



Foto: Bruno Ehs

Nationalmuseum, Stockholm.

Nordiska Museet, Stockholm.

TERMISKT INOMHUSKLIMAT I ATRIER

Avancerad teknik med fokus på att minimera tillförsel av värme och kyla

Text: Johannes Persson och Lars-Åke Almstedt
Foto: Blandat

Atrier blir ett allt vanligare inslag i våra fastigheter. Många fastighetsägare vill utrusta sina lokaler med atrier för att där ha caféer, loungeytor eller tillfälliga arbetsplatser.

Detta rum, på gränsen mellan inomhus och utomhus, möjliggör ett behagligt ljus och miljöombyte för en stunds vila, samtal eller möte. Under dagens stillasittande arbete ges här även möjlighet till rörelse och kontakt med himlen, solen och naturen, vilket ger välmående.

Atrier är ingen ny företeelse utan har funnits i många år som ett centralt stort rum för kommunikation och ljusinsläpp. Bradbury Building i fem plan, ritat av arkitekten George Wyman och uppförd i Los Angeles i slutet av 1800-talet, är ett bra exempel på detta. Dessa äldre atrier hade en enkelglaskonstruktion med T-profiler av stål som sekundärt bärverk, där övre glas överlappade nedanförliggande. Om man önskade ett mer kontrollerat klimat kompletterades detta med ett inre horisontellt glastak som i många museer, till exempel i Nordiska Museet och Nationalmuseum i Stockholm.

I början av 1970-talet började man bygga glastak med isolerrutor med två eller tre lager glas, varvid U-värdet för taket avsevärt förbättrades från cirka 6,0 till 2,5–3,0 [W/m²K], med för den tiden tillgängliga glas

och infästningsmetoder. Framtagandet av mer energieffektiva 3-glas isolerrutor och infästningsmetoder med effektivt brutna köldbryggor, innebär att man numera under kalperioder ofta håller lika hög lufttemperatur i atrier som i angränsade lokaler och U-värdet för glastaket blir nära 1,0 [W/m²K].



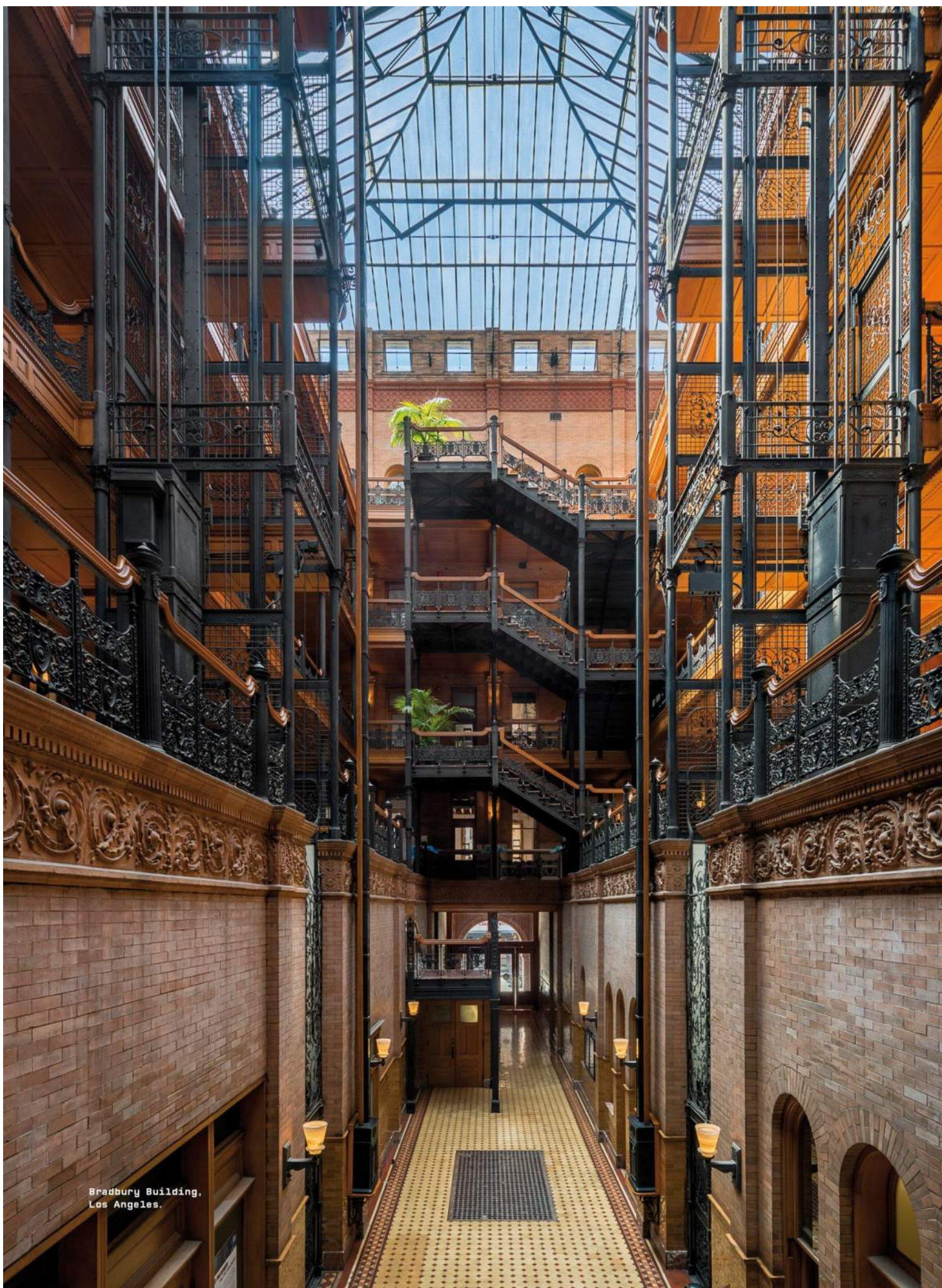
Solna Gate, Solna.

Kännetecknande för atrier är att de har stora glasade ytor samt hög rumshöjd. Trenden går nu mot mer komplicerade byggnadsgeometrier där vistelsezonen breder ut sig i rummet. Detta får konsekvenser och innebär utmaningar för att också lyckas med det termiska inomhusklimatet. Denna text ger några tankar kring dessa utmaningar, med ett visst fokus på soliga perioder, men även kalla perioder berörs i slutet av artikeln.

Kampen om solen

Målet är ett atrium som kräver minsta möjliga tillförda mängd kyla respektive värme för att upprätthålla ett gott termiskt inomhusklimat. Här är solinstrålningen den stora utmaningen och det finns ett antal punkter att ha i åtanke vid val av solskydd.

Den för varje projekt unika solvärmelasen bör analyseras så att ett solskydd som ger ett fullgott skydd kan väljas. Man bör försäkra sig om att det finns ett antal solskyddsalternativ på marknaden som uppfyller de projekterade egenskaperna. Vidare ska dessa alternativ passa in med avseende på storlek och behov samt harmonisera med arkitektens vision. Gällande solen finns det dock mer att ha i åtanke, samtidigt som solskyddsbehovet ska tillgodose under vamma och soliga perioder ska tillgången av dagsljus säkerställas under årets övriga delar; en balansakt som kräver omtanke. Här jagas samt talas det om begreppet *selektivitet*, om möjligheten att släppa in solljuset samtidigt som solvärmen blockeras. De huvudalternativ som finns för solskydd är följande: solskyddsglas, lameller i isolerrutor som blockerar den största solstrålningen från söder, en kombination av glas och rörligt solskydd eller dynamiska glas (glas där sol- och ljusinsläpp varierar efter behov). De två senare möjliggör ett bättre dagsljus då det inte föreligger något solskyddsbehov. >



Bradbury Building,
Los Angeles.



> **Energieffektiv ventilation**

Även med ett effektivt solskydd kan en kraftig uppvärmning uppstå sommartid. Ett energieffektivt sätt att kyla bort denna värme i atrium är genom naturlig ventilation med motoriserade vädringsluckor. Metoden har stora fördelar, men måste dimensioneras med stor omsorg för att en bra funktion ska säkerställas. Den naturliga ventilationen kan antingen vara *deplacerande* eller *omblandande*.

- *Deplacerande ventilation* utförs med tilluftsluckor på en lägre nivå och frånlufts-luckor på en högre nivå så att en termisk tryckskillnad, skorstenseffekt, bildas och ger en effektiv ventilation. Tilluftsluckor vid deplacerande ventilation kan dock orsaka lokal nedkylning och drag om utetempera-turen inte är tillräckligt hög. Vidare ska luckorna alltid placeras med underkant minst 4 meter ovan golv med hänsyn till skalskydds krav för att slippa komplicerande och dyra galler.

- *Omblandande ventilation* utförs med luckor på endast en nivå, så kallad enhäls-ventilation. Här strömmar sval tyngre uteluft in och faller ner i rummet samtidigt som varm lättare rumsluft strömmar ut ur samma öppning. Luftflödet är beroende av tempe-raturskillnad inne och ute, avstånd mellan öppning och golv samt inte minst luckans lutning. En horisontell lucka får till exempel cirka 3 till 4 gånger lägre flöde än motsva-rande vertikalt placerad helt öppen lucka. En beräkningsmodell för omblandande ventilation (Nick Baker et.al. vid Cambridge

Universitet) utvecklades ursprungligen genom modellförsök med vatten för naturlig ventila-tion av Universitetet i Sevilla (tidigare den tobaksfabrik där Carmen i operan arbetade).

Luftströmningen genom en lucka avgörs av luckans fria öppningsarea och dess strömningskoefficient, Cvo (Vena Contracta). Strömningskoefficienten för luckor vid omblandande ventilation är beroende av luckors bredd/höjdförhållande, öppningsvinkel samt luckans hängning, luftriktning och inbördes avstånd. Luckor vid deplacerande ventila-tion har Cvo ca 0,63 vid 90° öppning och Cvo ca 0,50 vid 45° öppning, se exempel-bild, ovan till höger på nästa sida, från boken "Överglasade rum" (Svensk Bygg-tjänst).

Vädning innebär en viss osäkerhet då den påverkas av vind. Här finns dock förebyggande åtgärder att vidta, exempelvis kan luckorna placeras på olika fasadorien-teringar eller förses med styrning m ap vindpåverkan. Vädringsventilationen block-eras vid nederbörd, kraftig vind eller låg utetemperatur. Osäkerheten gör dock att detta alternativ ibland väljs bort varpå mekanisk ventilation istället används för att ventilera ut övertemperaturer. Detta kan kraftigt öka energianvändningen under året och om så är fallet bör man gå tillbaka till ritbordet och se över vilka alternativ som finns för att reducera kylbehovet.

En kombination av omblandande venti-lation vid låga utetemperaturer och kylbe-hov som övergår till effektiv deplacerande ventilation vid högre utetemperaturer prak-tiseras ofta av ACC.

Vistelsezonen breder ut sig

Under varma och soliga dagar ansamlas varm luft upptill i ett atrium. Beroende på bland annat atriets form samt solinstrå-ning, infinner sig olika stark så kallad tem-peraturstratifiering. Normalt tillåts tempera-turen upptill (högt ovan vistelsezonen) stiga över den för vistelsezonen krävda tem-peraturen. Den trend vi ser, där vistelsezo-nen sträcker sig allt högre upp i rummet, medför därför ett ökat krav på förmågan att kyla bort, eller på annat sätt göra sig av med den varma luft som ansamlas upptill i rummet.

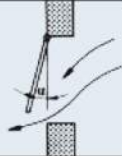
Felmarginalerna minskar

I ett atrium uppstår en rumslig variation av temperatur, lufthastighet samt andra vari-abler som bestämmer det termiska inom-hus klimatet. Projekteringen för denna min-dre omblandade luftvolym blir därför mer komplex och i takt med att högre och bättre krav ställs på energianvändning och inom-hus klimat minskar felmarginerna för pro-jekteringen. För att säkerställa att inomhus-klimatet uppfylls i hela vistelsezonen samt att projekterade strategier för kyla och värme fungerar som tänkt, ökar vikten av detaljerade och pålitliga beräkningar.

Beräkning, framtida möjligheter och utmaningar

En metod som ACC använder för att beräkna den rumsliga variationen hos det termiska inomhusklimatet är strömningsmekaniska beräkningar med CFD-verktyg (Computa-tional Fluid Dynamics). Dessa beräkningar

FÖNSTERTYP	Öppningsvinkel (α°)	Normal Höjd: Bredd 1:2 (ψ)	Fönsterband Höjd: Bredd 1:∞ (ψ)
Enkelt fönster Avluft	15	0,24	0,18
	30	0,38	0,34
	45	0,50 (Ex)	0,46
	60	0,57	0,55
	90	0,63	0,63



Strömningkoefficient, öppningsvinkel och höjd vs bredd vid de-placerande ventilation. [11]. "Överglasade rum", Svensk Byggtjänst.

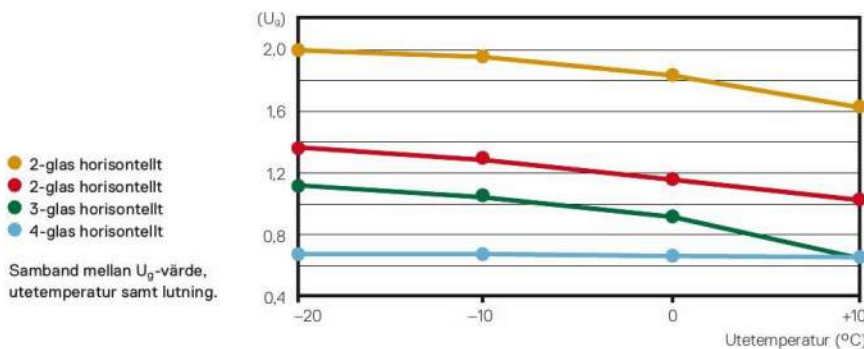


Diagram från boken "Bygga med glas" [Glasbranschföreningen].

är rumsligt upplösta och åskådliggör det termiska inomhusklimatets variation i rummet. Därigenom kan specifika luftflöden samt luftens temperaturstratifiering beräknas. Resultatet kan därefter ge feedback för projekteringen av kyl- och värmesystem, eller för planeringen av sittplatser i atriet. Beräkningsmetoden erbjuder fantastiska möjligheter, men introducerar också en viss komplexitet i utförandet. Det krävs att lämpliga bedömningar görs gällande beräkningens detaljnivå; man vill fånga de för utfallet nödvändiga fysikaliska processerna utan att göra modellen alltför detaljerad så det kräver ökad beräkningstid.

Kalla årstiden

Lufttäthet i klimatskal: För höga stora rum är lufttätheten i klimatskalet extra viktigt eftersom tryckskillnader kan bli stora på grund av temperaturskillnad och vindpåverkan. Ställ därför konkreta lufttäthetskrav på klimatskalet. ACC har i ca 30 år använt sig av lufttäthetskravet 0,3 [l/s, m²] vid 50 Pa tryckskillnad som ett riktvärde, vilket numer börjar övergå till 0,2 [l/s, m²] för att i extremt höga Atrium (över 80 meter) ändras till 0,1 [l/s, m²].

U-värden för beräkning av värmeeffekt och energibehov: U-värden beräknas enligt gällande SS-EN standard vid 0°C utomhus och summa inre och yttre värmövergångstal 0,17 [m²K/W] motsvarande ca 8 [W/m²K] för invändigt och 25 [W/m²K] för det yttre (vind ca 4 [m/s]).

Glaskonstruktionens U-värde försämrar vid låga utetemperaturer samt vid lutning

av flera skäl. Se redovisning i ovanstående diagram från boken "Bygga med glas" (Glasbranschföreningen). Dessutom utsätts ofta lutande taktytor för större vindpåverkan och lägre temperaturer då lutande delar "ser" den ca 20 [K] kallare himlen. Därmed ökar strålningsförluster och vindpåverkan värmeeffektbehovet ytterligare.

Att tänka på i projekteringen

Det är viktigt att man inom projektet är överens om vilka aktiviteter man vill erbjuda och därmed vilket inomhusklimat som ska projekteras för atriet. Man vill undvika en situation där hyresvärden får inomhusklimatrelaterade klagomål från hyresgästen, vilka båda kanske förväntade sig ett inomhusklimat för stadigvarande platser enligt branschstandard. I stora och höga rum som atrier kan exempelvis lufthastigheter ej begränsas till samma låga lufthastigheter som krävs och finns vid fasta arbetsplatser i till exempel kontor. Atriets stora volym och ytor, vilka har stor spridning i temperatur, orsakar att väl dubbelt så höga lufthastigheter kan förväntas även i ett välplanerat atrium. /



Johannes Persson och Lars-Åke Almstedt.

/ tips / Termiskt inomhusklimat i atrier

U-värden och g-värden varierar under året beroende på vind, utetemperatur och lutning. Detta påverkar dimensionering av effektbehov för värme, kyla samt solskyddsbehov.

Säkerställ att alla i projektet talar om samma areabegrepp gällande vädringsluckor.

Håll koll på klämrisk, inbrottsrisk och dragrisk vid projektering av naturlig ventilation.

Luckor för naturlig ventilation ska CE-märkas.

Samordna styrning av naturlig ventilation med drift av mekanisk ventilation och kyla.

Om skribenterna:
Johannes Persson, gruppleddare inomhusklimat och dagsljus, ACC Glas- och Fasadkonsult.
Lars-Åke Almstedt, senior rådgivande konsult, ACC Glas- och Fasadkonsult.

Fotnot: Artikeln är också publicerad i tidningen Energi & Miljö.