

# Skallmurvegger og diafragmavegger

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

Forord .....	2
Litteraturhenvisninger .....	3
<b>1 Skallmurvegger og diafragmavegger .....</b>	<b>4</b>
1.1 Generelt .....	4
1.2 Definisjoner .....	4
1.3 Prinsipiell oppbygging av skallmurvegg .....	4
1.4 Prinsipiell oppbygging av diafragmavegg.....	5
<b>2 Materialer .....</b>	<b>6</b>
2.1 Krav og kontrollordninger .....	6
2.2 Generelle miljørkrav .....	6
2.3 Murprodukter.....	6
2.4 Murmårtler.....	8
2.5 Trådbindere (skallmurvegger) .....	8
2.6 Steinbindere (diafragmavegger).....	8
2.7 Fugearmering.....	8
2.8 Hulromisolasjon.....	8
2.9 Glidesjikt.....	8
2.10 Fuktsperre.....	8
<b>3 Tekniske egenskaper .....</b>	<b>9</b>
3.1 Bæreevne.....	9
3.2 Varmeisolering .....	15
3.3 Brannmotstand .....	19
3.4 Lydisolering .....	19
3.5 Bestandighet .....	19
3.6 Miljø og inneklima .....	19
<b>4 Prosjektering og utførelse .....</b>	<b>20</b>
4.1 Arbeidsutførelse .....	20
4.2 Indre vange (bærende, lufttettende veggdel) .....	21
4.3 Ytre vange (værhud) .....	22
4.4 Forankring .....	22
4.5 Varmeisolert og drenert hulrom .....	22
4.6 Fuktbeskyttelse og drenering.....	22
4.7 Glidesjikt.....	23
4.8 Armering .....	23
4.9 Bevegelsesfuger.....	25
4.10 Overflatebehandling .....	27
<b>5 Tilslutningsdetaljer .....</b>	<b>28</b>
5.1 Grunnmurskrone .....	28
5.2 Etasjeskillere .....	31
5.3 Takavslutning .....	32
5.4 Overdekninger over åpninger.....	32
5.5 Innsetting av vinduer .....	34

## **Forord**

Revisjon av Murkatalogen pågår kontinuerlig, men er begrenset til de deler som til enhver tid vurderes å ha størst behov for oppdatering på grunn av endringer i teknologi, produkter eller normative referanser. Revisjonene utgis både i elektronisk form på [www.murkatalogen.no](http://www.murkatalogen.no) og som enkeltdeler i papirutgave, normalt en gang pr år.

Denne anvisning P1 erstatter tidligere utgave fra 1998. Revisjonen har tatt sikte på å oppdatere innholdet i tråd med den tekniske utvikling som har foregått siden forrige utgave, og vise løsninger som tilfredsstiller krav i de nye forskrifter og standarder som er gjort gjeldende siden forrige utgave.

Ansvarlig for revisjonen har vært sivilingeniør Harald Yggeseth. Tegningsansvarlig har vært ingeniør Ole Jacob Røysland og sivilingeniør Harald Yggeseth. Nye tabeller er utarbeidet av sivilingeniør Geir Wold-Hansen og dr.ing. Tharcisse Baricako.

ISBN-13: 978-82-92756-00-3 (Murkatalogen)

ISBN-10: 82-92756-00-0 (Murkatalogen)

ISBN-13: 978-82-92756-01-0 (P1)

ISBN-10: 82-92756-01-9 (P1)

## Litteraturhenvisninger

Gjeldende Norsk Standard, forskrifter og anvisninger:

- [01] Tekniske forskrifter til plan- og bygningsloven, Kommunal og Arbeidsdepartementet 1997
  - [02] NS-EN 771-1 Krav til murprodukter - Del 1: Murprodukter av tegl. 1. utg. juni 2003
  - [03] NS-EN 771-2 Krav til murprodukter - Del 2: Murprodukter av kalksandstein. 2.utg. juni 2003
  - [04] NS-EN 771-3 Krav til murprodukter - Del 3: Murprodukter av betong (tunge og lette tilslag). 1. utg. sept. 2003
  - [05] NS-EN 771-4 Krav til murprodukter - Del 4: Murprodukter av porebetong. 1. utg. sept. 2003
  - [06] NS-EN 771-5 Krav til murprodukter - Del 5: Murprodukter av støpt stein. 1. utg. feb. 2004
  - [07] NS-EN 771-6 Krav til murprodukter - Del 6: Murprodukter av naturstein. 2. utg. feb. 2006
  - [08] NS-EN 845-1 Krav til tilbehør for murverk - Del 1: Bindere, strekkbånd, opplegg og konsoller. 2. utg. juni 2003
  - [09] NS-EN 845-2 Krav til tilbehør for murverk - Del 2: Overdekninger. 2. utg. juni 2003
  - [10] NS-EN 845-3 Krav til tilbehør for murverk - Del 3: Liggefugearmering av stål. 2. utg. juni 2003
  - [11] NS-EN 998-2 Krav til mørtel for murverk - Del 2: MurmørTEL. 2. utg. juni 2003
  - [12] NS-EN 1996-1-1 Eurokode 6: Prosjektering av murkonstruksjoner - Del 1-1: Allmenne regler for armerte og uarmerte murkonstruksjoner. 1. utg. mars 2006
  - [13] NS-EN 1996-1-2 Eurokode 6: Prosjektering av murkonstruksjoner - Del 1-2: Brannteknisk dimensjonering. 1. utg. sept. 2005
  - [14] NS-EN 1996-2 Eurokode 6: Prosjektering av murkonstruksjoner - Del 2: Valg av materialer og utførelse av murverk. 1. utg. mai 2006
  - [15] NS-EN 1996-3 Eurokode 6: Prosjektering av murkonstruksjoner - Del 3: Forenklede beregningsmetoder for uarmerte murkonstruksjoner. 1. utg. mai 2006
  - [16] NS 3031 Beregning av bygningers energi- og effektbehov til oppvarming og ventilasjon. 4. utg. apr.1987
  - [17] NS 3420-N Beskrivelsestekster for bygg, anlegg og installasjoner - Del N: Murverk, lettbetong-elementer, fliser og puss. 3.4. utg. jun.2005
  - [18] NS 3475 Prosjektering av murkonstruksjoner. Beregnings- og konstruksjonsregler. 2. utg. mai 2004
  - [19] NS 3491-1 Prosjektering av konstruksjoner - Dimensjonerende laster - Del 1: Egenlaster og nyttelaster. 1.utg. des. 1998
  - [20] NS 3491-3 Prosjektering av konstruksjoner - Dimensjonerende laster - Del 3: Snølaster. 1.utg. mars 2001
  - [21] NS 3491-4 Prosjektering av konstruksjoner - Dimensjonerende laster - Del 4: Vindlaster. 1. utg. mai 2002
  - [22] NS-EN ISO 6946 Bygningskomponenter og -elementer. Varmemotstand og varmegjennomgangskoeffisient. Beregningsmetode. 1. utg. feb.1997
  - [23] NS-EN ISO 10211-1 Kuldebroer i bygningskonstruksjoner. Varmestrømmer og overflatetemperaturer. Del 1: Generelle beregningsmetoder. 1. utg. apr.1996
- SINTEF Byggforsk, Oslo. Byggdetaljer:
- [24] 471.012 Teknikk - Ingeniørfag. U-verdier. Vegger over terreng. SINTEF Byggforsk, Oslo 2003
  - [25] 523.231 Vegger. Skallmurvegg med vanger av murstein og murblokker. SINTEF Byggforsk, Oslo 1996
  - [26] 571.201 Byggevarer og materialer. Murstein og murblokker. Typer og egenskaper. SINTEF Byggforsk, Oslo 1996

Mur-Sentret:

- [27] Bærende Diafragmaegger - Ny byggetradisjon for norske kirkerom. MUR nr. 3, 1996

# 1 Skallmurvegger og diafragmavegger

## 1.1 Generelt

Anvisningen beskriver utførelse av skallmurvegg og diafragmavegg med to murte vanger. Utvendig vange kan være ubehandlet eller pusset, avhengig av hva slags materialer som anvendes i konstruksjonen.

Anvisningen beskriver løsninger som erfaringsmessig tilfredsstiller aktuelle funksjonskrav for yttervegger gitt i TEK [01], og gir konkrete tallverdier for ulike veggkonstruksjoner knyttet opp mot de viktigste kravene.

Hvor det i teksten er benyttet ordlyden «skal» refererer kravet seg til de tekniske bestemmelser i gjeldende NS 3420 [17].

Utført etter denne anvisning og i henhold til god håndverksmessig praksis, kan skallmurvegger og diafragmavegger benyttes på meget værharde steder.

## 1.2 Definisjoner

**Skallmurvegg.** Yttervegg som består av to murte veggdeler (vanger) helt adskilt med et drenert og isolert hulrom, og hvor vangene er sammenbundet med innmurte trådbindere.

**Diafragmavegg.** Yttervegg som består av to murte veggdeler (vanger) delvis adskilt med separate, isolerte og drenerte hulrom, og sammenbundet med tverrmurte vertikale steinbindere.

**Trådbinder.** Festeledd av ståltråd for innmuring og innfesting i horisontale mørtefuger i murt veggdel, og som skal gi statisk sammenbinding og lastoverføring (trykk og strekk) mellom veggdelene.

**Steinbinder.** Vertikale tverrgående steg av stein murt i forband med begge vanger, slik at det dannes en stiv hulmurkonstruksjon som spenner vertikalt.

**Vange.** Murt veggdel eller konstruksjonsdel.

## 1.3 Prinsipiell oppbygging av skallmurvegg.

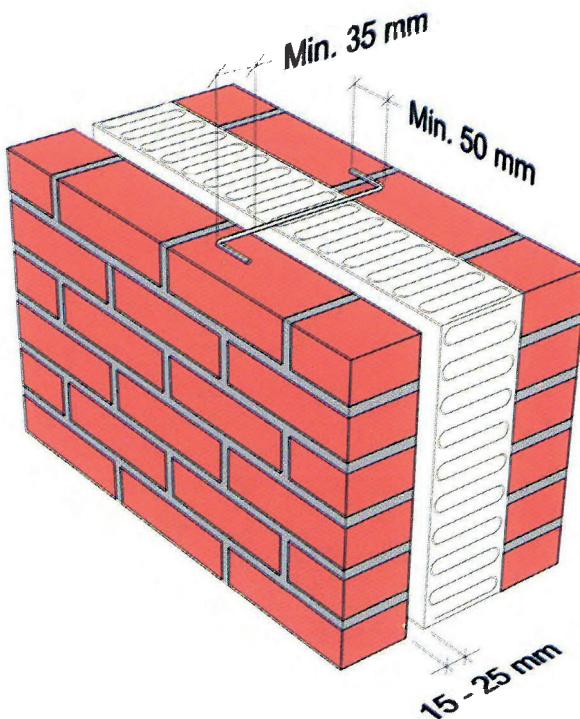
Den moderne skallmurveggen er en velisolert og klimabestandig ytterveggskonstruksjon bygget opp etter to-trinns prinsippet for klimatetting. Hulrommet skal isoleres og bunnen i disse utføres med et tetningssjikt utformet slik at lekkasjenvann blir samlet opp og ledet ut via avsatte dremsåpninger i yttervangen. Veggens består av to murte vanger effektivt adskilt fra hverandre med et trykkutjevnende, isolert og drenert hulrom. Vangene er sammenbundet med innmurte trådbindere av rustfritt stål. Se fig. 1.1.

**Indre vange** vil normalt fungere som bærende og lufttettende veggkonstruksjon.

**Ytre vange** fungerer som en utvendig kledning og klimabeskyttende værhud.

**Indre og ytre** vange kan ha forskjellig tykkelse og bestå av ulike murprodukter.

Med dagens krav til varmeisolering, vil skallmurvegger mot rom som skal holdes kontinuerlig oppvarmet til minst 20°C, få en total veggtykkelse på min. 440 mm.

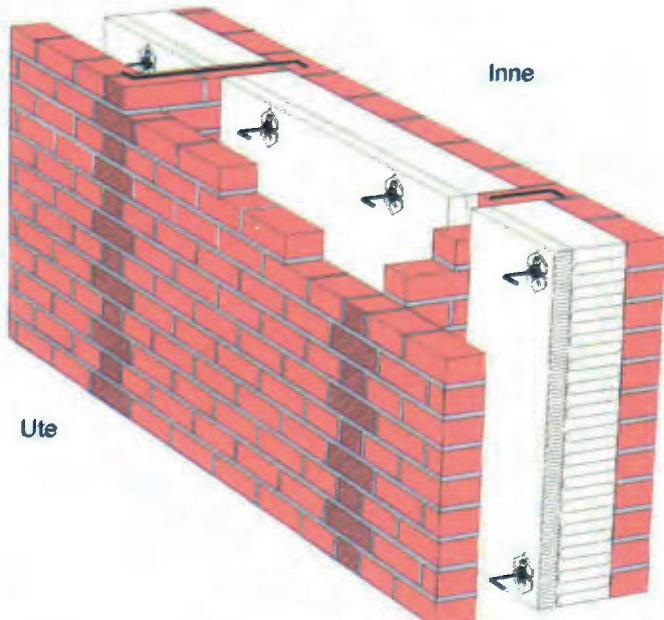


Figur 1.1 Skallmurvegg. Prinsipiell oppbygning

## 1.4 Prinsipiell oppbygning av diafragmavegg

Diafragmaveggen er en velisolert og klimabestandig ytterveggskonstruksjon bygget opp etter to-trinns prinsippet for klimatetting. Hulrommene skal isoleres og bunnen av disse utføres med et tetningssjikt utformet slik at lekkasjenvann blir samlet opp og ledet ut via avsatte dremsåpninger i yttervangen. Vangene sammenbindes mekanisk med vertikale tverrgående steg av steinbindere murt i forband med begge vanger, slik at det dannes en stiv hulmurkonstruksjon som spenner vertikalt og som er fastholdt mot horisontal forskyvning i bunn og topp mot avstivende takskive. I toppen av vegen støpes det en armert betongbjelke, opplagret på stegene og i nivå med avstivende takkonstruksjon.

Se fig. 1.2 og 1.3.

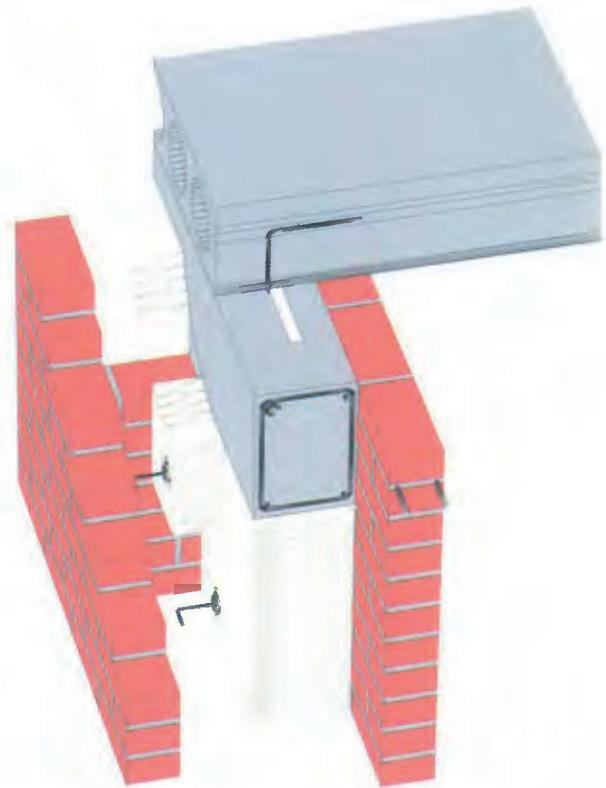


Figur 1.2 Diafragmavegg. Prinsipiell oppbygning

**Indre vange** vil normalt fungere som en lufttettende veggkonstruksjon.

**Ytre vange** fungerer som en utvendig kledning og klimabeskyttende værhud.

**Indre og ytre** vange vil normalt bestå av like murprodukter. Begge vanger vil være bærende.



Figur 1.3 Diafragmavegg topp. Armert betongbjelke legges oppå steinbinderne for å fordele lasten fra takkonstruksjonen over på begge vanger.

## 2 Materialer

### 2.1 Krav og kontrollordninger

Materialer og produkter skal tilfredsstille kravene i gjeldende felleseuropæiske standarder. Produsenten skal sørge for at varens egenskaper er dokumentert før den omsettes eller brukes i et byggverk. Slik dokumentasjon skal være tilgjengelig ved omsetningen og bruken av produktet. Dokumentasjonen skal gjøre det mulig å identifisere varens egenskaper og opprinnelse [01]. For utfyllende opplysninger henvises til Murkatalogens produkt- og materialhefter.

### 2.2 Generelle miljøkrav

Murprodukter som benyttes i yttervangan skal ha dokumentert frostmotstandevne som tilfredsstiller kravene til angitte eksponeringsklasser [18].

Materialer som kan bli utsatt for korrosjon, skal være korrosjonsbeskyttet.

### 2.3 Murprodukter

#### 2.31 Formater for ulike murprodukter

Tabell 2.31a og 2.31b viser oversikt over aktuelle murprodukter og formater.

I beskrivelsen bør det angis spesifiserte krav til de egenskaper som anses vesentlige i hvert enkelt tilfelle (densitet, trykkfasthet, minuttsug). Det bør videre angis hvilke egenskaper forøvrig som skal deklarereres av leverandør. Se tabell 2.32.

Betegnelse	Format (mm)		
	I	b	h
Norsk format	226	104	60
Norsk rehabformat	226	85	60
3M (MRT 85)	285	85	85
Waalformat	210	100	50
Dickformat	210	100	65
Hilversumformat	240	90	40
Dansk format	228	108	54
Engelsk format	215	102	65

Tabell 2.31a Aktuelle teglformater

Materiale	Trykkfasthet (N/mm <sup>2</sup> )	Format (mm)		
		n ( % )	b (mm)	h (mm)
<i>Betongblokk</i>				
Fasadestone	8	0	87	62
Betongmurstein	15 - 35	0	97	60
Fasadestone	8	25	100	87
Fasadeblokk	8	31	120	187
Fasadeblokk 3M-blokk	8	31	137	137
Konstruksjonsblokk	3,5	50	187	187
<i>Lettklinkerbetongblokk</i>				
Finblokk	4	25	150/200	250
Standard	3	12/19	150/200	250
<i>Porebetongblokk</i>				
	4	0	150	200
	2	0	200	200
				600
				600

Tabell 2.31b Aktuelle blokkformater

## 2.32 Bevegelser og fuktinnhold

Teglstein som brukes i diafragmavegger skal ha et karakteristisk vannopptak (sugeevne) tilsvarende et minuttsug i området 0,5 – 2,5 liter/ (m<sup>2</sup> x min.) og vannabsorpsjon som ikke overstiger 10 vekt - %, begge verdier angitt som middel for et representativt prøveuttag på 10 stein [27].

Sementbundne murprodukter, som lettklinkerbeton og betongblokk, skal ved innmuring være tilstrekkelig herdet slik at murverket ikke utsettes for skadelige svinnbevegelser.

Murproduktene skal ikke ha høyere fuktinnhold ved leveranse enn angitt i tabell 2.32. Det ideelle fuktinnholdet ved innmuring bør ligge noe lavere, i størrelsesorden 4 - 8 volum-%, for å begrense etterfølgende uttørkingssvinn i murvangen. Fuktinnholdet bør ikke komme under ca. 4 volum-% ettersom dette vil øke minuttsuget i blokkene og derved kunne skape komplikasjoner for muringen og heftetableringen mellom mørtel og blokk.

## 2.33 Spesielt utsatte murkonstruksjoner.

Til kalde murpartier som gesimser over tak, murte sålbenker, samt yttervange ført ned under terreng, skal det brukes murstein med dokumentert god frostmotstandsevne, og med vannabsorbsjon på høyst 12,5 volum-%.

## 2.34 Lufttetthet

Anvisningen skiller mellom murprodukter med åpen og tett porestruktur. Med tett porestruktur menes murprodukter som har en luftgjennomtrengelighet på høyst 0,1 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>·h·Pa), se tabell 2.32. Murproduktenes luftgjennomtrengelighet har betydning for den enkelte murvanges funksjon som luft- og slagregntettende, varme-, lyd- og brannisolerende veggdel. En murvange utført av murprodukter med tett porestruktur og med god håndverksmessig utførelse, kan regnes å ha tilfredsstillende tetthet mht. nevnte funksjoner uten spesiell overflatebehandling i form av maling, slémming eller puss.

Materiale	Densitet $\rho_d$ <sup>1)</sup> (kg/m <sup>3</sup> )	Trykk- fasthet $f_{ck}$ (N/mm <sup>2</sup> )	Term. kond. $\lambda$ <sup>2)</sup> (W/m <sup>2</sup> ·°C)	Temp.- utv.koeff. $\alpha$ (mm/m·°C)	Herde- svinn (mm/m)	Fukt- bev. (mm/m)	Fuktinnhold v/ lev. v/ likev. $W_n$ <sup>3)</sup> $W_k$ <sup>4)</sup> (volum-%)	Minuttsug $s_k$ <sup>5)</sup> kg/(m <sup>2</sup> ·min)	Vann- abs. $W_k$ (volum-%)	Vanndamp- permeab. $p_w$ <sup>6)</sup> kg/(m·h·Pa)	Luft- permeab. $p_a$ m <sup>3</sup> /(m·h·Pa)
Hullteglstein	1.750	35	0,65	0,006	+ 0,02	$\pm 0,02$	–	0,5	2,5 - 4,5	30	0,010 · 10 <sup>-6</sup>
	1.950	45	0,70						1,5 - 3,5	20	0,008 · 10 <sup>-6</sup>
	2.200	60	0,75						0,5 - 2,5	15	0,005 · 10 <sup>-6</sup>
Betonlbl., massiv Betonghullblokk Betongmurstein	1.750	8	1,2	0,010	- 0,25	$\pm 0,15$	15	5	1,0 - 2,5	20	0,005 · 10 <sup>-6</sup>
	2.000	8	1,2					5,5	1,0 - 2,5	15	0,003 · 10 <sup>-6</sup>
	2.200	25	1,7					6	ca. 1	12	0,001 · 10 <sup>-6</sup>
Lettklinkerblokk	600	2	0,18	0,008	- 0,35	$\pm 0,20$	9	3	1,0 – 3,0	12 - 20	0,020 · 10 <sup>-6</sup>
	770	3	0,22				11,5	4			0,015 · 10 <sup>-6</sup>
	900	4	0,25				13,5	5			0,010 · 10 <sup>-6</sup>
	1.300	8	0,40				19,5	7			0,005 · 10 <sup>-6</sup>
Porebetong	400	2,5	0,10	0,008	- 0,25	$\pm 0,15$	12	1,5	25 - 35	0,010 · 10 <sup>-6</sup>	0,8
	550	4	0,21				18	2,5			

### Noter:

- 1) Densitet oppgitt som netto, tørr densitet for selve murmaterialet, fratrukket eventuelle hull.
- 2) Oppgitte  $\lambda$ -verdier (termisk konduktivitet) gjelder for ferdig murverk, inkludert andel fylte mørtefuger.
- 3) Største tillatte fuktinnhold ved levering i henhold til krav i gjeldende NS. Oppgitt verdi for betongblokker er veilegende, ikke definert i gjeldende NS.
- 4) Likevektsfukt ved tørr lagring utendørs og relativ luftfuktighet 80 % RF.
- 5) Minuttsug målt på murprodukt med likevektsfukt tilsvarende tørr lagring utendørs ved 80 % RF.
- 6) Verdier for vanndamppermeabilitet oppgitt ved en relativ luftfuktighet på 80 - 90 % RF.

Tabell 2.32 Karakteristiske egenskaper for ulike murprodukter. Tallverdiene er å oppfatte som orienterende.

## 2.4 Murmørtler

Det skal benyttes murmørtler tilpasset steinens/blokkens sugeegenskaper (minuttsug) slik at det sikres optimal heft og samvirke mellom mørtel og stein. Mørtelvalget påvirker konstruksjonens bæreevne, tettet og bestandighet mot klimapåkjenninger. Det anbefales å benytte fabrikkfremstilte mørter med dokumenterte egenskaper. Ved byggeglassfremstilte mørter må utførende selv dokumentere mørtelens egenskaper og overensstemmelse med spesifiserte krav.

Til muring av yttervange skal det brukes mørteklasse M5 [17] eller bedre. I værharde klimastrøk bør det benyttes mørteklasse M8 [17] eller bedre. Til muring av porebetongblokker anbefales benyttet spesiell tynnfugemørtel.

Det skal ikke benyttes frysepunktnedsettende tilsettningssstoffer som inneholder klorider.

For nærmere opplysninger om murmørtlers sammensetning, anbefalte bruksområder, materialforbruk osv., henvises til Murkatalogens produktblad og materialelanvisning om murmørtler.

## 2.5 Trådbindere (skallmurvegger)

Det skal benyttes trådbindere av rustfritt eller syrefast stål med karakteristisk øvre flytegrense minst 500 N/mm<sup>2</sup> og med diameter minst 4 mm [17].

## 2.6 Steinbindere (diafragmavegger)

Tverrgående steg mures i halvsteins tegl i forband med begge vanger, og med en horisontal senteravstand på 1,2-1,8 m (5-7 ½ stein), slik at det dannes en stiv hulmurskonstruksjon med samlet nominell veggtykkelse på 468-708 mm (2 - 2 ½ - 3 steins tykkelse).

Mekanisk sammenbinding mellom ytre og indre teglvange sikres med innmuring av en generell horisontal stegarmering på Ø5 c/c 300 mm (hvert 4. skift). Ved behov kan denne skjærarmeringen økes.

## 2.7 Fugearmering

I yttervangen skal det benyttes fugearmering av rustfritt eller syrefast stål med karakteristisk øvre flytegrense minst 500 N/mm<sup>2</sup>. Benyttes rette stenger skal disse være med preget eller kammet overflate og diameter minst 6 mm. Benyttes spesiell fugearmering, eksempelvis bistål eller fagverksarmering, skal langs-gående stenger ha diameter på minst 3 mm. [17].

I innervangen kan det benyttes fugearmering av ubehandlet stål [17].

Ved vintermuring må det treffes spesielle tiltak for å sikre at armeringsstengene har temperatur over 0°C ved innmuring.

## 2.8 Hulromsisolasjon

Det skal benyttes formfaste isolasjonsplater som er drenerende og vannavvisende. Isolasjonsplatene bør være av uorganiske materialer. Stive mineralullplater anses velegnet. Produsentene leverer i dag spesielle murplater for dette formål i isolasjonsklasse 34 ( $\lambda$ -verdi 0,034 W/(m · K)), og i tykkelser på 50, 70, 100 og 150 mm. Isolasjonssjiktet kan med fordel bygges opp i to lag med forskjønne skjøtter. Her benyttes murplaten som ytterste lag mot yttervange. Mineralullen monteres i hulrommet mot indre (varm) vange og fastholdes mekanisk til innervangen (plastbrikker festes til innmurte trådbindere el. tilsvarende). Spillmørtel skal være fjernet fra veggflaten slik at det sikres full kontakt uten glipper mellom mineralull og veggflate. Isolasjonen skal formes og anbringes slik at den ikke kan lede vann fra ytre veggdel (vange) til indre veggdel.

## 2.9 Glidesjikt

Innmurte materialsjikt som skal fungere som glidesjikt og fuktsperrer i bunnen av yttervangen, se fig. 5.11 - 5.15, eller andre steder, bør være av korrosjonsbestandig metall. Plater av 0,7 - 1,0 mm rustfritt stål anses velegnet.

## 2.10 Fuktsperrer

Som fuktsperrer og drenssjikt i murverk kan i tillegg til beslag av 1,5 - 2,0 mm bly og 0,7 - 1,0 mm rustfritt stål, også brukes sveisbare folier (membraner) av PVC, kunstgummi (butyl) og gummiasfalt med stamme av glassfiberduk.

### 3 Tekniske egenskaper

#### 3.1 Bæreevne

##### 3.11 Generelt

For skallmurvegger over terregn er de dimensjonerende belastninger vanligvis knyttet til vertikallaster fra egenlast, etasjeskillere og tak, og til horisontallaster fra vind normalt på veggplanet (NB: både utvendige og innvendige vindlaster). Ofte kan vindkraftene bli dimensjonerende for skallmurveggens oppbygging, spesielt ved store etasjehøyder og små vertikallaster (ikke-bærende veggger).

Det må utarbeides statiske beregninger som viser at skallmurveggens bæreevne og stabilitet er tilstrekkelig i forhold til de dimensjonerende laster den skal oppta. Tabell 3.11 viser oversikt over karakteristiske konstruksjonsfastheter og bæreevne, under gitte forutsetninger, for de mest aktuelle murprodukter til bærende innervange i skallmurvegger.

For diafragmavegger, som ofte er høye veggskiver uten stabiliserende dekker, vil det dimensjonerende lasttilfellet normalt være maksimal vindlast uten nytte-last på tak/etasjeskiller. For dimensjoneringsprinsipper, se avsnitt 3.16.

Innervangens bærefunksjon	Slankhet, $H/h_e$	
Minste vangtykkelse $h$ (mm):	Tegl $h \geq 83$ mm	Blokk $h \geq 120$ mm
Lastbærende vange Trebjelkelag, Betong-dekker, elementdekker	27	23
Ikke lastbærende vange Trebjelkelag, Betong-dekker, elementdekker	50	43

##### Tegnforklaring:

$H$  = innervangens konstruksjonshøyde mellom etasjeskillerne

$h_e$  = innervangens effektive tykkelse ved slankhets-beregning (inkl. beregningsmessig avstivningseffekt av sammenbindingen med yttervange og av eventuelle utmurte, geometriske forsterkninger o.l.)

$h$  = minste effektive tykkelse av lastbærende vange-tverrsnitt

Tabell 3.12 Begrensning av innervangens slankhet,  $H/h_e$ , ved alternativ utførelse av etasjeskiller som vangen er fastholdt i topp.

#### 3.12 Skallmurvegger. Slankhet. Geometriske forsterkninger

Innervangens slankhet, dvs. forholdet mellom konstruksjonshøyde (netto innvendig romhøyde) og effektiv veggtykkelse, skal ikke være større enn angitt i tabell 3.12. Ved bestemmelse av konstruksjonens effektive veggtykkelse kan det tas hensyn til avstivende effekt pga. sammenbindingen med yttervangen og med eventuelle tverrvastivende, tilstøtende konstruksjoner [12, 18]. Tabell 3.12 angir også krav til minste, absolute tykkelse av lastbærende vange-tverrsnitt [18].

Murverk gir generelt stor frihet til geometriske forsterkninger i form av utmurte falser og ribber o.l. uten store merknader. Den bærende innervangen kan eksempelvis forsterkes lokalt med utmurte sidefalser mot åpninger i murverket, hvor sidefalsene samtidig benyttes for karminfesting. Ved å la de utmurte sidefalsene være gjennomløpende i hele vangens høyde, kan det oppnås en betydelig forsterkning av lastbærende tverrsnitt.

I teglfasader der man for eksempel har høye vindusåpninger som står tett inntil hverandre, kan man utforme fasaden mellom vinduene som søyler. Se fig. 3.12 a-d. Disse søylene kan for eksempel bære lasten av et overliggende dekke. Ved beregning av ytterveggens U-verdi må det tas hensyn til lokal svekkelse av veggens varmeisolering ved slike utmurte sidefalser og ribber, se pkt. 3.23.

Mater/fast 1)	$\rho$ <sup>2)</sup>	$h_{c1}/h_{c2}$ <sup>3)</sup>	Murv fast		$N_{cd}$ <sup>4)</sup> [kN/m] ved H:				$w_t$ <sup>4)</sup> [kN/m <sup>2</sup> ] ved H [m]:			
			$f_{cy}$ <sup>2)</sup>	$f_{ty}$ <sup>2)</sup>	2,4	2,7	3	3,3	2,4	2,7	3	3,3
T/M35/10	1570	108/108	7,5	0,46	239	214	189	164	1,25	1,0	0,82	0,69
T/M45/15	1630		10,5	0,7	334	300	264	229	1,83	1,46	1,19	0,99
T/M60/20	1760		14,5	0,78	461	413	365	316	2,03	1,62	1,32	1,10
L/M3/5	730	150/150	2,15	0,18	117	114	110	105	0,97	0,78	0,64	0,54
L/M3/5	690	200/150	2,05	0,18	153	151	148	145	1,22	0,98	0,81	0,68
B/M8/10	1480	120/120	4,8	0,39	193	180	167	152	1,33	1,06	0,87	0,66
B/M8/10	1480	120/187	4,8	0,39	209	201	191	181	2,62	2,10	1,72	1,30
B/M3,5/5	720	187/120	2	0,23	141	140	138	135	1,24	0,99	0,82	0,68
P/M4/5	570	150/150	3,4	0,15	161	151	139	125	0,80	0,64	0,53	0,44
P/M4/5	570	150/200	3,4	0,15	173	166	156	145	1,02	0,82	0,68	0,57
P/M2/5	420	200/150	2	0,12	138	133	127	121	0,84	0,74	0,61	0,51

#### Tegnforklaring:

Mater/fast: materialer og deres fastheter,

Murv fast: murverkets konstruksjonsfastheter,

T/M: Tegl- og mørtefastheter [N/mm<sup>2</sup>],

L/M: Lettklinkerblokk- og mørtefastheter [N/mm<sup>2</sup>],

B/M: Betonghullblokk- og mørtefastheter [N/mm<sup>2</sup>],

P/M: Porebetongblokk- og mørtefastheter [N/mm<sup>2</sup>],

$\rho$ : densitet [kg/m<sup>3</sup> = 0,01kN/m<sup>3</sup>],

$h_{c1}/h_{c2}$ : tykkelser på indre- resp. ytre vange [mm],

H: vegghøyde [m],

$N_{cd}$ : veggens vertikalkapasitet [kN/m],

$w_t$ : veggens totale horisontalkapasitet [kN/m<sup>2</sup>].

- 1) Det er valgt en kombinasjon av murproduktets fasthet/mørtegens fasthet som ofte er i bruk.
- 2) Verdier er hentet fra tabeller i tillegg A, NS 3475.
- 3) For ulike vangetykkelser er vangetykkelsen med den største trykkfastheten som bør velges bærende, for det gir større kapasiteter.
- 4) Vertikal og horisontal kapasitet beregnes i kritisk midtre femtedel av murvegg.

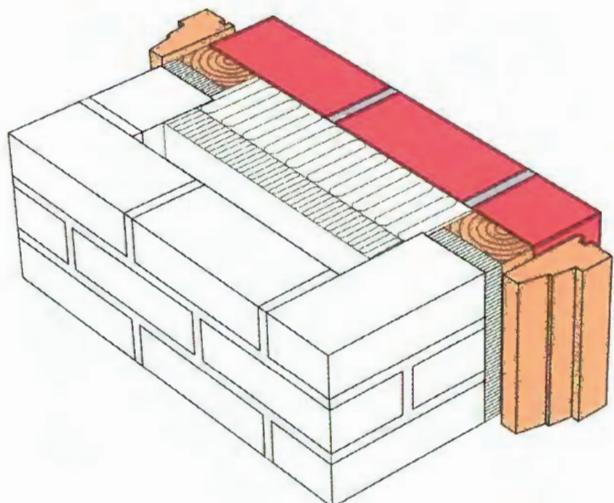
#### Forutsetninger:

Veggens bæreevne er bestemt i ordinær bruddgrense-tilstand, ved normal utførelseskontroll og bruk av funksjonsmørtel. Verdiene gjelder en skallmurvegg som spenner vertikal og er fastinnspent i bunnen mens toppen er fritt opplagret. Bæreevnen er beregnet for forskjellige vegghøyder H.

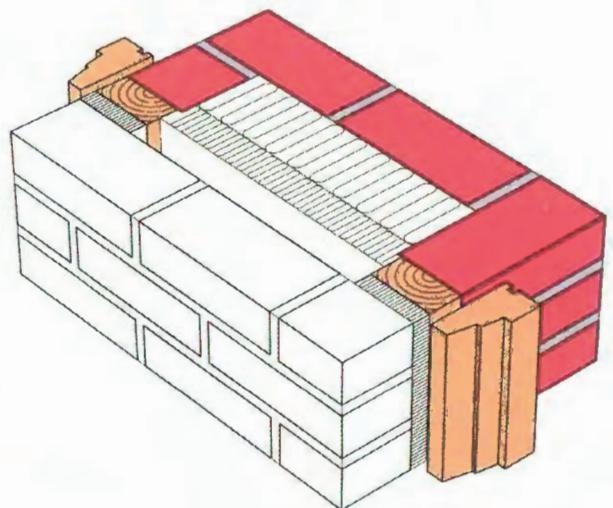
For angitt vertikal bæreevne gjelder at skallmurveggen kun er påkjent av vertikal belastning. Belastningens angrepslinje faller sammen med veggens vertikale akse. Toleranseklasse for utilsiktet eksentriskitet er C iht NS 3420-N. Det er den indre vangen som optar belastningen.

For angitt horisontal bæreevne gjelder at veggene er påkjent av vindbelastning. Vindkraften fordeles til de to vangene etter deres bøyestivheter. Veggene belastes vertikalt av kun egenvekt.

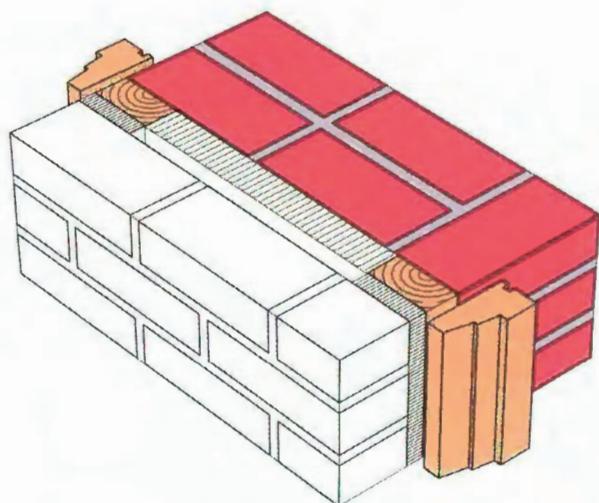
Tabell 3.11 Karakteristiske konstruksjonsfastheter og bæreevne for murt vange av ulike murprodukter.



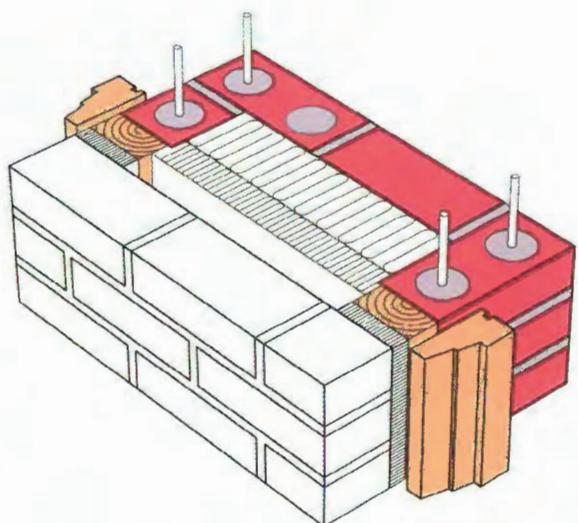
Figur 3.12a Halvsteins bærende innervange med utvenlig murte smyg. Løsningen gir dype vindusnisjer utvendig.



Figur 3.12b Halvsteins bærende innervange med murte innvendige smyg. Løsningen gir dype vindusnisjer innvendig.



Figur 3.12c Helsteins bærende innervange. Løsningen gir dype vindusnisjer innvendig.



Figur 3.12d Halvsteins bærende innervange med murte innvendige smyg og vertikalarmering. Løsningen gir dype vindusnisjer innvendig.

### 3.13 Vertikallast - Vegg/søyle

Til tross for murverks beskjedne konstruksjonsfasthet i forhold til eksempelvis betong, vil skallmurvegger ha betydelig bæreevne for opptak av vertikallaster pga. at det er store veggarealer som utnyttes til lastnedføringen i bygget.

Vertikallast-kapasitetene som er angitt i tabell 3.11, gjelder kun enkeltvange i skallmurveggen. Pga. sammenbindingen mellom innervange og yttervange, vil yttervangen bidra til å øke den innvendige bærevangens stivhet og bæreevne. For nøyaktigere beregninger henvises til egen anvisning i Murkatalogen.

### 3.14 Horizontal vindlast - Vegg/søyle

Kapasiteter for opptak av horizontal vindlast som er angitt i tabell 3.11, gjelder for murt enkeltvange uten annen vertikallast enn vangens egenlast med angitt konstruksjonshøyde. Vertikallast fra eventuelle ovenforliggende konstruksjoner vil øke murvangens bæreevne for horisontallast.

Pga. sammenbindingen mellom innervange og yttervange, vil yttervangen bidra til å øke den innvendige bærevangens stivhet og bæreevne også for opptak av horisontallast. For skallmurvegg av to like vanger, sammenbundet med minst 4 trådbindere pr. m<sup>2</sup> veggflate, kan bæreevnen settes til minst det dobbelte av de angitte verdier.

Selv for skallmurvegger som ikke bærer vertikallaster ut over sin egenlast, vil det ved vanlige etasjehøyder normalt kun være i øverste etasje at det kan oppstå problemer med opptak av horisontale vindlaster. Hvor det er mulig, vil det derfor være god konstruksjonspraksis å la innervangen bære takkonstruksjonen.

### 3.15 Vertikallast / Murt bjelke over åpninger

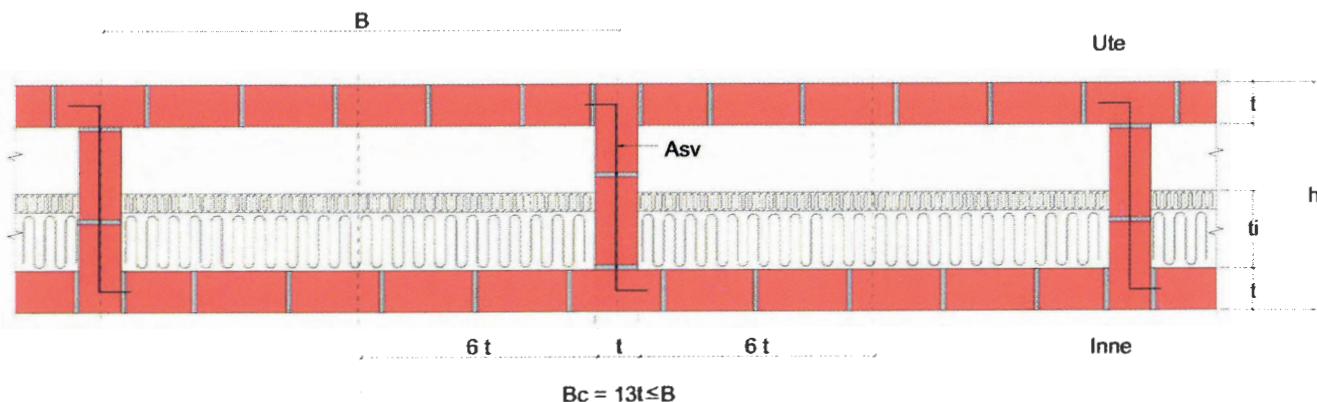
Murte bjelker over åpninger forutsettes utført uten understøttelse og skal alltid horisontalarmeres enten de kun bærer sin egen last eller de i tillegg også oppter etasjelaster fra ovenforliggende dekke. Slik horisontalarmering kan enten utføres som armering innmurt i murverkets horisontale mørtefugger (fugearmering) eller det kan benyttes skift med spesielle U-blokker som armeres og støpes ut.

For beregning av murte bjelkers bæreevne henvises til egen anvisning i Murkatalogen.

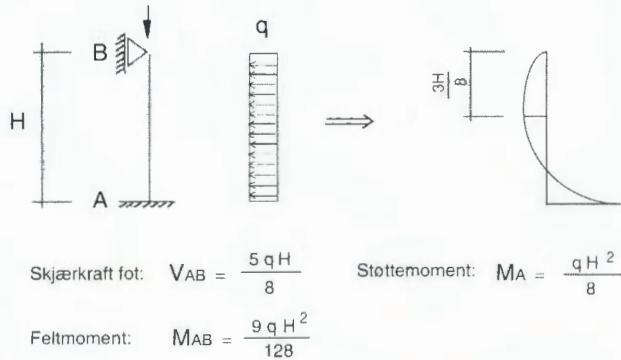
### 3.16 Dimensjoneringsprinsipper for diafragmavegger

En riktig teknisk og økonomisk utnyttelse av murverk krever som for alle andre konstruktive materialer en forståelse for de grunnleggende materialegenskaper. Murverk har stor evne til å ta opp trykk, men beskjeden evne til å ta opp strekk. For en veggkonstruksjon som skal motstå bøyning fra vindkrefter er det gunstig at tverrsnittet har et stort flatetrehetsmoment. Skjæroverføringen sikres gjennom forbandsmuring steg/flens og/eller egnede ståldybler. Det bør tilstrekkes at aksiallaster fra tak/etasjeskiller får minst mulig eksentrisitet ift. veggens tyngdepunkt, noe som enkelt oppnås med en løsning som vist i fig. 5.22.

Det dimensjonerende lasttilfellet for en diafragma-vegg vil normalt være maksimal vindlast uten nyttelast på tak/etasjeskiller. Dersom aksiallasten er mindre enn 10% av tverrsnittets trykkapasitet, kan knekningskontroll uteslakes [27]. Fig. 3.17 – 3.20 angir prinsippene for dimensjonering av diafragmavegg ved dette lasttilfellet.



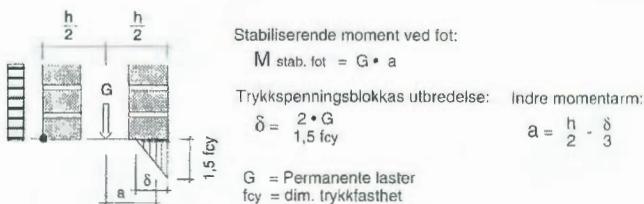
Figur 3.16 Illustrasjon av medvirkende bredde i en diafragmavegg



Figur 3.17 Utgangspunkt for statisk modell [27]

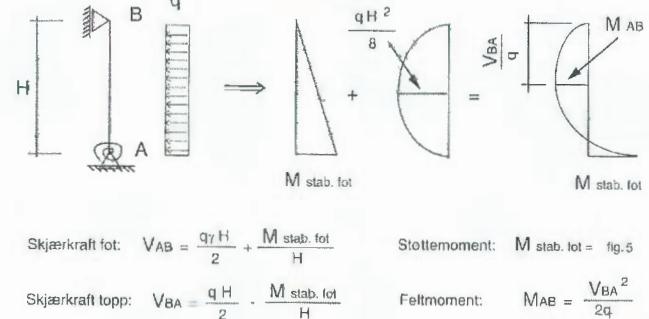
Den statiske modellen kan først antas ved å betrakte H-profilen som innspent i bunnen og med opplegg mot takflaten i topp. Se fig. 3.17.

For å sjekke den virkelige innspenningsgraden ved veggfot, beregnes det stabilisende momentet som de permanente vertikallaster gir. (materialfaktor  $\gamma_m = 1.0$ ). Man ser da bort fra murverkets evne til å oppta strekkspenninger. Stabilisende moment beregnes ved å anta en trekantfordelt spenningsblokk med 50% forhøyet randspenning i bruddgrensetilstand, og se på momentlikevekt med dreining om veggtverrsnittets rand. Se fig. 3.18.



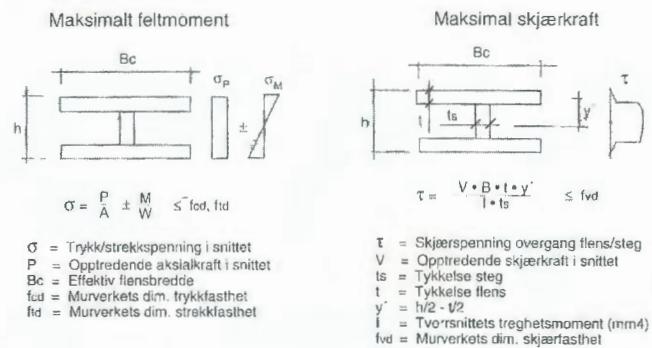
Figur 3.18 Beregning av stabilisende moment [27]

Hvis stabilisende moment er større enn vindmomentet som tilsvarer full innspennning, anses veggan å være fastholdt mot rotasjon ved foten. Fig. 3.17 gir dermed det dimensjonerende lasttilfellet. Dersom stabilisende moment ved fot er mindre enn det momentet som tilsvarer full innspennning regnes tverrsnittet å sprekke opp, og veggan beregnes med en redusert innspenningsgrad tilsvarende det stabilisende momentet. Spenningsomlagring vil da måtte finne sted og feltmomentet øke. Se fig. 3.19.



Figur 3.19 Statisk modell for tilfeller uten full innspennning i bunn [27]

Tverrsnittskontroll for opptrædende moment, aksial- og skjærkraft kontrolleres mot murverkets dimensjonerende fastheter gitt i [18]. Fig. 3.20 angir tverrsnittskontroll i veggfelt og ved fot.



Figur 3.20 Spenningskontroll [27]

#### Praktiske konstruksjonsanvisninger (se fig. 3.16): Hulmurveggens konstruksjonshøyde:

$$H \leq 12 \text{ m}$$

Hulmurveggens totale tykkelse:

$$h = H/15 \text{ til } H/20 \geq 468 \text{ mm (2-steins tykkelse)}$$

Vangetykkeste (teglstein):

$$t = 1/2 \text{ steins (104, 108)}$$

Horizontal senteravstand mellom steg:

$$B = 1,2 \text{ til } 1,8 \text{ m}$$

Minimum stegarmering (rustfri):

$$\varnothing 5 c/c 300 \text{ mm (4. hvert skift)}$$

Konstruktivt virksom bredde:

$$B_c = 13t \leq B$$

Isolasjonstykkeste:

$$t_i \geq 200 \text{ mm}$$

### 3.17 Diafragmaveggers vertikale og horisontale bæreevner

Tabell 3.17 viser en oversikt over bæreevne for diafragmavegger. Veggens bæreevne er bestemt i ordinær bruddgrensetilstand, ved normal utførelseskontroll og bruk av funksjonsmørtel.

#### Forutsetninger for vertikal bæreevne:

Diafragmaveggen er påkjent av kun vertikal belastning. Den vertikale belastningens angrepspunkt tilsvarer veggens tyngdepunkt. Toleranseklasse for utilsiktet eksentrisitet er C.

#### Forutsetninger for horisontal bæreevne:

Vegen er påkjent av vindbelastning. Den belastes vertikalt av kun egenvekt.

T/M <sup>1)</sup> [N/mm <sup>2</sup> ]	Densitet [kg/m <sup>3</sup> ]	h [mm]	H[mm] B[mm]	8000			10000			12000		
				1200	1500	1800	1200	1500	1800	1200	1500	1800
25/5	1570	468	N <sub>cd</sub> <sup>2)</sup>	351	324	270	287	264	220	215	198	165
			q <sub>v</sub> <sup>3)</sup>	0,82	0,66	0,55	0,55	0,44	0,36	0,40	0,31	0,26
		588	N <sub>cd</sub>	406	372	310	359	329	274	303	278	232
			q <sub>v</sub>	1,18	0,94	0,79	0,78	0,62	0,52	0,56	0,45	0,37
		708	N <sub>cd</sub>	447	408	340	410	374	311	367	334	279
			q <sub>v</sub>	1,58	1,24	1,04	1,03	0,82	0,68	0,74	0,58	0,49
35/10	1630	468	N <sub>cd</sub>	526	486	405	430	396	330	322	297	247
			q <sub>v</sub>	1,17	0,93	0,77	0,77	0,61	0,51	0,55	0,44	0,36
		588	N <sub>cd</sub>	609	558	465	539	494	412	455	417	347
			q <sub>v</sub>	1,68	1,34	1,12	1,10	0,88	0,73	0,79	0,63	0,52
		708	N <sub>cd</sub>	671	612	510	615	560	467	550	501	418
			q <sub>v</sub>	2,24	1,78	1,48	1,46	1,16	0,97	1,04	0,83	0,69
45/15	1760	468	N <sub>cd</sub>	737	680	567	601	554	462	450	414	345
			q <sub>v</sub>	1,71	1,37	1,14	1,12	0,89	0,74	0,79	0,63	0,53
		588	N <sub>cd</sub>	852	782	651	754	692	576	636	582	485
			q <sub>v</sub>	2,49	1,98	1,65	1,62	1,29	1,08	1,15	0,91	0,76
		708	N <sub>cd</sub>	940	857	714	860	785	654	770	702	585
			q <sub>v</sub>	3,32	2,64	2,20	2,16	1,72	1,43	1,52	1,21	1,01

#### Tegnforklaring:

T/M: Tegl- og mørtefastheter [N/mm<sup>2</sup>],

N<sub>cd</sub>: Veggens vertikalkapasitet [kN/m],

q<sub>v</sub>: Veggens horisontalkapasitet [kN/m<sup>2</sup>].

1) Det er valgt en kombinasjon av teglsteins fasthet/mørtelens fasthet som ofte er i bruk.

2) Vertikalkapasitet beregnes i kritisk midtre femtedel av murvegg.

3) Horisontalkapasitet er beregnet etter bruddlinjeteorি.

Tabell 3.17 Oversikt over bæreevne for diafragmavegger

## **3.2 Varmeisolering**

### **3.21 Skallmurvegger**

Skallmurvegger har en effektiv isolasjonsutnyttelse pga. at hulromsisoleringen inngår i sammenhengende lag uten gjennombrytende konstruksjonsdeler med dårligere varmeisoleringsevne, med unntak for utmurte falser rundt åpninger i veggene, se pkt. 3.23.

Varmegjennomgangskoeffisienter, U-verdier i  $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ , beregnes etter Norsk Standard NS-EN ISO 6946 [22].

U-verdi for noen skallmurvegger med ulike materialer i innervange og med varierende hulromsisolering er vist i tabell 3.21. Angitte verdier forutsetter at [23]:

- det ikke er luftlommer på varm side av isolasjonen mot innervangen;
- isolasjonen er lagt i to lag med forskjøvet omlegg i plateskjøtene;
- isolasjonen i samme lag ikke har glipper i buttskjøtene med mer enn 5 mm;
- hulrommet bak yttervangan ikke er ventilert, men kun drenert med én åpen stussfuge pr. løpemeter vegg.

Skallmurvegger med vanger av tegl eller betong, og isolert med mineralull klasse 34, må ha isolasjonstykkele på minst 150 mm for å tilfredsstille krav til U-verdi på  $0,22 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  for ytterveggen som helhet, inklusive normale kuldebroer ved utmurte falser rundt åpninger og lignende.

For skallmurvegger med innervange av lettbetong kan det benyttes noe mindre isolasjon, avhengig av hvordan utmurte falser ved åpninger er utført.

På spesielt værutsatte steder bør det tas hensyn til en viss nedsatt varmeisolering i yttersjiktet av hulromsisolasjonen nærmest yttervangan pga. infiltrasjon og fukt. Eventuell reduksjon må ses i sammenheng med yttervangens utførelse og detaljeringen rundt dør- og vindusåpningene i skallmurveggen.

Materiale	Densitet	Term. kond.	Vange- tykk.	Varme- motst. <sup>1)</sup>	$U = 0,005^{2)} + 1 / [0,25^{3)} + m_1 + m_2 + d_{is} / \lambda_{is}]$ (W/m <sup>2</sup> ·K)									
	f <sub>ck</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	\lambda (W/m·K)	h (mm)	m <sub>1</sub> (m <sup>2</sup> ·K/W)	Isolasjonstykkelse d <sub>is</sub> (mm)									
					Isolasjonsklasse 36 (\lambda <sub>is</sub> = 0,036)					Isolasjonsklasse 33 (\lambda <sub>is</sub> = 0,033)				
					100	120	150	170	190	100	120	150	170	190
Massiv teglstein	2.200	0,80	108	0,135	0,31									
Hullteglstein (25 % hullandel)	2.150 2.000 1.850 1.700	0,70 0,65 0,60 0,55	108 108 108 108	0,155 0,165 0,180 0,195	0,31 0,31 0,30 0,30	0,26	0,22	0,20	0,18	0,28	0,24	0,20	0,18	0,16
Betonmurstein Betonbl., massiv Betonhullblokk	2.100 1.750 1.950	1,3 0,9 1,0	110 120 150	0,085 0,135 0,15	0,31	0,26	0,22	0,20	0,18	0,29	0,25	0,20	0,18	0,17
Lettklinkerblokk - Lydblokk - Finblokk - Finblokk - Standardblokk	1.300 900 900 770	0,47 0,29 0,29 0,22	175 125 150 150	0,37 0,43 0,515 0,68	0,29 0,28 0,27 0,26	0,25 0,25 0,24 0,23	0,21 0,21 0,20 0,20	0,19 0,19 0,18 0,18	0,17 0,17 0,17 0,16	0,27 0,26 0,26 0,25	0,23 0,23 0,23 0,22	0,20 0,19 0,19 0,18	0,17 0,17 0,17 0,16	
Porebetong	600 600 600	0,21 0,21 0,21	115 150 175	0,545 0,715 0,83	0,27 0,26 0,25	0,24 0,23 0,22	0,20 0,19 0,19	0,18 0,18 0,17	0,17 0,16 0,16	0,26 0,25 0,24	0,22 0,22 0,21	0,19 0,18 0,18	0,17 0,17 0,16	

#### Noter:

1) Angitt varmemotstand, m<sub>1</sub>, gjelder for ferdig murt vange med angitt tykkelse h.

2) Korreksjonsledd pga. 4 trådbindere av Ø4 mm rustfritt stål ( $\lambda = 17$  W/m·K) pr. m<sup>2</sup> veggflate, U = 0,005 W/(m<sup>2</sup>·K).

3) Sum innvendig og utvendig varmeovergangsmotstand, m<sub>i</sub> + m<sub>u</sub> = 0,17 m<sup>2</sup>·K/W, pluss varmemotstand i luftspalte mellom yttervange og hulromisolering, m<sub>o</sub>~0,08 m<sup>2</sup>·K/W,

Tabell 3.21 U-verdi, W/(m<sup>2</sup> · K), for skallmurvegger med ulike murmaterialer i innervange og med varierende hulrom isolering. Yttervange er forutsatt å ha en varmemotstand lik m<sub>2</sub> = 0,155 m<sup>2</sup>·K/W (tilsv. murt vange av 108 mm hulltegl).

### 3.22 Korreksjon av skallmurveggens U-verdi pga. kuldebroeffekt fra trådbindere

Ved bestemmelse av skallmurveggers U-verdi skal det legges til et korreksjonsledd, U (W/m<sup>2</sup>·K), som tar hensyn til ekstra varmetap gjennom trådbinderne i skallmurveggen i henhold til [23]:

$$U = \alpha \cdot \lambda_r \cdot n_r \cdot A_r \cdot 10^{-6} \text{ (W/m}^2\text{·K)}$$

hvor

- $\alpha$  = 6 (dim. løs koeff. for trådbindere i murverk)
- $\lambda_r$  = varmekonduktivitet til materialet i trådbinderne (W/m·K)
- $n_r$  = antall trådbindere pr. m<sup>2</sup> vegg (stk./m<sup>2</sup>)
- $A_r$  = trådbindernes tverrsnittsareal (mm<sup>2</sup>/stk.)

Benyttes andre trådbindere enn forutsatt i denne anvisningen, må det foretas korrekjoner i henhold til tabell 3.22. Av tabellen fremgår det at rustfritt stål er det absolutt gunstigste materialet til trådbindere også mht. å redusere skallmurveggens varmetap.

Materiale	Varme-kond.	Tråddiameter $\varnothing_r$ Antall trådbindere pr. m <sup>2</sup> vegg, $n_r$						
		$\lambda_r$	$\varnothing 3 \text{ mm}$		$\varnothing 4 \text{ mm}$		$\varnothing 5 \text{ mm}$	
			(W/m·K)	4 stk.	6 stk.	4 stk.	6 stk.	4 stk.
Rustfritt stål	17	0,003	0,004	0,005	0,008	0,008	0,012	
Stål	55	0,009	0,014	0,017	0,025	0,026	0,039	
Messing	100	0,017	0,025	0,030	0,045	0,047	0,071	
Sink	110	0,019	0,028	0,033	0,050	0,052	0,078	
Aluminium	220	0,037	0,056	0,066	0,100	0,104	0,156	
Kobber	380	0,064	0,097	0,115	0,172	0,179	0,269	

Tabell 3.22 Korreksjonsledd  $U$  (W/m<sup>2</sup>·K) for ekstra varmetap gjennom trådbinderne i skallmurvegger

### 3.23 Randisolering av utmurte falser

Dagens krav til varmeisolering gir store veggtykkelsjer og dype vindusnisjer i skallmurveggen/diafragma-veggen. Utmurte bunn-, topp- og sidefalser for innfesting av vinduskarmer kan derfor gi betydelige svekelser av skallmurveggens/diafragmaveggens varmeisolering.

For å redusere slike kuldebro-effekter anbefales det å etablere et sjikt på minst 50 mm randisolering mellom utmurt fals og tilstøtende vange. Forhøyet  $U$ -verdi rundt vindusfalsene kan da kompenseres med å forbedre selve ytterveggens  $U$ -verdi med ca. 10 % i forhold til kravet.

I skallmurvegger med innervange av porebetong, vil porebetongen isolere så godt at utmurte vindusfalser gir beskjeden økning av ytterveggens  $U$ -verdi.

### 3.24 Eksempel for skallmurvegg

Et nybygg skal ha 15 % vindusåpninger i fasaden med ett 1,5 m · 1,5 m vindu pr. 15 m<sup>2</sup> brutto fasade.

Yttervegger skal utføres som skallmurvegg med både inner- og yttervange av 108 mm hultegl. Inner-vangen forutsettes utmurt til 1-steins dype vindusfalser (228 mm) og med 1/2-steins bredde (108 mm).

Skallmurveggen er isolert med 170 mm mineralull klasse 37 i to lag, 120 mm pluss 50 mm murplater ytterst som randisolering utenfor de utmurte vindusfalsene.

Beregning av gjennomsnittlig  $U$ -verdi for yttervegg inkl. vindusfals er vist i eksempel 3.24.

### 3.25 Diafragmavegger

Diafragmavegger har i motsetning til skallmurvegger avbrudd i hulromsisoleringen pga. de gjennomgående steinbinderne. Dette må taes med i utregningen av veggens  $U$ -verdi.

Varmegjennomgangskoeffisienter,  $U$ -verdier i W/(m<sup>2</sup>·K), beregnes etter Norsk Standard NS-EN ISO 6946 [22].

$U$ -verdi for noen diafragmavegger med ulik avstand mellom tverrgående steg og varierende hulromsisolering er vist i tabell 3.25.

Yttervegger skal som helhet inklusive kuldebroer tilfredsstille et krav til  $U$ -verdi på 0,22 W/(m<sup>2</sup>·K).

$$\begin{aligned}
 U &= (A_v \cdot U_v + A_f \cdot U_f) / (A_v + A_f) \\
 &= (12,055 \cdot 0,20 + 0,695 \cdot 0,48) / (12,055 + 0,695) \\
 U &= 0,215 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K})
 \end{aligned}$$

hvor

$$\begin{aligned}
 A_o &= 15,00 &= \text{fasadeareal, inkl. vinduer} & (\text{m}^2) \\
 A_{vi} &= 2,25 &= \text{vindusareal } (1,5 \text{ m} \cdot 1,5 \text{ m}) & (\text{m}^2) \\
 A_f &= 0,695 &= \text{areal av utmurte vindusfalsene} & (\text{m}^2) \\
 &&& = (4 \cdot (1,5 + 0,108) \cdot 0,108) \\
 A_v &= 12,055 &= \text{veggareal ekskl. falser} & (\text{m}^2) \\
 U_v &= 0,20 &= U\text{-verdi for vegg u/ falser} & \text{W/(m}^2\cdot\text{K}) \\
 U_f &= 0,48 &= U\text{-verdi for vindusfalsene} & \text{W/(m}^2\cdot\text{K})
 \end{aligned}$$

Ytterveggen tilfredsstiller altså et U-verdi krav på 0,22 W/(m<sup>2</sup>·K) til tross for at de utmurte vindusfalsene har en vesentlig høyere U-verdi på 0,48 W/(m<sup>2</sup>·K). Falsene utgjør imidlertid ikke mer enn 5,5 % av selve ytterveggsarealet.

#### *Eksempel 3.24 Beregning av U-verdi for skallmurvegg*

Materiale	Vegtykkelse (mm)	Ribbeavst. (mm)	U-verdi (W/m <sup>2</sup> ·K)				
			Isolasjonstykke (mm)				
			200	220	250	300	350
Massiv teglstein	2 stein (468 mm)	1200	0,29	0,28			
		1500	0,27	0,25			
		1800	0,25	0,24			
	2 ½ stein (588 mm)	1200	0,28		0,24	0,22	0,20
		1500	0,26		0,22	0,20	0,18
		1800	0,24		0,21	0,18	0,17
	3 stein (708 mm)	1200	0,27		0,23	0,21	0,19
		1500	0,25		0,22	0,19	0,17
		1800	0,24		0,20	0,18	0,16

#### **Forutsetninger:**

- Tegl med tykkelse 104 mm i ribbe og vanger, termisk konduktivitet (varmelednings-tall)  $\lambda = 0,70 \text{ W/mK}$
- Varmeisolasjon (murplate) plassert tett mot innvendig vange i 2 lag med forskjøvne skjøter, termisk konduktivitet  $\lambda = 0,034 \text{ W/mK}$
- Medregnet 3 stk. rustfrie trådbindere Ø 4 mm pr. m<sup>2</sup> for fastholding av isolasjon

*Tabell 3.25 U-verdi, W/(m<sup>2</sup> · K), for diafragmavegger*

### **3.3 Brannmotstand**

Skallmurvegger og diafragmavegger vil som yttervegg kun utsettes for énsidig brannpåkjenning.

Som ikke-bærende, branncellebegrensende yttervegg vil skallmurvegg med vanger av murprodukter som omhandlet i denne anvisningen, og med minst 50 mm mineralullisolering i hulrommet, ha brannmotstand på minst EI 120 (branncellebegrensende vegg).

For skallmurvegger med bærende innervange vil veggens brannmotstand være avhengig av innervangens tykkelse og benyttet murprodukt. Se Murkatalogens anvisning P8.

### **3.4 Lydisolering**

Skallmurvegger har meget gode lydisolerende egenskaper. Trafikkstøyreduksjonstallet vil normalt ligge over 50 dB(A), avhengig av hvilket murmateriale vangene er oppmurt av, eventuell nivåforskjell mellom vangenes sokkelopplegg og plasseringen av de sammenbindende trådbinderne. Med høyt støynivå utedørs er det vinduer og ventilløsninger som vil være de kritiske elementene.

### **3.5 Bestandighet**

Skallmurvegger og diafragmavegger utført etter denne anvisningen og i henhold til god håndverksmessig praksis kan benyttes på meget værharde steder.

Vedlikeholdsbehovet vil være minimalt og i første rekke knyttet til elastiske bevegelsesfuger, dekklister og beslag. Forebyggende vedlikehold i form av periodavis fasaderengjøring, spesielt i forurensende miljøer, vil ytterligere øke konstruksjonens levetid.

Diafragmavegger som oppføres i værharde strøk, bør ha en veggykkelse på minst 2 ½ Stein.

### **3.6 Miljø og inneklima**

Riktig oppbygget består skallmur- og diafragmavegger i sin helhet av rent mineralske (uorganiske) og fuktbestandige materialer uten skadelige avgasser (emisjoner) som kan forringe inneklimaet og luftkvaliteten i bygget. Skallmur- og diafragmavegger fungerer som en naturlig buffer mellom inneklima og uteklima ved at konstruksjonen er bygget opp av diffusjonsåpne, hygroskopiske og fuktbestandige materialer som tillater luft- og dampdiffusjon inn og ut gjennom konstruksjonen uten at dette nedsetter veggens funksjon.

De tunge murvangene i den velisolerte skallmur- og diafragmaveggene vil dertil bidra til å dempe innvendige temperaturvariasjoner, og åpner for en viss grad av selvregulering av innvendig luftfuktighet, ved at omhylende romflater kan oppta og avgive varme og fukt. Dette åpner for mulighet til korttidslagring av gratis solvarme og mer optimal utnyttelse av det interne varmetilskudd, eksempelvis i kontorer, skoler, barnehager.

## 4 Prosjektering og utførelse

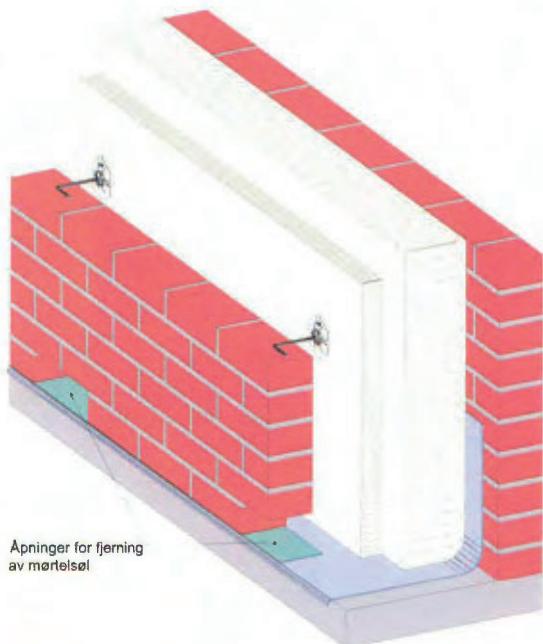
### 4.1 Arbeidsutførelse

#### 4.11 Generelt

For skallmurvegger er det mest vanlig at innervangen mures først. Ved utførelse av diafragmavegger bør vangene mures parallelt med stillas på begge sider.

Begge vanger skal mures med fulle fuger. Dette oppnås sikrest ved at mörtelen slås på steinens/blokkens vertikale sideflater (koppflater). Det skal sørges for at spillmørtel ikke faller ned i hulrommet ved oppmuringen. Spillmørtel skal fjernes fra den indre vangens bakside (hulromssiden), og isolasjonsplater monteres og fastholdes mot denne slik at det sikres full og varig kontakt mellom isolasjon og veggflate. Isolasjonen skal formes og anbringes slik at den ikke kan lede vann fra den ytre til den indre vangen og skal ikke komprimeres så hardt at vangene kan få skader på grunn av utpressing.

For skallmurvegger skal alltid isolasjonsplatene være montert forut for oppmuringen av den ytre vangen. Oppmuringen av innervangen må derfor hele tiden ligge minst en platehøyde foran yttervangen. Om nødvendig kan det avsettes midlertidige åpninger i nederste skift, slik at mørtel kan fjernes i etterkant. Se fig. 4.11.



Figur 4.11 Det bør avsettes åpninger i nederste sjikt slik at mørtel kan fjernes fra hulrommet etter muring.

Fastholding av isolasjonsplatene mot indre vange kan sikres ved hjelp av runde plastbrikker med sliss, som klipses til de innmurte trådbinderne i skallmurvegger. I diafragmavegger brukes isolasjonsholdere og trådbindere som ikke føres ut til yttervange. Se figurer i kapittel 5. Gjennomgående bygningskomponenter som dører og vinduer skal være beskyttet med tetningssjikt på oversiden slik at vann som måtte trenge gjennom ytter vange, blir drenert ut direkte eller ledet ut til sidene og mot yttervangens bakside (hulromsside). Se fig. 5.11-5.15.

#### 4.12 Fugeutforming

##### 4.12.1 Skallmurvegger

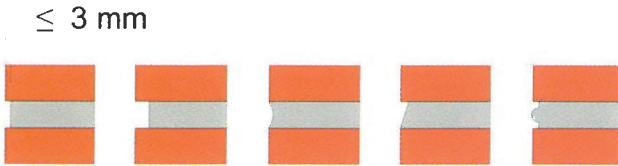
Yttervangen bør utføres med helt fulle og komprimerte fuger. Rett avtrukne eller utkrassete fuger uten noen form for komprimering vil gi betydelig større vannjennomgang i yttervangen ved slagregnpåkjenninger enn komprimerte fuger.

For murverk av murstein bør fugetykkelsen holdes innenfor 10 - 15 mm, for blokkmurverk 8 - 13 mm. Såvel større som mindre fugetykkelser vil erfaringsmessig gi betydelig økt vannjennomgang.

Hvor det er ønskelig med store fugetykkelser for å oppnå spesielle, visuelle effekter, må det tas hensyn til økt vannjennomgang ved detaljeringen av skallmurveggens fuktbeskyttelse.

For innervanger som er bærende skal mørtelfugene fylles med mørtel helt ut til vegglivet på begge sider og komprimeres med fugejern.

Fugingen utføres vanligvis samtidig med muringen mens fugemørtelen ennå er fersk og formbar. Fugingen skal utføres på en slik måte og med slik redskap at man får et minimum av mørtelsøl på stein og blokk og god komprimering av fugemørtelen. Utpresset mørtel fra fugene trekkes av med murskjeen, og fugen strykes jevn med fugeskje eller annet egnet verktøy. Ved å bruke et rørformet redskap med diameter litt større enn fugetykkelsen, vil man kunne oppnå en jevn og god komprimering slik at fugen blir tett. Røret må være forsynt med håndtak og rørenden avfaset.



- $\leq 3 \text{ mm}$
- a) Rett fuge i plan
  - b) Inntrukket rett fuge
  - c) Konkav fuge
  - d) Skyggefuge
  - e) Pølsefuge

Figur 4.12 a-e. Vertikalsnitt av ulike fugetyper [17]

Komprimerte, glattede fugetyper gir erfaringmessig best slagregtetthet. Ved utkrassete fuger i murverk av hullstein/hullblokk må dybden på utkrassing ikke gjøres større enn at første hullrekke inn fra vegglivet får tilfredsstillende mørteloverdekning.

#### 4.12.2 Diafragmavegger

For diafragmavegger, der begge vanger er bærende, bør alle mørtefuger utføres med mørtel helt ut til vegglivet på begge sider og komprimeres med fugejern. Mørtefugene komprimeres og glattes av med egnet fugejern til konkav fuge med største innrykk på 5 mm. Fugingen utføres parallelt med muringen mens mormortelen ennå er fersk og bearbeidbar.

Mørtefugene bør ha en tykkelse slik at den nominelle skifthøyden blir 75 mm. Eksempel: har steinen en høyde på 60 mm (Bratsberg Tegl) skal fugen være på 15 mm slik at skifthøyden totalt blir 75 mm.

Fasademuren (ytre veggdel) skal mures særlig omhyggelig. Det må forhindres at spillmørtel fra skallmurveggens bakside faller ned i hulrommet mellom skallmur og isolering.

#### 4.13 Rengjøring

Ferdig murverk som skal stå ubehandlet, skal være rent og uten skjemmende mørteflekker eller annen tilsløring og skitt fra byggeperioden. Om nødvendig skal murverket rengjøres med egnet rengjøringsmiddel. Ved bruk av kjemiske rengjøringsmidler skal fasaden vannes grundig både før og etter rengjøringen for å hindre oppsug av skadelige kjemikalier i murverket. Vannløselige, hvite utblomstringer som ofte opptrer i fasaden når murverket er nyoppført, vil normalt bli vasket bort i løpet av få år på utvendige konstruksjoner utsatt for regn og vind.

Veggkonstruksjonen skal under hele byggeperioden beskyttes mot skadelig nedfuktning av regnvann/snø ved tildekking av murkronen.

Med hensiktsmessig tildekking og beskyttelse er det fullt mulig å mure så pent og nøyaktig at senere rengjøring med syrevasking er unødvendig. Syrevasking påfører ofte murverket nye problemer i form av saltutblomstringer pga. mangefull forvanning og ettervanning. Slike utblomstringer vil ikke være vannløselige og vil derfor ikke vaskes bort av regn og vind. Murverk av pigmentert murstein og murblokker av betong eller lettklinkerbetong, eller farget mørtel skal aldri syrevaskes. Syren løser opp fargestoffene og kan gi skjolding og misfarging av murverket.

#### 4.2 Indre vange (bærende, lufttettende veggdel)

Innervangens tykkelse vil avhenge av krav til bæreevne og veggens konstruktive utforming, jfr. fig. 3.12a-d.

Indre vange skal være lufttett. Utilfredsstillende lufttetthet kan gi ukontrollerte og uheldige luftlekkasjer, som kan nedsette ytterveggens varmeisolering evne både pga. infiltrasjon og pga. nedfuktning fra kondensering av varm inneluft som strømmer ut i konstruksjonen.

Innervange av teglstein og betongmurstein gir normalt tilfredsstillende lufttetthet ved god håndverksmessig utførelse.

Innervange av murprodukter med åpen porestruktur, eksempelvis lettklinkerbetongblokk, betongblokk eller tilsvarende, må gis en lufttettende overflatebehandling på minst én side av innervangen (puss, slemming, maling). Overflatebehandlingen bør være av mineralske materialer. Dersom man ønsker eksponert murverk inne, kan innervangen overflatebehandles på utsiden mot hulrommet - dette forutsetter at innervangen mures opp før yttervangen.

## 4.3 Ytre vange (værhud)

Ytre vange kan få store klimapåkjenninger (slagregn, frost, sur nedbør etc.). Det stilles derfor strenge krav til yttervangens utførelse og bestandighet og til steinens og murmørtelens frostmotstandsevne. Det må alltid regnes med at regnvann i noen grad kan trenge gjennom ytre vange. Dette vannet skal dreneres ned langs yttervangens indre overflate og ikke transporteres inn til indre vange. Mures ytre vange av murprodukter med åpen porestruktur, stilles det desto strengere krav til skallmurveggens detaljering og utførelse.

Yttervangens tykkelse vil normalt være 85 - 125 mm, avhengig av valgt murprodukt.

Dersom vangen males eller slemmes utvendig, vil frostpåkjenningene kunne øke ytterligere. Det bør derfor utelukkende benyttes kapillærsggende, mineralske malinger som ikke hindrer veggens uttørking.

## 4.4 Forankring

### 4.4.1 Skallmurvegger

Vangene skal forbindes til hverandre med trådbindere av rustfritt stål og med tråddimensjon minst 4 mm. Antall og plassering av trådbindere skal dimensjoneres ut fra valgt type, opptrædende vindkrefter og andre påkjenninger. Trådbindere skal formes og anbringes slik at de får godt feste i begge vanger, og slik at de ikke kan lede vann inn til den indre vangen. Minste avstand mellom innmurte trådbindere og mørtefugens ytre eller indre flate skal være 35 mm. Jfr. fig. 1.1.

Benyttes trådbindere av rustfritt eller syrefast stål med karakteristisk øvre flytegrense minst 500 N/mm<sup>2</sup> og diameter 4 mm, vil det normalt være tilfredsstillende med 4 stk. trådbindere pr. m<sup>2</sup> veggflate ved hulromsdybder opp til 225 mm. Ved større hulromsdybder må trådbindernes diameter og/eller antall økes.

### 4.4.2 Diafragmavegger

Ytre og indre teglvange skal sammenbindes mekanisk med vertikale, tverrgående steg av halvsteins tegl murt i forband med begge vanger. Vangene mures i løperforband med ½-steins sprang. Stegene mures i forband med gjennomlopende kopp for annethvert skift. Mekanisk sammenbinding mellom ytre og indre vange skal sikres med innmuring av en generell horisontal stegarmering på Ø 5 c/c 300 mm (hvert 4. skift). Ved behov kan denne skjærarmeringen økes.

## 4.5 Varmeisolert og drenert hulrom

Hulrommet mellom vangene skal isoleres og bunnen i hulrommet utføres med et glide- og tetningssjikt utformet slik at lekkasjenvann blir samlet opp og ledet ut via avsatte drenesåpninger i yttervangen. Hulromsisolasjonen bør ideelt sett ikke ha kontakt med yttervangen. Som isolasjonsmateriale bør det derfor brukes stive plater av fuktbeständig mineralull med god og varig vannavstøtende og drenerende evne. Stive mineralullplater vil også danne mothold mot mørtefølser som presses ut fra fugene under muringen.

Mures ytre vange av murprodukter med åpen porestruktur, må hulromsisoleringen bygges opp i to lag med forskjøvete plateskjøter for å unngå at slagregn trenger gjennom isolasjonssjiktet og videre inn til indre veggdel. Mellom isolasjon og ytre vange i skallmurvegg bør det være en 15 - 30 mm bred luftspalte med forbindelse ned til de avsatte drenesåpningene i yttervangens bunn. I diafragmavegg er ofte åpningen mellom isolasjon og yttervange større.

## 4.6 Fuktbeskyttelse og drenering

### 4.6.1 Drenssystem

Skallmur- og diafragmaveggens drenssystem består av en drenesspalte mellom yttervange og hulromsisolering, og selve de drenerende og vannavvisende, stive mineralullplatene. Drenssystemet skal lede fukt som måtte trenge gjennom yttervangen ned til en fuktsperr i bunnen av konstruksjonen, hvor fukten kan ledes ut gjennom drenesåpninger avsatt i yttervangen.

### 4.6.2 Drenesspalte

#### 4.6.2.1 Skallmurvegger

Mellom hulromsisolasjon og yttervange skal det være en 15 - 30 mm bred luftspalte. Luftspalten har flere funksjoner.

Rent praktisk bør det være en fri klaring på minst 15 mm mellom hulromsisolasjon og yttervange, både av hensyn til at mureren skal få plass til fingrene ved utlegging av steinen, og av hensyn til optak av toleranser. Dernest skal luftspalten bidra til å lette drenasjen ned gjennom konstruksjonen mellom yttervangen og isolasjonssjiktet. Luftspalten bør ikke være bredere enn ca. 30 mm for å sikre at utpressete mørtefølser fra fugene kan holdes igjen mot de innenforliggende, stive mineralullplatene. Blir spaltebredden større enn

ca. 30 mm, vil mørtepølsene kunne falle ned i hulrommet og tette til drenrenner og drensåpninger i bunnen av konstruksjonen og over dør- og vindusåpninger.

#### 4.62.2 Diafragmavegger

I diafragmavegger med bredde på  $2\frac{1}{2}$  – 3 Stein blir ofte luftespalten mellom yttervange og isolasjon større enn den anbefalte maks avstanden på 30 mm i en skallmurvegg. I dette tilfellet bør mørtepølser i hulrommet fjernes, og det bør settes av åpninger i nederste skift for fjerning av mørtel i etterkant. Se fig. 4.11.

#### 4.63 Fuktsporre

Bunnen i hulrommet mot sokkel avrettes med fall utover og dekkes med egnet fuktsporre, jfr. pkt. 2.9. Denne samler opp slagregn som måtte ha trengt gjennom yttervangen, og leder dette ut gjennom avsatte åpninger i yttervangen.

Over gjennombrytende bygningskomponenter som vinduer og dører legges det inn drensbeslag av korrosjonsbestandig metall som leder lekkasjevernet ut direkte over åpningene. Se fig. 5.11 - 5.15.

#### 4.64 Drensåpninger

I bunnen av yttervangen skal det avsettes drensåpninger i form av åpne stussfuger umiddelbart over fuktsporen. Åpningene kan settes av i full teglhøyde. Som regel er det tilstrekkelig med én åpning pr. meter vegglangde.

Antall og størrelse på drensåpningene bør økes på steder med mye slagregn, i spesielt høye veger og i yttervanger murt av blokkprodukter med åpen posrestuktur.

#### 4.7 Glidesjikt

Relative lengdeendringer mellom yttervange og underlag pga. temperatur- og fuktvariasjoner kan påføre konstruksjonene skadelige strekk- og trykkipakkjenninger ved uehdig fastholdelse og friksjon. Friksjonskrefte mellom yttervange og underlag øker med økende høyde på yttervangen. For å redusere friksjonskrefte bør det derfor konsekvent legges et horisontalt glidesjikt mellom yttervangen og underlag. Glidesjiktet kan samtidig utnyttes som fuktsporre.

Som fuktsporre og glidesjikt bør det benyttes korrosjonsbestandig beslag, eksempelvis av 0,7 - 1,0 mm

rustfritt stål, som gir minimal friksjon mellom yttervangen og opplegg. Beslaget må føres helt ut til grunnmurlivet. Alle skjøtene i sperresjiktet må gjøres helt tette.

Sveisbare folier av PVC eller kunstgummi (butyl), eller 1,5 - 2 mm blybeslag, vil være velegnet som fuktsporre men lite egnet som glidesjikt, da disse skaper for stor friksjon mellom konstruksjonsdelene.

#### 4.8 Armering

Murverk av sementbundne materialer skal som hovedregel svinnarmeres i horisontalretningen for å motvirke skadelige rissdannelser pga. fukt- og temperaturavhengige bevegelser. Svinn- og fordelingsarmering legges vanligvis i murverkets horisontale mørtefugger eller i utstøpte U-blokkskift, og skal ha et minste tverrsnittsareal lik [18]:

$$A_s \geq K \cdot (f_{tkx} / f_{sk}) \cdot A_c \text{ (mm}^2\text{)} \quad (\text{mm}^2)$$

Hvor

$$A_s = \text{lengdearmeringens tverrsnittsareal} \quad (\text{mm}^2)$$

$$A_c = \text{murverkets tverrsnittsareal} \quad (\text{mm}^2)$$

$$f_{tkx} = \text{murverkets karakteristiske} \quad (\text{N/mm}^2)$$

$$f_{sk} = \text{lengdearmeringens karakteristiske} \quad (\text{N/mm}^2)$$

$$K = \begin{cases} 0,3 & \text{for murte innervegger;} \\ 0,3 & \text{for utvendige veger murt på effektivt} \\ & \text{glidesjikt;} \\ 0,6 & \text{for utvendige veger murt uten adskillende} \\ & \text{glidesjikt mot underlag.} \end{cases}$$

Det er normalt ikke påkrevet med svinnarmering av teglmurverk, som er meget volumstabilt ved fuktendringer. I lange teglfasader kan det imidlertid være påkrevet å legge inn strekkarmering for å sikre at sammentrekninger i murverket ved temperaturfall kan foregå uten risskader pga. friksjon mot underlaget. Svinn- og fordelingsarmering bør derfor alltid legges nederst i yttervangen av skallmurvegger mot opplegg, for å motvirke friksjonskrefter her.

Tabell 4.8 gir en orienterende oversikt over nødvendig svinn- og fordelingsarmering i murte vanger av lett-klinkerbetong- og betongblokk. Vertikal senteravstand mellom fuger eller U-blokkskift med horisontal svinnarmering bør ikke overstige 800 mm. I murverk hvor det stilles strenge krav til rissbegrensning, bør senteravstanden ikke overstige 600 mm.

Blokktypes	Murverk		Svinnarmering <sup>1)</sup>	
	Materiale	Kar. blokk-fasthet <sup>2)</sup>	Strekk-fasthet	Innv. <sup>1)</sup> konstr.
	$f_{ck}$ ( - )	$f_{tk}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$A_s / A_c$ (%)	$A_s / A_c$ (%)
Leca hullblokk	2 (770)	0,26	0,16	0,32
Leca hullblokk	2 (600)	0,28	0,17	0,34
Leca hullblokk	3 (770)	0,40	0,30	0,60
Leca, massiv	4 (770)	0,50	0,30	0,60
Leca lydblokk	8 (1300)	0,95	0,57	1,14
<hr/>				
Betonghullblokk	8	0,60	0,36	0,72
Betongbl., massiv	12	0,95	0,57	1,14
<hr/>				
Betongmurstein	15	1,35	0,81	1,62
	25	1,55	0,93	1,86
	35	1,75	1,05	2,10

Tabell 4.8 Minste horisontal svinn- og fordelingsarmering i innvendige og utvendige murvanger av lett-klinkerbetong- og betongblokker ved ulike blokktyper, angitt som forholdstall mellom armeringens tverrsnittsareal,  $A_s$ , og selve murverkets tverrsnittsareal normalt på svinnarmeringen,  $A_c$ :

- 1)  $A_s / A_c \geq 0,3 \cdot (f_{tk} / f_{sk}) \cdot 1\,000 \%$   
for murte innervanger, og  
for yttervanger murt på effektivt glidesjikt.  
 $A_s / A_c \geq 0,6 \cdot (f_{tk} / f_{sk}) \cdot 1\,000 \%$   
for utvendige veggger murt uten adskillende glidesjikt  
mot underlag.  $f_{sk} = 500 \text{ N/mm}^2$   
= armeringens karakteristiske flytegrense
- 2) Tall i parentes angir blokkprodusentenes material-densitet ( $\text{kg/m}^3$ ).

## 4.9 Bevegelsesfuger

Alle byggematerialer endrer volum ved variasjoner i fuktinnhold og temperatur - materialene utvider seg ved oppfukting og oppvarming, og krymper ved uttorking og avkjøling. Bevegelsene er i hovedsak reversible ved gjentatte variasjoner, med unntak av initialt herdesvinn i sementbundne materialer (betong, lettlinkerbeton, porebetong, kalksandstein o.l.). Se tabell 2.32.

Murverk skal utformes slik at det er mulig å oppta oppredende bevegelser pga. fukt-, temperatur- og lasthengige lengdeendringer uten skadelige deformasjoner og sprekkdannelser i murverket eller tilstøtende konstruksjoner. Utvendige murfasader og forblendinger skal prosjekteres og utføres slik at de har uhindret bevegelsesfrihet i vertikal retning og størst mulig bevegelsesfrihet i horisontal retning. Utilsiktet eller ukontrollert fastlåsing mot tilstøtende konstruksjoner og fremspringende bygningsdeler (balkonger o.l.) må unngås.

Nødvendige bevegelsesfuger, glidesjikt og armering avsettes og utformes slik at det er mulig å oppta oppredende bevegelser uten skadelige deformasjoner og sprekkdannelser i murverket eller tilstøtende konstruksjoner.

## 4.91 Skallmurvegger

Tabell 4.9 gir anbefalte verdier for maksimal, horisontal senteravstand mellom vertikale bevegelsesfuger i yttervangen av skallmurte fasader. Ved ommurte hjørnepartier bør avstanden til første vertikale bevegelsesfuge ikke overstige halvparten av de angitte verdier.

De angitte senteravstander kan økes noe ved å:

- bruke elastiske KC-mørtler fremfor rene murelement- eller sementmørtler;
- øke fugetykkelsen ut over forutsatte 13 mm;
- øke armeringsmengden;
- benytte lyse overflater i fasaden (redusert soloppvarming).

Generelt anbefales å legge vertikale bevegelsesfuger der hvor murvangen er fastholdt i tverrgående partier, eksempelvis ved inn- eller utvendige hushjørner, inntrukne balkonger og takterrasser, samt ved sprang eller avtrappinger i fasaden, se fig. 4.91 - 4.93.

Alle bevegelsesfuger skal gjennomskjære hele vangtykkelsen, inklusive innlagt fugearmering. Bredden av bevegelsesfuger skal tillate optak av både reversible og irreversible bevegelser, og bør være minst det dobbelte av den ekspansjon som skal optas i fugene.

Murverk	Fasthet (N/mm <sup>2</sup> )	Horisontal senteravstand (m)			
		Uten glidesjikt		Med glidesjikt <sup>1)</sup>	
		Uarm.	Armert <sup>2)</sup>	Uarm.	Armert <sup>3)</sup>
Tegl	25 - 60	15 - 18	(18 - 24)	18 - 24	(24 - 30)
Kalksandstein	15 - 35	—	12 - 16	—	16 - 20
Betongblokk	8 - 15	—	8 - 12	—	12 - 15
Lettklinkerblok	2 - 8	—	8 - 12	—	12 - 15
Porebetong	2 - 5	8 - 12	12 - 16	12 - 16	16 - 20

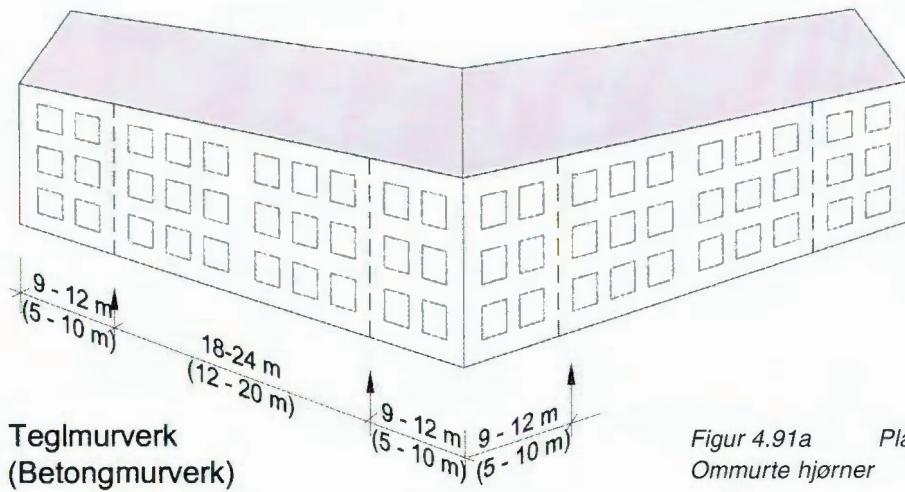
### Noter

<sup>1)</sup> Glidesjikt er forutsatt utført av beslag av 0,4 - 0,7 - 1 mm rustfritt stål eller tilsvarende korrosjonsbestandig metall

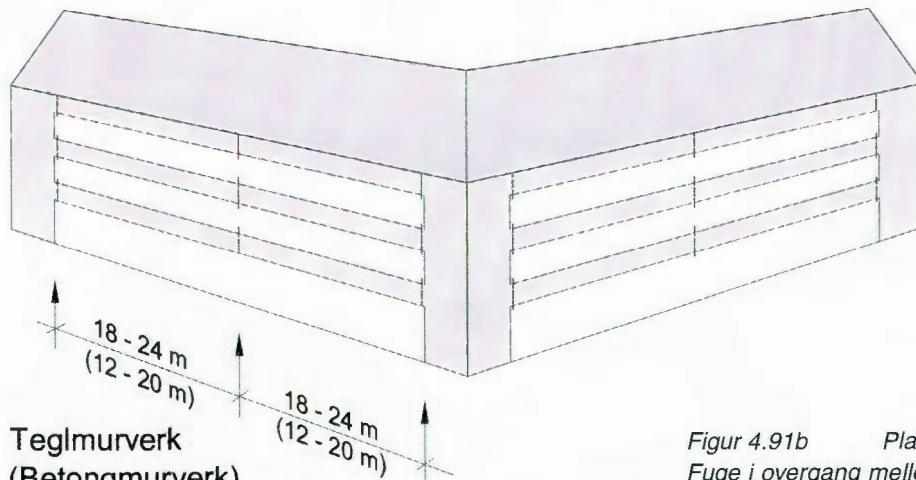
<sup>2)</sup> Forutsatt horisontal svinnarmering lik  $(A_s / A_c) \geq 0,6 \cdot (f_{tkx} / f_{sk})$

<sup>3)</sup> Forutsatt horisontal svinnarmering lik  $(A_s / A_c) \geq 0,3 \cdot (f_{tkx} / f_{sk})$

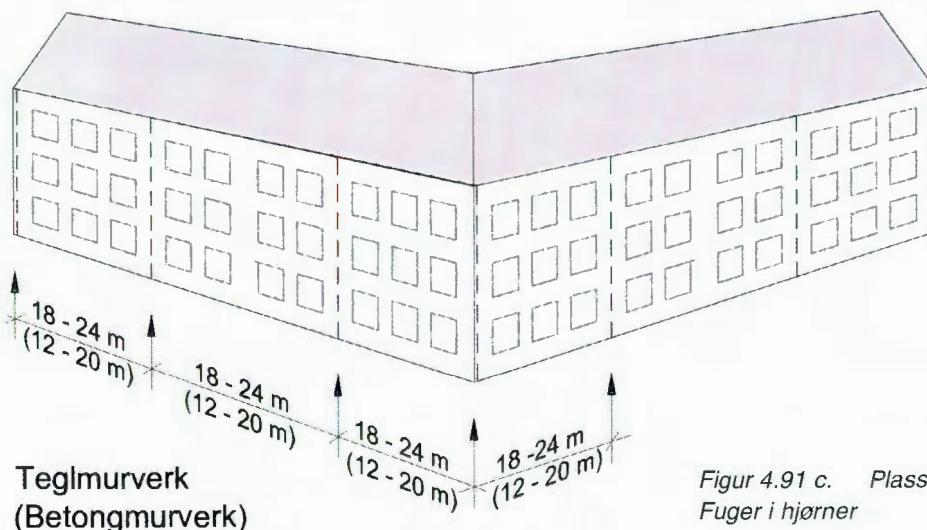
Tabell 4.9 Anbefalte verdier for maksimal, horisontal senteravstand (m) mellom vertikale bevegelsesfuger i yttervange av skallmurvegg. De laveste verdiene gjelder sydvendte flater, de høyeste gjelder nordvendte flater.



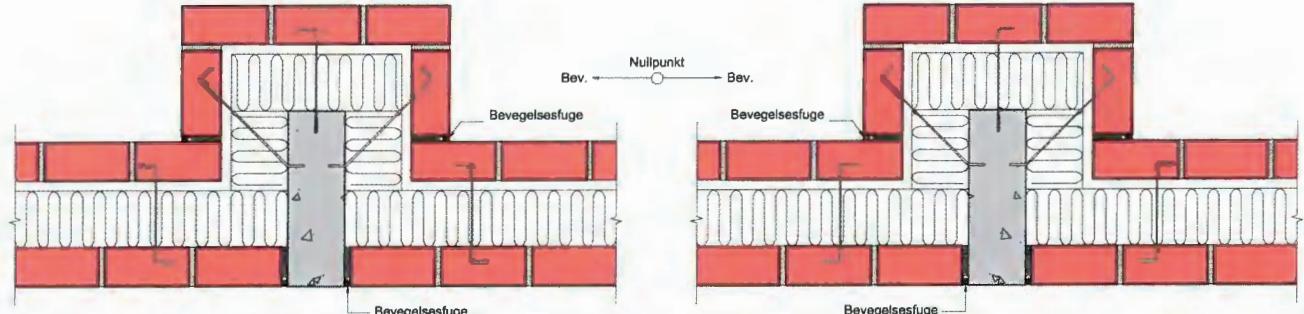
*Figur 4.91a Plassering av bevegelsesfuger.  
Ommurte hjørner*



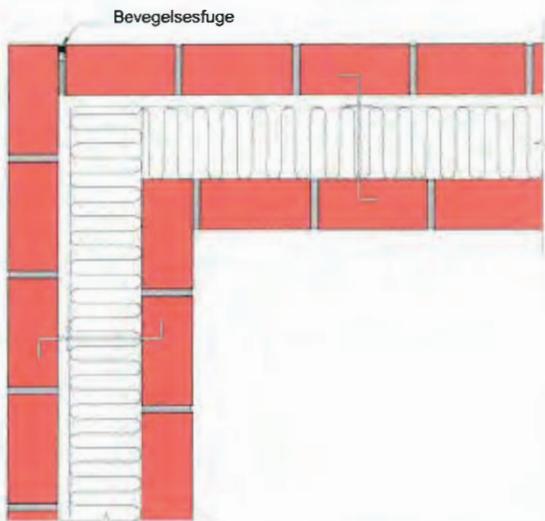
*Figur 4.91b Plassering av bevegelsesfuger.  
Fuge i overgang mellom opphengte brystningsbånd og  
tilstøtende murverk*



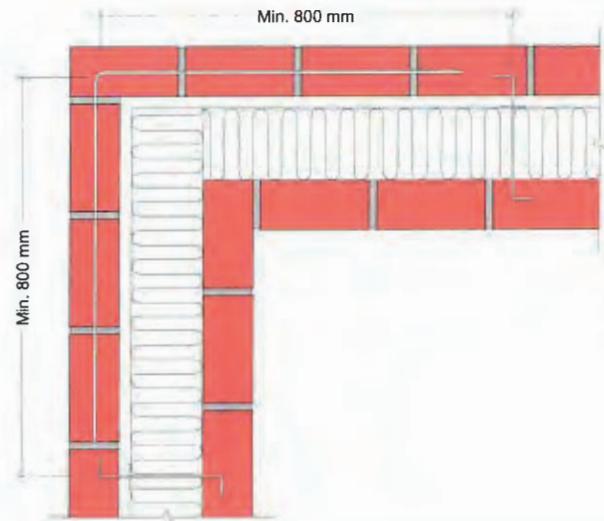
*Figur 4.91 c. Plassering av bevegelsesfuger.  
Fuger i hjørner*



Figur 4.92 Vertikale bevegelsesfuger etablert i innvendige hjørner ved ommurte søyler og sprang i fasaden



Figur 4.93 Hjørnedetalj. Hjørne i skallmurvegg med bevegelsesfuge.



Figur 4.94 Hjørnedetalj. Ommurt hjørne i skallmurvegg

#### 4.92 Diafragmavegger

Diafragmavegger forutsettes her murt i teglstein. Hulmurskonstruksjonen oppdeles med vertikale bevegelsesfuger med største horisontalavstand på 15 m. Avstanden fra et ommurt hjørne skal ikke overstige 7 m.

#### 4.93 Plassering

Viktige momenter for plassering av bevegelsesfuger:

- Oppleggsbetingelsene; er det velfungerende glidesjikt?
- Sprang i sokkel; hindrer disse murverkets bevegelser?
- Utstikkende bygningsdeler, for eksempel balkonger, er murverket fritt til å bevege seg i forhold til disse?
- Overganger murverk som bæres av bygget; tilstøtende murverk som bæres ved sokkel kan gi fastlåsing og/eller differansebevegelser

- Fasadens geometri; er det mange åpninger og/eller sprang i fasaden som tilsier kortere avstand mellom fuger?

- Sydvendte fasader har mer bevegelse
- Murmørtel; sementrike mørtler fordrer tettere (flere) fuger.

#### 4.10 Overflatebehandling

Eventuell ut- eller innvendig overflatebehandling bør bestå av rent mineralske materialer (kalk, sement, vannglass/silikat) med tilsvarende diffusjonsegenskaper som i veggens forøvrig. Damptette plast- eller oljemalinger bør ikke benyttes da disse vil ødelegge ytterveggens gunstige diffusjonsegenskaper og dertil både forringje inneklimaet og utsette yttervangan for økt frostpåkjenning og vedlikeholdsbehov.

## 5 Tilslutningsdetaljer

### 5.1 Grunnmurskrone

#### 5.11 Opplegg

Grunnmuren må utføres slik at det blir godt opplegg for begge vanger og slik at man i størst mulig grad unngår kuldebro i overgangen mellom grunnmur, dekke og skallmurvegg/diafragmavegg. Utformingen av opplegget er avhengig av eventuelle vinduer i grunnmuren og terrengets høyde i forhold til overgang mellom grunnmur og vegg.

#### 5.12 Fuktsperre og glidesjikt

Bunnen i hulrommet utformes med fall utover og dekkes med en egnet fuktsperre som føres helt ut til grunnmurlivet. Alle skjøtene i sperresjiktet må gjøres helt tette.

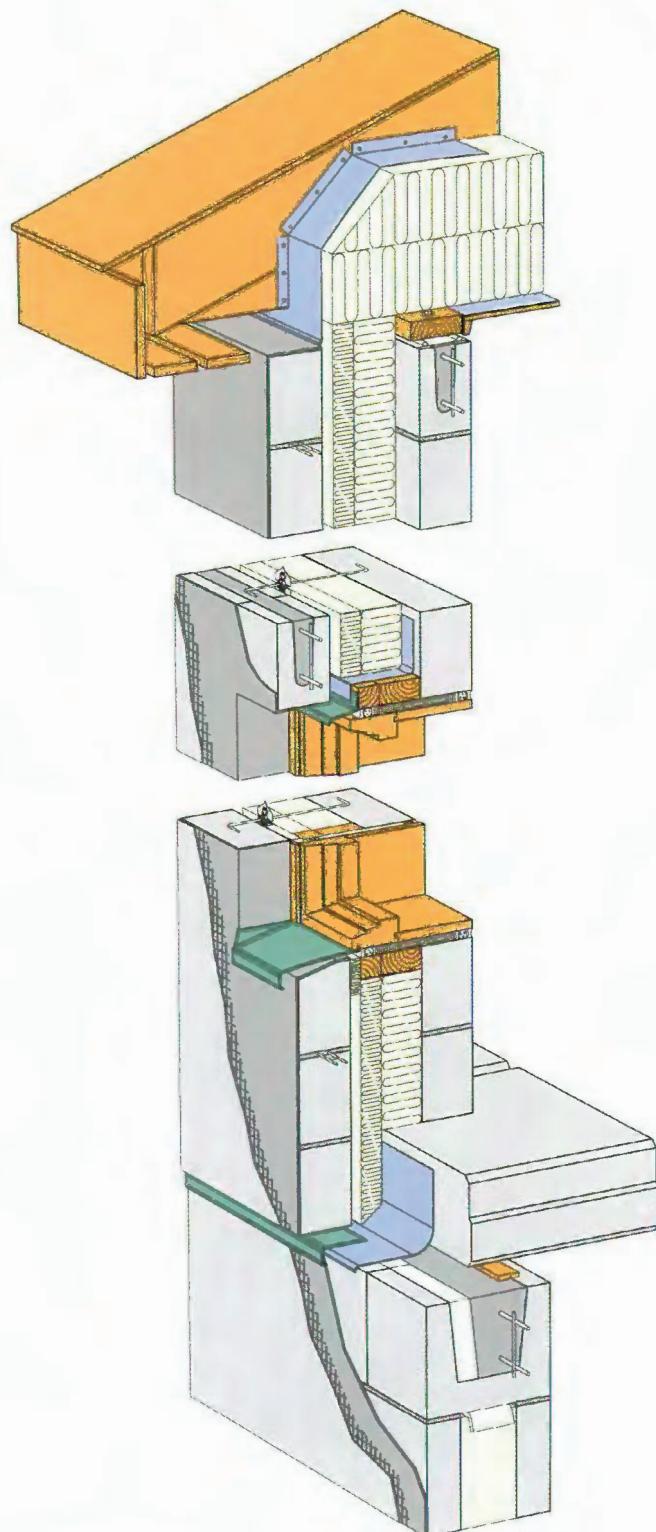
Fig. 5.11, 5.12 , 5.14 og 5.15 viser skallmurvegger med fuktsperre og glidesjikt av rustfritt stål, som gir minimal friksjon mellom yttervangen og opplegg. Fig. 5.13 viser det samme for en diafragmavegg. I diafragmaveggen mures de tre nederste sjiktene i steinbindesten slik at fuktsperren kan føres opp mellom steinbindestenen og innervangen.

#### 5.13 Fugearmering

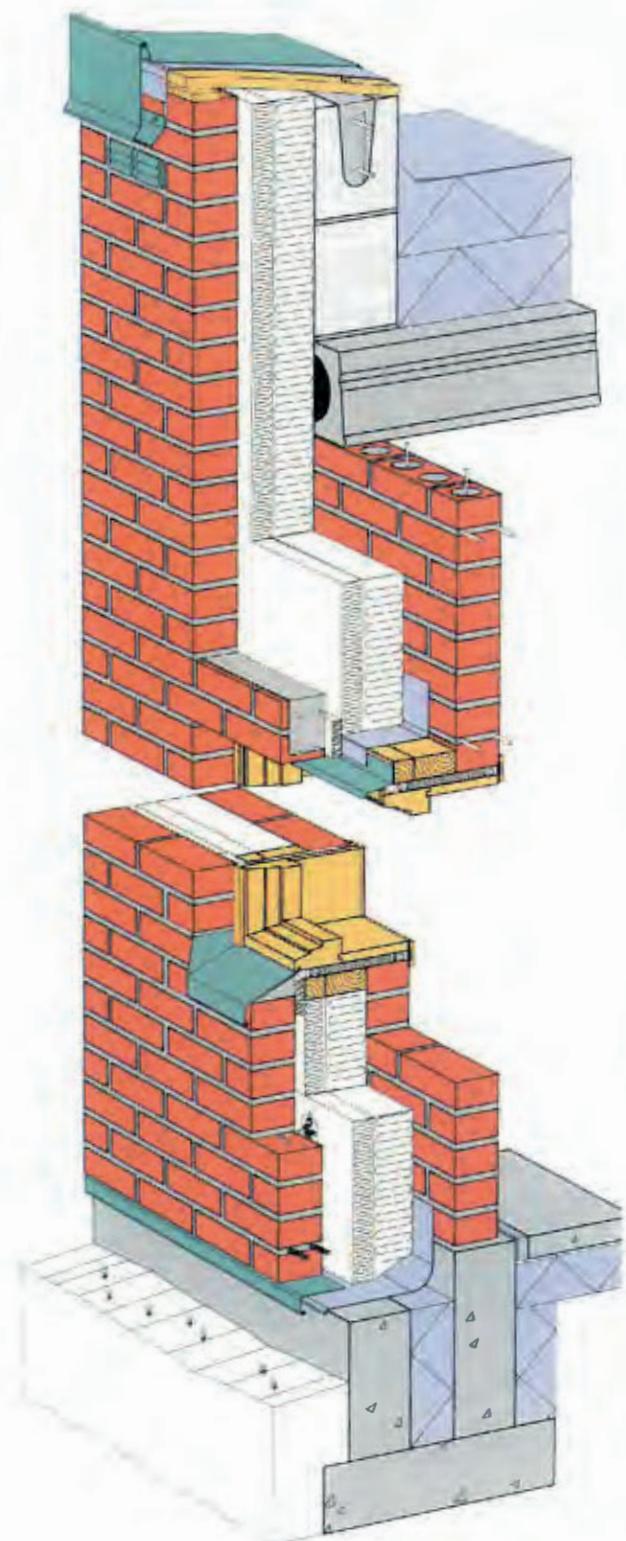
For å motvirke eventuelle rissdannelser pga. horisontalt strekk i yttervangen når denne trekker seg sammen (svinn, fallende temperatur), bør det alltid legges fugearmering i nest nederste mørtefuge. Fugearmeringen dimensjoneres ut fra benyttet materiale i yttervangen, vanentykkelse og valg av glidesjikt, se tabell 4.8.

#### 5.14 Drenering

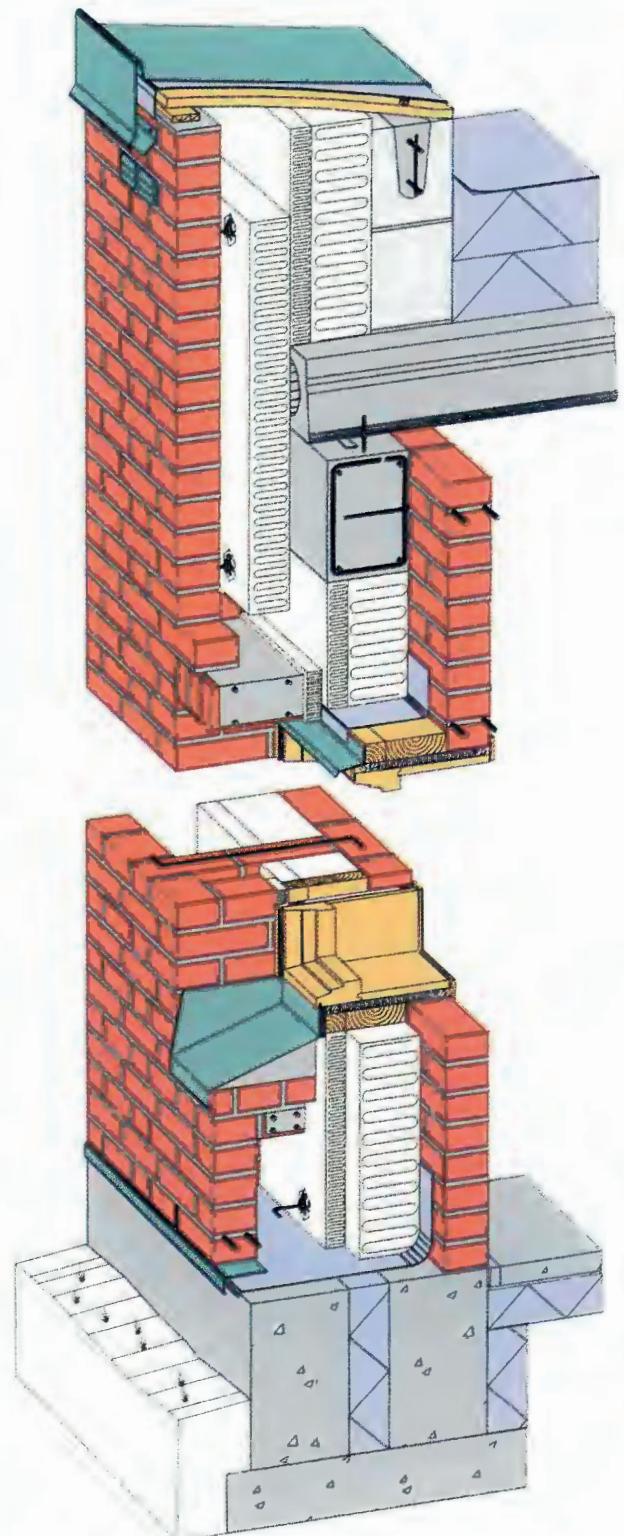
Lekkasjevannet ledes ut via avsatte åpninger (i stussfugene) i yttervangen umiddelbart over fuktsperren i bunnen av hulrommet, se pkt. 4.64 foran.



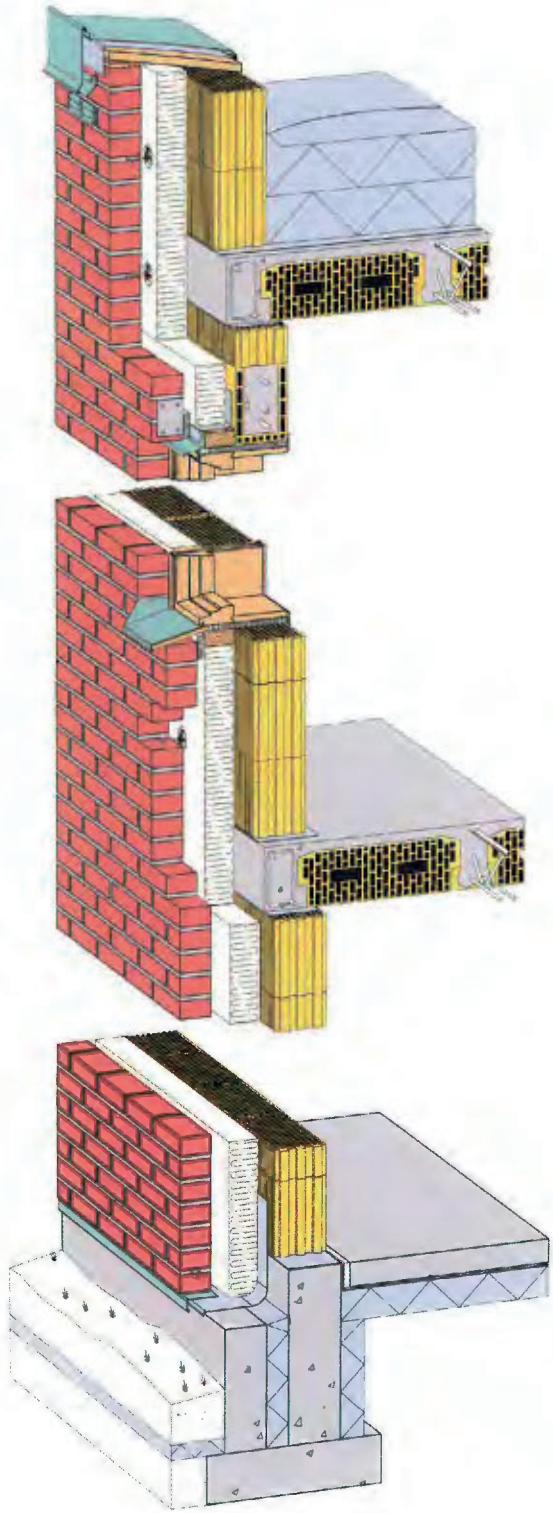
Figur 5.11 Ytterveggsdetaljer. Skallmurvegg med begge vanger av blokkmurverk



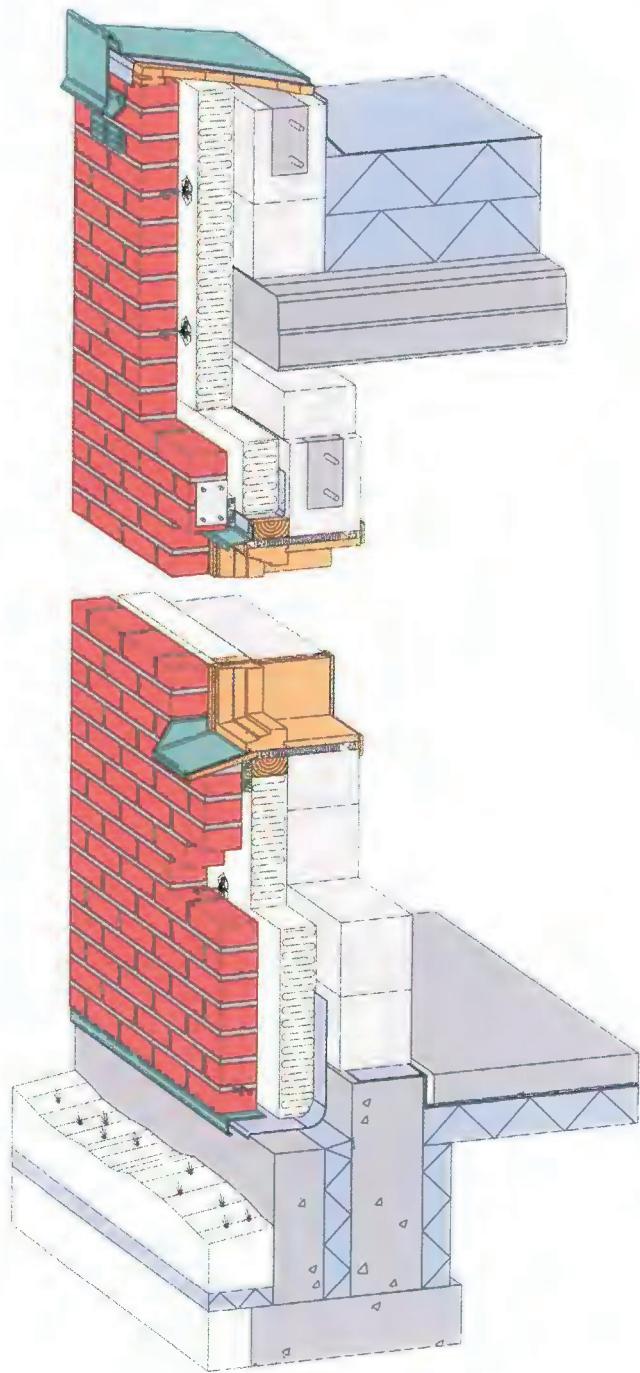
Figur 5.12 Ytterveggsdetaljer. Skallmurvegg med begge vanger av murstein



Figur 5.13 Ytterveggsdetaljer. Diafragmavegg



*Figur 5.14 Ytterveggsdetaljer. Skallmurvegg med yttervange av teglstein og innervange av Porotherm*



*Figur 5.15 Ytterveggsdetaljer. Skallmurvegg med yttervange av tegl og innervange av blokkmurverk.*

## 5.2 Etasjeskillere

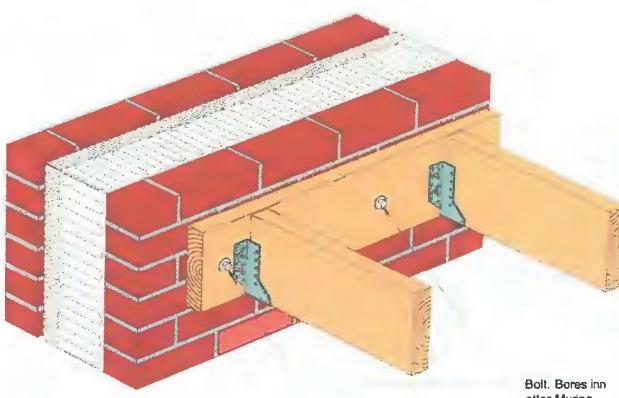
Etasjeskillere av elementer av betong- eller lettbetong legges på avrettet murkrone på innervangen med full oppleggsdybde over hele vangetykkelsen. Full kontakt sikres med utlegging av egnat flislim umiddelbart før montering av dekkeelementene. Nedføringen av horisontale vindkrefter i skallmurvegger og diafragmavegger sikres ved friksjon mellom bærende innervange/bjelke og den stive dekkeskiven. Se fig. 5.14 for skallmurvegg og 5.13 for diafragmavegg. Fig. 5.22 viser diafragmavegg med bolteforbindelse i overgangen mellom bærende bjelke og dekkeskiven.

Benyttes plassstøpte betongdekker, bør det legges en heftbryter mellom avrettet murkrone og betongdekke for å unngå at skadelige tvangskrefter fra langtidsnedbøyning av dekket overføres på innervangen. Ved lange bygninger bør man vurdere å dele opp dekket med tverrgående dilatasjonsfuge(r) for å hindre at begivelser i betongen trekker murverket med seg. Som heftbryter mellom betong og murkrone kan man legge inn et glidesjikt.

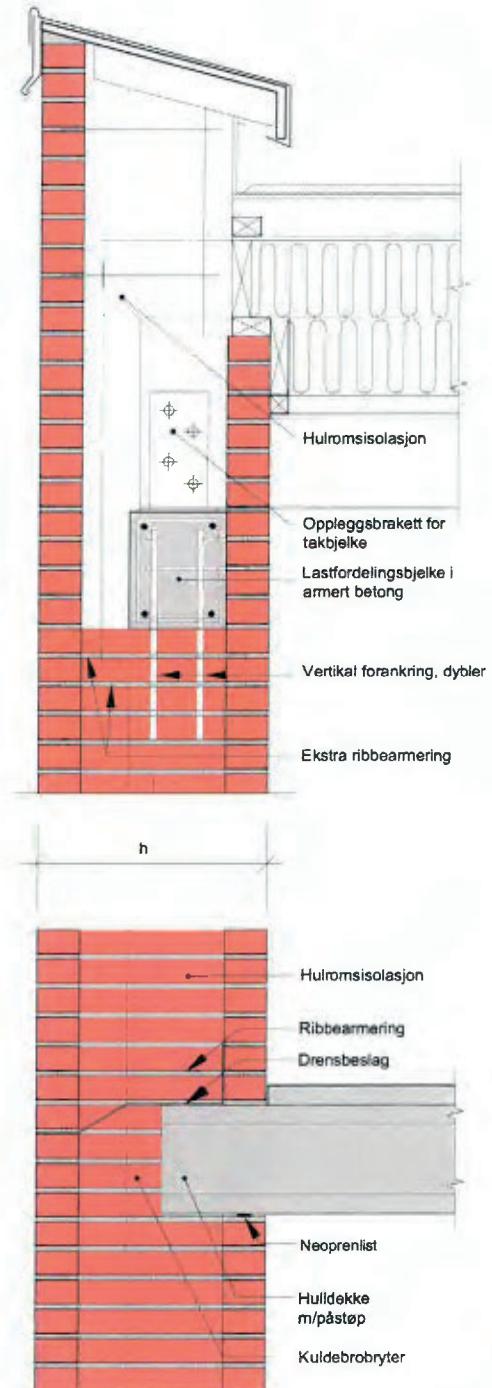
For å hindre eventuell kantknusing av murkronen pga. dekkerotasjon ved opplegget, kan mørtefugen her trekkes ca. 10 mm inn fra innvendig veggliv og evt. forsegles med elastisk fugemateriale.

For å få en penere sokkelovergang mellom dekke og innervange i påfølgende etasje, kan første skift trekkes 10 - 15 mm inn. Innrykket sokkel må avklares med rådgivende ingeniør.

Fig. 5.21 viser opplegg av trebjelkelag via horisontalt ribord opphengt i bolter som er innfestet i den bærende innervangen.



Figur 5.21 Opplegg av trebjelkelag på bærende innervange av skallmurvegg. Trebjelkelaget er festet til et horisontalt ribord opphengt i bolter innfestet i den bærende innervangen.



Figur 5.22 Ytterveggsdetaljer diafragmavegg. Vertikalsnitt av diafragmavegg ved overgang mot tak og dekke. Den lastfordelende toppbjelken har opplegg på de tverrmurte stegene i topp av diafragmaveggen. Toppbjelken må avskilles fra yttervangen med mellomliggende mineralullplate som utvendig kuldebryter og drenerende fuktsperr. Toppbjelken kan enten prefabrikkeres eller støpes ut inne i vangen.

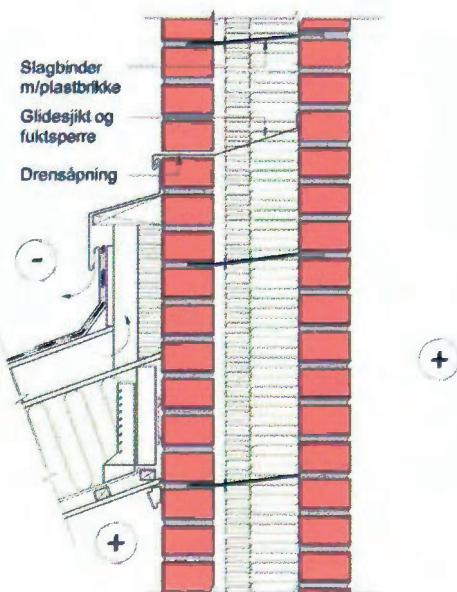
## 5.3 Takavslutning

### 5.31 Skallmurvegg

Fig. 5.12 viser eksempel på avslutning av skallmurvegg mot kompakt tak med dekke av betong. Det bør være en fri klaring på minst 10 mm mellom yttervange og gesimsbeslag for opptak av vertikal relativbevegelse mellom yttervange og råbygg. Gesimsbeslaget bør videre ha avrenning med fall inn mot tak for å unngå skjemmende sverting av fasaden under skjøter og/eller de vertikale falser av beslagavdekkingen.

Fig. 5.11 viser avslutningsdetalj mot lett tretak med takstoler og kaldt loft. Tretaket må forankres mot løftekrefter fra vindusug, eksempelvis kan man som vist på figuren bruke bolter støpt ned i U-blokkene, eller bruke båndstål ført fra takstol og så langt ned til innfesting i innervangen at denne har nødvendig motvekt mot sugkreftene.

Ved tilslutning av mellomtak til skallmurvegg, som går over til innervegg under taknivå, må vanngjennomgang i yttervangen over tak samles opp og dreneres ut via et innmurt beslag som går over hele hulrommet og med oppbrett til innervangen, se fig. 5.3.



Figur 5.3 Detalj av tilslutning av mellomtak til skallmurvegg. Føring av gjennomgående drensbeslag i skallmurveggen og lufting av tak bak beslagsoppkanten mot yttervangen.

### 5.32 Diafragmavegg

Hulmurveggen skal spenne vertikalt ved opptakelse av vindkrefter mot bygget og skal fastholdes mot horizontal forskyvning i bunn og topp. I toppen av diafragmaveggen støpes det ut en armert betongbjelke med dimensjon  $b \times h = 200 \text{ mm} \times X \text{ mm}$  i nivå med avstivende takkonstruksjon, opplagret på stegene i topp av vegen. Betongbjelken utnyttes som stabilisering vegglast og for å overføre krefter mellom vegg og takskive.

Konstruksjonens statiske virkemåte er avhengig av godt samvirke mellom mørtel og teglstein. Toppbjelken må avskilles fra yttervangen med mellomliggende mineralullplate som utvendig kuldebrobryter og drenerende fuktspærre. Toppbjelken kan enten prefabrikkeres eller støpes ut inne i vangen. Se fig. 5.13 og 5.22.

## 5.4 Overdekninger over åpninger

### 5.41 Plassmurte overdekninger i ikke-bærende vanger

Der innervangen ikke bærer etasjeskiller, og for selvbærende yttervanger generelt, kan det benyttes selvbærende, plassmurte overdekninger (bjelker) over dør- og vindusåpninger. Høyden på den murte overdekningen skal være minst 1/4 av åpningens lengde og ikke lavere enn 300 mm eller fire mursteinsskift. Største lengde på plassmurte overdekninger bør begrenses av valgt utførelse av bunnskiftet: for løperskift maks. 1,5 m, rullskift maks. 2,5 m, stenderskift maks. 4,5 m. Ved lengder ut over dette anbefales benyttet andre løsninger, se pkt. 5.42 - 5.45.

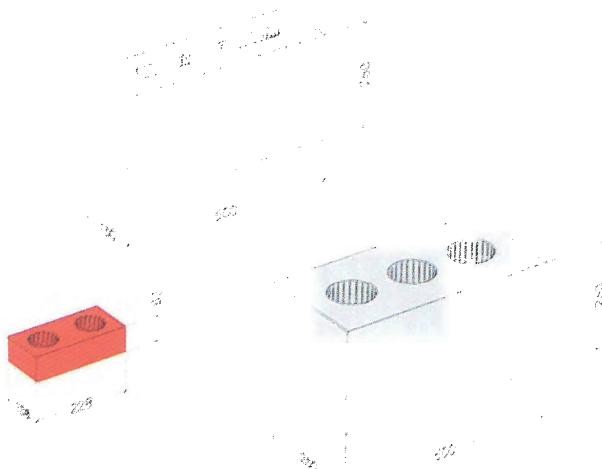
Mursteinen i overdekningens tre nederste skift bør alltid forvannes for å normalisere steinens vannoppasug fra mørten og derved sikre god heft mellom mørtel og stein. Forvanning utføres ved helt neddykking av steinen i vann i 1 - 2 minutter. Deretter må steinen dryppørre i 10 minutter før innmuring. For stein med minuttsug lavere enn ca.  $2,5 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$ , og ved vintermuring, kan forvanning erstattes med grunning av de samme tre nedre skift med egnet flislim eller tilsvarende, som kostes ut. Umiddelbart deretter påmures neste skift med mørtel vått i vått med grunningen.

Rullskift og stenderskift som bunnskift i overdekningen skal tilsvarende også alltid grunnes med flislim umiddelbart før påmuring av neste skift vått i vått.

#### 5.42 Plassmurte, vertikalarmerte overdekninger

Dersom innervangen er belastet, må overdekningen dimensjoneres i hvert enkelt tilfelle. Som regel vil skjærkraftene bli dimensjonerende for utførelsen. Det kan benyttes vertikalarmert og utstøpt murverk for å ta skjærkraftene over åpningen. I tillegg legges inn nødvendig horisontalarmering i bunn- og toppfuge(r).

Det finnes både teglstein og blokkprodukter på markedet med hullutforming egnet for vertikalarmering og utstøping i slike konstruksjoner, se fig. 5.42.



Figur 5.42 Eksempler på teglstein og blokkprodukter med store, gjennomløpende hull egnet for vertikalarmering og utstøping

Vertikalarmering kan også med fordel benyttes i selvbærende overdekninger i yttervangen. Det vertikalarmerte og utstøpte murpartiet må dekke en høyde tilsvarende minst 1/10 av åpningens lengde, og horisontal senteravstand mellom vertikalarmeringen bør ikke overstige 1/20 av åpningens lengde. De vertikalarmerte hullkanalene skal støpes ut med en egen flytbeton hvor tilslaget bør ha maksimal kornstørrelse opp til ca. 6 mm.

#### 5.43 Skift av U-blokker

Ved vanger murt av blokker benyttes armerte og utstøpte U-blokkskift over åpningene, se fig. 5.15 foran. Slike U-blokkskift kan dimensjoneres og utføres for opptak av dekkelaster. U-blokkskiftene utføres i samsvar med anvisninger fra blokkleverandør. Se også Murkatalogens anvisning P8.

#### 5.44 Prefabrikkerte murbjelker

Disse kan leveres med ønsket utforming på bestilling. Bjelkene brukes som nedre del av overdekninger over åpninger og skal fungere som strekkbånd i murpartiet, se fig. 5.11, 5.12 og 5.15. Det må derfor etableres fullt samvirke mellom den prefabrikkerte murbjelken og påfølgende murparti. Dette oppnås best ved at det benyttes slakkarmerte bjelker som grunnes i overkant med egnet flislim, og som kostes ut umiddelbart før påmuring av neste skift med mortel vått i vått med grunningen. Under oppmuringen må bjelkene understøttes til murverket og heftsonen har oppnådd tilstrekkelig fasthet.

Det kan også leveres spennarmerte murbjelker som virker alene, uten samvirke med overliggende murverk. Se produsentenes anvisninger.

#### 5.45 Bjelker av stål eller betong

Over åpninger med særlig store spenn eller store dekkelaster kan det være aktuelt å bruke egne bærebjelker av stål eller armert betong. I indre vange bør bjelken utgjøre hele overdekningen alene.

I ytre vange skal bjelken prinsipielt bære murpartiet over åpningen, og uten samvirke med dette. I praksis vil imidlertid murpartiet som regel ha så stor stivhet at det vil bære seg selv. Bjelken vil således fungere som forskaling og understøttelse under muringen, og som statisk sikring av ovenforliggende murparti. Ved store spenn må også her bjelkene understøttes under oppmuringen, til murverket over har oppnådd tilstrekkelig fasthet.

Bjelker av stål eller betong brukes ofte som en arkitektonisk artikulering over vindusåpninger i fasader.

## 5.5 Innsetting av vinduer

### 5.51 Plassering og innfesting

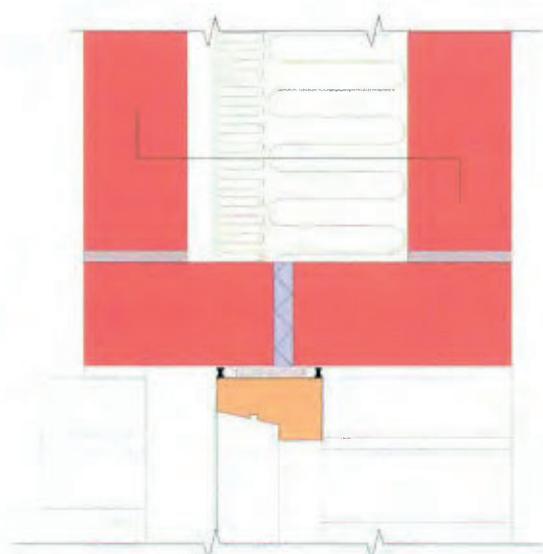
Vinduer i skallmurvegger og diafragmavegger bør plasseres slik at de flukter med isolasjonssjiktet. Av hensyn til relativbevegelser mellom yttervange og innervange, må vinduene kun festes i én av vangene og frigjøres helt fra den andre.

I denne anvisningen forutsettes at vinduene er montert i innervangen via utmurte bunn-, topp- og sidefalsar, eller via foringer i tre.

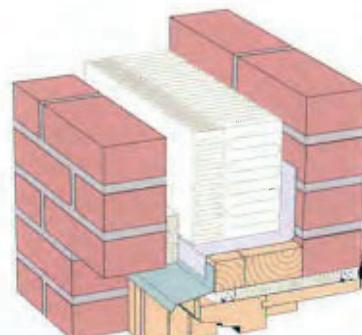
Ved utmurt sidefals festes vinduene alltid mekanisk til denne, direkte eller indirekte. Ved innervanger av isolerende blokkmurverk av porebetong eller lettklinkerbetong, festes vinduene normalt direkte til utmurte og pussede sidefalsar ved hjelp av ekspansjonspluggar av plast innsatt i utborete hull i murverket.

Ved innervanger murt av teglstein eller betongblokker festes vinduene via vertikale spikerslag innfestet til fremkant av sidefals. For å bedre varmeisoleringen i sidefalsen kan blindkarmen erstattes med punktvise vinkelbeslag el. tilsv. festet til fremkant av sidefals. Det er nødvendig å bruke et festesystem som gir mulighet for etterjustering av vinduet.

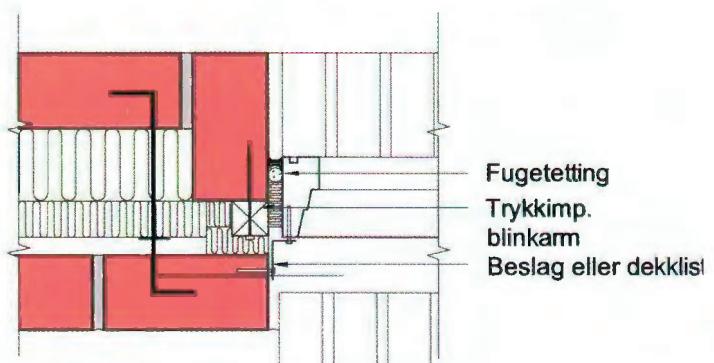
Vinduene kan alternativt festes til utføringer av tre, se fig. 5.11-5.15.



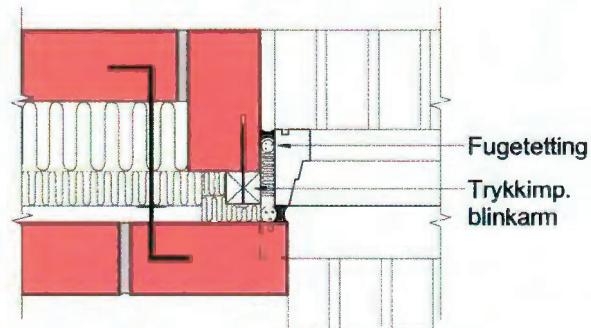
Figur 5.51a Horisontalsnitt av innfesting av sidekarm i utmurt sidefals av innervange. Skallmurvegg med begge vanger av tegl



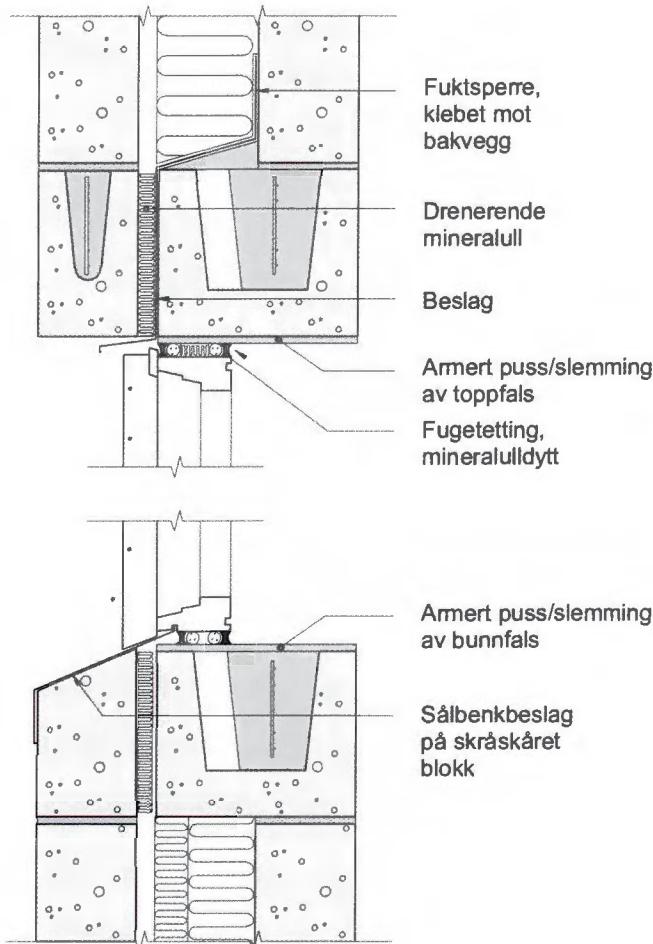
Figur 5.51b Windusinnsetting, perspektivsnitt, tegl



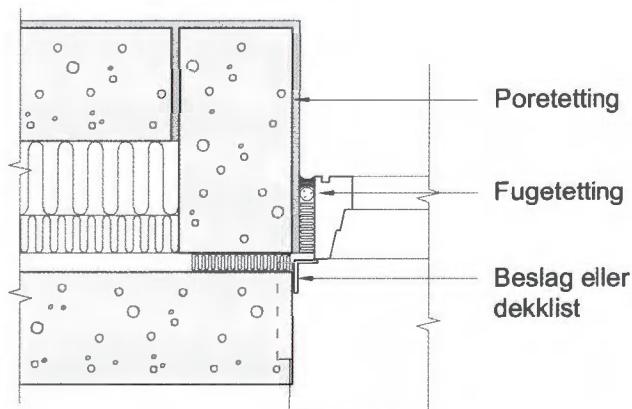
Figur 5.51c Windusinnsetting, horisontalsnitt, tegl



Figur 5.51d Alternativ windusinnsetting, horisontalsnitt, tegl



Figur 5.51e Vindusinnsetting, vertikalsnitt, lettklinker



Figur 5.51f Vindusinnsetting, horizontalsnitt, lettklinker

### 5.52 Fuktbeskyttelse og drenering

Ved slagregn vil det alltid trenge noe vann gjennom yttervangen, med unntak av der det er brukt en tradisjonell 3-sjiks puss. Vinduets toppkarm må derfor beskyttes mot nedfukting fra ovenforliggende, murt brystningsfelt ved hjelp av et beslag, som leder vannet direkte ut i overkant av toppkarmen. Monteringsfugen mellom beslag og toppkarm beskyttes med en dekklist festet til toppkarmen.

Sålbenk avdekkkes med korrosjonsbestandig beslag med oppbrett i bakkant ført opp i et horisontalt spor i underkant av bunnkarm. Beslaget bør også ha oppbrett mot sidefals i yttervangen og innstikk i korresponderende, utkrasset mørtefuge her. Innstikket forsegles med elastisk fugemateriale.

På værharde steder bør sålbenkbeslaget dekke hele sålbenken og med utstikk ført ca. 40 mm ut fra vegglivet, som vist på fig. 5.13. På mindre værharde steder kan sålbenken mures. Sålbenken bør mures med stein med vannabsorpsjon mindre enn 12 volum-% og god frostmotstandsevne. Mørtefugene bør komprimeres og glattes for å sikre god tetting og avrenning.

### 5.53 Isolering og tetting

Mellom yttervange og utmurte falser av innervange bør det, ved innsetting av vinduer og dører, være en spalte på 30 - 70 mm som fylles helt med mineralull. I tillegg til å bedre varmeisoleringen langs falsomrammingen, skal mineralullen også bidra til å hindre ventilering av luftspalten mellom yttervange og hulromsisolering i skallmurveggen.

Monteringsfuger mellom vinduskarm og utmurte falser i innervangen bør isoleres med mineralull, som dyttes løst inn i fugen fra innsiden. Fugen forsegles innvendig med elastisk fugemateriale mot sirkulær bunnfyllingslist. Den innvendige tettingen er viktig og må utføres nøyaktig. Den skal fungere som både lufttetting og dampsperr og hindre at fuktig inneluft trenger ut og kondenserer mot kald side av karm og veggkonstruksjon.

Monteringsfugene skal ikke forsegles utvendig, da dette kan stenge inne fukt i området mellom karm og fals. Fugene må imidlertid beskyttes mot drivregn og kald uteluft. Dette oppnås med avdekking med egnet dekklist.

ISBN-13: 978-82-92756-00-3 (Murkatalogen)  
ISBN-10: 82-92756-00-0 (Murkatalogen)  
ISBN-13: 978-82-92756-01-0 (P1)  
ISBN-10: 82-92756-01-9 (P1)