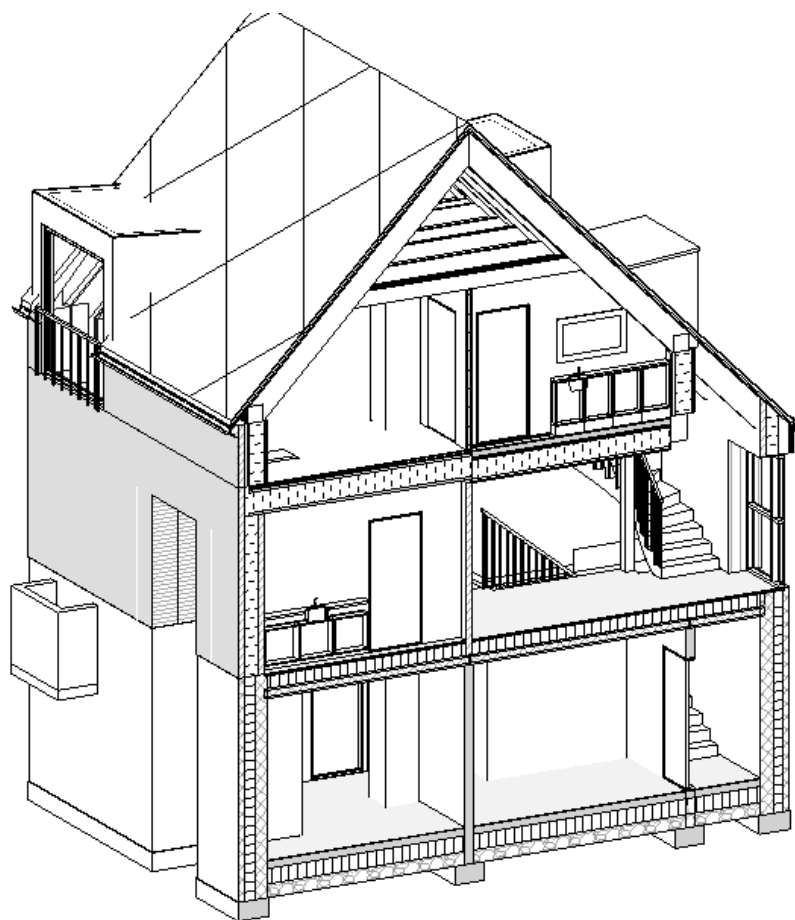




AMBALLEGAARD 5

Statiske journal

Søren Lauridsen og Tobias Torp

Indledning

Der vil i denne journal blive estimeret, hvordan lasterne fordeler sig gennem huset, i form af de forskellige statiske funktioner.

Derudover vil der blive udregnet laster for de enkelte bygningsdele, og deres samlede påvirkning på underlaget som fundamentet står på.

Efter udregning af de forskellige laster af bygningsdelene, vil der blive udført beregninger og dimensioneringer af en limtræsbjælke, en stålbjælke og en stålsøjle. Til de forskellige laster og dimensioneringer er der blevet udregnet nyttelaster og snelaster.

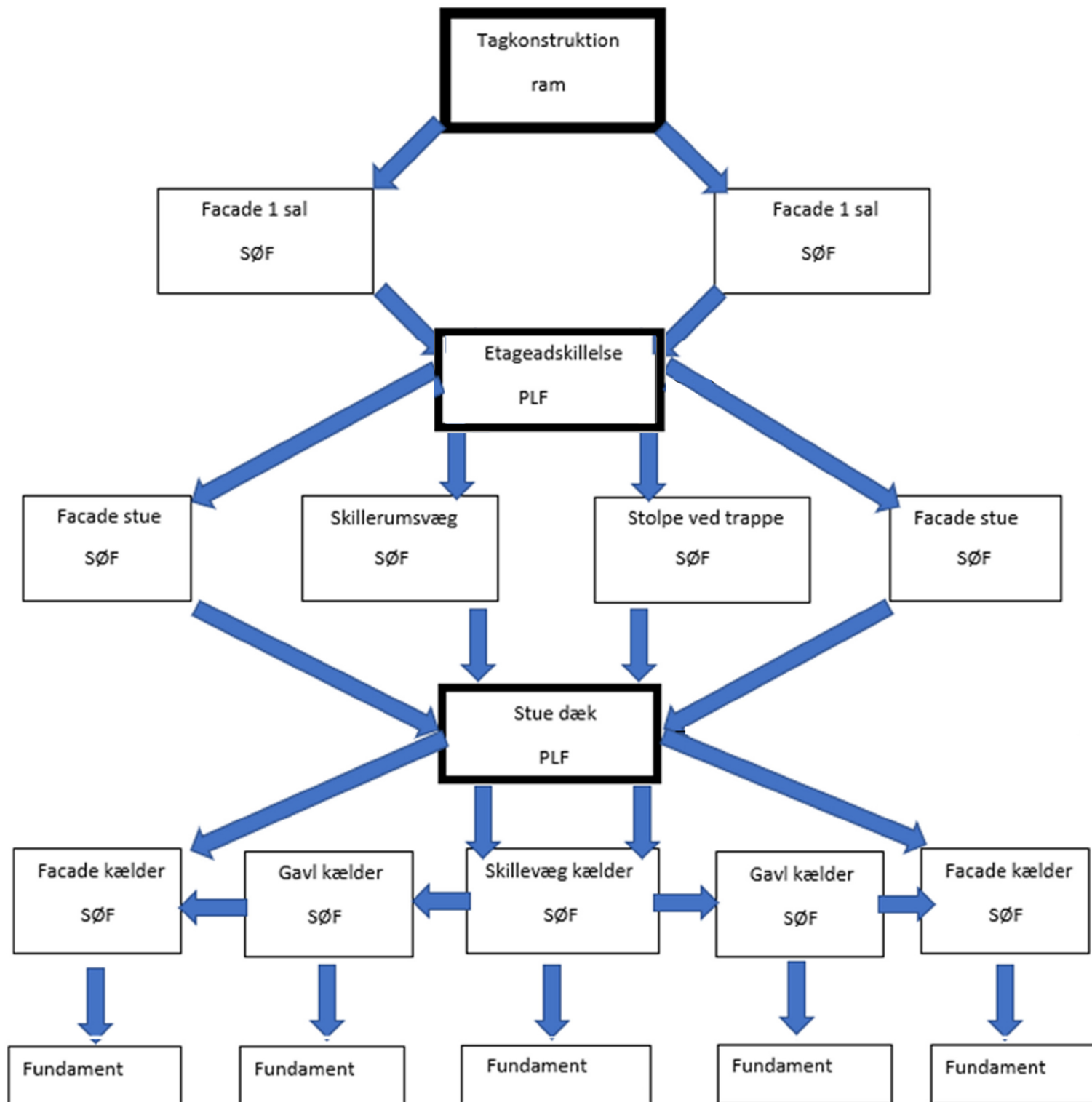
Da der er anvendt Knud Ahlers "Dimensionering med diagrammer", til resten af bjælkerne og søjlerne, vil der også være et eksempel på dimensionering af søjle, ud fra denne bog.

Til sidst er der udregnet vindlaster, på forskellige felter på taget. Der er ikke taget højde for kviste i disse udregninger.

Til udregningerne er der anvendt forkortede udgaver Eurocode 0 og Eurocode 1. Når der er henvist til TS. er det en henvisning til Teknisk Ståbi, som er blevet anvendt til dimensioneringerne af bjælkerne og søjlen.

Statisk analyse

Lodret last



1

2

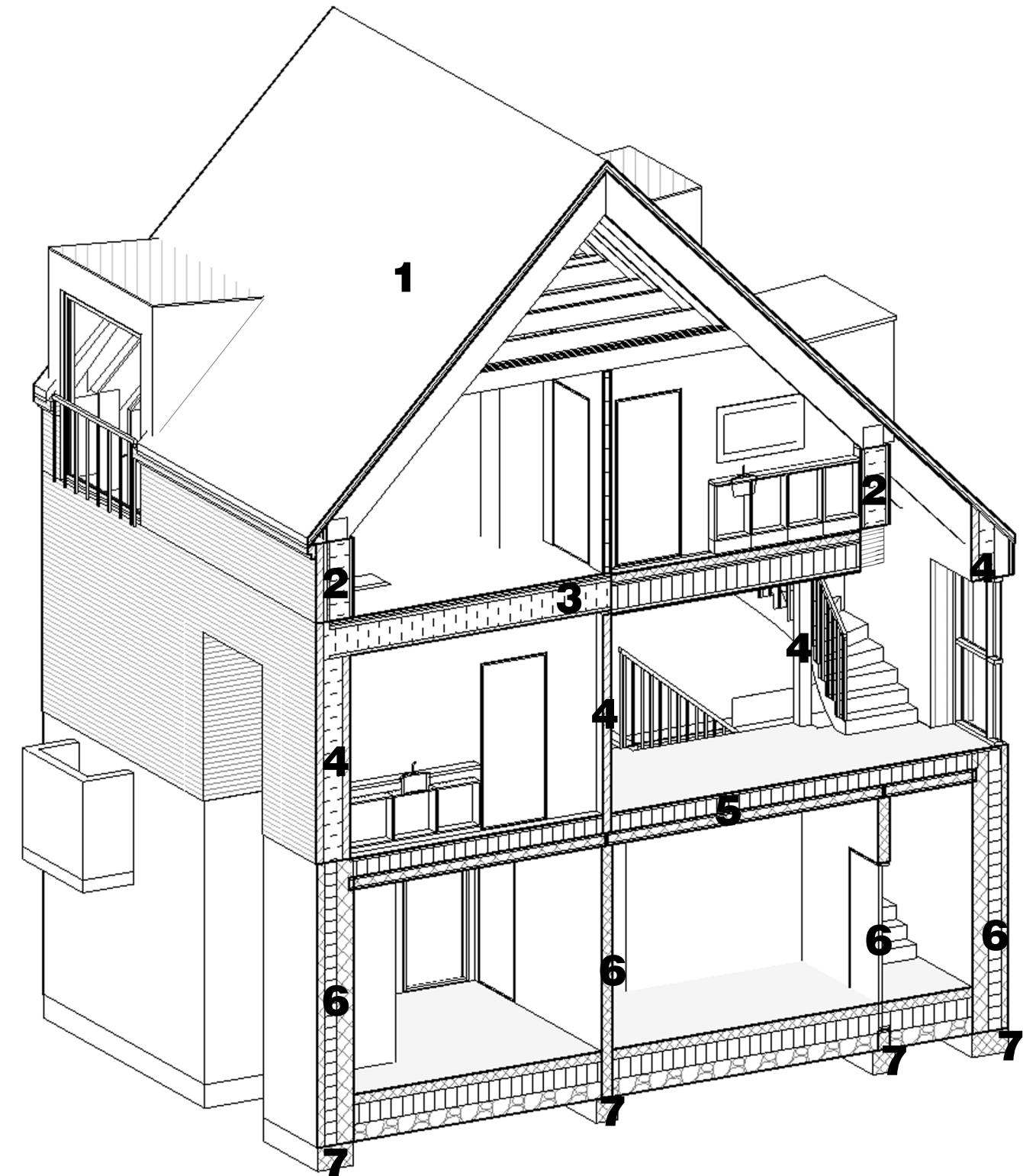
3

4

5

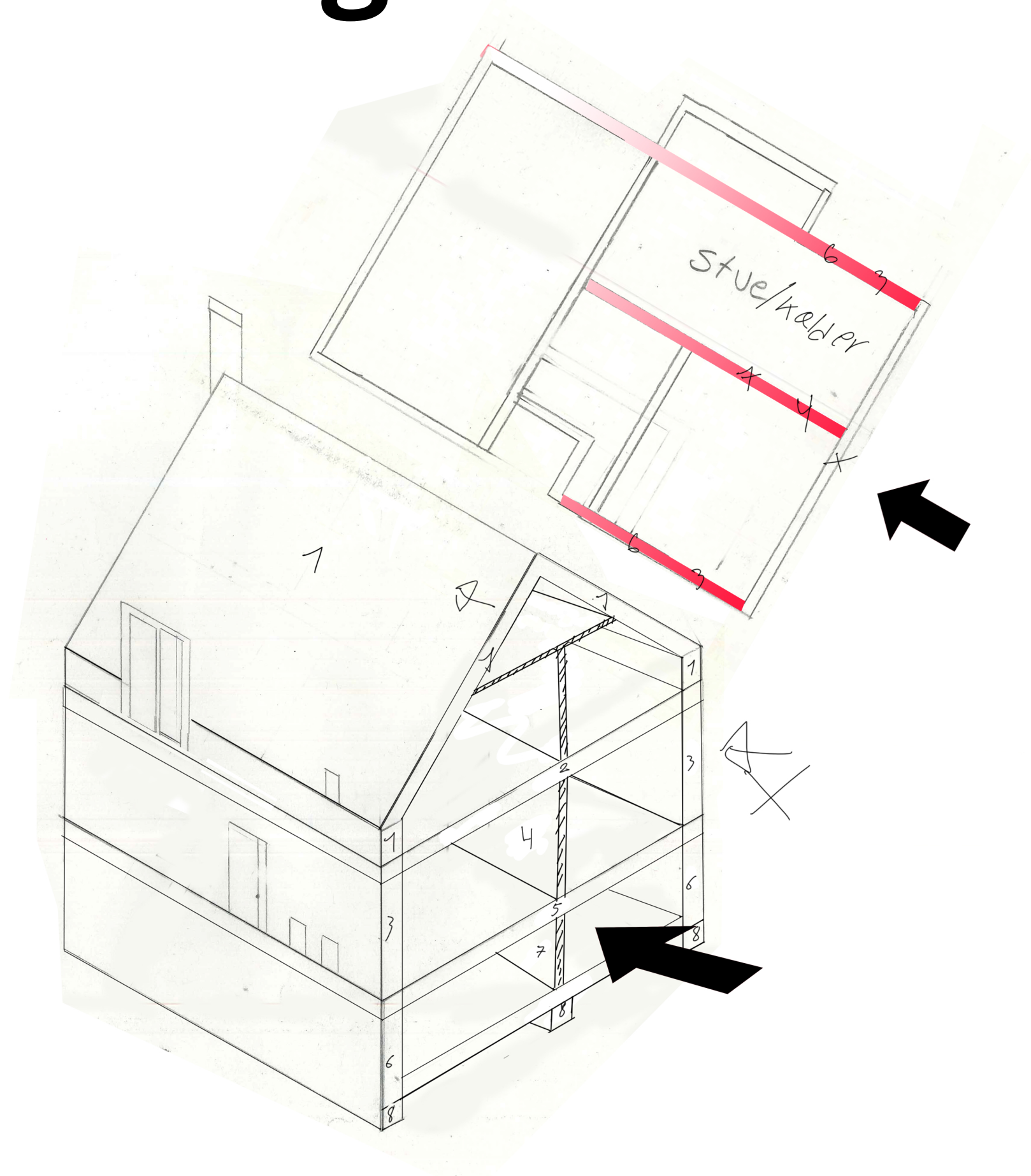
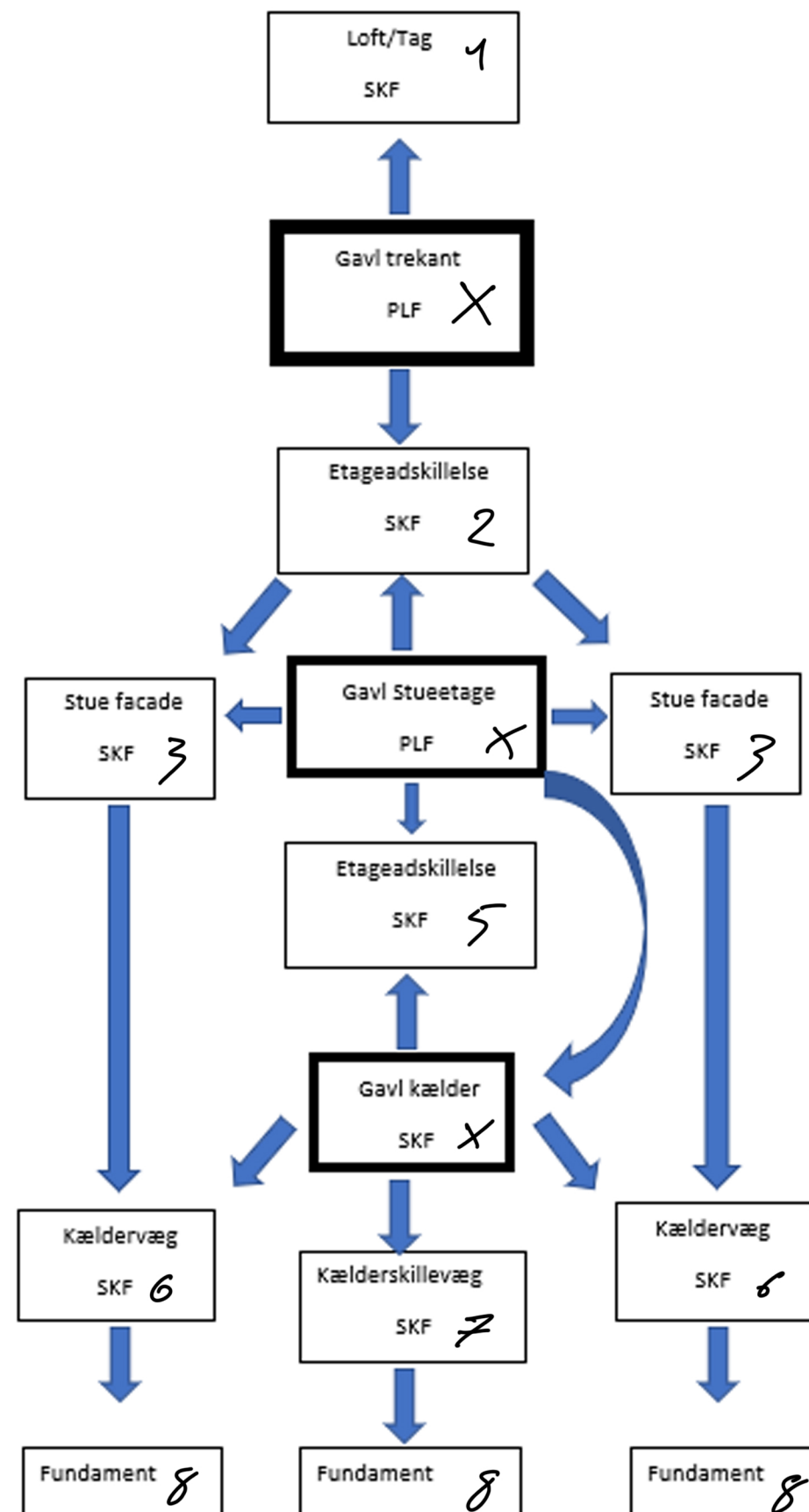
6

7



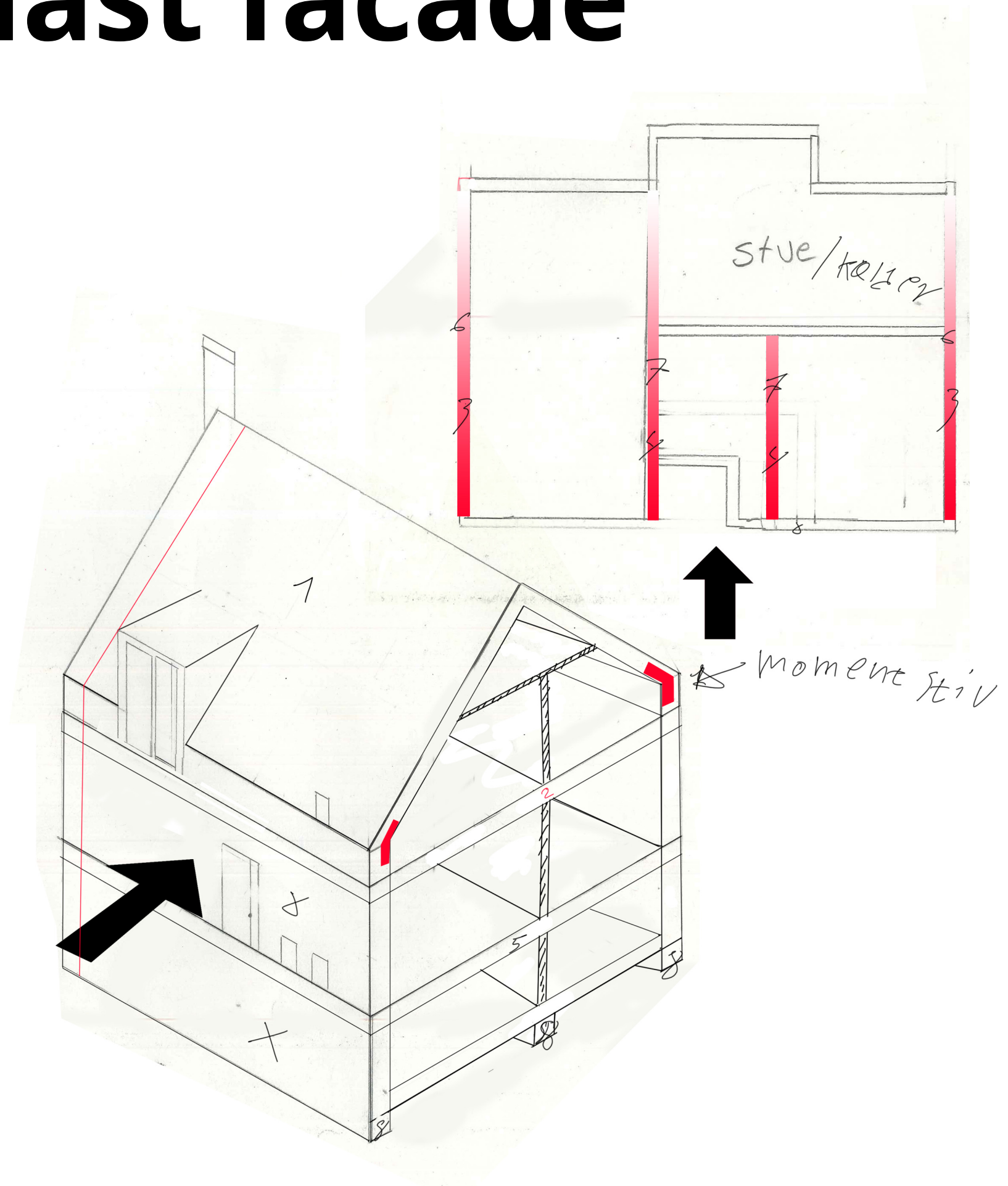
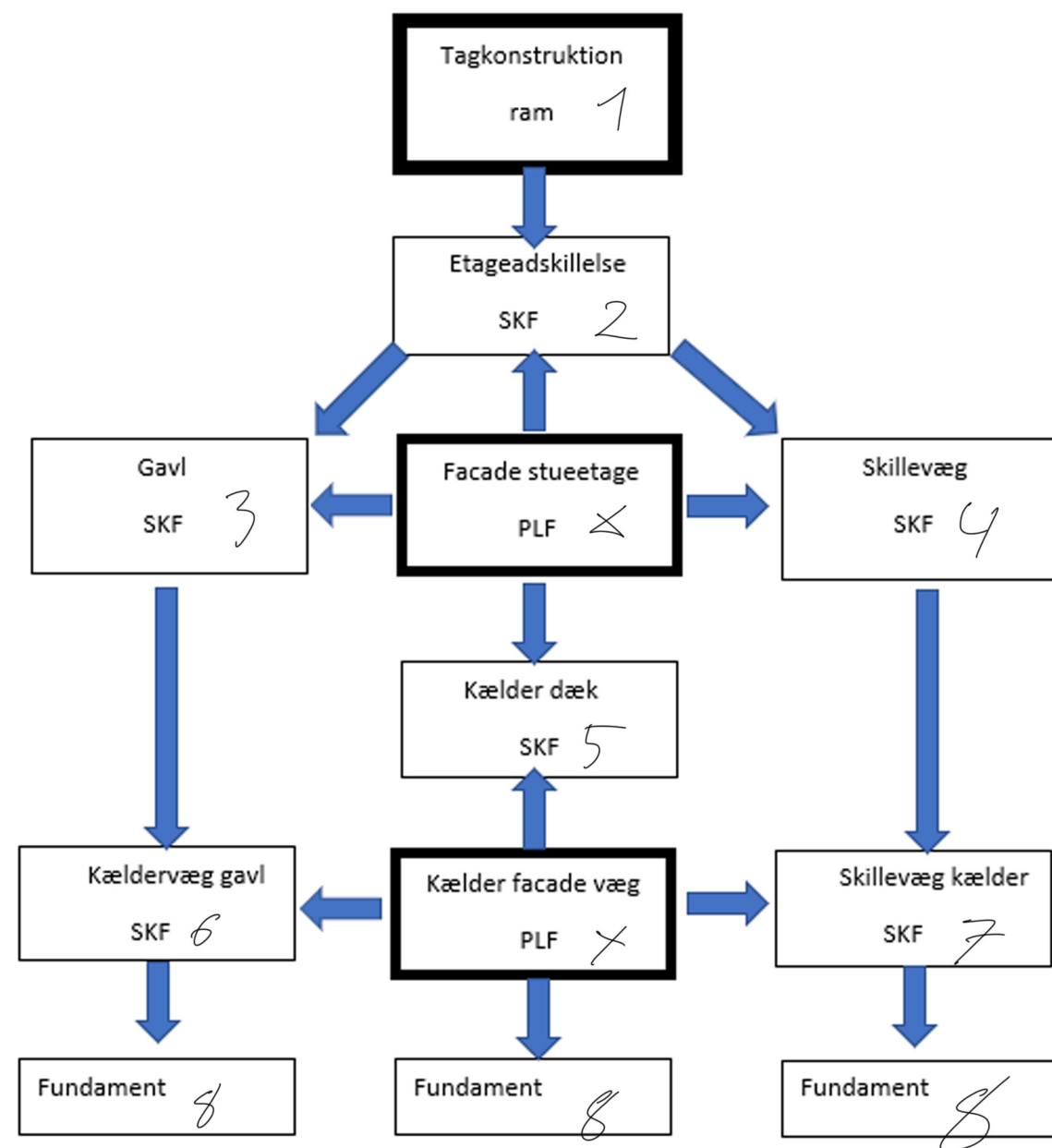
Statisk analyse

Vandret last gavl



Statisk analyse

Vandret last facade



Egenlaster for konstruktioner

Der vil i dette afsnit, blive regnet egenlaster for konstruktionerne i huset, for derefter at kunne udregne linjelasten i fundamentet og dimensionere træ- og stålbjælker.

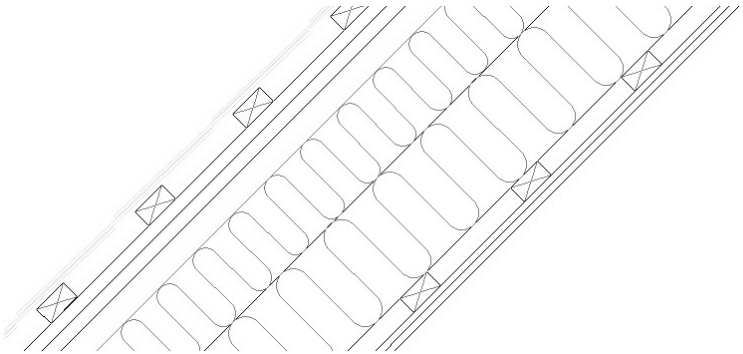
Der tages højde for snelast og nyttelaster.

Last af tag

Trempelspær, med hanebånd.

Konstruktion:

- 12,5 mm Gips
- 12 mm OSB
- 38 mm Forskalling, c-c 300 mm (38x73 mm T1 lægter)
- 195 mm Spærhoved (45x195mm, 195 mm Isolering)
- 195 mm Påforing (45x195 mm, kun 145 mm Isolering)
- 18 mm krydsfiner
- Tagpap(2 lag)
- 25 mm Afstandsliste (25x50 mm)
- 38x73 mm T1 Lægter
- Natur skifertag
- Hanebånd: 45x195 mm



Spærfabrik dimensionere spær, men det er antaget af konstruktionen er korrekt, i henhold til Ingeniør. Der er antaget spærafstand på 1 m.

Det antages at træet i konstruktionerne er udført i konstruktionstræ, for at anvende en gennemgående densitet.

Der udregnes for de forskellige materialer:

$$Gips := \frac{25 \text{ mm} \cdot 1 \text{ m}^2 \cdot 9 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}}{1 \text{ m}^2} = 0.225 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Densitet taget fra DS 410
Tabel V A.6

$$Forskalling := \frac{38 \text{ mm} \cdot 73 \text{ mm} \cdot 1 \text{ m} \cdot 7 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 3.333}{1 \text{ m}^2} = 0.065 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Densitet taget fra DS 410
Tabel V A.1

For hvert spær er der regnet 1.5 m hanebånd med (ca. 0.02 $\frac{\text{kN}}{\text{m}}$ pr. spær):

$$Spær := \frac{45 \text{ mm} \cdot 195 \text{ mm} \cdot 2 \cdot 1 \text{ m} \cdot 7 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 1.66667 + 0.02 \text{ kN}}{1 \text{ m}^2} = 0.225 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Densitet taget fra DS 410
Tabel V A.1

$$Isolering := \frac{955 \text{ mm} \cdot 1 \text{ m} \cdot 340 \text{ mm} \cdot 0.2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}}{1 \text{ m}^2} = 0.065 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Densitet taget fra DS 410
Tabel V A.6

$$Undertag := \frac{18 \text{ mm} \cdot 1 \text{ m}^2 \cdot 7 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}}{1 \text{ m}^2} = 0.126 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Densitet taget fra DS 410
Tabel V A.6

$$Tagpap := 0.1 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Densitet taget fra DS 410
Tabel V A.3

$$Afstandsliste := \frac{25 \text{ mm} \cdot 50 \text{ mm} \cdot 1.66667 \text{ m} \cdot 7 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}}{1 \text{ m}^2} = 0.015 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Densitet taget fra DS 410
Tabel V A.6

$$Lægter := \frac{38 \text{ mm} \cdot 73 \text{ mm} \cdot 1 \text{ m} \cdot 7 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 2.6}{1 \text{ m}^2} = 0.05 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Densitet taget fra DS 410
Tabel V A.6

$$Skifer := \frac{1 \text{ m}^2 \cdot 10 \text{ mm} \cdot 29 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 1.6666}{1 \text{ m}^2} = 0.483 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Densitet taget fra DS 410
Tabel V A.1

Egenlasten for taget kan så regnes.

$$q_t := \text{Gips} + \text{Forskalling} + \text{Spær} + \text{Isolering} + \text{Undertag} + \text{Tagpap} + \text{Afstandsliste} + \text{Lægter} + \text{Skifer} \downarrow = 1.354 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

I dette eksempel bruger vi spændvidden i plan view ind til midten af bygningen for at finde den sande længde på tagfladen

$$l_{tag} := \frac{4 \text{ m}}{\cos(45 \text{ deg})} = 5.657 \text{ m}$$

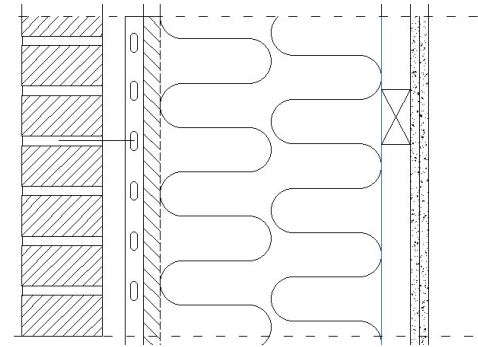
Så kan linje lasten beregnes:

$$q_{t,l} := l_{tag} \cdot q_t = 7.658 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Last af trempel

Konstruktion:

- 25 mm Gips
- 38x73 mm Forskalling (T1 Lægter)
- 45x295 mm Trempel (295 mm isolering mellem stolper)
- 22 mm Krydsfinér



Det forudsættes at trempelvæggen er 1 m høj.

$$Krydsfiner := \frac{22 \text{ mm} \cdot 1 \text{ m}^2 \cdot 7 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}}{1 \text{ m}^2} = 0.154 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Densitet taget fra DS 410
Tabel V A.1

$$Trempel := \frac{45 \text{ mm} \cdot 295 \text{ mm} \cdot 1 \text{ m} \cdot 7 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 2}{1 \text{ m}^2} = 0.186 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Densitet taget fra DS 410
Tabel V A.1

$$Forskalling := \frac{38 \text{ mm} \cdot 73 \text{ mm} \cdot 1 \text{ m} \cdot 3.33333 \cdot 7 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}}{1 \text{ m}^2} = 0.065 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$Isolering := \frac{295 \text{ mm} \cdot 1 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} \cdot 0.2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}}{1 \text{ m}^2} = 0.059 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Densitet taget fra DS 410
Tabel V A.6

$$Gips := \frac{1 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} \cdot 25 \text{ mm} \cdot 9 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}}{1 \text{ m}^2} = 0.225 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Densitet taget fra DS 410
Tabel V A.6

Egen lasten for skillevæggen kan så regnes.

$$q_{tr} := Krydsfiner + Trempel + Forskalling + Isolering + Gips = 0.689 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Dette skal så regnes om til linjelast, og det vides at trempelvæggen er 1 m høj, altså kan linjelasten bestemmes ved:

$$q_{tr,l} := q_{tr} \cdot 1 \text{ m} = 0.689 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Last af hulmur

Konstruktion:

- 108 mm Tegl
- 225 mm Isolering (Mineraluld)
- 108 mm Tegl
- 8 Bindere pr. m^2

$$Tegl_1 := \frac{108 \text{ mm} \cdot 1 \text{ m}^2 \cdot 20 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}}{1 \text{ m}^2} = 2.16 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$Isolering := \frac{225 \text{ mm} \cdot 1 \text{ m}^2 \cdot 0.3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}}{1 \text{ m}^2} = 0.068 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$Tegl_2 := \frac{108 \text{ mm} \cdot 1 \text{ m}^2 \cdot 20 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}}{1 \text{ m}^2} = 2.16 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Egen lasten for ydervæggen kan så regnes.

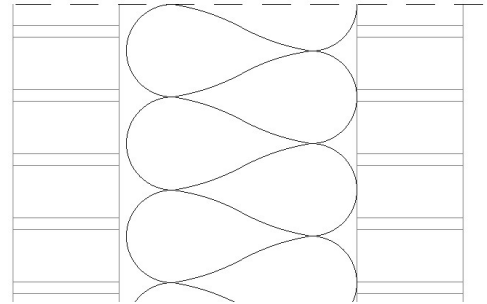
$$q_{sy} := Tegl_1 + Isolering + Tegl_2 = 4.388 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Linjelasten kan så bestemmes, ud fra en højde i stueetagen på 2533 mm. Derfra skal der så regnes en skalmur med, fra bund af bjælkelaget og op til tagfod. Dvs. der også skal regnes last for en 1 stensmur:

$$Tegl_3 := \frac{108 \text{ mm} \cdot 1 \text{ m}^2 \cdot 20 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}}{1 \text{ m}^2} = 2.16 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Højden på formuren, fra 2533 mm og gulv er 1466 mm. Linjelasten kan så bestemmes:

$$q_{sy,l} := q_{sy} \cdot 2533 \text{ mm} + Tegl_3 \cdot 1466 \text{ mm} = 14.28 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$



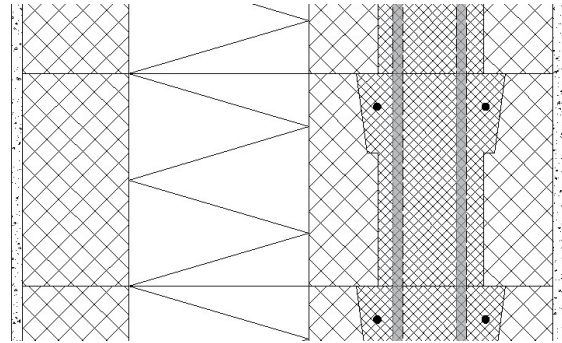
Last taget fra DS 410
Tabel V A.1

Densitet taget fra Isover Murfilt 34

Last af kælderydervæg

Konstruktion:

- 10 mm Puds
- 500 mm RC-Blok
- 10 mm Puds
- 4 mm Radonmembran



Afgrænsning for armering

$$Puds_{indv.} := \frac{1 \text{ m}^2 \cdot 15 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}}{1 \text{ m}^2} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 0.15 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

m^2 forbrug er taget fra
Durapuds 615

For RC-blokken vides det at der går 10 stk. på 1 m^2 , og 1 stk. vejer 16.1 kg fra RC's datablad:

$$RC_{blok} := \frac{16.1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 500 \text{ mm} \cdot 200 \text{ mm} \cdot 500 \text{ mm}}{1 \text{ m}^2} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1.61 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$Puds_{udv.} := \frac{1 \text{ m}^2 \cdot 15 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}}{1 \text{ m}^2} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 0.15 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

m^2 forbrug er taget fra
Durapuds 615

Radonmembran er sat til at veje $1.02 \frac{\text{g}}{\text{cm}^2}$

$$R_{membran} := \frac{1 \text{ m}^2 \cdot 1.02 \frac{\text{gm}}{\text{cm}^2}}{1 \text{ m}^2} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 0.102 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

FLEXIGUM

Egen lasten for ydervæggen kan så regnes.

$$q_{ky} := Puds_{indv.} + RC_{blok} + Puds_{udv.} + R_{membran} = 2.012 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Højden på væggen er i projektet blevet sat til 3 m .

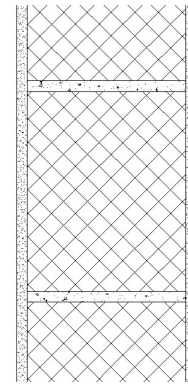
Linjelasten kan så beregnes:

$$q_{ky,l} := q_{ky} \cdot 3 \text{ m} = 6.036 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Last af skillevægge i kældere

Konstruktion:

- 10 mm Puds
- 150 mm Letklinkerblok
- 10 mm Puds



$$Puds_1 := \frac{1 \text{ m}^2 \cdot 15 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}}{1 \text{ m}^2} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 0.15 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$Letklinkerblok := \frac{150 \text{ mm} \cdot 1 \text{ m}^2 \cdot 800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{1 \text{ m}^2} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1.2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$Mørtel := \frac{1 \text{ m}^2 \cdot 8 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}}{1 \text{ m}^2} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 0.08 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$Puds_2 := \frac{1 \text{ m}^2 \cdot 15 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}}{1 \text{ m}^2} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 0.15 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Densitet taget fra Leca,
Lecablok 800

m^2 forbrug er taget fra
Durapuds 615

Forbrug pr. m^2 er sat til $8 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$,
ud fra Gammelrand mørtel.

Egen lasten for skillevægen kan så regnes.

$$q_{ks} := Puds_1 + Letklinkerblok + Mørtel + Puds_2 = 1.58 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

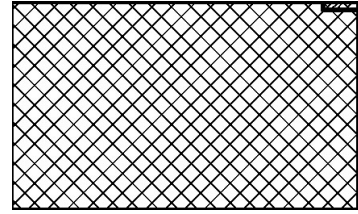
Linjelaften kan så bestemmes, ud fra en højde på 2.6 m af muren:

$$q_{ks,l} := q_{ks} \cdot 2.6 \text{ m} = 4.108 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Last af Fundament

Konstruktion:

- 300 x 500 mm Armeret beton



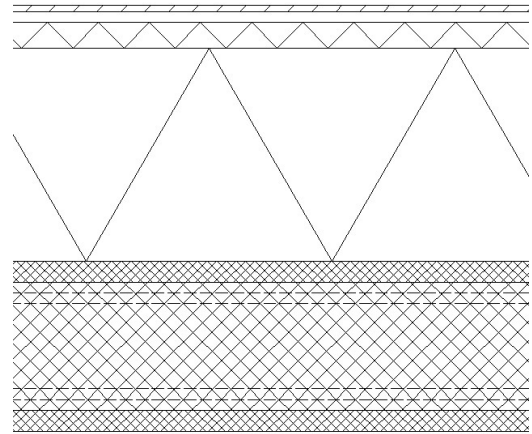
$$q_{f,l} := 300 \text{ mm} \cdot 500 \text{ mm} \cdot 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} = 3.75 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Densitet taget fra DS 410,
Tabel V A.1

Last af tungt dæk (Med gulvkonstruktion)

Konstruktion:

- 6 mm Klinker
- 10 mm Fliseklæb
- 25 mm Polystyren
- 200 mm Polystyren
- 160 mm Sandwichdæk



$$Klinker := \frac{6 \text{ mm} \cdot 1 \text{ m}^2 \cdot 22 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}}{1 \text{ m}^2} = 0.132 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Densitet taget fra DS 410
Tabel V A.5

$$Fliseklæb := \frac{10 \text{ mm} \cdot 1 \text{ m}^2 \cdot 20 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}}{1 \text{ m}^2} = 0.2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Densitet taget fra DS 410
Tabel V A.1

$$Polystyren := \frac{225 \text{ mm} \cdot 1 \text{ m}^2 \cdot 0.4 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}}{1 \text{ m}^2} = 0.09 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Densitet taget fra DS 410
Tabel V A.6

$$Sandwichdæk := 1.92 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Last taget fra producent,
Niss Sørensen & Søn A/S

Egenlasten for tungt dæk kan så regnes:

$$q_{td} := Klinker + Fliseklæb + Polystyren + Sandwichdæk = 2.342 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

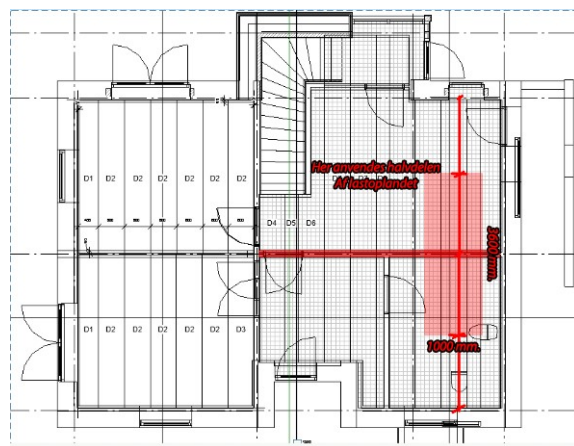
Den længste spændvidde er 3.6 m, altså kan linjelen lasten regnes for dette stykke:

Last på ydervægs vederlag



$$q_{tdky.l} := q_{td} \cdot 1.8 \text{ m} = 4.216 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Last på skillevægs vederlag

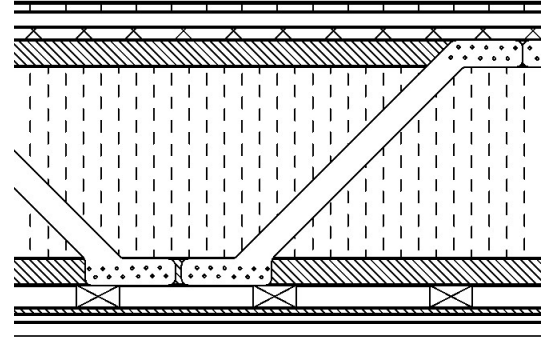


$$q_{tdks.l} := q_{td} \cdot 3.6 \text{ m} = 8.431 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Last for let etagedæk (over stue)

Konstruktion:

- 16 mm Trægulv
- 25 mm Polystyren
- 22 mm Spånplade
- 417 mm Posi-Joist, c-c 500 mm
- 38x73 mm Forskalling
- 12,5 mm Gips
- 12 mm OSB plade



$$\text{Trægulv} := \frac{16 \text{ mm} \cdot 1 \text{ m}^2 \cdot 7 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}}{1 \text{ m}^2} = 0.112 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Polystyren} := \frac{25 \text{ mm} \cdot 1 \text{ m}^2 \cdot 0.4 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}}{1 \text{ m}^2} = 0.01 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Spånplade} := \frac{22 \text{ mm} \cdot 1 \text{ m}^2 \cdot 8 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}}{1 \text{ m}^2} = 0.176 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{PosiJoist} := \frac{90 \text{ mm} \cdot 95 \text{ mm} \cdot 1 \text{ m} \cdot 7 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 2}{1 \text{ m}^2} = 0.239 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Forskalling} := \frac{38 \text{ mm} \cdot 73 \text{ mm} \cdot 1 \text{ m} \cdot 7 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 3.333}{1 \text{ m}^2} = 0.065 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{OSB} := \frac{12 \text{ mm} \cdot 1 \text{ m}^2 \cdot 10 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}}{1 \text{ m}^2} = 0.12 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Gips} := \frac{12.5 \text{ mm} \cdot 1 \text{ m}^2 \cdot 9 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}}{1 \text{ m}^2} = 0.113 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

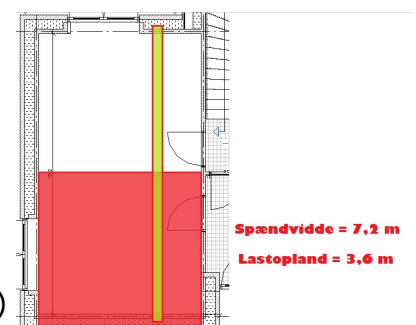
Egenlasten for let dæk kan så regnes:

$$q_{ld} := \text{Trægulv} + \text{Polystyren} + \text{Spånplade} + \text{PosiJoist} + \text{Forskalling} + \text{OSB} + \text{Gips} = 0.835 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Linjelasten på det lette dæk kan nu bestemmes, ud fra et lastopland på 3.6 m (Det største lastopland, da det vil være det halve i resten af huset)

$$q_{ld,l} := q_{ld} \cdot 3.6 \text{ m} = 3.005 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

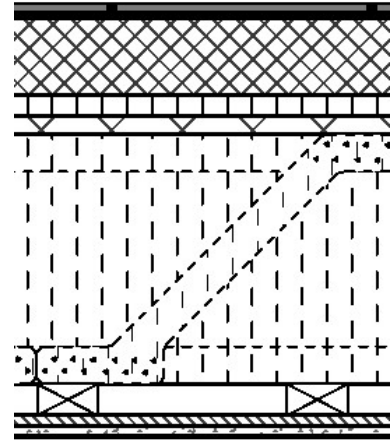
Linjelast på ydervæggen



Last for let etagedæk i badeværelse

Konstruktion:

- 6 mm Klinker
- 10 mm Fliseklæb
- 92 mm Beton
- 25 mm Polystyren
- 22 mm Spånplade
- 300 mm Posi-Joist, c-c 300 mm
- 38x73 mm Forskalling
- 12 mm OSB
- 12,5 mm Gips



$$Klinker := \frac{6 \text{ mm} \cdot 1 \text{ m}^2 \cdot 22 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}}{1 \text{ m}^2} = 0.132 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$Fliseklæb := \frac{10 \text{ mm} \cdot 1 \text{ m}^2 \cdot 20 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}}{1 \text{ m}^2} = 0.2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$Beton := \frac{92 \text{ mm} \cdot 1 \text{ m}^2 \cdot 20 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}}{1 \text{ m}^2} = 1.84 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$Polystyren := \frac{25 \text{ mm} \cdot 1 \text{ m}^2 \cdot 0.4 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}}{1 \text{ m}^2} = 0.01 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$Spånplade := \frac{22 \text{ mm} \cdot 1 \text{ m}^2 \cdot 8 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}}{1 \text{ m}^2} = 0.176 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$PosiJoist := \frac{90 \text{ mm} \cdot 95 \text{ mm} \cdot 1 \text{ m} \cdot 7 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 3.333}{1 \text{ m}^2} \cdot 2 = 0.399 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$Forskalling := \frac{38 \text{ mm} \cdot 73 \text{ mm} \cdot 1 \text{ m} \cdot 7 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 3.333}{1 \text{ m}^2} = 0.065 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$OSB := \frac{12 \text{ mm} \cdot 1 \text{ m}^2 \cdot 10 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}}{1 \text{ m}^2} = 0.12 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$Gips := \frac{12.5 \text{ mm} \cdot 1 \text{ m}^2 \cdot 9 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}}{1 \text{ m}^2} = 0.113 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Egenlasten kan så bestemmes:

$$q_{ldb} := Klinker + Fliseklæb + Beton + Polystyren + PosiJoist + Forskalling + OSB + Gips = 2.878 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Lastoplandet ligger på 1.8 m, hvorved linjelasten så kan beregnes:

$$q_{ldb,l} := q_{ldb} \cdot 1.8 \text{ m} = 5.181 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Linjelasten for badeværelset vil således være større end linjelasten for etagedækket over stuen. Men grundet den større spændvidde over stuen, vil nyttelasten i sidste ende gøre at etagedækket i stuen kommer til at laste mere i ydervæggen.

Last for lette skillevægge på 1. sal

Konstruktion:

- 12,5 mm Gips
- 12 mm OSB plade
- 45 mm Isolering (38x57 mm, c-c 450 mm Skillerumslægte)
- 12 mm OSB plade
- 12,5 mm Gips

$$Gips_1 := \frac{25 \text{ mm} \cdot 1 \text{ m}^2 \cdot 9 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}}{1 \text{ m}^2} = 0.225 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$OSB_1 := \frac{25 \text{ mm} \cdot 1 \text{ m}^2 \cdot 7 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}}{1 \text{ m}^2} = 0.175 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$Isolering_1 := \frac{45 \text{ mm} \cdot 1 \text{ m}^2 \cdot 0.3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}}{1 \text{ m}^2} = 0.014 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Densitet taget fra ISOVER Rulle.

$$Lægte_1 := \frac{38 \text{ mm} \cdot 37 \text{ mm} \cdot 1 \text{ m} \cdot 7 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 2.2222}{1 \text{ m}^2} = 0.022 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Egen lasten for skillevæggen kan så regnes.

$$q_{1.sv} := Gips_1 + OSB_1 + Isolering_1 + Lægte_1 = 0.435 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Indtil videre overholder skillevæggen kravet om en totallast pr. m^2 vægflade på højst $1.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$ (Eurocode 1, Afsnit 5.2.2)

Derudover skal den også overholde en linjelast på maks. $4.0 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$ (Eurocode 1, Afsnit 5.2.2)

Skillevæggen regnes til at skulle være 2,5 m høj:

$$q_{1.sv.l} := q_{1.sv} \cdot 2.5 \text{ m} = 1.088 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Altså overholder den kravet om en let skillevæg.

Derudover overholder den kravet om at ligge mellem 1 og $2 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$, hvilket betyder at den kan medregnes

i dækket som jævnt fordelt last i nyttelasten, på $q_k := 0.8 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$. (Eurocode 1, Afsnit 6.3.1.2 (8))

Nyttelasten q_n for det lette etagedæk bliver så $1.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$ (Eurocode 1, Tabel 6.2) + $0.8 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$:

$$q_{n1} := 1.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} + 0.8 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} = 2.3 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Samlede egenlaster

Tag konstruktion:	$q_t = 1.354 \frac{kN}{m^2}$
Trempel konstruktion:	$q_{tr} = 0.689 \frac{kN}{m^2}$
Stue Ydervæg:	$q_{sy} = 4.388 \frac{kN}{m^2}$
kælder Ydervæg:	$q_{ky} = 2.012 \frac{kN}{m^2}$
kælder Skillevæg:	$q_{ks} = 1.58 \frac{kN}{m^2}$
Fundament:	$q_{f.l} = 3.75 \frac{kN}{m}$
Tungt dæk:	$q_{td} = 2.342 \frac{kN}{m^2}$
Let dæk:	$q_{ld} = 0.835 \frac{kN}{m^2}$
Let dæk (Bad):	$q_{ldb} = 2.878 \frac{kN}{m^2}$
1.sal skillevæg:	$q_{1.sv} = 0.435 \frac{kN}{m^2}$

Samlede egenlaster pr. LBM

$q_{t.l} = 7.658 \frac{kN}{m}$
$q_{tr.l} = 0.689 \frac{kN}{m}$
$q_{sy.l} = 14.28 \frac{kN}{m}$
$q_{ky.l} = 6.036 \frac{kN}{m}$
$q_{ks.l} = 4.108 \frac{kN}{m}$
$q_{f.l} = 3.75 \frac{kN}{m}$
$q_{tdky.l} = 4.216 \frac{kN}{m}$
$q_{ld.l} = 3.005 \frac{kN}{m}$
$q_{ldb.l} = 5.181 \frac{kN}{m}$
$q_{1.sv.l} = 1.088 \frac{kN}{m}$

Den samlede egenlast pr. LBM på fundamentet kan så beregnes:

$$G_{k,j} := q_{t.l} + q_{tr.l} + q_{sy.l} + q_{ky.l} + q_{f.l} + q_{tdky.l} + q_{ld.l} = 39.633 \frac{kN}{m}$$

Beregning på snelast

$$8 \cdot 10.7 \cdot 3 - 1.5 \cdot 1.2 \cdot 2 + 1.6 \cdot 4.7 \cdot 2 = 268.24$$

Dette gøres ud fra TS (24. udg.) s. 130:

$$8 \cdot 10.7 - 1.5 \cdot 1.2 + 1.6 \cdot 4.7 = 91.32$$

$$F_S = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k$$

Hvor μ_i er formfaktoren af taget, C_e eksponeringsfaktoren, C_t termiske faktor og s_k er den karakteristiske terrænværdi.

Formfaktoren μ_i bestemmes ved formlen $\mu_i := \frac{0.8 \cdot (60 - \alpha)}{30}$, hvor α er den givne taghældning (Skal

være mellem 30° og 60° for formel)

Altså: $\alpha := 45$

$$\mu_i := \frac{0.8 \cdot (60 - \alpha)}{30} = 0.4$$

Eksponeringsfaktoren $C_e := 1$ sættes til 1 for normal vindtilstand og tag med lille vandret udstrækning. Den termiske faktor $C_t := 1.0$, da taget ikke har høj termisk overførsel.

$$s_k := 1 \frac{kN}{m^2} \text{ ifølge anneks EN 1991-1-3 DK NA.}$$

Snelasten kan så bestemmes, men da snelasten er vandret beregnet, skal der tages for hældningen, således der kan bestemmes, hvor meget snelasten er på, på den rigtige tagflade:

$$F_S := \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k \cdot \cos(45 \text{ deg}) = 0.283 \frac{kN}{m^2}$$

Nedenstående laster:
Eurocode 1, Tabel 6.2

Variable laster

$$q_{ns} := 1.5 \frac{kN}{m^2} \quad \text{Nyttelast stueetage: Har et lastopland på } 1.8 \text{ m, ligesom det tunge dæk.}$$

$$q_{n1} := 2.3 \frac{kN}{m^2} \quad \text{Nyttelast 1. sal: Har et lastopland på } 3.6 \text{ m ligesom det lette dæk.}$$

$$q_{nt} := 0.5 \frac{kN}{m^2} \quad \text{Nyttelast for tagrum. Har et lastopland på } 2 \text{ m.}$$

$$F_S := 0.283 \frac{kN}{m^2} \quad \text{Snelast: Har et lastopland på } l_{tag} = 5.657 \text{ m.} \quad \text{TS (24. udgave) s. 130}$$

Variable laster pr. LBM:

$$q_{ns,l} := q_{ns} \cdot 1.8 \text{ m} = 2.7 \frac{kN}{m}$$

$$q_{n1,l} := q_{n1} \cdot 3.6 \text{ m} = 8.28 \frac{kN}{m} \quad \text{Dette er den dominerende variable last = } Q_{k,1} := q_{n1,l}$$

$$F_{S,l} := F_S \cdot l_{tag} = 1.6 \frac{kN}{m}$$

$$q_{nt,l} := q_{nt} \cdot 2 \text{ m} = 1 \frac{kN}{m}$$

Den regningsmæssige lastvirkning

Den samlede linjelast under fundamentet kan så bestemmes, ud fra formlen:

$$\Sigma \xi \cdot \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_{G,1} \cdot Q_{k,1} + \Sigma \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \quad \text{Eurocode 0, formel 6.10b, s. 35}$$

Hvor $j \geq 1$ og $i \geq 1$

Koefficienterne bestemmes ud fra Eurocode 1:

Der antages en konsekvensklasse 2 (CC2)

Reduktionsfaktoren for ugunstige permanente laster, $\xi := 1.0$ Tabel A.1.2 (B) NA s. 41

Koefficient for egenlast, gamma: $\gamma_{G,j} := 1.0$ Tabel A.1.2 (C) NA s. 42

Koefficient for dominerende variable last: $\gamma_{Q,1} := 1.5$ Tabel A.1.2 (C) NA s. 42

Koefficient øvrige variabel laster: $\gamma_{Q,i} := 1.5$ Tabel A.1.2 (C) NA s. 42

Koefficient for snelast, psi $\psi_{0,3sne} := 0.3$ Tabel A.1.1 NA s. 38

Koefficient for nyttelast etagedæk: $\psi_{0,3etage} := 0.5$ Tabel A.1.1 NA s. 38

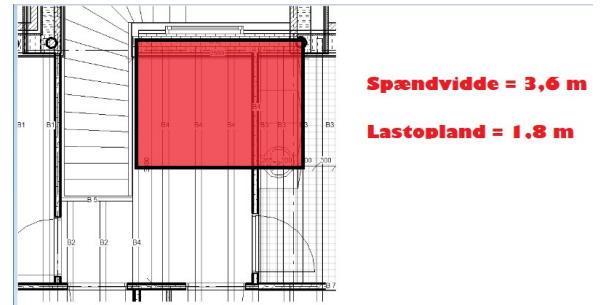
Koefficient for nyttelast tagrum: $\psi_{0,3tagrum} := 0.5$ Tabel A.1.1 NA s. 38

Efter vi har listet alle vores koefficienter op, kan vi så regne den korrigeret last på sandpuden under fundamentet.

$$Q_{fund} := \xi \cdot \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,3sne} \cdot F_{S,l} + \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,3etage} \cdot q_{ns,l} + \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,3tagrum} \cdot q_{nt,l} = 55.548 \frac{kN}{m}$$

Beregning af limtræsbjælke

Bjælke **B6** (Se bjælkeplan) optager lasten fra det lette etagedæk på 1. sal + lasten fra trempelvæggen og taget. Lasten fra det lette etagedæk variere fra den, der blev regnet med tidligere. Dette er fordi bjælkelaget er understøttet på skillevæggene i dette område. Desuden er der en anden gulvkonstruktion inde på badeværelset. Dvs. at der er to jævnt fordelte laster på limtræsbjælken.



Spændvidden $l_b := 2.6 \text{ m}$ for B6.

Lasterne nu kan opskrives:

Permanente laster:

Egenlast bjælke (Antages $90 \times 300 \text{ mm}$)

$$q_{be} := \frac{90 \text{ mm} \cdot 300 \text{ mm} \cdot 7 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}}{1 \text{ m}} \cdot 2.6 \text{ m} = 0.491 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Tagkonstruktion:

$$q_{t.l} = 7.658 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Trempelvæg:

$$q_{tr.l} = 0.689 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Let etagedæk (Lastopland på 1.8 m):

$$q_{ld.l} := q_{ld} \cdot 1.8 \text{ m} = 1.502 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Let etagedæk bad (Lastopland på 1.8 m):

$$q_{ldb.l} = 5.181 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Egenlast 1 (1.9 m):

$$G_{k.1} := q_{be} + q_{t.l} + q_{tr.l} + q_{ld.l} = 10.341 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Egenlast 2 (0.7 m):

$$G_{k.2} := q_{be} + q_{t.l} + q_{tr.l} + q_{ldb.l} = 14.019 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Variable laster:

Nyttelast fra let etagedæk (Lastopland på 1.8 m)

$$q_{n1.l} := q_{n1} \cdot 1.8 \text{ m} = 4.14 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Dominerende variable last = $Q_{k.1} := q_{n1.l}$

Nyttelast fra tagrum:

$$q_{nt.l} = 1 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Snelast:

$$F_{S.l} = 1.6 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Koefficienter:

Reduktionsfaktoren for ugunstige permanente laster, $\xi := 1.0$ Tabel A.1.2 (B) NA s. 41

Koefficient for egenlast, $\gamma_{G,i} := 1.0$ Tabel A.1.2 (C) NA s. 42

Koefficient for dominerende variable last: $\gamma_{Q,1} := 1.5$ Tabel A.1.2 (C) NA s. 42

Koefficient øvrige variabel laster: $\gamma_{Q,i} := 1.5$ Tabel A.1.2 (C) NA s. 42

Koefficient for snelast, $\psi_{0.sne} := 0.3$ Tabel A.1.1 NA s. 38

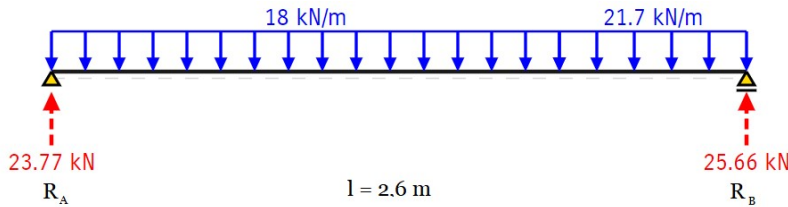
Koefficient for nyttelast tagrum: $\psi_{0.tagrum} := 0.5$ Tabel A.1.1 NA s. 38

Linjelasten på limtræsbjælken kan så udregnes efter samme princip som ved linjelasten for hele huset:

$$q_{b6.1} := \xi \cdot \gamma_{G,j} \cdot G_{k.1} + \gamma_{Q.1} \cdot Q_{k.1} + \gamma_{Q.i} \cdot \psi_{0.sne} \cdot F_{S.l} + \gamma_{Q.i} \cdot \psi_{0.3tagrum} \cdot q_{nt.l} = 18.021 \frac{kN}{m}$$

$$q_{b6.2} := \xi \cdot \gamma_{G,j} \cdot G_{k.2} + \gamma_{Q.1} \cdot Q_{k.1} + \gamma_{Q.i} \cdot \psi_{0.sne} \cdot F_{S.l} + \gamma_{Q.i} \cdot \psi_{0.3tagrum} \cdot q_{nt.l} = 21.699 \frac{kN}{m}$$

Der kan så opstilles en statisk model, ud fra linjelasten og spændvidden for bjælken:



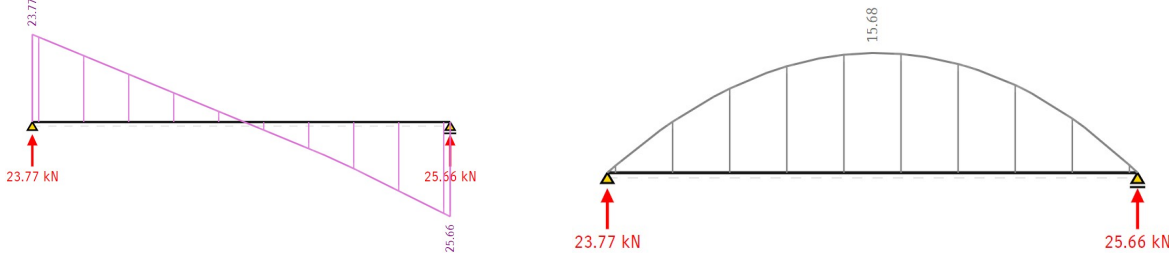
Reaktionerne kan bestemmes, ved at løse for udtrykket, når $M = 0$:

$$R_A := R_A \cdot 2.6 \text{ m} - q_{b6.1} \cdot 1.9 \text{ m} \cdot 1.65 \text{ m} - q_{b6.2} \cdot 0.7 \text{ m} \cdot 0.35 \text{ m} = 0 \xrightarrow[\text{float, 3}]{\text{solve, } R_A} \frac{23.8 \cdot \text{m} \cdot \text{kN}}{\text{m}} = 23.8 \text{ kN}$$

R_B bestemmes:

$$R_B := -R_B \cdot 2.6 \text{ m} + q_{b6.1} \cdot 1.9 \text{ m} \cdot 0.95 \text{ m} + q_{b6.2} \cdot 0.7 \text{ m} \cdot 2.25 \text{ m} = 0 \xrightarrow[\text{float, 3}]{\text{solve, } R_B} \frac{25.7 \cdot \text{m} \cdot \text{kN}}{\text{m}} = 25.7 \text{ kN}$$

V- og M-kurverne er tegnet med hjemmesiden structural-analys.com:



Maksmomentet kan bestemmes ved først at finde, hvor langt ude på bjælken maksmomentet ligger. Dette bestemmes ved at finde 0-punktet på V-kurven, så løse for længden (x):

$$V_0 := R_A - q_{b6.1} \cdot x = 0 \xrightarrow[\text{float, 3}]{\text{solve, } x} 1.32 \cdot \text{m}$$

Altså ligger maksmomentet 1.32 m ude på bjælken. Dette anvendes så til at bestemme maksmomentet:

$$M_{Maks} := R_A \cdot 1.32 \text{ m} - q_{b6.1} \cdot 1.32 \text{ m} \cdot \frac{1.32 \text{ m}}{2} = 15.717 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Limtræsbjælken klassificeres som "indendørs", eller anvendelsesklasse 1. Det regningsmæssige styrketal kan så fastlås til:

$$f_{m.d} := 19.4 \text{ MPa} \quad \text{Ud fra at limtræsbjælken vælges som en GL28c. (TS. 25. udgave s. 295)}$$

$$\text{Modstandsmomentet } W_y \text{ kan så bestemmes ved } W_y := \frac{M_{Maks}}{f_{m.d}}:$$

$$W_y := \frac{M_{Maks}}{f_{m.d}} = (8.101 \cdot 10^5) \text{ mm}^3$$

$$\text{Altså et modstandsmoment på } W_y := 810 \cdot 10^3 \text{ mm}^3.$$

Der kan så vælges en limtræsbjælke på 90x267 mm (TS. Tabel 7.8)

$$\text{clear } (R_A, R_B)$$

Beregning af stålbjælke

Stålbjælken ligger over indgangspartiet ved hoveddøren (Se murmålsplan).

Bjælken skal optage laster fra det lette etagedæk, trempelvæggen og tagkonstruktionen.

Bjælken har en spændvidde på $l_b := 2 \text{ m}$.

Lasterne regnes som jævnt fordelte, selvom der måtte opnås større præcision med punktlaster. Der ses bort fra bjælkens egenvægt.

Lasterne opskrives:

Permanente laster:

Tagkonstruktion: $q_{t,l} = 7.658 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Trempelvæg: $q_{tr,l} = 0.689 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Let etagedæk: $q_{ld,l} = 1.502 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Samlet permanent last: $G_{k,1} := q_{t,l} + q_{tr,l} + q_{ld,l} = 9.849 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Variable laster:

Nyttelast fra let etagedæk: $q_{n1,l} = 4.14 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Dominerende variable last = $Q_{k,1} := q_{n1,l}$

Nyttelast fra tagrum: $q_{nt,l} = 1 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Snelast: $F_{S,l} = 1.6 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$

Koefficienter:

Reduktionsfaktoren for ugunstige permanente laster, $\xi := 1.0$ Tabel A.1.2 (B) NA s. 41

Koefficient for egenlast, $\gamma_{G,j} := 1.0$ Tabel A.1.2 (C) NA s. 42

Koefficient for dominerende variable last: $\gamma_{Q,1} := 1.5$ Tabel A.1.2 (C) NA s. 42

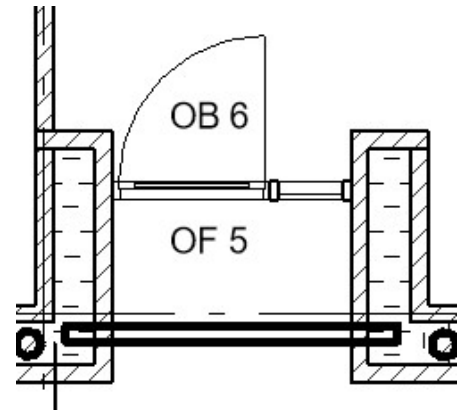
Koefficient øvrige variabel laster: $\gamma_{Q,i} := 1.5$ Tabel A.1.2 (C) NA s. 42

Koefficient for snelast, $\psi_{0,sne} := 0.3$ Tabel A.1.1 NA s. 38

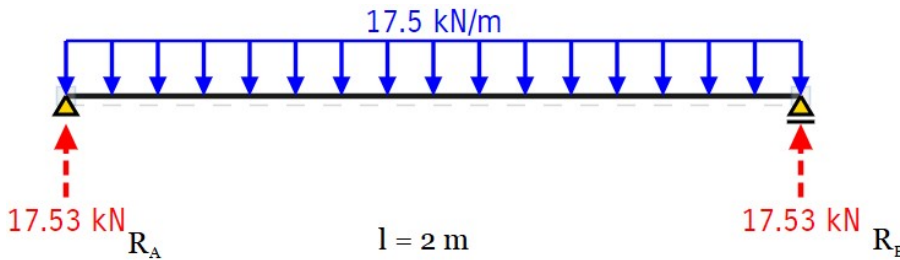
Koefficient for nyttelast tagrum: $\psi_{0,tagrum} := 0.5$ Tabel A.1.1 NA s. 38

Linjelasten på stålbjælken kan så udregnes:

$$q_{stål} := \xi \cdot \gamma_{G,j} \cdot G_{k,1} + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,sne} \cdot F_{S,l} + \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,3tagrum} \cdot q_{nt,l} = 17.529 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$



Der kan så opstilles en statisk model, ud fra linjelasten og spændvidden for bjælken:



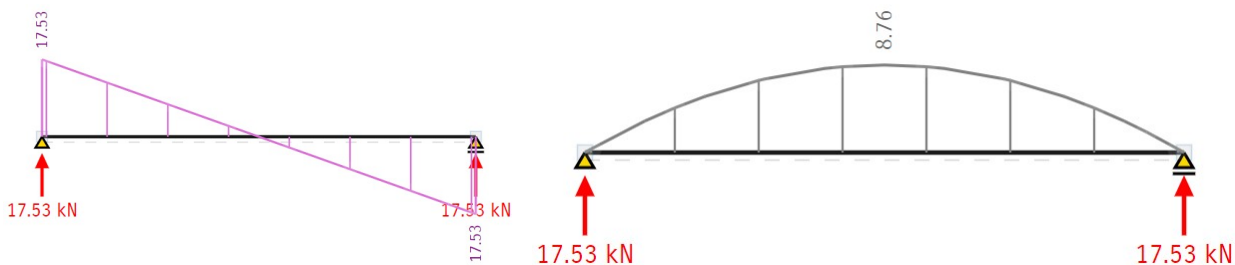
Reaktionerne kan bestemmes, ved at løse for udtrykket, når $M = 0$:

$$R_A := R_A \cdot 2 \text{ m} - q_{\text{stål}} \cdot 2 \text{ m} \cdot \frac{2 \text{ m}}{2} = 0 \xrightarrow{\text{solve}, R_A} \frac{17.529112626127642 \cdot \text{m} \cdot \text{kN}}{2} = 17.529 \text{ kN}$$

Da det kun er jævnt fordelt last der regnes med, som spænder over hele bjælken, er $R_B := R_A$:

$$R_A = 17.529 \text{ kN} \quad R_B = 17.529 \text{ kN}$$

V- og M-kurverne er tegnet med hjemmesiden structural-analyser.com:



Maxmomentet kan i denne situation bestemmes ved formelen:

$$M_{\text{Maks}} = \frac{1}{8} \cdot q \cdot l^2$$

Hvor q er den jævnt fordelte belastning, og l er længden af bjælken:

$$M_{\text{Maks}} := \frac{1}{8} \cdot q_{\text{stål}} \cdot l_b^2 = 8.765 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Der vælges en stålbjælke i styrkeklasse S235 med godstykkelse under 16 mm, dvs. $f_y := 235 \text{ MPa}$ (TS. Tabel 6.2, s. 204)

Partialkoefficienten sættes til $\gamma_{M2} := 1.35$ (TS. Tabel 6.1, s. 203)

Det regningsmæssige styrketal kan bestemmes:

$$f_{y,d} := \frac{f_y}{1.35} = 174.074 \text{ MPa}$$

Modstandsmomentet W_y kan så bestemmes ved $W_{el,y} := \frac{M_{\text{Maks}}}{f_{y,d}}$:

$$W_y := \frac{M_{\text{Maks}}}{f_{y,d}} = (5.035 \cdot 10^4) \text{ mm}^3$$

Altså et modstandsmoment på $W_y := 50 \text{ mm}^3$.

Der kan så vælges en HEB100 på 100x100 mm (TS. Tabel 6.8, s. 217)

Beregning af stålsøjle

For en søjle der skal holde limtræsbjælke B6.

Der er allerede regnet reaktioner for bjælken:

$$R_A := 23.8 \text{ kN} \text{ og } R_B := 25.7 \text{ kN}$$

Anvendes der Teknisk ståbi, er der allerede en tabel med regningsmæssige værdier for stålsøjler (TS. Tabel 6.35, s. 255)

For et kvadratisk stålrør med en knæklængde på 3 m , vil det være tilstrækkeligt med en godstykkelse på 3 mm og en sidelængde på 50 mm , ud fra en maks regningsmæssig bærevne på 34 kN .

Knud Ahler dimensionering

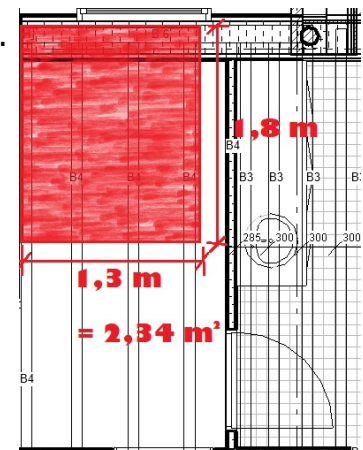
For resten af projektet er der anvendt Knud Ahlers bog "Dimensionering med diagrammer". Bjælker og søjler dimensioneret ud fra dette værk, vil være overdimensionerede, men processen i dimensioneringen er hurtigere.

Et eksempel kunne være den ene søjle, der holder limtræsbjælke B6 (Se bjækeplan).

Lastgruppen vælges som "Boliglast" og materialet vælges som kvadr. stålrør. (Knud Ahler, s. 12)

Ud fra tabel (Knud Ahler, s. 143) kan det ses at et stålrør med dimensionen $80 \times 80 \text{ mm}$ kan tage ca. 15 m^2 lastopland, hvis den 3 m høj. Altså nok til kravet der stilles.

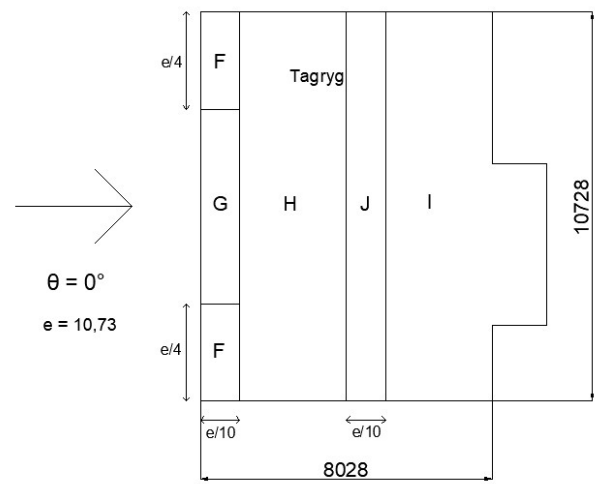
Altså kan der så anvendes et kvadr. stålrør af $80 \times 80 \text{ mm}$ til dette.



Vindlast

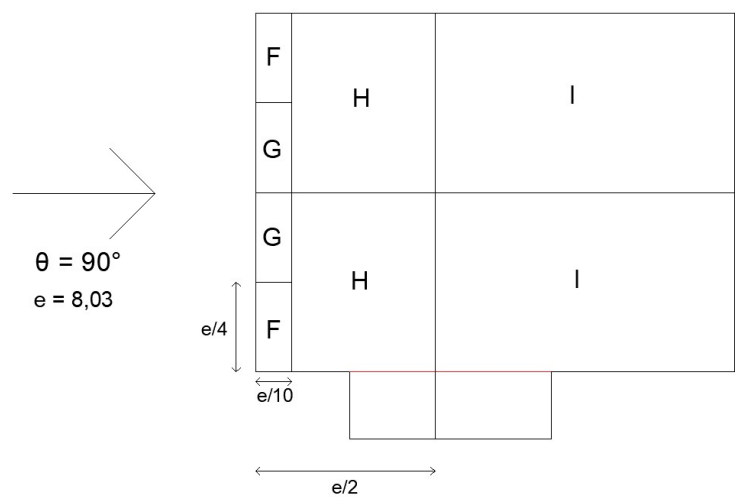
Huset vurderes til Terrænkategori III, men vælges til II, for at være på den sikre side.

Peakhastighedsstrykket, $q_p(z)$, kan så aflæses til $q_{pz} := 0.78 \frac{kN}{m^2}$. (Eurocode Figur 4.2)



Sug og tryk for $\theta = 0^\circ$, $c_{pe.10}$ (Eurocode 1, Tabel 7.4a)

	Formfaktor tryk	Formfaktor sug	Karr. Tryk	Karr. Sug
F	0,7	0	$0,78 \cdot 0,7 = 0,546 \text{ kN/m}^2$	0 kN/m^2
G	0,7	0	$0,78 \cdot 0,7 = 0,547 \text{ kN/m}^2$	0 kN/m^2
H	0,6	0	$0,78 \cdot 0,6 = 0,468 \text{ kN/m}^2$	0 kN/m^2
I	0	-0,2	0 kN/m^2	$0,78 \cdot (-0,2) = -0,156 \text{ kN/m}^2$
J	0	-0,3	0 kN/m^2	$0,78 \cdot (-0,3) = -0,234 \text{ kN/m}^2$



Sug for $\theta = 90^\circ$, $c_{pe.10}$ (Eurocode 1, Tabel 7.4b)

	Formfaktor sug	Karr. Sug
F	-1,1	$0,78 \cdot (-1,1) = -0,858 \text{ kN/m}^2$
G	-1,4	$0,78 \cdot (-1,4) = -1,092 \text{ kN/m}^2$
H	-0,9	$0,78 \cdot (-0,9) = -0,702 \text{ kN/m}^2$
I	-0,5	$0,78 \cdot (-0,5) = -0,39 \text{ kN/m}^2$