nyttelast sammen med ikke dominerende snelast- og vindlast. Lastkombination 3 er dominerende snelast med ikke dominerende nyttelast- og vindlast og lastkombination 4 er dominerende vindlast. Som det ses i tabel 4.3 er etagereduktionsfaktoren er kun ganget på nyttelasten. Siden nyttelasten vil være til gunst i forbindelse med lastkombination 4 derfor er den sat til 0.

4.4.3 Snelast

Den karakteristiske snelast, s , på bygningen udregnes ud fra følgende formel: A.4.

$$s = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k \quad (4.2)$$

Hvor

| | | | |
|---------|---------------------------------|-----|---|
| s | Generelle snelast | - | $\left[\frac{\text{kN}}{\text{m}^2}\right]$ |
| μ_i | Formfaktor for snelast | 0,8 | $[-]$ |
| C_e | Eksponeringsfaktor | 1 | $[-]$ |
| C_t | Den termiske faktor | 1 | $[-]$ |
| s_k | Den karakteristiske terrænværdi | 1 | $\left[\frac{\text{kN}}{\text{m}^2}\right]$ |

μ_i afhænger af taghældning, for intervallet mellem 0 og 30 grader er værdien for formfaktor 0,8 som vist i tabellen ovenfor, i dette projekt er der tale om fladtag, derfor sættes formfaktoren til 0,8 [Staabi(2009, 20 udg.)].

Snelasten er hermed:

$$Q_s = 0,8 \cdot 1 \cdot 1,0 \cdot 1 \text{ kN/m}^2 = 0,8 \text{ kN/m}^2$$

Ydermere vil der heller ikke være risiko for sneophobning, set ud fra konstruktionens geometri og beliggenhed i forhold til andre konstruktioner.

4.5 Vindlast

Vindlasten i dette afsnit er bestemt af hensyn til [Dansk Standard(2007b)]

Konstruktionens beliggenhed ud fra billedet 4.8 viser at der er ikke mange forhindringer såsom bygninger, træer, desuden er der en sø i nærheden. Ydermere

ser det ud til at der er tale om lav vegetation. Denne beskrivelse passer med at placere bygningen i terrænkategori 2.



Figur 4.8. Placering af konstruktionen markeret med 1 tal [Kraak(2015)].

Lasten fra vinden som virker på de udvendige overflader af bygningen kan ifølge Eurocode bestemmes ud fra følgende formel 4.3.

$$w_e = q_p(z_e) \cdot c_{pe} \quad (4.3)$$

hvor

| | |
|------------|--|
| $q_p(z_e)$ | Peakhastighedstrykket |
| z_e | Referencehøjden for det udvendige tryk |
| c_{pe} | Er formfaktoren for det udvendige tryk |

Tabel 4.4 viser de parametre som indgår i udregning af peakhastighedstryk ud fra Eurocode.

| | | |
|--------------|---|-------------------------------------|
| V_b | Basisvindhastigheden | $24 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ |
| C_{dir} | Retningsfaktor, ved vind fra vest | 1 [-] |
| C_{season} | Årstidfaktor | 1 [-] |
| $V_{b,0}$ | Grundbasisvindhastigheden | $24 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ |
| z | Højde af bygningen | 12 [m] |
| z_{min} | Minimum højde af bygningen | 2 [m] |
| z_0 | Ruhedslængden aflæst fra terrænkategori | 0,050 [m] |
| I_v | Turbulensintensitet | 0,190 [m] |
| ρ | Luftens densitet regnet til | $1,25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ |
| k_r | Terrænfaktoren bestemt fra terrænkategori | 0,190 [-] |
| q_b | basisvindtryk | 0,360 [m] |
| c_0 | Orografifaktor | 1,041 [-] |
| v_m | Gennemsnitly vindhastighed | 1,041 [-] |
| c_r | Terrænruheds faktor | 1,041 [] |
| $q_p(z)$ | Peakhastighedstrykket | $0,89 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$ |

Tabel 4.4. Diverse faktorer og værdien af Peakhastighedstrykket.

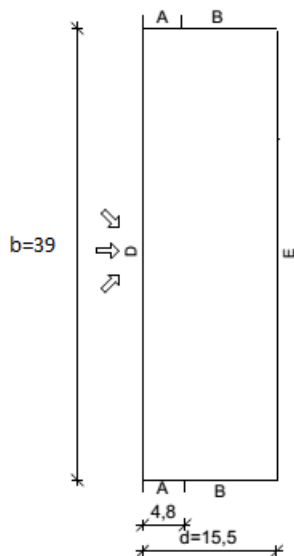
4.5.1 Bygningsgeometri

I det følgende vises zoneopdeling på bygningen samt zoneopdeling for taget og de tilsvarende formfaktorer. Der regnes med et fladtag.

Bestemmelse af C-faktorer

Ydervægge:

Tilfælde: Vind på facade



Forudsætninger:

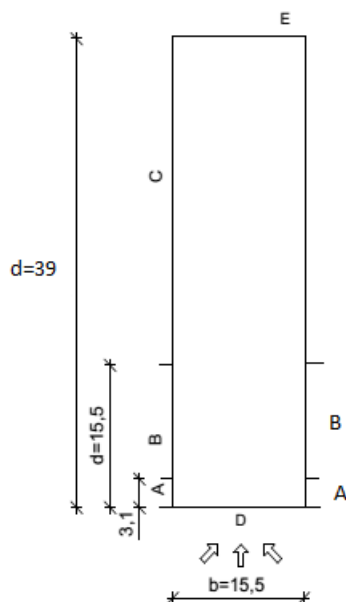
$$e = \min 2 \cdot h \text{ eller } b, \text{ hvor } 2 \cdot h = 2 \cdot 12 = \underline{24\text{m}}$$

$$e > d;$$

$$h/d = 12/15,5 = 0,77$$

$C_{pe,10}$ aflæses i tabel 7.1, EC1 FU. Der interpoleres i tabellen.

| | Tryk | Sug |
|---|------|-------|
| A | - | -1,2 |
| B | - | -0,8 |
| C | - | |
| D | 0,78 | - |
| E | - | -0,43 |



Tilfælde: Vind på gavle

Forudsætninger:

$$e = \min 2 \cdot h \text{ eller } b, \text{ hvor } 2 \cdot h = 2 \cdot 12 = 24\text{m} \text{ og } b = \underline{15,5\text{m}}$$

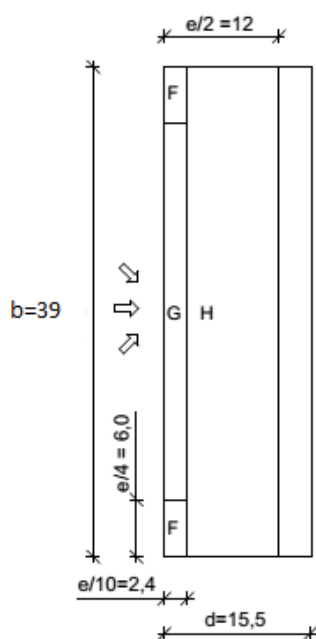
$$e < d;$$

$$h/d = 0,31$$

$C_{pe,10}$ aflæses i tabel 7.1, EC1 FU. Der interpoleres i tabellen.

| | Tryk | Sug |
|---|------|-------|
| A | - | -1,2 |
| B | - | -0,8 |
| C | - | -0,5 |
| D | 0,71 | - |
| E | - | -0,32 |

Tag:



Tilfælde: Vind på facade

Forudsætninger:

Flade tage jf. 7.2.3. hvor tagkanter er med brystninger.

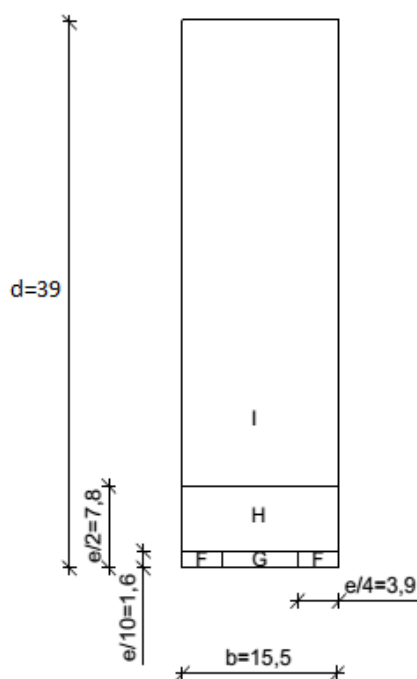
$e = \min 2 \cdot h$ eller b , hvor $2 \cdot h = 2 \cdot 12 = 24\text{m}$ og

$e/2 = 12\text{m}$ $e/4 = 6\text{m}$ $e/10 = 2,4\text{m}$

h_p/h : regnes til 0,025. h_p svarer til tagkantens højde.

$C_{pe,10}$ aflæses i tabel 7.2.

| | Tryk | Sug |
|---|------|------|
| F | - | -1,6 |
| G | - | -1,1 |
| H | - | -0,7 |
| I | 0,2 | -0,2 |



Tilfælde: Vind på gavle

Forudsætninger:

Flade tage jf. 7.2.3. hvor tagkanter er med brystninger.

$e = \min 2 \cdot h$ eller b , hvor $2 \cdot h = 2 \cdot 12 = 24\text{m}$ og

$e/2 = 7,75\text{m}$ $e/4 = 3,9\text{m}$
 $e/10 = 1,6\text{m}$

h_p/h : regnes på det sikre side til 0,025. h_p svarer til tagkantens højde.

$C_{pe,10}$ aflæses i tabel 7.2.

| | Tryk | Sug |
|---|------|------|
| F | - | -1,6 |
| G | - | -1,1 |
| H | - | -0,7 |
| I | 0,2 | -0,2 |

Det indvendige tryk ifølge Eurocode skal til -0.3 og det udvendige tryk til 0.2. Her vil bliver set bort fra den udvendig tryk da dette, da dette ikke vil have den store effekt.

4.6 Egenlast

Egenlasten af konstruktionen består af betonråhus. Som tidligere nævnt i afsnittet om afgrænsning dette afgrænsning foretages denne afgrænsning på grund af robotmodellen som også består af kun betonmaterialet.

I den følgende er den karakteristiske egenvægten for de elementer som indgår i konstruktionen illustreret.

| | | |
|---------------------------|---------------|------------------------|
| Tagkonstruktionen | 320 mm huldæk | 4,10 kN/m ² |
| Etagedæk | 400 mm huldæk | 4,5 kN/m ² |
| Ydermur samt to indre mur | 180 mm beton | 4,5 kN/m ² |

4.7 Nyttelast

Nyttelasten skal påsættes svarende til Kategori B-Kontor areal. Dette svarer til en fladelast q på $2,5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$ og ligeledes en punktlast på Q på $2,5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$ i følge Eurocode [DS/EN 1991-1-1(2007)].

4.8 Masselaster

[Bjarne Chr. Jensen(2010)] Masselasten bruges til at afgøre om konstruktionen er udsat for jordskælvpåvirkninger. I modsætning til vindlasten har masselasten den samme værdi uanset om det er på langs eller på tværs af bygningen. Hvorimod vindlasten afhænger af størrelsen af den flade som bliver udsat for vinden. Jo større en overflade er Jo større jo effekt vil have vinden. I ulykkeslasttilfældet kan masselasten derfor have større effekt end vindlasten når det drejer sig om stabiliteten på langs af bygningen.

I Danmark sættes masselasten til 1,5% af den karakteristiske lodrette last ifølge den generelle formel 4.4

$$A_d = 1.5\%(\sum G_{kj} + \sum \psi_{2,i} \cdot Q_{j,i}) \quad (4.4)$$

Her repræsenterer den første del af formlen G_{kj} egenlasten og den anden del af formlen $Q_{j,i}$ nyttelasten. Som det ses i formel 4.4 nyttelasten normalt indgå i udregning af masselasten, men det er det sikreste kun at tage den permanente last med, hvilket også er gjort i dette projekt. Derfor bliver formel 4.4 forkortet til følgende formel 4.5, hvor der vil blive set bort fra nyttelasten.

$$A_d = 1.5\%(\sum G_{kj} + \sum \psi_{2,i}) \quad (4.5)$$

I forbindelse med konstruktionerne i dette projekt er effekten af masselasten uddregnet til $A_d = 168 \text{ kN}$. For en mere detaljeret udregning henvises til bilag A.11.

Excelarket hørende til dette udregningen er vedhæftet i den vedlagte CD under navnet masselast.

I Excelarket er stabiliteten både på langs og tværs af bygningen udregnet af hensyn til masselasten. Masselasten for den øverste etage er udregnet til 58,30 kN og for normal etage er 62,01 kN. Dernæst er der kigget på følgende kriterier 4.6

$$\frac{1,5K_{FI}w_w}{0,9G} > \frac{w_m}{G} \Rightarrow 1,67K_{FI}w_w > w_m \quad (4.6)$$

4.6 viser forholdet mellem vandret og lodret last. Det afgør, hvornår stabiliteten skal beregnes af last tilfælde STR 3. Er det ovennævnte forhold opfyldt, skal stabiliteten beregnes af lasttilfælde STR 3, ellers skal stabiliteten beregnes af ulykkeslasttilfældet med masselasten. Dette forhold viser desuden begrænsningen med at det kun er permanent last der er medregnet i den stabiliserende normalkraft.

Ud fra tabellen A.11 kan det ses at 4.6 er:

$$6,19 \text{ kN/m} > 4 \text{ kN/m} \quad (4.7)$$

$$(4.8)$$

opfyldt. Dermed beregnes stabiliteten af lasttilfælde STR 3.

4.8.1 Oversigt over laster

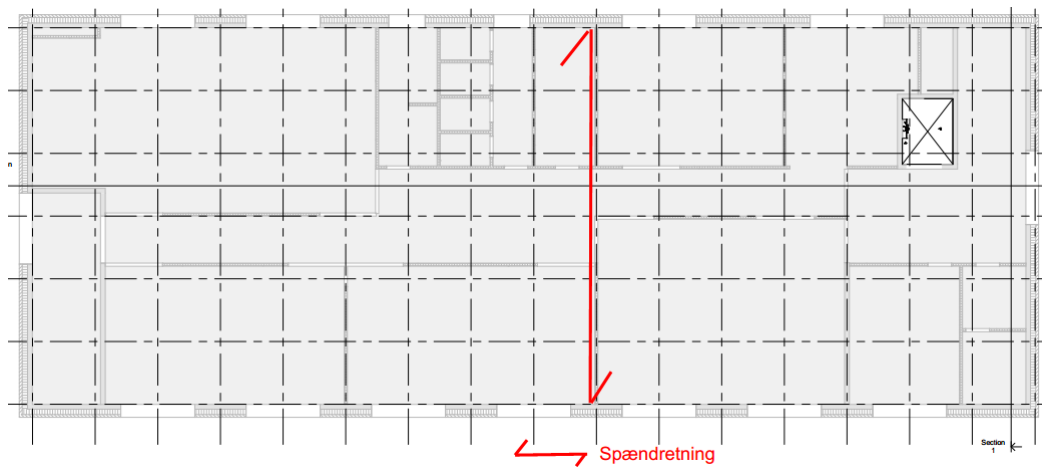
I den følgende tabel er der illustreret en oversigt over de omtalte karakteristiske laster som blev bestemt i de foregående kapitler.

| | | |
|---------------------------|---------------|------------------------|
| Snelast | - | 0,8 kN/m ² |
| Vindlast | - | 0,89 kN/m ² |
| Nyttelast | - | 2,5 kN/m ² |
| Tagkonstruktionen | 320 mm huldæk | 4,10 kN/m ² |
| Etagedæk | 400 mm huldæk | 4,5 kN/m ² |
| Ydermur samt to indre mur | 180 mm beton | 4,5 kN/m ² |

Disse laster vil blive brugt i den videre udregning. Der skal noteres at kun værdien af snelasten er ganget med formfaktoren.

4.9 Statisk virkemåde

- Lodret lastnedføring:
Den lodrette last på tag og etagedæk føres ved hjælp af huldækelementer til bagvægselementer i facader og herfra videre ned til fundamentet.
- Vandret lastnedføring:
Hvor den vandrette last fra vinden føres via stabiliserende vægge ned til fundamentet.



Figur 4.9. Spændretning.

Tag- og dækelementerne spænder fra facadevæg til facadevæg som vist på figur 4.9 og bærer den lodrette last. Ydermere virker de som stabiliserende vægge når vinden blæser på gavlen. Gavlvæggen samt de to indvendige vægge bruges derimod som stabiliserende vægge når vinden blæser på facaden.

I dette kapitel vil der blive regnet på den vandrette stabilitet og den lodrette lastnedførsel. Dette vil desuden blive illustreret med figurer og tabeller. Efter bestemmelse af de lodrette og vandrette laster vil spændingerne til den meste kritiske væg i konstruktionen blive fundet, og derefter vil der blive arbejdet videre med denne væg. Hovedformålet i dette kapitel er at undersøge konstruktionen ved hjælp af de to metoder, den analytiske og den numeriske.

1. Den første er den analytiske metode. Som tidligere nævnt vil konstruktionen blive analyseret ved håndberegning, og væggene bliver betragtet som udkragede stive bjælker.
2. Den anden metode går ud på at analysere konstruktionen ved hjælp af FEM metode. Her vil 3 scenarier blive undersøgt.
 - **Det første scenarie A** er model A i figur 5.11 på side 42 . Denne model bliver undersøgt med hensyn til den lastkombinationen som betragtes kritiske i den analytiske del. Til sidst vil der bliver vist normal spændinger samt forskydningspændinger og resultaterne vil bliver diskuteret.
 - **I scenarie B** vil vægge i Model B i figur 5.14 på side 43 bliver undersøgt. Igen vil alle væggene i denne model blive analyseret med til den lastkombination som bliver brugt i den analytiske model. Alle vægge vil bliver undersøgt for normale spændinger samt forskydningspændinger. Væggene analyseres således at hver eneste væg fra denne model vil bliver dimensioneret adskilt. Lasterne på hver eneste væg i denne model vil svare til lasterne på den tilhørende væg fra analytiske del. Hvis for eksempel, væg nummer 12 i den analytiske del er belastet med 553kN egenlast 171kN nyttelast, 27kN snelast og 2,21kN vindlast, med tilsvarende 8 lastkombinationer; vil væg nummer 12 i den numeriske afsnit blive dimensioneret med de tilsvarende laster, lastkombinationer, det samme materiale og de samme geometri. Nå dette er sket vil den kritiske væg til sidst blive udvalgt og arbejdet videre.

Formålet med denne undersøgelse er at finde ud af hvordan Robot regner på en væg, hvor væggen bliver meshed sammenlignet med den analytiske de hvor en væg bliver betragtet som en udkragede stive bjælke, med

urevnet tværsnit. Resultaterne vil igen blive sammenlignet med de andre scenarier og den analytiske model.

- **Scenarie C** vil igen model B i figur 5.14 på side 43 bliver undersøgt i robot med hensyn til den lastkombination som er brugt i alle andre scenarier. Analysen foregår således at der først vil blive kigget på hele konstruktionens normal spændinger og forskydningspændinger, og disse spændinger vil blive diskuteret, dernæst vil den væg som bliver betragtet som kritisk i de foregående scenarier og i den analytiske model vil blive taget ud af modellen og kigget på dens normale spændinger og forskydningspændinger.

Til sidst vil resultater fra alle tre scenarier og den analytiske del bliver sammenlignet med hinanden og diskuteret. For at give en bedre illustration, vil resultaterne blive vist i grafen. I tilfælde af at trækspændingerne er større for den kritiske væg, vil der til sidst blive dimensioneret på forankring til denne væg. Væggens bæreevne vil ligeledes blive bestemt analytisk med hensyn til den lastkombination som påfører den største normallast på pågældende væg.

5.1 Vandret stabilitet

[Bjarne Chr. Jensen(2010)] Her vil der blive regnet på den vandrette stabilitet. Stabiliteten vil blive eftervist ved hjælp af både plastisk og elastisk fordeling. Resultater fra disse to fordelinger vil blive videre diskuteret.

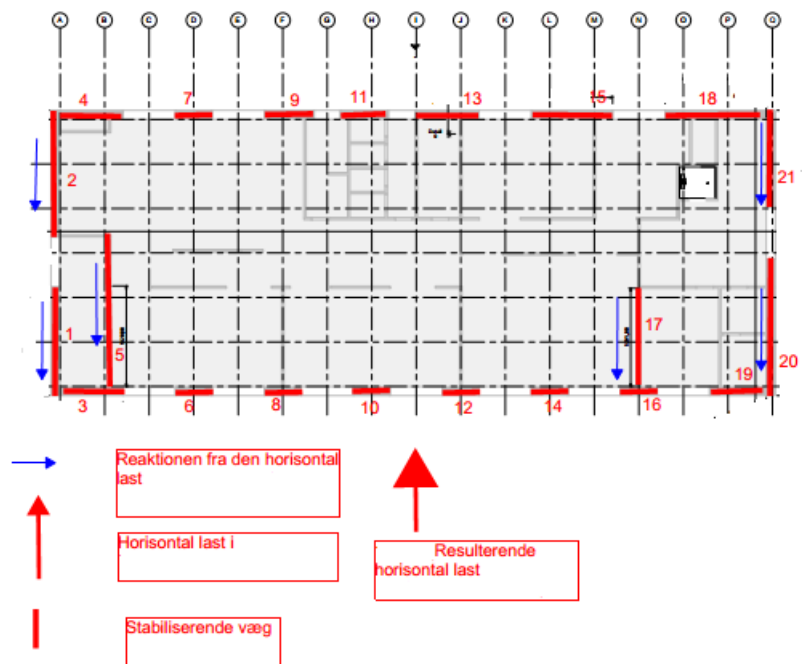
5.1.1 Plastisk fordeling

I plasticitetsteori brugen selv stå for fordelingen af laster på de afstivende vægge, eller med andre ord nedreværdimetoden bruges. Fordelingen skal være statiske til-ladeligt dvs. ligevægtsligningerne skal være opfyldt i hensyn til den fordelte last. Dernæst skal der sikres at konstruktionen er i stand til at bære den valgte fordelingen.

Er det overnævnte kriterier opfyldt betragtes konstruktionen som plastisk konstruktion. Fordelingen kan ske i både x og y- retning som vist i figur 5.1 og 5.2 ¹

I fordelingen her, er kræfterne sat til nul i væggene fra nummer 6-16 og vægge 18 og 19 med andre ord alle vægge parallelt med x-aksen. Ydermere er lasterne på de fire yderste vægge, det vil sige vægge 1,2,20 og 21 fordelt ligeligt. Ved hjælp af ligevægtsligninger er kræfterne fundet i vægge 5 og 17. figur 5.1.

¹lave figurlige også et billede som viser lasterne i x-retning



Figur 5.1. Vægge der indgår i det stabiliserende system med nummereringer. Last på facade

Der er tildelt 26 kN til vægge 1,2,20 og 21, dernæst er der taget moment om væg 5. Reaktioner i de ukendte vægge er fundet som følgende:

$$M_5 = 2 \cdot 26 \text{ kN} \cdot 2,8 \text{ m} + 155 \text{ kN} \cdot 16 \text{ m} - R_5 \cdot (16,4 \text{ m} + 12 \text{ kN}) - 2 \cdot (26 \text{ kN} \cdot (6,9 \text{ m} + 12 \text{ m} + 16,4 \text{ m}))$$

$$M_5 = 145 \text{ kNm} + 2480 \text{ kNm} - R_5 \cdot 28,4 \text{ m} - 1835 \text{ kNm}$$

$$28 \text{ kN} \cdot R_5 = 2626 \text{ kNm} - 1836 \text{ kNm}$$

$$28 \text{ kN} \cdot R_5 = 790 \text{ kNm}$$

$$R_5 = 28 \text{ kN}$$

$$R_{17} = 155 \text{ kN} - 4 \cdot 26 \text{ kN} + R_5$$

$$R_{17} = 23 \text{ kN}$$

De endelige resultater er illustreret i i tabel 5.1

| Væg | Last |
|-----|-------|
| 1 | 26 kN |
| 2 | 28 kN |
| 5 | 23 kN |
| 17 | 26 kN |
| 20 | 23 kN |
| 21 | 26 kN |

Tabel 5.1. Valget af faktorer til fortsat beregning.

I den plastiske fordeling er der kun kigget på vindlasten på facaden, da dette tilfælde betragtes som kritiske på grund af den stor overflade. Vind på gavlen er ikke regnet med i denne projekt.

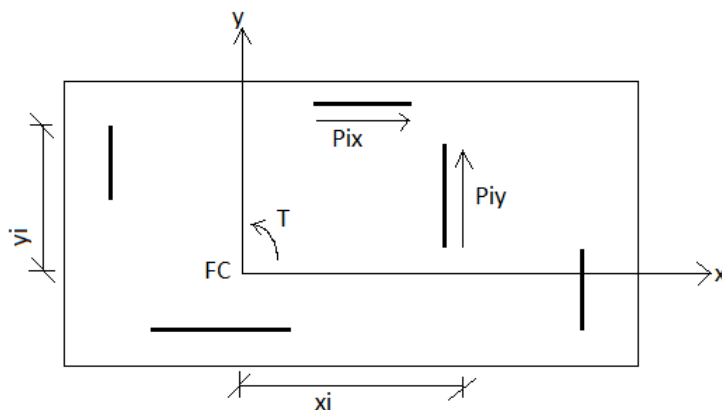
5.1.2 Elastisk fordeling

I den elastiske fordeling er vægskiverne med til at optage de vandrette laster der kommer på dækskiven. Disse vægskiver forudsættes at være elastiske og bruges som understøtninger til dækskiven. Dækskiverne i sig selv antages at være uendelige stive i deres plan. Med den antagelse at understøtninger er elastiske, menes at udbøjningen af vægskiven i sit eget plan er proportionel med det kraft der overføres fra dækskiven til vægskiven. Ydermere antages det at vægskiverne kan ikke optage kræfter vinkelret på deres plan.

Forskydningscentrum

I forbindelse med elastiske fordeling er det essentielt at finde forskydningscentrum. Forskydningscentrum i en vandret skive er det punkt hvor resultanten af ydre kræfter går igennem det punkt og der forekommer ikke drejning i den vandrette skive. Koordinaterne til dette punkt bestemmes af formel 5.7.

På figur 5.2 er det vist ved koordinatsystemet, som er placeret gennem forskydningscentret [Bjarne Chr. Jensen(2010)].



Figur 5.2. Dækskive påvirket til vridning [Bjarne Chr. Jensen(2010)].

Reaktionerne i den enkelte vægge er proportionelt med væggens stivhed i denne retning og alle væggene får det samme udbøjning. Vægskiverne betragtes som indespændte med en enkelt kraft i toppen. Bjælkerne betragtes som lineært elastiske. Stivheder for de enkelte vægge findes af 5.3. Grundet til valg af denne formel er værdien af h/l højere og dermed er deformationerne fra normalspændingerne dominerende. Hermed er udbøjningen δ_b fra normalspændingerne svarende til lasten V er:

$$\delta_b = \frac{h^3}{3EI} \qquad V = \frac{3EI}{h^3} \qquad (5.1)$$

Siden

$$V = \delta_b \cdot S \qquad (5.2)$$

Herfra kan stivheden isoleres til 5.3

$$S = \frac{3 \cdot E \cdot \frac{1}{12} \cdot b \cdot l^3}{h^3} \qquad (5.3)$$

Hvor elasticitetsmodulen svarende til $f_{ck} = 30$ MPa er udregnet til 25 000 000 kN/m² som i 5.6:

$$E_{c0k} = 51000 \frac{f_{ck}}{f_{ck} + 13} \qquad (5.4)$$

$$E = 0.7 \cdot E_{c0k} \qquad (5.5)$$

$$E = 25\,000\,000 \text{ kN/m}^2 \qquad (5.6)$$

Elasticitetsmodulen i sidste ende vil være i overensstemmelse med Robot.

$$x_F = \frac{\sum x'_i \cdot S_{ix}}{S_x} \qquad y_F = \frac{\sum y'_i \cdot S_{iy}}{S_y} \qquad (5.7)$$

Kræfterne i de understøttende vægge virker enten i længderetningen parallelt med x-aksen eller i tværsnittets retning parallelt med y-aksen. Er kraften i væg i parrallelt med x-aksen kaldes det for P_{ix} og tilsvarende P_{iy} for væg i som er parallelt med y-aksen. Disse kræfter er illustreret på figur 5.2. Her er x_i afstand fra origo til P_{iy} angrebslinie og y_i er afstand fra origo til P_{ix} angrebslinie.

Disse kræfter bidrager hver på sin vis til momentet omkring forskydningcentret. Her er bidraget fra P_{ix} negativt, ligeledes vises det at positive værdier af P_{iy} og x_i giver positiv bidrag. Det vridende moment T er dermed lige med:

$$T = \sum P_{iy} \cdot x_i - \sum P_{ix} \cdot y_i \qquad (5.8)$$

Når lasterne går igennem forskydningscentrum vil dette ikke give anledning til den ovennævnte vridende moment T. Hele systemets vridningsstivhed kan nu bestemmes af følgende formel 5.9 . Både T og V indgår i bestemmelse af fordelingen af lasterne i 5.10 og 5.11.

$$V = \sum S_{ix} \cdot x_i^2 + \sum S_{iy} \cdot y_i^2 \quad (5.9)$$

Og endelige fordelingen af laster fås udefra 5.10 og 5.11

$$P_{ix} = S_{iy} \cdot \left(\frac{P_x}{S_y} - \frac{T}{V} \cdot y_i \right) \quad (5.10)$$

$$P_{iy} = S_{ix} \cdot \left(\frac{P_y}{S_x} + \frac{T}{V} \cdot x_i \right) \quad (5.11)$$

Disse formler viser hvordan skal den ydre last P_x og P_y skal fordeles til understøtninger i skiven.

I dette projekt er der taget hensyn til lasten både fra x-retning og fra y-retning. De tilsvarende udregninger ligger i bilag C Den under navnet de "Vandret stabilitet med last i x-retning" og "Vandret stabilitet med last i y-retning", ligeledes kan det samlede resultatet ses i bilag ?? og ?. I forbindelse med den plastiske fordeling er der brugt ren gæt til at dele laster ud på væggene. I den videre beregning vil resultater fra den elastiske fordeling bruges, da denne betragtes som en mere fornuftig fordeling.

Når de vandrette laster er fundet på de enkelte vægge, vil der i det følgende kapitel sættes fokus på de lodrette laster på konstruktionen.

5.2 Lodret lastnedførsel

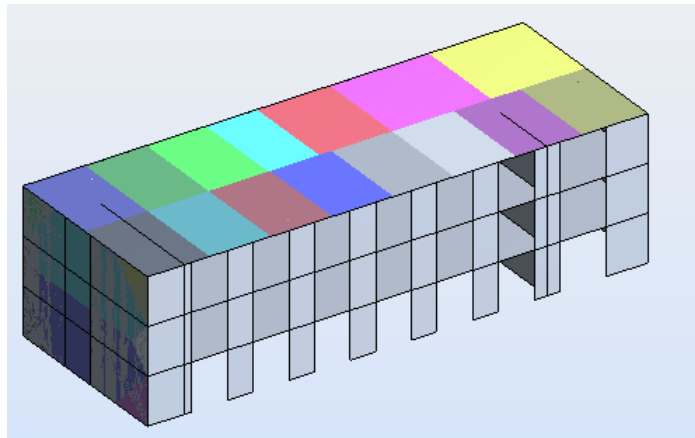
Dette kapitel omhandler nedførsel af lasterne ned til fundamentet. Samtlige udregninger ligger som bilag i den vedlagte CD, under navnet den "Lodret lastnedføring". Som nævnt i afsnit 4.1, det bliver set bort fra kælderetagen. Dette medfører at der vil blive regnet på den lodrette last som kommer fra det resterende 3 etager over terrænet.

Ydermere vil der som nævnt i afsnittet om afgrænsning blive set bort fra frilasten såsom isolering, tagpap osv. Det vil sige at der vil kun blive kigget på betonråhus. Grunden til denne forenkling er et ønske om at begrænse fejlkilden så meget så muligt, når det kommer til at sammenligne resultaterne med resultaterne fra Robotmodellen. Dette kan betragtes som et fornuftig valg, og er i overensstemmelse med formålet med dette projekt, som primært går ud på sammenligning af resultater fra håndkræft med resultater fra Robot. Som det fremgår af figur 4.9 som viser

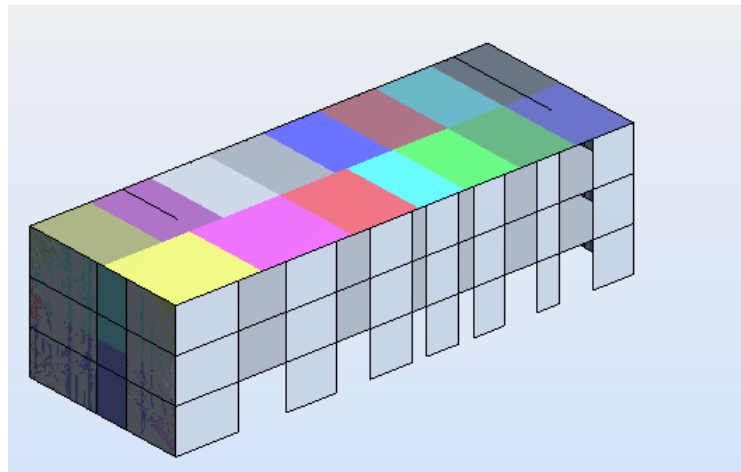
spændretningen vægge parrallelt med x-aksen bære hele den lodrette last inklusiv egenlasten, hvorimod alle vægge parrallelt med y-aksen kun bærer.

Excelarket er opbygget med 6 andre ark ind i et Excelark. Den første ark "forside" henviser den litteratur som Excelarket bygget op på. Ark nummer to viser de lodrette dele af bygningen samt deres egenvægt. Ark tre viser de vandrette dele af bygningen samt deres egenvægt. Ark fire viser udregningen af den lodrette last.

På figur 5.3 og 5.4 er lastbredde sat til $\frac{14.6}{2} = 7,3\text{m}$ svarende til halvdelen af bygningens bredde. Hermed kommer der linielast på alle de vægge parrallelt med x-aksen. Lastoplandet kan ses for de bærende vægge i figur 5.3 og 5.4



Figur 5.3. Belastningsbredde vist for forfacaden



Figur 5.4. Belastningsbredde vist for bagfacaden

I tabel 5.5 er der vist de lodrette laster fra de forskellige variable laster påført på de enkelte vægge. Disse resultater kan ses i bilag på CDen under navnet "Snitkræfterne fra egenlast". Tilsvarende er der udregnet lasten fra nyttelasten og snelasten til hver eneste væg. De tilsvarende Excelark for disse kan ligeledes ses i den vedlagte CD under navne "Snitkræfterne for snelast" og "Snitkræfterne for nyttelast". Tabeller for disse laster kan dog også ses i bilagene A.3 på side VI og A.4 på side VII

| Væg | l | Egenvægt af væg | Total egenlast påført i bunden af væg i kN | Ekcentriske last fra tag og etagedæki kN |
|-----|------|-----------------|--|--|
| 1 | 6,7 | 329 kN | -329 | |
| 2 | 4,9 | 240 kN | -240 | |
| 3 | 3,49 | 171 kN | -171 | -467,6307 |
| 4 | 3,49 | 171 kN | -171 | -467,6307 |
| 5 | 9,7 | 476 kN | -476 | |
| 6 | 2 | 98 kN | -557 | |
| 7 | 2 | 98 kN | -557 | |
| 8 | 2 | 98 kN | -544 | |
| 9 | 2,61 | 128 kN | -128 | -459,024 |
| 10 | 2 | 98 kN | -557 | |
| 11 | 2,71 | 133 kN | -515 | |
| 12 | 1,91 | 94 kN | -553 | |
| 13 | 3,8 | 186 kN | -186 | -544,61285 |
| 14 | 2 | 98 kN | -557 | |
| 15 | 4,23 | 207 kN | 207 | -741,61065 |
| 16 | 2 | 98 kN | -596 | |
| 17 | 5,4 | 265 kN | -265 | |
| 18 | 5,33 | 261 kN | -261 | -708,6183 |
| 19 | 3,3 | 162 kN | -162 | -488,6693 |
| 20 | 6,77 | 332 kN | -332 | |
| 21 | 4,9 | 240 kN | -240 | |

Figur 5.5. Karakteristiske lodrette laster fra egenlasten på den enkelte vægge.

Tabellen 5.5 består af fem koloner. Kolonne nummer 1 viser nummer for hver væg. Kolonne nummer 2 og tre viser egenlasten på undersiden af vægge underkant, hvor Kolonnen under navnet "*Excentriske last fra etagedæk og tage*" viser egenlasten fra tage og etagedæk som virker excentriske på vægge og derfor er skrevet adskilt og markeret med grøn, for alle andre vægge hvor egenlasten fra disse to elementer som virker centralt er allerede lagt sammen med egenlasten fra vægge under kolonnen med navnet "*Total egenlast påført i bunden af væg*". Kolonne 4 viser den lodrette nyttelast på hver væg. Og til sidste kolonne 5 er den lodrette last på hver væg fra snelasten.

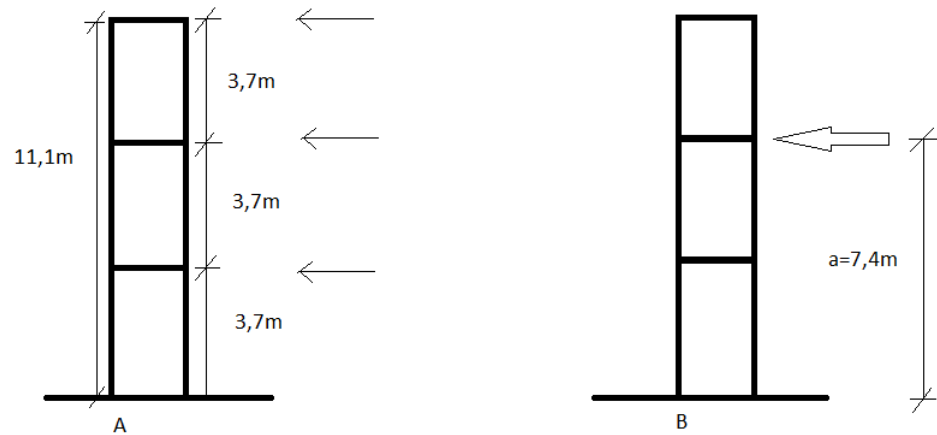
I den næste afsnit vil alle vægge bliver analyseret for disse laster.

5.2.1 Brudgrænsetilstand

I dette afsnit vil der bliver fokuseret på konstruktionen i brudgrænsetilstand. Lasterne fra det forrige afsnit 5.1.2 og 5.2 vil blive brugt til at finde snitkræfterne, normale spændinger og forskydningspændinger i de tilhørende vægge samt glidningen. Efter at alle spændingerne og er fundet vil der blive lavet lastkombinationer af de fundne normalspændinger og forskydningspændinger. Til sidst vil den kritiske væg, der har de største spændinger svarende til en bestemt lastkombination blive udvalgt. ligeledes vil der regnet på glidning for den væg. I tilfælde af store trækspændinger vil der bliver regnet på forankring svarende til den træklast.

Profilerne her udregnes som udkragede og urevnede bjælker. Det betyder at profilerne bliver udregnet på baggrund af den klassiske bjælket teori, som siger at plane

tværsnit, forbliver plane. Alle vægge har konstante tværsnit og har en højde svarende til de tre etages højde vist på figur 5.5A.



Figur 5.6. Højde af profilen som er på 11.10m. A placering af de tre laster på 3 etagedæk B lasten P i højde 7,4m.

Beregningen af profilerne er opsat således at i stedet for påføre en last til hver eneste dækskive og tagskive som vist på figur 5.6 A, er der tænkt at påføre tre laster i stedet er der valgt at påføre lasten på et punkt. Derfor er der beregnet det nye punkt til påsættelse af lasten, som vil give en fornuftig arm til momentet. Det nye punkt for påsættelse af lasten er udregnet som følgende med P lasten parallelt med x- og y-aksen. I virkeligheden vil de tre punktlaster langs væg A på figur 5.6 variere med højden. Men her er der valgt den samme last for alle disse tre punkter. P parallelt med y-aksen

$$P = 0,89 \text{ kN/m}^2 \cdot 39 \text{ m} \cdot (0,78 + 0,43) = 42 \text{ kN/m} \quad (5.12)$$

og P parallelt med x-aksen

$$P = 0,89 \text{ kN/m}^2 \cdot 15,5 \text{ m} \cdot (0,71 + 0,32) = 42 \text{ kN} = 14,2 \text{ kN/m} \quad (5.13)$$

$$a = \frac{P \cdot 11,10 \text{ m} + P \cdot 7,4 \text{ m} + P \cdot 3,7 \text{ m}}{3 \cdot P}$$

I begge tilfælde giver $a = 7,4 \text{ m}$. Der findes profilet tyngdepunkt og i det snit findes snitkræfterne som bruges til at finde normale spændinger samt forskydningspændinger. Som tidligere nævnt profilerne betragtes profilerne med urevnet tværsnit derfor er spændingsfordeling lineær og der bruges Naviers formel 5.14:

$$\sigma = \frac{N}{A} \pm \frac{M}{I} y \quad (5.14)$$

Hvor

| | | |
|-----|---|--------------------|
| N | Normalkraft | [kN] |
| A | Tværsnitsareal | [mm ²] |
| M | Moment | [kNm] |
| I | Inertimoment | [mm ⁴] |
| y | Afstand fra tværsnits tyngdepunkt til givet punkt | [mm] |

Som tidligere nævnt i afsnittet 4.4.1 er egenlast i tilfælde af dominerende vindlast til gunst, med andre ord en stor normalkræft og en lille moment er til fordel. Disse vil blive undersøgt og i tilfælde af større trækspændinger vil der blive regnet på forankring og evt. et stort fundament for at holde konstruktionen på plads.

Der bliver ligeledes fundet forskydningspændinger τ fra vindlasten, for alle væggene ved hjælp af Grasshoffs formel.

$$\tau = \frac{V \cdot S}{I \cdot t}$$

Hvor

| | | |
|-----|-------------------|--------------------|
| V | Forskydningskraft | [kN] |
| S | Statisk moment | [mm ³] |
| t | Vægtykkelse | [mm] |

Den følgende tabel viser karakteristiske værdier for σ_{min} og σ_{max} fra de påførte laster. Excelarket kan findes i den vedlagte CD under navnet "Den samlede resultat" Værdier i denne ark kommer fra alle andre ark i den vedlagt CD. Normale spændinger som er markeret med gule i de andre Excelarke er samlet sammen i "Den samlede resultat".

| Væg | Total spænding fra egenlast Mpa | Total spænding fra nyttelast Mpa | Total spænding fra snelast MPa | Total spænding fra vindlast Px | Total spænding fra Py | Total spænding fra |
|-----|---------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------------|--------------------|
| 1 | 0,27 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -0,54 |
| 2 | 0,27 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -0,47 |
| 3 | 0,11 | 0,06 | 0,01 | 0,27 | 0,27 | -0,27 |
| 4 | 0,11 | 0,06 | 0,01 | 0,27 | 0,27 | -0,27 |
| 5 | 0,27 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -0,71 |
| 6 | 1,55 | -0,48 | -0,08 | 0,16 | 0,16 | -0,27 |
| 7 | 1,55 | -0,48 | -0,08 | 0,16 | 0,16 | -0,27 |
| 8 | 1,51 | -0,48 | -0,08 | 0,16 | 0,16 | -0,27 |
| 9 | 0,40 | -0,05 | -0,01 | 0,20 | 0,20 | -0,27 |
| 10 | 1,55 | -0,48 | -0,08 | 0,16 | 0,16 | -0,27 |
| 11 | 1,06 | -0,30 | -0,05 | 0,21 | 0,21 | -0,27 |
| 12 | 1,61 | -0,50 | -0,08 | 0,15 | 0,15 | -0,27 |
| 13 | 0,44 | -0,06 | 0,00 | 0,30 | 0,30 | -0,27 |
| 14 | 1,55 | -0,48 | -0,08 | 0,16 | 0,16 | -0,27 |
| 15 | 0,71 | -0,20 | -0,03 | 0,33 | 0,33 | -0,27 |
| 16 | 1,66 | -0,48 | -0,08 | 0,16 | 0,16 | -0,27 |
| 17 | 0,27 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -0,76 |
| 18 | 0,15 | 0,04 | 0,01 | 0,42 | 0,42 | -0,27 |
| 19 | 0,25 | 0,29 | 0,05 | 0,26 | 0,26 | -0,27 |
| 20 | 0,27 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -0,96 |
| 21 | 0,27 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -0,77 |

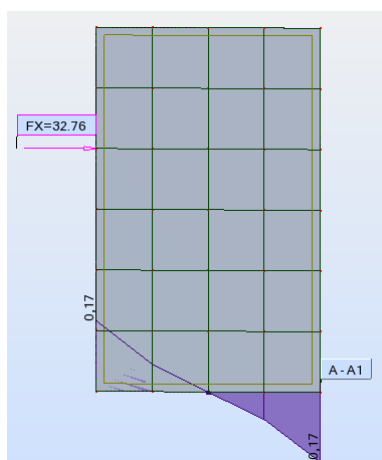
Figur 5.7. Karakteristiske værdier af σ_{min} fra de forskellige laster i de pågældende koloner.

Tabellen 5.7 viser de karakteristiske værdier for σ_{min} . Og tabellen 5.8 viser de karakteristiske værdier for σ_{max} . Spændingerne er udregnet således at trykspændingerne er negative. Det betyder at normallasten in Naviers formlen er sat med negativ fortegn. Årsagen til dette valg skyldes, at Robot ligeledes viser trykspændingerne med negative fortegn. Ved dette valg vil læseren ikke blive forvirret og sammenligninger af resultaterne vil være overskuelige. For at illustrere dette er der vist figure 5.10 fra væg 1, her ses det at Robot udregner trykspændingerne negativt (-0,17) og trækspændingerne positivt (0,17). Generelt vil spændinger illustreres som vist på figur 5.9

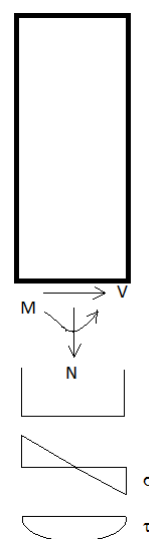
Som det står i tabel 5.7 viser den første kolonne vægnummeret, den anden kolonne viser σ_{min} fra egenlasten, den tredje kolonne viser σ_{min} fra nyttelasten, den fjerde kolonne viser σ_{min} fra snelasten og kolonne 5 og 6 viser σ_{min} fra vind på facaden og på gavlen med Py og Px. Tilsvarende i table 5.8 vises de maksimale normale spændinger σ_{max} for de omtalte laster. Grunden til at σ_{max} og σ_{min} er vist adskilt er for at gøre det nemmer at lave lastkombinationer. Dette vil blive beskrevet mere i det næste afsnit om lastkombinationer.

| Væg | Total egenlast påført i bunden af væg i Mpa | Total Nytte påført i bunden af væg i Mpa | Total sne påført i bunden af væg i Mpa | vindlast Px Mpa | vindlast Py Mpa |
|-----|---|--|--|-----------------|-----------------|
| 1 | -0,27 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 2 | -0,27 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -0,07 |
| 3 | -1,92 | -0,62 | -0,10 | 0,27 | -0,27 |
| 4 | -1,92 | -0,62 | -0,10 | 0,27 | -0,27 |
| 5 | -0,27 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,16 |
| 6 | -1,55 | -0,48 | -0,08 | 0,16 | -0,27 |
| 7 | -1,55 | -0,48 | -0,08 | 0,16 | -0,27 |
| 8 | -1,51 | -0,48 | -0,08 | 0,16 | -0,27 |
| 9 | -2,10 | -0,67 | -0,11 | 0,20 | -0,27 |
| 10 | -1,55 | -0,48 | -0,08 | 0,16 | -0,27 |
| 11 | -1,06 | -0,30 | -0,05 | 0,21 | -0,27 |
| 12 | -1,61 | -0,50 | -0,08 | 0,15 | -0,27 |
| 13 | -1,70 | -0,54 | -0,09 | 0,30 | -0,27 |
| 14 | -1,55 | -0,48 | -0,08 | 0,16 | -0,27 |
| 15 | -0,17 | -0,53 | -0,08 | 0,33 | -0,27 |
| 16 | -1,66 | -0,48 | -0,08 | 0,16 | -0,27 |
| 17 | -0,27 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,21 |
| 18 | -1,87 | -0,55 | -0,09 | 0,42 | -0,27 |
| 19 | -2,44 | -1,18 | -0,19 | -0,26 | -0,27 |
| 20 | -0,27 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,41 |
| 21 | -0,27 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,22 |

Figur 5.8. Karakteristiske værdier af σ_{max} fra de forskellige laster i de pågældende koloner.



Figur 5.9. Normale spændinger fra væg 1.



Figur 5.10. Den genral illustration af spændinger.

5.2.2 Lastkombinationer

Efter alle spændingerne er fundet, vil der i denne afsnit laves kombinationer af disse spændingerne som kommer fra forskellige laster. Som nævnt i det forrige afsnit er minimale og maksimale spændinger indtastet adskillige gange i to tabeller. Her laves der lastkombinationer af disse spændinger. Så på den måde sættes alle σ_{min} og alle σ_{max} fra forskellige laster sammen.

De følgende tabeller for lastkombinationer er opstillet således, at der er 9 kolonner. Den første kolonne viser vægnummeret, de næste fire kolonner er lastkombinationer med vind på facaden, betegnet med stort bogstav F (LK#F). De sidste 4 kolonner er de 4 lastkombinationer med vind på gavlen, som er betegnet med bogstav G (LK#G). Disse lastkombinationer er lavet på baggrund af tabel 4.3 For bedre forståelse er værdierne for alle lastkombinationer for væg 1 udregnet og vist i det følgende.

$$LK1F(vaeg1) = 1,2 \cdot -0,27MPa = \mathbf{-0,33MPa} \quad (5.15)$$

$$LK2F(vaeg1) = 1 \cdot -0,27MPa + 1,5 \cdot 0,3 \cdot 0,00MPa + \quad (5.16)$$

$$1,5 \cdot 0,3 \cdot -0,54MPa + 1,5 \cdot 0,72MPa \cdot 0,00MPa \quad (5.17)$$

$$= \mathbf{-0,52MPa} \quad (5.18)$$

$$LK3F(vaeg1) = 1 \cdot -0,27MPa + 1,5 \cdot 0,00MPa + \quad (5.19)$$

$$1,5 \cdot 0,3 \cdot -0,54MPa + 1,5 \cdot 0,6 \cdot 0,00MPa = \mathbf{-0,52MPa} \quad (5.20)$$

$$LK4F(vaeg1) = 0,9 \cdot 1 + 1,5 \cdot -0,54MPa = \mathbf{-1,06MPa} \quad (5.21)$$

Værdier som stå i fed i 5.15 til 5.21 kan ligeledes ses i tabel 5.2 i fed skrift. De næste 4 kolonner i 5.2 er udregnet på samme måde, med den forskel hvor der i stedet for vind på facaden er der brugt vind på gavlen.

| Væg | LK1F | LK2F | LK3F | LK4F | LK1G | LK2G | LK3G | LK4G |
|-----|--------------|--------------|--------------|--------------|-------|-------|-------|--------------|
| 1 | -0,33 | -0,52 | -0,52 | -1,06 | -0,33 | -0,39 | -0,39 | -0,65 |
| 2 | -0,33 | -0,48 | -0,48 | -0,95 | -0,33 | -0,39 | -0,39 | -0,65 |
| 3 | 0,76 | 0,571 | 0,57 | 0,16 | 0,76 | 0,45 | 0,45 | -0,25 |
| 4 | 0,76 | 0,58 | 0,58 | 0,16 | 0,76 | 0,45 | 0,46 | -0,25 |
| 5 | -0,33 | -0,59 | -0,59 | -1,30 | -0,33 | -0,39 | -0,39 | -0,65 |
| 6 | -1,86 | -2,22 | -2,22 | -1,80 | -1,86 | -2,29 | -2,29 | -2,04 |
| 7 | -1,86 | -2,22 | -2,22 | -1,80 | -1,86 | -2,29 | -2,29 | -2,04 |
| 8 | -1,81 | -2,19 | -2,18 | -1,77 | -1,81 | -2,26 | -2,25 | -2,00 |
| 9 | -1,35 | -1,30 | -1,30 | -1,42 | -1,35 | -1,39 | -1,39 | -1,73 |
| 10 | -1,86 | -2,22 | -2,22 | -1,80 | -1,86 | -2,29 | -2,29 | -2,04 |
| 11 | -1,27 | -1,52 | -1,52 | -1,36 | -1,27 | -1,61 | -1,61 | -1,68 |
| 12 | -1,93 | -2,30 | -2,30 | -1,86 | -1,93 | -2,38 | -2,37 | -2,11 |
| 13 | -1,08 | -1,09 | -1,09 | -1,22 | -1,08 | -1,23 | -1,22 | -1,67 |
| 14 | -0,32 | -2,23 | -2,22 | -1,80 | -1,86 | -2,30 | -2,29 | -2,04 |
| 15 | -1,50 | -1,60 | -1,60 | -1,53 | -1,50 | -1,75 | -1,75 | -2,03 |
| 16 | -1,99 | -2,33 | -2,33 | -1,90 | -1,99 | -2,40 | -2,40 | -2,13 |
| 17 | -0,33 | 0,61 | -0,61 | -1,38 | -0,33 | -0,39 | -0,39 | -0,65 |
| 18 | -1,36 | -1,21 | -1,21 | -1,43 | -1,36 | -1,40 | -1,40 | -0,06 |
| 19 | -1,94 | -1,41 | -1,42 | -1,87 | -1,94 | -1,53 | -1,53 | -2,25 |
| 20 | -0,46 | -0,70 | -0,70 | -1,68 | -0,33 | -0,39 | -0,39 | -0,65 |
| 21 | -0,33 | -0,62 | -0,62 | -1,40 | -0,33 | -0,39 | -0,39 | -0,65 |

Tabel 5.2. Regningsmæssige værdier af σ_{min} i lastkombinationer for både vind på facad betegnet med F og vind på gavlen betegnet med G. Alle værdier er i MPa

Tabel 5.2 viser værdier for σ_{min} . Proceduren for tabel 5.3 er nøjagtig den samme som i tabel 5.2. Dette er gjort for alle 21 vægge som vist i tabellerne. Formålet med dette er at finde ud af hvilken lastkombination giver de største trækspændinger hørende til en bestemt væg. Snitkræfterne for alle disse 21 vægge kan ses i bilag på CDen. Der er desuden lavet lastkombinationer for alle disse snitkræfter i Excelarket "Den samlede resultat" Disse lastkombinationer kan ligledes ses her i 5.2 og 5.3. Formålet med at lave last kombinationer for normallasten er for at undersøge den kritiske væg for den størst mulige normallast. Dette vil blive diskuteret Yderligere i afsnit 6.3 på side 58

| Væg | LK1F | LK2F | LK3F | LK4F | LK1G | LK2G | LK3G | LK4G |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------|
| 1 | -0,33 | -0,27 | -0,27 | -0,25 | -0,33 | -0,39 | -0,39 | -0,65 |
| 2 | -0,33 | -0,31 | -0,31 | -0,36 | -0,33 | -0,39 | -0,39 | -0,65 |
| 3 | -1,41 | -2,01 | -2,00 | -1,47 | -1,41 | -1,89 | -1,88 | -1,05 |
| 4 | -1,41 | -2,01 | -2,01 | -1,47 | -1,41 | -1,89 | -1,88 | -1,05 |
| 5 | -0,33 | -0,20 | -0,20 | -0,00 | -0,33 | -0,39 | -0,39 | -0,65 |
| 6 | -1,86 | -2,22 | -2,22 | -1,80 | -1,86 | -2,15 | -2,15 | -1,57 |
| 7 | -1,86 | -2,22 | -2,22 | -1,80 | -1,86 | -2,15 | -2,15 | -1,57 |
| 8 | -1,81 | -2,19 | -2,18 | -1,77 | -1,81 | -2,12 | -2,11 | -1,53 |
| 9 | 0,70 | -0,31 | -0,30 | 0,11 | 0,70 | -0,22 | 0,21 | 0,42 |
| 10 | -1,86 | -2,22 | -2,22 | -1,80 | -1,86 | -2,15 | -2,15 | -1,57 |
| 11 | -1,27 | -1,52 | -1,52 | -1,36 | -1,27 | -1,42 | -1,42 | -1,04 |
| 12 | -1,93 | -2,30 | -2,30 | -1,86 | -1,93 | -2,23 | -2,22 | -1,60 |
| 13 | 0,43 | -0,39 | -0,39 | -0,09 | 0,43 | -0,25 | -0,25 | 0,36 |
| 14 | -1,86 | -2,23 | -2,22 | -1,80 | -1,86 | -2,16 | -2,15 | -1,57 |
| 15 | -1,50 | -1,98 | -1,97 | -1,53 | -1,50 | -1,83 | -1,82 | -1,03 |
| 16 | -1,99 | -2,33 | -2,33 | -1,90 | -1,99 | -2,26 | -2,26 | -1,66 |
| 17 | -0,33 | -0,18 | -0,18 | 0,07 | -0,33 | -0,39 | -0,39 | -0,65 |
| 18 | 0,71 | -0,17 | -0,16 | 0,12 | 0,71 | 0,02 | -1,03 | 0,75 |
| 19 | 1,29 | -0,41 | -0,40 | 0,56 | 1,29 | -0,30 | -0,28 | 0,95 |
| 20 | -0,33 | -0,09 | -0,09 | 0,37 | -0,33 | -0,39 | -0,39 | -0,65 |
| 21 | -0,33 | -0,17 | -0,17 | 0,09 | -0,33 | -0,39 | -0,39 | -0,65 |

Tabel 5.3. Regningsmæssige værdier af σ_{max} i lastkombinationer for både vind på facad betegnet med F og vind på gavlen betegnet med G. Alle værdier er i MPa

Hvis der kigges på tabel 5.3, vises det at væg 19 har de største trækspændinger skrevet med fed tekst **0,95MPa** . Ud fra tabel 5.2 kan der desuden ses at denne væg også har en trykspænding på **-2,25MPa**. Derfor betragtes denne væg som den meste kritiske væg med hensyn til lastkombination 4 og fremadrettet vil denne væg bliver undersøgt i forskellige modeller for normalspændinger og forskydningsspændinger og stadigvæk i lastkombination 4.

I Den følgende tabel 5.4 er der præsenteret resultater fra snitkræfter, spændinger samt lastkombinationer fra disse parametre.

De samlede resultater for væg nummer 19

I tabel 5.4 kan der ses både de karakteristiske resultater til væg 19 samt værdierne fra i brudgrænsetilstanden. Kolonnerne fra Egenlast, nyttelast, snelast og vindlast (på gavlen) viser de karakteristiske værdier, hvorimod, de sidste 4kolonner fra LK#G viser værdierne i brudgrænsetilstanden.

| Væg 19 | G | N | S | V | LK1G | LK2G | LK3G | LK4G |
|----------------------|-------|-------|--------|---------|---------|---------|----------|---------|
| Normallast[kN] | -651 | -267 | -43 | 0,00 | 780,56 | 348,31 | 351,51 | 602,58 |
| Moment[kNm] | -330 | -240 | -38,41 | -566,71 | -527,76 | -678,29 | -675,413 | -303,45 |
| Forskydning last[kN] | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 11,44 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 17,16 |
| σ_{min} [MPa] | 0,25 | 0,29 | 0,05 | 0,26 | 0,30 | 0,70 | 0,69 | 0,61 |
| σ_{max} [MPa] | -2,44 | -1,18 | -0,19 | -0,26 | -2,93 | -3,92 | -3,91 | -2,59 |
| τ [MPa] | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 28,88 | 1,29 | 0,00 | 0,00 | 1,93 |

Tabel 5.4. Snitkræfterne og de tilsvarende lastkombinationer for væg 19

Resultaterne fra 5.4 vil blive sammenlignet med resultater fra Robot Structural Analysis hørende til væg nummer 19. Der vil ligeledes blive lavet en graf over resultater fra normal spændinger og forskydningsspændinger fra tabel 5.4 i resultatets afsnit.

Glidning

[Bjarne Chr. Jensen(2010)] Glidning i dette afsnit er baseret på den analytiske metode. Hvis der er tale om glat støbeskel mellem profilet vægge og dækoversiden, vil dette medføre glidning fra den vandrette last. Siden væg nr. 19 er den kritiske væg, vil den derfor blive undersøgt for glidning. Som det ses ud fra tabel 5.4 lastkombination 4 giver en forskydning. For at afgør om hvorvidt en væg glider eller ej bruges uligheden 5.22, hvor V er forskydnings

$$V < 0.5N \Rightarrow 17,16kN < 0,5 \cdot 602,58kN \quad (5.22)$$

resultaterne af denne ulighed viser at væggen er ikke fare for glidning.

Siden overstående ulighed 5.22 viser til at være opfyldt, derfor er der ikke nødvendigt at undersøge glidning mere. Var det omtalte krav ikke blevet opfyldt skulle samlingerne beregnes ud fra reglerne for støbeskel, hvilket ikke er tilfældet her.

5.3 Analyse af konstruktionen ved hjælp af FEM program Robot Structure analysis

Alle Robot filer kan findes i den vedhæftede CD. I dette afsnit vil konstruktionen blive dimensioneret i FEM programmet Robot Structural Analysis. Resultater som kommer ud af Robot vil blive sammenlignet med resultater fra den analytiske del fra den tidligere kapitel. Disse resultater vil primært være normale spændinger og forskydningsspændinger. De nævnte resultater vil bliver vist i tabel form og graf så dermed er en sammenligning med håndberegningerne overskuelig.

Som nævnt i starten af kapitel 5 vil væg 19 bliver analyseret i 2 modeller. Den første model er, at den vil blive dimensioneret som en adskilt væg i Robot, hvor der vil blive tilføjet de samme laster som der er tilføjet i det analytiske afsnit på væg 19

der næst vil der bliver trukket normale og forskydningsspændinger.

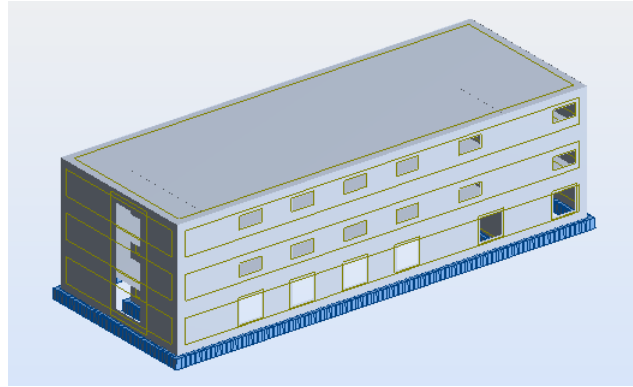
Den anden måde at analysere væg nr. 19 vil være en detaljeret analyse af væg 19 som bliver isoleret ud fra figur 5.14. Her vil der blive kigget på hvordan den pågældende væg opfører sig i selv konstruktionen og hvordan ser normale og forskydningsspændinger ud. Resultater fra disse to modeller vil bliver sammenlignet med resultater fra tabel 5.4 og plottet i en graf. Der er desuden analyseret model A 5.11 på den følgende side som er mega til den modul som bliver bygget i virkeligheden. Der vil blive kigget på normale og forskydningsspændinger fra denne model og resultaterne vil bliver diskuteret. Den sidstnævnte model kan ses i figur 5.11, her kan der ses at facader og gavle hver betragtes som en hel væg.

I det følgende vil alle scenarier fra punkt 2 i konstruktion afsnit vil bliver bearbejdet. Inden disse scenarier bliver analyseret, vil de elementer som er brugt generelt blive præsenteret i starten af dette kapitel.

Først og fremmest er der brugt "Shell element" fra Robot. Dernæst er brugt det samme materiale som i den analytiske del. Dimensioner af alle elementerne er i overensstemmelse med elementerne fra den analytiske del. Lastkombinationer i alle scenarier er i overensstemmelse med den analytiske del. I forbindelse med mesh på konstruktion Model B vist i figur 5.11. er der udført konvergens analyse. Til sidst blev det bestemt at en elementstørrelse på 0,5 meter vil bliver brugt. Detaljer af denne analyse er dog ikke registreret i dette projekt. Alle vægge i alle modeller er indespændt.

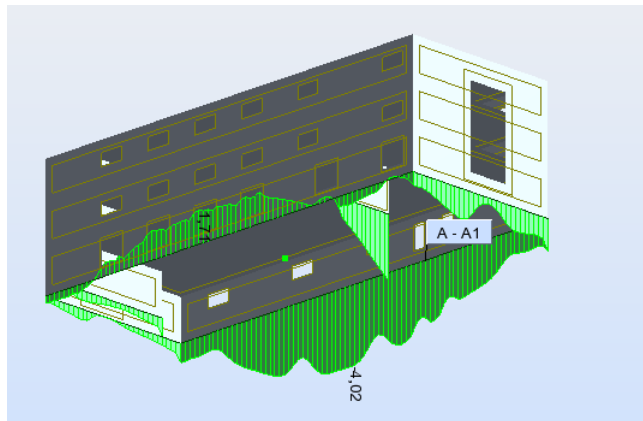
5.3.1 Scenario A: Analyse af model A på figur 5.11

I det følgende vil konstruktionen i Model A blive analyseret. Som nævnt i den forrige kapitel betragtes væg nummer 19 som den kritiske væg i hensyn til lastkombination 4. Dette kan ikke lade sig gøre her, siden hele facaden er en stor sammenhængende væg. Derfor vil normalspændingerne og forskydningsspændingerne kun blive vist med hensyn til lastkombination 4. I den følgende er der vist disse resultater. I det følgende er disse resultater vist. I resultatafsnittet vil disse resultater blive diskuteret.

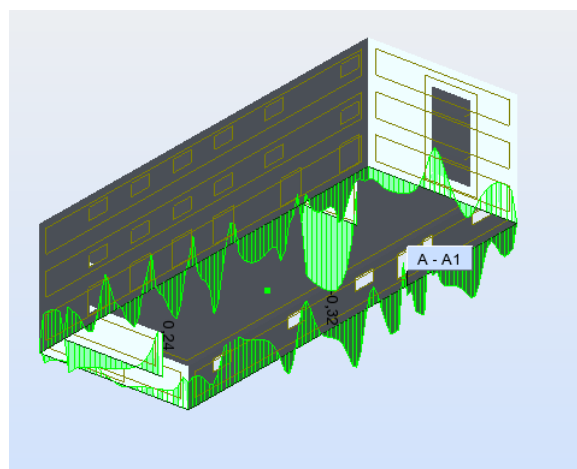


Figur 5.11. Model A.

I de følgende er der vist spændinger og forskydningsspændinger for model 5.11. Disse spændinger vil blive sammenlignet med spændingerne fra model 5.14.



Figur 5.12. Regningsmæssige spændinger i hensyn til lastkombiantion 4



Figur 5.13. Regningsmæssige forskydning spænding i hensyn til lastkombiantion 4

5.3.2 Scenario B: Analyse af Model B på figur 5.14.

Her er alle væggene fra model B analyseret adskilt, med laster svarende til laster på væg 19 i det analytiske kapitel.

Her består facader og gavle af flere separate vægge. Til analyse vil blandt væg 6, 7, 8, 10, 12, 14 vil der kun blive valgt en væg til analyse, da alle disse vægge har de samme dimensioner og det samme lastopland, og dermed belastes med den samme last. Også væg 3 og 4 har de samme dimensioner og der vil kun blive valgt kun en blandt disse vægge af den samme grund.



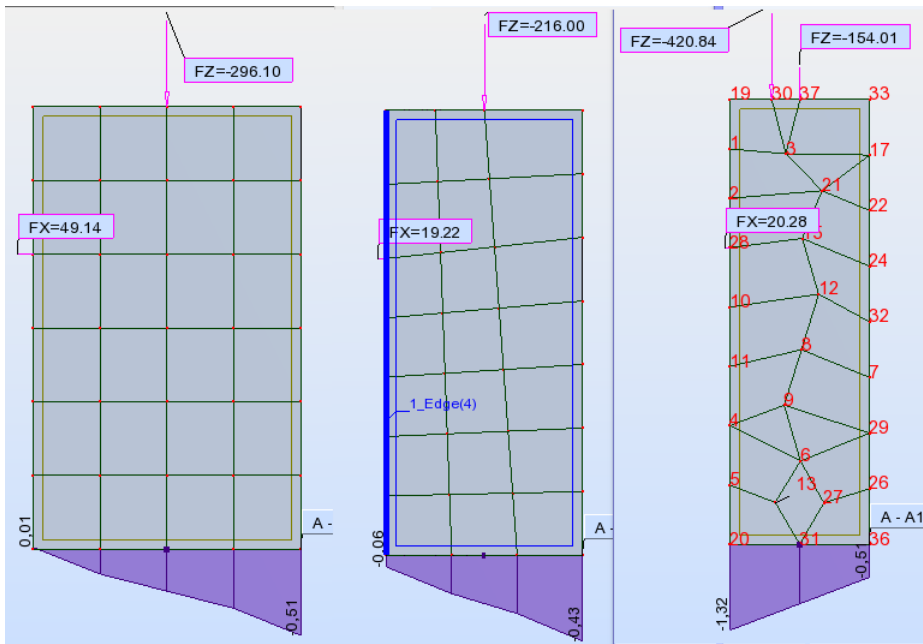
Figur 5.14. Model B.

Alle vægge parallelt med x-aksen bærer nyttelast, snelasten og egenlasten fra taget og de to etageadskillelser og alle vægge parallelt med y-aksen bærer kun egenlasten. Angående de vægge som er excentrisk belastede vil der også blive tagen hensyn til excentriciteten. Lastopland for disse vægge er illustreret i figur 5.3 og 5.4 .

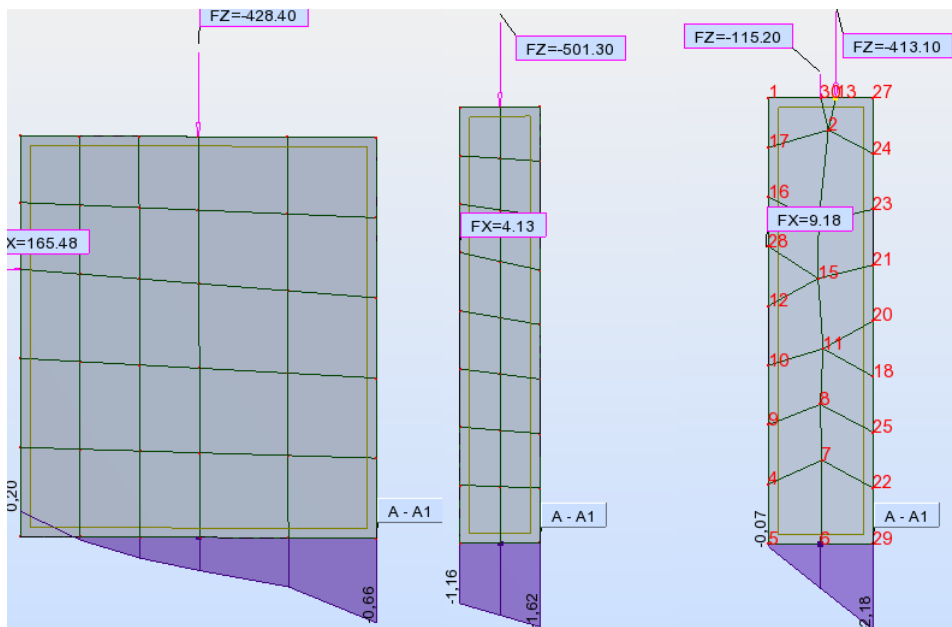
I det følgende vil der igen blive vist spændinger for alle vægge dimensioneret særskilt af hensyn til lastkombination 4.

For vægge nummer 1,2,5,17,20 og 21 vil der bliver vist spændingerne med hensyn til lastkombination 4 hvor vind på facaden er dominerende, egen lasten er ganget med 0,9 og nyttelasten samt snelasten er nul og vindlasten med 1,5.

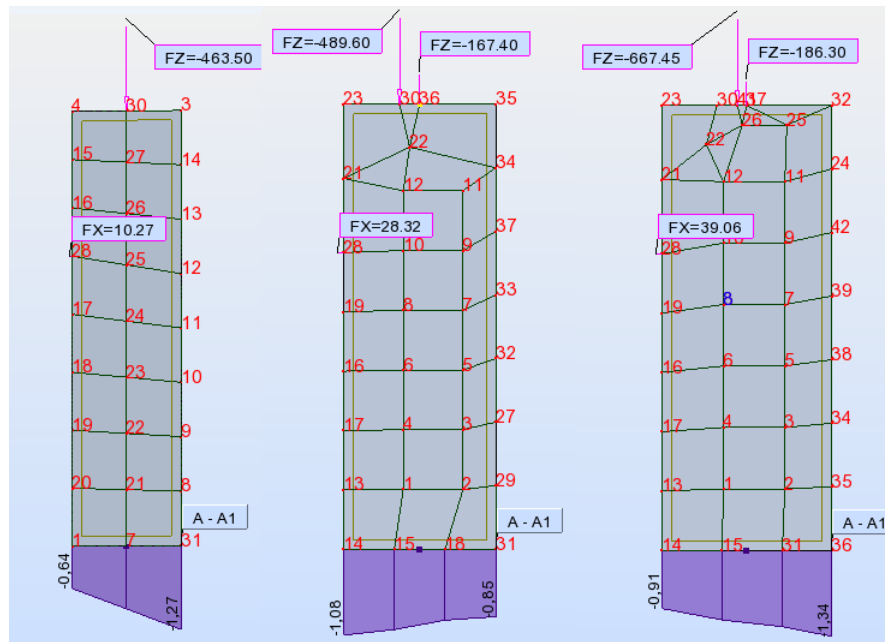
I løbet af undersøgelsen fandt man ud af, at Robot ikke tager hensyn til egenlasten i forbindelse med udregning af normalspændingerne. Dette udsagn er adskillige gang testet og bekræftet. Derfor blev der sat en punktlast på hver væg svarende til deres egenlast i midten af væggen. For de vægge som er excentrisk belastede fra tagdæk og etagedæk, blev der ligeledes tilføjet en excentrisk punktlast. Baggrunden for valg af punktlast i stedet for linielast er, at der i dette bestemt tilfælde kan sættes linielast på væggene.



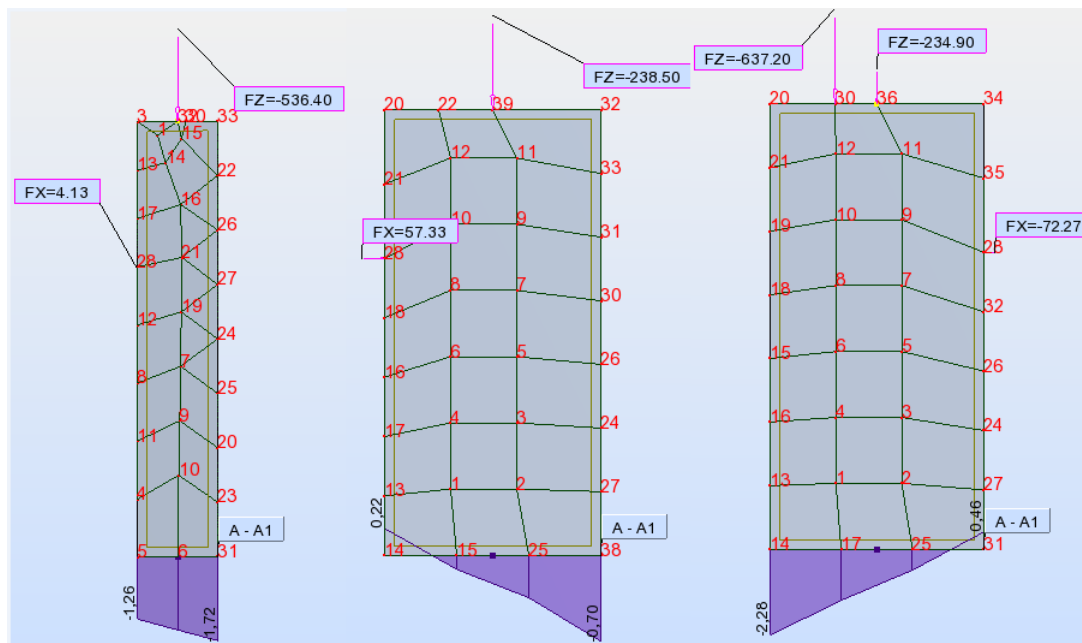
Figur 5.15. Fra venstre til højre væg 1,2 og 3/4



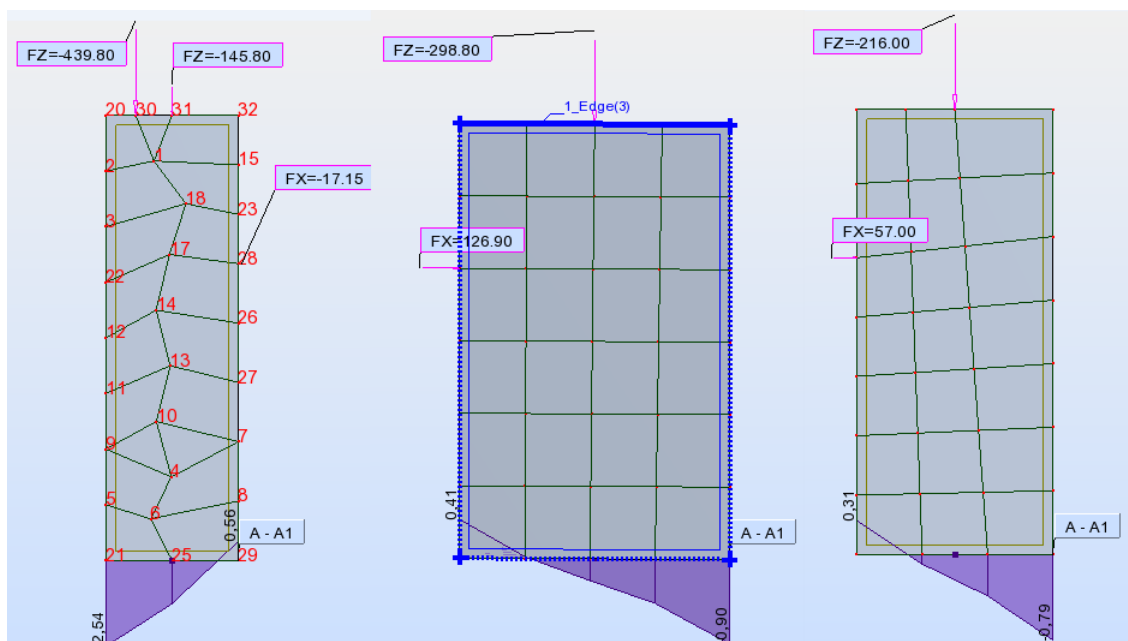
Figur 5.16. Fra venstre til højre væg 5, 6/7/8/10/12/14 og 9



Figur 5.17. Fra venstre til højre væg 11, 13 og 15



Figur 5.18. Fra venstre til højre væg 16,17 og 18

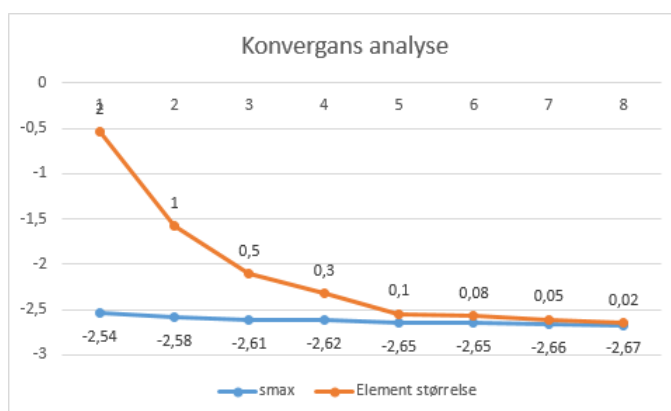


Figur 5.19. Fra venstre til højre væg 19,20 og 21

Ud fra figur 5.15, 5.16, 5.17, 5.18 og 5.19 kan det ses at væg nummer 19 igen har de største spændinger svarende til lastkombination 4, derfor er det fornuftigt at fortsætte med væggen.

5.3.3 Snitkræfter for væg 19 Dimensioneret adskilt

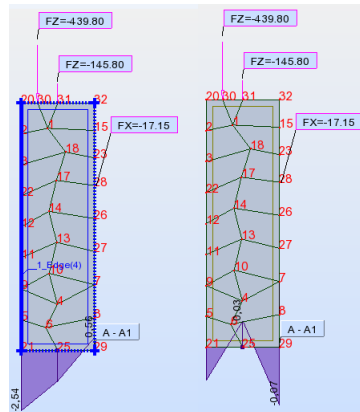
I det følgende er snitkræfterne til væg 19 vist med hensyn til lastkombination 4. Inden udregning af væg nummer 19 finder sted, blev der foretaget en konvergensanalyse af denne væg. Hermed kommer de normale spændinger og forskydningsspændinger til at se så nøjagtige ud som muligt.



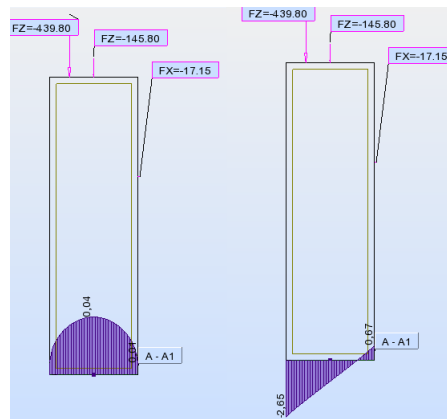
Figur 5.20. Grafen for konvergens analyse, mellem σ_{max} og element størrelse

Ud fra grafen blev det bestemt at en elementstørrelse på 0,1 er passende og den blev valgt. Dette gav en klar forbedring af resultatet.

I det følgende er der illustreret normale spændinger for forskydningspændinger før og efter konvergensanalyse



Figur 5.21. Fra venstre til højre vist normalspænding og forskyldningspænding for væg 19 LK4



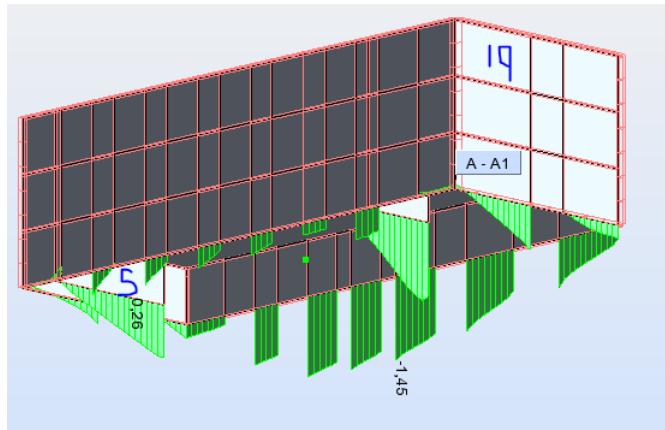
Figur 5.22. Fra venstre til højre vist forskyldningspænding og normalspænding for væg 19 LK4 efter kovgens analyse

Spændingerne i de to figurer oven over viser tydeligt at konvergensanalysen har en stor effekt. Efter konvergensanalysen viser kurverne et realistisk billede af spændingerne. Til sammenligning vil resultater fra 5.22 blive brugt i resultatafsnittet.

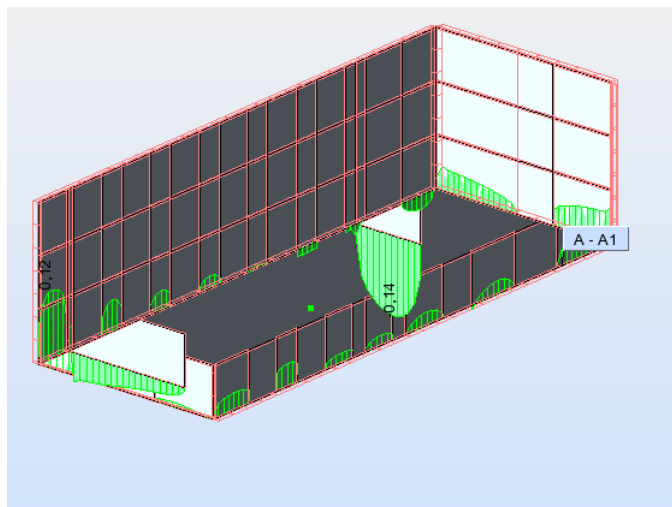
5.3.4 Scenario C: Analyse af Model B på figur 5.14

Her vil igen som i forrige afsnit fokuseres på væg 19. Normale og forskydning spændingerne vil blive vist svarende til lastkombination 4. Dette vil ske således, at væg nummer 19 vil blive isoleret fra hele konstruktionen og dernæst illustreret med spændingerne svarende til lastkombination 4. I forbindelse med tilføjelelse af vindlasten på gavle og facader er der brugt funktionen "Cladding" i Robot. Opgaven af denne funktion er at tilføje fladlasten på hele arealet af facaden uden at tage hensyn til huller mellem væggene, dvs. ved hjælp af "Cladding" kan der tilføjes last de steder hvor det normalt ikke er muligt. Ved hjælp af denne funktion vil 5.11 i dette tilfælde betragtes som en væg uden huller.

Inden spændinger til væg nummer 19 vises adskilt fra den store model, vil der først blive vist spændinger og forskydningspændinger af figur 5.14. Igen vil resultaterne være med hensyn til lastkombination 4. I det følgende er der vist billeder for normale spændinger og forskydnings spændinger. Billederne er taget fra bunden af konstruktionen så spændingerne kan vises tydeligt.



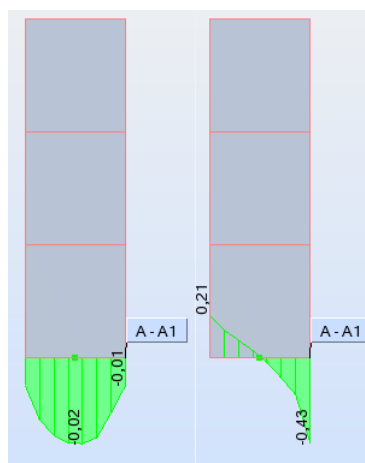
Figur 5.23. Regningsmæssige spændinger for væg 19 LK4



Figur 5.24. Regningsmæssig forskyldning spænding for væg 19 LK4

Analyse af væg 19 i scenarie C model 5.14

I afsnit 5.3.4 blev det vist spændinger og forskydningspændinger for hele model 5.14. I dette afsnit vil væg 19 blive analyseret ud fra model 5.14 og dernæst analyseret for normale spændinger og forskydningspændinger. Der er stadigvæk tale om analyse i hensyn til lastkombination 4. Resultater fra disse spændinger vil blive sammenlignet med de foregående resultater fra andre modeller hørende til væg 19. Dette vil ske i resultatafsnittet. De følgende figurer illustrerer disse resultater.



Figur 5.25. Forskyldning, moment og spænding for væg 19 i model 5.14 i hensyn til LK4

5.4 Opstilling og sammenligning af resultater

5.4.1 Resultater fra det analytiske afsnit

Resultatet hørende til væg 19 i den analytiske del er allerede vist i det analytiske afsnit. Her er tabellen fra disse resultater vist igen.

| Væg 19 | G | N | S | V | LK1G | LK2G | LK3G | LK4G |
|-------------------------|-------|-------|--------|---------|---------|---------|----------|---------|
| Normallast[kN] | -651 | -267 | -43 | 0,00 | 780,56 | 348,31 | 351,51 | 602,58 |
| Moment[kNm] | -330 | -240 | -38,41 | -566,71 | -527,76 | -678,29 | -675,413 | -303,45 |
| Forskydning last[kN] | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 11,44 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 17,16 |
| σ_{min} [MPa] | 0,25 | 0,29 | 0,05 | 0,26 | 0,30 | 0,70 | 0,69 | 0,61 |
| σ_{max} [MPa] | -2,44 | -1,18 | -0,19 | -0,26 | -2,93 | -3,92 | -3,91 | -2,59 |
| τ [MPa] | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 28,88 | 1,29 | 0,00 | 0,00 | 1,93 |

Tabel 5.5. Snitkræfterne og de tilsvarende lastkombinationer for væg 19

5.4.2 Resultater fra Scenarie A

Som det ses på figur 5.12 vises normalspændinger for hele facaden og gavlen, Her kan effekten fra vinduer tydelig ses. laster i lastkombination 4 giver en en tryk spænding på den ene facade svarende til 1,71 MPa og en store trækspænding på den anden facade svarende til $-4,02$ MPa.

Ses der på forskydningsspændinger i figur 5.13, giver de indre to vægge den største og den mindste forskydningsspænding. Dette giver en meget god mening, idet der ifølge figur 5.12 er et stort tryk på den side af facaden og der er træk på den anden side af facaden. Derfor giver de to vægge som de mindste dimensioner i forhold til gavlene de største forskydningsspændinger.

5.4.3 Resultater fra Scenario B

I figur 5.22 er der vist både fforskydningspænding til venstre og normal spænding til højre, Der er tilføjet forskellige punktlaster på toppen af væggen. Værdierne af spændingerne kan ses i selv figuren. Som nævnt tidligere er disse laster de samme som er påført væg 19 i den analytiske del, hvor $-439,80$ kN er den excentriske last fra tag og etagedæk. $-145,80$ kN er egenlasten af væggen og til sidst $-17,15$ hvilket er vindlasten i højde af 7,4 m svarende til afstand i figur 5.6 B fra terænet.

5.4.4 Resultater fra Scenario C

På figur 5.23 kan det ses at væg nummer 19 ikke nødvendigvis giver de største eller de mindste spændinger, mens de største trykspændinger til gengæld kommer fra væg 13 og de mindste trækspændinger kommer fra væg 5.

Ligelede kan det ses at væg 3 og væg 17 giver de mindste og de største forskyldningspændingerne og igen er væg 19 ikke den kritiske væg i lastkombination 4 men væg 3 og 17. Resultaterne fra disse to figurer vil blive viderediskuteret senere i behandling af resultater.

Resultater fra væg 19 i Scenario C

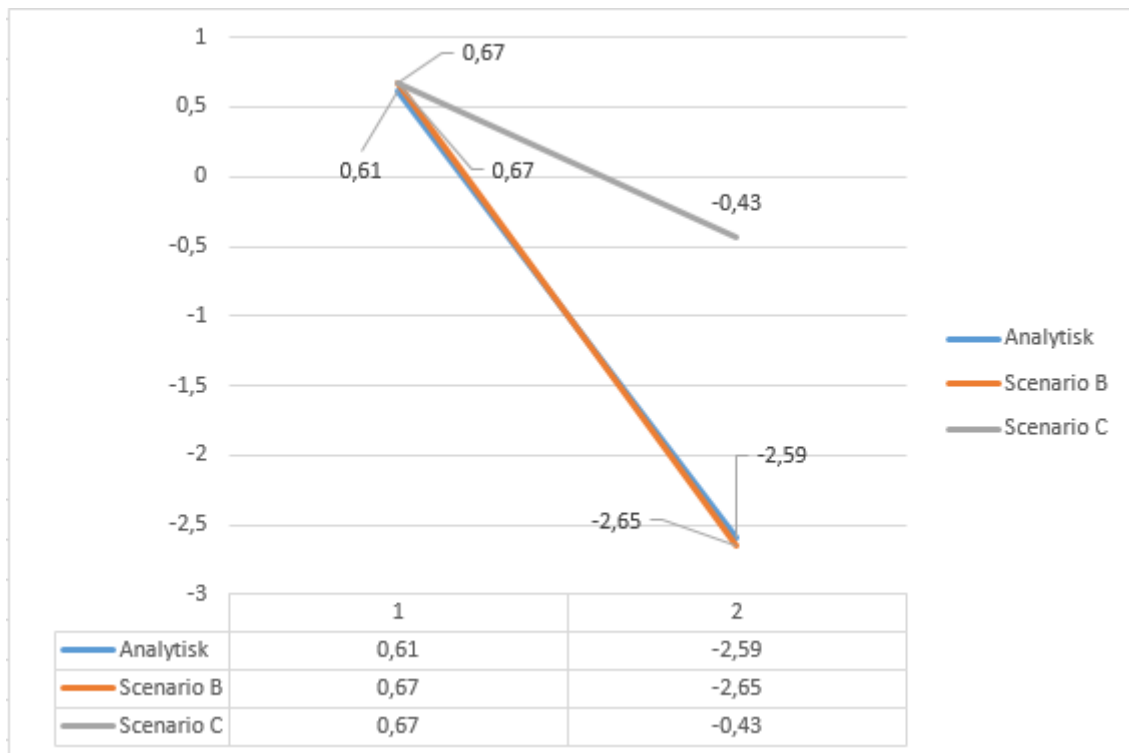
Da væg 19 er ikke den kritiske væg i følge 5.23 og 5.24 derfor kan der ikke ses noget resultater hørende til væg 19, hermed bliver væg 19 isoleret ud fra denne figur og analyseret adskilt. Efter denne proces kan det ses at figur 5.25 giver en fornuftig spænding og forskydningskurv. Værdierne af disse spændinger kan ligeledes illustreres i figur 5.25.

5.5 Sammenligning af resultater

Alle resultater som bliver sammenlignet er regningsmæssige hørende til lastkombination 4. Resultaterne vil bliver sammenlignet således at resultater fra væg 19 fra den analytiske kapitel vil blive sammenlignet med væg 19 fra scenario B og væg 19 fra scenario C.

Ligeledes vil de to modeller 5.11 og 5.14 blive sammenlignet med hinanden. Alle resultater som bliver sammenlignet er fra normale spændinger og forskydningspændinger.

I det følgende er der illustreret σ_{min} og σ_{max} fra den analytiske del og alle scenarier fra Robotmodellen.



Figur 5.26. Graf over normal spændinger fra analytiske og numeriske del.

Værdier i den venstre side af grafen viser σ_{min} og værdierne til den i højre side viser σ_{max} . Ud fra 5.26 kan der ses at Robot viser trækspændinger og trykspændinger en anelse højere. Denne forbedring kan især ses efter konvergensanalysen. Det kan skyldes at i der i den analytiske del antages der at væggen betragtes som en bjælke og ikke som en skive. Der kan klart illustreres at væg nummer 19 er under mindre belastning under den analytiske analyse. Denne illustration kan sådan set viser at resultater fra Robot er på den sikre side, hvorimod resultater fra scenarie C viser en langt mindre belastning. Det kan skyldes at i Robot er blasten taget b fra taget og etagedæk blevet delt ud på alle vægge. Der er med andre ord 5 vægge mere til at bære lasten fra disse to komponenter i modsætning til den analytiske analyse og scenarie B, hvor egenlasten fra taget og etagedæk fordeles på de vægge der er parallelt med x-aksen.

Forskydningspændingerne for de overnævnte scenarier og den analytiske model er som følger:

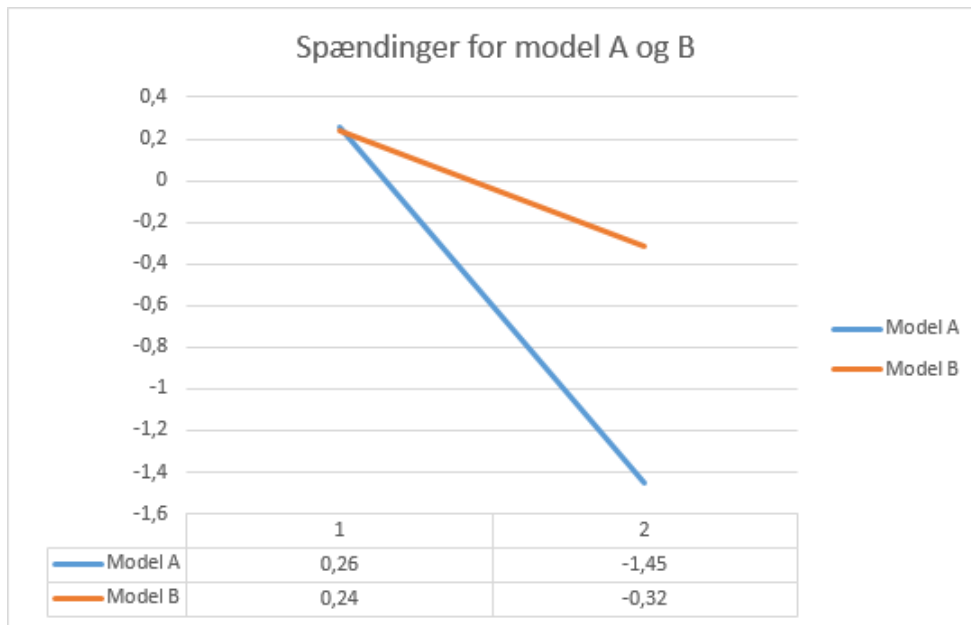
| | |
|-------------------|-----------|
| <i>Analytisk</i> | 0,04 MPa |
| <i>Scenario B</i> | 0,04 MPa |
| <i>Scenario C</i> | -0,02 MPa |

Tabel 5.6. Forskydning spændinger for væg 19

Som det ses ud fra tabellen resultaterne fra den analytiske del og Scenario B er de

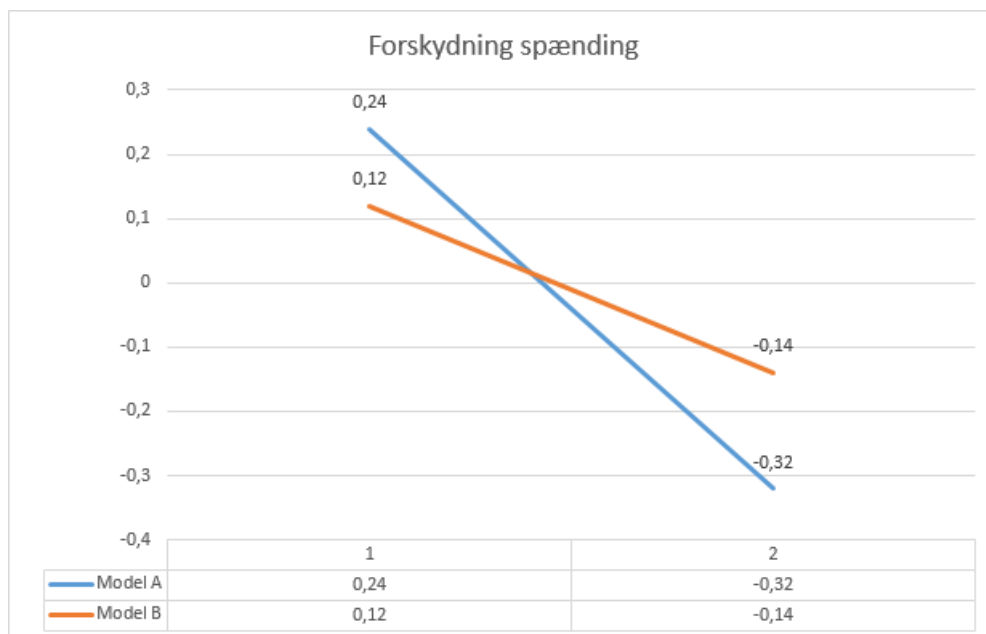
samme, men Scenario C viser helt en anden værdi. Årsagen til det kan være at der er tilføjet præcis den samme last i de første to tilfælde, hvorimod væggen i scenario C er belastet anderledes. Siden man ikke ved hvordan væg 19 i scenarie 19 er belastet, er det derfor svært at afgøre hvorfor er der så stor forskel mellem resultaterne.

Kigger man på normale spændinger for model A og B i figur 5.27, kan det ses at model A viser store træk- og tryk spændinger i forhold til model B.



Figur 5.27. Graf over normale spændinger fra Model A og Model B.

I forbindelse med forskydning for disse to modeller på figur 5.28 kan det ligeledes ses at model A igen viser store forskydningsspændinger i forhold til model B. Dette kan skyldes at model A består af en væg i facaden hvorimod model B består af mange vægge.



Figur 5.28. Graf over forskydning spændinger fra Model A og Model B.

5.6 Diskussion af resultater

I dette afsnit vil resultaterne fra det forrige afsnit 5.5 blive diskuteret. Først og fremmest skal det siges at den store forskel mellem den analytiske og numeriske metode er, at konstruktionen bliver betragtet som en bjælke det ene sted, mens konstruktionen i virkeligheden er en væg. Allerede her er der tale om en store upræcision.

Ud fra resultaterne kan det ses at resultaterne fra Robot er på den sikre side når det handler om dimensionering. Resultaterne fra den analytiske analyse og scenarie B viser at Robot regner rigtigt og er pålidelig.

Selv om der i scenarie C er et vist mindre tryk og trækspændinger i 5.5 kan det stadigvæk siges, at resultaterne fra scenarie C er pålidelige. Som før nævnt ser delelasten i Robot andelede ud i forhold til den analytiske analyse. Dette er dog ikke ensbetydende med at væg nummer 19 vil svigte i tilfælde af scenarie C. I Robot bliver alle elementerne bliver meshed og fejlkilden bliver derfor mindre jo finere der bliver meshet. Dette er endnu en grund til at Robot er mere nøjagtigt i forhold til den analytiske beregning for eksempel i tilfælde af væg 19 i scenarie B.

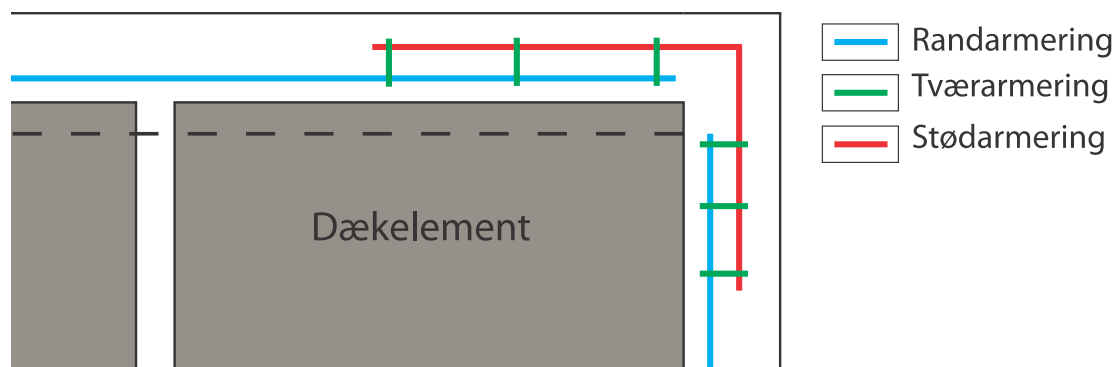
Resultaterne i de ovennævnte tilfælde har nogle steder været meget tæt på hinanden og andre steder noget forskellige. De steder hvor resultater fra Robot har været tæt på eller sammenfaldende med den analytiske del er på grund af enkeltheden af konstruktionen og eventuelt stor mesh. Da der blev lavet "mesh refinement" blev resultaterne noget anderledes i forhold til den analytiske.

Bæreevne eftervisning for de udvalgte elementer 6

I denne kapitel vil robustheden samt bæreevnen samt forankring til væg 19 bestemmt.

6.1 Robusthed

[Bjarne Chr. Jensen(2010)] I dette afsnit vil robustheden blive diskuteret. For en konstruktionen som Kamstrup, som ligger inden for normal konsekvensklasse, og har 3 til 5 etager antages det, at krav til robusthed er opfyldt. Dog skal der foreligge en vurdering af robustheden. Her vil dækelementet blive undersøgt for trækarmering i fugerne omkring dækskiven, og de periferitrækforbindelse.



Figur 6.1. Randarmering ved hjørne i bygning.

6.1.1 Periferi trækforbindelser

Der skal etableres en kontinuert periferi trækforbindelse mellem hver etage, med andre ord randarmering, som placeres omkring etageadskillelsen. Randarmering skal kunne optage følgende kraft. Der er tale om armeringen med en karakteristisk flydspænding B550.

$$F_r = \max \begin{cases} 40 \text{ kN} \\ q_1 \cdot l \end{cases} \quad (6.1)$$

Hvor

| | | |
|-------|--------------------------------------|------------|
| F_r | Karakteristisk minimumskraft | [kN] |
| l | Længde af sidste dækelement [15,5 m] | [m] |
| q_1 | Krav for robusthed | [7,5 kN/m] |

Ud fra 6.1 fås følgende last.

$$F_r = \max \begin{cases} 40 \text{ kN} \\ q_1 \cdot l \end{cases} \Rightarrow 116 \text{ kN} \quad (6.2)$$

Nu skal armeringen svarende til den last findes.

$$A_s = \frac{F_r}{f_{yk}} \quad (6.3)$$

$$= \frac{116 \cdot 10^3}{550} = 221 \text{ mm}^2 \quad (6.4)$$

Ud fra [Staabi(2009, 20 udg.)] svar det til at bruge 3 stk. Ø18 eller 2 Ø12.

6.1.2 Interne trækforbindelser

Etageadskillelserne skal armeres med kontinuert armering og forankres til randarmeringen i hver ende. Denne armering skal kunne tage en trækraft på 15 kN/m i et snit parallelt med gavle og facader hvor snittet er krydset af armeringen. Dvs. $q = 15 \text{ kN/m}$ i formel 6.5. Formelen for den kraft som skal armeres for i normal konsekvensklasse er 6.5:

$$F_{max} = \begin{cases} 40 \text{ kN} \\ q_1 \cdot \frac{l_1+l_2}{2} \end{cases} \Rightarrow 60 \text{ kN} \quad (6.5)$$

2 tal i nævneren betyder summen af halvdelen af hvert spænd. Som nævnt før skal armeringen i fugerne kunne optage en kraft på 15 kN/m og et dækelement som har en bredde på 2m som vi får ud fra 6.6

$$A_s = \frac{15 \cdot l}{f_{yk}} \quad (6.6)$$

$$= 55 \text{ mm}^2 \quad (6.7)$$

Dette svar til 2 stk. Ø6.

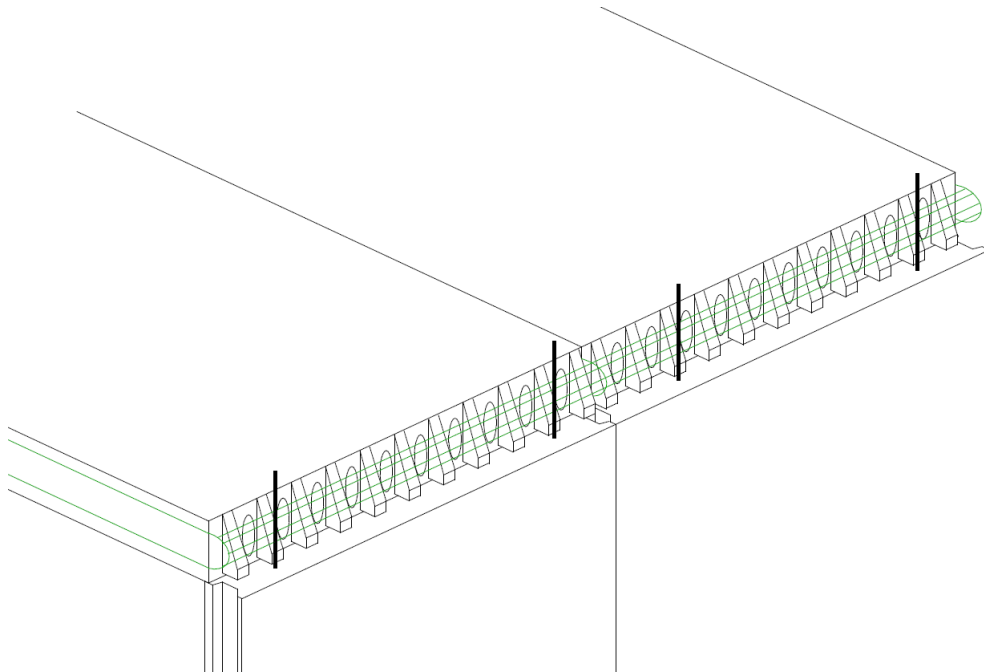
Nu sættes et snit ved gavlen. Bredden i det tilfælde er på 15,5 meter, dette giver en samlet kraft på:

$$F_{træk} = 15,5 \cdot 15 = 232 \text{ kN/m} \quad (6.8)$$

Dette svarer til 3 stk. Ø10. Som vist i figur 6.1 skal der også sættes stødarmering i hjørnerne, hvorved der etableres en kontinuerlig randarmering.

6.1.3 Vandrette trækforbindelser mellem vægge og dæk.

I den forbindelse skal der etableres trækforbindelser med armering fra vægelementerne ind i dækfugen, eller armeringen fra vægoversiden som bukket om fugearmeringen. En bedre illustration af det kan ses i figur 6.2



Figur 6.2. Skitse af samling ved ydervæg.

6.2 Dimensionering af trækarmoring til væg 19

[Bjarne Chr. Jensen(2010)] Dimensionering af trækarmoring er baseret på den analytiske afsnit. Væg nummer 19 giver en træk spænding på 0,61 MPa. Trækarmoring til dette kan dimensioneres som følgende:

$$T = \frac{1}{2} \cdot 610 \text{ kN/m}^2 \cdot 0,18 \text{ m} \cdot 3,3 \text{ m} = 181,17 \text{ kN} \quad (6.9)$$

Til dette kræft kan der bruges:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{550}{1,2} = 458 MPa. \quad (6.10)$$

Den tilsvarende aremerings areal findes af:

$$T = 0,9 \cdot 24,54 \cdot V \quad (6.11)$$

Det tilsvarende ballast i betonen med en volume på $24,54 \text{ kN/m}^3$ findes af følger, hvor volumen V er lige med:

$$V = \frac{181,7}{0,9 \cdot 24,54} = 8 \text{ m}^3 \quad (6.12)$$

Til sidst

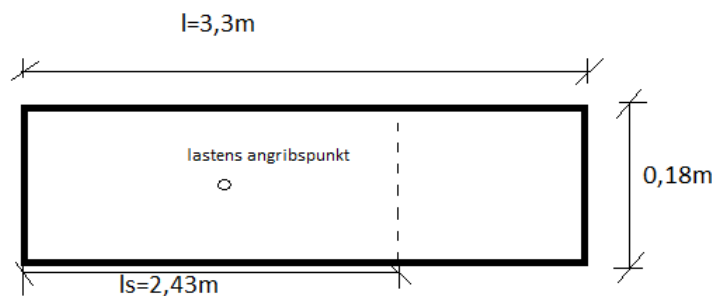
$$A_s = \frac{181,17}{458} = 395,6 \text{ mm}^2 \quad (6.13)$$

Dette svar til en trækarmring 1 stk Ø25 er rigtigt i følge [Staabi(2009, 20 udg.)]. Siden bjælken opfylder kravet om af en bjælke med lineart elastisk u revnet tværsnit, gælder den overstående regning. Som det ses ud fra resultatet 8 m^3 er en stor mængde, og der højt sandsynligt tale om overdimensionering. Dimensioneres denne forankring for væg 19 i scenarie, vil man kunne spare meget beton, og der vil være tale om en forholdsvis tynder armering.

6.3 Bæreevnen af væg nummer 19

I dette kapitel er der vist den regningsmæssige bæreevne for væg nr. 19. Ud fra tabel 5.4 kan det ses at lastkombination 1 giver den største normal last. Derfor vil bæreevnen af væg 19 i dette tilfælde bestemmes til denne last.

I følge [Jensen(2008)] skal arealet omkring angrebspunktet skal være symmetrisk, vist i på figur 6.3



Figur 6.3. Tværsnit dimensioner af væg nummer 19

Den regningsmæssige bæreevne bestemmes ud fra følgende formel 6.14 [Jensen(2008)]

$$N_{Rd} = l_s \cdot t \cdot \Phi \cdot f_{cd} \quad (6.14)$$

Hvor

$$\Phi = \min \left\{ \begin{array}{l} 1,14(1 - 2\frac{e}{t}) - 0,02\frac{l_0}{t} \\ 1 - 2\frac{e}{t} \end{array} \right.$$

Parametre som indgår i disse formler er vist i den følgende tabel

| | |
|----------|--|
| l | [3,3 m] |
| t | [0,18 m] |
| f_{cd} | $\frac{30}{1,55} = [19,35 \text{ MPa}]$ |
| e | [0] |
| l_0 | $\beta \cdot h \Rightarrow 2220 \text{ m}$ |
| β | 2 |
| l_s | [2,43 m] |
| h | [11,1 m] |

Indsættes de ovennævnte parametre i formlen 6.14 fås den regningsmæssige bæreevne N_{Rd} til 7534,57 kN/m hvilket er større end 780,56 kN

Målet i projektet har været at lave en statistisk analyse af det nye kontorbyggeri Kamstrup. Denne analyse består af to dele, analytiske og numeriske dele, hvor der blev brugt Robot til analyse af den numeriske del. Hovedformålet med dette projekt var at sammenligne analysen fra Robot med håndberegninger fra den analytiske del. at udføre de bedst mulige sammenligninger og analyser er det vigtigt at forstå hvordan programmet virker, hvordan lasterne bliver påført osv. I starten var der mange udfordringer i forbindelse med forståelsen af dette program. Undervejs blev disse spørgsmål besvaret ved hjælp af undersøgelse og dimensionering af de mange vægge, blev disse spørgsmål besvaret, derfor var undertegnede nødt til at bruge så mange scenarier for at tydeliggøre denne sammenligning for læseren.

Når der tale om så mange vægge, modeller og så mange scenarier, bliver det udfordrende at sammenligne alt fra nævnte komponenter, derfor var det nødvendigt med en afgrænsning. Denne afgrænsning var yderst vigtig i forbindelse med præsentationen af resultatet, hvor der kun blev fokuseret på normale spændinger og forskydningspændinger.

Væg nummer 19 som var den meste belastede væg i lastkombination 4, blev analyseret i det analytiske afsnit og i to andre scenarier B og C. Resultatet fra alle disse tilfælde blev sammenlignet og illustreret med en graf. Der blev påvist at den analytiske del er mindre nøjagtig i forhold til Robot. På den anden side blev det illustreret at model A viser store normale spændinger i forhold til model B. Derfor er det på den sikre side at dimensioner Kamstrup som vist i model A. Der kan ligeledes konkluderes at Robot er mere præcis lig i det punkt hvor den betragte en væg som en skive og ikke som en bjælke.

En andet vigtig komponent generalt i finit element analyse er "mesh", hvilket formål var at del væggen til mange små elementer og noder, hvor fejlkilden kan bl.a. kan formindskes ved hjælp af formindskes ved hjælp af konvergensanalyse. Dette kan dog ikke laves ved hjælp af håndberegninger.

Resultatet fra væg 19 i senarie B sammenlignet med resultatet fra væg 19 fra den analytiske analyse gav et klart billede af Robots nøjagtighed, samtidig med at resultatet er på den sikre side. Isære denne sammenligning giver en god fornemmelse af at der kan trygt stoles på de resultater der kommer ud af Robot.

Dette er et projekt, som man kan arbejde videre med, og hvor der eventuelt kan inkluderes nogle eksperimenter med beton for at forbedre nøjagtigheden af resultatet og derved få en bedre fornemmelse af de analytiske og numeriske analyser.

Robot er en meget brugbart program, som bliver anvendt i mange firmaer, og et FEM program kan nu til dags ikke undgås i forbindelse med projektering af store konstruktioner.

Der kan konkluderes, at Robot giver det meste nøjagtige resultat blandt analytiske og numeriske og det kan helt klart anbefales til dimensionering af såvel store som små konstruktioner.

Litteratur

- [Bjarne Chr. Jensen(2010)] **Bjarne Chr. Jensen, 2010.** Svend Ole Hansen Bjarne Chr. Jensen. *Bygningsberegninger*. ISBN: 978-87-571-2724-9, Handbook. Nyt Teknisk Forlag, 2010.
- [Dansk Standard(2007a)] **Dansk Standard, 2007a.** Dansk Standard. *Eurocode 2: Betonkonstruktioner - Del 1-1: Generelle regler samt regler for bygningskonstruktioner*. URL: <http://www.ds.dk/da>, 2007. Downloadet: 04-07-2015.
- [Dansk Standard(2007b)] **Dansk Standard, 2007b.** Dansk Standard. *Eurocode 1991-1-4: Generelle laster - Vindlast*. URL: <http://www.ds.dk/da>, 2007. Downloadet: 04-07-2015.
- [Dansk Standard(2003)] **Dansk Standard, 2003.** Dansk Standard. *Robusthed - Baggrund og principper - Information 2003*, 2003. Downloadet: 04-07-2015.
- [DS/EN 1991-1-1(2007)] **DS/EN 1991-1-1, 2007.** Dansk Standard DS/EN 1991-1-1. *DS/EN 1991-1-1, Generelle laster - densiter, egenlast og nyttelast for bygninger*. Dansk Standard, 2007.
- [Jensen(2008)] **Jensen, 2008.** Bjarne Chr. Jensen. *Beton-konstruktioner efter DS/EN 1992-1-1*. ISBN: 978-87-571-2668-6, Handbook. Nyt Teknisk Forlag, 2008.
- [Krak(2015)] **Krak, 2015.** Krak. *Krak*. URL: <http://www.krak.dk/>, 2015. Downloadet: 04-07-2015.
- [Staabi(2009, 20 udg.)] **Staabi, 2009, 20 udg.** Bjarne Christian Jensen Staabi. *Teknisk Ståbi*. Nyt Teknisk Forlag, 2009, 20 udg.

Konstruktion

A

A.1 Vandret stabilitet

A.1.1 Elastisk fordeling

Alle vægge har en tykkelse på 0,18 m og en højde på 7,4 m Lasten parallelt med y-aksen

| Væg | l | b | h | Six (kN/m) | Siy (kN/m) | xi' (m) | yi' (m) | xi (m) | yi (m) | Six * xi^2 | Siy * yi^2 | Px | Py |
|-----|------|------|------|------------|------------|---------|---------|----------|----------|-------------|------------|-----------------|------------|
| 1 | 6,7 | 0,18 | 11,1 | 376055,19 | 0 | 0 | 3,35 | -12,5 | -7,62998 | 58357246,7 | 0 | 0 | 49,13508 |
| 2 | 4,9 | 0,18 | 11,1 | 147100,93 | 0 | 0 | 11,45 | -12,5 | 0,470021 | 22827514,41 | 0 | 0 | 19,22009 |
| 3 | 3,49 | 0,18 | 11,1 | 0 | 53150,023 | 1,745 | 0 | -10,7 | -10,98 | 0 | 6407763,27 | 2,993075 | 0 |
| 4 | 3,49 | 0,18 | 11,1 | 0 | 53150,023 | 1,745 | 14,7 | -10,7 | 3,720021 | 0 | 735519,657 | -1,01406 | 0 |
| 5 | 9,7 | 0,18 | 11,1 | 1141149,1 | 0 | 2,8 | 4,85 | -9,7 | -6,12998 | 106426025,4 | 0 | 0 | 165,4892 |
| 6 | 2 | 0,18 | 11,1 | 0 | 10002,698 | 7,3 | 0 | -5,2 | -10,98 | 0 | 1205924,63 | 0,563289 | 0 |
| 7 | 2 | 0,18 | 11,1 | 0 | 10002,698 | 7,3 | 14,7 | -5,2 | 3,720021 | 0 | 138422,915 | -0,19084 | 0 |
| 8 | 2 | 0,18 | 11,1 | 0 | 10002,698 | 12 | 0 | -0,5 | -10,98 | 0 | 1205924,63 | 0,563289 | 0 |
| 9 | 2,61 | 0,18 | 11,1 | 0 | 22230,473 | 12,3 | 14,7 | -0,2 | 3,720021 | 0 | 307637,678 | -0,42414 | 0 |
| 10 | 2 | 0,18 | 11,1 | 0 | 10002,698 | 16,9 | 0 | 4,4 | -10,98 | 0 | 1205924,63 | 0,563289 | 0 |
| 11 | 2,71 | 0,18 | 11,1 | 0 | 24884,851 | 16,4 | 14,7 | 3,942766 | 3,720021 | 0 | 344370,448 | -0,47478 | 0 |
| 12 | 1,91 | 0,18 | 11,1 | 0 | 8712,1887 | 21,7 | 0 | 9,242766 | -10,98 | 0 | 1050340,91 | 0,490616 | 0 |
| 13 | 3,8 | 0,18 | 11,1 | 0 | 68608,506 | 19,1 | 14,7 | 6,642766 | 3,720021 | 0 | 949442,772 | -1,30899 | 0 |
| 14 | 2 | 0,18 | 11,1 | 0 | 10002,698 | 26,5 | 0 | 14,04277 | -10,98 | 0 | 1205924,63 | 0,563289 | 0 |
| 15 | 4,23 | 0,18 | 11,1 | 0 | 94634,235 | 27,6 | 14,7 | 15,14277 | 3,720021 | 0 | 1309601,32 | -1,80554 | 0 |
| 16 | 2 | 0,18 | 11,1 | 0 | 10002,698 | 31,3 | 0 | 18,84277 | -10,98 | 0 | 1205924,63 | 0,563289 | 0 |
| 17 | 5,4 | 0,18 | 11,1 | 196883,11 | 0 | 31,3 | 2,7 | 18,84277 | -8,27998 | 69903317,19 | 0 | 0 | 57,3303 |
| 18 | 5,33 | 0,18 | 11,1 | 0 | 189325,36 | 32,6 | 14,7 | 20,14277 | 3,720021 | 0 | 2619989,98 | -3,61216 | 0 |
| 19 | 3,3 | 0,18 | 11,1 | 0 | 44933,37 | 36,7 | 0 | 24,24277 | -10,98 | 0 | 5417164,17 | 2,530365 | 0 |
| 20 | 6,77 | 0,18 | 11,1 | 387965,56 | 0 | 38,3 | 3,385 | 25,84277 | -7,59498 | 259102251,3 | 0 | 0 | 126,9 |
| 21 | 4,9 | 0,18 | 11,1 | 147100,93 | 0 | 38,3 | 2,45 | 25,84277 | -8,52998 | 98241146,13 | 0 | 0 | 48,11537 |
| | | | | | | | | | | Sum | | 3,11E-15 | 466 |

Figur A.1. Lastfordeling elastisk metode. vind på facaden

Lasten parallelt med x-aksen

| Væg | l | b | h | E (kn/m ²) | Six (kn/m) | Siy (kn/m) | xi' (m) | yi' (m) | xi (m) | yi (m) | Six * xi ² | Siy * y ² | Px kN | Py kN |
|-----|----|------|------|------------------------|------------|------------|-----------|---------|--------|----------|-----------------------|----------------------|---------------|----------|
| | 1 | 6,7 | 0,18 | 11,1 | 25000000 | 247404,73 | 0 | 0 | 3,35 | -12,5 | -7,62998 | 38392925,46 | 0 | 0 |
| | 2 | 4,9 | 0,18 | 11,1 | 25000000 | 96776,927 | 0 | 0 | 11,45 | -12,5 | 0,470021 | 15018101,59 | 0 | 0 |
| | 3 | 3,49 | 0,18 | 11,1 | 25000000 | 0 | 34967,12 | 1,745 | 0 | -10,7 | -10,98 | 0 | 4215633,73 | 13,52827 |
| | 4 | 3,49 | 0,18 | 11,1 | 25000000 | 0 | 34967,12 | 1,745 | 14,7 | -10,7 | 3,720021 | 0 | 483894,511 | 13,52827 |
| | 5 | 9,7 | 0,18 | 11,1 | 25000000 | 750755,96 | 0 | 2,8 | 4,85 | -9,7 | -6,12998 | 70017121,97 | 0 | 0 |
| | 6 | 2 | 0,18 | 11,1 | 25000000 | 0 | 6580,7224 | 7,3 | 0 | -5,2 | -10,98 | 0 | 793371,466 | 2,545986 |
| | 7 | 2 | 0,18 | 11,1 | 25000000 | 0 | 6580,7224 | 7,3 | 14,7 | -5,2 | 3,720021 | 0 | 91067,7071 | 2,545986 |
| | 8 | 2 | 0,18 | 11,1 | 25000000 | 0 | 6580,7224 | 12 | 0 | -0,5 | -10,98 | 0 | 793371,466 | 2,545986 |
| | 9 | 2,61 | 0,18 | 11,1 | 25000000 | 0 | 14625,311 | 12,3 | 14,7 | -0,2 | 3,720021 | 0 | 202393,209 | 5,65832 |
| | 10 | 2 | 0,18 | 11,1 | 25000000 | 0 | 6580,7224 | 16,9 | 0 | 4,4 | -10,98 | 0 | 793371,466 | 2,545986 |
| | 11 | 2,71 | 0,18 | 11,1 | 25000000 | 0 | 16371,613 | 16,4 | 14,7 | 3,942766 | 3,720021 | 0 | 226559,505 | 6,333939 |
| | 12 | 1,91 | 0,18 | 11,1 | 25000000 | 0 | 5731,7031 | 21,7 | 0 | 9,242766 | -10,98 | 0 | 691013,753 | 2,217513 |
| | 13 | 3,8 | 0,18 | 11,1 | 25000000 | 0 | 45137,175 | 19,1 | 14,7 | 6,642766 | 3,720021 | 0 | 624633,403 | 17,46292 |
| | 14 | 2 | 0,18 | 11,1 | 25000000 | 0 | 6580,7224 | 26,5 | 0 | 14,04277 | -10,98 | 0 | 793371,466 | 2,545986 |
| | 15 | 4,23 | 0,18 | 11,1 | 25000000 | 0 | 62259,365 | 27,6 | 14,7 | 15,14277 | 3,720021 | 0 | 861579,817 | 24,08724 |
| | 16 | 2 | 0,18 | 11,1 | 25000000 | 0 | 6580,7224 | 31,3 | 0 | 18,84277 | -10,98 | 0 | 793371,466 | 2,545986 |
| | 17 | 5,4 | 0,18 | 11,1 | 25000000 | 129528,36 | 0 | 31,3 | 2,7 | 18,84277 | -8,27998 | 45989024,47 | 0 | 0 |
| | 18 | 5,33 | 0,18 | 11,1 | 25000000 | 0 | 124556,16 | 32,6 | 14,7 | 20,14277 | 3,720021 | 0 | 1723677,62 | 48,18897 |
| | 19 | 3,3 | 0,18 | 11,1 | 25000000 | 0 | 29561,428 | 36,7 | 0 | 24,24277 | -10,98 | 0 | 3563923,79 | 11,43689 |
| | 20 | 6,77 | 0,18 | 11,1 | 25000000 | 255240,5 | 0 | 38,3 | 3,385 | 25,84277 | -7,59498 | 170462007,4 | 0 | 0 |
| | 21 | 4,9 | 0,18 | 11,1 | 25000000 | 96776,927 | 0 | 38,3 | 2,45 | 25,84277 | -8,52998 | 64632332,98 | 0 | 0 |
| | | | | | | | | | | | | Sum | 157,72 | 0 |

Figur A.2. Lastfordeling elastisk metode. vind på gavlen

Afstandene x'_i og y'_i er afstanden fra indlagte koordinatsystem i nederste

venstre hjørne til midtpunkt af væg i . Afstandene x_i og y_i er afstanden fra forskydningscentrum til midtpunkt af pågældende væg.

A.2 Lodrette laster fra Sne og nyttelas

| Væg | l | b | h | Lastopland | Total nyttelast påført i bunden af væg i kN |
|-----|------|------|------|------------|---|
| 1 | 6,7 | 0,18 | 11,1 | 0 m | 0 |
| 2 | 4,9 | 0,18 | 11,1 | 0 m | 0 |
| 3 | 3,49 | 0,18 | 11,1 | 4,89 m | 176 |
| 4 | 3,49 | 0,18 | 11,1 | 4,89 m | 176 |
| 5 | 9,7 | 0,18 | 11,1 | 0 m | 0 |
| 6 | 2 | 0,18 | 11,1 | 4,8 m | 173 |
| 7 | 2 | 0,18 | 11,1 | 4,8 m | 173 |
| 8 | 2 | 0,18 | 11,1 | 4,8 m | 173 |
| 9 | 2,61 | 0,18 | 11,1 | 4,66 m | 168 |
| 10 | 2 | 0,18 | 11,1 | 4,8 m | 173 |
| 11 | 2,71 | 0,18 | 11,1 | 4 m | 144 |
| 12 | 1,91 | 0,18 | 11,1 | 4,745 m | 171 |
| 13 | 3,8 | 0,18 | 11,1 | 5,695 m | 205 |
| 14 | 2 | 0,18 | 11,1 | 4,845 m | 174 |
| 15 | 4,23 | 0,18 | 11,1 | 7,755 m | 279 |
| 16 | 2 | 0,18 | 11,1 | 4,8 m | 173 |
| 17 | 5,4 | 0,18 | 11,1 | 0 m | 0 |
| 18 | 5,33 | 0,18 | 11,1 | 6,746 m | 243 |
| 19 | 3,3 | 0,18 | 11,1 | 7,41 m | 267 |
| 20 | 6,77 | 0,18 | 11,1 | 0 m | 0 |
| 21 | 4,9 | 0,18 | 11,1 | 0 m | 0 |

Figur A.3. Den lodrette nyttelast på de enkelte vægge

| Væg | l | b | h | Lastopland | Total egenlast påført i bunden af væg i kN |
|-----|------|------|------|------------|--|
| 1 | 6,7 | 0,18 | 11,1 | 0 m | 0 |
| 2 | 4,9 | 0,18 | 11,1 | 0 m | 0 |
| 3 | 3,49 | 0,18 | 11,1 | 4,89 m | 28 |
| 4 | 3,49 | 0,18 | 11,1 | 4,89 m | 28 |
| 5 | 9,7 | 0,18 | 11,1 | 0 m | 0 |
| 6 | 2 | 0,18 | 11,1 | 4,8 m | 28 |
| 7 | 2 | 0,18 | 11,1 | 4,8 m | 28 |
| 8 | 2 | 0,18 | 11,1 | 4,8 m | 28 |
| 9 | 2,61 | 0,18 | 11,1 | 4,66 m | 27 |
| 10 | 2 | 0,18 | 11,1 | 4,8 m | 28 |
| 11 | 2,71 | 0,18 | 11,1 | 4 m | 23 |
| 12 | 1,91 | 0,18 | 11,1 | 4,745 m | 27 |
| 13 | 3,8 | 0,18 | 11,1 | 5,695 m | 33 |
| 14 | 2 | 0,18 | 11,1 | 4,845 m | 28 |
| 15 | 4,23 | 0,18 | 11,1 | 7,755 m | 45 |
| 16 | 2 | 0,18 | 11,1 | 4,8 m | 28 |
| 17 | 5,4 | 0,18 | 11,1 | 0 m | 0 |
| 18 | 5,33 | 0,18 | 11,1 | 6,746 m | 39 |
| 19 | 3,3 | 0,18 | 11,1 | 7,41 m | 43 |
| 20 | 6,77 | 0,18 | 11,1 | 0 m | 0 |
| 21 | 4,9 | 0,18 | 11,1 | 0 m | 0 |

Figur A.4. Den lodrette snelast på de enkelte vægge

A.3 Brudgrænsetilstand

Resultater for vindlasten på facaden.

| Væg | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|
| Areal [m^2] | 1,206 | 0,882 | 0,6282 | 0,6282 | 1,746 | 0,36 | 0,36 | 0,36 |
| Normalkraft [kN] | -328,5 | -240,25 | -171,11 | -171,11 | -475,6 | -98,06 | -98,06 | -98,06 |
| Moment [kNm] | 363,59 | 142,22 | 0 | 0 | 1224,62 | 0 | 0 | 0 |
| FS.kraft [kN] | 49,13 | 19,22 | 0 | 0 | 165,48 | 0 | 0 | 0 |
| Inertimoment [m^4] | 4,511 | 1,764 | 0,638 | 0,638 | 13,690 | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| W [m^3] | 1,347 | 0,72 | 0,365 | 0,365 | 2,822 | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| σ_{min} [MPa] | -0,54 | -0,46 | -0,27 | -0,27 | -0,70 | -0,27 | -0,27 | -0,27 |
| σ_{max} [kN] | -0,0024 | -0,07 | -0,27 | -0,27 | 0,16 | -0,27 | -0,27 | -0,27 |
| τ [MPa] | 0,06 | 0,03 | 0 | 0 | 0,14 | 0 | 0 | 0 |

Tabel A.1.

| Væg | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
|------------------------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|
| Areal [m^2] | 0,47 | 0,36 | 0,49 | 0,34 | 0,68 | 0,36 | 0,76 | 0,36 | 0,97 |
| Normalkraft [kN] | -127,97 | -98,06 | -132,87 | -93,64 | -106,31 | -98,06 | -207,40 | -98,06 | -264,76 |
| Moment [kNm] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 424,24 |
| FSkraft [kN] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 57,33 |
| Inertimoment [m^4] | 0,27 | 0,12 | 0,30 | 0,10 | 0,82 | 0,12 | 1,14 | 0,12 | 2,36 |
| W [m^3] | 0,20 | 0,12 | 0,22 | 0,10 | 0,43 | 0,12 | 0,54 | 0,12 | 0,87 |
| σ_{min} [MPa] | -0,27 | -0,27 | -0,27 | -0,27 | -0,27 | -0,27 | -0,27 | -0,27 | -0,75 |
| σ_{max} [kN] | -0,27 | -0,27 | -0,27 | -0,27 | -0,27 | -0,27 | -0,27 | -0,27 | 2,21 |
| τ [MPa] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,08 |

Tabel A.2.

| Væg | 18 | 19 | 20 | 21 |
|---------------------------|---------|---------|---------|---------|
| Areal [m^2] | 0,96 | 0,59 | 1,2 | 0,88 |
| Normalkraft [kN] | -261,33 | -161,80 | -331,93 | -240,25 |
| Moment [kNm] | 0 | 0 | 939,06 | 356,05 |
| Forkydsningskraft [kN] | 0 | 0 | 126,9 | 48,11 |
| Inertimoment [m^4] | 2,27 | 0,54 | 4,65 | 1,76 |
| Modstandsmoment [m^3] | 0,85 | 0,33 | 1,37 | 0,72 |
| σ_{min} [MPa] | -0,27 | -0,27 | -0,95 | -0,76 |
| σ_{max} [kN] | -0,27 | -0,27 | -0,41 | 0,22 |
| τ [MPa] | 0 | 0 | 0,15 | 0,08 |

Tabel A.3.

Resultater for vindlasten på gavlen.

| | | | | | | | |
|---------------------------|---------|---------|---------|----------|--------|-------|-------|
| Væg | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Areal [m^2] | 1,206 | 0,882 | 0,6282 | 0,63 | 1,75 | 0,36 | 0,36 |
| Normalkraft [kN] | -328,50 | -240,25 | -638 | -638 | -475,6 | -577 | -577 |
| Moment [kNm] | 0 | 0 | -229,57 | -229,571 | 0 | 18,84 | 18,84 |
| Forkydningskraft [kN] | 0 | 0 | 13,53 | 13,53 | 0 | 2,55 | 2,55 |
| Inertimoment [m^4] | 4,51 | 1,76 | 0,64 | 0,64 | 13,69 | 0,12 | 0,12 |
| Modstandsmoment [m^3] | 1,34 | 0,72 | 0,37 | 0,37 | 2,82 | 0,12 | 0,12 |
| σ_{min} [MPa] | -0,27 | -0,27 | -0,38 | -0,38 | -0,27 | -1,75 | -1,75 |
| σ_{max} [kN] | -0,27 | -0,27 | -1,64 | -1,64 | -0,27 | -1,44 | 1,44 |
| τ [MPa] | 0 | 0 | 32,30 | 32,30 | 0 | 10,60 | 10,60 |

Tabel A.4.

| | | | | | | | |
|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
| Væg | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| Areal [m^2] | 0,36 | 0,47 | 0,36 | 0,48 | 0,34 | 0,68 | 0,36 |
| Normalkraft [kN] | -544 | -587 | -577 | -515 | -553 | -730 | -557 |
| Moment [kNm] | 18,84 | -390 | 18,84 | 46,87 | 16,40 | 142,79 | 18,84 |
| Forkydningskraft [kN] | 2,55 | 5,66 | 2,55 | 6,33 | 2,21 | 17,6 | 2,55 |
| Inertimoment [m^4] | 0,12 | 0,27 | 0,12 | 0,30 | 0,10 | 0,82 | 0,12 |
| Modstandsmoment [m^3] | 0,12 | 0,20 | 0,12 | 0,22 | 0,11 | 0,43 | 0,12 |
| σ_{min} [MPa] | -1,66 | 0,65 | -1,75 | -1,26 | -1,75 | -1,39 | -1,70 |
| σ_{max} [kN] | -1,35 | -3,15 | -1,44 | -0,84 | -1,45 | 0,73 | -1,39 |
| τ [MPa] | 10,60 | 18,06 | 10,60 | 19,47 | 9,67 | 38,29 | 10,60 |

Tabel A.5.

| | | | | | | | |
|---------------------------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|---------|
| Væg | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 |
| Areal [m^2] | 0,76 | 0,36 | 0,97 | 0,96 | 0,59 | 1,22 | 0,88 |
| Normalkraft [kN] | -949 | -596 | -265 | -969 | -651 | -332 | -240,25 |
| Moment [kNm] | -59 | 18,84 | 0 | -1090 | -523,8 | 0 | 0 |
| Forkydningskraft [kN] | 24,09 | 2,55 | 0 | 48,19 | 11,44 | 0 | 0 |
| Inertimoment [m^4] | 1,14 | 0,12 | 2,36 | 2,27 | 0,54 | 4,65 | 1,76 |
| Modstandsmoment [m^3] | 0,54 | 0,12 | 0,87 | 0,85 | 0,33 | 1,37 | 0,72 |
| σ_{min} [MPa] | -1,13 | -1,81 | -0,27 | -0,26 | 0,50 | -0,27 | -0,27 |
| σ_{max} [kN] | -1,35 | -1,49 | -0,27 | -2,28 | -2,69 | -0,27 | -0,27 |
| τ [MPa] | 47,45 | 10,60 | 0 | 75,34 | 28,88 | 0 | 0 |

Tabel A.6.

Resultater for nyttelasten.

| Væg | 3 | 4 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
| Areal [m^2] | 0,63 | 0,63 | 0,36 | 0,36 | 0,36 | 0,47 | 0,36 |
| Ekcentricitet [kN] | 0,705 | 0,705 | 0 | 0 | 0 | 0,38 | 0 |
| Normalkraft [kN] | -176 | -176 | -173 | -173 | -173 | -168 | -173 |
| Moment [kNm] | -124 | -124 | 0 | 0 | 0 | -63,75 | 0 |
| Forkydsningskraft [kN] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Inertimoment [m^4] | 0,637 | 0,637 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,27 | 0,12 |
| Modstandsmoment [m^3] | 0,37 | 0,37 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,20 | 0,12 |
| σ_{min} [MPa] | 0,06 | 0,60 | -0,48 | -0,48 | -0,48 | -0,05 | -0,48 |
| σ_{max} [kN] | -0,62 | -0,62 | 0,48 | 0,48 | 0,48 | -0,67 | 0,48 |
| τ [MPa] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tabel A.7.

| Væg | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 18 | 19 |
|---------------------------|-------|-------|---------|-------|--------|-------|--------|-------|
| Areal [m^2] | 0,49 | 0,34 | 0,68 | 0,36 | 0,76 | 0,36 | 0,95 | 0,59 |
| Ekcentricitet [kN] | 0 | 0 | 0,5 | 0 | 0,32 | 0 | 1,03 | 0,9 |
| Normalkraft [kN] | -144 | -171 | -205 | -173 | -279 | -173 | -243 | -267 |
| Moment [kNm] | 0 | 0 | -102,51 | 0 | -89,33 | 0 | 251,36 | -240 |
| Forkydsningskraft [kN] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Inertimoment [m^4] | 0,30 | 0,10 | 0,82 | 0,12 | 1,14 | 0,12 | 2,27 | 0,54 |
| Modstandsmoment [m^3] | 0,22 | 0,11 | 0,43 | 0,12 | 0,54 | 0,12 | 0,85 | 0,33 |
| σ_{min} [MPa] | -0,30 | -0,50 | -0,06 | -0,48 | -0,20 | -0,48 | -0,55 | 0,29 |
| σ_{max} [kN] | -0,30 | -0,50 | -0,53 | 0,48 | -0,53 | 0,48 | 0,04 | -1,18 |
| τ [MPa] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| σ_{samlet} [MPa] | 0,30 | 0,50 | 0,54 | 0,48 | 0,53 | 0,48 | 0,040 | 1,184 |

Tabel A.8.

Resultater for snelasten.

| Væg | 3 | 4 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---------------------------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Areal [m^2] | 0,63 | 0,63 | 0,36 | 0,36 | 0,36 | 0,47 | 0,36 |
| Ekcentricitet [kN] | 0,705 | 0,705 | 0 | 0 | 0 | 0,38 | 0 |
| Normalkraft [kN] | -28 | -28 | -28 | -28 | -28 | -27 | -28 |
| Moment [kNm] | -19,86 | -19,86 | 0 | 0 | 0 | -10,7 | 0 |
| Forkydsningskraft [kN] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Inertimoment [m^4] | 0,637 | 0,637 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,26 | 0,12 |
| Modstandsmoment [m^3] | 0,37 | 0,34 | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,20 | 0,12 |
| σ_{min} [MPa] | 0,01 | 0,01 | -0,08 | -0,08 | -0,08 | -0,01 | -0,08 |
| σ_{max} [kN] | -0,10 | -0,10 | -0,08 | -0,08 | -0,08 | -0,11 | -0,08 |
| τ [MPa] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| σ_{samlet} [MPa] | 0,10 | 0,10 | 0,08 | 0,08 | 0,08 | 0,11 | 0,08 |

Tabel A.9.

| | | | | | | | | |
|---------------------------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Væg | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 18 | 19 |
| Areal [m^2] | 0,49 | 0,34 | 0,68 | 0,36 | 0,76 | 0,36 | 0,96 | 0,59 |
| Ekcentrisitet [kN] | 0 | 0 | 0,5 | 0 | 0,32 | 0 | 1,035 | 0,9 |
| Normalkraft [kN] | -23 | -27 | -33 | -28 | -45 | -28 | -39 | -43 |
| Moment [kNm] | 0 | 0 | -16,40 | 0 | 0 | 0 | -40,2 | -38,44 |
| FS ¹ [kN] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Inertimoment [m^4] | 0,26 | 0,12 | 0,64 | 0,12 | 1,28 | 0,12 | 2,27 | 0,54 |
| Modstandsmoment [m^3] | 0,20 | 0,12 | 0,37 | 0,12 | 0,58 | 0,12 | 0,85 | 0,33 |
| σ_{min} [MPa] | -0,05 | -0,08 | 0,003 | -0,08 | -0,06 | -0,08 | 0,01 | 0,05 |
| σ_{max} [kN] | -0,05 | -0,08 | -0,09 | -0,08 | -0,06 | -0,08 | -0,09 | -1,19 |
| τ [MPa] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| σ_{samlet} [MPa] | 0,05 | 0,08 | 0,09 | 0,08 | 0,059 | 0,08 | 0,09 | 0,189 |

Tabel A.10.

Lastkombinationer for normallast

| Væg | Total egenlast påført i bunden af væg i N | Total Nytte påført i bunden af væg i N | Total sne påført i bunden af væg i N | vindlast Px kN | vindlast Py kN | lastkombinationer med vind på facaden | | | | lastkombinationer med vind på gavlen | | | | |
|-----|---|--|--------------------------------------|----------------|----------------|---------------------------------------|-----|-----|-----|--------------------------------------|-----|-----|-----|-----|
| | | | | | | LK1 | LK2 | LK3 | LK4 | LK1 | LK2 | LK3 | LK4 | |
| 1 | 329 | 0 | 0,0 | 0,00 | 33 | 394 | 343 | 343 | 345 | 394 | 329 | 329 | 329 | 296 |
| 2 | 240 | 0 | 0,0 | 0,00 | 13 | 288 | 246 | 246 | 235 | 288 | 240 | 240 | 240 | 216 |
| 3 | 171 | 176 | 28,2 | 13,53 | 0 | 205 | 374 | 372 | 179 | 205 | 380 | 378 | 378 | 200 |
| 4 | 171 | 176 | 28,2 | 13,53 | 0 | 205 | 374 | 372 | 179 | 205 | 380 | 378 | 378 | 200 |
| 5 | 476 | 0 | 0,0 | 0,00 | 110 | 571 | 525 | 525 | 594 | 571 | 476 | 476 | 476 | 428 |
| 6 | 98 | 173 | 27,6 | 2,55 | 0 | 118 | 297 | 295 | 113 | 118 | 298 | 296 | 296 | 117 |
| 7 | 98 | 173 | 27,6 | 2,55 | 0 | 118 | 297 | 295 | 113 | 118 | 298 | 296 | 296 | 117 |
| 8 | 98 | 173 | 27,6 | 2,55 | 0 | 118 | 297 | 295 | 113 | 118 | 298 | 296 | 296 | 117 |
| 9 | 128 | 168 | 26,8 | 5,66 | 0 | 154 | 321 | 319 | 139 | 154 | 324 | 322 | 322 | 148 |
| 10 | 98 | 173 | 27,6 | 2,55 | 0 | 118 | 297 | 295 | 113 | 118 | 298 | 296 | 296 | 117 |
| 11 | 133 | 144 | 23,0 | 6,33 | 0 | 159 | 299 | 297 | 140 | 159 | 302 | 300 | 300 | 150 |
| 12 | 94 | 171 | 27,3 | 2,22 | 0 | 112 | 290 | 288 | 109 | 112 | 291 | 289 | 289 | 112 |
| 13 | 186 | 205 | 32,8 | 17,46 | 0 | 224 | 423 | 420 | 197 | 224 | 430 | 428 | 428 | 223 |
| 14 | 98 | 174 | 27,9 | 2,55 | 0 | 118 | 299 | 297 | 113 | 118 | 300 | 298 | 298 | 117 |
| 15 | 207 | 279 | 44,7 | 24,09 | 0 | 249 | 529 | 526 | 227 | 249 | 540 | 537 | 537 | 263 |
| 16 | 98 | 173 | 27,6 | 2,55 | 0 | 118 | 297 | 295 | 113 | 118 | 298 | 296 | 296 | 117 |
| 17 | 265 | 0 | 0,0 | 0,00 | 38 | 318 | 282 | 282 | 296 | 318 | 265 | 265 | 265 | 238 |
| 18 | 261 | 243 | 38,9 | 48,19 | 0 | 314 | 541 | 538 | 270 | 314 | 563 | 560 | 560 | 342 |
| 19 | 162 | 267 | 42,7 | 11,44 | 0 | 194 | 469 | 466 | 184 | 194 | 474 | 471 | 471 | 201 |
| 20 | 332 | 0 | 0,0 | 0,00 | 85 | 398 | 370 | 370 | 426 | 398 | 332 | 332 | 332 | 299 |
| 21 | 240 | 0 | 0,0 | 0,00 | 32 | 288 | 255 | 255 | 264 | 288 | 240 | 240 | 240 | 216 |

Figur A.5. Lastkombinationer for normalast.

Lastkombinationer for σ_{max} og σ_{min}

| Væg | Total spænding fra egenlast Mpa | Total spænding fra nyttelast Mpa | Total spænding fra snelast MPa | Total spænding fra vindlast Px | Total spænding fra g | lastkombinationer med vind på facaden | | | | lastkombinationer med vind på gavlen | | | |
|-----|---------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|----------------------|---------------------------------------|-------|-------|-------|--------------------------------------|------|------|------|
| | | | | | | LK1 | LK2 | LK3 | LK4 | LK1 | LK2 | LK3 | LK4 |
| 1 | 0,27 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -0,54 | 0,33 | 0,03 | 0,03 | -0,57 | 0,33 | 0,27 | 0,27 | 0,25 |
| 2 | 0,27 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -0,47 | 0,33 | 0,06 | 0,06 | -0,46 | 0,33 | 0,27 | 0,27 | 0,25 |
| 3 | 0,11 | 0,06 | 0,01 | 0,27 | -0,27 | 0,14 | 0,06 | 0,06 | -0,31 | 0,14 | 0,30 | 0,30 | 0,51 |
| 4 | 0,11 | 0,06 | 0,01 | 0,27 | -0,27 | 0,14 | 0,06 | 0,06 | -0,31 | 0,14 | 0,31 | 0,31 | 0,51 |
| 5 | 0,27 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -0,71 | 0,33 | -0,05 | -0,05 | -0,81 | 0,33 | 0,27 | 0,27 | 0,25 |
| 6 | 1,55 | -0,48 | -0,08 | 0,16 | -0,27 | 1,86 | 0,87 | 0,88 | 0,98 | 1,86 | 1,07 | 1,07 | 1,63 |
| 7 | 1,55 | -0,48 | -0,08 | 0,16 | -0,27 | 1,86 | 0,87 | 0,88 | 0,98 | 1,86 | 1,07 | 1,07 | 1,63 |
| 8 | 1,51 | -0,48 | -0,08 | 0,16 | -0,27 | 1,81 | 0,83 | 0,84 | 0,95 | 1,81 | 1,03 | 1,03 | 1,59 |
| 9 | 0,40 | -0,05 | -0,01 | 0,20 | -0,27 | 0,48 | 0,22 | 0,22 | -0,05 | 0,48 | 0,44 | 0,44 | 0,66 |
| 10 | 1,55 | -0,48 | -0,08 | 0,16 | -0,27 | 1,86 | 0,87 | 0,88 | 0,98 | 1,86 | 1,07 | 1,07 | 1,63 |
| 11 | 1,06 | -0,30 | -0,05 | 0,21 | -0,27 | 1,27 | 0,59 | 0,60 | 0,54 | 1,27 | 0,81 | 0,82 | 1,27 |
| 12 | 1,61 | -0,50 | -0,08 | 0,15 | -0,27 | 1,93 | 0,91 | 0,92 | 1,04 | 1,93 | 1,10 | 1,11 | 1,67 |
| 13 | 0,44 | -0,06 | 0,00 | 0,30 | -0,27 | 0,53 | 0,25 | 0,26 | -0,01 | 0,53 | 0,50 | 0,51 | 0,84 |
| 14 | 1,55 | -0,48 | -0,08 | 0,16 | -0,27 | -0,32 | 0,87 | 0,87 | 0,98 | 1,86 | 1,06 | 1,07 | 1,63 |
| 15 | 0,71 | -0,20 | -0,03 | 0,33 | -0,27 | 0,86 | 0,36 | 0,36 | 0,23 | 0,86 | 0,63 | 0,63 | 1,14 |
| 16 | 1,66 | -0,48 | -0,08 | 0,16 | -0,27 | 1,99 | 0,98 | 0,99 | 1,08 | 1,99 | 1,17 | 1,18 | 1,73 |
| 17 | 0,27 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -0,76 | 0,33 | -0,07 | -0,07 | -0,89 | 0,33 | 0,27 | 0,27 | 0,25 |
| 18 | 0,15 | 0,04 | 0,01 | 0,42 | -0,27 | 0,18 | 0,08 | 0,08 | -0,27 | 0,18 | 0,39 | 0,39 | 0,76 |
| 19 | 0,25 | 0,29 | 0,05 | 0,26 | -0,27 | 0,30 | 0,46 | 0,45 | -0,18 | 0,30 | 0,70 | 0,69 | 0,61 |
| 20 | 0,27 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -0,96 | -0,46 | -0,16 | -0,16 | -1,19 | 0,33 | 0,27 | 0,27 | 0,25 |
| 21 | 0,27 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -0,77 | -0,33 | -0,07 | -0,07 | -0,90 | 0,33 | 0,27 | 0,27 | 0,25 |

Figur A.6. Lastkombinationer for σ_{min} .

| Væg | Total egenlast påført i bunden af væg i Mpa | Total Nytte påført i bunden af væg i Mpa | Total sne påført i bunden af væg i Mpa | lastkombinationer med vind på facaden | | | | | | lastkombinationer med vind på gavlen | | | | |
|-----|---|--|--|---------------------------------------|-----------------|-------|-------|-------|-------|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| | | | | windlast Px Mpa | windlast Py Mpa | LK1 | LK2 | LK3 | LK4 | LK1 | LK2 | LK3 | LK4 | |
| 1 | -0,27 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -0,33 | -0,27 | -0,27 | -0,25 | -0,33 | -0,27 | -0,27 | -0,27 | -0,25 |
| 2 | -0,27 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -0,07 | -0,33 | -0,31 | -0,31 | -0,36 | -0,33 | -0,27 | -0,27 | -0,27 | -0,25 |
| 3 | -1,92 | -0,62 | -0,10 | 0,27 | -0,27 | -2,30 | -2,75 | -2,74 | -2,14 | -2,30 | -2,51 | -2,50 | -2,50 | -1,32 |
| 4 | -1,92 | -0,62 | -0,10 | 0,27 | -0,27 | -2,30 | -2,76 | -2,75 | -2,14 | -2,30 | -2,51 | -2,51 | -2,51 | -1,32 |
| 5 | -0,27 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,16 | -0,33 | -0,20 | -0,20 | 0,00 | -0,33 | -0,27 | -0,27 | -0,27 | -0,25 |
| 6 | -1,55 | -0,48 | -0,08 | 0,16 | -0,27 | -1,86 | -2,22 | -2,22 | -1,80 | -1,86 | -2,03 | -2,02 | -2,02 | -1,16 |
| 7 | -1,55 | -0,48 | -0,08 | 0,16 | -0,27 | -1,86 | -2,22 | -2,22 | -1,80 | -1,86 | -2,03 | -2,02 | -2,02 | -1,16 |
| 8 | -1,51 | -0,48 | -0,08 | 0,16 | -0,27 | -1,81 | -2,19 | -2,18 | -1,77 | -1,81 | -1,99 | -1,99 | -1,99 | -1,12 |
| 9 | -2,10 | -0,67 | -0,11 | 0,20 | -0,27 | -2,52 | -3,00 | -2,99 | -2,30 | -2,52 | -2,78 | -2,77 | -2,77 | -1,59 |
| 10 | -1,55 | -0,48 | -0,08 | 0,16 | -0,27 | -1,86 | -2,22 | -2,22 | -1,80 | -1,86 | -2,03 | -2,02 | -2,02 | -1,16 |
| 11 | -1,06 | -0,30 | -0,05 | 0,21 | -0,27 | -1,27 | -1,52 | -1,52 | -1,36 | -1,27 | -1,30 | -1,30 | -1,30 | -0,63 |
| 12 | -1,61 | -0,50 | -0,08 | 0,15 | -0,27 | -1,93 | -2,30 | -2,30 | -1,86 | -1,93 | -2,11 | -2,11 | -2,11 | -1,22 |
| 13 | -1,70 | -0,54 | -0,09 | 0,30 | -0,27 | -2,04 | -2,44 | -2,44 | -1,94 | -2,04 | -2,18 | -2,18 | -2,18 | -1,08 |
| 14 | -1,55 | -0,48 | -0,08 | 0,16 | -0,27 | -1,86 | -2,23 | -2,22 | -1,80 | -1,86 | -2,03 | -2,03 | -2,03 | -1,16 |
| 15 | -0,17 | -0,53 | -0,08 | 0,33 | -0,27 | -0,20 | -0,91 | -0,90 | -0,56 | -0,20 | -0,63 | -0,62 | -0,62 | 0,35 |
| 16 | -1,66 | -0,48 | -0,08 | 0,16 | -0,27 | -1,99 | -2,33 | -2,33 | -1,90 | -1,99 | -2,14 | -2,13 | -2,13 | -1,26 |
| 17 | -0,27 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,21 | -0,33 | -0,18 | -0,18 | 0,07 | -0,33 | -0,27 | -0,27 | -0,27 | -0,25 |
| 18 | -1,87 | -0,55 | -0,09 | 0,42 | -0,27 | -2,25 | -2,63 | -2,62 | -2,09 | -2,25 | -2,31 | -2,31 | -2,31 | -1,06 |
| 19 | -2,44 | -1,18 | -0,19 | -0,26 | -0,27 | -2,93 | -3,93 | -3,91 | -2,61 | -2,93 | -3,92 | -3,91 | -3,91 | -2,59 |
| 20 | -0,27 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,41 | -0,33 | -0,09 | -0,09 | 0,37 | -0,33 | -0,27 | -0,27 | -0,27 | -0,25 |
| 21 | -0,27 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,22 | -0,33 | -0,17 | -0,17 | 0,09 | -0,33 | -0,27 | -0,27 | -0,27 | -0,25 |

Figur A.7. Lastkombinationer for σ_{max} .

Lastkombinationer for Forskydning

| Væg | Forskydningspændingerne fra egenlast kN | Forskydningspændingerne fra egenlast kN | Forskydningspændingerne fra egenlast kN | Forskydningspændingerne fra vindlast Px kN | Forskydningspændingerne fra vindlast Py kN | lastkombinationer med vind på facaden | | | | lastkombinationer med vind på gavlen | | | |
|-----|---|---|---|--|--|---------------------------------------|---------|-------|--------|--------------------------------------|-------|-------|-------|
| | | | | | | ψ | 0,6 KFI | 1 αn | 1,2 | 1,2 | 1,5 | 1,5 | 0,3 |
| | | | | LK1 | LK1 | LK2 | LK3 | LK4 | LK1 | LK2 | LK3 | LK4 | |
| 1 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 32,76 | 0,00 | 14,74 | 14,74 | 49,14 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 2 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 12,81 | 0,00 | 5,77 | 5,77 | 19,22 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 3 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 13,53 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6,09 | 6,09 | 20,29 |
| 4 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 13,53 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6,09 | 6,09 | 20,29 |
| 5 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 110,33 | 0,00 | 49,65 | 49,65 | 165,49 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 6 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2,55 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,15 | 1,15 | 3,82 |
| 7 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2,55 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,15 | 1,15 | 3,82 |
| 8 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2,55 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,15 | 1,15 | 3,82 |
| 9 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 5,66 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2,55 | 2,55 | 8,49 |
| 10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2,55 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,15 | 1,15 | 3,82 |
| 11 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6,33 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2,85 | 2,85 | 9,50 |
| 12 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2,55 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,15 | 1,15 | 3,82 |
| 13 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 17,46 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 7,86 | 7,86 | 26,19 |
| 14 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2,55 | 0,00 | -0,32 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,15 | 1,15 | 3,82 |
| 15 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 24,09 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 10,84 | 10,84 | 36,13 |
| 16 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2,55 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,15 | 1,15 | 3,82 |
| 17 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 38,22 | 0,00 | 17,20 | 17,20 | 57,33 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 18 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 48,19 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 21,69 | 21,69 | 72,28 |
| 19 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 11,44 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 5,15 | 5,15 | 17,16 |
| 20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 84,60 | -0,46 | 38,07 | 38,07 | 126,90 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 21 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 32,08 | -0,33 | 14,43 | 14,43 | 48,12 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

Figur A.8. Lastkombinationer for forskydning

A.4 Masselasten

| - | $\frac{kN}{m^2}$ | L m | b m | h m | Antal - | Areal m^2 | Masselast kN øveste etage | Masselast kN normal etage |
|------------------------------------|------------------|--------|--------|--------|------------|----------------|------------------------------|------------------------------|
| tag | 4,1 | 39 | 15,5 | - | - | 604,5 | 2478,45 | 2478,45 |
| Etagedæk | 4,5 | 39 | 15,5 | - | 1 | 604,5 | 2720,25 | 2720,25 |
| facade med huller | - | 39 | - | 3,7 | 2 | 288,6 | - | - |
| Dimensioner af hullet i facaden | - | 2,8 | - | 3,7 | 11 | 113,96 | - | - |
| - | - | 1,3 | - | 3,7 | 2 | 9,62 | - | - |
| Facad uden huller | - | - | - | - | - | 165,02 | 742,59 | 742,59 |
| Gavl med huller | 0 | - | 15,50 | 3,7 | 2 | 114,7 | - | - |
| arealet af huller i gavlen | 0 | 2,8 | - | 3,7 | 2 | 20,72 | - | - |
| Gavle uden huller | 0 | - | - | 0 | - | 93,68 | 422,91 | 422,91 |
| Væg nr.5 | 0 | 8,2 | - | 3,7 | 1 | 30,34 | 136,5, | 136,5 |
| Væg nr. 17 | 0 | 6,7 | - | 3,7 | 1 | 24,79 | 111,555 | 111,555 |
| Tyngde af de lodrette dele | 4,5 | - | - | 14,7 | | - | - | - |

Tabel A.11. Udregning af masselasten for konstruktionen

- Stabiliteten på langs af bygning for en normal etage 4,0 kN/m
- Stabiliteten på tværs af bygning for en normal etage 1,59 kN/m
- Stabiliteten på langs af bygning for den øveste etage 3,77 kN/m
- Stabiliteten på tværs af bygning for den øveste etage 1,50 kN/m

For en bedre forståelse af tabel A.11 henvises til Excelarket i den vedlagte CD, under navnet masselasten.