



Handbok Fuktsäkra utfackningsväggar med hög prefabriceringsgrad enligt den holländska metoden

Anders Gustafsson
Anna Pousette
Rolf Jonsson

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut



Abstract

The aim of this work was to present a solution of design, manufacture and assemble prefabricated infill walls with good quality. The rapport is based on information from Holland. The aim is that designers, manufacturers and contractors and others must have a working basis for how to build and design infill walls with high prefabrication grade in a efficient and quality controlled process. The report also deals with aspects of the wall function and practical observations that are important to consider.

Key words: infill walls, design, manufacture, assemble, prefabricated

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

SP Technical Research Institute of Sweden

SP Rapport 2010:06

ISBN ISBN 978-91-86319-42-7

ISSN 0284-5172

Skellefteå 2009

Förord

Denna handbok utgör ett samlat resultat för praktisk tillämpning från projektet ”Fuktsäkra utfackningsväggar”. Kunskap och data från tidigare och pågående projekt har inarbetats samt information från likartade handböcker från Holland och Österrike.

Avsikten är att ge konkreta anvisningar och råd om utformning av konstruktioner som uppfyller kraven för fuktsäkra utfackningsväggar med hög prefabriceringsgrad utförda enligt en holländsk förlaga.

Anvisningarna är i första hand framtagna för att stödja möjligheter att bygga flervåningshus med utfackningsväggar men kan även tillämpas för lägre byggnader.

Framtagandet av denna handbok har kunnat ske tack vare stöd från SBUF, Skogsindustrierna och Södras forskningsstiftelse. Arbetet har letts av en styrgrupp bestående av företrädare från trä- och byggindustrin.

Det är vår samlade förhoppning att denna handbok ska bidra till ökad prefabricering av utfackningsväggar av trä, ett väsentligt bidrag till ökad effektivisering och industrialisering av byggandet.

Rolf Jonsson
Västbygg

Anders Gustafsson
SP Träteknik

Göteborg december 2009

Tack

Många personer och organisationer har bidragit med kommentarer och förslag under arbetet med denna handbok. Vi vill särskilt tacka medlemmar i styrgruppen, Sven Junkers Skanska Teknik, Sarah Segerman och Jan Lagerström Skogsindustrierna, Per Åhman FoU Väst. Stort tack även till det stöd vi erhållit från Bas Boellard, Ard-Jan Lootens, drs.ing H.M. Nieman och Stichting Bouw Research.

Författarna

Läsinstruktioner

Denna handbok behandlar hur man projekterar, tillverkar och monterar prefabricerade utfackningsväggar med bra kvalitet. Syftet är att projektörer, tillverkare och entreprenörer med flera skall få ett arbetsunderlag för hur man kan bygga och utforma utfackningsväggar med hög prefabriceringsgrad på ett effektivt och felfritt sätt.

Handboken behandlar även aspekter på väggens funktion och konkreta synpunkter som är viktiga att beakta. Den avgränsar sig till anslutningar mot den bärande stommen och enbart betongstommar.

Handboken visar också ett sätt att redovisa detaljer där typdetaljerna följs av tabellvärden för köldbryggor, faktorer för flanktransmission och isoleringsvärden för anslutande konstruktioner.

Därefter följer ett antal konkreta råd och anvisningar som projektörer, tillverkare och entreprenörer bör beakta vid utformning och montage av utfackningsväggar. Många av de redovisade lösningarna och råden är dock allmängiltiga och kan därför anpassas till andra konstruktioner

Vidare följer ett antal frågeställningar som är aktuella för de olika lösningar som specifikt utgör den största skillnaden mellan den teknik som används idag och vad som redovisas i denna handbok.

Sammanfattning

I Sverige används idag nästan utan undantag utfackningsväggar med låg förtillverkningsgrad som en följd av de fuktproblem som uppträtt vid byggandet av bland annat Hammarby Sjöstad. En högre förtillverkningsgrad, med bibehållen fuksäkerhet, är angelägen eftersom den kan förkorta byggtiden och effektivisera byggandet. Det kan väsentligt bidra till att industrialisera byggandet!

Under flera decennier har man i Holland hos samtliga parter i byggkedjan bidragit och ställt samman en detaljhandbok som med erfarenhetsåterföring successivt förbättrats och förfinats. Den har i Holland kommit att bli en ”de facto-standard”. Eftersom alla använder den går arbetet effektivt och mindre antal fel uppstår förorsakade av brister i teknisk kompetens eller kommunikation mellan aktörerna.

I Holland används oftast utfackningsväggar med hög prefabriceringsgrad, d v s isolering, utvändiga ytskikt, invändiga ytskikt och fönster ingår i utfackningselementet. Tack vare de erfarenheter man vunnit i Holland och från deras de facto-standard, har dessa lösningar anpassats för svenska förhållanden.

Skillnaderna mellan den holländska metoden och de metoder vi använder idag i Sverige är:

- till utvändigt vindsydd används i Holland mera frekvent en vind- och vattentät duk. Duken är diffusionsöppen så att eventuell fukt kan diffundera ut mot den kalla sidan,
- i Holland används invändigt fibergipsskivor i större utsträckning än i Sverige och till den bärande stommen används träreglar,
- de infästningsdetaljer som används i Holland är speciellt utformade och anpassade för utfackningsväggar,
- alla parter i den holländska byggprocessen använder i princip standardiserade byggdetaljer som är beskrivna i en detaljhandbok.

I handboken redovisas ett antal ”standardiserade lösningar” med tillhörande tabellvärden baserade på den holländska metoden och anpassade för svenska förhållanden. Genom att använda dessa lösningar bidrar det till att utfackningsväggar med hög prefabriceringsgrad åter kan användas.

Innehållsförteckning

1	Inledning	7
1.1	Förkortningar och definitioner	8
1.2	Aktuella normer och krav	8
1.3	Byggnadsfysikaliska egenskaper	9
1.4	Utfackningsväggar, allmänt	10
2	Väggens funktion	11
2.1	Inledning	11
2.2	Termiska kvaliteter	11
2.3	Hygroskopisk funktion (ångtäthet)	12
2.4	Lufttäthet	13
2.5	Vattentäthet och regntäthet	14
2.6	Ljudisolering	15
2.7	Brandsäkerhet	15
2.8	Beständighet	16
3	Projektering, tillverkning och montage	17
3.1	Allmänt	17
3.2	Projektering, tillverkning och montage	17
4	Principer och detaljer	25
4.1	Regelstomme med utvändigt isolerande skikt	26
4.2	Regelstomme med invändig och utvändig isolerande skikt	28
5	Specifika frågeställningar	33
5.1	Utvändig vattentät diffusionsöppen duk i stället för en styv skiva	33
5.2	Kritiskt fukttillstånd i yttre delen av väggen	33
5.3	Invändig gips	34
6	Diskussion och slutsatser	37
7	Referenser	39

1 Inledning

Tidigare genomförda arbeten visar att bristen på information och avsaknad av väl kända lösningar verkar menligt på användande av lätta prefabricerade utfackningsväggar i Sverige.

Lätta utfackningsväggar med regelstomme har under lång tid varit och är även idag ett mycket konkurrenskraftigt sätt att bygga väl isolerade och yteffektiva ytterväggar. Tekniken är därför marknadsledande för flerbostadshus i Sverige. De senaste åren har emellertid prefabriceringsgraden på utfackningsväggar i Sverige minskat. Detta beror på uppmärksamheten kring fuktproblem som ibland har uppkommit vid hantering och montering av utfackningsväggar. Kompletta utfackningsväggar med gipsskivor, regelstomme, mineralull och plastfolie i slutna element betraktas för närvarande som alltför riskfylld, varför prefabriceringen numera oftast begränsas till stommen och den utvändiga gipsskivan.

Lätta utfackningsväggar är också en lämplig byggmetod för framtiden då allt bättre isolerade väggar kommer att krävas i framtiden på grund av högre krav på energieffektivitet. Utfackningsväggar är enkla att komplettera med ytterligare skikt eller ändra isoleringstjocklekar och därmed lätta att anpassa till olika energikrav.

I Holland används utfackningsväggar i stor omfattning och branschen har utarbetat en ”de facto-standard” som spritts och redovisats till samtliga parter i branschen. Dessa metoder och detaljer som beskrivs har använts i Holland under en lång tid och med gott resultat.

Kvalité och funktion för utfackningsväggar till en byggnad bestäms förutom av konstruktionen, även till stor del av utförandet av anslutningsdetaljer mellan elementen och stommen. För att utföra detaljerna på rätt sätt krävs kännedom om ett antal faktorer, aktuella normer och funktionskrav, byggnadsfysikaliska egenskaper, byggprocessen, bärförmåga, material och underhåll.

Handbokens syfte är att visa en säker metod för projektering, tillverkning och montage av utfackningsväggar med hög prefabriceringsgrad. Det innebär ett konsekvent utförande i samtliga led, projektering, tillverkning och montage. Detta möjliggör ett byggande som är snabbare, kostnads-effektivare och med bättre kvalité.

1.1 Förkortningar och definitioner

Definitioner

Utfackningselement

Ytterväggselement avsett för utfackningsvägg benämns utfackningselement, (TNC60¹).

Utfackningsvägg

- icke bärande yttervägg, (TNC 95),
- icke bärande yttervägg placerad på bjälklag mellan bärande innerväggar eller pelare; vanligen utformad som regelvägg, (TNC 60).

Yttervägg

Vägg som innehåller ytterklimatskärm, (BSAB 96, Inredningshandlingar 2002).

Ytterklimatskärm

Klimatskärm som skyddar ett hus mot påverkan från ytterklimatet, (BSAB 96).

Innerklimatskärm

Klimatskärm vars huvudfunktion är att bevara inomhusklimatet i ett hus, (BSAB 96).

Ytterväggselement

Ytelement avsett för yttervägg. Ytterväggselement kan vara försett med utvändigt ytskikt eller avsett att kompletteras med ytskikt t ex i form av fasadelement.

Byggdelar

Byggdelar definieras som ”del av byggnadsverk som fyller en huvudfunktion i byggnadsverket”. Byggdelar definieras utan hänsyn till teknisk lösning, materiellt innehåll eller produktionsmetod. I begreppet ingår även installationssystem.

Byggdelstyper

Byggdelstyper definieras som ”teknisk lösning av en byggdela”. En byggdelstyp består av ett eller flera produktionsresultat.

1.2 Aktuella normer och krav

Boverkets byggregler, BBR 2008 gäller då man bygger nytt, bygger till (för den tillbyggda delen) och utför rivningsarbeten. I kapitlen 4-9 finns krav på bärförmåga, brandskydd, hygien, hälsa och miljö, hushållning med vatten och avfall, bullerskydd, säkerhet vid användning samt energihushållning.

Vid dimensionering används Boverkets konstruktionsregler, BKR eller Eurokoder. Från och med år 2011 ska Eurokoder tillämpas fullt ut vid dimensionering.

¹ Tekniska Nomenklaturcentralen

1.3 Byggnadsfysikaliska egenskaper

Allmänt

Byggnadsfysik handlar om flöden av vatten, luft och energi som funktionsmässigt hänger nära samman. Vid utformningen av detaljer krävs, för att uppnå goda byggnadsfysikaliska förhållanden, att ett antal egenskaper beaktas.

- isoleringsförmåga mot värme/kyla,
- ångtäthet,
- lufttäthet,
- vattentäthet,
- ljudisoleringsförmåga,
- beständighet.

Isoleringsförmåga

En väggs isoleringsförmåga anpassas till gällande myndighetskrav eller bättre. Väggens isoleringsförmåga styrs av ingående materials isoleringsförmåga, storleken på konstruktiv utformning, (köldbryggor) och utförandet. Exempelvis skall isolering ligga an mot angränsade ytor så att springor eller spalter där luften kan röra sig undviks.

Ångtäthet

Byggnaden skall ha ett lufttätt skikt, en så kallad ångspärr på insidan av konstruktionen. Skiktet skall förhindra fuktkonvektion och ångdiffusion. En otät ångspärr ger luftrörelser i väggen och ger ökad energiförbrukning samt ökar risken för fukt- och mögelskador i konstruktionen. I normala fall² skall ångspärren placeras så nära väggens insida som möjligt, dock inte längre in i väggen än ca 1/3 av totala isoleringstjockleken. Om tveksamhet råder gällande placering av ångspärren görs en kontroll, lämpligen med fuktberäkning.

Lufttäthet

En väggs totala lufttäthet bestäms av utvändigt skikts lufttäthet samt ångspärrens täthet. Utvändigt lufttätt skikt kan utföras med skivor eller duk. I båda fallen gäller att eventuell fukt inifrån konstruktionen skall kunna diffundera ut genom materialet. Luft som rör sig bakom fasadskiktet får inte tillåtas tränga in i isoleringen. En konstruktions täthet bestäms även till stor del av utförandet.

Vattentäthet

Fasadskiktets utformning och utförande är helt avgörande för väggens beständighet. Väggar kan utföras som enstegstätningar men ställer stora krav på utförandet. Ytterväggar med en ventilerad luftspalt eller dränerande skikt, (tvåstegstätning) bakom fasaden är att föredra då den bidrar till tryckutjämning samt att skiktet avleder inkommande fukt.

Ljudisolering

Väggens tjocklek, isolering och detaljutförande påverkar ljudreduktion i väggen. Ljudisolering bestäms utgående från aktuella krav.

Beständighet

Ytterväggar ska motstå olika former av yttre påverkan av bland annat väder och vind. Bra beständighet ger låga underhållskostnader, lång livslängd och därmed god ekonomi. Krav på beständighet ska beaktas vid projektering och tillverkning. Beständighet har speciellt stor betydelse för delar som är svåra att byta ut.

² För byggnader där omvänd fuktrörelse kan förväntas, byggnader med ständig luftkonditionering, fritidshus utan stadigvarande värme kan andra förhållanden gälla.

1.4 Utfackningsväggar, allmänt

Utfackningsväggen är den vanligaste typen av yttervägg i flerbostadshus med bärande stomme av betong, stål eller trä. Utfackningsväggen upptar vanligtvis inga vertikala laster utan enbart vindlast och egenvikt. Utfackningsväggen är mycket konkurrenskraftig då god termisk isoleringsförmåga kan kombineras med hög prefabriceringsgrad.

Byggande med utfackningsväggar innebär också ett antal moment som speciellt bör beaktas. Projekteringen av väggarnas tillverkningsritningar och övrig byggprojektering görs ofta av olika personer. Samordning mellan olika parter i byggkedjan blir därför en viktig del i processen. En utfackningsvägg med hög prefabriceringsgrad är känslig för fukt och bör behandlas därefter för att undvika mögel och andra fuktskador. Det innebär att det ställs stora krav på logistiken på byggarbetsplatsen. Transport, lagring på byggplatsen och montage av element är tidpunkter när väggen kan utsättas för fukt. Levereras elementen utan fasadskikt utsätts ofta de yttre skikten för mycket fukt och vatten kan sugas in kapillärt i konstruktionen. Vatten kan även tränga in i väggarna på olika sätt under produktionskedet och måste beaktas vid projektering och byggande med utfackningsväggar.

2 Väggens funktion

2.1 Inledning

För att uppnå ett gott resultat måste ett antal projekteringsaspekter beaktas. Färdiga detaljlösningar på olika delar kan därför vara till stor hjälp för byggherrar, projektörer och utförare. Att arbeta med förutbestämda lösningar på detaljer innebär också att kvaliteten ökar samt att en förutbestämd kvalitet kan byggas in i konstruktionen. Genom samarbete mellan beställare och projektörer fastställs kvalitetsnivån och därefter ska detaljerna utföras på rätt sätt. All projektering med förutbestämda detaljlösningar ska även kontrolleras mot avsatt budget (kostnads- eller produktionskalkyl). Aspekter som bör tydliggöras och beaktas vid valet av detaljlösningar.

I de redovisade typdetaljerna i kapitel 4 finns rekommendationer för projektering och utförande av detaljerna. De slutliga anvisningarna bestäms vid projekteringen av detaljerna. Vid utformningen av slutliga rekommendationer bör också beaktas eventuella kommunikationsproblem som kan uppkomma vid utförandet och hur dessa ska undvikas och förbättras.

Ägare, användare och administratörer ska kunna vidta de åtgärder som krävs för att nå önskad livslängd för huset. Åtgärderna ska genomföras systematiskt, dvs. de ska framgå av den beräknade budgeten och planerade underhållet. Alla dessa aspekter kan sammanfattas under rubriken långsiktig förvaltning

I olika konstruktioner kan materialen ha skilda eller gemensamma funktioner, ljudisolerande funktion, termiskt isolerande funktion eller ha en brandskyddande funktion. Om materialen sätts samman till en färdig konstruktion tillkommer ett antal funktioner. För redovisade detaljer i denna handbok har följande funktioner beaktats:

- termiskt isolerande,
- hygroskopisk (ångtätande),
- lufttätande,
- vattentätande,
- ljudisolerande,
- brandskyddande,
- beständighet.

2.2 Termiska kvaliteter

I Boverkets Byggregler, BBR, kapitel 6 anges att termiskt klimat består av dels termisk komfort för personer i byggnaden, dels en påverkan från det termiska klimatet på själva byggnaden. Till exempelvis kan kalla ytor ge upphov till kondenserande fukt som kan påverka byggnadsdelar.

Ett godtagbart termiskt rumsklimat är beroende av uppvärmningen, ytterväggarnas värmegenomgångskoefficient, lufthastigheten i rummet och yttemperaturen på golven. Temperaturen inomhus kan upplevas olika i olika rum även om termometern visar samma gradantal. Den upplevda temperaturen (riktad operativ temperatur) är ibland lägre än den uppmätta och det kan bero på exempelvis kallras vid fönster, otätheter vid dålig tätning vid fönster och dörrar, samt strålning från kalla ytor. Dagens krav på god energihushållning resulterar i allmänhet i så tjocka isoleringar att dessa problem inte uppstår. Trots välisolerade konstruktioner skall köldbryggor beaktas vid utformning av konstruktioner.

Detaljerna bör utföras med en hög värmeisolerande kvalitet. Vid projektering av detaljer bör det eftersträvas att detaljerna har bättre värmegenomgångskoefficient än intilliggande kontaktytor med andra ord ska köldbryggor undvikas. En köldbrygga är en del av konstruktionen där värmeströmmen (värmeförlusten) är betydligt högre än i omkringliggande konstruktionsdelar. En köldbrygga kan

kraftigt försämra en välisolerad byggnadsdel³. Köldbryggor kan medföra och ökar risken för lokal kondens i konstruktionen. Förutom ”normala” köldbryggor finns det geometriska köldbryggor. Detta är situationer där den yttre ytan är mycket större än insidan (kylflänseffekt).

En köldbrygga där material med sämre värmeisoleringsförmåga ingår i ett skikt med bättre värmeisoleringsförmåga orsakar värmeflöden i flera riktningar. Köldbryggor förekommer vid anslutningar mellan väggar och bjälklag, väggar och tak samt vid dörrar och fönster på grund av tvådimensionella värmeflöden. Även balkonginfästningar eller utkragningar av ytterväggen kan medföra köldbryggor. I hörn kan det exempelvis uppkomma tredimensionella förluster. Detta kan beaktas genom tillägg vid beräkning av genomsnittlig värmegenomgångskoefficient.

Genomsnittlig värmegenomgångskoefficient för byggnadsdelar och köldbryggor (W/m^2K) bestäms enligt SS-EN ISO 13789:2007 och SS 02 42 30 (2) och beräknas enligt nedanstående formel,

$$U_m = \frac{\left(\sum_{i=1}^n U_i \cdot A_i + \sum_{k=1}^m l_k \cdot \psi_k + \sum_{j=1}^p X_j \right)}{A_{om}}$$

där

- U_m är värmegenomgångskoefficient för byggnadsdelen (W/m^2K).
- U_i är värmegenomgångskoefficient för byggnadsdel i (W/m^2K).
- A_i är arean för byggnadsdelens i s yta mot uppvärmd inneluft (m^2). För fönster, dörrar, portar och dylikt beräknas ytan med karmyttermåttet.
- ψ_k är värmegenomgångskoefficienten för en linjär köldbrygga k , (W/mK). Metoder för beräkning av ψ finns bland annat i SS-EN ISO 14683.
- l_k är längden mot uppvärmd inneluft av linjär köldbrygga, (m).
- X_j är värmegenomgångskoefficient för en punktformig köldbrygga, j , (W/K).
- A_{om} är sammanlagd omslutande area mot uppvärmd inneluft (m^2).

Enligt BBR kapitel 9 ska bostäder vara utformade så att genomsnittlig värmegenomgångskoefficient (U_m) för de byggnadsdelar som omsluter byggnaden (A_{om}) högst uppgår till $0,50 W/m^2K$. För bostäder med elvärme gäller $0,40 W/m^2K$. Den högsta genomsnittliga värmegenomgångskoefficienten för lokaler får inte överskrida $0,70 W/m^2K$ respektive $0,60 W/m^2K$ vid elvärme. För totala byggnaden gäller framförallt att specifika energianvändningen (kWh per m^2 , A_{temp} och år) högst får uppgå till ett bestämt värde baserat på typ av byggnad och byggnadens geografiska läge. För mindre byggnader ($<100 m^2$) finns alternativa beräkningsmetoder.

Med köldbryggor menas oundvikliga konstruktiva delar av byggnaden som inte ingår i U_i -värdet för byggnadsdelen. Korrigeringsfaktor, ψ_k , kan bestämmas som tre olika värden angivna i SS-EN ISO 14683:2007. I bifogade typdetaljerna i kapitel 4 har korrigeringstermen angivits enligt följande

- ψ_e där längdmått mäts på konstruktionens kalla sida.
- ψ_{oi} där längdmått mäts i konstruktionens mittlinje.
- ψ_i där längdmått mäts på konstruktionens varma sida.

2.3 Hygroskopisk funktion (ångtäthet)

Kapitel 6 i BBR handlar om fukt och där anges allmänt att byggnader ska utformas så att fukt inte orsakar skador, elak lukt eller hygieniska olägenheter och mikrobiell tillväxt som kan skada människor. Mängden fukt i byggnadens konstruktioner och i utrymmen ska begränsas, så att dessa inte skadas av fukten. För detta rekommenderas fuktsäkerhetsprojektering, skydd av material mot fukt och smuts under byggtiden samt besiktningar och mätningar.

³ Swedisol; En vägledning till Boverkets Nybyggnadsregler, 1989

Fuktvandring genom en konstruktion kan ske genom

- fuktdiffusion, som drivs av variationer i ånghalt,
- fuktkonvektion, som beror på skillnader i lufttryck, vilket medför att fuktig luft pressar sig genom otätheter och hål.

Fuktdiffusion är i regel en långsam process och de transporterade fuktmängderna är ofta små. Vattenmängder som transporteras genom fuktkonvektion kan däremot bli betydligt större om det förekommer sprickor, springor och andra otätheter.

Skillnaden i ånghalt mellan inne och ute skapar en ångtransport (ångdiffusion) genom konstruktionen. Luft med hög ånghalt, exempelvis inomhusluft (vanligt för svenska förhållanden), strävar därmed ut mot väggens utsida för att på så vis jämna ut skillnaderna i ånghalt. Ångan kondenserar när daggpunkten nås (inre kondens) och under ogynnsamma omständigheter kan fukt kondensera och ansamlas i kallare delar av konstruktionen. I massiva konstruktioner t ex väggar med stor andel trä, stora murverk, är detta oftast inte ett problem då materialen har stor fuktbufferande egenskap och uttorkning kan ske vid en senare period. För lätta konstruktioner som inte har tillräcklig fuktbufferande förmåga kan kondens skapa stora skador. Mängden inre kondens som orsakas av diffusionen bestäms av ytans storlek och ångdiffusionsmotståndet.

För att förhindra denna ångtransport så placeras ett ångtätt skikt, ångspärr, i konstruktionen, t.ex. en plastfolie med högt ånggenomgångsmotstånd, se typdetaljerna i kapitel 4. Plastfolien bidrar även till konstruktionens lufttäthet. Den ska placeras innanför värmeisoleringen så att ångan inte når väggens kalla delar. Hur mycket ånga som går igenom ett material beror på dess ånggenomgångsmotstånd som bestäms av materialets tjocklek och ånggenomsläpplighet.

Om det finns springor i konstruktionen, kan det skapas konvektiv transport av fuktig luft från huset. Fuktvandring genom konvektion uppkommer vid skillnad i lufttryck så att luft förflyttar sig och tar med vattenånga. Lufttrycksskillnaderna kan bero av vindtryck mot fasader, skillnader i temperatur och mekanisk ventilation. Om lufttransporten sker genom klimatskalet inifrån och ut så finns risk för att det blir fuktskador. Detta medför nämligen risk för kondens på kallare delar i detaljer. En detalj med en springa kan också orsaka komfortproblem (drag). Det är därför nödvändigt att täta dessa öppningar. I de flesta byggnader är risken för fuktkonvektion störst i byggnadens övre delar, dvs. där det kan råda invändigt övertryck. Fuktransport på grund av fuktkonvektion kan orsaka allvarligare fuktskador än fuktdiffusion. Det är därför viktigt att åstadkomma god lufttäthet i till exempel en yttervägg och dess anslutningar.

Fuktvandringen genom en vägg kan hindras genom att använda luft- och ångtäta skikt. Utformningen och utförandet av skikten är viktigt för att uppnå bra resultat. Med ökad termisk isolering ökar också kravet på att ha en bra ångspärr i väggen eftersom varm, fuktig inomhusluft som tränger igenom väggen riskerar att öka den relativa fuktigheten i väggens yttre delar och kondensera.

2.4 Lufttäthet

I BBR kapitel 6:531 om lufttäthet finns inga gränsvärden för lufttätheten i byggnadens klimatskal, men som allmänt råd påpekas vikten av god lufttäthet för att minska risken för fuktskador. Boverkets byggregler anger vidare att byggnadens klimatskärm ska vara så tät att det genomsnittliga luftläckaget vid +50 Pa tryckskillnad inte ska överstiga $0,6 \text{ l/s m}^2$ beräknat på omslutande area. Lufttätheten kan påverka fukttillståndet, den termiska komforten, ventilationen samt byggnadens värmeförluster. Metod för bestämning av luftläckage finns i SS-EN 13829. Vid bestämning av luftläckaget bör även undersökas om det är koncentrerat till någon byggnadsdel eftersom det då kan finnas risk för fuktskador. Energiförluster på grund av otätheter och ventilation kan vara stora. Detaljutförandet bestämmer till stor del lufttätheten för ett hus.

Kravet på lufttäteten kan uttryckas som ett högsta värde på en luftläckningskoefficient vid en viss tryckskillnad över fasaden. Det finns idag inget sätt att i förväg beräkna luftläckningskoefficienten, men den går att mäta i efterhand. Mätmetoderna visar det totala luftläckaget men inte var otätheterna finns. Termografi kan utnyttjas för att upptäcka var luftläckorna finns. De flesta konstruktioner som används i dag ger bra lufttätet om de utförs noggrant.

Lufttäteten bör inte förändras över tiden. Materialens åldrande ska beaktas vid projekteringen. Toleranserna för krokigheten hos dörrar och fönster bör också beaktas eftersom de ofta kan vara stora och man får svårt att klara gränsen för lufttäteten. Vid två- och trepunktshörn tätade med intryckbara, utdragbara och utbytbara listtätningar av konstgummi så behövs särskilda detaljer. Praxis i Holland är att justerbara lås och gångjärn används. En annan utveckling är också den systematiska användningen av tätband som sväller. Fördelen med dessa band är att de är relativt lätta att byta vid underhållsarbete.

2.5 Vattentätet och regntätet

I BBR kapitel 6:53 om fuksäkerhet anges att byggnader ska utformas så att varken konstruktionen eller utrymmen i byggnaden kan skadas av fukt. Som allmänt råd anges att vid bedömning av fukt-tillståndet, såväl under byggtiden som i den färdiga byggnaden, bör hänsyn tas till förekommande fuktkällor. Fuktblastningens storlek, varaktighet och frekvens bestäms utifrån lokala förhållanden. Följande fuktkällor kan förekomma

- nederbörd,
- luftfukt, utomhus och inomhus,
- vatten i mark (vätskefas och ångfas) samt på mark,
- byggfukt,
- vatten från installationer m m,
- fukt i samband med rengöring.

Fasadmaterial ska utformas så att utifrån kommande fukt inte kan nå fukt känsliga byggnadsdelar. Ytterväggar och yttertak påverkas från utsidan av regn, framförallt i kombination med blåst. Vinden kan medföra att regn kommer in genom otätheter i fasaden, t ex springor. Hur mycket som tränger in beror på regnmängden, hålen eller sprickornas storlek och läge, samt lufttrycket mot väggen. Fasad-beklädnader av träpanel, skivor mm samt skalmurar bör byggas så att utifrån kommande fukt inte kan nå fukt känsliga byggnadsdelar. Det gäller även fönster, dörrar, infästningar, ventilationsanordningar, fogar och andra detaljer som går genom eller ansluter mot väggen.

Den utåt avskiljande konstruktionen för en byggnad ska vara vattentät. I den holländska standarden definieras att vattentätet innebär ”förmågan att förhindra att vatten tränger igenom en barriär”. Man talar även om vattenavvisande skikt, som är skikt som förblir vattentäta under viss tid, d v s de vattenavvisande skikten är i stort sett vattentäta, undantagen är fogarna.

I en holländsk standard beskrivs bestämmelser angående en vattentät konstruktion, samt en testmetod där ett hus med hjälp av en fläkt bringas till undertryck och utsätts för regn. Då trycket tas bort under en längre tid ska det utsättas för regn. Det får inte synas vatten eller våta fläckar på insidan av den yttre avskiljande konstruktionen. Man ska också bedöma om det finns mer fukt närvarande vid det inre gränsskiktet än vad som är rimligt på grund av relativ luftfuktighet som kan förekomma i hus eller byggnad (jämviktsfukthalt).

Det finns två tätningssystem med vilka en vattentät konstruktion kan uppnås:

- enkelt tätningssystem
- sammansatt system för tätning

Ett enkelt tätningssystem, s k enstegstätning, byggs med ett vattentätt skikt vilket innebär att yttersta skiktet på fasaden fungerar både som regn och vindskydd.

Ett sammansatt tätningssystem, s k tvåstegstätning, byggs med en kombination av ett regnskydd och ett vindskydd. En konstruktion med en träregelvägg och en skalmur av tegel innebär en tvåstegstättning. Skalmuren fungerar som regnskydd, bakom detta finns en luftspalt (kapillärbrytande och dränerande skikt) och sedan på utsidan av träregelväggen finns ett vindskydd i form av skiva eller duk. Vid dimensionering antas att den del vatten som tränger in genom skalmuren ska kunna ledas ut vid fönsters överkant samt vid grunden.

Naturligtvis sammanhänger kvaliteten med tillverkning och montage. Detta gäller speciellt detaljer, och särskilt viktigt är detta för enstegstätningar där eventuellt inträngande vatten har svårare att ta sig ut. På en vägg med otillräcklig täthet, exempelvis vid en läcka, kan reparationskostnaderna bli höga. Att sätta upp en byggnadsställning, ta bort väggmaterial och bygga upp väggen igen kan bli mycket kostsamt. Förutom att regnet som direkt påverkar byggnaden ska avlägsnas genom korrekta detaljer ska även takavvattningen beaktas för att inte orsaka fel på byggnaden.

2.6 Ljudisolering

Enligt BBR kapitel 7 om bullerskydd ska en byggnad utformas så att uppkomst och spridning av störande ljud begränsas. Man skiljer på bostäder och lokaler för t ex skolor och kontor. För definitioner och beteckningar hänvisas till SS 25267 för bostäder respektive SS 25268 för lokaler. Som råd anges att föreskriftens krav på byggnaden är uppfyllt om de byggnadsrelaterade kraven i ljudklass C enligt SS 25267 för bostäder eller enligt SS 25268 för respektive lokaltyp uppnås. Om bättre ljudförhållanden önskas kan ljudklass A eller B väljas. Regler om buller ges ut av Arbetsmiljöverket, Socialstyrelsen och Naturvårdsverket.

Vid anslutningar får inga springor uppstå. Luftburet ljud påverkas av springor, eftersom isoleringen, särskilt för höga frekvenser (diskant), till stor del inte fungerar. Förankring av förtillverkade fasadkomponenter i öppningens kanter bör göras separat per bostad. Genom frikopplingen förhindras ljudspridning.

2.7 Brandsäkerhet

De regelverk som styr brandskyddet för en byggnad är Boverkets byggregler. Dimensionering av väggens uppbyggnad kan ske med hjälp av Boverkets konstruktionsregler eller Eurokod. Byggnader indelas i tre olika klasser Br1, Br2 och Br3 och där högre byggnader (byggnader högre än 3 våningar) betecknas som Br1-byggnader.

Byggnadsdelar indelas i brandtekniska klasser. Brandklass kan exempelvis betecknas med REI30 och där beteckningen R står för bärförmåga, E står för integritet och I står för isolering. Sifferbeteckningen anger under vilken tid som förmågan skall upprätthållas. I BBR föreskrivs för brandcellskiljande byggnadsdel i en Br1-byggnad att den utförs i EI60-EI240. Vanligtvis för bostadshus gäller klassen EI60.

Ytterväggen i en Br1-byggnad ska utformas så att;

- väggkonstruktionen uppfyller sin brandavskiljande funktion gentemot andra brandceller,
- brandspridning i väggen och längs fasadytan begränsas,
- risken för spridning av brand via fönster begränsas och delar av väggen inte faller ner vid brand.

Krav som ställs på systemets brandsäkerhet gäller totala konstruktionen och man bestämmer styrkan för den svagaste länken i kedjan. För detaljer i konstruktionen, innebär detta att skyddande lager (t ex brandsäkra gipsskivor) måste vara helt täckande. Detaljer får inte bidra till brandfarliga situationer. Material i konstruktionen ska ha sådana egenskaper att de inte bidrar till en brandfarlig situation. För detaljer har brandspridning särskilt kritisk betydelse och därför ska material i detaljer motverka brandspridning. Således krävs på vissa ställen mineralull med högre smältpunkt än isoleringsskum. Stenull smälter vid cirka 1150 °C och glasull vid 750 °C. Isoleringsskum smälter vid betydligt lägre temperaturer.

2.8 Beständighet

När det gäller effektiv förvaltning samt säkerheten för konsumenten att bostaden fortsätter att uppfylla de önskade behoven, så bör eftersträvas material som åldras långsamt. Konstruktören ska se till att material som måste bytas ut under husets livstid, ska kunna ersättas till en låg kostnad.

I Sverige har byggherren enligt BBR ett ansvar att välja material och tekniska lösningar med ekonomisk rimlig livslängd. Med livslängd avses den tid under vilken en byggnad eller byggnadsdel med normalt underhåll uppvisar funktionsduglighet. Byggnadsmaterial eller byggnadsdelar som avses bytas under byggnadens livslängd bör vara lätt åtkomliga och lätta att byta. Förändringar av egenskaper bör beaktas vid val av material och tekniska lösningar.

För en fog som ska tätas så är en tätning som fungerar under ett års drift inte hållbar. Den bör klara en livslängd på minst fem år, efter vilken kvaliteten kommer att minska tills den ersätts. I praktiken kan tätning vanligen uppnås med hoptryckbar tejp, tätningsmedel och skum. Eftersom dessa produkter påverkas av åldrande och slitage kan de efter en viss tid inte längre ge önskad prestanda. Där konstruktören väljer produkter som ska ersättas under byggnadens livstid, så ska möjligheten också finnas till enkelt byte.

3 Projektering, tillverkning och montage

3.1 Allmänt

Byggherre eller förvaltare förväntar sig att användningen av byggnaden inte medför oväntade kostnader och att utförandet stämmer mot fastställd budget och plan. Material som har kortare livslängd än hela byggnaden måste vara enkelt utbytbara. Detta är viktigt i samband med underhållsarbeten.

Genom krympning, sneda rörelser i sammansatta konstruktioners fogar, sprickor och stora öppningar kan luft släppas igenom, ge drag och därmed högre energiförluster. Man bör därför sträva efter att använda material som åldras långsamt eller inte åldras alls och som kan följa rörelserna i konstruktionen. Det är också viktigt att man kan komma åt fogar så att inspektion och utbyte är möjligt.

För alla parter är det viktigt att redan i förberedelsefasen ta hänsyn till vanligt förekommande material och komponenter i byggandet. Desto fler mer enhetliga komponenter och materialval som används i projektet, ju mindre antal artiklar måste hållas i lager.

3.2 Projektering, tillverkning och montage

Projektering av ett bygge med utfackningsväggar omfattar delområden som ibland utförs av olika projektörer och då det ställs extra krav på samordning. Vid uppstarten av ett byggprojekt bör projektansvarig tydligt klargöra gränsdragningen, vem som ansvarar för vad mellan projektörerna. Några av de detaljer som bör beaktas av projektörerna presenteras i förteckningen nedan.

- planlösning,
- anslutningar mot betongväggar och bjälklag,
- infästningbeslag,
- stomme utfackningsvägg,
- uppbyggnad vägg,
- toleranser,
- metod för tätning,
- fuktskydd under montage,
- installationer.

Tillverkare och projektör bör sträva efter att antalet olika material som behövs för att utföra en anslutning begränsas. Varje nytt material innebär ett inköp, med kommunikation och administrativt arbete.

Det rekommenderas också att i ett projekt välja samma principlösning för samma funktion. Det är också viktigt att det finns enhetlighet i de benämningar som används.

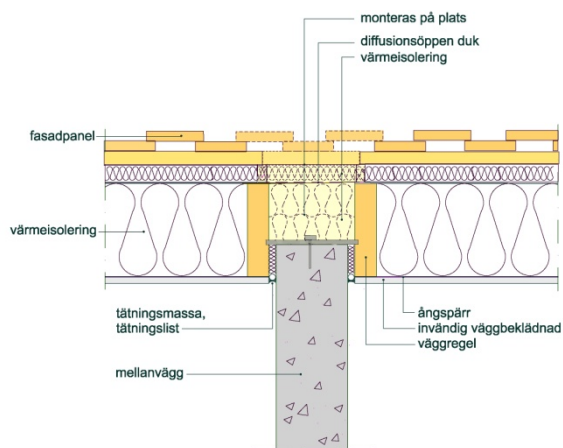
3.2.1 Planlösning och utformning

Effektiv tillverkning och montage av utfackningsväggar är i likhet med andra arbetsmoment klart kopplade till upprepningsseffekten. Genom att standardisera modulmått, välja enhetliga material, minimera materialtyper och använda standardiserade anslutningar underlättas arbetet för samtliga parter vid tillverkning och montage av utfackningsväggar. Det kan vara störande att olika byggelement åldras, förorenas eller förändras över tiden. Kända förorenande områden på väggen är ränder i ändarna av utstickande eller nedsänkta väggkomponenter. Väl utformade detaljer kan vara en lösning för att få vattnet snabbt bort från fasaden.

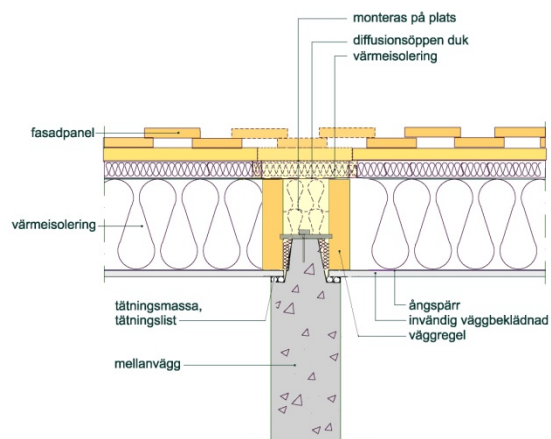
3.2.2 Anslutningar mot betongvägg och utfackningsvägg

I Holland används två olika utformningar av knutpunkter mellan utfackningsväggar och betongväggar. Rak betongkant utan ursparingar, se Figur 1 och betongkant med ursparingar, se Figur 2.

Alternativ med ursparingar har den fördelen att vid ökat utvändigt vindtryck ökar tätningslistens anliggningstryck mot anslutande del. Ursparingarna kräver dock ett merarbete vid formsättning och betonggjutning.



Figur 1 Utformningen utan ursparingar i betongkant



Figur 2 Utformningen med ursparingar i betongkant

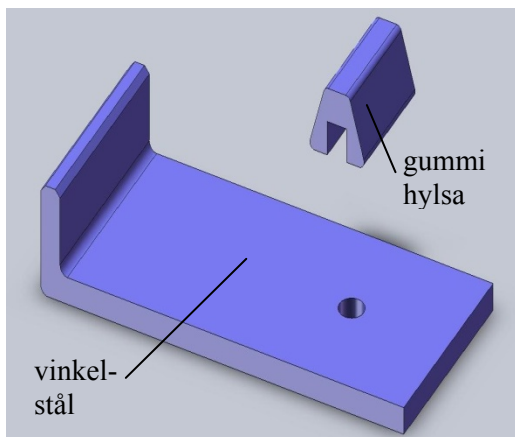
Vid projektering bör även kontrolleras att upplagsytan är tillräcklig samt att eventuella fästbeslag, hylsor mm som skall gjutas in är inritade på bygghandlingar.

3.2.3 Infästningbeslag

Vid val av infästningar finns det ett antal aspekter som bör beaktas. Infästningar skall klara att överföra krafter till den bärande stommen. Infästningar skall även vara enkla, säkra att använda, kostnads-effektiva samt enbart ge små köldbryggor.

För att uppnå en effektiv produktion bör vinkelstål med likartade dimensioner och mått alltid användas. Enligt den holländska metoden används genomgående ett vinkelstål med gummihylsa som är anpassat till ett spår i utfackningsväggens syllregel, se Figur 3 och Figur 4. En väsentlig fördel med denna lösning är att elementet står upplyft ovanför betongbjälklaget varför eventuellt vatten på detta inte kommer i direkt kontakt med väggelementet. Risken för uppfuktning från vatten på plattan är alltså påtagligt reducerad jämfört med traditionella lösningar.

I väggens överkant görs infästningen med likartat vinkelstål men utan spår.



Figur 3 Vinkelstål för infästning av utfackningsvägg



Figur 4 Bild av syll med spår
Bild: Ard-Jan Lootsen

3.2.4 Krafter på utfackningsväggar

Krafter som påverkar utfackningsväggar är vind, temperatur och mindre statiska laster (transporter, lyft). Vindlast är den lastfaktor som har störst påverkan vid dimensionering av regler och infästningar. Underlag för laster kan till exempel hämtas från Boverkets handbok om snö- och vindlaster. Lasternas storlek bestäms av byggnadens utformning, omgivande terräng och geografisk placering. Vindlasten påverkar ytterväggen med ett yttre tryck på planelementen och uppgår normalt till cirka 0,6-1,2 kN/m². Utfackningsväggarna skall även dimensioneras för en inre vindsug som uppgår till 0,2-0,4 kN/m².

3.2.5 Uppbyggnad av utfackningsvägg

Utfackningsväggar byggs upp av en bärande stomme av träreglar, i ett eller flera skikt. Den bärande stommen kompletteras med ett antal isoleringsskikt. På väggens varma sida placeras en ångspärr så att största möjliga täthet uppnås. Ångspärren sätts om möjligt cirka 45-70 mm från insidan under förutsättning att totala värmeisoleringen är tillräcklig för att undvika kondens på insidan av ångspärren. Väggens kompletteras invändigt med en fibergipsskiva. Utvändigt placeras vindskyddande och ångpermeabel duk.

3.2.6 Transportkapacitet och transportprinciper

Projektörerna måste ta hänsyn till projektets lokala förutsättningar vid projektering av utfackningsväggar för att nå ett gott resultat. Hänsyn bör tas till vilka transportmedel och vägar som kommer att användas, liksom arbetsplatsdisposition, lyfthjälpmedel på arbetsplats etc. I ett projekt där det finns små arbetsytor och begränsade lyfthjälpmedel finns till handa, ska inte komponenterna vara för stora och tunga.

För prefabricerade element, måste hänsyn tas till transport men även hantering av elementen. Vid hantering av väggelement finns krav i arbetsmiljölagen som är viktiga, se kap. 3.2.10.



Figur 5 Väggelement färdiga för leverans
Bild: Anders Gustafsson

3.2.7 Toleranser och väggelementens storlek

Storleken på väggelementen begränsas av transporter, lyfthjälpmedel, samt väggens styvhet i montageskedet. Väggelement med storleken $3 \times 8 \text{ m}^2$ kan bli svårhanterliga på byggplatsen och utgör ett stort vindfång vid montage. Valet av material och väggens uppbyggnad styr elementets styvhet och bör beaktas vid projektering. Placering av lyfthjälpmedel samt elementens vikt skall framgå av handlingar och för element tyngre än 500 kg skall även märkning placeras på väggelementet.

Måtten och toleranser är viktiga och avgörande aspekter vid projektering av utfackningsväggar. Vid tillverkning av utfackningsväggar och gjutning av betongstommar förekommer avvikelser. Dessa avvikelser skall ligga inom de givna toleranserna. För att olika byggnadsdelar ska kunna anslutas korrekt, bör tillräckligt montageutrymme finnas. Delar som har avvikelser inom fastställda toleranser, ska kunna inpassas på ett bra sätt. Fogar mellan de olika delarna ska vara väl tätade och lätta att utföra.

Toleranserna erfordras för att tillgodose rimliga tillverkningstoleranser och fogmått. Inom byggindustrin används toleranser för att uttrycka de gränser inom vilka mått och egenskaper byggdelen eller byggdelen tillåts variera vid tillverkning, utsättning och montering. Byggplatstoleranser avser toleranser efter inbyggnad (montering) för sådana mått som relaterar utfackningselementet till intilliggande delar. Tillverkningstoleranser anges i allmänhet i standarder eller branschspecifika överenskommelser.

Om pelare ingår i utfackningsväggens konstruktion anges lägestoleranser. Toleranskravet kan avse pelares centrumläge alternativt styrande dubb för pelarinfästning. Toleranskravet för läge i sida bör normalt inte överstiga $\pm 10 \text{ mm}$ eller specificeras enligt tillverkarens rekommendationer.

Enligt HusAMA skall element av betong, autoklaverad lättbetong, element av skivor och träreglar uppfylla kraven enligt Tabell 1.

Tabell 1 Utfackningselement i ytterväggar, HusAMA, klass A

Mått	Tolerans mm
Bredd	+/- 20
Höjd	+/- 20
Fogbredd	+/- 12
Läge i sida för elements fasadliv från närmaste sekundärlinje	+/- 15
Lutning	H/600 Lägst +/- 5 Högst +/- 20

Toleransklasserna i HusAMA anges i vissa fall i två klasser, klass A och klass B, där klass B tillåter större toleranser. För prefabricerade utfackningsväggar stål eller trä kan elementen tillverkas med marginal inom klass A. I samråd med tillverkare kan snävare toleranser föreskrivas.

3.2.8 Metoder för tätning

En vägg skall enligt BBR utföras så att uppkomst av skadlig fukt förhindras. Väggens ångspärr och därmed även fogen ska anpassas så att diffusion och konvektion förhindras och att byggfukt kan torka ut.

I en byggnad förekommer det ett stort antal fogar. Fogar förekommer bland annat mellan betongstomme och utfackningselement samt utvändigt i fasad. Hos fasader med träpanel kan fogen enkelt integreras i den färdiga fasaden. För övriga fasadmaterial behövs kompletteringar med plåtar, lister eller att hela fasaden färdigställs på bygget. Fogens värmeisoleringsförmåga bör vara lika bra som väggen i övrigt. För brandklassade fogar ställs kravet att de material som ingår i fogen måste vara klassificerade och godkända ur brandskyddssynpunkt.

Vid utformning av fogar bör ett antal funktioner och faktorer beaktas. Fogens funktioner tillgodoses i första hand genom en väl utformad konstruktionslösning. Nedanstående förteckning anger ett antal av de krav som måste beaktas vid utformning av fog mellan betongstomme och utfackningselement.

- anpassning till toleranser och måttfel,
- täthet och monterbarhet,
- anpassning till rörelser,
- värmeisolering,
- kondensskydd,
- beständighet,
- brandskydd,
- ljudisolering,
- utseende,
- underhåll, utbytbarhet och ekonomi.

Principen för en fogkonstruktion kan delas in i fyra delar, yttre skydd, dränerings- och ventilationskanal, värmeisolering och lufttätning. För en flerskiktig väg (utfackningsvägg med panel och ventilerad luftspalt) är det oftast de två senare delarna av fogen som blir aktuella, övriga delar ingår i den befintliga konstruktionen.

Tätningen mellan betongstomme och utfackningsvägg ska vara lufttät på rumssidan och placeras på fogens rumssida. Den kan utföras med fogmassa och bottningslist eller med annat lufttätt material. De vanligast förekommande fogmaterialen är

- fogmassa med bottningslist,
- fogskum,
- expanderande fogband,
- cellgummiprofiler.

För att en fog skall fungera bör inte fogbredden vara mindre än angiven minimibredd eller större än angiven maximibredd. Det är därför viktigt med att kontrollera rörelsen i fogen och toleranser. För beräkning av fogbredden och rörelser hänvisas till materialleverantörer.

Fogmassa med bottningslist

Det är viktigt att täta och isolera utrymmet mellan utfackningsvägg och stomme eftersom otätheter bidrar till högre energiförbrukning. Vid tätning med fogmassa skall fogen vara isolerad innan utförande av lufttätningen. Hållrummet mellan väggregel och betongstomme fylls med drevrensa. Bottningslist monteras runt hela väggelementet och därefter fogas öppningen med elastisk fogmassa.

Fogskum

Fogskum är en fuktighetshärdande polyuretanskum som vid applicering expanderar och bildar halv-hård fyllnadsskum. Skummet har i härdat tillstånd slutna celler och bildar därför en tät fog med god värme- och ljudisolerande förmåga. Skummet fäster mot de flesta byggnadsmaterial. Sker skumning mot trä bör fuktigheten inte överstiga $17\pm 2\%$. Anslutande ytor skall vara rena från damm och fett. Produkten är hälsofarlig och användning kräver god ventilation och att andningsskydd typ A2 används. För denna produkt skall Härdplastföreskrifterna (AFS 1996:4) tillämpas vilket medför att användare skall genomgå utbildning samt läkarundersökning med tillhörande tjänstbarhetsintyg. Fogskum har betydligt mindre rörelseupptagande förmåga än de flesta fogmassor och uppgår enbart till några få procent.

Expanderande foglister

Expanderande foglister består av impregnerade lister av cellplast uppbyggda av polymera komponenter med sammansättning motsvarande fogmassornas. Impregneringen ökar listens täthet och beständighet. Listan monteras i komprimerad form i utrymmet mellan utfackningsvägg och betongstomme. För vidhäftning mot en fogsida har listan försetts med häftmedel. Efter montage expanderar foglisten och fyller utrymmet. Foglister kan vara ett bra alternativ när fogbredden inte varierar för mycket och när anslutningsytorna ger tillräckligt med vidhäftning. Expanderande foglister är oftast diffusionsöppna och bör därmed användas i väggens yttre delar.

Cellgummiprofiler

Cellgummilister är vanligtvis EPDM-gummilister med stängda celler där ena sidan är självhäftande. Listerna har en slitstark yta, lätta att montera och är inte vattenabsorberande. Kan enbart användas vid små fogbredder upp till ca 8-10 mm.

3.2.9 Fuktskydd under montage

För att uppnå ett fuktsäkert byggande krävs att ett antal krav är uppfyllda hos byggprocessens olika aktörer. Identifiering av fuktrisker skall utföras i ett tidigt skede av byggprocessen för att undvika att säkerhetsmarginaler överskrids under produktionen. Mallar och checklistor ska upprättas. Det är viktigt att alla parter i processen är väl informerade och att fuktfrågor är en stående punkt vid projekterings- och byggmöten.

Kritiska arbetsmoment identifieras och planer utformas för lagring, hantering och skydd under byggtiden. Redan i upphandlingsunderlaget är det också viktigt att tydliggöra vilka krav som ställs på leveranser.

I Byggsektorns Kretsloppsråd (2003) presenterades tanken om en fuktskyddsbeskrivning med standardtexter till ritningar, beskrivningar, checklistor och exempel på fuktsäkra konstruktionsutformningar och produktionsmetoder. Dessutom kan en fuktskyddsbeskrivning innehålla förslag på lämpliga hjälpmedel såsom lathundar, beräkningsverktyg, ge förslag på rutiner för granskning, kontroll och gränsdragningar mellan parterna. Under senare år har ett antal utredningar visat på behovet av ökad fuktsäkert byggande.

För att undvika att fukt kommer in i konstruktionsdelarna under produktionsskedet finns bland annat följande metoder för byggnaden i sin helhet.

- bygg uppifrån och ner med yttertaket som skydd,
- hel intäckning av byggnaden med väderskydd,
- tidig inklädnad med fasadskikt.

Inför varje nytt byggprojekt bör en arbetsberedning göras tillsammans med berörda hantverkare där metoder och utförande går igenom.

Några andra råd för att undvika icke önskvärd fukt i bygget är att:

- använd raka vertikala vatten- och avloppsledningar vilket underlättar utförande, felsökning och upptäckt av skada
- likartade lösningar gör att kvaliteten och därmed fuktsäkerheten ökar,
- avled dagvattnet från byggnaden,
- vertikala, bjälklagsgenomgående installationsrör i bjälklagen gjuts in eller tätas direkt vilket gör att vatten inte sprids till underliggande våningar under produktionsskedet,
- undvik öppna schakt,
- kontrollera leveranser.

3.2.10 Arbetsförhållande, arbetskydd

För att säkerställa säkerheten vid montage bör man redan i ett tidigt skede planera och ta hänsyn till hur skyddsanordningar skall utföras. Vilken typ av skyddsräcken är lämpligast, i vilka moment är det lämpligt med säkerhetsselar, infästning för selar m.m.

Arbetsmiljöverket har i sin skrivning ”Förebyggande för byggande” visat på några rutiner som normalt behövs för att uppfylla projekteringsansvaret.

- Se till att arbetsmiljösynpunkter beaktas såväl i byggskedet som i det färdiga byggnadsverket⁴.
- Särskilt uppmärksamma att olämpliga fysiska belastningar förebyggs med avseende på bl a materialval, åtkomlighet och transporter⁵.
- Tidigt och aktivt samverka med de övriga som medverkar i projekteringen, så att projekteringen blir samordnad och arbetsmiljökraven tillgodosedda⁶.
- Undersöka arbetsmetoder och risker för de byggnadsarbeten som blir aktuella med de utformningar och material som föreslås i projekteringen⁷.
- Redovisa projekteringen så tydligt att entreprenörerna får tillräckliga uppgifter om de arbetsmetoder som förutsatts eller föreskrivits, och särskilt de eventuella problem, t ex ergonomiska, som inte kunnat lösas vid projekteringen⁸.

Enligt arbetsmiljöverkets föreskrifter ska det normalt finnas fasta skyddsräcken, ställning eller arbetsplattform eller annan liknande skyddsutrustning om nivåskillnaden är två meter eller mer. De kan också behövas vid mindre nivåskillnader om särskilda skäl föreligger. Om det inte är praktiskt möjligt med fast skydd på grund av arbetets art ska personlig skyddsutrustning i form av sele och lina alltid användas.

⁴ AML 3 kap 14 §; AFS 1999:3, särskilt 4 och 8 §§; AFS 2000:42, särskilt 3-4 §§

⁵ (AFS 1998:1, 9 §).

⁶ (AFS 2000:42, 4 §; AFS 1999:3, kommentarerna till 5-6 §§).

⁷ (AFS 1999:3, 4 §; AFS 1999:3, 8 §).

⁸ (AFS 1999:3, 8 och 4 §§; AFS 1998:1, 9 §, särskilt kommentarerna sid. 36)

4 Principer och detaljer

Principer och detaljer som redovisas i detta kapitel är en sammanställning av den väggtyp som etablerats som en standardbyggmetod för utfackningsväggar i Holland. Valet av materialskikt har gjorts så att ett antal tänkbara leverantörer kan tillhandahålla materialen. Detaljerna är också anpassade för att kunna användas för de klimatklasser som gäller i Sverige. Till stomme för utfackningsväggen har en 195 mm träregelstomme valts, som kompletteras på ut- och insida. Regelstommens dimensioner kan och bör anpassas för varje enskilt objekt och behov. Genom att använda heltäckande isolering på väggens utsida minskas risken för kritiska fuktillstånd i väggen och därmed har hänsyn tagits till nuvarande skrivning i Boverkets byggregler, BBR 08. I enlighet med den holländska standardväggen har en diffusionsöppen men vattentät duk valts på utsidan och invändig fibergips på insidan.

Detaljerna har kompletterats med beräknade och tabellerade nyckeltal. Beräkning har gjorts enligt gällande normer och övriga värden baseras på schablonvärden angivna i standarder och erfarenhetsvärden. Efter varje detalj har noteringar införts gällande lämpliga punkter som bör beaktas vid projektering, tillverkning och montage av utfackningsväggar. Noteringarna skall inte betraktas som kompletta för hela utfackningsväggen utan även andra hänvisningar och rekommenderade utföranden skall beaktas.

Förklaringar tabeller:

U_p : Värmeövergångskoefficient för byggnadsdelen, (W/m^2K).

$R'w$: Sammanvägt reduktionstal för skiljekonstruktionen, (dB).

$C_{50-3150}$: Anpassningsterm för låga frekvenser, (dB).

Y_e : Värmeövergångskoefficienten för den linjära köldbryggan k (W/mK), mäts på konstruktionens kalla sida, schablonvärden enligt SS-EN ISO 14683:2007.

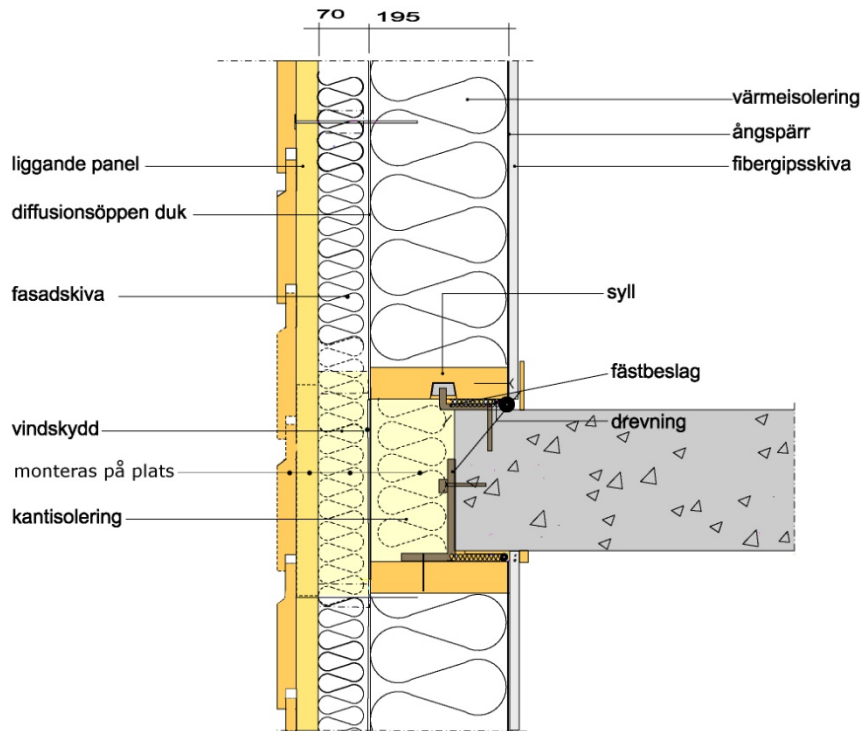
Y_{oi} : Värmeövergångskoefficienten för den linjära köldbryggan k (W/mK), mäts i konstruktionens mittlinje, schablonvärden enligt SS-EN ISO 14683:2007.

Y_i : Värmeövergångskoefficienten för den linjära köldbryggan k (W/mK), mäts på konstruktionens varma sida, schablonvärden enligt SS-EN ISO 14683:2007.

4.1 Regelstomme med utvändigt isolerande skikt

Med en utfackningsvägg där regelstomme kompletteras med ett isolerande skikt på utsidan fås en väl isolerad vägg. Genom att reglarna i stommen och reglarna i det kompletterande skiktet placeras vinkelrätt i förhållande till varandra minskas köldbryggorna. Det genomgående träet förekommer enbart i väggens randfält samt kring öppningar. Ett utvändigt isolerande skikt kan utföras med ett minimum av genomföringar om fasadskiva används vilket ger goda värmeisolerande egenskaper.

Väggtypen har en svaghet i och med att ångspärren riskerar att punkteras vid montage av installationer, tavlor m m.



Figur 6 Prefabricerad utfackningsvägg med utvändigt isolerande skikt (streckade delar byggs på byggarbetsplatsen)

Tabell 2 Egenskapstabell för regelstomme med utvändigt isolerande skikt

Byggdel	Up	R'w	C ₅₀₋₃₁₅₀	Byggdel	Up	R'w	C ₅₀₋₃₁₅₀
	W/(m ² K)	dB	dB		W/(m ² K)	dB	dB
Vägg	0,14	65	-3	Vägg	0,14	65	-3

Knutpunkt		
Ψ_e	$\Psi_{o,i}$	Ψ_i
W(mK)		
0,00	0,00	0,10

Att beakta vid projektering

- tydliggör på ritningar att punktering av ångspärren inte får förekomma,
- undvik att placera elinstallationer på denna typ av utfackningsvägg. Svårt att erhålla tillräcklig täthet,
- föreskriv och ange eventuella förstärkningar för infästning av radiatorer,
- ange hur infästningen skall göras, centrumavstånd mellan vinkelbeslag, typ av beslag, expander och skruv,
- ange dimensioner och infästning av fasadbeklädnad,
- luftspalt mellan tegel och vägg bör vara större än 40 mm för att tillåta mindre brukstungor. Luftspalt mellan träfasad och utvändig skiva/duk bör vara större än 28 mm,
- skruv eller spik för infästning av fasadbeklädnad skall ha sådan dimensionerande längd att punktering av vindskydd undviks,
- ange typ av vattenavvisande och ångpermeabelt skikt som även fungerar som skydd för isoleringen innan komplettering av fasadskikt,
- skivstabilisering av väggen under transport och montageskedet bör speciellt beaktas vid stora dimensioner,
- ange toleranser för stomme och utfackningselement.
- beakta montage och montageförhållanden samt arbetsskyddsfrågor.

Att beakta vid tillverkning

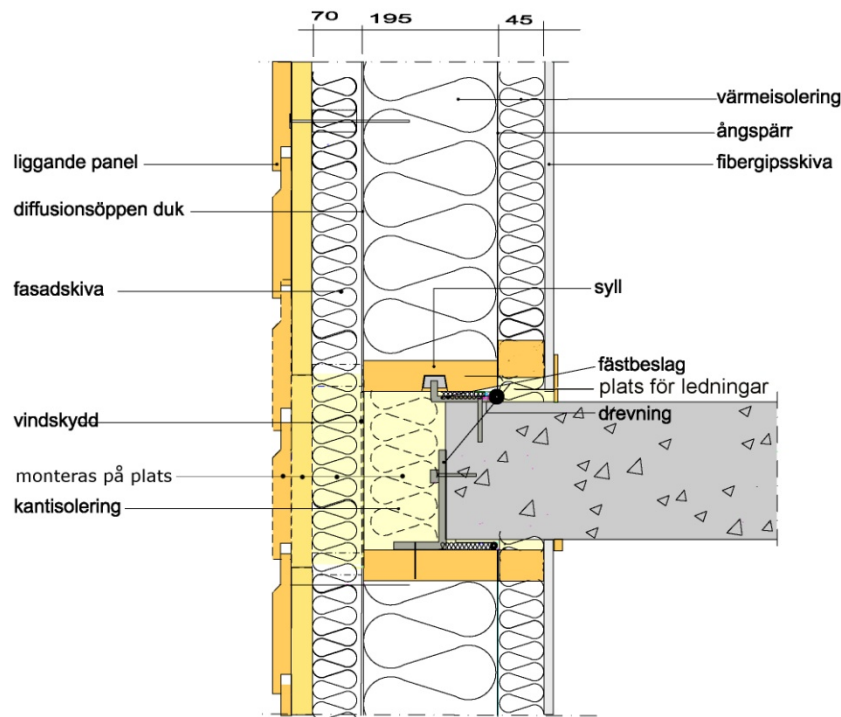
- kontrollera om angivna yttermått avser med eller utan toleranser,
- kontrollera hur tätning kring genomföringar skall utföras,
- kontrollera om eventuell infästning av lyfthjälpmiddel har föreskrivits,
- kontrollera att stabiliteten under lyft/transport är tillräcklig,
- kontrollera att punktering av utvändig duk och ångspärr inte förekommer,
- kontrollera märkning av element, markering enligt monteringsritning samt eventuella krav på att ange vikt och storlek,
- undvik fuktskadat virke och nedsmutsat material.

Att beakta vid montage

- arbetskydd, infästning av skyddsräcken, skyddsselar och lyfthjälpmiddel,
- väderskydd och lagring på arbetsplatsen,
- att det finns lösningar för avledning av vatten under byggtiden,
- kontrollera om det krävs förborring vid infästning av väggar,
- dimensionering och infästning av tegelvägg,
- undvik brukstungor vid fasad av tegel,
- kontrollera att rätt typ av utvändig duk är föreskriven/monterad och att den även fungerar som skydd för isoleringen under byggtiden,
- kontrollera om det skall finnas brandavskiljande material i utvändig luftspalt,
- kontrollera att betongytor är rengjorda och eventuella skador lagade,
- kontrollera att betongbjälklaget är acceptabelt torrt,
- kontrollera att betongytor tillåts torka under byggtiden,
- kontrollera toleranser före påbörjande av montage.

4.2 Regelstomme med invändig och utvändigt isolerande skikt

Med en utfackningsvägg där regelstommen kompletteras med isolerande skikt både på utsidan och insidan erhålls en vägg med mycket goda egenskaper. Enbart mindre genomgående infästningar och regler kommer att minimera köldbryggorna. Genom att använda ett invändigt skikt med tjockleken större 45 mm minskas risken för att diffusionsspärr punkteras av till exempel ledningar.



Figur 7 Prefabricerad utfackningsvägg med invändigt och utvändigt isolerande skikt (streckade delar byggs på byggarbetsplatsen)

Tabell 3 Egenskapstabell för regelstomme med invändigt och utvändigt isolerande skikt

Byggdelen	U _p	R' _w	C ₅₀₋₃₁₅₀	Byggdelen	U _p	R' _w	C ₅₀₋₃₁₅₀
	W/(m ² K)	dB	dB		W/(m ² K)	dB	dB
Vägg	0,13	68	-2	Vägg	0,13	68	-2

Knutpunkt		
Ψ _e	Ψ _{o,i}	Ψ _i
W(m ² K)		

Att beakta vid projektering

- tydliggör på ritningar att punktering av ångspärr inte får förekomma,
- föreskriv och ange eventuella förstärkningar för infästning av radiatorer,
- ange hur infästningen skall göras, centrumavstånd mellan vinkelbeslag, typ av beslag, expander och skruv,
- ange dimensioner och infästning av fasadbeklädnad,
- luftspalt mellan tegel och vägg bör vara större än 40 mm för att tillåta mindre brukstungor. Luftspalt mellan träfasad och utvändig duk bör vara större än 28 mm,
- ange typ av vattenavvisande och ångpermeabelt skikt som även fungerar som skydd för isoleringen innan komplettering av fasadskikt,
- skivstabilisering av väggen under transport och montageskedet bör speciellt beaktas vid stora dimensioner,
- ange toleranser för stomme och utfackningselement.

Att beakta vid tillverkning

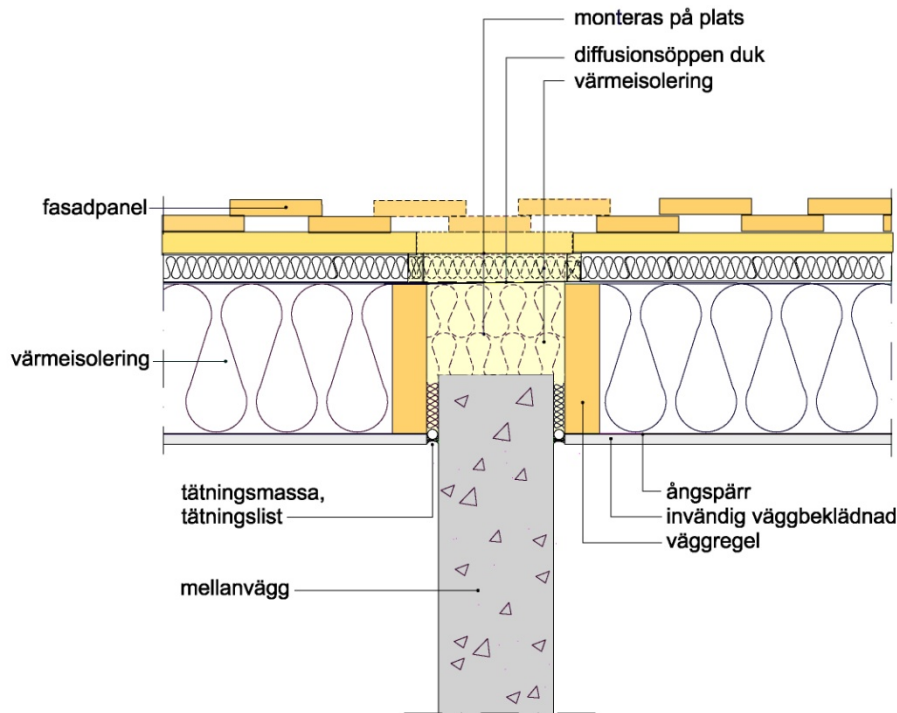
- kontrollera om angivna yttermått avser med eller utan toleranser,
- kontrollera hur tätning kring genomföringar skall utföras,
- kontrollera om eventuell infästning av lyfthjälpmiddel har föreskrivits,
- kontrollera att stabiliteten under lyft/transport är tillräcklig,
- kontrollera att punktering av utvändig duk och ångspärr inte förekommer,
- kontrollera märkning av element, markering enligt monteritning samt eventuella krav på att ange vikt och storlek,
- undvik fuktskadat virke och nedsmutsat material.

Att beakta vid montage

- arbetsskydd, infästning av skyddsräcken, skyddsselar och lyfthjälpmiddel,
- väderskydd och lagring på arbetsplatsen,
- att det finns lösningar för avledning av vatten under byggtiden,
- kontrollera om det krävs förborring vid infästning av väggar,
- dimensionering och infästning av tegelvägg,
- undvik brukstungor vid fasad av tegel,
- kontrollera att rätt typ av utvändig duk är föreskriven/monterad och att den även fungerar som skydd för isoleringen under byggtiden,
- kontrollera om det skall finnas brandavskiljande material i utvändig luftspalt,
- kontrollera att betongytor är rengjorda och eventuella skador lagade,
- kontrollera att betongbjälklaget är acceptabelt torrt,
- kontrollera att betongytor tillåts torka under byggtiden,
- kontrollera toleranser före påbörjande av montage.

4.3 Anslutning till vägg, enkel regelstomme (vertikalt tvärsnitt)

Vid anslutningar mot betongväggar kompletteras konstruktionen med en fog. Fogens utformning och utförande är av stor betydelse för konstruktions funktion.



Figur 8 Vertikalt tvärsnitt, enkel regelstomme (streckade delar byggs på byggarbetsplatsen)

Tabell 4 Egenskapstabell för anslutning av regelstomme till betongvägg

Bygghäl	U _p	R'w	C ₅₀₋₃₁₅₀	Bygghäl	U _p	R'w	C ₅₀₋₃₁₅₀
	W/(m ² K)	dB	dB		W/(m ² K)	dB	dB
Vägg				Vägg			

Knutpunkt		
Ψ _e	Ψ _{o,i}	Ψ _i
W(m ² K)		
0,00	0,00	0,10

Att beakta vid projektering

- att föreskriven fog kan uppta förväntade rörelser i fog,
- redovisa utformningen och ange placering och material som ingår i fogen samt dimensioner och toleranser,
- ange speciellt om brandkrav ställs på fogen och eventuell förbehandling av ytor,
- ange hur infästningen skall göras, centrumavstånd mellan vinkelbeslag, typ av beslag, expander och skruv,
- att luftspalt mellan träfasad och utvändig skiva/duk bör vara större än 28 mm,
- skruv eller spik för infästning av fasadbeklädnad skall ha sådan dimensionerande längd att punktering av vindskydd undviks,
- ange typ av vattenavvisande och ångpermeabelt skikt som även fungerar som skydd för isoleringen under byggtiden.

Att beakta vid tillverkning

- kontrollera om angivna yttermått avser med eller utan toleranser,
- kontrollera hur fog mot betongvägg skall utföras,
- kontrollera om det föreligger risk för punktering av ångspärr eller utvändig duk.

Att beakta vid montage

- arbetsskydd, infästning av skyddsräcken, skyddsselar och lyfthjälpmedel,
- att det finns lösningar för avledning av vatten under byggtiden,
- kontrollera om det krävs förborring vid infästning av väggar,
- dimensionering och infästning av tegelvägg,
- undvik brukstungor vid fasad av tegel,
- kontrollera att rätt typ av utvändig duk är föreskriven/monterad och att den även fungerar som skydd för isoleringen under byggtiden,
- kontrollera om det skall finnas brandavskiljande material i utvändig luftspalt,
- kontrollera att betongytor är rengjorda och eventuella skador lagade,
- kontrollera att betongbjälklaget är acceptabelt torrt,
- kontrollera att betongytor tillåtit torka under byggtiden,
- kontrollera toleranser före påbörjande av montage.

5 Specifika frågeställningar

I tidigare genomförd förstudie identifierades speciellt tre frågeställningar gällande teknik där ytterligare information borde inhämtas för att säkerställa funktionen.

Utvändig vattentät diffusionsöppen duk i stället för styv skiva

Vanligt förekommande material för utvändigt vindskydd är styva skivor av utvändig gips eller fibercement. Utvändig duk som är vattentät och vindtät men diffusionsöppen används i större utsträckning i Europa och Nordamerika. Duken fungerar väl och funktionen är väl dokumenterad. Ökade luftrörelser bakom en utvändig duk har under åren diskuterats som en av nackdelarna vid användande av icke styva material. Luftrörelserna bör ge en försämring av den termiska isoleringens funktion. Hur stor den är och om det är ett problem bör belysas.

Kritiskt fuktillstånd i yttre delen av väggen

För svenska förhållanden med stora isoleringstjocklekar kan eventuellt problem uppstå då yttre delarna av väggen innehåller luft med en relativ fuktighet, RF, på över 75 % under en längre tid eftersom duken inte har någon nämnvärd termisk isolerande förmåga. Det kan innebära påväxt av svamp i yttre delarna av väggen såväl på regler som nedsmutsad isolering, duk eller skivor. Motsvarande problematik gäller troligen för alla typer av vindskydd med liten termisk isolerande förmåga.

Invändig gips

Till skillnad från Sverige används i andra länder fibergipsskivor i större omfattning. Invändig kartonggips är inget problem under brukstiden om den inte uppfuktas vid montage. Fibergipsskivans uppbyggnad talar för att den bör tåla mer fukt än kartonggips.

5.1 Utvändig vattentät diffusionsöppen duk i stället för en styv skiva

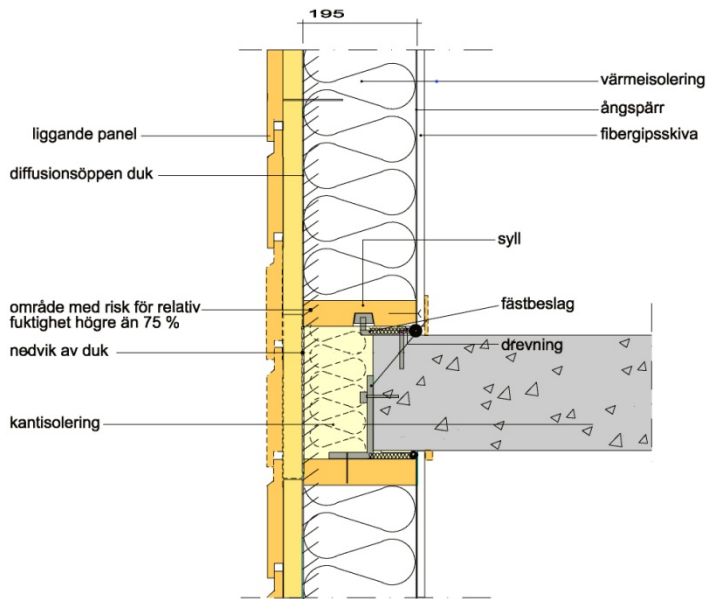
Pulserande luftflödens effekter på värmeförluster i klimatskalet har studerats av Professor Hagentoft vid Chalmers Tekniska Högskola i Göteborg. Under förutsättningen att det är små luftflöden och att lika mycket luft strömmar i båda riktningarna genom väggen kommer effekten av de dynamiska effekter som uppkommer vara mycket små. Numeriska simuleringsberäkningar visar även att skillnaden i värmeflöde genom en vägg (U-värde $0,17 \text{ w/m}^2\text{K}$) endast uppgår till +3% under efter en simuleringsperiod av 11 timmar. Simuleringar och beräkningar som är genomförda av Hagentoft visar på att effekten av pulserande luftflöden är försumbar. Utlåtandet i sin helhet framgår av bilaga 1.

5.2 Kritiskt fuktillstånd i yttre delen av väggen

En vägg som kan byggas upp i enbart ett skikt är ofta kostnadseffektiv, se Figur 9. Det finns därför stora insatser för att använda genomgående regler i en utfackningsvägg. Enskiktslösningar med genomgående träreglar har dock ett antal problemområden som måste beaktas,

- risk för punktering av invändig ångspärr,
- köldbryggor,
- täthet,
- höga fuktkvoter i väggens yttre delar.

De flesta problemen kan lösas genom olika kompletterande skikt och noggrant utförande, dock kvarstår ett antal frågetecken kring användande av organiskt material i väggens yttre delar.



Figur 9 Enkel regelstomme

Yttervägg med trä i väggens yttre delar betraktas därför i många fall som en fuktkritisk konstruktion⁹. I olika teoretiska studier framgår det att alla material får höga fukttillstånd om de ligger långt ut i väggen, se Figur 9. Organiska material, men även nedsmutsat oorganiskt material riskerar att få höga fukttillstånd. För träkonstruktioner riskerar träreglar i yttre isoleringsskiktet, spikläkt samt ytterpanel att få höga fuktkvoter under en längre tid och därmed eventuell mögelpåväxt. I Boverkets byggregler 2008, BBR-08, har ytterpanel och spikläkt rörande påväxt undantagits, under förutsättning att luftspalten ventileras väl. Hur stor risken är att träet i det yttre isolerande skiktet kommer att få påväxt är fortfarande oklart. Ett stort antal mätningar i fält pågår inom projektet ”Framtidens Trähus” och verifierade resultat beräknas till cirka år 2011. De resultat som framkommit hitintills visar på ingen påväxt i de fall där trä utsatts enbart för hög relativ fuktighet under en bestämd tidsperiod. Däremot uppkom mögelpåväxt i ett antal fall där träkonstruktionen direkt utsatts för regn. Resultaten baserades på tiden under tillverkning, montage och kort tid efter montage.

För att minimera risken för mögelpåväxt kan träreglarna skyddas av värmisolerering vilket har visats i kapitel 4. I de fallen krävs att värmisoleringen har en hög kritisk fukttillstånd $d > s \cdot R_{F_{krit,isol}}$ högre än 90-95%. Värmisoleringsmaterial, vindsyddsduk, mm. skall vid tillverkning av prefabricerade utfackningsväggar skyddas mot damm och smuts.

5.3 Invändig gips

I Holland används fibergipsskivor som invändig skiva vid förtillverkning av utfackningsväggar och där har de inte haft problem liknande de som uppkommit i Sverige gällande mögelpåväxt under Byggtiden. Huruvida detta beror huvudsakligen på att hela systemet är pålitligare och robustare eller att fibergipsskivan är tåligare kan inte bedömas.

Ytskikt som består av papp, kan angripas av mögel. Svart pappersmögél, *Stachybotrys chartarum* trivs där det finns cellulosa och fukt. Fibergipsskivor består av ca 80 % gips och 20 % pappersfiber som blandas med vatten och pressas ihop under högt tryck till en homogen massa.

⁹ Nilsson L-O; Kunskapsläge och råd kring fuktsäker projektering och tillämpning av fuktkvot i BBR för träkonstruktioner, WoodBuild E1, 2009

Det förefaller emellertid troligt att pappersfibrerna i fibergipsskivan som är omslutna av gips, har en större motståndskraft mot mögeltillväxt än pappersfibrerna i kartonggipsskivan som på ett helt annat sätt är exponerade.

Fibergipsskivan tillverkas oftast med högre densitet än normalgips. Det innebär att väggens styvhet ökar vilket även kan vara till fördel vid transport och montage av utfackningsväggarna.

6 Diskussion och slutsatser

Vi har i denna handbok sammanställt och anpassat information enligt en Holländsk byggmetod till svenska förhållanden för prefabricerade utfackningsväggar med hög prefabriceringsgrad.

Med utgångspunkt i insamlat material har vi identifierat ett antal områden som vi anser påverka slutresultatet och som har väsentlig betydelse varför de har lyckats bättre i Holland med denna väggtyp. Dessa är

- Infästningsbeslagens utformning innebär att syllar inte ligger an mot betongytor och distansen mellan betong och trä är tillräcklig för att drevning och fogning kan göras under kontrollerade former.
- Användning av utvändig duk har stora fördelar då duken enkelt kan anpassas till ojämnheter. Med utvändig duk fås även ett mera heltäckande skikt utan skarvar inom elementet. Med duk kan även lösningar genom överlappningar mellan elementen byggas in i förväg vid tillverkningen av utfackningsväggarna. Det betyder att skydd för regn snabbt kommer på plats.
- Vi har inte funnit några belägg för att användning av utvändig duk som vindskydd ger dynamiska effekter som påverkar väggens värmeisolering. De pulserande flöden som skulle uppkomma är troligtvis små och teoretiska simuleringar visar att även med stora luftflöden är förlusterna försumbara.
- Användande av fibergipsskiva som invändig beklädnad syns påverka mängden mögelpåväxt under byggtiden. I arbetet har vi inte funnit någon form av rapporter eller andra studier som visar på skillnaden i mögelpåväxt mellan fibergips och kartonggips. Fibergipsskivan som innehåller mindre andel organiskt material än normal kartonggips tål troligen mera fukt. Det innebär att risken för mögelpåväxt minskar.

Regler kring ytterväggar varierar till en viss del mellan Holland och Sverige. Sveriges geografiska läge medför också att vi har generellt större isoleringstjocklekar. Den största skillnaden ligger dock i arbetsmetodiken där man i Holland har ”standardiserade” typlösningar som används av alla i byggkedjan. Typlösningarna är väl förankrade hos både projektörer, tillverkare och byggtreprenörer och därmed har man lyckats kvalitetssäkra byggandet. Dock kommer alltid yrkesskicklighet och noggrannhet att påverka det slutliga resultatet. Denna handbok kan tjäna som ett exempel på en ”standardiserad” typlösning.

Sammanfattningsvis anser vi att lösningar i denna handbok bör kunna bidra till att utfackningsväggar med hög prefabriceringsgrad åter används inom byggandet.

7 Referenser

Adler, P; Bygga industrialiserat, Lund, 2005

Arbetskyddsnämnden; Forma arbetsmiljön, Västerås & Stockholm, 1997

Axelson, K. m.fl. Vädskyddad produktion – Möjligheter och erfarenheter. FoU-Väst Rapport 0404, Göteborg 2004. 57 pp, 2004.

Betongbanken, Projektera-bjälklag-betong-fukt i betong. Betongbanken, 2004.

Byggsektorns Kretsloppsråd, Fuktsäkerhet i byggprocessen – fuktskyddsbeskrivning och dokumentation, 2003.

Fernström, G & Kämpe, P; Industriellt byggande växer och tar marknad, Stockholm, 1998.

Hagentoft C-E.; Simplified analysis of combined heat, moisture and air transport for one-dimensional cases. TVBH-7146, (IEA/ANNEX 24, HAMTIE, Swedish working paper T1-S-92/04), (Notes on Heat Transfer 4-93), Building Physics, Lund, 1993.

Hagentoft C-E.; PC-program 1D-HAM. Manual. TVBH-7147, (Notes on Heat Transfer 5-93), Building Physics, Lund, 1993.

Hagentoft C E; Textbook: Introduction to Building Physics. Studentlitteratur, ISBN 91-44-01896-7, chapter 8.5 , 13.2, 2001.

Kron, J & Goldkuhl, E; Industriellt byggande – en nulägesrapport, Göteborg.

Mjörnell K.; Metod för fuktsäker byggprocess, FoU-Väst Rapport 0702, 2007.

Must, A.; Utfackningsväggar – en riskkonstruktion? Aimex AB, 2004.

Nevander, L-E & Elmarsson, B.; Fukthandbok - praktik och teori. AB Svensk Byggtjänst och författarna. Svenskt Tryck AB, Stockholm,1994. 538 pp, 1994.

Nilsson, L-O.; Material för sunda hus. Kursmaterial V3, Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg 2003.

Samuelson, I. & Wångren, B.; Fukt och mögelskador Hammarby Sjöstad. SP rapport 2002:15, Borås. 34 pp. ISBN: 91-7848-0907-5, 2002.

Sandin, K.; Fuktdimensionering ger säkrare byggnader. Byggeforskningsrådet och Boverket, Sthlm, Ljunglöfs Offset 1998. 35 pp, 1998.

Sikander, E & Freiholz, G.; Fuktsäkerhet - en viktig del i byggnadens totala miljöpåverkan. SP rapport 2000:08.

Sikander, E & Grantén, J.; Byggherrens krav, styrning och verifiering för fuktsäker byggnad. SP rapport 2003:09, FoU-Väst Rapport 0302.

Stintzing, R.; Leda projektering i byggprocessen, Stockholm, 2005.

Övriga referenser
HusAma -08

BSAB-boken

SS-ISO 1803 Byggmätningar och toleranser Redovisning av måttnoggrannhet – Principer och terminologi.

SS-ISO 7078 Byggmätning – Utsättning, mätning och inmätning – Terminologi och vägledning.

SFR-rekommendationer; Fogar mellan träfönster och yttervägg, juni 1993.

Scandinova (2005) Dupont Tyvek Supro Grid och Dupont Tyvek Vindskydd – torra och täta konstruktioner, nu och i framtiden.

Bilaga 1

Effekt på värmeförlust genom klimatskalet p g a pulserande luftflöde (Hagentoft)

”Inledning

Färdiga isolerade folietäckta väggelement har lanserats på olika håll i Europa. Dessa frångår den svenska traditionen med ett styvare yttre vindskydd. I denna studie analyseras översiktligt den möjliga effekten av ett ”fladdrande” yttre vindskydd som kan ge upphov till pulserande luftflöden in/ut genom isoleringen i väggen.

Dynamiska effekter av med- och motflödesväggar – små luftflöden

I en första analys kan teorin om dynamisk isolering användas, se (Hagentoft 2001). Då små luftflöden sipprar genom en vägg från utsidan till insidan (motflöde) värms luften successivt upp. Luften påverkar inte temperaturprofilen i någon större grad. Luften tar upp värme från väggen i lika stor utsträckning hela vägen in. Detta kan i teorin representeras av värmesänkor som placeras ut genom tvärsnittet av väggen. Med detta betraktelsesätt kan man uttrycka detta som en överlagrad process där lika mycket värme tas från insida som utsida.

För luften som flödar ut genom väggen (medflöde) uppstår en liknande process men med omvänt tecken. Värme frigörs från luften när den svalnar av och lika mycket värme strömmar ut på insida som utsida.

Sammantaget visar detta resonemang att, i första approximationen, kan effekten av pulserande luft försummas. Resonemanget baseras på att lika mycket luft strömmar åt båda hållen under den betraktade tidsperioden.

Numerisk simulering av pulserande flöden

Datorsimuleringsprogrammet 1D-HAM (Hagentoft, 1993) har utnyttjats för att studera snabba pulserande flöden. I analysen antas att ett flöde som motsvarar $1 \text{ l/m}^2\text{s}$ strömmar in genom väggen under 10 s och byter tecken och flödar ut genom väggen under 10 s. Detta motsvarar att en 10 mm luftspalt på utsidan skapas och denna luftmängd flödar in genom väggen under 10 s då folien trycks mot väggen och spalten försvinner. Detta förlopp varierar periodiskt och det genomsnittliga värmeflödet genom väggen under en 20 sekunders period beräknas och jämförs med vad ren värmeledning skulle ge för värmeeffekt.

Den analyserade väggen (0,2 m mineralull) har U-värdet $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Resultat: Skillnaden i värmeflöde genom väggen uppgår till endast +3% efter en simuleringstid på 11 timmar då temperaturerna ställt in sig approximativt.

Resultatet visar att även under dessa dynamiska förhållanden med relativt stora luftflöden kan effekten av pulserande balanserade flöden försummas.”

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

Vi arbetar med innovation och värdeskapande teknikutveckling. Genom att vi har Sveriges bredaste och mest kvalificerade resurser för teknisk utvärdering, mätteknik, forskning och utveckling har vi stor betydelse för näringslivets konkurrenskraft och hållbara utveckling. Vår forskning sker i nära samarbete med universitet och högskolor och bland våra cirka 9000 kunder finns allt från ny-tänkande småföretag till internationella koncerner.



SP är organiserat i åtta tekniska enheter och sex dotterbolag varav CBI, Glafo och JTI ägs till 60 % av SP och 40 % av industrin.



SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

Box 857, 501 15 Borås

Telefon: 010-516 50 00

E-post: info@sp.se

www.sp.se

SP Träteknik

SP RAPPORT 2010:06

ISBN 978-91-86319-42-7

ISSN 0284-5172