

Murte innervegger

Mur-Sentret
Forskningsvn. 3b
P.b. 53 Blindern, 0313 OSLO

Tlf. 22 93 07 60
Faks 22 60 11 92
e-post: post@mur-sentret.no
Internett: www.mur-sentret.no



murbransjens
forsknings- og
informasjonskontor

Litteraturhenvisninger :	2
1 Materialer og funksjoner	3
1.1 Materialer	3
1.2 Funksjoner	3
2 Funksjonskrav	4
2.1 Generelt	4
2.2 Bæreevne	4
2.3 Brannvern	4
2.4 Luftlydisolasjon	6
3 Brannmotstand	7
3.1 Murte vegger med brannkrav	7
3.2 Grunnlag – teori og prøving	7
3.3 Brannmotstand for ikke-bærende og bærende, murte vegger	8
3.4 Seksjoneringsvegger	12
4 Luftlydisolasjon	14
4.1 Murte vegger med lydkrav	14
4.2 Grunnlag – teori	15
4.3 Viktige lydtekniske momenter	15
4.4 Murte veggers luftlydisolasjon	19
5 Løsninger og detaljer	22
5.1 Skillevegg mot takkonstruksjon ..	22
5.2 Lyd- og brannskillende innervegger	23
5.3 Opplegg av lettklinker byggeplank på massiv skillevegg	24
5.4 Opplegg av trebjelkelag mot massiv skillevegg	25
5.5 Skillevegg mot yttervegg	25
5.6 Lettklinker pipeelement i skillevegg	27
5.7 Overgang veggkrone og dekke for ikke-bærende vegger	27

Forord

Denne anvisningen erstatter Murkatalogens tidligere anvisning P9 Murte innervegger fra 1997.

Kapittel 2 gir et sammendrag av aktuelle funksjonskrav for murte innervegger, til støtte for både prosjekterende og utførende.

Kapittel 3 og 4 gir ytelsesnivået for utvalgte veggtyper mht. brann og lyd.

Kapittel 5 gir en oversikt over enkelte gode detaljløsninger som bidrar til at funksjonskravene og ytelsesnivåene kan bli oppfylt.

Det presiseres at de angitte konstruksjoner og løsninger kun er et utvalg av mulige byggemåter, som har vist seg å fungere godt i praksis.

*Anvisningen er revidert av
sivilingeniør John Christian Forester, Mur-Sentret.*

Litteraturhenvisninger :

- [1] Forskrift om krav til byggverk og produkter til byggverk av 22. jan 1997 nr 33
- [2] Veiledning REN Teknisk forskrift 1997
- [3] Murverk – Materialer, egenskaper og konstruksjonsprinsipper. Mur-Sentret 1984
- [4] Rehabilitering av brannskadde konstruksjoner. Håndbok BMB 1998
- [5] NS 3478 Brannteknisk prosjektering av bygningskonstruksjoner
- [6] NS 3904 Brannteknisk prøving av bygningskonstruksjoner
- [7] NS 8175 Lydforhold i bygninger. Lydklassifisering av ulike bygningstyper
- [8] Murverkshandboken MUR 90 – Byggnadsfysik, Sveriges Tegelindustriforening, 1990. Kap. 12, 13, 14
- [9] Norges Byggforskningsinstitutt – Serie for utførelse – 2001. Diverse anvisninger.
- [10] Murkatalogen – anvisning M1, M2 og M6
- [11] Optiroc – Leca Teknisk håndbok '99 (papir- og nettverson)

1 Materialer og funksjoner

1.1 Materialer

Denne anvisning beskriver murte innervegger, eventuelt i kombinasjon med andre materialer, som tilfredsstillende funksjonskrav. De hovedmaterialer som omhandles er teglstein, lettklinkerblokker og porebetongblokker.

Innvendig murte vegger kan være aktuelt å velge både av konstruksjonsmessige, funksjonsmessige og estetiske hensyn. Veggtypen gir også gode muligheter for variasjon av overflatestruktur. Materialene mures med egnet murmørtel til ønsket form og uttrykk og for oppnåelse av gjeldende krav til funksjon og konstruksjon.

1.2 Funksjoner

Gjeldende plan- og bygningslov og tilhørende forskrifter setter krav til at konstruksjoner skal tilfredstille de funksjoner de skal ha. Primært innebærer dette at utfomingen av konstruksjoner skal tilfredstille krav til helse, miljø, sikkerhet og brukbarhet.

Enhver byggevarer skal ha egenskaper som, når de er forsvarlig benyttet, medvirker til at byggverket tilfredsstillende grunnleggende funksjonskrav til:

- mekanisk motstandsevne og stabilitet
- brannsikring
- hygiene, helse og miljø
- sikkerhet ved bruk
- støyvern
- energisparing og varmeisolering

Funksjonsbaserte krav for murte innervegger kan eksempelvis konkretiseres som:

- krav til bæreevne dersom vegg skal være lastbærende
- krav til brannmotstand dersom vegg skal fungere som brannskillede konstruksjon
- krav til luftlydisolasjonsevne dersom vegg skal fungere som lydskillende konstruksjon

Kravene tilfredsstilles ved riktig valg av materialer og materialkombinasjoner, veggens utforming og tykkelse, samt gode detaljløsninger.

Gode helhetsløsninger som tilfredsstillende de aktuelle kravene, bør derfor planlegges så tidlig som mulig og før bygging igangsettes.

2 Funksjonskrav

2.1 Generelt

Den nye forskriften om krav til byggverk og produkter til byggverk av 1997 er gitt for gjennomføring og utfylling av bestemmelsene i plan- og bygningsloven, og for gjennomføring av Norges forpliktelser etter EØS-avtalen.

Byggevarerprodusenten skal etter forskriften sørge for at byggevarens egenskaper er dokumentert før varene omsettes eller brukes i byggverk. Slik dokumentasjon skal være tilgjengelig ved omsetning og bruk av produktet. Dokumentasjonen skal gjøre det mulig å identifisere varens egenskaper og opprinnelse.

2.2 Bæreevne

Byggverkets krav til mekanisk motstandsdyktighet og stabilitet skal ivaretas slik at oppføring og bruk forhindrer:

- sammenstyrting av hele byggverket eller deler av det
- deformasjoner av uakseptabelt omfang
- beskadigelse av andre bygningsdeler eller av installasjoner eller fast utstyr som følge av større deformasjoner av de bærende deler
- beskadigelse ved ytre påvirkning som ikke står i forhold til den opprinnelige påvirkning

Kravene er nærmere formulert ved inndeling av konsekvenser i fire pålitelighetsklasser for byggverkets hovedbæresystem:

- pålitelighetsklasse 1 – liten bruddkonsekvens
- pålitelighetsklasse 2 – middels bruddkonsekvens
- pålitelighetsklasse 3 – stor bruddkonsekvens
- pålitelighetsklasse 4 – særlig stor bruddkonsekvens

Byggverk skal utformes og dimensjoneres slik at de har tilfredsstillende sikkerhet mot brudd for de laster som kan oppstå under den forutsatte bruk. Kravet gjelder både i endelig tilstand og under utførelse. Dersom forutsetninger endres skal byggverkets sikkerhet vurderes på nytt.

2.3 Brannvern

Overgangen til funksjonsbaserte forskrifter har ikke hatt til hensikt å endre det reelle kravnivået på det branntekniske området. De tidligere krav til bærende bygningsdelers brannmotstand er i prinsippet opprettholdt. Brannmotstand er angitt materialnøytralt med kombinasjoner av bokstaver og tall. Bokstavene angir bygningsdelenes branntekniske klassifikasjon, mens tallene angir motstandsevne i minutter i henhold til standardiserte prøvemeter og definerte sviktkriterier. For murte innervegger brukes bokstavene

R for lastbærende funksjon, f.eks. sikkerhet mot sammenstyrting

E for integritet, f.eks. tetthet mot gassgjennomgang

I for isolasjon, f.eks. sikkerhet mot brannspredning

M for mekanisk motstandsevne

NB: Testmetodene for bygningsdelenes branntekniske klassifikasjon, R, E, I og M, er vedtatt, men tilhørende klassifiseringsstandarder er, i skrivende stund, ikke godkjent og klare for implementering. Denne anvisningen benytter de nye betegnelsene, da all relevant litteratur også benytter dem. Tabell 2.31 viser sammenhengen mellom gamle og nye betegnelser.

Gml. betegnelse	Ny betegnelse	Anmerkninger
F 30 – skillende	E 30	uten krav til materiale
B 60 – skillende	EI 60	uten krav til materiale
A 60 – skillende	EI 60, minst begrenset brennbare materialer	
B 30 – bærende	R 30	uten krav til materiale
A 60 – bærende	R 30, ubrennbare materialer	
B 60 – bærende og skillende	REI 60	uten krav til materiale
A 120 brannvegg	REI-M 120 ubrennbare materialer	

Tabell 2.31. Eksempler på sammenhengen mellom gamle og nye betegnelser. Betegnelsene er noe endret og det er innført egne krav til branncellebegrensende vegger. Utdrag fra [2].

Risikoklasser (TEK 97, §7–22) brukes for å klassifisere byggverk ut fra den risiko en brann kan innebære for skade på liv og helse. Klassene er virksomhetsbestemt og betegnes fra 1 til 6, hvor den sistnevnte medfører de strengeste krav. Brannklasse (TEK 97, §7–22) for byggverk (BKL) bestemmes ut fra risikoklasse og antall etasjer. Brannklassen betegnes 1, 2 eller 3, hvor sistnevnte medfører de strengeste krav.

For byggverk hvor konsekvensen av brann kan bli meget stor med hensyn til miljø og samfunnet generelt er det innført en brannklasse 4. Byggverk i brannklasse 4 skal dokumenteres særskilt.

Tabell 2.32 angir krav til bærende bygningsdeler brannmotstand og tabell 2.33 angir krav til brannmotstand på skillende konstruksjoner. Det er innført tre nivåer for brannteknisk oppdeling:

1. Branncellebegrensende bygningsdel, skal ha brannmotstand minst EI 30
2. Seksjoneringsvegg, skal ha brannmotstand minst REI-M 90. Se tabell 2.34.
3. Brannvegg, skal ha brannmotstand minst REI-M 120, ubrennbar. Se tabell 2.35.

Prøving av bygningsdeler brannmotstand er angitt i NS 3904 Brannteknisk prøving av bygningskonstruksjoner. NS 3478 Brannteknisk dimensjonering av bygningskonstruksjoner angir ingen metode for beregning av brannmotstand i murverk, men anfører at brannmotstanden skal baseres på en temperaturavhengig reduksjon av konstruksjonsfasthet, elastisitetsmodul og armeringens flytegrense.

Bygningsdel	Brannklasse (BKL)		
	1	2	3
Bærende hovedsystem	R30	R60	R90
Sekundære, bærende bygningsdeler, etasjeskillere	R30	R60	R90
Trappeløp	-	R30	R30
Bærende bygningsdel under øverste kjeller	R60	R90	R120

Tabell 2.32.

Krav til bærende bygningsdeler brannmotstand ut fra brannklasser. Utdrag fra [2].

Skillende konstruksjoner	Brannklasse (BKL)		
	1	2	3
Branncellebegrensende konstruksjon	EI 30	EI 60	EI 60
Bygningsdeler som omslutter trapperom, heissjakt og installasjoner over flere plan	EI 30	EI 60	EI 60
Heismaskinrom	EI 60	EI 60	EI 60
Fyrrom for sentralvarmeanlegg eller varmluftsaggregat for fast brensel	EI 60	EI 60	EI 60

Tabell 2.33.

Brannmotstand på skillende konstruksjoner. Utdrag fra [2].

Bygningens brannklasse	Seksjoneringsveggs brannmotstand avhengig av spesifikk brannbelastning MJ/m ²		
	under 400	400–600	over 600
Brannklasse 1	REI-M 90	REI-M 120	REI-M 180
Brannklasse 2 og 3	REI-M 120	REI-M 180	REI-M 240

Tabell 2.34.

Seksjoneringsveggs nødvendige brannmotstand

Spesifikk brannbelastning MJ/m ²	Brannveggs nødvendige brannmotstand
inntil 400	REI-M 120
400–600	REI-M 180
600–800	REI-M 240

Tabell 2.35.

Brannveggs brannmotstand som følge av brannbelastning

2.4 Luftlydisolasjon

Luftlydisolasjon er en konstruksjons evne til å isolere mot overføring av lyd i bygninger.

Luftlydisolasjon angis i dB (desibel) som et veid feltmålt lydreduksjonstall R'_w .

Skille mellom brukerområder skal ha slike lydisolerende egenskaper at luftlydpåkjønning ved normal tiltenkt bruk i ett brukerområde ikke fører til vesentlig støyplage for brukere i annet brukerområde eller omliggende arealer. Uttrykket «vesentlig støyplage» defineres av lydforhold som statistisk sett gjør 20 % av brukerne misfornøye med lydforholdene.

Ved å innføre rene funksjonsbestemmelser blir de nominelle krav til luftlydisolasjon, trinnlydnivå, etterklangstid og støynivå, slik vi kjenner dem fra tidligere forskrifter, borte. På lydområdet viser det seg vanskelig å knytte funksjon direkte til generelle kvantifiserbare egenskaper. NS 8175 for lydforhold i bygninger og lydklassifisering av ulike bygningstyper angir kravnivåer i fire ulike lydklasser A til D, der klasse C er den operative klasse når det gjelder oppfyllelse av minimumskrav for nybygde hus. Tabell 2.41 viser laveste grenseverdier i klasse C for veid, feltmålt lydreduksjonstall R'_w (utdrag fra NS 8175).

Bygningskategorier	Rombeskrivelse/situasjon	Minste verdi for R'_w (dB)
Boliger	Mellom boenheter innbyrdes og mellom boenheter og fellesarealer/felles gang/trapp o.l.	55
	Mellom boenheter og nærings- og servicevirksomhet o.l.	60
Skoler	Mellom to klasserom og mellom klasserom og fellesarealer/fellesrom samt mellom samtalerom/personalrom og felles gang uten dørforbindelse	48
	Mellom klasserom og fellesgang/korridor med dørforbindelse	34
Spesialrom i skoler og andre bygninger til undervisning	Mellom musikkrom, formingsrom, rom for kroppsøving o.l. og andre klasserom/fellesarealer	60
	Mellom spesialrom som nevnt ovenfor og fellesgang/korridor med dørforbindelse	50
Barnehager og fritidshjem	Mellomrom for søvn og hvile/samtalerom/personalrom og andre fellesrom/arealer uten dørforbindelse	48
	Mellom rom som foran og andre fellesrom/arealer med dørforbindelse	34
Sykehus og pleieanstalter	I sykehus mellom sengerom samt mellom sengerom og fellesarealer/fellesrom/trapperom o.l. uten dørforbindelse	48
	I pleieanstalter mellom senge- og beboerom samt mellom senge- eller beboerom og fellesarealer/fellesrom/trapperom o.l. uten dørforbindelse dørforbindelse	52
Overnattingssteder	Mellom gjesterom innbyrdes, samt mellom gjesterom og fellesarealer/fellesrom/trapperom o.l.	52
	Mellom gjesterom og nærings- og servicevirksomhet o.l.	60

Tabell 2.41.

Laveste grenseverdi i klasse C for veid, feltmålt lydreduksjonstall R'_w . Utdrag fra [7].

3 Brannmotstand

3.1 Murte vegger med brannkrav

Vegger med brannkrav skal hindre brann i å spre seg fra et bygg til et annet, eller fra en seksjon til en annen i løpet av et fullstendig brannforløp. Dersom de bærende konstruksjoner i et bygg ikke har tilstrekkelig kapasitet til å bibeholde sin stabilitet, må seksjoneringsveggen ha slik stabilitet at den blir stående, uavhengig av seksjonene på hver side. Dersom seksjoneringsveggen ikke har tilstrekkelig stabilitet må det bygges to uavhengige vegger, slik at én blir stående selv om tilstøtende seksjon og én seksjoneringsvegg raser sammen.

Seksjoneringsveggen må dimensjoneres for opptredende brannbelastning og minst i brannklasse REI-M 90. Dette betyr at den skal beholde sine egenskaper med hensyn på bæreevne, integritet og temperaturisolasjon i minimum 90 minutter, samtidig som den skal være stabil selv om seksjonen på én side raser sammen.

Det er relativt beskjedne murte veggtykkelser som skal til for å tilfredstille brannkravene til integritet og isolasjon (EI). Ofte vil lydkrav eller konstruktive krav til stabilitet og bæreevne være avgjørende for veggutførelsen. I industribygg vil brannvegger kunne få betydelig høyde og slankhet. Murverk har en begrenset bøyestrekkefasthet i vertikal retning og veggens stabilitet (R) må derfor beregnes.

Brannseksjoneringsvegger skal, foruten evt. etasjelast og innvendig vindlast etter NS 3479, motstå påregnelig brannrelatert belastning. Som en minimumsverdi ansees en horisontallast på $0,5 \text{ kN/m}^2$ å dekke vindlast fra nedrasende masser, det termiske sjokket og kraften fra en brannslange og innvendig vindlast på veggen i en brannsituasjon. Øvrige støtlaster fra nedrasende konstruksjonslaster eller eksplosjonslaster må beregnes særskilt.

Som et godt alternativ til å øke veggtykkelsen kan veggens kapasitet økes ved hjelp av vertikal- og horisontalarmering. Beregningsgrunnlag for dimensjonering av armert murverk finnes i Murkatalogens anvisninger S1, S2 og S3 og NS 3475.

Teglvegger murt med fulle stuss- og liggefuger regnes som branntette og kan oppføres uten puss. Brannseksjoneringsvegger av standard lettklinkerblokk krever poretetting på minimum

én side. Finblokk har imidlertid så tett porestruktur at det ikke er nødvendig med poretetting pga. brannkrav. Vegger som ikke pusses må derfor ha mørtel i både horisontale og vertikale fuger. Vegger av porebetong med fulle stuss- og liggefuger regnes som branntette og kan oppføres uten puss.

3.2 Grunnlag – teori og prøving

Kravet til brannmotstandsevne for ikke-bærende vegger er beskrevet som funksjon av integritet og temperaturisolasjonsevne. Disse faktorer er nært knyttet til materialenes tekniske egenskaper som densitet, varmekapasitet, varmeledningsevne og veggtykkelsen. Materialer med lav varmeledningsevne og høy varmekapasitet gir en effektiv forsinkelse og demping av temperaturpåkjenningen fra brann siden. Dette gjør at temperaturen i yttersjiktet og innover i murverket øker forholdsvis langsomt ved brann. Store deler av tverrsnittet blir således uberørt og kan bibeholde sine opprinnelige egenskaper.

Metoden for prøving av bygningsdelers brannmotstand er angitt i ISO 834 (tilsvarende NS 3904). Prøving utføres i brennkammerovn på veggflater som måler 3×3 meter. Storskala-forsøk ved Sintef Energi (Norges branntekniske laboratorium i Trondheim) gjennomført i perioden 1976–78 viser at murkonstruksjoners brannmotstand T er avhengig av materialtype og konstruksjonens flatemasse.

Brannmotstanden (T) øker eksponensielt med flatemassen, hvor flatemassen beregnes som produkt av densitet og veggtykkelse. Brannmotstand i minutter for ikke-bærende vegger kan uttrykkes empirisk:

$$T = a \cdot (m/100)^{1,72}$$

hvor:

m er flatemassen

a er en beregnet materialfaktor med verdier for

hullteglstein = 38,5 (20–25 % hullandel)

lett-tegl = 75

lettklinker = 140

Under brannpåkjenning vil bindemidlet i pussen svekkes og pussen kan lett løsne, eller flake av fra underlaget. Hard brannbelastning vil kunne ødelegge et 10–15 mm tykt pusslag på kort tid (ca. 20 min.).

Vegger som er utsatt for ensidig brannbelastning vil normalt få en utbøyning inn mot veggens brannside. Vertikalbelastede vegger kan imidlertid under brann få en utbøyning fra veggens brannside, se figur 3.31. Dette har trolig sammenheng med en svekkelse av materialet som følge av brann og påfølgende utbøyning som følge av eksentrisitet i lastbildet. Utbøyningens størrelse er blant annet avhengig av murverkets stivhet og varmeisolasjonsevne. Ved intens brannutvikling kan det oppstå sprekker i veggen, ofte i form av skråriss ved innmurte hjørnepartier, eller som riss på grunn av fastholding mot rotasjon. Bærende vegger kan under brannen få en utbøyning som fører til en utilsiktet eksentrisitet. I ekstreme tilfeller kan utbøyningen bli så stor at veggen mister bæreevnen, selv om redusert brannpåkjenning og avkjøling vil føre til at utbøyningen helt eller delvis går tilbake.

Bøyestrekfastheten for murverk er en funksjon av egenfastheten for murmaterialet og murmørtlene. Forsøk viser at det i hovedsak er bøyestrekfastheten som reduseres på brannside, og antagelig reduseres også heftfastheten mellom mørtel og stein/blokk i samme grad. Størrelsen på reduksjonen i heftfasthet er lite dokumentert.

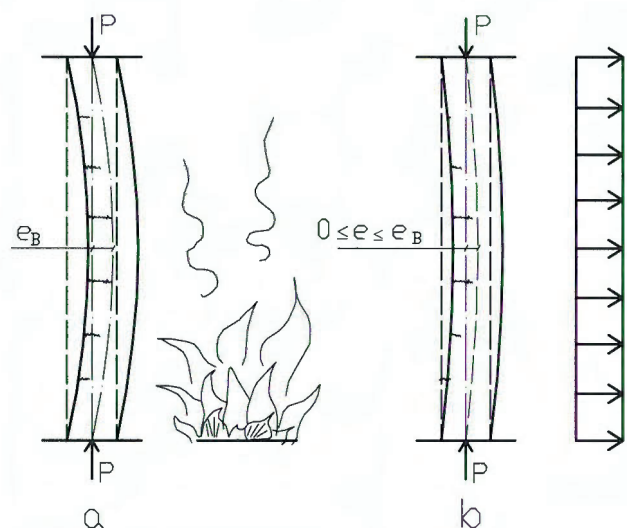
Sprekker som ikke er gjennomgående influerer lite på veggens brannmotstand. Vanlig svinnarmering i fuger vil bidra til å begrense rissutviklingen. Dersom murverket er utført med konstruktiv armering må det påses at armeringen har minste overdekning tilsvarende hva som i NS 3478 er angitt for bærende betongvegger. Krav til maksimale vegg høyder er gitt i NS 3475.

Det fins lite norsk dokumentasjon på lastbærende murvegger eksponert for tosidig brann, og bæreevnen må i utgangspunktet beregnes i hvert enkelt tilfelle. Som et overslag på brannmotstandsevne for tosidig brann, kan man likevel anta at denne vil ligge en brannmotstandsklasse under en vegg utsatt for ensidig brann. Det vil f.eks. si at en vegg kan ha 120 minutters brannmotstand med ensidig brannbelastning, og 90 minutters brannmotstand ved tosidig brannbelastning.

3.3 Brannmotstand for ikke-bærende og bærende, murte vegger

Brannmotstanden for ikke-bærende, murte vegger refererer seg til konstruksjonens tetthet mot gassgjennomgang og temperaturisolasjonsevne, hhv. E og I. Bærende, murte vegger skal ivareta funksjonskravene til bæreevne, R, såvel som krav til tetthet mot gassgjennomgang og temperaturisolasjonsevne. I tillegg til materialeegenskapene vil lastbetingelser og konstruktive forhold som randbetingelser, slankhet og utbøyingsforhold under brannpåkjenning være avgjørende for brannmotstandsevnen.

Der ikke annen dokumentasjon foreligger, vil, i likhet med anvendt prosedyre for bærende brannvegger i betong, en økning av det murte veggverrsnitt med 40–45 mm gi samme brannmotstand. Det forutsettes at den bærende, murte veggens konstruktive utnyttelsesgrad $\mu_{fi} \leq 0,35$ og aksiallasten påføres det murte veggverrsnitt sentrisk. Større utnyttelsesgrad krever særskilt beregning.



Figur 3.31.

Lastsituasjon under (a) og etter brann (b). Størrelsen på utbøyningen (e_e) vil bestemme veggens bæreevne. Etter brann vil gjenværende eksentrisitet (e) og evt. redusert bøyestrekfasthet bestemme bæreevnen.

Densitet (kg/m ³)		Minste veggykkelse t (mm)					
Teglgods	Murvegg	Brannmotstand T _{Ei} (minutter)					
ρ _c	ρ _m	30	60	90	120	180	240
Massivtegl							
2 150	2 090	45	65	85	100	125	150
2 000	1 975	50	70	90	105	130	155
1 850	1 860	50	75	95	110	140	165
1 750	1 785	55	80	100	120	150	175
1 600	1 675	55	85	105	125	160	185
1 450	1 560	60	90	115	135	170	200
Hulltegl – 25% hull							
2 150	1 800	55	80	100	120	150	175
2 000	1 720	55	80	105	120	155	180
1 850	1 635	60	85	110	130	160	190
1 750	1 575	60	90	115	135	170	200
1 600	1 495	65	95	120	140	175	210
1 450	1 410	65	100	125	150	185	220

Tabell 3.3.11.

Minste veggykkelse t (mm), inkl. eventuelle pusslag (avrundet oppad til nærmeste 5 mm), for ikke-bærende murvegger av ulike tegltyper, ved varierende brannmotstandstider T_{Ei} (minutter).

¹⁾ ρ_c = teglsteinens nettodensitet, ekskl. evt. hull (kg/m³)

²⁾ ρ_m = tyngdetetthet for ferdig teglvegg inkl. stein, mørtel og evt. pusslag (kg/m³)

Densitet (kg/m ³)		Minste veggykkelse t (mm)					
Teglgods	Murvegg	Brannmotstand T _{Ei} (minutter)					
ρ _c	ρ _m	30	60	90	120	180	240
Massivtegl							
2 150	2 090	90	110	130	145	170	195
2 000	1 975	95	115	135	150	175	200
1 850	1 860	95	120	140	155	185	210
1 750	1 785	100	125	145	165	195	220
1 600	1 675	100	130	150	170	205	230
1 450	1 560	105	135	160	180	215	245
Hulltegl – 25% hull							
2 150	1 800	100	125	145	165	195	220
2 000	1 720	100	125	150	165	200	225
1 850	1 635	105	130	155	175	205	235
1 750	1 575	105	135	160	180	215	245
1 600	1 495	110	140	165	185	220	255
1 450	1 410	110	145	170	195	230	265

Tabell 3.3.12.

Minste veggykkelse t (mm), inkl. eventuelle pusslag (avrundet oppad til nærmeste 5 mm), for trykkpåkjennte bærende murvegger av ulike tegltyper, ved varierende brannmotstandstider T_{Ei} (minutter).

¹⁾ ρ_c = teglsteinens nettodensitet, ekskl. evt. hull (kg/m³)

²⁾ ρ_m = tyngdetetthet for ferdig teglvegg inkl. stein, mørtel og evt. pusslag (kg/m³)

3.3.1 Brannmotstand – murverk av tegl

Teglsteinens trykkfasthet påvirkes lite ved normal brannpåkjenning. Da temperaturen normalt avtar hurtig fra overflaten, vil fasthetsreduksjonen sjelden gå mer enn ca 20–25 mm innover i fugen. Forsøk har vist at teglveggenes totale bæreevne ofte er intakt selv etter høy brannbelastning. Som en orienterende verdi regner vi med at ikke-bærende, murte vegger i tegl har brannmotstand som angitt i tabell 3.3.11, mens bærende, murte vegger i tegl har brannmotstand som angitt i tabell 3.3.12.

For nærmere utdypning av teglmurverks brannegenskaper henvises det til murkatalogens anvisning M1.

Tabell 3.3.13 angir brannmotstand for ulike konstruksjoner t teglmurverk

Type	Beskrivelse	Stein/blokk	Total vegg- tykkelse uten puss (mm)	Brannklasse (teoretisk)		
				Uten puss	Puss en side	Puss to sider
A	Massiv tegl	Rehab 1/2-sten 1-sten	85 104 226	REI 60 REI 120 >REI 240	REI 90 REI 150 >REI 240	REI 120 REI 180 >REI 240
	Hulltegl	Rehab 1/2-sten 1-sten	85 104 226	REI 60 REI 90 >REI 240	REI 60 REI 120 >REI 240	REI 90 REI 120 >REI 240
B	Massiv tegl/hulltegl 100 mm mineralull	2 x 1/2-sten	330	>REI 240	>REI 240	>REI 240
C	Massiv tegl/hulltegl 50 mm mineralull 13 mm gipsplate på stålstender	1/2-sten	167	REI 180	-	-
A	Lettegl	87 137	87 137	EI 60 EI 120	EI 60 EI 120	EI 90 EI 180
D	Lettegl 50 mm mineralull 13 mm gipsplate utlektet på stålstender	137	200	EI 240	EI 240	-

Tabell 3.3.13. Brannmotstand for murte vegger av tegl med tegldensitet $\geq 1900 \text{ kg/m}^3$, og lettegl med densitet 1300 kg/m^3 . Ett lag puss forutsatt 20 kg/m^2 .

3.3.2 Brannmotstand – murverk av lettklinker

Trykkfastheten til lettklinkerblokker, som består av lettklinkerkuler bundet sammen med sementlim, avtar med økende temperatur. Ved ca. 700–800 °C er fastheten til sementlimet i blokkene borte, i likhet med mørtelfuger og evt. puss, mens fastheten til lettklinkerkulene er tilnærmet upåvirket. Lettklinkermurverkets gjenværende bæreevne vil derfor bestemmes av hvor stor del av tverrsnittet som er utsatt for brannbelastning.

Ved rehabilitering av brannbelastet flate/konstruksjon er det vanligvis nok å fjerne porøst sementlim og løs puss dersom det ikke har oppstått skader på konstruksjonen av andre årsaker.

Tabell 3.3.21 angir veiledende, minste veggtykkelser (mm) avhengig av kravet til brannmotstand for ikke-bærende vegger av lettklinkermurverk.

For nærmere utdypning av lettklinkermurverks brannegenskaper henvises det til Murkatalogens anvisning M2.

Veggkonstruksjon (mm)	Brannmotstand i minutter, brannekspontert på én side					
	EI 30	EI 60	EI 90	EI 120	EI 180	EI 240
Lettklinkerbetong	45	65	80	95	120	145

Tabell 3.3.21.

Veiledende minste veggtykkelser (mm) avhengig av kravet til brannmotstand for ikke-bærende, murte vegger av lettklinker.

Veggtykkelsen inkludert evt. pusslag er rundet oppover til nærmeste 5 mm.

For bærende, murte vegger med utnyttelsesgrad $\mu_n \leq 0,35$ og sentrisk aksiallast økes veggtykkelsen med ca. 40 mm. [9]

Tabell 3.3.22 angir brannmotstand for ulike konstruksjoner i lettklinkermurverk

Type	Beskrivelse	Densitet	Blokk-tykkelse (mm)	Total veggykkelse uten puss (mm)	Brannklasse (teoretisk)	
					Puss en side	Puss to sider
A	Leca blokk	600 - 770	100	100	REI 120	REI 180
		«	150	150	>REI 240	>REI 240
		«	200	200	>REI 240	>REI 240
		«	250	250	>REI 240	>REI 240
		«	300	300	>REI 240	>REI 240
	Leca Finblokk	770 - 900	125	125	>REI 240	>REI 240
		«	150	150	>REI 240	>REI 240
		«	200	200	>REI 240	>REI 240
		«	250	250	>REI 240	>REI 240
	Leca Lydskilleblokk	1 300	175	175	>REI 240	>REI 240
«		250	250	>REI 240	>REI 240	
B	Leca Isoblokk Mørtelslemming to sider	900	250	250	-	REI 120
		«	300	300	-	REI 120
C	Hulmur, Leca 100 mm mineralull	600 - 770	150 + 100	300	>REI 240	>REI 240
D	Leca Blokk 100 mm mineralull 13 mm gipsplate på utlektede stålstendere	600 - 770	150	265	>REI 240	-
		«	200	315	>REI 240	-

Tabell 3.3.22. Brannmotstand for murte vegger av lettklinker. Ett lag puss forutsatt 20 kg/m².

3.3.3 Brannmotstand – murverk av porebetong

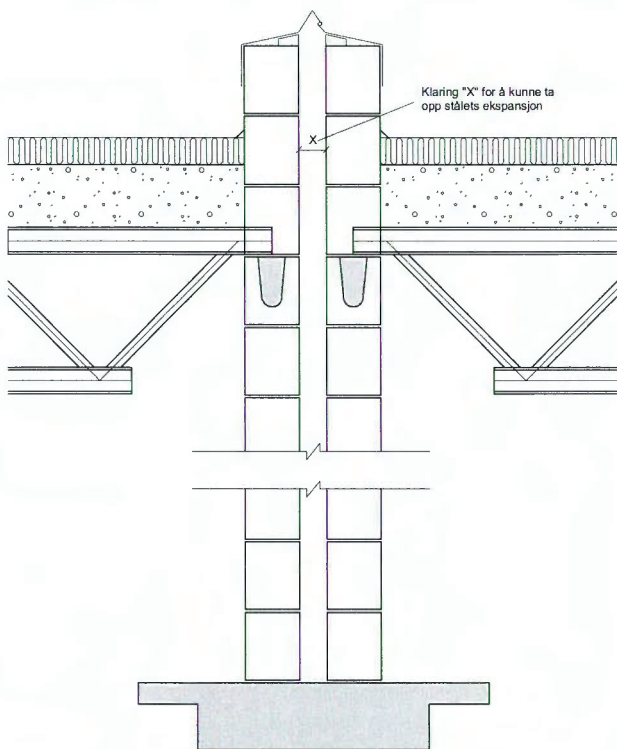
Porebetongen vil ved oppvarming til ca 700 °C krakelere på brannbelastet side. Dette skyldes svinn pga. kjemisk bundet vann som frigjøres. Ved kortvarig påkjenning vil dybden på sprekkdannelsen være relativt beskjeden. Dybden øker med branntiden. Tabell 3.3.31 angir veiledende minste veggykkelser for porebetong og respektive brannmotstand. For nærmere utdypning av porebetongmurverks brannegenskaper henvises det til Murkatalogens anvisning M6.

Veggykkelse (mm)	Ikke-bærende, upusset vegg	Bærende, upusset vegg
50	EI 30	
75	EI 90	
100	EI 120	
150	EI 240	REI 240
200	> EI 240	> REI 240
240	> EI 240	> REI 240

Tabell 3.3.31.

Veiledende minste veggykkelser (mm) avhengig av kravet til brannmotstand for ikke-bærende murte vegger av porebetong.

For bærende, murte vegger med utnyttelsesgrad $\mu_f \leq 0,35$ og sentrisk aksiallast økes veggykkelsen med 40 mm. Veggykkelsen inkludert eventuelle pusslag er rundet oppover til nærmeste 5 mm.



Figur 3.4.11. Lastbærende, dobbel seksjoneringsvegg. (vertikalsnitt)

3.4 Seksjoneringsvegger

Seksjoneringsvegger kan utføres som doble-, frittstående eller sidestøttede vegger.

3.4.1 Doble seksjoneringsvegger

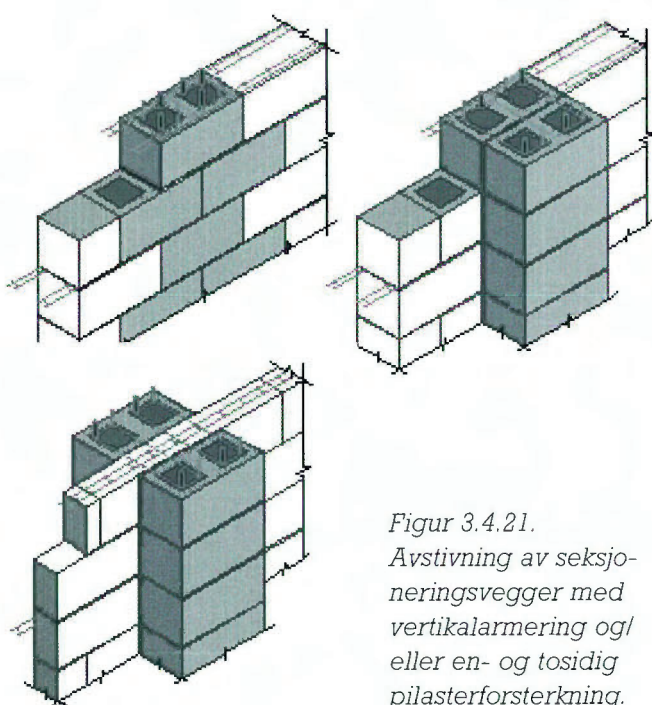
Doble seksjoneringsvegger består av to separate, uavhengige seksjoneringsvegger, lastbærende eller ikke, plassert nær hverandre, se figur 3.4.11. Innbyrdes avstand mellom delveggene (x) må tilpasses, slik at de er sikret nødvendige utvidelsesmuligheter ved brannbelastning. Bygningskonstruksjoner på begge sider må være bundet til de respektive delveggene slik at sammenbrudd på én side ikke influerer på den gjenstående. Der vegg(e) bærer vertikallast må det ved dimensjonering tas hensyn til krumning av veggene pga. brann- og vertikalbelastning.

Doble seksjoneringsvegger er spesielt velegnet som brannsikring mellom en eksisterende bygning og en ny, tilstøtende bygning (brannvegg), eller ved dilatasjonsfuger.

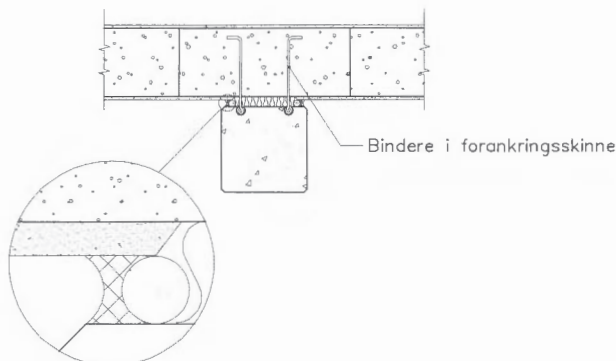
Som regel vil det bli påkrevet at hver vange i dobbeltveggen skal ha halve brannmotstanden til hele vegg. For å sikre at gjenværende vange har tilstrekkelig brannmotstand, dersom den ene vangen kollapser før halve branntiden har gått, bør hver vange ikke ha en brannmotstand dårligere enn den totale brannmotstanden for hele konstruksjonen med fradrag for brannmotstandstiden til delveggens eventuelle avstivende konstruksjoner.

3.4.2 Frittstående seksjoneringsvegg

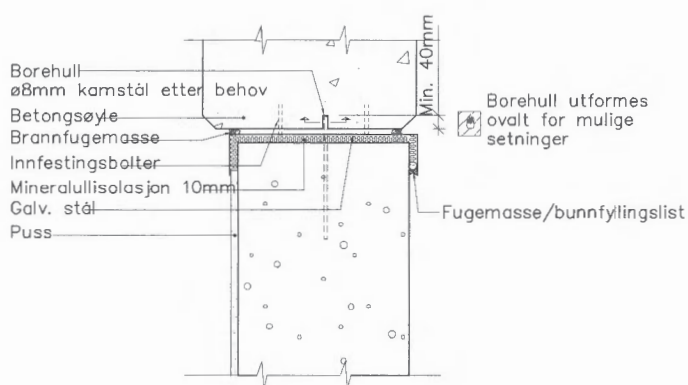
Frittstående seksjoneringsvegg er utkraget fra sitt fundament uten å være mekanisk bundet til bygningskonstruksjonene på hver side av vegg, og egner seg godt ved dilatasjonsfuger i bygget. Frittstående seksjoneringsvegger vil ha behov for vertikalarmering og normalt også pilasterforsterkning, se fig. 3.4.21. Ved dimensjonering må det tas hensyn til at stålfastheten reduseres ved økende temperatur i armeringen. Murverk utenfor det armerte betongtverrsnittet kan konservativt medtas i armeringsoverdekningen som om det hadde vært betong.



Figur 3.4.21. Avstivning av seksjoneringsvegger med vertikalarmering og/eller en- og tosidig pilasterforsterkning.



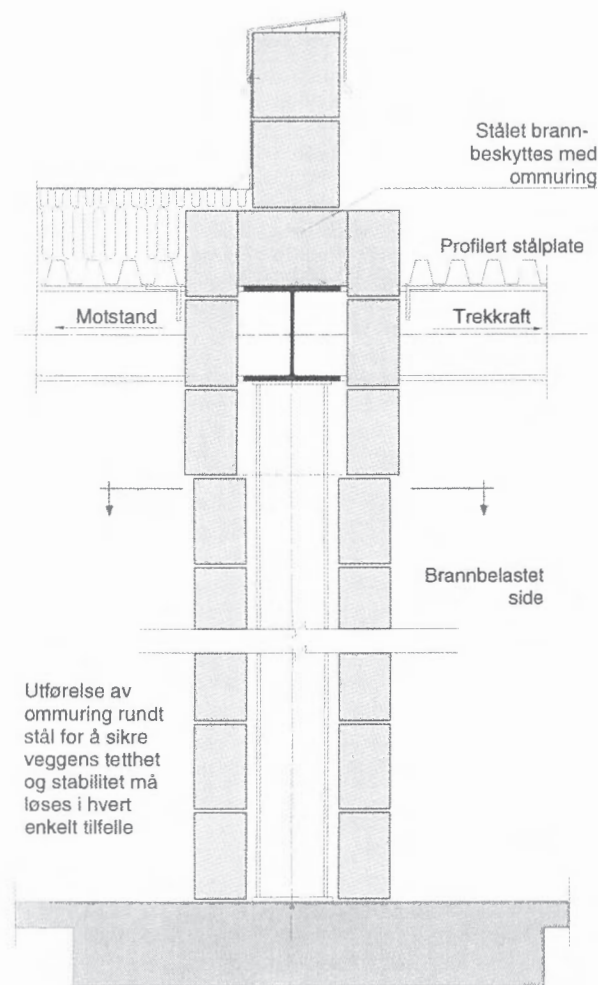
Figur 3.4.31.
Seksjoneringsvegg sideveis avstivet mot betongsøyle montert inntil veggplanet (horisontalsnitt)



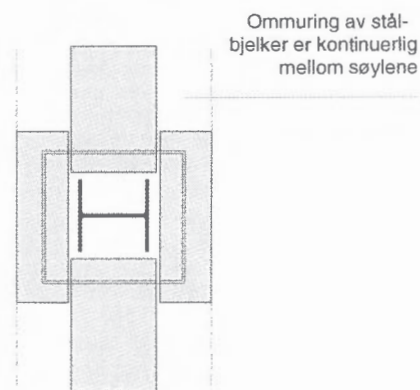
Figur 3.4.32.
Seksjoneringsvegg endeavstivet mot betongsøyle i veggplanet (horisontalsnitt).

3.4.3 Sidestøttet seksjoneringsvegg

En sidestøttet seksjoneringsvegg stabiliseres ved forankring til byggets bærekonstruksjoner eller egne avstivende konstruksjoner, se figur ene 3.4.31. og 3.4.32. Konstruksjonene som stabiliserer en seksjoneringsvegg må derfor i utgangspunktet ha minst samme brannmotstandsevne som veggene. Dersom dette ikke er tilfelle må krefter fra sammenbrudd av bygget på brannside kunne overføres gjennom veggene til uberørt side på en slik måte at sidekrefter fra byggets kollaps på brannside ikke river med seg seksjoneringsveggen. For vegger lokalisert til søylerekker med enkeltstående søyler innebærer dette at både søylen og evt. takbjelker i veggplanet må ha brannmotstandsevne som veggene. Dette oppnås normalt med innmuring eller innstøpning av stålkonstruksjonene, se fig. 3.4.33.



Utførelse av omringning rundt stål for å sikre veggens tetthet og stabilitet må løses i hvert enkelt tilfelle



Figur 3.4.33.
Sidestøttet seksjoneringsvegg i enkel søylerekke

4 Luftlydisolasjon

4.1 Murte vegger med lydkrav

Murte vegger med sin store egentyngde gir betydelig bedre lydisolering enn en enkel lettvegg av samme tykkelse. Gode, murte lydvegger krever gjennomtenkt prosjektering og utførelse.

I ferdige bygg vil lyd overføres via utettheter og flanker, spesielt i tilslutningsdetaljer mellom gulv/vegg, vegg/tak og mellom øvrige tilstøtende konstruksjonselementer. Denne form for luftlydlekkasje, flanketransmisjon, kan minimeres ved riktig detaljprosjektering. Laboratorieforsøk har vist at den økning i luftlydisolasjonen som oppnås ved å tilleggsisolere en massiv, murt enkeltvegg er tilnærmet uavhengig av den murte veggens flatemasse og type materiale. Som alternativ til å forbedre isolasjonsevnen ved f.eks. å øke tykkel-

sen på hulrommet og mineralullen for utlektede kledninger, kan følgelig tykkelsen av massivveggen økes tilsvarende.

Figur 4.1.1 viser et diagram for avlesing av enkle massive og platekleddes murveggers laboratiormålte luftlydisolasjon som funksjon av flatemassen.

En betydelig forbedring av luftlydisolasjonsevnen kan oppnås ved å skille fundamenter og tilslutning mot andre vegger og tak med en bevegesfuge. Demping av lydoverføring (flanketransmisjon) fra et rom til et annet er således avhengig av gode lydtekniske løsninger og utførelse av detaljer. Optimal knutepunktsdemping beror på valg av materialer og utførelse. Murverket skal mures med fulle stuss- og ligge-

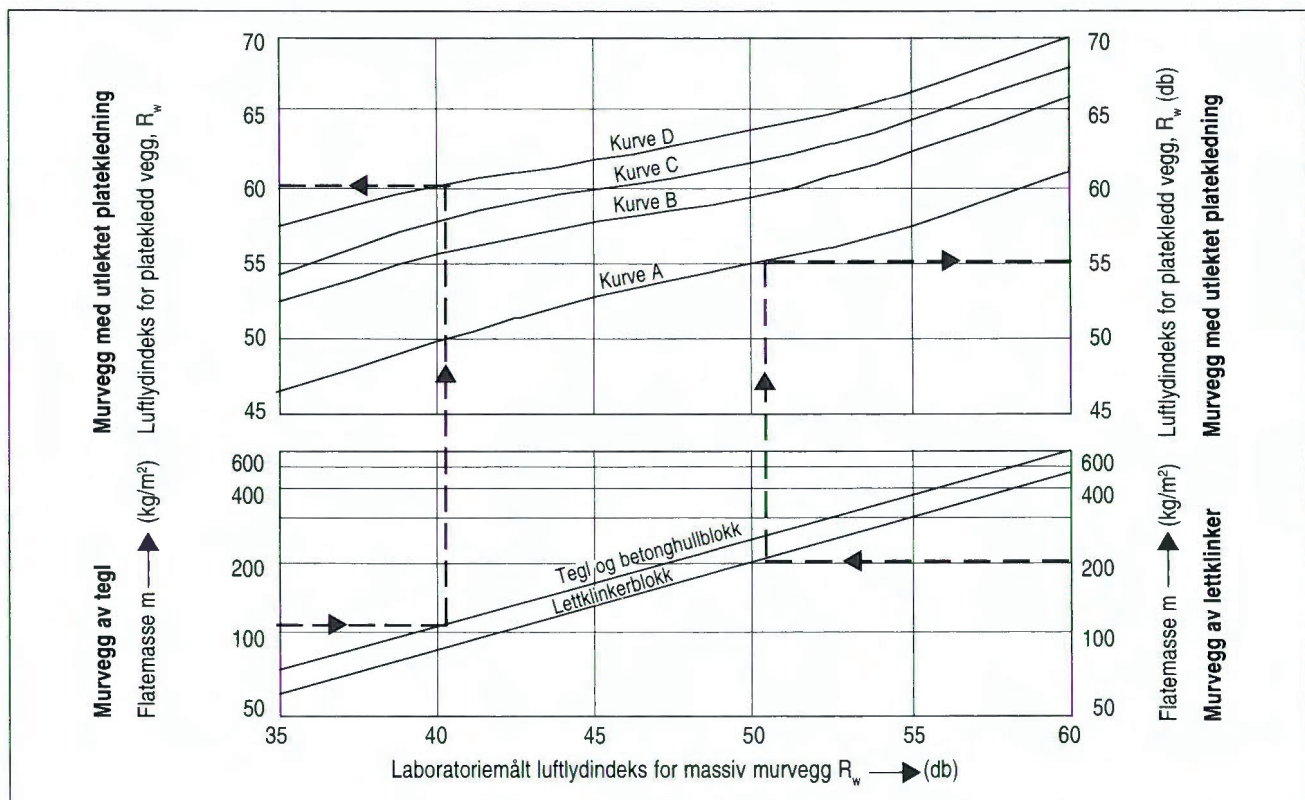


Diagram for tilnærmet angivelse av laboratieverdier for luftlydindeks, R_w , for massive og platekleddes vegger, med utgangspunkt i massivveggenes flatemasse m (kg/m^2), murt materiale og type utlekting.

Kurve A: 12 mm sponplate utlektet på 48 x 48 mm trestendere direkte festet til murvegg, og med 50 mm hulrom fylt med mineralull.

Kurve B: 12 mm sponplate utlektet på stålstendere av 45 x 45 mm tynnplateprofiler direkte festet til murvegg, og 50 mm hulrom/mineralull.

Kurve C: 12 mm sponplate utlektet på frittstående stålstendere av 45 x 45 mm tynnplateprofiler, og 60 mm hulrom med 50 mm mineralull.

Kurve D: 12 mm sponplate utlektet på frittstående stålstendere av 45 x 45 mm tynnplateprofiler, og 100 mm hulrom/mineralull.

Figur 4.1.1. Diagram for avlesing av enkle, massive og platekleddes murveggers laboratiormålte luftlydisolasjon som funksjon av flatemassen.

fuger. Poretetting eller pussing av murte vegger bedrer isolasjonsevnen.

Bruk av mineralull mellom to murte vanger i en dobbeltvegg gir en ytterligere forbedring av luftlydisolasjonsevnen.

I konstruksjoner hvor det stilles krav til lyd-isolering er det viktig at alle ledd i lydteknisk prosjektering og utførelse gis nødvendig oppmerksomhet – svikt ett sted kan forringe øvrige, riktig utførte lydtekniske detaljer og hindre oppfyllelse av forskriftskrav.

4.2 Grunnlag – teori

Forventninger til og behov for lydisolering er økende, og særlig er behovet for bedre lydisolering i lavfrekvensområdet under 100 Hz forsterket. I praksis vil området opp til 4000 Hz være dimensjonerende, da de fleste konstruksjoner som anvendes isolerer godt for høyere frekvenser.

Sammenhengen mellom laboratiemålt lyd-reduksjonstall R_w og veggens flatemasse er lineær-logaritmisk, og avhengig av materialtype:

$$R_w = a + 27,5 \lg (m/100)$$

hvor:

m er flatemasse

a er en beregnet materialfaktor med verdier for

teglstein	= 39,0
porebetong	= 38,3
lettklinker	= 42,5

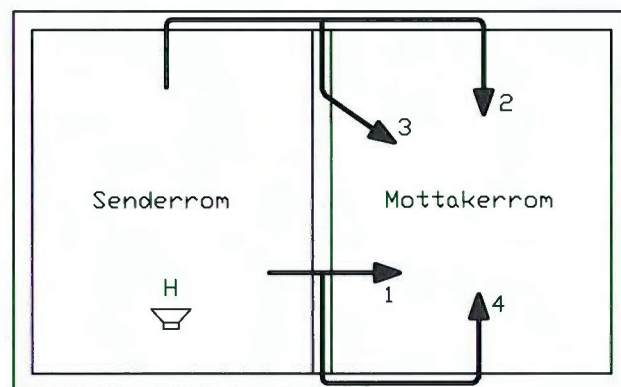
Formelen viser at for samme flatemasse vil vegger av lettklinkerblokker gi 3,5 dB bedre lydisolasjon enn vegger av tegl. Videre viser formelen at en fordobling av veggens flatemasse gir en økning i luftlydindeksen på noe over 8 dB. Kapittel 4.4 under viser ulike konstruksjoners lydreduksjonsverdier.

Feltmålt luftlydisolasjon, R'_w , oppgis normalt ved at den laboratiemålte luftlydisoleringen reduseres med verdien av beregnet flanketransmisjon, F . Ved normalt gode byggetekniske detaljløsninger vil flanketransmisjonen utgjøre ca. 3 dB. En tommelfingerregel, som også kan benyttes, er å anslå en reduksjon fra laboratiemålte verdier til feltmålte verdier på ca 10 prosent.

4.3 Viktige lydtekniske momenter

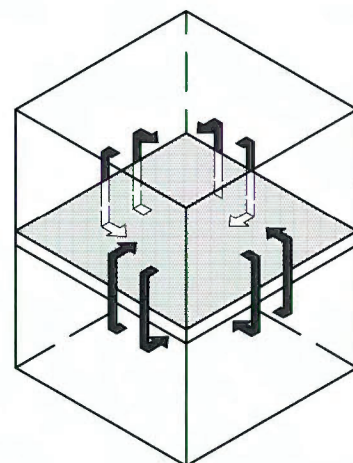
4.3.1 Flanketransmisjon

All lyd som ikke går direkte gjennom skillekonstruksjonen, men overføres via flankerende (tilstøtende) bygningsdeler utenom hovedskillekonstruksjonen, betraktes som flanketransmisjon.



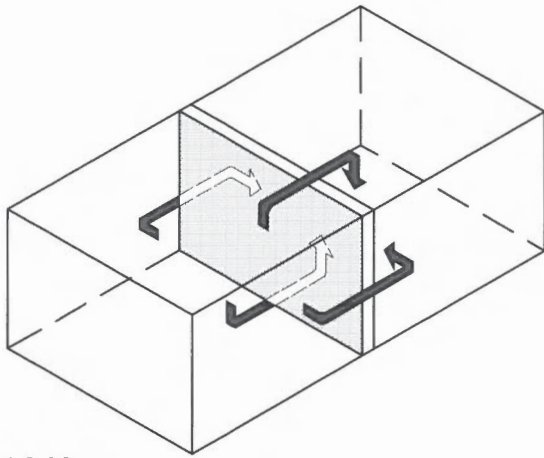
Figur 4.3.11.

Eksempler på flanketransmisjon er angitt ved pil nr. 2, 3 og 4. Pil nr. 1 angir den direkte lydveien gjennom skillekonstruksjonen. Ved siden av (1) gir vanligvis (2) det største bidraget til lydtryknivået i mottakerrommet. For dobbeltvegger er også andre flanketransmisjonsveier mulige. [9].



Figur 4.3.12:

Sideveis overføringsveier for luftlyd gjennom golvet må også vurderes ut fra krav til sideveggens trinnlydisolasjon. [9].



Figur 4.3.13:
Vertikale overføringsveger for luft- og trinnlyd.
Pilene opp gjelder når det støyende rommet er
underst (luftlydoverføring). [9].

Tilslutningsdetaljene mellom skillekonstruksjon og bygget forøvrig bør utføres slik at flanketransmisjonen blir minst mulig. Dette kan gjøres ved å:

- unngå komponenter, gjennomføringer og bygningsdeler som gir høy flanketransmisjon
- la skillekonstruksjonen bryte de flankerende bygningsdelene slik at disse blir minst mulig gjennomgående
- velge flankerende bygningsdeler med høy isolasjonsevne mot lyd
- velge detaljer med høy knutepunktsdemping
- velge konstruksjoner med god lufttetthet
- redusere kopling mellom veggskivene i dobbeltvegger ved f.eks. å benytte elastiske forbindelser (fuge) mellom en veggskive og konstruksjonen forøvrig.

Hvis bruk av skillekonstruksjoner med høy luftlydisolasjonsevne er nødvendig, er det spesielt viktig å påse at flanketransmisjonen blir så liten som mulig og at lufttettheten er god.

4.3.2 Lufttetthet

God lufttetthet er en forutsetning for at en gitt skillekonstruksjon skal ha god lydisolierende evne. Utettheter kan gi en betydelig forringelse av luftlydisolasjonen.

Et eksempel på en vegg med dårlig lufttetthet og følgelig liten lydisolierende evne er en upusset vegg av standard lettklinkerblokker. Målinger har vist at en slik vegg med 100 mm tykkelse har en luftlydisolasjon på bare 10 dB, mens samme vegg med et pusslag på en side har en tilsvarende verdi på 43 dB. Dårlig fylte fuger i upussede teglvegger gir også redusert luftlydisolasjon.

4.3.3 Knutepunktsdemping

Knutepunktsdempingen K (dB) er et uttrykk for dempingen i svingningene når de passerer et knutepunkt, pga. at lyd spres ved refleksjon eller energiavledning til tilstøtende bygningsdeler. Flanketransmisjonens størrelse er sterkt påvirket av knutepunktsdemping i tilslutninger mellom skillekonstruksjonen og bygningen forøvrig.

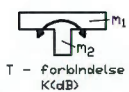
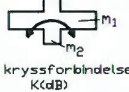
Knutepunktsdemping oppnås når lydsvingninger som passerer gjennom et knutepunkt spres gjennom refleksjon og avledning. En slik spredning av lydenergi vil alltid gjøre flanketransmisjonen mindre, og virker således gunstigere jo større den er. Knutepunktsdempingen vil aldri bli negativ, og kan være vanskelig å bestemme rent kvantitativt. Knutepunktsdempingen i homogene konstruksjoner lar seg lettere tallfeste. Ved høy knutepunktsdemping, og reduksjon av flanketransmisjonen, avhenger knutepunktsdempingen sterkt av detaljløsninger i knutepunktene. Så lenge overføringen av svingninger kan skje mer eller mindre uhindret, vil knutepunktsdempingen variere fra 0–6 dB.

For tilslutningsdetaljene er knutepunktsdempingen i mange tilfeller avhengig av masseforholdet mellom skillevegg og flankerende vegg.

Masseforholdet M er gitt av $M = m_2/m_1$ der

m_2 = skillekonstruksjonens vekt pr. kvadratmeter (kg/m²)

m_1 = flankerende konstruksjons vekt pr. kvadratmeter (kg/m²)

Masseforhold $M = m_2/m_1$	 T-forbindelse K (dB)	 Kryssforbindelse K (dB)
< 0,25	2	2
0,40	3	4
0,60	4	7
0,80	7	10
1,00	9	12
1,40	11	15
2,00	13	18
4,00	19	24
6,00	21	27
8,00	24	30

Tabell 4.3.31:
Knutepunktsdempingen K som funksjon av masseforholdet M . [9]

m_1 er skillekonstruksjonens vekt pr. m^2

m_2 er flankerende konstruksjons vekt pr. m^2

Knutepunktsdempingen, K , som funksjon av masseforholdet M er gitt i tabell 4.3.31 for T-forbindelse og kryss-forbindelse.

Knutepunktsdempingen kan økes vesentlig ved:

- total atskillelse av konstruksjonene i knutepunktet (f.eks. åpne fuger i påstøp i et flytende gulv)
- elastiske mellomlegg (f.eks. neoprenlister mellom vegg og dekke)
- tilleggsisolering av flankerende konstruksjon, f.eks. med platekledning, som brytes ved skillekonstruksjonen
- velge et høyt masseforhold mellom ulike skillekonstruksjoner og flanker

4.3.4 Lydabsorpsjon

Et materiales lydabsorpsjonsevne er gitt ved absorpsjonsfaktoren α , som angir forholdet mellom den lydenergi som absorberes av en flate (evt. trenger gjennom flaten) og den totale lydenergi som treffer flaten. Absorpsjonsfaktoren er normalt sterkt frekvensavhengig og vil variere mellom 0 og 1.

En meget hard, stiv flate kan reflektere all innfallende lyd og vil ha lydabsorpsjonsfaktor $\alpha = 0$. Porøse og perforerte flater absorberer en betydelig del av innfallende lydenergi og benyttes for akustisk regulering og demping av etteklangstid.

Pga. sin harde og tette overflate vil teglmurverk, ubehandlet eller glattpusset, ha lav lydabsorpsjonsfaktor, i størrelsesorden 0,02 – 0,05, avhengig av frekvensområdet, dvs. 98–95% av innfallende lydenergi vil bli reflektert. En hensiktsmessig måte å øke lydabsorpsjonsfaktoren på er å bruke hulltegl murt på kant, med hullene synlig. Hullene virker da som resonatorabsorbenter, som vil gi spesielt god lydabsorpsjon ved bestemte, lave frekvenser mellom 100–500 MHz. Kombinert med en bakenforliggende porøs absorbent som mineralull, kan det oppnås meget god lysabsorpsjon over hele frekvensområdet.

I likhet med tegl vil murte vegger av porebetongblokker ha relativt lav absorpsjonsfaktor, grunnet sin harde, glatte overflate.

Frittstående vegger av upusset lettklinkerblokker har vesentlig bedre lydabsorpsjon i det lavere frekvensområdet enn faststøpte, upussede lettklinkerblokker. Overflatebehandling som tetter porene i lettklinkermaterialet gjør absorpsjonsfaktoren vesentlig lavere, $\alpha = 0,02$ – $0,08$. Ubemandlede lettklinkerflater har relativt liten variasjon i absorpsjonsfaktorene fra bass- til diskantområdet. Upussete lettklinkerblokker absorberer, i gjennomsnitt over frekvensområdet, ca 40% av lydenergien og har $\alpha = 0,4$.

Ubemandlede lettklinkerblokker i finblokkformat, som ofte blir benyttet ubehandlet (evt. kun sprøytemalt) på grunn av gode lyd- og brann-tekniske egenskaper, har en absorpsjonsfaktor $\alpha \approx 0,60$! Tabell 4.3.41 angir veide lydabsorpsjonsfaktorer for lettklinkerkonstruksjoner.

Frekvens Hz	Konstruksjon			
	100 mm blokker, faststøpt mot betong	Frittstående murverk	Frittstående murverk, Finblokk	Finblokk sprøytemalt med silikatmaling
125	0,10	0,35	0,30	0,23
250	0,30	0,40	0,96 L	0,89 L
500	0,50	0,55	0,51	0,51
1 000	0,45	0,50	0,58	0,56
2 000	0,45	0,50	0,68	0,60
4 000	0,45	0,50	0,70	0,62
α_w	0,50	0,55	0,55	0,55

Tabell 4.3.41. Lydabsorpsjonsfaktor for lettklinker-konstruksjoner. (Verdiene gjelder for ubehandlet murverk der intet annet er angitt.)

Frekvens Hz	Konstruksjon			
	250 mm blokk ca. 700 kg/m ³	112 mm farget blokk ca. 1000 kg/m ³	125 mm splittblokk	150 mm byggeplank, underside
125	0,27	0,22	0,10	0,16
250	0,34	0,27	0,32	0,40
500	0,42	0,15	0,40	0,45
1 000	0,50	0,26	0,42	0,45
2 000	0,55	0,30	0,54	0,52
4 000	-	-	-	-
α_w	0,5	0,25	0,45	0,5

Tabell 4.3.42.

Lydabsorpsjonsfaktorer for lettklinkerbetong (Leca), ubehandlet overflate. Montert direkte mot bakenforliggende konstruksjon uten hulrom. [9]

Frekvens Hz	Konstruksjon			
	Perforeringsgrad	23%, 33 hull pr. stein	11%, 78 hull pr. stein	
	Hulrom	70 mm	50 mm	
	Min.ull, mm	50 mm	50 mm	0
125		0,45	0,48	0,03
250		0,99 L	0,77 L	0,15
500		0,80 M	0,38	0,30
1 000		0,49	0,27	0,80 M
2 000		0,70	0,65 H	0,45
4 000		0,55	0,35	0,50 H
α_w		0,55	0,35	0,35

Tabell 4.3.43.

Lydabsorpsjonsfaktorer for hullteglstein murt på kant, Montert med porøs absorbent i hulrom mellom hulltegl og bakenforliggende konstruksjon. [9]

Frekvens Hz	Overflate		
	Glatt fuge, malt	Glatt fuge	10 mm tilbaketilleggende fuge
125	0,01	0,02	0,08
250	0,01	0,03	0,09
500	0,02	0,03	0,12
1 000	0,02	0,04	0,16
2 000	0,02	0,05	0,22
4 000	0,02	0,07	0,24
α_w	0,05	0,05	0,15

Tabell 4.3.44.

Lydabsorpsjonsfaktorer for ubehandlet murverk. [9]

Frekvens Hz	Overflate		
	Finkornet fyll eller sparkel	Malt	Tapet på underlagspapir
125	0,01	0,02	0,02
250	0,01	0,02	0,03
500	0,01	0,02	0,04
1 000	0,02	0,02	0,05
2 000	0,02	0,02	0,07
4 000	0,02	0,02	0,08
α_w	0,05	0,05	0,05

Tabell 4.3.45. Lydabsorpsjonsfaktorer for puss, diverse overflater. [9]

I fbm. med absorpsjonsfaktorer i oktavnband oppgis en L, M eller H hvis verdiene ved hhv. lave, middels eller høye frekvenser er minimum 0,25 over referansekurven for å beregne α_w .

4.3.5 Etterklangstid

Etterklangstiden i et rom er den tid det tar fra en lydkilde avbrytes til gjennomsnittlig lydtryknivå er sunket 60dB. I praksis vil dette si den tiden som går fra en lyd plutselig avbrytes til den ikke høres mer. Etterklangstiden i rom med murte vegger med lav absorpsjonsfaktor (tegl, porebetongblokk, pusset lettklinkerblokk) vil ha lengre etterklangstid enn tilsv. rom med høyere absorpsjonsfaktor (ubehandlede lettklinkerflater).

Etterklangstiden i rom av normal form kan beregnes etter formelen:

$$T=0,16 \cdot (V/A)$$


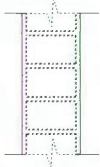
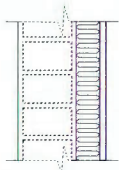
hvor:

V rommets volum (m³)

A summen av arealet av hver materialoverflate i rommet multiplisert med flatens absorpsjonsfaktor.

4.4 Murte veggers luftlydisolasjon

4.4.1 Lydisolasjonsegenskaper for teglvegger

Type					Flate-	Vegg-	Laboratorie-	Verdier i			
					masse	tykkelse	målte verdier	ferdig bygg			
				kg/m ²	mm	Veid lydredusjonstall, R _w dB	Veid, feltmålt lydredusjonstall, R' _w dB				
Lettegl 	87 mm				Puss	-	105	87	37	-	
	87 mm				-	1 x 12 mm	125	100	40	-	
	87 mm				-	2 x 12 mm	145	110	42	38 - 40	
	147 mm				-	-	165	147	43 - 45	-	
	147 mm				-	1 x 12 mm	185	160	46	42 - 44	
Tegl 	1/2-stein m/hull				Puss	-	190	108	46	-	
	1/2-stein m/hull				-	1 x 12 mm	205	120	48 - 49	-	
	1/2-stein massiv				-	1 x 15 mm	220	125	51	46 - 48	
	Lydtegl				-	-	235	135	51	-	
	Lydtegl				-	1 x 15 mm	260	150	52	-	
	1/1-stein m/hull				-	2 x 15 mm	420	260	55	59	
	1/1-stein massiv				-	2 x 15 mm	500	260	60	52 - 55	
Tegl pluss lydstrålings- minskende kledning 					Hulroms-	Antall	Stender-				
					dybde	platelag	type				
					mm						
	Fastmonterte stendere på:										
	87 mm lettegl				50	1	Tre	≈ 135	150	48	-
	87 mm lettegl				50	1	Stål	≈ 135	150	55	-
	87 mm lettegl				100	1	Stål	≈ 135	200	60	-
	1/2-stein m/puss				50	1	Tre	≈ 220	200	58	-
1/1-stein (hulltegl)				50	1	Stål	≈ 330	300	64	-	
Frittstående stendere på:											
1/2-stein				50	1	1 x 12 mm	= 220	200	60 - 62	52 - 54	
1/2-stein				90	1	1 x 12 mm	= 220	240	61	-	

Tabell 4.4.11.

Veide, laboriemålte (R_w) og veide, feltmålte (R'_w) lydredusjonstall for ulike teglvegger, med og uten tilleggisolasjon. Flanketransmisjon er inkludert i R'_w [9].

4.4.2 Lydisolasjonsegenskaper for vegger av lettklinkerbetongblokker

Type						Vegg-tykkelse	Laboratorie-målte verdier	Verdier i ferdig bygg	
Kompakte vegger av lettklinkerbetong		Blokk tykkelse	Puss på én eller to sider	Blokk-densitet	Flatemasse				Veid lydreduksjonstall, R_w dB
		mm	mm	kg/m ³	kg/m ²	mm			
Kompakte vegger av lettklinkerbetong	Standard lettklinkerblokker	100	1 x 10	770	120	110	43	40	
		150	1 x 10	770	160	160	48	45	
		200	1 x 10	770	170	210	52	49	
		200	2 x 10	770	190	220	52	49	
		250	2 x 10	770	230	270	55	52	
	Finblokk	125	1 x 5	770	120	130	45	42	
		150	1 x 5	770	140	155	48	45	
		200	1 x 5	770	160	205	52	49	
		250	1 x 5	770	200	255	55	52	
	Lydskilleblokk	175	2 x 10	1 300	275	195	55	52	
		250	2 x 10	1 300	375	270	58	55	
	Konstruksjonsblokk med istøpte hull	250	1 x 10	900	420	260		57	
	Alle data med ett platelag dersom ikke annet er angitt	Blokk-tykkelse	Puss	Hulroms-dybde	Mineralull	Stender-innfesting			
	Massiv lettklinker pluss lydstrålingsminskende kledning		mm	mm	mm	mm			
100		1 x 10	50	50	Stål, fastm.	= 170	57	47	
100		1 x 10	100	100	Frittst.	= 220	60	50	
125 FB ¹⁾		1 x 10	25	0	Aku. profil ²⁾	= 175	55	50	
150		1 x 10	50	50	Tre, fastm.	= 225	54	49	
150		2 x 15	50	50	Frittst.	= 250	-	52	
150		1 x 10	75	75	Frittst.	= 260	61	54	
150 FB ¹⁾		1 x 10	25	0	Aku. profil ²⁾	= 200	58	54	
200		1 x 10	150	50	Frittst.	= 375	55	56	
200		1 x 10	25	0	Aku. profil ²⁾	= 250	62	56	
200		1 x 10	25 + 30	50	Aku. profil ²⁾	= 280	65	58	
200 FB ¹⁾		1 x 10	25	0	Aku. profil ²⁾	= 250	65	56	
250		1 x 10	150	50	Frittst.	= 425	58	56	
250 FB ¹⁾		1 x 10	25	0	Aku. profil ²⁾	= 300	65	58	
Vegger med to murte vanger	Blokk-tykkelse	Puss	Avstand mellom vanger	Mineralull	Kobling av vanger				
	mm	mm	mm	mm					
	150 + 100	10 + 10	50	50	Delt fundament	320	70	>60	
	150 + 100	10 + 10	50	50	Delt fundament men bindere mellom vanger	320	58	55	
150 + 100	10 + 10	50	50	Felles fundament	320	48	45		

1) FB - finblokk

2) To lag platekledning på 25 mm akustikkprofil av tynnplateprofil i stål mot upusset side

Tabell 4.4.21.

Veide, laboratiemålte (R_w) og veide, feltmålte (R'_w) lydreduksjonstall for ulike lettklinkervegger, med og uten tilleggisolasjon. Flanketransmisjon er inkludert i R'_w . [9].

4.4.3 Lydisolasjonsegenskaper for vegger av lettklinker Isoblokk.

Type							Laboratoriemålte verdier	Verdier i ferdig bygg
	Blokktykkelse	Vange + isolasjon + vange	Hulromsdybde	Mineralull	Stenderinnfesting	Veggtykkelse	Veid lydreduksjonstall, R_w dB	Veid, feltmålt lydreduksjonstall, R'_w dB
	mm	mm	mm	mm		mm		
Sandwichblokk	Lettkl. Isoblokk	250	82 Leca + 85 PUR + 82 Leca				43 ¹⁾	40 ¹⁾
	Lettkl. Isoblokk	300	134 Leca + 105 PUR + 60 Leca				45 ²⁾	42 ²⁾
Sandwichblokk med og uten lydstrålingsminskende kledning	Lettkl. Isoblokk	250		50	50	Fast	42	39
	Lettkl. Isoblokk	300		50	50	Fast	48	45

1) Verdiene er hentet fra NBI Teknisk Godkjenning Nr. 2052

2) Verdiene er hentet fra NBI Teknisk Godkjenning Nr. 2127

Tabell 4.4.31.

Veide, laboratiormålte (R_w) og veide, feltmålte (R'_w) lydreduksjonstall for vegger av Isoblokker, med og uten lydstrålingsminskende kledning. Flanketransmisjon er inkludert i R'_w , [9]

4.4.3 Lydisolasjonsegenskaper for massive vegger i porebetong

Type							Laboratiormålte verdier	Verdier i ferdig bygg
	Porebetong	Hulromsdybde	Antall platelag	Stenderinnfesting	Flate-masse	Veggtykkelse	Veid lydreduksjonstall, R_w dB	Veid, feltmålt lydreduksjonstall, R'_w dB
	mm	mm	mm		kg/m ²	mm		
Massiv porebetong med og uten lydstrålingsminskende kledning	75 + puss	-	-	-	55	90 - 100	39	-
	150	50	2	Frittst.	110	235	-	51 - 53
	250	-	-	-	150	255	-	42 - 44
	250	50	1	Tre, fastm.	165	320	-	47 - 49

Tabell 4.4.41.

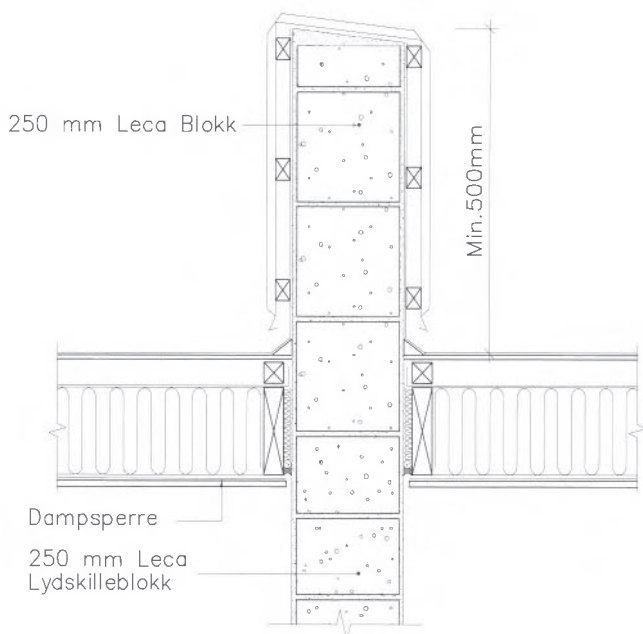
Veide, laboratiormålte (R_w) og veide, feltmålte (R'_w) lydreduksjonstall for ulike, massive porebetongvegger, med og uten lydstrålingsminskende kledning. Flanketransmisjon er inkludert i R'_w , [9].

5 Løsninger og detaljer

I det følgende er det vist prinsipper for gode detaljløsninger. Disse bidrar til å minimalisere tidligere omtalt flanketransmisjon, optimere knutepunktsdemping samt hindre flammespredning fra et rom til et annet.

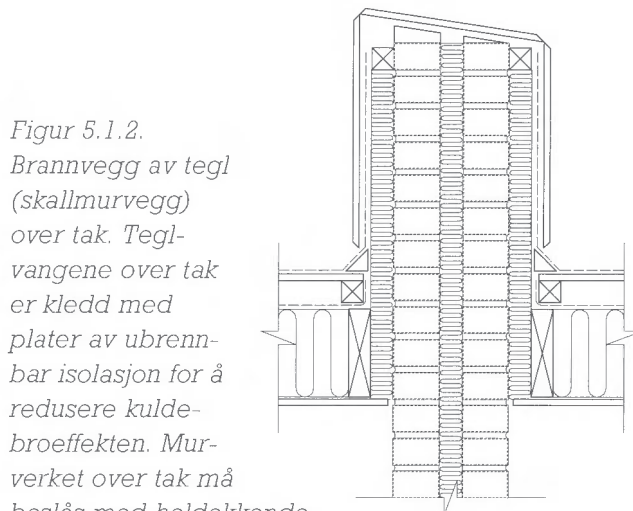
5.1 Skillevegg mot takkonstruksjon

Mellom ulike bruksenheter skal brannveggen føres forbi og over taket som vist på figurene 5.1.1–3. Slik utførelse vil samtidig gi god lyd-demping mellom bruksenheter. Der hvor det ikke er praktisk mulig å la brannveggen passere taket kan brannveggen avsluttes under taktekingen, som vist på figur 5.1.4.



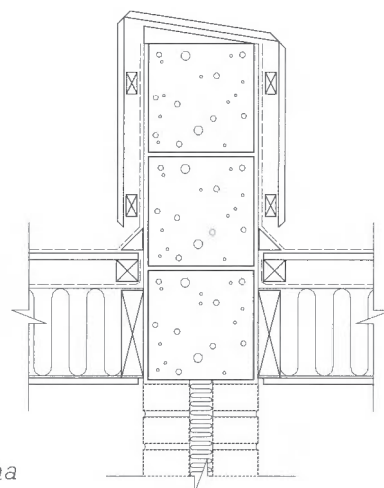
Figur 5.1.1.

Ved å la lydskilleveggen perforere takkonstruksjon vil både lyd- og brann tekniske krav tilfredstilles for seksjoneringsvegger mellom ulike bruksenheter. Oppstikkende vegg må beslås med heldekkende beslag med fall på murkrona. Ved behov kan lydskilleveggen isoleres innvendig på en eller begge sider (vertikalsnitt).



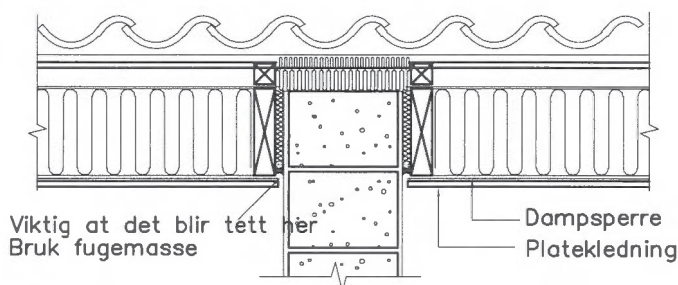
Figur 5.1.2.

Brannvegg av tegl (skallmurvegg) over tak. Teglvingene over tak er kledd med plater av ubrennbar isolasjon for å redusere kuldebroeffekten. Murverket over tak må beslås med heldekkende beslag med fall på murkrona (vertikalsnitt).



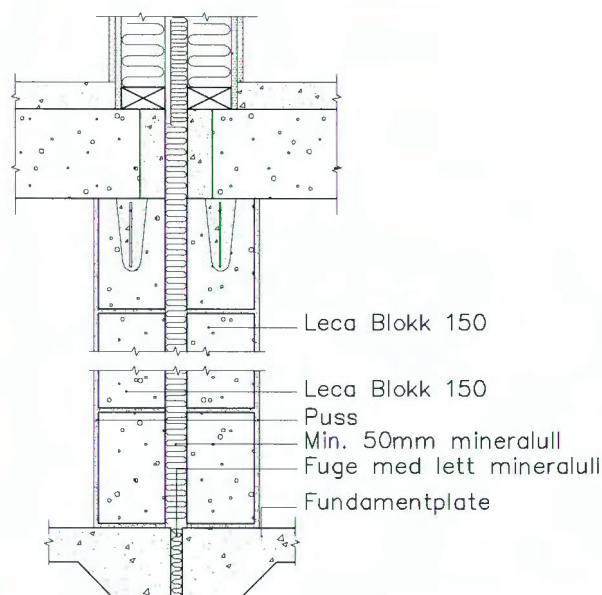
Figur 5.1.3.

Brannvegg tak. Lettklinkermurverket over tak må beslås med heldekkende beslag med fall på murkrona (vertikalsnitt).



Figur 5.1.4.

Føres brann- og evt. lydskilleveggen opp til underkant av taktekingen skal taktro avsluttes på hver side av murverket, slik at det ikke føres brennbare materialer forbi murverket. Hulrommet over murverket skal fylles med mineralull (vertikalsnitt).



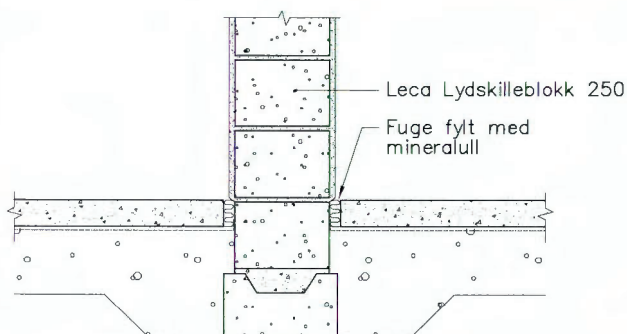
Figur 5.2.1.
Prinsipiell oppbygning av lyd- og brannskillende dobbeltvegg mellom to bruksenheter. Fysisk adskillelse mellom delkonstruksjonen, med et hulrom fylt med mineralull, må utføres i hele dobbeltveggenes høyde og lengde (vertikalsnitt).

5.2 Lyd- og brannskillende innervegger

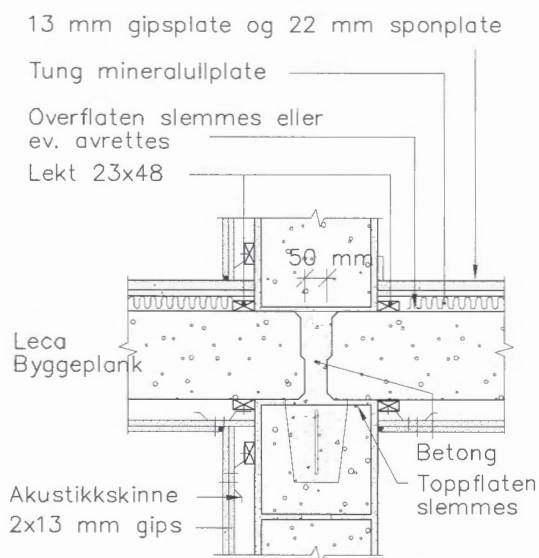
Innevegger i samme bruksenhet skal vanligvis kun tilfredsstille lydtekniske krav. Krav til brannisolering pålegges, i hovedsak, innervegger dersom de fungerer som seksjoneringsvegger mellom ulike bruksenheter. Slike vegger må da utføres slik at de både gir effektiv lyddemping og hindrer brannspredning i henhold til fastsatte normer. Figur 5.2.1 viser prinsipiell oppbygning av en lyddempende og brannhemmende, murt skillekonstruksjon – dobbeltvegg. Over etasjeskiller kan innerveggen videreføres i murverk eller andre materialer.

Lydisoleringmessig er det viktig at den fysiske adskillelsen mellom bruksenheterne er total, dvs. at fundamentet er skilt med en fuge som fylles med mineralull. Det må heller ikke være fysisk kontakt mellom dekkeelementene i etasjeskiller. De murte vengene i dobbeltveggen må ikke forbindes med trådbindere. Over etasjeskilleren må dobbeltveggprinsippet videreføres uavhengig av materialvalg.

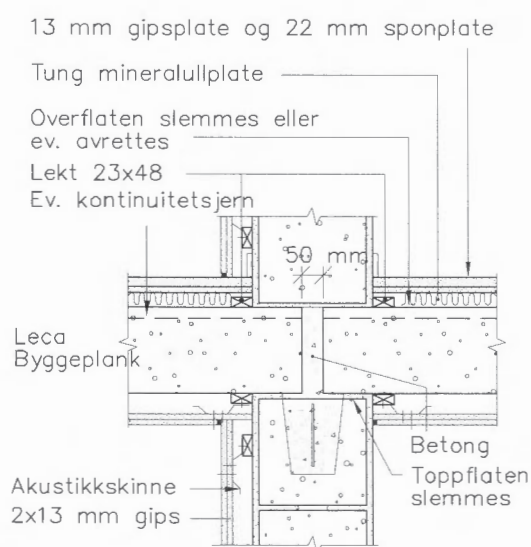
Når lydskillevæggen oppføres som massiv vegg, som vist i figur 5.2.2, anbefales det å skille betonggulvet fra veggen med en fuge tett med mineralull



Figur 5.2.2.
Prinsipiell oppbygning av overgang betonggulv og lydvegg. For å hindre lydgjennomgang i betonggulvet må det legges inn fuger i overgangen mellom gulv og massivvegg på begge sider (vertikalsnitt).



Figur 5.3.1.
 Opplegg for lettklinker byggeplank opplagret på massiv lydskillevegg. Detaljen viser vertikalsnitt parallelt med byggeplanken.

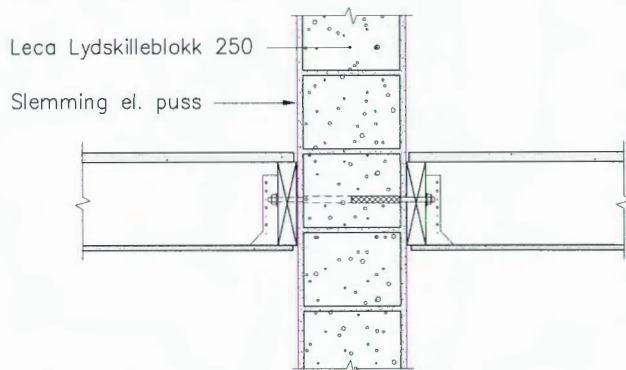


Figur 5.3.2.
 Opplegg for lettklinker byggeplank opplagret på massiv lydskillevegg. Detaljen viser vertikalsnitt av opplegg ved ende av byggeplanken.

5.3 Opplegg av lettklinker byggeplank på massiv skillevegg

Opplegg av lettklinker byggeplank på massiv lydskillevegg utføres som vist i figurene 5.3.1 og 5.3.2. For å sikre minimal lydgjennomgang ved opplegget av byggeplanken bør det legges flytende gulv oppå dekkeelementene. Gulvet bør legges på trinnlydplater av tung mineralull. Under dekkeelementene bør det monteres en nedforet himling som festes til dekkeelementene med en akustikkskinne.

I tillegg til at den massive lydveggen porettes (ikke nødvendig dersom man benytter lettklinker lydblokk) bør den ene siden lektes ut med akustikkskinner og kles med to lag gipsplater.



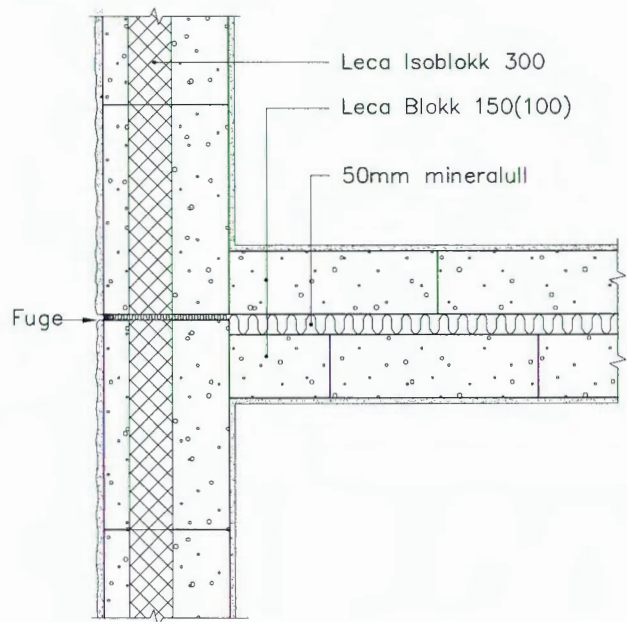
Figur 5.4.1.
Opplegg av bjelkelag med bjelkesko og ribord mot massiv lydskillevegg. (Vertikalsnitt)

5.4 Opplegg av trebjelkelag mot massiv skillevegg

Benyttes den massive lydskilleveggen som bærevegg for trebjelkelag, festes bjelkene til ribord. Før ribordene monteres må lettklinkerblokkene slemmes eller pusses, og utettheter fylles med elastisk fugemasse.

Ribordene festes til lettklinkerblokkene med ekspansjonsbolter med gummihylse. Motstående bolter forskyves sideveis i forhold til hverandre.

Figur 5.4.1 viser bjelkelag montert med bjelkesko på ribord festet til massiv lydskillevegg av lettklinker lydskilleblokk.



Figur 5.5.1.
Horisontalsnitt av lydskillevegger (dobbelvegger) mot yttervegg av lettklinker Isoblokk. Spalten mellom veggene i lydskilleveggen fylles med mineralull, og føres helt ut til ytre veggflis i ytterveggen. (Horisontalsnitt)

5.5 Skillevegg mot yttervegg

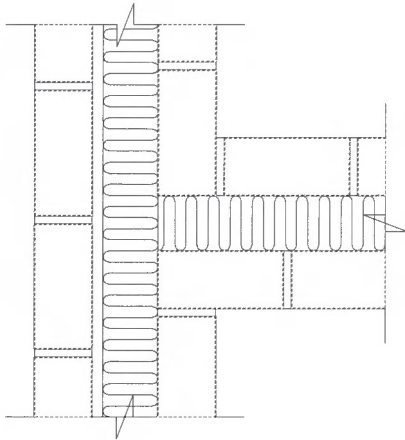
Innvendige lydskillevegger bør føres lengst mulig ut i tilstøtende yttervegg, slik at man sikrer optimal lydtetting og redusert flanketransmisjon.

Innvendig lydskillevegg mellom ulike bruksheter bør utføres som dobbeltvegg, jfr. figur 5.2.1.

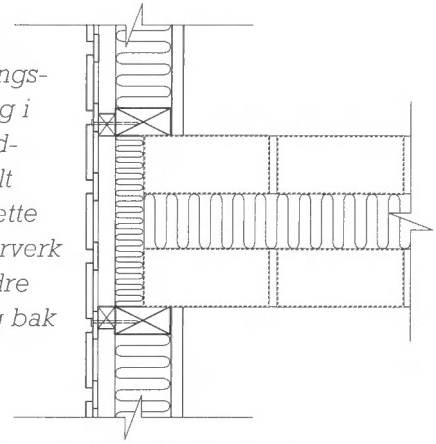
Figur 5.5.1–4 viser horisontalsnitt av ulike koblinger mellom murte innvendig, doble lydskillevegger og murte yttervegger.

Figurene 5.5.5–7 viser overganger mellom yttervegger i forblendet eller panelt bindingsverk og murte massive, eller skallmurte innvendige lydskillevegger.

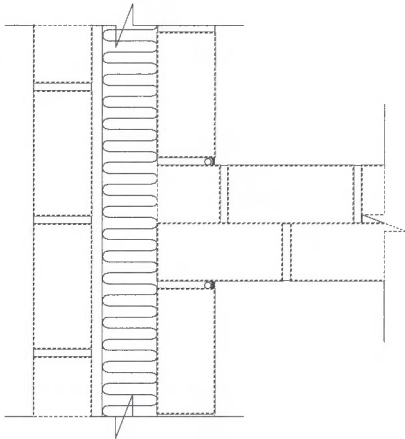
Figur 5.5.2.
Overgang mellom
ytter- og inner-
vegg i tegl skall-
murvegg kan
utføres som vist.
(Horizontalsnitt)



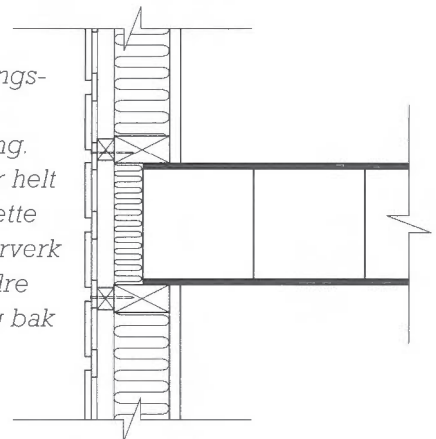
Figur 5.5.5.
Yttervegg i bindings-
verk og innervegg i
tegl skallmur. Lyd-
isoleringen er helt
avhengig av lufttette
fuger mellom murverk
og tre. For å hindre
flammespredning bak
panelet legges
flammetopp av
vertikale lekter
som sperrer hulrommet
sideveis. Mellom
lektene legges det
mineralull.
(Horizontalsnitt)



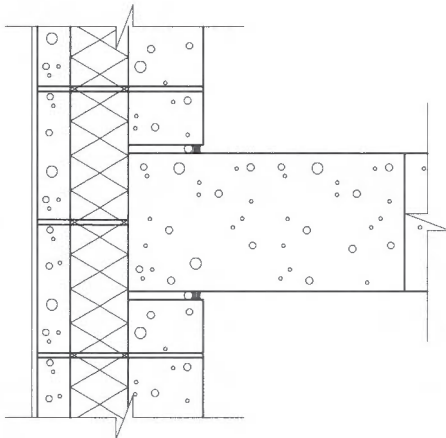
Figur 5.5.3.
Med yttervegg i
tegl skallmur og
innervegg i
massiv tegl er
det viktig å
legge inn fuger
fylt med elastisk
fugemasse i
overgangen
mellom den
massive inner-
veggen og
ytterveggenes
indre vange. (Horizontalsnitt)



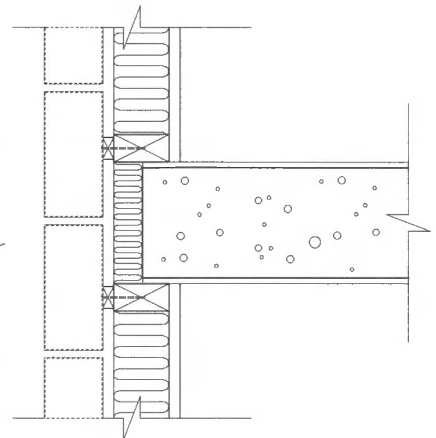
Figur 5.5.6.
Yttervegg i bindings-
verk, innervegg i
massiv porebetong.
Lydisoleringen er helt
avhengig av lufttette
fuger mellom murverk
og tre. For å hindre
flammespredning bak
panelet legges
flammetopp av
vertikale lekter
som sperrer hulrommet
sideveis. Mellom
lektene legges det
mineralull.
(Horizontalsnitt)

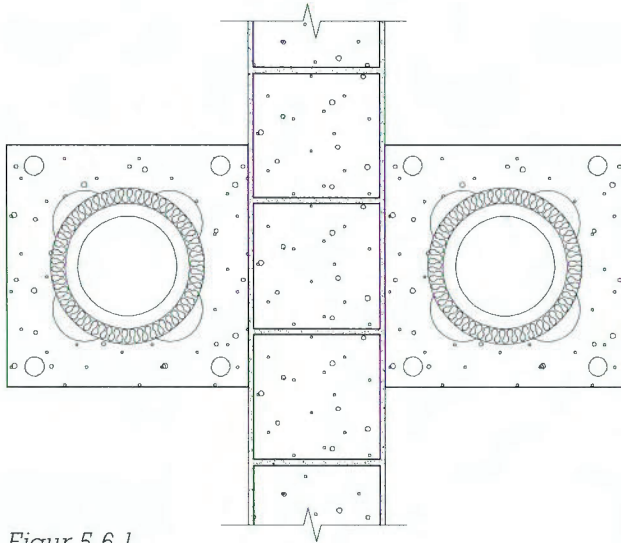


Figur 5.5.4.
Yttervegg i
lettklinker
Isoblokk, alter-
nativt oppført
som lettklinker-
skallmur, og
innervegg i
lettklinker
lydskilleblokk. I
overgangen
mellom lyd-
skilleblokken
og ytterveggenes
innervange må det
etableres en
vertikal fuge, med
bunnfyllingslist og
elastisk fugemasse.
(Horizontalsnitt)



Figur 5.5.7.
Yttervegg i bin-
dingsverk og
innervegg i mas-
siv lettklinker
lydskilleblokk.
Lydisoleringen er
helt avhengig av
lufttette fuger
mellom murverk
og tre. For å
hindre flamme-
spredning bak
panelet legges
flammetopp av
vertikale lekter
som sperrer hulrommet
sideveis. Mellom
lektene legges det
inn mineralull.
(Horizontalsnitt)





Figur 5.6.1.
Lettklinker pipeelementer murt mot lettklinker lydskillevegg.
(Horisontalsnitt)

5.6 Lettklinker pipeelement i skillevegg

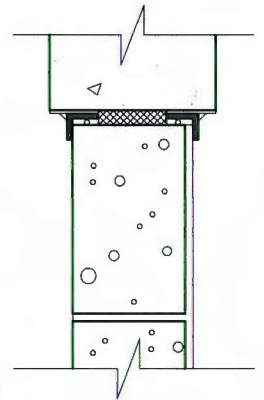
Av lyd- og funksjonsmessige hensyn bør separate bruksenheter adskilt med felles innervegger ha eget pipeløp. Pipestokken bør ikke mures inn i lydskilleveggen, slik at to-løps pipeelementer anbefales ikke benyttet. Figur 5.6.1 viser anbefalt løsning. Alle lettklinkerflater må porettes og fuger mellom pipestokk og etasjeskiller må tettes med elastisk fugemasse.

5.7 Overgang veggkrone og dekke for ikke-bærende vegger

For å hindre lyd- og brannspredning i overgang mellom veggkrone og tak må det anordnes en brannbestandig fleksibel fugeløsning med lydtettende kvaliteter. Generelt må det derfor unngås å føre murverket helt til tak. For å sikre murveggen stabilitet i topp må det videre etableres muligheter for forankring eller sidestøtte. Kombinasjon av krav til stabilitet, lydtettende egenskaper og krav til brannbestandighet betinger god planlegging av utførelsen. Det er forøvrig av særlig betydning å sikre vertikal bevegelsesmulighet i spalte-rommet (gjelder ikke hvor veggen er bærende).

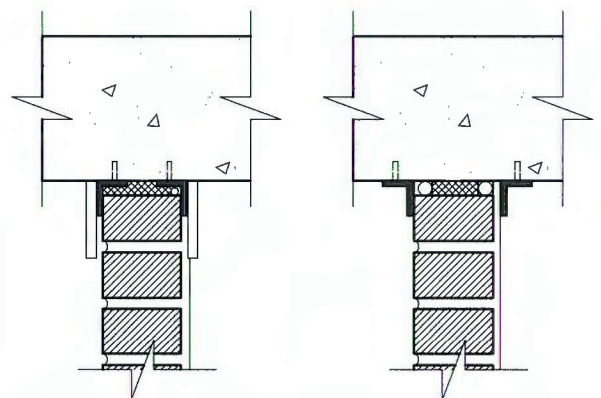
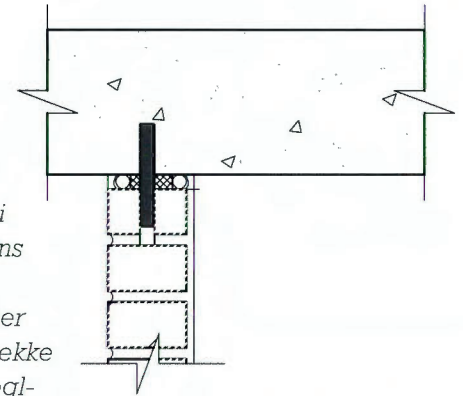
Figur 5.7.1.
Overgang vegg av lettklinkerblokker ført opp til betongbjelke.

Figuren viser innstøpte stålplater med fastsveiste stålvinger for sidestøtte. Spalte mellom mur og betong pakkes godt med mineralull, og tettes med brannbestandig fugemasse dersom det velges punktvis innfesting med stålvingler. Pussing må foretas før stålvingler festes. (Vertikalsnitt)



Figur 5.7.2

Halvsteins teglvegg ført opp mot betongdekke. Figuren viser sidestøtte i topp av 1/2-steins teglvegg vha. ekspansjonsbolter festet i betongdekke før muring av teglvegg. Spalten mellom mur og betong utføres som tradisjonell bevegelersfuge tett med bunnfyllingslist, mineralull og brannbestandig elastisk fugemasse. (Vertikalsnitt)



Figur 5.7.3.
1/2-steins teglvegg ført opp mot betongdekke. Figuren viser punktvis sidestøtte i topp av 1/2-steins teglvegg vha stålvingler. I rom uten nedforet himling kan stålvinglene tildekkes med en list av brannbestandig materiale. (Vertikalsnitt)