

# Fuktförhållanden i välisolerade takkonstruktioner – fältmätningar

Fyra takkonstruktioner har undersökts med avseende på fukt och risk för mögelpåväxt. Studien visar varken på mögelpåväxt eller direkt risk för mögelpåväxt i de studerade takkonstruktionerna. Flera faktorer kan ha haft positiv betydelse såsom värmepåverkan från solen, smart vindsventilation med värmekälla, viss påverkan från passiv värmekälla från installationer och värmebryggor, lagom ventilation men även gynnsamt uteklimat. Dessutom har husen allmänventilation med till- och frånluft eller frånluft, vilket minskar risken att fuktig inomhusluft läcker ut i taken.

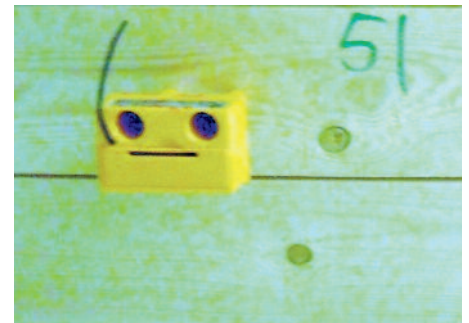
Takkonstruktioner har genom åren blivit allt bättre isolerade, vilket innebär att yttre delar hamnar kallare och därmed fuktigare. Uteklimatet får således allt större betydelse för takkonstruktioner. Det har också resulterat i att tak blivit känsligare för brister med ökad risk för fuktskador. Takkonstruktioner som inte påverkas nämnvärt av solen exempelvis tak med väderstreck helt eller delvis åt norr och tak som är skuggsatta blir kallare och fuktigare än tak mot övriga väderstreck, och tak med helt vindsutrymme, som får solbestrålning eller påverkas indirekt av solen. Synlig mögelpåväxt på undersidan av råspont eller underlagstak har sedan energikrisen på 1970-talet ökat, *Samuelsson (2011), Ahrnens & Borglund (2007)*. Trots detta har i princip inga konstruktionsförändringar skett i någon nämnvärd omfattning förutom att lufttätheten blivit bättre på senare år och att allmänventilationen i bostaden i regel utgörs av mekanisk frånluft eller till- och frånluftssystem, vilket förhindrar att fuktig inomhusluft läcker upp i taket. Inomhusluft som läcker ut i takkonstruktionerna kan orsaka omfattande fuktskador.

Kraven på minskad energianvändning har inneburit allt bättre värmeisolerade

konstruktioner och detta får inte orsaka fuktproblem. Dessutom har kraven på fuktsäkerhet skärpts. Ny kunskap om träbyggande behövs för att säkrare kunna svara upp till kraven. Därför har forskning inom fukt i träbyggande bedrivits sedan 2007 inom två forskningsprojekt som heter *Framtidens trähus* och *WoodBuild*. Denna artikel är baserad på resultat från en av studierna, *Olsson (2013)*. Syftet har varit att öka kunskapen om rådande fukt- och temperaturtillstånd, varaktighet och dess betydelse för mikrobiell påväxt i välisolerade takkonstruktioner. Studien har dock, för att rationalisera utvärderingen, begränsats till de mätpunkter som dels visade de högsta fukttillstånden dels till referenspunkter. Mätningar från samtliga mätpunkter finns redovisade av *Mundt-Petersen (2013)*.

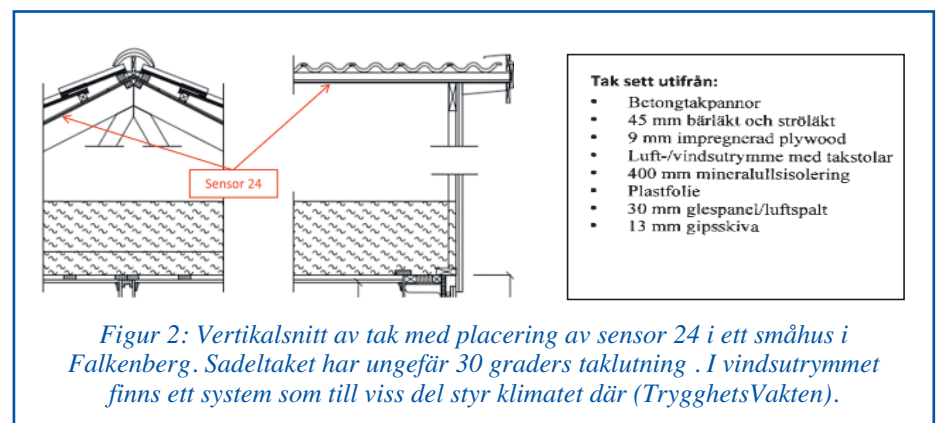
## Förfarande

Mätningar har gjorts i takkonstruktioner med trådlösa sensorer (Protimeter Hygrotrac), som mäter fuktkvot, relativ fuktighet (RF) och temperatur, se *figur 1*. Detta har gjorts i fyra stycken nyproducerade trähus, två småhus och två flervåningshus

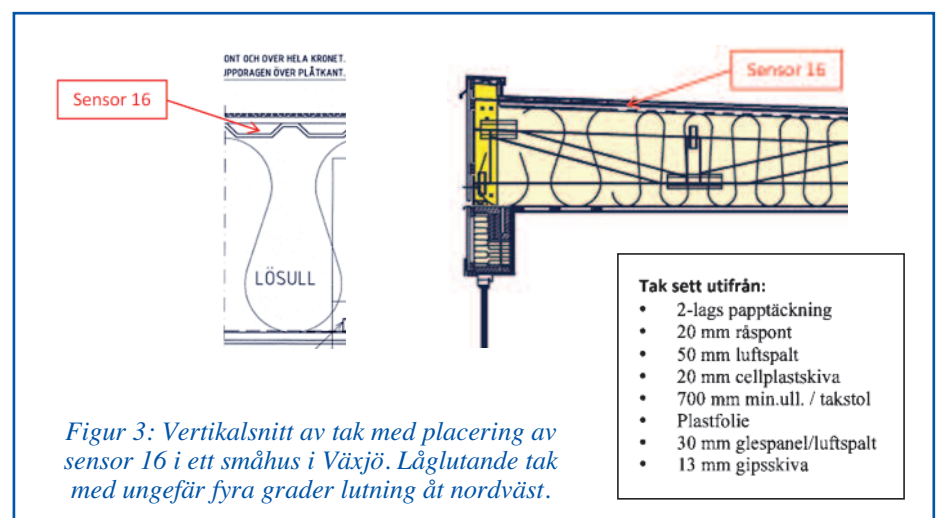


Figur 1: Monterad sensor på insida råspont/underlagstak i mätpunkt 51.

i trä med sju respektive åtta våningar. Husen ligger fördelade på tre orter i Sverige i Falkenberg, Växjö och Skellefteå. Sensorerna monterades med två rostfria skruvar i trä och fungerar också som elektroder för fuktkvotmätning. Skruvarna går in 10 mm i trämaterialiet. RF- och temperatursensorn sitter på 30 mm avstånd från träytan, vilket innebär att den faktiska relativa fuktigheten och temperaturen vid träytan kan vara något underskattad. Mätningar har pågått kontinuerligt i 50 mätpunkter under ungefär tre år, 2009 till 2011.



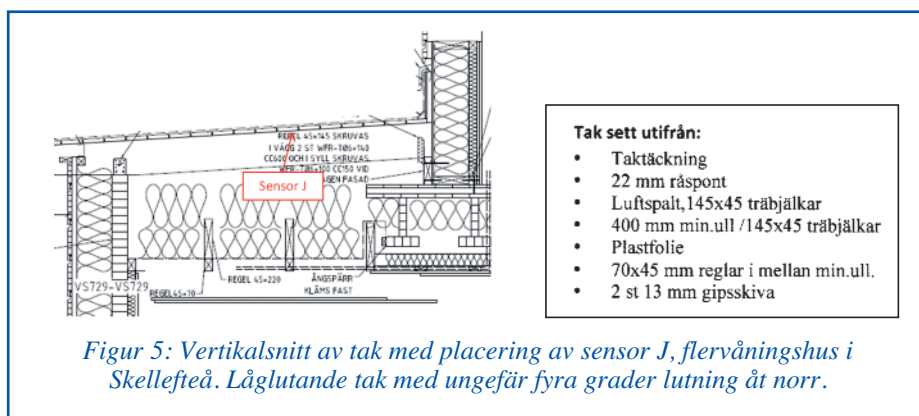
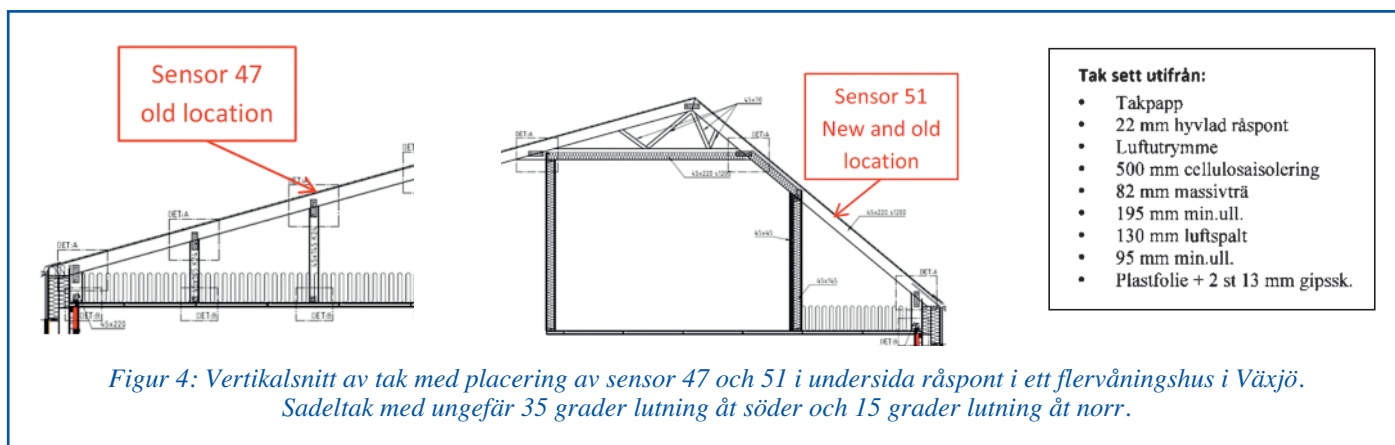
Figur 2: Vertikalsnitt av tak med placering av sensor 24 i ett småhus i Falkenberg. Sadeltaket har ungefär 30 graders taklutning. I vindsutrymmet finns ett system som till viss del styr klimatet där (TrygghetsVakten).



Figur 3: Vertikalsnitt av tak med placering av sensor 16 i ett småhus i Växjö. Låglutande tak med ungefär fyra grader lutning åt nordväst.

Artikelförfattare är  
**Lars Olsson, SP**  
Sveriges Tekniska  
Forskningsinstitut,  
Borås.





velsidorna. I vindsutrymmet finns kanal-dragningar för allmänventilationen samt att fläktrummet upptar en ganska stor del av vindsutrymmet. Flervåningshuset i Skellefteå utgörs av låglutande parallelltak med luftspalt.

### Resultat och kommentarer

Här följer en sammanställning av mögelanalyser och mögelberäkningar samt mätvärden på relativ fuktighet, temperatur och fuktkvot för några representativa mätpunkter.

Dessutom redovisas  $RF_{krit}$ , vilket är en kritisk RF-kurva för LIM 1 enligt *Sedlbauer* (2001).  $RF_{krit}$ -kurvan är baserad på uppmätt temperatur och när tillväxt kan ske på nedbrytbart material för respektive temperatur, *Mundt-Petersen* (2013). Detta visar om det överhuvudtaget varit tillräckligt gynnsamt för att mikrobiell tillväxt ska kunna starta. Dock framkommer inte betydelsen av varaktighet vilket också behöver beaktas för att kunna avgöra risk för etablerad mögelväxt, vilket MRD-beräkningarna ger svar på.

Mätningen visar en relativ fuktighet som mest kring 85 till 90 procent (flera

Materialprovtagning och mikrobiologisk analys har gjorts i mätpunkter som var lätt åtkomliga. Mögelpåväxt är ofta osynligt för blotta ögat varför analys gjorts. Proverna har analyserats i mikroskop enligt metod beskriven av *Hallenberg & Gilert* (1988). Förekomsten av mikroorganismerna klassas som ingen, sparsam, måttlig eller riklig baserat på hur stor del av ett rutnät i mikroskopets okular som täcks av mikroorganismer.

Utifrån uppmätt relativ fuktighet och temperatur, för mätperioden, har beräkning av risk för mögelpåväxt gjorts med MRD-modellen, *Thelandersson & Isaks-son* (2013). I beräkningen har en kritisk dos på 17 dagar vid 90 procent relativ fuktighet och 22 °C använts för hyvlat regelvirke av gran och tio dagar för underlagstak (råspont). Ett MRD-index på 1,0 eller mer ska ses som risk för etablerad mögelpåväxt. Beräkningarna har utförts av *Jonas Niklewski* och *Sven Thelanders-son*, båda från Lunds tekniska högskola.

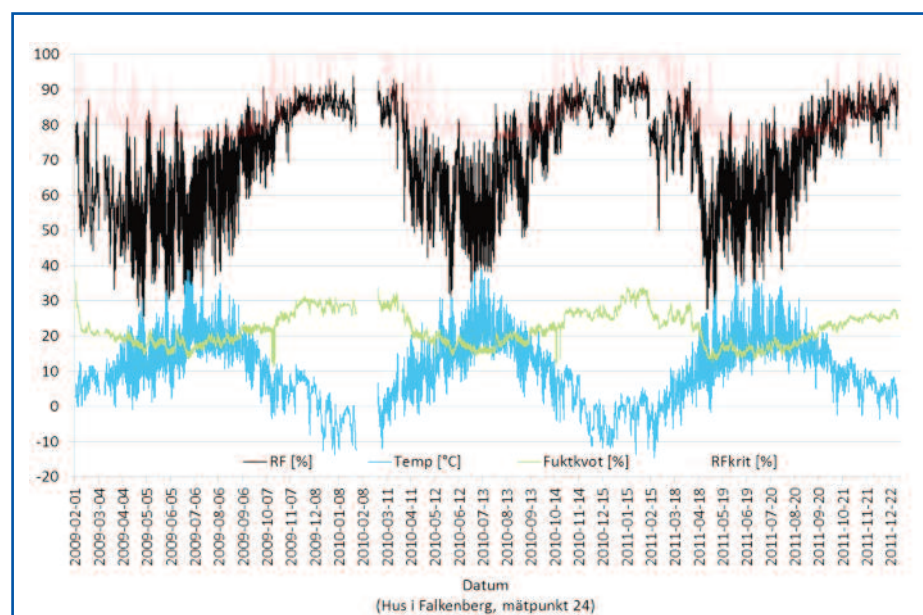
### Konstruktioner och placering av mätpunkter

I figur 2 till 5 visas några mätpunkters placering. Samtliga mätpunkters placering finns redovisade i SP rapport 2013:33, *Olsson* (2013).

Småhuset i Falkenberg har ett sadeltak med vindsutrymme, se konstruktionsuppbyggnad i figur 2. Klimatet i vindsutrymmet styrs till viss del av en fläkt som ventilerar in torr luft när det är möjligt samt värmer utrymmet när det behövs med värmekablar. Vanliga luftinsläpp vid takfot har satts igen för att förhindra ofrivillig

luftning av vinden. Dock fanns det en stor luftöppning ovanför entrén till huset som kan ha påverkat funktionen. Småhuset i Växjö har ett låglutande parallelltak, se konstruktionsuppbyggnad i figur 3, med luftspalt. Båda husens allmänventilation utgörs av frånluftssystem varför fuktig inomhusluft inte förväntas läcka upp i takkonstruktionerna.

Flervåningshuset i Växjö har ett sadeltak där taksidorna har olika taklutning, se figur 4. Vindsutrymmet har luftöppningar (2 till 3 cm långsgående spalt) längs ga-



Figur 6: Diagrammet visar relativ fuktighet och temperatur nära insida underlagstak och fuktkvot i underlagstak (i omlottsskarv) för mätpunkt 24 under perioden 2009-02-01 till 2011-12-31. Den röda kurvan visar  $RF_{krit}$ .

Tabell 1. Redovisning av MRD-index för undersida underlagstak och takbjälke utifrån uppmätt relativ fuktighet och temperatur. Redovisning av mikrobiologisk analys för två av husen.

Mätpunkt (N = Norr, S = Söder, V = Väster, NV = Nordväst, NO = Nordost, SO = Sydöst)	MRD-index vid insida underlagstak	MRD-index i takbjälke (x = se analys)	Mikrobiologisk analys 2012
17 (NO) Småhus i Falkenberg	-	x	Sparsam
18 (NO) Småhus i Falkenberg	-	0,2	Sparsam
19 (NO) Småhus i Falkenberg	-	x	Ingen
21 (SO) Småhus i Falkenberg	-	x	Ingen
24 (NO) Småhus i Falkenberg	0,3	-	Sparsam
13 (NV) Småhus i Växjö	0,3	-	-
14 (NV) Småhus i Växjö	-	0	-
16 (NV) Småhus i Växjö	0,5	-	-
17 (NV) Småhus i Växjö	-	0,3	-
42 (N) Flervåningshus i Växjö	-	0,1	Ingen
43 (N) Flervåningshus i Växjö	0,2	-	Ingen
46 (N) Flervåningshus i Växjö	-	0,1	Ingen
47 (N) Flervåningshus i Växjö	0,2	-	Sparsam
50 (S) Flervåningshus i Växjö	-	0,2	Ingen
51 (S) Flervåningshus i Växjö	0,2	-	Ingen
54 (V) Flervåningshus i Växjö	-	0,4	Riklig
D (S) Flervåningshus i Skellefteå	-	0	-
E (S) Flervåningshus i Skellefteå	0	-	-
M (S) Flervåningshus i Skellefteå	0	-	-
I (N) Flervåningshus i Skellefteå	-	0	-
J (N) Flervåningshus i Skellefteå	0,1	-	-
S (N) Flervåningshus i Skellefteå	0,1	-	-

dagar hade över 90 procent relativ fuktighet), se figur 6. Beräkning av MRD-index visar 0,3, se tabell 1, varför mögelpåväxt inte var förväntad (observera att detta är beräknat för råspont). Den högre fuktigheten uppkommer under den kalla årstiden då den relativa fuktigheten utomhus är som högst samtidigt som uppvärmning

från solen är förhållandevis liten. Observera att fuktkvoten har mätts i underlagstak/impregnerad plywood varför mätvärdet inte kan kopplas ihop med faktisk fuktkvot. Dock indikerar värdet att plywooden är fuktig, vilket kan förklaras av att sensorn är skruvad i omlottskarven på skivan och påverkas sannolikt av övriga

delen av skivan som utsätts för kondensvatten och eventuell nederbörd som kan rinna under takpannorna.

Mätningen visar en relativ fuktighet som mest kring 90 till 95 procent (flertalet tillfällen över 95 procent relativ fuktighet) i luftspalten, se figur 7. Den högre fuktigheten uppkommer under den kalla årstiden då den relativa fuktigheten utomhus är som högst samtidigt som uppvärmning från solen är förhållandevis liten. Fuktkvoten har mätts i råsponten ovanför luftspalten och värdena var över 20 procent fuktkvot inledningsvis men även efter tre år under den kalla årstiden. Denna mätpunkt var fuktigare än i jämförelse med andra mätpunkter som också var placerad i luftspalten. Temperaturen har återkommande varit uppe på 50 till 60 °C, vilket visar att taket har varit välexponerad för solstrålning. MRD-index blev 0,5, se tabell 1, varför mögelpåväxt inte var förväntad. Dock ger det en signal om att tillväxt eventuellt kan ha startat. Observera att mätdata saknas under tre längre perioder varför det råder en osäkerhet kring faktiskt MRD-index i denna punkt.

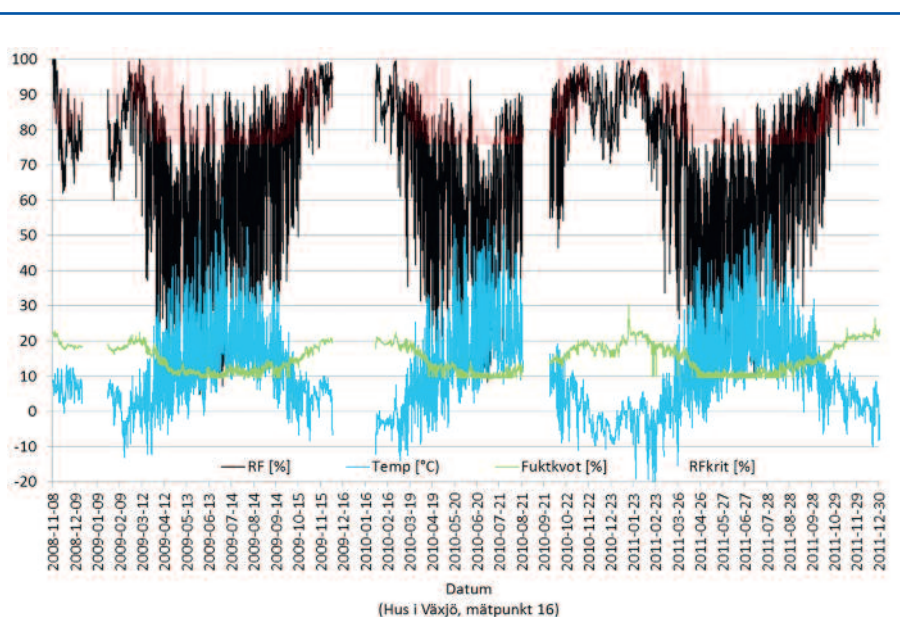
Mätningar visar på relativ fuktighet kring 80 till 90 procent, se figur 8 på sidan 16. MRD-index blev 0,2, se tabell 1, varför mögelpåväxt inte var förväntad.

Mätningen visar en relativ fuktighet som mest kring 80 till 90 procent (enstaka timmar över 90 procent relativ fuktighet), se figur 9 på sidan 16. MRD-index blev 0,1, se tabell 1, varför mögelpåväxt inte var förväntad.

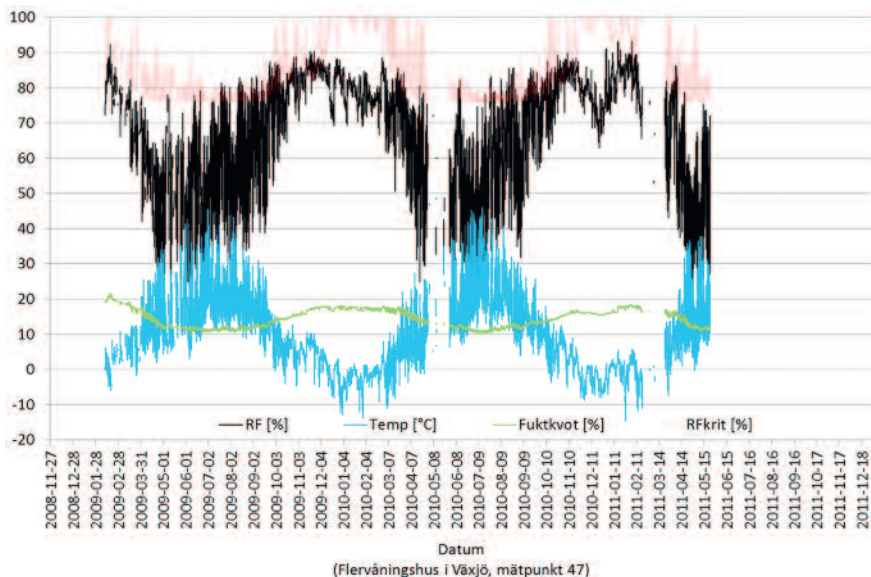
Den mikrobiologiska analysen kunde göras för åtkomliga mätpunkter dels i samband med att husen färdigställdes 2009 dels efter ungefär tre år, 2012. Någon mögeltillväxt (förändring) har egentligen inte skett i någon mätpunkt under dessa år med visst undantag för mätpunkt 47 och mätpunkt 17. I mätpunkt 47 i vinden i Växjö har aktinomyceter konstaterats, vilket sannolikt kräver kring 95 till 100 procent relativ fuktighet och sådant klimat har inte förekommit under mätperioden. Därför har påväxten antagligen uppkommit före montage. Underlagstaket är tänkt att avleda kondensvatten och eventuellt inträngande nederbörd men verkar inte kunna spärra fukttransport fullständigt i omlottskarvar för det kan vara en förklaring till sparsam påväxt i mätpunkt 17 i Falkenberg. I mätpunkt 54 har det varit riklig påväxt hela tiden som förmodligen uppkommit under virkeslagring. Att virke kan ha sparsam påväxt vid leverans eller före montage har konstaterats i flera tidigare studier, Olsson et al (2010). En orsak kan vara om virke lagras i virkesbuntar med förhöjd fuktkvot framförallt sommardag då temperaturen är gynnsam för mögeltillväxt, Olsson (2012).

### Slutsatser och rekommendationer

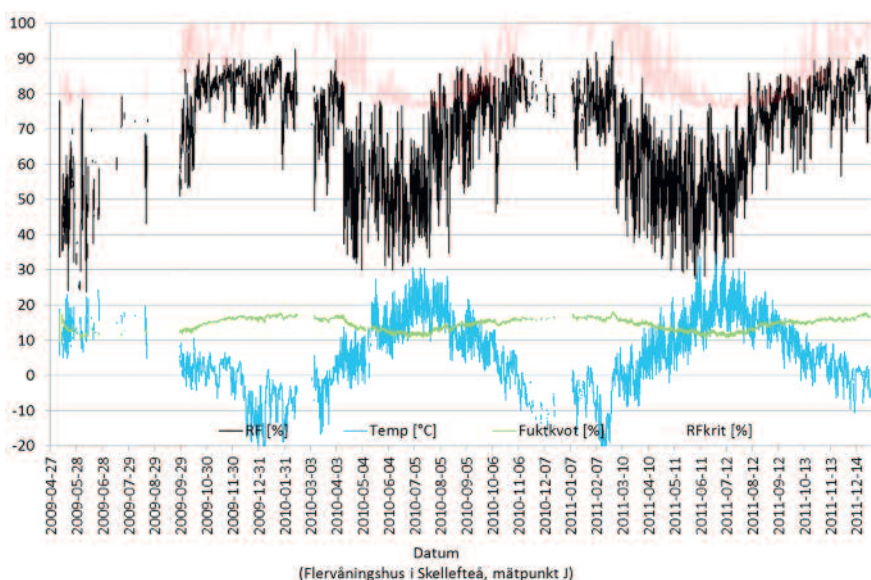
Studien visar varken på att mögelpåväxt har uppkommit eller direkt risk för mögelpåväxt för de undersökta taken under



Figur 7: Diagrammet visar uppmätt relativ fuktighet och temperatur i luftspalt och fuktkvot i råspont samt  $RF_{krit}$  för mätpunkt 16 under perioden 2008-11-08 till 2011-12-31.



Figur 8: Diagrammet visar uppmätt relativ fuktighet och temperatur i vindsutrymmet och fuktkvot i hyvlad råspont samt  $RF_{krit}$  för mät punkt 47 under perioden 2008-11-27 till 2011-12-31. Mätdata saknas under två längre perioder samt sista halvåret.



Figur 9: Diagrammet visar uppmätt relativ fuktighet och temperatur i luftspalten och fuktkvot i råspont samt  $RF_{krit}$  för mät punkt J under perioden 2009-04-27 till 2011-12-31.

mätperioden. Följande kan ha haft positiv betydelse såsom utsatt för värmepåverkan från solen, smart vindsventilation med värmekälla, viss påverkan från passiv värmekälla från installationer och värmebryggor, lagom takventilation och gyn-

samt klimat. Dessutom har husen allmänventilation med till- och frånluft eller frånluft, vilket i princip förhindrar att fuktig inomhusluft läcker upp i taken.

Ytterligare sätt att minska risken för högt fukttillstånd är att värmeisolera med

fukttålig isolering utvändigt, vilket gör att temperaturen ökar innanför och därmed blir det torrare. Det brukar ofta behövas flera förändringar för att få till en fuktsäker takkonstruktion.

Klimatet i södra Sverige är fuktigare och mildare än i norra Sverige varför behovet av förbättrade taklösningar är således störst i södra Sverige. En bra rekommendation är att göra fuktberäkningar som beaktar förväntat utomhusklimat och att utvärdera risken för påväxt exempelvis med MRD-modellen. Takkonstruktioner med liten eller ingen solpåverkan bör särskilt beräknas och gärna följas upp med mätningar.

## Referenslista

Ahrnens, C. & Borglund, E. E. (2007) *Fukt på kallvindar – en kartläggning av småhus i Västra Götalands län* (Examensarbete 2007:11). Göteborg: Chalmers tekniska högskola.

Hallenberg, N. & Gilert, E. (1988) *Bestingelser för mögelpåväxt på trä – Klimatkammarstudier*, Borås: Statens Provninganstalt (SP rapport 1988:57).

Mundt-Petersen, S.O. (2013). *Comparison of hygrothermal measurements and calculations...*, (Report TVBH-3054, 3055, 3056, 3057). Lund: LTH.

Olsson, L., Mjörnell, K. & Johansson, P. (2010) *Kartläggning av fuktförhållanden vid prefabricerat trähusbyggande*, Borås: SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut (SP rapport 2010:02).

Olsson, L. (2012). *Omfördelning av fukt i virkesstycken och risk för mögel på virkesstycken i virkespaket* (SP rapport 2012:60). Borås: SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut.

Olsson, L. (2013). *Fuktmätningar i fyra trähus* (SP rapport 2013:33). Borås: SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut.

Olsson, L. (2014). *Moisture Conditions in Exterior Wooden Walls and Timber During Production and Use* (2014:2). Licentiate thesis. Göteborg: Chalmers.

Samuelson, I. (2011) *Forty years of building physics research – for what benefit?* NSB 2011, Proceedings of the 9th Nordic Symposium on Building Physics. Tampere, Finland.

Thelandersson S. & Isaksson T. (2013). *Mould resistance design (MRD) model for evaluation of microbial growth under varying climate conditions*. Building & Environment (65), pp.18–25.

TrygghetsVakten, [www.trygghetsvakten.se](http://www.trygghetsvakten.se).