

2-2023



Projektering af
LETBETONELEMENTER

Denne vejledning angiver projektering af letbetonelementer i CRH Concrete. Vejledningen indeholder en række håndregler, som du kan anvende for at designe dit byggeri, så det er muligt at anvende letbetonelementer.

Version 1 - juni 2023

INDHOLD

1. Geometri	4
Elementstørrelser	
Vægtykkelser	
Elementinddeling	
Udsparinger	
2. Overliggerhøjde	8
3. Sternelementer	9
4. Stabelementer	12
5. Selvbærende letbetonelementer	13
6. Altaner og murværksonsoller	14
7. Samlinger	15
Lodrette støbeskel	
Vandrette støbeskel	
8. Etageskryds	16
9. Stabilitet	17
Stigbøjle	
10. Robusthed	19

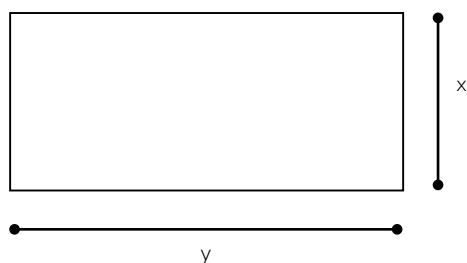
1. GEOMETRI

ELEMENTSTØRRELSER

Ved projektering af letbetonelementer er der følgende vejledende begrænsninger på elementstørrelser.

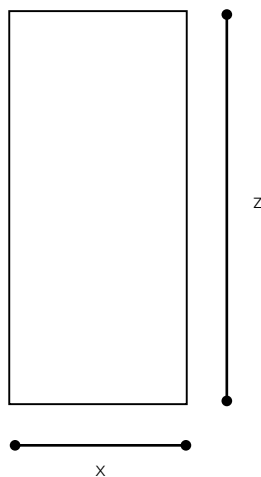
Følgende skema viser hvad der er muligt ift. formbegrænsninger:

NORMALELEMENT



For sager øst for Storebælt: $x_{\max} = 3400$ mm
For sager vest for Storebælt $x_{\max} = 3000$ mm

VENDEELEMENT



For sager øst for Storebælt: $x_{\max} = 3300$ mm
For sager vest for Storebælt $x_{\max} = 2900$ mm

Elementlængden y og elementhøjden z kan i princippet laves op til 12 m, men da huller og vægtykkelse også har indflydelse på, hvad der er muligt, vil det sjældent være muligt at lave elementerne længere end 6-8 m. Bemærk at elementer uden huller vil kunne laves længere end elementer med huller.

Maksimalt elementvægt er 9,0 tons.

VÆGTYKKELSER

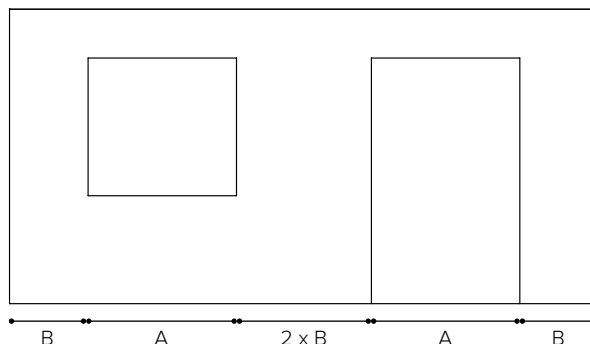
Letbetonvægge kan leveres med følgende tykkelser: 100, 120, 150, 180, 200, 220 og 240 mm.

Vægtykkelserne med rød anvendes normalt til bagmure samt skillevægge, hvor der ikke er et lydkrav på 55 dB. Til lejlighedsskel, der skal overholde et lydkrav på 55 dB, anvendes normalt en 220 eller 240 mm væg. Bemærk at overfladen på de to vægge er forskellige og stiller forskellige krav til efterbehandlingen.

Når man benytter letbeton til høje bygninger, vil det også være en fordel at benytte en 240 mm væg, da der opnås større kapacitet af etagekrydset.

OVERSLAG PÅ VÆGTYKKELSER

De følgende forhold mellem pillebredde og åbning, kan anvendes ved vurdering af vægtykkelsen for et byggeri.



IKKE BÆRENDE FACADER

Vægtykkelse	Forholdet B / A
120	$B = 0,75 A$
150	$B = 0,30 A$
180	$B = 0,20 A$

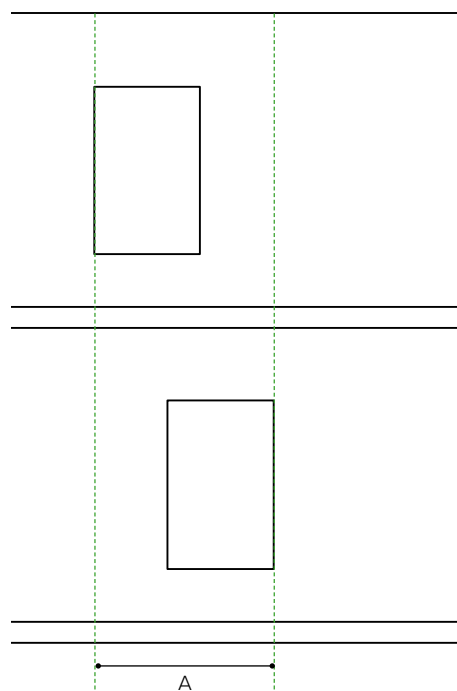
Forudsætning: $q_{v, \text{kar}} = 0,9 \text{ kN/m}^2$, 3 etager, væghøjde = 3 m

BÆRENDE FACADER

Vægtykkelse	Forholdet B / A
150	$B = 0,67 A$
180	$B = 0,25 A$

Forudsætning: $q_{v, \text{kar}} = 0,9 \text{ kN/m}^2$, 3 etager, væghøjde = 3m
 $Egn_{\text{bund}} = 3,24 \text{ kN/m}^2$, $egn_{\text{fri}} = 2,5 \text{ kN/m}^2$, $q_{\text{nyt}} = 1,5 \text{ kN/m}^2$

Hvis man har en facade med forskudte vinduer, tages "A" målet fra yderkant af vinduerne, som vist på figuren til højre.



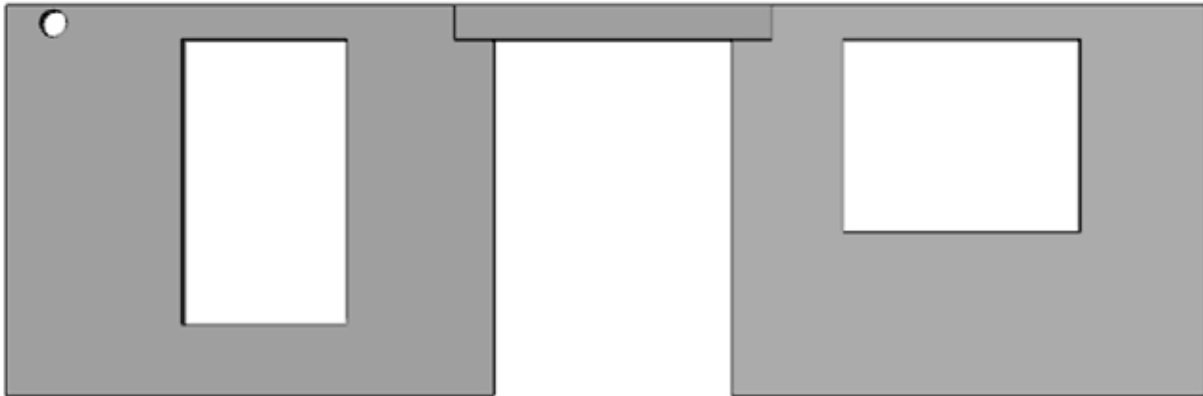
ELEMENTINDDELING

Når elementinddelingen laves, er det vigtigt at man både overvejer de produktionsmæssige og montage-mæssige konsekvenser af opdelingen.

Det er vigtigt, at man forsøger at lave en inddeling, som ikke medfører, at der skal ilægges supplerende armering, da fordelene ved letbeton elementer er, at de armeres så lidt som muligt for at sikre et optimalt produktionsflow.

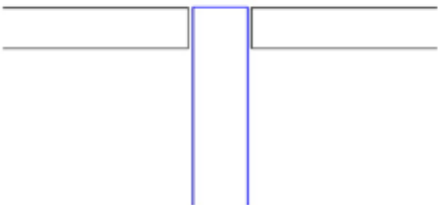
På den efterfølgende figur ses en traditionel problemstilling ved opdeling af facader, hvor man kan lave elementet i et stykke med en betonoverligger (nemt for montagen) eller i 3 stykker i ren letbeton (nemt for produktionen)

Som udgangspunkt skal man altid vælge løsningen med 3 elementer, da det normalt vil betyde, at vi kan lave alle elementerne i letbeton.

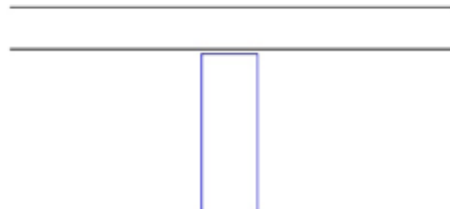


En anden situation, som ofte kræver overvejelse, er hvorvidt, man lader lejlighedsskellet blive ført ud gennem bagmuren.

LEJLIGHEDSSKEL GENNEMBRYDER FACADEVÆG



GENNEMGÅENDE FACADE



Den bedste løsning af hensyn til lyd opnås ved at lade lejlighedsskellet gennembryde facaden. I nogle situationer vil det ikke være muligt, hvis resttværsnittet i facaden bliver for lille, og derfor er man nødt til at lade facadevæggen gå forbi lejlighedsskellet.

LEJLIGHEDSSKEL GENNEMBRYDER FACADEVÆG
VED LILLE VÆGPILLE



GENNEMGÅENDE FACADE
VED LILLE VÆGPILLE



Denne løsning er ikke mulig, da resttværsnittet for den lille pille er for lille.

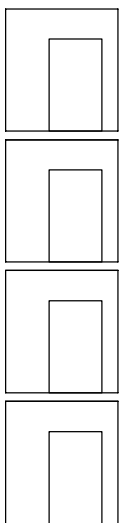
UDSPARINGER

STORE UDSPARINGER SOM F.EKS. VINDUER OG DØRE

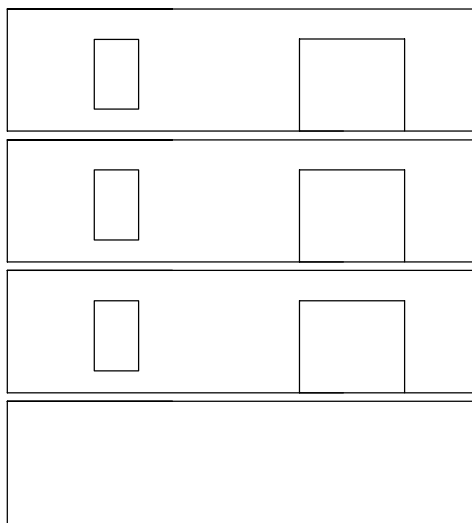
Man skal sikre, at store udsparringer som døre og vinduer placeres på en måde, så det er muligt at eftervise elementerne.

Man skelner mellem vægge, der er bærende og ikke-bærende. Man skal være særligt opmærksom på placeringen af huller i kældre, da det ofte ses, at hullerne i kældrene har en forskudt placering i forhold til øvrige etager.

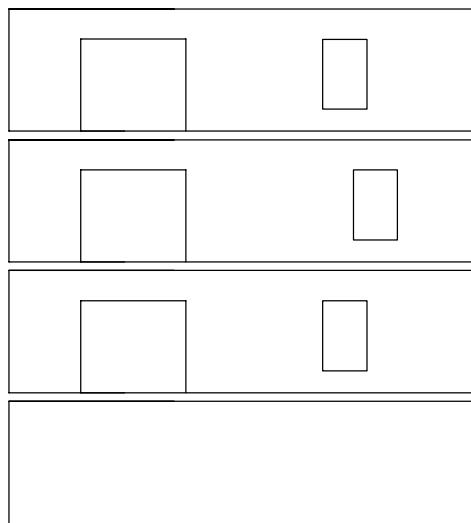
BÆRENDE
SKILLEVÆG



BÆRENDE BAGMUR



IKKE-BÆRENDE BAGMUR

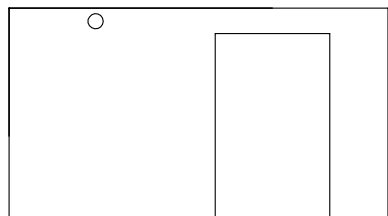


Som det ses af figuren, er det vigtigt, at huller i bærende vægge er placeret over hinanden, mens mindre huller i ikke-bærende vægge godt kan forskyldes. Hvor meget forskydningen kan være afhænger af vinduets bredde.

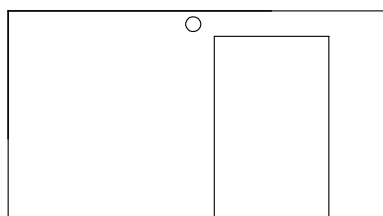
SMÅ UDSPARINGER

Det er vigtigt, at man placerer sine udsparringer, så det er muligt at håndtere elementet samt sikre plads til evt. armering. Den optimale placering ses herunder.

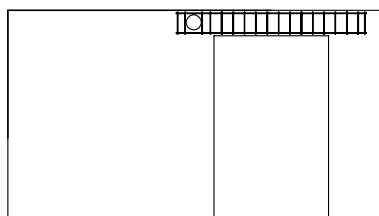
OPTIMAL PLACERING



DÅRLIG PLACERING



MULIG LØSNING
VED DÅRLIG PLACERING



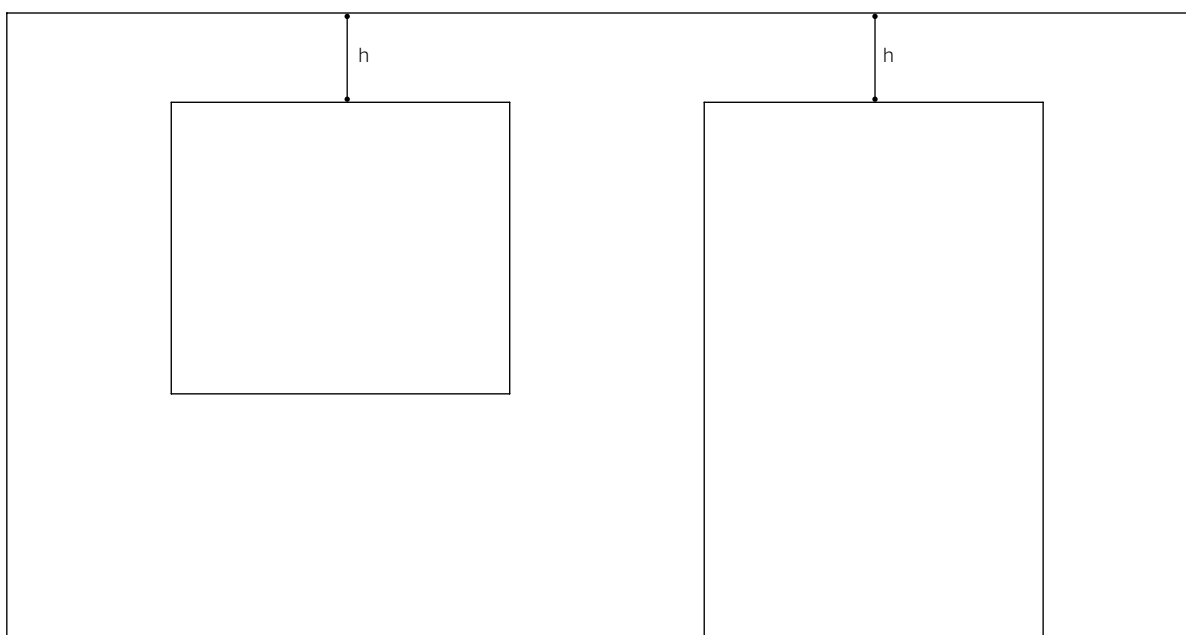
Hvis der er behov for en placering tæt på f.eks. en dør - som vist på figuren - skal det sikres, at udsparringen kan ligge mellem armeringen. Det er desuden nødvendigt, at udsparringen bores på byggepladsen, efter elementet er monteret. I elementet kan der indlægges en 10 mm reces, som der kan bores efter, hvis det ønskes.

2. OVERLIGGERHØJDE

Den optimale minimumshøjde for overliggerer er 300 - 350 mm.

Overliggerhøjden har primært betydning for styrken, når elementet håndteres.

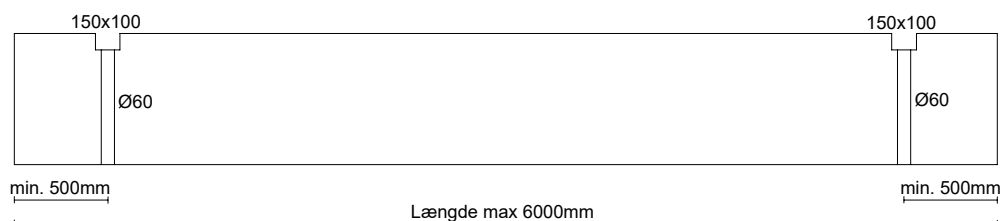
I nogle tilfælde kan det være nødvendigt at støbe overliggeren i almindelig beton for at sikre, at den har tilstrækkelig styrke.



3. STERNELEMENTER

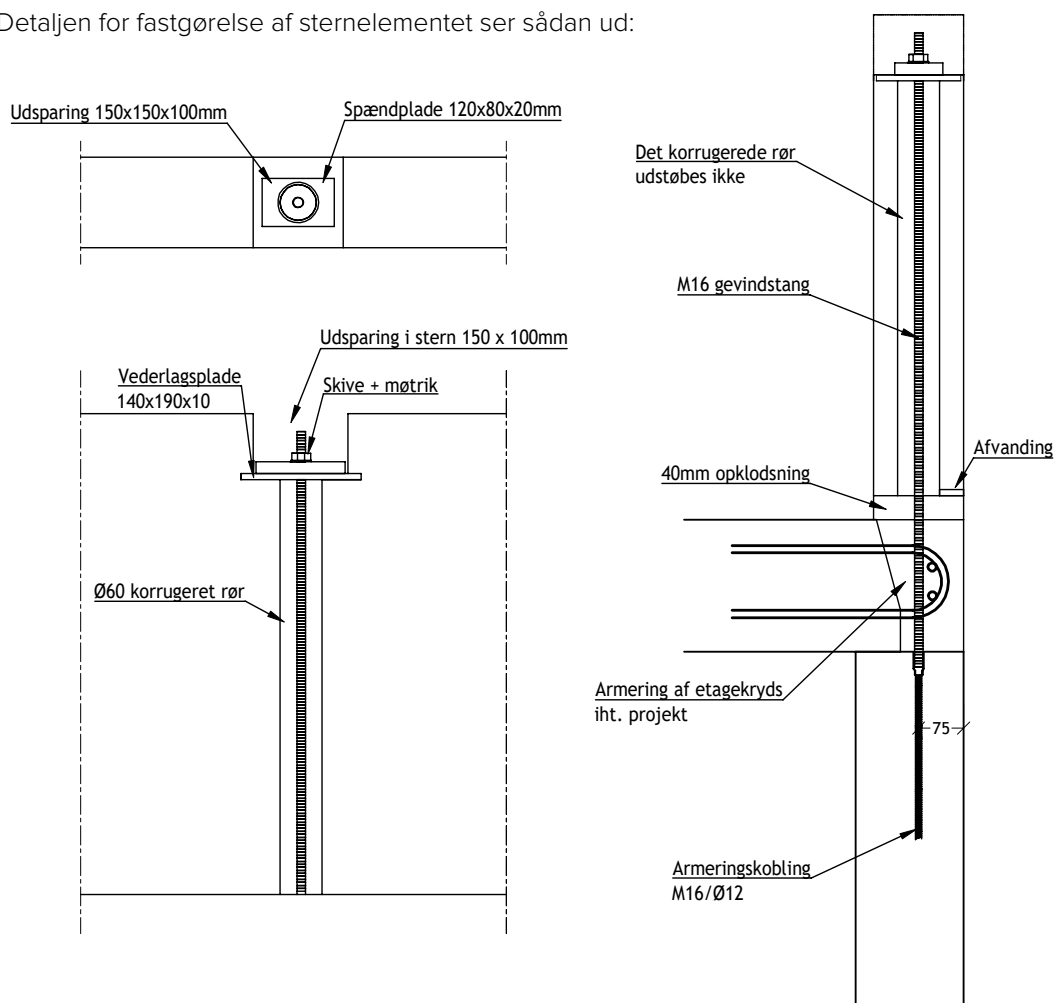
Det er muligt at anvende letbetonelementer som sternelementer. I sternelementet indstøbes der et korrugeret rør til fastholdelse. Sternene regnes til at kunne bære vindlasten.

Sternen laves som minimum med en tykkelse på 150 mm og må maksimalt være 6000 mm lange. Vejledende maksimal højde er 800 mm. For højere stjerne skal der laves en vurdering, inden løsningen fastlægges.



Fastgørelsen ned i understående elementet laves med en armeringskobling. Afstand mellem fastgørelser samt størrelse af fastgørelsen afhænger af hvor stor en trækkapacitet, der er behov for ved fastholdelsen.

Detaljen for fastgørelse af sternelementet ser sådan ud:







Kanslergade, Odense

4. STABELELEMENTER

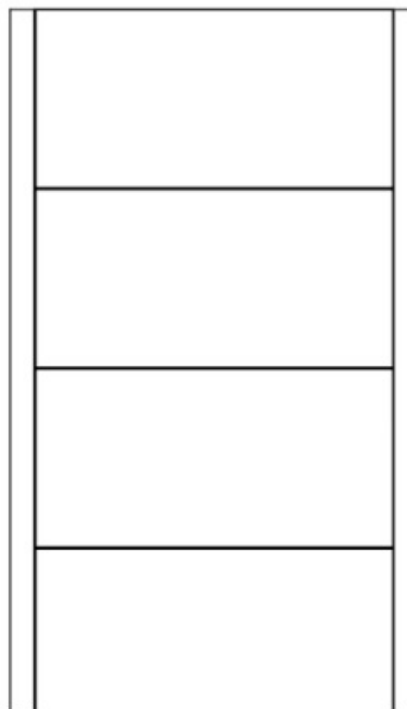
I lagerhaller kan man med fordel benytte letbetonelementer som udfyldningselementer mellem de bærende konstruktioner. De bærende konstruktioner vil normalt være betonsøjler eller betonvægge.

Når letbetonelementer benyttes som udfyldningselementer, må elementerne ikke bære anden last fra f.eks. stålbjælker eller lignende.

Elementerne stables oven på hinanden og sammenstøbes i enderne. Normalt vil der ikke være behov for en samling mellem stabelementerne.

Elementerne kan også indgå i bygningens stabilitet, men dette kræver en nærmere undersøgelse for at sikre, at væggene kan bære.

Det er desuden nødvendigt, at der laves en plan for montage af elementerne, da det ikke vil være muligt at få rørstøtter på de øverste elementer, men der skal i stedet fastgøres midlertidige beslag.

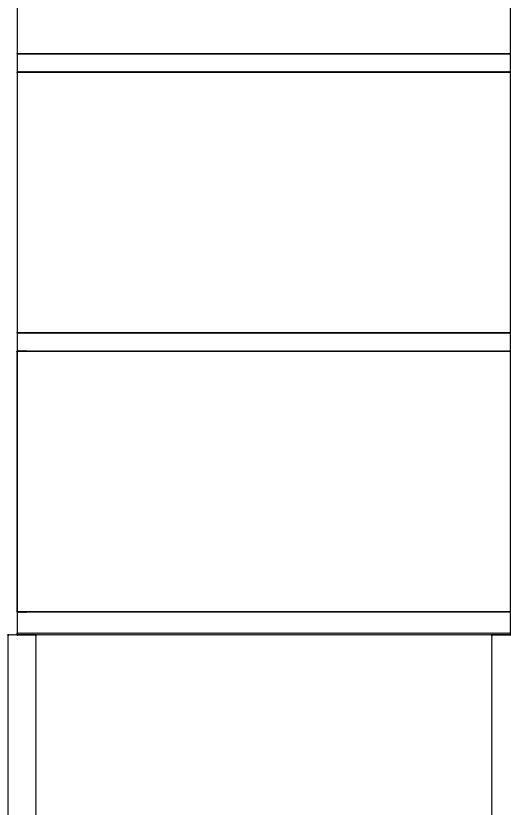


5. SELVBÆRENDE LETBETONELEMENTER

I nogen tilfælde vil det være muligt at eftervise letbetonvægge som selvbærende. Det vil dog kun være i situationer, hvor der er begrænset med last på væggen. I alle tilfælde vil det være nødvendigt med et overslag på, hvorvidt det er muligt, inden løsningen fastlægges.

Man skal være opmærksom på, at det kan være forbundet med udfordringer, hvis man laver en løsning hvor man stiller letbetonvægge oven på en stålbjælke, da stålbjælker ofte får en nedbøjning, som gør at letbetonvæggen bliver selvbærende i den færdige konstruktion. Dette kan ikke anbefales, da væggenes bæreevne ofte ikke kan eftervises.

Hvis man har behov for at indlægge en bjælke, anbefales det, at man indlægger en forspændt betonbjælke, da de typisk ikke vil få nedbøjninger.



6. ALTANER OG MURVÆRKSCONSOLLER

ALTANER

Det er ikke muligt at montere altaner på letbetonvægge på grund af den store trækraft, som altanerne medfører. Hvis man ønsker en letbetonbagmur, kan man løse det ved at placere stålsøjler i hulmuren til bæring af altanerne og fastgøre stålsøjlerne i kantstøbningerne til overførsel af vandret last.

MURVÆRKSCONSOLLER

Det er normalt ikke muligt at fastgøre en murværksconsoller. Er der et ønske om anvendelse af murværksconsoller, skal der laves en vurdering/overslag på, om det er muligt at få elementet til at holde til den ekstra last, det vil medføre.

7. SAMLINGER

LODRETTE STØBESKEL

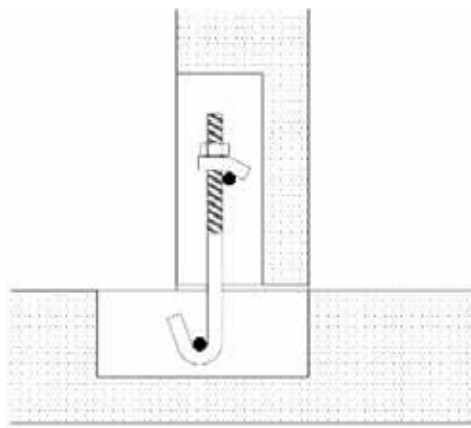
Som udgangspunkt anbefales det, at man benytter SE-samlinger i vægge, hvor der ikke er krav til kapaciteten, eller hvor der er små krav til kapaciteten af samlingen.

SE-SAMLINGER

SE-samlingen udføres med en 5 mm fuge, som udfyldes med lim. Efterfølgende spændes elementerne sammen med SE-bolte. Der vil typisk være 3-4 SE-bolte pr. samling. Fordelen ved denne fuge er, at fugen er billigere at udføre end f.eks. støbesamlingen.

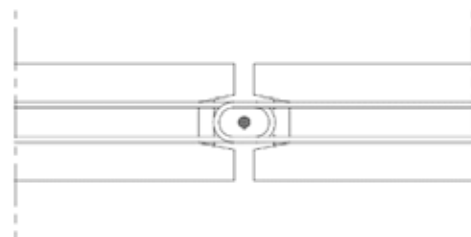
Kapaciteten af en SE-samling er:

	Regningsmæssig bæreevne		
	Letbeton LAC10	Letbeton LAC15	Beton
Pr. SE-bolt	4,6 kN	6,9 kN	16,1 kN



STØBESAMLING

Mellem vægge hvor der er fx er krav til lyd, bør man samle dem med en støbesamling. Denne samling kan laves som et glat støbeskel eller et fortandet støbeskel. Løsningen afhænger af hvilket krav der er til kapaciteten af støbeskellet.



KAPACITETEN FOR EN GLAT STØBESKEL

Afstand	Regningsmæssig bæreevne	
	Lige stød	Hjørner
900 mm	5 kN/m	4 kN/m
600 mm	5 kN/m	5 kN/m
300 mm	6 kN/m	5 kN/m

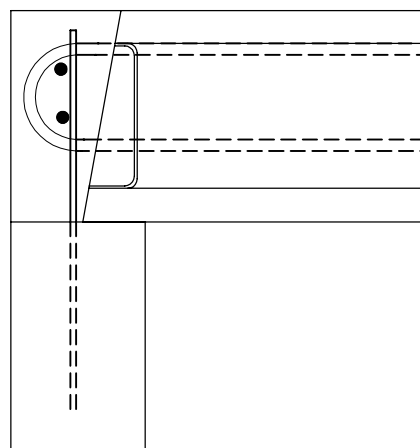
KAPACITETEN FOR ET FORTANDET STØBESKEL

Afstand	Regningsmæssig bæreevne	
	Lige stød	Hjørner
900 mm	23 kN/m	21 kN/m
600 mm	24 kN/m	22 kN/m
300 mm	26 kN/m	24 kN/m

VANDRETTE STØBESKEL

Der anvendes K8 strittere i letbetonvægge. Strittere placeres normalt med en afstand på 300 mm for at overholde robusthedskravet på 15 kN/m.

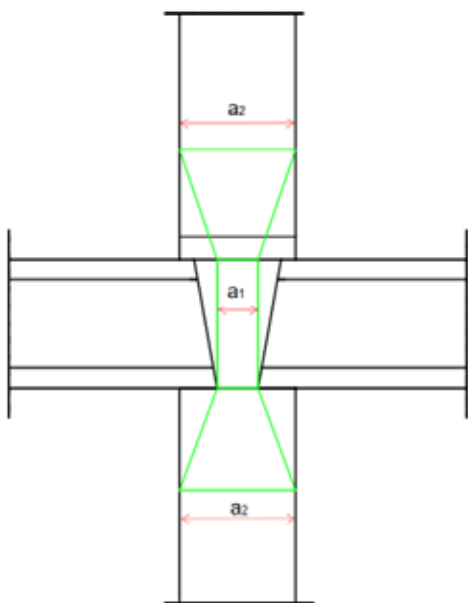
For overholdelse af 30 kN/m i CC3 anvendes en K10 stritter, som sættes på 270 mm.



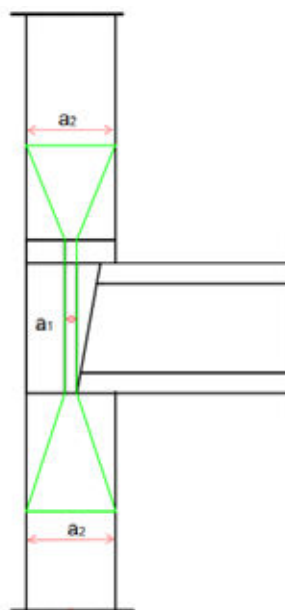
8. ETAGEKRYDS

Ved anvendelse af letbeton i etagebyggeri skal man sikre sig, at kapaciteten ved etagekrydset ikke er overskredet. Dette gøres ved at tjekke, at kapaciteten for koncentreret last ikke er overskredet.

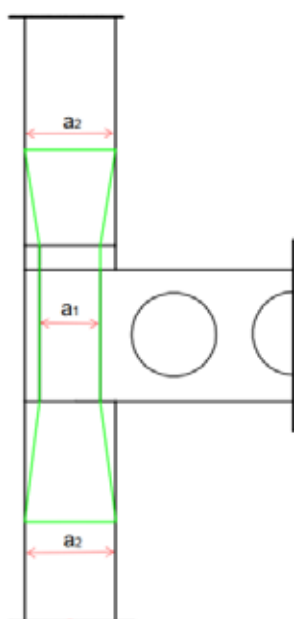
LEJLIGHEDSSKEL MED DÆK FRA TO SIDER



BAGMUR MED DÆK FRA EN SIDE



BAGMUR MED SIDEVEDERLAG FRA EN SIDE



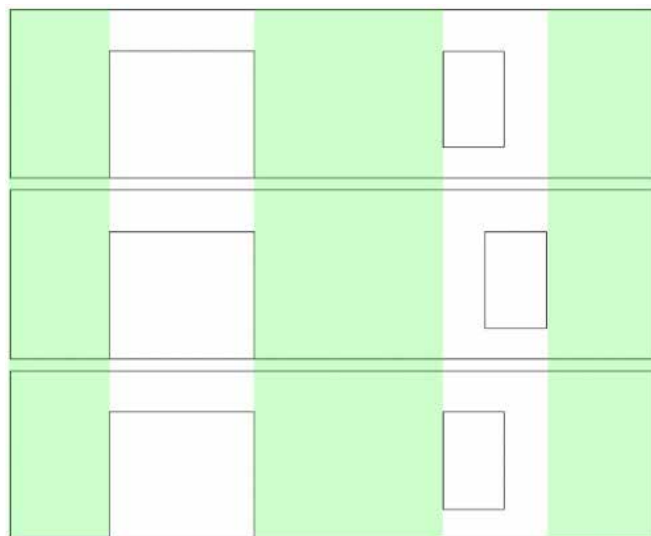
Denne beregning vil kunne give en indikation af, hvor mange etager man kan udføre i letbeton. Bemærk at der er en bæreevnemæssig gevinst ved f.eks. at øge lejlighedsskellet fra 220 mm til 240 mm, da bæreevnen af etagekrydset vil stige. Beregningen laves normalt iht.DS/EN1992 punkt 6.7 – koncentreret last.

9. STABILITET

Når man dokumenterer stabiliteten med letbetonelementer, bør man som udgangspunkt kun medregne de massive vægstykker, som vist på figuren til højre.

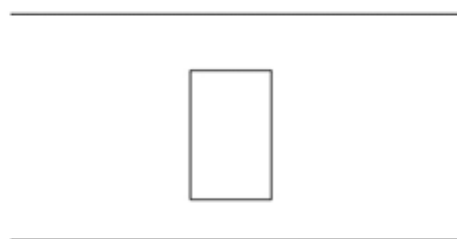
Man bør i sin beregning ikke regne med en trykfodspænding, der er større end 2,0 MPa, uden at der laves en nærmere vurdering af, hvorvidt der er muligt at regne med større trykspænding.

Hvis man vælger at medregne en stabiliserende skive, som består af 2 elementer, er det vigtigt, at man vurderer om fuge-armeringen kan overføre trækpåvirkningen fra væltningen. Det skal desuden sikres, at forskydningspåvirkningen kan overføres i fugelåsen.



Det er også muligt at regne vægstykker, hvor der er f.eks. et vindueshul i. Dette kræver dog, at der er et vægstykke under vinduer, og at det er relativt små laster, der skal dimensioneres for.

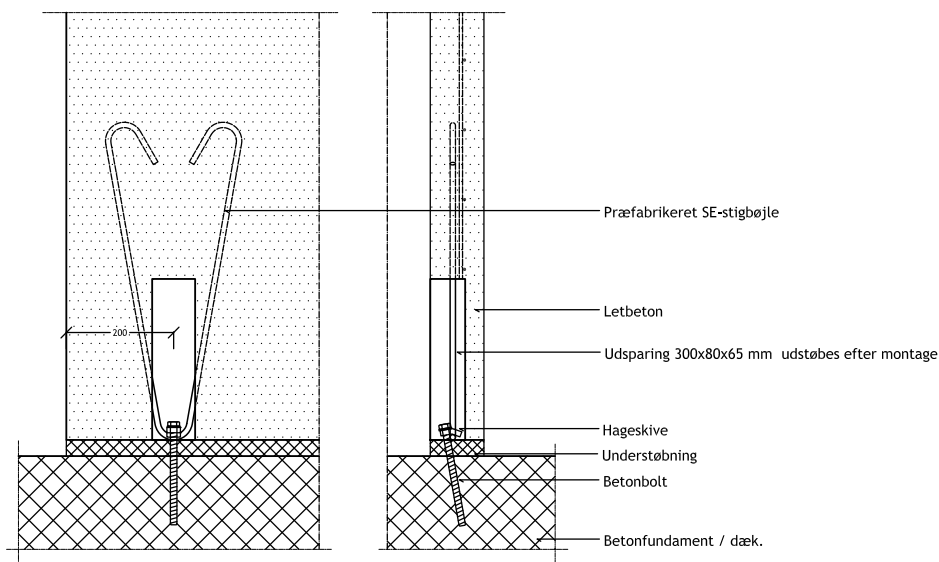
Hvis man har f.eks. et vindue, som er ført til gulv, kan man ikke regne hen over hullet.



SE-STIGBØJLE

Hvor der er behov for en lille trækforankring, kan man benytte en SE-stigbøjle. SE-stigbøjlen kan forankre en regningsmæssig trækraft på 10 kN.

Man skal være opmærksom på, at man ikke bør montere to stigbøjler i forlængelse af hinanden, da man ikke kan aktivere begge stigbøjler samtidig.



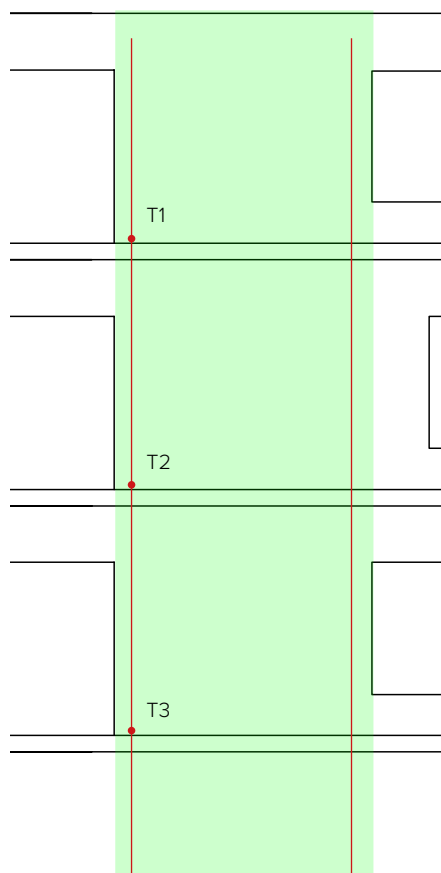
CRH TYPE 3D - STIGBØJLE

Hvis stignbøjlen anvendes som trækforandring i forbindelse med stabilitet, så skal følgende to betingelser være overholdt:

- T1, T2 eller T3 må maksimalt være 50 kN.
Dvs. hver væg enkeltvis maksimalt må trækforankres for 50 kN.
- T_{tot} må maksimalt være 100 kN.
Dvs. summen af trækforankringskravene for enkeltvæggene sammenlagt ikke må overskride 100 kN.

OK eksempler	
T1 = 20 kN	OK
T2 = 30 kN	OK
T3 = 50 kN	OK
T _{tot} = 100 kN	OK

Ikke OK eksempler	
T1 = 30 kN	OK
T2 = 40 kN	OK
T3 = 60 kN	Ikke OK
T _{tot} = 130 kN	Ikke OK



Der er ingen begrænsninger i hvor mange etager stignbøjlen, der kan anvendes over, hvis blot de to krav herover overholdes.

BEMÆRK: Væggens længde har også betydning for om stignbøjlen kan anvendes. Stignbøjlen vil f.eks. ikke kunne anvendes i lange vægge. Som håndregel kan man regne med, at væggen må være 1 m længere, end den er høj uden nærmere beregning. I alle andre tilfælde skal der foretages en vurdering af, om det er muligt.

KONTROL AF DET VANDRETTE STØBESKEL (GLIDNING)

I forbindelse med stabilitetsberegningen skal det sikres, at støbeskellet i trykzonen kan overføre den vandrette last, således der ikke opstår glidning. Kontrollen laves ved anvendelse af formelen for støbeskel, som er angivet i DS/INF 168.

$$V_d = \frac{C_k}{\gamma_m} A_b + \frac{\mu_k}{\gamma_m} (f_{yk} A_s + N_d)$$

For uarmerede samlinger benyttes følgende friktionskoefficient og kohæsion:

Fugetype	μ_k	$\frac{C_k}{MP_a}$
Mørtel eller limfuge uden fugtspærre	1,0	$f_{t,flk}$

Der benyttes følgende partialkoefficienter:

Kohæsion $\gamma_c = 1,70$
 Friktionskoefficienter $\gamma_c = 1,30$

10. ROBUSTHED

Robustheden for letbeton skal vurderes eller dokumenteres iht. reglerne i DS/EN 1990. Derudover skal de supplerende regler i DS/INF 168 følges.

Bemærk at der for letbeton ikke er stillet specifikke krav til løsningerne i CC3, ud over at der skal laves en dokumentation iht. EN 1990. Hvis det vurderes, at det er nødvendigt at anvende samme designregler, som anvendes for beton, kan disse også overholdes ved brug af letbetonvægge.

Det er desuden muligt at etablere en gennemgående trækforbindelse, hvis det i forbindelse med bortfaldsanalysen viser sig, at det er nødvendigt. Til dette kan anvendes en stigsøjle. Stigsøjlen har en karakteristisk trækkapacitet på 212 kN.

STÅ STÆRKT DET GØR VI



www.crhconcrete.dk

BETONELEMENT
A CRH COMPANY

DALTON
A CRH COMPANY

EXPAN
A CRH COMPANY

MONTAGE
A CRH COMPANY

MODULBAD
A CRH COMPANY

INDUSTRI
A CRH COMPANY

www.crhconcrete.dk