

Resultat och slutsatser från mätningar i kalla vindsutrymmen

Antalet skador på kalla ventilerade vindar har ökat. Dessa orsakas i många fall av höga relativa fuktigheter eller kondens. En ökad isolering i vindsbjälklaget i kombination med att en varm skorstensstock saknas samt att den tekniska utrustningen såsom fläktmotorer är bättre isolerade, har bidragit till att vindsutrymmet blivit kallare. För att säkerställa att varm, fuktig inomhusluft inte kommer upp på vinden har vikten av lufttäthet i vindsbjälklaget ökat. Trots att man bygger lufttäta bjälklag får man ibland kondensproblem på kalla vindar. En bidragande orsak kan vara att nattutstrålningen får större betydelse i nybyggda kalla vindsutrymmen.

Målet med projektet är att mäta fukt och temperaturtillstånd i en kall vind med diffusionsöppet underlagstak på råspont. Detta har skett genom att prova denna konstruktionslösning på ett verkligt objekt i Stockholmstrakten. Insamling av data från en nybyggd konstruktion samt omgivande klimat har genomförts. Resultat från den preliminära utvärderingen av dessa data redovisas i denna artikel.

En ökning av antalet skador på kalla ventilerade vindar orsakade av kondensproblem har iakttagits. Detta kan ses som en följd av den utveckling mot mer energieffektiva hus som skett sedan 1970-talet. En ökad isolering i vindsbjälklaget i kombination med att skorstensstocken numera är kall, eller saknas helt, har bidragit till att vindsutrymmet blivit kallare. För att säkerställa att varm, fuktig inomhusluft inte kommer upp på vinden har vikten av lufttäthet i vindsbjälklaget ökat. "Ekologiskt byggande" med låg ång- och lufttäthet i bjälklaget har ibland skapat problem. Nu har det emellertid visat sig att trots att man försöker bygga lufttäta bjälklag får man ibland kondensproblem på kalla vin-

dar. En bidragande orsak kan vara att nattutstrålningen får större betydelse i nybyggda kalla vindsutrymmen. Under klara nätter kan detta medföra att insidan av yttertaket får en lägre temperatur än uteluf-ten, vilket leder till högre relativ fuktighet och även kondens. I Sverige har problemet tidigare uppmärksammats av *Inge- mar Samuelson* (1995) samt *Lars-Erik Larsson* (1995). Några av husen som uppfördes i Örebro i samband med Bo92 (*Elmroth & Samuelson*, 1996) har modifierade takkonstruktioner som utformats med tanke på det beskrivna problemet. I artikel i *Bygg & teknik* 4/05 presenterade författarna resultatet från ett projekt, där tre alternativa utformningar av vindar undersöktes. Vindar med reducerad ventilation, extra värmekälla samt tunn isolering av yttertaket jämfördes med en icke modifierad referensvind. Studien visade att samtliga åtgärder var gynnsamma och minskade risken för fuktskador under driftsskedet. Däremot konstaterades att reducerad ventilation var olämpligt under byggskedet. Höga fukttillskott på grund av pågjutningar, målning med mera i kombination med att det är svårt att garantera lufttätheten i vindsbjälklaget under byggskedet kan medföra kraftigt förhöjda fuktnivåer i råspont och takstolar under lång tid.

Syfte

Syftet med projektet är att mäta fukt- och temperaturtillstånd i ett kallt vindsutrymme med reducerad ventilation i kombina-

tion med diffusionsöppen underlagstäckning på råspont. I samband med tak har produkten tidigare bara provats som frihängande mellan takstolar, dvs. utan underliggande råspont.

I föreliggande studie har mätningar i ett nybyggt flerfamiljshus genomförts. Mätdata från vindsutrymme, råspont, takstolar samt omgivande utomhusklimat har samlats in under drygt två år. Resultatet från projektet är avsett att utgöra underlag för ett säkrare beslutsunderlag vid användning av diffusionsöppen underlagstäckning på kalla vindar avseende fuktsäkerhet. Projektet är även en komplettering till ett tidigare avslutat SBUF-projekt med titeln "Fuktsäkerhet i kalla vindsutrymmen" som författarna publicerade i *Bygg & teknik* 4/05 samt i en rapport från avdelningen för Byggnadsfysik, LTH. Mätningarna som presenteras i denna artikel ska ligga till grund för utvärdering och analys av denna typ av konstruktion men också för att komplettera och ytterligare verifiera de resultat som framkom inom det tidigare nämnda SBUF-projektet "Fuktsäkerhet i kalla vindsutrymmen".

Beskrivning av objektet

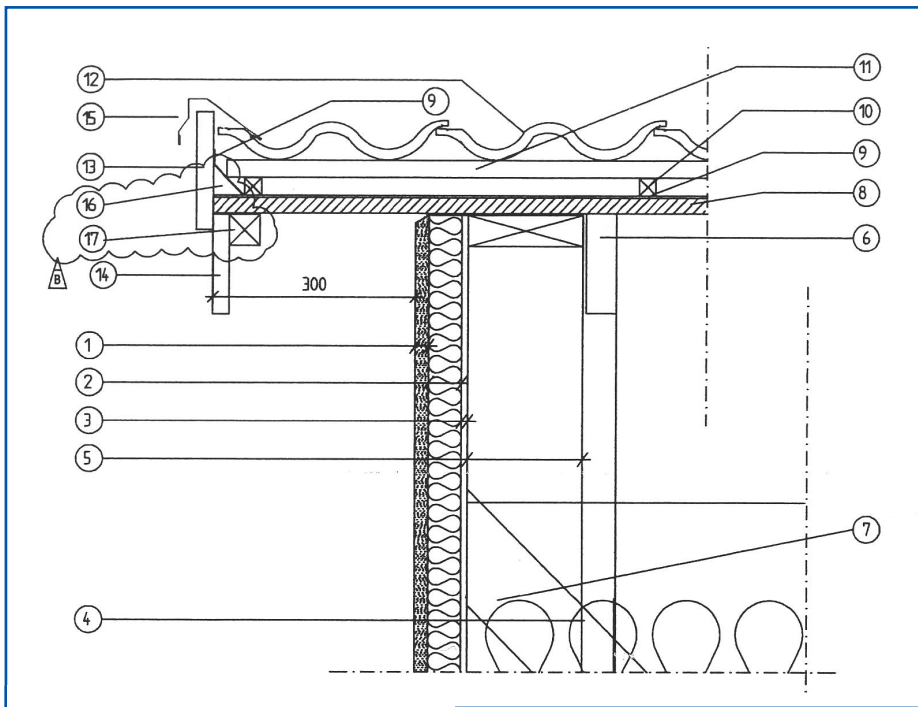
Mätningarna har genomförts i ett fyra våningars flerfamiljshus i stadsdelen Gubbängen i Stockholmsregionen, se *bild 1*. Byggnaden färdigställdes under 2004. Huset har en stomme av betong samt ytterväggar enligt *figur 1*.

Taket består utifrån och in av takpannor, bärläkt, ströläkt, diffusionsöppen un-



Bild 1: Majrogården i Gubbängen.

Artikelförfattare är **Lars-Erik Harderup** och **Jesper Arfvidsson**, FuktCentrum och Byggnadsfysik vid Lunds tekniska högskola, Lund.



Figur 1: Sektionsdetalj av vindsutrymmet.

1. Tunnputs, cirka 8 mm
2. Serporockskiva, 50 mm
3. 9 mm utegips
4. 400 mm lösull
5. Regelstomme av 45 • 170 träregel
6. Takstol
7. 45 • 120 snedsträva s1200
8. Råspont 23 mm
9. Diffusionsöppen underlagstäckning
10. Ströläkt 25 • 25 c600
11. Bärläkt 25 • 38
12. Betongpannor, obehandlade tegelröd
13. Vindskiva 23 • 145
14. Vindskiva 25 • 145
15. Plåtavtäckning
16. Trekantlist 45 • 45
17. Regel 45 • 45

derlagstäckning och råspont, se figur 1. Ovanpå vindsbjälklaget av platsgjuten betong finns 400 mm värmeisolering av

färdigställd. Tidigare studier har visat det olämpliga i att ha reducerad ventilation under byggskedet.

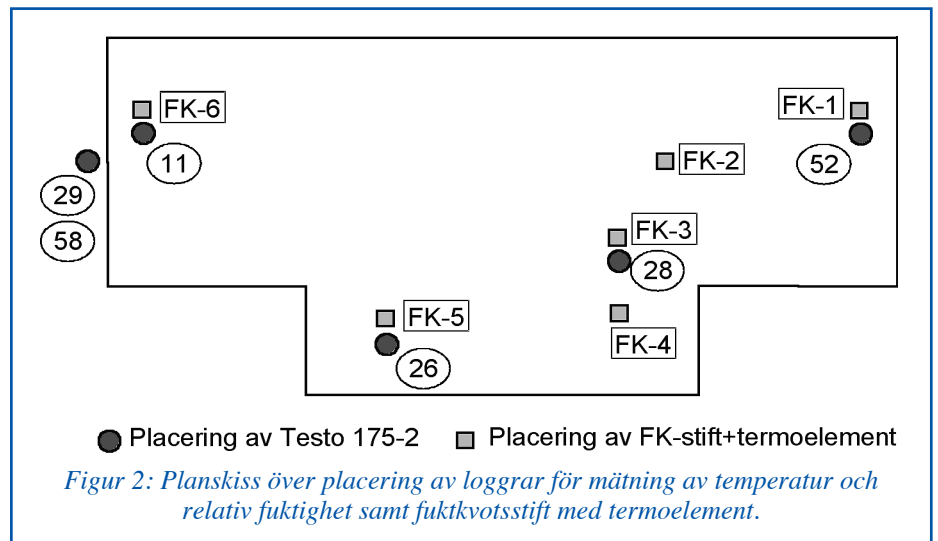
Studien omfattade enbart en kall vind med reducerad ventilation under driftskedet, och genomfördes som en fallstudie. Mätningar har enbart genomförts i vindutrymme samt utomhus, vilket innebär att någon hänsyn till inomhusklimatet i bostadsdelen inte har tagits.

Mätningar

Mätningarna av temperatur och relativ fuktighet har genomförts varannan timme med loggrar. Samtliga loggrar kalibrerades noggrant både före och efter mätperioden. Mätpunkternas placering framgår av figur 2. Uppmätta resultat från mätningar av relativa fuktigheter har omvandlats till "sanna" värden genom att omvandla sambanden mellan avlästa och kalibrerade värden med hjälp av tredjegradspolynom. Mätningar av temperaturer och fuktigheter genomfördes i luft samt trädetaljer, se bild 3. Från bild 3 framgår att fuktkvoten mätes intill loggrarna. Även utomhusklimatet har registrerats lokalt med två avskärmade loggrar. Endast medelvärden från mätpunkterna på vinden respektive utomhus redovisas i denna artikel.

lösull. Ventilationen i vindsutrymmet är kraftigt reducerad genom "stängda" gavel- och takfotsöppningar, se bild 2.

För att undvika höga fukttillskott på vinden under byggskedet reducerades inte ventilationen förrän byggnaden var



● Placering av Testo 175-2 ■ Placering av FK-stift+termoelement

Figur 2: Planskiss över placering av loggrar för mätning av temperatur och relativ fuktighet samt fuktkvotsstift med termoelement.

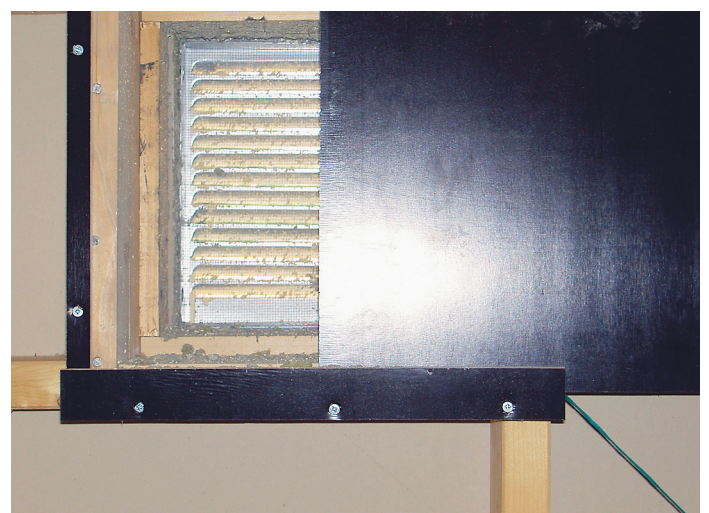


Bild 2: Ventilationen i vindsutrymmet är kraftigt reducerad genom "stängda" gavel- och takfotsöppningar.



Bild 3: Exempel på mätpunkt i vindsutrymme. På bilden syns fuktkvotsstift, termoelement samt datalogger för temperatur och relativ fuktighet.

I figur 3 redovisas månadsmedeltemperatur på vinden baserat på medelvärden från de fyra loggrarna samt utomhus. Månadstemperaturerna varierar mellan $-0,6$ °C och $+24,9$ °C. Vi kan konstatera att det alltid är varmare i vindsutrymmet än vad det är utomhus. I figur 4, som visar temperaturskillnaderna mellan vind och utomhus, ser vi detta tydligare. På vintern är det cirka 0,5 till 2 grader varmare på vinden och på sommaren mellan 2 och 3,5 grader varmare. Under kortare tidsperioder är variationerna större.

Glidande medelvärden betyder att man beräknar medelvärden för ett konstant antal värden som successivt byts ut.

I figur 5 redovisas månadsmedelvärden för den relativa fuktigheten i vindsutrymmen. Vi ser tydligt att den relativa fuktigheten alltid, både vinter och sommar, är lägre på vinden jämfört med utomhus.

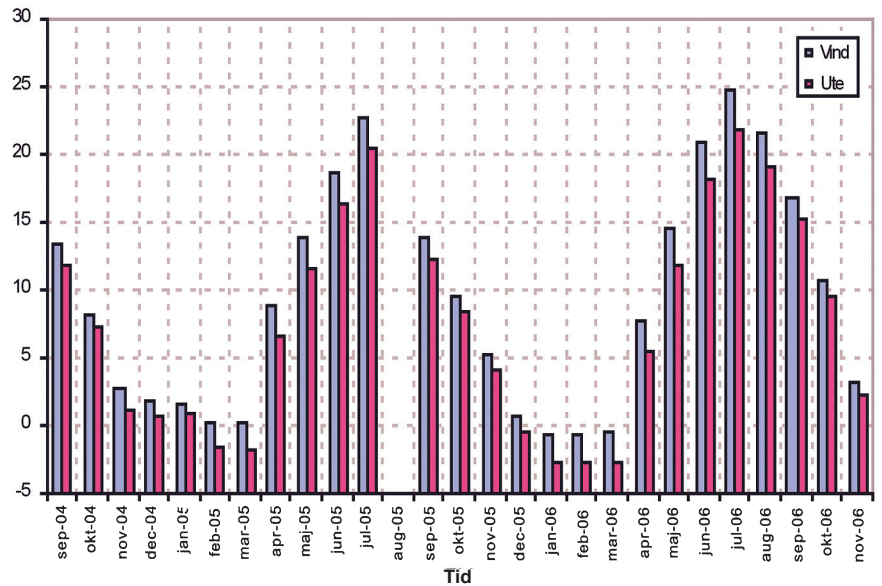
I figur 6 på sidan 16 redovisas månadsmedelvärde för ånghalten (g/m^3) på vinden samt utomhus. Vi ser att ånghalten mestadels är högre utomhus jämfört med inne. Det omvända gäller dock för september, oktober november 2005 och 2006.

I figur 7 redovisas fukttillskottet, skillnaden mellan vindsånghalt och uteånghalt, i form av månadsmedelvärden för fukttillskott (g/m^3) på vinden. Under vår och sommar har vi de högsta värdena på fukttillskotten, mellan 0,5 och $0,75 \text{ g/m}^3$. Under hösten finner vi negativa fukttillskott på maximalt $0,16 \text{ g/m}^3$.

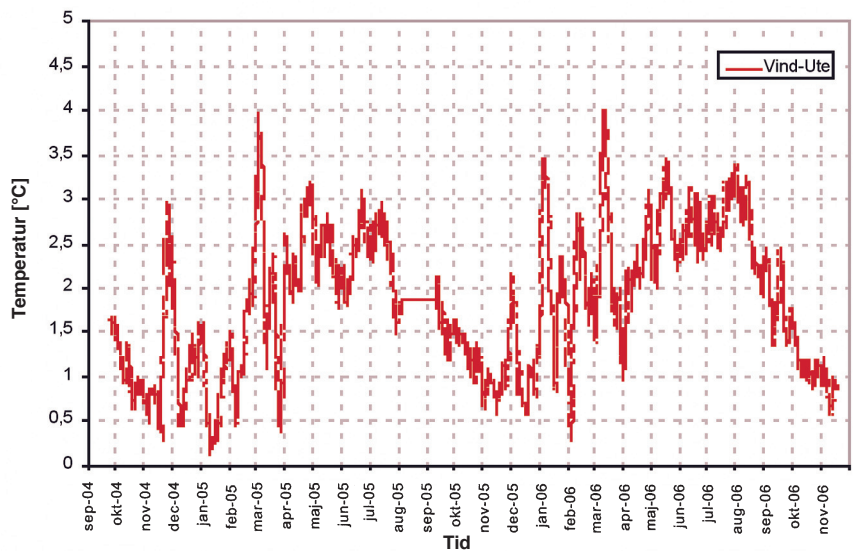
I figur 8 på sidan 17 redovisas medelvärden av fuktkvoten i takstolar och råspont. Vi kan konstatera att fuktkvoten vid samtliga mättillfällen varit på nivåer långt under de kritiska.

Sammanfattande iakttagelser och kommentarer

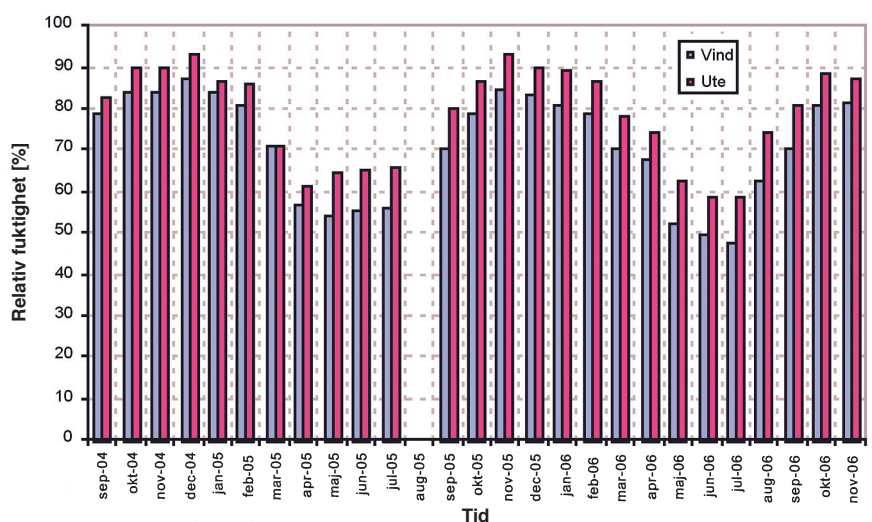
Temperaturen på vinden är således alltid högre än utomhus. Eftersom mättnadsånghalten i luft stiger med ökande temperatur kommer detta att leda till en sänkning av den relativa fuktigheten i vindsluften i jämförelse med uteluften. Det stämmer med de värden som registrerats för relativa fuktigheten, det vill säga den relativa fuktigheten på vinden är alltid



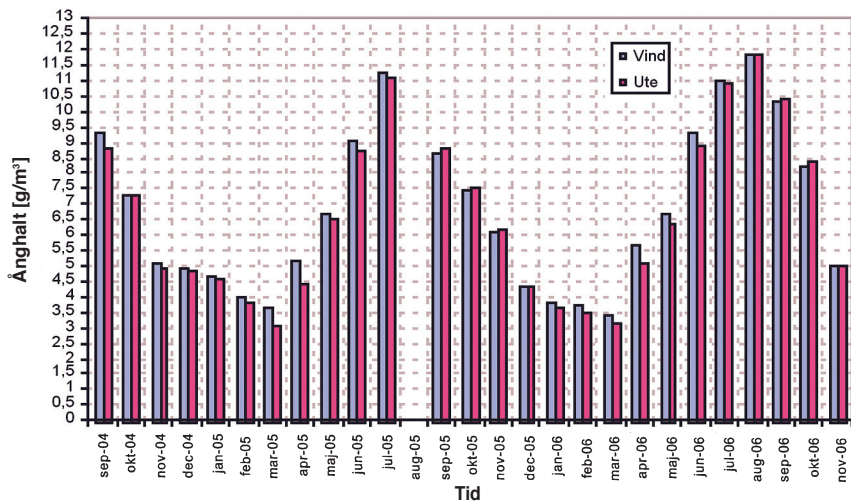
Figur 3: Månadsmedeltemperaturer (°C) på vinden samt utomhus.



Figur 4: Temperaturskillnad (°C) mellan vinden och utomhus redovisas som glidande veckomedelvärden.



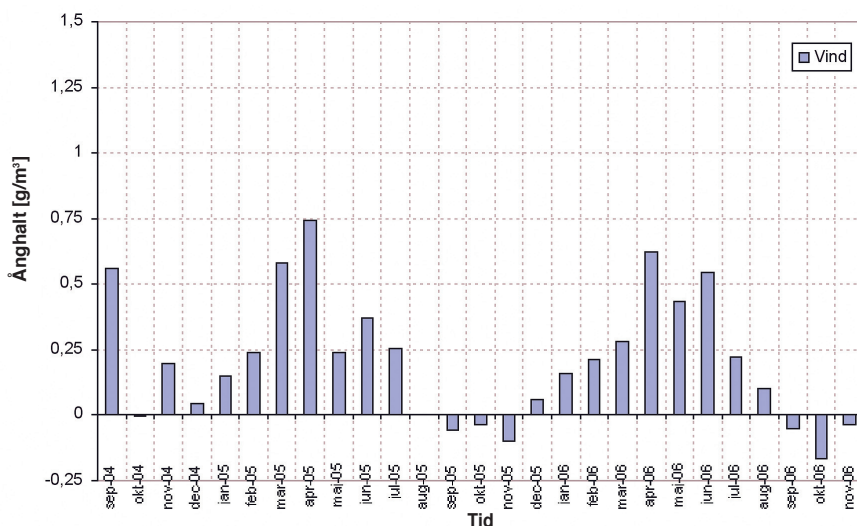
Figur 5: Relativ fuktighet (procent) på vinden samt utomhus redovisade som månadsmedelvärden.



Figur 6: Månadsmedelvärde för ånghalter (g/m³) på vinden samt utomhus.

lägre än utomhus. Mellan mars och september 2005 och 2006 ligger vi alltid under 75 procent relativ fuktighet, det vill säga under nivån för mögelrisk enligt figur 9 och kapitel 6:5 i BBR (2006). Mellan oktober och februari ligger vi mellan 79 procent och 88 procent relativ fuktighet. Månadsmedeltemperaturen på vinden

under denna årstid varierar mellan -0,6 och +10,8 °C. Genom att kombinera mätresultaten från figur 3 och 5 med figur 9 ser vi att den maximala mögelrisken baserat på månadsmedelvärden är 0,02 och inträffar i oktober 2004. Om vi antar att det finns en viss mängd kvarvarande byggfukt i början av mätperioden blir den

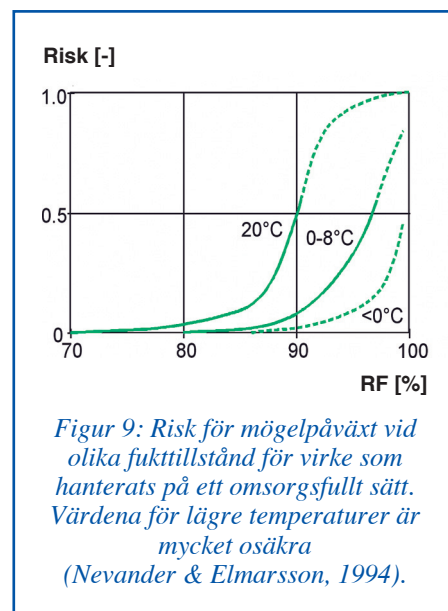
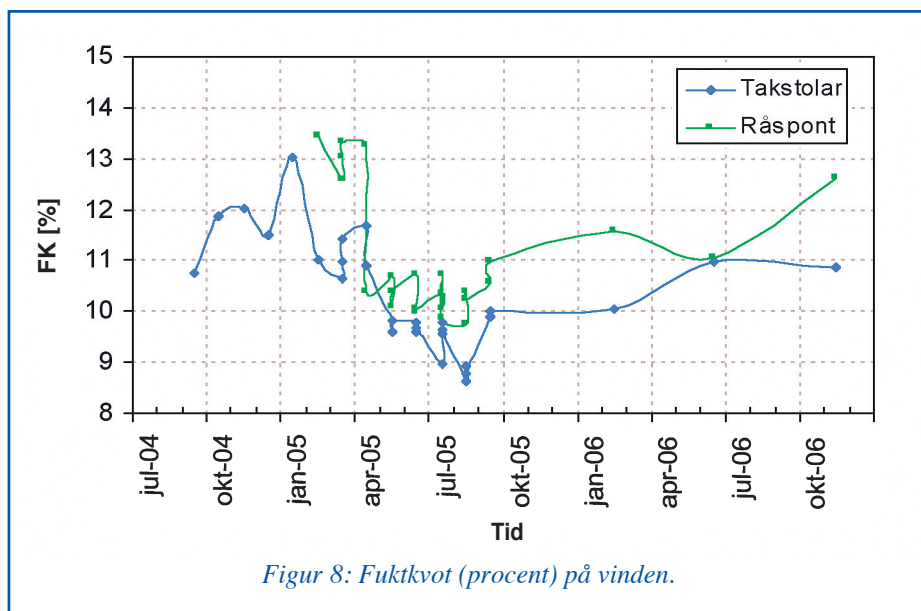


Figur 7: Månadsmedelvärde för fuktillskott (g/m³) på vinden.

maximala mögelrisken under normala förhållanden 0,01 och inträffar i oktober 2005 och 2006. Fuktkvotmätningarna i råspont och takstolar visar på låga värden. Från figur 8 ser vi också att fuktkvoten i råsponten nästan alltid är något högre än i takstolarna.

Ånghalten på vinden följer i stora drag variationerna utomhus, möjligen med en viss fasförskjutning. Ånghalten på vinden är ibland lägre än utomhus, vilket betyder negativa fuktillskott. Förutom onoggrannheten i mätningarna kan en tänkbar orsak vara en fasförskjutning i temperatur och fuktighet mellan uteluften och vindsluften. En annan orsak kan vara att vindsluften avfuktas genom att kondens faller ut på råsponten under kalla klara nätter, för att sedan antingen torka ut genom yttertacket eller vid senare tillfälle återförs till vindsluften som ett fuktillskott. Fukt från vindstrymmet kan diffundera genom råspont och diffusionsöppen underlagstäckning. Detta innebär att den fukt som ackumuleras i råspont och takstolar inte nödvändigtvis behöver återföras till vindstrymmet. Den eventuella uppfuktningen av råsponten som en följd av nattutstrålningen blir också mindre när ventilationen är lägre. En fördel med reducerad ventilation är att risken för nattutstrålning och den därmed sammanhängande risken för kondens vid takfoten minskar. En annan fördel med att reducera ventilationen vid takfot och gavelspetsar är att risken för snöinträngning minskar, snö som senare smälter och kan orsaka fukt och mögelskador. Det är dock viktigt att komma ihåg att ombesörja en god ventilation av vindstrymmet under byggskedet. Därför är det viktigt att ventilationsöppningar går att öppna och stänga efter behov.

Slutsatsen från denna fallstudie är att reducerad ventilation i kombination med diffusionsöppen underlagstäckning på råspont tycks minska risken för fukt och mögelskador i jämförelse med en traditionellt ventilerad vind med underlagspapp på råspont. Denna slutsats stämmer även med resultaten som vi redovisade i Bygg & teknik 4/05. ■



Referenser

Ahrnens, Caroline & Borglund, Emma. *Fukt på kalla vindar – en kartläggning av småhus i Västra Götalands län*. Institutionen för bygg- och miljöteknologi. Avdelningen för byggnadsteknologi, Byggnadsfysik. CTH Göteborg 2007. Examensarbete 2007:11

Angerstig, Kristofer & Eidenstedt, Olle. *Fuktvariationer i uteluftsventilerade vindsutrymmen*. Institutionen för Bygghvetenskap.

Avdelningen för Byggnadsteknik. KTH 2002. Examensarbete nr 317.

Arfvidsson, Jesper & Harderup, Lars-Erik. *Fuktsäkerhet i kalla vindsutrymmen*, Rapport TVBH-7228, Byggnadsfysik, LTH, Lund 2005.

Arfvidsson, Jesper & Harderup, Lars-Erik. *Fuktsäkerhet i kalla vindsutrymmen*, Bygg & teknik 4/05, Stockholm 2005.

Boverket. *Regelsamling för byggregler – Boverkets byggregler*, BBR. Boverket, Karlskrona, juni 2006.

Elmroth, Arne & Samuelson, Ingemar. *Den nya trästaden – erfarenheter från Bo92*, SP-Rapport 1996:21, Borås 1996.

Larsson, Lars-Erik. *Kallvindsutrymmen*, P-95:1, Arb. Nr. 851, Chalmers tekniska högskola, Göteborg, 1995.

Nevander, Lars Erik & Elmarsson, Bengt. *Fukthandbok, praktik och teori*. AB Svensk Byggtjänst, Stockholm, 1994.

Samuelson Ingemar. *Fuktbalans i kalla vindsutrymmen*, SP Rapport 1995:68, Borås, 1995.