

Fuktsäkerhet i kalla vindsutrymmen

Antalet skador på kalla ventilerade vindar har ökat. Dessa orsakas i många fall av kondens. En ökad isolering i vindsbjälklaget i kombination med att skorstensstocken 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 lufttätet 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 vindsutrymme.

Målet med projektet är att prediktera fukt och temperaturtillstånd i kalla vindar och därmed risken för fuktrelaterade skador. Detta har skett genom att praktiskt prova och göra beräkningar av olika alternativa utformningar av kalla vindar och jämföra med ett referensobjekt. Experimentell insamling av data från nybyggda konstruktioner samt omgivande klimat har samlats

in och verifierats mot beräkningar. Följande konstruktioner har undersökts; värmisolerering under råspont, värmekällor på vinden samt reducerad ventilation. Beräkningsmässigt är samtliga provade åtgärder gynnsamma och minskar risken för fuktskador. Jämförelser mellan beräkningar och mätningar visar på god överensstämmelse.

Ökat antal skador

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 lufttätet i vindsbjälklaget ökat. "Ekologiskt byggande" med öppna bjälklag har ibland skapat problem. Nu har det emellertid visat sig att trots att man försöker bygga lufttäta bjälklag får man ibland kondensproblem på kalla vindar. En bidragande orsak kan vara att nattutstrålningen får större betydelse i nybyggda kalla vindsutrymme. Under klara nätter kan detta medföra att insidan av yttertakets får en lägre temperatur än uteluften, vilket leder till högre relativ fuktighet och även kondens. I Sverige har problemet tidigare uppmärksammats av Ingemar 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.

Målet med projektet är att prediktera fukt och temperaturtillstånd i kalla vindar och därmed risken för fuktrelaterade skador. Detta har skett genom att praktiskt prova olika alternativa utformningar av kalla vindar. Experimentell insamling av data från nybyggda konstruktioner samt omgivande klimat har registrerats och verifierats mot beräkningar. Resultaten från projektet ska användas till att ge ett säkrare beslutsunderlag vid produktion/utformning av kalla vindar, ge konstruktören ett dimensioneringsverktyg samt ge byggaren/beställaren möjlighet att kontrollera om ritningsunderlaget ger en fuktsäkrare konstruktion. Undersökningen har genomförts som en fallstudie av fyra vindsutrymme, varav ett varit referensobjekt och de övriga modifierats på olika sätt. I dessa fyra vindsutrymme har mätningar av temperaturer och fuktighet genomförts under en två års period. Även temperatur och fuktighet ute har registrerats. Vidare så har temperatur och fuktighet på vindarna simulerats med hjälp av beräkningsverktyget HAM-tools (Sasic-Kalagasidis, 2004). Avsikten är att klargöra i vilken utsträckning man med hjälp av beräkningar kan prediktera klimatet i de fyra vindsutrymme.

Studien omfattade enbart ventilerade kalla vindar och genomfördes som en fallstudie. Mätningar har enbart genomförts i vindsutrymme samt utomhus vilket

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

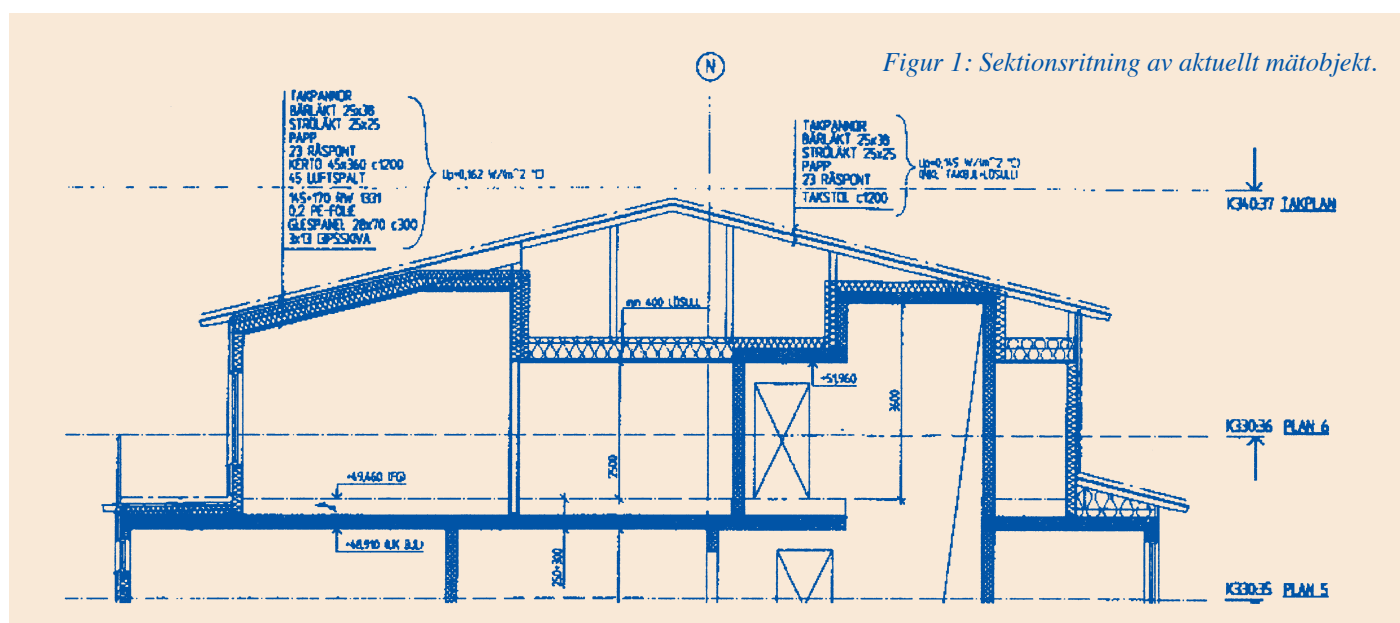




Bild 1. Vindsutrymmet i hus 4 före utläggning av lösullsisolering.

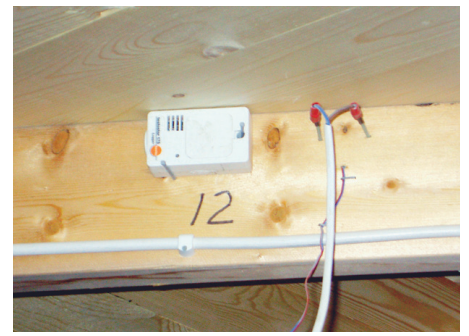


Bild 2: Exempel på mätpunkt i vindsutrymme. På bilden syns fuktkvotsstift, termoelement samt datalogger för temperatur och relativ fuktighet.

innebär att någon hänsyn till inomhusklimatet i bostadsdelen inte har tagits.

De aktuella husen är belägna i Stockholmsregionen. Kvarteret består av totalt nio punkthus i två till fyra våningar plus vindsvåning. Samtliga hus har betongstomme men vindsbjälklag av trä (Kerto 45 x 369 c1200) med minst 400 mm lösullsisolering. Taket består utifrån och in av takpannor, bärläkt, ströläkt, traditionell underlagspapp och råspont, se figur

1. Ventilationen i vindsutrymmet består i takfotsventilation samt "kinahatt" i takspets.

● Ett av husen, *hus 4*, utgör referensobjekt och här har inte vindsutrymmet modifierats på något sätt, utan kan betraktas som ett "normalt" uteluftsventilerat vindsutrymme, se bild 1.

● I yttertakets i vindsutrymmet på *hus 7* har en 50 mm värmeisolering med falsad expanderad cellplast ($\delta_v = (0,9 - 1,4) \cdot 10^{-6}$

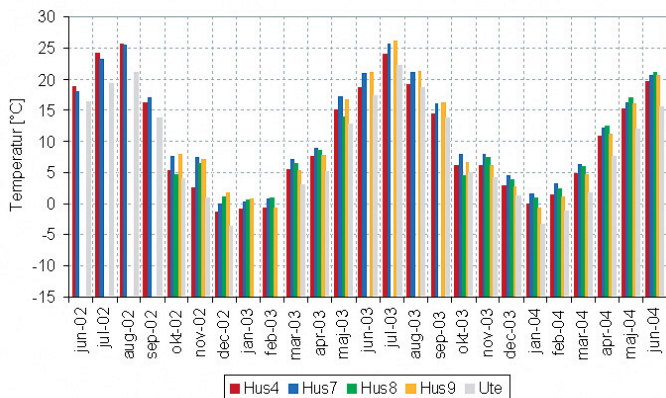
m²/s) placerats på insida råspont. Isoleringen borde naturligtvis sitta på utsidan av råsponten men för att det ska vara möjligt att på ett enkelt sätt återställa konstruktionen till ursprungligt skick var detta enda möjligheten.

● I *hus 8* har två värmekällor på vardera 200 Watt placerats i vindsutrymmet. Dessa kan till exempel motsvara oisolerade fläktmotorer placerade i vindsutrymmet.

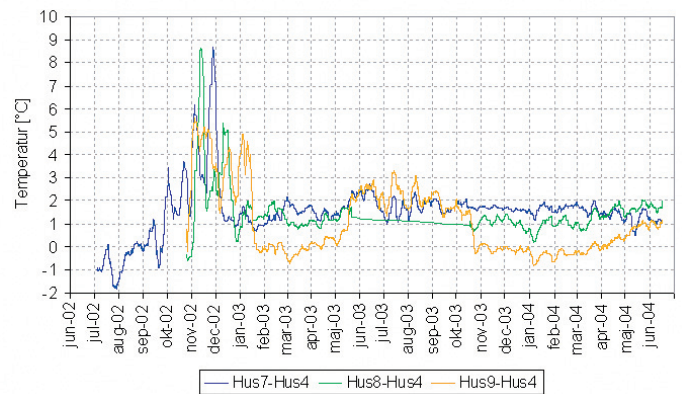
● I *hus 9* var ventilationen vid takfot reducerad året om medan "kinahatten" var tilltäppt vintertid.

Mätningar

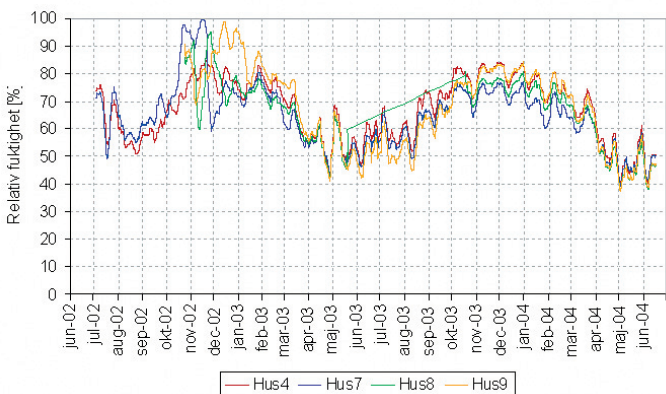
I samtliga fyra hus har mätningar av tem-



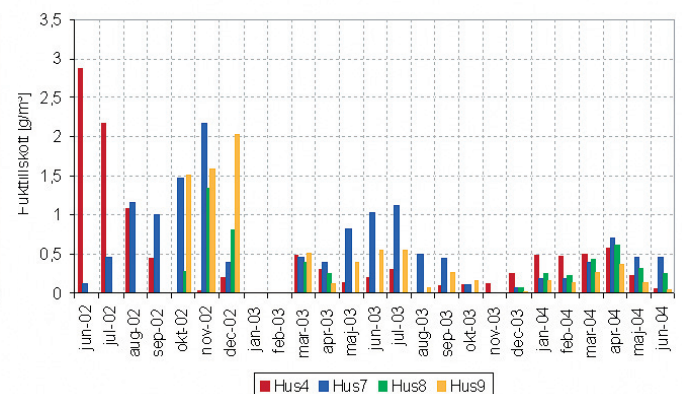
Figur 2: Månadsmedeltemperaturer (°C) i de fyra mätobjekten samt utomhus.



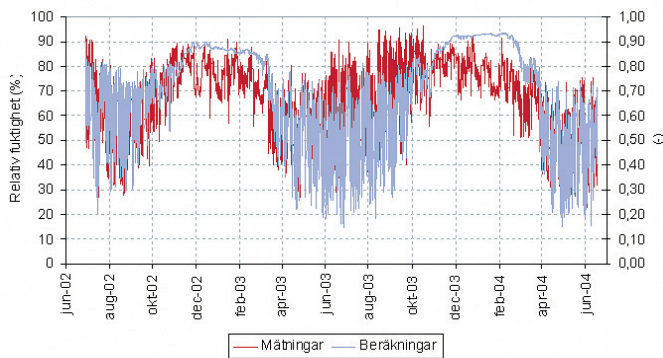
Figur 3: Temperaturdifferens (°C), som glidande veckomedeltalstemperaturer mellan referenshuset (hus 4) och de övriga husen.



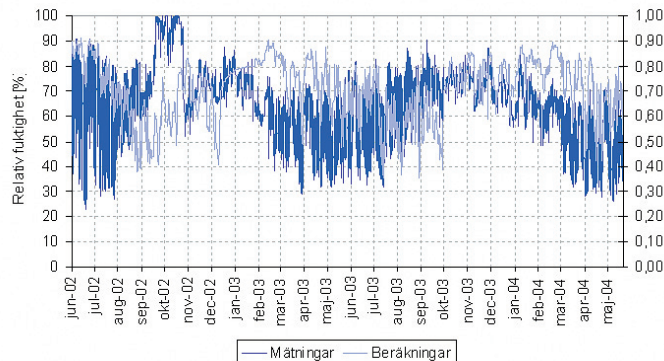
Figur 4: Glidande veckomedel-RF (%) i de kalla vindarna i de fyra mätobjekten.



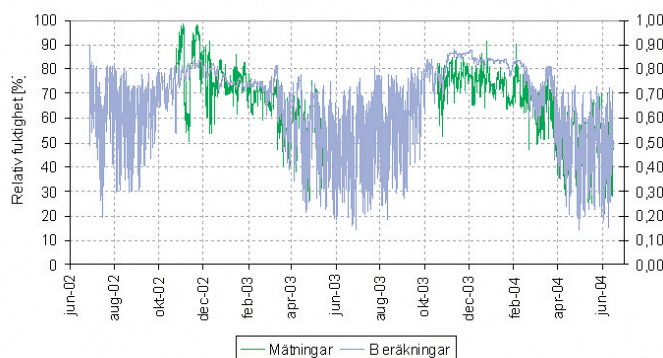
Figur 5: Månadsmedelvärden för fuktutsläppet (g/m³) på vindarna i de fyra husen.



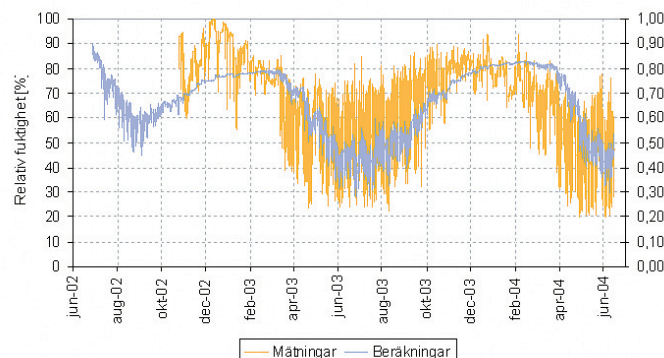
Figur 6: Medelvärden av RF-mätningar (%) i hus 4, referenshus, samt beräknad relativ fuktighet (-) vid invändig yta av råspont.



Figur 7: Medelvärden av RF-mätningar (%) i hus 7, isolering under råspont, samt beräknad relativ fuktighet (-) vid invändig yta av cellplast.



Figur 8: Medelvärden av RF-mätningar (%) i hus 8, värmekälla, samt beräknad relativ fuktighet (-) vid invändig yta av råspont.



Figur 9: Medelvärden av RF-mätningar (%) i hus 9, reducerad ventilation, samt beräknad relativ fuktighet (-) vid invändig yta av råspont.

peraturer och fuktigheter genomförts i luft samt trädetaljer, se bild 2. Från bild 2 framgår att fuktkvoten mättes intill loggarna. Resultaten från dessa mätningar presenteras inte i denna artikel. Även utomhusklimatet har registrerats lokalt. I figur 2 redovisas månadsmedeltemperaturer för de fyra mätobjekten samt utomhus och i figur 3 ges temperaturskillnaderna i förhållande till referenshuset.

I figur 4 redovisas glidande veckomedelvärden för den relativa fuktigheten i de fyra vindsutrymmen som ingår i studien. Glidande medelvärden betyder att man beräknar medelvärden för ett konstant antal värden som successivt byts ut. I figur 5 ges fukttillskottet, skillnaden mellan vindsånghalt och uteånghalt, i form av månadsmedelvärden. Resultaten i figur 5 visar höga fukttillskott i början av mätperioden. Dessa beror på byggfukt och kommenteras senare i denna artikel.

Beräkningar och jämförelse med mätningar

Nedanstående beräkningar har utförts av Angela Sasic Kalagaidis, Byggnadsfysik Chalmers. Vid beräkningarna har uteklimatet från mätningarna

använts som indata. Andra klimatdata som behövs till beräkningarna, såsom direkt och diffus solstrålningen har beräknats. Förutom geometri för de olika vindsutrymmena och relevant materialdata krävs även luftomsättningen på vindarna som indata till beräkningarna. För hus 4, hus 7 och hus 8 har luftomsättningen antagits vara 2,0 luftomsättningar per timme, medan luftomsättningen i hus 9 antas vara 0,2 omsättningar per timme i genomsnitt. Vid samtliga beräkningar har temperaturen under vindsbjälklaget (inomhus) antagits till +22 °C.

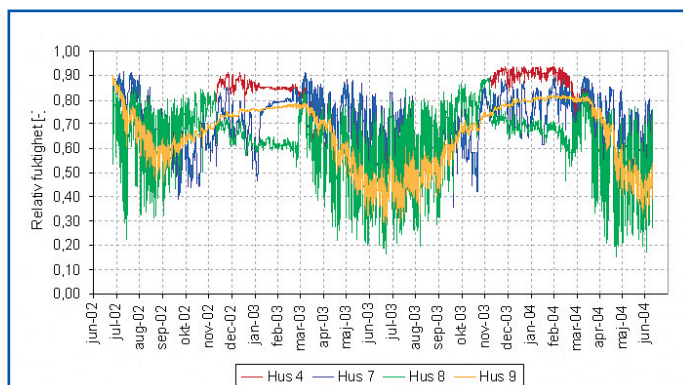
I figurerna 6 till 9 redovisas förutom beräknade värden även uppmätta medelvärden från loggarna.

I figur 10 redovisas beräkningar av relativa fuktigheter för samtliga undersökta vindar.

Sammanfattande iakttagelser och kommentarer

Gemensamt för samtliga vindar vid normal drift är att lufttemperaturen nästan alltid är högre på vindarna i jämförelse med uteluften, se figur 2 och 3. Hus 7 (isolering på råspont), och hus 8 (värmekälla) uppvisar de högsta lufttemperaturerna. För dessa hus är temperaturerna alltid högre än i hus 4, referenshuset. Under vintern, oktober 2003 – till mars 2004, är det hus 7 (isolering på råspont), som uppvisar de högsta temperaturerna. I hus 9 (reducerad ventilation), är temperaturerna under vintern lägre än referenshuset, medan det omvända gäller under sommaren.

På flertalet av vindarna har höga värdena på relativa fuktigheten och fukttillskott registrerats under hösten 2002, se figur 4 samt 6 till 9. Under denna period genomfördes



Figur 10: Beräknade relativa fuktigheter (-) i de fyra vindsutrymmena. Hus 4 (referenshus), hus 7 (isolering under råspont), hus 8 (värmekälla), hus 9 (reducerad ventilation).

kompletterande gjutning med lättballastbetong, 200–300 mm över samtliga mellanbjälklag. Byggfukten från detta arbetsmoment beaktades inte tillräckligt utan ett rejält fuktillskott skapades. Den fuktiga luften kunde fritt strömma upp på vinden genom vindsluckan som olyckligtvis var öppen. Då detta uppmärksammades vidtogs genast avfuktande åtgärder. Relativa fuktigheten sjönk därefter snabbt.

Enligt figur 5 är fuktillskottet under vintern 2003/2004 mycket litet. Detta tyder på att det inte sker något luftläckage underifrån, vilket ur fuktsäkerhetssynpunkt är positivt. Den skillnad i fuktillskott som dock finns mellan husen visar på ett lägre fuktillskott under vintern för samtliga tre hus i jämförelse med referenshuset. Fuktillskottet på sommaren i hus 4 (referenshus), hus 8 (värmekälla) och hus 9 (reducerad ventilation), se figur 5, ligger i storleksordningen 0,5 g/m². Detta kan bero på mätfel, läckage från nederbörd eller lokal kondensation i närheten av takfot. Det är dock inte troligt att fuktillskottet härrör från att ineluften läcker ut i vindsutrymmet. Anledningen till de höga värdena i hus 7 (isolering under råspont), under sommaren 2003 är att cellplastisoleringen, som ligger på insidan av råsponten, reducerar fuktbuffringen i råsponten. Det är också svårare för byggfukten från pågjutningen att torka ut, vilket leder till högre fuktillskott även under sommaren 2003.

Som tidigare påpekats är fuktillskottet mycket högt i samband med gjutning och pågjutning av betong på mellanbjälklagen. Det är därför viktigt att luft- och ångtätande åtgärder mellan vindsutrymme och underliggande lokaler utförs i ett tidigt skede. Plastfolie, tätningar av genomföringar och anslutningar samt tät vindslucka är direkt avgörande för en acceptabel fuktnivå i vindsutrymmet. En dålig luft- och ångtätning kan få negativa konsekvenser under mycket lång tid framåt, se figurerna 4 och 5. Detta är en mycket viktig lärdom inför framtiden.

Enligt resonemanget ovan är således reduktion av ventilationen en olämplig åtgärd under byggskedet. Däremot bör den, med gott resultat, kunna genomföras under driftsskedet under förutsättning att god lufttätning gentemot bostadsutrymmen kan garanteras under byggnadens hela livslängd. Användning av reducerad ventilation bör ytterligare studeras och nya tekniker provas och utvecklas.

Isolering på utsida av råspont bör fungera väl tillsammans med normal underlagspapp. Vid användning av nya material såsom ”ångbroms” i kombination med relativt ångtät cellplast försvinner ångbromsens funktion helt eller delvis. Detta bör vidare undersökas.

Beräkningsmässigt är samtliga åtgärder gynnsamma och minskar risken för

fuktskador, se figur 10. Jämförelser mellan beräkningar och mätningar visar på god överensstämmelse. Generellt är skillnaderna störst under vintern, beräkningarna ligger dock på säkra sidan, det vill säga beräkningarna ger högre relativa fuktigheter än vad mätningarna visar. Korttidsvariationerna underskattas dock av beräkningarna, speciellt under vintern. Uppskattningar av luftomsättningen på vindarna verkar stämma. De beräkningsverktyg som här använts lämpar sig således väl för parameterstudier. ■

Referenser

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

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.

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

Sasic-Kalagasidis Angela. *Ham-Tools. An Integrated Tool for Heat, Air and Moisture Transfer Analyses in Building Physics*, P-04:1 arb nr 985, Chalmers tekniska högskola, Göteborg, 2004.