



TEKNOLOGISK
INSTITUT

PRAKTISK PROJEKTERING EKSEMPEL

PRAKTISK PROJEKTERING – EKSEMPEL

FORUDSÆTNINGER



TEKNOLOGISK
INSTITUT

Dette eksempel er tilrettet fra et kursus afholdt i 2014:

- Fra arkitekten fås: Plantegning, opstalt, snit (og detaljer). Tegninger fra HusCompagniet anvendes (Vinkel_135)
- Lastkategori. Husk skal være rimeligt gældende i 1 km omkreds (huset her regnes beliggende i lastkategori II, Landbrugsland)
- Lodret last: Sættes her til -1,8 til 12 kN/m for alle bagvægge (-1,8 forankres i fundamentet)
- Vindlast vinkelret på vægfeltet – behandles senere
- Vindlast skivevirkning: 4,8 kN/m i niveau med rem (estimat)

Beregninger i www.EC6design.com

Brugernavn = Password = Kursus2014 (reference til komponenter er angivet som → modul/komponentnavn)

PRAKTISK PROJEKTERING – EKSEMPEL

BESTEMMELSE AF STYRKEPARAMETRE



TEKNOLOGISK
INSTITUT

Bagmuren: Der anvendes murværk med høje styrkeparametre. Dvs.:

- Murværk med deklarerede parametre (nyeste: Mail: pdcc@teknologisk.dk)
- Porebeton (deklarerede værdier på hjemmesider) (www.Xella.dk og www.HplusH.dk)
- Funktionsmørtel (typisk $f_{m,xk1} = 0,25$ MPa)
- Mørtel ud fra TEGL 24 ($f_{m,xk1} \geq 0,25$ MPa)

I dette eksempel regnes med dekl. styrkepar. for Rød BS fra Gandrup, RT (med KC50/50/700 – tør):

Tekniske data for murværk af Røde blødstrøgne, Gandrup Teglværk. Karakteristiske styrkeparametre:		Gandrup røde blødstrøgne opmuret med tørmørtel*		
Parametre	Symbol	KC 50/50/700	KC 35/65/650	Enhed
Trykstyrke	f_k	7,11	9,33	MPa
Elasticitetsmodul	E_{0k}	3712	4869	MPa
Bøjningstrækstyrke	f_{xk1}	0,63	0,77	MPa
Bøjningstrækstyrke	f_{xk2}	0,78	0,78	MPa
Kohæsion	f_{vk0}	0,63	0,77	MPa
Friktion	μ_k	1,00		
Mørteltrykstyrke	f_m	2,51	6,2	MPa
Stentrykstyrke	f_b	20		MPa

* tørmørtel uden luftblandingsmidler eller andre tilsætningsstoffer som beskrevet i TEGL 24

PRAKTISK PROJEKTERING – EKSEMPEL

BESTEMMELSE AF STYRKEPARAMETRE



TEKNOLOGISK
INSTITUT

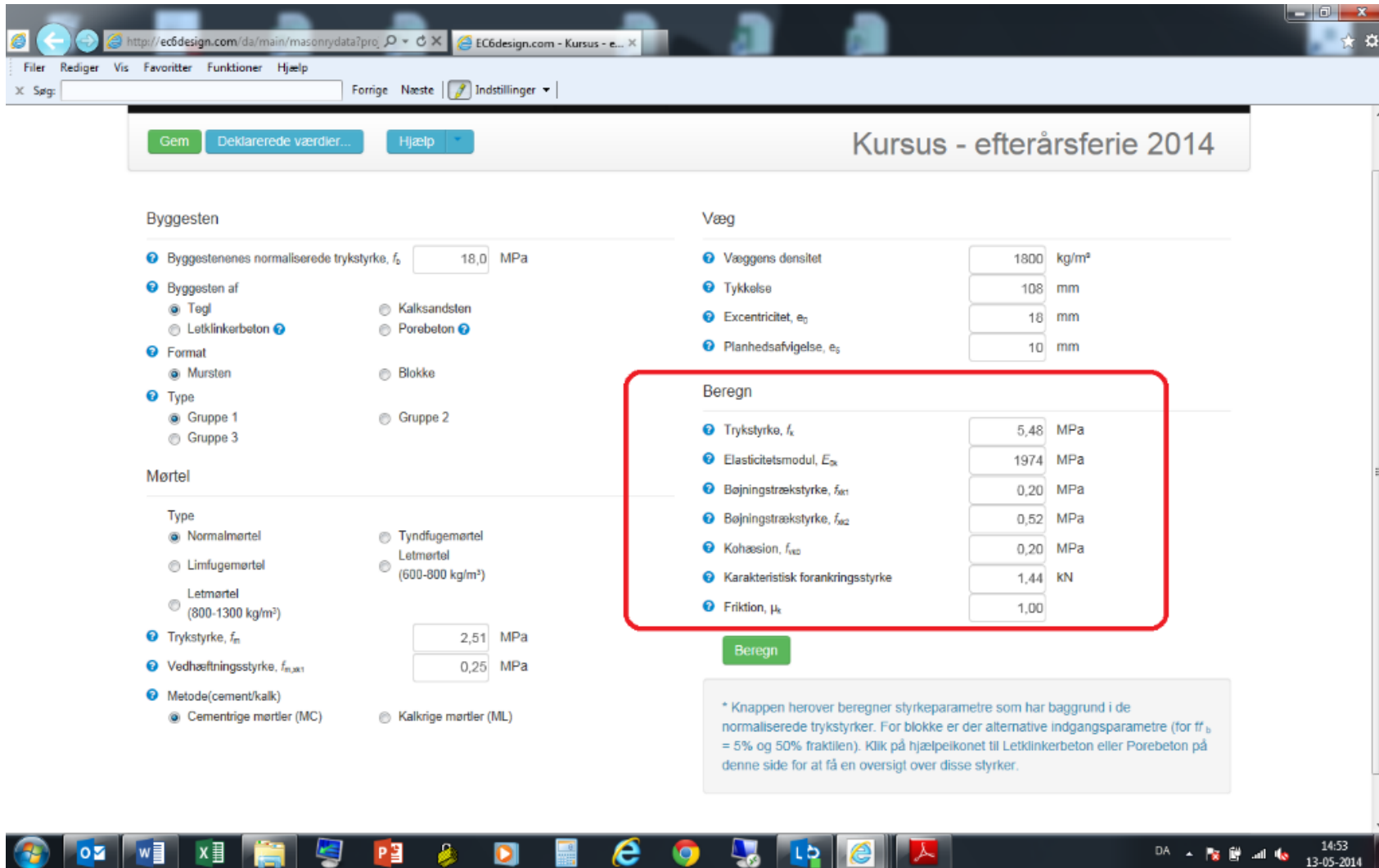
Formuren: Er typisk en specialsten, hvor kun trykstyrken er deklareret. Her forudsættes også anvendt KC 50/50/700 – tørmørtel (som i bagmuren) samt $f_b = 18$ MPa.

Fra TEGL 24 fås konservativt $f_{m,xk1} = 0,25$ MPa.

Fra www.EC6design.com (→ fane Murværk) fås følgende styrkeparametre:

PRAKTISK PROJEKTERING – EKSEMPEL

BESTEMMELSE AF STYRKEPARAMETRE



Kursus - efterårsferie 2014

Byggesten

- Byggestenenes normaliserede trykstyrke, f_b : 18,0 MPa
- Byggesten af
 - Tegl
 - Letklinkerbeton
 - Kalksandsten
 - Porebeton
- Format
 - Mursten
 - Blokke
- Type
 - Gruppe 1
 - Gruppe 2

Mørtel

- Type
 - Normalmørtel
 - Limfugemørtel
 - Letmørtel (800-1300 kg/m³)
 - Tyndfugemørtel Letmørtel (600-800 kg/m³)
- Trykstyrke, f_m : 2,51 MPa
- Vedhæftningsstyrke, $f_{m,k1}$: 0,25 MPa
- Metode(cement/kalk)
 - Cementrige mørtler (MC)
 - Kalkrige mørtler (ML)

Væg

- Væggens densitet: 1800 kg/m³
- Tykkelse: 108 mm
- Excentricitet, e_0 : 18 mm
- Planhedsafvigelse, e_s : 10 mm

Beregn

- Trykstyrke, f_k : 5,48 MPa
- Elasticitetsmodul, E_{sk} : 1974 MPa
- Bøjningstrækstyrke, f_{sk1} : 0,20 MPa
- Bøjningstrækstyrke, f_{sk2} : 0,52 MPa
- Kohæsion, f_{k12} : 0,20 MPa
- Karakteristisk forankringsstyrke: 1,44 kN
- Friktion, μ_k : 1,00

Beregn

* Knappen herover beregner styrkeparametre som har baggrund i de normaliserede trykstyrker. For blokke er der alternative indgangsparametre (for $f_b = 5\%$ og 50% fraktilen). Klik på hjælpeikonet til Letklinkerbeton eller Porebeton på denne side for at få en oversigt over disse styrker.

PRAKTISK PROJEKTERING – EKSEMPEL

BESTEMMELSE AF STYRKEPARAMETRE



TEKNOLOGISK
INSTITUT

Hermed er styrkeparametre for bagmur (blå tal) og formur (rød firkant) bestemt.

Styrkeparametre kan være noget kompliceret at bestemme for teglmurværk.

PRAKTISK PROJEKTERING – EKSEMPEL

FORDELING AF VINDLAST



Bestemmelse af vindlast iht. EN 1991-4. Beregnes ikke i detaljer her, da dette ikke er murværksrelateret. Følgende laster er bestemt:

Tabel 1. Vindlaster i kN/m²

Placering	Udvendig vindlast	Indvendig vindlast	Total vindlast (q _{Ed})	Vindlast bagmur (69%) (q _{Ed,bagmur})
Hjørnefelt 0 – 3 m	1,26	0,15	1,41	0,97
Hjørnefelt 0 – 4 m	1,16	0,15	1,31	0,90
Hjørnefelt 0 – 5 m	1,09	0,15	1,24	0,85
Hjørnefelt 0 – 6 m	1,04	0,15	1,19	0,82
Midterfelt* 3 – 6 m	-0,80	-0,23	-1,03 (tryk)	0,71

* → Lastberegning/Vindlast

(Afstandene for hjørnefelt og midterfelt angives i Lastmodulet/Aktuel væg)

Når muren er udformet som:

- tegl/tegl (eller porebeton/porebeton) løsning, kan vindlasten fordeles efter kapaciteterne (mest gunstigt)
- tegl/porebeton fordeles vindlasten efter stivhederne (E-modulerne).

Kapaciteten af et vægfelt regnes nogenlunde proportionalt med: $2 \times f_{xk1} + f_{xk2}$

Formuren regnes således at optage følgende andel af vindlasten (Andel_{Rd,formur}):

$$\begin{aligned} \text{Andel}_{Rd,formur} &= (2 \times 0,20 + 0,52) / [(2 \times 0,63 + 0,78) + (2 \times 0,20 + 0,52)] \\ &= 31 \% \end{aligned}$$

Bagmuren skal således optage 69 % af vindlasten (+ den lodrette last) og kun denne dimensioneres.

PRAKTISK PROJEKTERING – EKSEMPEL

KRITISKE TVÆRBELASTEDE VÆGFELTER

Åbninger i fuld højde (på A3 tegninger) er markeret med (F)

Tabel 2. Oversigt over kritiske tværbelastede vægfelter

Væg	Længde (mm)	Vindlast (kN/m ²)	Antal under støtninger	Udnyttelsesgrad (%)	Bemærkninger
I	3480+408/2 = 3684	$4446/3684 \times 0,82$ (vind: 0-6 m) = 0,99	3	65 (→TVR/Væg I)	Lodret understøtning kunne regnes indspændt, da dette er indadgående (samme fortegn på laster). Ækvivalent tværlast: 0,69 kN/m ² (→TVR/Væg I m lodret last)
II	545 (målt midt i bagvæg)	$([2 \times (1510/2) \times (1/\sqrt{2}) + 545]/545) \times 0,97 = 2,87$	2	147 (→TVR/Væg II)	Regnes som komplekst tværsnit t_{eff} bestemmes til 151 mm. Se senere afsnit. Bæreevne ikke tilstrækkelig. Udføres som EPS søjle
III	4524 (målt på tegning)	0,88 (vind midlet mellem 0-4 m og 0-5 m)	4	57 (→TVR/Væg III)	Ækvivalent tværlast: 0,68 kN/m ² (→TVR/Væg III m lodret last)

Disse 3 vægfelter regnes for de kritiske.

Det ses, at det generelt er enklere at eftervise bæreevnen, når der anvendes deklarerede værdier.

PRAKTISK PROJEKTERING – EKSEMPEL

EVENTUEL SØJLEVIRKNING

Vægfelt I, II og III gennemregnes tillige for lodret last:

Tabel 3. Oversigt over lodret belastede vægge

Væg	Lodret last (kN/m)	Antal understøtninger	Udnyttelsesgrad (%)	Bemærkninger
I	$4446/3684 \times 12$ = 14,5	3	9 (→LBMV/Væg I)	*For væg III kunne søjlehøjden reduceres ved en nøjagtig beregning.
II	Regnes som EPS-søjle. Se senere afsnit			Se http://www.murtag.dk/fileadmin/filer/Laerebog/Del_1_afsnit_1-3_2012.pdf
III	$4524/(4524 - 2 \times 910) \times 12$ = 20,1	2*	14 (→LBMV/Væg III)	afsnit 3.6

PRAKTISK PROJEKTERING – EKSEMPEL

EVENTUEL SØJLEVIRKNING



Vederlagsfladen er regnet fra -50 mm til 50 mm, da der er foreskrevet en rem 38×100 mm.

Såfremt bæreevnen ønskes forøget for vægfelt III, kunne de lodrette false ved vinduerne udføres i fuld højde, hvorved der kan regnes med en forøget tykkelse jf. EN 1996-1-1, tabel 5.1.

Her fås:

$$L_{\text{eff}} = 3510$$

Ratio of pier spacing to pier width: $(3510/3)/108 = 10,8$

Ratio of pier depth to actual thickness: $228/108 = 2,11$

Fra tabel 5.1 fås

$$t_{\text{eff}} = 1,2 \times 108 = 130 \text{ mm}$$

Dvs. beregningerne kunne foretages med $t_{\text{eff}} = 130$ mm (i stedet for $t = 108$ mm), men er ikke nødvendig her.

Table 5.1 — Stiffness coefficient, ρ , for walls stiffened by piers, see figure 5.2

Ratio of pier spacing (centre to centre) to pier width	Ratio of pier thickness depth to actual thickness of wall to which it is bonded		
	1	2	3
6	1,0	1,4	2,0
10	1,0	1,2	1,4
20	1,0	1,0	1,0

NOTE Linear interpolation between the values given in table 5.1 is permissible.

PRAKTISK PROJEKTERING – EKSEMPEL

LODRETTE FORANKRINGER



TEKNOLOGISK
INSTITUT

Ved udadgående hjørner anvendes Ø10 gevindstænger. Ellers bånd pr. maksimalt 3,0 m.
Alle lodrette forankringer opstrammes.

Der kan regnes med følgende regningsmæssige kapaciteter:

Tabel 4. Regningsmæssige kapaciteter af forankringer (kN). Fra SBI 189

Forankringstype	Kapacitet (kN)
2 × 25 bånd	7,8
2 × 40 bånd	11,7
Ø10 stang	$11,7 = \pi/4 \times 10^2 \times 180/1,2$
2 × 60 bånd	17,6

Over 3 m fås følgende maksimale opadrettede last: $3 \times 1,8 = 5,4 < 7,8$ kN.

Det ses, at der er en "restkapacitet", som kan anvendes ifm. beregning af vægfelterne som stabiliserende skiver:

$$2 \times 25 \text{ mm bånd: } 7,8 - 5,4 = 2,4 \text{ kN}$$

$$\text{Ø10 stang: } 11,7 - 5,4 \text{ kN} = 6,3 \text{ kN}$$

Ø10 stænger anvendes i udadgående hjørner, da disse områder er mest belastet og gevindstænger typisk er bedre opstrammede ift. bånd.

Bemærk på tegning er der lidt kortere mellem forankringer i S- og V-facade ift. N- og Ø-facade.

PRAKTISK PROJEKTERING – EKSEMPEL

STABILITET (GLIDNING, VÆLTNING, TRÆKSTRINGER)

Stabilitet opdeles i 3 afsnit:

- Glidning, væltning og trækstringer.

Glidning og væltning er brudtyper for et intakt element, mens punktet "trækstringer" repræsenterer et indre brud i skiven (også andre brudtyper i elementet muligt, ex. forskydningsbrud).

Glidning: Glidning forhindres enten med vinkelbeslag (eller anden mekanisk samling) eller med en kohæsionssamling, som fx er:

Mørtel-pap-mørtel samling: Styrkeparametre: $f_{vk0,samling} = 0,4 \times f_{vk0}$ og $\mu_k = 0,4$

Lim-pap-lim samling: Styrkeparametre: $f_{vk0,samling} = 0,2 \text{ MPa}$ og $\mu_k = 0,4$

Lim-pap-mørtel samling Styrkeparametre: $f_{vk0,samling} = \text{minimum}(0,2 \text{ MPa}, 0,4 \times f_{vk0})$ og $\mu_k = 0,4$

Her vælges en lim-pap-mørtel samling:

Styrkeparametre: $f_{vk0,samling} = \text{minimum}(0,2 \text{ MPa}, 0,4 \times 0,63)$ og $\mu_k = 0,4$
 $f_{vk0,samling} = 0,2 \text{ MPa}$ og $\mu_k = 0,4$

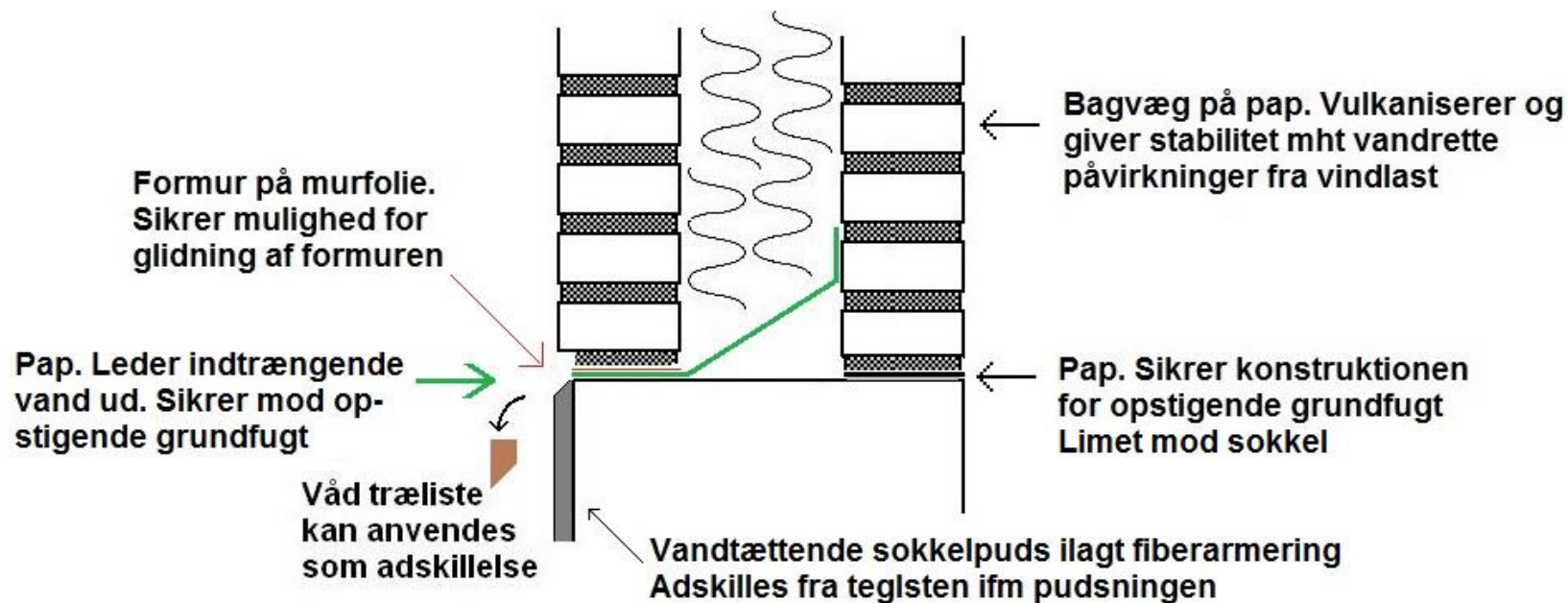
Parametre anvendes i skivemodulet. Kapaciteten for glidningen er:

$$F_{Rd,glidning} = (0,2/1,7) \times 108 \\ = 12,7 \text{ kN/m og er normalt uproblematisk}$$

PRAKTISK PROJEKTERING – EKSEMPEL

STABILITET (GLIDNING, VÆLTNING, TRÆKSTRINGER)

Soklen udføres som vist her (lim under pap ikke vist):



PRAKTISK PROJEKTERING – EKSEMPEL

STABILITET (GLIDNING, VÆLTNING, TRÆKSTRINGER)



TEKNOLOGISK
INSTITUT

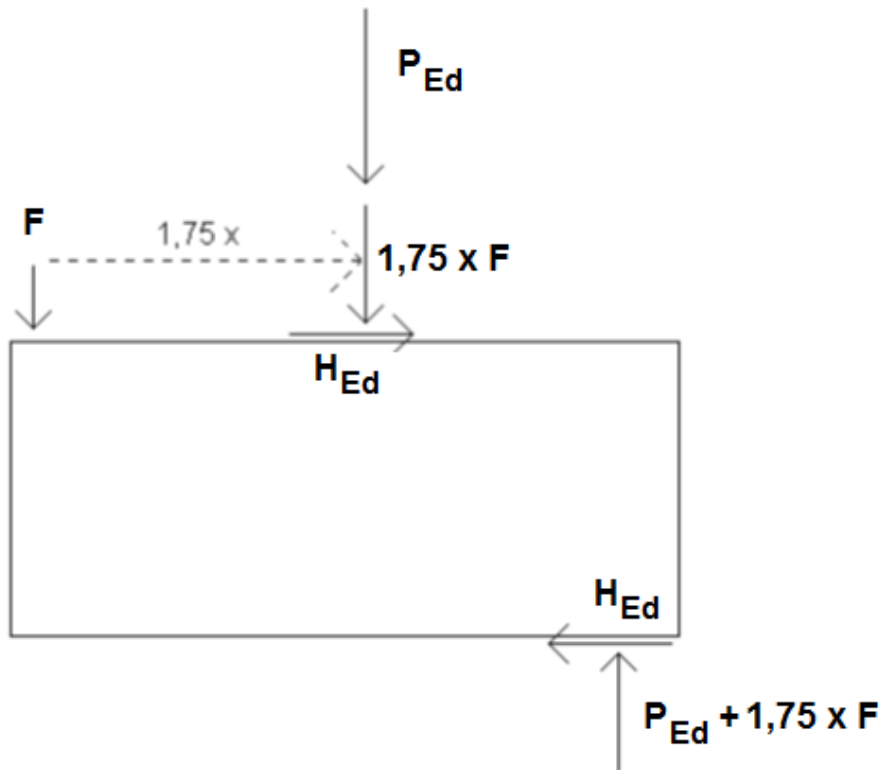
Væltning: Hvis væltning er aktuel indsættes forankring, fx i form af Ø10 stang, der monteres i hulmuren eller indfræses i enderne/siderne (monteres i plastikrør således, at det kan løbe frit i væggen) og indstøbes i jbt. fundament.

Beregning: Forankringskraften påsættes som normalkraft i midten af væggen. Kraften multipliceres med 1,75, når der forankres i enderne, da kraften i beregningen flyttes til ugunst (se næste slide).

Bemærk, anvendes kohæsionssamling beregnes kraften svarende til $\sigma = \max 200 \text{ MPa}$ for at undgå for kraftige tøjninger af stålet. Det forudsættes at forankringen er opspændt ved opførelsen af byggeriet (således at σ "før væltning" er 100 – 150 MPa)

PRAKTISK PROJEKTERING – EKSEMPEL

STABILITET (GLIDNING, VÆLTNING, TRÆKSTRINGER)



Bemærk: Forankringskraften for "slap armering" aktiveres kun ved væltning. Glidning skal undersøges separat. Dvs. uden den aktuelle last ($1,75 \times F$). Væggens højde kan her i en eventuel glidningsundersøgelse sættes til 0,20 m for at sikre, at væltning ikke bliver dimensionsgivende.

PRAKTISK PROJEKTERING – EKSEMPEL

STABILITET (GLIDNING, VÆLTNING, TRÆKSTRINGER)

Trækstringer. Trækstringer optager trækspændinger som uundgåeligt fremkommer i overside af væg.

- Små trækspændinger kan optages af murværket (2,4 kN for 108 mm teglmurværk) eller (4,8 kN for 100 mm, densitet 535 kg/m³ porebeton)
- Større spændinger optages af armering. Fx Murtec 2×3,7 mm/850 MPa: $T_{Rd} = 2 \times 850 \times \pi/4 \times 3,7^2 / 1,2 = 15 \text{ kN}$ pr. stk. der indlægges fx i næstøverste fuge

Beregning: Længde på største facade er: 13,73 m hvorved følgende samlede stabiliserende last (N-S retning) beregnes til:

$$\begin{aligned} Q_{Ed} &= 13,73 \text{ m} \times 4,8 \text{ kN/m} \\ &= 65,9 \text{ kN} \end{aligned}$$

I huset er der 9 vægge á cirka 2 m (mærket på tegning med V2). 5 vægge kan betragtes som havende en flange på minimum: 2 × 0,45 m (i den "gode" ende!).

Bærevnen (Q_{Rd}) fås til:

$$\begin{aligned} Q_{Rd2mvægge} &= 4 \times 3 \text{ kN} + 5 \times 5,8 \text{ kN} \quad (\rightarrow \text{Murskive/2 m væg u/flange} + \rightarrow \text{Murskive/2 m væg m/flange}) \\ &= 41 \text{ kN} \end{aligned}$$

PRAKTISK PROJEKTERING – EKSEMPEL

STABILITET (GLIDNING, VÆLTNING, TRÆKSTRINGER)

I huset er der tillige 2 vægge á cirka 3,2 m. Disse 2 vægge skal optage den resterende last:

$$\begin{aligned} Q_{Rd3,2mvægge} &= 65,9 \text{ kN} - 41 \text{ kN} \\ &= 24,9 \text{ kN} \end{aligned}$$

Væg V3A:

Som den lodrette last påsættes $1,75 \times 2,4 \text{ kN}$ (min. restkapacitet fra lodret forankring af tag m $2 \times 25 \text{ mm}$ bånd)

Det ses, at væg V3A kan optage $13,3 \text{ kN}$, da der her er flanger i begge sider (\rightarrow Murskive/3A: $3,2 \text{ m}$ væg med flange).

Væg V3B (vind fra Nord):

Som den lodrette last påsættes $1,75 \times 6,3 \text{ kN}$ (restkapacitet fra lodret forankring af tag med $\text{Ø}10$ stang)

Det ses, at væg V3B kan optage $16,6 \text{ kN}$, da der er flange i facaden (\rightarrow Murskive/3B: $3,2 \text{ m}$ væg med flange+ $\text{Ø}10$ rest).

Væg 3B (vind fra Syd):

Som den lodrette last påsættes $1,75 \times 11,7 = 20,5 \text{ kN}$ ($\text{Ø}10$ stang indfræses ved dobbeltdør, da der i denne side ikke er "restforankringer" eller flanger)

Det ses, at væg 3B kan optage $18,9 \text{ kN}$ (\rightarrow Murskive/3B: $3,2 \text{ m}$ væg + $\text{Ø}10$ (S)).

For både 3A og 3B skal der indlægges et stk. Murtec i næstøverste fuge.

Det ses at den samlede kapacitet for de 2 vægge er: $13,3 + \min(16,6 ; 18,9) = 29,9 \text{ kN} > 24,9 \text{ kN}$.