

## **Fuktrörelser i oorganiska våtrums- och vindskyddsskivor**

Moisture movement in inorganic  
wetroom boards and  
windbreaking boards

Daniel Pehrsson

Anton Persson

© Copyright Daniel Pehrsson & Anton Persson

Lunds Tekniska Högskola  
Institutionen för Bygg- och Miljöteknologi  
Avdelningen för Byggnadsmaterial  
Box 118  
221 00 LUND

Tel: 046-222 74 15  
Fax: 046-222 44 27  
[www.byggnadsmaterial.lth.se](http://www.byggnadsmaterial.lth.se)

ISRN: LUTVDG/TVBM--13/5090--SE (1-52)  
ISSN: 0348-7911 TVBM

## **Förord**

Detta examensarbete har utförts på Institutionen för Bygg- och Miljöteknologi, Avdelningen för Byggnadsmaterial vid Lunds Tekniska Högskola i nära samarbete med Skanska Teknik i Malmö. Examensarbetet har utgjort en sista och avslutande del av civilingenjörsutbildningen inom väg- och vattenbyggnad. Arbetet har på institutionen handletts av Professor Lars-Olof Nilsson och industridoktorand Jörgen Falk. Peter Brander och Fredrik Törnqvist på Skanska Teknik har varit industrikontakter. Tack till alla leverantörer som ställt upp med material och till personal på Avdelningen för Byggnadsmaterial som underlättat vårt arbete.

Lund, mars 2013

Daniel Pehrsson & Anton Persson

## **Preface**

This master thesis was carried out at the Division of Building Materials, the Department of Building and Environmental Technology, Lund University in close collaboration with Skanska Teknik in Malmö. The master thesis was a last and final part of the Master of Science program in Civil Engineering. The work at the Division was supervised by Professor Lars-Olof Nilsson and industrial PhD-student Jörgen Falk. Peter Brander and Fredrik Törnqvist at Skanska Teknik has been our contacts from the industry in this project. Thanks to all manufactures for contributing with materials and to the staff at the Division of Building Materials for making our work easier.

Lund, in March 2013

Daniel Pehrsson & Anton Persson



## Sammanfattning

<b>Titel</b>	Fuktrörelser i oorganiska våtrums- och vindskyddsskivor.
<b>Författare</b>	Daniel Pehrsson och Anton Persson.
<b>Handledare</b>	Professor Lars-Olof Nilsson och industridoktorand Jörgen Falk vid Avdelningen för Byggnadsmaterial, Institutionen för Bygg- och Miljöteknologi, Lunds Tekniska Högskola.
<b>Examinator</b>	Avdelningschef Peter Johansson vid Avdelningen för Byggnadsmaterial, Institutionen för Bygg- och Miljöteknologi, Lunds Tekniska Högskola.
<b>Problemformulering</b>	Fuktdokumentationen för många moderna byggskivor är i nuläget bristfällig, vilket skapar svårigheter i projekteringen. Ett av problemen är skivor som utsatts för stora variationer av relativ fuktighet i dess omgivning. Fuktbetingade rörelser kan leda till problem, då materialet sväller och krymper i takt med att fuktinnehållet ändras. Sprickor i ytmaterialet och välvning i skivan, är exempel på några av de komplikationer som kan uppstå. Eftersom att dokumentationen är bristfällig, leder det till oklarheter i skivans uppträdande i den färdiga konstruktionen.
<b>Syfte</b>	Utvärdering av fuktrörelser i olika typer av våtrums- och vindskyddsskivor samt ifyllande av luckor i befintlig fuktdokumentation, genom en litteraturstudie och försök i laboratorium.
<b>Metod</b>	Resultatet har uppnåtts framförallt genom experimentella försök i laboratorium men också genom en litteraturstudie. En viss koppling till befintliga standarder, för framtagande och redovisning av materialdata har gjorts, för en jämförelse mot leverantörernas befintliga redovisning.
<b>Slutsatser</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Gipsbaserade skivor visar betydligt lägre fuktrelaterade rörelser än träbaserade skivor, följt av magnesiumoxidskivor vilka uppvisar störst fuktrörelser.</li><li>- Fuktdokumentation redovisade från tillverkare varierar stort i utförlighet och precision. Gyprocs angivna fuktrelaterade längdförändring för deras skivor Ocean och Storm är studiens mest detaljerade och visar samtidigt störst tillförlitlighet, baserat på våra egna resultat.</li></ul>

**Nyckelord**

Våtrumsskivor, vindsyddsskivor, fuktrörelse, oorganiska byggskivor, välvning, svällning, saltlösning, klimatbox, fibercement, fibergips, våtrumsgips, magnesiumoxid.

## **Abstract**

<b>Title</b>	Moisture movement in inorganic wetroom boards and windbreaking boards.
<b>Authors</b>	Daniel Pehrsson and Anton Persson.
<b>Supervisors</b>	Professor Lars-Olof Nilsson and Jörgen Falk, industrial PhD-student, at the Division of Building Materials, the Department of Building and Environmental Technology, Lund University.
<b>Examiner</b>	Peter Johansson, Head of Division at the Division of Building Materials, the Department of Building and Environmental Technology, Lund University.
<b>Issues</b>	Moisture documentation for many modern building boards are currently inadequate, which creates difficulties in planning constructions. One of the problems is when the board is being exposed to large variations of the relative humidity of its surroundings. Moisture movements could lead to problems if the material swells and shrinks as the moisture content changes. Cracks in the surface material and warping of the boards are some examples of complications that can arise. Since the documentation from the manufactures in many cases is incomplete, it leads to unpredictable behaviour as a part of a building structure.
<b>Purpose</b>	Evaluation of moisture movements in different kinds of wet room- and windbreak boards. Gaining of additional information to existent documentation from the manufactures, through a literature review and experiments in the laboratory.
<b>Method</b>	The result was reached mostly by experimental studies in the laboratory but also by a literature review. A certain connection to existent building standards involving developing and presentation of material data, was made.
<b>Conclusions</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Gypsum-based boards show significantly lower moisture related movements than wood-based boards, followed by magnesium oxide boards which show the greatest moisture movements.</li><li>- Moisture documentation reported by manufactures varies greatly in precision and detail. Gyproc's specified moisture related change in length of their boards Ocean and Storm, is the most detailed and also show the greatest reliability, based on our own results.</li></ul>

**Keywords**

Wet room boards, wind break boards, moisture movement, inorganic construction boards, warping, swelling, salt solution, climate box, cement-bonded particle board, fiber gypsum, wet room gypsum, magnesium oxide.



## Innehållsförteckning

1. Inledning.....	1
1.1 Bakgrund .....	1
1.2 Syfte.....	2
1.3 Mål.....	2
1.4 Metod.....	2
1.5 Avgränsning.....	4
2. Teori .....	5
2.1 Begreppet fukt .....	5
2.2. Fukt i luft .....	5
2.3 Porösa och kompakta material.....	6
2.3.1 Porositet .....	7
2.3.2 Densitet .....	8
2.3.3 Porösa material och samspelet med omgivningen .....	8
2.3.4 Hygroskopi.....	9
2.4 Sorptionsisoterm.....	11
2.4.1 Fuktkvot och fukthalt .....	11
2.4.2 Jämviktsfuktkvot och jämviktsfukthalt.....	12
2.4.3 Hygroskopisk sorptionskurva .....	12
2.4.4 Hysteres och scanning.....	14
2.5 Fukttillstånd i material.....	15
2.6 Fukttransport.....	16
2.6.1 Fuktkonvektion .....	17
2.6.2 Fuktdiffusion.....	17
2.6.3 Kapillaritet .....	17
2.6.4 Vattenövertryck.....	17
2.7 Fuktkällor.....	18
2.7.1 Byggfukt .....	18
2.7.2 Fukt i inomhusluft.....	19
2.7.3 Fukt i utomhusluft.....	19
2.8 Fuktproblematik.....	20
2.8.1 Fuktrörelser .....	20

2.8.2 Vällvning/krökning .....	22
2.8.3 Approximativt samband för vällvning hos skivor.....	24
3. Materialbeskrivning till studien .....	27
3.1 Ivarsson Conchipe .....	28
3.2 StoEco Board .....	29
3.3 Wekla Green EcoBoard .....	29
3.4 Honeycore Windcore .....	29
3.5 Fermacell fibergips .....	29
3.6 Gyproc Glasroc H Ocean .....	29
3.7 Knauf Danogips Humidboard 2.0 .....	29
3.8 Gyproc Glasroc H Storm .....	29
3.9 Formplywood.....	29
4. Metoder .....	31
4.1 Byggstandarder.....	31
4.1.1 SS-EN 13009 Fukt och värmtekniska egenskaper hos byggmaterial och byggprodukter – Bestämning av fuktutvidgningskoefficient .....	31
4.2 Metod för att bestämma fuktkvot och densitet hos skivorna.....	34
4.3 Metod för att bestämma initiell relativ fuktighet hos skivorna .....	35
4.4 Metod för att bestämma längdförändring och sorptionsisoterm hos skivorna .....	36
5. Resultat.....	39
5.1 Bestämning av initiell fuktkvot, fukthalt och densitet hos materialen .....	39
5.2 Bestämning av initiell relativ fuktighet hos skivorna.....	39
5.3 Bestämning av längdförändring och sorptionsisoterm för skivorna.....	39
5.4 Approximerad vällvning av skivorna .....	45
6 Diskussion och slutsats.....	47
6.1 Bestämning av fuktkvot och densiteter hos skivorna .....	47
6.2. Bestämning av initiell relativ fuktighet hos skivorna.....	47
6.3 Bestämning av längdförändring och sorptionsisoterm för skivorna.....	48
6.4 Approximerad vällvning av skivorna .....	51
7 Referenser.....	52

## **Bilagor**

Bilaga A – Utvärdering av approximativt samband för välvningen

Bilaga B – Tekniska egenskaper i material, redovisade av tillverkare

Bilaga C - Bestämning av fuktkvot, fukthalt och skrymdensitet för materialen

Bilaga D - Mätning av initiell relativ fuktighet

Bilaga E - Längdändring vid 11 % RF

Bilaga F - Längdändring vid 55 % RF

Bilaga G - Längdändring vid 75 % RF

Bilaga H - Längdändring vid 100 % RF

Bilaga I - Längdändring som funktion av RF



## 1. Inledning

### 1.1 Bakgrund

I takt med att byggtekniken går framåt, tas nya metoder och nya material fram. Dessa nya lösningar är inte alltid tillräckligt beprövade och fungerar inte alltid som tänkt, vilket ofta leder till någon form av skada. Ett sådant fall har varit byggskivor, som utsatts för stora variationer av relativ fuktighet i dess omgivning, med svällning eller krympning som följd, vilket kan ge upphov till estetiska olägenheter. Fuktbetingade rörelser kan leda till problem då materialet som är poröst, sväller och krymper i takt med att fukttinnehållet ändras. Sprickor i ytmaterial och välvning i skivan är exempel på några av de komplikationer som kan uppstå. Detta gäller speciellt om två eller flera skivor med olika fukttekniska egenskaper kombineras. I dagsläget är materialspecifika egenskaper begränsat redovisade från tillverkarna, vilket gör att det är svårt att förutse skivornas uppträdande i en färdig konstruktion.

Nya skivmaterial som tagits fram på senare tid är bland annat skivor av magnesiumoxid, fibercement samt hybrider mellan spån- och cementskivor. Dessa har blivit populära att använda som vindskydds- och våtrumsskivor. Den stora anledningen till att skivorna blivit så populära att använda i detta avseende, är att de oorganiska skivorna minskar risken för mögelpåväxt och har mindre fuktrörelser jämfört med helt organiska skivor. Påväxt har varit ett stort problem med skivor innehållande organiskt material.

Fuktrörelser i byggmaterial, redovisas av en del tillverkare på marknaden, typiskt enligt SS-EN 13 009 *Fukt och värmetekniska egenskaper hos byggmaterial och byggprodukter – Bestämning av fuktutvidgningskoefficient*, i omgivande klimat med ett RF-intervall från 35 % - 85 % i 23 °C (SIS, 2000). Detta intervall är fördelaktigt för tillverkarna att redovisa ett materials fuktrörelser i, då material generellt rör sig betydligt mer under respektive över detta RF-intervall (Nilsson, 2006). Givetvis kan det också ifrågasättas om det är meningsfullt att redovisa fuktrörelser utanför intervallet som anges i standarden. Att redovisa ett materials fuktrörelser upp till fuktmättnad, kan dock i fallet med vindskydd- och våtrumsskivor, anses vara befogat då dessa skivor kan utsättas för höga fuktbelastningar, i de tillämpningar de används för. Ett omgivande klimat som däremot håller under 35 % RF, inträffar dock sällan, men är ändå intressant att undersöka.

Sammantaget kan konstateras att projektering av byggnadsmaterial som har fuktrörelser, vilket i stora drag innefattar samtliga tillgängliga material på marknaden, kräver väldokumenterade egenskaper för materialet. Dessa behövs för att kunna avgöra materialets lämplighet i tänkt utförande och samtidigt undvika, alternativt förebygga, skador som kan tänkas uppstå vid en otillräcklig materialkännedom.

## 1.2 Syfte

Fuktdokumentationen för många moderna byggskivor är i nuläget bristfällig. Syftet med denna studie är att fylla luckor i fuktdokumentationen av ett antal utvalda byggskivor som i nuläget är intressanta för Skanska Öresund AB och andra byggföretag. Våra framtagna fuktegenskaper hos de olika typerna av byggskivor ska vara så utförligt beskrivna att byggskivor av olika material och av olika fabrikat kan jämföras sinsemellan. Dessutom ska tillverkarnas produktdata jämföras med erhållet resultat av examensarbetet, dels för att se om specifikationen av skivorna är pålitlig, dels för att kontrollera trovärdigheten av vår studie.

Förhoppningsvis kommer resultatet av vår studie att underlätta för Skanska och andra byggföretag att välja byggskivor efter ändamål i byggproduktionen. Möjligen kan då även problem med fuktrörelser och andra fuktrelaterade skador minimeras.

## 1.3 Mål

För att uppnå syftet med detta examensarbete delas målsättningen upp i delmål:

**Delmål 1:** Kunskap om de initiella fuktförhållandena hos skivorna. Ta reda på vad skivorna har för initiell fukthalt, relativ fuktighet (RF) och i vilket klimat och på vilket sätt har skivorna förvarats innan leverans.

**Delmål 2:** Hur skivornas fuktrörelser ser ut i ett större RF-intervall än vad som tidigare dokumenterats av leverantören. Detta görs för att undersöka hur mycket mer omfattande fukteffekterna blir vid extremare klimatförhållanden. Vad uppvisar skivorna för längdändring och välvning i olika klimat (med given temperatur och relativ fuktighet)?

**Delmål 3:** Utvärdering och jämförelse av leverantörernas fuktdokumentation och vår studie. Denna utvärdering innebär också en granskning av byggstandarder. Är nuvarande redovisade fuktegenskaper hos skivorna tillräckliga för att kunna säkerhetsställa goda resultat i byggprocessen och är värdena överhuvudtaget tillförlitliga?

## 1.4 Metod

Inledningsvis analyserades de fuktrelaterade materialdata som tillverkarna redovisar för Skanska i nuläget. Publicerad produktdata för varje skiva granskades för att få en uppfattning om hur väl fukteffekter är dokumenterade i dagsläget. Även byggstandarderna SS-EN 13009, analyserades för att se vilka provningsmetoder som brukar användas vid bestämning av fuktegenskaper. En litteraturstudie gjordes kring bestämning av fuktegenskaper hos andra typer av skivor.

Vid leverans dokumenterades lagringsmiljön, det vill säga initiella fuktförhållanden hos skivorna. Redan vid leveranstillfället förseglades skivorna med ångtät plastfolie för att upprätthålla samma fuktinnehåll som i tidigare lagringsmiljö. När tillfälle gavs bestämdes

initieell fukthalt och relativ fuktighet hos skivorna, med hjälp av uttorkning, vägning och längdmätningar.

Skivorna sågades sedan i homogena provkroppar och förseddes med mätdubbar för längdändringsmätning. Provkropparna var under hela skedet noggrant inplastade för att säkerhetsställa initiala fuktförhållanden.

Vid den inledande experimentella delen av studien, placerades skivorna i klimatboxar med konstanta klimat (temperatur och relativ fuktighet). Fyra klimatförhållanden användes i studien, vilka innebar samma temperatur men olika RF. Skivornas succesiva längdförändring bestämdes i 11-100% RF. Detta gjordes för att undersöka vad som sker vid extremare klimatförhållanden och samtidigt kontrollera om uppmätt längdförändring i produktdata för skivorna är tillförlitlig. Genom att undersöka de olika skivornas fukt beteende i samma RF-intervall kan förhoppningsvis också de olika skivorna jämföras både inom samma kategori, men även med andra typer av byggskivor. En referensskiva av typen formplywood med stora fuktbelastade rörelser, användes i den experimentella studien för att kunna jämföra alla skivor med en väldokumenterad skivtyp.

Vid uppmätning av längdförändring är det av stor vikt att jämviktsfuktkvoten är uppnådd för att finna slutgiltiga fukteffekter. Vi mätte därför en gång per vecka och väntade som mest i 35 dagar på varje fuktnivå eller till dess att viktändringen mellan två mättillfällen är  $< 0,1 \%$ , med minst 7 dygn mellan mättillfällena. Undantag gällde för mätningarna vid 100 % RF då mätningar gjordes varje dygn, till dess att jämvikt uppnåddes, skivan böjdes eller att skivan ansågs vara förstörd.

För att få en uppskattning av välvningens storlek användes ett approximativt teoretiskt samband, som beskrev förhållandet mellan ursprunglig skivlängd, genererad längdförändring vid fuktbelastning och resulterande storlek hos välvningen (utbuktningen uttryckt i längdenhet).

För att knyta samman studiens olika delar och samtidigt kontrollera dess resultat gjordes en jämförelse mellan våra resultat och produktdata från tillverkarna. Dessutom diskuterades vilka felkällor våra mätningar hade och hur säkra studiens resultat var.

### 1.5 Avgränsning

Studien innefattade nio skivor från olika leverantörer och med olika utförande. Begränsning till oorganiska moderna vindskydds- och våtrumsskivor gjordes. I studien analyserades skivor från olika leverantörer och med olika utförande utifrån fuktbevägande effekter så som längdändring och välvning. Byggskivorna som studerades tillhör följande grupper:

- Fibercement
  - Ivarsson Conchip
- Magnesiumoxid
  - StoEco Board
  - Wekla Green EcoBoard
  - Honeycore Windcore
- Fibergips
  - Fermacell Fibergips
- Glasfibergips
  - Gyproc Glasroc H Ocean
  - Gyproc Glasroc H Storm
  - Knauf Danogips Humidboard 2.0
- Träbaserad "referensskiva"
  - Formplywood



## 2. Teori

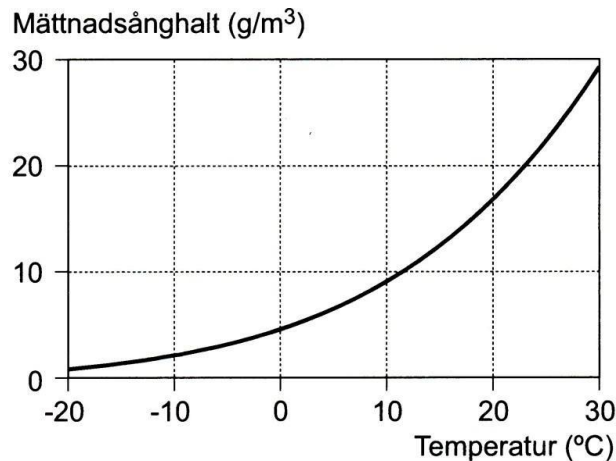
### 2.1 Begreppet fukt

”Benämning på vatten, i gasfas, vätskefas eller fast fas (is). Inom byggnadstekniken avses vanligen vatten eller is i ett poröst material eller vattenånga i luft.” – Nationalencyklopedin (2012a)

Fukt är ett centralt begrepp inom byggnadstekniken och kan fysikaliskt beskrivas på olika sätt, beroende på om fukt uppträder i material eller i luft. Benämningen fuktig luft, är en blandning av torr luft och vattenånga. Torr luft i atmosfären består av ett stort antal olika gaser men till största del av kväve och syre (Nevander & Elmarsson, 2006).

### 2.2. Fukt i luft

Luften i vår omgivning innehåller alltid vattenånga. Fysikaliskt uttrycks vatteninnehållet i luften med *ånghalt*  $v$  ( $\text{kg/m}^3$ ). Ånghalt är ett mått på hur många kg vattenånga det finns i en kubikmeter luft. Mängden vattenånga luften kan innehålla anges i *mättnadsånghalt*  $v_s$  ( $\text{kg/m}^3$ ) och är temperaturberoende. Mättnadsånghalt för olika temperaturer visas i figur 1 nedan. Om ånghalten i luften överskrider mättnadsånghalten, det vill säga att *daggpunkten* nås, kan inte luften innehålla mer vattenånga, vilket leder till att vattenångan kondenserar och övergår till vattendroppar, samtidigt som ånghalten sjunker till  $v_s$  (Sandin, 2009).



Figur 1. Mättnadsånghalt som funktion av temperatur (Sandin 2009).

För att beskriva luftens innehåll av fukt i relation till hur mycket fukt den kan innehålla innan kondens bildas, används termen *relativ fuktighet* eller *relativ ånghalt*,  $\varphi$ . Relativ fuktighet definieras som kvoten mellan verklig ånghalt och mättnadsånghalt, enligt ekvation 2.1. Relativ fuktighet är dimensionslös och uttrycks vanligen i procent. Relativ fuktighet förkortas ofta till RF eller RH, efter engelskans *relative humidity* (Sandin, 2009).

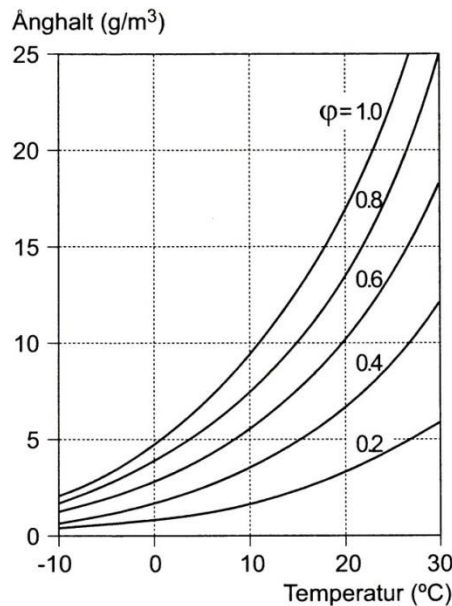
$$\varphi = \frac{v}{v_s} \quad (-)$$

Ekv. 2.1

Fukttillståndet i luften kan således karakteriseras genom tre olika storheter:

- Mättnadsånghalt (temperatur)
- Verklig ånghalt
- Relativ fuktighet

Av dessa tre storheter måste minst två vara kända för att fullständigt kunna definiera ett fukttillstånd (Sandin, 2009). Sambandet återges i figur 2.



Figur 2. Sambandet mellan temperatur, ånghalt och relativ fuktighet (Sandin 2009).

### 2.3 Porösa och kompakta material

Det finns en mängd olika byggnadsmaterial som brukar delas in i *porösa material* och *kompakta material*, efter dess egenskaper. Trä, betong, gips, tegel och mineralull är exempel på vanliga porösa material, medan metaller, plaster och gips klassificeras som kompakta material (Burström, 2007).

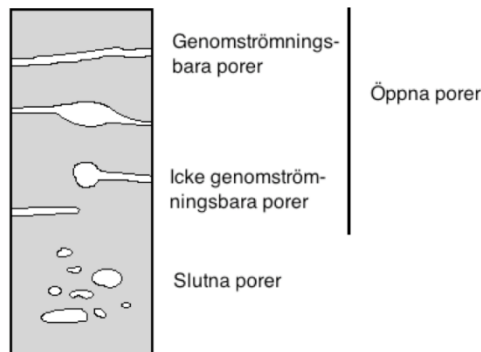
I praktiken är egentligen inga material helt kompakta, då en viss ånggenomsläpplighet alltid förekommer. En plastmatta är till exempel till viss del porös och en liten mängd fukt kan passera materialet. Likaså finns en liten porositet hos ett gjutjärn, i form av mikrosprickor (Burström, 2007). I kategorin ”porösa material”, placeras dock produkter som har tillräckligt stor porositet för att denna ska påverka materialets mekaniska och fysikaliska egenskaper. Därför placeras varken plastmattor eller gjutjärn i denna kategori (Burström, 2007).

### 2.3.1 Porositet

Totalvolymen hos ett poröst materials  $V$  [ $m^3$ ] utgörs av porernas (öppna och slutna) volym  $V_p$  [ $m^3$ ] och det kompakta materialets volym  $V_k$  [ $m^3$ ]. Sambandet av materialets volym beskrivs enligt (Burström, 2007):

$$V = V_p + V_k \quad \text{Ekv. 2.2}$$

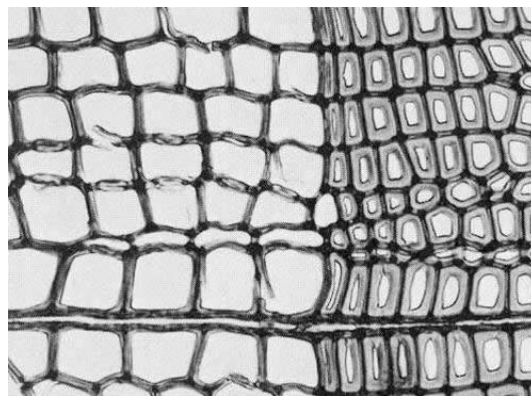
Slutna porer är i motsats till öppna porer, omöjliga för vattnet att tränga in i, vilket innebär att slutna porer inte kan vattenfyllas Figur 3.



Figur 3. Olika slags porer (Burström, 2007).

Porositeten är förhållandet mellan porvolymen och den totala volymen, oftast uttryckt i procent (Burström, 2007).

$$P = \frac{V_p}{V} \left[ \frac{m^3}{m^3} \right] \text{ eller } [\%] \quad \text{Ekv. 2.3}$$



Figur 4. Vår- och sommarved hos ett trämaterial, där sommarveden har lägre porositet (EDU.fi, 2010).

### 2.3.2 Densitet

Materialets totala massa  $m$ , innebär det kompakta materialets vikt uttryckt i [kg] som har den totala volymen  $V[\text{m}^3]$  (Burström, 2007). Detta eftersom porernas luftinnehåll har en försumbar massa.

*Skrymdensitet* är förhållandet mellan den torra massan och den totala volymen, där alltså även porvolymen ingår (Burström, 2007).

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{\text{Vikt i uttorkat tillstånd} \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]}{\text{Volym vid } u\% \text{ fuktkvot} \left[ \text{m}^3 \right]} \quad \text{Ekv. 2.4}$$

I vardagligt tal kallas skrymdensiteten även för ”densitet” (Burström, 2007). Densitet är egentligen ett ganska godtyckligt begrepp, eftersom massan och volymen kan uppmätas vid olika fukttinnehåll. Därför är det vanligt förekommande att författaren till en rapport gör sin egen definition på vad personen menar med ”densitet” (Johansson, 2012). Då massan och volymen bestämts i ett uttorkat tillstånd (t ex genom uttorkning i ugn vid 105°C), används ibland benämningen *torrdensitet* istället för densitet, vilken definieras som (Burström, 2007):

$$\rho_0 = \rho_{\text{torr}} = \frac{\text{Vikt i uttorkat tillstånd} \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]}{\text{Volym i uttorkat tillstånd} \left[ \text{m}^3 \right]} \quad \text{Ekv. 2.5}$$

Torrdensiteten för trä brukar bestämmas vid en viss fuktkvot ofta vid 12 %. För fuktkvoter  $\geq 12\%$ , innehåller nämligen träkroppen tillräckligt med vatten för att upprätthålla en geometrisk form, som är enkel att uppmäta. För trämaterial används ofta benämningen ”verklig densitet” för att understryka att trämaterialalets vikt och volym uppmäts med ett visst fukttinnehåll.

$$\rho_{\text{verklig}} = \frac{\text{Vikt vid } u\% \text{ fuktkvot} \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]}{\text{Volym vid } u\% \text{ fuktkvot} \left[ \text{m}^3 \right]} \quad \text{Ekv. 2.6}$$

### 2.3.3 Porösa material och samspelet med omgivningen

Hos ett poröst material sker utbyte av fukt med omgivningen. En rådande jämviktsbalans förekommer således mellan fukttinnehållet i ett poröst material och fukttinnehållet i omgivningen. Förhållandet mellan materialet och omgivningen kan vara att:

- Materialet tar upp fukt från omgivningen, *uppfuktning/absorption*.
- Materialet avger fukt till omgivningen, *uttorkning/desorption*.
- Materialet befinner sig i ett så kallat *jämviktstillstånd*, vilket innebär att lika mycket fukt upptas och avges per tidsenhet (Nevander & Elmarsson, 2006).

I Nevander & Elmarsson diskuteras tre möjliga fall (miljöer) där omgivningen kring ett material, avgör hur mycket vatten som tas upp respektive avges. I samtliga fall styrs fuktutbytet mellan materialet och dess omgivning av olika processer.

- Material i kontakt med fuktig luft, där materialets hygroskopiska egenskaper (se 2.3.4 Hygroskopi) avgör fuktutbytet.

- Material i kontakt med fritt vatten och eventuellt övertryck, där materialets kapillärsugande förmåga eller *permeabilitet* är avgörande. Med permeabilitet menas materialets genomsläpningsförmåga av vatten.
- Material i kontakt med annat material, där både materialets hygroskopiska egenskaper, kapillärsugningsförmåga (se 2.3.4 Hygroskopi) och permeabilitet kan vara av betydelse.

#### 2.3.4 Hygroskopi

Ett poröst material som har en förmåga att ta upp fukt från bland annat luften med en relativ fuktighet  $\varphi < 98\%$ , kallas för ett hygroskopiskt material (Wikipedia.org, 2012)(Burström, 2007).

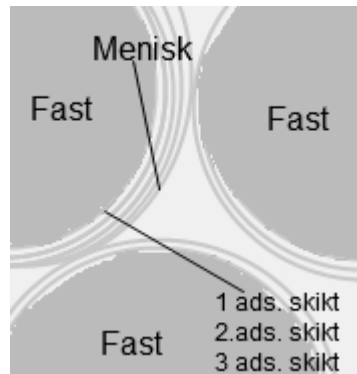
Vatten i ett hygroskopiskt material brukar delas in i fyra olika kategorier, beroende på hur starkt bundet vattnet är i materialet (Burström, 2007).

*Kemiskt bundet vatten* har reagerat med materialet kemiskt och är således en förutsättning för materialets funktion. Detta vatten utgör en del av det torra materialets uppsättning och kan bilda hydroxid ( $\text{OH}^-$ ) eller utgöra kristallvatten i en materialstruktur. Kemiskt bundet vatten är så starkt bundet, att om det avgår, går den kemiska materialstrukturen delvis sönder, med möjlig plastisk deformation hos materialet som resultat (Burström, 2007). Kristallvattnet i gips är ett exempel på kemiskt bundet vatten. Eftersom det kemiskt bundna vattnet är så fixerat i en materialstruktur, brukar detta vatten inte ingå i begreppet fukt (Nevander & Elmarsson, 2006).

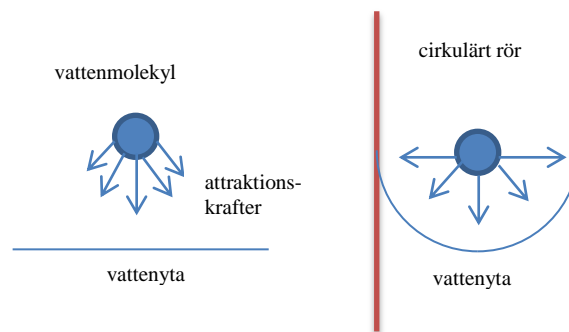
Allt *förångningsbart vatten* avdunstar och lämnar materialet vid uttorkning med en temperatur på  $105\text{ }^\circ\text{C}$ . Det förångningsbara vattnet, som också kallas för absorberat vatten eller fukt, kan i sin tur delas in i (Burström, 2007):

- I. Adsorberat vatten
- II. Kapillärt vatten
- III. Fritt vatten (obundet vatten)

*Adsorberat vatten* fixeras genom skikt i ett poröst material genom attraktionskrafter av typen Van der Waals-krafter, enligt figur 5 nedan (Nevander & Elmarsson, 2006) (Burström, 2007). Skikten består av enstaka molekylers tjocklek och antalet vattenskikt varierar kring materialets fasta porytor. Vid förhöjd relativ fuktighet tillåts skikten att växa och i vissa fall kan en krökt vattenyta uppstå, en så kallad vattenmenisk, vilken skapar ett undertryck med kapillär dragkraft/sugning som följd (Burström, 2007) (Nevander & Elmarsson, 2006). Ett mått på detta fenomen kallas för *kapillaritet* eller *kapillär stighöjd* (Burström, 2007). Begreppet kapillaritet förklaras mer detaljerat längre fram (se 2.6.3 Kapillaritet). Hur mycket adsorberat vatten ett poröst material kan ta upp bestäms av materialets specifika yta som anges i  $\text{m}^2/\text{kg}$  (Nevander & Elmarsson, 2006). Finporösa material som exempelvis lättbetong och trä har stor specifik yta, till skillnad från tegel och mineralull (Nevander & Elmarsson, 2006).



Figur 5. Adsorberat vatten i ett porsystem (Burström, 2007).



Figur 6. Attraktionskrafter mellan vattenmolekyl och vattenyta (Nevander & Elmarsson, 2006).

*Kapillärt vatten* finns i materialets porsystem och innefattas av återstoden av det vatten som inte är adsorptivt bundet vatten. Genom kapillärkondensation eller kapillärsugning är kapillärt vatten bundet i materialstrukturen. Vattenmolekyler ”fångas” in en smal porgång genom att en konkav menisk som bildas genom adsorption, attraherar omgivande vattenmolekyler. En konkav vattenyta tillåter attraherade vattenmolekyler att kondensera vid betydligt lägre relativ fuktighet än om vattenytan vore plan. Detta fenomen kallas för *kapillärkondensation* (Nevander & Elmarsson, 2006). *Kapillärsugning* drivs av ett undertryck (dragkraft) som uppstår i en smal porgång, genom vattnets ytspänning och attraktionskraften mot porväggarna (Burström, 2007) (AK-konsult, 2012).

Både kapillärkondensation och kapillärsugning sker på det adsorptivt bundna vattnet och således är kapillärt och adsorptivt bundet vatten starkt sammankopplat (Burström, 2007).

*Fritt vatten* är vattnet som är svagast bundet i materialet. Ibland kallas fritt vatten för vattenöverskott eller obundet vatten. Det fria vattnet återfinns i väldigt grova porer eller på ytan av materialet (Burström, 2007).

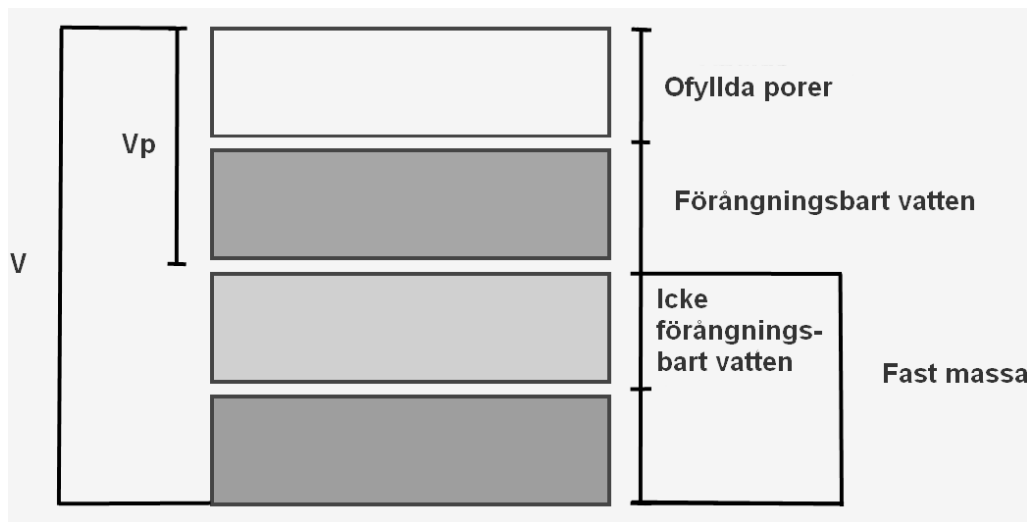
Det finns inga skarpa gränser mellan de olika typerna av bundet vatten i ett material och därför används ofta istället begreppen *förångningsbart*- och *icke förångningsbart* vatten, vilka också tar hänsyn till hur starkt vattnet är bundet i materialet. Kemiskt bundet vatten anses i denna definition vara ”icke förångningsbart vatten” medan resterande vatten sammanfattas

under begreppet ”förångningsbart vatten”, vilket också kallas för absorberat vatten eller fukt. Fukten som avdunstar från materialet vid upphettning vid 105°C, brukar specificeras som förångningsbart vatten. Dock tål inte alla material en sådan hög temperatur, som t ex plaster och vissa gipsmaterial (Burström, 2007).

## 2.4 Sorptionsisoterm

### 2.4.1 Fuktkvot och fukthalt

Av figuren nedan framgår relationen mellan porvolym  $V_p$ , total volym  $V$ , fast volym (fast massa), förångningsbart och icke förångningsbart vatten, samt volymen för ofyllda porer. Då denna schematiska bild klargjorts, kan begreppen *fukthalt* och *fuktkvot* introduceras (Burström, 2007).



Figur 7. Schematiskt samband vatten i ett porsystem (Burström, 2007).

Fukthalt är ett mått på hur mycket fukt ett material innehåller och brukar förkortas med storheten  $w$ . Enheten för fukthalt är  $[\text{kg}/\text{m}^3]$  och beskrivs genom sambandet (Burström, 2007):

$$w = \frac{\text{Förångningsbara vattnets vikt}}{\text{Materialets volym}} = \frac{\text{Materialets vikt} - \text{Materialets torrsvikt}}{\text{Materialets totala volym}, V} \quad \text{Ekv. 2.7}$$

Fuktkvot förkortas vanligen med storheten  $u$  och är ett enhetslöst mått  $[\text{kg}/\text{kg}]$ . Fuktkvoten anges ofta i viktprocent och anger förhållandet mellan mängden vatten och mängden torr material. Vid fält- och laborativa mätningar används ofta fuktkvot istället för fukthalt, eftersom fuktkvot är enkelt att bestämma genom torkning och vägning (Nevander & Elmarsson, 2006).

$$u = \frac{\text{Förångningsbara vattnets vikt}}{\text{Materialets torra vikt}} \quad \text{Ekv. 2.8}$$

Sambandet kan med  $w$  och  $u$  kända, skrivas om på följande sätt:

$$\rho = \frac{\text{Materialets torra vikt}}{\text{Materialets volym}} = \frac{\frac{\text{Förångningsbara vattnets vikt}}{u}}{\frac{\text{Förångningsbara vattnets vikt}}{w}} = \frac{w}{u} \quad \text{Ekv. 2.9}$$

På så sätt beskrivs fukthalten även som:

$$w = \rho \cdot u \quad \text{Ekv. 2.10}$$

### 2.4.2 Jämviktsfuktkvot och jämviktsfukthalt

Då hygroskopi, fuktkvot och fukthalt förklarats, kan nu begreppen jämviktsfuktkvot respektive jämviktsfukthalt introduceras.

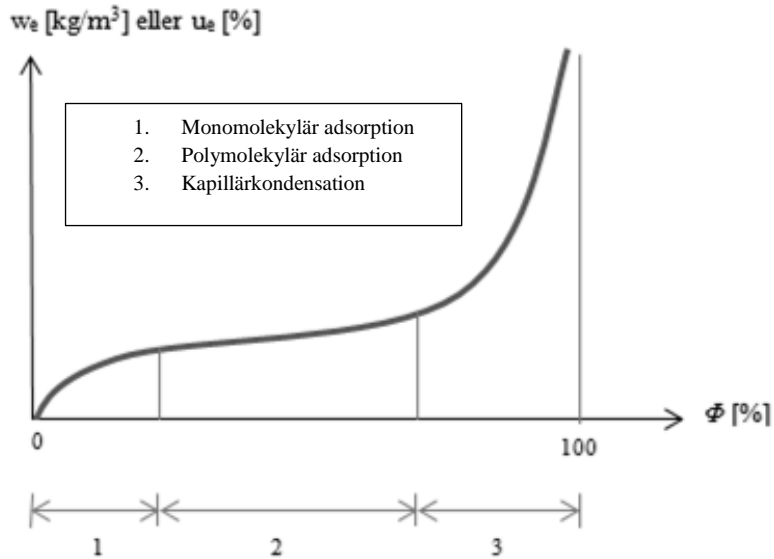
Ett hygroskopiskt material som utsätts för en omgivning med konstant relativ fuktighet och temperatur, ställer efter ett tag in sig till ett visst fuktinnehåll, vilket kallas för materialets *jämviktsfukthalt*  $w_e$ . Ibland uttrycks detta fuktinnehåll även som *jämviktsfuktkvot*  $u_e$  (Burström, 2007). Då ett material utsätts för varierad relativ fuktighet och motsvarande jämviktstillstånd registreras, kan en så kallad hygroskopisk sorptionskurva tas fram.

### 2.4.3 Hygroskopisk sorptionskurva

Jämviktsfukthalten för ett material blir högre, ju högre den relativa fuktigheten i luften är. Detta är ganska logiskt med tanke på att större vattenmängd påträffas i luft med högre relativ fuktighet och att materialet således borde ta upp mer fukt för att nå ett jämviktstillstånd (Burström, 2007).

På så sätt finns ett samband mellan luftens relativa fuktighet och materialets jämviktsfukthalt, som beskrivs av en jämviktsfuktkurva, även kallad hygroskopisk sorptionskurva. Andra benämningar är jämviktsisoterm och sorptionsisoterm, där ändelsen ”-isoterm” indikerar på att sambandet är uppmätt under konstant temperatur. Vertikalaxeln utgörs av jämviktsfukthalten  $w_e$  eller jämviktsfuktkvoten  $u_e$ , medan horisontalaxeln innefattar den omgivande luftens relativa fuktighet,  $\varphi$  (Burström, 2007).





Figur 8. Hygroskopisk sorptionskurva, "sorptionskurva" (Burström, 2007).

Ur figuren ovan framgår att olika absorptionsmekanismer, representeras av olika intervall på jämviktsfuktkurvan. Dock råder inga skarpa gränser mellan de olika absorptionsmekanismerna. De första två adsorptionsmekanismerna monomolekylär och polymolekylär adsorption, innebär att vattenmolekyler bildar tunna skikt på materialets fasta porer, vilket tidigare beskrevs som "adsorption".

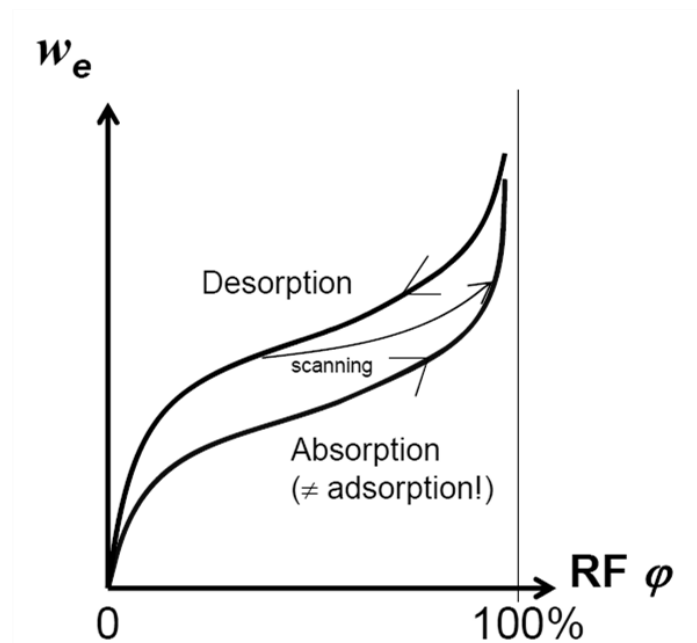
Vid monomolekylär adsorption fångar materialytan in vattenmolekyler från luften med stor intensitet, eftersom attraktionskrafterna är stora. Detta gör att kurvan lutar brant i början av det första intervallet i figur 8. Om den relativa fuktigheten i luften blir större attraheras fler och fler vattenmolekyler, vilket kallas för polymolekylär adsorption. Då allt fler vattenmolekyler ansluter sig och bildar skikt på materialet, avtar succesivt attraktionskrafterna, vilket resulterar i en något flackare jämviktsfuktkurva (Nevander & Elmarsson, 2006).

Vid en ännu högre relativ fuktighet i luften inleds kapillärkondensationen, på grund av att ett ökat fuktinnehåll i luften resulterar i att de allt tjockare skikten av vattenmolekyler ger upphov till krökta vattenmeniskar i porsystemet. Då kapillärkondensationen tar fart i materialet sker en markant ökning av jämviktsfukthalten, vilket framgår av figur 8. Ökad relativ fuktighet innebär även att allt grövre porer vattenfylls (Burström, 2007).

Jämviktsfuktkurvan ovan är däremot starkt förenklad, då jämviktsfukthalten också beror på vilket fuktillstånd materialet har initieellt, det vill säga om materialet var fuktigt eller torrt från början.

En absorptionskurva beskriver sambandet mellan fukthalt och relativ fuktighet i luften om materialet är torrt från början och absorberar fukt från omgivningen för att komma i jämvikt. Tvärtom beskriver en desorptionskurva sambandet mellan fukthalt och relativ fuktighet i luften, då ett material avger fukt, det vill säga torkar ut, för att komma i jämvikt med

omgivande klimat. Med hänsyn till desorption och absorption fås nu följande principiella utseende för jämviktsfuktkurvan (Burström, 2007).



Figur 9. Samband mellan fukthalt och relativ fuktighet vid uppfuktning (absorption) och uttorkning (desorption) (Nilsson, 2012a).

Notera att adsorption inte är samma sak som absorption, som istället innebär att ett material suger åt sig fukt (Nilsson, 2012a).

#### 2.4.4 Hysteres och scanning

För samtliga hygroskopiska material ligger absorptionskurvan under desorptionskurvan, enligt figur 9. Då olika kurvor uppkommer vid ökning (absorption) och minskning (desorption) innebär detta att så kallad *hysteres* förekommer (Burström, 2007).

Anledningen till hysteres, det vill säga att jämviktsfuktkurvorna skiljer sig åt för de båda fallen är:

- I. Adsorptionsbegränsning, på grund av att vattenmolekyler redan tagit upp porer genom adsorption.
- II. Porutseendet, små öppningar till stora porer.
- III. Meniskkrökningen ser annorlunda ut vid absorption jämfört med desorption.

I praktiken kan det vara svårt att avgöra i vilket skede fuktutbytet i ett material är (Nevander & Elmarsson, 2006). Förutom hysteres, bör ett annat begrepp beaktas vid avancerade tillämpningar, nämligen *scanning*. Scanningskurvor följs då absorption följs av desorption och tvärtom. Figur 9 åskådliggör ett principiellt utseende för en scanningkurva (Nilsson, 2006).

För oorganiska material är den hygroskopiska sorptionskurvan i princip oberoende av temperaturen, vilket innebär att samma kurva kan användas för att avläsa jämviktsfukthalten vid normalt förekommande temperaturer (Burström, 2007).

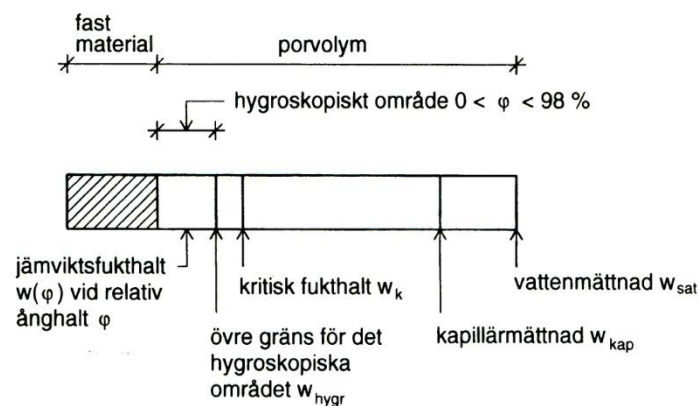
Däremot förändras jämviktsfuktkurvans utseende med varierande temperatur, för trä och träbaserade material. Jämviktsfuktkurvan är här snarlik vid olika temperaturer, men en viss fasförskjutning förekommer (Burström, 2007).

Ett trämaterial skiljer sig också på andra sätt, jämfört med oorganiska material. Trä binder mycket mer hygroskopisk fukt än ett oorganiskt material, sett i fuktkvot. Anledningen till att trä är så speciellt, är att molekylerna skiljer sig från oorganiska material, samtidigt som att vattenmolekyler tränger in i träets molekylstruktur och därmed ökar volymen hos materialet, vid absorption (Burström, 2007).

Att absorptionskurvor för olika material ser olika ut, beror på att porstrukturen hos olika material skiljer sig väsentligt åt (Burström, 2007).

## 2.5 Fukttillstånd i material

Ett material kan vara alltifrån torrt till fullständigt vattenmättat, då samtliga porer vattenfyllda. Så gott som hela intervallet mellan dessa två ytterligheter (fukttillstånd) är av intresse. Av praktiska skäl delas det ofta så stora intervallet in i delintervall för att enbart ta hänsyn till särskilt betydelsefulla fukthalter. Dessa fukthalter utgör de olika fukttillstånden, vilka framgår av följande schematiska bild (Nevander & Elmarsson, 2006):



Figur 10. Schematisk bild över de olika fukttillstånden (Nevander & Elmarsson, 2006).

Den sedan tidigare beskrivna hygroskopiska sorptionskurvan, gäller enbart för material som tillförs fukt genom luften med en relativ fuktighet,  $\varphi < 98\%$ . Denna fukt som kallas för hygroskopisk fukt, står endast för en liten del av materialets totala fuktabsorptionsförmåga och utgör det hygroskopiska området (Burström, 2007). Denna övre gräns för det hygroskopiska området benämns  $w_{100}$  eller  $w_{hygr}$ . Detta värde är fukthalten som uppnås i

materialet, då RF i luften ligger nära 100 %. I praktiken går det aldrig att uppnå 100 % RF i omgivande luft, varför  $w_{100}$  ligger strax under.

Det händer ganska ofta att ett material utsätts för ännu större fuktbelastning, än den hygroskopiska fukten, då de högre fukttillstånden inträder (Burström, 2007).

En sammanhängande vätskefas krävs för att en vätsketransport av vatten ska kunna ske i ett material. Redan vid låga fukthalter finns adsorberade vattenskikt på de fasta porytorna inne i materialet, något som innebär ett stort strömningsmotstånd. Först då materialet absorberat en större mängd fukt och kapillärerna till stor del är vattenfyllda och ett sammanhängande porsystem erhålls, tillåts en fukttransport i vätskefas genom materialet (Burström, 2007) (Nevander & Elmarsson, 2006). Vid lägre fukthalt, sker istället majoriteten av fukttransporten i ångfas (Nevander & Elmarsson, 2006).

Fukthalten hos materialet då vätskeflödet börjar ta fart i vätskefas, kallas för *kritisk fukthalt*  $w_k$  [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]. Då den kritiska gränsen istället uttrycks i relativ fuktighet  $\varphi$  [%], kallas detta för kritiskt fukttillstånd (Burström, 2007) (Nevander & Elmarsson, 2006). Att benämningen följs av ”kritisk” beror på att gränsvärdet utgör en kritisk gräns mellan två olika fukttransportmekanismer (ångfas och vätskefas) och gränsvärdet kallas då  $w_k$ . Samtidigt är det kritiska fukttillståndet ett gränsvärde för när materialet börjar få bristande beständighet och funktion, då man istället talar om  $w_{\text{krit}}$ .

Med ökad fuktbelastning fylls allt fler porer i materialet. Då materialet är i kontakt med fritt vatten ökar fukthalten succesivt genom kapillärsugning och diffusion till dess att jämviktsfukthalt uppnås, vilket tar olika lång tid för olika material (Nevander & Elmarsson, 2006) (Burström, 2007). Vid detta fukttillstånd har gel(ett småskaligt kristallnätverk) - och kapillärporositeten fyllts. Dock har porer med instängd luft ännu inte blivit vattenmättade (Burström, 2007). Fukthalten kallas i detta läge för *kapillärmättnad*  $w_{\text{kap}}$  (Nevander & Elmarsson, 2006).

Hela porsystemet kan inte vattenmättas enbart genom kapillärsugning, då luften i porsystemet omöjliggör detta skede. För att uppnå fullständig vattenmättnad i ett material måste först denna luft avlägsnas. Vakuumbehandling eller upprepad kokning är två metoder till att även vattenmätta instängda luftfickor. Fukthalten som då uppnås kallas för *vattenmättnad*  $w_{\text{sat}}$  och är fullständig vattenmättnad (Nevander & Elmarsson, 2006).

## 2.6 Fukttransport

För att fukt ska kunna transporteras, måste det finnas en skillnad i potential. Om det till exempel är skillnad i ånghalt mellan uteluft och inneluft, vilket det ofta är, uppstår en potentialskillnad över ytterväggen. En fukttransport kommer då att ske över väggen, i riktning mot lägsta ånghalt för att jämna ut potentialskillnaden (Nevander & Elmarsson, 2006).

Fukttransport kan ske i antingen ångfas eller vätskefas. I byggnadstekniska sammanhang är de vanligaste formerna av transport i ångfas; fuktkonvektion och fuktdiffusion. Transport i vätskefas sker oftast genom kapillaritet och vattenövertryck (Nevander & Elmarsson, 2006).

### 2.6.1 Fuktkonvektion

Fuktkonvektion innebär att vatten som befinner sig i ångfas följer med en luftström. Luftströmmar bildas då totaltrycksdifferenser uppstår. Exempel på sådana är vind, temperaturskillnader och ventilationssystem och kan i byggnadstekniska sammanhang förekomma i spalter, hål och porösa material. Konsekvenserna av fuktkonvektion beror på om luftströmmen passerar från kallt till varmt eller från varmt till kallt. Vid strömning från kallt till varmt, blir luften varmare och förmågan att ta upp fukt ökar och uttorkning sker. Vid strömning från varmt till kallt, blir luften kallare och det finns risk att ånghalten i luften överstiger mättnadsånghalten, med kondensation som följd (Nevander & Elmarsson, 2006).

### 2.6.2 Fuktdiffusion

Då en potentialskillnad uppstår, finns det en strävan att utjämna denna genom bland annat ångtransport. Denna strävan kallas för diffusion. I byggnadstekniska sammanhang finns det knappast ingen renodlad diffusion i material, utan fukttransporten sker alltid i olika former, både i ång- och vattenfas. Som exempel på diffusion i material är fukt som transporteras från materialets inre upp till ytan, vilket till stor del består av diffusion. Avdunstning av fukt vid ytan till omliggande luft kan endast ske genom diffusion (Nevander & Elmarsson, 2006). Fukttransport i form av diffusion, i ett poröst material, ges av ekvation 2.11.

$$g = -\delta_v \cdot \frac{dv}{dx} \quad (\text{kg/m}^2\text{s}) \quad \text{Ekv. 2.11}$$

$$\delta_v = \text{ånggenomsläplighetskoefficient} \quad (\text{m}^2/\text{s})$$

$$\frac{dv}{dx} = \text{ånghaltsgradient} \quad (\text{kg/m}^3)$$

### 2.6.3 Kapillaritet

Alla material är mer eller mindre porösa. På porernas väggar kan vattenmolekyler fixeras, vilket till slut bildar menisker, se figur 5. Meniskerna bildar en drivkraft i form av ett undertryck och skapar en drivkraft uppåt. Drivkraften för den kapillära effekten ökar med minskande radie, vilket också innebär att den maximala stighöjden ökar (Sandin, 2009). Drivkraften för kapillaritet för byggnadsmaterial, beskrivs genom ekvation 2.3.

$$p = \frac{2 \cdot \sigma}{r} \quad (\text{Pa}) \quad \text{Ekv. 2.12}$$

$$\sigma = \text{ytspänning} \quad (\text{N/m})$$

$$r = \text{porens radie} \quad (\text{m})$$

### 2.6.4 Vattenövertryck

Material kan utsättas för vattenövertryck i vissa situationer. Exempelvis kan detta ske för takbeläggningar utsatta för fritt stående vatten, samt för källarytterväggar under grundvattenytan eller vid kraftiga regn. Vattenövertryck utgör bara problem då hål och andra otätheter förekommer i materialet, vilket gör att vattnet kan fritt rinna in i eller förbi materialet (Nevander & Elmarsson, 2006).

## 2.7 Fuktkällor

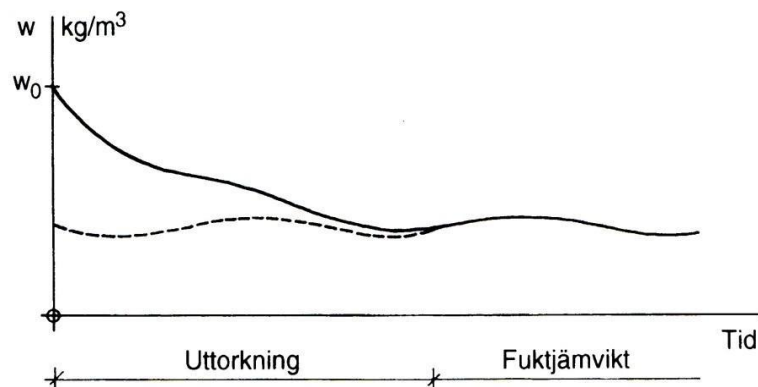
Varifrån kommer fukten? De huvudsakliga fuktkällorna man brukar tala om är:

- Fukt tas in genom utomhusluften.
- Fukt tillförs inneklimatet genom andningsluft, fysisk aktivitet, tvätt, matlagning m.m.
- Regn och då särskilt slagregn, leder in vatten genom fasadbeklädnaden, skarvar och anslutningar.
- Då marken ofta innehåller närmare 100 % RF, finns stora möjligheter för fukten att leta sig in genom den uppfuktade grunden.
- Byggfukt leder ibland till problem, då fuktiga byggnadsdelar monteras in och ingen eller otillräcklig uttorkning sker.
- Fukt kan även tillföras vid läckage av installationer, så som tvättmaskiner eller vattenledningar.

### 2.7.1 Byggfukt

I skedet då en byggnadsdel ska monteras in, innehåller materialet en viss mängd fukt. Ett material tar upp fukt om fukttätheten är lägre i materialet än i luften. Likaså avges fukt hos materialet i det fall då luften innehåller mindre mängd fukt.

Byggfukt är fukt som materialet under och efter byggtiden avger för att komma i fuktjämvikt med omgivningsluften (Burström, 2007). Därmed kan det konstateras att definitionen av byggfukt inte är exakt. Ett materials innehåll av byggfukt varierar kraftigt, beroende på vilken miljö det placeras i. Ur figur 11 framgår att mängden byggfukt i ett material inte bara är beroende utav omgivningen, utan också högst kopplat till materialet. Vid jämvikt bestäms fukthalten  $w_{\infty}$  av sorptionskurvan för materialet (Nevander & Elmarsson, 2006).



Figur 11. Uttorkning av byggfukt till fuktjämvikt. Fuktjämvikten bestäms av materialet och omgivningen (Nevander & Elmarsson, 2006).

Vanligast är att byggfukten tillförs under materialtillverkningen, transport, lagring eller under byggskedet. Dock kan det ibland vara svårt att skydda bygghedlarna mot nederbörd under byggskedet, vilket möjliggör ytterligare tillskott av byggfukt (Burström, 2007).

### 2.7.2 Fukt i inomhusluft

Ånghalten i inomhusluften är beroende av ett antal faktorer. Framförallt påverkas ånghalten inomhus utav rådande ånghalt utomhus. Fuktproduktion från exempelvis människor, dusch och matlagning påverkar. Även ventilationens storlek har påverkan på ånghalten (Sandin, 2009). Ånghalten inomhus ges av ekvation 2.13, samt av ekvation 2.14 vid stationära förhållanden då termen  $e^{-nt}$  går mot noll.

$$v_i = v_u + \frac{G}{n \cdot V} (1 - e^{-nt}) \quad (\text{kg/m}^3) \quad \text{Ekv. 2.13}$$

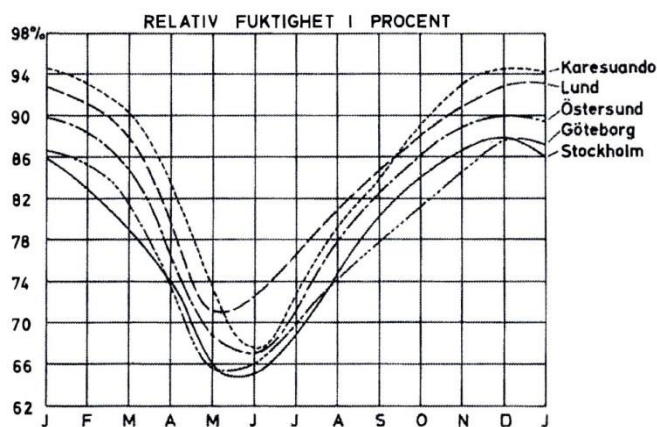
$$\begin{aligned} v_u &= \text{ånghalten i inomhusluften} && (\text{kg/m}^3) \\ n &= \text{luftomsättningen} && (\text{oms/h, h}^{-1}) \\ V &= \text{lokalens volym} && (\text{m}^3) \\ t &= \text{tiden} && (\text{h}) \end{aligned}$$

$$v_i = v_u + \frac{G}{n \cdot V} \quad (\text{kg/m}^3) \quad \text{Ekv. 2.14}$$

Den relativa fuktigheten i inomhusluften varierar över året mellan 30 % vintertid, till 60 %, sommartid. Vid låga utomhustemperaturer med låg ånghalt som följd, kan den relativa fuktigheten inomhus bli ännu lägre. Anmärkningsvärt är att RF inomhus är högre på sommaren än på vintern, vilket är tvärtom mot utomhus enligt 2.7.3 Fukt i utomhusluft. Förklaringen ligger i att temperaturen inomhus är mycket högre än utomhus på vintern och lägre RF erhålls (Sandin, 2009).

### 2.7.3 Fukt i utomhusluft

Sett till hela Sverige, varierar dygnsmedelvärdet för relativ fuktighet mellan 80 - 90 % på vintern och mellan 60 - 80 % på sommaren. Den relativa fuktigheten utomhus kan stiga ända upp till 95 - 100 %, då dimma eller regn förekommer och sjunka till 35 - 40 %, vid torrt och varmt väder. Ånghalten i luften varierar också över året, då 1,5-4 g/m<sup>3</sup> uppnås på vintern och 7-11 g/m<sup>3</sup> på sommaren (Sandin, 2009). Uppmärksamhet bör läggas vid att utomhus är den relativa fuktigheten högst på vintern medan ånghalten i luften är högst på sommaren, vilket ibland skapar förvirring.



Figur 12. Relativa fuktighetens årsvariation utomhus för ett antal orter i Sverige (Nilsson, 1979).

## 2.8 Fuktproblematik

Porösa byggnadsmaterial innehåller alltid en viss mängd fukt vid montage. I byggavseende innebär ökad fukthalt många gånger en negativ effekt på byggmaterialens egenskaper. Eftersom det alltid förekommer fukt i porösa byggmaterial i byggskedet måste fukttinnehållet på något sätt beaktas för att uppnå önskade resultat (Burström, 2007).

En viktig anledning till att man bör undvika höga fukthalter är att vid redan måttliga fukt mängder i ett material, uppstår en reducerad värmeisolering. En hög fukthalt innebär framförallt för träbaserade material även en försämrad hållfasthet samt risk för biologisk påväxt. Generellt bidrar ett högt fukttinnehåll till minskad beständighet och ökad risk för skadeuppkomst (Burström, 2007).

Något som kan skapa problem, är då fukthalten i ett material förändras, exempelvis genom varierad temperatur och relativ fuktighet i omgivningsluften. Porösa byggmaterial utsätts för en volymändring då ändring av fukthalten sker. Detta resulterar i svällning vid uppfuktning och krympning vid uttorkning hos ett sådant material. Att dessa volymändringar kan ge upphov till problem i byggprocessen är ganska enkelt att förstå (Burström, 2007).

Vid långvarigt högt fukttinnehåll och höga temperaturer räcker det med en ytterst liten förekomst av sporer eller en redan begynnande påväxt, för att mögel ska uppkomma i byggmaterialet. Generellt gäller att ju mer organiskt material som byggmaterialet består av, desto större är risken för mögelpåväxt (Burström, 2007).

En variation av fukttinnehållet kan leda till problem med sprickbildning, skarvresning, välvning och spjälkning av ytbeläggningar, till exempel färg eller puts. Sprickbildning eller spjälkning av ytskikt kan skapa nya sätt för fukten att leta sig in och orsaka skada (Burström, 2007).

### 2.8.1 Fuktrörelser

Samtliga porösa material har fuktberoende rörelser. Antingen visar sig de fuktberoende rörelserna i form av *svällning* (volym- eller längdökning) vid ökat fukttinnehåll eller *krympning* (volym- eller längdminskning) vid minskat fukttinnehåll. Vanligen beskrivs sambandet mellan fukttinnehållet i ett material och dess svällning/krympning med en funktion, där fukttinnehållet vanligen uttrycks i relativ fuktighet eller i fuktkvot (Burström, 2007).

Rörelser i material kan vara problematiskt om det inte tagits i beaktning. Exempel på skador som kan uppstå på grund av fuktrörelser är buktning i golv, väggar och tak, dörrar som klämmer samt sprickor i material. Fuktrörelser är något som normalt inte går att undvika, då relativa fuktigheten varierar över året. Istället måste detta beaktas i projekteringen genom konstruktiva åtgärder för att man skall undvika problem med fuktrörelser (Nevander & Elmarsson, 2006).

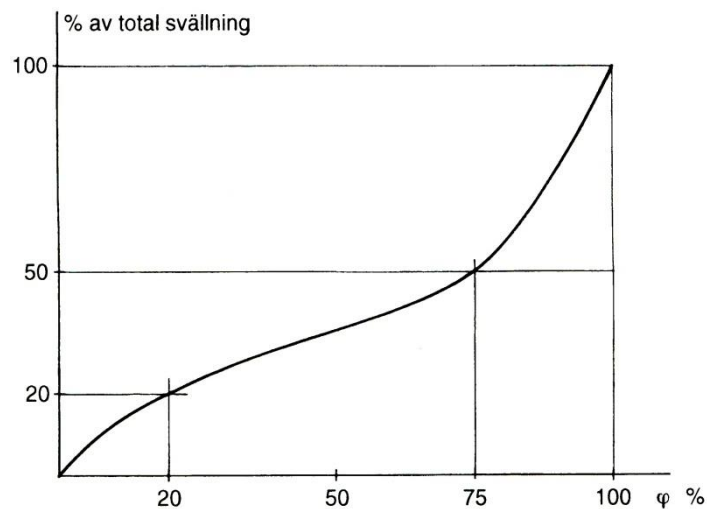
Porösa material strävar efter att svälla/krympa i alla riktningar, dvs. tre vinkelräta riktningar, när fukttinnehållet ökar/minskar. Fuktrörelserna i ett material beskrivs vanligen som funktion av relativa fuktigheten eller fuktkvoten.



Varför material uppvisar fuktrörelser är inte helt klarlagt, även om flera teorier existerar. Antagligen föreligger också skillnader mellan olika material, på grund av olika materialstruktur. En förklaring till att ett poröst material exempelvis krymper, är att vattnet bildar menisker vid uttorkning från vattenmättat tillstånd med en dragspänning som följd. Kapillärens väggar utsätts då samtidigt av en tryckspänning i sin längdriktning med en resulterande längdminskning (krympning). En annan förklaring till de fuktbetingade rörelserna skulle kunna vara att materialet helt enkelt ökar i volym då vattenmolekyler tränger sig in i porstrukturen och tar upp plats. När materialet krymper, sker en minskning av ångtrycket och vattenmolekylerna lämnar. Tvärtom gäller för svällning. Däremot är denna förklaring bara sannolik om vattenmolekylernas bindningar i materialet är tillräckligt starka för att orsaka en deformation vid absorption och desorption. Denna teori är således mest trovärdig vad det gäller fuktbetingade rörelser hos träbaserade material (Burström, 2007).

Hur stora rörelserna är i de olika riktningarna är materialberoende och kan inte beskrivas generellt i ett anisotropt material som trä. Till exempel är rörelserna i gran, 8,3 % i tangentiell riktning, 3,9 % i radiell riktning och 0,3 % i fiberriktning (Burström, 2007).

Sammantaget sker den största delen av fuktrörelserna för många material då relativa fuktigheten är hög. Enligt figur 13, kan det konstateras att ungefär 50 % av svällningen inträffar då  $RF > 75$  %. Det kan även konstateras att 30 % av svällningen inträffar då  $RF$  varierar i intervallet 20 – 75 %.

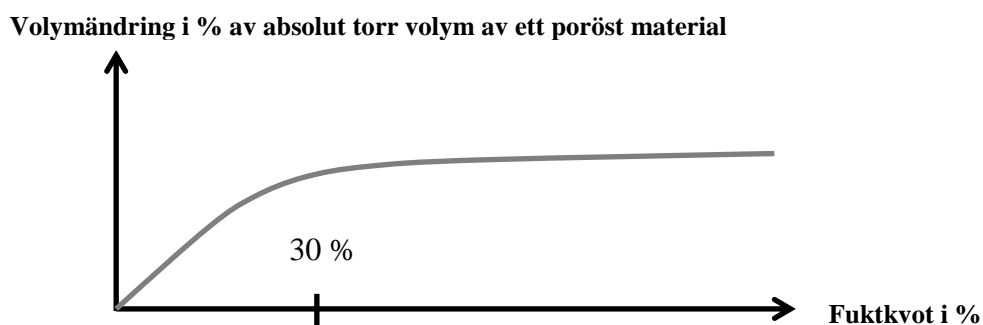


Figur 13. Svällning som funktion av relativ fuktighet (Nevander & Elmarsson, 2006).

Krympning och svällning kan anges i olika enheter. Vanligast förekommande är längdändring i procent/promille av ursprunglig längd, längdändring i mm/m eller i volymändring (Burström, 2007) (Gyproc Storm, 2012). För ett anisotropt material som trä, är de relativa längdändringarna olika i de tre riktningarna: fiberriktning, radiell och tangentiell riktning. Volymändringen hos ett sådant material, är summan av dessa längdändringar. För ett isotropt material är volymändringen enkelt nog 3 gånger så stor som den relativa längdändringen (Burström, 2007).

Då porösa material torkas ut eller fuktas upp ändras som sagt dess fuktinnehåll med en volym-/längdändring som resultat. Däremot är dessa fuktbetingade rörelser inte linjära över ett stort fuktkvots-intervall. Svällningen och krympningen avtar nämligen exponentiellt med ökat fuktinnehåll, vilket illustreras av figur 14, nedan (Burström, 2007).

För exempelvis ett trämaterial sker en nästintill linjär volymändring upp till en fuktkvot på ca 30 %, som åskådliggörs av figur 14, nedan. Då denna fuktkvot, *fibermättnadspunkten*, uppnåtts, är porhålligheterna i trämaterialiet helt tömda på vatten och endast vatten förekommer bundet i fibrerna, vilket innebär fibermättnad. I stort sett hela volymförändringen sker just innan fibermättnadspunkten, det vill säga från 0-30 % i fuktkvot. Från 30-100 % fuktkvot sker endast en marginell volymändring.





Figur 14. Ett principiellt samband mellan volymförändring och fuktkvoten hos ett trämaterial. Fuktkvoten för trä är ca 30 %.

### 2.8.2 Vällning/krökning

Hur materialet uppträder vid en fuktrörelse, kan ofta återkopplas direkt till skadefall. Ett exempel på detta är spånskivor på styrencellplast med PVC-matta som ytskikt, där skarvresning skett (Nilsson, 1979). Skarvresning kan liknas vid en vällning eller krökning av skivan, där de yttersta ändarna av skivan reser sig och buktar uppåt.

Teoretiskt sett måste skivan ha en viss krokighet eller påverkas av en excentrisk kraft för att vällning ska kunna uppstå. I praktiken förekommer inga perfekt raka skivor, varför en vällning i princip alltid kan uppstå.

Vällningen eller krökningen kan visa sig på två sätt. Antingen lyfter skivans kanter (skarvresning) eller lyfter skivans mitt, vilket ger upphov till de två formerna; konkav utformning  respektive konvex utformning . Initiellt kan en skiva ha en viss krökning redan vid montering (initiell krokighet), vilket innebär att skivans slutliga totala krökning antingen blir mindre eller större. Detta beroende på vilket håll krökningen utbreder sig åt (Nilsson, 1979).

Vällning kan uppstå på flera sätt, exempelvis genom att skivan sväller längst med väggytans plan. Detta medför en krökning, eftersom skivans båglängd får en sammanlagd längd av ursprunglig skivlängd och genererad längdförändring, orsakad av fuktbelastning (Nilsson, 2012b).

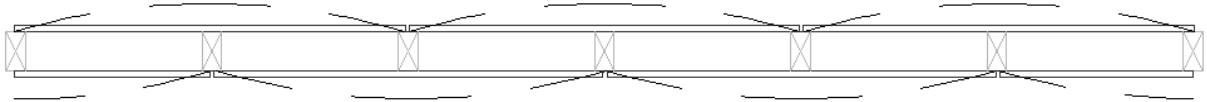
Då hygroskopiska material som byggskivor utsätts för fuktbelastning kan en välvning eller krökning också uppstå genom en så kallad fuktgradient. Fuktgradienten utbreder sig i skivans tjockleksriktning. En fuktgradient uppkommer då skivans över- och undersida utsätts för olika relativa fuktigheter. Ovansidan ställer in sig efter inomhusluften med hög relativ fuktighet medan undersidan möts av luft från den något kallare isoleringen, med lägre relativ fuktighet. Denna skillnad i fuktinnehåll hos skivans ytor resulterar i en fuktvandring, även kallad fuktgradient. Då en fuktgradient föreligger över skivans tjocklek, välver skivan åt det ytskikt med högst fuktinnehåll. Därtill en längdändring hos skivan medför att denna krökning förstärks (Nilsson 1979).

Om istället skivan krymper genom uttorkning och är fast inspänd, kan estetiska defekter så som skarvar och småsprickor uppstå. För att en välvning då ska ske, krävs däremot att skivans ytor krymper olika mycket och att en fuktgradient finns (Nilsson, 2012b). På grund av reglarna i figur 15, är det rimligt att välvning orsakad av krympning blir något mindre än vid svällning (Åhs, 2012).



Figur 15. Välvnings principiella utseende vid krympning och infästning i bägge kanter, då en fuktgradient förekommer.

Konvex välvning uppträder framförallt hos väggar, utsatta för stora fuktvariationer, där materialets rörelse inte beaktats. Beroende på väggens uppbyggnad kan konsekvensen liknas vid en svängande vägg, enligt figur 16.

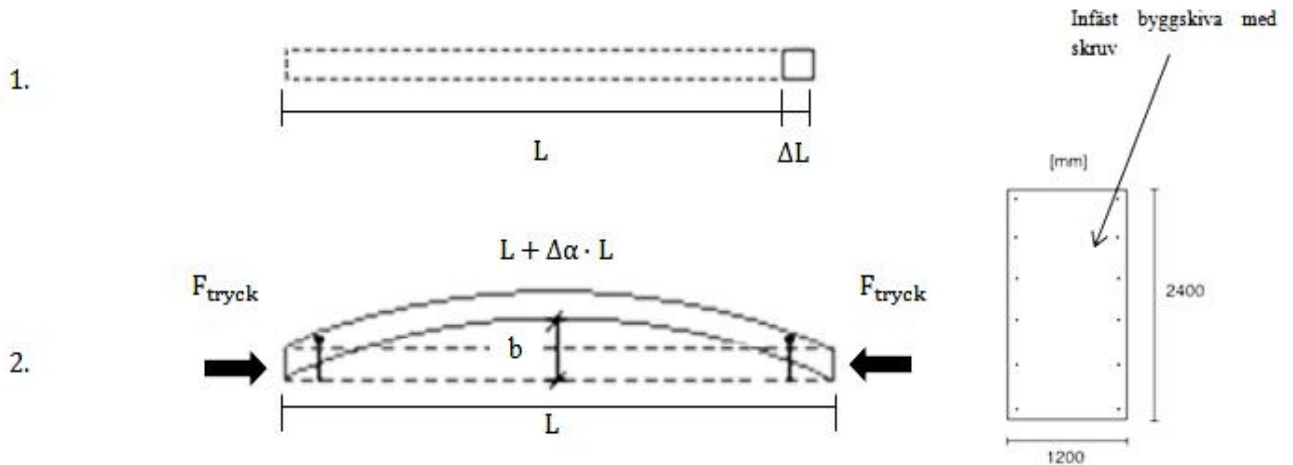


Figur 16. Principiellt utseende för en "svängande vägg".

En "svängande vägg" uppträder vid svällning eller krympning av en fast inspänd skiva och är därmed direkt kopplat till de ingående materialens fuktrörelser. Det är av intresse att kunna förutsäga beteendet hos de ingående materialen i en vägg för att på bästa sätt projektera den.

### 2.8.3 Approximativt samband för välvning hos skivor

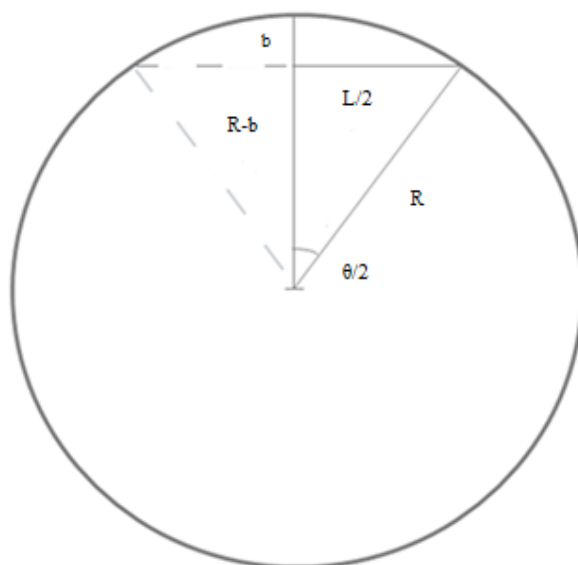
Då en skiva ligger löst och kan svälla oförhindrat, yttrar sig längdförändringen likt Fall 1 i figur 17. Om skivan däremot är fast inspänd i bägge ändar eller på annat sätt förhindrad, exempelvis genom för litet mellanrum mellan skivorna i en konstruktion, kommer längdförändringen istället yttra sig i en längdförändring hos bågen, det vill säga en välvning/krökning, enligt Fall 2 i figur 17. Detta är logiskt då längdförändringen måste ta vägen någonstans.



Figur 17. Fall 1: Oförhindrad svällning (lös skiva). Fall 2: Förhindrad (fast inspänd skiva) svällning.

För att uttrycka hur en fast inspänd skiva kommer att röra sig vid svällning/krympning måste en lämplig approximation göras. Vid iakttagelse av väggens rörelse i figur 16, kan det konstateras att en skiva i väggen som kröks påminner till utseendet ungefär som en del av en stor cirkel enligt figur 18. Observera att eventuell påverkan av fuktgradient inte beaktas av nedanstående approximation.

$$\frac{c}{2} = \frac{1}{2}(L + \Delta\alpha \cdot L)$$



Figur 18. Approximation av en skivas välvning.

För triangeln i figur 18 ovan, gäller att:

$$\frac{R-b}{R} = \cos\left(\frac{\theta}{2}\right) \quad \Rightarrow \quad b = R \left(1 - \cos\left(\frac{\theta}{2}\right)\right) \quad (1)$$

För att beräkna välvningens storlek,  $b$ , behöver  $R$  och  $\theta$  bestämmas. Vidare gäller:

$$\begin{cases} R \cdot \theta = c \\ \sin\left(\frac{\theta}{2}\right) = \frac{L/2}{R} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} R = \frac{c}{\theta} \\ L = 2 \cdot R \cdot \sin\left(\frac{\theta}{2}\right) \end{cases} \Rightarrow L = \frac{2 \cdot c \cdot \sin\left(\frac{\theta}{2}\right)}{\theta} \quad (2)$$

Det krävs en mer avancerad beräkning för att lösa ut  $\theta$  ur ovanstående uttryck (1). Genom utvärdering med hjälp av MATLAB, konstaterades att det rör sig om små vinklar  $\theta$  då det är frågan om "normala välvningsfall". I MATLAB-programmet som skapades, användes verktyget "lsqnonlin" för att finna en vinkel  $\theta$ , sådan att:

$$\frac{L}{2} - \frac{c}{\theta} \cdot \sin(\theta/2) \rightarrow 0$$

Då det handlar om små vinklar kan  $\sin(\theta)$  också approximeras med  $\sin(\theta) \approx \theta - \frac{\theta^3}{6}$ .

Således blir:

$$L \approx \frac{2 \cdot c \cdot \left(\frac{\theta}{2} - \frac{\theta^3}{48}\right)}{\theta} = c \left(1 - \frac{\theta^2}{24}\right)$$

$$\frac{L}{c} \approx 1 - \frac{\theta^2}{24} \quad \Leftrightarrow \quad \theta^2 \approx 24 \left(1 - \frac{L}{c}\right) \quad \Leftrightarrow \quad \theta \approx \sqrt{24 \left(1 - \frac{L}{c}\right)} \quad \Rightarrow$$

$$\Rightarrow R = \frac{c}{\theta} = \frac{c}{\sqrt{24\left(1 - \frac{L}{c}\right)}} \quad (3)$$

Insättning av (3) i ekvation (1) ger slutligen uttrycket för den sökta parametern, b.

$$b \approx \frac{c}{\sqrt{24\left(1 - \frac{L}{c}\right)}} \left(1 - \cos \frac{\sqrt{24\left(1 - \frac{L}{c}\right)}}{2}\right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow b \approx \frac{c}{\sqrt{24\left(1 - \frac{L}{c}\right)}} \left(1 - \cos \sqrt{6\left(1 - \frac{L}{c}\right)}\right)$$

Då ett approximativt samband tagits fram för välvningens storlek, b, gjordes en jämförelse med "lsqnonlin"-approximationen för att se hur mycket det approximativa sambandet avviker från denna, vid "normala" välvningsfall.

För vinklar,  $0 < \theta < 0,27 \text{ rad} \approx 15,4^\circ$  godtas skillnaden mellan de båda approximationerna. Därför kan nu sambandet för b, definieras som:

$$b \approx \frac{c}{\sqrt{24\left(1 - \frac{L}{c}\right)}} \left(1 - \cos \sqrt{6\left(1 - \frac{L}{c}\right)}\right) \quad \text{för } 0 < \theta < 0,27 \text{ rad} \approx 15,4^\circ \quad \text{Ekv. 2.15}$$

Mer detaljer och MATLAB-kod återfinns i bilaga A.

### 3. Materialbeskrivning till studien

Skivor, som används inom byggindustrin, har ett stort antal olika användningsområden och tillämpningar, för vilka det ställs olika krav på funktioner och egenskaper. Viktigt är att materialet i skivan är väl lämpat för användningen. Till exempel ska våtrumsskivor skyddas på ett sådant sätt att de inte bryts ned av fukt samt en tillräcklig tolerans mot eventuell inträngande fukt. Materialet ska inte heller ha så pass stora fuktrörelser att sprickor eller buktningar uppstår, vilket kan skada ytmaterialet på väggen (Roman, 1984).

Tidigare, har marknaden nästan helt dominerats av träbaserade och gipsbaserade skivor i de allra flesta tillämpningar. På senare tid har nya material slagit sig in med kraft på marknaden. Exempel på nya material är fibercement- och magnesiumoxidskivor.

I mötet med Skanska framgick att fuktegenskaper för byggskivor är dåligt dokumenterade i tillverkarnas produktdata. För att undersöka påståendet, gjordes inledningsvis en förstudie av skivtillverkarnas produktdata, varefter följande tabell erhöles:

Tabell 1. Sammanställning av tillverkarnas produktdatablad, rörande fuktegenskaper.

Skivtyp	Vindskydd/ våtrum	Uppmätt i RF- intervall	Längdförändring enligt tillverkarnas produktdatablad
Gyproc Glasroc H Storm	Vi	40-90%	0,2 mm/m
Ivarsson Conchip	Vi	-	Utvidgning 1,2–1,8 % (24 timmar). Fukttinhåll 9–13 % (vid leverans).
StoEco Board	Vi	65-85%/65-30%	0,01 % / 0,07 %
Wekla Green EcoBoard	Vi+Vå	-	Dimensionsstabilitet, 2 mm/m
Honeycore Windcore	Vi	-	Dimensionsstabilitet, <0,2 % = 2 mm/m
Fermacell Fibergips	Vå	-	Krympning/svällning vid ändring av relativ fuktighet (20 °C) EN 318 0,25mm/m
Gyproc Glasroc H Ocean	Vå	40-90%	0,3 mm/m
Knauf Danogips Humidboard 2.0	Vå	-	≤ 2 mm/m

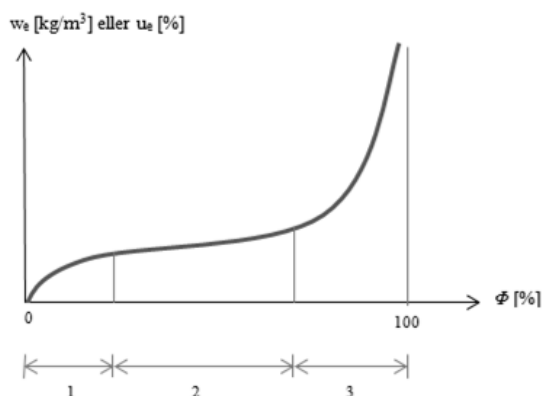
All information som på något sätt beskrev skivornas fuktegenskaper i leverantörernas produktdatablad, sammanställdes.

För de flesta skivor där längdförändringen specificerats, framgår inte i vilket RF-intervall mätningen gjorts i. I andra fall är det ytterst otydligt om tillverkaren anger värdet för längdförändringen eller någon annan egenskap, (se Wekla Green EcoBoard och Honeycore Windcore i tabell 1). För dessa skivor används begreppet ”dimensionsstabilitet”, vilket är något otydligt. Antagligen handlar det om en längdförändring uppmätt i något bestämt RF-intervall. För skivan Ivarsson Conchip beskrivs ”utvidgningen”, som antagligen innebär

längdförändringen efter 24 timmar (se tabell 1). Vad tillverkaren riktigt menar är svårt att tyda. Vår tolkning är att skivans längdförändring är 1,2–1,8 %, 24 timmar efter montering, då skivan hade ett fuktinnehåll på 9-13 %.

Sammantaget visar tabell 1 på att fuktegenskaperna för skivorna antingen är ottydligt redovisade, eller rentav saknas.

Undantag gäller däremot för skivorna Gyproc Glasroc H Storm, StoEco Board och Gyproc Glaroc H Ocean, där längdförändringen och RF-intervallet, i vilket mätningen gjordes, återfinns i produktdatabladet. Däremot har dessa längdförändringar bestämts i ett RF-intervall (se RF-intervall 2 i figuren nedan), där endast små skillnader i fuktkvot med ökad relativ fuktighet sker. På så sätt skiljer sig även längdförändringarna marginellt åt i detta spann.



Figur 19. Principiell hygroskopisk sorptionskurva (Burström, 2007).

Därför kan det vara av intresse att undersöka hur längdförändringar ser ut vid mer extrema klimatförhållande, med andra ord, vid betydligt lägre och högre relativ fuktighet i omgivande luft. För att också få ett mått på tillförlitligheten hos de angivna fuktegenskaperna från tillverkarna, bestäms även längdförändringar, inom det vi i figur 19, kallar RF-intervall 2. RF-intervall 2 definieras som spannet från ca 30-90 % RF, eftersom det är inom detta intervall tillverkarna uppmäter längdförändringarna hos sina skivor.

De material som används i studien beskrivs övergripande och väldigt kortfattat nedan. För utförligare tekniska fuktegenskaper i materialen, redovisade av tillverkare, hänvisas till bilaga B.

### 3.1 Ivarsson Conchchip

Conchchip byggskiva tillverkas av Ivarsson, vilka är belägna i bland annat Sverige och Danmark. Skivan är en universalbyggskiva som tillverkas av 30 % träfiber och 70 % cement. Vid tillverkningen kapslas träspånen in i ”cementfickor”, vilket ger skivan dess hållfasta egenskap ur träspånen och brandskyddande egenskap ur cementen. Skivan kan användas till alla former av invändig beklädnad men också som en utomhusbyggskiva för bland annat fasader, gavlar och takutsprång (Ivarsson, 2012).



### **3.2 StoEco Board**

StoEco Board byggskiva tillverkas av Sto, som är en stor aktör i Tyskland och övriga världen. StoEco Board används på invändiga väggar och tak, eller som yttre stombeklädnad i form av vindskyddsskiva. Skivan är tillverkad av magnesiumoxid och armerad med glasfiberväv för en ökad stabilitet och hållfasthet (Sto, 2012).

### **3.3 Wekla Green EcoBoard**

Green EcoBoard byggskiva tillverkas av Wekla, som är en svensk aktör. Wekla Green EcoBoard är liksom StoEco Board tillverkad av magnesiumoxid, belagd med glasfiberväv för ökad hållfasthet. Skivan används som både inomhus byggskiva i golv, vägg, tak samt våtrum men också som en utvändigt fasadskiva, vindskyddsskiva eller putsbärare (Wekla, 2012). Skivan marknadsförs dessutom av Wekla som bland annat helt återvinningsbar, högsta betyg i SundaHus miljödata samt skonsammare tillverkningsprocess med avseende på växthusgaser, än vanliga cementprodukter.

### **3.4 Honeycore Windcore**

Windcore tillverkas av Honeycore som är verksamma i Sverige och Danmark. Skivan består till största del av magnesiumoxid men även träfiber som är inkapslat i cementmassan, samt glasfiber på ytan, utgör en betydande del. Det primära ändamålet för skivan är som vindskyddsskiva (Honeycore, 2012).

### **3.5 Fermacell fibergips**

Fermacell fibergips tillverkas av återvinningspapper, vatten och gips. Gipsmassan innesluter varje pappersfiber, vilket ger skivan dess formstabila styrka. Skivan kan användas som våtrumsskiva, ljuddämpande skiva eller brandskyddsskiva (Fermacell, 2012).

### **3.6 Gyproc Glasroc H Ocean**

Glasroc H Ocean våtrumsskiva tillverkas av Gyproc och är gipsbaserad skiva innehållandes glasfiberarmering samt ingjuten glasfibermatta på ytan. Glasroc H Ocean är säker att använda i våtrum men uppträder annars precis som en vanlig gipsskiva (Gyproc, Ocean 2012).

### **3.7 Knauf Danogips Humidboard 2.0**

Humidboard 2.0 tillverkas av Knauf Danogips och är en 12,5 mm gipsbaserad skiva med ytskikt av hydrofobisk glasfiberduk. Skivan används som beklädnadsskiva i innerväggar, i fuktkänsliga miljöer, exempelvis badrum (Knauf Danogips, 2012).

### **3.8 Gyproc Glasroc H Storm**

Glasroc H Storm är en 9,5 mm gipsbaserad skiva tillverkad av Gyproc, med invändig glasfiber-armering och utvändigt glasfibermatta. Skivan används primärt som vindbarriär i ytterväggs-konstruktioner (Gyproc, Storm 2012)

### **3.9 Formplywood**

Formplywood används för tillverkning av bland annat gjutformar. Formplywood har en behandlad yta som är vattentålig och som också lätt släpper ifrån gjutningen (Beijer Byggmaterial, 2012). Plywood är ett samlingsnamn för skivor, där korsade faner av furu och

eventuellt gran, limmats ihop (kryssfäner). Andra vanliga plywoodsorter är snickeriplywood och konstruktionsplywood (Burström, 2001).

## 4. Metoder

### 4.1 Byggstandarder

En standard, kan enklast beskrivas som en fastställd norm som gäller för en specifik sak. Ofta uttrycks en standard i beskrivningar, regler eller normer samt rekommendationer för allmängiltig och upprepad användning. En standard har sin grund i en standardiseringsprocess, där utgångspunkten är en systematisk och regelskapande process för att uppnå optimala ekonomiska och tekniska lösningar för vanligt förekommande problem (Nationalencyklopedin 2012b). I BBR18 anges dessutom att metoder som finns i SS-EN (Svensk standard - Europa standard), godtas som alternativ och komplettering till BBR18, under förutsättning att de svenska kraven uppfylls (Boverket 2011).

#### 4.1.1 SS-EN 13009 Fukt och värmetekniska egenskaper hos byggmaterial och byggprodukter – Bestämning av fuktutvidgningskoefficient

Standarden är tänkt som en referens för harmoniserad produktspecifikation, så länge produkten inte har egenskaper vilket gör tillämpningen av standarden svår. Följande punkter är sammanfattade ur standarden. För tillgång till standarden som helhet, hänvisas till Swedish Institute for Standards, SIS.

##### 4.1.1.1 Omfattning

Standarden specificerar ett tillvägagångssätt för att bestämma utvidgningen eller krympningen i byggnadsmaterial, med avseende på fukt, som en funktion av fuktkvoten. Standarden är tillämpbar för mineraliska och porösa material som antar en reversibel rörelse.

##### 4.1.1.2 Princip

Genom att jämföra längden och fukthalten för provkroppen i ett förutbestämt klimat med längden och fukthalten i ett torrt tillstånd, kan fuktutvidgningskoefficienten  $\alpha_h$  beräknas. Mätning av längdändring sker kontinuerligt i provkroppen för att avbrytas vid jämvikt. Uppfuktning/torkning sker i ett flertal steg för att i slutändan kunna ta fram fuktutvidgningskoefficienten, som en funktion av fuktkvoten.

##### 4.1.1.3 Apparatur

I testet ska mätinstrument med en noggrannhet på minst  $\pm 0,1$  mm användas. Mätinstrumentet ska även vara kapabelt till att vidhålla kontakt med en mätplugg (sfärisk kontaktyta), på vardera sidan om provkroppen, samt kunna upprepa detta vid efterföljande mätningar. Lämpligt mätinstrument är bland annat analog mätklocka.

För att åstadkomma specifika klimat krävs exempelvis en klimatbox, kapabel att åstadkomma ett flertal steg i relativ fuktighet, från ca 10 % till 95 %. Klimatboxen ska dessutom kunna hålla en konstant temperatur (20 °C lämpligen), samt en avvikelse på  $\pm 2$  % RF och  $\pm 1$  K. För klimatboxar innehållandes mättade saltlösningar är även SS-EN ISO 12571 *Fukt- och värmetekniska egenskaper hos byggmaterial och byggprodukter - Bestämning av hygroskopiska sorptionsegenskaper*, tillämpbar.

Vägning av provkroppar ska utföras med en våg med en noggrannhet på  $\pm 0,01$  % av provkroppens massa.

Torkning av provkroppar i ugn vid förhöjd temperatur enligt specifikationer i SS-EN ISO 12570 *Fukt- och värmetekniska egenskaper hos byggmaterial och byggprodukter - Bestämning av fuktinnehåll genom torkning vid förhöjd temperatur.*

Mätning av temperatur och relativ fuktighet i klimatboxen ska göras med lämpliga och regelbundet kalibrerade mätare. Om möjligt bör förloppet loggas.

#### 4.1.1.4 Provkroppar

Provkropparna ska vara representativa för materialet. Om materialet är anisotropiskt, ska fler provkroppar användas, för mätning i olika riktningar. Provkropparna ska tillverkas så att den längsta sidan utgör mätaxel. Förhållandet mellan sidorna bör vara så stort som möjligt för att på kortast tid uppnå fuktjämvikt och samtidigt kunna bibehålla materialstrukturen. Minst tre provkroppar ska användas för varje material.

#### 4.1.1.5 Fuktjämvikt

Vid mätning av provkroppen i fritt vatten, anses provkroppen vara i fuktjämvikt när skillnaden i massa mellan två vägningar över 24 timmar är mindre än 0,1 %. För material med låg fuktupptagningsförmåga, bör tidsintervallet förlängas.

Fuktutvidgning anses vara i jämvikt då provkroppens kurva för uppmätta värden antagit minst 97 % av det förväntade konvergensvärdet.

#### 4.1.1.6 Beräkning och resultatframställning

Fuktutvidgningskoefficienten  $\alpha_h$ , som funktion av fuktkvoten bestäms genom ett antal steg:

- 1) Beräkning av värden för fuktutvidgning  $\varepsilon_{h,i}$ , efter varje intervall,  $i$ .

$$\varepsilon_{h,i} = \frac{l_i - l_0}{l_0} = \frac{\sum \Delta l_i}{l_0} \quad (-) \quad \text{Ekv. 4.1}$$

$l_i$  = Uppmätt längd efter varje intervall  $i$

$l_0$  = Ursprunglig längd

$\Delta l_i$  = Uppmätt längdändring mellan intervall  $i$

$\sum \Delta l_i$  = Total uppmätt längdändring efter intervallet

- 2) Plottning av värdena  $(\varepsilon_h)_i$  mot fuktkvoten  $u_i$  efter varje mätning, för att till sist få en enhetlig kurva över förloppet.

- 3) Beräkning av värden för fuktutvidgningskoefficienten  $\alpha_h$ , från lutningen på funktionen i steg 2.

$$\alpha_h = \frac{d\varepsilon_h}{du} \approx \frac{\Delta \varepsilon_h}{\Delta u} \quad (-) \quad \text{Ekv. 4.2}$$

$\Delta \varepsilon_h$  = Skillnaden i fuktutvidgning mellan två intervall

$\Delta u$  = Skillnaden i jämviktsfuktkvot mellan två intervall

- 4) Fuktkvoten  $u_i$  för varje framräknad fuktutvidgningskoefficient  $\alpha_{h,i}$  bestäms genom ett medelvärde för intervallet  $\Delta u_i$ .

$$\bar{u}_i = \frac{u_i + u_{i-1}}{2} \quad (\text{kg/kg}) \quad \text{Ekv. 4.3}$$

$\bar{u}_i$  = Fuktkvotsmedelvärdet för intervallet  $i$

$u_{i-1}$  = Jämviktsfuktkvoten i punkten före aktuell mätpunkt

$u_i$  = Jämviktsfuktkvoten i aktuell mätpunkt

5) Uppritning av funktionen för fuktutvidgningskoefficienten  $\alpha_{h=f}(u)$  i intervallet  $0 < u < u_f$ .

#### 4.1.1.7 Relativa mätfel

De relativa felen i längdmätningarna beror på provkroppens ursprungliga längd,  $l_o$ , samt mätinstrumentets noggrannhet.

$$\sigma = \pm \frac{\Delta l_o}{l_o} \quad (-) \quad \text{Ekv. 4.4}$$

#### 4.1.1.8 Redovisad rapport

Efter slutförda mätningar ska en sammanställning av resultaten göras i en rapport innehållandes:

- Referens till standarden
- Produktegenskaper
  - Produktnamn, tillverkare, leverantör
  - Typ av produkt
  - Produktionsnummer
  - Leveransinformation, paketering, leveransdag
  - Övrig information
- Förberedelse av provkroppar
  - Antalet provkroppar
  - Datum, plats och metod för förberedelsen
  - Detaljer kring någon form av förberedande laborering, exempelvis konditionering av provkroppar
  - Övrig information
- Provningsprocedur
  - Mätinstrument och konfiguration
  - Information om testmiljö och egenskaper
  - Datum för start och längd på testet
  - Faktorer som kan ha påverkat resultatet
- Resultat
  - Tabell över individuellt uppmätta provkroppresultat (referenslängd, RF-steg, fuktkvoter, längdändring, fuktutvidgningskoefficient)
  - Uppritad funktion över fuktutvidgningskoefficientens medelkurva
  - Uppskattning av relativa fel

(SIS 2000)

#### 4.2 Metod för att bestämma fuktkvot och densitet hos skivorna

För att kunna bestämma skivornas initiala fuktkvot och skivornas densitet, måste det förångningsbara vattnets vikt bestämmas på något sätt (i rapporten används begreppet ”initial” för skivornas egenskaper vid leverans). Sambandet för fuktkvoten beskrivs enligt:

$$u = \frac{\text{Förångningsbara vattnets vikt}}{\text{Materialets torra vikt}}$$

Det förångningsbara vattnet definierades sedan tidigare, som det adsorberade, kapillärbundna, och fria vattnet tillsammans och är fukten som avgår när ett material torkas i 105°C. Undantag gäller för gips, eftersom kristallvattnet avgår vid temperaturer över 45 °C. Gips torkas därmed lämpligen några grader under detta, vid ca 40 °C.



Figur 20. Torkning av lösbrutna provkroppar i ugn.

För att bestämma vikten av det förångningsbara vattnet vägs först lösbrutna provkroppar, som var och en representerar en skivtyp. Viktigt är att provkropparna bryts av, då sågning genererar värme vilket avdunstar vatten från provkropparna. När sedan provkropparna har torkats i ugn vid 40 eller 105 °C, till dess att viktförändringen avstannat och alltså bara kemiskt bundet vatten återstår, kan fuktkvoten bestämmas genom:

$$u = \frac{\text{Initial massa hos provkropp} - \text{Massa hos torkad provkropp}}{\text{Massa hos torkad provkropp}}$$

Därefter kan skrymdensiteten bestämmas hos skivorna genom sambandet:

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{m}{V} = \frac{\text{Massa i uttorkat tillstånd} \left[ \frac{kg}{m^3} \right]}{\text{Volym vid } u\% \text{ fuktkvot} \left[ m^3 \right]} \\ &= \frac{\text{Initial massa hos skiva} \cdot (1 - \text{fuktkvot}) \left[ kg \right]}{\text{Volym vid } u\% \text{ fuktkvot} \left[ m^3 \right]} \end{aligned}$$

Notera att detta är vår definition på skrymdensitet. Begreppet skrymdensitet är i allmänhet inte strikt definierat, vilket nämndes tidigare i rapporten.

För att även få en uppfattning om densiteten hos skivorna i normala klimatförhållanden, bestäms den ”verkliga densiteten” enligt:

$$\rho_{\text{verklig}} = \frac{\text{Massa vid } u\% \text{ fuktkvot } [\text{kg}]}{\text{Volym vid } u\% \text{ fuktkvot } [\text{m}^3]}$$

Skillnaden här jämfört med skrymdensiteten är alltså att även fukttinnehållets massa tas med.

Volymen bestämdes genom att mäta noggrant utsågade skivstycken med storleken 398\*225\*tjocklek (enligt figur 22). Dessa skivstycken med enkel geometrisk form, anses vara representativa, eftersom de ger likvärdiga fuktkvoter som de betydligt mindre provkropparna från samma skivor som torkades i ugn.

#### **4.3 Metod för att bestämma initiell relativ fuktighet hos skivorna**

Att ta reda på skivornas initiella relativ fuktighet, ansågs vara av intresse i studien, eftersom vi behövde ett startvärde, då sorptionsisotermen för skivorna togs fram. Dessutom kunde det vara intressant att ta reda på den relativa fuktigheten vid leveranstillfället.

För att bestämma denna, bröts skivorna sönder i små provbitar direkt vid leverans och dessa placerades sedan i provrör upp till provrörets halva höjd. Provrören förseglades sedan med en tät gummikork och när tid gavs, sattes en RF-givare av typen *Vaisala HMP44* in i provröret. Efter detta förfarande, uppmättes den relativa fuktigheten dagligen, till dess att luften kring givaren kommit i jämvikt med materialet i provröret. Instrumentet som RF-givaren kopplades till, var av typen *Vaisala HMI41*.

Rummet där mätningen utfördes, höll ett stabilt klimat på  $+20,0 \pm 0,5^\circ\text{C}$  och  $55 \pm 1,5\%$  RF.



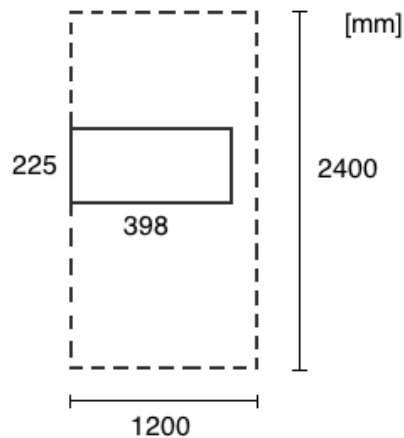
Figur 21. Provrör med RF-givare.

#### 4.4 Metod för att bestämma längdförändring och sorptionsisoterm hos skivorna

Ett av huvudsyftena med examensarbetet, var att bestämma de olika skivornas längdförändringar då de utsätts för varierande klimat, det vill säga olika relativa fuktigheter.

För att bestämma denna längdförändring, placerades noggrant utsågade provkroppar med måtten 398x225 mm från en hel byggskiva (enligt figur 22), i två ”klimatboxar”, vardera innehållande fem skivor, i ett rum med stabila klimatförhållanden,  $20 \pm 0,5^\circ\text{C}$  och  $65 \pm 1,5\%$  RF. Lådorna förseglades med hjälp av glasskivor och klämmor. I lådorna placerades en RF-givare och en fläkt för att ge luftcirkulation. Även en skål innehållande en koldioxidabsorbent bestående av natronkalk, Spherasorb®, användes för att förhindra felaktiga vägningsresultat, då de cementbaserade skivorna tar upp koldioxid från omgivande luft.





Figur 22. Utsågning av provkropparna.

För att på ett billigt och enkelt sätt erhålla olika klimat, det vill säga olika relativa fuktigheter, användes olika kemiska lösningar i form av salter, efter rekommendation (Greenspan L, 1977). Med hjälp av vattenmättade saltlösningar, vatten och ett klimatrums med stabila klimatförhållanden  $55 \pm 1,5$  % RF, kunde följande relativa fuktigheter genereras:

Tabell 2. Sammanställning av olika metoder för att generera önskvärda relativa fuktigheter (Greenspan L, 1977) (1) (O'Brien, F.E.M, 1948) (2).

Metod	Genererad relativ fuktighet (%)
Litium-Klorid, LiCl	11,2 <sup>(1)</sup>
Klimatrums	55
Natrium-Klorid (koksalt), NaCl	75,8 <sup>(2)</sup>
Vattenbad	100

Längd-, vikt- och tjockleksändringen, mättes sedan veckovis i upp till 35 dagar (för att hålla tidsplanen), eller till dess att viktändringen mellan två mättillfällen med minst 7 dygns mellanrum var  $<0,1$  %. Detta krav sattes för att klara av tidsbegränsningen av examensarbetet.

Observera att detta krav gällde för hela den laborativa studien med klimatboxarna, med undantag för 100 % RF, då mätningar gjordes en gång per dygn. Mätningarna gjordes till dess att antingen jämvikt inträffade, böjning av skivan skedde eller att skivan bedömdes som förstörd.



*Figur 23. Provkroppar placerade i klimatboxar med saltlösning.*

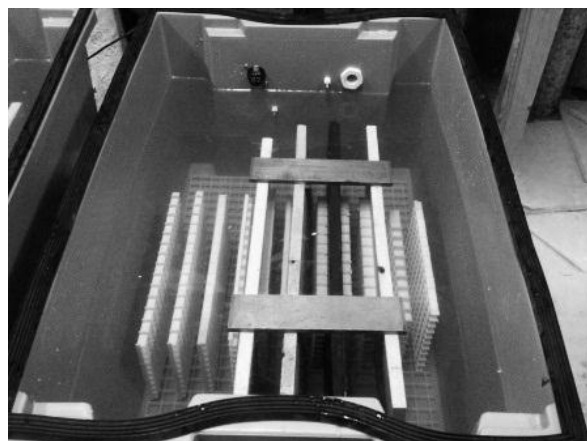
Innan uppstarten av försöket, hade skivorna förvarats väl omförslutna av plastfilm i ett normalt rumsklimat. Skivornas initiala tjocklek, bredd och vikt dokumenterades före de placerades i klimatboxar.

Genom saltlösningen litium-klorid kunde det första klimatet skapas med ca 11 % RF. Skivorna placerades i ställ med ett kar undertill, innehållande vattenmättad litium-klorid.

I nästa steg lyftes glaslocket av och skivorna placerades i ett klimatrums med  $55 \pm 1,5$  % RF.

Återigen användes en vattenmättad saltlösning i form av natrium-klorid för att erhålla nästföljande klimat på ca 76 % RF.

I det sista steget vattenfylldes klimatboxarna och skivorna blev helt täckta av vatten.



*Figur 24. Provkroppar nedsänkta i klimatboxar med fritt vatten.*

## 5. Resultat

### 5.1 Bestämning av initiell fuktkvot, fukthalt och densitet hos materialen

I tabell 3 nedan visas sammanställningen av resultaten från mätning, vägning och torkning i ugn av skivorna.

Tabell 3. Skivornas initiella fuktkvot och fukthalt samt skrymdensitet vid uttorkat tillstånd.

Skivtyp	Tjocklek (mm)	Initiell massa (g)	Massa vid jämvikt (g)	Tid till jämvikt (d)	Fuktkvot, u (%)	Skrymdensitet (kg/m <sup>3</sup> )	Fukthalt, w (kg/m <sup>3</sup> )	Densitet, initiell (kg/m <sup>3</sup> )
Honeycore Windcore	8	42,82	36,50	9	17	962	167	1163
Fermacell Fibergips*	12,5	45,68	45,34	3	0,8	1201	9	1211
Wekla Green EcoBoard	12	26,11	21,63	10	21	767	159	967
Formplywood	12	9,40	8,69	3	8	568	46	618
Gyproc Glasroc H Ocean*	12,5	22,32	22,29	2	0,1	798	1	798
Ivarsson Conchchip	12	90,61	81,49	3	11	1219	137	1373
Knauf Danogips Humidboard 2.0*	12,5	27,84	27,80	4	0,2	717	1	718
Gyproc Glasroc H Storm*	9,5	21,73	21,71	1	0,1	817	1	818
StoEco Board	12	35,77	31,06	9	15	749	114	882

En utförligare tabell över mätförloppet finns i bilaga C.

### 5.2 Bestämning av initiell relativ fuktighet hos skivorna

Initiell relativ fuktighet bestämdes för skivorna och syns i tabell 4 nedan.

Tabell 4. Sammanställning av relativ fuktighet vid leverans (initiellt RF).

Skiva	RF vid leverans(%)
Gyproc Ocean	53
Honeycore Windcore	56
Humidboard 2.0	54
Gyproc Glasroc H Storm	52
Fermacell	52
Wekla Green EcoBoard	58
Formplywood	51
Ivarsson Conchchip	62
StoEco Board	56

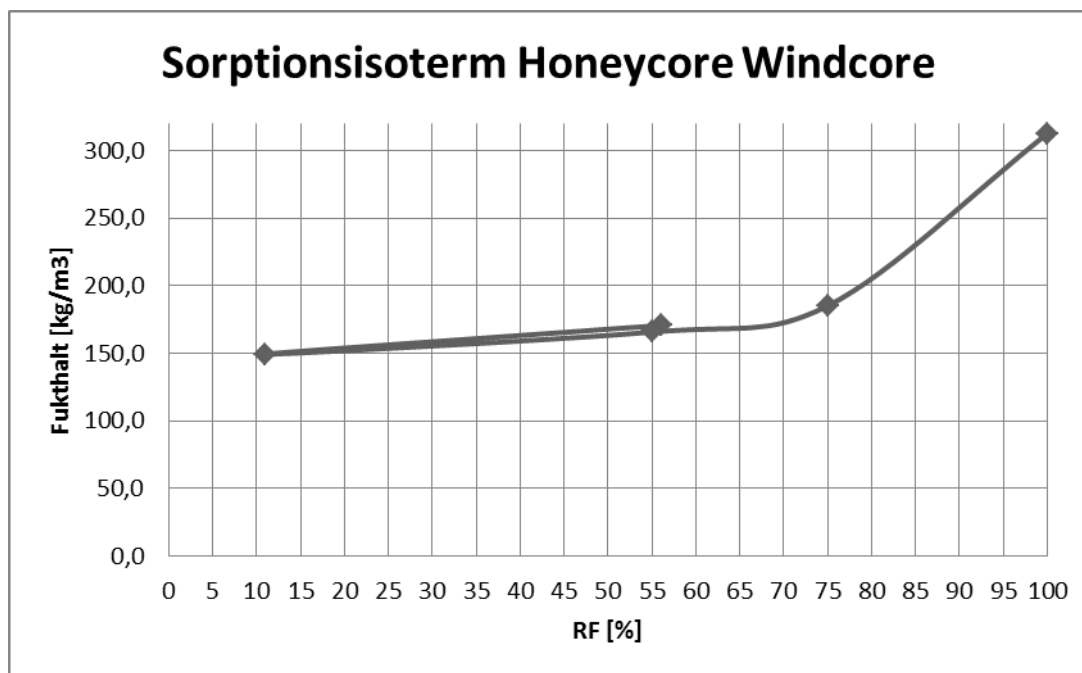
### 5.3 Bestämning av längdförändring och sorptionsisoterm för skivorna

Uppmätt längdförändring i olika RF-intervall för skivorna, kan ses nedan i tabell 5, som är en sammanfattning av bilaga E-H.

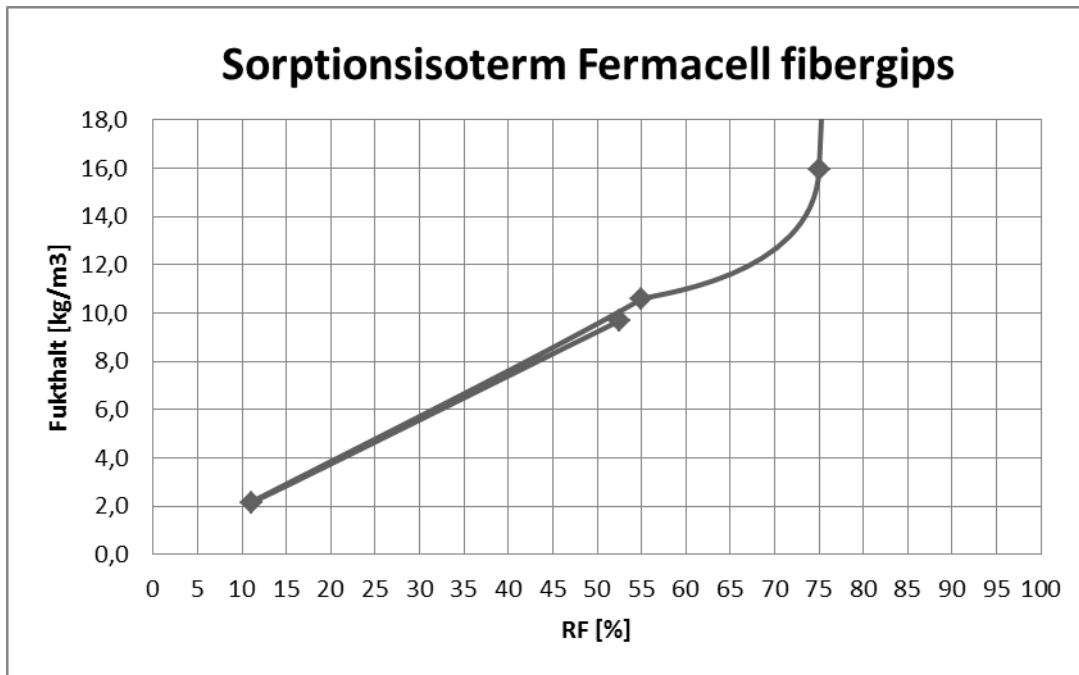
Tabell 5. Längdförändring för skivorna i olika RF-intervall. \* Skivan böjde sig och mätningen avbröts.

Skivtyp	$\Delta L$ Init.- 11% RF (mm/m)	$\Delta L$ 11-55% RF (mm/m)	$\Delta L$ 11-75% RF (mm/m)	$\Delta L$ 11-100 % RF (mm/m)	$\Delta L$ 55- 75 % RF (mm/m)	$\Delta L$ 55- 100 % RF (mm/m)	$\Delta L$ 75- 100 % RF (mm/m)
Honeycore Windcore	1,55	1,25	<b>1,48</b>	*	0,23	*	*
Fermacell Fibergips	0,37	0,47	0,70	<b>4,64</b>	0,24	4,18	3,94
Wekla Green EcoBoard	1,13	0,78	<b>1,12</b>	*	0,34	*	*
Formplywood	0,74	0,85	1,23	<b>1,56</b>	0,38	0,71	0,30
Gyproc Glasroc H Ocean	0,26	0,10	0,07	<b>0,32</b>	(-0,03)	0,22	0,25
Ivarsson Conchip	1,95	1,25	1,66	<b>2,45</b>	0,41	1,20	0,78
Knauf Danogips Humidboard 2.0	0,19	0,13	0,21	<b>1,26</b>	0,09	1,14	1,05
Gyproc Storm	0,10	0,08	0,12	<b>0,40</b>	0,05	0,32	0,28
StoEco Board	1,82	1,62	2,01	<b>2,08</b>	0,39	0,46	0,07

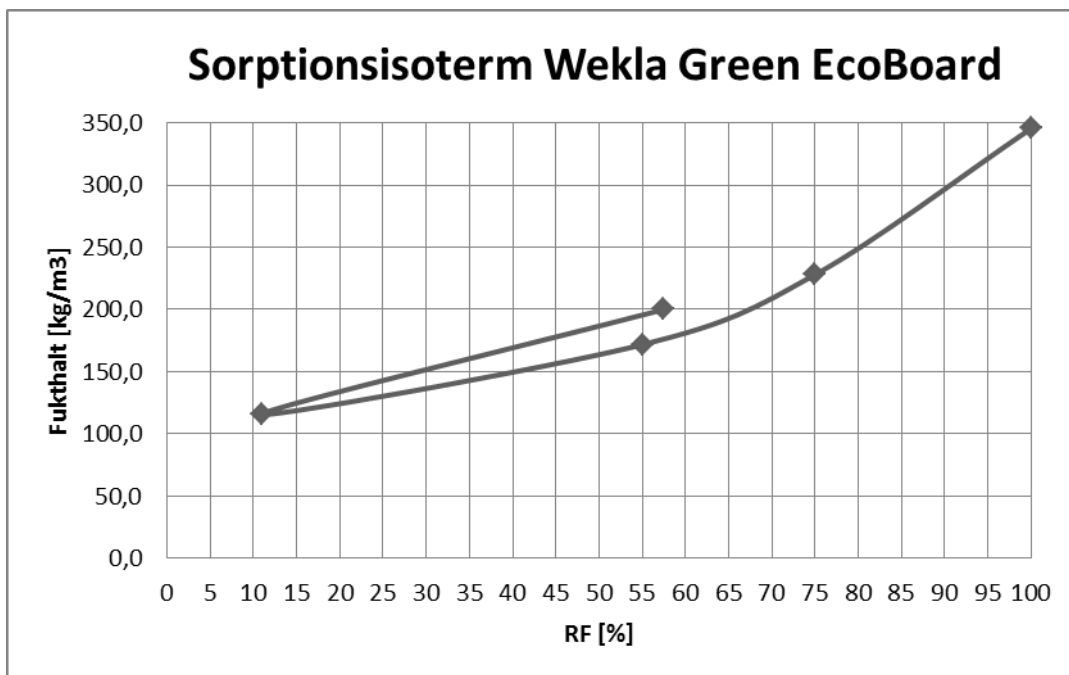
I figur 25-33 nedan redovisas sorptionsisotermerna hos skivorna, baserat på uppmätt vikt-  
ändring i klimatboxarna. I bilaga E-I finns även tabeller, samt diagram som visar vikt- och  
längdförändringen som funktion av RF för varje skiva.



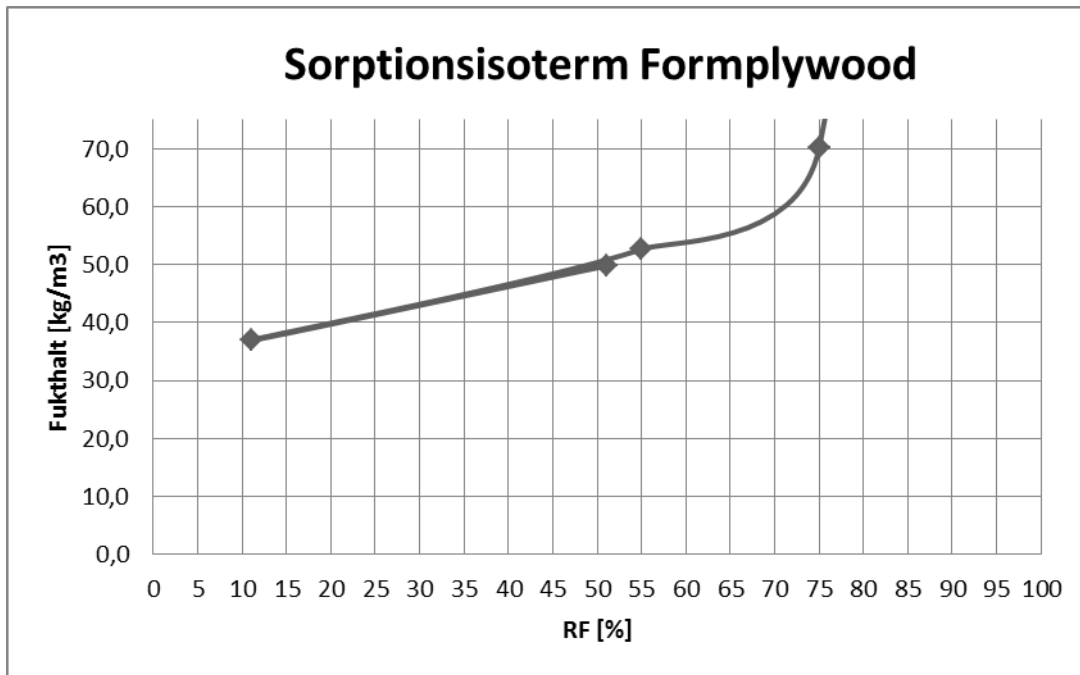
Figur 25. Sorptionsisoterm för Honeycore Windcore. 56-11 % RF och 11,55,75,100 % RF.



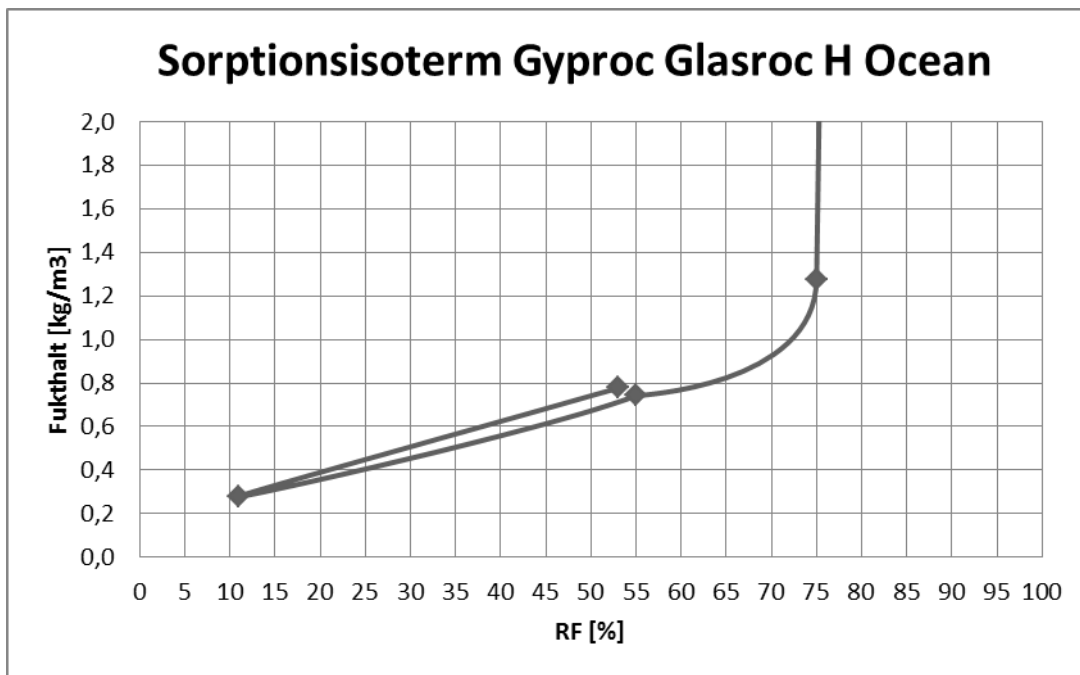
Figur 26. Sorptionsisoterm för Fermacell fibergips. 53-11 % RF och 11,55,75,100 % RF.



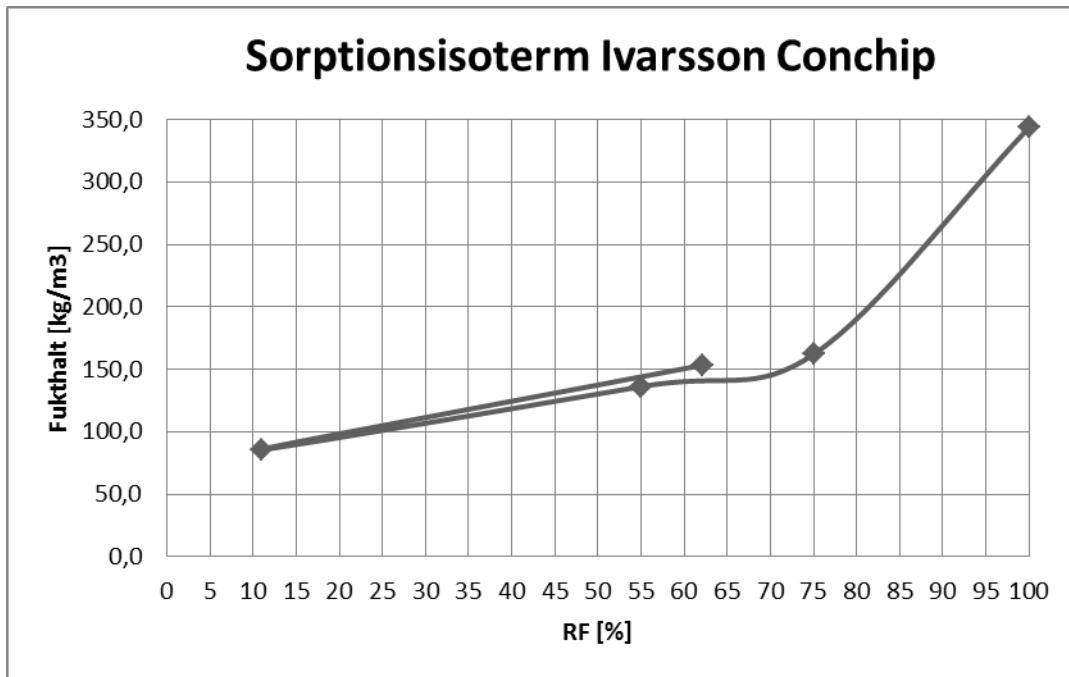
Figur 27. Sorptionsisoterm för Wekla Green EcoBoard. 58-11 % RF och 11,55,75,100 % RF.



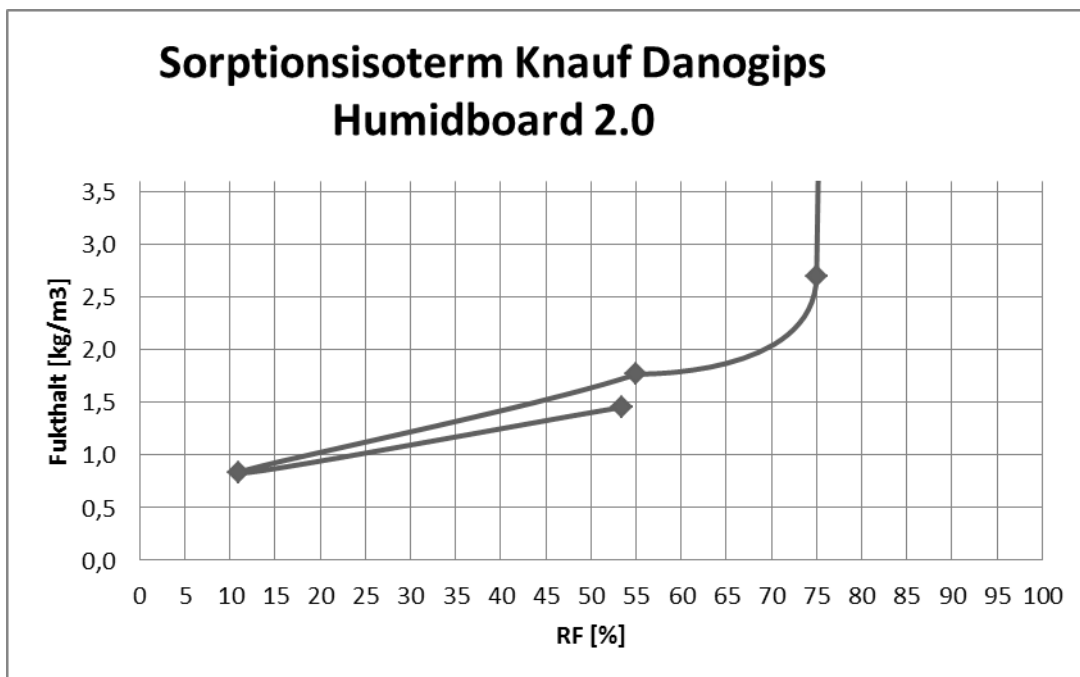
Figur 28. Sorptionsisoterm för Formplywood. 51-11 % RF och 11,55,75,100 % RF.



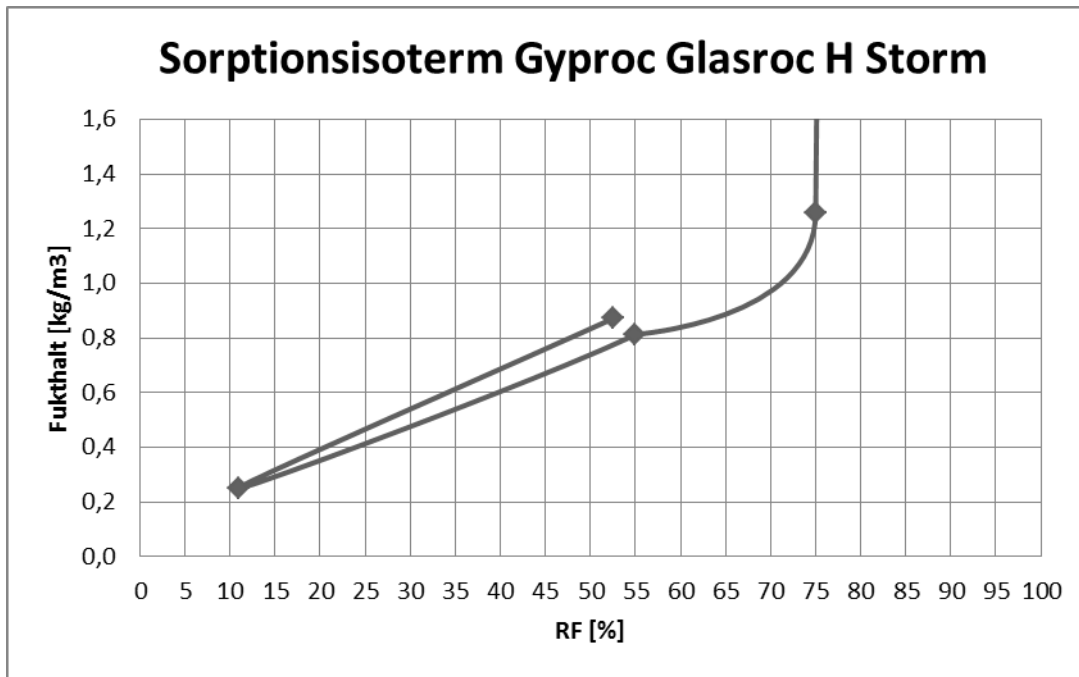
Figur 29. Sorptionsisoterm för Gyproc Glasroc H Ocean. 53-11 % RF och 11,55,75,100 % RF.



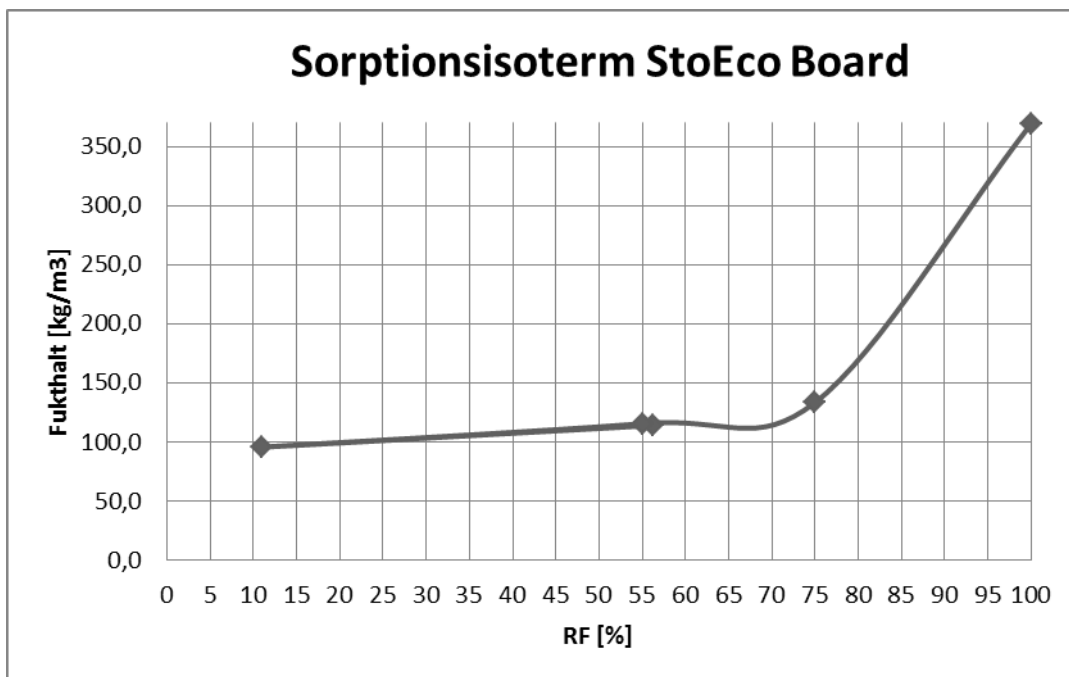
Figur 30. Sorptionsisoterm för Ivarsson Conchip. 62-11 % RF och 11,55,75,100 % RF.



Figur 31. Sorptionsisoterm för Knauf Danogips Humidboard 2.0. 54-11 % RF och 11,55,75,100 % RF.



Figur 32. Sorptionsisoterm för Gyproc Glasroc H Storm. 53-11 % RF och 11,55,75,100 % RF.



Figur 33. Sorptionsisoterm för StoEco Board. 56-11 % RF och 11,55,75,100 % RF.



### 5.4 Approximerad välvning av skivorna

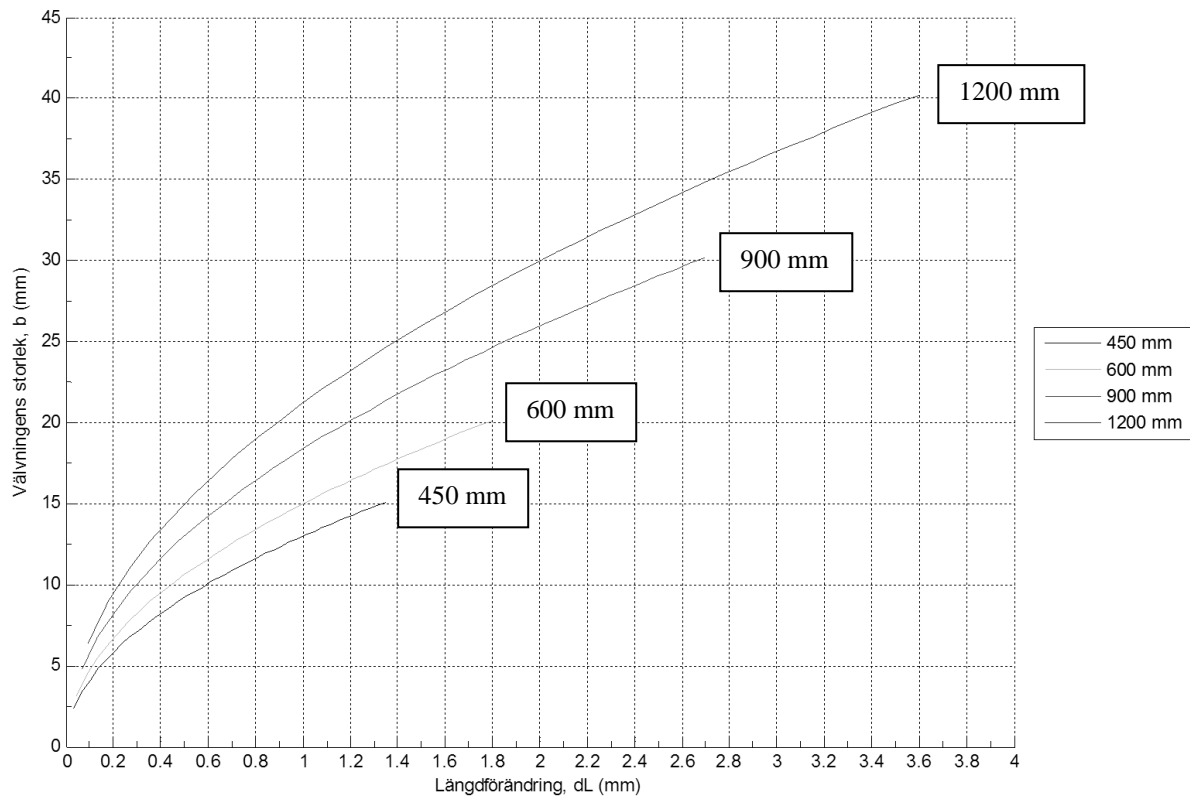
Välvningen uppskattas för samtliga skivor då maximal längdförändring bestämts. Resultatet åskådliggörs av tabell 5 nedan.

$$b \approx \frac{c}{\sqrt{24(1-\frac{L}{c})}} \left( 1 - \cos \sqrt{6 \left( 1 - \frac{L}{c} \right)} \right) \quad \text{för} \quad 0 < \theta < 0,27 \text{ rad} \approx 15,4^\circ \quad \text{Ekv. 2.15}$$

Tabell 6. Beräknad välvning genom approximativ uppskattning. \*Approximationen gäller bara för längdförändringar  $\leq 3$  mm/m.

Skivtyp	Uppmätt maximal längdförändring [mm/m]	Uppskattad maximal välvning hos 1 m skiva med approx. samband [mm]
Gyproc Glasroc H Storm (Vi)	0,40	12,2
Ivarsson Conchip (Vi)	2,45	30,3
StoEco Board (Vi)	2,08	27,9
Formplywood	1,56	24,2
Wekla Green EcoBoard (Vi+Vå)	1,12	20,5
Honeycore Windcore (Vi)	1,48	23,6
Fermacell Fibergips (Vå)	3,0* (4,64)	33,5
Gyproc Glasroc H Ocean (Vå)	0,32	11,0
Knauf Danogips Humidboard 2.0 (Vå)	1,26	21,7

I figur 34 plottas välvningens storlek som funktion av längdförändringen hos skivor med bredden 450, 600, 900 och 1200 mm. Maximal längdförändring motsvarar sedan tidigare 3 mm/m.



Figur 34. Välvnings storlek som en funktion av längdförändringen, för olika breda skivor.

## 6 Diskussion och slutsats

### 6.1 Bestämning av fuktkvot och densiteter hos skivorna

Fuktkvoten erhöles genom att låta betydligt mindre lösbrutna skivbitar torka i ugn. Gipsskivor torkades i 40 °C och resterande skivor i 105 °C, eftersom vi ville undvika att kristallvattnet i gipsmaterialet avgick. Provbitarna bröts av för att undvika den värmegenerering som uppstår vid sågning. Tillvägagångssättet resulterade i provbitar med varierande storlek och vikt, vilka var svåra att bestämma volym på. Under hela processen hölls skivor som inte testades, inplastade för att bevara de initiella förutsättningarna.

Då vi bestämde fukthalt, skrymdensitet och verklig densitet användes volymen och vikten för de utsågade, betydligt större provkropparna med måtten 398 x 225 x tjocklek. Anledningen till att vi inte använde oss av samma provkroppar för att bestämma alla egenskaper hade rent praktiska skäl, så som att mäta volymen för en svårbestämd geometrisk form eller att torka stora skivstycken i ugn. De små provkropparna var representativa för försöket eftersom de antogs befinna sig i samma klimat som de utsågade provkropparna. Vid bestämning av volymen hos skivorna mättes skivornas längd i tre riktningar med millimeterprecision. Volymen reducerades lite, för skivor med fasade kanter.

Det finns en risk att vatten drivs ut från skivkanterna vid sågningen, då en värmehöjning uppstår genom friktion. Detta kan ge en lägre vikt vid invägning, vilket medför lägre initiell fuktkvot. Givetvis hade det varit bättre att försluta skivorna med vattentäta plastfilmer och sänka ner dem i en balja vatten med bestämd mängd. På så sätt kan man bestämma volymen av skivorna med större noggrannhet, genom att notera mängden undanträngt vatten.

Provbitarna ansågs vara uttorkade och i jämvikt, då ingen nämnvärd viktändring skett under ett flertal mätningar med några dygns mellanrum. Tiden det tog för provbitarna att torkas ut varierade ganska kraftigt. Generellt, tog det exempelvis längre tid för en magnesiumoxidskiva att torkas ut än vad det tog för en gipsbaserad skiva. Längst tid tog det för magnesiumoxidskivorna: Wekla Green EcoBoard, StoEco Board och Honeycore Windcore att torkas ut. Näst längst tid krävdes för gipsskivan Knauf Danogips Humidboard 2.0. Fibercementskivan Ivarsson Conchip (träbaserad), träskivan formplywood och de resterande gipsskivorna Fermacell Fibergips, Gyproc Glasroc H Ocean, Gyproc Storm gick allra snabbast att torka ut. Slutsatsen blev att magnesiumoxidskivor kräver betydligt längre tid än trä- och gipsbaserade skivor.

### 6.2. Bestämning av initiell relativ fuktighet hos skivorna

Förfarandet att bestämma relativ fuktighet hos skivorna vid leverans tog olika lång tid beroende på skiva, vilket kan ses i bilaga D. Det tog några dagar/veckor innan omgivande luft och givaren ställt in sig till samma RF som provbitarna i provröret.

I ungefär hälften av fallen avgav provbitarna sitt fuktinnehåll till luften, eftersom många av skivorna var fuktigare vid leverans än 55 % RF, som luften i provrören höll. I annat fall tog provbitarna istället upp luftens fuktinnehåll i provröret.

Längst tid för att uppnå slutlig relativ fuktighet, tog det för StoEco Board och Honeycore Windcore, enligt bilaga D. Dessa skivor har liknande sammansättning och är tillverkade av magnesiumoxid med glasfiberväv.

Skivor innehållande mycket träfibrer, samt gipsbaserade skivmaterial, tenderade ge ett snabbare förlopp till dess att jämvikt i provröret uppnåts. Förklaringen är antagligen att dessa material har hög fuktgenomsläpplighet  $\delta_v$ . Detta ger således en stor diffusion och alltså ett snabbt förlopp till dess att jämviktstillstånd uppnåts.

En annan aspekt var att ytskikten verkar ha störst betydelse för hur snabbt materialen kommer i jämvikt, eftersom exempelvis formplywood har ett nästintill vattentätt ytskikt och tog längst tid att komma i jämvikt i studien med klimatboxarna. Däremot vid bestämning av initial relativ fuktighet då skivorna var söndersmulade i grova bitar, var formplywood en av de snabbaste skivorna att komma i jämvikt. Skillnader verkar således föreligga huruvida lång tid det tar för dem att komma i jämvikt, beroende på om skivorna är intakta eller inte.

Att det tog så lång tid för StoEco Board jämfört med resterande skivor att komma i jämvikt tycker vi var märkligt. Förhoppningsvis har provröret varit tätt under försöket. Sammantaget för försöket, föreligger en osäkerhet kring de bestämda tidsförloppen, till dess att jämvikt uppnåts hos skivorna.

### **6.3 Bestämning av längdförändring och sorptionsisoterm för skivorna**

Skivornas längdförändring bestämdes i RF-intervallen: 11-55 % RF, 11-75 % RF, 11-100 % RF, 55-75 % RF, 55-100 % RF och 75-100 % RF. Skivor med störst längdförändring inom ett specifikt intervall, uppvisar mestadels också de största längdförändringarna inom ett annat RF-intervall. Däremot finns undantag, till exempel intervallet 55-75 % RF, som innefattas av vad som tidigare beskrevs som ”RF-intervall 2” s.30. Inom detta spann förväntas endast små längdförändringar att ske och kanske är det förklaringen till att exempelvis Honeycore Windcore, har näst störst längdförändring i 11-55 % RF och 11-75 %, men endast 6:e största längdförändringen i 55-75 % RF. Med det menar vi att Honeycore Windcore kräver extremare variationer i relativ fuktighet jämfört med andra skivor, för att en betydande fuktupptagning med resulterande längdförändring ska ske.

En tydlig tendens är att magnesiumoxidskivorna har störst längdförändringar följt av trä- och träbaserade skivor så som Ivarsson Conchip och formplywood. De gipsbaserade skivorna Fermacell Fibergips, Knauf Danogips Humidboard 2.0, Gyproc Glasroc H Ocean och Gyproc Glasroc H Storm har minst uppmätt längdförändring. Överlägset bäst ur fuktsynpunkt, är Gyproc Glasroc H Ocean och Gyproc Glasroc H, eftersom de uppvisar de överlägset minsta längdförändringarna.

De skivor som har dokumenterad längdförändring vid en angiven viss relativ fuktighet i produktdatabladet är Gyproc Glasroc H Storm ( $\Delta L=0,2$  mm/m, 40-90 % RF), Gyproc Glasroc H Ocean ( $\Delta L=0,3$  mm/m, 40-90 % RF), StoEco Board ( $\Delta L=0,1$  mm/m, 65-85 % RF). Lite mindre specificerat är längdförändringen för skivorna Fermacell Fibergips ( $\Delta L=0,1$  mm/m), Knauf Danogips Humidboard 2.0 ( $\Delta L=2$  mm/m), där uppgift om relativ fuktighet saknas. Resterande skivor saknar alltså tillräcklig information för att en jämförelse med vår studie ska kunna göras. Tillverkarnas redovisade produktdata finns i bilaga B.

Längdförändringen för Gyproc Glasroc H Storm i produktdatabladet är  $\Delta L=0,2$  mm/m, 40-90 % RF, vilket är jämförbart med  $\Delta L_{\text{uppmätt}}=0,32$  mm/m, 55-100 % RF. Eftersom vår mätning gjorts vid extremare RF-variationer, anses ändå angiven längdförändring i produktdatabladet vara tillförlitlig med en viss osäkerhet.

Längdförändringen för Gyproc Glasroc H Ocean  $\Delta L=0,3$  mm/m, 40-90 % RF, jämförs också med uppmätt längdförändring i 55-100 % RF. Eftersom  $\Delta L_{\text{uppmätt}}=0,22$  mm/m, kan återigen angiven längdförändring från Gyproc, anses som tillförlitlig.

Enligt uppgifter från Sto, sker en längdförändring på 0,1 mm/m, 65-85 % RF för deras skiva StoEco Board. Ett snarlikt intervall (t.o.m. ”snällare”) som vi har undersökt skivan i, 55-75 % RF, uppgick längdändringen till 0,39 mm/m. Vår studie visade alltså på att längdförändringen är minst fyra gånger större, än vad som redovisats av tillverkaren.

Mellan 55-75% RF är ett värde för längdförändringen hos Fermacell Fibergips bestämt till 0,24 mm/m. Enligt informationsbladet från tillverkaren, kan skivan svälla/krympa med 0,25 mm/m. Denna längdförändring anses vara missvisande och borde vara större, eftersom 0,24 mm/m uppmättes i ett intervall där små längdförändringar sker. Däremot ska tilläggas, att uppgifter saknas för i vilken relativ fuktighet som tillverkarna gjorde sin mätning.

Vad det gäller skivan Knauf Danogips Humidboard 2.0 är angiven längdförändring i informationsdatabladet  $\leq 2$  mm/m väl tilltaget då,  $\Delta L_{\text{uppmätt}}=1,26$  mm/m, 11-100% är väsentligt mindre.

För magnesiumoxid-skivorna Wekla Green EcoBoard och Honeycore Windcore anges ”dimensionsstabiliteten” 2 mm/m, vilket innebär en längdförändring på 2 mm/m i en viss relativ fuktighet. Uppmätt längdförändring för Wekla Green EcoBoard och Honeycore Windcore är  $\Delta L=1,12$  mm/m, 11-75 % RF, respektive  $\Delta L=1,48$  mm/m, 11-75 % RF. Angivna längdförändringar hos bågge skivor, anses därför rimliga.

I tabell 7 nedan följer en utvärdering av tillverkarnas fuktdokumentation.

Tabell 7 - Utvärdering av tillverkarnas fuktdokumentation utifrån studiens resultat

Skivtyp	Studiens resultat		Tillverkarnas fuktdokumentation		Tillförlitlighet
	$\Delta L$ [mm/m]	RF [%]	$\Delta L$ [mm/m]	RF [%]	
Honeycore Windcore	1,48	11-75	2	-	Bra
Fermacell fibergips	0,24	55-75	0,25	-	Medel
Wekla Green EcoBoard	1,12	11-75	2	-	Bra
Gyproc Glasroc H Ocean	0,22	55-100	0,3	40-90	Bra
Ivarsson Conchchip	2,45	11-100	-	-	-
Knauf Danogips Humidboard 2.0	1,26	11-100	2	-	Bra
Gyproc Glasroc H Storm	0,32	55-100	0,2	40-90	Medel
Sto EcoBoard	0,39	55-75	0,1	65-85	Dålig

För exempelvis Honeycore Windcore anses tillverkarens fuktdokumentation vara tillförlitlig, eftersom angiven längdförändring på 2 mm/m anses vara väl tilltaget, då 1,48 mm/m mättes upp i ett ”stort intervall” 11-75 % RF, i studien. I detta intervall förväntas stora delar av den totala längdförändringen att ske. Vad det gäller Fermacell fibergips redovisas en missvisande längdförändring 0,25 mm/m, eftersom en lika stor längdförändring uppmättes i ett intervall där fuktrörelserna förväntas vara relativt små. Längdförändringen borde alltid bestämmas i ett större RF-intervall. För Sto EcoBoard har tillverkarna angett en fjärdedel så stor längdförändring, i ett RF-intervall som är snarlikt studiens. Därmed anses i detta fall, tillförlitligheten hos angiven produktdata för skivan vara dålig eller rentav felaktigt.

Längd- och viktmätningarna av skivorna gjordes i 100 % RF, enligt standard SS-EN 13009 (se avsnitt 4.1.1.5 i vår rapport) och resulterade i ganska osäkra mätvärden. Detta eftersom de flesta skivor med undantag för träbaserade skivor som Ivarsson Conchchip och formplywood antingen löstes upp kemiskt, luckrades upp kraftigt eller började böja sig i de vattenfyllda klimatboxarna. Således borde kanske istället en mätstudie ha gjorts, i ett klimat strax under 100 % RF, för att på så sätt minska de negativa effekterna av den stora mängden omgivande vatten. Anmärkningsvärt är att metoden med fritt vatten föreslås av standard SS-EN 13009.

Eftersom vi misstänkte att skivorna skulle komma i jämvikt snabbt och att vissa skivor till och med skulle bli förstörda, mättes vikt- och längdändringen dagligen.

Honeycore Windcore mättes till dess att skivan böjdes och uppvisade en längdminskning, vilket inträffade redan under de första dygnet vid 100 % RF. Av samma anledning avbröts försöken för skivorna Wekla Green EcoBoard, StoEco Board. Magnesiumoxid-skivan Honeycore Windcore minskade dessutom i vikt under hela mätningen i 100 % RF. Antagligen skedde en kemisk reaktion med vattnet, vilket resulterade i en viktnedgång. Dock fanns ingen tid för vidare utredning. Gipsskivorna Danogips Humidboard 2.0, Gyproc Glasroc H Ocean, Gyproc Glasroc H Storm och Fermacell fibergips visade på extremt hög absorptionsförmåga vid 100 % RF jämfört med 75 % RF. Dessa skivor luckrades upp och tappade så gott som all ursprunglig form och funktion, vilket gjorde att fortsatt mätning efter en vecka, kändes betydelselös. De träbaserade skivorna Ivarsson Conchip och formplywood tog minst skada av den stora vattenförekomsten och uppvisade bland de största längd- och viktförändringarna. Tidsbrist gjorde att vi fick avbryta mätningarna för dessa träbaserade skivor i förtid.

Sorptionsisotermerna för skivorna som kan ses i figur 25-33 innehåller för få mätpunkter för att ge en riktigt pålitlig funktion. Anledningen att mätningar inte gjordes vid fler klimat (relativ fuktighet) berodde på tidsbristen i studien. För att en detaljerad jämviktfukthaltsskurva ska kunna tas fram behövs en kontinuerlig absorptions- och desorptionskurva med många mätpunkter. Figur 25-33 redovisar visserligen även en desorptionskurva men denna är ytterst bristfällig då endast en mätning gjorts, från initieffekt RF till 11 % RF. Dessutom ska desorptionskurvan enligt definition alltid ligga ovanför absorptionskurvan, vilket inte är fallet i alla dessa figurer. Vid plottningen av sorptionsisotermerna har dataprogrammet Excel jämnat ut linjerna mellan mätpunkterna vilket kan ge en viss felmarginal. De slutgiltiga jämviktfukthalterna hos skivorna i 100 % RF har inte alltid plottats, då dessa värden ansetts för extrema. Däremot finns värdena för 100 % RF i tabellform i bilaga H.

För att bättre sorptionsisotemer ska kunna tas fram med både absorptions- och desorptionskurvor, bör studien göras över betydligt längre tid, förslagvis 1-2 år.

#### **6.4 Approximerad välvning av skivorna**

Det approximativa sambandet som togs fram för att bestämma välvningens storlek/utböjningens höjd, begränsades till små vinklar  $< 15,4^\circ$ . Vinkeln  $15,4^\circ$  motsvarar en ungefärlig längdförändring 3 mm/m, vilket motsvarar en utböjning/välvning på 33,5 mm. En ännu större utböjning anses inte vara relevant för studien. Om större välvning än 3 mm/m ska studeras, bör nog ett annat samband tas fram istället. Enligt programmet som gjordes i MATLAB, ansågs avvikelserna mellan det framtagna sambandet Ekv 2.15 och approximation med den mer avancerade MATLAB-funktionen "lsqnonlin", tillräckligt liten för vinklar  $< 15,4^\circ$ . Detta grundades på att de bägge approximationerna, då endast hade en vinkelavvikelse  $\Delta\theta = 7,7^\circ$  och en välvning/böjnings-avvikelse på  $\Delta b = 0,015$  mm. För mer detaljer, se bilaga A.

## 7 Referenser

AK-konsult (2012). *Fukttransport*

<http://www.akkonsult.com/kunskapstorget/fukt/fukttransport> (Hämtad 2012-12-02)

Beijer Byggmaterial (2012). *Formplywood*

[http://www.beijerbygg.se/templates/BB\\_ByggradListItem.aspx?id=10741](http://www.beijerbygg.se/templates/BB_ByggradListItem.aspx?id=10741) (Hämtad 2012-11-28)

Boverket (2011). *Boverkets byggregler BBR 18, BFS 2011:6* Karlskrona: Boverket.

Burström, Per Gunnar (2001). *Byggnadsmaterial: Uppbyggnad, tillverkning och egenskaper*. Lund: Studentlitteratur.

EDU.fi-webbtjänst för lärare (2010).

[http://www.edu.fi/download/111903\\_skogsprodukter\\_stor.jpg](http://www.edu.fi/download/111903_skogsprodukter_stor.jpg) 2010 (Hämtad 2012-11-27)

Fermacell (2012). *Fermacell fibergips: Produktöversikt*

[http://www.fermacell.se/se/docs/51454\\_Produktoversigt\\_\(SV\)\\_WEB.pdf](http://www.fermacell.se/se/docs/51454_Produktoversigt_(SV)_WEB.pdf) (Hämtad 2012-11-27)

Honeycore (2012). *Honeycore Windcore: Tekniskt Faktablad*

<http://www.honeycore.se/media/2439/windcore.pdf> (Hämtad 2012-11-27)

Greenspan L, (1977) *Humidity Fixed Points of Binary Saturated Aqueous*. Washington D.C: Institute for Basic Standards, National Bureau of Standards. Artikel.

Gyproc, Ocean (2012). *Gyproc Glasroc H Ocean: Produktinformation*

<http://www.gyproc.se/produkter/glasroc+kompositskivor/v%C3%A5trumskompositskivor/produktinformation> (Hämtad 2012-11-28)

Gyproc, Storm (2012). *Gyproc Glasroc H Storm: Broschyr Glasroc H Storm*

[http://www.gyproc.se/files/Gyproc/Library/Brochures/Broch\\_Glasroc\\_STORM\\_SE.pdf](http://www.gyproc.se/files/Gyproc/Library/Brochures/Broch_Glasroc_STORM_SE.pdf) (Hämtad 2012-11-28)

Ivarsson (2012). *Ivarsson Conchip: Produktdatablad*

<http://www.ivarssonsverige.se/Conchip-9943.aspx> (Hämtad 2012-11-27)

Johansson P, Byggnadsmaterial LTH, 2012-12-10. Privat kommunikation.

Knauf Danogips (2012). *Knauf Danogips Humidboard 2.0*

[http://byggsystem.knaufdanogips.se/products/boards/glasmat\\_gypsum/humid\\_board/index.html](http://byggsystem.knaufdanogips.se/products/boards/glasmat_gypsum/humid_board/index.html) (Hämtad 2012-11-28)

Nationalencyklopedin (2012a). Sökord: *fukt*

<http://www.ne.se/lang/fukt> (Hämtad 2012-11-15)

Nationalencyklopedin (2012b). Sökord: *standard, standardisering*

<http://www.ne.se/lang/standard/314040> (Hämtad 2012-11-28)



- Nevander, L.E. & Elmarsson, B. (2006). *Fukthandbok: praktik och teori*. 3:e utg. Stockholm: AB Svensk Byggtjänst.
- Nilsson, Lars-Olof (1979). *Flytande golv på styrencellplast. Skarvresning hos spånskivor*. Rapport TVBM-7001, Lund: Byggnadsmaterial, LTH.
- Nilsson, Lars-Olof (2006). *Fuktpåverkan på material – Kritiska fuktnivåer, SBUF*. Stockholm: Formas. Informationsskrift.
- Nilsson, Lars Olof (2012a). *Att förstå fukt1*. Lund: Byggnadsmaterial (Lund Tekniska Högskola), 2012-10-24. Handout från föreläsning i kursen ”Fuktsäkerhet i byggprocessen”.
- Nilsson, Lars Olof (2012b). Lund: Byggnadsmaterial, Lund Tekniska Högskola. Privat kommunikation.
- O’Brien F.E.M. (1948). *The Control of Humidity by Saturated Salt Solutions*. London: British Electrical and Allied Industries Research Association. Artikel.
- Roman, Brita (1984). *Byggskivor, Rapport 16*. Stockholm: AB Svensk Byggtjänst.
- Sandin, Kenneth (2009). *Praktisk byggnadsfysik*. Lund: KFS AB.
- SIS, Swedish Institute for Standards (2000). *SS-EN 13009 Fukt och värmetekniska egenskaper hos byggmaterial och byggprodukter – Bestämning av fuktutvidgningskoefficient* Stockholm: SIS Förlag AB
- Sto (2012). *StoEco Board: Tekniskt faktablad*  
[http://www.sto.se/42127\\_SE-Katalog-Produkt.htm?prodId=PRODSE\\_0565](http://www.sto.se/42127_SE-Katalog-Produkt.htm?prodId=PRODSE_0565) (Hämtad 2012-11-27)
- Wadsö, Lars (2011). *Byggmaterialvetenskap: Byggnadsmaterial LTH 2011*. Lund: KFS AB.
- Wekla (2012). *Green EcoBoard*  
<http://wekla.com/se/construction/green-ecoboard.html> (Hämtad 2012-11-27)
- Åhs M (2012). Lund: Byggnadsmaterial, Lunds Tekniska Högskola. Privat kommunikation.

## Bilaga A - Utvärdering av approximativt samband för välvningen

```

% Beräkna völvning för skiva, med hjälp av 'lsqnonlin'
clc;

fprintf('*****Beräkna völvning för skiva, med hjälp av
"lsqnonlin"*****\n\n\n');

L1=input('Mata in ursprunglig skivlängd: ');

arclength=input('Mata in båglängden (ursprunglig längd +
längdförändringen): ');

f=@(theta) abs(L1/2-sin(theta)*arclength/(2*theta));

theta0=pi/10;

opt_theta=lsqnonlin(@(theta) f(theta), theta0);

R=L1/(2*sin(opt_theta));

b1=R-sqrt(R^2-(L1/2)^2);

% Beräkna völvning för skiva, med hjälp av 'lsqnonlin'

fprintf('\n*****Beräkna völvning för skiva, med hjälp av approximativt
uttryck*****\n\n\n');

L2=input('Mata in ursprunglig skivlängd: ');

c=input('Mata in båglängden (ursprunglig längd + längdförändringen): ');

b2=(c/sqrt(24*(1-L2/c)))*(1-cos(sqrt(6*(1-L2/c))));

theta=sqrt(24*(1-L2/c));

%----- Jämförelse mellan metoderna -----

theta_compare=opt_theta-theta;

fprintf('\n\nVinkelskillnad: %f', theta_compare);
fprintf(' radianer ');
fprintf(' (lsqnonlin_theta: ');
fprintf('%f)', opt_theta);
fprintf(' (approx_theta: ');
fprintf('%f)', theta);
fprintf('\n');

b_compare=b1-b2;

fprintf('\nHöjdskillnad: %f', b_compare);
fprintf(' mm ');
fprintf(' (lsqnonlin_b: ');
fprintf('%f)', b1);
fprintf(' (approx_b: ');
fprintf('%f)', b2);
fprintf('\n');

```

## Fuktrörelser i oorganiska våtrums- och vindskyddsskivor

---

### Output

\*\*\*\*\*Beräkna vlvning f^r skiva, med hjlp av "lsqnonlin"\*\*\*\*\*

Mata in ursprunglig skivl%ngd: 1000

Mata in bÅgl%ngden (ursprunglig l%ngd + l%ngdf^r%ndringen): 1003

Local minimum found.

Optimization completed because the size of the gradient is less than the default value of the function tolerance.

<stopping criteria details>

\*\*\*\*\*Beräkna vlvning f^r skiva, med hjlp av approximativt uttryck\*\*\*\*\*

Mata in ursprunglig skivl%ngd: 1000

Mata in bÅgl%ngden (ursprunglig l%ngd + l%ngdf^r%ndringen): 1003

Vinkelskillnad: -0.133903 radianer (lsqnonlin\_theta:  
0.134023) (approx\_theta: 0.267927)

H^jdskillnad: 0.015020 mm (lsqnonlin\_b: 33.556108) (approx\_b:  
33.541087)

## Bilaga B -Tekniska egenskaper i material, redovisade av tillverkare

### Ivarsson Conchip

#### Material

8, 10, 12, 16, 18, 20 och 24 mm tjocklek. Cementspånskivor tillverkade i enlighet med EN 634-2

#### Tekniska egenskaper

Volymvikt, per m <sup>3</sup>	ca 1 320 kg
Böjhållfasthet (längdriktning)	9 N/mm <sup>2</sup>
Draghållfasthet	minst 0,5 N/mm <sup>2</sup>
Tryckhållfasthet	minst 15 N/mm <sup>2</sup>
Elasticitetsmodul	minst 4 000 N/mm <sup>2</sup>
Utvidgning	1,2–1,8 % (24 timmar)
Fukttinhåll	9–13 % (vid leverans)
Värmeledningsförmåga	0,26 W/mk
Alkalitet	Ph-värde 11
Ljuddämpning vid 12 mm.	R <sub>w</sub> = 30 dB
Brand (vid 8 mm)	Klass A (B-s1,0d) enligt DS 1065-1 Klass 1 (K1 10 B-s1,d0) enligt DS 1065-2

#### Projektering

Conchip kan monteras både på trä- och stålkonstruktioner. Det är viktigt att skivorna har sitt naturliga fukttinhåll på 10 % före monteringen. Reglar placeras bakom varje skivskarv. Vid hörn, golv, innertak och andra fasta konstruktioner ska Conchip monteras med 3 mm fog per skiva. Vid montering utomhus ska avståndet vara 5 mm. Elastisk fogmassa kan användas till fogning. Ventilation ska säkras genom luftintag nedtill, kombinerat med insektskydd och ett luftuttag överst i konstruktionen. Se monteringsanvisningarna på [ivarsson.dk](http://ivarsson.dk).

#### Brand- och ljudtekniska egenskaper

Conchip är MK-godkänd, och i tjockleken 8 mm uppfyller skivan klassifikationskraven enligt klass A-material (B-s1,d01). Conchip uppfyller också kraven enligt klass 1-beklädnad (K1 10 B-s1,d0). MK-godkännandet kan beställas hos ivarsson eller laddas ned på [www.ivarsson.dk](http://www.ivarsson.dk). Konstruktionen och densiteten ger Conchip särskilt goda egenskaper när det gäller ljuddämpning på 30 dB vid 12 mm skivtjocklek.

#### Skivmått

Tjocklekar i mm	Bredder i mm	Längder i mm
6/8/10/	1200	2400/2500/
12/16/18/	1250	2600/2800/
20/24/28/		3000/3050/ 3100/3200

## StoEco Board

### Användning

- som yttre stombeklädnad (vindskyddsskiva)
- på invändiga väggar och tak

### Egenskaper

- tillverkad av magnesiumoxid
- skivorna är armerade med glasfiberväv för ökad stabilitet och hållfasthet
- obrännbar, klass A 1
- tändskyddande beklädnad ytskikt klass 1
- låg värmeutvidgningskoefficient
- diffusionsöppen
- påverkas ytterst lite av fukt eller aggressiva miljöer
- mycket små fuktrörelser
- bra ljudgenomgångsmotstånd
- mögelresistensprovning utförd av SP 2008, ingen påväxt kunde påvisas
- typgodkännandebevis 0903
- yrkeshygienisk mätning för fiber visar < 0,005 fiber/cm<sub>3</sub>

### Format

- 1200x2500 mm
- 900x2500 mm
- 1200x2700 mm
- 900x2700 mm
- 6x900x2700 mm
- andra format kan offereras.

### Tjocklek

- 6 mm, 10 mm, 12 mm

### Testvärden

Kriterium	Norm	Värde	Enhet
Densitet (+23°C)		930	kg/m <sup>3</sup>
Ånggenomgångsmotstånd	internt, skiva 12 mm	7,2 · 10 <sup>3</sup>	s/m
Ånggenomgångsmotstånd	internt, skiva 12 mm	0,19	Sd-m
Draghållfasthet	skiva 6 mm	5,4	MPa
Böjdragshållfasthet längs,	skiva 10 mm	10,4	MPa
	tvärs, skiva 10 mm	7,0	MPa
E-modul längs,	skiva 10 mm	3700	MPa
	tvärs, skiva 10 mm	3310	MPa
Kritiskt fuktillstånd	internt	96	% RF
Längdförändring mellan 65-85% RF	längs, skiva 10 mm	0,00	%
	tvärs, skiva 10 mm	0,01	%
65-30% RF	längs, skiva 10 mm	0,06	%
	tvärs, skiva 10 mm	0,07	%
Luftgenomsläpplighet		0,02	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /h
Vattenabsorption	internt	26,8	%
Värmeledningsförmåga λ	internt	0,28	W/mK
Slagtålighet		5,1	kJ/m
Brandteknisk klass RE 45	bärförmåga EN 1365-2:1999 EN 1363-1:1999	41,0	kN/regel
Brand	EN ISO 1182, EN ISO 1716 ytskikt klass 1	obrännbar A1	
Alkalitet	internt	11	pH

## Wekla Green EcoBoard

### Teknisk specifikation

Densitet (vid 23°C)	Ca 930 kg/m <sup>3</sup>
Böjdraghållfasthet	30 MPa
Elasticitetsmodul	L = 3130 MPa, B = 3520 MPa
Viktändring	65-85%, RH = 5,25%
Ljudisolering	47 dB
Slagstyrka	5,1 kJ/m
Fuktkvot	65% RH = 14,4%, 85% RH = 20,2%
Ånggenomgångsmotstånd Z	7,2 x 10 <sup>3</sup> s/m
Vattenånggenomsläpplighet m-sd	0,19
Brandklass	EI90 / 120

### Tekniska egenskaper

- Miljövänlig
- Arbetsmiljövänlig
- Brandsäker (EI90 / 120)
- Ljudisolerande
- Formstabil 0,02% = 2 mm / m
- Kan ej mögla
- Vatten- & fuktsäker
- Står emot temperaturväxlingar
- Står emot skadeinsekter
- Termiskt isolerande
- Slagtålig
- Klarar 40 kg i vertikalkraft
- Behåller sina tekniska egenskaper även efter nedfuktning

### Utförande

Green Ecoboard kan fås med följande variationer på mått:

Tjocklek: 6, 8, 10 12 mm

Längd: 2400, 2500, 2700 3000 mm

Bredd: 600, 900, 1200 mm

Skivan kan även fås som 22 mm golvskena. Specialmått enligt överenskommelse.

### Ytstruktur

Skivans ytstruktur kan fås med olika ytstrukturer, beroende på var och hur den skall användas. Den kan också fås med två olika kantfasningar.

### Konstruktion

Green Ecoboard är förstärkt med armerad glasfiber på båda sidor för bästa hållfasthet, slagåligghet och beständighet. Det innebär formstabilitet även vid omväxlande temperaturer och fuktpåfrestningar. Finns även med 3 lager förstärkt glasfiber för extra krav på hög hållfasthet.

## Honeycore Windcore

### Materialbeskrivning

WindCore Vindspärr är en skiva tillverkad av magnesitrik sedimentbergart. Stenen krossas och bränns till cement vid ca 25 % av den temperatur som krävs för utvinning av portlandcement. Cementen blandas med cellulosafiber. Glasfibernet gjutes in i ytorna för ökad styrka och hållfasthet. Produktionsmetoden möjliggör låga utsläpp av CO<sub>2</sub>. Transporter sker huvudsakligen med båt och är effektiva och miljövänliga.

Skivan är oorganisk, obrännbar och diffusionsöppen. Den är oorganisk och därmed resistent mot mögel och röta. Tack vare att en liten andel cellulosafiber är inkapslad i cementen är skivan lätt att skära med kniv och behöver inte förborras. Den kan uppta och avge fukt utan att ta skada och är diffusionsöppen vilket minskar risken för att fukt ansamlas i ytterväggskonstruktionen. Innehåller inte skadliga ämnen. Windcore rekommenderas av Byggvarubedömningen.

### Användningsområde

WindCore Vindspärr fås i en mängd längder, upp till 2,75 m och normalt 90 cm i bredd. Det är också möjligt att beställa ett helt valfritt format. Den kan med fördel användas i flera lager. WindCore Vindspärr kan användas i många konstruktioner och bakom alla fasadmaterial – både i nybyggnation och i tilläggsisolering.

### Tekniska data

Bredd	900 mm
Längd	1200-2750 mm
Tjocklek	6,8,10 mm
Ytvikt	6,8,10 mm
Böjstyrka enl. EN 12467	14 MPa
Fuktinnehåll	8 %
Dimensionsstabilitet enl. EN1604	< 0,2 %
Ytskiktsslag, brand enl. EN1182	Klass A2

## Fermacell

### CE-märkning

Fermacell fibergips

EN 15283-2  
ETA-03/0050

GF-I W2-C1

### Dimensionstoleranser

Längd, bredd

EN 15283-2

+ 0 ÷ 2 mm

Avvikelse från rätvinklighet

EN 15283-2

≤ 2 mm

Tjocklek: 10 / 12,5 / 15 / 18

EN 15283-2

C1(± 0,2 mm)

### Produktgenskaper

Densitet

EN 323

1150 ± 50 kg/m<sup>3</sup>

Diffusionsmotståndsfaktor  $\mu$

EN ISO 12572

13

Ånggenomgångsmotstånd (12,5 mm)

EN ISO 12572

5864 s/m

Värmeledningsförmåga  $\lambda$

EN 124664

0,32 W/mK

Specifik värmekapacitet c

EN 124664

1,1 kJ/kgK

Brinell hårdhet

DIN 1168-2

30 N/mm<sup>2</sup>

Tjocklekssvällning, 24 timmar i vatten

DIN 1168-2

< 2 %

Vattenabsorption i ytskikt

EN 15283-2

W2 (<1500 g/m<sup>2</sup>)

Termisk längdutvidgning

EN 15283-2

0,001%/K

Krympning/svällning vid ändring av relativ fuktighet (20 °C)

EN 318

1,25mm/m

Jämviktshalten vid 20 °C / 65% Relativ luftfuktighet

EN 322

1,30%

Beklädnad (10 mm)

EN 13501-2

K1 10

Materialklass

EN 13501-1

A2-s1,d0

pH-värde

EN 13501-1

7 - 8

Slagtålighet

EN 15283-2 (EN1128)

I (11 mm/mm)

### Karakteristiska styvhetsvärden i N/mm<sup>2</sup> enligt ETA-03/0050

Elasticitetsmodul böjning  $E_{m,mean}$

ETA-03/0050

3800

Elasticitetsmodul skjuvmodul  $G_{mean}$

ETA-03/0050

1600

Vid skivverkan:

Elasticitetsmodul böjning  $E_{m,mean}$

ETA-03/0050

3800

Elasticitetsmodul drag  $E_{t,mean}$

ETA-03/0050

3800

Elasticitetsmodul tryck  $E_{t,mean}$

ETA-03/0050

3800

Elasticitetsmodul skjuvmodul  $G_{mean}$

ETA-03/0050

1600

### Karakteristiska hållfasthetsvärden i N/mm<sup>2</sup> enligt ETA-03/0050

Böjning  $f_{m,k}$

ETA-03/0050

**Skivtjocklek**  
**10 12,5 15 18**

Skjuvning  $f_{v,k}$

ETA-03/0050

4,6 4,3 4 3,6

Vid skivverkan:

Böjning  $f_{m,k}$

ETA-03/0050

1,9 1,8 1,7 1,6

Drag  $f_{t,k}$

ETA-03/0050

4,3 4,2 4,1 4

Tryck  $f_{c,k}$

ETA-03/0050

2,5 2,4 2,4 2,3

Skjuvning  $f_{v,k}$

ETA-03/0050

8,5 8,5 8,5 8,5

ETA-03/0050

3,7 3,6 3,5 3,4

Med hänvisning till ETA-03/0050 och EN 15283-2

**FERMACELL Scandinavia**

www.fermacell.se



**Gyproc Glasroc H Ocean (GHO/GHOE13) / Gyproc Glasroc H Storm (GHS/GHSE9)**

**Toleranser och styrkor**

Produkter	Glasroc GHO/ GHOE 13	Glasroc GHS/ GHSE 9	Glasroc F GFF 15 FireCase	Glasroc F GFF 20 FireCase	Glasroc F GFF 25 FireCase	Glasroc F GFF 30 FireCase
<b>Tjocklek (mm)</b>	12,5	9,5	15,0	20,0	25,0	30,0
tolerans	±0,4	±0,4	±0,7	±0,8	±1,0	±1,2
<b>Bredd (mm)</b>	900/1200	900/1200	1200	1200	1200	1200
tolerans	+0/-3	+0/-3	+0/-4	+0/-4	+0/-4	+0/-4
<b>Längd (mm)</b>						
tolerans	+0/-4	+0/-4	+0/-5	+0/-5	+0/-5	+0/-5
<b>Avvikelse från rätvinklighet per 600 mm bredd</b>						
tolerans	1,0	1,0	1,5	1,5	1,5	1,5
(mm)						
<b>Vikt (kg/m<sup>2</sup>)</b>	10,0	7,6	12,8	17,0	21,3	25,5
tolerans	+0,6/-0,2	+0,6/-0,2	+1,4/-1,0	+1,7/-1,2	+2,1/-1,4	+2,3/1,6
<b>Böjhållfasthet (MPa)</b>						
Längs	6,0	7,9	5,0	3,8	3,0	2,5
Tvärs	4,0	3,1	2,0	1,5	1,2	1,0
<b>Fysiska egenskaper</b>						
<b>Brandegenskaper</b>						
Tändskyddande beklädnad	X	X	X	X	X	X
Euroclass A2-s1,d0 (motsv. klass I)	X	X				
Euroclass A1			X	X	X	X
<b>Verkan av fukt</b>						
Ånggenomgångsmotstånd (s/m)	ca 4 · 10 <sup>3</sup>	ca 4 · 10 <sup>3</sup>	ca 6 · 10 <sup>3</sup>	ca 8 · 10 <sup>3</sup>	ca 10 · 10 <sup>3</sup>	ca 12 · 10 <sup>3</sup>
Längdändring mellan RF 40-90 % (mm/m)	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2

## Fuktrörelser i oorganiska våtrums- och vindskyddsskivor

---

<b>Termiska egenskaper</b>						
Värmemotstånd (m <sup>2</sup> C°/W)	0,06	0,04	0,05	0,07	0,08	0,10
Längdut- vidgnings- koefficient (mm/K)	25 · 10 <sup>-6</sup>	25 · 10 <sup>-6</sup>	25 · 10 <sup>-6</sup>	25 · 10 <sup>-6</sup>	25 · 10 <sup>-6</sup>	25 · 10 <sup>-6</sup>
<b>Täthet</b>						
Luftgenom- släpplighet (m/s Pa)	0,2 · 10 <sup>-6</sup>	0,2 · 10 <sup>-6</sup>	–	–	–	–

**Knauf Danogips Humidboard 2.0****Mått**

Benämning	13	mm
Produktionsmått	12,5	mm
<b>Bredd</b>		
Standardbredd	900	mm
<b>Toleranser</b>		
Tjocklek	-	mm
Bredd	+0/-3	mm
Längd	+0/-5	mm
Långkantsavvikelse, parallellitet	-	
Avvikelse från rätvinklighet	2,5	mm/m

**Vikt**

<b>Produktionsvikt</b>		
Produktionsvikt	9,0	kg/m <sup>2</sup>
<b>Densitet</b>		
Densitet	720	kg/m <sup>3</sup>
<b>Tolerans</b>		
Tolerans för vikt	+0,3/-0,3	kg/m <sup>2</sup>

**Hållfasthet**

<b>Böjbrottlast</b>		
Längdriktning	>537,5	N
Tvåriktning	>210	N
<b>Elasticitetsmodul</b>		
Längdriktning	-	GPa
Tvåriktning	-	GPa
<b>Tryckhållfasthet</b>		
Tryckhållfasthet	-	MPa

**Värme & Brand**

<b>Värmemotstånd</b>		
Rp	-	m <sup>2</sup> C/W
<b>Högsta tillåtna temperatur</b>		
5- 10 minuter	120	C
Ständigt	45	C
<b>Längdutvidgning</b>		
Längdutvidgning	<= 2	mm/m
<b>Brand</b>		
Brandteknisk materialklass	A2-s1,d0	-

## Fuktrörelser i oorganiska våtrums- och vindskyddsskivor

---

### Fukt

Ånggenomgångsmotstånd		
Ånggenomgångsmotståndsfaktor	10	-
Längdändring		
Längdändring	$\leq 2$	mm/m
Vattenabsorption		
Vattenabsorption	$<5$	%
Kritiskt fukttillstånd		
Ingen mikrobiell tillväxt kan påvisas under 28 dygn i klimat med 95% RF och 22°C, enligt SP metod 2899.	95	% RF

### Täthet

Luftgenomsläpplighet		
Luftgenomsläpplighet	-	$m^3/m^2sPa$

## Bilaga C - Fuktkvot, fukthalt och skrymdensitet för materialen

Skivtyp	Tjocklek (mm)	Initial massa 0 d (g)	Massa 1 d (g)	Massa 2 d (g)	Massa 3 d (g)	Massa 4 d (g)	Massa 5 d (g)	Massa 6 d (g)	Massa 7 d (g)	Massa 8 d (g)	Massa 9 d (g)	Massa 10 d (g)	Fuktkvot (%)	Skrymdensitet (kg/m <sup>3</sup> )	Fukthalt, w (kg/m <sup>3</sup> )
Honeycore Windcore	8	42,82	37,069	36,871	36,827	36,799	36,697	36,680	36,560	36,510	36,500	-	17,3%	938,715	162,539
Fermacell Fibergips*	12,5	45,679	45,368	45,343	45,335	45,336	-	-	-	-	-	-	0,8%	1198,339	9,093
Wekla Green EcoBoard	12	26,112	21,852	21,802	21,736	-	21,670	21,650	21,642	21,632	21,630	21,634	20,7%	766,385	158,633
Formplywood	12	9,395	8,713	8,689	8,691	-	-	-	-	-	-	-	8,1%	565,475	45,805
Gyproc Glasroc H Ocean*	12,5	22,32	22,298	22,290	22,290	-	-	-	-	-	-	-	0,1%	794,399	1,069
Ivarsson Conchip	12	90,612	81,642	81,472	81,489	-	-	-	-	-	-	-	11,2%	1217,547	136,309
Danogips Humidboard 2.0*	12,5	27,837	27,805	27,796	27,793	27,793	-	-	-	-	-	-	0,2%	713,624	1,130
Gyproc Storm*	9,5	21,734	21,708	21,708	21,708	-	-	-	-	-	-	-	0,1%	812,654	0,973
StoEco Board	12	35,765	31,432	31,319	31,296	31,25	31,207	31,19	31,14	31,064	31,06	-	15,1%	741,084	112,260



**Bilaga E- Längdändring vid 11 % RF**

<b>Skivtyp</b>	<b>Initiell RF</b>		<b>2012-11-09</b>		
	<b>Torrsvikt (kg)</b>	<b>Vikt provkropp (kg)</b>	<b>Fuktkvot (%)</b>	<b>Fukthalt (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Mått på klocka</b>
Honeycore Windcore	0,689	0,814	18,20%	170,84	2557
Fermacell Fibergips	1,271	1,282	0,81%	9,67	2329,5
Wekla Green EcoBoard	0,824	1,039	26,11%	200,09	1479,5
Formplywood	0,611	0,665	8,81%	49,82	1878,5
Gyproc Glasroc H Ocean	0,893	0,894	0,10%	0,78	1221
Ivarsson Conchip	1,310	1,475	12,61%	153,47	1076
Danogips Humidboard 2.0	0,802	0,803	0,20%	1,46	1010,5
Gyproc Storm	0,694	0,695	0,11%	0,87	301
StoEco Board	0,805	0,929	15,42%	114,27	918

<b>Skivtyp</b>	<b>13,8 % RF</b>		<b>2012-11-16</b>		
	<b>Vikt provkropp (kg)</b>	<b>Fuktkvot (%)</b>	<b>Fukthalt (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Mått på klocka</b>	<b>ΔL initial RF (mm/m)</b>
Honeycore Windcore	0,802	16,36%	153,57	2326	1,16
Fermacell Fibergips	1,275	0,28%	3,39	2270	0,30
Wekla Green EcoBoard	0,953	15,69%	120,24	1391	0,44
Formplywood	0,659	7,88%	44,55	1818,5	0,30
Gyproc Glasroc H Ocean	0,893	0,03%	0,22	1200	0,11
Ivarsson Conchip	1,426	8,86%	107,85	814	1,32
Danogips Humidboard 2.0	0,803	0,13%	0,96	991	0,10
Gyproc Storm	0,694	0,04%	0,35	285	0,08
StoEco Board	0,913	13,42%	99,46	636,5	1,41

<b>Skivtyp</b>	<b>12,0 % RF</b>		<b>2012-11-23</b>		
	<b>Vikt provkropp (kg)</b>	<b>Fuktkvot (%)</b>	<b>Fukthalt (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Mått på klocka</b>	<b>ΔL initial RF (mm/m)</b>
Honeycore Windcore	0,800	16,11%	151,23	2281,0	1,39
Fermacell Fibergips	1,274	0,22%	2,66	2263,0	0,33
Wekla Green EcoBoard	0,950	15,30%	117,27	1268,5	1,06
Formplywood	0,656	7,34%	41,48	1787,0	0,46
Gyproc Glasroc H Ocean	0,893	0,02%	0,17	1189,0	0,16
Ivarsson Conchip	1,412	7,75%	94,31	744,5	1,67
Danogips Humidboard 2.0	0,803	0,13%	0,90	987,5	0,12
Gyproc Storm	0,694	0,03%	0,24	284,0	0,09
StoEco Board	0,911	13,15%	97,44	590,0	1,65

## Fuktrörelser i oorganiska våtrums- och vindskyddsskivor

Skivtyp	11,4 % RF	2012-11-30		Mått på klocka	$\Delta L$ initial RF (mm/m)
	Vikt provkropp (kg)	Fuktkvot (%)	Fukthalt (kg/m <sup>3</sup> )		
Honeycore Windcore	0,799	16,03%	150,44	2270	1,44
Fermacell Fibergips	1,274	0,21%	2,53	2261	0,34
Wekla Green EcoBoard	0,949	15,21%	116,59	1261	1,10
Formplywood	0,654	7,01%	39,66	1761	0,59
Gyproc Glasroc H Ocean	0,893	0,02%	0,13	1171	0,25
Ivarsson Conchip	1,407	7,36%	89,59	713	1,82
Danogips Humidboard 2.0	0,803	0,13%	0,93	979	0,16
Gyproc Storm	0,694	0,04%	0,30	285	0,08
StoEco Board	0,910	13,06%	96,76	578	1,71

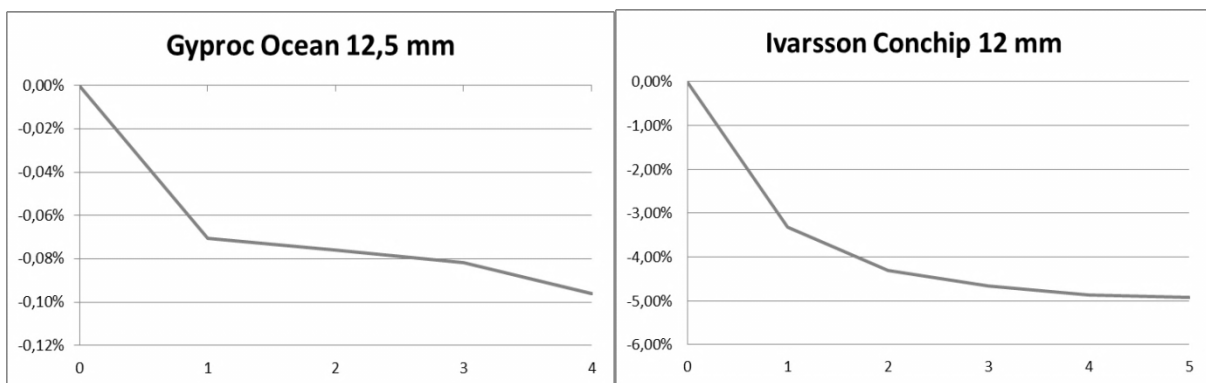
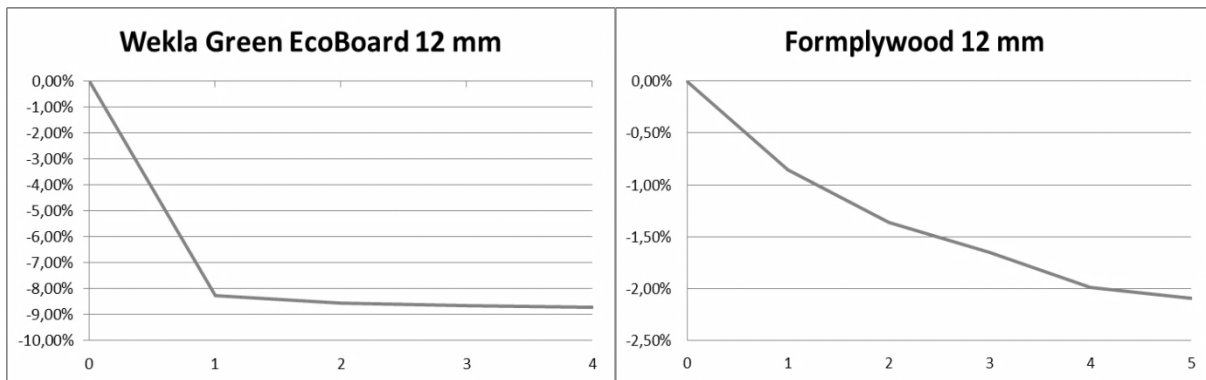
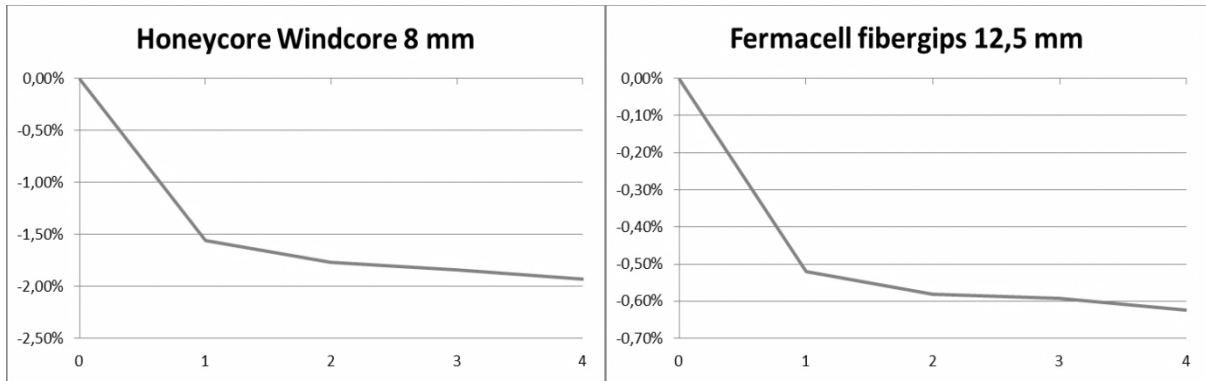
Skivtyp	11 % RF	2012-12-10		Mått på klocka	$\Delta L$ initial RF (mm/m)
	Vikt provkropp (kg)	Fuktkvot (%)	Fukthalt (kg/m <sup>3</sup> )		
Honeycore Windcore	0,799	15,92%	149,49	2248,0	1,55
Fermacell Fibergips	1,274	0,18%	2,15	2256,0	0,37
Wekla Green EcoBoard	0,949	15,13%	115,95	1255,0	1,13
Formplywood	0,651	6,65%	37,59	1739,0	0,70
Gyproc Glasroc H Ocean	0,893	0,04%	0,28	1169,0	0,26
Ivarsson Conchip	1,403	7,12%	86,70	693,5	1,92
Danogips Humidboard 2.0	0,803	0,12%	0,83	973,0	0,19
Gyproc Storm	0,694	0,03%	0,25	281,0	0,10
StoEco Board	0,909	12,95%	95,96	555,5	1,82

Skivtyp	11 % RF	2012-12-14		Mått på klocka	$\Delta L$ initial RF (mm/m)
	Vikt provkropp (kg)	Fuktkvot (%)	Fukthalt (kg/m <sup>3</sup> )		
Formplywood	0,651	6,54%	36,97	1731	0,74
Ivarsson Conchip	1,403	7,07%	86,04	687,5	1,95

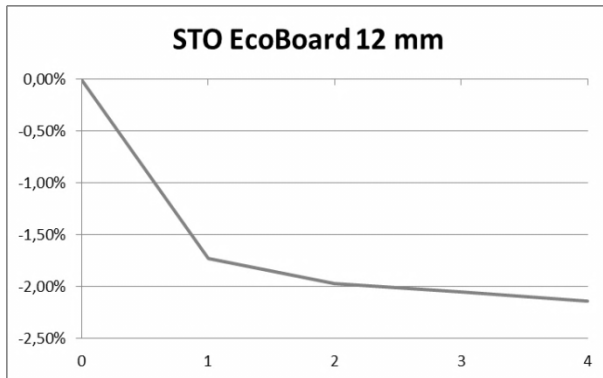
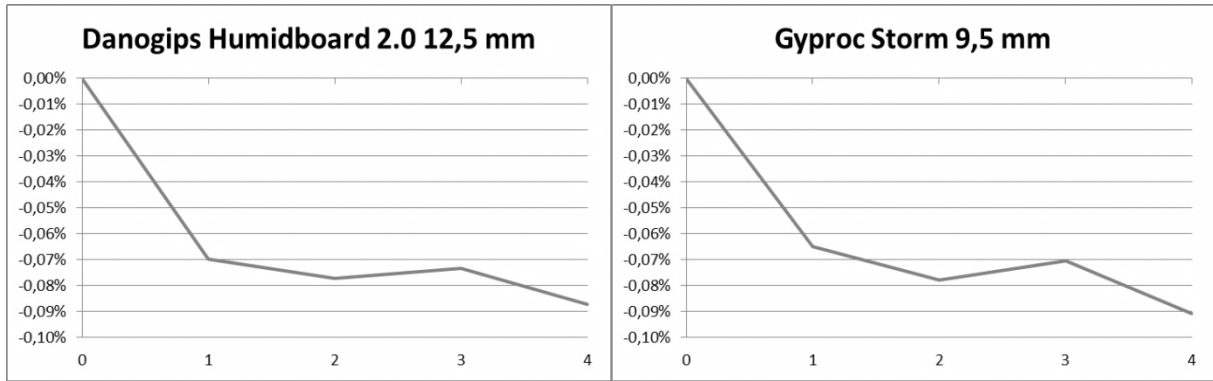


# Fuktrörelser i oorganiska våtrums- och vindskyddsskivor

Viktändring från initieff RF (%), som funktion av tiden (veckor).

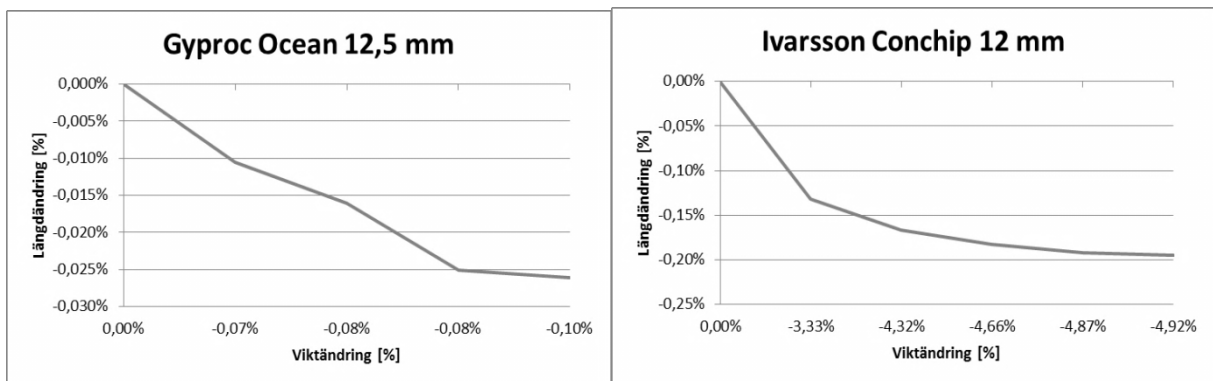
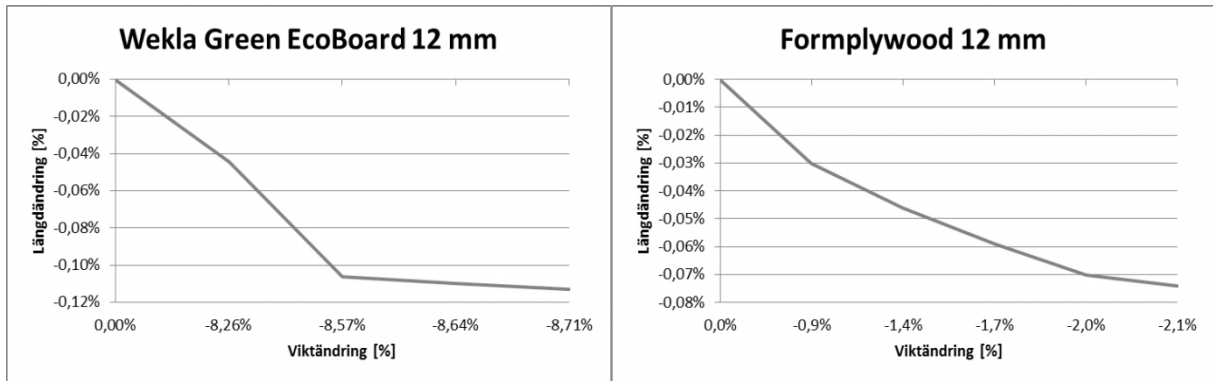
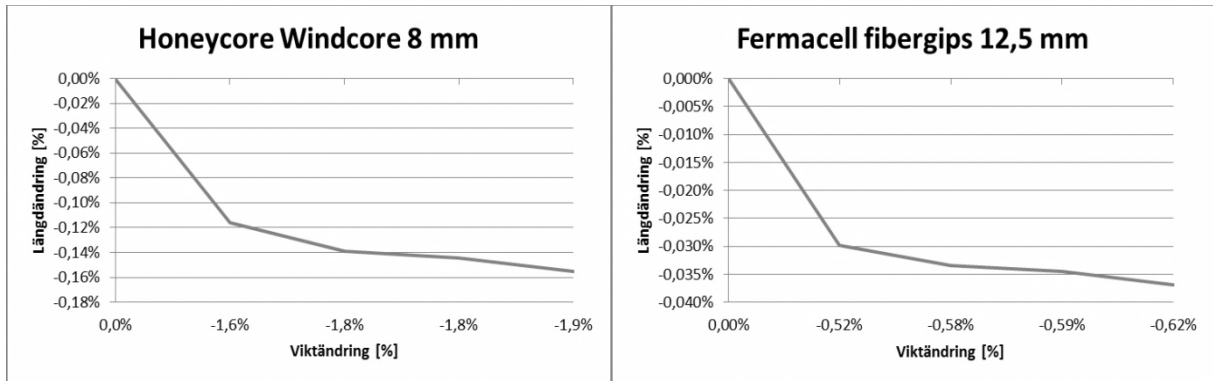


## Fuktrörelser i oorganiska våtrums- och vindsyddsskivor

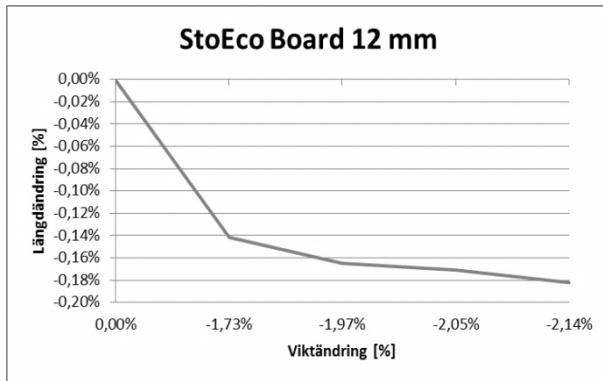
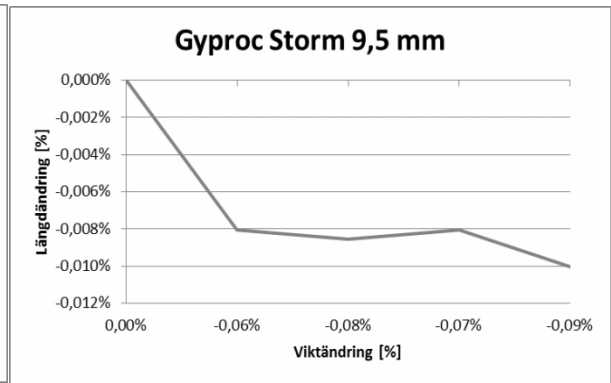
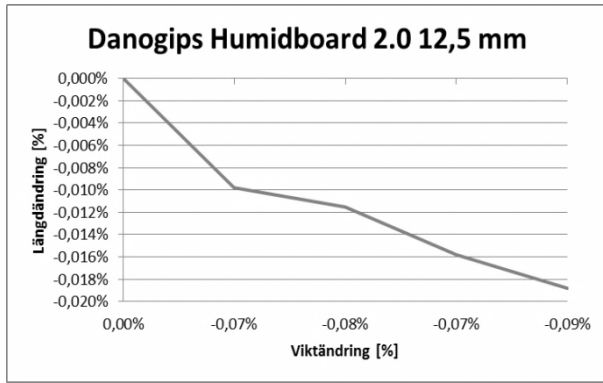


# Fuktrörelser i oorganiska våtrums- och vindskyddsskivor

Längdändring (%) från initieff RF, som funktion av viktändring (%).



# Fuktrörelser i oorganiska våtrums- och vindsyddsskivor



**Bilaga F – Längdändring vid 55 % RF**

Skivtyp	55 % RF	2012-12-14	Fukthalt (kg/m <sup>3</sup> )	Mått på klocka	ΔL 11% RF (mm/m)
	Vikt provkropp (kg)	Fuktkvot (%)			
Honeycore Windcore	0,810	17,56%	164,87	2482	1,18
Fermacell Fibergips	1,282	0,87%	10,42	2348,5	0,46
Wekla Green EcoBoard	1,008	22,31%	170,97	1479,5	1,13
Formplywood	-	-	-	-	-
Gyproc Glasroc H Ocean	0,894	0,11%	0,88	1191,5	0,11
Ivarsson Conchip	-	-	-	-	-
Danogips Humidboard 2.0	0,804	0,23%	1,67	1003	0,15
Gyproc Storm	0,695	0,11%	0,93	299,5	0,09
StoEco Board	0,928	15,26%	113,11	875,5	1,61

Skivtyp	55 % RF	2012-12-21	Fukthalt (kg/m <sup>3</sup> )	Mått på klocka	ΔL 11% RF (mm/m)
	Vikt provkropp (kg)	Fuktkvot (%)			
Honeycore Windcore	0,810	17,61%	165,28	2489	1,21
Fermacell Fibergips	1,282	0,87%	10,43	2349,5	0,47
Wekla Green EcoBoard	1,006	22,16%	169,82	1476	1,11
Formplywood	0,660	8,10%	45,82	1814,5	0,42
Gyproc Glasroc H Ocean	0,894	0,11%	0,87	1190	0,11
Ivarsson Conchip	1,442	10,07%	122,58	915,5	1,15
Danogips Humidboard 2.0	0,804	0,24%	1,72	996,5	0,12
Gyproc Storm	0,695	0,11%	0,87	299,5	0,09
StoEco Board	0,929	15,38%	114,00	876	1,61

Skivtyp	55 % RF	2013-01-04	Fukthalt (kg/m <sup>3</sup> )	Mått på klocka	ΔL 11% RF (mm/m)
	Vikt provkropp (kg)	Fuktkvot (%)			
Honeycore Windcore	0,811	17,65%	165,67	2495	1,24
Fermacell Fibergips	1,282	0,87%	10,46	2349	0,47
Wekla Green EcoBoard	1,006	22,13%	169,57	1434	0,90
Formplywood	0,665	8,96%	50,64	1879	0,74
Gyproc Glasroc H Ocean	0,894	0,11%	0,85	1190	0,11
Ivarsson Conchip	1,453	10,87%	132,30	939,5	1,27
Danogips Humidboard 2.0	0,804	0,24%	1,72	999	0,13
Gyproc Storm	0,695	0,11%	0,87	299	0,09
StoEco Board	0,930	15,55%	115,27	880	1,63

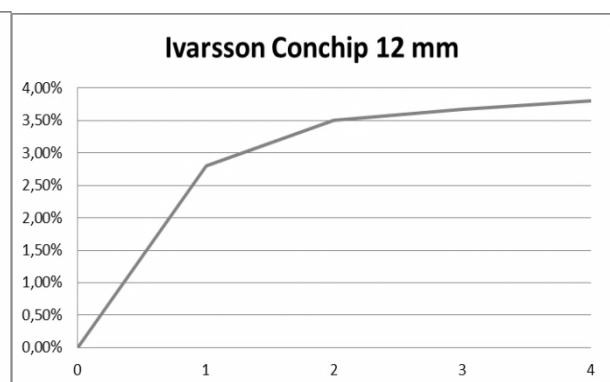
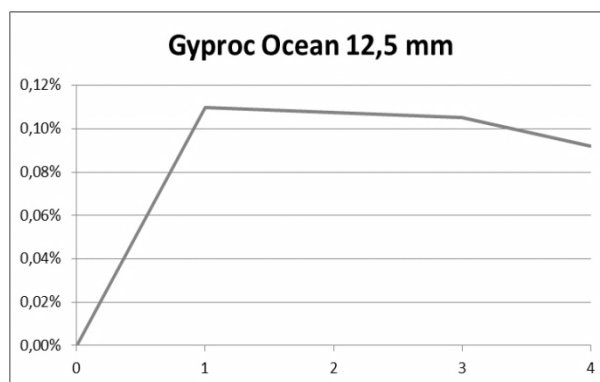
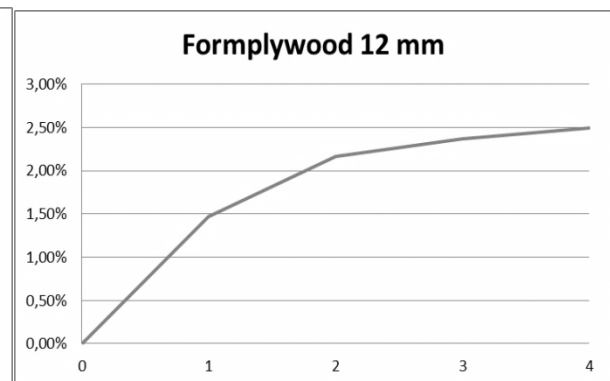
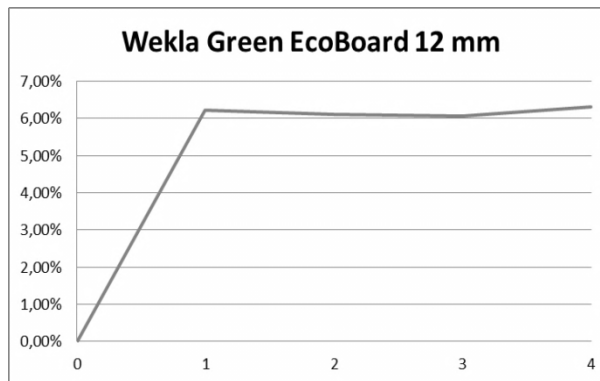
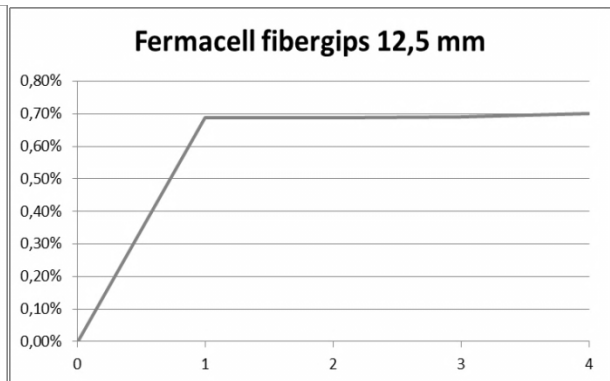
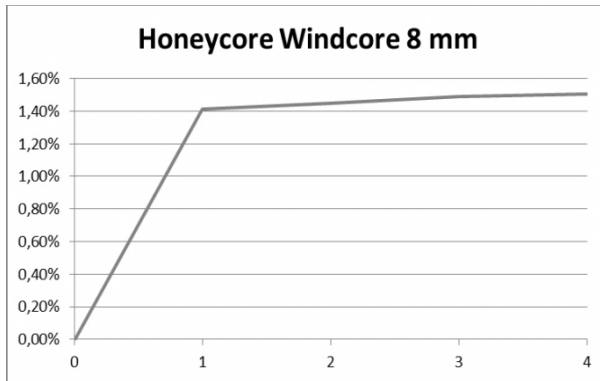
## Fuktrörelser i oorganiska våtrums- och vindsyddsskivor

<b>Skivtyp</b>	55 % RF	<b>2013-01-11</b>			
	<b>Vikt provkropp (kg)</b>	<b>Fuktkvot (%)</b>	<b>Fukthalt (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Mått på klocka</b>	<b>ΔL 11% RF (mm/m)</b>
Honeycore Windcore	0,811	17,67%	165,88	2496	1,25
Fermacell Fibergips	1,283	0,88%	10,58	2349	0,47
Wekla Green EcoBoard	1,009	22,41%	171,72	1410	0,78
Formplywood	0,667	9,17%	51,86	1891	0,80
Gyproc Glasroc H Ocean	0,894	0,09%	0,74	1189	0,10
Ivarsson Conchip	1,455	11,06%	134,61	939	1,26
Danogips Humidboard 2.0	0,804	0,25%	1,77	998	0,13
Gyproc Storm	0,695	0,10%	0,81	296	0,08
StoEco Board	0,931	15,63%	115,83	878	1,62

<b>Skivtyp</b>	55 % RF	<b>2013-01-18</b>			
	<b>Vikt provkropp (kg)</b>	<b>Fuktkvot (%)</b>	<b>Fukthalt (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Mått på klocka</b>	<b>ΔL 11% RF (mm/m)</b>
Formplywood	0,668	9,31%	52,66	1900	0,85
Ivarsson Conchip	1,457	11,19%	136,30	936	1,25

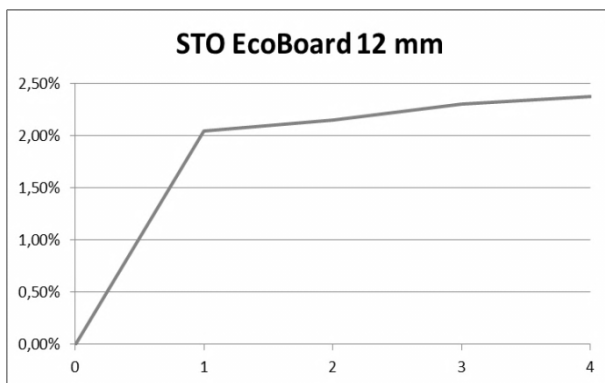
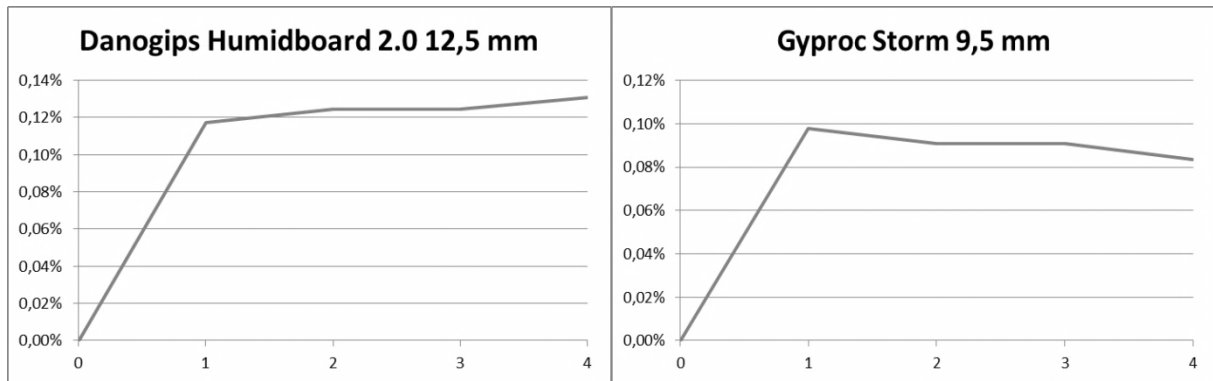
# Fuktrörelser i oorganiska våtrums- och vindsyddsskivor

Viktändring från 11 % RF (%), som funktion av tiden (veckor).



## Fuktrörelser i oorganiska våtrums- och vindsyddsskivor

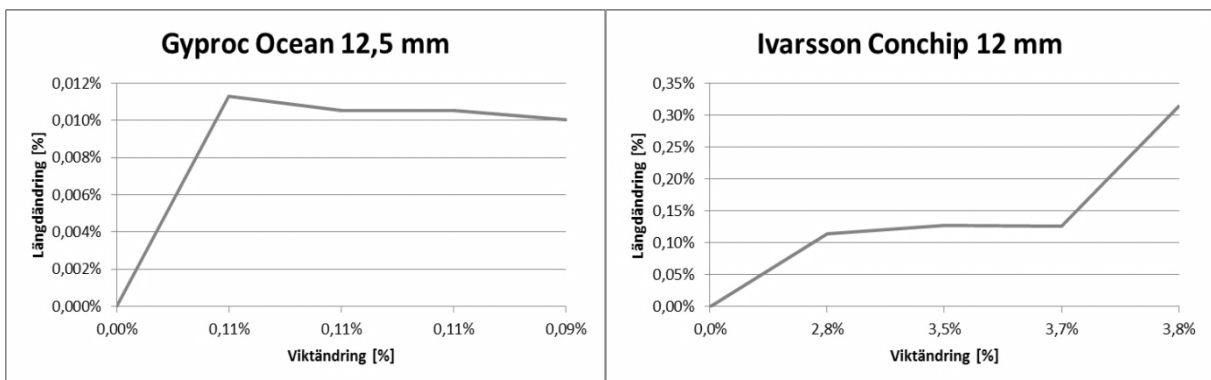
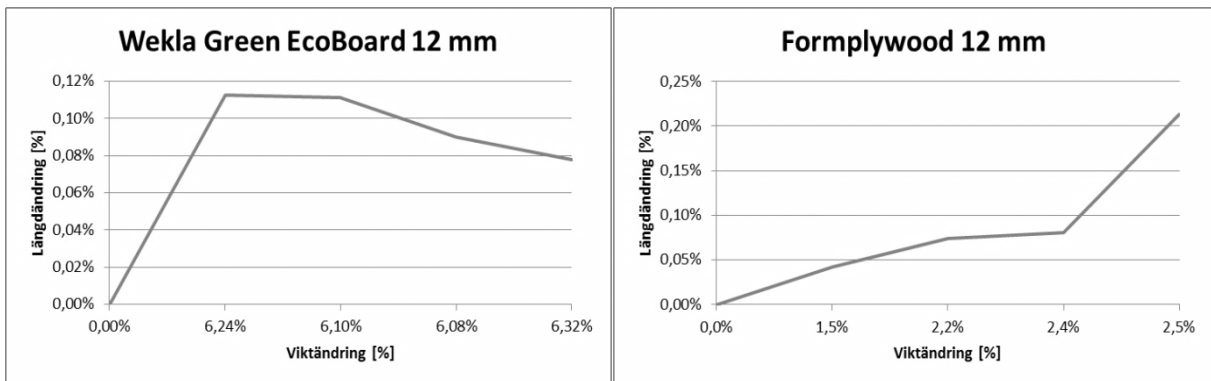
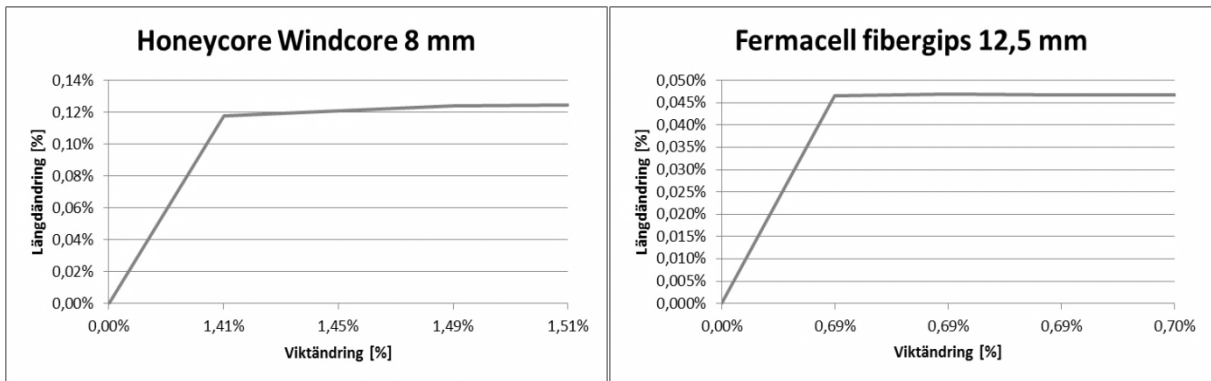
---



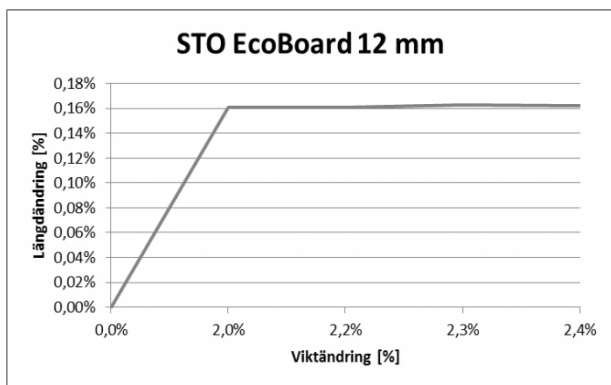
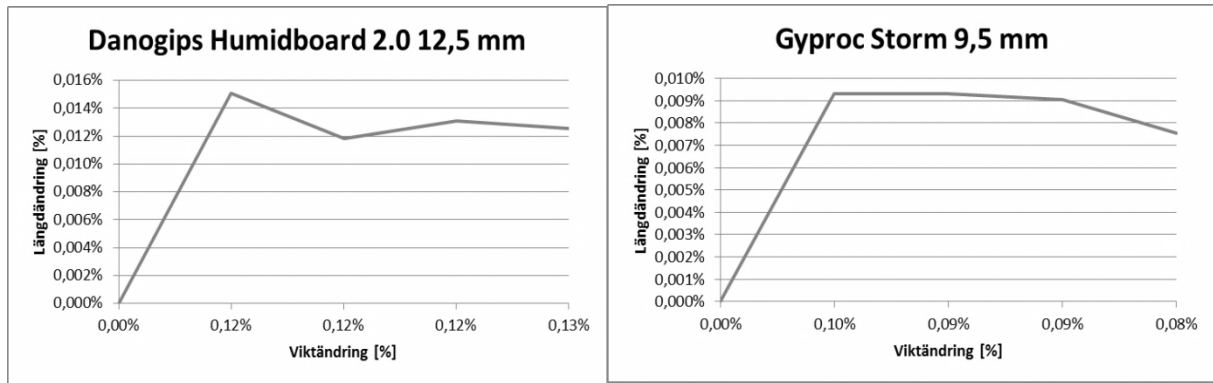


# Fuktrörelser i oorganiska våtrums- och vindskyddsskivor

Längdändring (%) från 11 % RF, som funktion av viktändring (%).



## Fuktrörelser i oorganiska våtrums- och vindsyddsskivor



**Bilaga G - Längdändring vid 75 % RF**

75 % RF		2013-01-18				
Skivtyp	Vikt provkropp (kg)	Fuktkvot (%)	Fukthalt (kg/m <sup>3</sup> )	Mått på klocka	ΔL 11% RF (mm/m)	ΔL 55% RF (mm/m)
Honeycore Windcore	0,824	19,58%	183,79	2530	1,42	0,17
Fermacell Fibergips	1,288	1,28%	15,38	2390	0,67	0,21
Wekla Green EcoBoard	-	-	-	-	-	-
Formplywood	-	-	-	-	-	-
Gyproc Glasroc H Ocean	0,894	0,15%	1,23	1190	0,11	0,01
Ivarsson Conchchip	-	-	-	-	-	-
Danogips Humidboard 2.0	0,805	0,36%	2,55	1016	0,22	0,09
Gyproc Storm	0,695	0,17%	1,36	303	0,11	0,04
StoEco Board	0,953	18,43%	136,59	935,5	1,91	0,29

75 % RF		2013-01-25				
Skivtyp	Vikt provkropp (kg)	Fuktkvot (%)	Fukthalt (kg/m <sup>3</sup> )	Mått på klocka	ΔL 11% RF (mm/m)	ΔL 55% RF (mm/m)
Honeycore Windcore	0,824	19,60%	183,97	2534	1,44	0,19
Fermacell Fibergips	1,288	1,30%	15,58	2392	0,68	0,22
Wekla Green EcoBoard	1,052	27,72%	212,45	1467	1,07	0,29
Formplywood	0,675	10,52%	59,50	1939	1,05	0,20
Gyproc Glasroc H Ocean	0,894	0,15%	1,19	1189	0,10	0,00
Ivarsson Conchchip	1,473	12,44%	151,49	999	1,57	0,32
Danogips Humidboard 2.0	0,805	0,36%	2,60	1016	0,22	0,09
Gyproc Storm	0,695	0,16%	1,33	304	0,12	0,04
StoEco Board	0,951	18,08%	133,98	941	1,94	0,32

75 % RF		2013-02-01				
Skivtyp	Vikt provkropp (kg)	Fuktkvot (%)	Fukthalt (kg/m <sup>3</sup> )	Mått på klocka	ΔL 11% RF (mm/m)	ΔL 55% RF (mm/m)
Honeycore Windcore	0,824	19,66%	184,55	2539	1,46	0,22
Fermacell Fibergips	1,288	1,31%	15,74	2394	0,69	0,23
Wekla Green EcoBoard	1,058	28,41%	217,73	1472	1,09	0,31
Formplywood	0,679	11,21%	63,40	1957	1,14	0,29
Gyproc Glasroc H Ocean	0,894	0,16%	1,24	1184	0,08	-0,03
Ivarsson Conchchip	1,478	12,82%	156,13	1010	1,62	0,37
Danogips Humidboard 2.0	0,805	0,36%	2,59	1015	0,21	0,09
Gyproc Storm	0,695	0,16%	1,33	304	0,12	0,04
StoEco Board	0,951	18,10%	134,14	948	1,97	0,35

## Fuktrörelser i oorganiska våtrums- och vindskyddsskivor

75 % RF      2013-02-08

Skivtyp	Vikt provkropp (kg)	Fuktkvot (%)	Fukthalt (kg/m <sup>3</sup> )	Mått på klocka	ΔL 11% RF (mm/m)	ΔL 55% RF (mm/m)
Honeycore Windcore	0,825	19,70%	184,94	2541	1,47	0,23
Fermacell Fibergips	1,288	1,33%	15,91	2396	0,70	0,24
Wekla Green EcoBoard	1,060	28,61%	219,24	1475	1,11	0,33
Formplywood	0,682	11,64%	65,80	1968	1,19	0,34
Gyproc Glasroc H Ocean	0,894	0,16%	1,24	1184	0,08	-0,03
Ivarsson Conchchip	1,480	12,99%	158,14	1016	1,65	0,40
Danogips Humidboard 2.0	0,805	0,37%	2,61	1016	0,22	0,09
Gyproc Storm	0,695	0,16%	1,33	305	0,12	0,05
StoEco Board	0,951	18,10%	134,12	952	1,99	0,37

75 % RF      2013-02-15

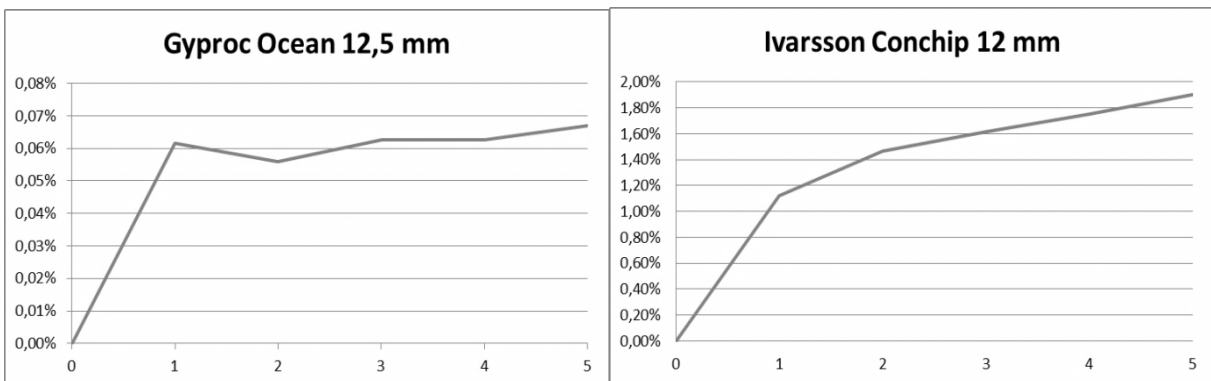
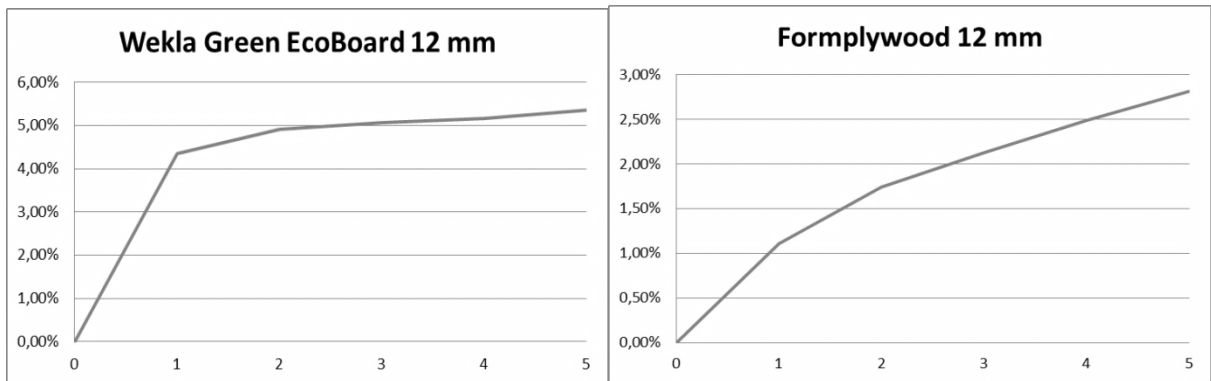
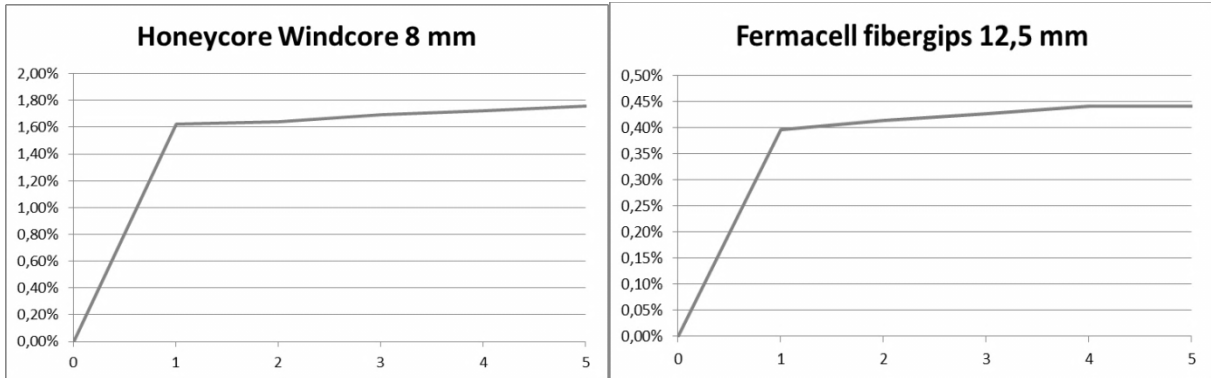
Skivtyp	Vikt provkropp (kg)	Fuktkvot (%)	Fukthalt (kg/m <sup>3</sup> )	Mått på klocka	ΔL 11% RF (mm/m)	ΔL 55% RF (mm/m)
Honeycore Windcore	0,825	19,74%	185,32	2542	1,48	0,23
Fermacell Fibergips	1,288	1,33%	15,92	2396	0,70	0,24
Wekla Green EcoBoard	1,061	28,72%	220,14	1477	1,12	0,34
Formplywood	0,684	12,03%	68,05	1975	1,23	0,38
Gyproc Glasroc H Ocean	0,894	0,16%	1,28	1183	0,07	-0,03
Ivarsson Conchchip	1,482	13,14%	160,00	1018	1,66	0,41
Danogips Humidboard 2.0	0,805	0,38%	2,70	1015	0,21	0,09
Gyproc Storm	0,695	0,15%	1,26	305	0,12	0,05
StoEco Board	0,950	18,05%	133,74	955	2,01	0,39

75 % RF      2013-02-22

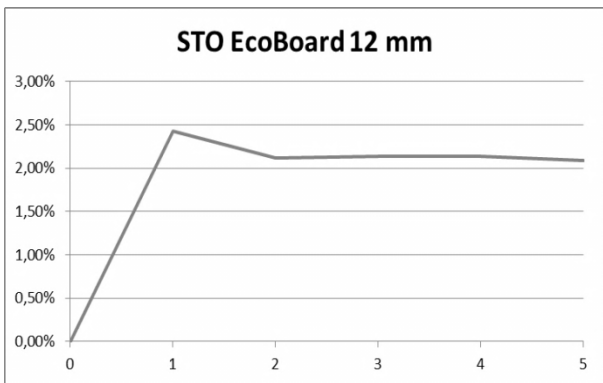
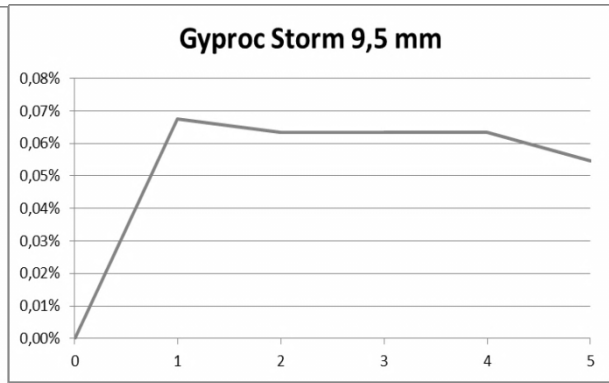
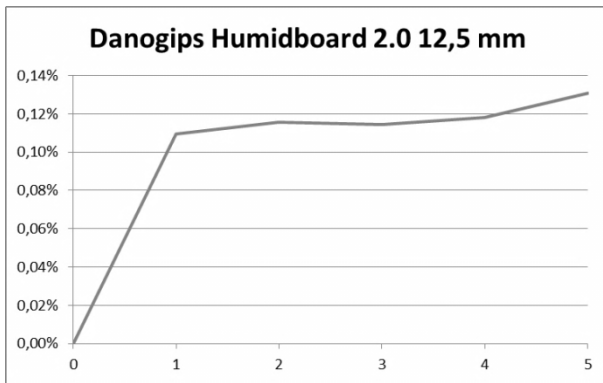
Skivtyp	Vikt provkropp (kg)	Fuktkvot (%)	Fukthalt (kg/m <sup>3</sup> )	Mått på klocka	ΔL 11% RF (mm/m)	ΔL 55% RF (mm/m)
Formplywood	0,686	12,39%	70,07	1981	1,26	0,41
Ivarsson Conchchip	1,485	13,31%	162,04	1019	1,67	0,42
Wekla Green EcoBoard	1,06247	29,76%	228,05	1479	1,13	0,35

# Fuktrörelser i oorganiska våtrums- och vindskyddsskivor

Viktändring från 55 % RF (%), som funktion av tiden (veckor).

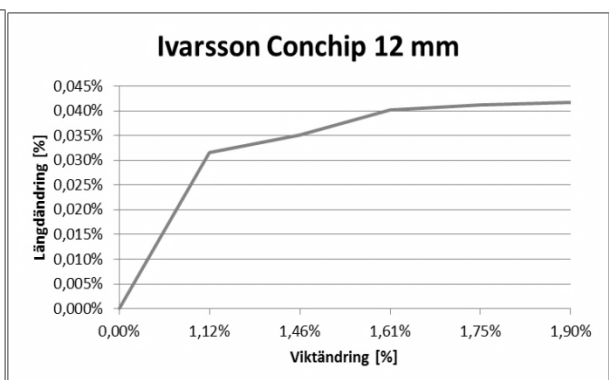
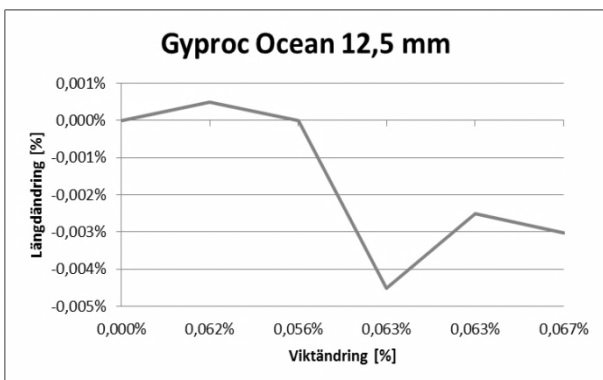
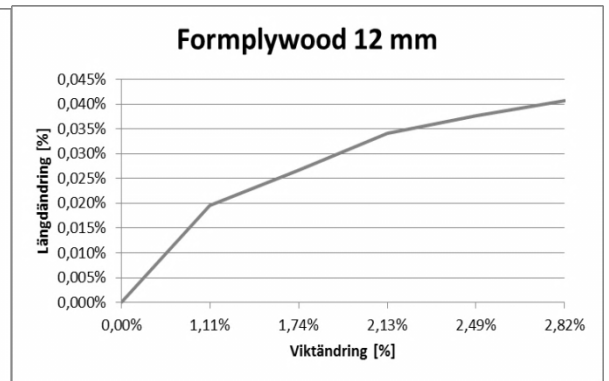
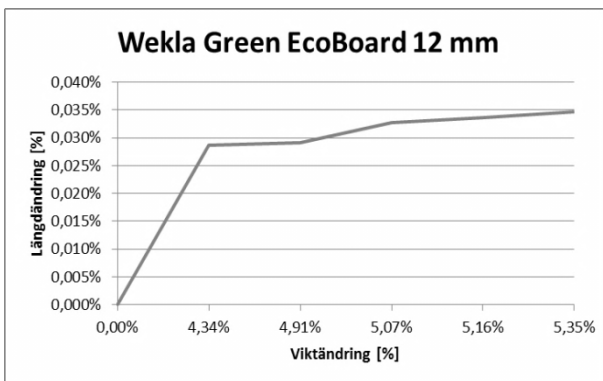
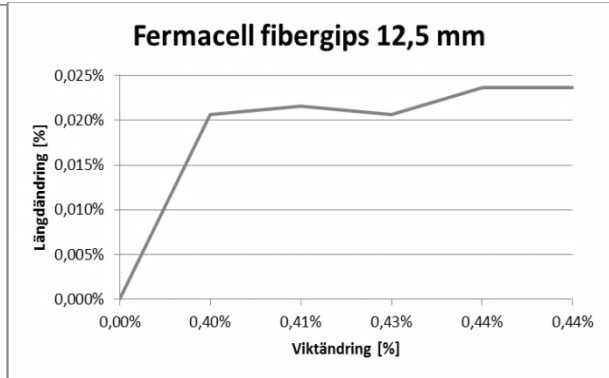
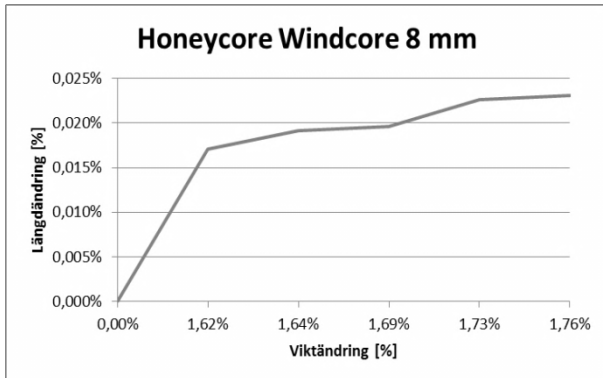


## Fuktrörelser i oorganiska våtrums- och vindsyddsskivor

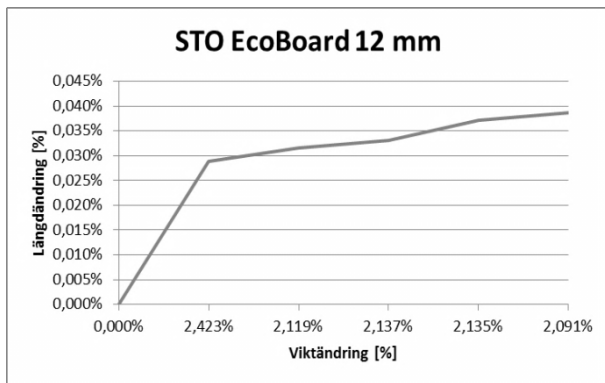
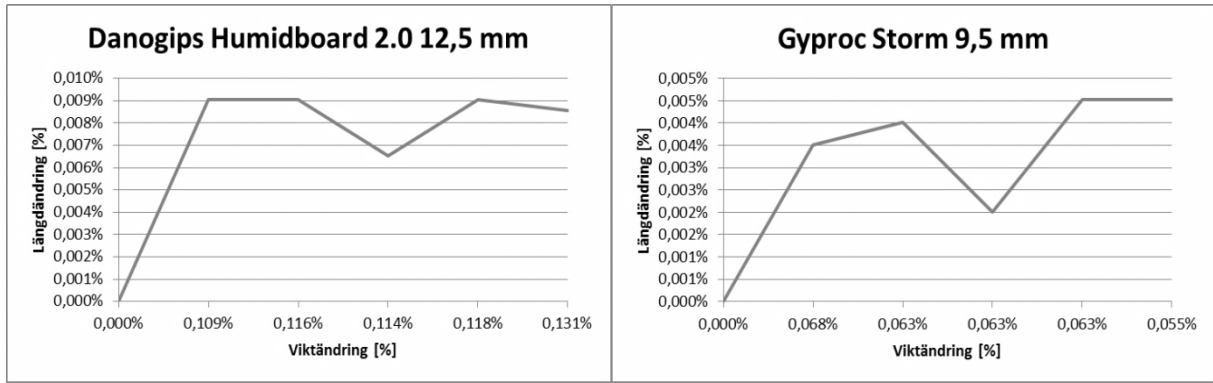


# Fuktrörelser i oorganiska våtrums- och vindskyddsskivor

Längdändring (%) från 55 % RF, som funktion av viktändring (%).



# Fuktrörelser i oorganiska våtrums- och vindsyddsskivor





## Fuktrörelser i oorganiska våtrums- och vindsyddsskivor

### Bilaga H - Längdändring vid 100 % RF

Skivtyp	100 % RF	2013-02-26	Fukthalt (kg/m <sup>3</sup> )	Mått på klocka	ΔL 11% RF (mm/m)	ΔL 55% RF (mm/m)	ΔL 75% RF (mm/m)
	Vikt provkropp (kg)	Fuktkvot (%)					
Honeycore Windcore	0,913	32,52%	312,90	2515	1,34	0,10	-0,14
Fermacell Fibergips	1,649	29,70%	356,76	2968	3,58	3,11	2,87
Wekla Green EcoBoard	1,195	45,08%	345,63	1463	1,05	0,27	-0,08
Formplywood	0,858	40,52%	230,27	2017	1,44	0,59	0,18
Gyproc Glasroc H Ocean	1,028	15,15%	120,87	1209	0,20	0,10	0,13
Ivarsson Conchchip	1,577	20,37%	248,32	1065	1,90	0,65	0,23
Danogips Humidboard 2.0	0,934	16,48%	118,15	1142	0,85	0,72	0,64
Gyproc Storm	0,743	7,07%	57,78	326	0,23	0,15	0,11
StoEco Board	1,202	49,30%	369,28	969	2,08	0,46	0,07

Skivtyp	100 % RF	2013-02-27	Fukthalt (kg/m <sup>3</sup> )	Mått på klocka	ΔL 11% RF (mm/m)	ΔL 55% RF (mm/m)	ΔL 75% RF (mm/m)
	Vikt provkropp (kg)	Fuktkvot (%)					
Honeycore Windcore	0,911	32,16%	309,38	2504	1,29	0,04	-0,19
Fermacell Fibergips	1,660	30,57%	367,17	3044	3,96	3,49	3,26
Wekla Green EcoBoard	1,190	44,47%	340,97	1452	0,99	0,21	-0,14
Formplywood	0,902	47,75%	271,35	2024	1,47	0,62	0,22
Gyproc Glasroc H Ocean	1,077	20,64%	164,67	1214	0,23	0,13	0,16
Ivarsson Conchchip	1,607	22,63%	275,87	1091	2,03	0,78	0,36
Danogips Humidboard 2.0	0,990	23,54%	168,78	1205	1,17	1,04	0,95
Gyproc Storm	0,793	14,26%	116,50	341	0,30	0,23	0,18
StoEco Board	1,219	51,46%	385,52	966	2,06	0,44	0,06

Skivtyp	100 % RF	2013-02-28	Fukthalt (kg/m <sup>3</sup> )	Mått på klocka	ΔL 11% RF (mm/m)	ΔL 55% RF (mm/m)	ΔL 75% RF (mm/m)
	Vikt provkropp (kg)	Fuktkvot (%)					
Honeycore Windcore	0,909	31,91%	307,02	2503	1,28	0,04	-0,20
Fermacell Fibergips	1,661	30,66%	368,34	3082	4,15	3,68	3,45
Wekla Green EcoBoard	1,187	44,03%	337,56	1438	0,92	0,14	-0,21
Formplywood	0,926	51,71%	293,85	2028	1,49	0,64	0,24
Gyproc Glasroc H Ocean	1,122	25,62%	204,33	1220	0,26	0,16	0,19
Ivarsson Conchchip	1,624	23,92%	291,62	1114	2,14	0,89	0,48
Danogips Humidboard 2.0	1,017	26,88%	192,75	1221	1,25	1,12	1,04
Gyproc Storm	0,813	17,07%	139,43	358	0,39	0,31	0,27
StoEco Board	1,218	51,28%	384,11	962	2,04	0,42	0,04

## Fuktrörelser i oorganiska våtrums- och vindsyddsskivor

Skivtyp	100 % RF	2013-03-01	Fukthalt (kg/m <sup>3</sup> )	Mått på klocka	ΔL 11% RF (mm/m)	ΔL 55% RF (mm/m)	ΔL 75% RF (mm/m)
	Vikt provkropp (kg)	Fuktkvot (%)					
Honeycore Windcore	0,908	31,80%	305,93	2494	1,24	-0,01	-0,24
Fermacell Fibergips	1,671	31,46%	377,93	3108	4,28	3,81	3,58
Wekla Green EcoBoard	1,187	44,06%	337,82	1428	0,87	0,09	-0,26
Formplywood	0,947	55,00%	312,55	2033	1,52	0,67	0,26
Gyproc Glasroc H Ocean	1,154	29,20%	232,89	1223	0,27	0,17	0,20
Ivarsson Conchipt	1,638	25,05%	305,47	1131	2,23	0,98	0,56
Danogips Humidboard 2.0	1,050	30,97%	222,04	1220	1,24	1,12	1,03
Gyproc Storm	0,825	18,81%	153,68	360	0,40	0,32	0,28
StoEco Board	1,219	51,43%	385,26	956	2,01	0,39	0,01

Skivtyp	100 % RF	2013-03-02	Fukthalt (kg/m <sup>3</sup> )	Mått på klocka	ΔL 11% RF (mm/m)	ΔL 55% RF (mm/m)	ΔL 75% RF (mm/m)
	Vikt provkropp (kg)	Fuktkvot (%)					
Honeycore Windcore	0,907	31,62%	304,20	2483	1,18	-0,07	-0,30
Fermacell Fibergips	1,669	31,32%	376,17	3129	4,39	3,92	3,68
Wekla Green EcoBoard	1,188	44,21%	338,98	1410	0,78	0,00	-0,35
Formplywood	0,972	59,17%	336,29	2036	1,53	0,68	0,28
Gyproc Glasroc H Ocean	1,181	32,30%	257,66	1231	0,31	0,21	0,24
Ivarsson Conchipt	1,651	26,01%	317,10	1145	2,30	1,05	0,63
Danogips Humidboard 2.0	1,064	32,73%	234,68	1224	1,26	1,14	1,05
Gyproc Storm	-	-	-	-	-	-	-
StoEco Board	1,220	51,57%	386,29	949	1,98	0,36	-0,03

Skivtyp	100 % RF	2013-03-03	Fukthalt (kg/m <sup>3</sup> )	Mått på klocka	ΔL 11% RF (mm/m)	ΔL 55% RF (mm/m)	ΔL 75% RF (mm/m)
	Vikt provkropp (kg)	Fuktkvot (%)					
Honeycore Windcore	0,906	31,55%	303,54	2477	1,15	-0,10	-0,33
Fermacell Fibergips	1,677	31,94%	383,72	3145	4,47	4,00	3,76
Wekla Green EcoBoard	1,198	45,38%	347,95	1400	0,73	-0,05	-0,40
Formplywood	0,991	62,29%	354,02	2038	1,54	0,69	0,29
Gyproc Glasroc H Ocean	1,203	34,74%	277,13	1231	0,31	0,21	0,24
Ivarsson Conchipt	1,661	26,78%	326,49	1156	2,35	1,11	0,69
Danogips Humidboard 2.0	1,078	34,47%	247,17	1212	1,20	1,08	0,99
Gyproc Storm	-	-	-	-	-	-	-
StoEco Board	1,231	52,95%	396,67	942	1,94	0,32	-0,07

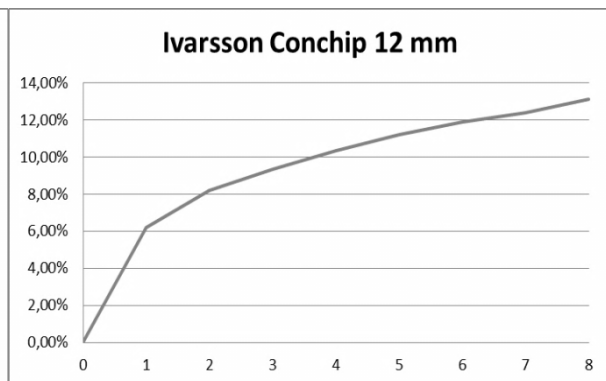
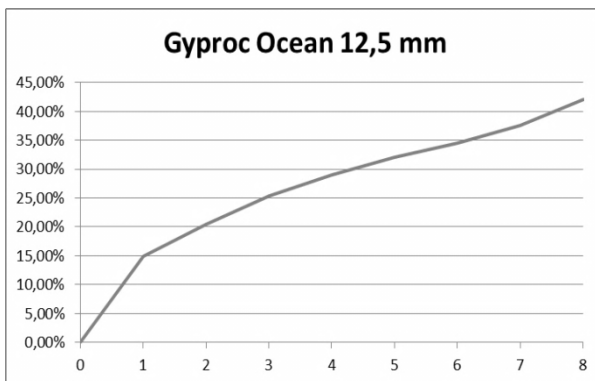
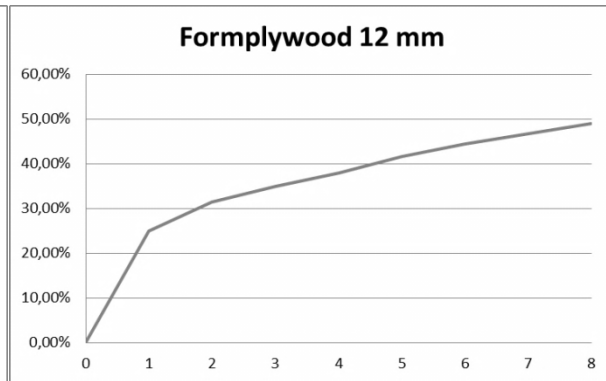
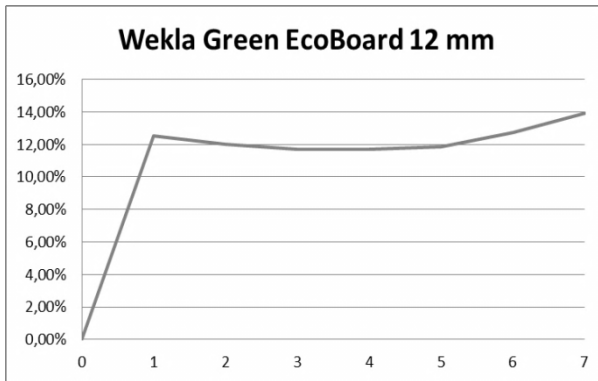
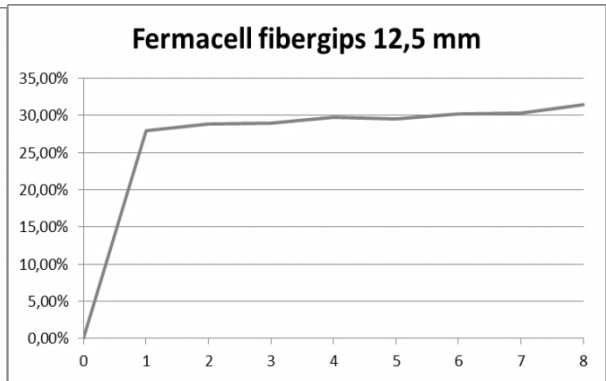
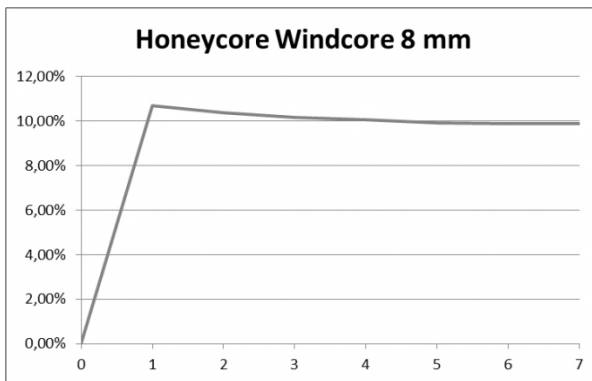
## Fuktrörelser i oorganiska våtrums- och vindsyddsskivor

Skivtyp	100 % RF	2013-03-04	Fukthalt (kg/m <sup>3</sup> )	Mått på klocka	ΔL 11% RF (mm/m)	ΔL 55% RF (mm/m)	ΔL 75% RF (mm/m)
	Vikt provkropp (kg)	Fuktkvot (%)					
Honeycore Windcore	0,906	31,55%	303,54	2475	1,14	-0,11	-0,34
Fermacell Fibergips	1,678	32,02%	384,63	3162	4,55	4,09	3,85
Wekla Green EcoBoard	1,210	46,91%	359,69	1390	0,68	-0,10	-0,45
Formplywood	1,007	64,87%	368,64	2042	1,56	0,71	0,31
Gyproc Glasroc H Ocean	1,231	37,83%	301,73	1235	0,33	0,23	0,26
Ivarsson Conchchip	1,669	27,38%	333,78	1166	2,40	1,16	0,74
Danogips Humidboard 2.0	1,085	35,38%	253,66	1214	1,21	1,09	1,00
Gyproc Storm	-	-	-	-	-	-	-
StoEco Board	1,243	54,43%	407,77	939	1,93	0,31	-0,08

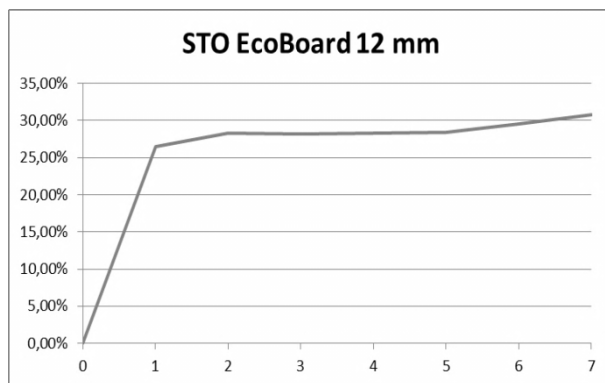
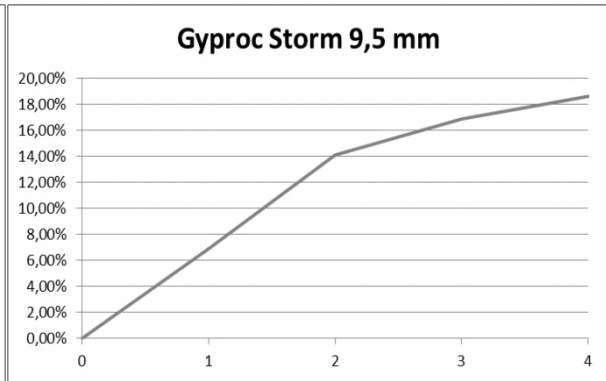
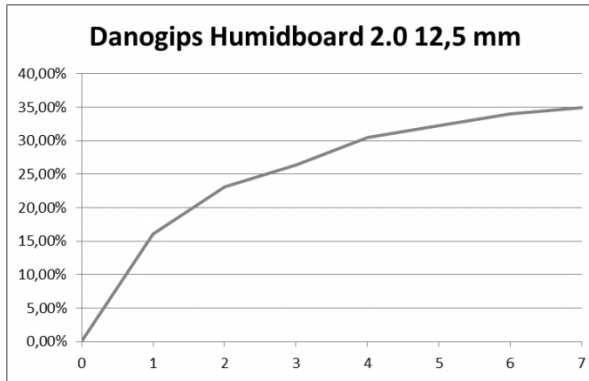
Skivtyp	100 % RF	2013-03-05	Fukthalt (kg/m <sup>3</sup> )	Mått på klocka	ΔL 11% RF (mm/m)	ΔL 55% RF (mm/m)	ΔL 75% RF (mm/m)
	Vikt provkropp (kg)	Fuktkvot (%)					
Honeycore Windcore	-	-	-	-	-	-	-
Fermacell Fibergips	1,694	33,25%	399,42	3180	4,64	4,18	3,94
Wekla Green EcoBoard	-	-	-	-	-	-	-
Formplywood	1,023	67,53%	383,80	2041	1,56	0,71	0,30
Gyproc Glasroc H Ocean	1,270	42,29%	337,31	1232	0,32	0,22	0,25
Ivarsson Conchchip	1,680	28,19%	343,69	1175	2,45	1,20	0,78
Danogips Humidboard 2.0	-	-	-	-	-	-	-
Gyproc Storm	-	-	-	-	-	-	-
StoEco Board	-	-	-	-	-	-	-

# Fuktrörelser i oorganiska våtrums- och vindskyddsskivor

Viktändring från 75 % RF (%), som funktion av tiden (dagar).

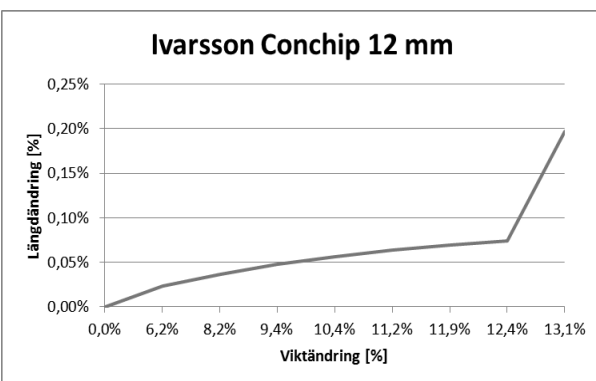
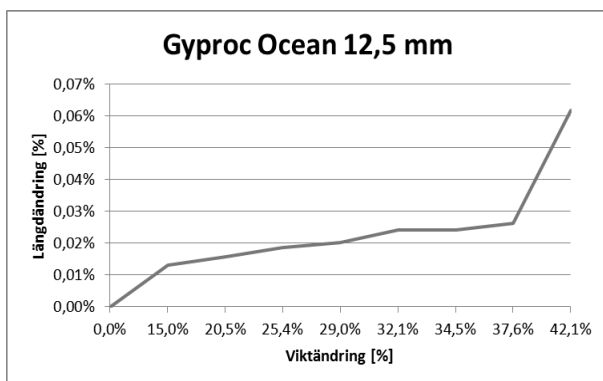
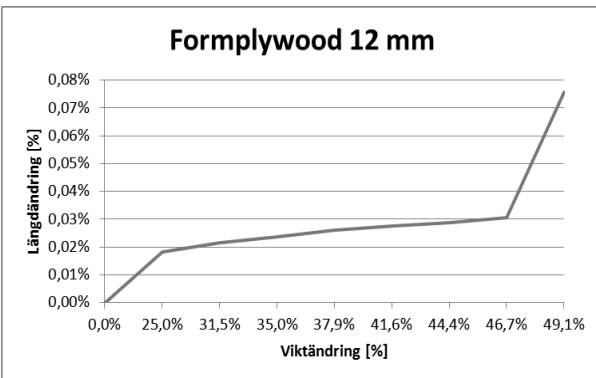
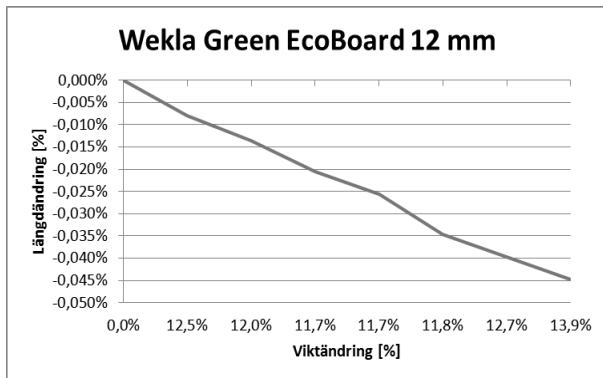
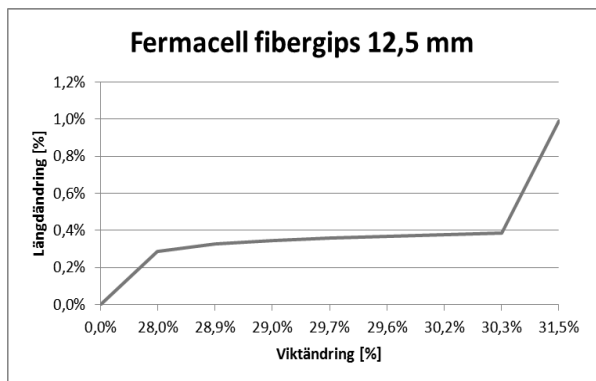
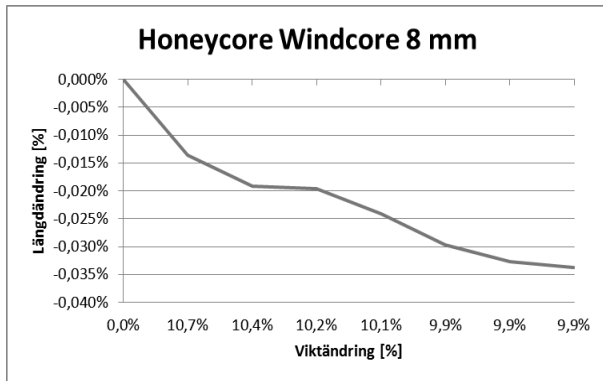


## Fuktrörelser i oorganiska våtrums- och vindsyddsskivor

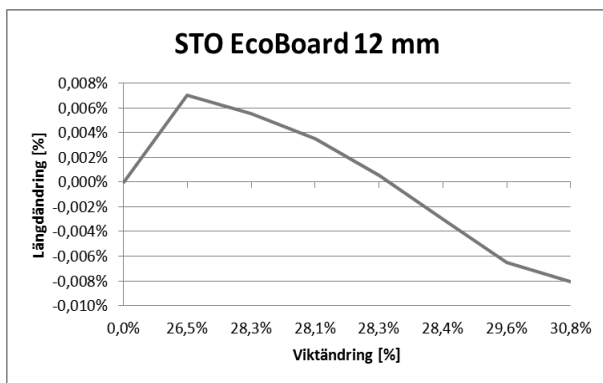
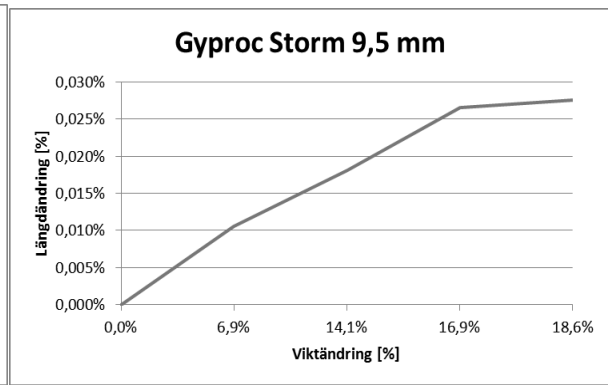
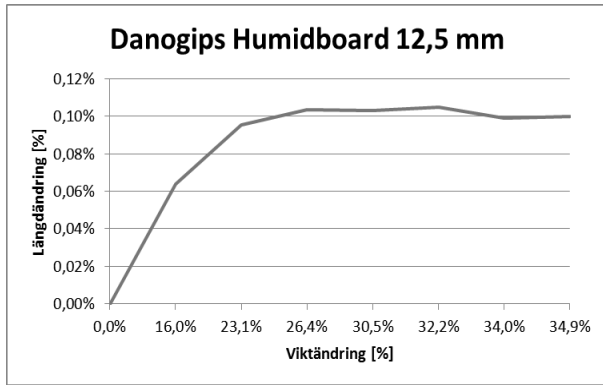


## Fuktrörelser i oorganiska våtrums- och vindskyddsskivor

Längdändring från 75 % RF, som funktion av viktändring. Observera att magnesiumoxidskivorna uppvisar längdminskning, pga den böjning som skedde i intervallet.

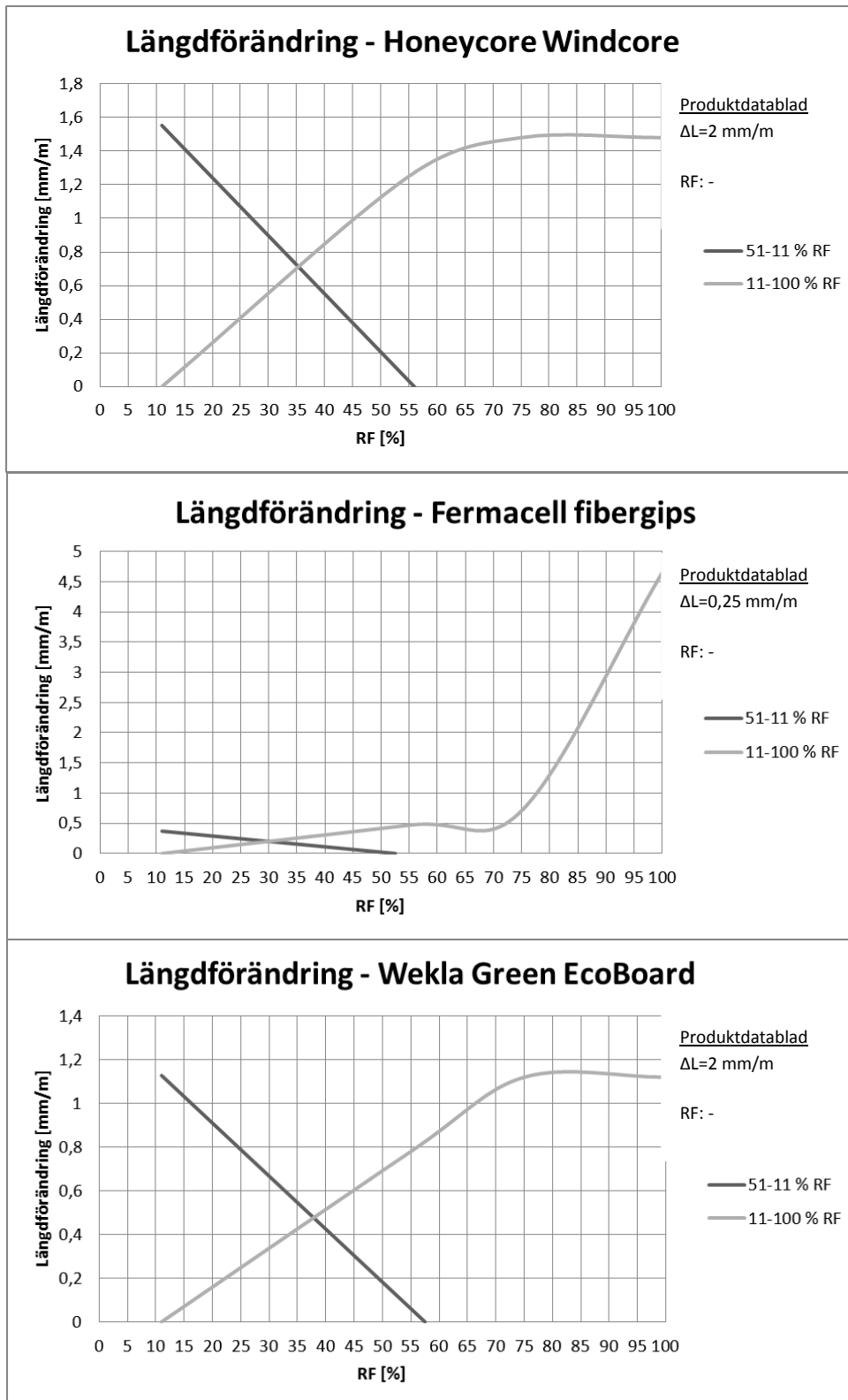


# Fuktrörelser i oorganiska våtrums- och vindsyddsskivor



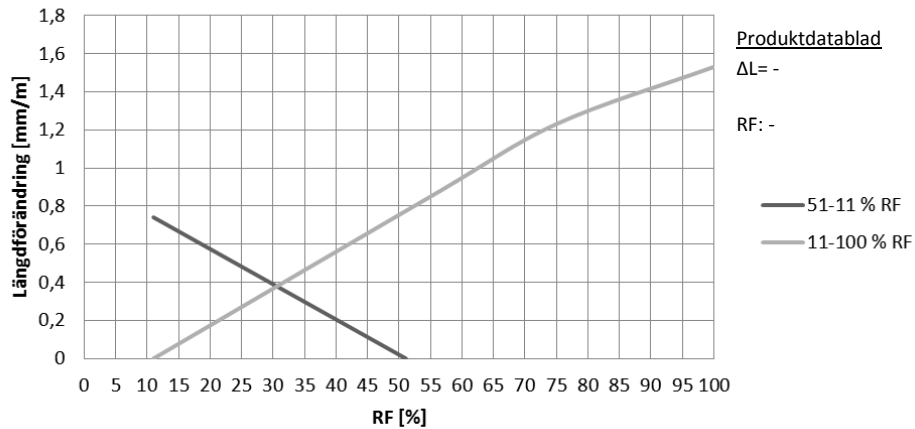
## Bilaga I - Längdändring som funktion av RF

Nedan visas längdförändringen som funktion av RF för de nio skivorna.

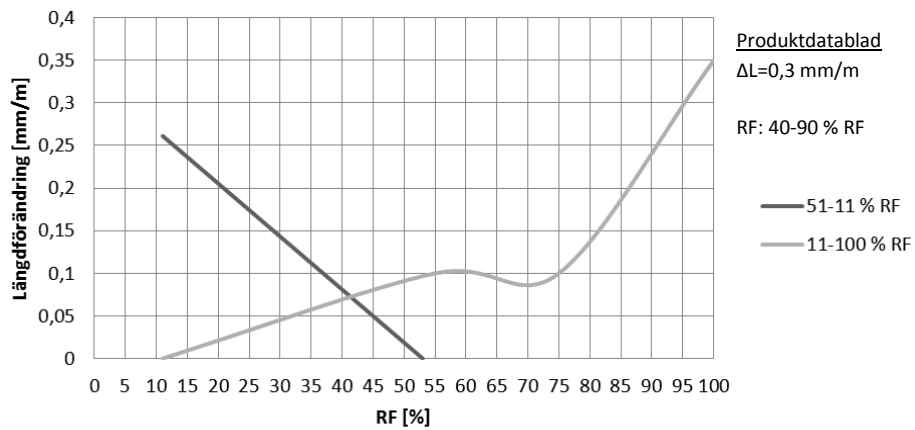




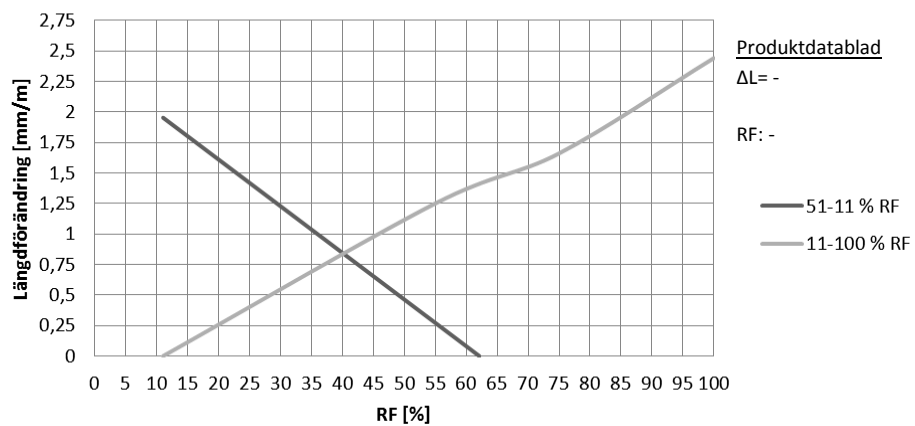
### Längdförändring - Formplywood



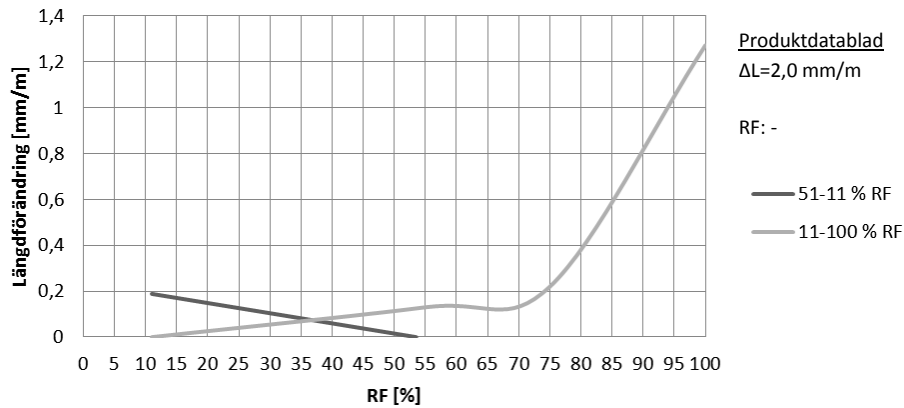
### Längdförändring - Gyproc Glasroc H Ocean



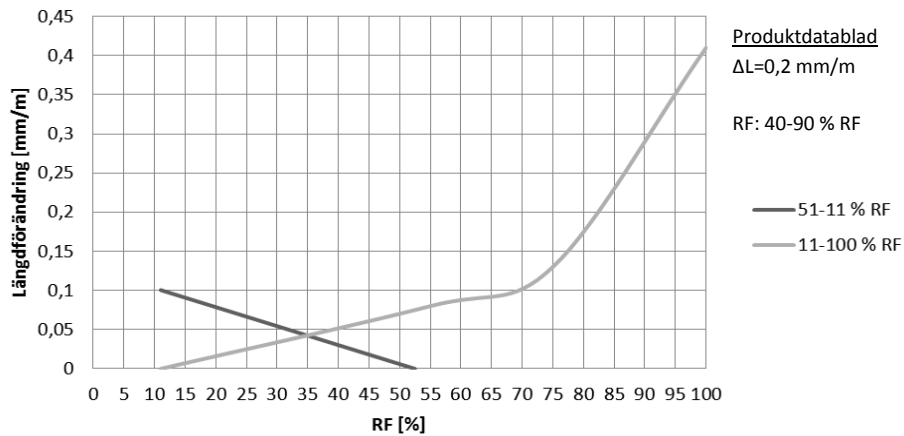
### Längdförändring - Ivarsson Conchip



### Längdförändring - Knauf Danogips Humidboard 2.0



### Längdförändring - Gyproc Glasroc H Storm



### Längdförändring - StoEco Board

