

# Fuktberäkning

Följande artikel är ett försök att i förenklad form förklara när, var och hur fuktberäkningar kan utföras. Ofta behöver man även utföra värmeberäkningar för att till fullo dra nytta av resultaten. Vissa partier blir med nödvändighet teoretiska och exempel på beräkningsmetoder ges dels i generell form och dels i exempelform, så att läsaren själv kan pröva på att utföra enklare beräkningar.

Kunskapen att utföra fuktberäkningar, är en viktig förutsättning för att exempelvis vid nybyggnation kunna bedöma uttorkningstider, vid skadeutredning bedöma fukttransportriktning och skadeorsak, samt vid fuktssäkerhetsprojektering för att bedöma vilken fuktbelastning en byggnad eller konstruktion utsetts för under själva uppförandet eller under drift.

Beräkningarna resulterar i en mer eller mindre tydlig bild av vilka fuktillstånd som kan förväntas, när dessa inträffar och hur länge de varar. Med kunskap om olika materials tålighet mot mögel/röta, korrosion, formförändringar och annan fuktrelaterad påverkan, kan beräkningsresultaten ge konsulten ett viktigt underlag för att kunna utföra en riskbedömning. Överskrids de kritiska fuktillstånden för någon del av byggnaden/konstruktionen, kan förutsättningarna modifieras och beräkningarna göras om, tills ett betryggande resultat uppnåtts. Konsulten kan därefter ge förslag på de förändringar i materialval, konstruktionstyp eller klimat, som krävs för att uppnå fastställda krav, antingen det gäller att förhindra skada, minimera energiförbrukning eller torra ut en konstruktion inom fastställt tid.

## Fukt

Innan vi börjar räkna med fukt, bör vi klargöra vad som menas med fukt. Fukt är ett samlingsnamn för fast, flytande och gasformigt vatten. De former vi här kommer att behandla är dels gasformigt vatten, det vill säga ånga och de transportmekanismer som denna kan underkastas samt gasformigt vatten som attraherats och bundits till olika fasta så kallade hygroskopiska material.

Det råder en allmän förvirring om vad som menas med begreppet fuktigt och torrt. Många menar till exempel att vin-

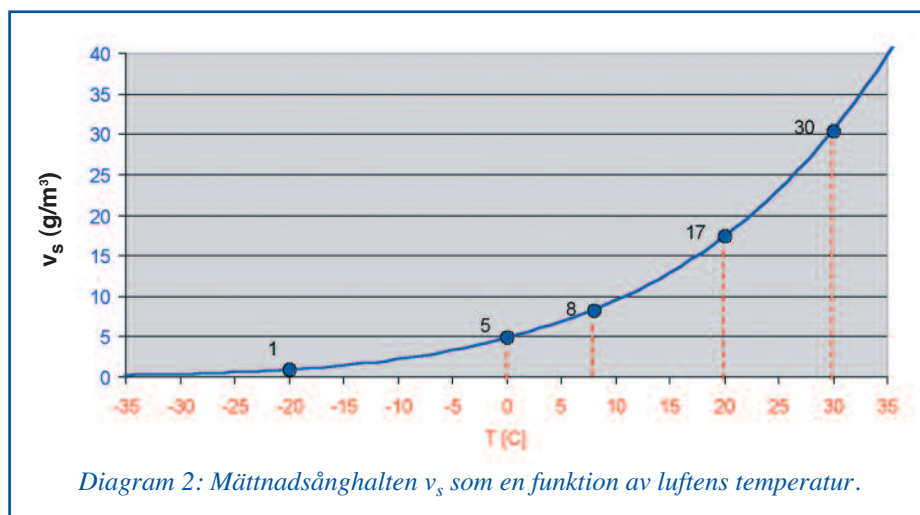
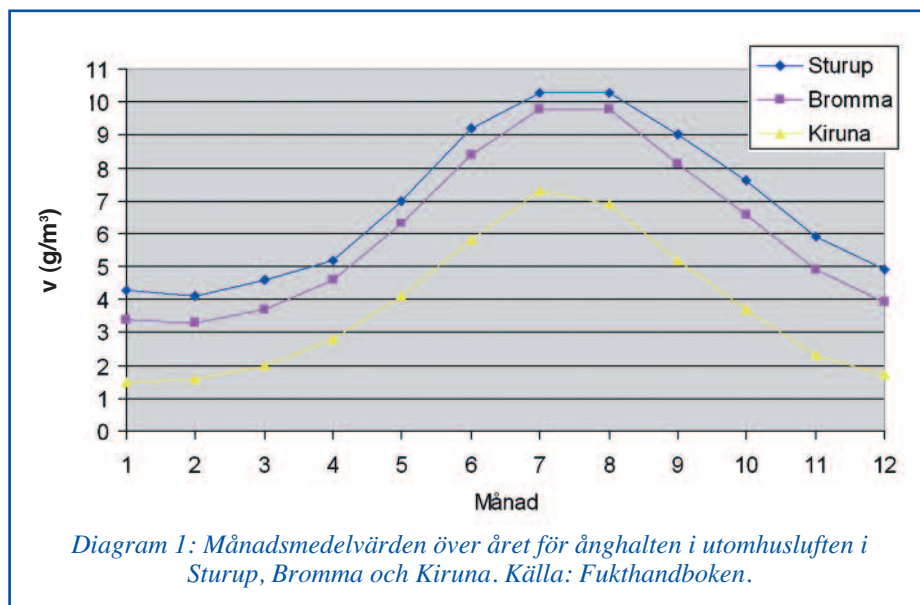
terluften är torrare än sommarluften, medan andra påstår det omvända. Efter som båda kan ha rätt, beroende på vad man mäter, bör vi först klargöra hur vi anger mängden fukt i luft och hur vi mäter den.

Mängden fukt i luft eller kanske ännu bättre uttryckt, koncentrationen av vattenånga, anges ofta som så kallad ånghalt. Ånghalten brukar anges som mängden gasformigt vatten per volymenhet luft ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) eller ( $\text{g}/\text{m}^3$ ).

I *diagram 1* kan vi se att månadsmedelvärdet för ånghalten utomhus i Stockholm varierar mellan 3,4 till 9,9  $\text{g}/\text{m}^3$ , i Kiruna mellan 1,6 till 7,4  $\text{g}/\text{m}^3$  och i Malmö (Sturup) mellan 4,1 till 10,4  $\text{g}/\text{m}^3$ . Det tycks som att ånghalten är högre i söder än i norr. Dessutom kan vi se att ånghalten generellt är högre på sommaren än på vintern. Orsaken till denna variation över året och från norr till söder, beror inte på skillnader i nederbörd eller tillgången till smält vatten utan på det faktum att kall

luft inte förmår ta emot lika mycket vattenånga som varm luft. Detta till synes enkla faktum är grunden till många av de fenomen som vi kan iaktta i naturen och inte minst vid fuktberäkningar.

I *diagram 2* kan vi se att luft med en temperatur på 8 °C förmår lagra cirka 8 g vattenånga per kubikmeter och luft med en temperatur på 30 °C förmår lagra cirka 30  $\text{g}/\text{m}^3$ . Den maximalt möjliga ånghalten vid varje given temperatur brukar betecknas mättnadsånghalt. Trots att ånghalten är olika, kan vi likväl påstå att luften är lika mättad i båda fallen. Mättnadsgraden brukar vi ange som luftens relativa fuktighet, RF. Uttryckt i procent, är luftens relativa fuktighet 100 procent i båda fallen. I *diagram 2* kan vi se att en ånghalt på 4  $\text{g}/\text{m}^3$  vid 8 °C, motsvarar en relativ fuktighet på 50 procent. Samma ånghalt, det vill säga 4  $\text{g}/\text{m}^3$  vid 30 °C motsvarar en relativ fuktighet på cirka 13 procent. Detta faktum innebär att vi kan sänka luftens relativa fuktighet genom att öka tempera-



Artikelförfattare är **Mathias Lindskog**, AK-konsult Indoor Air AB, Ramlösa.

turen, under förutsättning av vi inte tillför eller tar bort fukt. På motsvarande sätt kan vi öka den relativa fuktigheten genom att sänka temperaturen.

### Kritiska fukttilstånd

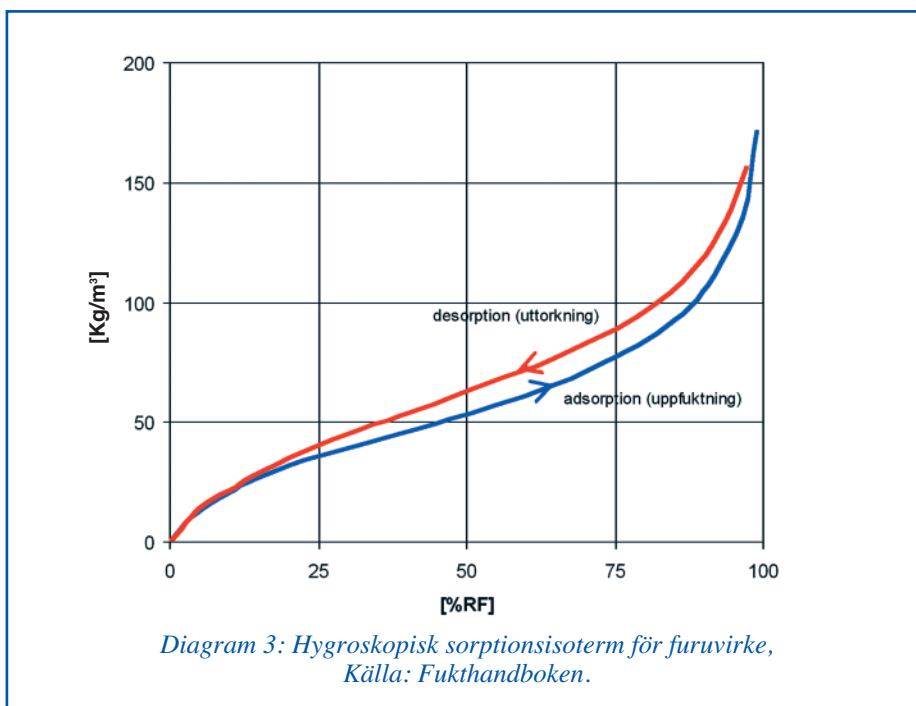
Ofta är syftet med fuktberäkningar att bedöma risker för fuktrelaterade förändringar såsom tidigare nämnts, korrosion, formförändringar och mikrobiella skador. Överraskande nog styrs inte dessa risker av ånghalten, utan av den rådande relativa fuktigheten. Som vi ska se senare, styrs däremot fukttransport genom diffusion av skillnader i ånghalt. Kritisk relativ fuktighet för trä avseende mikrobiella skador, anges för närvarande, som 75 procent RF. Detta innebär att det vid 8 °C krävs en ånghalt på cirka 6 g/m<sup>3</sup> för att nå kritisk relativ fuktighet, medan det vid 30 °C krävs cirka 23 g/m<sup>3</sup>.

### Fukt bundet till fasta material

Fasta material som trä och betong har ytor som gärna drar till sig vattenmolekyler från luften. Fenomenet kallas adhesion. Ju större yta, desto mer vatten kan bindas. Eftersom trä och betong är porösa material, det vill säga även har inre ytor såsom porväggar som är förbundna med luften utanför, kan de attrahera betydligt mer vatten än icke-porösa material såsom glas och metall. Fasta materials förmåga att binda vatten till sina ytor, beror alltså dels på den totala ytan, inklusive tillgängliga inre ytor och dels den rent fysikaliska attraktionskraften mellan materialet och vattenmolekylen. Ett material med en förmåga att genom adhesion binda vattenmolekyler från luften, sägs vara hygroskopiskt. Ett materials förmåga att hygroskopiskt binda vatten, varierar starkt med den relativa fuktigheten. Ju högre relativ fuktighet desto mer vatten kan bindas.

Vad som kan vara förvånande är att vi tidigare konstaterade att en kubikmeter luft vid 20 grader Celsius maximalt kan innehålla cirka 20 g vattenånga, det vill säga vid 100 procent RF, medan en kubikmeter av ett poröst material som trä, vilket utsätts för samma klimat, kan dra till sig cirka 200 kg vatten från omkringliggande luft per kubikmeter trä. Fasta materials fukttinnehåll brukar anges som fukthalt uttryckt i (kg/m<sup>3</sup>).

Diagram 3 visar en så kallad sorptionsisoterm. Kurvan beskriver hur många kilogram vatten en kubikmeter av ett material hygroskopiskt binder vid olika relativ fuktighet i omkringliggande luft. Ur diagrammet kan vi på den blå kurvan utläsa att en kubikmeter absolut torrt furuvirke i luft med 50 procent RF, kommer att adsorbära (binda) cirka 53 kg vatten vid jämvikt. Den blå kurvan gäller furuvirke under uppfuktning, (adsorption) och den röda kurvan gäller furuvirke under uttorkning, (desorption). Med "under uppfuktning" menar vi att den har varit torrare och funnit jämvikt vid 50 procent RF. På



samma sätt kan vi se att furuvirke som befunnit sig i fuktigare miljö en längre tid och därför haft högre fukthalt, kommer att ha en fukthalt på 63 kg/m<sup>3</sup> vid 50 procent RF. Fenomenet kallas för hysteres och kan förenklat förklaras med att ett fast material har lättare att binda fukt än att släppa ifrån sig. Kunskapen om ett materials historia är således viktig för att kunna bedöma vilken av kurvorna i sorptionsisotermen som gäller.

### Fukttransportmekanismer

De vanligaste transportmekanismerna för fukt är konvektion, diffusion och transport i vätskefas. Vi kommer här endast ta upp diffusion.

Fukttransport på grund av konvektion, uppkommer när fukt följer med luft i rörelse, exempelvis när varm inomhusluft läcker upp till ett vindsutrymme.

Fukttransport i vätskefas förekommer i två former. Dels transport av vatten från områden med högre tryck till områden med lägre tryck, exempelvis högt grundvatten som tränger in i en källarvägg, dels transport av vatten med hjälp av kapillära krafter, exempelvis vatten som sugts upp i en betongplatta placerad på blöt mark utan mellanliggande kapillärbrytande skikt.

Fukttransport genom diffusion beror på skillnader i ånghalt, det vill säga transporten sker från områden med hög ånghalt till områden med lägre ånghalt.

### Fuktdiffusion

Vi kommer nu att gå in på de beräkningsmetoder som är praktiskt genomförbara med kalkylator och med hjälp av datorprogram. Det ska sägas att även om vi här räknar med ren diffusion, är verkligheten ofta mer komplex. Metoderna ger trots sin förenklade form en tillräckligt god bild av förloppen, att resultaten kan användas för bedömning av förväntade

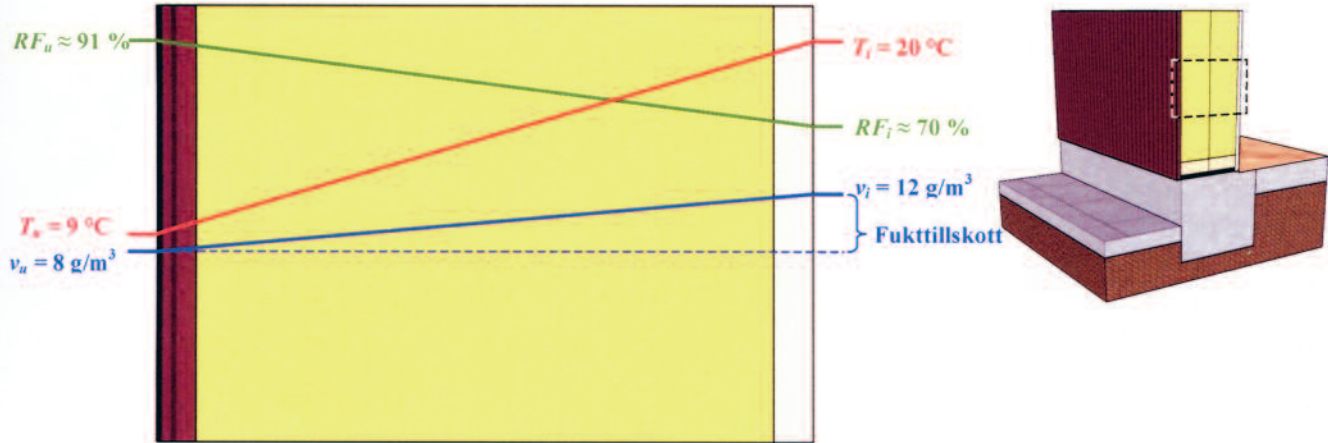
fukttilstånd och om dessa riskerar nå kritiska nivåer.

### Stationär diffusion

Vid stationär diffusion, den enklaste metoden att beräkna fukttilstånd i en konstruktion, utgår man ifrån ett konstant klimat och fuktflöde. De ingående materialens fuktlagrande förmåga försummas och resultatet blir som en ögonblicksbild. Genom att utföra en serie stationära beräkningar med olika ingångsvärden, exempelvis månadsmedelvärden för uteklimat och inneklimate, kan fukttilstånden inuti konstruktionen bedömas för olika tider på året eller under utvalda intressanta kanske extrema förhållanden. Den stationära metoden lämpar sig naturligtvis bäst på relativt tunna, lätta och fuktgenomsläppliga konstruktioner eftersom dessa relativt snabbt anpassar sig till omgivande klimat och når ett konstant fukttilstånd. Vid särskilt tunna och lätta flerskiktskonstruktioner kan i vissa fall femdygnsmedelvärden användas eftersom fukttilstånden i konstruktionen hinner anpassa sig under denna period.

Innan vi börjar räkna, kan vi betrakta konstruktionen i figur 3. Konstruktionen är en yttervägg bestående av en träregelstomme med utvändig kryssfanerskiva och invändig gipsskiva utan plastfolie. Vi har antagit en ånghalt utomhus, (vänster sida) på 8 g/m<sup>3</sup>. Inomhusluften kommer ursprungligen utifrån, varför också den har en ånghalt på 8 g/m<sup>3</sup> plus ett fukttilskott på grund av fuktproduktion inomhus, (dusch, tvätt, matlagning etcetera). Låt oss anta ett inte allt för ovanligt men högt fukttilskott på 4 g/m<sup>3</sup>. Den totala ånghalten inomhus blir då 12 g/m<sup>3</sup>.

Under förutsättning att konstruktionen består av lika fuktgenomsläppliga material, kan vi anta att ånghalten i konstruktionen i det närmaste följer en rät linje från



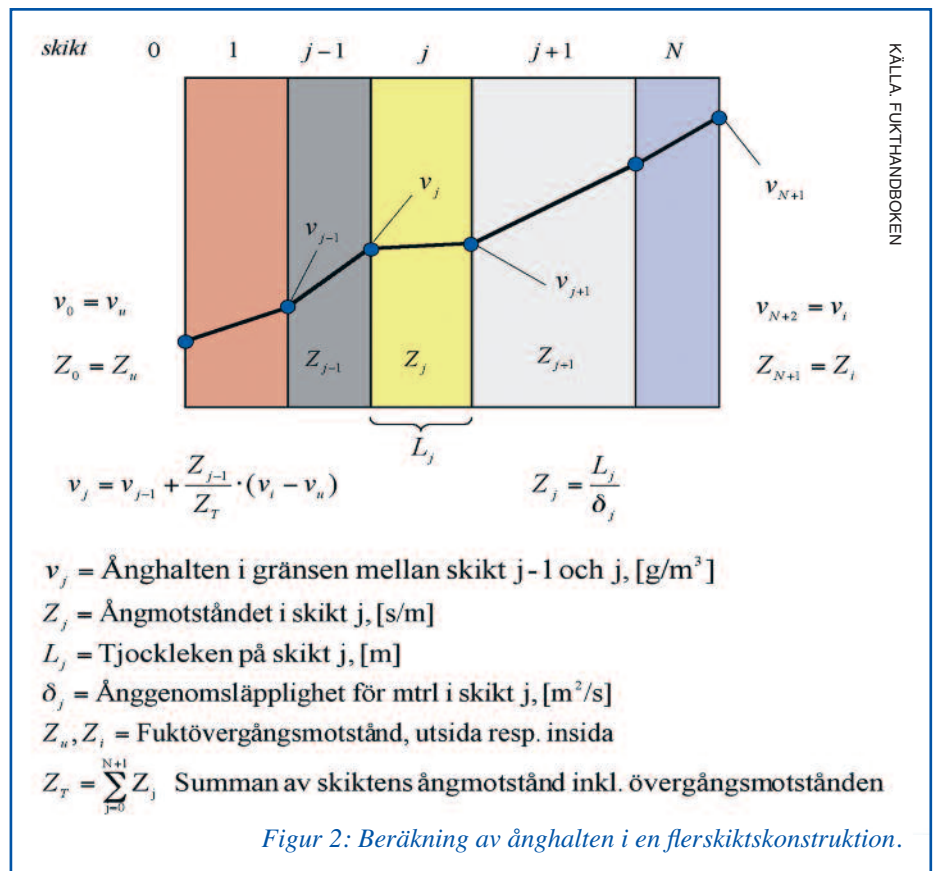
Figur 1: Tvärsnitt av en yttervägg, ånghalten ute och inne,  $v_u$ ,  $v_i$  angiven i ( $\text{g}/\text{m}^3$ ), temperaturen  $T_u$  och  $T_i$  angiven i  $^\circ\text{C}$ . Den relativa fuktigheten har beräknats ur diagram 2 och en approximativ relativ fuktighet i konstruktionen representeras av en rät linje.

en ånghalt på 12 till  $8 \text{ g}/\text{m}^3$ . Eftersom diagrammet i figur 3 har projicerats på ett tvärsnitt av konstruktionen, kan vi därför grafiskt göra en första förenklad bedömning av hur ånghalten kan tänkas variera inuti ytterväggen.

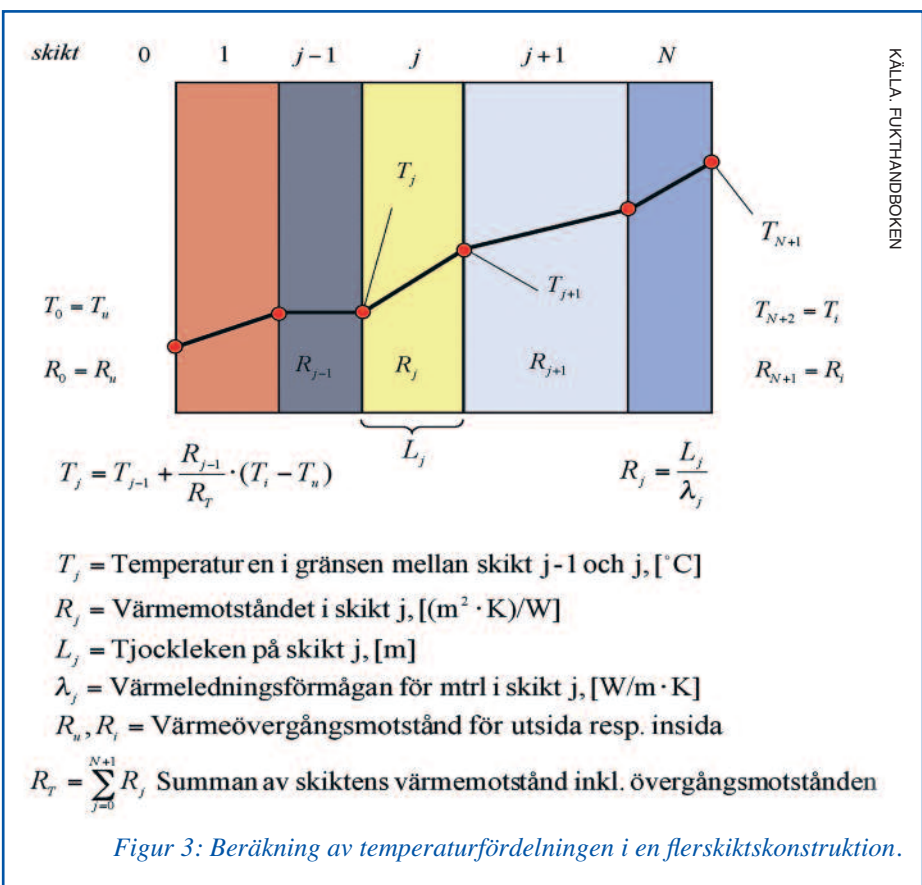
Även värmetransport kan beräknas på liknande sätt. Om vi förutsätter att konstruktionen har ett likformigt värmemotstånd och med en lufttemperatur utomhus på  $9 \text{ }^\circ\text{C}$  och inomhus på  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ , kommer även temperaturen att följa en nästan rät linje genom konstruktionen. Betraktar vi nu både temperatur och ånghalt i konstruktionen, kan vi för varje punkt med känd temperatur, gå in i kurvan i diagram 2 och avläsa mätnadsånghalten vid den givna temperaturen. Kvoten mellan ånghalten och mätnadsånghalten i varje punkt, ger oss den eftersökta relativa fuktigheten (procent RF). Detta överslagsmässiga betraktelsesätt är endast till för att förklara principen för stationär diffusion. För att kunna göra fukttekniska riskbedömningar, måste vi börja räkna.

### Beräkning av ånghalt och temperatur i en flerskiktsskonstruktion

För att i verkliga konstruktioner möjliggöra en noggrannare bedömning avseende



Figur 2: Beräkning av ånghalten i en flerskiktsskonstruktion.



Figur 3: Beräkning av temperaturfördelningen i en flerskiktsskonstruktion.

materialtillverkaren eller ur fukttekniska tabeller.

När vi har beräknat ånghalten i varje gränsskikt, går vi vidare och beräknar på liknande sätt, temperaturen i samma punkter enligt figur 3.

I figur 3 visas en liknande metod att beräkna temperaturen i varje gränsskikt och parametrarna är här temperaturen  $T$ , värmemotståndet  $R$  samt värmeledningsförmågan  $\lambda$ . Beräkningen utförs även här från vänster till höger. Värmemotståndet  $R$  för varje skikt erhålls ur kvoten mellan skiktets tjocklek  $L$  och värmeledningsförmågan  $\lambda$  för dess material. Uppgifter om  $\lambda$  kan hämtas från materialtillverkaren eller ur värmetekniska tabeller.

### Exempel, invändigt tilläggsisolerad lättbetongvägg

I följande exempel ska vi använda oss av metoden beskriven i figur 2 och 3, för att beräkna den relativa fuktigheten i konstruktionen för en invändigt tilläggsisolerad lättbetongvägg utan ångspärr. Beräkningen tar inte hänsyn till vatteninläckage eller annan vätsketransport. Som uteklimat sätts månadsmedelvärdet för Sturup i oktober,  $v_u = 7,6 \text{ g/m}^3$  och  $T_u = 8,5 \text{ °C}$ . Fukttillskottet inomhus sätts till  $4 \text{ g/m}^3$  vilket ger en  $v_i = 7,6 + 4 = 11,6 \text{ g/m}^3$  och  $T_i$  sätts till  $20 \text{ °C}$ .

Väggen består utifrån räknat av 15 mm plywood, 150 mm lättbetong, 50 mm mine-

riskan för kondens och fuktskador, det vill säga sådant som beror på den relativa fuktigheten, behöver vi genomföra en beräkning av både ånghalt och temperatur i de olika konstruktionsdelarna. När dessa räknats fram, kan vi åter via kurvan för mätnadsånghalt, beräkna den relativa fuktigheten i varje punkt i konstruktionen. En ofta använd beräkningsmetod är den som beskrivs i figur 2 och 3. Metoden är hämtad ur Fukthandboken.

Figur 2 ger en beskrivning av beräkningsförfarandet i generaliserad form med ånghalten  $v$  och ångmotståndet  $Z$ . Numrering av konstruktionens olika skikt sker med ett godtyckligt antal mellanliggande skikt betecknade  $j-1$ ,  $j$ ,  $j+1$  och så vidare samt ett yttre skikt 1 och inre skikt  $N$ . Beräkningen utförs från vänster till höger. Ångmotståndet  $Z$  för varje skikt er-

hålls ur kvoten mellan skiktets tjocklek  $L$  och ånggenomsläppligheten  $\delta$  för dess material. Uppgifter om  $\delta$  kan hämtas från

#### Formelruta:

$$v_{\text{plywood}} = v_u + \frac{Z_u}{Z_T} \cdot (v_i - v_u) = 7,6 + \frac{300}{63\,350} \cdot (11,6 - 7,6) = 7,62 \text{ g/m}^3 \quad (1)$$

$$v_{\text{lättbetong}} = v_{\text{plywood}} + \frac{Z_{\text{plywood}}}{Z_T} \cdot (v_i - v_u) = 7,62 + \frac{3\,750}{63\,350} \cdot (11,6 - 7,6) = 7,86 \text{ g/m}^3 \quad (2)$$

$$T_{\text{plywood}} = T_u + \frac{R_u}{R_T} \cdot (T_i - T_u) = 8,5 + \frac{0,04}{2,73} \cdot (20 - 8,5) = 8,67 \text{ °C} \quad (3)$$

$$T_{\text{lättbetong}} = T_{\text{plywood}} + \frac{R_{\text{plywood}}}{R_T} \cdot (T_i - T_u) = 8,67 + \frac{0,115}{2,73} \cdot (20 - 8,5) = 9,15 \text{ °C} \quad (4)$$

ralull och 13 mm gipsskiva. Ur tabeller för materialdata erhålls följande  $\delta$ -värden:  $4 \cdot 10^{-6}$ ,  $3 \cdot 10^{-6}$ ,  $20 \cdot 10^{-6}$  respektive  $2 \cdot 10^{-6}$  m<sup>2</sup>/s.

Z-värdet för respektive materialskikt beräknas enligt figur 2 och förs in i tabell 1.  $Z_u$  och  $Z_i$  sätts till 300. Summan av ångmotstånd  $Z_T$  blir 63 350 s/m.

Enligt figur 2, beräknas ånghalten i respektive skikt enligt ekvationerna (1) och (2) i formelrutan på föregående sida.

De ur beräkningarna erhållna ånghalterna förs in i tabell 1. Vi markerar även dessa i figur 4 och sammanbinder punkterna.

Ur tabeller erhålls följande  $\lambda$ -värden: 0,13, 0,15, 0,038 och 0,1 W/(m·K). Värme-motstånd  $R$ , beräknas enligt figur 3 och förs in i tabell 1.  $R_u$  och  $R_i$  sätts till 0,04 respektive 0,13. Summan av värmemotstånd  $R_T$  blir 2,73 (m<sup>2</sup>·K)/W.

Enligt figur 3, beräknas temperaturen i respektive skikt enligt ekvationerna (3) och (4) i formelrutan på föregående sida.

De erhållna temperaturerna förs in i tabell 1. Vi markerar även dessa i figur 4 nedan och sammanbinder dem.

Vi har nu all information som krävs för att beräkna den relativa fuktigheten i varje punkt. Vi använder oss av diagram 2 eller ännu bättre en tabell för mätnadsånghalt och erhåller då mätnadsånghalten vid de beräknade temperaturerna. Den relativa fuktigheten beräknas ur kvoten mellan  $v/v_s$  och blir  $7,62/8,64 = 88,2$  procent  $7,86/8,91 = 88,2$  procent och så vidare. Beräknad relativ fuktighet förs in i tabell 1 och markeras i figur 4.

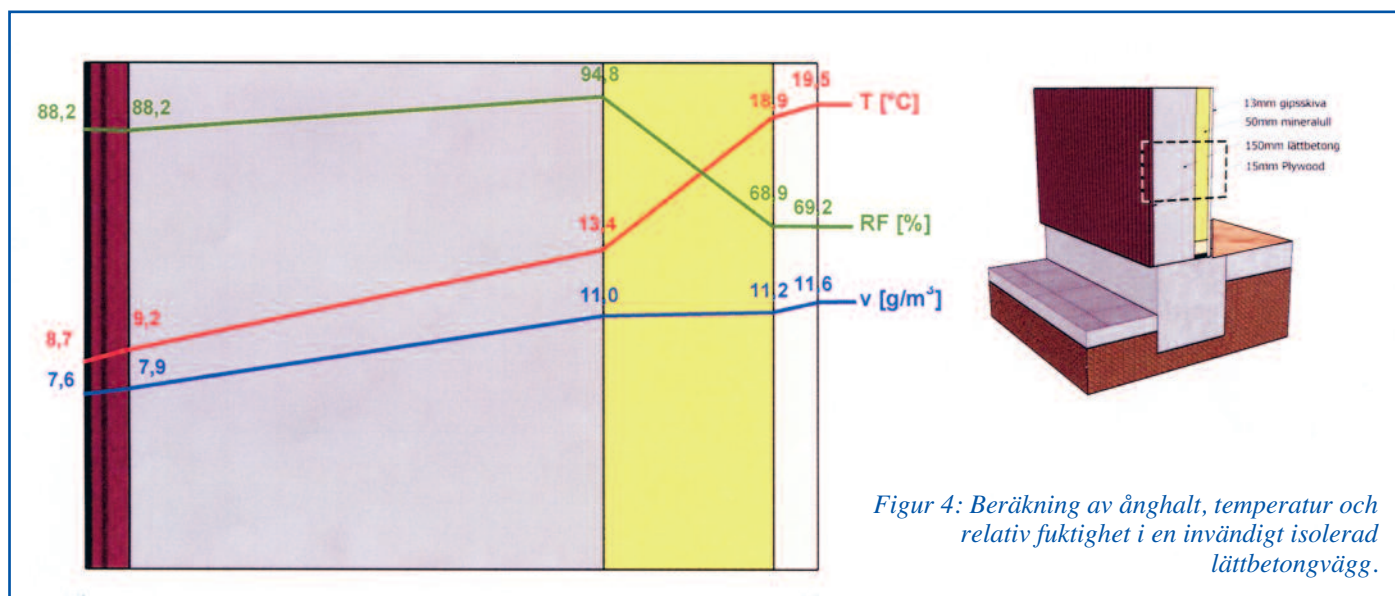
När dessa har förts in i figur 4, får vi en god bild över hur ånghalt, temperatur och relativ fuktighet varierar i konstruktionen. Eventuella risker kan bedömas och modifieringar utföras. I detta fall ser vi att den relativa fuktigheten på insida lättbetong är särskilt högt, varför man kan överväga att exempelvis införa en ångspärr med ett Z-värde på exempelvis  $2 \cdot 10^6$  s/m, och eller kanske tilläggsisolera på utsidan av lättbetongen. Utfallet av ändringar kan bedömas efter beräkning med de nya ingångsvärdena.

En intressant iakttagelse ur figur 4, är att den relativa fuktigheten är 94,8 procent

på insidan lättbetong och att man därför skulle kunna tro att konstruktionen torkar ut inåt, det vill säga att ånga flödar åt höger i figuren. Ånghaltskurvan däremot lutar utåt, vilket antyder att insidan av lättbetongen snarare tillförs fukt inifrån.

### Icke stationär diffusion

Föregående beräkning var ett exempel på stationär diffusion, vilket innebär antagandet att konstruktionen nått omedelbart jämvikt med rådande klimat, det vill säga utan att någon tid har förflutit och att materialen saknar fukt- och värmelagrande förmåga. Denna förenkling fungerar som tidigare nämnts, väl med tunna och eller lätta konstruktioner. Vill man däremot studera mer realistiska och tidsberoende förlopp för att se effekten av exempelvis fuktlagring, uttorkning eller variationen av fuktillstånd under en viss tid eller till och med flera års-cykler, använder man sig av den icke stationära metoden. Är konstruktionen ifråga utsatt för utomhus-



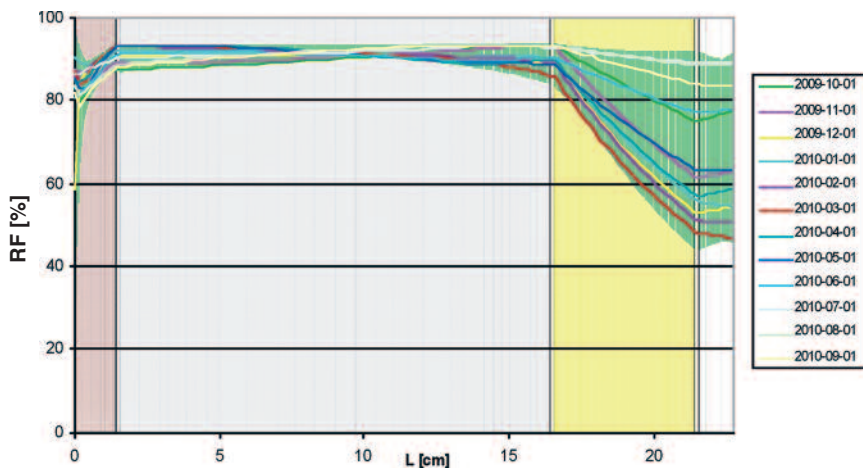
Figur 4: Beräkning av ånghalt, temperatur och relativ fuktighet i en invändigt isolerad lättbetongvägg.

Tabell 1: Materialdata för konstruktion enligt figur 4, samt beräknade fuktillstånd och temperaturer.

Skikt material	Erhålls ur tabeller			Erhålls genom beräkning					
	L m	$\lambda$ W/(m·K)	$\delta$ m <sup>2</sup> /s	R m <sup>2</sup> K/W	Z s/m	T °C	v g/m <sup>3</sup>	$v_s$ g/m <sup>3</sup>	RF %
Uteluft				0,04	300	8,5	7,6	8,55	88,9
Plywood	0,015	0,13	$4 \cdot 10^{-6}$	0,115	3 750	8,67	7,62	8,64	88,2
Lättbetong	0,150	0,15	$3 \cdot 10^{-6}$	1,0	50 000	9,15	7,86	8,91	88,2
Minull	0,050	0,038	$20 \cdot 10^{-6}$	1,316	2 500	13,36	11,01	11,61	94,8
Gipsskiva	0,013	0,10	$2 \cdot 10^{-6}$	0,13	6 500	18,91	11,17	16,22	68,9
Inneluft				0,13	300	19,45	11,58	16,74	69,2
						20,0	11,6	17,29	67,1

klimat, kan verkliga meteorologiska data väljas, det vill säga ständigt föränderlig temperatur och ånghalt. Inneklimatet kan då definieras som en funktion av uteklimatet med ett variabelt eller konstant fuktillskott.

Även icke stationär diffusion drivs av skillnader i ånghalt. I princip utgår metoden från att beräkna fuktflödet från områden med hög ånghalt till områden med lägre. Ofta delas konstruktionen in i ett stort antal celler som var och en, har ett definierat fuktillstånd. Beräkningar utförs därefter med relativt små tidssteg och fuktflödet till och från varje cell, ger upphov till nya fuktillstånd. De nya fuktillstånden ger i sin tur upphov till nya fuktflöden och beräkningarna görs om. Detta betyder att även relativt enkla konstruktioner, i många fall kräver tusentals eller ännu fler uträkningar. Av denna anledning har ett antal datorprogram utvecklats för att underlätta arbetet.



Figur 5: Icke stationär beräkning av den relativa fuktigheten under en årscykel i en invändigt isolerad lättbetongvägg.

Figur 5 visar resultatet från en icke stationär beräkning av tidigare konstruktion utförd med programvaran WUFI (Wärme und Feuchte instationär) som utvecklats av Fraunhofer Institut für Bauphysik (IBP), i Tyskland.

Konstruktionen har tillåtits hamna i jämvikt genom att genomgå ett antal års-cykler, varefter den relativa fuktigheten i varje punkt i konstruktionen för årets samtliga timmar, plottats ut, (ljusgrön bakgrund). Dessutom har värdena vid varje månadsskifte givits en egen kurva. Som jämförelse kan vi se att vår tidigare stationära beräkning med oktober månadsmedelvärde, väl sammanfaller med medelvärdet mellan kurvorna för den första oktober och den första november.

Om vi betraktar lättbetongens insida (höger sida), kan vi se att den relativa fuktigheten varierar under året mellan cirka 83 till 93 procent RF. Om området anses särskilt intressant, kan det undersökas närmare genom att övervaka den relativa

fuktigheten just i detta område under ett antal års-cykler. Konstruktionen och förutsättningarna kan ändras och beräkningarna göras om allt efter behov.

I figur 6 visas den relativa fuktigheten på insida lättbetong under ett antal års-cykler. Flera olika scenarier har prövats under inflytande av realistiska meteorologiska förhållanden:

1. Vägg utsatt för nederbörd på fasaden utan inverkan av strålningsutbyte med omgivningen.
2. Som 1, men med 10 mm luftspalt bakom plywood.
3. Som 2, men med vitmålad plywood och strålningsutbyte med omgivningen.
4. Som 3, men med brunmålad plywood och strålningsutbyte med omgivningen.
5. Som 1, men med en 0,20 mm ångspärr mellan gipsskiva och mineralull.

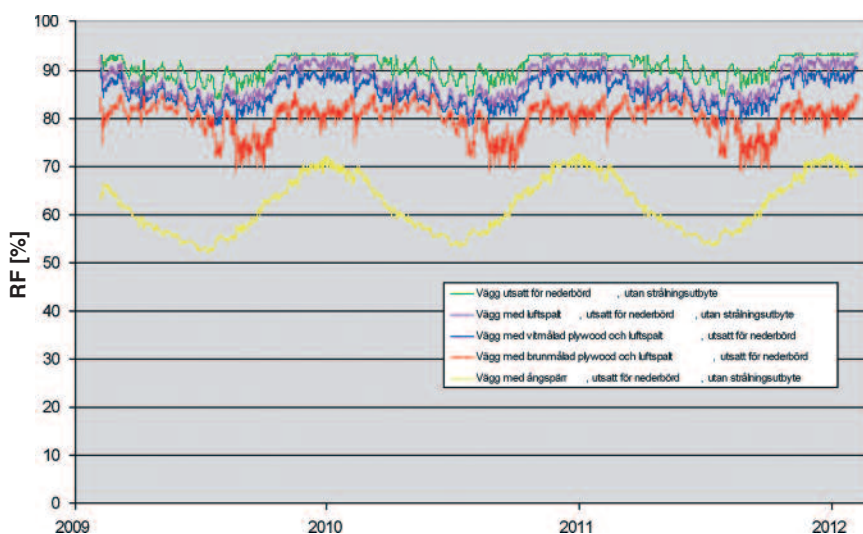
Beträffande nederbörd, har vår vägg ett yttre skikt av plywood med en så god vattenavvisande förmåga att fuktillstånd-

det i väggens inre skikt ej märkbart påverkas. Vi ser att en luftspalt bakom fasadskivan har betydligt mindre inverkan än färgvalet på fasaden. Exemplet med strålningsutbyte innebär att värmebidraget från sol, himmel och omgivning likasom en värmeförlust till de samma medräknas. Väggarna har här riktats mot söder. Vid kontroll mot norr ökar generellt den relativa fuktigheten med tre procentenheter, (visas ej i figur). Föga förvånande, medför en ångspärr mellan gipsskiva och mineralull en markant förändring av fuktillståndet under hela året, vilket även skulle framgå av en stationär beräkning.

Slutligen bör det tilläggas att allt teoretiskt fuktberäkningsarbete grundar sig på en mängd antaganden och förenklingar. Detta medför att även en korrekt utförd beräkning, kan avvika från verkliga förhållanden. Felkällorna är många, både i modeller, materialdata och mätningar. Resultaten ska, hur övertygande de än tycks vara, alltid betraktas med urskillning och snarare ses som vägledande.

## Konklusion

De senaste åren har allmänheten framförallt via massmedia, blivit allt mer uppmärksammat på konsekvensen av fukt-skador i våra byggnader. Detta har medfört att behovet av fuktsäkerhetsprojektering har ökat, det vill säga att på ett tidigt stadium granska en byggnad och dess konstruktioner och visa att kritiska fukt-tillstånd inte överskrids. I fuktsäkerhetsarbetet är fuktmekaniska beräkningar en viktig förutsättning för att kunna bedöma fuktillstånd och skapa underlag för en riskbedömning. Som hjälpmedel kan fuktsäkerhetsprojektören använda sig av stationära beräkningsmetoder för att snabbt sätta upp en beräkningsmodell och utvärdera effekten av konstruktionsförändringar och eller klimat. Vägled av resultaten kan han med hjälp av icke stationära beräkningsprogram, utsätta de önskade konstruktionerna för verkliga klimatdata och i detalj studera dess inverkan på konstruktionens olika delar. Grunden för en god fuktsäkerhet är därmed lagd. ■



Figur 6: Icke stationär beräkning av relativ fuktighet på insida lättbetong vid fem olika scenarier under tre års-cykler.