

Lufttätthet i hus utan plastfolie

Idag framförs allt oftare önskemål om att bygga utan plastfolie i klimatskärmen. I ett tidigare projekt har emellertid stora luftläckage konstaterats i hus byggda utan plastfolie. Luftläckagen har i vissa fall gett ett dåligt termiskt inomhusklimat och i andra fall fuktskador. Därför är det viktigt att undersöka om det går att förbättra lufttäteten i hus utan plastfolie genom att ta fram bättre kunskap om bland annat skarvutföranden för alternativa lufttätande skikt.

Mot denna bakgrund startades vintern 1996/97 ett projekt med syfte att undersö-

Artikelförfattare är *Eva Sikander* och *Agneta Olsson-Jonsson* vid SP, Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut i Borås.

ka om det, i samband med nyproduktion, går att förbättra lufttäteten i hus utan plastfolie [1]. Projektet omfattade mätningar dels i fält och dels i laboratorium och har finansierats av BFR, SBUF och företag inom FoU-Väst.

Erfarenheter från användning av plastfolie

Under de senaste decennierna har plastfolie använts för lufttätning och diffusionstättning i regelverkskonstruktioner i traditionellt byggande. Skälet till val av plastfolie är att byggnormerna sedan 1967 krävt hög diffusionstäthet på insidan av ytterväggar och tak, till exempel var kravet i SBN 75 att det inre tätskiktet ska vara fem gånger tätare än det yttre i vägg och tio gånger tätare i tak. Detta har man klarat med god marginal med plastfolie. Man lyckas även ofta att uppnå kravet på lufttätthet som är satt till 0,8 liter/(sm²) eller cirka 2,9 m³/(m²h) vid 50 Pa tryckskillnad enligt BBR (Boverkets byggregler) för bostadshus [3]. Vid brister i projektering och/eller bristande arbetsutförande kan dock dessa konstruktioner innehålla stora luftläckage med fuktskador eller komfortproblem som följd. Arbetsutförandet för att bygga luft-

tätt med plastfolie har arbetats fram under många år.

Varför lufttäta konstruktioner?

Lufttäteten har stor betydelse för *fuktsäkerheten*. I de fall då det råder ett invändigt övertryck, samtidigt som inneluften har ett fuktillskott, kommer fuktig luft att strömma ut genom otätheter i byggnadskalet. Den utanförliggande konstruktionen tillförs på så sätt fukt och risken är därmed stor att den relativa fuktigheten blir så hög att mögel kan växa på material med låg mögelresistens.

Om kravet på lufttätthet i BBR uppfylls betyder det inte automatiskt att konstruktionen uppfyller kravet på fuktsäkerhet. I BBR är nämligen kravet satt med hänsyn till energihushållning. I vissa fall krävs att konstruktionen i det närmaste är helt lufttät för att uppnå fuktsäkerhet. Ibland måste god lufttätthet kombineras med ett invändigt undertryck för att skador av fukt-konvektion ska undvikas.

Vid ett invändigt undertryck i byggnaden kan uteluft strömma in genom otätheter i klimatskärmen. Detta luftläckage inverkar negativt på den *termiska komforten* (drag och kallras).



FOTO: HOLGER STAFFANSSON

Lufttäteten påverkar luftkvaliteten på så sätt att kontaminering av inneluften kan ske om tilluften tillförs huset på ett okontrollerat sätt exempelvis utifrån (pollen) eller via otätheter mot en kryppgrund.

God lufttätet är en förutsättning för *kontrollerad ventilation och god energihushållning*. Om en konstruktion inte har tillräcklig lufttätet, kommer luft att läcka in och ut okontrollerat genom otätheter.

Hur skapas lufttätet?

Lufttäteten är starkt beroende både av projekteringen och av arbetsutförandet. Det måste vara praktiskt möjligt att utföra konstruktionerna så som de projekteras. Till konstruktionens lufttätet bidrar samtliga ingående skikt/material. I en del konstruktioner kan materialen i sig vara tillräckligt lufttäta utan att speciella skikt behöver appliceras. I konstruktioner med träregelstomme måste lufttäteten tillgodoses genom folier, dukar, pappskikt och/eller skivmaterial. Även det yttre skiktet i till exempel en vägg, vindskyddet, bidrar till den totala lufttäteten.

Om man inte vill ha plastfolie som inre tätskikt måste lufttäteten ordnas med andra material eller på annat sätt. I projektet har vi undersökt följande alternativ till plastfolien:

- diffusionsöppna, polymerbaserade fiberdukar (ibland benämnda "vindtät"),
- gipsskivor,
- vindskyddspapp i enstaka laborieförsök.



Vid installation av lösullsisolering i parallelltaket på bilden skars tätskiktet upp. Genom hålet sprutades därefter isoleringen in. Lagningen av hålet utfördes med en fiberduk som häftades till den intilliggande glespanelen. Lufttäteten bedöms vara dålig i detta skikt. Hus 5.

Lufttätet och diffusionstätet

Lufttäteten hos klimatskärmen ska inte förväxlas med diffusionstäteten. Förutom en god lufttätet är det även av stor vikt vid val av material att diffusionstäteten är större på insidan av konstruktionen än på utsidan. En beräkning för det enskilda fallet behövs för att undvika fuktproblem på grund av fuktdiffusion. I den här presenterade rapporten behandlas dock inte denna frågeställning.

Fältmätningar

I fältundersökningen studerades sex hus placerade i södra Sverige. Tre av de studerade objekten är enfamiljshus och tre är skolor.

Vid val av objekt till fältundersökningen framkom att diffusionsöppna polymerbaserade dukar ofta används som alternativ till plastfolien. Endast gipsskivor utan ytterligare inre tätskikt förekommer också. Bakgrunden uppges vara att man upplevt rena pappdukar som svårare att arbeta med jämfört med diffusionsöppna polymerbaserade dukar såsom "vindtät". Dukarna ligger dessutom på en bred rulle vilket minskar antalet skarvar.

Således är de för fältstudien utvalda byggnaderna uppförda med ett inre tätskikt av enbart gips eller med polymerbaserad diffusionsöppna duk. Materialval och konstruktioner framgår av *tabell 1*.

Detaljlösningar för en god täthet vid anslutningar, genomföringar och skarvar finns inte redovisade på ritningar för de aktuella objekten. Många av täthetslösningarna utformas av byggnadsarbetarna och/eller arbetsledningen på plats.

Husen studerades under uppförandet bland annat med avseende på detaljutförande vid anslutningar vid tak, golv, mellanbjälklag, fönster, dörrar och bottenbjälklag samt skarvutföranden och genomföringar. Efter färdigställandet bestämdes lufttäteten i husen och läcksökning genomfördes.

Iakttagelser i husen har visat att det finns flera sätt att lösa samma detalj. Goda exempel finns, liksom mindre goda. De

Tabell 1. Materialval och tätningsprinciper för att åstadkomma lufttätet i de hus som valts ut för fältstudie. De är alla isolerade med cellulosaisolering (lösullsisolering).

	Typ av byggnad	Tätskikt	Tätningsprincip	Vindskydd	Vindavledare
Hus 1	Enfamiljshus 1,5 plan	EF Vindtät invändig gips	klämning tejpning	porös, asfalt- impregnerad träfiberskiva	hård träfiberskiva
Hus 2	Enfamiljshus 1,5 plan	RW Vindtät invändig träpanel alt gips	klämning omlottläggning	utegips	
Hus 3	Enfamiljshus 1 plan	1 lager gips	skarvning över regler och stålvinklar, spackling, fogmassa	porös, asfalt- impregnerad träfiberskiva	
Hus 4	Skola 1 plan	EF Vindtät invändig gips	tejpning	utegips	
Hus 5	Skola 1 plan	Tak: RW Vindtät invändig gips väggar: lättbetong	klämning		fiberduk
Hus 6	Skola 1 plan	Väggar: 2 lager gips tak: RW Vindtät invändig gips och träullsplatta	klämning tejpning	utegips	hård träfiberskiva

ställen där förbättringsmöjligheter finns har identifierats främst vid;

- genomföringar,
- vindsbjälklagsanslutningar,
- mellanbjälklagsanslutningar,
- bottenbjälklagsanslutningar (i det fall att bottenbjälklaget är utfört i trä),

Dessutom kan förbättringar göras genom att utveckla lösningar som innebär att genomföringar kan uteslutas (till exempel att dra tätskikt hel förbi hjärtväggar, limträbalkar, mellanbjälklagsanslutningar). Framförallt vad gäller denna punkt har projekteringen en avgörande roll.

Täthetsprovningarna i fält utfördes under våren/sommaren 1997. Läcksökningen genomfördes med hjälp av värmekamera samt lufthastighetsmätare. Täthetsprovningen gav resultaten enligt *tabell 2*. Här framgår att två av fem byggnader har en luftläckning som överskrider den tillåtna gränsen enligt BBR. De övriga tre husen klarar kravet, varav ett är uppfört med ett tätskikt av gipsskivor. Om husen är tillräckligt lufttäta ur fuktsäkerhetssynpunkt är däremot inte helt säkert.

Täthetsprovningarna visar både på möjligheten att bygga lufttätt och risken att få stora luftläckage vid användande av

likartade byggnadsmaterial beroende på olika tekniska lösningar och arbetsutföranden. Hus 4 med små luftläckage och hus 1 och 2 med stora luftläckage är exempel på detta.

Täthetsprovningen av hus 3 visar att god lufttäthet kan erhållas med endast gipsskivor som lufttätande skikt på insidan av konstruktionen. Provresultatet från hus 5 kan sannolikt ytterligare understyrka detta då det vid iakttagelser under byggtiden fanns brister i täthetsutförandet av "vindtät". Spacklings- och målningsarbetet föreföll dock omsorgsfullt utfört varför den relativt goda lufttätheten kan vara beroende av detta skikt.

Laborariemätningar

Ett antal förslag till lösningar för anslutningar, skarvningar och genomföringar arbetades fram tillsammans med en referensgrupp. Dessa förslag var sådana att de förmodades ha en god lufttäthet, ha en god möjlighet för ett bra arbetsutförande samt ha produktionstekniska fördelar. De olika anslutningarna provades i stora element i laboratoriet. Elementen bestod av väggar, bottenbjälklag, mellanbjälklag och vindsbjälklag. De materialkombina-

tioner för den inre tätheten som provades var;

- två lager gipsskivor med förskjutna skarvar, kombinerad med fiberduk vid anslutningar,
- gipsskiva + "vindtät",
- gipsskiva + plastfolie (för att få en jämförelse med ett tätskikt som man av erfarenhet vet kan erhålla tillräcklig lufttäthet).

Luftläckaget bestämdes för flera olika tryckskillnader över elementen, både övertryck och undertryck. I *tabell 3* redovisas de uppmätta värdena på luftläckaget vid 50 Pa för de tre elementen.

De uppmätta värdena är ganska låga och det verkar inte ha någon större betydelse vilket tätskikt som används, dvs gipsskiva, plastfolie eller "vindtät". Jämfört med fältmätningarna är värdena också låga, men man ska då komma ihåg att i dessa element finns det inga fönster eller genomföringar, som kan bidra till ytterligare luftläckage.

Tabellen visar att det går att göra anslutningarmed endast små luftläckage och de föreslagna detaljlösningarna fungerar bra. Visserligen varierar luftläckagen för de olika anslutningarna lite sinsemellan, men i stort sett är de lika. Elementet med dubbla gipsskivor har de tätaste anslutningarna då de är kombinerade med en fiberduk som klämts lokalt. I elementen med plastfolie respektive "vindtät" som tätskikt är anslutningarna projekterade på samma sätt. De skillnader som här finns kan bero på variationer i arbetsutförandet.

De föreslagna anslutningarna består av ett antal varianter av skarvar. Dessa skarvar, samt ett antal vanliga skarvar för skarvning mitt på vägg till exempel, har provats separat i en mindre provuppställning. Även i den mindre provuppställningen för provning av skarvar har olika tätskikt använts. De tätskikt som provades var plastfolie, "vindtät", papp i några få fall samt gipsskivor.

Vid jämförelse mellan olika material i samma skarvutförande visar mätningarna att skarvarna i princip är lika täta oberoende av vilket material som använts. Det finns vissa skillnader men dessa kan bero på små variationer i arbetsutförandet. Vindpappen har det största luftläckaget genom skarvarna. Orsaken till detta kan möjligen vara att det är lite styvare än de andra materialen och tätar därmed sämre vid en överlappning.

Mätningarna visar också att då tätskikten skarvas med överlapp och där överlappet kläms med en glespanel eller klistras med ett tätningsband så blir skarven helt tät.

En enkel gipsskiva, skarvad över regel, är sämre än något av de provade tätskikten, skarvade med överlapp. Om skarven på gipsskivan däremot spacklas blir tätheten lika bra som för övriga tätskikt. Dubbla gipsskivor med förskjutna skarvar ger god täthet.

Vid jämförelse mellan mätningarna på skarvutförandena och motsvarande detal-

Tabell 2. Uppmätta luftläckage i några av de byggnader som ingår i undersökningen. Resultatet som redovisas är luftläckningen genom byggnadsskalet vid 50 Pa tryckskillnad mellan ute och inne. Värdet är ett medelvärde mellan luftläckaget vid 50 Pa undertryck och vid 50 Pa övertryck.

	Uppmätt luftläckage m ³ /(m ² h)	Krav BBR m ³ /(m ² h)	Antal plan	Tätskikt
Hus 1	5,4	ca 2,9	1,5	"vindtät" + plywood
Hus 2	8,5	ca 2,9	1,5	"vindtät" + träpanel
Hus 3	2,4	ca 2,9	1	gips
Hus 4	1,7	ca 5,8*	1	"vindtät" + gips
Hus 5	3,0	ca 5,8*	1	"vindtät" (lättbetongväggar)

* För övriga lokaler tillåts enligt BBR dubbelt så stora luftläckage med hänsyn till energihushållning än för bostäder.

Tabell 3. Luftläckaget vid 50 Pa för storelementen, medelvärde av övertryck och undertryck. Den övre siffran anger det uppmätta läckaget på elementet och siffran inom parentes anger motsvarande läckage vid normalhöga väggar, för jämförelse med fältmätningar.

Materialkombination	Bottenbjälklag	Mellanbjälklag	Vindsbjälklag
	Luftläckage m ³ /(m ² h)	Luftläckage m ³ /(m ² h)	Luftläckage m ³ /(m ² h)
Dubbla gipsskivor	0,59 (0,35)	0,45 (0,26)	0,63 (0,37)
Gipsskiva + "vindtät"	0,67 (0,40)	1,27 (0,75)	0,89 (0,53)
Gipsskiva + plastfolie	1,04 (0,62)	0,73 (0,43)	0,68 (0,40)

jer i storelementen visar det sig att dessa uppför sig på ungefär samma sätt.

Resultat och slutsatser

I projektet visas att det är möjligt att nå samma goda lufttätethet med "vindtät" och gipsskivor som med plastfolie. För dessa fall är de alternativa materialen i sig lufttäta. Detta har visats i laboratorium och i tre av fem hus i fältundersökningen. Vid bristfällig projektering och bristfälligt arbetsutförande kan dock lufttätetheten i det färdiga huset bli mycket dålig. Detta visas också av fältundersökningen.

Efter intervjuer, studium av sex byggnader under uppförande samt laboratorieprovningar kan följande slutsatser dras om lufttätetheten i hus utan plastfolie:

- Om projekteringen är bristfällig måste mycket av täthetsutförandet lösas på byggarbetsplatsen. Resultatet blir inte alltid bra. Eventuellt kan detaljer och anslutningar arbetas igenom vid beredningsmöten. Gäller också om plastfolie används.

- Arbets- och tidplaneringen (beredningen på arbetsplatsen) måste ta hänsyn till att bra arbetsutförande tar tid.

- Förståelsen för behovet av lufttätethet på byggarbetsplatser måste förbättras (sådan förståelse finns ofta då man bygger med plastfolie).

- Funktionskontroller, eller kontroll under byggskedet, vad gäller lufttätetheten bör

genomföras. En sådan skulle kunna ge en större medvetenhet om goda täthetslösningar.

- Behov av förbättringar i lufttätethetsutförandet kunde i fälthusen främst identifieras vid genomföringar, vindsbjälklagsanslutningar, mellanbjälklagsanslutningar samt vid anslutning till bottenbjälklag av trä. En god planering med minimering av antalet genomföringar i tätskiktet skulle kunna förbättra lufttätetheten.

- Laboratoriemätningarna visar detaljlösningar som vid ett fullgott arbetsutförande ger förutsättningar för luftläckage av i stort sett samma storleksordning som uppnås vid lösningar med plastfolie som lufttätande skikt. Plastfolie ger tillfredsställande lufttätethet om arbetsutförandet är fullgott. De material som i denna undersökning använts som alternativ till plastfolien är material som i sig har god lufttätethet. Utvärderingen gäller därför framförallt skarvutföranden. Denna slutsats kan inte tillämpas om man väljer ett luftgenomsläppligt material.

- Vid jämförelse mellan laboratorieresultat för konstruktioner med plastfolie, en plastfiberduk (med liten luftgenomsläpplighet) respektive dubbla gipsskivor som lufttätande skikt framgår att;

- lösningar med en plastfiberduk ger i stort sett samma resultat som lösningar med plastfolie. Små skillnader beror sannolikt på arbetsutförandet,

- lösningar med dubbel gips kompletterad med fiberduk i anslutningar ger ungefär samma resultat som lösningar med plastfolie.

- lösning med enkel gips och spacklad skarv ger samma resultat som motsvarande lösning med plastfolie.

- Långtidsaspekter för hus med tätskikt av gipsskivor bör utvärderas i ett separat projekt liksom täthetslösningar baserade på tejpningsar. Det här redovisade projektet visar att alternativa system kan ge god täthet. Denna täthet måste också visas vara beständig. ■

Referenser

[1] Sikander, E., Olsson-Jonsson, A., Lufttätethet i hus med träregelstomme och utan plastfolie, SP, Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, SP Rapport 1997:34.

[2] Sikander, E., Fuktsäkerhet hos några typer av byggnadskonstruktioner, SP, Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, SP Rapport 1996:34.

[3] Adalberth, K., God lufttätethet – en guide för arkitekter, projektörer och entreprenörer, J&W, BFR T5:98.

[4] Nevander, L-E., Elmarsson, B., Fukthandbok, Svensk Byggtjänst.

[5] Elmroth, A., Hagentoft, C-E., Sandin, K., Plastfolie – behövs den i väggar och tak?, Byggforskningen 2/96.