

# Metoder för att bygga lufttäta regelkonstruktioner

– Vilka lösningar föredras hos åtta företag?



LUNDS  
UNIVERSITET

Lunds Tekniska Högskola

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg  
Bygg- och miljöteknologi/Byggnadsfysik

Examensarbete:  
Erik Herrström  
Isabella Löfdahl



© Copyright Erik Herrström, Isabella Löfdahl  
LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg  
Lunds universitet  
Box 882  
251 08 Helsingborg

LTH School of Engineering  
Lund University  
Box 882  
SE-251 08 Helsingborg  
Sweden

Tryckt i Sverige  
Media-Tryck  
Biblioteksdirektionen  
Lunds universitet  
Lund 2014



## Sammanfattning

Det är viktigt att ha en god energihushållning på grund av rådande klimatsituation och ökande energipriser. Det sätts även högre krav på inomhusmiljön i våra byggnader. En viktig faktor för att minska en byggnads energianvändning och samtidigt förbättra inomhusmiljön är att minimera luftläckaget. Eftersom att det de senaste åren oftare har satts krav på ett lågt luftläckage har nya produkter och metoder utvecklats. Syftet med den här rapporten är att undersöka vilka metoder som föredras och används mest i produktionen och projekteringen. Syftet är även att identifiera svårigheter i processen att bygga lufttäta hus med regelkonstruktioner och vad som kan förenkla den. Rapporten baseras på en litteraturstudie och en intervjustudie. I intervjustudien har 9 intervjuer genomförts med aktörer från produktionen och projekteringen.

Av projektörerna föreskrivs ofta inga specifika detaljlösningar, detta anser vi kan bero på okunskap. Kompetensen och erfarenheten inom lufttätethet varierar även hos byggtreprenörerna. För att förenkla processen bör återkopplingen från produktionen till projekteringen förbättras, kunskapsnivån bör även höjas och jämnas ut för båda parterna. Detta kan bland annat göras med hjälp av fler provtryckningar, vid dem kontrolleras inte bara resultatet utan det ger också de involverade chansen att få återkoppling på sitt arbete.

Lufttätetheten bör vara med tidigt i projekteringsprocessen och att ta fram produktionsvänliga handlingar måste prioriteras. Det är viktigt att utförandet av tätningarna görs på rätt sätt och med stor noggrannhet. Därför kan en enklare metod som är lätt att utföra vara att föredra framför en metod som blir tätast i teorin. För att säkerställa utförandet krävs en aktiv arbetsledning som styr och kontrollerar arbetet samt en kunnig och noggrann utförare.

Tätningmetoder för följande konstruktioner har behandlats: Installationsskikt, skarvar, genomföringar och anslutningarna till fönster, grund, mellanbjälklag och tak.

Nyckelord: Lufttätethet, luftläckage, täthetslösningar, täthetskrav, regelstomme, plastfolie, genomföringar, anslutningar, skarvar, provtryckning



## **Abstract**

It is important to economize the use of energy due to the concern for the environment and the increasing energy prices. The requirements for a good indoor climate are also increasing. An important part in lowering a building's energy usage is to minimize the air leakage through the building envelope. Because it has become more common to demand a low air leakage in the last years new products and methods has been developed. The purpose of this report is to examine which methods are preferred and most widely used in the production and in the design phase. The purpose is also to identify which difficulties there is in the process of building airtight buildings with a construction of studs and how to make the process easier. The report is based on literature and nine interviews with operators in the production and in the design phase.

There is most often no specific method prescribed by the construction engineer and we think this is caused by lack of knowledge. The construction worker's competence and experience in the subject of air tightness are shifting as well. To make the process easier the feedback between the production and the construction engineers should be improved. The operator's competence should also be improved and become more even. This can be done by air tightness testing, which does not just show the air tightness of the building but also gives the construction workers a chance to get some feedback on their work.

Air tightness should be thought of early in the design phase and to make production friendly blueprints have to be prioritised. It is important that the execution of the air tightening solutions are made correctly. Therefore a simpler method that is easier to execute can be preferred instead of one that might only be the tightest in theory. To make sure the execution is made correctly a committed production management who leads and verifies the performance is demanded.

The tightening methods for the following construction parts have been discussed: Installation layer, joints, penetrations and connections to windows, foundation, floor beams and roof.

**Keywords:** Air tightness, air leakage, air tightening methods, air tightness requirements, stud frame, plastic foil, penetrations, connections, joints, air tightness testing





## Förord

Examensarbetet omfattar 22,5 högskolepoäng och är gjort som en avslutande del på högskoleingenjörsutbildningen i byggteknik med arkitektur på Lunds Tekniska Högskola. Arbetet är skrivet mot avdelningen för Byggnadsfysik på institutionen Bygg- & Miljöteknologi.

Vi vill först och främst tacka vår handledare Petter Wallentén för stöd och vägledning genom hela arbetet. Vi vill också tacka Mats Nilsson på MVB för att ha väckt vårt intresse för lufttätthet samt för att vi fick delta vid en provtryckning.

Arbetet hade inte varit genomförbart utan de personerna som generöst delade med sig av sin tid och kunskap under intervjuerna. Därför vill vi rikta ett särskilt stort tack till dessa. De medverkande är Mattias Carlberg från Veiddeke, Mattias Thomasson från JM, Patrik Hedlund från Skanska, Stellan Eriksson från Åkermans Ingenjörbyrå, Håkan Larsson från WSP, Martin Eriksson från Tyréns, Magnus Pålsson och Henrik Banche från Sweco, Jacob Jepson, Jesper Vestergren och Johan Rooth från MVB.

Helsingborg, maj 2014

Erik Herrström och Isabella Löfdahl



# Innehållsförteckning

|                                                                          |           |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1 Inledning</b> .....                                                 | <b>1</b>  |
| <b>1.1 Bakgrund</b> .....                                                | <b>1</b>  |
| <b>1.2 Syfte och målsättning</b> .....                                   | <b>1</b>  |
| <b>1.3 Problemformulering</b> .....                                      | <b>1</b>  |
| <b>1.4 Metod</b> .....                                                   | <b>2</b>  |
| 1.4.1 Litteraturstudie .....                                             | 2         |
| 1.4.2 Intervjustudie.....                                                | 2         |
| <b>1.5 Avgränsningar</b> .....                                           | <b>3</b>  |
| <b>2 Fördelar med lufttäta klimatskal</b> .....                          | <b>5</b>  |
| <b>2.1 Minskad energianvändning</b> .....                                | <b>6</b>  |
| <b>2.2 Termisk komfort</b> .....                                         | <b>6</b>  |
| <b>2.3 Förbättrad luftkvalitet</b> .....                                 | <b>7</b>  |
| <b>2.4 Minskad risk för fuktskador</b> .....                             | <b>7</b>  |
| <b>3 Luftens drivkrafter</b> .....                                       | <b>9</b>  |
| <b>3.1 Termiska drivkrafter</b> .....                                    | <b>9</b>  |
| <b>3.2 Mekaniska drivkrafter</b> .....                                   | <b>9</b>  |
| <b>3.3 Vindpåverkan</b> .....                                            | <b>10</b> |
| <b>4 ByggaL-metoden och fuktsakkunnig</b> .....                          | <b>13</b> |
| <b>4.1 Resultat från intervjuer</b> .....                                | <b>14</b> |
| <b>5 Mätning av luftläckage</b> .....                                    | <b>15</b> |
| <b>5.1 Tryckprovning</b> .....                                           | <b>15</b> |
| <b>5.2 Läckagesökning</b> .....                                          | <b>15</b> |
| <b>5.3 Resultat från intervjuer</b> .....                                | <b>15</b> |
| <b>6 Beständighet hos lufttäthetslösningar enligt SP:s rapport</b> ..... | <b>17</b> |
| <b>6.1 SP:s simulering</b> .....                                         | <b>17</b> |
| <b>6.2 Resultat från SP:s simulering</b> .....                           | <b>17</b> |
| <b>7 Tätningsmetoder för olika konstruktionsdelar</b> .....              | <b>19</b> |
| <b>7.1 Montering</b> .....                                               | <b>19</b> |
| 7.1.1 Resultat från intervjuer.....                                      | 19        |
| <b>7.2 Installationsskikt</b> .....                                      | <b>19</b> |
| 7.2.1 Resultat från intervjuer.....                                      | 20        |
| 7.2.2 Diskussion.....                                                    | 20        |
| <b>7.3 Anslutning mellan vägg och fönster</b> .....                      | <b>21</b> |
| 7.3.1 Plasten viks in i smygen .....                                     | 21        |
| 7.3.2 Plasten kläms mellan reglarna.....                                 | 22        |
| 7.3.3 Plasten fästs i karmen innan fönstermontering .....                | 23        |
| 7.3.4 Sammanställning av resultat från intervjuer .....                  | 24        |
| 7.3.5 Diskussion.....                                                    | 24        |

|                                                                              |           |
|------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>7.4 Skarvar .....</b>                                                     | <b>25</b> |
| 7.4.1 Tejpning .....                                                         | 25        |
| 7.4.2 Klämning.....                                                          | 25        |
| 7.4.3 Butylband.....                                                         | 26        |
| 7.4.4 Lim och fogmassa .....                                                 | 26        |
| 7.4.5 Svetsning .....                                                        | 27        |
| 7.4.6 Sammanställning av resultat från intervjuer .....                      | 27        |
| 7.4.7 Diskussion .....                                                       | 27        |
| <b>7.5 Anslutning mellan vägg och betongplatta .....</b>                     | <b>28</b> |
| 7.5.1 Anslutning mellan syll och inre tätning .....                          | 28        |
| 7.5.2 Syllisolering.....                                                     | 30        |
| <b>7.6 Anslutning mellan vägg och mellanbjälklag .....</b>                   | <b>33</b> |
| 7.6.1 Individuell tätning .....                                              | 33        |
| 7.6.2 Invikt plastfolie .....                                                | 34        |
| 7.6.3 Kontinuerlig plastfolie .....                                          | 35        |
| 7.6.4 Sammanställning av resultat från intervjuer .....                      | 36        |
| 7.6.5 Diskussion .....                                                       | 36        |
| <b>7.7 Anslutning mellan vägg och tak.....</b>                               | <b>36</b> |
| 7.7.1 Kalla tak .....                                                        | 36        |
| 7.7.2 Varma och parallella tak .....                                         | 38        |
| 7.7.3 Diskussion .....                                                       | 39        |
| <b>7.8 Genomföringar .....</b>                                               | <b>39</b> |
| 7.8.1 Resultat från intervjuer .....                                         | 40        |
| 7.8.2 Sammanställning av resultat från intervjuer .....                      | 41        |
| 7.8.3 Diskussion .....                                                       | 41        |
| <b>7.9 Alternativa metoder och material .....</b>                            | <b>41</b> |
| 7.9.1 Ångbroms .....                                                         | 41        |
| <b>7.10 Resultat från intervjuer om problematiska tätningar .....</b>        | <b>42</b> |
| <b>8 Intervjuresultat om process och kompetens .....</b>                     | <b>43</b> |
| <b>8.1 Vilka täthetskrav ställs och hur vanliga är de? .....</b>             | <b>43</b> |
| 8.1.1 Produktion.....                                                        | 43        |
| 8.1.2 Projektering.....                                                      | 43        |
| <b>8.2 Skillnader i arbetssätt i projekt med och utan täthetskrav? .....</b> | <b>43</b> |
| 8.2.1 Produktion.....                                                        | 43        |
| 8.2.2 Projektering.....                                                      | 44        |
| <b>8.3 Hur är kompetensen inom lufttätning?.....</b>                         | <b>44</b> |
| 8.3.1 Produktion.....                                                        | 44        |
| 8.3.2 <i>Projektering</i> .....                                              | 44        |
| <b>8.4 Vilka är nyckelfaktorerna för att uppnå satta täthetskrav? ..</b>     | <b>45</b> |
| 8.4.1 Produktion.....                                                        | 45        |
| 8.4.2 Projektering.....                                                      | 45        |
| <b>9 Analys .....</b>                                                        | <b>47</b> |

|                                         |           |
|-----------------------------------------|-----------|
| <b>10 Diskussion .....</b>              | <b>49</b> |
| <b>11 Slutsats.....</b>                 | <b>51</b> |
| <b>11.1 Tätningsmetoder .....</b>       | <b>51</b> |
| <b>11.2 Process och kompetens .....</b> | <b>53</b> |
| <b>12 Litteraturlöörteckning.....</b>   | <b>55</b> |
| <b>Bilaga intervjufrågor .....</b>      | <b>59</b> |



# 1 Inledning

## 1.1 Bakgrund

En låg energianvändning blir viktigare i byggnader med allt hårdare krav både från samhället och från brukaren. Det eftersträvas både på grund av rådande klimatförändringar och ökande energipriser. Kraven ökar även på byggnadernas inomhusklimat. En viktig faktor för att minska en byggnads energianvändning och förbättra inomhusmiljön är att minimera luftläckaget, så att luftflödet kan kontrolleras med ventilationen. Det är speciellt kritiskt i träbyggnader där lufttätningen ofta även fungerar som fuktspärr och måste vara väl utförd för att fuktproblem i klimatskalet inte ska uppstå. I nuvarande bygglagstiftning finns det inget konkret krav på lufttäthet hos klimatskalet utan det är formulerat som att det ska ha så god lufttäthet som möjligt (Boverket, 2011). Däremot finns det krav på att passivhus inte får läcka mer än 0,3 l/s per kvadratmeter omslutande area (Sveriges Centrum för Nollenergihus, 2012). Dessa täthetskrav tillsammans med de ökande kraven på låg energianvändning har bidragit till att lufttäthet är ett aktuellt ämne i byggbranschen.

## 1.2 Syfte och målsättning

Syftet är att få en uppfattning om vilka konstruktionslösningar som används mest för att bygga lufttäta regelkonstruktioner och vilka av dessa som föredras i produktionen respektive projekteringen. Syftet är vidare att identifiera vilka svårigheter som finns under den processen samt vilka täthetskrav som ställs. Rapporten ska även ge en överblick över kunskapsnivån i branschen. Målet är att dra slutsatser av undersökningen som kan förenkla byggandet av lufttäta hus.

## 1.3 Problemformulering

Vilka konstruktionslösningar för lufttäthet i regelhus är vanligast?

Vilka konstruktionslösningar föredras samt ogillar utförare respektive projektörer?

Hur mycket fokus läggs på lufttäthet under byggprocessen och vilka svårigheter finns?

Kan processen att uppföra nyproducerade hus med hög lufttäthet förenklas?

## **1.4 Metod**

### **1.4.1 Litteraturstudie**

En litteraturstudie inom ämnet ligger till grund för arbetet. Information har i stor grad hämtats från facklitteratur, kurslitteratur, forskningsrapporter, leverantörer och examensarbeten gjorda vid Lunds tekniska högskola och Chalmers tekniska högskola.

### **1.4.2 Intervjustudie**

Genom nio intervjuer gavs en aktuell bild av hur branschen ser ut när det gäller lufttäthet. Ett intervjuunderlag (se bilaga) uppdelat i två delar gjordes utifrån den teoretiska kunskapen som inhämtades i litteraturstudien. En del handlar om den intervjuade personens erfarenheter och arbetssätt. Den andra delen behandlar de olika konstruktionslösningarna.

Det gjordes fem intervjuer med platschefer och arbetsledare i produktionen. Byggtreprenörerna som har medverkat är alla bland de 20 största företagen i Sverige efter omsättning år 2012. Projekten som har diskuterats har alla färdigställts de senaste 5 åren eller skall färdigställas under år 2014.

Det gjordes även fyra intervjuer med byggnadskonstruktörer och projektörer. De intervjuade har olika mycket erfarenhet av projekt med höga krav på täthet vilket ger en viss bredd i undersökningen. Tre av de fyra företagen har mer än 1000 anställda i Sverige och minst två av dem är även verksamma internationellt.

#### **1.4.2.1 Medverkande**

Jacob Jepson, Arbetsledare, MVB

Jesper Vestergren, Arbetsledare, MVB

Johan Rooth, Platschef, MVB

Mattias Carlberg, Platschef, Veidekke

Mattias Thomasson, Arbetsledare, JM

Patrik Hedlund, Arbetsledare, Skanska

Stellan Eriksson, Handläggande konstruktör, Åkermans Ingenjörbyrå

Håkan Larsson, Byggnadsprojektör, WSP

Magnus Pålsson, Byggnadskonstruktör, Sweco

Henrik Banche, Energikonsult, Sweco

Martin Eriksson, Byggnadskonstruktör, Tyréns



## **1.5 Avgränsningar**

Projektet omfattar lufttätet i nyproducerade byggnader med ett klimatskal av trä- eller stålreglar där lufttätet uppnås med hjälp av plastfolie eller duk. Rapporten baseras på de intervjuades upplevda resultat av de olika konstruktionslösningarna och metoderna, inga egna mätningar görs. De elva personerna som intervjuats kan ses som ett stickprov som förhoppningsvis representerar stora delar av hur branschen ser ut.



## 2 Fördelar med lufttäta klimatskal

Klimatskalen hos nyproducerade byggnader består av flera skikt av olika material som svarar för olika funktioner. De ska verka bärande, vindskyddande, värmeisolerande, ljuddämpande, brandcellsavskiljande fuktskyddande eller vara lufttäta. Denna princip utvecklades i takt med att kraven på byggnaderna höjdes och har till syfte att optimera konstruktionsdelen. Ofta förväxlas den lufttäta funktionen med den ångtäta då det är vanligt att det är samma produkt som svarar för båda funktionerna. Ångspärren ska förhindra fuktdiffusion, att fukt rör sig i material från en punkt med hög fukthalt till en punkt med en lägre fukthalt. En lufttät produkt förhindrar fuktkonvektion, att fukt transporteras med luftrörelser (Bankvall, 2013). I det här arbetet behandlas de lufttäta produkterna.

I trähus är det vanligast att det lufttätas med en plastfolie i kombination med butylband, häftning eller åldersbeständig tejp (Bankvall, 2013). Figur 1 visar hur detta kan se ut. En täthetskontroll har genomförts hos en rad olika svenska byggnader. Lufttätheten ligger mellan 0,11 och 2,5 l/s · m<sup>2</sup> och för passivhus och andra byggnader med särskild fokus på energi och/eller lufttäthet på under 0,3 l/s · m<sup>2</sup> vid en tryckskillnad på 50 Pa (Wahlberg, 2010). Det lägsta luftläckaget som uppmäts i Sverige är 0,032 l/s · m<sup>2</sup>. Huset med träregelstomme är uppfört av Sjöberg & Thermé (Passivhuscentrum Västra Götaland, 2014).



Figur 1. (Löfdahl, 2014)

## 2.1 Minskad energianvändning

Ett otätt klimatskal hos en byggnad bidrar till luftrörelser genom isoleringen. Det minskar isoleringens värmemotstånd vilket ger ett ökat värmefflöde genom byggnadsdelen. Därmed krävs det mer energi för att värma upp byggnaden (Sandberg P.-I. , Sikander, Wahlgren, & Larsson, 2007).

Otättheter i klimatskalet minskar ventilationssystemets effektivitet när det gäller uppvärmning. Om det är undertryck i byggnaden tar sig kall uteluft in utan att gå genom ventilationssystemet där den ska värmas i värmeväxlaren. Vid övertryck inomhus blir det motsats effekt, den varma inneluften går ut genom konstruktionen och inte genom värmeväxlaren där dess värme ska tas tillvara på för att värma den ingående luften (Sandberg P.-I. , Sikander, Wahlgren, & Larsson, 2007).

## 2.2 Termisk komfort

Klimatskalets lufttäthet har en stor påverkan på innemiljön. Den totala komforten avgör om man fryser eller svettas, men i lufttäthetssammanhang brukar det vara tal om lokal diskomfort. Lokal diskomfort handlar ofta om att kroppen blir lokalt nedkyld. Lokal diskomfort kan orsakas av drag, vertikal temperaturskillnad eller av obalans i strålningen från kalla ytor (Sandberg P.-I. , Sikander, Wahlgren, & Larsson, 2007).

Stora luftläckage genom klimatskalet kan ge ökade luftrörelsen i byggnaden vilket ökar risken för en lokal avkyllning. Luftrörelserna uppstår ofta vid anslutningar mellan byggnadsdelar där det täta skiktet bryts och måste skarvas. Som till exempel vid fönster, dörrar, anslutningen mellan golv och vägg och anslutningen mellan vägg och tak (Sandberg P.-I. , Sikander, Wahlgren, & Larsson, 2007).

Luftläckage i anslutningar mellan byggnadsdelar kan även ge problem med kalla ytor. Otättheter mellan grund och syll samt läckage från en kallvind kan orsaka kalla golv och kalla innetak. Detta i sin tur leder till temperaturskillnader i höjddled och i skillnader i strålningstemperaturer (Sandberg P.-I. , Sikander, Wahlgren, & Larsson, 2007).

Den termiska komforten är viktig med hänsyn till produktiviteten i kontorsmiljöer. Ett flertal studier som gjorts visar att om antalet personer som är missnöjda med det termiska klimatet ökar med 10 % minskar produktiviteten med cirka 1 %. Detsamma gäller om antalet missnöjda med luftkvaliteten ökar med 10 % (Hansen, Kjerulf-Jensen, & Stampe, 1997). För vidare läsning rekommenderas Ole Fangers publikationer.

## **2.3 Förbättrad luftkvalitet**

Luft som tar sig in i byggnaden genom otätheter i klimatskalet kan föra med sig ohälsosamma gaser och partiklar eftersom att ventilationssystemet inte har möjlighet att rena den. Det kan också medföra att ventilationssystemets funktion kommer ur balans och vissa rum därmed får minskad luftomsättning. Detta innebär att föroreningar inte kan ventileras bort i samma utsträckning som i ett fungerande system och luftkvaliteten därmed blir lidande (Sikander, Sandberg, & Larsson, Lufttäthetens inverkan på inommiljö och energianvändningen, 2007). Förhöjd sjukfrånvaro är ytterligare en konsekvens av bristande luftomsättning, om luftflödet halverades skulle det kunna öka sjukfrånvaron med cirka 30 % (Sandberg P.-I. , Sikander, Wahlgren, & Larsson, 2007).

Lägenhetsavskiljande väggar med bristande lufttäthet kan sprida partiklar, matos och dylikt mellan lägenheter. En lägenhet är i vanliga fall en brandcell, det gör de lägenhetsavskiljande väggarna även till brandcellsskiljande vilket innebär att de ska vara täta mot genomsläpp av flammor och gaser. Detta sätter ännu högre krav på lufttätheten (Sikander, Sandberg, & Larsson, Lufttäthetens inverkan på inommiljö och energianvändningen, 2007).

## **2.4 Minskad risk för fuktskador**

Inomhusluft innehåller oftast mer fukt ( $\text{g/m}^3$ ) än vad luften utomhus gör. Om inomhusluften läcker ut i konstruktionen kommer den att kylas ner och risken finns att den relativa fuktigheten blir farligt hög, i värsta fall kan det även bildas kondens i konstruktionen. Den här processen kan orsaka stora skador i väggen om den innehåller fukt känsliga material. Skadorna kan vara väldigt kostsamma. För att undvika att den relativa fuktigheten blir för hög sänks först och främst fukthalten inomhus med hjälp av ventilation. Nästa åtgärd är att se till att fuktspärren är helt tät och håller den fuktiga inomhusluften inomhus och inte når konstruktionen (Sandberg P.-I. , Sikander, Wahlgren, & Larsson, 2007).

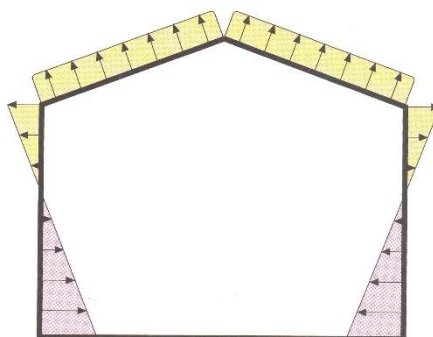


### 3 Luftens drivkrafter

Luftrörelser påverkar energibehovet för uppvärmning och luftkvaliteten i en byggnad. Vid en högre kontrollerad luftomsättning krävs det mer energi men samtidigt ökar luftkvaliteten. Därför gäller det att kunna kontrollera luftflödet så att balansen mellan ett energisnålt system och en hög luftkvalitet blir så optimal som möjligt. För att uppnå detta krävs ett tätt klimatskal. Det är skillnader i lufttryck som tillsammans med strömningsvägar gör att luftrörelser uppstår. För att förhindra luftrörelser ska alltså antingen lufttrycket jämnas ut eller strömningsvägarna täppas till. Lufttrycksskillnaderna tillkommer på grund av termiska och mekaniska drivkrafter men påverkas också av vinden (Bankvall, 2013).

#### 3.1 Termiska drivkrafter

Termiska drivkrafter kallas ofta för skorstensverkan och bygger på att varm luft har en lägre densitet än kall luft. Den varma luften i byggnaderna stiger och därmed skapar det ett undertryck i den lägre delen av byggnaden och ett övertryck i den övre delen. Det gör i sin tur att luft pressas in i den nedre delen genom klimatskalets otätheter och vill ta sig ut genom den övre, se figur 2 (Bankvall, 2013).

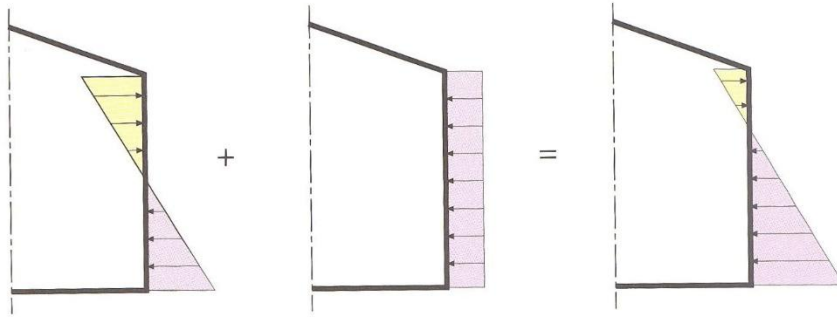


**Figur 2. Tryckskillnader över klimatskalet orsakad av termisk drivkraft (Bankvall, 2013)**

#### 3.2 Mekaniska drivkrafter

En byggnads ventilationssystem kan injusteras så att luftflödena är optimala för just den byggnaden. Vid fukt känsliga konstruktioner är ofta tilluften något mindre än frånluften. Det skapar ett undertryck även i den övre delen av byggnaden och på så sätt hindras den inre fuktiga luften att tränga ut i konstruktionen och bilda en hög relativ fuktighet där. Ett fall då tryckskillnaderna över klimatskalet orsakas av termisk drivkraft i kombination med frånluftsventilation gestaltas i figur 3. I andra fall för att minska problem

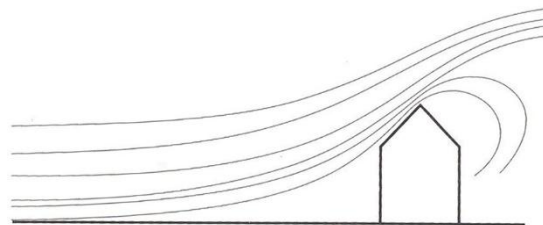
med drag i entréer kan ett överskott av tilluft tillsättas (Dellgar & Häggbom, 2004).



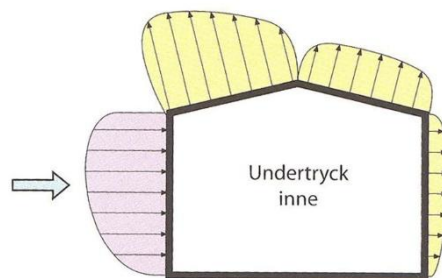
**Figur 3. Tryckskillnader orsakad av termisk drivkraft i kombination med frånluftsventilation (Bankvall, 2013)**

### 3.3 Vindpåverkan

Då en byggnad utsätts för vind skapar det stora tryckskillnader mellan ute och inne. Figur 4 visar hur vindtrycket mot en byggnad kan se ut. Vid vindhastighet upp mot 15 m/s kan det bli cirka 40 Pa tryckskillnad över klimatskalet. På lovartsidan, den sidan som det blåser på, bildas det ett yttre övertryck som gör att den utvändiga luften vill pressas in medan det på läsidan bildas ett utvändigt undertryck som gör att inomhusluften vill sugas ut. Detta fall visas i figur 5. På flacka tak bildas det ofta undertryck och på branta tak bildas det ofta övertryck på lovartsidan och ett undertryck på läsidan (Bankvall, 2013).



**Figur 4. Vindtryck mot byggnad (Bankvall, 2013)**



**Figur 5. Lufttrycksvariationer kring en byggnad orsakad av vindpåverkan (Bankvall, 2013)**



Det har gjorts beräkningar där det jämfördes tre olika byggnader, en byggnad med luftläckaget  $0,8 \text{ l/m}^2 \cdot \text{s}$  och två byggnader med  $2,0 \text{ l/m}^2 \cdot \text{s}$  vid 50 Pa tryckskillnad över klimatskalet. En av byggnaderna med det högre luftläckaget var belägen på landsbygden och mycket vindutsatt medan den andra var belägen i staden vid ett mindre vindutsatt läge. Resultatet visade att den vindutsatta byggnaden hade en högre energianvändning om  $70 \text{ kWh/m}^2$  och år än den andra med samma luftläckage. Byggnaden med det lägre luftläckaget hade ytterligare lägre energianvändning med drygt 20 kWh per kvadratmeter och år (Sandberg P.-I. , Sikander, Wahlgren, & Larsson, 2007).



## 4 ByggaL-metoden och fuktsakkunnig

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut har arbetat fram en metod för att uppföra lufttäta byggnader, ByggaL. Syftet med metoden är att den ska hjälpa byggsektorn att genom en kvalitetssäkrad byggprocess ge goda förutsättningar att nå satta mål för lufttätheten. Då inget annat anges bygger kapitlet på Sikanders rapport ByggaL – Metod för byggande av lufttäta byggnader, utgiven 2010.

ByggaL-metoden startar redan i programskedet. Där ska byggherren välja ambitionsnivån för projektet. Det omfattar eget engagemang, kravformulering, vilken kompetens som ska handlas upp och vilken utbildning och information som ska nå aktörerna i processen. En ansvarig för lufttätheten ska utses för att göra uppföljningar och se så att kraven nås. Till det finns en checklista över vad som är rimligt att kontrollera.

Den ansvariga under projekteringsskedet ska i ByggaL-metoden gå igenom en utarbetad rutin. Den innefattar bland annat dokumentation, granskning av projekterade handlingar, identifiera och planera kritiska produktionsmoment och att tillsammans med entreprenören upprätta en plan för lufttäthet under produktionsskedet. Till alla stegen finns det checklistor och bilagor för att stötta upp och säkerställa att ingenting missas. Byggherren har på liknande sätt en rutin att arbeta utifrån.

Under produktionsskedet ska entreprenören utse en ansvarig för lufttäthetsfrågorna. Den ansvariga ska enligt ByggaL-metoden gå igenom kraven för lufttäthet, granska projekterade handlingar tillsammans med projektör och vid metodändring visa att kraven på lufttäthet fortfarande uppfylls. En kontrollplan tas fram med stöd från bilaga 5 i rapporten ByggaL. Den utsedda ansvariga ska se till att all information och utbildning rör alla de berörda parter, att arbetsberedning sker och göra täthetsprovningar för att till sist återföra erfarenheter till projektörer. Byggherren ansvarar för att bland annat ha kontakt med den lufttäthetsansvariga och ta del av dokumentationen. Under förvaltningsskedet skall lufttäthet runt genomföringar och dörrar kontrolleras samt följa upp klagomål gällande drag och kalla golv då det kan indikera på ett otätt klimatskal.

ByggaF utgiven av Sveriges Byggindustrier är en metod för byggande av fuktsäkra byggnader. Den är uppbyggd på ett liknande sätt som ByggaL med kontrollplaner och checklistor för de olika byggskedena. Om byggherren inte har tillräckligt mycket kunskap ska den utse en fuktsakkunnig för att representera honom. Denna ska framföra byggherrens krav och kontrollera att de uppfylls (Norling Mjörnell, 2007).

## 4.1 Resultat från intervjuer

Ingen av de medverkande i intervjuerna har samarbetat med en lufttäthetsansvarig, många hade inte heller hört talas om ByggaL. Däremot är det flera projekt där en fuktsakkunnig har varit inblandad. Denna har granskat konstruktörens handlingar utifrån fuktsäkerhet och lufttäthet och gett förslag på alternativa metoder.

En intervjuad i produktionen tyckte att det låg för mycket fokus på att ta fram ett dokument och att de istället borde använda sig av den erfarenheten som finns hos byggtreprenörerna. I projekteringen ansåg två att det är en vinst för projektet att ha en fuktsakkunnig, men en av dessa var tveksam till om det var givande i ett litet projekt. En annan sade att den fuktsakkunnige måste kopplas in i ett tidigt skede och sen även vara aktiv i byggskedet för att nå ett gott resultat, vilket den fuktsakkunnige ska även enligt ByggaF.

## 5 Mätning av luftläckage

En tryckprovning kan utföras för att mäta luftläckaget i en byggnad. Hur det ska gå till beskrivs i standarden SS-EN 13829 (Swedish Standards Institute, 2000).

### 5.1 Tryckprovning

En täthetsprovning görs genom att det skapas en tryckskillnad över byggnadens klimatskal. Tryckskillnaden skapas med hjälp av en fläkt med ram som placeras i en dörröppning, en så kallad blower door. Är byggnadens egna ventilationssystem tillräckligt kraftfullt kan det också användas. Fläkten reglerar tryckskillnaden samtidigt som den mäter flödet genom fläkten. Eftersom testet ska visa hur stort luftflöde som går genom det tätade klimatskalet är det viktigt att öppningar för till exempel ventilationskanaler stängs och tätas. (Blomsterberg & Burke, 2012)

Mätningarna görs med både 50 Pa över- och undertryck, vilket ofta ger något olika resultat eftersom skarvar kan agera olika i de två fallen. En skarv med överlappning kan i det ena fallet sluta sig medan den öppnar sig i det andra. Det slutgiltiga luftflödets är ett medelvärde av läckaget vid de båda tryckfallen och anges i enheten  $l/s \cdot m^2$ , det vill säga antalet liter luft som passerar den omslutande arean per kvadratmeter och sekund (Wahlberg, 2010). Den omslutande arean innefattar väggar golv och tak som skiljer inne från ute. För att förenkla beräkningar kan luftläckaget vid skarvar och anslutningar anges i enheten  $l/m \cdot h$ .

### 5.2 Läckagesökning

För att komplettera täthetsprovningen utförs ofta en läckagesökning samtidigt. När byggnaden utsätts för undertryck letar sig kall luft in genom otätheter i konstruktionen (förutsatt att det finns en temperaturskillnad över klimatskalet) och syns tydligt med en värmekamera. Luftrörelser kan även hittas med hjälp indikeringsrök i penna eller flaska (Wahlberg, 2010). Utförs provtryckningen och läckagesökningen innan väggen gipsas är det relativt enkelt att åtgärda eventuella otätheter som hittas i tätskiktet.

### 5.3 Resultat från intervjuer

Tre av byggtreprenörerna gör en provtryckning innan gipsen monterats eftersom det då är lätt att komplettera tätskiktet. En provtrycker när gipsen är på plats eftersom skarvarna tätas med klämning mellan regel och gipsskiva. Den sista medverkande gör provtryckningen efter målning och menar att huset

är som tätast då, de tar risken att behöva riva ner gipsen och komplettera tätningen om huset inte når upp till kraven. Alla medverkande gör stickprov och provtrycker endast vissa byggnader/rum. De tillfrågade köper in tjänsten och två av dem visste därför inte om det provtrycktes med både över- och undertryck. Ytterligare två av de medverkade provtryckte med båda tryckfallen. I ett av projekten använde de sig endast av undertryck, då de menade att läckagesökningen var svår att göra med övertryck. Detta trots att standarden säger att båda fallen ska provas.

## **6 Beständighet hos lufttätetslösningar enligt SP:s rapport**

Beständigheten av lufttätetslösningar är osäker och det finns inte så mycket skrivet i ämnet och därför är det här kapitlet helt baserat på en rapport SP har gjort där de simulerar 50 års åldring. Rapporten heter Beständighet hos lufttätetslösningar och är skriven av Ylmén, Hansén och Romild, utgiven 2012. Lufttätningen sker i stor utsträckning med polymera material. Det finns ett flertal faktorer som påverkar beständigheten för den typen av material som till exempel temperatur, syre, fukt, solljus och luftföroreningar.

### **6.1 SP:s simulering**

En 50-årig föråldring har simulerats genom en hög temperatur och varierad luftfuktighet. Solljus och luftföroreningar har försumrats då en inbyggd plastfolie inte utsätts för det i en stor utsträckning. Det antogs att en temperaturökning med 10°C fördubblade nedbrytningshastigheten. För att genomföra simulationen på ett år krävdes temperaturen 80°C. Den relativa fuktigheten var 50 %, en vecka i månaden sänktes den till 30 % för att efterlikna fuktigheten under vintern. Simuleringen utfördes på en provrigg uppbyggd av träregelstomme, glasullsisolering och ett antal olika tätningsprodukter.

### **6.2 Resultat från SP:s simulering**

Innan simuleringen genomfördes tryckprovades riggen i sin helhet och resultatet 0,11 l/s · m<sup>2</sup> uppnåddes vid 50 Pa tryckskillnad. Efter simuleringen blev resultatet av tryckprovningen 0,22 l/s · m<sup>2</sup>, det vill säga ett dubbelt så stort flöde av luft genom konstruktion. Majoriteten av de utprovade lösningarna behöll sin lufttätet efter den simulerade föråldringen. Problem uppstod framför allt i lösningar med tejp. De två tejperna som används i provningen var plastfolie med häftämne av akryl. Efter simuleringen hade de försämrade lufttätet på grund av kanaler som bildats i tejp. De har troligtvis uppkommit eftersom tejp och folien har dragit ihop sig olika mycket under simuleringen. Samma problem uppstod på den utprovade stosen som ska användas för att tätta genomföringar och på en s-list, en syllisolering med gummilister limmade på en plastremsa. Tendenserna till kanaler fanns också på butylbandet. Men bandet fäste så pass hårt med plasten att inga kanaler uppstod, utan bara veck som inte släppte genom någon luft. Information om de olika produkterna och tätningsmetoderna finns i kapitel 7.





## **7 Tätningmetoder för olika konstruktionsdelar**

Luftläckage uppstår framförallt när plastfolien perforeras, skarvas eller ansluter till ett annat material. Därför fokuserar det här kapitlet på olika metoder för att minimera dessa otätheter. Metoderna beskrivs och sedan redovisas de kommentarer som insamlades vid genomförda intervjuer. I de fall det har varit aktuellt redovisas även en diskussionsdel.

### **7.1 Montering**

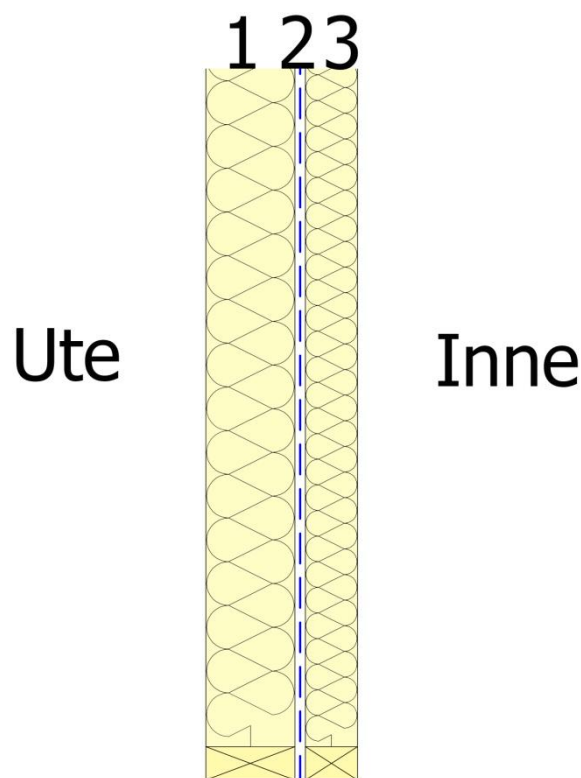
Vid montering kan plastfolien fästas mot träreglarna genom häftning, dubbelhäftande tejp kan användas i samma syfte. Fördelarna med tejp är att den kan användas på både stål- och träreglar samt att den inte punkterar plasten och lämnar små hål som häftning gör (Carlberg, 2014). Används ändå häftning bör klamrarna tejpas över för att förhindra läckage (Sveriges Skogsindustrier, 2013).

#### **7.1.1 Resultat från intervjuer**

Alla medverkande har använt sig av häftning för att montera plasten på väggen innan den tätas ytterligare. Det finns olika åsikter om vad som är bäst av klammerhacka och häftpistol. Några anser att det finns större risk att riva sönder plasten med klammerhacka. Endast i projektet med det högsta täthetskravet på  $0,1 \text{ l/s} \cdot \text{m}^2$  tejpede de dessutom över alla klamrar.

### **7.2 Installationsskikt**

En metod för att komma runt många perforeringar genom väggens plastfolie är att ha ett installationsskikt som i figur 6. Ett installationsskikt är en regelstomme innanför den bärande stommen och plastfolien där installatörer kan dra sina kablar och rör utan att perforera folien (Sandin, 2010).



**Figur 6. Bärande stomme (1), plastfolie (2) och innerst ett installationskikt (3) (Herrström, 2014)**

### 7.2.1 Resultat från intervjuer

Fyra av de tillfrågade i produktionen menar att installationskikt används i de allra flesta projekten, två av dessa säger att det är en förutsättning för att nå de satta kraven. Ett av företagen håller ned kostnaderna genom att endast i undantagsfall bygga med installationskikt, men det är upp till beställaren att besluta. Representanten från det företaget hade dock byggt med installationskikt om det varit upp till honom.

Alla projektörerna sa att installationskikt oftast används. En menade att fast han föreslår installationskikt är det en kostnadsfråga och upp till beställaren om det blir eller inte. En annan hade inte uppfattningen att beställaren är tillräckligt insatt för att ta det beslutet. En av de tillfrågade sa att arkitekten oftast har ritat in det i underlaget när de får planritningarna.

### 7.2.2 Diskussion

Eftersom ett installationskikt inte bara gör att det blir färre genomföringar i plasten utan också bidrar till att risken minskar att brukarna punkterar folien av misstag, är det väldigt riskabelt att bygga utan det. Vi anser att lufttätheten kommer att försämrats på sikt trots att den är god vid färdigställande.

### 7.3 Anslutning mellan vägg och fönster

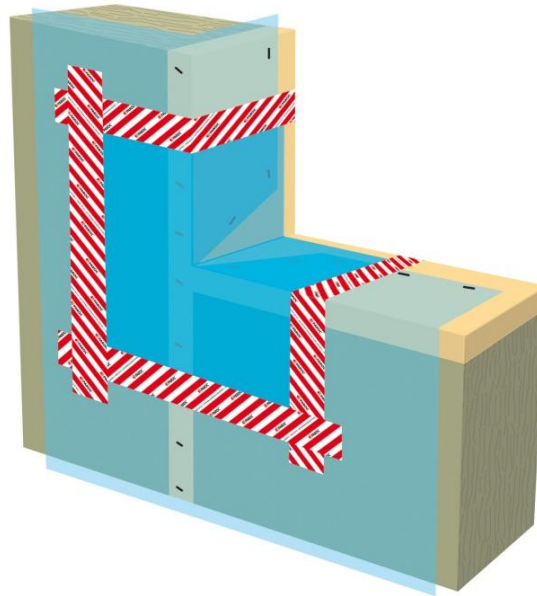
Det är viktigt att anslutningarna till fönster och dörrar blir täta i en byggnad då det totalt kan handla om väldigt många löpmeter. För att täta mellan karm och regeln i väggen används polyuretanskum eller mineralull i kombination av fogmassa och/eller en gummilist (Adalberth, 1998).

En annan aspekt att ta hänsyn till är karmens täthet. Det blir vanligare med flerstegstätningar i utrymmet mellan karm och båge då dessa både isolerar bättre och ger ökad täthet. Många fönster P-märks av SP och då mäts bland annat lufttätheten. För att produkterna ska bli godkända måste de ha ett luftläckage under ca  $0,5 \text{ l/s} \cdot \text{m}^2$  vid 50 Pa tryckskillnad. Tillverkaren Inwidos fönster ligger på ca 20 % av täthetkraven vid den tryckskillnaden. Enligt en kontakt på företaget blir det vanligare med byggherrar som sätter krav på lufttäta fönster, men i nuläget gäller förfrågningarna främst lågenergihus (Zetterstedt, 2014).

Det finns flera olika metoder för att täta smygar. Intervjuerna visade att konstruktörerna inte brukar förskriva en viss metod, en föreskrev endast att plastfolien bör vikas in i smygen och under karmen.

#### 7.3.1 Plasten viks in i smygen

En metod för att täta smygar utförs genom att plastfolien viks in i dörr- eller fönstersmygen. Plastfolien dras något förbi insida karm och tätas med mjukfog mot karmen. Det kommer då att saknas plast i hörnen som tätas med en extra bit plast och tejp (Wahlberg, 2010). Nackdelen med detta är att det kan bli mycket material i hörnen som är i vägen när fönsterbrädorna ska på plats. Det finns också risk att plasten veckar sig och därmed blir svår att tejpa så att den blir helt tät. För att göra vikningen lättare och vara säkrare på att den blir tät kan färdiga hörnlösningar användas (Svensson & Wahlgren, 2010). Figur 7 visar hur en sådan kan se ut. Med hjälp av hörnen är det lättare att nå den rekommenderade överlappningen på 100-200 mm (Saint-Gobain Isover AB, 2013).



**Figur 7. Färdig hörnlösning för smygar (Paroc AB, 2014)**

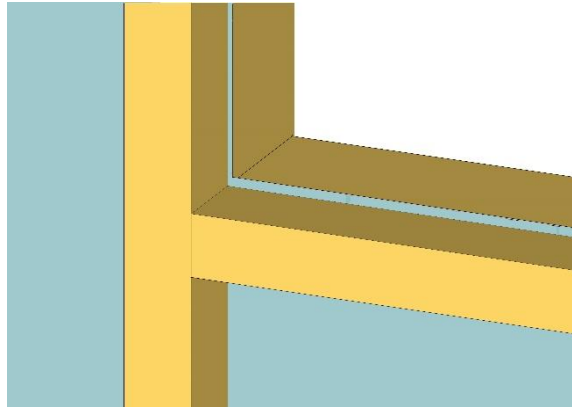
#### *7.3.1.1 Resultat från intervjuer*

Metoden att tätas för hand med tejp och en extra bit plast har inte använts på något av de aktuella projekten som diskuterades med arbetsledningen i produktionen. Ett av företagen använde sig av den här metoden vid projektstart, men då den inte nådde upp till de satta kraven började de använda den färdiga hörnlösningen istället. De flesta var överens om att det är en metod som användes mer förr, men ibland så tätades det inte med en extra bit folie utan bara tejp. En intervjuad i projekteringen trodde att detta var en lösning som används mycket.

Alla utom en av de tillfrågade i produktionen använde färdiga innerhörn och tyckte att tätningen blev lättare att utföra. Ett av företagen menade att den tar längre tid, men att resultatet blir mycket tätare. Ett annat tyckte att det är bra säkerhet när arbetsledningen inte hinner kontrollera utförandet. Projektörerna var överens om att den här metoden är den som verkar bli tätast.

#### **7.3.2 Plasten kläms mellan reglarna**

En annan metod är att PE-folien skärs av vid väggregeln och där kläms och tätas med mjukfog mellan väggreglarna, se figur 8. Lösningen går alltså endast att använda då konstruktionen har en indragen ångspärr och ett inre installationsskikt. Dock finns det risk för att träet krymper när det torkas ut och det därmed uppstår utrymme för luftläckage (Sandberg & Sikander, 2004).



**Figur 8. Den tredje metoden då folien skärs av vid väggregeln (Herrström, 2014)**

#### *7.3.2.1 Resultat från intervjuer*

Ingen av de tillfrågade hade använt sig av den här metoden. Då det inte blir tätat i smygen var de skeptiska för hur den skulle fungera.

#### **7.3.3 Plasten fästs i karmen innan fönstermontering**

Den fjärde metoden för att tätta smygar är att fästa plastfolie i karmen med dubbelhäftande tejp och sedan montera karmen i väggen. Därefter tätas plasten i karmen mot plasten i väggen med hjälp av tejp. Med den metoden så uppstår inte svårigheterna med ett tjockt lager av plast och tejp i smygens hörn (Svensson & Wahlgren, 2010). Det finns en färdig produkt för det här ändamålet. Det är en plastremsa med butylband att fästa i karmen på ena sidan och tejp att fästa i plasten på väggen på andra sidan (DAFA Sverige AB, u.d.).

#### *7.3.3.1 Resultat från intervjuer*

En av de medverkande har använt sig av denna metod med Dafas produkt. Ett företag fick prefabricerade väggar med fönster och plast förmonterade i smygen. När väggen plastades veks plasten in i smygen och behövde då inte kompletteras. Ingen av de i projekteringen hade någon erfarenhet av denna metod, en av dem menade att den verkade vara omständlig att utföra.

### 7.3.4 Sammanställning av resultat från intervjuer

I tabell 1 presenteras en sammanställning av resultatet från genomförda intervjuer.

**Tabell 1.**

| Metod                                                            | Produktion antal | Projektering antal | Kommentarer                                                                             |
|------------------------------------------------------------------|------------------|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Plasten viks in i smygen och tätas med extra plast och tejp.  | 1                | 0                  | En använde metoden, men bytte då sätta krav inte uppfylldes. Gammal metod enligt många. |
| 2. Plasten viks in i smygen och tätas med en färdig hörnlösning. | 4                | 0                  | En projektör förskrev metoden i projekt med höga täthetskrav.                           |
| 3. Plasten kläms mellan reglarna                                 | 0                | 0                  | Ingen kände till metoden.                                                               |
| 4. Plasten fästs i karmen innan fönstermontering                 | 1                | 0                  |                                                                                         |
| 5. Fönstret och plasten i smygen är monterade vid leverans       | 1                | 0                  | Den intervjuade visste inte hur tätningen skedde.                                       |
| Ingen specifik metod föreskrivs                                  | -                | 4                  |                                                                                         |

Vid vissa anslutningar föreskrivet projekteringen inte vilken metod som ska användas. Vid de tillfällena redovisas detta i tabellens sista rad.

### 7.3.5 Diskussion

De metoder som innebär att plasten viks in i smygen och tätas mot karmen bör användas för att säkerställa att hela anslutningen blir tät. På resultatet syns det tydligt att metod två med en färdig hörnlösning är ett bra alternativ som relativt enkel att utföra med ett gott resultat. Den färdiga hörnlösningen kräver inte lika mycket kontroller och arbetsledning som metod ett mot att den möjligtvis tar lite längre tid. Projektörerna var inte särskilt insatta i de olika metoderna eftersom de oftast inte föreskriver en specifik, men alla föredrog metod två.

En viktig aspekt att ta hänsyn till är hur tät fönsterkonstruktionen är. Oavsett hur tät anslutningen är så kommer det inte att väga upp för ett otätt fönster. Vi har fått uppfattningen att detta är en del i täthetsarbetet som ofta faller bort. I nuläget finns det endast information hos leverantörerna om att fönstren är P-märkta och alltså uppfyller deras täthetskrav. För att belysa täthetsgraden kan

det vara ett alternativ för leverantörerna att ha det exakta luftläckaget åtkomligt för köpare, till exempel i produktbladet.

## 7.4 Skarvar

Med god planering bör antalet skarvar i första hand minimeras. Det går att begränsa mängden skarvar genom att använda en plastfolie med en bredd som är större än väggens höjd (Johansson & Ulfsson, 2011). Plastfolien rullas ut horisontellt och byggnadsarbetaren kan välja var skarven ska placeras (Sandberg & Sikander, 2004). Det finns ett antal olika metoder som används för att göra lufttäta skarvar. Gemensamt att tänka på för alla är att plastfolien bör vara plan och utan veck där skarven ska utföras (Nilsson, 2013).

### 7.4.1 Tejpning

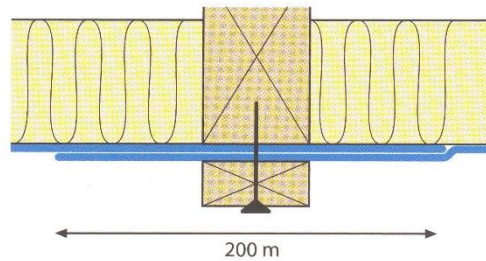
För att täta skarvar med gott resultat ska ändamålsenlig tejp med god beständighet användas. Det bör säkerställas att tejpens som används fungerar väl ihop med vald plastfolie och inte påverkar varandra negativt. Ytan på tätskiktet ska vara ren från smuts och damm för att tejpens ska häfta ordentligt. Det är särskilt viktigt vid tejpning att det inte blir veck i folien som skapar kanaler där luften kan tränga genom. Tejpning ska i största möjliga mån göras mot ett fast underlag (Svensson & Wahlgren, 2010).

#### 7.4.1.1 Resultat från intervjuer

Majoriteten av projektörerna föreskrev att åldersbeständig tejp ska användas vid tätning av skarvar. Två av dem nämnde också att det ska göras mot ett fast underlag, till exempel över en regel. De medverkande i produktionen var eniga om att tejpning är den vanligaste metoden för att täta skarvar, dock finns det bättre och sämre tejpfabrikat. Ett företag använde sig av Isover Vario Multitejp SL och var väldigt nöjda med den. Ett annat företag tyckte att T-emballages tejp T-Flex fungerade bra. En tredje tejp som rekommenderades är Termoflocs vita tejp med logotype. Två tillfrågade hade använt tejpens Tesa 4668 i början av projektet men då den hade en dålig vidhäftningsförmåga bytte de till en annan.

### 7.4.2 Klämning

En skarv som kläms mellan två regler riskerar att läcka på grund av att reglarna inte är helt raka och jämna. Det finns även en risk att den klämmande effekten minskar på grund av rörelser i träet. Därför bör klämning kombineras med andra tätningsmetoder (Svensson & Wahlgren, 2010).



**Figur 9. Plastfolieskarv klämd mellan regler (Bankvall, 2013)**

Enbart klämning med väggregel och gipsskiva ger ett läckage på  $140 \text{ l/m} \cdot \text{h}$  och klämning med träregeln och glespanel  $20 \text{ l/m} \cdot \text{h}$  vid  $50 \text{ Pa}$  tryckskillnad. I vindsbjälklag kläms ofta plastfolien mellan värmeisoleringen och två glespaneler, det ger enligt samma rapport ett läckage på  $150 \text{ l/m} \cdot \text{h}$ . Dessa värden visar enbart luftläckaget per meter skarv och går alltså inte att jämföra med ett uppmätt läckage per kvadratmeter i en byggnad (Sandberg & Sikander, 2004).

#### 7.4.2.1 Resultat från intervjuer

Ingen av de medverkande konstruktörerna föreskriver klämning. De flesta intervjuade i produktionen anser inte att skarven blir tillräckligt tät vid endast klämning och använder sig endast av den metoden i kombination med butylband eller fogmassa. Ett av företagen i produktionen klämmer skarvarna mellan gips och regel över tre regler i väggen och två balkar i taket. Med denna metod uppnåddes täthetskraven på  $0,3 \text{ l/s} \cdot \text{m}^2$  i en enplansvilla. Dock tyckte den intervjuade att tejp hade varit en säkrare metod. En annan hade erfarenhet av klämning i kombination med lim.

#### 7.4.3 Butylband

Ska klämning användas kan det göras i kombination med butylband för att få ett tätt resultat (Bankvall, 2013). Butylband är ett dubbelhäftande band av butylgummi och kan vara ett alternativ till fogmassa då butylbandet inte flyter ut (DAFA Sverige AB, u.d.). Mätningar visar att i de flesta fall där de använt sig av denna metod fått ett luftflöde under  $0,2 \text{ l/s} \cdot \text{m}^2$  för hela byggnaden vid  $50 \text{ Pa}$  tryckskillnad (Bankvall, 2013).

#### 7.4.3.1 Resultat från intervjuer

Då plasten ska ansluta mot ett annat material som till exempel betong nämnde en av de medverkande i produktionen och en i projekteringen att de använde butylband. En byggtreprenör ansåg att butylband ger ett tätt resultat, men är dyra och kan vara svåra att arbeta med på sommaren på grund av värmen.

#### 7.4.4 Lim och fogmassa

Skarvarna går också att täta med bygglim avsedd för plastfolie. Det fäster även på trä, betong och metall och tar 1-3 dagar för att torka. Används lim är det



viktigt att ytorna är fria från damm, fett och olja samt är torra och rena för att limmet ska fästa (Bostik AB, 2011). Fogmassa kan användas enligt samma princip (Johansson & Ulfsson, 2011).

#### 7.4.4.1 Resultat från intervjuer

En av de tillfrågade i produktionskedet limmade skarvarna i väggen i kombination med klämning mellan reglar. Två nämnde att fogmassa är bra då plasten ska tätas mot ett annat material som är ojämnt. Det kan då fungera bättre än butylband då det tar sig in i alla håligheter.

#### 7.4.5 Svetsning

Svetsning är en metod som kan användas då det ställs höga krav på lufttätethet. Den kan vara lämplig när det saknas ett fast underliggande material under fogen (Adalberth, 1998).

#### 7.4.5.1 Resultat från intervjuer

Ingen av de medverkade har använt sig av eller hört talas om svetsning.

#### 7.4.6 Sammanställning av resultat från intervjuer

I tabell 2 presenteras en sammanställning av resultatet från genomförda intervjuer om hur tätning sker vid plastfolieskarvar.

**Tabell 2.**

| Metod                           | Produktion antal | Projektering antal | Kommentarer                                                             |
|---------------------------------|------------------|--------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| 1. Tejpning                     | 4                | 4                  |                                                                         |
| 2. Klämning                     | 2                | 0                  | En i kombination med lim.                                               |
| 3. Butylband                    | 0                | 0                  | Användes i skarvar mot andra material.                                  |
| 4. Lim och fogmassa             | 1                | 0                  | I kombination med klämning. Användes även i skarvar mot andra material. |
| 5. Svetsning                    | 0                | 0                  | Inga erfarenheter fanns.                                                |
| Ingen specifik metod föreskrivs | -                | 0                  |                                                                         |

#### 7.4.7 Diskussion

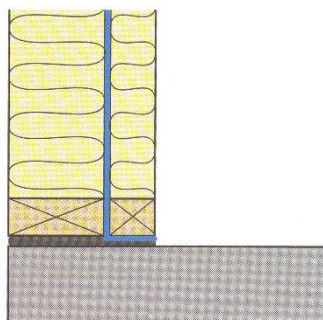
I den här frågan är projekteringen och produktionen väldigt överens om att tejp i plastfolieskarvar används mest. Men precis som en av projektörerna nämnde så är det osäkert hur väl den metoden fungerar efter ett antal år. I

kapitel 9 beskrivs att tejen är den produkt som efter en simulering av 50 års åldring hade påverkats mest negativt och luftkanaler hade bildats. Butylbandet som utsattes för samma simulering hade så hög häftförmåga att inga luftkanaler uppstod trots att det fanns tendenser till det. Baserat på den kunskapen kan på sikt butylband i kombination med klämning vara en säkrare metod.

## 7.5 Anslutning mellan vägg och betongplatta

### 7.5.1 Anslutning mellan syll och inre tätning

Plastfolien i väggen ska tätas mot syllisoleringen eller betonggolvet. Ett sätt är att vika in plastfolien mellan syllan till installationsskiktet och syllisoleringen där den tejpas med dubbelhäftande tejp och kläms fast, se figur 12 (Svensson & Wahlgren, 2010). Används ingen lufttät syllisolering kan plastfolien tätas direkt mot golvet med en kombination av butylband och klämning under syllan, eller med tejp. Är underlaget ojämnt kan fogmassa användas (Carlberg, 2014).



**Figur 12. Exempel på hur plastfolien kan klämmas under syllan (Bankvall, 2013)**

Har konstruktionen inget installationsskikt läggs en remsa plastfolie mellan syllan och syllisoleringen från början då väggen reglas upp. Sedan när plastfolien sätts på plats i väggen tejpas de samman (Adalberth, 1998). Ett annat alternativ är att vika in plastfolien på betonggolvet. Sedan flytspacklas betonggolvet 10-15 mm och sluter då tätt till plastfolien (Carlberg, 2014).

#### 7.5.1.1 Resultat från intervjuer

De allra flesta i produktionen klämde plasten under installationsskiktets syll i kombination med olika fästmetoder. En tejpade plasten mot betonggolvet som sedan flytspacklades och slöt tätt mot plasten. Två limmade eller använde fogmassa under syllan och en använde butylband. En av dessa lät plasten löpa förbi syllan och ut på golvet där den överlappades med plasten som läggs under parketten.

Det sista företaget använde sig inte av installationsskikt och vek bara ut plasten på golvet och överlappades med golvläggarnas plast utan att klämma eller fästa den mot betongen. I de fall då installationsskikt inte används var det ingen i produktionen som hade erfarenhet av att en plastremsa läggs under syllen i den bärande stommen och sedan viks upp och tätas mot plasten i väggen. Den metoden ansågs vara osäker då plasten kan bli fuktig under byggtiden och risken är att fukten byggs in.

Konstruktörerna som intervjuades hade olika syn på hur plastfolien tätas mot betongen. En av dem föreskrev att plastfolien viks in under den bärande regelstommen, en annan föreskrev att de ska vikas under installationsskiktet och en tredje sa att han använde båda metoderna lika mycket. Den sista intervjuade föreskrev inte någon särskild metod utan lät byggtreprenören välja själv hur de ville göra. En konstruktör ansåg att det är klumpigt att lägga plasten under det bärande skiktet. Han var skeptisk till om byggtreprenören använde den metoden även om det var projekterat så.

### 7.5.1.2 Sammanställning av resultat från intervjuer

I tabell 3 presenteras en sammanställning av resultatet från genomförda intervjuer.

**Tabell 3.**

| Metod                                                                                                | Produktion<br>antal | Projektering<br>antal | Kommentarer                                                                       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Plasten kläms under installationsskiktets syll i kombination med fogmassa, butylband eller tejp.  | 4                   | 2                     | Två av dessa flytspacklade golvet och en överlappade med plasten under parketten. |
| 2. Plasten kläms under den bärande stommens syll                                                     | 0                   | 2                     | Ansågs omständlig att utföra.                                                     |
| 3. Utan att klämmas under syllen dras plasten ut på golvet och överlappas av plasten under parketten | 1                   | 0                     |                                                                                   |
| Ingen specifik metod föreskrivs                                                                      | -                   | 1                     |                                                                                   |

### 7.5.1.3 Diskussion

Det är tydligt att det är den första lösningen som används mest ute i produktionen. Den är lättare att utföra än metod två eftersom plasten kan dras efter att stommen är rest. Tyngden från den innersta stommen tillsammans med komplement som butylband eller fogmassa ger en stor sannolikhet att anslutningen blir tät.

Om metod två ska användas måste en plastremsa läggas under syllen redan då stommen ska resas, vilket är tidsödande och ineffektivt. Det finns också risk för att plasten skadas innan den tätas mot väggen. En annan aspekt är som tidigare nämnt att fukt riskeras byggas in i konstruktionen. En projektör var osäker på om det utförs på detta sätt trots ritningen visar det. Detta hade kunnat förklara att det finns projektörer som använder metoden, men ingen som medverkat från produktionen har någon erfarenhet av den.

Metod tre anser vi vara osäker i många avseenden. Precis som i föregående metod finns det risk att plasten skadas innan golvet läggs. Det finns också risk för att plasten blir rundad i golvinkeln och när parketten sedan läggs kan den trycka sönder plasten. Själva tätningen utgörs av att plasten från väggen ska klämmas med plasten på golvet av parketten. Vi är tveksamma till om parkettens tyngd är tillräcklig för att skapa en tät skarv. Ett alternativ hade varit att lägga lim eller fogmassa i skarven mellan plasterna. Det ska dock nämnas att företaget som använt sig av denna metod uppnådde sina täthetskrav på  $0,3 \text{ l/s} \cdot \text{m}^2$  för byggnaden. Det är möjligt att denna metod är vanligare än vad som framgår i resultatet. Om det är fallet kan det bero på att den här lösningen inte är aktuell för de övriga medverkande som hade väggkonstruktioner med installationsskikt.

### 7.5.2 Syllisolering

Syllisoleringen mellan syllen och en betongyta ska fungera både som lufttätande skikt och som fuktskydd. Därmed behövs den både vid en syll av trä och vid en syll av plåt. Det är av stor vikt att isoleringen fungerar så att syllen skyddas mot fuktskador, men också så att luften utifrån inte kan tränga in och kyla ner golvet. Om en syll i trä används är det viktigt att syllisoleringen är flexibel så att konstruktionsdelen blir lufttät trots eventuella skevheter eller deformation vid uttorkning (Svensson & Wahlgren, 2010).

Som syllisolering kan en s-list användas, se figur 10. Det är en form av plastfolie med två slangar av samma material på undersidan. Enligt en provning i laboratorier når s-listen ett väldigt gott resultat om betongens yta är slät. S-listen är enligt provningen 6-10 gånger tätare än extruderad polystyren och 30-40 gånger tätare än asfaltpapp. Vid en skrovlig yta blev det försämrade täthet för alla de provade materialen (Sandberg & Sikander, 2004).



**Figur 10. S-list (Innovexa, u.d.)**

Extruderad polymer (figur 11) kan också användas som syllisolering. Det finns i olika former och storlekar. En del har längsgående kammar på undersidan precis som s-listen har slangar. Det finns också de med en vinkel på utsidan som ska förhindra vatten att tränga in till syllen (Paroc AB, 2013) (Paroc AB, 2012) (Sandberg & Sikander, 2004).



**Figur 11. Syllisolering av extruderad polymer (Finja, u.d.)**

Det tredje alternativet är att lägga en byggpapp under syllen. Det finns flera typer av papp som kan användas. Grundmurspapp, vanligen YAP 2500, levereras i flera olika bredder och används ofta som fuktspärr på betongytor (Nevander & Elmarsson, 2006).

#### **7.5.2.1 Resultat från intervjuer**

Endast en projektör av alla de intervjuade använder sig av syllisolering som lufttätning, de resterande använder isoleringen endast i syfte att skydda syllen från fukt. I ett projekt där de använde sig av stålreglar och stålsyll hade de endast syllisolering under den bärande stommen och inte under installationsskiktet. I de återstående projekten med träreglar hade de syllisolering under båda skikten, men vek ner plastfolien under syllisoleringen.

Enligt en byggtreprenör ansågs s-listen vara bra då den följde underlaget bättre än en extruderad polymer. En tillfrågad trodde att s-listen endast användes av de som endast bygger villor. En intervjuad använde byggpapp, en annan ansåg att det var vanligare förr och att dess fördel är att det fungerar som glidskikt mellan betongen och träet.

Det var väldigt spridda svar hos projektörerna om vilken syllisolering de föreskriver. En projektör hade uppfattningen att s-listerna används mest, två föreskriver oftast asfaltpapp, men en vad dem använder också extruderad polymer. Den sista projektören föreskriver inte vilken sorts syllisolering som ska användas. Vid lättreglar sitter det i flera fall en färdig gummilist på regeln, då föreskrivs ingen kompletterande syllisolering.

#### 7.5.2.2 Sammanställning av resultat från intervjuer

I tabell 4 presenteras en sammanställning av resultatet från genomförda intervjuer.

**Tabell 4.**

| Metod                           | Produktion<br>antal | Projektering<br>antal | Kommentarer |
|---------------------------------|---------------------|-----------------------|-------------|
| 1. S-list                       | 1                   | 1                     |             |
| 2. Extruderad polymer           | 2                   | 1                     |             |
| 3. Byggpapp                     | 1                   | 2                     |             |
| Ingen specifik metod föreskrivs | -                   | 1                     |             |

#### 7.5.2.3 Diskussion

I alla projekten som medverkat har de dragit plastfolien under syllisoleringen för att ansluta den mot betongen. Därför har det ingen betydelse om syllisoleringen är lufttät eller inte, då finns den endast till för att skydda syllen från fukt. Då butylband, fogmassa eller tejp används under syllen för att få plastfolien tät mot betongen bidrar syllisoleringen inte till konstruktionsdelens täthet.

Det är intressant att intervju svaren är så olika hos både projektörerna och hos byggtreprenörerna. Eftersom de medverkande överlag inte använder produkterna i lufttäthets syfte är det kanske inte större skillnad mellan dem resultatmässigt, då är det enbart tycke och smak som bestämmer vilken

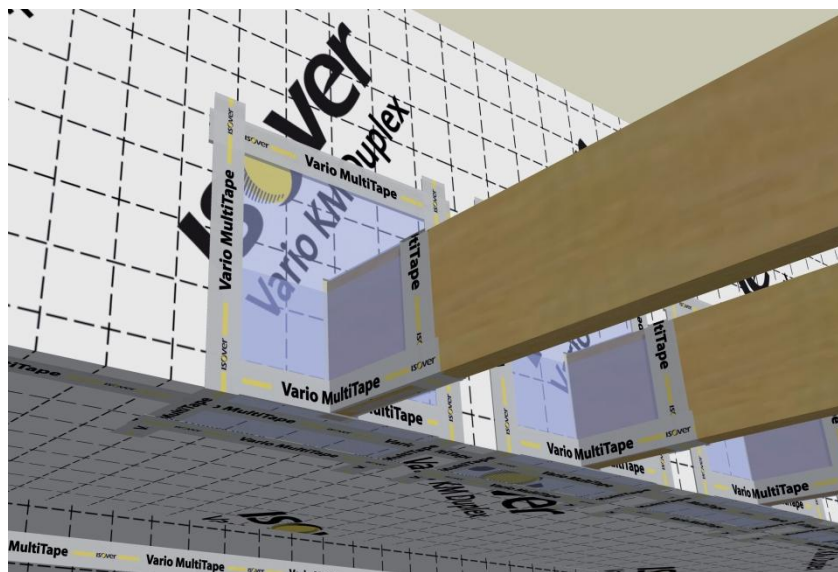
produkt som används. För att kunna dra en definitiv slutsats hade ett större underlag krävts.

## 7.6 Anslutning mellan vägg och mellanbjälklag

Anslutningen mellan ytterväggen och mellanbjälklaget är problematiskt eftersom bjälklagets laster måste föras ner i väggens bärande regelstomme som befinner sig på andra sidan plasten. Då finns risken att ett flertal golvbalkar måste perforera plastfolien (Adalberth, 1998).

### 7.6.1 Individuell tätning

Ett alternativ om golvbalkarna perforerar plasten är att tätningen sker individuellt runt varje balk. Antingen kan tejp användas för att täta för hand, men det finns också speciella produkter som träs på balken för att förenkla momentet. En typ av krage som kan användas visas i figur 13 (Saint-Gobain Isover AB, 2013).



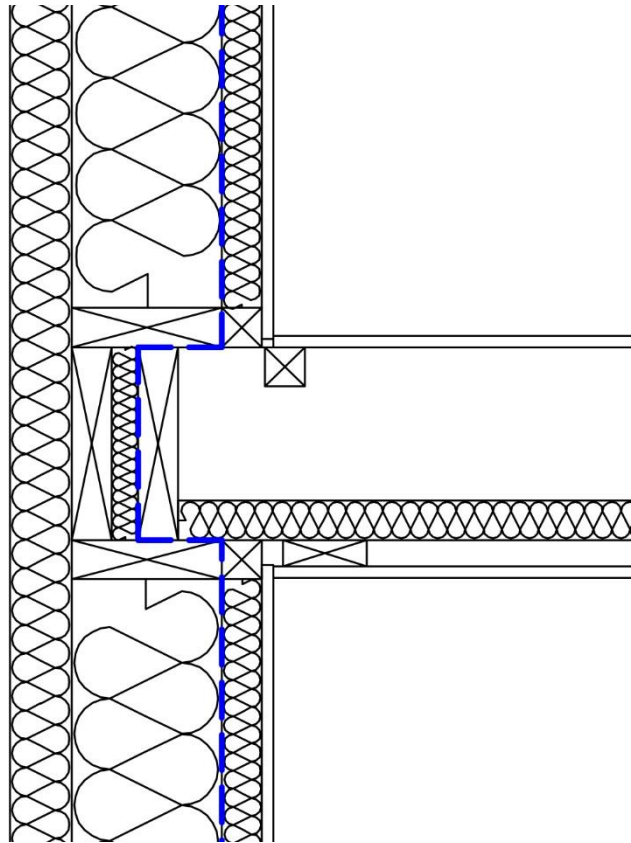
Figur 13. Krage för att täta runt balkar (Saint Gobain Isover AB, 2010).

#### 7.6.1.1 Resultat från intervjuer

Ingen i produktionen har använt sig av denna lösning i ett mellanbjälklag utan i så fall endast för någon enstaka balk, då alla var överens om att det blir för tidsödande och osäkert att göra det på ett helt mellanbjälklag. En tillfrågad tycker att den är osäkert att tejpa mot trä, eftersom det har ett flisigt ytskikt och rör på sig. En annan föredrar att använda en krage för ytterligare säkerhet. De tillfrågade i projekteringen var skeptiska till att använda denna lösning i ett helt mellanbjälklag eftersom det är risk för läckage vid varje balk.

## 7.6.2 Invikt plastfolie

För att undvika punkteringen av plastfolien samt det tidsödande arbetet att behöva täta runt varje balk för sig kan plasten också vikas in i väggen längs bjälklagets kanter som i figur 14. (Sveriges Skogsindustrier, 2013).



**Figur 14. Plastfolie (streckad) som vikas in i väggen och rundar balken (Löfdahl, 2014)**

### 7.6.2.1 Resultat från intervjuer

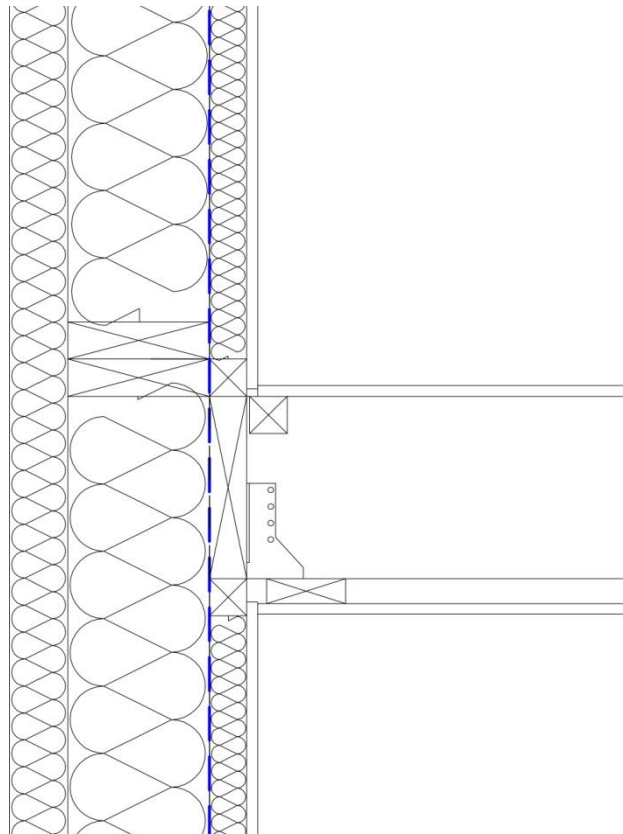
Ingen av de tillfrågade på produktionssidan har använt sig av denna metod. En menar att plastfolien kan tryckas sönder när man för in balken i utrymmet och att det då är svårt att komplettera tätningen i efterhand.

En av konstruktörerna påpekar att plastfolien blir placerad långt ut mot den kalla sidan av konstruktionen och därför är riskabel. En tillfrågad använder denna metod när lasten är för stor för att kunna hänga upp bjälklaget. Endast en av konstruktörerna var positiv till den och menade att den används mest.



### 7.6.3 Kontinuerlig plastfolie

Ett annat alternativ är att ytterväggen har ett tätskikt som går obrutet förbi mellanbjälklaget. Antingen vilar mellanbjälklaget på stommen i installations-skiktet (Adalberth, 1998) eller hängs golvbalkarna på den bärande stommen, till exempel i balkskor som i figur 15 (Thomasson, 2014).



**Figur 15. Plastfolien (streckad) löper kontinuerligt förbi bjälklaget (Löfdahl, 2014)**

#### 7.6.3.1 Resultat från intervjuer

Två av de tillfrågade i produktionen hade använt denna metod, en av dem sa att det var en bra lösning som gav ett tätt resultat. Majoriteten av de tillfrågade i projekteringen tyckte att lösningen där mellanbjälklaget hängs upp var att föredra. De är tveksamma till att använda installationsskiktet som bärande stomme till bjälklaget. Endast en hade erfarenhet av det och då vid en ombyggnation.

#### 7.6.4 Sammanställning av resultat från intervjuer

I tabell 5 presenteras en sammanställning av resultatet från genomförda intervjuer.

**Tabell 5.**

| Metod                           | Produktion antal | Projektering antal | Kommentarer                                              |
|---------------------------------|------------------|--------------------|----------------------------------------------------------|
| 1. Individuell tätning          | 0                | 0                  | Osäker på grund av många genomföringar och tidskrävande. |
| 2. Invikt plastfolie            | 0                | 1                  | Osäker då plasten hamnar långt ut mot den kalla sidan.   |
| 3. Kontinuerlig plastfolie      | 2                | 3                  |                                                          |
| Ingen specifik metod föreskrivs | -                | 0                  |                                                          |

#### 7.6.5 Diskussion

Det stora bortfallet i produktionen beror på att två av de intervjuade inte hade något mellanbjälklag av trä i sina projekt. Den tredje använde sig av ett modulsystem med en lösning som var specialanpassad för det projektet. Det svaga underlaget på produktionssidan kan ge en vinklad bild av metodernas användning. Trots underlaget är vår uppfattning att det inte finns några standardlösningar utan det varierar från projekt till projekt beroende på befintliga förutsättningar. Eftersom det är stor variation kräver det att konstruktören hittar en lösning som är optimal till just det projektet. Metod tre anses vara en bra lösning eftersom plasten får löpa obruten och ger liten risk för läckage, samt att den är lätt att montera. Metod två är mer omständlig då plasten måste vara med redan vid resningen av stommen och att plasten måste vikas in ordentligt i hörnen för att inte skadas.

### 7.7 Anslutning mellan vägg och tak

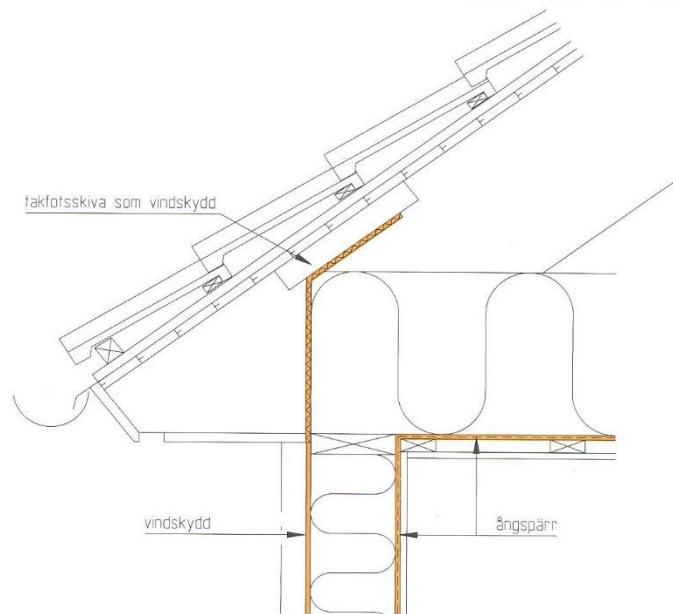
Det finns olika metoder att isolera och täta en takkonstruktion. Nedan redovisas två olika tätningsmetoder för kallt och varmt tak.

#### 7.7.1 Kalla tak

Ett kallt tak, har ett vindsutrymme som ventilerats med uteluft, vilket medför att utrymmet håller nästan samma temperatur som utomhus.

Takkonstruktionen är normalt inte värmeisolerad, utan isolering och tätning sker på vindsbjälklaget. Om tätningen på vindsbjälklaget är bristfällig kommer

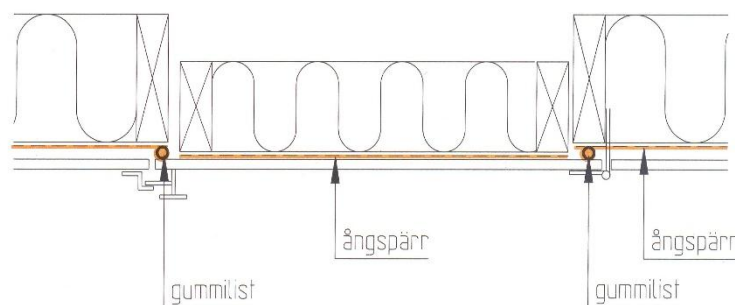
varm och fuktig inneluft passera genom isoleringen och kylas av. Nedkylningen medför att luften får en högre relativ fuktighet och att risken är stor för fuktskador på råsponten (Sandin, 2010).



**Figur 16. Tätning vid en kall takkonstruktion (Adalberth, 1998)**

Plastfolien läggs längs med takstolarna för att göra momentet lättare att utföra. Skarven placeras då över en takstol. Nedanför plasten sätts glespanel för att gipsskivorna kräver ett mindre centrumavstånd än vad takbalkarna är placerade på (Adalberth, 1998). Glespanelen gör också att kabeldragningar kan göras utan att punktera plasten. Plastfolien från takbjälklaget bör vikas ner 250 mm på väggen för att där tätas mot plastfolien från väggen (Saint Gobain Isover AB, 2007). Figur 16 visar hur denna tätning kan se ut.

Tätning måste göras runt eventuell vindslucka, det kan göras genom att en plastfolie kläms under två regler på vindsluckan, se figur 17. En gummilist måste fästas på avväxlingsbalkarna som luckan ska trycka mot för att hålla tätt (Adalberth, 1998).



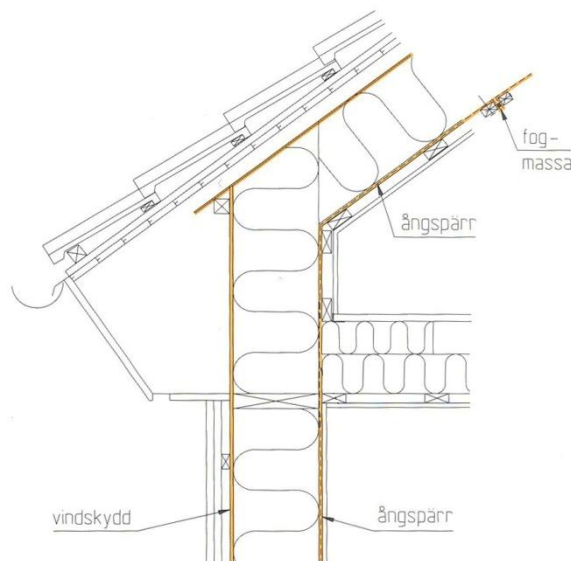
**Figur 17. Tätning runt vindslucka (Adalberth, 1998)**

### 7.7.1.1 Resultat från intervjuer

Konstruktörerna var överens om att denna tätningsmetod för kalla tak fungerade väl. De flesta tillfrågade i produktionen drog upp väggens plast till bjälklaget, plasten från taket dras ner en bit på väggen och tätas med tejp. Ett av företagen överlappade plasten på båda hållen och fäste med klamrar innan den klämdes med gips.

### 7.7.2 Varma och parallella tak

Ett varmt tak är enligt definitionen ett tak som skiljer utomhusklimatet från inomhusklimatet. Det som skiljer varma tak mot parallelltak är att parallelltaken är ventilerade, men de olika taktyperna tätas med samma metod (Sandin, 2010). Den sker på samma sätt som i väggen, helst med en indragen ångspärr för att installationer inte ska perforera plasten, se figur 18. Anslutningen till väggen bör ske med överlapp och tejp (Rockwool AB, 2014). Då det ofta är övertryck i den övre delen av byggnaden är det av stor vikt att klimatskalet är helt tätt, det gäller även anslutningen till eventuella takfönster (Bankvall, 2013).



**Figur 18. Tätning vid parallelltak (Adalberth, 1998)**

#### 7.7.2.1 Resultat från intervjuer

Flera i produktionen nämnde att plasten måste läggas direkt när stommen reses och går inte att täta i efterhand. Alla tillfrågade i projekteringen menade att denna metod används, men en av dem tyckte att den är riskfylld eftersom bjälkarna passerar genom plasten.

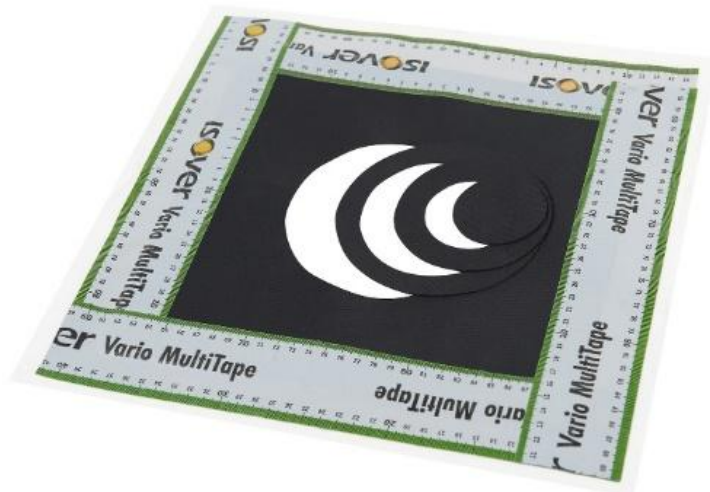
### 7.7.3 Diskussion

Precis som när det gäller mellanbjälklaget har förutsättningarna i de olika projekten stor påverkan på hur tätningen ser ut, till exempel vilken typ av takstol som används. Intervjuerna har visat att den lösningen som presenterats för det varma taket är fullt genomförbar men några ytterligare kommentarer har inte framförts. Det är kritiskt moment när vindsbjälklaget vid ett kallt tak ska tätas, därför är det bra att den är enkel att utföra med ett gott resultat.

## 7.8 Genomföringar

När el, ventilation och andra installationer ska dras kan det behöva göras genomföringar i plasten. För att få ett så tätt hus som möjligt bör dessa minimeras så långt det går. De genomföringar som perforerar plasten bör placeras så att de är möjligt att komma åt och täta runt dem. De ska alltså inte sitta för nära varandra (Svensson & Wahlgren, 2010).

För att täta genomföringar går det helt enkelt tejpa runt röret mot plastfolien. En annan metod är att använda färdiga stoser som den i figur 19. Stosen har ett hål som är lite mindre än vad röret är. Stosen kragas på röret och tejpas sedan i folien i väggen. För extra säkerhet tejpas även kragen mot röret (Svensson & Wahlgren, 2010).



**Figur 19. Stos att täta genomföringar med (Saint Gobain Isover AB)**

Om en konstruktion ska isoleras med lösull brukar det medföra ett antal hål i plastfolien. Det ska helst undvikas, men är det inte möjligt lappas hålet efteråt med en extra bit plastfolie och tejp. Det är vanligt att lösullsentreprenören lagar dessa hål. Då är det viktigt att det ställs samma krav på dessa lagningar som på övriga lagningar och skarvar, samt att det ställs krav på kunskapen hos

entreprenören (Svensson & Wahlgren, 2010). Ett problem är att det inte finns ett fast underlag att tejpa mot när hålen ska tätas. Det gör att det kan vara svårt att säkerställa ett tätt resultat (Harderup, 2014).

### 7.8.1 Resultat från intervjuer

Fyra av de fem tillfrågade i produktion använde stosar på de stora genomföringarna som ventilationskanaler, de mindre genomföringarna som till exempel elinstallationer tejpades i de flesta fallen för hand. Två företag använde stos tillsammans med tejp eftersom de upplevde att stosen inte var tillräckligt tät. Den ena kompletterade med tejp runt röret och den andra mot väggen. Ett av företagen gjorde ett hål i plasten som är mindre än röret, drog plasten över röret vilket sedan slöt tätt. Skulle hålet bli för stort kompletteras det med tejp. Tre av de tillfrågade i projekteringen föreskriver ingen speciell metod för tätningen av genomföringar. Den sista brukade föreskriva stosar, men är tveksam till om de används i alla fallen.

I det flesta fall är det installatörerna som ska täta genomföringarna som de gör genom plastfolien. Alla tillfrågade i produktionen utom en tyckte att installatörerna skötte dessa tätningar dåligt. I vissa fall fick snickarna komplettera dem. De bristfälliga tätningarna kan enligt intervjuerna bero på bristande förståelse hos installatörerna samt att de inte ser till helheten. En av de tillfrågade tyckte att installatörerna skötte sina tätningar bra.

## 7.8.2 Sammanställning av resultat från intervjuer

I tabell 6 presenteras en sammanställning av resultatet från genomförda intervjuer.

**Tabell 6.**

| Metod                                                                      | Produktion antal | Projektering antal | Kommentarer                                                                                      |
|----------------------------------------------------------------------------|------------------|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Tätning med stos                                                        | 4                | 1                  | Ett par i produktionen ansåg att stosen i sig själv inte var tät nog och kompletterade med tejp. |
| 2. Tätning med tejp                                                        | 4                | 0                  | Användes endast på mindre genomföringar som elrör.                                               |
| 3. Tätning genom att göra ett mindre hål i plasten än vad genomföringen är | 1                | 0                  | Kompletterades med tejp om det inte blev tätt nog.                                               |
| Ingen specifik metod föreskrivs                                            | -                | 3                  |                                                                                                  |

## 7.8.3 Diskussion

Den tredje metoden sätter höga krav på utförandet då hålet i plasten måste vara tillräckligt litet för att sluta tätt om röret, men tillräckligt stort så att plasten inte skadas när den sätts på plats. Folien är ett plastiskt material, vilket innebär att den vid deformation inte återgår till sin ursprungliga form. Därför finns det risk för att hålet med tiden kommer att utvidgas. EPDM-duk som är det gummimaterialet som stosar är gjorda av är däremot åldersbeständigt och elastiskt. Därför har stosar större möjligheter att hålla genomföringen tätt även efter en lång tid. Att två av de intervjuade företagen trots detta väljer att komplettera stosarna med tejp är något att ta till sig för leverantörerna.

## 7.9 Alternativa metoder och material

### 7.9.1 Ångbroms

En ångbroms är mer diffusionsöppen än en traditionell ångspärr och tillåter en dubbelriktad ångtransport, men den ska vara lika lufttät som en traditionell plastfolie. Det ger konstruktionen möjlighet att torka ut byggfukt och annan eventuell fukt i två riktningar. Sommarhus och fritidshus som inte är uppvärmda året runt kan ha en omvänd fukttransport, det vill säga fukten vill ta sig in i byggnaden istället för ut som är det vanliga fallet. Om då en traditionell plastfolie används så samlas det fukt på dess utsida, mot

isoleringen. I det fallet släpper en ångbroms genom fukten mot insidan och konstruktionen kan torka ut.

Det finns produkter på marknaden som har ett varierande ångmotstånd. På vintern när luften inomhus är torr ska den vara lika ångtät som en plastfolie och när det finns risk för sommarkondens tillåter plasten ånga att passera ut genom konstruktionen (Saint Gobain Isover AB, 2013).

Beräkningsmodeller i programmet WUFI visar att passivhuskonstruktioner med en variabel ångspärr har en högre fukthalt jämfört med en konstruktion traditionell plastfolie. Det beror på en fuktvandring från insidan. Fukthalten var inte så hög att det innebar en risk för mögelpåväxt, men de ingående materialen bör väljas med hänsyn till deras fukttålighet (Noresson & Nyqvist, 2010).

#### *7.9.1.1 Resultat från intervjuer*

En av de tillfrågade i produktionen hade jobbat med Termoflocs ångbroms Intello och menade att den var elastisk och bra att arbeta med. Endast en av de medverkande i projekteringen hade använt sig av en ångbroms, i det här fallet var det Isover Vario Duplex. Dock såg han ingen poäng med den, förutom där det sker en omvänd fuktvandring som i icke uppvärmda fritidshus. En annan i projekteringen kände till Isover Vario Duplex, men var skeptisk till den då den var ny och obeprövad.

### **7.10 Resultat från intervjuer om problematiska tätningar**

Flera av de tillfrågade byggtreprenörerna var överens om att täta kring ventilationskanalers genomföring i taket var ett svårt moment. I ett av projekten var det två kanaler som låg nära varandra och det var svårt att komma åt att täta mellan dessa. En av de tillfrågade menade att innerhörn och takvinklar var det svåraste momentet att täta i det aktuella projektet på grund av komplicerade vinklar.

Hos projektörerna var det väldigt spridda svar på vilken anslutning som är svårast att få till en bra lösning på. Ett par sa att alla anslutningar, skarvar och genomföringar är svåra. En hade fått mycket klagomål från entreprenörerna att de tyckte färdiga hörnlösningar är svåra att montera. En nämnde att det i ett projekt var svårt att täta runt ventilationskanaler som gick upp genom vindsbjälklaget.



## **8 Intervjuresultat om process och kompetens**

### **8.1 Vilka täthetskrav ställs och hur vanliga är de?**

#### **8.1.1 Produktion**

Tre av de tillfrågade hade uppfattningen att täthetskrav är vanligast på bostäder och skolor, de resterande hade ingen uppfattning i frågan. Erfarenheten med krav på lufttäthet är mycket varierande. En av de medverkande var på sitt första projekt med täthetskrav, en annan hade påbörjade sitt första projekt 2011, två har jobbat med det sedan 2009 och den som jobbat med det längst började 2005. De projekt som diskuterades hade täthetskrav mellan  $0,1 \text{ l/s} \cdot \text{m}^2$  och  $0,4 \text{ l/s} \cdot \text{m}^2$ . Projekten med högst krav ( $0,1 \text{ l/s} \cdot \text{m}^2$  och  $0,2 \text{ l/s} \cdot \text{m}^2$ ) var passivhus. Två av de tillfrågade hade uppfattningen att det sätts krav på lufttäthet utan att projektörerna tar hänsyn till det, vilket resulterar i extra arbete under produktionen.

#### **8.1.2 Projektering**

Två av de medverkande tyckte att bostäder var den typ av byggnader där det var vanligast med krav på lufttäthet. Det ansågs även vara vanligt i skolor, äldreboenden och andra publika lokaler. En menade att erfarna beställare som Kärnfastigheter, Helsingborgshem och Wihlborgs ofta har krav på lufttäthet. En av de tillfrågade hade ingen uppfattning om det var vanligare vid en viss typ av projekt.

En projektör sa att det var ovanligt att de hade projekt med krav på täthet. De resterande tre var av åsikten att det är täthetskrav på många av deras projekt och en hade det på i stort sett alla sina projekt. En intervjuad menade att även om det inte fanns ett uttalat krav arbetar de aktivt med lufttäthet.

Alla medverkande är överens om att det blir vanligare med krav på täthet och att det beror på en ökad fokus på energianvändning och hur den påverkas av luftläckage.

### **8.2 Skillnader i arbetssätt i projekt med och utan täthetskrav?**

#### **8.2.1 Produktion**

En av de tillfrågade har lufttäthetskrav i alla projekten. De andra fyra tätar med samma metod i projekt med täthetskrav som i projekt utan krav, men två av dem menar att det inte utförs med samma noggrannhet eftersom de inte får betalt för att lägga tid på att hålla nere luftläckaget.

### 8.2.2 Projektering

Alla medverkande lägger lite extra energi och försöker göra genomtänkta lösningar om det är höga krav på lufttätethet, dock nämner en av dem att inte fler detaljritningar görs. Endast vid höga krav föreskriver majoriteten om färdiga hörnlösningar eller särskilda produkter ska användas, annars är det upp till byggtreprenören att besluta vilka metoder de vill använda. Två av de tillfrågade berättade att de alltid föreskriver att godkända produkter för skarvning ska användas och att plastfolien ska ha en viss överlappning.

## 8.3 Hur är kompetensen inom lufttätning?

### 8.3.1 Produktion

De intervjuade byggtreprenörerna hade olika uppfattning om hur hög kompetensen inom lufttätethet är hos yrkesarbetarna. En menar att kunskapsnivån varierar mycket mellan snickarna och att det beror på personligheten. De som är intresserade och engagerade har samlat på sig mer erfarenheter än de andra. En annan menade på att deras snickare har hög kompetens inom området då de har en genomgång innan varje nytt moment. På ett projekt där ingen av snickarna arbetat med höga krav på lufttätethet förut upptäckte de snabbt vid första provtryckningen att de var tvungna att vara mycket mer noggranna än de brukade.

Två av tre tyckte att utbildning inom ämnet hade varit behövligt. En av dessa ansåg att utbildning inom lågenergihus hade varit en god idé för att öka förståelsen, speciellt för de äldre som inte gått i skolan på senare år. Utbildningen hade enligt honom varit givande både för snickare och arbetsledning.

Fyra medverkande tyckte att installatörernas tätningar ofta är bristfälliga eller obefintliga. En del av dessa menade att de har lågt intresse och förståelse samt att de inte ser helheten. Den sista medverkande tyckte att installatörerna sköter sina tätningar bra.

### 8.3.2 Projektering

En av de medverkande ansåg att kunskapen hos snickarna är väldigt varierande och kan vara bristfällig hos de mindre företagen. En annan tyckte att det finns brister, men att lösningarna utförs bättre nu på senare tid eftersom det sker mer kontroller, till exempel i form av provtryckning. Hälften av projektörerna hade ingen uppfattning om hur väl lösningarna utförs på plats eller hur deras ritningar tas emot. De nämnde också att de ville ha mer konstruktiv kritik på sitt arbete. En av dessa upplevde att han endast får återkoppling när byggtreprenören inte tycker att lösningarna fungerar. Vid de tillfällena fanns en osäkerhet i om konstruktörens respons stannar hos

arbetsledningen och inte når fram till yrkesarbetarna. En annan kände inte att han får någon återkoppling alls. En av de medverkande höll sig själv uppdaterad på nya lösningar och metoder då han inte fick någon information direkt från leverantörerna.

## **8.4 Vilka är nyckelfaktorerna för att uppnå satta täthetskrav?**

### **8.4.1 Produktion**

Många tyckte att kraven ska vara med från början i projektet och att projektörerna måste ta hänsyn till det. En av de tillfrågade hade en erfaren projektchef som medverkade tidigt i projekteringen, detta gjorde att de fick produktionsvänliga handlingar. Ett av företagen använde sig alltid av samma konstruktörer vid interna projekt och gav mycket återkoppling på deras arbete. Hälften av de tillfrågade nämnde att en aktiv och engagerad arbetsledning var en viktig del för att nå framgång.

### **8.4.2 Projektering**

Alla var överens om att ett noggrant utförande och en engagerad arbetsledning är två nyckelfaktorer för att nå uppsatta krav. Provtryckningar ansågs även vara viktigt eftersom det ger yrkesarbetarna ett kvitto på väl utfört arbete och chansen att lära sig av sina misstag. Ett av de intervjuade företagen tog redan när de fått ritningarna från arkitekten kontakt med berörda parter för att se om det finns några svårigheter som behöver belysas.



## 9 Analys

Vid vissa anslutningar finns det en snedfördelning mellan vilka metoder som används och vilka som föreskrivs. En projektör uttryckte sin tveksamhet till om en viss lösning utförs på det sätt som den är projekterad. En möjlig anledning till att detta skulle kunna ske kan vara att projektörerna inte får tillräcklig med återkoppling på deras arbete och därför föreskriver en metod som produktionen inte föredrar. Om byggtreprenörerna väljer att utföra en annan lösning än den projekterade utan att meddela detta till projektören kan det utgöra en risk om det fanns en orsak till att just den lösningen föreskrevs.

Det finns många anslutningar där konstruktören inte föreskriver en specifik lösning. Vid dessa anslutningar är det upp till entreprenören att välja metod för tätningen. Eftersom att intervjuerna visade att kompetensnivån varierade mycket hos byggtreprenörerna kan detta vara riskfyllt. Finns det krav på täthet i projektet och en tryckprovning genomförs uppenbaras eventuella brister och det ges möjlighet att åtgärda dem. Men om ingen provtryckning genomförs kvarstår felen och byggnaden når inte den standarden som en mer erfaren byggtreprenör kunnat leverera. Därför har tryckprovningen stor betydelse. Snickarna har möjlighet att lära av sina misstag men får också en bekräftelse på väl utfört arbete.

Det fanns olika faktorer som de intervjuade menade var kritiska för att nå satta täthetskrav. De medverkande i produktionen framförde att projektörerna ska tidigt i processen ha lufttätheten i åtanke. I nuläget hade ett par uppfattningen att projektörerna inte tar hänsyn till satta lufttäthetskrav. En var av åsikten att projektet stärktes av att en produktionsinriktad representant från deras företag var delaktig tidigt i projekteringsprocessen. På samma tema använde sig en alltid av samma konstruktörer som fick mycket återkoppling på sitt arbete av dem. Dessa åsikter pekar alla på att en förutsättning för att nå ett lågt luftläckage är att produktionen får produktionsvänliga handlingar att bygga efter.

Ett av företagen använde klämning i alla skarvar och anslutningar, vilket på pappret är en osäker metod. Trots detta uppfyllde de täthetskraven som var satta till  $0,3 \text{ l/s} \cdot \text{m}^2$ . Flera tillfrågade i både produktion och projektering var överens om att utförande av lösningarna var viktigt för att nå täthetskraven. De tyckte också att en aktiv arbetsledning som styr och kontrollerar utförandet var viktigt. Av detta dras slutsatsen att det inte alltid är den lösning som teoretiskt sätt är tätast som blir det i praktiken, utan det viktigaste är att den utförs på rätt sätt. Med det i åtanke kan en enklare lösning vara att föredra.



## 10 Diskussion

Hos de intervjuade anses det vara vanligast med lufttäthetskrav i bostäder, men också i projekt med stora och erfarna beställare som bygger till exempel skolor och äldreboenden. Majoriteten tyckte att det redan var vanligt med krav på lufttäthet och att trenden ökar. I de projekt som diskuterades fanns täthetskrav mellan  $0,1 \text{ l/s} \cdot \text{m}^2$  och  $0,4 \text{ l/s} \cdot \text{m}^2$  vid 50 Pa tryckskillnad, vilket anses vara lågt. Men när det sätts i relation till det lägsta uppmätta luftläckaget i ett träregelhus ( $0,032 \text{ l/s} \cdot \text{m}^2$ ) så finns det mer att göra. Genom att spendera tid och pengar går det uppenbarligen att pressa ner luftläckaget ytterligare från de redan låga nivåerna, men så småningom kommer en gräns när kostnaderna inte längre är försvarbara. Värt att nämna är att det sätts helt andra krav i projekt med helt andra omständigheter, till exempel i simhallar. Sådana projekt behandlas inte i denna studie.

Majoriteten av byggentreprenörerna sade att de använde samma metoder i projekt med och utan täthetskrav. Men eftersom kunskapsnivåerna var olika i de olika projekten är det sannolikt att resultaten blir väldigt varierande. Två av tre tillfrågade tyckte att utbildningar i ämnet hade varit en god idé. På ett projekt hade ingen av snickarna arbetat med höga krav på lufttäthet. Den första provtryckningen visade att deras tätningar inte nådde kraven. Därefter lärde de sig fort hur de skulle genomföra dem med ett gott resultat. Vi anser att kunskapen bör höjas och jämnas ut. Men vi anser även att inlärningsprocessen är kort och att det som egentligen behövs är en introduktion för de olika produkterna på marknaden och efter en första tätning med efterföljande provtryckning bör alla nå en tillräckligt hög kunskapsnivå. Genomgångar inför nya moment är även ett sätt att höja kunskapen och belysa eventuella svårigheter.

Av de genomförda intervjuerna har vi fått uppfattningen att produktionen arbetar mer aktivt med lufttäthet än vad projekteringen gör. Projekteringen befinner sig längre ifrån den praktiska delen av processen vilket gör att de inte har en klar bild av det faktiska utförandet. I många fall där konstruktörerna inte föreskriver någon specifik lösning kan det bero på okunskap och därför låter de entreprenören ta det beslutet. Eftersom produktionen får mycket återkoppling via provtryckningar anser vi att det även för projekteringen hade varit en god idé att delta. Där hade de haft möjlighet att se hur deras konstruktion fungerade ur lufttäthetssynpunkt men också att ha informationsutbyte med yrkesarbetarna.

Det är endast en medverkande som har reflekterat över hur bra nuvarande lösningar fungerar om ett antal år. Beständigheten hos lufttäthetslösningar och dess produkter är ett relativt utforskat ämne som det behövs mer kunskap om.

Vi har endast hittat en rapport som behandlar åldersbeständighet där en simulering genomförts. Det ger en stor osäkerhet, dels för att det inte är säkert att en simulering efterliknar verkligheten, men också eftersom att en enda undersökning ger ett svagt underlag. I dagsläget verkar ingen större hänsyn tas till åldersbeständigheten hos lösningarna bortsett för att en åldersbeständig tejp används. Som det framgår i kapitel 6 är det dock ingen garanti då tejp kan bete sig annorlunda vid åldring än de materialen som den används mot. Den bristande hänsynen till ålderbeständighet är ett stort problem i byggnader med trästomme. Eftersom det lufttäta skiktet ofta även fungerar som fuktspärre leder bristande lufttäthet ofta till fuktskador som mögel och röta. Hänsyn ur beständighetssynpunkt bör tas till hela konstruktionslösningar och inte till de enskilda produkterna var för sig.

En aspekt att ta hänsyn till som kan påverka studiens resultat är hur väl de intervjuade personerna representerar sina företag. Beroende på om företagen har valt en strategi att arbeta efter eller om det är upp till var och en påverkar det om alla på samma företag går tillväga likadant. Hos två av de intervjuade byggtreprenörerna fanns det ett utarbetat arbetssätt på en nationell nivå. Trots detta påverkar upphandlingsformen hur mycket av sin strategi de kan tillämpa. Ännu en felkälla kan vara hur väl vårt urval representerar branschen. I undersökningen har de medverkande olika bakgrunder och erfarenheter vilket ger en viss bredd. Däremot har alla medverkande byggtreprenörer haft krav på lufttäthet, vilket vi anser tyder på att de endast representerar en del av branschen. Det kan bero på att när ett företag kontaktas och lufttäthet nämns hänvisar de gärna vidare till någon som har arbetat aktivt med det. Detta gör det svårt att nå personer som inte är lika insatta i ämnet. Två av de intervjuade kom vi i kontakt med just på grund av deras erfarenheter inom lufttäthet. Eftersom projektörer i allmänhet har erfarenhet från fler projekt än de i produktionen uppstår inte samma problematik.

Som i alla intervjuer finns det en viss osäkerhet i hur tillförlitliga de medverkande är. Risken finns att de i vissa frågor inte svarat helt sanningsenligt då de vill att företaget ska framstå på ett visst sätt. Dessutom har de som tänkte analytiskt och gav mer under intervjun naturligtvis fått mer utrymme i rapporten vilket också kan påverka det totala intrycket.



# 11 Slutsats

## 11.1 Tätningsmetoder

Nedan redovisas vilka metoder som föredras, ogillas samt hur mycket de används.

### **Installationsskikt**

---

Mycket vanligt och föredras av produktion och projektering.

### **Fönster**

---

Projekteringen föreskriver oftast ingen specifik metod.

---

|                                                              |                                    |
|--------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| Plasten viks in i smygen och tätas med extra plast och tejp. | Är en metod som användes mer förr. |
|--------------------------------------------------------------|------------------------------------|

---

|                                                               |                                                                                   |
|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Plasten viks in i smygen och tätas med en färdig hörnlösning. | Den absolut vanligaste metoden. Föredras av både produktionen och projekteringen. |
|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|

---

|                               |                                                                  |
|-------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| Plasten kläms mellan reglarna | Ingen har använt sig av metoden men alla är skeptiska till idén. |
|-------------------------------|------------------------------------------------------------------|

---

|                                               |                                                                           |
|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| Plasten fästs i karmen innan fönstermontering | Ovanlig, men genomförbar metod. Projekteringen anser den vara omständlig. |
|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|

### **Skarvar**

---

Projekteringen har endast erfarenhet av tejpning, därför nämns de inte i de övriga metoderna.

---

|          |                                                                                   |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| Tejpning | Den absolut vanligaste metoden. Föredras av både produktionen och projekteringen. |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------|

---

|          |                           |
|----------|---------------------------|
| Klämning | Ovanlig och anses osäker. |
|----------|---------------------------|

---

|           |                                                                               |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------|
| Butylband | Vanlig i kombination med klämning mot annat material. Gillas av produktionen. |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------|

---

|                  |                                                                                                |
|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Lim och fogmassa | Vanlig i kombination med klämning mot annat material t.ex. mot betong. Gillas av produktionen. |
|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|

---

|           |                  |
|-----------|------------------|
| Svetsning | Ytterst ovanlig. |
|-----------|------------------|

---

## **Syllisolering**

---

Används väldigt sällan som enskild lufttätning.

## **Anslutning mellan syll och inre tätning**

---

Det är en stor spridning på vilken metod projektörerna föreskriver om de föreskriver något.

---

|                                                |                                                                 |
|------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Plasten kläms under installationsskiktets syll | Den absolut vanligaste mest uppskattade metoden i produktionen. |
|------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|

---

|                                               |                                |
|-----------------------------------------------|--------------------------------|
| Plasten kläms under den bärande stommens syll | Ytters ovanlig i produktionen. |
|-----------------------------------------------|--------------------------------|

---

|                                                                                                   |                                                          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| Utan att klämmas under syllen dras plasten ut på golvet och överlappas av plasten under parketten | Behöver mer underlag för att kunna dra några slutsatser. |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|

---

## **Mellanbjälklag**

---

|                     |                                                      |
|---------------------|------------------------------------------------------|
| Individuell tätning | Ovanlig och ogillas hos produktion och projektering. |
|---------------------|------------------------------------------------------|

---

|                   |                                                      |
|-------------------|------------------------------------------------------|
| Invikt plastfolie | Ovanlig och ogillas hos produktion och projektering. |
|-------------------|------------------------------------------------------|

---

|                         |                                                     |
|-------------------------|-----------------------------------------------------|
| Kontinuerlig plastfolie | Vanlig och föredras av produktion och projektering. |
|-------------------------|-----------------------------------------------------|

---

## **Genomföringar**

---

Projektörerna föreskriver ingen specifik metod.

---

|                  |                                                                                         |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| Tätning med stos | Den absolut vanligaste metoden på större genomföringar. Kompletterades ibland med tejp. |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|

---

|                  |                                                         |
|------------------|---------------------------------------------------------|
| Tätning med tejp | Den absolut vanligaste metoden på mindre genomföringar. |
|------------------|---------------------------------------------------------|

---

|                                                                         |          |
|-------------------------------------------------------------------------|----------|
| Tätning genom att göra ett mindre hål i plasten än vad genomföringen är | Ovanlig. |
|-------------------------------------------------------------------------|----------|

---

## **Tak**

---

Lösningarna som har presenterats i kap. 7.7 är fullt genomförbara enligt de tillfrågade. Vi har uppfattningen att lösningarna beror mycket på hur konstruktionen ser ut och har därför ingen klar bild av vilken som används mest.

### **11.2 Process och kompetens**

Det är vanligt med krav på lufttäthet i nybyggnation och trenden är att kraven fortsätter att öka. Täthetskrav är mest frekventa i bostadsbyggnad, men är också vanliga i projekt med stora och erfarna beställare som producerar till exempel skolor och äldreboenden. De kraven som sätts ligger mellan  $0,1 \text{ l/s} \cdot \text{m}^2$  och  $0,4 \text{ l/s} \cdot \text{m}^2$ .

Kompetensen och erfarenheten inom lufttäthet varierar mycket hos byggtreprenörerna. Hos konstruktörerna är kunskapen ofta bristfällig på detaljnivå. Det föreskrivs emellanåt ingen specifik lösning av projektörerna och i vissa fall projekteras en lösning som troligtvis genomförs på ett annat sätt. Många av dessa problem beror på att återkopplingen till konstruktörerna är dålig eller obefintlig.

Många i produktionen är överens om att produktionsvänliga handlingar är viktiga för att nå satta krav. Detta kan delvis uppnås genom att projektörerna tidigt i processen har lufttätheten i åtanke. Utförandet av tätningarna är också en nyckelfaktor för nå kraven. Ibland kan en enklare lösning vara att föredra eftersom den är lättare att utföra. Ett sätt för att höja kvaliteten på tätningarna är att öka kompetensen hos byggtreprenörerna, vi anser det kan göras genom utbildningar för både arbetsledning och yrkesarbetare. En aktiv arbetsledning som styr och kontrollerar resultatet anser vi också vara en förutsättning. Provtryckning är inte bara ett sätt att kontrollera lufttätheten hos en byggnad, det är även ett sätt för yrkesarbetarna att få ett kvitto på väl utfört arbete och chansen att lära sig av sina misstag.

Studien har visat att även projektörerna behöver större kunskap om det praktiska utförandet. Det kan uppnås genom mer återkoppling från produktionen. Vi anser att provtryckning är ett ypperligt tillfälle att få detta. Både genom att se hur väl deras lösningar tas emot och hur de utförs, men det ger också tillfälle för alla parter att lära sig mer om varandras arbete.



## 12 Litteraturförteckning

- Adalberth, K. (1998). *God lufttätthet - En guide för arkitekter, projektörer och entreprenörer*. Stockholm: Byggeforskningsrådet.
- Bankvall, C. (2013). *Luftboken - Luftrörelser och täthet i byggnader*. Lund: Studentlitteratur AB.
- Blomsterberg, Å., & Burke, S. (2012). *Verklig lufttätthet i stora byggnader - Mätningar och beräkningar*. Malmö: WSP AB; NCC AB.
- Bostik AB. (2011). *Foil Tack - Folielim för lufttät försegling av byggfolie*. Hämtat från Bostik: <http://www.media-bank.se/fileOut.aspx?f=73548> den 13 03 2014
- Boverket. (10 2011). *Regelsamling för byggande, BBR 2012*. Karlskrona.
- Carlberg, M. (den 12 03 2014). Platschef. (E. Herrström, & I. Löfdahl, Intervjuare)
- DAFA Sverige AB. (u.d.). *Butylband*. Hämtat från DAFA: <http://www.dafa.se/produkter/fogprodukter/butylband?opendocument> den 26 03 2014
- DAFA Sverige AB. (u.d.). *DAFA PE-fogfolie*. Hämtat från DAFA: [http://dafa.se/produkter/dafa\\_airstop/pe-fogfolie?opendocument](http://dafa.se/produkter/dafa_airstop/pe-fogfolie?opendocument) den 25 03 2014
- Dellgar, U., & Häggbom, S. (2004). *Byggnader och luft*. Stockholm: AB Svensk Byggtjänst.
- Finja. (u.d.). *Syllisolering 170 mm*. Hämtat från Finja: <http://www.finja.se/syllisolering-170-mm.629170.produktinfo>
- Hansen, H., Kjerulf-Jensen, P., & Stampe, O. (1997). *Varme- og klimateknik*. Danvak Aps.
- Harderup, L.-E. (2014).
- Innovexa. (u.d.). *ST-list*. Hämtat från Innovexa: <http://www.innovexa.se/Products/Details/138#.U2jKVc-KBD8>
- Johansson, T., & Ulfsson, V. (2011). *Lufttätthet i småhus - En inventering av leverantörer, metoder och produkter*. Helsingborg: LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg.
- Nevander, L., & Elmarsson, B. (2006). *Fukthandbok* (3 uppl.). Stockholm: AB Svensk Byggtjänst.
- Nilsson, M. (den 02 12 2013). Platschef. (E. Herrström, & I. Löfdahl, Intervjuare)
- Noresson, M., & Nyqvist, C. (2010). *Passivhus och ångspärrar*. Göteborg: Chalmers Tekniska Högskola.
- Norling Mjörnell, K. (2007). *ByggaF. Metod för en fuktsäker byggprocess*. Sveriges Byggindustrier.
- Paroc AB. (den 09 februari 2012). *Paroc XSS 003*. Hämtat från Paroc: <http://www.paroc.se/losningar-och-produkter/produkter/pages/conci-luft-och-angtatning/paroc-xss-003> den 18 02 2014

- Paroc AB. (Februari 2013). *PAROC Conci - Ett komplett sortiment för tätt och energiklokt byggande*. Hämtat från Paroc:  
<http://www.paroc.se/Kampanjer/~media/Files/Brochures/Sweden/PAROC-Conci-SE.ashx> den 18 02 2014
- Paroc AB. (2014). *Luft- och ångtäthet*. Hämtat från Paroc:  
<http://www.paroc.se/losningar-och-produkter/losningar/lufttathet/luft-och-angtathet>
- Passivhuscentrum Västra Götaland. (den 19 02 2014). *Nytt rekord i lufttäthet*. Hämtat från Passivhuscentrum: <http://www.passivhuscentrum.se/nytt-rekord-i-lufttathet>
- Rockwool AB. (2014). *Takkonstruktioner generellt*. Hämtat från Rockwool:  
<http://www.facebook.com/l.php?u=http%3A%2F%2Fwww.rockwool.se%2Fprodukter%2Fu%2F2011.construction%2F1267%2Ftakkonstruktioner%2Ftakkonstruktioner-generellt&h=ZAQHWjRue> den 27 03 2014
- Saint Gobain Isover AB. (09 2007). *Isoverboken*. Hämtat från Isover:  
<http://ipaper.ipapercms.dk/SaintGobainConstruction/Isover/Byggisolering/IsoverBoken/> den 26 03 2014
- Saint Gobain Isover AB. (den 11 03 2010). *Nya Isover Vario TightTec B tätar balkgenomföringarna*. Hämtat från Isover:  
<http://www.isover.se/nyheter?id=22812>
- Saint Gobain Isover AB. (den 28 10 2013). *Fritidshus*. Hämtat från Isover:  
<http://www.isover.se/till%C3%A4ggsisolering+och+sm%C3%A5hus/fritidshus> den 22 04 2014
- Saint-Gobain Isover AB. (05 2013). *System för lufttäthet och fuktsäkerhet*. Hämtat från Isover:  
<http://ipaper.ipapercms.dk/SaintGobainConstruction/Isover/Byggisolering/Systemflufttning/> den 14 02 2014
- Sandberg, P.-i., & Sikander, E. (2004). *Lufttäthetsfrågor i byggprocessen - Kunskapsinventering, laboratoriemätningar och simuleringar för att kartlägga behov av tekniska lösningar och utbildning*. Borås: SP Svergies Tekniska Forskningsinstitut.
- Sandberg, P.-I., Sikander, E., Wahlgren, P., & Larsson, B. (2007). *Lufttäthetsfrågorna i byggprocessen - Etapp B. Tekniska konsekvenser och lönsamhetskalkyler*. Borås: SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut.
- Sandin, K. (2010). *Praktisk Byggnadsfysik*. Lund: Studentlitteratur.
- Sikander, E. (2010). *ByggaL - Metod för byggande av lufttäta byggnader*. Borås: SP Svergies Tekniska Forskningsinstitut.
- Sikander, E., Sandberg, P.-I., & Larsson, B. (2007). Lufttäthetens inverkan på inomhusmiljö och energianvändningen. *Bygg & Teknik* (5).
- Swedish Standards Institute. (2000). *Svensk standard SS-EN 13829*. Stockholm: Swedish Standards Institute.

- Svensson, O., & Wahlgren, P. (2010). Lösningar för att skapa god lufttätethet. *Bygg & Teknik*(5).
- Sveriges Centrum för Nollenergihus. (den 05 09 2012). *Kravspecifikation för nollenergihus, passivhus och minienergihus*. Hämtat från Passivhuscentrum:  
[http://www.passivhuscentrum.se/sites/default/files/kravspecifikation\\_feby12\\_-\\_bostader\\_sept.pdf](http://www.passivhuscentrum.se/sites/default/files/kravspecifikation_feby12_-_bostader_sept.pdf) den 05 05 2014
- Sveriges Skogsindustrier. (2013). *Upplag vid bärande yttervägg*. Hämtat från Träguiden:  
<http://www.traguiden.se/TGtemplates/popup2spalt.aspx?id=4956&contextPage=5946> den 26 03 2014
- Sveriges Skogsindustrier. (2013). *Ångspärr och värmeisolering*. Hämtat från TräGuiden:  
<http://www.traguiden.se/TGtemplates/popup2spalt.aspx?id=4989&contextPage=5946> den 13 03 2014
- Thomasson, M. (den 19 03 2014). Arbetsledare. (E. Herrström, & I. Löfdahl, Intervjuare)
- Wahlberg, P. (2010). *Goda exempel på lufttäta konstruktionslösningar*. Borås: SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut.
- Ylmén, P., Hansén, M., & Romild, J. (2012). *Beständighet hos lufttäthetslösningar*. Borås: SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut.
- Zetterstedt, R. (den 18 02 2014). INWIDO Sverige AB.





## Bilaga intervjufrågor

### Projektering

Vad har ni för erfarenheter av projekt med höga krav på lufttätethet?

Är det vanligt med krav på lufttätethet?

I vilka typ av projekt är det mest frekvent?

Ser ni en ökande trend på täthetskrav?

Arbetar ni annorlunda i ett projekt med täthetskrav i jämförelse med ett projekt utan täthetskrav?

Har ni någon uppfattning om hur väl lösningarna utförs på plats?

Hur vanligt är installationsskikt?

Vilken anslutningen tycker ni är svårast att hitta en god lösning med hänsyn till lufttätethet?

Vad krävs för att projektet ska nå satta mål?

Föreskriver ni hur detaljer så som hur smygar och skarvar ska tätas?

Vid vilka tillfällen?

Är det en god idé att projektet har en fuksakkunnig?

### Produktion

Vad har ni för erfarenheter av projekt med höga krav på lufttätethet?

Är det vanligt med krav på lufttätethet?

I vilka typ av projekt är det mest frekvent?

Ser ni en ökande trend på täthetskrav?

Arbetar ni annorlunda i ett projekt med täthetskrav i jämförelse med ett projekt utan täthetskrav?

Provtrycker ni under produktionen?

I vilket skede sker provtryckningen?

Provtrycker ni både med undertryck och med övertryck?

Hur hög är kunskapen hos snickarna?

Hur fungerar samarbetet med installatörerna när det gäller lufttätethet?

Hur vanligt är installationsskikt?

Vilken anslutningen tycker ni är svårast att täta?

Tycker ni någon gång att konstruktören kunde ha valt en bättre lösning?

Vad krävs för att projektet ska nå satta mål?

## Konstruktionslösningar:

Vad har ni för erfarenheter av följande konstruktionslösningar?

### 1. Fönster

- a. Platsen viks in i smygen och tätas med en extra bit folie
- b. Plasten viks in i smygen och tätas med färdiga innerhörn
- c. Plasten kläms mellan reglarna och tätas med mjukfog mellan reglarna
- d. Plasten fästs i karmen innan fönstermontering

### 2. Skarvar

- a. Häftning och dubbelhäftande tejp
- b. Tejpning
- c. Klämning
- d. Butylband
- e. Lim och fogmassa
- f. Svetsning

### 3. Syllisolering

- a. S-list
- b. Polystyren
- c. Asfaltpapp

### 4. Anslutning mellan syll och inre tätning

- a. Plasten kläms under installationsskiktets syll
- b. Plasten kläms under den bärande stommens syll
- c. Utan att klämmas under syllen dras plasten ut på golvet och överlappas av plasten under parketten

### 5. Mellanbjälklag

- a. Individuell tätning för hand med tejp
- b. Individuell tätning med krage
- c. Invikt plastfolie
- d. Kontinuerlig plastfolie

### 6. Anslutning Vägg-tak

Hur ser lufttätningen ut i kallt respektive varmt tak?

Var är skarven och hur tätas den?

## **7. Genomföringar**

- a. Tejpa på fri hand
- b. Stos