

Diffusionstätt eller diffusionsöppet

Patrik Wärnman

Examensarbete för Byggmästar (YH)-examen

Utbildningen för bygnads- och samhällsteknik
Raseborg 2019



EXAMENSARBETE

Författare: Patrik Wärnman

Utbildning och ort: Byggnads- och samhällsteknik, Byggmästare, Raseborg

Handledare: Towe Andersson

Titel: Diffusionstätt eller diffusionsöppet

Datum 30.11

Sidantal 28

Bilagor

Abstrakt

Detta är ett examensarbete för byggmästare (YH) -examen. Examensarbetet är till sin omfattning 10 studiepoäng.

Examensarbetet behandlar ämnet diffusionstätt och diffusionsöppet byggande med fokus på småhus med inhomogena ytterväggar.

Syftet med detta examensarbete är att behandla de allra viktigaste aspekterna, vilka bestämmelser, lagar och krav det ställs, samt de vanligaste materialen som används då man bygger diffusionstätt eller diffusionsöppet.

Arbetet tar även upp de viktigaste aspekterna i byggfysiken inom ämnet samt behandlar också kort ämnet diffusionsbroms och fuktadaptiv ångspärr.

Metoden i detta examensarbete är att ge en litteraturöversikt av ämnet baserad på böcker, internet samt RT-kartoteket.

Språk: svenska

Nyckelord: diffusionstätt, diffusionsöppet, byggfysik

OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: Patrik Wärnman

Koulutus ja paikkakunta: Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, Raasepori,

Ohjaaja(t): Towe Andersson

Nimike: Diffuusiotiivis tai diffuusioavointa

Päivämäärä 30.11

Sivumäärä 28

Liitteet

Tiivistelmä

Tämä on rakennusmestari (AMK) -tutkintoon kuuluva opinnäytetyö, joka on 10 opintopisteen laajuinen.

Opinnäytetyössä käsitellään diffuusiotiivistä ja diffuusioavointa rakentamista keskittyen pienitaloihin, joissa on epähomogeeniset ulkoseinät.

Opinnäytetyön tarkoituksena on käsitellä tärkeimpiä näkökohtia, rakentamistapoja, niihin liittyvät määräyksiä, lakeja ja vaatimukset, sekä yleisimpiä materiaaleja, joita käytetään diffuusiotiiviissä tai diffuusioavoimessa rakentamisessa.

Työssä käsitellään lisäksi rakennusfysiikan tärkeimpiä näkökohtia aiheesta sekä lyhyesti myös diffuusiojarrua ja kosteusadaptiivista höyrynsulkua.

Tämän tutkielman menetelmänä on ollut lukea aiheesta kirjoista, internetistä ja RT-hakemistosta sekä koota niiden pohjalta tärkein tieto.

Kieli: ruotsi

Avainsanat: diffuusiotiivis, diffuusioavoin, rakennusfysiikka

BACHELOR'S THESIS

Author: Patrik Wärmman

Degree Programme: Construction management, Raseborg

Supervisor(s): Towe Andersson

Title: Diffusion-tight or Diffusion-open

Date 30.11

Number of pages 28

Appendices

Abstract

This is the Degree Thesis of the Bachelor's Degree in Construction Management. The extent of the Degree Thesis is in total 10 ECTS.

The thesis deals with the topic of diffusion-tight and diffusion-open construction focusing on small houses with inhomogeneous outer walls.

The purpose of this thesis is to address the most important aspects, what regulations, laws and requirements are set, and the most common materials used when building diffusion-tight or diffusion-open.

The work also addresses the most important aspects of building physics within the subject and briefly addresses the topic of diffusion-brake and moisture adaptive vapor barrier.

The method in this thesis has been to read about the material from books, the internet and the RT directory and from that compile the most important information.

Language: swedish

Key words: diffusion-tight, diffusion-open, building physics

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Syfte och mål	1
1.2	Definitionslista	1
2	Bestämmelser och krav på småhus	2
2.1	U-värde	3
2.2	Energicertifikat	3
2.3	Fukttekniska krav	6
2.4	Krav på lufttäthet och ångtäthet i konstruktionerna	6
3	Byggnadsfysik.....	7
3.1	Diffusion, lufttryck och ångmotstånd	8
3.2	Konvektion.....	10
3.3	Daggpunkt och relativ fuktighet.....	12
3.4	Ventilation.....	13
4	Fungerande inhomogen yttervägg	15
4.1	Diffusionstät konstruktion.....	16
4.2	Diffusionsöppen konstruktion	20
4.3	Diffusionsbroms och fuktadaptiv ångspärr	22
5	Vanliga material i en inhomogen ytterväggskonstruktion.....	23
5.1	Plast	24
5.2	Trä	25
5.3	Vindskydd.....	25
5.4	Isolering	26
6	Fuktteknisk kontroll av konstruktion	26
7	Slutsats	27
7.1	Konstruktion med diffusionsspärr	28
7.2	Diffusionsöppen konstruktion	28
	Källförteckning.....	29

1 Inledning

När man bygger ett hus, finns det enkelt sagt två sätt att bygga på, en diffusionstät eller diffusionsöppen konstruktion. Båda sätten har sina för- och nackdelar. Jag valde att skriva om detta ämne, för jag är intresserad av hus utan plast i väggarna, som man byggde förr i tiden, traditionellt byggande, d.v.s. diffusionsöppet. Arbetet behandlar också kort ämnet diffusionsbroms och fuktadaptiv ångspärr.

Det finns många saker att tänka på när man bygger hus som är diffusionstäta eller diffusionsöppna. Jag har valt att fokusera på byggfysiken inom ämnet. Arbetet fokuserar mest på ytterväggkonstruktioner i småhus byggda som inhomogena skikt, d.v.s. bestående av stående bärande reglar med isoleringsmaterial mellan reglarna.

Metoden i detta examensarbete är en litteraturoversikt av ämnet från böcker, internet samt RT-kartoteket och sammanställa det viktigaste i detta examensarbete.

1.1 Syfte och mål

Syftet med detta examensarbete är att behandla de allra viktigaste aspekterna, vilka bestämmelser, lagar och krav det ställs, samt de vanligaste materialen som används då man bygger diffusionstätt eller diffusionsöppet. Målet är att de som läser detta examensarbete får en bättre bild av hur man bygger på båda sätten samt att de lättare kan bestämma sig för vilket passar dem bättre.

1.2 Definitionslista

Förklaring på de mest förekommande definitionerna i arbetet.

<i>Daggpunkt</i>	Temperatur då luftfuktigheten når mättning, d.v.s. då RH blir 100 %. Fukt blir till vätskeform, d.v.s. kondens.
<i>Diffusionsspärr/Ångspärr</i>	Skikt med uppgift att förhindra eller minska fukttransport genom diffusion och konvektion.
<i>Fukt</i>	Vatten i tre olika former: gas (vattenånga), vätskeform (vatten) eller fast form (is).

<i>Fuktdiffusion</i>	Vattenångmolekyler som strävar till att utjämna ånghalten i luften.
<i>Fuktkonvektion</i>	Transport av vattenånga genom luftströmmar.
<i>Hygroskopisk</i>	Materialegenskap, kan uppta och avge fukt i ångfas.
<i>Inhomogen</i>	Materialsikt bestående av flera olika material.
<i>Klimatskal</i>	Husets ytterhölje. Det som gränsar mot utsidan.
<i>Lambdavärde</i>	Ett materials förmåga att leda värme, värmekonduktivitet (λ).
<i>Luftspärr</i>	Skikt med uppgift att minska flöde av luft genom en konstruktion.
<i>Relativ fuktighet</i>	Förhållandet mellan ånghalt och mättnadsångalt i luften vid given temperatur angett i procent (0–100 %), förkortas RH eller RF.
<i>Vattenånga</i>	Vatten i gasform.
<i>TTH</i>	Tammerfors tekniska högskola.
<i>U-värde</i>	Konstruktionens förmåga att leda värme ($W/(m^2K)$).
<i>Ånggenomsläpplighet</i>	Materialets genomsläpplighet av ånga.
<i>Ånggenomgångsmotstånd</i>	Skikts motstånd mot genomträngning av vattenånga.

2 Bestämmelser och krav på småhus

Det kommer hela tiden nya bestämmelser, nya byggnadssätt, byggnadsmaterial samt krav att följa och använda då man bygger. Planeraren måste kunna hantera alla fysikaliska påfrestningar på huset, men även få huset inom ramarna för alla byggbestämmelser (Siikanen 2014, 3). Detta ställer höga krav framförallt för de som är ansvariga för bygget. Att de skall behärska alla nya aspekter samt även byggnadsfysiken för att få allt att fungera tillsammans i en helhet.

2.1 U-värde

U-värdet definieras som den värmemängd som per tidsenhet passerar genom en ytenhet av konstruktionen då skillnaden i lufttemperatur på ömse sidor av konstruktionen är en grad (Sandin 2014, 39).

U-värdet är en värmegenomgångskoefficient som ger ett värde på hur bra en konstruktion motstår värmeförluster. Ju högre U-värde desto mera värmeförluster. Alltså vill man ha ett så lågt U-värde som möjligt.

Dagens U-värdes krav på småhus, taget från Miljöministeriets förordning om nya byggnaders energiprestanda (1010/2017 § 24):

Vägg	0,17 W/(m ² K)
Vägg, massivt trä, på minst 180mm	0,40 W/(m ² K)
Övrebjälklag och bottenbjälklag gränsande mot det fria	0,09 W/(m ² K)
Bottenbjälklag som gränsar mot kryprum	0,17 W/(m ² K)
Byggnadsdel mot mark	0,16 W/(m ² K)
Fönster, takfönster, dörr, takljuskupol, rökventilation-, utgångslucka	1,0 W/(m ² K)

Kraven är samma för diffusionstäta som diffusionsöppna konstruktioner. Det är endast massivt trä som får ett lägre krav, vilket syns i kraven.

2.2 Energicertifikat

På alla nya hus skall det göras ett energicertifikat (E-tal). Den kan räknas för hela byggnaden eller separat om det finns olika användningskategorier enligt Markanvändnings- och byggförordning (2013/50 § 5).

"E-talet för en byggnad beräknas genom att den beräknade och med energiformsfaktorer viktade årliga förbrukningen av inköpt energi för standardanvändningen av byggnaden divideras med byggnadens yta." Markanvändnings- och byggförordning (2017/755 § 9).

E-talet räknas utgående från den beräknade årliga förbrukningen av energi, energiformsfaktorer och byggnadens yta. När det är uträknat får byggnaden eller en del av

byggnaden en klass från A-G (E-tal). A är minst energiförbrukande och G är mest energiförbrukande.

Energicertifikatet gäller tills det ersätts med ett nytt certifikat eller högst 10 år enligt Markanvändnings- och byggförordning (2013/50 § 8).

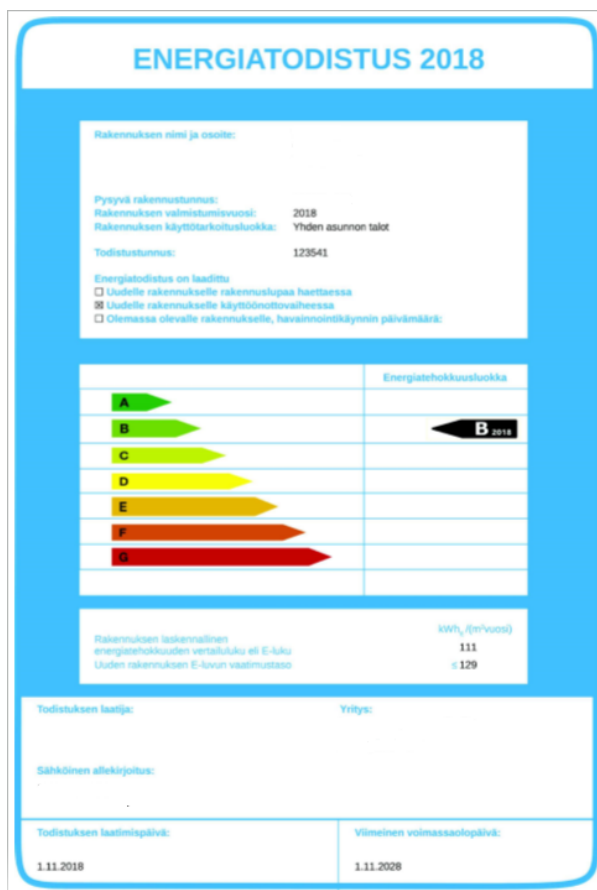
Även om energiförbrukningens teoretiska värden blir exaktare kan den verkliga energiförbrukningen avvika stort från den teoretiska uträkningen. Detta för att alla invånare har olika boendevanor, som är av stor vikt då man räknar ut energiförbrukningen. Ännu till kan det finnas konstruktions aspekter och materialval som påverkar förbrukningen av energi. Detta har Professor Juha Vinha (2009) vid TTH kommit fram till.

”-Många byggnadsmaterial har ett verkligt värmekonduktivetsvärde (λ) som är annat än vad det teoretiska värdet använt i uträkningen är.

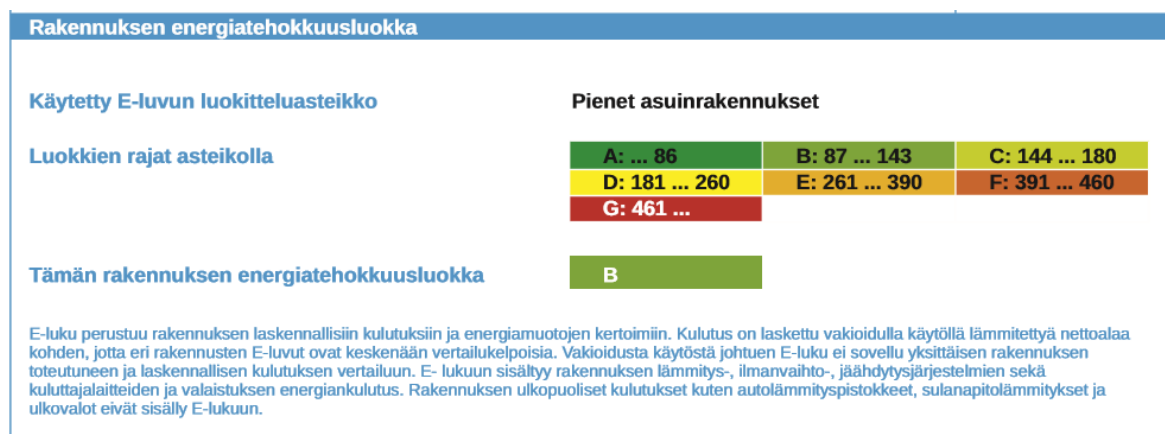
-Massiva konstruktioner lagrar solens strålningsenergi, som minskar på energiförbrukningen på insidan.

-Byggnadens storlek och form påverkar energiförbrukningen. Ifall det finns mycket knutar och vrår på klimatskalet, påverkar det energiförbrukningen för att man använder endast innerväggarnas m^2 till uträkningen.

-Hur omsorgsfullt man har utfört monteringen av isolering, vindskydd och ångspärr/luftspärr.” (Vinha 2009).



Figur 1, Exempel på energicertifikat (Jussila 2019).



Figur 2, Byggnaders energieffektivitetsklasser (Jussila 2018).

Energicertifikatet i figur 1, byggnaders energieffektivitetsklasser i figur 2 samt figur 3 kommer från ett egnahemshus färdigställt 2018. Huset är byggt med en fuktadaptiv ångspärr. Huset fick uträknat ett E-tal på 111 kWh/(m²·år), vilket ligger i mitten på B-klassen, B=87–143 kWh/(m²·år). Det är ingen skillnad om huset är diffusionstätt eller diffusionsöppet då man räknar ut E-talet.

2.3 Fukttekniska krav

I Markanvändnings- och byggförordning ställer lagen krav på den som utför byggandet, att hen skall sörja för att huset som byggs uppfyller sin fukttekniska funktion. Även vid renoveringar och ändringar behöver man veta hur byggnaden ursprungligen är tänkt att fungera ur fuktsynpunkt. Byggnaden skall också fungera ur fuktsynpunkt under hela sin planerade livslängd. Byggnaden får inte ta skada eller utsätta de som vistas i byggnaden för hälsorisk p.g.a. för högt fukttinnehåll i konstruktionerna (782/2017 § 3).

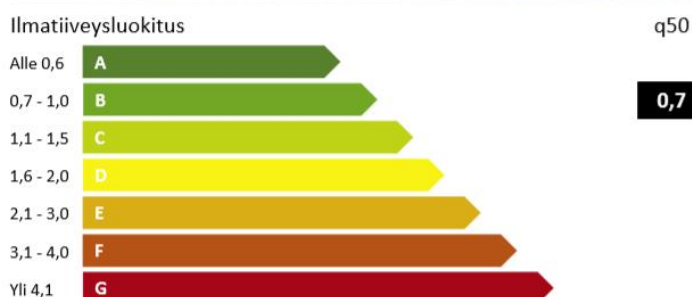
”Vattenånga, vatten, snö eller is från inre och yttre fuktkällor får inte ta sig in i konstruktioner så att det orsakar skada. Regnvatten eller snö får inte heller ta sig in eller fukt anhopas i klimatskalets byggnadsdelar genom fönster, dörrar eller andra konstruktioner, byggnadsdelar och installationer som kommer i kontakt med klimatskalet. Byggnadens klimatskal och dess olika konstruktionsskikt och fogar ska bilda en helhet som förhindrar att vind, slagregn eller vindtryck driver in vatten längs med klimatskalet in i konstruktionerna. Byggfukt och fukt som sporadiskt kommer in i konstruktionerna från utsidan eller insidan ska kunna ta sig ut utan att orsaka skada. Konstruktioner vars ytor är utsatta för väta ska tåla vattenpåverkan.” Markanvändnings- och byggförordning (782/2017 § 5).

I Markanvändnings- och byggförordning (782/2017 § 5) går man igenom grunderna hur man skall bygga för att få en konstruktion som håller fukttekniskt. Följer man detta, har man kommit långt på vägen. Men den går inte in på detaljer hur man skall bygga eller utföra själva konstruktionen. Den som skall planera och ansvara för byggandet skall själv veta vilka material som passar ihop med varandra, för att få helheten att fungera fukttekniskt.

2.4 Krav på lufttäthet och ångtäthet i konstruktionerna

”Byggnadens klimatskal och dess fogar samt byggnadens interna konstruktioner ska vara lufttäta och ångtäta så att de hindrar vattenånga från att komma in i konstruktionerna på ett sätt som försämrar konstruktionernas fukttekniska funktion.” Markanvändnings- och byggförordning (782/2017 § 6).

Det står att interna klimatskalen skall vara både lufttäta och ångtäta i början av lagen. Men lagen fortsätter: ”försämrar konstruktionernas fukttekniska funktion”. Huvudpunkten är ”försämrar”, det är lagtexten som möjliggör diffusionsöppna konstruktioner. Materialen man använder är av stor betydelse. Denna tolkning gjordes av Jukka Latokylä ledande byggnadsinspektör vid St: Karins byggnadstillsyn.

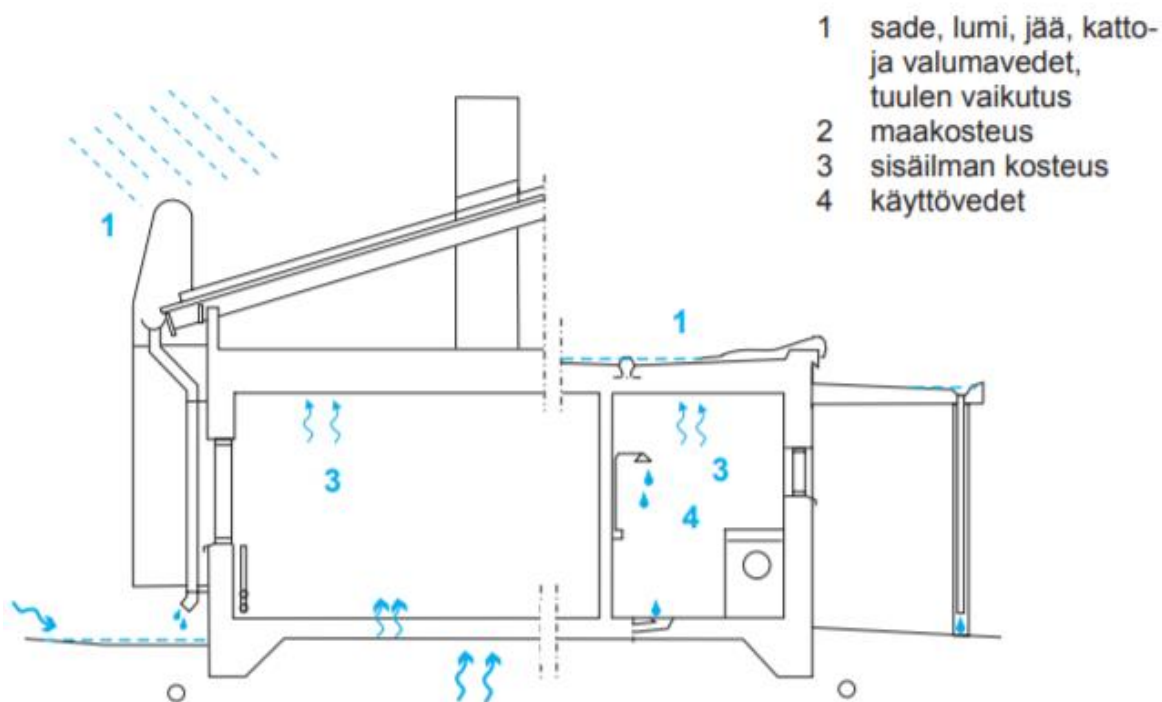


Figur 3, Lufttäthetsklass av ett hus som är färdigställt 2018 (Virkkunen 2019).

I figur 3 är lufttäthetsmätning gjord på samma hus som i figur 1 och 2. Mätningen är gjord så att man skapade undertryck i huset med hjälp av stor fläkt monterad i dörrhålet samt att alla hål och genomföringar täpptes igen. Detta gjorde man för att kunna mäta luftläckaget i huset. Man har räknat ut ett lufttäthetstal på $0,7 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ h}$ i huset, vilket ger klass B. Till klass B hör $0,7\text{--}1,0 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ h}$.

3 Byggnadsfysik

Vi bor i hus för att skydda oss från klimatet som råder på utsidan samt att skapa en sund miljö att vistas i. Huset skall vara hälsosamt, tryggt och komfortabelt. Dessa krav kan tyckas vara självklara, men ändå uppnås de alltid inte. Orsaker till detta kan vara bristande kunskap i byggnadsfysik, att användaren ej vet hur huset är uppbyggt eller tänkt att fungera samt bristande underhåll.



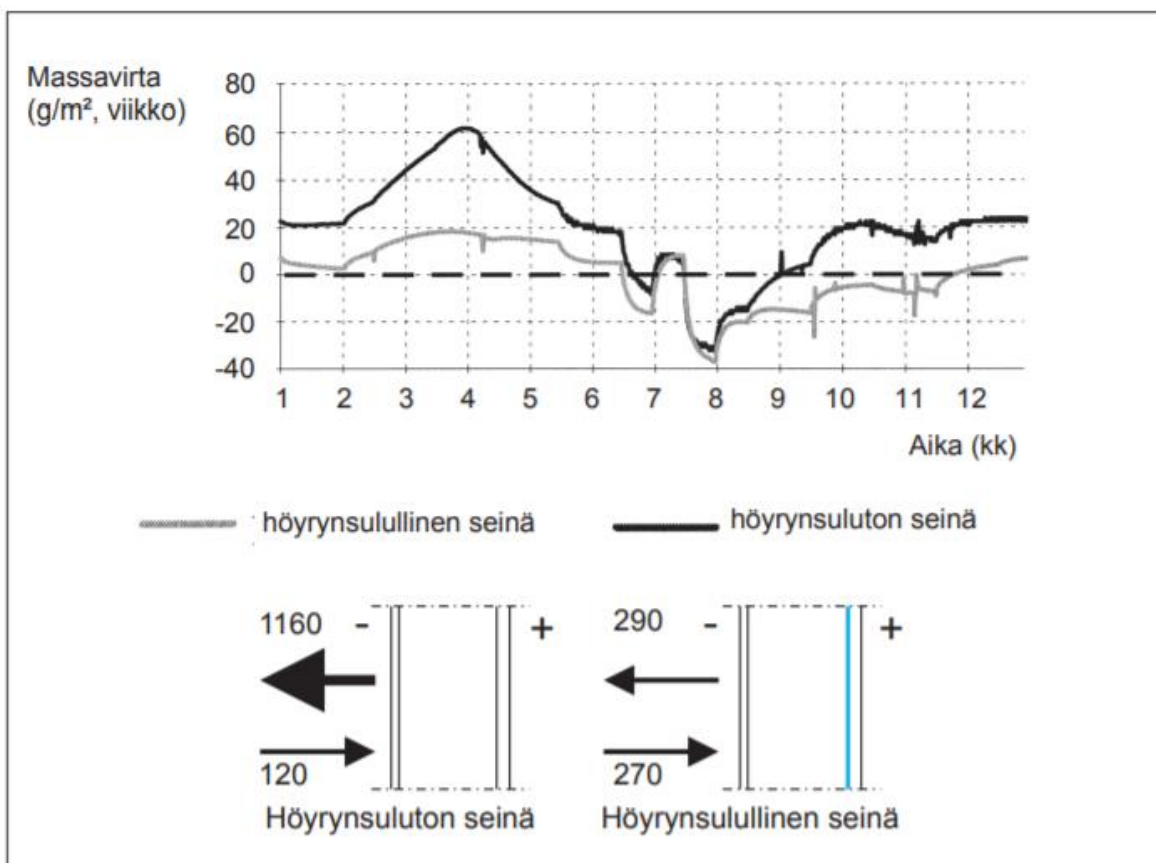
Figur 4, Bild på varifrån belastningarna kommer (RT 05-10710).

Huset skall klara av de yttre- och inre belastningar. Yttre belastningarna kan vara uteluft, vind, solstrålning, värmestrålning, nederbörd och markmiljö. Inre belastningarna uppstår från verksamhet i byggnaden och av oss människor, som t.ex. värme- och fuktavgivning samt emissioner från byggnadsmaterial (Hagentoft & Sandin 2017, 10–11).

Olika sätt som fukt kan transporteras i konstruktioner är genom konvektion, diffusion och kapillärsugning. Konvektion och diffusion sker oftast i ångfas. Då fukten transporteras kapillärt, så är det i vätskeform, d.v.s. som vatten. Normalt är det diffusion och kapillärsugning som är dominerande. Ifall det är lufttrycksskillnader, är ofta fuktkonvektionen stor om det finns otätheter i konstruktionen. Praktiskt sker fukttransporten genom en samverkan mellan olika transportsätt, därför kan det i praktiken vara svårt att urskilja de olika sätten (Sandin 2010, 91).

3.1 Diffusion, lufttryck och ångmotstånd

Diffusion anger transporten av fukt i gasform (vattenånga) genom en konstruktion. Nästan alla material släpper igenom någon mängd vattenånga (Siikanen 2014, 71). Diffusion uppstår för att naturen strävar till att jämna ut skillnader i ånghalt, naturen vill ha jämnvikt. Riktningen av transporten bestäms av ånghalten, riktningen går från högre till lägre ånghalt (Hagentoft & Sandin 2017, 129).



Figur 5, Laboratorietest av en yttervägg med och utan ångspärr (RT 05-10710).

I figur 5 ses ett laboratorietest av en yttervägg av trästomme med och utan ångspärr utfört av H. Lehtonen vid Aalto universitet i Husbyggnadsteknik laboratorium. Man har testat fram vilken riktning och mängd fukt, diffusionen har i båda konstruktionerna i olika årstider. Positiva massamängden (y-axeln) betyder att riktningen på diffusionen är utåtgående. Negativa massamängden (y-axeln) betyder att riktningen på diffusionen har varit inåtgående. På x-axeln har vi månaderna.

Testet visar att diffusionen sker i båda riktningarna, då riktningen av diffusionen går inåt betyder det att fukt transporteras in i konstruktionen utifrån. Detta betyder att konstruktionerna skall ha ett mindre ånggenomgångsmotstånd ju längre ut man kommer i konstruktionen för att konstruktionen skall kunna torka utåt. Det samma gäller också för diffusionsöppna konstruktioner.

Vi ser också i testet att mängden fukt som transporteras via diffusion är oftast större i diffusionsöppna konstruktioner. I april månad har vi största diffusionen i fukt massa mängd räknat, då diffusionernas 60 gram fukt/m² utåt i veckan. Det betyder att materialen i dessa konstruktioner måste kunna hantera fukten utan att ta skada.

Luftrycksskillnaderna inne och ute i en byggnad är bara några Pa/m² stor. Medan vattenångans tryckskillnader är flera hundra Pa/m² stor på in- och utsidan. Större fuktpåfrestning åt byggnaden gör ändå luftrycksskillnaderna än vad vattenångans tryckskillnader gör, d.v.s. diffusion (Siikanen 2014, 38). Den här skillnaden i vattenångstryck syns också i testet i figur 5.

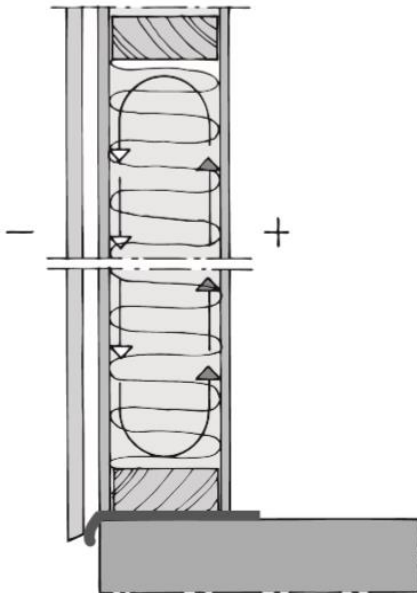
Det är mycket viktigt att ha lufttäta konstruktioner. Om det uppstår små hål i ångspärren, så är det inte lika skadligt, som om luftspärren läcker (Bokalders & Block 2014, 72). Detta för att vattenmolekyler kan betraktas som dumma, de hittar inte de små hålen eller sprickor som uppstått. Fuktkonvektion däremot är en smartare process, där kan luft transporteras i hål och sprickor, med i luften kan mycket vattenånga transporteras (Hagentoft & Sandin 2017, 130–131). Därför skall man alltid bygga lufttäta konstruktioner.

Vattenången transporteras olika snabbt igenom olika material, snabbast sker transporten genom stillastående luft. Minst sker transporten av vattenånga genom metaller. Om materialet blir fuktigt, ökar fuktvandringen, för att då sker både diffusion och vattentransport genom kapillärsugning samtidigt (Hagentoft & Sandin 2017, 130).

Diffusionens hastighet beror på ånggenomgångsmotståndet skiktet har. Hur mycket ånggenomsläpplighet och hur tjockt materialet är, bestämmer ånggenomgångsmotståndet. Är materialet tjockt och har ett lågt ånggenomsläpplighetsvärde, blir ånggenomgångsmotståndet större. Ifall konstruktionen har ett högt ånggenomgångsmotstånd, resulterar det i att mindre mängd vattenånga släpps igenom konstruktionen, d.v.s. fuktdiffusion. Alla material har olika värde på sin ånggenomsläpplighet (Hagentoft & Sandin 2017, 130). Då man bygger måste man veta materialens ånggenomsläpplighet.

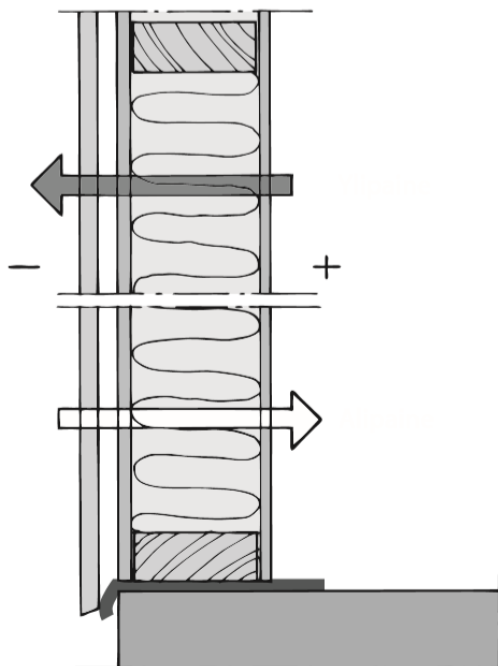
3.2 Konvektion

Konvektion kan vara påtvingad eller naturlig. Luftflöden uppstår då det finns skillnader i luftrycket, med luftflöden transporteras vattenånga, detta är konvektion (Siikanen 2014, 34). Luftströmmarna kan ta med sig värme och fukt, som skall beaktas då man planerar konstruktionen. I huvudsak på vintern är det högre luftryck inne i konstruktionen p.g.a. stora skillnader i temperatur inne och ute. På sommaren är det oftast i fuktiga utrymmen eller höga konstruktioner som luftrycket inne i konstruktionen påverkas. Luftrycket och luftströmmar påverkar direkt också levnadskomforten (Siikanen 2014, 34–35).



Figur 6, Skärning på en vanlig yttervägg, med naturlig konvektion i väggen (Siikanen 2014, 35).

Även om vi bygger en lufttät konstruktion ser vi att det kan förekomma naturlig konvektion inne i väggen (figur 6). Detta för att inne i själva isoleringsskiktet kan det börja förekomma luftströmmar p.g.a. temperaturskillnader inne och ute. Luften värms upp inne i den varmare inredelen, luften börjar stiga (varm luft är lättare), för att sedan sjunka ner i den kallare ytterdelen, detta är naturlig konvektion.



Figur 7, Tvingad konvektion (Siikanen 2014, 35)

I figur 7, ser vi hur tvingad konvektion fungerar. Den mörkare pilen föreställer övertryck. Och den ljusare pilen undertryck. Tvingad konvektion händer då varmluft stiger uppåt, för att dess densitet sjunker. Därför bildas det övertryck högre upp inomhus, och undertryck i nedre delarna inomhus (Siikanen 2014, 35). För att tvingad konvektion skall uppstå, behöver det finnas otätheter i vindskyddet eller luftspärren/ångspärren.

3.3 Daggpunkt och relativ fuktighet

Det finns nästan alltid fukt (ånga) i luften omkring oss. Helt torr luft existerar inte, utan måste produceras med hjälp av teknik. Normalt ligger ånghalten någonstans mellan helt torr luft och helt mättad luft. (Hagentoft & Sandin 2017, 112–113).

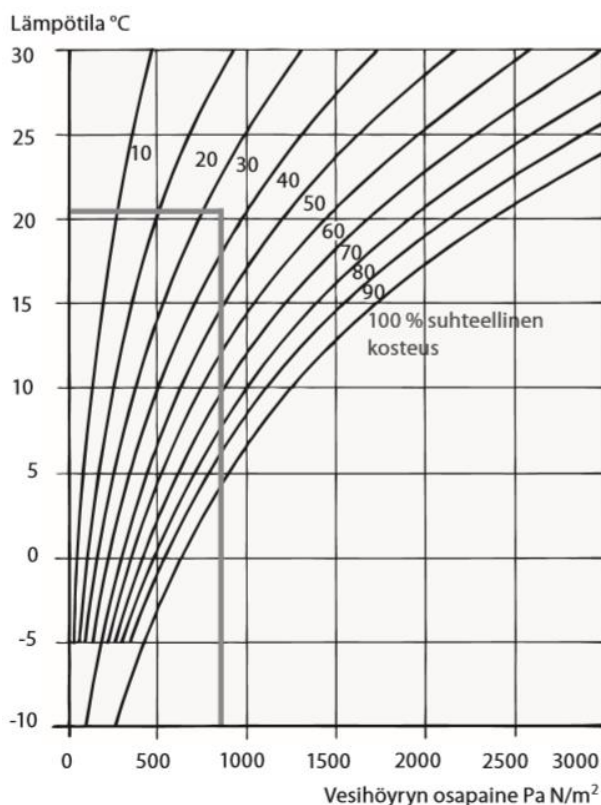
Exempel på mätnadsånghalter (c_k), maximala möjliga ånghalten vid viss temperatur:

$$c_k = 2.1 \text{ g/m}^3 \text{ när temperatur} = -10 \text{ C}$$

$$c_k = 4.8 \text{ g/m}^3 \text{ när temperatur} = 0 \text{ C}$$

$$c_k = 17.3 \text{ g/m}^3 \text{ när temperatur} = +20$$

Relativa fuktigheten förkortas RF eller RH (relative humidity). Den anger var på skalan mellan helt torr luft och mättad luft den befinner sig i. Om RH är 100 % råder det mätnadsånghalt i luften. Mätnadsånghalten (c_k) är den maximalt möjliga ånghalten som luften kan hålla beroende på temperaturen. Vid 0 % RH är luften helt torr. Om RH är 50 % så innehåller luften hälften av mätnadsånghalten. RH har stor betydelse för hur mycket vatten som lagras i olika byggnadsmaterial samt hur kvalster och mögel trivs och förekommer (Hagentoft & Sandin 2017, 113–114).



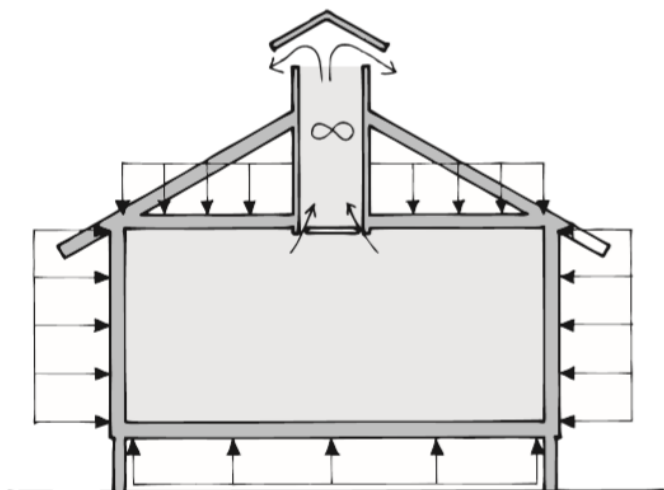
Figur 8, Effekten av temperaturen och den relativa fuktigheten på vattenångtrycket (Siikanen 2014, 70).

I figur 8 ser vi en graf som visar effekten av *temperaturen* (y-axel) och den *relativa fuktigheten* (RH, kurvorna i grafen) har på *ångtrycket* (x-axel). T.ex. vid 21 C° och RH 35 % får vi ett ångtryck på ca 850 Pa/m², det kan vi läsa av ur grafen. Om vi jämför två olika inomhus temperaturer på 21 C° och 25 C° med samma RH, då får vi ett ångtryck på 850 Pa/m² respektive 1200 Pa/m². En skillnad på 400 Pa/m², i procent ca 45 %.

Varm luft innehåller mera fukt än kall luft. Då luft kyls ner, tappar den sin förmåga att hålla fukt och på samma gång höjs den relativa fuktigheten. Kyls luften till daggpunktstemperaturen, gör luften sig av med sin vattenånga som är över mättnadsånghalten, då bildas kondens. Vattenångan blir till vätska. Exempel på detta hittar man i naturen då det bildas dagg i gräset då gräset kyls på natten (Hagentoft & Sandin 2017, 114).

3.4 Ventilation

Ventilationens uppgift är att skapa ett bra inomhusklimat, att ventilera bort smutsig luft och ta in ren frisk luft. Maskinell ventilation skapar undertryck som ställer högre krav på tätheten i luftspärren och ångspärren. Eldstäder skapar också mera undertryck (Siikanen 2014, 38).



Figur 9, Hur maskinell ventilation skapar undertryck (Siikanen 2014, 38).

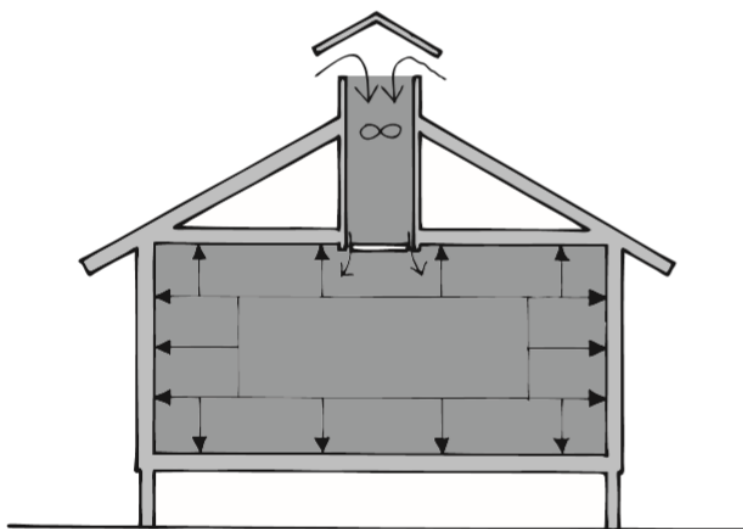
I figur 9 ser vi hur undertryck fungerar, hur utluften sugas mot vindskyddet. Vilket betyder att lufttäteten i vindskyddet är viktig. Man ser också att maskinell ventilation skapar större krav på konstruktionerna fukttekniskt, för att det bildas större lufttrycksskillnader.

Vi ventilerar också hus för att transportera bort överskottsvärme och reglera den relativa fuktigheten. Varm luft måste ventileras bort, och kall luft måste värmas upp. Minskar man på den överskotts varmluft som uppstår, så kan man minska på ventilationsbehovet. Minskar man på kall luft som kommer in, minskar man på uppvärmningsbehovet. Man kan jämna temperaturen inomhus med hjälp av värmelagrande och fuktbuffrande material. Om det finns fuktbuffrande material, så lagrar materialet även värme eftersom luftfuktigheten som lagras övergår från gasform till vätskeform när det sugas upp i materialet, d.v.s. fasomvandling. Ett bra sätt att minska på husets värmebehov är att ta in frisk luft via jordledning. Då förvärmis luften på vintern och kyls ner på sommaren (Bokalders & Block 2014, 116).

”Huonetilaan koneellisesti aikaansaatu alipaine imee kylmää ulkoilmaa seinämärakenteiden läpi. Seinämän läpi virratessaan ilma lämpenee, jolloin sen suhteellinen osuus alenee. Näin alipaineen avulla huoneeseen virtava ilma kuivattaa seinämiä ja on täten seinämän kosteustekniikan kannalta turvallinen ilmanvaihtoratkaisu. Ilman sisään virtauksen edellytyksenä ovat tietysti seinämissä esiintyvät epätiiviydet.”
(Siikainen 2016, 140)

Här skriver Unto Siikainen (2016, 140) att maskinell ventilation kan ta frisk luft från otätheter i konstruktion. Att den kalla luften på samma gång torkar upp konstruktionen, och luften blir varmare. Alla som någon gång isolerat, med mineralull, vet att luften blir full av partiklar från isoleringen. Så att andas luften som kommit in genom otätheter är säkert inte

gynnsamt för hälsan. Men han fortsätter också skriva att friskluften skall tas från kontrollerade ställen för att säkerställa bra inomhusklimat och vara energieffektivt. Alla otätheter i klimatskalet är ej acceptabla.



Figur 10, *Maskinell ventilation som skapar övertryck* (Siikanen 2014, 38).

I figur 10, ser man hur det fungerar ifall man har maskinell ventilation som skapar övertryck. Det gör att inneluften trycks mot luftspärren/ångspärren och finns det då håligheter i luftspärren/ångspärren får man fuktig luft in i konstruktionen, vilket kan ge fukt- och mögelskador. Därför skall man inte skapa övertryck i konstruktionen.

4 Fungerande inhomogen yttervägg

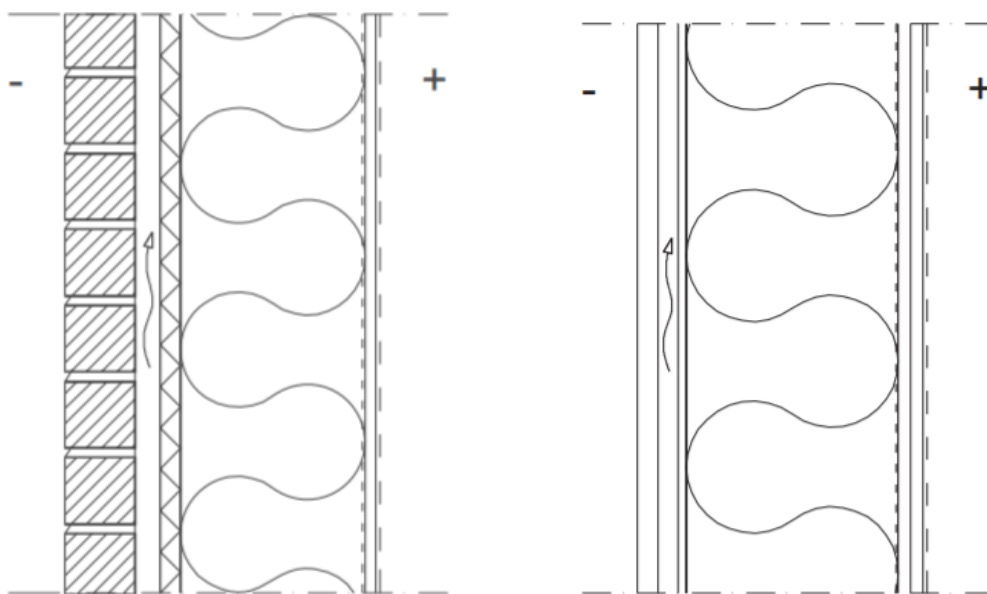
En av största orsakerna till byggfelen idag är att man fuskat med lufttätheten. Problemet har varit att man inte tagit lufttätheten tillräckligt allvarligt, samt att det har saknats tillräckliga anvisningar hur man bygger lufttätt. TTH har gjort en undersökning där de kom fram till att typiska ställen var det läcker luft i småhuskonstruktioner är: anslutningen yttervägg-tak 37 %, fönster och dörrar samt deras anslutningar i konstruktionen 31 %. Mellan- och bottenbjälklags anslutningar samt rör och skorstensgenomföringar var också ställen där det läckte luft (Romppainen 2010, 5–7). Lufttätheten är lika viktig för diffusionstätt byggande som diffusionsöppet byggande.

4.1 Diffusionstät konstruktion

Målet med en diffusionstät konstruktion är att den värme- och fukttekniskt inte skall samla en för stor mängd skadlig fukt i sig. För att få en konstruktion som fungerar värme- och fukttekniskt måste man känna till hur temperaturen ändrar i de olika materialen, olika materialens ånggenomgångsmotstånd, mätnadsånghalten vid olika temperaturer och relativa fuktigheten på båda sidor av väggen (Siikainen 2016, 163–164).

Om det bildas mer fukt än vanligt ($>4 \text{ g/m}^3$), behövs det ett större ånggenomgångsmotstånd på insidan av konstruktionen. Då måste ånggenomgångsmotståndet vara mera än 5 gånger tätare på insidan än på utsidan av konstruktionen. Bra vindskyddsmaterial är då: gipsskiva, porös fiberskiva, mineralullsskiva, olika vindskyddstyger och bitumenpapper. Ånggenomgångsmotståndet på insidan går att öka bara konstruktionen kan torka utåt. Om vindskyddet på utsidan är för ångtätt, orsakar det att fukt inte kommer åt att torka inne i konstruktionen enligt Juha Vinha Professor vid Tammerfors Tekniska Högskola.

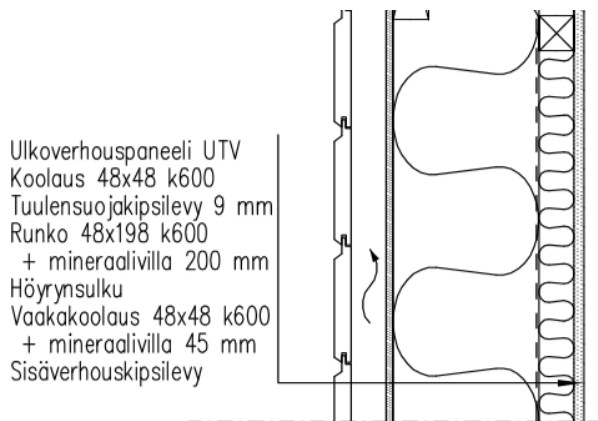
Vanligtvis byggs en diffusionstät inhomogenvägg upp så att från insidan har du en innerbeklädnad, t.ex. gipsskiva, träpanel m.m. Till följande kommer ångspärren. Efter ångspärren kommer isoleringen och bärande stående stommen. Efter det kommer vindskyddet, som kan vara t.ex. en skiva eller tyg. Efter vindskyddet kommer en luftspalt och till sist en ytterbeklädnad t.ex. träpanel eller tegel. Två exempel på uppbyggnaden syns i figur 11 och 12.



Figur 11 och 12, *Exempel på två diffusionstäta inhomogena väggar* (RT US 707, RT 82-11006).

Materialen i figur 12 uppräknade börjandes från utsidan (U-värde=0,17 W/m²K):

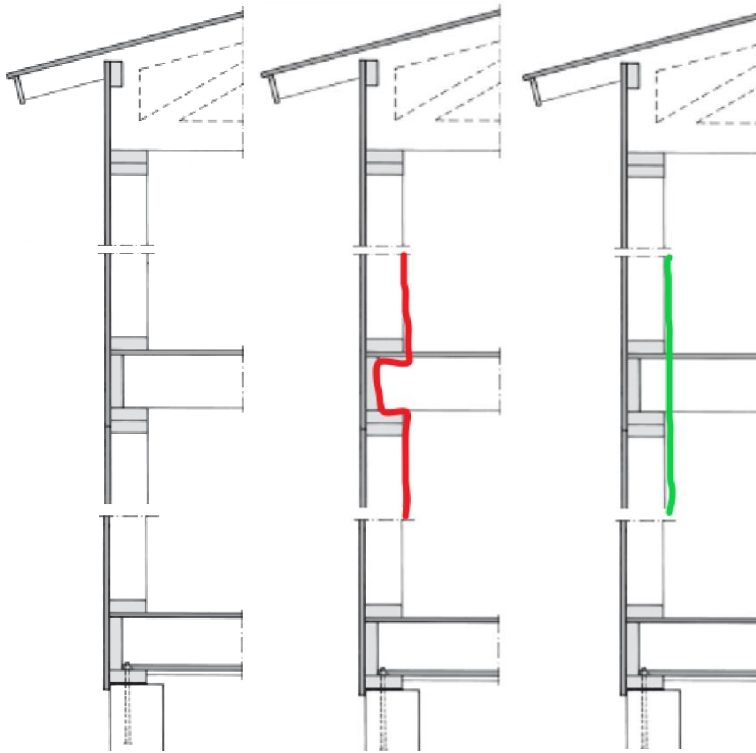
	Fasadmaterial, t.ex. träpanel
22–25 mm	Stående spikreglar c-c 600 mm + luftspalt. Bakom fasadmaterialet måste det finnas en luftspalt, om inte fukt och vatten kan försvinna på annat sätt. (RT RakMK-21749)
9 mm	Vindskyddsskiva gips
260 mm	Bärande stomme + t.ex. mineralisolering $\lambda=0,036\text{W/mK}$
0,2 mm	Ångspärr (polyeten)
12mm	Innerbeklädnad, t.ex. gipsskiva



Figur 13, *Konstruktionslösning med indragen ångspärr* (Sievitalo).

Ångspärren kan även monteras indragen i isoleringen. Detta görs genom att kors-skåla på insidan (se figur 13), den streckade vertikala linjen är ångspärren. Man gör detta för att säkerställa att plasten hålls hel. Då ryms elkablar och el-dosor innanför plasten, vilket leder till färre genomföringar i ångspärren. Isoleringen skall vara minst $\frac{3}{4}$ av sin tjocklek på utsidan av ångspärren (Romppainen 2010, 28).

Indragen ångspärr fungerar ännu vid "normala" förhållanden, men ifall temperaturen på utsidan sjunker till -20 grader, kan det uppstå kondens då relativa fuktigheten inomhus överstiger 60 %. Detta kan lätt ske i samband med då man gjuter golvet inne i huset på vintern. För att undvika kondens i isoleringsskiktet innanför ångspärren, kan man vänta med att montera isoleringsskiktet.



Figur 14, *Skärning på en vanlig konstruktion i småhus* (Puuinfo, 2019).

I figur 14 ser man en vanlig konstruktion av ett hus med två våningar. Om man tittar på själva mellanbjälklaget var den ansluts till bärande ytterväggen, där blir det svårt att placera ångspärren rätt i denna konstruktionslösning samt få den monterad så den hålls hel. Röda linjen visar hur man inte kan montera ångspärren, ifall man gör det riskerar man kondens då ångspärren kommer för nära den kalla utsidan. Gröna linjen visar den rätta platsen för ångspärren. Men då blir den svår att få den hel monterad då alla mellanbjälklags balkarna punkterar ångspärren, samt att den hålls hel, hela livslängden på konstruktionen. Vilket är mycket viktigt då man bygger diffusionstätt. Här borde man tänka på att bygga enklare konstruktioner så att man får ångspärren på rätt plats och att den hålls hel.



Figur 15 och 16, *Bilder på samma problem som i figur 14* (Björklund 2016).

I figur 15 och 16 har vi riktiga exempel på liknande problem som i figur 14. Bilderna är tagna från ett 1,5 plans diffusionstätt hus byggt 2015. Där ser vi exempel på när man monterat ångspärren som i figur 14 alternativ tre från vänster, och tejpat kring alla mellanbjälklagsbalkar för att få en tät ångspärr. Här kan det fort komma läckage om man tejpar dåligt eller om själva tejpen börjar släppa.

Kom ihåg att i diffusionstäta hus är det maskinell ventilation som sköter om luftombytet. Diffusionsöppna hus kan också ha maskinell ventilation. Ifall ventilationsmaskinen slutar fungera, t.ex. går sönder eller elavbrott, betyder det att ingen ny luft kommer in eller ”smutsig” luft ventileras ut. Detta gör att RH stiger inomhus, och mängden fukt ökar. Filtren i ventilationsmaskinen blir också fulla av damm och måste bytas ut med jämna mellanrum. Det är mycket viktigt att sköta ventilationsmaskinen.

Dagens ångspärrar av plast är beräknade att hålla 30–50 år, efter det börjar de tappa sin lufttätethet. Därför är plastångspärrar ej att rekommendera till hus som är beräknade att hålla i över 100 år (Siikanen 2016, 283).

4.2 Diffusionsöppen konstruktion

Diffusionstät och diffusionsöppen inhomogen ytterväggskonstruktion byggs upp nästan på samma sätt. Skillnaden är att i diffusionsöppna konstruktionen skall det inte vara för tät ångspärr på insidan av konstruktionen. Du skall inte använda för täta material i diffusionsöppna konstruktioner, konstruktionen skall möjliggöra fuktdiffusion.

Att bygga diffusionsöppna konstruktioner är inget nytt, det har man gjort länge. Det var först på 1970-talet som man började använda plast som diffusionsspärr i byggnader. Detta i samband med att man ville få ner energiförbrukningen, på samma gång kom maskinell ventilation.

Konstruktion utan diffusionsspärr är en konstruktion som kan lagra fukt, men framförallt avge, torka fukten (Siikanen 2014, 77). Man säger också att konstruktionen andas detta betyder ej att luft kan färdas genom konstruktion, utan endast fukt i gasform, d.v.s. fuktdiffusion. Lufttätheten är viktig speciellt med tanke på energieffektiviteten. Man måste tänka på alla material i konstruktionen, alla material måste kunna lagra fukt utan att ta skada. Detta gäller allt från isolering, skivor till målfärger o.s.v. Det är lätt att förstöra en fungerande konstruktion med att t.ex. måla med en målfärg som har för ett högt ånggenomgångsmotstånd.

Det finns två olika grundtyper av diffusionsöppna konstruktioner (Siikanen 2014, 77):

- Konstruktionen kan vara uppbyggd så att den består av material som släpper igenom vattenånga, t.ex. hygroskopiska isoleringar. Där isoleringen och alla material i konstruktionen tar emot och avger fukt.

- Andra typen av diffusionsöppna konstruktioner kan vara en betongkonstruktion som har hygroskopiska tunnare material direkt på den varma sidan av konstruktionen. Det kan vara t.ex. trä eller faner. Där endast träet växelverkar med fukten i inomhusklimatet, men växelverkan är ju mycket mindre i detta fall.

I homogena väggar, t.ex. av massivt trä, är diffusion inget problem, för där finns det inte olika materialskikt med olika ångmotstånd som kan få fukt att ansamlas. Nu för tiden är nästan alla byggnader byggda av flera olika materialskikt (inhomogent), då måste man beakta att inte vattenånga kondenseras inne i konstruktionen. Fast man bygger diffusionsöppet, måste ångmotståndet på insidan vara fem gånger så stort som på utsidan (Luomura, 2019).

”Etuja

1. Sallii rakenteen kuivumisen paremmin sisäänpäin
2. Alentaa sisäilman kosteutta syksyllä
3. Poistaa sisäilmasta ihmisen hengityksessä syntynyttä hiilidioksidia
4. Lämpäisevä rakenne yhdessä hygroskooppisen, kosteutta imevän orgaanisen eristeen (selluvilla, pellava, puru) tasaa sisäilman kosteusvaihteluita
5. Rakenteen vesivauriot (esim. vuotava katto) helpompi havaita
6. ”Väärinpäin” toimiva rakenne (sisäilma kylmempi kuin ulkoilma, esim. lämmittämättömissä kesämökeissä ajoittain) ei aiheuta ongelmia

Haittoja

1. Home- ja kosteusvaurioriski, jos kosteutta kertyy liikaa rakenteeseen
2. Ulkopinnan mahd. homeitiöt pääsevät kulkeutumaan sisätiloihin (alipaine)
3. Lämmöneristeen kostuessa riittävästi sen eristyskyky heikkenee (muutamia prosentteja)
4. Kostuvassa tuulensuojalevyssä enemmän muodonmuutoksia, mikä vähentää rakenteen tiiviyyttä
5. Talvella sisäilma liian kuivaa
6. Paperipohjaiset höyrynsulkukalvot repeävät herkemmin asennuksessa tai rakennuksen eläessä
7. Ulkopuoliset kaasumaiset epäpuhtaudet (esim. radon) pääsevät rakenteen läpi
8. Metalliliittimien korroosiovaara ulkopinnan lähellä
9. Sisäpuolinen kosteusvuoto pääsee rakenteisiin”

(Luomura, 2019)

Här har Professor Juha Vinha (2019) listat positiva och negativa saker med diffusionsöppna konstruktioner. De positiva sakerna är mycket bra, men det finns också risker med att bygga diffusionsöppet. En bra fördel med diffusionsöppna konstruktioner, är att de fungerar också då man kyler ner byggnader. Att kyla ner med hjälp av luftvärmepump är vanligt idag, ifall man då har ångspärr i väggen kan man få kondens i väggen, p.g.a. att ångspärren vid nerkylning är på fel sida av väggen.

Man kan använda träbeklädnader på insidan i huset, för att balansera fukten i inomhusklimatet. Då sparar man också på behovet av maskinell ventilation vilket sparar energi. Ifall man har hela konstruktionen bestående av hygroskopiska material, så balanseras fukten ännu mera och man sparar ännu mera energi som hade gått till ventilationsmaskinen. Forskning har visat att obehandlade träbeklädnader kan minska luftfuktigheten inomhus med upp till 63 %, då man jämfört med rum som är byggda med målat gipsspackel (Puuinfo, 2019)

Diffusionsöppna konstruktioner kan minska på emissioner av material genom att lagra emissionerna, då kan en del av emissionerna avdunsta ut genom konstruktionen (Bokalders & Block 2014, 116).

Om det är mera koldioxid i inneluften än utomhus, börjar koldioxidmolekylerna diffunderas ut genom konstruktionen. Detta är endast möjligt i diffusionsöppna konstruktioner (Siikanen 2014, 71).

4.3 Diffusionsbroms och fuktadaptiv ångspärr

Diffusionsbroms och ångbroms, det är benämningar på en ångspärr som är lufttät men som inte har lika högt ånggenomgångsmotstånd som en ångspärr. Det finns också olika slags ångbromsar, fuktadaptiv ångspärr och variabel ångbroms är två benämningar på en sorts ångbroms, som anpassar nivån på ångtätheten efter luftens relativa fuktighet. Vid låg relativ fuktighet fungerar fuktadaptiva ångspärren som en ångspärr, men när den relativa fuktigheten höjs, blir ångbromsen mera ånggenomsläpplig (Arfvidsson & Harderup & Samuelsson 2017, 57).

Ångbromsen fungerar bättre vid byggfukt, sommarkondens och i konstruktioner med dubbla tätskikt, säger byggnadsingenjören Thorbjörn Gustavsson på SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut. Ifall det finns ett badrum mot en yttervägg, då fungerar ångbroms bättre än ångspärr. För om man monterar ångspärr där, så stänger man in konstruktionen mellan badrumsvattenisoleringen och ångspärren. Thorbjörn nämner också, *”att anpassa tätskiktet efter byggfukt är dock ett principiellt feltänk och bör bara tillämpas om ingen bättre lösning finns”*. Det är bättre att låta byggfukten torka ut, innan konstruktionen täcks med ett tätskikt (Isolering, 2019).



Figur 17, *Intello ångbroms monterad 48mm indragen* (Juhola, 2018).

I figur 17 ser vi en Intello fuktadaptiv ångbroms monterad 48 mm indragen. Det är lika viktigt att den skall vara lufttät, som i diffusionstäta och diffusionsöppna konstruktioner.

5 Vanliga material i en inhomogen ytterväggskonstruktion

Materialets fuktegenskaper hänger på porositet, porstorleksfördelning, struktur och kemisk sammansättning. För att beskriva byggnadsmaterial ur fuktsynpunkt skall man se på följande egenskaper (Arfvidsson & Harderup & Samuelsson 2017, 37–38):

-Densitet, massa per volymenhet.

-Porositet och porstorleksfördelning, små eller stora porer.

-Ångmotstånd, fastställer hur snabbt fukt kan transporteras, mestadels genom ångdiffusion.

-Hygroskopisk, förmåga att binda och avge fukt utan att ta skada.

-Kapillaritet, förmåga att suga upp vatten.

”Den som påbörjar ett byggprojekt ska se till att byggnaden på det sätt som användningsändamålet och miljöförhållandena förutsätter projekteras och uppförs så att den är sund och säker med avseende på inomhusluft, fukt-, temperatur- och ljusförhållanden samt vattenförsörjning. Byggnaden får inte vara sådan att hälsan äventyras på grund av föroreningar i inomhusluften...” Markanvändnings- och byggförordning (1999/132 § 117c).

Här kan man tolka lagen att man inte kan använda material med skadliga ämnen för hälsan i byggnader. Därför måste man vara noggrann med vilka material man använder i byggnaden. Speciellt med tanke på diffusionsöppna hus, där emissioner lättare kan färdas igenom konstruktionen.

Värmekonduktivitet (λ , lambdavärde) beskriver hur mycket ett material isolerar mot värmeförluster per m^2 . Alla värmeisoleringsmaterial i Europa skall ha ett värmekonduktivitetstal angett av tillverkaren. Vid praktiska beräkningar kan detta tal justeras för hygroskopiska material ifall de används i fuktig miljö (Sandin 2014, 39).

5.1 Plast

Som ångspärr används ofta en plastfilm som består av polyeten (PE). Polyeten är en av de mest miljökonsamma plasterna, den har enkla kol-väteföreningar (Bokalders & Block 2014, 51).

Ånggenomgångsmotståndet för diffusionstät plastfilm är $>2000 \cdot 10^3$ s/m. Man kan jämföra detta med diffusionsöppen plast som har ett ånggenomgångsmotstånd på $2,7 \cdot 10^3$ s/m (Bokalders & Block 2014, 74), d.v.s. 740 gånger större ånggenomgångsmotstånd på plast ångspärren.

I plaster finns det en massa tillsatser, t.ex. fyllmedel, färgpigment, härdare, katalysatorer, acceleratorer, inhibitorer, antioxidationsmedel (åldringsskydd), mjukgörare, UV- eller värmestabilatorer, flamskyddsmedel, antistatsmedel och jäsmedel. Plastens problem är just tillsatsmedlen, de kan vara stabila, naturfrämmande ämnen, och direkt skadliga för hälsan. Tillsatsmedlen försvårar också återvinning av plast. I mjukgörnings tillsatsen finns det ofta ftalater, dessa är direkt skadliga för hälsan. De har visats påverka hormonsystemet och orsaka problem med fortplantningen hos djur. Ftalater kan man få i sig med hud- eller munkontakt eller indirekt via intag av mat, damm och luft. Plaster kan också innehålla bromerande flamskyddsmedel, för att skydda mot brand. Dessa flamskyddsmedel kan också vara skadligt för miljön och hälsan (Bokalders & Block 2014, 51). Därför skall du vara ta reda på vad material du tänkt använda innehåller.

Men det finns en framtid också för plast i byggnader. Ifall man börjar framställa plast av förnybara råvaror samt använder tillsatser utan negativ miljöpåverkan, och ännu till ifall den kan återvinnas många gånger, då har man skapat en plast man kan använda i byggnader. De kan då ersätta t.ex. metaller, som är miljöpåfrestande material. Nya plaster kan tillverkas av t.ex. alger, jord- och skogsbruksavfall, majs och potatisstärkelse, cellulosa, träkol och vegetabiliska oljor (Bokalders och Block, 2014, 52).

Nya plaster av förnybara råvaror, måste testas ordentligt innan man kan börja använda dem i husen. Materialet måste kunna hålla sina egenskaper hela dess förväntade livslängd i byggnadsdelen (Arfvidsson & Harderup & Samuelsson 2017, 35).

5.2 Trä

Lambdavärdet för trä är 0,12 W/(m²K). Som massivträhus har trä inte så bra U-värde, d.v.s. värmeisolerings egenskaper. Men massivt trä kan lagra värme och fukt (Bokalders & Block 2014, 65).

Trä är också naturligt, organiskt och hygroskopiskt material därför kan man konstruera en diffusionsöppen konstruktion med hjälp av träprodukter. I Finland används mest furu och gran som byggnadsvirke. Trä är mycket starkt med tanke på dess vikt (Puuinfo, 2019). Trä kan binda upp till ca 150 kg/m³ fukt från luften, man kan jämföra detta mot tegel som kan binda upp till ca 30 kg/m³ fukt (Arfvidsson & Harderup & Samuelsson 2017, 329).

Även om trä är ett fast material, så har det ändå ganska låg värmeledning. Värmeledningen minskar där fibrerna är mera glest växta. I fiberriktningen är trä dubbelt mera värmeledande jämfört med vinkelrakt mot fibrerna. Ifall träet blir fuktigare blir det också mera värmeledande. En stockvägg har ca tre gånger sämre värmeisoleringsförmåga, än en vägg bestående av mineralull (Puuinfo, 2019).

Trä kan börja mögla ifall relativa fuktigheten är över 80 % i några månader. Det är redan kritiskt vid 70 % relativ fuktighet. Vid 90 % relativ fuktighet börjar träet ruttna. För att det skall kunna mögla eller ruttna, skall temperaturen vara mellan +0 till +40 grader. Det här gör ju att träet ej tar skada i 85 % relativ fuktighet om det är minus grader. Det behövs också syre och näring för att det skall mögla eller ruttna, näring finns det ofta i luften i omgivningen (Puuinfo, 2019).

Trä är ett av de bästa material ur miljösynvinkel. Den producerar endast en tiondel utsläpp av växthusgaser jämfört med betong och stål. Den kan användas i nästan alla byggnadsdelar från bärande konstruktioner till isolering, fasader och tak (Bokalders & Block 2014, 44).

5.3 Vindskydd

Vindskyddets uppgift är just som namnet säger skydda konstruktionen från vinden. Vindskyddet kan vara t.ex. en skiva av gips eller träfiber, bitumenpapper eller tyg. Den skall monteras på utsidan av isoleringen.

Ju högre ånggenomsläpplighet vindskyddet har desto bättre torkar konstruktionen upp. Det är bra att välja ett vindskydd med bra värmemotstånd, då är temperaturskillnaden på in och utsidan av vindskyddet större, vilket leder till att mera fukt kan diffusioneras utåt. Sambandet

mellan vindskyddet, ånggenomgångs- och värmemotståndet är faktorer som inverkar på konstruktionens torkningsförmåga (Romppainen 2010, 14).

5.4 Isolering

Isolering fungerar så att den försöker få luften att stå stilla inne i isoleringen. Isolering framställs av både organiska och oorganiska material. Exempel på organiska isoleringsmaterial är träbaserade och fibrer gjorda av lin. Oorganiska isoleringsmaterial är olika slags mineralfibrer. Organiska isoleringsmaterial har förmåga att binda och avge fukt, de har alltså en stor fuktkapacitet. Fuktkapacitet har en stor positiv effekt på hur konstruktionen fungerar fukttekniskt. Oorganiska isoleringsmaterial är inte hygroskopiska som de organiska isoleringsmaterialen är. Därför rekommenderas det att ha en 0,2 mm polyetenfilm som ångspärr (Romppainen 2010, 19).

Många mineralullsprodukter innehåller små mängder urea och fenol/formaldehydharts som bindemedel. Om det kommer fukt i materialet, kan det förekomma emissioner av formaldehyd. Mineralullens fibrer är också obehagliga att inandas samt skadliga för lungorna. Ca 80 % av glasull är idag gjort av återvunnet material (Bokalders & Block 2014, 63).

6 Fuktteknisk kontroll av konstruktion

Man kan göra en fuktteknisk kontroll av konstruktionen för att se om det uppstår kondens i konstruktionen. Det finns komplicerade beräkningsmodeller för datorer som kan räkna ut om konstruktionen kommer fungera fukttekniskt, ifall det uppstår kondens i väggen. Det går också att göra en enkel beräkning på papper. Metoden är grov och kan användas enbart till översiktliga bedömningar (Sandin 2010, 106).

När du skall göra en fuktteknisk kontroll av en konstruktion behöver du veta alla materialens tjocklekar, lambdavärde (λ) och ånggenomgångsmotstånd (Z) samt temperatur, relativfuktighet, ångtryck och mätnadsånghalt ute och inne.

Beräkningen görs enligt följande metod:

1. Gör värmefördelningen för konstruktionen. Hur temperaturen sjunker efter varje skikt.

2. Beräkna mätnadsånghalten (p_k) i varje skikt. Hur mycket luften kan hålla fukt efter att ha passerat ett skikt.
3. Beräkna aktuella ångtrycket i alla skikt (p). Hur mycket ångtrycket ändrar efter att ha passerat ett skikt.

Fukt kondenseras i konstruktionen om aktuella ångtrycket (p) i något ställe av konstruktionen överskrider aktuella ställets mätnadsångtryck (p_k).

$$p > p_k = \text{Kondens}$$

7 Slutsats

Efter att ha läst material om båda sätten att bygga, har jag kommit fram till att det finns väldigt mycket material om båda sätten att bygga på, att det är för mycket arbete att gå igenom allt material och dra en enkel slutsats vilket är bästa sättet att bygga på.

Ämnet är brett, därför har jag försökt ta med det allra viktigaste för att inte få ett för långt examensarbete, för detta är endast ett examensarbete för byggmästare (10 studiepoäng).

Viktigt för alla som bygger hus idag är att behärska byggfysiken, känna till vilka material som fungerar med vilka, så att du får en helhet som fungerar. Det gäller att vara noga med att inte stänga in byggfukt. Men man måste komma ihåg att ett hus som fungerar på ett ställe, inte betyder att det fungerar överallt.

Båda sätten att bygga kan användas för att få ett fungerande hus. Men risken med att bygga in fukt i diffusionstäta hus är stor, och att få en helt tät diffusionsspärr och som hålls tät är svårt i praktiken. Plastångspärrar som endast är beräknade att hålla i 30–50 år är något som talar emot dagens energipartider. Istället kunde man använda material som håller längre, eller går att återvinna.

Avslutningsvis kan jag säga att det här arbetet varit mycket lärorikt och förhoppningsvis kan även andra dra nytta av arbetet då man tänker bygga ett hus.

I de två följande rubrikerna listar jag det allra viktigaste jag har behandlat i detta arbete. Följ dessa punkter, så kommer du närmare ett friskt sunt hus.

7.1 Konstruktion med diffusionsspärr

1. Konstruktionen skall vara lufttät från insidan och utsidan.
2. Ångspärren ska vara hel, och hållas hel. Gäller också alla skarvar.
3. Ångspärren ska monteras direkt på den varma sidan av isoleringen. Eventuellt kan man ha den indragen 50 mm, för att få mindre genomföringar i ångspärren.
4. Material med högre ångmotstånd längre in i konstruktion, för att minska i de yttre materialen.
5. Det måste finnas maskinell ventilation som säkerställer luftombyte. Underhåll den!
6. Stäng aldrig in en konstruktion med två täta skikt.
7. Stäng inte in material med hög fuktighet. Vänta tills det torkat.
8. Underhåll. Ett hus kräver alltid underhåll!

7.2 Diffusionsöppen konstruktion

1. Konstruktionen skall vara lufttät från insidan och utsidan. Luftspärren skall vara hel, och hållas hel.
2. Lägg material med högre ångmotstånd längre in i konstruktion för att minska i de yttre materialen.
3. Ha minst 5 gånger tätare ångmotstånd på insidan jämfört utsidan.
4. Stäng inte in material med hög fuktighet. Vänta tills det torkat.
5. Kom ihåg att alla material måste vara diffusionsöppna, även målfärger.
6. Använd naturliga material utan skadliga ämnen.
7. Underhåll. Ett hus kräver alltid underhåll!

8 Källförteckning

Bokalders, V. och Block, M., 2017. *Byggekologi*. Sverige: Göteborgstryckeriet.

Hagentoft, C-E & Sandin, K., 2017. *Byggnadsfysik*. Polen: Interak.

Nevander, L.E. och Elmarsson, B., 1994. *Fukt handbok*. Sverige: Elanders Infologistics.

Romppainen, I., 2010. *Lämmin puutalo*. Tammerfors: Tammerprint.

Sandin, K., 2010. *Praktisk byggnadsfysik*. Spanien: Graficas Cems S.L.

Siikanen, U., 2014. *Rakennusfysiikka*. Tammerfors: Tammerprint Oy.

Siikanen, U., 2016. *Puurakentaminen*. Estland: Meedia Zone OÜ.

Vinha, J. (2009). Rakennusfysiikan perussäännöt suunnittelussa ja rakentamisessa. *Rakentajain kalenteri*, (1), 397.

RT 05-10710, 1999. Kosteus rakennuksissa. © Rakennustietosäätiö RTS

RT 82-11006, 2010. Ulkoseinärakenteita. © Rakennustietosäätiö RTS

RT RakMK-21749, 2018. Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta. © Rakennustietosäätiö RTS

Markanvändnings- och byggförordning 5.2.1999/132
<https://www.finlex.fi/sv/laki/ajantasa/1999/19990132?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=1999%2F132#L17P117c> (hämtat 29.11.2019)

Markanvändnings- och byggförordning 18.1.2013/50
www.finlex.fi/sv/laki/ajantasa/2013/20130050 (hämtat 29.11.2019)

Markanvändnings- och byggförordning 10.9.2017/1010
<https://www.finlex.fi/sv/laki/alkup/2017/20171010#Pidp447628160> (hämtat 29.11.2019)

Markanvändnings- och byggförordning 17.11.2017/755
<https://www.finlex.fi/sv/laki/alkup/2017/20170755?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=755%2F2017> (hämtat 29.11.2019)

Markanvändnings- och byggförordning 24.11.2017/782
<https://www.finlex.fi/sv/laki/alkup/2017/20170782?search%5Btype%5D=pika&search%5Bpika%5D=782%2F2017#Pidp446652400> (hämtat 29.11.2019)

Kosteusteknisiä ominaisuuksia [Online]. www.puuinfo.fi/puutieto/puu-materiaalina/lujuusteknisiä-ominaisuuksia [hämtat 27.11.2019]

Luonnonmukaisen rakentamisen keskus, Luomura ry [Online].
<http://www.luomura.com/teemasivuja/hengittavat-rakenteet/> [hämtat 27.11.2019]

Lämpöteknisiä ominaisuuksia [Online]. www.puuinfo.fi/node/1499 [hämtat 27.11.2019]

Puu sisäilman kosteuden tasaajana [Online]. www.puuinfo.fi/puutieto/puu-sisatiloissa/puu-sisailman-kosteuden-tasaajana [hämtat 27.11.2019]

Ångspärr eller ångbroms – när funkar respektive tätskikt bäst? [Online].
www.isolering.se/botload/doksoft_uploader/userfiles/1_Ångspärr%20eller%20ångbroms,%20när%20funkar%20respektive%20tätskikt%20bäst.pdf [hämtat 27.11.2019]