



Energirenovering af murede facader – beregningseksempel

Rødovre Boligselskab, Birkmosevej 32, Fælleshus



TEKNOLOGISK
INSTITUT

December 2016

Titel:

Energirenovering af murede facader – beregningseksempel
Rødovre Boligselskab, Birkmosevej 32, Fælleshus

Rekvirent:

EUDP-sekretariatet
Energistyrelsen
Amaliegade 44
1256 København K

Udarbejdet af:

Teknologisk Institut
Kongsvang Allé 29
8000 Aarhus C
Tlf. 7220 2000
Byggeri og Anlæg
Murværk
Arash Ehtesham, Abeline Køster, Linda J. Peitersen, Poul Christiansen

Kvalitetssikring:

Sagsansvarlig: Arash Ehtesham, tlf. 7220 1481, areh@teknologisk.dk

Godkendt af: Linda Jill Peitersen, tlf. 7220 2331, lip@teknologisk.dk

Opgave nr.: 2002857

Version nr.: 01

Dato: 31. december 2016

Resultater af Instituttets opgaveløsning beskrevet i denne rapport, herunder fx vurderinger, analyser og udbedringsforslag, må kun anvendes eller gengives i sin helhed, og må alene anvendes i denne sag.

Instituttets navn eller logo eller medarbejderens navn må ikke bruges i markedsføringsøjemed, medmindre der foreligger en forudgående, skriftlig tilladelse hertil fra Teknologisk Institut, Direktionssekretariatet.

Indhold

Indledning	3
Energirenovering	3
Modtagne tegninger	4
Modtagne oplysninger	4
Forudsætninger	5
Materialeparametre. Ny formur	5
Materialeparametre. Eksisterende murværk	6
Trykstyrke og E-modul	6
Bestemmelse af $f_{xk1,app}$ og $f_{xk2,app}$	6
Laster	7
Vindlast	7
Egenvægt fra betondæk	8
Lastforhold fra betonbjælke	9
Beregninger	9
Bindere i gavl trekant	9
Bindere i vægfelt	9
Tværsnit med flanger under renovering (dvs. efter afhugning af yderste sten)	10
Under renovering	10
Ydervæg. Minimum lodret last	10
Ydervæg. Maksimum lodret last	12
Ydervægge. Generelt	12
Efter renovering	12
Ydervæg. Minimum lodret last	12
Ydervæg. Maksimum lodret last	13
Dimensionering af EPS-søjler	14
Belastninger	14

Indledning

Teknologisk Institut, Murværk har ifm. projektet **ENERGIRENOVERING AF MUREDE ETAGEEJENDOMME** udført dette projekt vedrørende beregninger ifm. energirenoveringen af det udvalgte fælleshus.

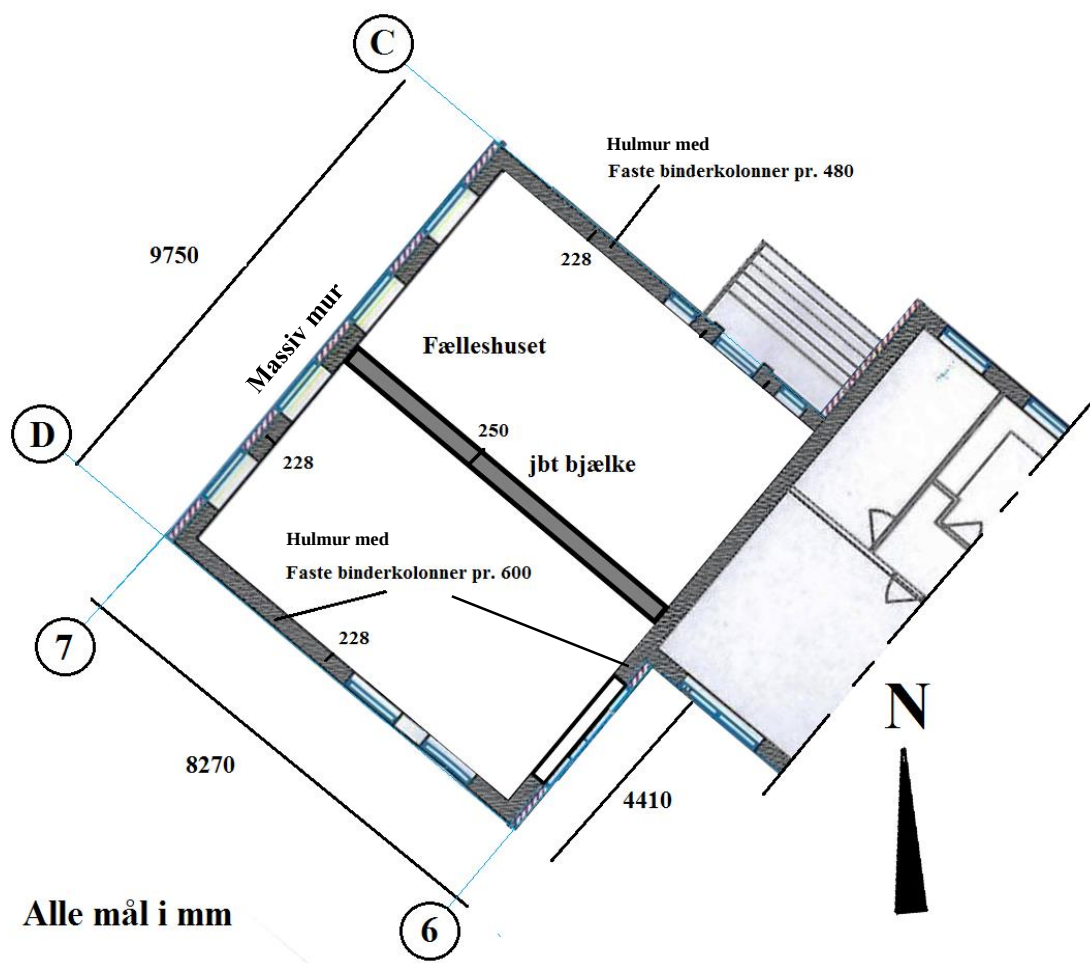
Denne dimensionering vedrører kun de energirenoverede ydermure på fælleshuset Birke-mosevej 32, Rødovre. Fælleshuset er en bygning i 1½-plan med kælder med murede vægge. Ydermuren er hulmur med faste bindere og tagkonstruktionen er saddeltag med hanebåndsspær. Etageadskillelsen er in-situ-støbt betondæk understøttet ved midte af en armeret betonbjælke. Fælleshuset er delvis bygget sammen med en boligblok. Se evt. billeder fra besigtigelse i bilag 1, s. 30.

Energirenovering

Energirenoveringen foretages efter følgende procedure:

- Indledningsvis monteres midlertidige afstivninger med stålsøjler fremrykket udvendigt på facaden, så den nye facade kan opmures bag om. Disse er vist på bilag 0. *Her er de markeret med M. Tillige er i bilaget EPS-søjlerne markeret med E.*
- Nye bindere indskrues indledningsvis i de yderste gavlspær og muren forankres i spærhovedet og hanebånd ved begge gavle, hvor disse er eksponeret for vindlast. Der indskrues Ø4 RF bindere (AISI 304) pr. 300 mm, såfremt den fri afstand vandret er mellem: 60-400 mm. Ved andre afstande foretages fornyet beregning.
- Formuren nedbrydes af den eksisterende hulmur således, at den eksisterende murs tykkelse ændres fra en tykkelse på 348 mm til 228 mm*.
- Det skal løbende undersøges, om der er lodrette fuger over hinanden i 3 fuger (eller mere) for at sikre forbandtet i murværket. I nødvendigt omfang indbores renoveringsbindere i hvert 2. skifte pr. 720 mm vandret mål (= 3. sten). Se bilag 1, s. 37 for skitser.
- Revnede sten i bagmuren udskiftes og fugerne udbedres med KC 50/50/700 umiddelbart efter afskrælningen. Fyldningsgraden skal være minimum 85 % jf. Murerhåndbogen 2016.
- Ny og bedre isolering placeres i hulrum og kritiske områder afstives med EPS-søjler efter koncept. Se bilag 13 for illustration.
- Ny formur opføres med tykkelse = 78 mm. Den nye facade er fremrykket 90 mm længere frem end eksisterende murværk.
- Ny formur bæres på konsoller, Se bilag 14 vedr. principskitser og beregninger fra Danakon A/S.
- Midlertidige afstivninger fjernes efter 28 døgn.

*) Facaderne, der er udført med faste bindere, står dog blot med ribber som vist i figur 1 på næste side.



Figur 1. Plantegning af fælleshuset

Modtagne tegninger

Til beregningerne er modtaget diverse ældre planer og opstalter. Disse fremgår af bilag 0, s. 17-18. Bemærk at beregningerne vedr. energirenoeringen kun foretages for fælleshuset på Birkemosevej 32, Rødovre. Fælleshuset ligger i modulområdet 6-7 og C-D.

Modtagne oplysninger

Danakon/Bent Lind har løbende og ifm. besigtigelse af ejendommen 08-12-2015 oplyst følgende:

- Byggeriet er beliggende i terrænkategori III (Forstad/parcelhuskvarter mv.).
- Byggeriet er udført med massive $1\frac{1}{2}$ -stens vægge i gavle og med hulmur med faste bindere i facader med centerafstand 600 mm i facade i modullinje og 480 mm i modullinje (se evt. figur 1).

- Gavl og facadeydervægge er understøttet af pladsstøbt armeret betondæk både over kælder og stue. Murværket er således simpelt understøttet (v. top og bund).
- De indvendige, på facaden tværgående vægge, regnes ikke virksomme.
- Både dæk og bjælke forudsættes at have vederlag på bagmuren.
- Dækket regnes at være udstøbt på alle 4 facader/gavle.
- Tykkelsen af betondæk 100 mm.

Forudsætninger

Der regnes efter Eurocode DS/EN 1996-1-1+A1:2014 og tilhørende nationale annekss DS/EN 1996-1-1 DK NA:2014.

Eventuel udskiftning af tagbeklædning foretages ikke samtidig med nedbrydning af formur og opbygning af EPS-søjler og ny formur (inkl. 28 døgns hærdetid).

Nyt murværk (dvs. formuren og den øverste del af gavltrekanen) antages opmuret af sten med $f_b \geq 20$ MPa og mørtel med $f_{mk1} \geq 0,25$ MPa (fx funktionsmørtel FM5 eller KC 50/50/700 tørmørtel).

Under renoveringen forudsættes, at der ikke er nyttelast på betondækket (dvs. fælleshuset afspærres/lukkes under renoveringen).

Stabilitet regnes ikke som værende kritisk. Formuren på 108 mm bliver udskiftet med en 78 mm formur, hvorved tykkelsen af muren reduceres med 30 mm og derved reduceres egenvægten. For det aktuelle byggeri vurderes dette ikke som værende kritisk, pga. byggeriets 2 jbt.dæk, lille bygning og gunstige beliggenhed.

5-døgnsvejrudsigten må ikke indeholde prognoser for vindhastigheder på $v_{b0} \geq 14,7^1$ m/s, som 10 minutters middelvindhastighed (dette svarer til hård vind).

Skulle renoveringen ikke være tilendebragt efter 5 døgn, skal der dagligt følges med i vejrudsigten, og såfremt prognosen overstiger "Hård vind", skal der på de ikke-færdige vægge (1/2-stens bagvægge) påmonteres afstivninger (blå-drenge eller lignende) iht. Byg-Erfa blad (21) 01 12 28. Ifm. projektet skal der derfor foreligge et "afstivningsprojekt" således, at de fornødne materialer, placeringer etc. forefindes på byggepladsen.

Materialeparametre. Ny formur

Værdier for f_{xk1} og f_{xk2} er bestemt vha. EC6design.com og angivet i bilag 9.

Her fås:

$$\begin{aligned} f_{xk1} &= 0,21 \text{ MPa} \\ f_{xk2} &= 0,55 \text{ MPa} \end{aligned}$$

¹ Se evt. tabel B.3.1. i Projekteringsanvisningen på mur-tag.dk

Materialeparametre. Eksisterende murværk

Trykstyrke og E-modul

Fra de indledende undersøgelser (rapport vedlagt i bilag 1) fås de regningsmæssige minimumstyrker til: $f_d = 3,8$ MPa og $E_{0d} = 512$ MPa.

Programmet EC6design.com anvendes til beregningerne. Her regnes der med en partialkoefficient $\gamma_c = 1,6$ og derfor regnes med følgende formelle karakteristiske værdier:

$$\begin{aligned} f_k &= 1,6 \times 3,8 \text{ MPa} &= 6,1 \text{ MPa} \\ E_{0k} &= 1,6 \times 512 \text{ MPa} &= 819 \text{ MPa} \end{aligned}$$

De indgående stens normaliserede trykstyrke er målt til: $f_b = 27,7$ MPa.

Bestemmelse af $f_{xk1,app}$ og $f_{xk2,app}$

Styrkerne beregnes ud fra notatet: http://www.mur-tag.dk/fileadmin/filer/Rapporter/Beregning_af_aeldre_murvaerk_Ver_2.0.pdf.

Ved anvendelse af programmet EC6design.com beregnes $f_{xk1,app}$ automatisk på baggrund af den til gunst virkende permanente lodrette last. Som inddata anvendes således:

$$f_{xk1} = 0,0 \text{ MPa}$$

Værdien for $f_{xk2,app}$ bestemmes manuelt i de enkelte beregninger på baggrund af den aktuelle værdi for σ_d . Tabel 3.7 i ovenstående notat er efterfølgende angivet i en udvidet version for $f_b = 27,7$ MPa, gældende for $f_{xk1} = 0$ MPa. Værdierne er bestemt ved interpolation af $f_{xk2,app}$ værdierne for hhv. $f_b = 25$ MPa og $f_b = 30$ MPa i tabel 3.7 i førnævnte notat.

Tabel 1. Beregning af ældre murværk. Udvidet tabel 3.7

$0,25\sigma_d$	$f_{xk2,app}$
0	0
0,01	0,03
0,02	0,07
0,03	0,11
0,04	0,14
0,05	0,17
0,06	0,21
0,07	0,24
0,08	0,28
0,09	0,31
0,1	0,34

σ_d : Regningsmæssig værdi for trykspredning i snit parallelt med liggefugen fra den aktuelle lastkombination som konstruktionen undersøges for.

Laster

Beregning af laster er foretaget i bilag 2A-2E:

- Under/efter renovering. Ydervæg: Bilag 2A (Bestemmelse af lodret last til gunst).
- (Bemærk bilag 2A er udført "i hånden", da EC6design.com ikke omfatter den lave regningsmæssige vindlast ifm. renovering, hvilket er relevant at medtage mht. sug på tag og dermed mindre lodret last på ydermur).
- Under renovering. Mellembjælke. Bilag 2B (Bestemmelse af lodret last til ugunst. Ingen nyttelast).
- Efter renovering. Ydervæg: Bilag 2C (Bestemmelse af lodret last til gunst og ugunst samt vindlast).
- Efter renovering. Mellembjælke og ydervæg. Bilag 2D (Bestemmelse af lodret last til ugunst. Inkl. nyttelast).
- Efter renovering. Vindlast kun i midterområde. Bilag 2E (Bestemmelse af vindlast ifm. søjle midt i gavl).

Vindlast

Under renovering

Her regnes med en minimumsværdi på $0,2 \text{ kN/m}^2$ for det karakteristiske hastighedstryk jf. NA til EN 1996-1-6. Den regningsmæssige vindlast i renoveringssituationen fås således til:

$$\begin{aligned} q_{d,temp,hjørner} &= (1,2 + 0,2) \times 1,5 \times 0,2 \text{ kN/m}^2 \\ &= 0,42 \text{ kN/m}^2 \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} q_{d,temp,midt} &= (0,8 + 0,2) \times 1,5 \times 0,2 \text{ kN/m}^2 \\ &= 0,30 \text{ kN/m}^2 \end{aligned} \quad (2)$$

Hjørneområdet regnes at have en udstrækning på $2,0 \text{ m}$.

Vindlasten regnes gældende, så længe der ikke varsles hård vind (eller mere). Metodikken er yderligere beskrevet i: http://www.mur-tag.dk/fileadmin/filer/EUDP-I_Parcel_Materiale/Baereevne_under_udfoerelse_V5.pdf.

Efter renovering

Fra bilag 2C fås:

$$\begin{aligned} q_d &= 1,14 + 0,14 \text{ kN/m}^2 \\ &= 1,28 \text{ kN/m}^2 \end{aligned} \quad (3)$$

Denne vindlast er beregnet for området $0\text{-}3\text{ m}$ fra hjørnet og regnes at gælde overalt på vægfelterne ifm. brudlinjeberegningerne.

Fra bilag 2E fås:

$$\begin{aligned} q_d &= 0,78 + 0,22 \text{ kN/m}^2 \\ &= 1,0 \text{ kN/m}^2 \end{aligned} \quad (4)$$

Denne vindlast er beregnet for området 3-5 fra hjørnet og regnes gældende for søjle placeret midt på gavlen.

Egenvægt fra betondæk

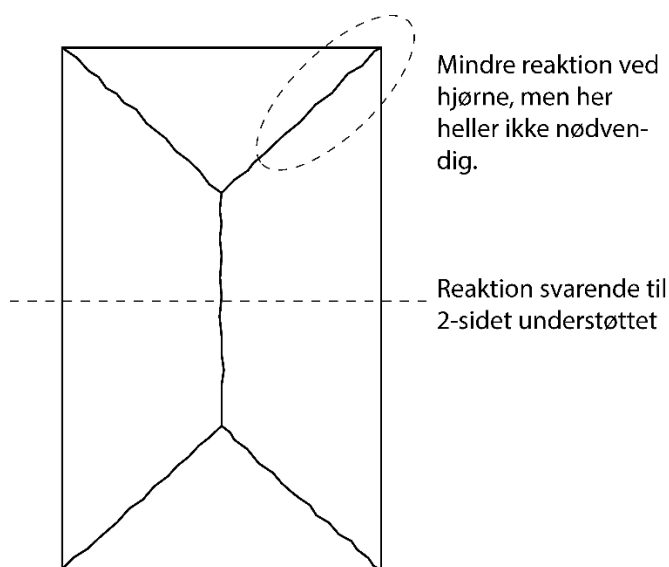
Tykkelsen af betondækket oven på væggene er oplyst til: 100 mm.

Den karakteristiske egenvægt sættes således til: $24 \text{ kN/m}^3 \times 0,10 \text{ m} = 2,4 \text{ kN/m}^2$, hvilket anvendes i beregningerne.

Da pladen er 4-sidet understøttet regnes med samme ensfordelte linjelast på alle 4 linjeunderstøtninger (3 ydervægge samt jbt.bjælke i midten) som hvis den havde været simpelt understøttet. Se figur 2.

Dette er konservativt, når den lodrette last er til ugunst.

Når den lodrette last er til gunst regnes unøjagtigheden opvejet af, at lasten fra pladefelterne er størst midt på væggen, hvor denne giver størst nytte.



Figur 2. Forhold for reaktioner

Lastforhold fra betonbjælke

Linjelasten på betonbjælken fås til:

Under renovering. Til ugunst.

Fra bilag 2B fås

$$P_{Ed} = 12 \text{ kN/m}$$

Reaktion fra betonbjælke på gavl:

$$\begin{aligned} N_{Ed} &= 4,135 \text{ m} \times 12 \text{ kN/m} \\ &= 49,62 \text{ kN} \end{aligned} \quad (5)$$

Efter renoveringen. Til ugunst:

Fra bilag 2D fås

$$P_{Ed} = 30,75 \text{ kN/m}$$

Maksimal punktlast på gavl:

$$\begin{aligned} N_{Ed} &= 4,135 \text{ m} \times 30,75 \text{ kN/m} \\ &= 127,15 \text{ kN} \end{aligned} \quad (6)$$

Beregninger

Beregningerne (i bilagene) er søgt omfangsmæssigt minimeret ved at undlade de "Generelle forudsætninger".

Rumvægten af murværket er skønnet til 17 kN/m^3 .

Bindere i gavltrekan

Differensbevægelserne skønnes til maksimalt 0,4 mm (indvendig væg).

Beregningerne er vedlagt som bilag 3 og 4. Det ses, at bæreevnen mindst er 0,446 kN for den fri længde i intervallet 60-400 mm, hvilket giver et muligt vederlagstryk/træk på gavltrekanen ($N_{Rd,gavl}$) på:

$$\begin{aligned} N_{Rd,gavl} &= 0,446 \text{ kN}/0,3 \text{ m} \\ &= 1,5 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

hvilket skønnes tilstrækkeligt for den aktuelle vindlast.

Bindere i vægfelter

Differensbevægelserne skønnes til maksimalt 2,0 mm (kort udvendig væg).

Beregningerne er vedlagt som bilag 5. Det ses, at bæreevnen mindst er 0,595 kN, hvilket giver en mulig lastoverførsel ved anvendelse af 4 bindere pr. kvm på ($N_{Rd,normal}$) på:

$$\begin{aligned} N_{Rd,normal} &= 4\text{stk/m}^2 \times 0,595\text{kN/stk} \\ &= 2,4 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

hvilket er tilstrækkeligt til den aktuelle vindlast.

Tværsnit med flanger under renovering (dvs. efter afhugning af yderste sten)

Bestemmelse af ækvivalent tykkelse

De ækvivalente tykkelser for de 2 ribbetværsnit er angivet i tabel 2:

Tabel 2. Angivelse af det effektive tværsnit (t_{eff}) i mm

Ribbeafstand (c/c)	Hovedsagelig vandret påvirkning	Lodret påvirkning, hvor I er afgørende
480	129	171
600	119	164

Beregning for ribbeafstand (c/c) = 600 er angivet i bilag 6.

Under renovering

Ydervæg. Minimum lodret last

Facade mod syd betragtes som værende kritisk. Beregning er foretaget i bilag 7.

Parametre

Lodret last:

Fra bilag 2A fås $N_{Ed,midt,inf} = 9,63 \text{ kN/m}$

$f_{xk2,app}$: Den til gunst virkende spænding σ_d fås til:

$$\begin{aligned} \sigma_d &= 9,63/119 \\ &= 0,08 \end{aligned}$$

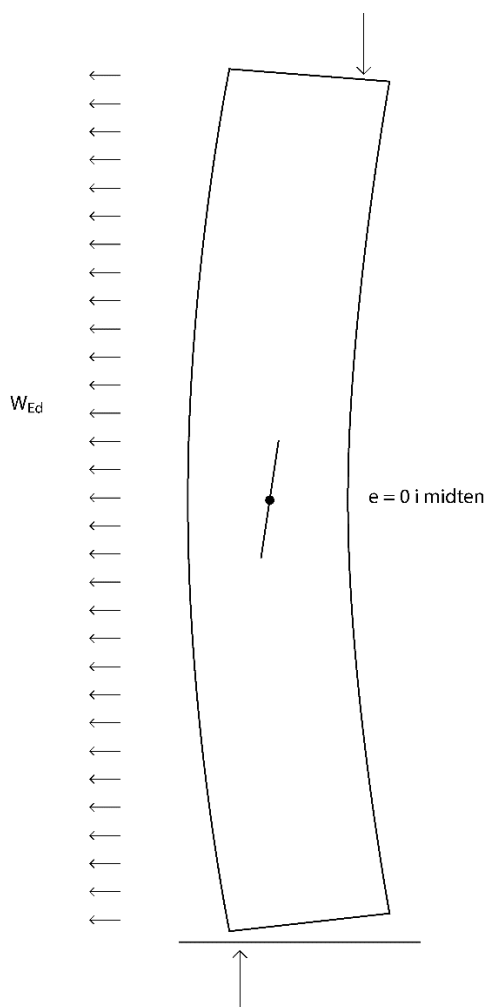
- Fra tabel 1 fås således: $f_{xk2,app} = 0,28 \text{ MPa}$

Vindlast:

- Er angivet i (1) og (2), da vægfeltet er 4 m bredt (med 2 m hjørne- og 2 m midterområde) fås vindlasten til $0,36 \text{ kN/m}^2$.

Randmoment/Indspænding i bund:

- I bunden forekommer der en vis indspænding (excentricitet til gunst), der ikke tages hensyn til i beregningerne. Til gengæld påføres muren heller ikke det aktuelle randmoment i top. Det antages således, at trykstringeren forløber som vist i figur 3, hvor der i midten af vægfeltet ikke er nogen excentricitet af betydning.



Figur 3. Forløb af trykstringer

Resultat:

Det ses i beregningen at vægfeltet har tilstrækkelig bæreevne ved placering og udnyttelsesgraden er 0,88.

Det ses, at den midlertidige afstivning i midten af vægfeltet er tilstrækkelig.

Ydervæg. Maksimum lodret last

Vægfelt under jbt.bjælke betragtes.

Parametre

Lodret last:

Fra (5) fås punktlasten:

$$\begin{aligned} N_{Ed, \text{punktlast}} &= 49,62 \text{ kN} \\ N_{Ed} &= 49,62 \text{ kN}/1,08 \text{ m} \\ &= 45,94 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Bredden af vægfeltet fås fra tegningen til: 1080 mm

Vindlast:

Da vægfeltet er beliggende i midten sættes vindlasten til 0,30 kN/m². Denne forøges pga. vinduernes lastopland (meget konservativt) til:

$$\begin{aligned} W_{Ed} &= (1,32 + 1,08)/1,08 \times 0,30 \\ &= 0,67 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Beregningen er foretaget i bilag 8. Her fås at bæreevnen er tilstrækkelig. I området med søjlevirkning er udnyttelsesgraden 0,32.

Ydervægge. Generelt

Med de i bilag 0 viste midlertidige afstivninger regnes bæreevnen at være tilstrækkelig under renoveringen med de øvrige forudsætninger givet i rapporten.

Efter renovering

De permanente lodrette afstivninger ses i bilag 0 (mrk. E).

Ydervæg. Minimum lodret last

Længste vægfelt mod syd betragtes som værende kritisk. Beregninger for formur og bagmur er foretaget i bilag 10 og 11.

Længde af vægfelder

Den maksimale vægfeltslængde sættes til 2,4 m, som er den maksimale afstand mellem EPS-søjlerne. Dette svarer til at der etableres EPS-søjler pr:

$$2,4/0,6 = 4 \text{ faste binder i S-facaden og}$$

$$2,4/0,48 = 5 \text{ faste binder i N-facaden}$$

(Der indsættes tillige EPS mellem vinduer)

Optegning af de permanente lodrette afstivninger er foretaget i bilag 0.

Vindlast

Vindlasten fordeles med ½ vindlast til formur og ½ vindlast til bagmur. Fra (3) fås den samlede vindlast til 1,28 kN/m². Dvs. de nødvendige kapaciteter skal være:

$$\begin{aligned} W_{Rd,bagmur} &= W_{Rd,formur} \\ &= 1,28 / 2 \text{ kN/m}^2 \\ &= 0,64 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Parametre. Bagmur

Lodret last:

Fra bilag 2C fås

$$N_{Ed,top,inf} = 1,79 \text{ kN/m}$$

(inkl. opadrettet sug på tag, der er væsentligt større end "under renovering").

Bidrag fra murværk i ½ højde fås fra bilag 2A til: 2,55 kN/m og dermed:

$$N_{Ed,midt,inf} = 4,34 \text{ kN/m}$$

$f_{xk2,app}$: Den til gunst virkende spænding σ_d fås til:

$$\begin{aligned} \sigma_d &= 4,34/119 \\ &= 0,036 \end{aligned}$$

- Fra tabel 1 fås således: $f_{xk2,app} = 0,13 \text{ MPa}$

Beregninger:

Det ses i:

- bilag 10 at bæreevnen af formuren er tilstrækkelig. Udnyttelsesgraden er fundet til 0,56.
- bilag 11 at bæreevnen af bagmuren er tilstrækkelig. Udnyttelsesgraden er fundet til 1,0.

Ydervæg. Maksimum lodret last

Vægfelt under jbt.bjælke betragtes.

Parametre

Lodret last:

Fra (6) fås punktlasten:

$$\begin{aligned} N_{Ed,punktlast} &= 127,15 \text{ kN} \\ N_{Ed} &= 127,15 \text{ kN}/1,08 \text{ m} \\ &= 117,73 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

Bredden af vægfeltet fås fra tegningen til: 1080 mm

Vindlast:

Vindlasten fås fra (4) til 1,0 kN/m². Denne forøges pga. vinduernes lastopland (meget konservativt) til:

$$\begin{aligned}W_{Ed} &= (1,32 + 1,08)/1,08 \times 1,0 \\ &= 2,22 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

Beregningen er foretaget i bilag 12. Her fås at bæreevnen er tilstrækkelig. I området med søjlevirkning er udnyttelsesgraden 0,35.

Dimensionering af EPS-søjler

Dimensionering af EPS-søjler foretages efter metode beskrevet her: <http://www.mur-tag.dk/index.php?id=587>.

Modellerne i ovenstående værktøj er udviklet på baggrund af forsøg med KC-mørtler og ikke K-mørtler. Der må derfor påregnes en vis reduktion ifm. med anvendelsen af dette koncept for murværk opmuret med K-mørtler. Størrelsen på reduktionen er ikke kendt og denne skønnes blot til 0,75.

Belastninger

Det ses i ovenstående beregning (Ydervæg. Maksimum lodret last) at EPS-afstivning ikke er nødvendig i tilfældet med kraftig lodret last. EPS-søjler er kun nødvendige for vindlast med minimum lodret last til gunst. Her skal de til gengæld også indsættes pr. 2,4 m og mellem alle åbninger.

Den løbende last på EPS-søjlen fås til:

$$\begin{aligned}Q_{Ed} &= 2,4 \text{ m} \times 1,28 \text{ kN/m}^2 \\ &= 3,1 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

Bredden af EPS-søjlerne sættes normalt til 600 mm, men mellem faste bindere kan minimumsværdien blive: 480 – 120 mm = 360 mm

Af diagrammet på ovenstående link ses, at med en nettobredde på 348 mm (og EPS-tykkelse på 100 mm) fås en bæreevne på 4,33 kN/m. Denne værdi multipliceres med ovenstående reduktionsfaktor, hvoraf fås en bæreevne på: 0,75 × 4,33 = 3,24 kN/m.

Alt i alt fås således en udnyttelsesgrad på: 0,95 for EPS-søjlerne.

Bilag

Bilag 0: Afstivninger

Bilag 1: Prøvningsrapport: Krydsborsundersøgelse

Besigtigelsesrapport: Besigtigelse af Fælleshus, Birkmosevej 32, 2610 Rødovre

Bilag 2A: Lastberegning. Under renovering. Lodret last til gunst

Bilag 2B: Lastberegning. Under renovering. Mellembjælke

- Bilag 2C: Lastberegning. Efter renovering. Ydervæg
- Bilag 2D: Lastberegning. Efter renovering. Mellembjælke
- Bilag 2E: Lastberegning. Efter renovering. Vindlast kun i midterområde
- Bilag 3: Bindere langs gavltrekan. $L_{fri} = 60 \text{ mm}$
- Bilag 4: Bindere langs gavltrekan. $L_{fri} = 400 \text{ mm}$
- Bilag 5: Bindere i vægfelter
- Bilag 6: Beregning for ribbeafstand
- Bilag 7: Facade m. 2 vinduer mod syd. Under renovering. $\frac{1}{2}$ afstand
- Bilag 8: Vægsøjle under renovering. Ved jbt.bjk
- Bilag 9: Materialeparametre. Ny formur. Værdier for f_{xk1} og f_{xk2} bestemt vha. EC6design.com
- Bilag 10: Facade mod syd. Efter renovering. $\frac{1}{2}$ afstand. Formur
- Bilag 11: Facade mod syd. Efter renovering. $\frac{1}{2}$ afstand. Bagmur
- Bilag 12: Vægsøjle efter renovering. Ved jbt.bjk
- Bilag 13: EPS-koncept anvendt i facademuren. Vandret snit
- Bilag 14: Principskitser og beregninger fra Danakon A/S

Bilag 0 – Afstivninger

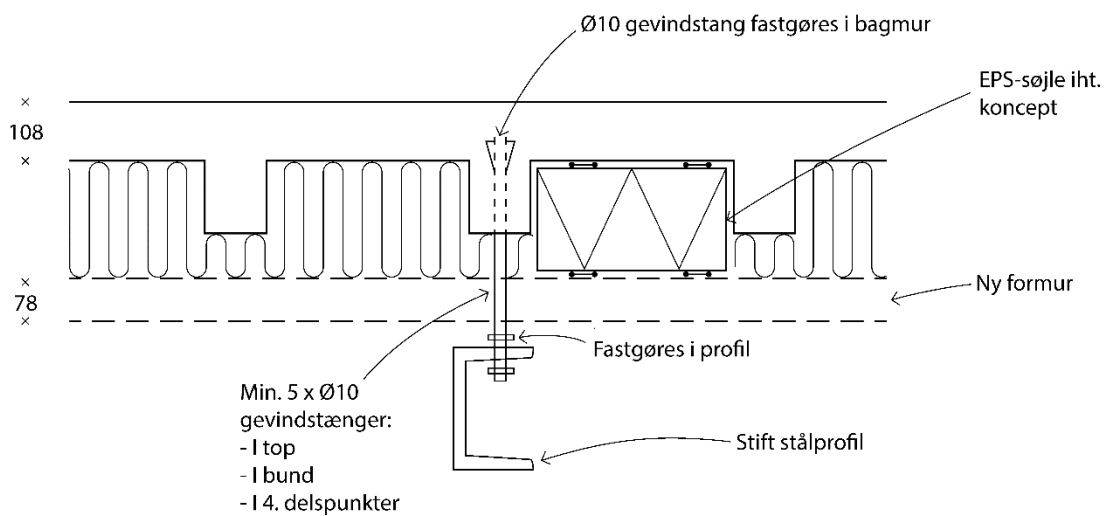


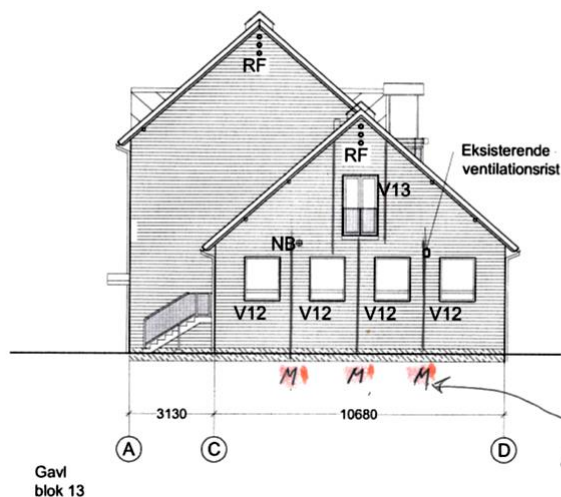
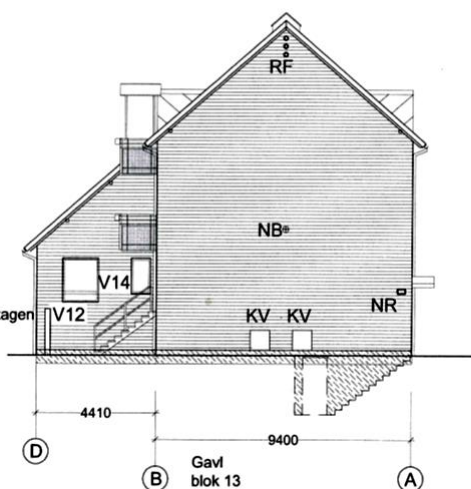
Foto 1. Billedet her er taget på stedet for den aktuelle renoveringscase. Princippet i fastgørelsen på figuren øverst på siden kan se således ud i virkeligheden.

F10_13-X-5-01

e

eksisterende
rdstøbt betonrør (askebægre)
ernes

Eksisterende
haver i stueetagen



Signaturforklaring:



Efterisolering af ydervægge,
sokkel og kælderskakt

N Nye zink nedløb
monteres på
ydervæg



Eksisterende
gasskab
genanvendes



EB* Eksisterende
belysning
genanvendes
og monteres på
ny facade



KV Eksisterende
kældervindue



Nyt tag



NB* Ny belysning
monteret
på ny facade



RF* Eksisterende
teglør i facade
forlænges ud i
ny facade

Afd. 05 og 10 Skoleparken I og II

Gunnækær 11-45, Birkemosevej 1-58, 2610 Rødovre, matr. nr. 6ah og 6ay Rødovre By

Rødovre Boligselskab

PA sag nr. 14-03

Facader/gavle, Blok 13, afd. 10

Fremtidige forhold

F10_13-X-5-01

Mål 1:200

Tegn. af LTB

Kontrol JHF

Dato 18.07.2014 Rev. dato

• Pålsson Arkitekter AS, Svanevej 26, 2400 København NV

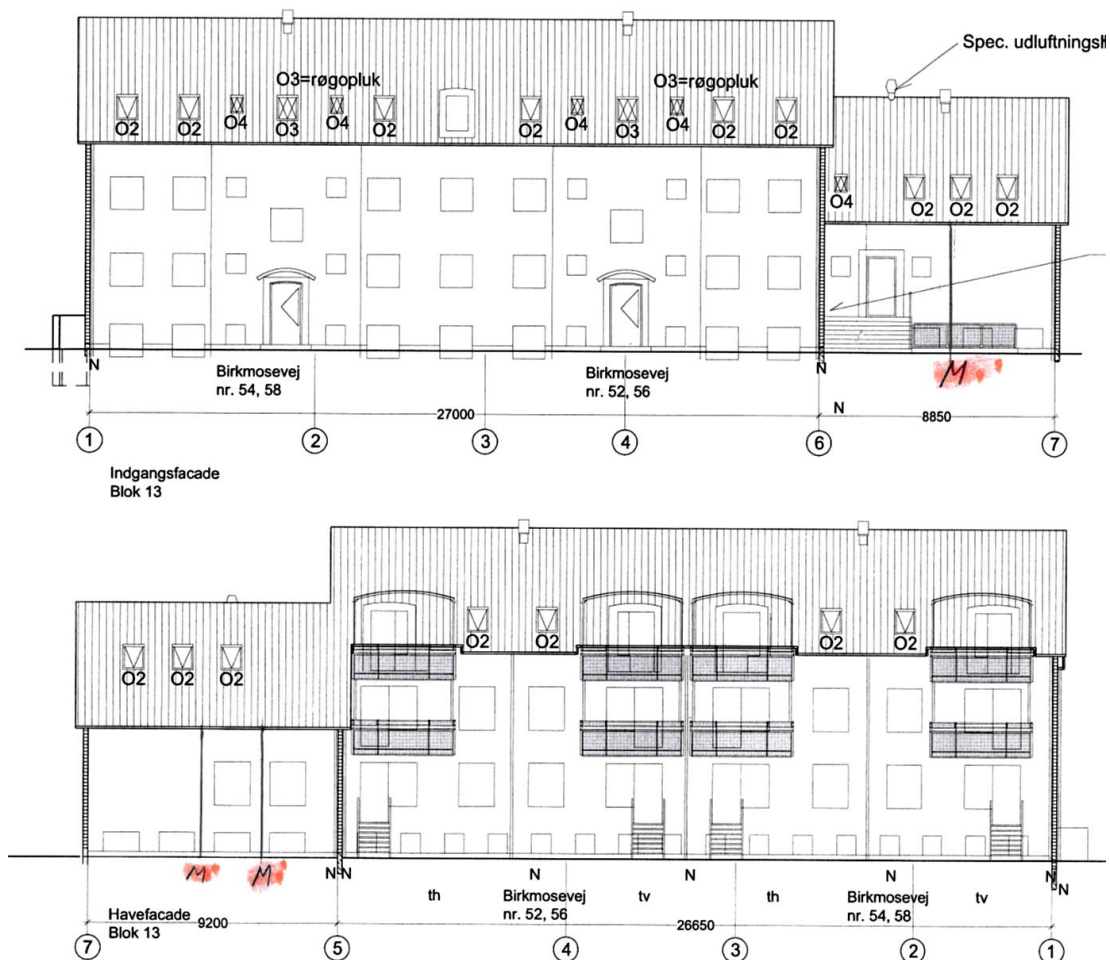
Fax: 38883181

Tlf: 38197703

Klaus Nielsen, Rådgivende ingeniørfirma FRI A/S, Gl. Strandvej 18, 2990 Nivå

Fax:

Tlf: 49146000



Henvisning:

Tag- og ventilationshætter se tagplan
Ovenlys se konstruktionstegninger.

Note:

Alle mål er i mm, og skal kontrolleres på stedet.
Generelt genanvende alle kviste og dør/vinduer.
Generelt ny eller eksisterende belysning monteres på nye gavle.

Bilag 1 – Prøvningsrapport: Krydsborsundersøgelse Besigtigelsesrapport: Besigtigelse af Fælleshus, Birkmose- vej 32, 2610 Rødovre



TEKNOLOGISK
INSTITUT

Rødovre Boligselskab
Brandholms Allé 11
2610 Rødovre
Att.: Bent Lind

Ordre nr. 0308/2002857
Side 1 af 3
Bilag 1
Initialer JEAC/PDC

Teknologiparken
Kongsvang Allé 29
8000 Aarhus C
72 20 20 00
info@teknologisk.dk
www.teknologisk.dk

Prøvningsrapport – Krydsborsundersøgelse

Prøvning: Teknologisk Institut har 2015-09-09 udført krydsborsprøvninger på boliger i Rødovre. Det drejer sig om boliger på Birkmosevej.

Metode: Metodebeskrivelse er vedlagt som bilag.

Resultater: Murværkets regningsmæssige trykstyrke (afrundet til nærmeste 0,1MPa):

$f_{a,1} = 4,0 \text{ MPa}$ Birkmosevej 32, 2610 Rødovre – gavl nordvest.

$f_{a,2} = 3,8 \text{ MPa}$ Birkmosevej 32, 2610 Rødovre – facade sydvest.

Detaljerne af resultaterne fremgår af side 2-3.

Vilkår: Prøvningsrapporten må kun gengives i uddrag, hvis laboratoriet har godkendt uddraget.

2015-09-21, Teknologisk Institut, Murværk, Aarhus

Jeppe A. Christensen

Poul D. Christiansen
Civilingeniør

Direkte tlf.: +45 7220 3232
E-mail: JEAC@teknologisk.dk

Direkte tlf.: +45 7220 3820
E-mail: PDC@teknologisk.dk

2015-09-21
0308/2002857

Prøvningsresultater – Birkmosevej 32, 2610 Rødovre – Gavlj nordvest

Project:		2002857 - Rødovre		Torque-meter		N		L or N (Lbin or Nm)		0.113		05-03-2015			
Date:		09-09-2015		Mortar		L		L, LC or C (<60/40/850; 60/40/850 - 50/50/700; >50/50/700)		0.5		Ver			
Initials:		KEJO		K - Unit		0.55		(Solid, (≥25%) holes, >55% holes)		0.55; 0.45; 0.35		2.5			
												10			
Specimen no	L _{before} (mm)	L _{after} (mm)	L ₁ (mm) = L _{before} - L _{after}	M ₁	M ₂ (Nm)	M ₃ (Nm)	Comments		m ₁ (Nm/mm) =M ₁ /L ₁	Partial deviation Torque-meter (L or N)					
1	66	42	24	24.2	24.2	24.20	Birkmosevej 32, nordvest vendt gavlj		1.008						
2	68	47	21	12.3	12.3	12.30	Birkmosevej 32, nordvest vendt gavlj		0.586						
3	71	48	23	13.1	13.1	13.10	Birkmosevej 32, nordvest vendt gavlj		0.570						
4	68	51	17	19.0	19.0	19.00	Birkmosevej 32, nordvest vendt gavlj		1.118						
5	71	43	28	18.2	18.2	18.20	Birkmosevej 32, nordvest vendt gavlj		0.650						
6	62	45	17	11.2	11.2	11.20	Birkmosevej 32, nordvest vendt gavlj		0.659						
7	64	38	26	10.1	10.1	10.10	Birkmosevej 32, nordvest vendt gavlj		0.388						
8	74	53	21	14.3	14.3	14.30	Birkmosevej 32, nordvest vendt gavlj		0.681						
9	74	50	24	11.9	11.9	11.90	Birkmosevej 32, nordvest vendt gavlj		0.496						
												Var coef		0.343	
												Mean		0.684	
												Compression strength		2.189 MPa	
												f _m		1.094 MPa	
												f _b		27.7 MPa	
												f _b = K × f _{b0.7} × f _m ^{0.3}			
												In-situ determination gives factor 0.9 on the safetyfactor		5.78 MPa	
												f _b = f _b / (1.6*0.9)		4.01 MPa	
												E _{el} = 150 × f _{yk} × f _{yk} for L		659 MPa	
												=min(1000,400f _{yk} ,20f _b)×f _b for C and LC			
												β		μ ₁	
												0		0.46	

Minimum values for:		Coefficient of variation for f _b	
f _m	0,000 MPa	N	f _m
Estimated parameters (L-mortar) without determination of f _b and f _m (according to Cop.Auth.):			
1,41 MPa			
209 MPa			
Wallthickness ≥ 228 mm (V/N)		Y	

2002857 Rødovre Indlægsstatik, trykbrændselsstatik, Birkmosevej, Rødovre

2015-09-21
0308/2002857

Prøvningsresultater – Birkmosevej 32, 2610 Rødovre – Facade sydvest

Project:	2002857 - Rødovre	Torque-meter	N	L or N (Lb or Nm)	0,113	05-03-2015
Date:	09-09-2015	Mortar	L	L, LC or C (<60/40/850; 60/40/850 - 50/50/700; >50/50/700)	0,5	Ver
Initials:	KEIO	K - Unit	0,55	(Solid, >25%) holes, >55% holes)	0,55; 0,45; 0,35	2,5

Specimen no	L _{before} (mm)	L _{after} (mm)	L _i (mm)	M _e	M _i (Nm)	Comments	m _i (Nm/mm)	Partial deviation Torque-meter (L or N)
1	70	41	29	7,4	7,40	Birkmosevej 32, sydvest vendt facade	0,255	
2	72	50	22	14,2	14,20	Birkmosevej 32, sydvest vendt facade	0,645	
3	70	35	35	8,2	8,20	Birkmosevej 32, sydvest vendt facade	0,234	
4	71	48	23	12,1	12,10	Birkmosevej 32, sydvest vendt facade	0,526	
5	71	47	24	12,5	12,50	Birkmosevej 32, sydvest vendt facade	0,521	
6	68	43	25	9,3	9,30	Birkmosevej 32, sydvest vendt facade	0,372	
7	70	44	26	11,6	11,60	Birkmosevej 32, sydvest vendt facade	0,446	
8	70	45	25	8,2	8,20	Birkmosevej 32, sydvest vendt facade	0,328	
9	73	48	25	12,9	12,90	Birkmosevej 32, sydvest vendt facade	0,516	
10	69	53	16	28,7	28,70	Birkmosevej 32, sydvest vendt facade	1,794	
Mean							0,801	
Var.coef							0,564	
Compression strength							1,804 MPa	
f_m							0,902 MPa	
f_b							27,7 MPa	
$f_k = K \times f_m^{0,7} \times f_b^{0,3}$							5,45 MPa	
$f_d = f_k / (1,6^{*}0,9)$							3,79 MPa	
$E_{90} = 150 \times f_m \times f_d \text{ for L}$							512 MPa	
$= \min(1000, 400 f_m, 20 f_b) \times f_d \text{ for C and LC}$								
For perforated units:								
β							0	
Wall thickness $\geq 228 \text{ mm (Y/N)}$							Y	
μ_i							0,46	

Minimum values for:	0,000 MPa
f_m	
Estimated parameters (L-mortar) without determination of f_b and f_m (according to Cop.Aut.1):	
1,41 MPa	
209 MPa	
Wall thickness $\geq 228 \text{ mm (Y/N)}$	Y

2002857 Rødovre (Bilgeteknik, Kryddersmederiet, Birkmosevej, Rødovre)

2015-09-21
0308/2002857
Bilag 1
Side 1 af 6

TEKNOLOGISK
INSTITUT

X-bor. Metodebeskrivelse

Indledning

X-boret anvendes til eksperimentel bestemmelse af mørteltrykstyrken (f_m) for sædvanligt murværk bestående af sten i normalformat og med mørtelfuger med en nominal tykkelse på 12 mm. Beregningerne af f_k er integreret med SBI anvisning 248 "Ældre murværks styrkeegenskaber".

Procedure

1. Indledningsvis skønnes mørteltypen (L, LC, C). Dette har betydning for bestemmelse af f_m og E_{0k} .

Ved tvivlstilfælde, typisk ved en vurdering mellem L og LC, medtages en mørtelprøve til laboratoriet. Der kan således, på kundes foranledning, foretages en mørtelprøvning, hvor cementindholdet bestemmes. Mørtlen kategoriseres som:

Mørteltype	Cement indhold	Eksempler på mørteltype
L	< 40 %	L 100/1200
LC	40 – 50 %	KC60/40/850 og KC 50/50/700
C	> 50%	KC 35/65/650 og rene C-mørtler (fx funktionsmørtler)

2. Stentypen angives gennem K-faktoren. Bemærk: Såfremt der anvendes sædvanlige hulsten angives $K=0,45$, også selvom hularealet er ≤ 25 %. For hulsten angives tillige en estimeret β -værdi. Se punkt 13.
3. Det angives om den aktuelle væg er mindst en 1/1-stens væg (til bestemmelse af minimum mørteltrykstyrker).
4. Der angives om variationskoefficienten for f_b er mindst 25 % (til bestemmelse af minimum mørteltrykstyrker). Bestemmes ud fra enkeltværdier ifm måling af f_b eller skønsmæssigt.
5. Der udvælges et antal T-kryds mellem ligge- og studsfuge på den mur, hvor fugestyrken ønskes bestemt (typisk 10 for et aktuelt byggeri). Områder, hvor belastningen forøges, skal udvælges og punkterne skal være repræsentative (for eksempel i højden). Punkterne afmærkes evt. med kridt, således at hullerne enkelt kan findes ifm fugning af hullerne. Nederste del af studsfugen anvendes.
6. Såfremt 10 % eller 20% af fugen skønnes nedbrudt i fuld dybde sættes 1 hhv. 2 af de 10 værdier for $M_v = 0$, således at disse områder medtages ved bestemmelse af f_m for murværket

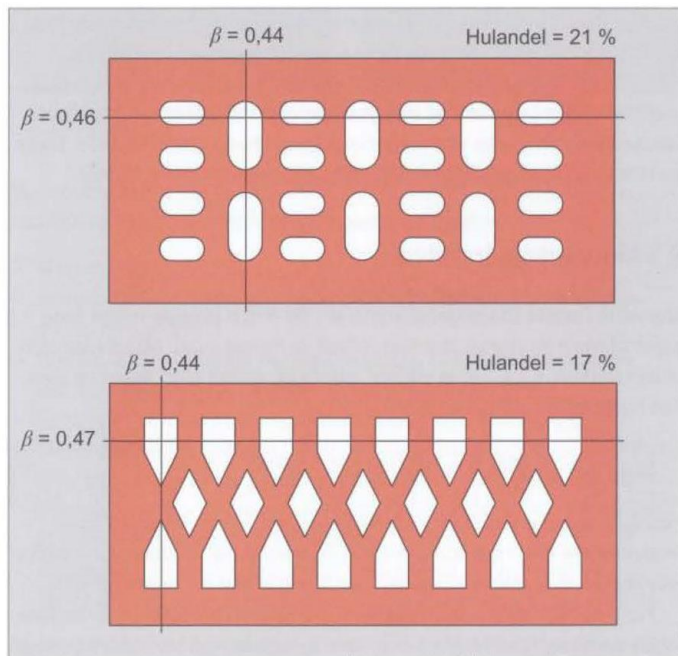
2015-09-21
0308/2002857
Bilag 1
Side 2 af 6

TEKNOLOGISK
INSTITUT

7. I de udvalgte T-kryds bores hul: Ø6, længde: cirka 70 mm. Herefter: Ø 10, længde: 10 mm. Se figur 2 og 3.
8. Afstand måles med tommestok fra kant af mur til fx start møtrik. Krydsboret placeres i den position, hvor det møder modstand (hvor Ø6 hul møder krydset). Afstand måles før og efter indbankningen. Indbankningslængden (L_i) er differencen. Se figur 4.
Krydsboret indbankes normalt 20-30 mm. Se figur 5.
 - Det kan bankes kortere ind, men dette forøger usikkerheden på L_i . Minimum bør være 10 mm.
 - Ved svage mørtler kan en længere afstand være relevant. Maksimum 50 mm.
 - Ved meget stærke mørtler, hvor der opnås maksimalt vridningsmoment ($=50$ Nm) skal $L_i \leq 20$ mm. (Dette for at beskytte krydsborets flanger, da der ellers ville optræde flydning i stålet).Her vælges X-bor af sort højstyrkestål.
9. Momentnøgle udvælges efter forventet styrke af mørtlen
10. Momentnøgle drejes langsomt med én hånd samtidig med, at der holdes igen ved krydsboret med den anden hånd således, at kraftpåvirkningen så vidt mulig er et rent vridningsmoment
11. Maksimalt opnåeligt vridningsmoment (M_v) og indbankningslængde (L_i) registreres for hvert forsøg
12. Evt. ekstremt høje værdier, som vurderes at have årsag i, at krydsboret sidder fast i byggesten, forkastes. Ekstremt lave værdier forkastes ikke.
13. β er den brøkdelen af arealet, som udgøres af hullerne i det kritiske snit. Se efterfølgende figur:

2015-09-21
0308/2002857
Bilag 1
Side 3 af 6

TEKNOLOGISK
INSTITUT



Figur 1. Reduktionsfaktorer i kritiske snit.

Opdateret skema til brug ved prøvningen fås ved udprintning af tilhørende regneark. Beregning foretages i dette regneark. Hovedpunkter i regnearket:

1. m_v beregnes som M_v/L_i .
2. Middelværdi for alle målinger af m_v bestemmes. Denne benævnes $m_{v,m}$.
3. Mørteltrykstyrken bestemmes som $3,2 \times m_{v,m}$
Her er forudsat enhederne [MPa] for mørteltrykstyrken og [Nm/mm] for $m_{v,m}$.
4. Murværkets trykstyrke bestemmes på sædvanlig vis

$$f_k = K \times f_b^{0,7} \times f_m^{0,3}$$

med størrelser som angivet i EN 1996-1-1.

Bemærk for:

kalkrige* mørtler (L og LC) er: $f_m = \frac{1}{2} \times \text{Mørteltrykstyrken}$

cementrige* mørtler (C) er $f_m = \text{Mørteltrykstyrken}$

* kalkrige mørtler defineres som mørtler med et kalkindhold på 50 % eller mere af bindemiddelmængden. Cementrige mørtler defineres ved mørtler med et cementindhold på mere end 50 % af bindemiddelmængden. Såfremt udtrykket for cementrige mørtler anvendes, skal det aktuelle cementindhold sandsynliggøres ved kvalificeret vurdering, prøvning, oplysning om mørtlen eller tilsvarende.

2015-09-21
0308/2002857
Bilag 1
Side 4 af 6

TEKNOLOGISK
INSTITUT

Bemærk for:

rene kalkmørtler (L) er $E_{od} = 150 f_m f_d$

andre mørtler (LC og C) er $E_{od} = \min(400 f_m; 20 f_b; 1000) f_d$

For massive sten (gruppe I med K – faktor = 0,55) og hulsten (gruppe II med K-faktor = 0,45) beregnes minimumsværdi for f_m . Denne minimumsværdi er afhængig af tykkelsen på væggen, variationskoefficienten på f_b samt β . Se evt. metodik i ”ældre murværks styrkeegenskaber”, SBI-anvisning 248.

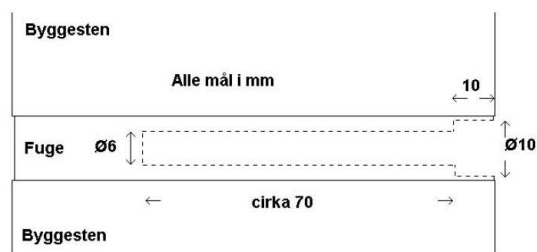
5. Murværkets friktionskoefficient bestemmes ud fra mørteltypen.

For L-mørtler er:

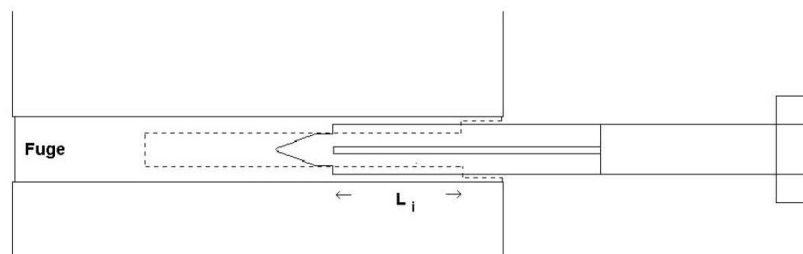
$$\mu_d = 0,6/1,3$$

For LC og C-mørtler er:

$$\mu_d = 1,0/1,3$$



Figur 2. Skitse af huller i fuge for indbankning af krydsbor.



Figur 3. Skitse af fuge efter indbankning af krydsbor.

2015-09-21
0308/2002857
Bilag 1
Side 5 af 6

TEKNOLOGISK
INSTITUT



Figur 4. Bestemmelse af L_i . Afstand til møtrik måles før og efter indbankningen.



Figur 5. Krydsbor bankes normalt 20-30 mm ind i fugen.

2002857 Rødovre Boligselskab, krydsborsundersøgelse, Birkmosevej, Rødovre

2015-09-21
0308/2002857
Bilag 1
Side 6 af 6

TEKNOLOGISK
INSTITUT



Figur 6. Momentnøgle med registrering af maksimal værdi anvendes til bestemmelse af M_v . Der holdes igen på krydsboret således at den tilstræbte påvirkning alene er et vridende moment.

2002857 Rødovre Boligselskab, krydsborsundersøgelse, Birkmosevej, Rødovre

Teknologisk Instituts almindelige vilkår for rekvirerede opgaver gælder i deres fulde udstrækning for den ved Instituttet udførte tekniske prøvning og kalibrering samt for udfærdigelsen af prøvningsrapporter hhv. kalibreringscertifikater i forbindelse hermed.

2002857 Rødovre Boligselskab, krydsborsundersøgelse, Birkmosevej, Rødovre



**TEKNOLOGISK
INSTITUT**

Teknologiparken
Kongsvang Allé 29
DK-8000 Aarhus C
Tel. +45 72 20 20 00
Fax +45 72 20 10 19
info@teknologisk.dk
www.teknologisk.dk

Besigtigelse af Fælleshus

Birkmosevej 32, 2610 Rødovre



Udført for:
Rødovre Boligselskab
Brandholms Allé 11
2610 Rødovre

Att.: Bent Lind

Udført af ingeniør Keld Johannessen

Aarhus, den 24. september 2015

Projektnr.: 2002857

2015-09-24
2002857

Indledning

Teknologisk Institut, Murværk har for **Rødovre Boligselskab**, Rødovre, foretaget besigtigelse af murværket på fælleshuset til Rødovre Boligselskabs afd. 10 på Birke-mosevej 32.

Formålet med besigtigelsen var at undersøge murværkets egnethed for nedrivning af den yderste $\frac{1}{2}$ -sten i facademuren og udføre X-borforsøg samt udtage sten til trykprøvning.

Besigtigelsen blev foretaget den 9. september 2015 af Keld Johannessen, Teknologisk Institut, Murværk.

Ved besigtigelsen deltog desuden:

- Bent Lind, Danakon A/S
- Jan Højriis Frandsen, Pålsson Arkitekter A/S.

Bygningsbeskrivelse

Der er tale om en bygning i $1\frac{1}{2}$ -plan med kælder.

Bygningen er med saddeltag med udhæng og er bygget delvist op imod en boligblok.

Modtagne oplysninger

Der er modtaget følgende oplysninger:

- Bygningen indgår i et Demo-projekt: "Bæredygtig energirenovering af murede facader i etageejendom".
- Ejendommens facader og gavlen mod nordvest skal energirenoveres i projektet.
- I forbindelse med projektet skal facadens yderste $\frac{1}{2}$ -sten nedrives.

Besigtigelsen

Ved besigtigelsen blev gjort følgende iagttagelser:

Ejendommen er opmuret i krydsforbandt. Tykkelsen af facade- og gavlvægge i stueetagen vurderes at være $1\frac{1}{2}$ sten med puds på indvendig side = ca. 360 mm.

Ved udtagning af sten fra gavlen konstateres, at murværket er muret massivt.

Mellem vinduerne i gavlen ses kopskiftet udført med $\frac{3}{4}$ sten i hver side, se foto 1.

Bag disse $\frac{3}{4}$ -sten ligger en tilsvarende $\frac{3}{4}$ -sten på samme måde (som løber), se foto 2. Kopskifter i facaden er udført af hele sten, og bag løberskiftet ses hele sten som kopskifte i bagmuren, se foto 3.

Krydskopper i løberskiftet er udført som knækket kop i facaden, se foto 4.

2015-09-24
2002857

TEKNOLOGISK
INSTITUT

Murværkets opbygning mellem vinduerne i stueetagen i gavlen er vist på bilag 2.

I det gennemgående murværk under vinduerne ses også et løberskifte midt i væggen (NB), se foto 5. I det undersøgte skifte ligger der således 3 løbere ved siden af hinanden.

Vurdering

På baggrund af observationerne ved besigtigelsen vurderes det, at murværket er egnet til energirenovering, der indebærer fjernelse af den yderste ½-sten. Løberskifter kan umiddelbart fjernes, og ved overskæring/overhugning af de hele sten i kopskifterne efterlades ½-sten i den resterende 1/1-stens mur.

Som det ses af billederne i bilag 1, vil det være nødvendigt med fugning af murværket efter fjernelse af den yderste sten, idet der er konstateret dårlig mørtelfyldning bag de udtagne sten.

Der er endvidere risiko for, at der efter afskrælningen af yderste ½-sten fremstår en 1/1-stens mur, hvor der er lodrette fuger over hinanden i 3 skifter eller mere. Ved renoveringen skal dette undersøges og i stenene, der ikke er i forbandt, indbores Ø4 renoveringsbindere pr. minimum 720 mm. I princippet vil der være problemer de steder, hvor der findes et løberskifte bag løberskiftet i facaden. Udbedring med renoveringsbindere udføres iht. skitserne på bilag 3, hvor 2 mulige scenarier er skitseret. Ved ofte forekommende områder med lodrette fuger over hinanden foretages en "ingeniørmæssig vurdering", dvs. ved mursøjler indbores flere og i brystninger færre. Dog indbores minimum 12 bindere pr. kvm af det samlede område med lodrette fuger over hinanden.

Resultatet af undersøgelsen inklusive vurderinger, analyser og udbedringsforslag må kun gengives i sin helhed, og er kun gældende for nærværende sag og må ikke anvendes på andre sager.

I uddrag kun efter skriftlig tilladelse fra Teknologisk Institut.

Aarhus, den 24. september 2015
Teknologisk Institut, Murværk


Keld Johannessen

Dir. tlf.: 72 20 17 07
E-mail: kejo@teknologisk.dk


Poul Christiansen

Dir. tlf.: 72 20 38 20
E-mail: pdc@teknologisk.dk

2015-09-24
2002857
Bilag 1
Side 1 af 3



Foto 1



Foto 2

BILAG – Besigtigelse af Fælleshus Birkmosevej 32, 2610 Rødovre

2015-09-24
2002857
Bilag 1
Side 2 af 3



Foto 3



Foto 4

BILAG – Besigtigelse af Fælleshus Birkmosevej 32, 2610 Rødovre

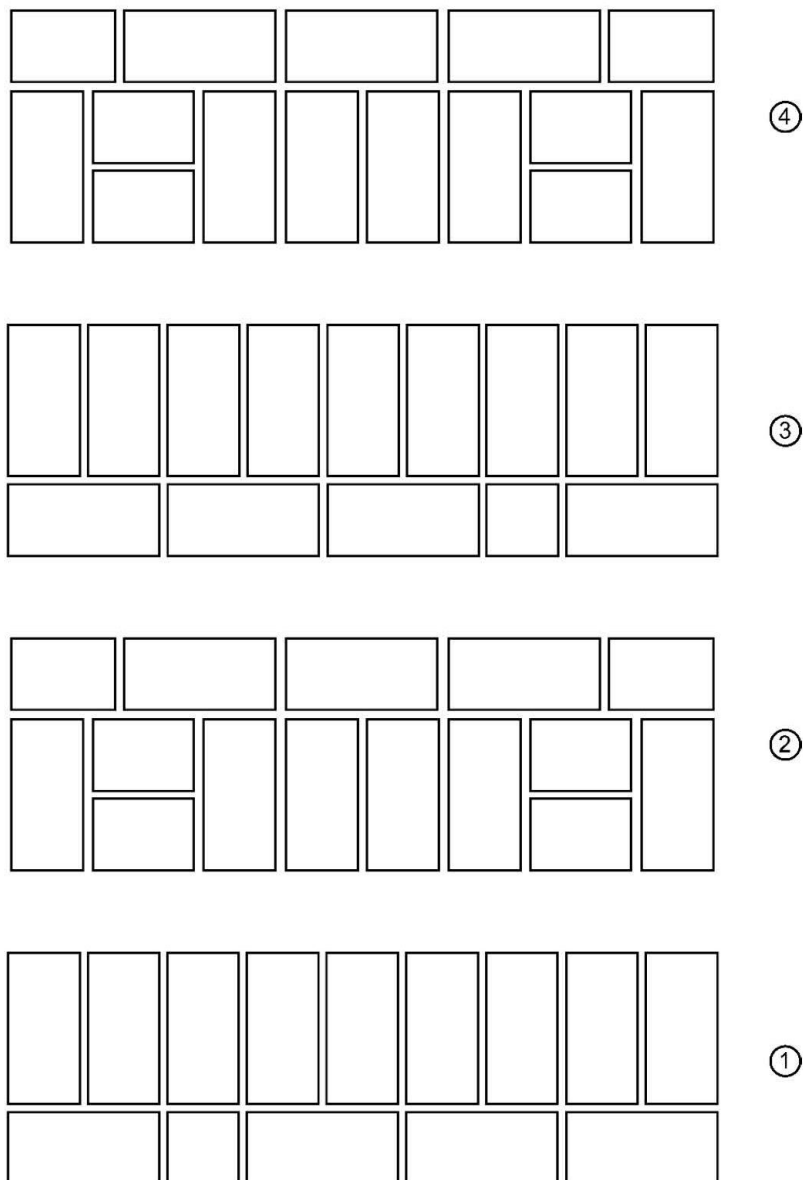
2015-09-24
2002857
Bilag 1
Side 3 af 3



Foto 5

2015-09-24
2002857
Bilag 2
Side 1 af 1

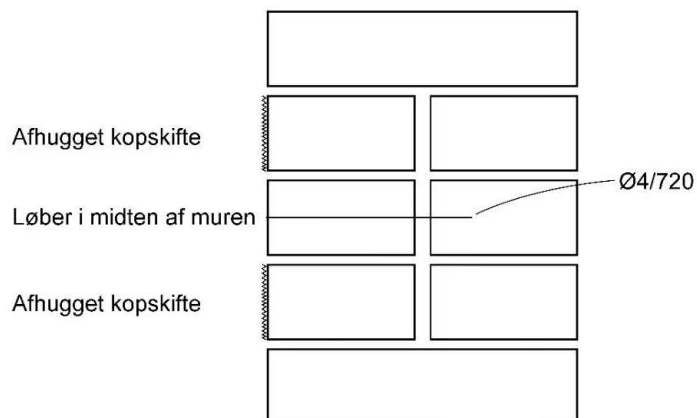
Murværk mellem vinduer



Facade
Figur 1

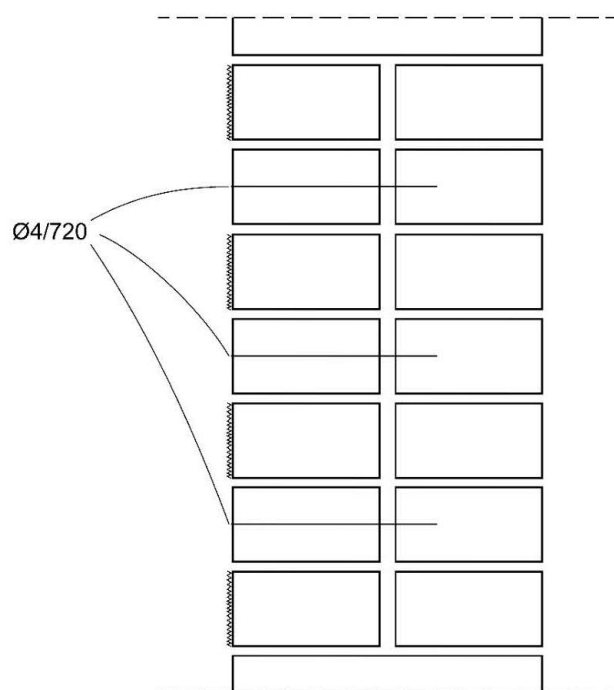
2015-09-24
2002857
Bilag 3
Side 1 af 1

TEKNOLOGISK
INSTITUT



Figur 2

Ved 3 skifter over hinanden
med fuge over fuge

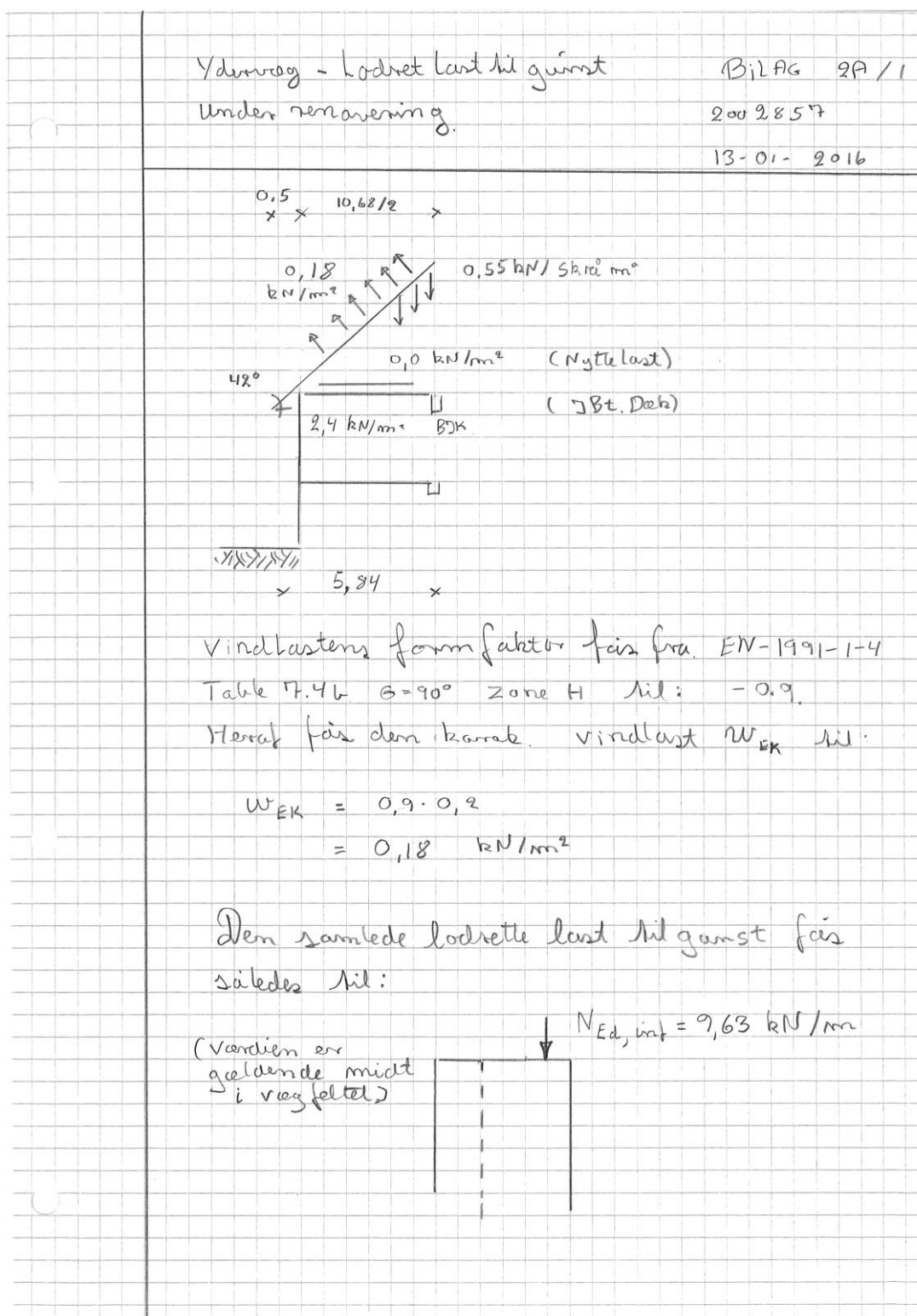


Figur 3

Ved flere skifter over
hinanden

BILAG – Besigtigelse af Fælleshus Birkmosevej 32, 2610 Rødovre

Bilag 2A – Lastberegning. Lodret last til gunst. Under renovering



Ydermæg - Løst last tilgængeligt Bilag 2A/2

Under renovering

2002857

13-01-2016

$$\text{Bidrag fra gld dæk} = 0,9 \cdot 2,4 \cdot 5,34/2 = 5,77 \text{ kN/m}$$

$$\text{Bidrag fra Tag} = 0,9 \cdot 0,55 \cdot 5,84 \cdot \frac{1}{0,74} = 2,89 \text{ kN/m}$$

$$\text{Bidrag fra Vindreg} = 1,5 \cdot 0,18 \cdot 5,84 = 1,58 \text{ kN/m}$$

$$\text{Bidrag fra murværk} = 0,9 \times 17 \times 0,119 \times 1,4 = 2,55 \text{ kN/m}$$

 $\frac{1}{2}$ højde

I alt

$$= 9,63 \text{ kN/m}$$

Bilag 2B – Lastberegning. Under renovering. Mellembjælke

Teknologisk Institut
Kongsvang Allé
8000 Aarhus C

Projektnavn: EUDP II. Rødovre demo byggeri
Komponent: 2B. Lastberegning. Under renovering. Mellembjælke

Sagsansvarlig: pdc

Dato: 15-01-2016

Tid: 10:35

Sagsnummer: 2002857

Modul: Last / EC6design v.7.04

Specifikke forudsætninger

Bygningens dimensioner:

Tagvinkel	= 42,0°	Taghældning	= 0,900
Huskroppsbredde	= 10,68 m	Huskroplængde	= 8,85 m
Tagudhæng over facade	= 0,50 m	Tagudhæng over gavl	= 0,50 m
Etageantal	= 1	Etagehøjde	= 2,80 m
Sokkelhøjde fra terræn til nederste etages gulv			= 1,50 m

Konstruktionsbeskrivelse i øvrigt:

Tagtype	= fritspændende sadeltag
Vægtype	= ikke-tagbærende indervæg

Det aktuelle vægfelt:

Bagvæg/indervæg:	Densitet	= 1800 kg/m ³	Tykkelse	= 228 mm
------------------	----------	--------------------------	----------	----------

Vindlastforudsætninger:

Terrænkategori	= III, forstads- eller industriområde
Afstand fra Vesterhavet/Ringkøbing Fjord	= 25 km eller mere
Orografifaktor	= 1,00

Egenlast og nyttelast:

Last kategori	= C
---------------	-----

Bidrag	Karakteristisk lastværdi	Lastbredde	Excentricitet	Lastfaktor ψ_0
Tagflade, egenlast	0,55 kN/skrål m ²		120 mm	
Loft, egenlast	2,40 kN/m ²	5,00 m	120 mm	
Loft, nyttelast	0,00 kN/m ²	5,00 m	120 mm	0,60
Etagedæk, egenlast	2,40 kN/m ²	5,00 m	18 mm	
Etagedæk, nyttelast	0,00 kN/m ²	5,00 m	18 mm	0,60

Konsekvensklasse = Normal

Kontrolklasse = Normal

Delresultater

Vindlast, generelt:

Højden fra terræn til tagets øverste frembringer	h_{kip}	= 9,25 m
Karakt. hastighedstryk for udvendig vindlast (ved kip)	q_{maxy}	= 0,62 kN/m ²
Karakt. hastighedstryk for indvendig vindlast i øverste etage	q_{maxi}	= 0,48 kN/m ²

Væggens egenlast (karakteristisk værdi):

Egenlast af væg pr normaletage, uden fradrag for vindues-/døråbninger:

Formur	$g = 0,00$ kN/m	Bagvæg/indervæg	$g = 11,27$ kN/m
--------	-----------------	-----------------	------------------

Andre karakteristiske bidrag til lodret last på aktuel væg:

Egenlast loft	$g = 12,00$ kN/m	Nyttelast på loft	$q = 0,00$ kN/m
Alle lastbidrag fra loft virker med excentriciteten		e_1	= 120 mm

Egenlast dæk	$g = 12,00$ kN/m	Nyttelast på dæk	$q = 0,00$ kN/m
Alle lastbidrag fra dæk virker med excentriciteten		e_1	= 18 mm

Standardexcentricitet af last fra overliggende etager (som funktion af aktuel kontrolklasse)	e_3	= 15 mm
---	-------	---------

Partialkoefficienter for:

til ugunst til gunst

Egenlast	1,00	0,90
Nyttelast	1,50	0,00
Naturlast	1,50	0,00

Lastkombinationsfaktor ψ_0 for naturlast

Sne i kombination med vind	0,00
Sne i kombination med øvrige laster	0,30
Vind i kombination med øvrige laster	0,30

Regningsmæssige laster, ordnet efter lastkombination.

Forklaring til lastkombinationsbeskrivelserne og til kolonnerne findes under "Resultater".

Lastkombination nr. 1: $K_{FI} \gamma_{G,sup} G_{kj} + K_{FI} \gamma_Q w_{Tt} + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 s + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 q$

Etag	Formur/skalmur		Bagvæg eller indvendig væg			
	N_{top}	w_o	N_{top}	e_{top}	m_{top}	w_I
	kN/m	kN/m ²	kN/m	mm	Nm/m	kN/m ²
1	0,00	0,00	12,00	120	1440	0,29

Lastkombination nr. 2: $K_{FI} \gamma_{G,sup} G_{kj} + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 w_{Tt} + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 s + K_{FI} \gamma_Q q$

Etag	Formur/skalmur		Bagvæg eller indvendig væg			
	N_{top}	w_o	N_{top}	e_{top}	m_{top}	w_I
	kN/m	kN/m ²	kN/m	mm	Nm/m	kN/m ²
1	0,00	0,00	12,00	120	1440	0,09

Lastkombination nr. 7: $\gamma_{G,inf} G_{kj} + K_{FI} \gamma_Q \gamma_0 w_{Ts}$

Etag	Formur/skalmur		Bagvæg eller indvendig væg			
	N_{top}	w_o	N_{top}	e_{top}	m_{top}	w_I
	kN/m	kN/m ²	kN/m	mm	Nm/m	kN/m ²
1	0,00	0,00	12,00	120	1440	0,00

Lastkombination nr. 9: $K_{FI} \gamma_{G,sup} G_{kj} + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 s + K_{FI} \gamma_Q q$

Etag	Formur/skalmur		Bagvæg eller indvendig væg			
	N_{top}	w_o	N_{top}	e_{top}	m_{top}	w_I
	kN/m	kN/m ²	kN/m	mm	Nm/m	kN/m ²
1	0,00	0,00	12,00	120	1440	0,00

Resultat

Regningsmæssige laster på den aktuelle væg, ordnet efter etage nr.

Tolkning af lastkombinationerne:

G_{kj} = egenlast

s = sne

q = nyttelast

w_{Tt} = vind på tværs, tryk på tagflade

w_{Ts} = vind på tværs, sug på tagflade

w_{Lt} = vind på langs, tryk på tagflade

w_{Ls} = vind på langs, sug på tagflade

Lastkombination nr. 1: $K_{FI} \gamma_{G,sup} G_{kj} + K_{FI} \gamma_Q w_{Tt} + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 s + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 q$

Lastkombination nr. 2: $K_{FI} \gamma_{G,sup} G_{kj} + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 w_{Tt} + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 s + K_{FI} \gamma_Q q$

Lastkombination nr. 3: $K_{FI} \gamma_{G,sup} G_{kj} + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 w_{Tt} + K_{FI} \gamma_Q s + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 q$

Lastkombination nr. 4: $K_{FI} \gamma_{G,sup} G_{kj} + K_{FI} \gamma_Q w_{Lt} + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 s + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 q$

Lastkombination nr. 5: $K_{FI} \gamma_{G,sup} G_{kj} + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 w_{Lt} + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 s + K_{FI} \gamma_Q q$

Lastkombination nr. 6: $K_{FI} \gamma_{G,sup} G_{kj} + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 w_{Lt} + K_{FI} \gamma_Q s + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 q$

Lastkombination nr. 7: $\gamma_{G,inf} G_{kj} + K_{FI} \gamma_Q \gamma_0 w_{Ts}$

Lastkombination nr. 8: $\gamma_{G,inf} G_{kj} + K_{FI} \gamma_Q \gamma_0 w_{Ls}$

Lastkombination nr. 9: $K_{FI} \gamma_{G,sup} G_{kj} + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 s + K_{FI} \gamma_Q q$

Lastkombination nr. 10: $K_{FI} \gamma_{G,sup} G_{kj} + K_{FI} \gamma_Q s + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 q$

$K_{FI} \gamma_Q q$ betyder: $K_{FI} \gamma_Q q$ fra dæk (eller loft) over aktuel etage og $K_{FI} \gamma_Q \psi_0 q$ fra alle øvrige dæk.

Lastkombinationerne 7 og 8 svarer til lastkombinationer, hvor egenvægten virker til gunst.

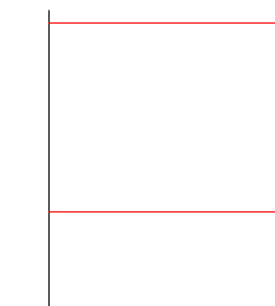
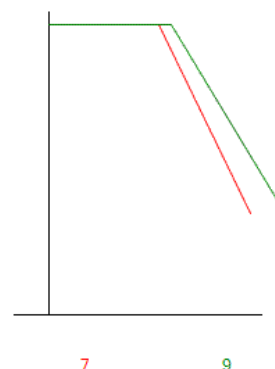
Lastkombinationerne 9 og 10 er hovedsagelig relevante for Ritterberegning af elementvægge.

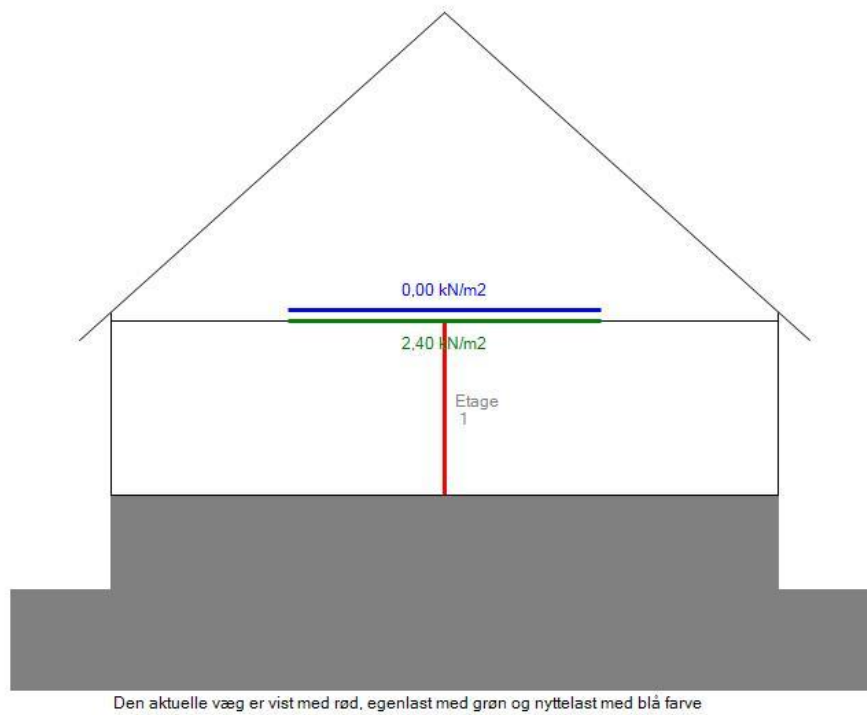
Forklaring til de øvrige kolonner:

- N_{top} = Lodret last på toppen af væggen i den aktuelle etage, regnet positiv nedad. Hvis den er negativ, skal taget forankres længere nede i bygningen, og forankringskraften skal trækkes fra den lodrette last på væggen i de etager, ankeret dækker.
- e_{top} = Topexcentricitet, dvs. excentricitet af N_{top} , regnet positiv indad.
- m_{top} = Moment ved toppen af væggen i den aktuelle etage = $N_{top} \times e_{top}$.
- w_u = Tværlast på ydersiden af formur/skalmur, regnet positiv udad (dvs. som udvendigt undertryk).
- w_i = Tværlast på indersiden af bagvæg/indervæg, regnet positiv udad (dvs. som indvendigt overtryk).

Etage 1 :

Last-kombi- nation	Formur/skalmur		Bagvæg eller indvendig væg			
	N_{top} kN/m	w_u kN/m ²	N_{top} kN/m	e_{top} mm	m_{top} Nm/m	w_i kN/m ²
1	0,00	0,00	12,00	120	1440	0,29
2	0,00	0,00	12,00	120	1440	0,09
7	0,00	0,00	10,80	120	1296	0,29
9	0,00	0,00	12,00	120	1440	0,00





Bilag 2C – Lastberegning. Efter renovering. Ydervæg

Teknologisk Institut
Kongsvang Allé
8000 Århus C

Projektnavn: EUDP II. Rødovre demo byggeri
Komponent: 2C. Lastberegning. Efter renovering. Ydervæg

Sagsansvarlig: pdc

Dato: 19-01-2016

Tid: 10:29

Sagsnummer: 2002857

Modul: Last / EC6design v.7.04

Specifikke forudsætninger

Bygningens dimensioner:

Tagvinkel	= 42,0°	Taghældning	= 0,900
Huskroplebredde	= 10,68 m	Huskroplængde	= 8,85 m
Tagudhæng over facade	= 0,50 m	Tagudhæng over gavl	= 0,50 m
Etageantal	= 1	Etagehøjde	= 2,80 m
Sokkelhøjde fra terræn til nederste etages gulv			= 1,50 m

Konstruktionsbeskrivelse i øvrigt:

Tagtype	= fritspændende sadeltag
Vægtype	= facadevæg

Det aktuelle vægfelt:

Bagvæg/indervæg: Densitet	= 1800 kg/m ³	Tykkelse	= 228 mm
Formur/skalmur: Densitet	= 1800 kg/m ³	Tykkelse	= 70 mm
Afstand fra nærmeste gavl (yderrude) til vægfeltets			
Startpunkt	= 0,00 m	Slutpunkt	= 3,00 m

Vindlastforudsætninger:

Terrænkategori	= III, forstads- eller industriområde
Afstand fra Vesterhavet/Ringkøbing Fjord	= 25 km eller mere
Orografifaktor	= 1,00

Egenlast og nyttelast:

Last kategori	= C
---------------	-----

Bidrag	Karakteristisk lastværdi	Lastbredde	Excentricitet	Lastfaktor ψ_0
Tagflade, egenlast	0,55 kN/skrå m ²		120 mm	
Loft, egenlast	2,40 kN/m ²	2,50 m	120 mm	
Loft, nyttelast	2,50 kN/m ²	2,50 m	120 mm	0,60
Etagedæk, egenlast	2,40 kN/m ²	2,50 m	18 mm	
Etagedæk, nyttelast	2,50 kN/m ²	2,50 m	18 mm	0,60

Konsekvensklasse = Normal

Kontrolklasse = Normal

Delresultater

Vindlast, generelt:

Højden fra terræn til tagets øverste frembringer	h_{kip}	= 9,25 m
Karakt. hastighedstryk for udvendig vindlast (ved kip)	q_{maxy}	= 0,62 kN/m ²
Karakt. hastighedstryk for indvendig vindlast i øverste etage	q_{maxi}	= 0,48 kN/m ²

Væggens egenlast (karakteristisk værdi):

Egenlast af væg pr normaletage, uden fradrag for vindues-/døråbninger:

Formur	$g = 3,46$ kN/m	Bagvæg/indervæg	$g = 11,27$ kN/m
--------	-----------------	-----------------	------------------

Andre karakteristiske bidrag til lodret last på aktuel væg:

Egenlast tag	$g = 4,32$ kN/m	Snelast på tag	$s = 2,94$ kN/m
Vindlast på tag, tryktilfældet, vind på tværs		w_{Tt}	= 2,98 kN/m
Vindlast på tag, tryktilfældet, vind på langs		w_{Lt}	= 0,83 kN/m
Vindlast på tag, sugtilfældet, vind på tværs		w_{Ts}	= -0,80 kN/m
Vindlast på tag, sugtilfældet, vind på langs		w_{Ls}	= -5,00 kN/m
Alle lastbidrag fra tag virker med excentriciteten		e_1	= 120 mm

Egenlast loft	$g = 6,00$ kN/m	Nyttelast på loft	$q = 6,25$ kN/m
Alle lastbidrag fra loft virker med excentriciteten		e_1	= 120 mm

Egenlast dæk	$g = 6,00$ kN/m	Nyttelast på dæk	$q = 6,25$ kN/m
Alle lastbidrag fra dæk virker med excentriciteten		e_1	= 18 mm

Standardexcentricitet af last fra overliggende etager (som funktion af aktuel kontrolklasse)	e_3	= 15 mm
---	-------	---------

Partialkoefficienter for:	til ugunst	til gunst
---------------------------	------------	-----------

Egenlast	1,00	0,90
Nyttelast	1,50	0,00
Naturlast	1,50	0,00

Lastkombinationsfaktor ψ_0 for naturlast

Sne i kombination med vind	0,00
Sne i kombination med øvrige laster	0,30
Vind i kombination med øvrige laster	0,30

Regningsmæssige laster, ordnet efter lastkombination.

Forklaring til lastkombinationsbeskrivelserne og til kolonnerne findes under "Resultater".

Lastkombination nr. 1: $K_{FI} \gamma_{G,sup} G_{kj} + K_{FI} \gamma_Q w_{Tt} + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 s + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 q$

Etag	Formur/skalmur		Bagvæg eller indvendig væg			
	N_{top}	w_o	N_{top}	e_{top}	m_{top}	w_I
	kN/m	kN/m ²	kN/m	mm	Nm/m	kN/m ²
1	0,00	-0,75	20,42	75	1527	-0,22

Lastkombination nr. 2: $K_{FI} \gamma_{G,sup} G_{kj} + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 w_{Tt} + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 s + K_{FI} \gamma_Q q$

Etag	Formur/skalmur		Bagvæg eller indvendig væg			
	N_{top}	w_o	N_{top}	e_{top}	m_{top}	w_I
	kN/m	kN/m ²	kN/m	mm	Nm/m	kN/m ²
1	0,00	-0,22	22,36	87	1950	-0,06

Lastkombination nr. 3: $K_{FI} \gamma_{G,sup} G_{kj} + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 w_{Tt} + K_{FI} \gamma_Q s + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 q$

Etag	Formur/skalmur		Bagvæg eller indvendig væg			
	N_{top}	w_o	N_{top}	e_{top}	m_{top}	w_I
	kN/m	kN/m ²	kN/m	mm	Nm/m	kN/m ²
1	0,00	-0,22	21,70	71	1546	-0,06

Lastkombination nr. 4: $K_{FI} \gamma_{G,sup} G_{kj} + K_{FI} \gamma_Q w_{Lt} + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 s + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 q$

Etag	Formur/skalmur		Bagvæg eller indvendig væg			
	N_{top}	w_o	N_{top}	e_{top}	m_{top}	w_I
	kN/m	kN/m ²	kN/m	mm	Nm/m	kN/m ²
1	0,00	1,14	17,19	86	1479	0,14

Lastkombination nr. 5: $K_{FI} \gamma_{G,sup} G_{kj} + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 w_{Lt} + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 s + K_{FI} \gamma_Q q$

Etag	Formur/skalmur		Bagvæg eller indvendig væg			
	N_{top}	w_o	N_{top}	e_{top}	m_{top}	w_I
	kN/m	kN/m ²	kN/m	mm	Nm/m	kN/m ²
1	0,00	0,34	21,40	90	1935	0,04

Lastkombination nr. 6: $K_{FI} \gamma_{G,sup} G_{kj} + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 w_{Lt} + K_{FI} \gamma_Q s + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 q$

Etag	Formur/skalmur		Bagvæg eller indvendig væg			
	N_{top}	w_o	N_{top}	e_{top}	m_{top}	w_I
	kN/m	kN/m ²	kN/m	mm	Nm/m	kN/m ²
1	0,00	0,34	20,74	74	1532	0,04

Lastkombination nr. 7: $\gamma_{G,inf} G_{kj} + K_{FI} \gamma_Q \gamma_0 w_{Ts}$

Etage	Formur/skalmur		Bagvæg eller indvendig væg			
	N_{top}	w_o	N_{top}	e_{top}	m_{top}	w_I
	kN/m	kN/m ²	kN/m	mm	Nm/m	kN/m ²
1	0,00	-0,75	8,10	85	688	-0,22

Lastkombination nr. 8: $\gamma_{G,inf} G_{kj} + K_{FI} \gamma_Q \gamma_0 w_{Ls}$

Etage	Formur/skalmur		Bagvæg eller indvendig væg			
	N_{top}	w_o	N_{top}	e_{top}	m_{top}	w_I
	kN/m	kN/m ²	kN/m	mm	Nm/m	kN/m ²
1	0,00	1,14	1,79	331	594	0,14

Lastkombination nr. 9: $K_{FI} \gamma_{G,sup} G_{kj} + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 s + K_{FI} \gamma_Q q$

Etage	Formur/skalmur		Bagvæg eller indvendig væg			
	N_{top}	w_o	N_{top}	e_{top}	m_{top}	w_I
	kN/m	kN/m ²	kN/m	mm	Nm/m	kN/m ²
1	0,00	0,00	21,02	92	1930	0,00

Lastkombination nr. 10: $K_{FI} \gamma_{G,sup} G_{kj} + K_{FI} \gamma_Q s + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 q$

Etage	Formur/skalmur		Bagvæg eller indvendig væg			
	N_{top}	w_o	N_{top}	e_{top}	m_{top}	w_I
	kN/m	kN/m ²	kN/m	mm	Nm/m	kN/m ²
1	0,00	0,00	20,36	75	1526	0,00

Resultat

Regningsmæssige laster på den aktuelle væg, ordnet efter etage nr.

Tolkning af lastkombinationerne:

G_{kj} = egenlast

s = sne

q = nyttelast

w_{Tt} = vind på tværs, tryk på tagflade

w_{Ts} = vind på tværs, sug på tagflade

w_{Lt} = vind på langs, tryk på tagflade

w_{Ls} = vind på langs, sug på tagflade

Lastkombination nr. 1: $K_{FI} \gamma_{G,sup} G_{kj} + K_{FI} \gamma_Q w_{Tt} + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 s + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 q$

Lastkombination nr. 2: $K_{FI} \gamma_{G,sup} G_{kj} + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 w_{Tt} + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 s + K_{FI} \gamma_Q q$

Lastkombination nr. 3: $K_{FI} \gamma_{G,sup} G_{kj} + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 w_{Tt} + K_{FI} \gamma_Q s + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 q$

Lastkombination nr. 4: $K_{FI} \gamma_{G,sup} G_{kj} + K_{FI} \gamma_Q w_{Lt} + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 s + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 q$

Lastkombination nr. 5: $K_{FI} \gamma_{G,sup} G_{kj} + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 w_{Lt} + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 s + K_{FI} \gamma_Q q$

Lastkombination nr. 6: $K_{FI} \gamma_{G,sup} G_{kj} + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 w_{Lt} + K_{FI} \gamma_Q s + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 q$

Lastkombination nr. 7: $\gamma_{G,inf} G_{kj} + K_{FI} \gamma_Q \gamma_0 w_{Ts}$

Lastkombination nr. 8: $\gamma_{G,inf} G_{kj} + K_{FI} \gamma_Q \gamma_0 w_{Ls}$

Lastkombination nr. 9: $K_{FI} \gamma_{G,sup} G_{kj} + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 s + K_{FI} \gamma_Q q$

Lastkombination nr. 10: $K_{FI} \gamma_{G,sup} G_{kj} + K_{FI} \gamma_Q s + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 q$

$K_{FI} \gamma_Q q$ betyder: $K_{FI} \gamma_Q q$ fra dæk (eller loft) over aktuel etage og $K_{FI} \gamma_Q \psi_0 q$ fra alle øvrige dæk.

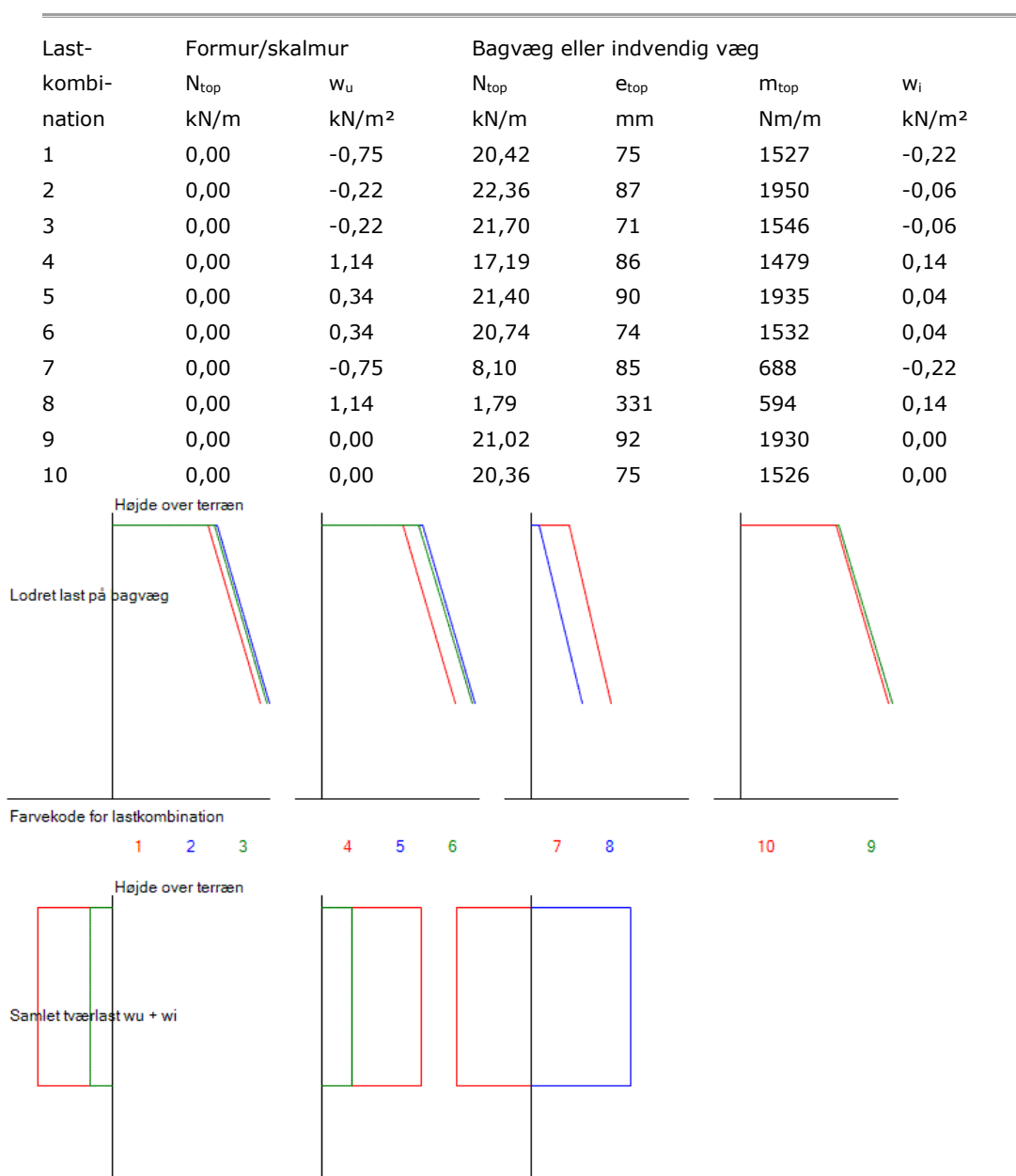
Lastkombinationerne 7 og 8 svarer til lastkombinationer, hvor egenvægten virker til gunst.

Lastkombinationerne 9 og 10 er hovedsagelig relevante for Ritterberegning af elementvægge.

Forklaring til de øvrige kolonner:

- N_{top} = Lodret last på toppen af væggen i den aktuelle etage, regnet positiv nedad. Hvis den er negativ, skal taget forankres længere nede i bygningen, og forankringskraften skal trækkes fra den lodrette last på væggen i de etager, ankeret dækker.
- e_{top} = Topexcentricitet, dvs. excentricitet af N_{top} , regnet positiv indad.
- m_{top} = Moment ved toppen af væggen i den aktuelle etage = $N_{top} \times e_{top}$.
- w_u = Tværlast på ydersiden af formur/skalmur, regnet positiv udad (dvs. som udvendigt undertryk).
- w_i = Tværlast på indersiden af bagvæg/indervæg, regnet positiv udad (dvs. som indvendigt overtryk).

Etage 1 :



Bilag 2D – Lastberegning. Efter renovering. Mellembjælke

Teknologisk Institut
Kongsvang Allé
8000 Aarhus C

Projektnavn: EUDP II. Rødovre demo byggeri
Komponent: 2D. Lastberegning. Efter renovering. Mellembjælke

Sagsansvarlig: pdc

Dato: 15-01-2016

Tid: 10:47

Sagsnummer: 2002857

Modul: Last / EC6design v.7.04

Specifikke forudsætninger

Bygningens dimensioner:

Tagvinkel	= 42,0°	Taghældning	= 0,900
Huskroplebredde	= 10,68 m	Huskroplængde	= 8,85 m
Tagudhæng over facade	= 0,50 m	Tagudhæng over gavl	= 0,50 m
Etageantal	= 1	Etagehøjde	= 2,80 m
Sokkelhøjde fra terræn til nederste etages gulv			= 1,50 m

Konstruktionsbeskrivelse i øvrigt:

Tagtype	= fritspændende sadeltag
Vægtype	= ikke-tagbærende indervæg

Det aktuelle vægfelt:

Bagvæg/indervæg:	Densitet	= 1800 kg/m ³	Tykkelse	= 228 mm
------------------	----------	--------------------------	----------	----------

Vindlastforudsætninger:

Terrænkategori	= III, forstads- eller industriområde
Afstand fra Vesterhavet/Ringkøbing Fjord	= 25 km eller mere
Orografifaktor	= 1,00

Egenlast og nyttelast:

Last kategori	= C
---------------	-----

Bidrag	Karakteristisk lastværdi	Lastbredde	Excentricitet	Lastfaktor ψ_0
Tagflade, egenlast	0,55 kN/skrå m ²		120 mm	
Loft, egenlast	2,40 kN/m ²	5,00 m	120 mm	
Loft, nyttelast	2,50 kN/m ²	5,00 m	120 mm	0,60
Etagedæk, egenlast	2,40 kN/m ²	5,00 m	18 mm	
Etagedæk, nyttelast	2,50 kN/m ²	5,00 m	18 mm	0,60

Konsekvensklasse = Normal

Kontrolklasse = Normal

Delresultater

Vindlast, generelt:

Højden fra terræn til tagets øverste frembringer	h_{kip}	= 9,25 m
Karakt. hastighedstryk for udvendig vindlast (ved kip)	q_{maxy}	= 0,62 kN/m ²
Karakt. hastighedstryk for indvendig vindlast i øverste etage	q_{maxi}	= 0,48 kN/m ²

Væggens egenlast (karakteristisk værdi):

Egenlast af væg pr normaletage, uden fradrag for vindues-/døråbninger:

Formur	g	= 0,00 kN/m	Bagvæg/indervæg	g	= 11,27 kN/m
--------	-----	-------------	-----------------	-----	--------------

Andre karakteristiske bidrag til lodret last på aktuel væg:

Egenlast loft	g	= 12,00 kN/m	Nyttelast på loft	q	= 12,50 kN/m
Alle lastbidrag fra loft virker med excentriciteten			e_1	= 120 mm	

Egenlast dæk	g	= 12,00 kN/m	Nyttelast på dæk	q	= 12,50 kN/m
Alle lastbidrag fra dæk virker med excentriciteten			e_1	= 18 mm	

Standardexcentricitet af last fra overliggende etager (som funktion af aktuel kontrolklasse)	e_3	= 15 mm
---	-------	---------

Partialkoefficienter for:

	til ugunst	til gunst
Egenlast	1,00	0,90
Nyttelast	1,50	0,00
Naturlast	1,50	0,00

Lastkombinationsfaktor ψ_0 for naturlast

Sne i kombination med vind	0,00
Sne i kombination med øvrige laster	0,30
Vind i kombination med øvrige laster	0,30

Regningsmæssige laster, ordnet efter lastkombination.

Forklaring til lastkombinationsbeskrivelserne og til kolonnerne findes under "Resultater".

Lastkombination nr. 1: $K_{FI} \gamma_{G,sup} G_{kj} + K_{FI} \gamma_Q W_{Te} + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 s + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 q$

Etage	Formur/skalmur		Bagvæg eller indvendig væg			
	N_{top}	w_o	N_{top}	e_{top}	m_{top}	w_i
	kN/m	kN/m ²	kN/m	mm	Nm/m	kN/m ²
1	0,00	0,00	23,25	120	2790	0,29

Lastkombination nr. 2: $K_{FI} \gamma_{G,sup} G_{kj} + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 w_{Tt} + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 s + K_{FI} \gamma_Q q$

Etag	Formur/skalmur		Bagvæg eller indvendig væg			
	N_{top}	w_o	N_{top}	e_{top}	m_{top}	w_I
	kN/m	kN/m ²	kN/m	mm	Nm/m	kN/m ²
1	0,00	0,00	30,75	120	3690	0,09

Lastkombination nr. 7: $\gamma_{G,inf} G_{kj} + K_{FI} \gamma_Q \gamma_0 w_{Ts}$

Etag	Formur/skalmur		Bagvæg eller indvendig væg			
	N_{top}	w_o	N_{top}	e_{top}	m_{top}	w_I
	kN/m	kN/m ²	kN/m	mm	Nm/m	kN/m ²
1	0,00	0,00	10,80	120	1296	0,29

Lastkombination nr. 9: $K_{FI} \gamma_{G,sup} G_{kj} + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 s + K_{FI} \gamma_Q q$

Etag	Formur/skalmur		Bagvæg eller indvendig væg			
	N_{top}	w_o	N_{top}	e_{top}	m_{top}	w_I
	kN/m	kN/m ²	kN/m	mm	Nm/m	kN/m ²
1	0,00	0,00	30,75	120	3690	0,00

Resultat

Regningsmæssige laster på den aktuelle væg, ordnet efter etage nr.

Tolkning af lastkombinationerne:

G_{kj} = egenlast

s = sne

q = nyttelast

w_{Tt} = vind på tværs, tryk på tagflade

w_{Ts} = vind på tværs, sug på tagflade

w_{Lt} = vind på langs, tryk på tagflade

w_{Ls} = vind på langs, sug på tagflade

Lastkombination nr. 1: $K_{FI} \gamma_{G,sup} G_{kj} + K_{FI} \gamma_Q w_{Tt} + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 s + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 q$

Lastkombination nr. 2: $K_{FI} \gamma_{G,sup} G_{kj} + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 w_{Tt} + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 s + K_{FI} \gamma_Q q$

Lastkombination nr. 3: $K_{FI} \gamma_{G,sup} G_{kj} + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 w_{Tt} + K_{FI} \gamma_Q s + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 q$

Lastkombination nr. 4: $K_{FI} \gamma_{G,sup} G_{kj} + K_{FI} \gamma_Q w_{Lt} + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 s + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 q$

Lastkombination nr. 5: $K_{FI} \gamma_{G,sup} G_{kj} + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 w_{Lt} + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 s + K_{FI} \gamma_Q q$

Lastkombination nr. 6: $K_{FI} \gamma_{G,sup} G_{kj} + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 w_{Lt} + K_{FI} \gamma_Q s + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 q$

Lastkombination nr. 7: $\gamma_{G,inf} G_{kj} + K_{FI} \gamma_Q \gamma_0 w_{Ts}$

Lastkombination nr. 8: $\gamma_{G,inf} G_{kj} + K_{FI} \gamma_Q \gamma_0 w_{Ls}$

Lastkombination nr. 9: $K_{FI} \gamma_{G,sup} G_{kj} + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 s + K_{FI} \gamma_Q q$

Lastkombination nr. 10: $K_{FI} \gamma_{G,sup} G_{kj} + K_{FI} \gamma_Q s + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 q$

$K_{FI} \gamma_Q q$ betyder: $K_{FI} \gamma_Q q$ fra dæk (eller loft) over aktuell etage og $K_{FI} \gamma_Q \psi_0 q$ fra alle øvrige dæk.

Lastkombinationerne 7 og 8 svarer til lastkombinationer, hvor egenvægten virker til gunst.

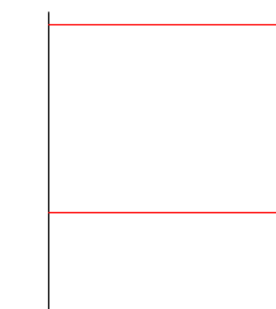
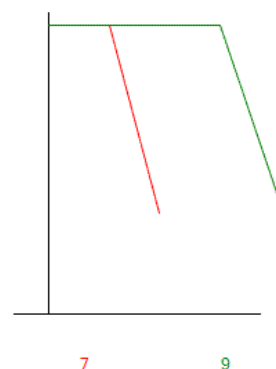
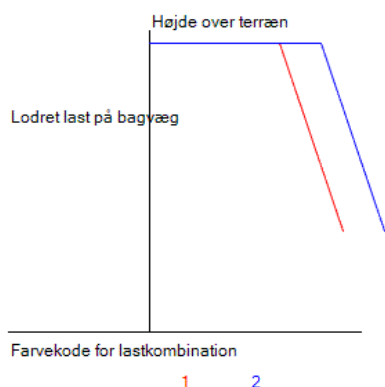
Lastkombinationerne 9 og 10 er hovedsagelig relevante for Ritterberegning af elementvægge.

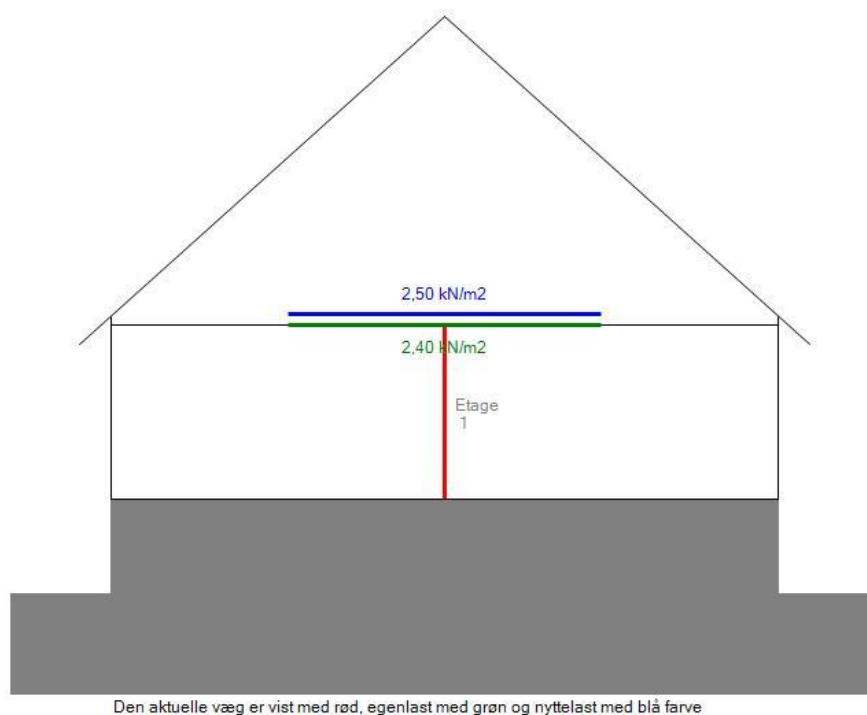
Forklaring til de øvrige kolonner:

- N_{top} = Lodret last på toppen af væggen i den aktuelle etage, regnet positiv nedad. Hvis den er negativ, skal taget forankres længere nede i bygningen, og forankringskraften skal trækkes fra den lodrette last på væggen i de etager, ankeret dækker.
- e_{top} = Topexcentricitet, dvs. excentricitet af N_{top} , regnet positiv indad.
- m_{top} = Moment ved toppen af væggen i den aktuelle etage = $N_{top} \times e_{top}$.
- w_u = Tværlast på ydersiden af formur/skalmur, regnet positiv udad (dvs. som udvendigt undertryk).
- w_i = Tværlast på indersiden af bagvæg/indervæg, regnet positiv udad (dvs. som indvendigt overtryk).

Etage 1 :

Last-kombi-nation	Formur/skalmur		Bagvæg eller indvendig væg			
	N_{top} kN/m	w_u kN/m ²	N_{top} kN/m	e_{top} mm	m_{top} Nm/m	w_i kN/m ²
1	0,00	0,00	23,25	120	2790	0,29
2	0,00	0,00	30,75	120	3690	0,09
7	0,00	0,00	10,80	120	1296	0,29
9	0,00	0,00	30,75	120	3690	0,00





Bilag 2E – Lastberegning. Efter renovering. Vindlast kun i midterområde

Teknologisk Institut
Kongsvang Allé
8000 Århus C

Projektnavn: EUDP II. Rødovre demo byggeri
Komponent: 2E. Lastberegning. Efter renovering. vindlast kun i midterområde

Sagsansvarlig: pdc
Dato: 19-01-2016
Tid: 11:01

Sagsnummer: 2002857
Modul: Last / EC6design
v.7.04

Specifikke forudsætninger

Bygningens dimensioner:

Tagvinkel	= 42,0°	Taghældning	= 0,900
Huskroplebredde	= 10,68 m	Huskroplængde	= 8,85 m
Tagudhæng over facade	= 0,50 m	Tagudhæng over gavl	= 0,50 m
Etageantal	= 1	Etagehøjde	= 2,80 m
Sokkelhøjde fra terræn til nederste etages gulv			= 1,50 m

Konstruktionsbeskrivelse i øvrigt:

Tagtype	= fritspændende sadeltag
Vægtype	= facadevæg

Det aktuelle vægfelt:

Bagvæg/indervæg: Densitet	= 1800 kg/m ³	Tykkelse	= 228 mm
Formur/skalmur: Densitet	= 1800 kg/m ³	Tykkelse	= 70 mm
Afstand fra nærmeste gavl (ydside) til vægfeltets			
Startpunkt	= 3,00 m	Slutpunkt	= 5,00 m

Vindlastforudsætninger:

Terrænkategori	= III, forstads- eller industriområde
Afstand fra Vesterhavet/Ringkøbing Fjord	= 25 km eller mere
Orografifaktor	= 1,00

Egenlast og nyttelast:

Last kategori	= C
---------------	-----

Bidrag	Karakteristisk lastværdi	Lastbredde	Excentricitet	Lastfaktor ψ_0
Tagflade, egenlast	0,55 kN/skrå m ²		120 mm	
Loft, egenlast	2,40 kN/m ²	2,50 m	120 mm	
Loft, nyttelast	2,50 kN/m ²	2,50 m	120 mm	0,60
Etagedæk, egenlast	2,40 kN/m ²	2,50 m	18 mm	
Etagedæk, nytte-last	2,50 kN/m ²	2,50 m	18 mm	0,60
Konsekvensklasse = Normal		Kontrolklasse = Normal		

Delresultater

Vindlast, generelt:

Højden fra terræn til tagets øverste frembringer	h_{kip}	= 9,25 m
Karakt. hastighedstryk for udvendig vindlast (ved kip)	q_{maxy}	= 0,62 kN/m ²
Karakt. hastighedstryk for indvendig vindlast i øverste etage	q_{maxi}	= 0,48 kN/m ²

Væggens egenlast (karakteristisk værdi):

Egenlast af væg pr normaletage, uden fradrag for vindues-/døråbninger:

Formur	$g = 3,46 \text{ kN/m}$	Bagvæg/indervæg	$g = 11,27 \text{ kN/m}$
--------	-------------------------	-----------------	--------------------------

Andre karakteristiske bidrag til lodret last på aktuel væg:

Egenlast tag	$g = 4,32 \text{ kN/m}$	Snelast på tag	$s = 2,52 \text{ kN/m}$
Vindlast på tag, tryktilfældet, vind på tværs		w_{Tt}	= 2,03 kN/m
Vindlast på tag, tryktilfældet, vind på langs		w_{Lt}	= 1,32 kN/m
Vindlast på tag, sugtilfældet, vind på tværs		w_{Ts}	= -1,44 kN/m
Vindlast på tag, sugtilfældet, vind på langs		w_{Ls}	= -3,46 kN/m
Alle lastbidrag fra tag virker med excentriciteten		e_1	= 120 mm

Egenlast loft	$g = 6,00 \text{ kN/m}$	Nyttelast på loft	$q = 6,25 \text{ kN/m}$
Alle lastbidrag fra loft virker med excentriciteten		e_1	= 120 mm

Egenlast dæk	$g = 6,00 \text{ kN/m}$	Nyttelast på dæk	$q = 6,25 \text{ kN/m}$
Alle lastbidrag fra dæk virker med excentriciteten		e_1	= 18 mm

Standardexcentricitet af last fra overliggende etager (som funktion af aktuel kontrolklasse)	e_3	= 15 mm
---	-------	---------

Partialkoefficienter for:	til ugunst	til gunst
---------------------------	------------	-----------

Egenlast	1,00	0,90
Nyttelast	1,50	0,00
Naturlast	1,50	0,00

Lastkombinationsfaktor ψ_0 for naturlast

Sne i kombination med vind	0,00
Sne i kombination med øvrige laster	0,30
Vind i kombination med øvrige laster	0,30

Regningsmæssige laster, ordnet efter lastkombination.

Forklaring til lastkombinationsbeskrivelserne og til kolonnerne findes under "Resultater".

Lastkombination nr. 1: $K_{FI} \gamma_{G,sup} G_{kj} + K_{FI} \gamma_Q w_{Tt} + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 s + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 q$

Etag	Formur/skalmur		Bagvæg eller indvendig væg			
	N_{top}	w_o	N_{top}	e_{top}	m_{top}	w_I
	kN/m	kN/m ²	kN/m	mm	Nm/m	kN/m ²
1	0,00	-0,78	18,99	79	1505	-0,22

Lastkombination nr. 2: $K_{FI} \gamma_{G,sup} G_{kj} + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 w_{Tt} + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 s + K_{FI} \gamma_Q q$

Etag	Formur/skalmur		Bagvæg eller indvendig væg			
	N_{top}	w_o	N_{top}	e_{top}	m_{top}	w_I
	kN/m	kN/m ²	kN/m	mm	Nm/m	kN/m ²
1	0,00	-0,23	21,74	89	1941	-0,06

Lastkombination nr. 3: $K_{FI} \gamma_{G,sup} G_{kj} + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 w_{Tt} + K_{FI} \gamma_Q s + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 q$

Etag	Formur/skalmur		Bagvæg eller indvendig væg			
	N_{top}	w_o	N_{top}	e_{top}	m_{top}	w_I
	kN/m	kN/m ²	kN/m	mm	Nm/m	kN/m ²
1	0,00	-0,23	20,64	74	1530	-0,06

Lastkombination nr. 4: $K_{FI} \gamma_{G,sup} G_{kj} + K_{FI} \gamma_Q w_{Lt} + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 s + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 q$

Etag	Formur/skalmur		Bagvæg eller indvendig væg			
	N_{top}	w_o	N_{top}	e_{top}	m_{top}	w_I
	kN/m	kN/m ²	kN/m	mm	Nm/m	kN/m ²
1	0,00	0,82	17,92	83	1489	0,14

Lastkombination nr. 5: $K_{FI} \gamma_{G,sup} G_{kj} + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 w_{Lt} + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 s + K_{FI} \gamma_Q q$

Etag	Formur/skalmur		Bagvæg eller indvendig væg			
	N_{top}	w_o	N_{top}	e_{top}	m_{top}	w_I
	kN/m	kN/m ²	kN/m	mm	Nm/m	kN/m ²
1	0,00	0,25	21,42	90	1936	0,04

Lastkombination nr. 6: $K_{FI} \gamma_{G,sup} G_{kj} + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 w_{Lt} + K_{FI} \gamma_Q s + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 q$

Etag	Formur/skalmur		Bagvæg eller indvendig væg			
	N_{top}	w_o	N_{top}	e_{top}	m_{top}	w_I
	kN/m	kN/m ²	kN/m	mm	Nm/m	kN/m ²
1	0,00	0,25	20,32	75	1525	0,04

Lastkombination nr. 7: $\gamma_{G,inf} G_{kj} + K_{FI} \gamma_Q \gamma_0 w_{Ts}$

Etag	Formur/skalmur		Bagvæg eller indvendig væg			
	N_{top}	w_o	N_{top}	e_{top}	m_{top}	w_I
	kN/m	kN/m ²	kN/m	mm	Nm/m	kN/m ²
1	0,00	-0,78	7,14	94	674	-0,22

Lastkombination nr. 8: $\gamma_{G,inf} G_{kj} + K_{FI} \gamma_Q \gamma_0 w_{Ls}$

Etag	Formur/skalmur		Bagvæg eller indvendig væg			
	N_{top}	w_o	N_{top}	e_{top}	m_{top}	w_I
	kN/m	kN/m ²	kN/m	mm	Nm/m	kN/m ²
1	0,00	0,82	4,11	153	629	0,14

Lastkombination nr. 9: $K_{FI} \gamma_{G,sup} G_{kj} + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 s + K_{FI} \gamma_Q q$

Etag	Formur/skalmur		Bagvæg eller indvendig væg			
	N_{top}	w_o	N_{top}	e_{top}	m_{top}	w_I
	kN/m	kN/m ²	kN/m	mm	Nm/m	kN/m ²
1	0,00	0,00	20,83	92	1927	0,00

Lastkombination nr. 10: $K_{FI} \gamma_{G,sup} G_{kj} + K_{FI} \gamma_Q s + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 q$

Etag	Formur/skalmur		Bagvæg eller indvendig væg			
	N_{top}	w_o	N_{top}	e_{top}	m_{top}	w_I
	kN/m	kN/m ²	kN/m	mm	Nm/m	kN/m ²
1	0,00	0,00	19,73	77	1517	0,00

Resultat

Regningsmæssige laster på den aktuelle væg, ordnet efter etage nr.

Tolkning af lastkombinationerne:

G_{kj} = egenlast $s = sne$ q = nyttelast

w_{Tt} = vind på tværs, tryk på tagflade w_{Ts} = vind på tværs, sug på tagflade

w_{Lt} = vind på langs, tryk på tagflade w_{Ls} = vind på langs, sug på tagflade

Lastkombination nr. 1: $K_{FI} \gamma_{G,sup} G_{kj} + K_{FI} \gamma_Q w_{Tt} + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 s + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 q$

Lastkombination nr. 2: $K_{FI} \gamma_{G,sup} G_{kj} + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 w_{Tt} + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 s + K_{FI} \gamma_Q q$

Lastkombination nr. 3: $K_{FI} \gamma_{G,sup} G_{kj} + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 w_{Tt} + K_{FI} \gamma_Q s + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 q$

Lastkombination nr. 4: $K_{FI} \gamma_{G,sup} G_{kj} + K_{FI} \gamma_Q w_{Lt} + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 s + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 q$

Lastkombination nr. 5: $K_{FI} \gamma_{G,sup} G_{kj} + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 w_{Lt} + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 s + K_{FI} \gamma_Q q$

Lastkombination nr. 6: $K_{FI} \gamma_{G,sup} G_{kj} + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 w_{Lt} + K_{FI} \gamma_Q s + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 q$

Lastkombination nr. 7: $\gamma_{G,inf} G_{kj} + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 w_{Ts}$

Lastkombination nr. 8: $\gamma_{G,inf} G_{kj} + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 w_{Ls}$

Lastkombination nr. 9: $K_{FI} \gamma_{G,sup} G_{kj} + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 s + K_{FI} \gamma_Q q$

Lastkombination nr. 10: $K_{FI} \gamma_{G,sup} G_{kj} + K_{FI} \gamma_Q s + K_{FI} \gamma_Q \psi_0 q$

$K_{FI} \gamma_Q q$ betyder: $K_{FI} \gamma_Q q$ fra dæk (eller loft) over aktuel etage og $K_{FI} \gamma_Q \psi_0 q$ fra alle øvrige dæk.

Lastkombinationerne 7 og 8 svarer til lastkombinationer, hvor egenvægten virker til gunst.

Lastkombinationerne 9 og 10 er hovedsagelig relevante for Ritterberegning af elementvægge.

Forklaring til de øvrige kolonner:

N_{top} = Lodret last på toppen af væggen i den aktuelle etage, regnet positiv nedad. Hvis den er negativ, skal taget forankres længere nede i bygningen, og forankringskraften skal trækkes fra den lodrette last på væggen i de etager, ankeret dækker.

e_{top} = Topexcentricitet, dvs. excentricitet af N_{top} , regnet positiv indad.

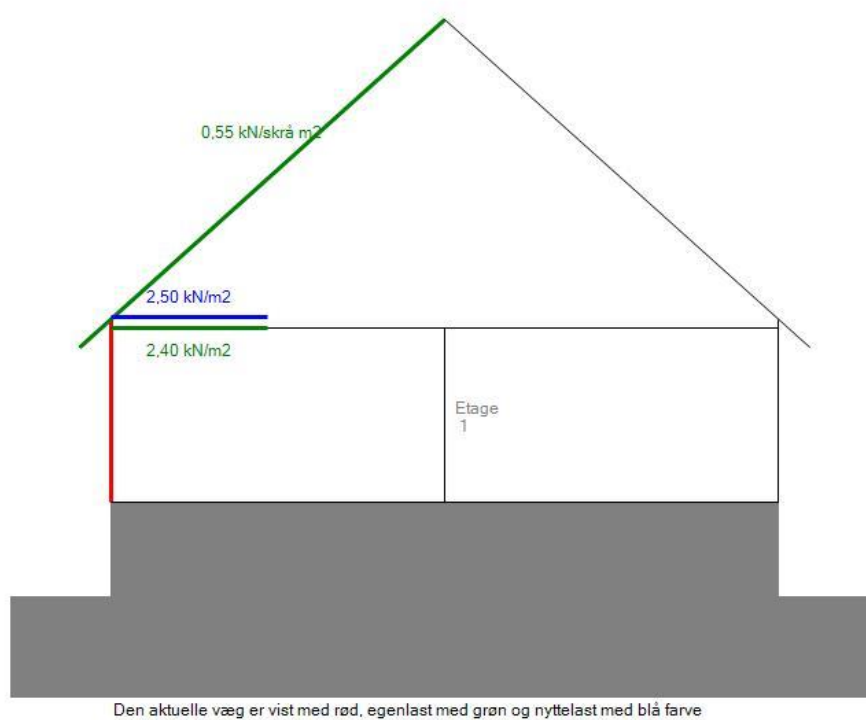
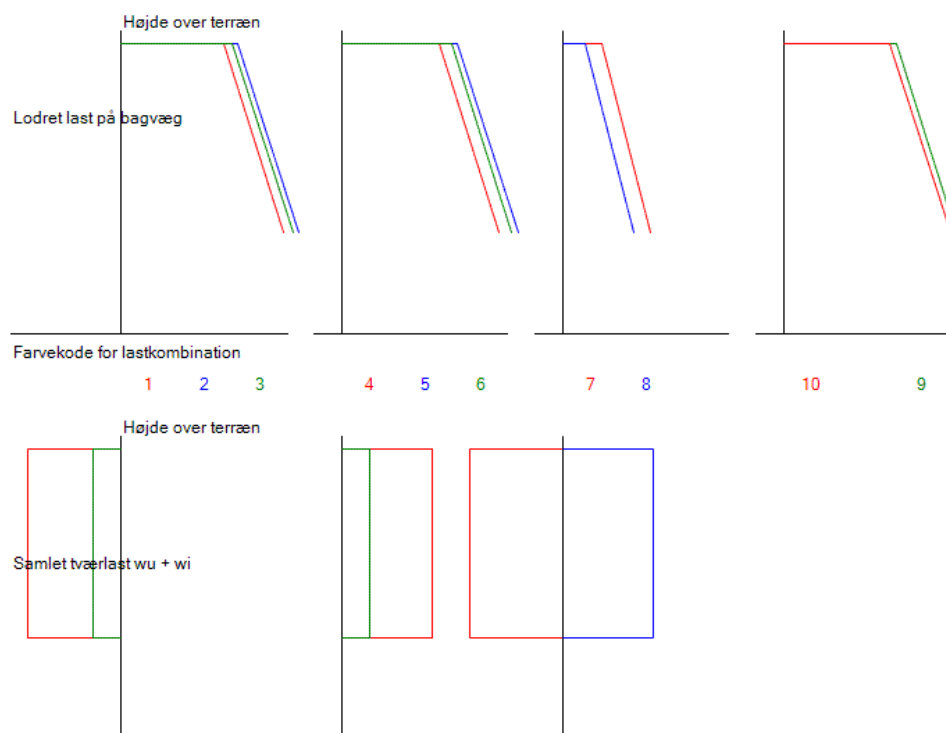
m_{top} = Moment ved toppen af væggen i den aktuelle etage = $N_{top} \times e_{top}$.

w_u = Tværlast på ydersiden af formur/skalmur, regnet positiv udad (dvs. som udvendigt undertryk).

w_i = Tværlast på indersiden af bagvæg/indervæg, regnet positiv udad (dvs. som indvendigt overtryk).

Etage 1 :

Last-kombi-nation	Formur/skalmur		Bagvæg eller indvendig væg			
	N_{top} kN/m	w_u kN/m ²	N_{top} kN/m	e_{top} mm	m_{top} Nm/m	w_i kN/m ²
1	0,00	-0,78	18,99	79	1505	-0,22
2	0,00	-0,23	21,74	89	1941	-0,06
3	0,00	-0,23	20,64	74	1530	-0,06
4	0,00	0,82	17,92	83	1489	0,14
5	0,00	0,25	21,42	90	1936	0,04
6	0,00	0,25	20,32	75	1525	0,04
7	0,00	-0,78	7,14	94	674	-0,22
8	0,00	0,82	4,11	153	629	0,14
9	0,00	0,00	20,83	92	1927	0,00
10	0,00	0,00	19,73	77	1517	0,00



Bilag 3 – Bindere langs gavltrekan. L_fri = 60 mm

Teknologisk Institut
Kongsvang Allé
8000 Aarhus C

Projektnavn: EUDP II. Rødovre demo byggeri
Komponent: Bindere langs gavltrekan. L_fri = 60 mm

Sagsansvarlig: pdc

Dato: 15-01-2016

Tid: 10:52

Sagsnummer: 2002857

Modul: Binder / EC6design v.7.04

Specifikke forudsætninger

Geometri:

Fri binderlængde	= 60 mm	Diameter	= 4,0 mm
Krumningstype	= bøjet	Største forhåndsdeformation	= 4,0 mm
		Differensbevægelse	= 0,4 mm

Materialeparametre (karakteristiske værdier):

Flydespænding	$f_{yk} = 600 \text{ MPa}$	Forankringsstyrke i murværk	= 1440 N
E-modul	$E_{sk} = 200000 \text{ MPa}$	Forankr.styrke i letbetonelementer	= 600 N
Bagvæggen er af murværk			

Konsekvens- klasse	= Normal	Kontrolklasse	= Normal
-----------------------	----------	---------------	----------

Delresultater

Parameter	Partialkoefficient	Regningsmæssig værdi
Bindertråds flydespænding	1,20	$f_d = 500 \text{ MPa}$
Bindertråds E-modul	1,20	$E_{od} = 166667 \text{ MPa}$
Forankringsstyrke i murværk	1,70	= 847 N
Regningsmæssig bæreevne for træk alene ($A \cdot f_d$)		= 6280 N
Regningsmæssig Eulerkraft ($n^2 \cdot E_{od} \cdot I / L^2$)		= 22933 N
Med den specificerede trådtype og fri binderlængde fremkaldes flydning af en differensbevægelse på 0,7 mm alene uden samtidigt træk eller tryk.		

Resultat

Regn.mæss. bæreevner for kombineret træk/tryk og differensbevægelse:

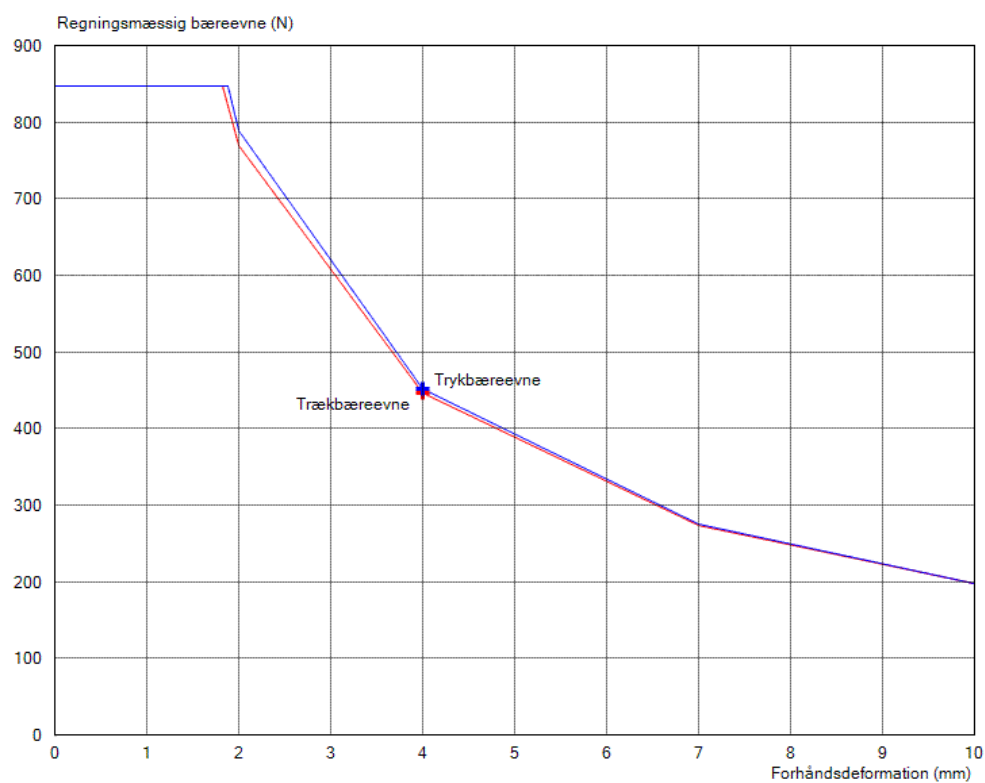
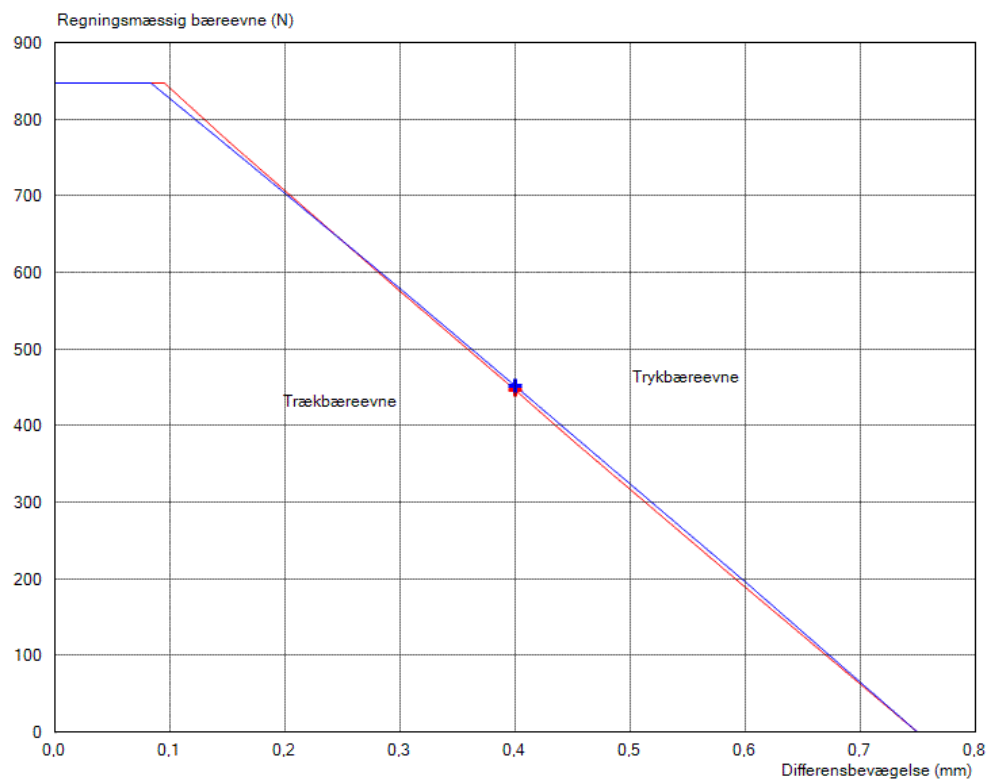
Trækbæreevne = 446 N

Trykbæreevne = 452 N

Information: Forklaring på, at trykbæreevnen kan være større end trækbæreevnen.

Ved små differensbevægelser nærmer det sig et stabilitets- (søjle-)problem. Her er trykbæreevnen som regel mindre end trækbæreevnen. Ved større differensbevægelser er det "kantspændingerne" i binderens over- og underside (forudsat lodret differensbevægelse) inde ved indspændingerne i formur og bagvæg, der er dimensionsgivende.

Tænk på en S-krummet binder uden forhåndsdeformation og med en stor differensbevægelse. Momentkurven er retlinjet over binderlængden med maksimum ved de indspændte ender og nul i midten. De største kantspændinger fås derfor ved indspændingerne (formur og bagvæg). Hvis binderen herefter udsættes for træk, er der en tendens til at krumningen ved indspændingerne forøges. Hvis binderen i stedet udsættes for tryk, er der en tendens til at krumningen ved indspændingerne formindskes, mens den forøges længere inde mod binderens midte.



Bilag 4 – Bindere langs gavltrekant. $L_{\text{fri}} = 400 \text{ mm}$

Teknologisk Institut
Kongsvang Allé
8000 Aarhus C

Projektnavn: EUDP II. Rødovre demo byggeri
Komponent: Bindere langs gavltrekant. $L_{\text{fri}} = 400 \text{ mm}$

Sagsansvarlig: pdc

Dato: 15-01-2016

Tid: 10:55

Sagsnummer: 2002857

Modul: Binder / EC6design v.7.04

Specifikke forudsætninger

Geometri:

Fri binderlængde	= 400 mm	Diameter	= 4,0 mm
Krumningstype	= bøjet	Største forhåndsdeformation	= 4,0 mm
		Differensbevægelse	= 0,4 mm

Materialeparametre (karakteristiske værdier):

Flydespænding	$f_{yk} = 600 \text{ MPa}$	Forankringsstyrke i murværk	= 1440 N
E-modul	$E_{sk} = 200000 \text{ MPa}$	Forankr.styrke i letbetonelementer	= 600 N
Bagvæggen er af murværk			

Konsekvens- klasse	= Normal	Kontrolklasse	= Normal
-----------------------	----------	---------------	----------

Delresultater

Parameter	Partialkoefficient	Regningsmæssig værdi
Bindertråds flydespænding	1,20	$f_d = 500 \text{ MPa}$
Bindertråds E-modul	1,20	$E_{od} = 166667 \text{ MPa}$
Forankringsstyrke i murværk	1,70	= 847 N
Regningsmæssig bæreevne for træk alene ($A \cdot f_d$)		= 6280 N
Regningsmæssig Eulerkraft ($n^2 \cdot E_{od} \cdot I / L^2$)		= 516 N
Med den specificerede trådtype og fri binderlængde fremkaldes flydning af en differensbevægelse på 33,3 mm alene uden samtidigt træk eller tryk.		

Resultat

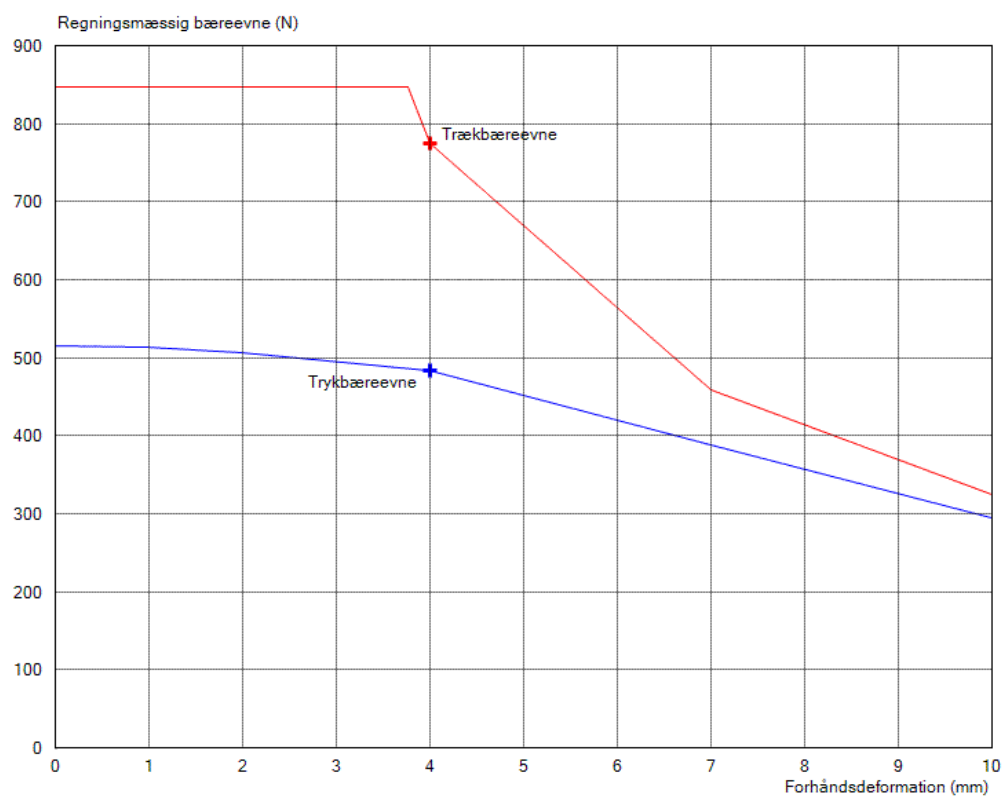
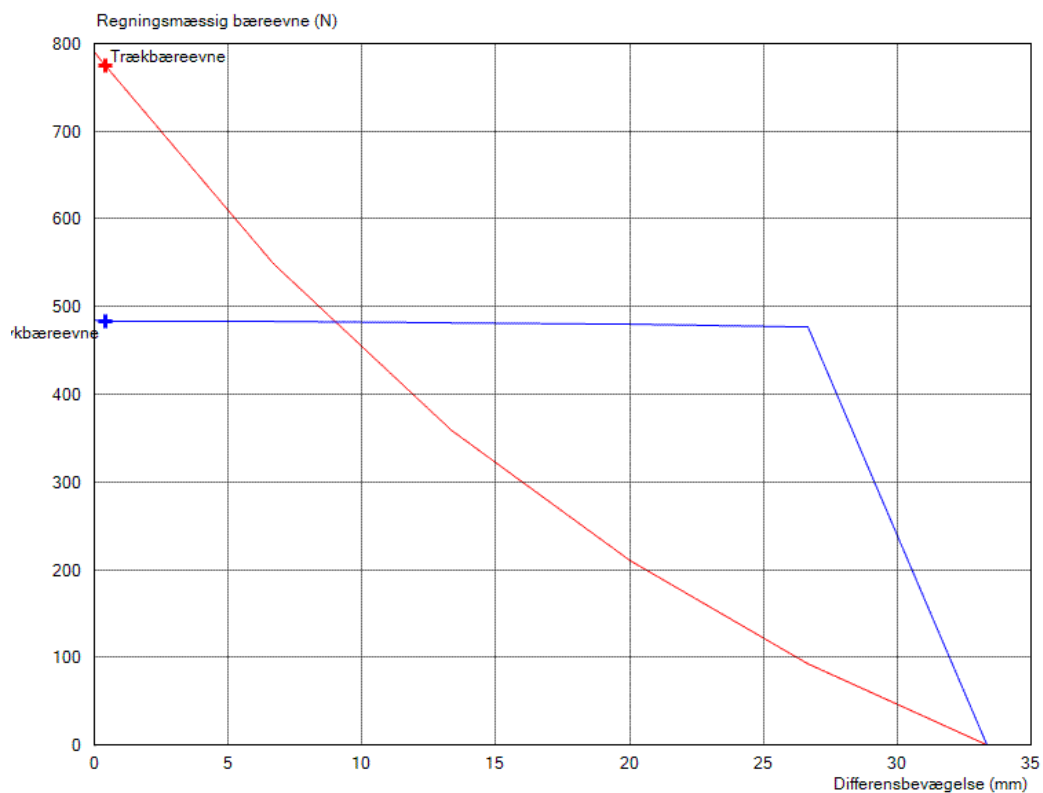
Regn.mæss. bæreevner for kombineret træk/tryk og differensbevægelse:

Trækbæreevne = 774 N	Trykbæreevne = 484 N
----------------------	----------------------

Information: Forklaring på, at trykbæreevnen kan være større end trækbæreevnen.

Ved små differensbevægelser nærmer det sig et stabilitets- (søjle-)problem. Her er trykbæreevnen som regel mindre end trækbæreevnen. Ved større differensbevægelser er det "kantspændingerne" i binderens over- og underside (forudsat lodret differensbevægelse) inde ved indspændingerne i formur og bagvæg, der er dimensionsgivende.

Tænk på en S-krummet binder uden forhåndsdeformation og med en stor differensbevægelse. Momentkurven er retlinjet over binderlængden med maksimum ved de indspændte ender og nul i midten. De største kantspændinger fås derfor ved indspændingerne (formur og bagvæg). Hvis binderen herefter udsættes for træk, er der en tendens til at krumningen ved indspændingerne forøges. Hvis binderen i stedet udsættes for tryk, er der en tendens til at krumningen ved indspændingerne formindskes, mens den forøges længere inde mod binderens midte.



Bilag 5 – Bindere i vægfelter

Teknologisk Institut
Kongsvang Allé
8000 Aarhus C

Projektnavn: EUDP II. Rødovre demo byggeri
Komponent: Normale bindere

Sagsansvarlig: pdc

Dato: 15-01-2016

Tid: 10:57

Sagsnummer: 2002857

Modul: Binder / EC6design v.7.04

Specifikke forudsætninger

Geometri:

Fri binderlængde	= 132 mm	Diameter	= 4,0 mm
Krumningstype	= bøjet	Største forhåndsdeformation	= 2,0 mm
		Differensbevægelse	= 2,0 mm

Materialeparametre (karakteristiske værdier):

Flydespænding	$f_{yk} = 600 \text{ MPa}$	Forankringsstyrke i murværk	= 1440 N
E-modul	$E_{sk} = 200000 \text{ MPa}$	Forankr.styrke i letbetonelementer	= 600 N
Bagvæggen er af murværk			

Konsekvens- klasse	= Normal	Kontrolklasse	= Normal
-----------------------	----------	---------------	----------

Delresultater

Parameter	Partialkoefficient	Regningsmæssig værdi
Bindertråds flydespænding	1,20	$f_d = 500 \text{ MPa}$
Bindertråds E-modul	1,20	$E_{od} = 166667 \text{ MPa}$
Forankringsstyrke i murværk	1,70	= 847 N
Regningsmæssig bæreevne for træk alene ($A \cdot f_d$)		= 6280 N
Regningsmæssig Eulerkraft ($n^2 \cdot E_{od} \cdot I / L^2$)		= 4738 N
Med den specificerede trådtype og fri binderlængde fremkaldes flydning af en differensbevægelse på 3,6 mm alene uden samtidigt træk eller tryk.		

Resultat

Regn.mæss. bæreevner for kombineret træk/tryk og differensbevægelse:

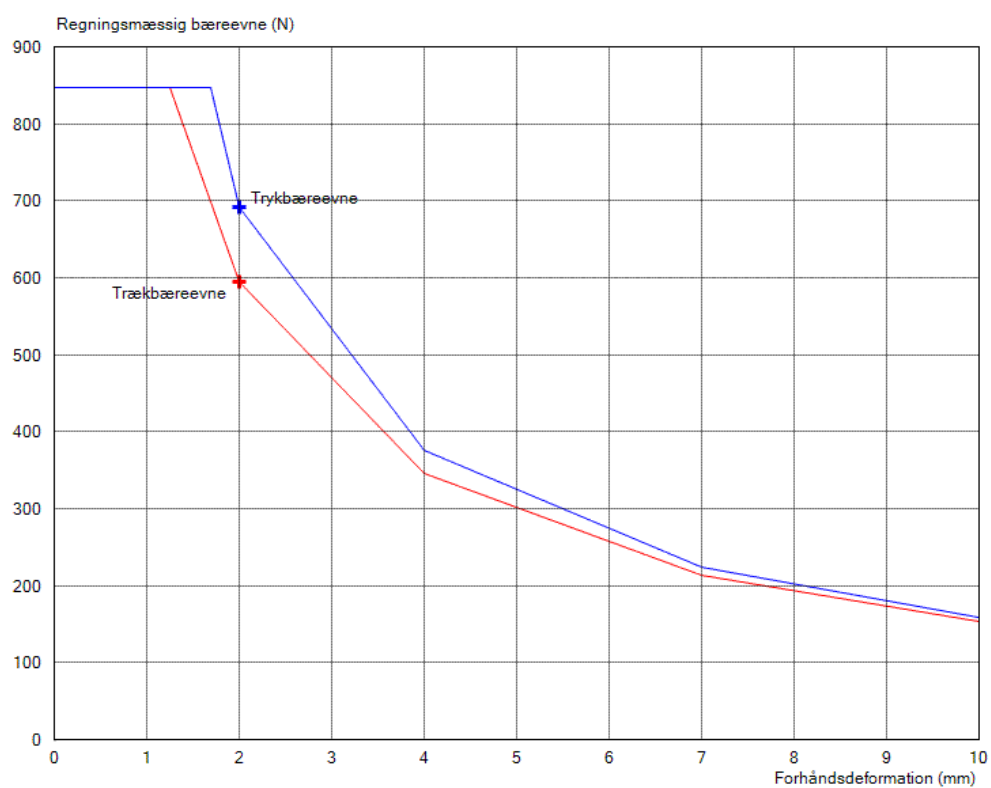
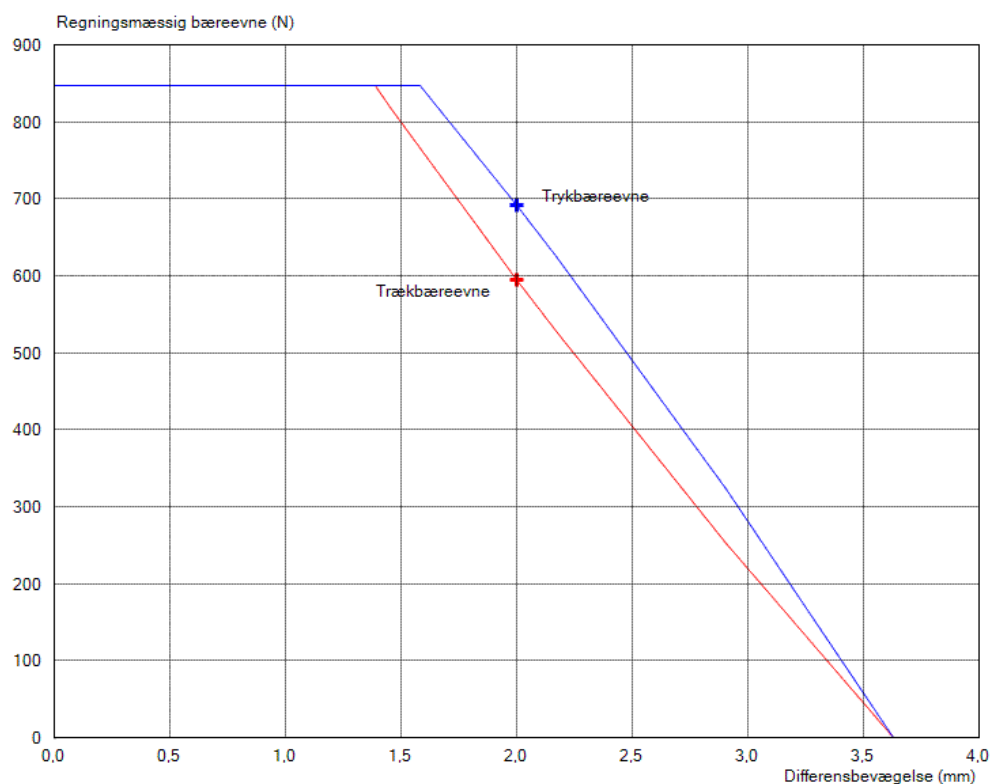
Trækbæreevne = 595 N

Trykbæreevne = 692 N

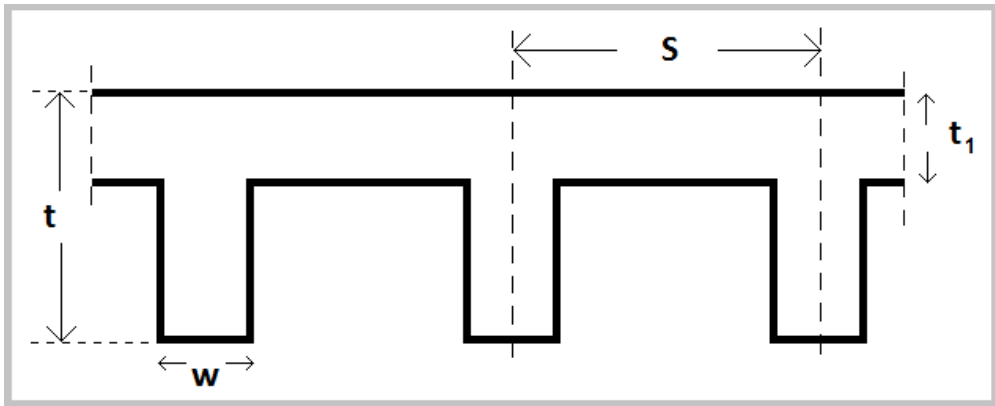
Information: Forklaring på, at trykbæreevnen kan være større end trækbæreevnen.

Ved små differensbevægelser nærmer det sig et stabilitets- (søjle-)problem. Her er trykbæreevnen som regel mindre end trækbæreevnen. Ved større differensbevægelser er det "kantspændingerne" i binderens over- og underside (forudsat lodret differensbevægelse) inde ved indspændingerne i formur og bagvæg, der er dimensionsgivende.

Tænk på en S-krummet binder uden forhåndsdeformation og med en stor differensbevægelse. Momentkurven er retlinjet over binderlængden med maksimum ved de indspændte ender og nul i midten. De største kantspændinger fås derfor ved indspændingerne (formur og bagvæg). Hvis binderen herefter udsættes for træk, er der en tendens til at krumningen ved indspændingerne forøges. Hvis binderen i stedet udsættes for tryk, er der en tendens til at krumningen ved indspændingerne formindskes, mens den forøges længere inde mod binderens midte.



Bilag 6 – Beregning for ribbeafstand



Input

S	600	mm
t	228	mm
t ₁	108	mm
w	108	mm

Output

t _{ef}	119	mm
t _{ef}	119	mm
A	77760	mm ²
A _{ef}	71302	mm ²

For

Mainly lateral loading
Mainly vertical loading

Intermediate calculation

t _{body}	120	mm
A	77760	mm ²
S _ξ	5676480	mm ³
η ₀	73	mm
I _{flange}	86378400	mm ⁴
I _{body}	132516000	mm ⁴
I _{total}	218894400	mm ⁴
Z ₁	2998553,425	mm ³
Z ₂	1412222	mm ³

t _{ef,l}	164
t _{ef,z1}	173
t _{ef,z2}	119

Bilag 7 – Facade m. 2 vinduer mod syd. Under renovering. ½ afstand

Teknologisk Institut
Kongsvang Allé
8000 Aarhus C

Projektnavn: EUDP II. Rødovre demo byggeri
Komponent: Facade m. 2 vinduer mod S.
Under renovering. ½ afstand

Sagsansvarlig: pdc

Dato: 15-01-2016

Tid: 11:14

Sagsnummer: 2002857

Modul: Tværbelastet rektangulær væg /
EC6design v.7.04

Specifikke forudsætninger

Væggen er udført af: Murværk

Væggens (regningsmæssige) dimensioner:

Længde = 4,135 m

Højde = 2,800 m

Tykkelse = 119 mm

Understøtningsforhold og evt. randmomenter for vægfeltets fire rande:

Venstre lodrette kant	: Indspændt
Højre lodrette kant	: Simpelt understøttet; randmoment = 0 Nm/m
Nederste vandrette kant	: Simpelt understøttet; randmoment = 0 Nm/m
Øverste vandrette kant	: Simpelt understøttet; randmoment = 0 Nm/m

Åbningers form, placering og størrelse:

Form	Koordinater til åbningens nederste venstre hjørne		Bredde	Højde
	x (m)	y (m)	(m)	(m)
rektangel	0,595	0,765	1,200	1,600
rektangel	2,382	0,777	1,200	1,600

Materialeparametre og last:

Karakterist. bøjn.trækstyrker i horisontale og vertikale snit:

$f_{xk1} = 0,00 \text{ MPa}$

$f_{xk2} = 0,28 \text{ MPa}$

Konsekvensklasse = Normal

Kontrolklasse = Normal

Regningsmæssig tværlast

$w = 0,36 \text{ kN/m}^2$

(se også randmomenter ovenfor)

Regningsmæssig lodret last

$n = 9,60 \text{ kN/m}$

Delresultater

Væggens areal og totale tværlast:	$A = 11,6 \text{ m}^2$	$W = 4,2 \text{ kN}$
Partialkoefficient på styrker		$\gamma_c = 1,70$
Regningsmæssige bøjn.trækstyrker:	$f_{xd1} = 0,00 \text{ MPa}$	$f_{xd2} = 0,16 \text{ MPa}$
Regn.mæss. brudmoment om lodret akse	$m_{su} = f_{xd2} * t^2 / 6$	$= 389 \text{ Nm/m}$
Regn.mæss. brudmoment om vandret akse:		
bidrag fra bøjningstrækstyrke	$m_0 = f_{xd1} * t^2 / 6$	$= 0 \text{ Nm/m}$
bidrag fra lodret last	$m_1 = n * t / 6$	$= 190 \text{ Nm/m}$
Resulterende brudmoment om vandret akse		$m_{lu} = 190 \text{ Nm/m}$

Resultat

Brudlinjeberegningen giver en regningsmæssig tværbæreevne på	$q_u = 0,41 \text{ kN/m}^2$
på basis af de regningsmæssige brudmomenter $m_{su} = 389 \text{ Nm/m}$ og $m_{lu} = 190 \text{ Nm/m}$	
Tværlasten er $w = 0,36 \text{ kN/m}^2$	Udnyttelsesgraden er $UG = w / q_u$
	$UG = 88 \%$

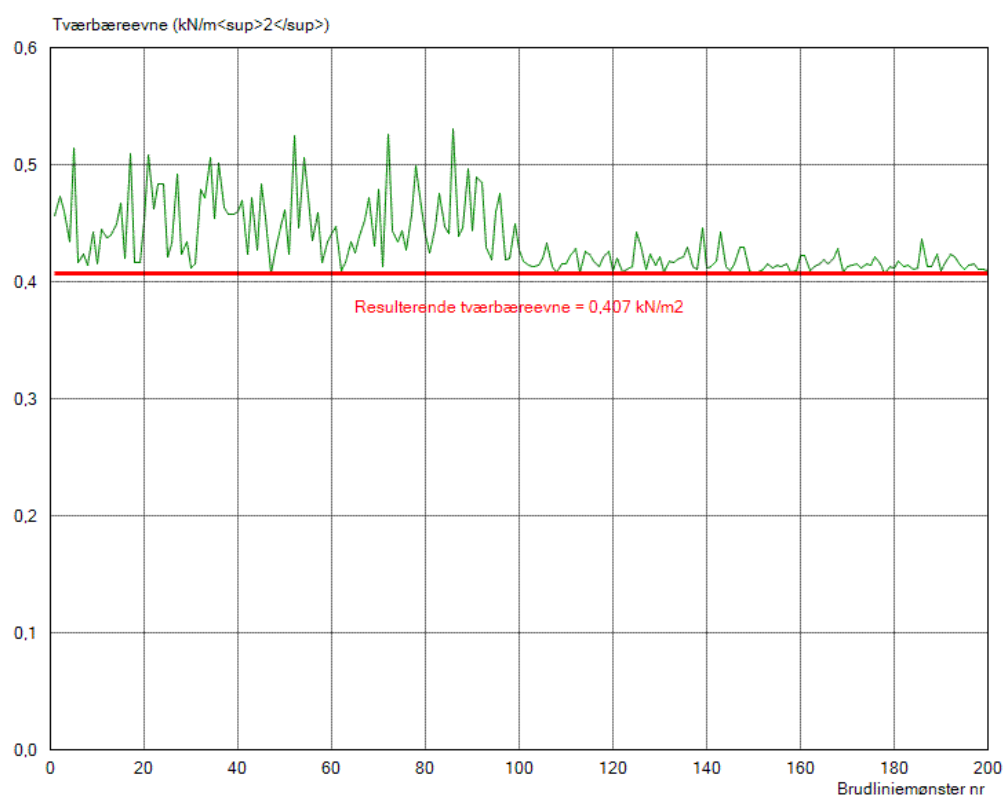
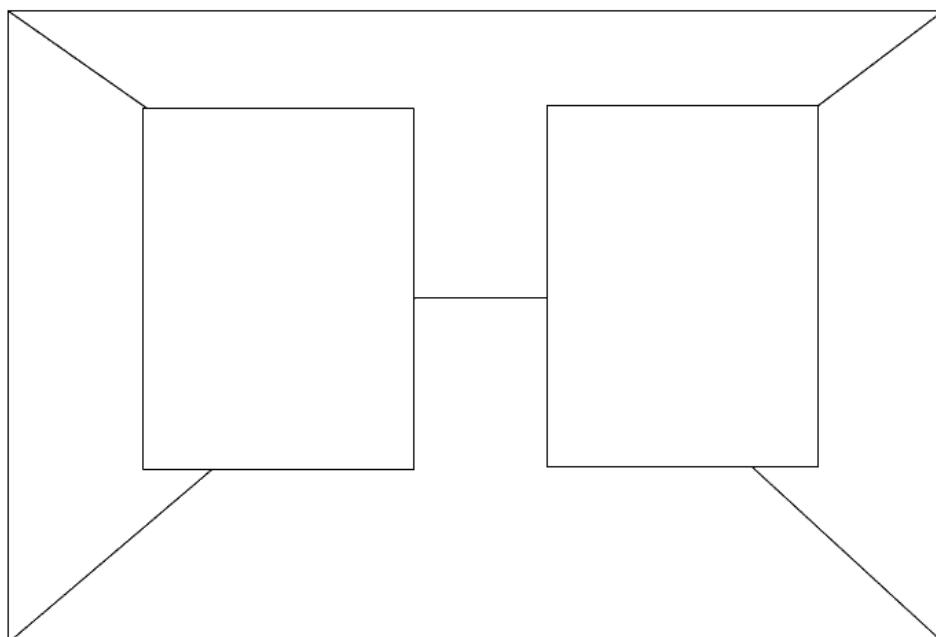
Konklusion: Udnyttelsesgraden er $< 100 \%$: Tværbæreevnen er tilstrækkelig.

Supplerende krav

Da vægfeltet er påvirket af lodret last ud over dets egenlast, skal vægfeltets søjlebæreevne bestemmes, såfremt den lodrette last er dominerende. Beregningen af søjlebæreevnen forudsætter et vægfelt understøttet foroven og forneden (*2-sidigt understøttet*). Vægfeltet skal belastes med en ækvivalent tværlast og et ækvivalent topmoment, som bestemmes ved at multiplicere den aktuelle tværlast og det aktuelle topmoment med en reduktionsfaktor k_a .

k_a og dermed den ækvivalente last bestemmes som beskrevet nedenfor.

Ved aktuelle understøtningsforhold og aktuelle reduktioner af væggenes tværsnit som følge af åbninger giver tværlasten q_u momentet	m_{lu}	$= 190 \text{ Nm/m}$
I en væg med simpelt lodret spænd og uden åbninger medfører tværlasten q_u det simple maksimalmoment	$m_s = q_u * h^2 / 8$	$= 399 \text{ Nm/m}$
Reduktionsfaktor k_a	$= m_{lu} / m_s = 190 / 399$	$= 0,48$
Ækvivalent tværlast $= k_a * w$	$= 0,48 * 0,36 \text{ kN/m}^2$	$= 0,17 \text{ kN/m}^2$



Bilag 8 – Vægsøjle under renovering. Ved jbt.bjk

Teknologisk Institut
Kongsvang Allé
8000 Aarhus C

Projektnavn: EUDP II. Rødovre demo byggeri
Komponent: Vægsøjle under renovering. Ved
jbt.bjk

Sagsansvarlig: pdc
Dato: 15-01-2016
Tid: 11:17

Sagsnummer: 2002857
Modul: Lodret belastet muret væg / EC6design
v.7.04

Specifikke forudsætninger*Regningsmæssige dimensioner*

Længde = 1,080 m Tykkelse = 228 mm Højde = 2,800 m
Tykkelse af formur = 0 mm (tykkelse=0 betyder ingen formur)

Understøtningsforhold

Antal understøtninger = 2 $\rho_2 = 1,00$

Karakteristiske materialeparametre

Trykstyrke = 1,60 MPa Bøjningstrækstyrke = 0,00 MPa
E-modul = 819 MPa E-modul evt. formur = 1000 MPa
Densitet = 1800 kg/m³ Konsekvensklasse = Normal Kontrolklasse = Normal

Regningsmæssig last på bærende væg alene

Lodret last = 45,9 kN/m Tværlast (vindlast) = 0,67 kN/m² (positiv mod venstre)
Excentricitetsintervaller inden korrektion med værdien e_{init} . Positiv mod højre:
Top: fra 0 til 114 mm; Bund: fra -114 til 114 mm

Delresultater*Geometriske forhold*

Areal = 0,246 m² $\rho_3 = 0,57$ $\rho_4 = 0,19$
Eff. højde = 2800 mm Eff. tykkelse = 228 mm Slankhedsforhold = 12,3
Initialexcentricitet $e_{init} = 6$ mm Krybningsexcentricitet $e_k = 0$ mm

Materialeparametre

	Karakt. værdi	Partialkoeff	Regn.mæss. værdi
Trykstyrke	$f_k = 1,60$ MPa	1,60	$f_d = 1,00$ MPa
Bøjningstrækstyrke	$f_{yk1} = 0,00$ MPa	1,70	$f_{xd1} = 0,00$ MPa
E-modul	$E_{ok} = 819$ MPa	1,60	$E_{od} = 512$ MPa
Specifik tyngde			0,00001765 N/mm ³

Bæreevneforhold

	top	midt	bund
Regningsmæssig normalkraft, N_{Ed}	45,9 N/mm	51,5 N/mm	57,2 N/mm
Minimal trykzonebredde, N_{Ed} / f_{cd}	46 mm	52 mm	57 mm

EN 1996 - 1 - 1 - beregning

	top	midt	bund
Trykbuens excentricitet	47 mm	0 mm	-61 mm
Væggens udbøjning, e_s	-	11 mm	-
Resulterende excentricitet, e_{mr} (i midten mindst $1/20 \times$ vægtykkelsen)	47 mm	11 mm	61 mm
Reduktionsfaktor ϕ (jfr. EN 1996 - 1 - 1(6.4) og (G.1))	0,58	0,70	0,46
Regn.mæss. bæreevne N_{Rd} (jfr. EN 1996 - 1 - 1(6.2))	133,3 N/mm	159,0 N/mm	106,0 N/mm
Udnyttelsesgrad N_{Ed} / N_{Rd}	34 %	32 %	54 %

Navier-beregning

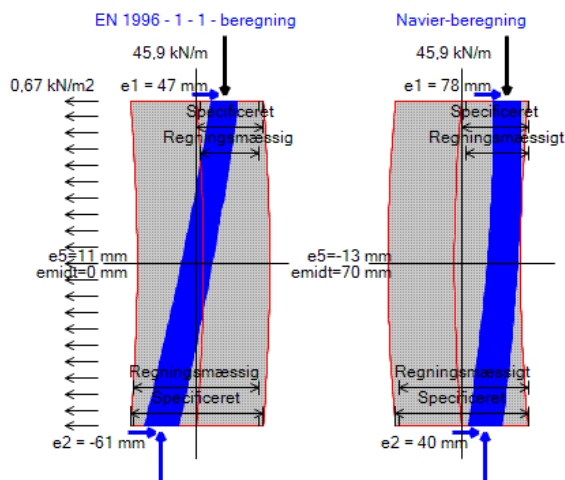
Trykbuens excentricitet	78 mm	70 mm	40 mm
Væggens udbøjning, e_5	-	-13 mm	-
Resulterende excentricitet, e_{mr}	78 mm	83 mm	40 mm
1. ordens moment $M_0 = N_{Ed} \times e$		3914 Nmm/mm	
Eulerlast N_{cr}		636,4 N/mm	
Momentforøgelsesfaktor $a = N_{cr} / (N_{cr} - N_{Ed})$		1,09	
Resulterende moment $M_{max} = a \times M_0$		4259 Nmm/mm	
Modstandsmoment Z		8664 mm ³ /mm	
Bøjningsspænding $abs(M_{max}) / Z$		0,492 MPa	
Normalspænding $N_{Ed} /$ vægtykkelse		0,226 MPa	
Kanttrækspænding og -styrke		0,266 MPa	0,000 MPa
Kanttrykspænding og -styrke		0,718 MPa	1,000 MPa
Største udnyttelsesgrad = kantspænding / styrke		10000 %	

Resultat

Dimensionsgivende udnyttelsesgrader	34 %	32 %	54 %
-------------------------------------	------	------	------

Konklusion

Da alle dimensionsgivende udnyttelsesgrader (top, midt og bund) er < eller = 100 %, er væggens bæreevne tilstrækkelig.



Det grå område er væggen. Det blå område er den smalleste mulige trykbue, symmetrisk om tryklinien og med bredden N_{Ed}/f_d .

Den krumme røde linie gennem vægtværsnittenes midtpunkter benævnes vægaksen. Den lodrette sorte linie gennem vægaksens skæringspunkter med top- og bundsnittene benævnes systemlinien. Tryklinien er ikke vist, men ligger midt i trykbuen.

For EN 1996 - 1 - 1 - beregningens vedkommende er i top og bund de specificerede og de regningsmæssige excentricitetsintervaller. Trykbuen skal ramme inden for de regningsmæssige intervaller.

For Navier-beregningens vedkommende er excentriciteten i top og bund placeret til ugunst i 1/6 af det regningsmæssige excentricitetsinterval.

Laster er markeret med sorte pile, reaktioner med blå. Alle breddemål er forstørret 5 gange i forhold til højdemål.

Yderligere informationer findes i "Generelle forudsætninger" og "Delresultater" i resultatrapporten.

Beregningen har givet følgende resultat:
Bæreevnen er tilstrækkelig.

Bilag 9 – Materialeparametre. Ny formur. Værdier for f_{xk1} og f_{xk2} bestemt vha. EC6design.com

The screenshot shows the EC6design.com web application interface. The browser address bar displays the URL: <http://ec6design.com/da/main/masonrydata?projektId=22241>. The application title is "EC6design" with the user "Bruger: pdc0921". The main navigation bar includes "Projekter", "Projektdata", "Fælles data", "Murværk (EN 1996-1-1)", "Porebeton (EN 12602)", "Opsætning", and "Statik". The page title is "EUDP II. Rødovre demo byggeri".

The interface is divided into several sections for inputting material parameters:

- Byggesten** (Masonry Unit):
 - Byggestenenes normaliserede trykstyrke, f_b : 20,0 MPa
 - Byggesten af:
 - ☒ Tegl
 - ☐ Letklinkerbeton
 - ☐ Kalksandsten
 - ☐ Porebeton
 - Format:
 - ☒ Mursten
 - ☐ Blokke
 - Type:
 - ☒ Gruppe 1
 - ☐ Gruppe 2
 - ☐ Gruppe 3
- Mørtel** (Mortar):
 - Type:
 - ☒ Normalmørtel
 - ☐ Tyndfugemørtel
 - ☐ Limfugemørtel
 - ☐ Letmørtel (800-1300 kg/m³)
 - ☐ Letmørtel (600-800 kg/m³)
 - Trykstyrke, f_m : 5,00 MPa
 - Vedhæfningsstyrke, $f_{m,xk1}$: 0,25 MPa
 - Metode(cement/kalk):
 - ☒ Cementrige mortler (MC)
 - ☐ Kalkrige mortler (ML)
- Væg** (Wall):
 - Væggens densitet: 1800 kg/m³
 - Tykkelse: 108 mm
 - Excentricitet, e_s : 18 mm
 - Planhedsafvigelse, e_s : 10 mm
- Beregn** (Calculate):
 - Trykstyrke, f_k : 7,26 MPa
 - Elasticitetsmodul, E_{ok} : 2903 MPa
 - Bøjningstrækstyrke, f_{xk1} : 0,21 MPa
 - Bøjningstrækstyrke, f_{xk2} : 0,55 MPa (highlighted with a red circle)
 - Kohæsion, f_{ak2} : 0,21 MPa
 - Karakteristisk forankringsstyrke: 1,44 kN
 - Friktion, μ_k : 1,00

A green "Beregn" button is located below the calculation results. A blue information box at the bottom right states: "* 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."

EC6design.com 7.04 © Teknologisk Institut 2015

Bilag 10 – Facade mod syd. Efter renovering. ½ afstand. Formur

Teknologisk Institut
Kongsvang Allé
8000 Aarhus C

Projektnavn: EUDP II. Rødovre demo byggeri
Komponent: Facade m. S. Efter renovering. ½ afstand. Formur

Sagsansvarlig: pdc

Dato: 15-01-2016

Tid: 11:20

Sagsnummer: 2002857

Modul: Tværbelastet rektangulær væg / EC6design v.7.04

Specifikke forudsætninger

Væggen er udført af: Murværk

Væggens (regningsmæssige) dimensioner:

Længde = 2,400 m

Højde = 2,800 m

Tykkelse = 78 mm

Understøtningsforhold og evt. randmomenter for vægfeltets fire rande:

Venstre lodrette kant	: Simpelt understøttet; randmoment = 0 Nm/m
Højre lodrette kant	: Indspændt
Nederste vandrette kant	: Simpelt understøttet; randmoment = 0 Nm/m
Øverste vandrette kant	: Simpelt understøttet; randmoment = 0 Nm/m

Åbningers form, placering og størrelse:

Væggen har ingen åbninger.

Materialeparametre og last:

Karakterist. bøjn.trækstyrker i horisontale og vertikale snit:

$f_{yk1} = 0,21 \text{ MPa}$

$f_{yk2} = 0,55 \text{ MPa}$

Konsekvensklasse = Normal

Kontrolklasse = Normal

Regningsmæssig tværlast

$w = 0,64 \text{ kN/m}^2$

(se også randmomenter ovenfor)

Regningsmæssig lodret last

$n = 1,90 \text{ kN/m}$

Delresultater

Væggens areal og totale tværlast:	$A = 6,7 \text{ m}^2$	$W = 4,3 \text{ kN}$
Partialkoefficient på styrker		$\gamma_c = 1,70$
Regningsmæssige bøjn.trækstyrker:	$f_{xd1} = 0,12 \text{ MPa}$	$f_{xd2} = 0,32 \text{ MPa}$
Regn.mæss. brudmoment om lodret akse	$m_{su} = f_{xd2} * t^2 / 6$	$= 328 \text{ Nm/m}$
Regn.mæss. brudmoment om vandret akse:		
bidrag fra bøjningstrækstyrke	$m_0 = f_{xd1} * t^2 / 6$	$= 125 \text{ Nm/m}$
bidrag fra lodret last	$m_1 = n * t / 6$	$= 25 \text{ Nm/m}$
Resulterende brudmoment om vandret akse		$m_{lu} = 150 \text{ Nm/m}$

Resultat

Brudlinjeberegningen giver en regningsmæssig tværbæreevne på	$q_u = 1,15 \text{ kN/m}^2$
på basis af de regningsmæssige brudmomenter $m_{su} = 328 \text{ Nm/m}$ og $m_{lu} = 150 \text{ Nm/m}$	
Tværlasten er $w = 0,64 \text{ kN/m}^2$	Udnyttelsesgraden er $UG = w / q_u$ $UG = 56 \%$

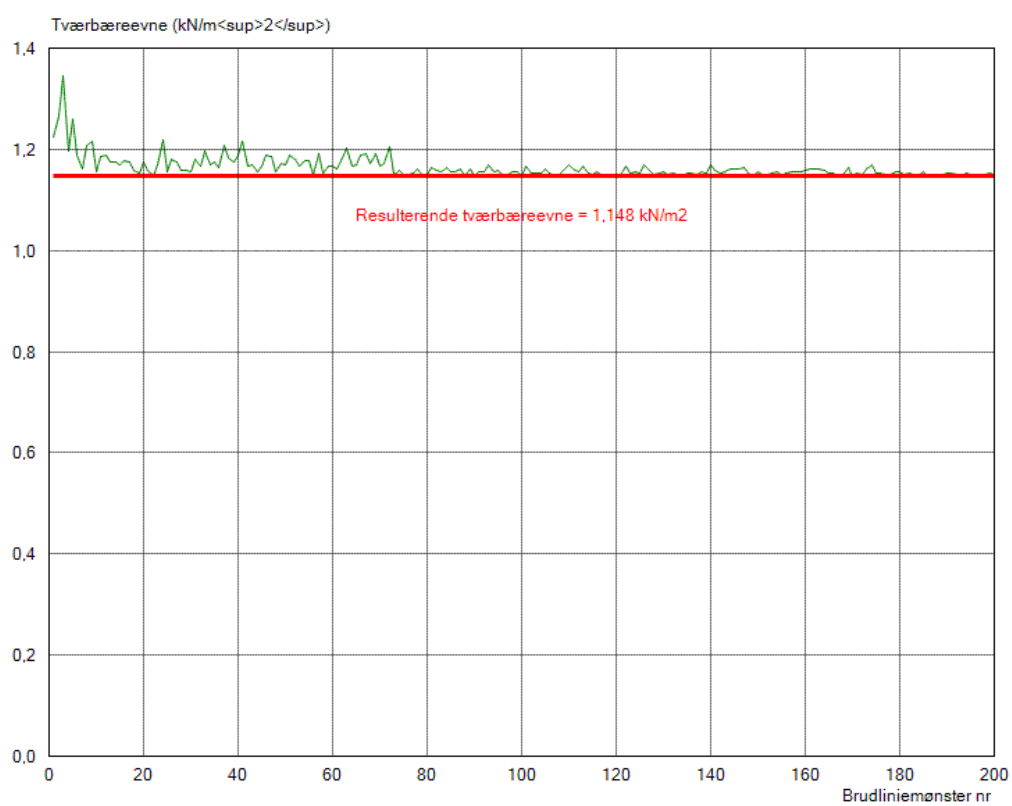
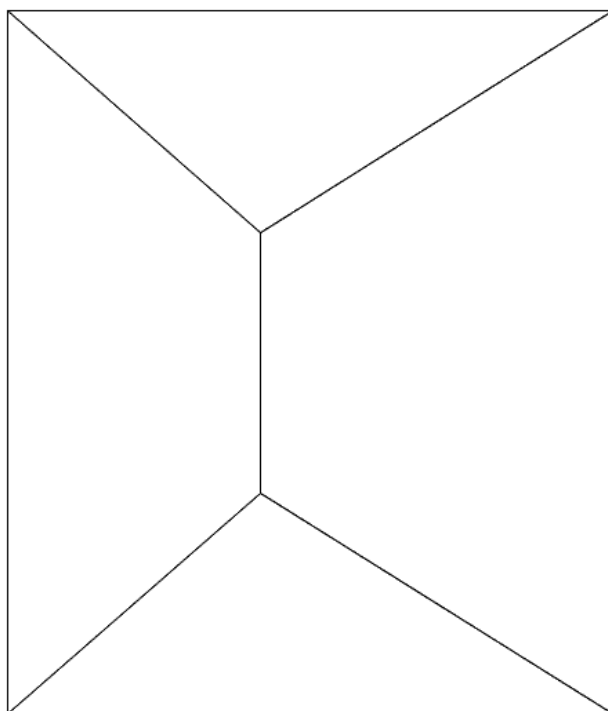
Konklusion: Udnyttelsesgraden er $< 100 \%$: Tværbæreevnen er tilstrækkelig.

Supplerende krav

Da vægfeltet er påvirket af lodret last ud over dets egenlast, skal vægfeltets søjlebæreevne bestemmes, såfremt den lodrette last er dominerende. Beregningen af søjlebæreevnen forudsætter et vægfelt understøttet foroven og forneden (*2-sidigt understøttet*). Vægfeltet skal belastes med en ækvivalent tværlast og et ækvivalent topmoment, som bestemmes ved at multiplicere den aktuelle tværlast og det aktuelle topmoment med en reduktionsfaktor k_a .

k_a og dermed den ækvivalente last bestemmes som beskrevet nedenfor.

Ved aktuelle understøtningsforhold og aktuelle reduktioner af væggens tværsnit som følge af åbninger giver tværlasten q_u momentet	$m_{lu} = 150 \text{ Nm/m}$
I en væg med simpelt lodret spænd og uden åbninger medfører tværlasten q_u det simple maksimalmoment	$m_s = q_u * h^2 / 8 = 1125 \text{ Nm/m}$
Reduktionsfaktor k_a	$= m_{lu} / m_s = 150 / 1125 = 0,13$
Ækvivalent tværlast $= k_a * w$	$= 0,13 * 0,64 \text{ kN/m}^2 = 0,09 \text{ kN/m}^2$



Bilag 11 – Facade mod syd. Efter renovering. 1/2 afstand. Bagmur

Teknologisk Institut
Kongsvang Allé
8000 Aarhus C

Projektnavn: EUDP II. Rødovre demo byggeri
Komponent: Facade m. S. Efter renovering. 1/2 afstand. Bagmur

Sagsansvarlig: pdc

Dato: 15-01-2016

Tid: 11:23

Sagsnummer: 2002857

Modul: Tværbelastet rektangulær væg / EC6design v.7.04

Specifikke forudsætninger

Væggen er udført af: Murværk

Væggens (regningsmæssige) dimensioner:

Længde = 2,400 m

Højde = 2,800 m

Tykkelse = 119 mm

Understøtningsforhold og evt. randmomenter for vægfeltets fire rande:

Venstre lodrette kant	: Simpelt understøttet; randmoment = 0 Nm/m
Højre lodrette kant	: Indspændt
Nederste vandrette kant	: Simpelt understøttet; randmoment = 0 Nm/m
Øverste vandrette kant	: Simpelt understøttet; randmoment = 0 Nm/m

Åbningers form, placering og størrelse:

Væggen har ingen åbninger.

Materialeparametre og last:

Karakterist. bøjn.trækstyrker i horisontale og vertikale snit:

$f_{xk1} = 0,00 \text{ MPa}$

$f_{xk2} = 0,13 \text{ MPa}$

Konsekvensklasse = Normal

Kontrolklasse = Normal

Regningsmæssig tværlast

$w = 0,64 \text{ kN/m}^2$

(se også randmomenter ovenfor)

Regningsmæssig lodret last

$n = 4,30 \text{ kN/m}$

Delresultater

Væggens areal og totale tværlast:	$A = 6,7 \text{ m}^2$	$W = 4,3 \text{ kN}$
Partialkoefficient på styrker		$\gamma_c = 1,70$
Regningsmæssige bøjn.trækstyrker:	$f_{xd1} = 0,00 \text{ MPa}$	$f_{xd2} = 0,08 \text{ MPa}$
Regn.mæss. brudmoment om lodret akse	$m_{su} = f_{xd2} * t^2 / 6$	$= 180 \text{ Nm/m}$
Regn.mæss. brudmoment om vandret akse:		
bidrag fra bøjningstrækstyrke	$m_0 = f_{xd1} * t^2 / 6$	$= 0 \text{ Nm/m}$
bidrag fra lodret last	$m_1 = n * t / 6$	$= 85 \text{ Nm/m}$
Resulterende brudmoment om vandret akse		$m_{lu} = 85 \text{ Nm/m}$

Resultat

Brudlinjeberegningen giver en regningsmæssig tværbæreevne på	$q_u = 0,64 \text{ kN/m}^2$
på basis af de regningsmæssige brudmomenter $m_{su} = 180 \text{ Nm/m}$ og $m_{lu} = 85 \text{ Nm/m}$	
Tværlasten er $w = 0,64 \text{ kN/m}^2$	Udnyttelsesgraden er $UG = w / q_u$
	$UG = 100 \%$

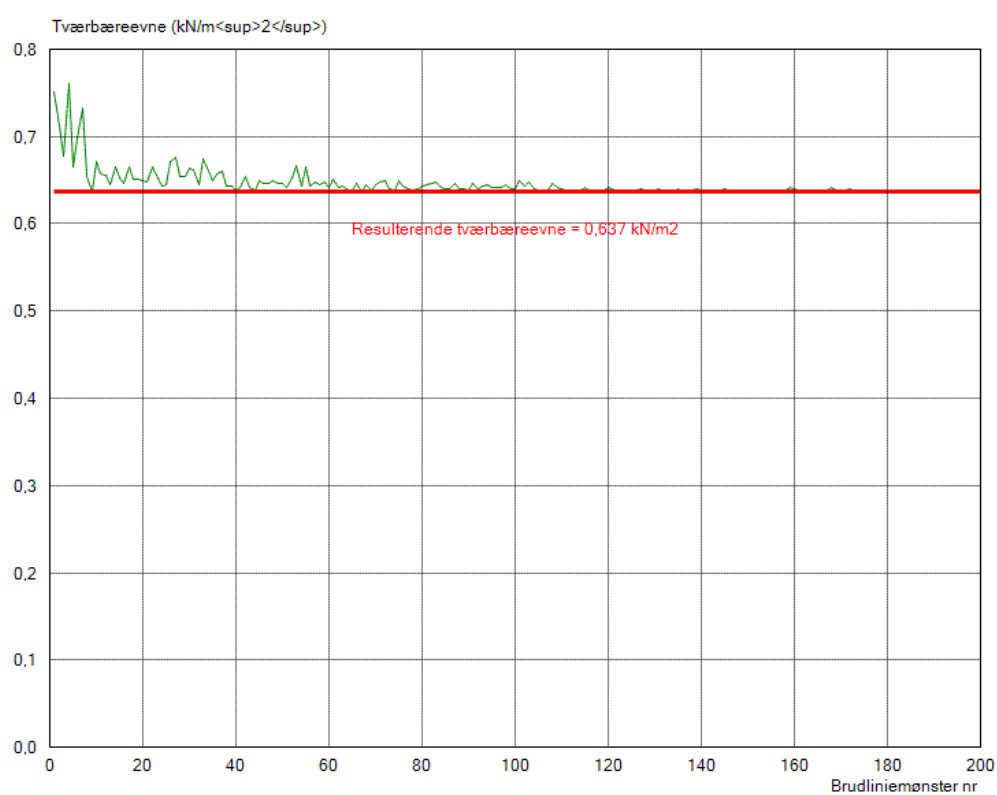
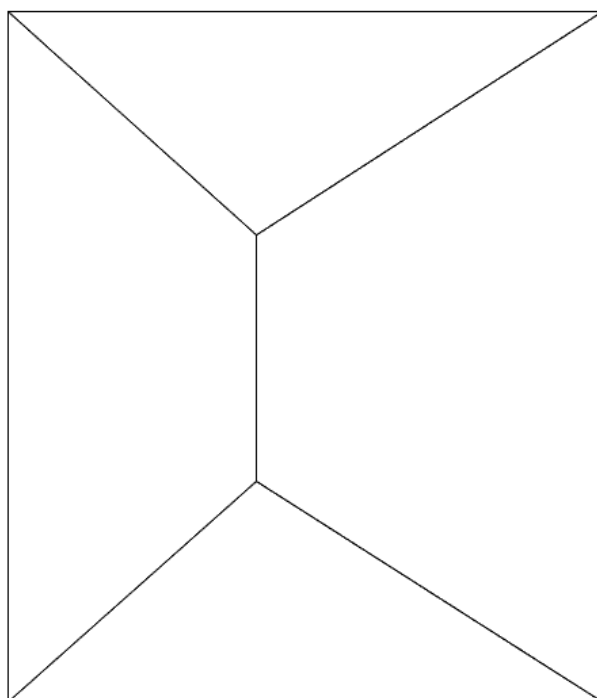
Konklusion: Udnyttelsesgraden er $< 100 \%$: Tværbæreevnen er tilstrækkelig.

Supplerende krav

Da vægfeltet er påvirket af lodret last ud over dets egenlast, skal vægfeltets søjlebæreevne bestemmes, såfremt den lodrette last er dominerende. Beregningen af søjlebæreevnen forudsætter et vægfelt understøttet foroven og forneden (*2-sidigt understøttet*). Vægfeltet skal belastes med en ækvivalent tværlast og et ækvivalent topmoment, som bestemmes ved at multiplicere den aktuelle tværlast og det aktuelle topmoment med en reduktionsfaktor k_a .

k_a og dermed den ækvivalente last bestemmes som beskrevet nedenfor.

Ved aktuelle understøtningsforhold og aktuelle reduktioner af væggens tværsnit som følge af åbninger giver tværlasten q_u momentet	m_{lu}	$= 85 \text{ Nm/m}$
I en væg med simpelt lodret spænd og uden åbninger medfører tværlasten q_u det simple maksimalmoment	$m_s = q_u * h^2 / 8$	$= 624 \text{ Nm/m}$
Reduktionsfaktor k_a	$= m_{lu} / m_s = 85 / 624$	$= 0,14$
Ækvivalent tværlast $= k_a * w$	$= 0,14 * 0,64 \text{ kN/m}^2$	$= 0,09 \text{ kN/m}^2$



Bilag 12 – Vægsøjle efter renovering. Ved jbt.bjk

Teknologisk Institut
Kongsvang Allé
8000 Aarhus C

Projektnavn: EUDP II. Rødovre demo byggeri
Komponent: Vægsøjle efter renovering. Ved
jbt.bjk

Sagsansvarlig: pdc
Dato: 15-01-2016
Tid: 11:25

Sagsnummer: 2002857
Modul: Lodret belastet muret væg / EC6design
v.7.04

Specifikke forudsætninger*Regningsmæssige dimensioner*

Længde = 1,080 m Tykkelse = 228 mm Højde = 2,800 m
Tykkelse af formur = 0 mm (tykkelse=0 betyder ingen formur)

Understøtningsforhold

Antal understøtninger = 2 $\rho_2 = 1,00$

Karakteristiske materialeparametre

Trykstyrke = 1,60 MPa Bøjningstrækstyrke = 0,00 MPa
E-modul = 819 MPa E-modul evt. formur = 1000 MPa
Densitet = 1800 kg/m³ Konsekvensklasse = Normal Kontrolklasse = Normal

Regningsmæssig last på bærende væg alene

Lodret last = 45,9 kN/m Tværlast (vindlast) = 2,22 kN/m² (positiv mod venstre)
Excentricitetsintervaller inden korrektion med værdien e_{init} . Positiv mod højre:
Top: fra 0 til 114 mm; Bund: fra -114 til 114 mm

Delresultater*Geometriske forhold*

Areal = 0,246 m² $\rho_3 = 0,57$ $\rho_4 = 0,19$
Eff. højde = 2800 mm Eff. tykkelse = 228 mm Slankhedsforhold = 12,3
Initialexcentricitet $e_{init} = 6$ mm Krybningsexcentricitet $e_k = 0$ mm

Materialeparametre

	Karakt. værdi	Partialkoeff	Regn.mæss. værdi
Trykstyrke	$f_k = 1,60$ MPa	1,60	$f_d = 1,00$ MPa
Bøjningstrækstyrke	$f_{xk1} = 0,00$ MPa	1,70	$f_{xd1} = 0,00$ MPa
E-modul	$E_{0k} = 819$ MPa	1,60	$E_{0d} = 512$ MPa
Specifik tyngde			0,00001765 N/mm ³

Bæreevneforhold

	top	midt	bund
Regningsmæssig normalkraft, N_{Ed}	45,9 N/mm	51,5 N/mm	57,2 N/mm
Minimal trykzonebredde, N_{Ed} / f_{cd}	46 mm	52 mm	57 mm

EN 1996 - 1 - 1 - beregning

Trykbuens excentricitet	29 mm	11 mm	-79 mm
Væggens udbøjning, e_s	-	-6 mm	-
Resulterende excentricitet, e_{mr}	29 mm	18 mm	79 mm
(i midten mindst $1/20 \times$ vægtykkelsen)			
Reduktionsfaktor ϕ (jfr. EN 1996 - 1 - 1(6.4) og (G.1))	0,74	0,64	0,31
Regn.mæss. bæreevne N_{Rd} (jfr. EN 1996 - 1 - 1(6.2))	169,7 N/mm	145,7 N/mm	69,6 N/mm
Udnyttelsesgrad N_{Ed} / N_{Rd}	27 %	35 %	82 %

Navier-beregning

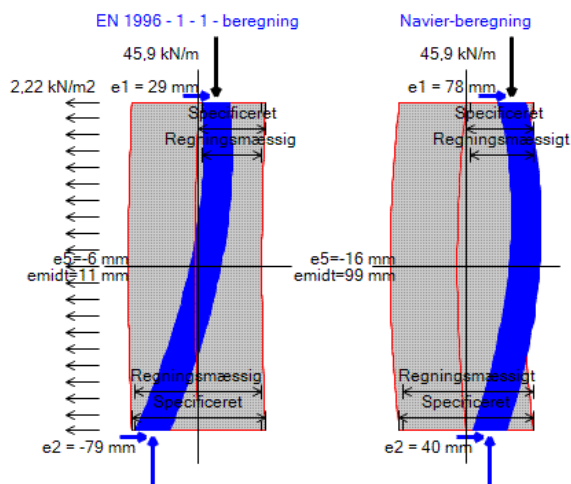
Trykbuens excentricitet	78 mm	99 mm	40 mm
Væggens udbøjning, e_s	-	-16 mm	-
Resulterende excentricitet, e_{mr}	78 mm	115 mm	40 mm
1. ordens moment $M_0 = N_{Ed} \times e$		5433 Nmm/mm	
Eulerlast N_{cr}		636,4 N/mm	
Momentforøgelsesfaktor $a = N_{cr} / (N_{cr} - N_{Ed})$		1,09	
Resulterende moment $M_{max} = a \times M_0$		5912 Nmm/mm	
Modstandsmoment Z		8664 mm ³ /mm	
Bøjningsspænding $abs(M_{max}) / Z$		0,682 MPa	
Normalspænding $N_{Ed} /$ vægtykkelse		0,226 MPa	
Kanttrækspænding og -styrke		0,456 MPa	0,000 MPa
Kanttrykspænding og -styrke		0,908 MPa	1,000 MPa
Største udnyttelsesgrad = kantspænding / styrke		10000 %	

Resultat

Dimensionsgivende udnyttelsesgrader	27 %	35 %	82 %
-------------------------------------	------	------	------

Konklusion

Da alle dimensionsgivende udnyttelsesgrader (top, midt og bund) er $<$ eller $= 100 \%$, er væggens bæreevne tilstrækkelig.



Det grå område er væggen. Det blå område er den smalleste mulige trykbue, symmetrisk om tryklinien og med bredden N_{Ed}/f_d .

Den krumme røde linie gennem vægtværsnittenes midtpunkter benævnes vægaksen. Den lodrette sorte linie gennem vægaksens skæringspunkter med top- og bundsnittene benævnes systemlinien. Tryklinien er ikke vist, men ligger midt i trykbuen.

For EN 1996 - 1 - 1 - beregningens vedkommende er i top og bund de specificerede og de regningsmæssige excentricitetsintervaller. Trykbuen skal ramme inden for de regningsmæssige intervaller.

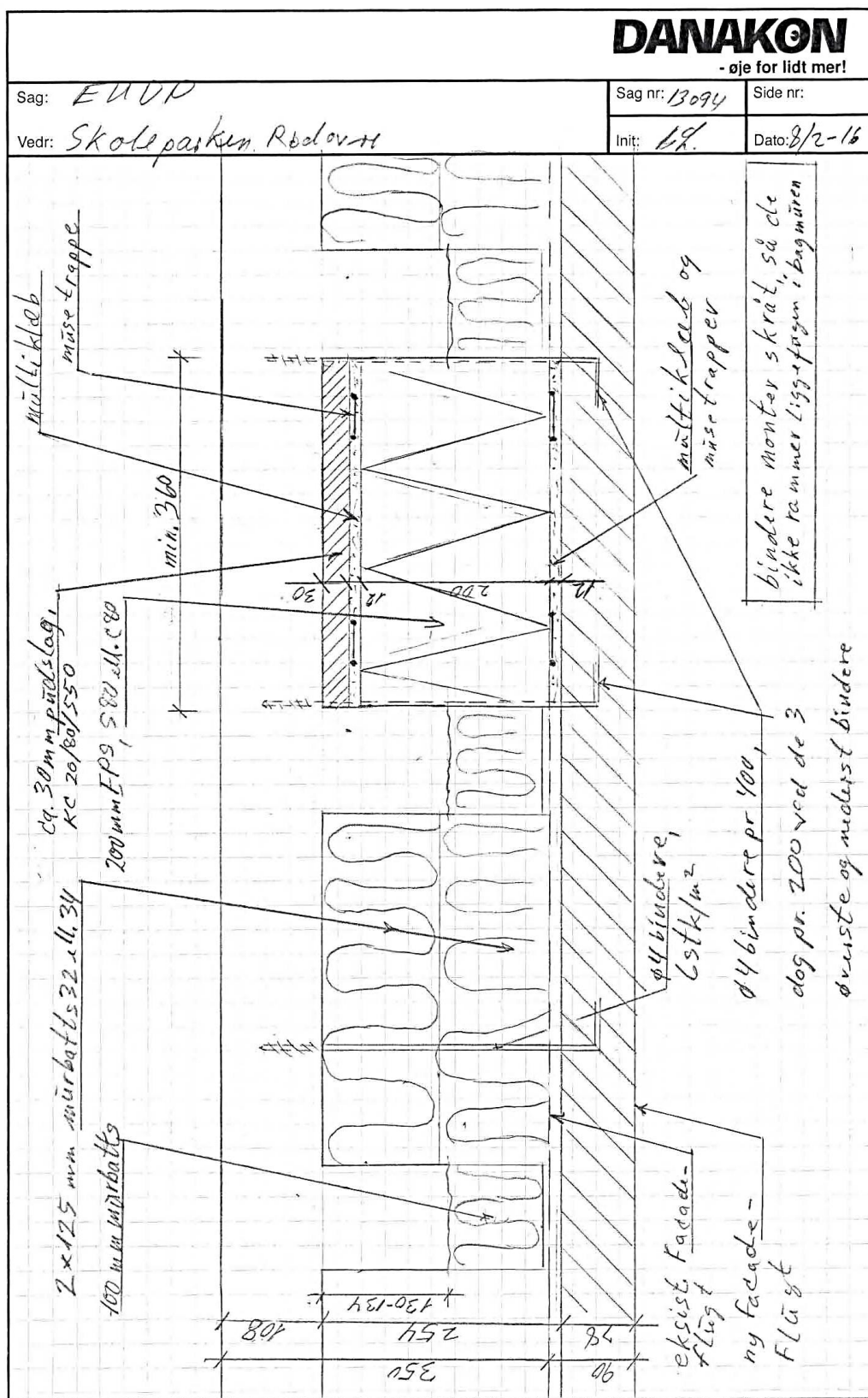
For Navier-beregningens vedkommende er excentriciteten i top og bund placeret til ugunst i 1/6 af det regningsmæssige excentricitetsinterval.

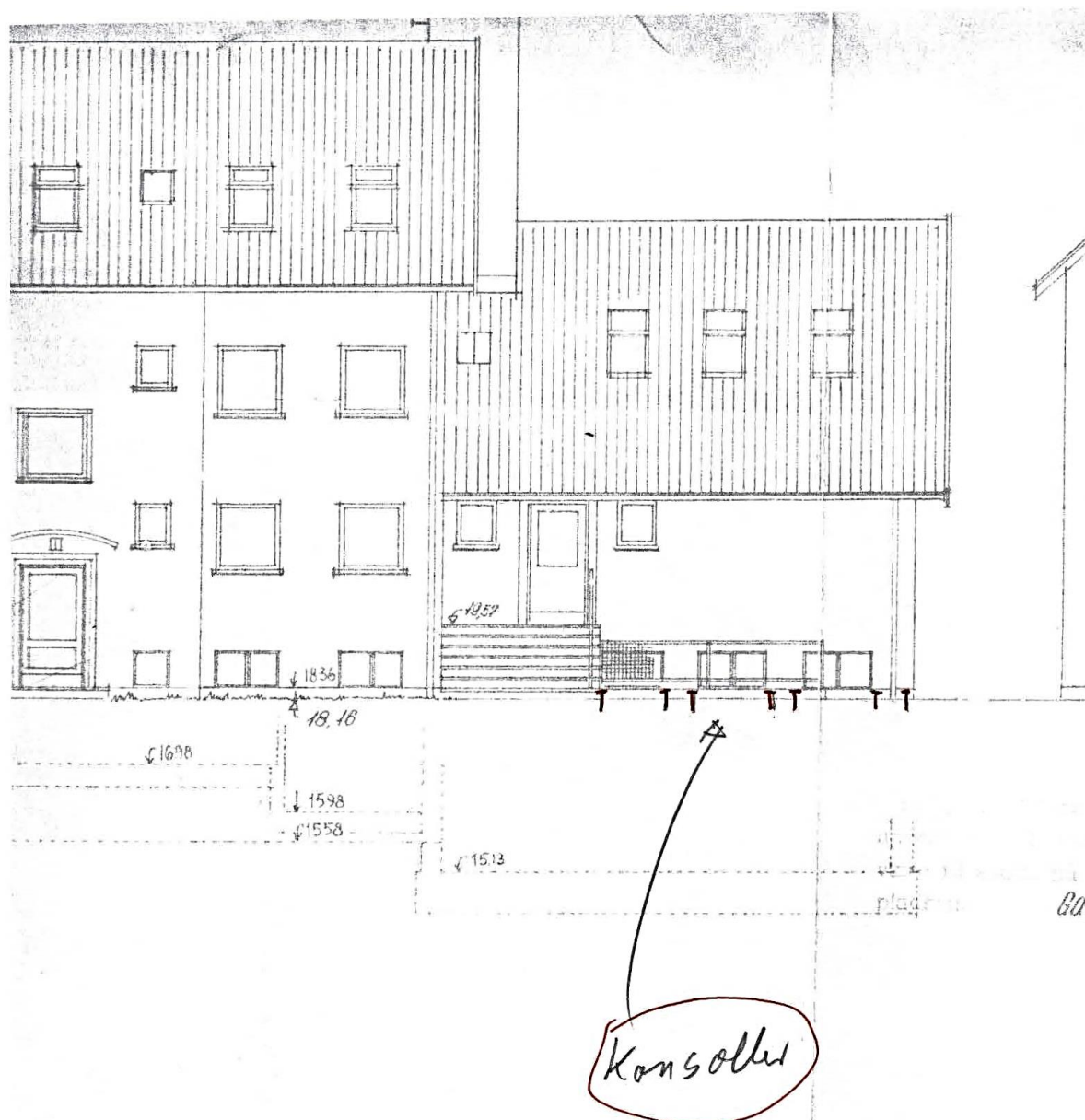
Laster er markeret med sorte pile, reaktioner med blå. Alle breddemål er forstørret 5 gange i forhold til højdemål.

Yderligere informationer findes i "Generelle forudsætninger" og "Delresultater" i resultatrapporten.

Beregningen har givet følgende resultat:
Bæreevnen er tilstrækkelig.

Bilag 13 – EPS-koncept anvendt i facademuren. Vandret snit





Blok 13

Begrundering = Tegning (20 skitser
Ilgens forlægning)

