

Utvändig kondens på fönster

Under det senaste decenniet har produktutvecklingen för glasdelens värmeisolerande egenskaper varit markant, värmeförlusten har ungefär halverats med U-värden ned till $1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ eller lägre. Invändig kondens beroende på dåliga fönster med höga U-värden har därmed blivit mycket ovanligt.

Emellertid medför låga U-värden på glasdelen att förekomsten av utvändig kondens ökar. Olägenheter uppstår om hela eller stora delar av glasytan är täckt med utvändig kondens, vilket försämrar glasets genomsynlighet. I denna artikel redogörs för faktorer som påverkar kondensbildning samt kondensbildens fördelning över tiden samt över glasytan.

Genom att förbättra (sänka) fönstrets U-värde erhålls en rad väsentliga fördelar, genom högre invändig ytemperatur reduceras problem med invändig kondens, kallstrålning och kallras. De lägre värmeförlusterna reducerar husets uppvärmningskostnader, vilket leder till bättre resurshushållning samt miljövinster med mindre mängd producerad energi.

Den utvändiga kondensen medför inga olägenheter för fönstrets beständighet, då detta ska vara skyddat för att motstå vind och regn. Denna kondens typ är inte ny för en byggnad utan man kan ofta se tak eller väggar med hela skikt av rimfrost endast avbrutna av mörka ränder, som orsakas av köldbryggor i konstruktionen.

Att utvändig kondens på glaset har börjat diskuteras, beror på att boende ibland upplever att denna kondensbildning avsevärt reducerar glasets genomsynlighet så att boendekvaliteten försämraras. Motargument att den utvändiga kondensen kan ses såsom ett kvalitetsbevis för lågt U-värde samt att efter den kalla, klara natten normalt följer en solig dag har framförts såsom alternativt synsätt. Graden av olägenheter är beroende på kondensens omfattning, när den inträffar samt de boendes toleransnivå för kondensen.

Artikelförfattare är Bertil Jonsson vid SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut i Borås.

Varför uppstår utvändig kondens?

Den utvändiga kondensen uppträder då ytemperaturen för det utvändiga glaset sjunker under lufttemperatur och under dess daggpunkt. Detta inträffar under klara nätter då utstrålningen från fönstret mot himlen är stor, på grund av himmelvalvets låga temperatur. Utstrålningen kan vara så stor att glaset blir avkyllt till lägre temperatur än lufttemperaturen.

För att kondens ska inträffa krävs dessutom att luftens fuktighet (relativa fuktighet) ska vara så hög att glasets temperatur är lägre än luftens daggpunkt. Då det är den klara natthimlen som medför den stora utstrålningen så kommer huvuddelen av kondensfallen att inträffa under den mörka delen av dygnet. Hur snabbt kondensen sedan försvinner under dagen är beroende av klimatförhållanden, till exempel temperatur, solstrålning, vindhastighet.

Fönstret "ser" omkringliggande ytor såsom bebyggelse, mark, vegetation, himmel. Avskärmningsfaktor för himmel är ett sätt att tala om hur stor andel himlen utgör av den totala omgivande ytan. Ett oskärmat väggfönster med fri horisont delar upp den motstrålade ytan i två halvor, himmel och mark, avskärmningsfaktorn F blir då 0,5. Är sedan halva himlen skyddad reduceras faktorn till $F = 0,25$. Ett helt oskärmat takfönster får avskärmningsfaktor $F = 1$.

Generellt kan följande faktorer medföra att omfattningen av utvändig kondens blir större:

omgivning;

○ avskärmning mot himmel genom bebyggelse och vegetation är liten

byggnad;

○ avskärmning mot himmel genom taksprång, inbyggnad eller dylikt är liten

○ lågt U-värde för glasdelen på fönstret

○ fönsterlutning, utstrålning ökar om fönstret alltmer vänds mot himlen (takfönster)

klimat;

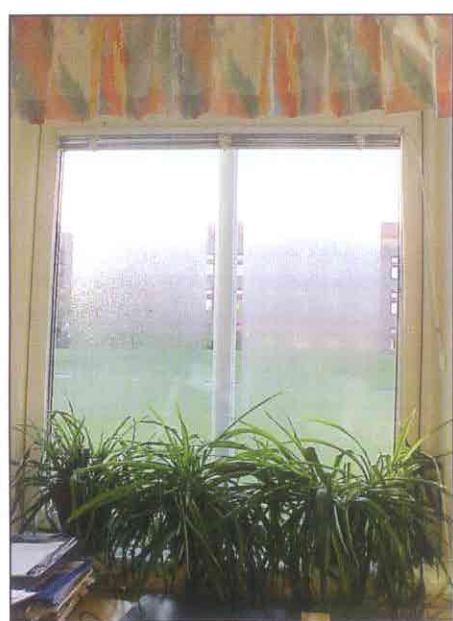
○ klar himmel

○ hög relativ fuktighet för uteluft

○ låg vindhastighet

○ liten temperaturskillnad mellan ute- och inneluft.

För att utvändig kondens över huvud taget ska uppstå krävs en viss klimattyp; klar himmel med tillräckligt hög relativ fuktighet. Förekomsten ökar för vindskyddade lägen eller för låga vindhastigheter. Den ordinarie värmeförlusten genom fönstret värmer upp det yttre glaset, därigenom blir förekomsten större under den varma årstiden.



Figur 1: Utvändig kondens sedd inifrån.

Graden av avskärmning är av stor betydelse för omfattningen av utvändig kondens. Speciellt takfönster "ser" en stor del av himlen och har därför större förekomst av kondens än fönster i vägg.

Då det är en samvariation mellan omgivning, byggnad och klimat som styr förekomsten av utvändig kondens, är det ej möjligt att i generella termer precisera antalet kondensfall. Att sätta upp minimigränser för U-värdet är heller ingen garanti för att helt eliminera kondensen. Det enda man kan säga är, väljs ett högre U-värde minskar förekomsten av utvändig kondens. Denna minskning kan bli liten eller marginell om fönstret har en stor avskärmning mot himmel och/eller ett gynnsamt klimat med generellt låg nivå för kondensförekomst.

I figur 1 och figur 2 kan utseendet av utvändig kondens ses från insida respektive utsida. Längs glasets kant fungerar isolerrutans distanslist såsom en köldbrygga som värmer upp randen, som därmed förblir kondensfri. Från utsidan kan ses att



Figur 2: Utvändig kondens...

efter den klara, kalla natten följer en solig dag, där solens strålar precis har nått detta fönster. Efter en kort tid (cirka 0,5 timme) är i detta fall all kondens försvunnen.

Beräkningar av förekomst av utväldig kondens

En modell av värmebalansen för det yttre glaset har satts upp. Värmeförluster från glaset utgörs av utstrålningen mot himmel medan värmetillskott utgörs av värmeflöde genom fönstret samt det konvektiva utbytet genom vinden på utsidan. Vid klara nätter är luftens temperatur högre än den utväldiga yttemperaturen, vilket medför ett värmetillskott. Högre vindhastighet medför således att glasets temperatur ökar, vilket reducerar förekomsten av kondens.

Såsom indata för beräkningarna har klimatdata, såsom utetemperatur, relativ fuktighet, långvågig strålning och vindhastighet från SMHI utnyttjats. I beräkningen redovisade U-värden avser alltid glasdelens U-värde. Såsom dagtid har valts ett fast tidsintervall (klockan 7.00–19.00) som ungefär speglar både den normala arbetstiden och den ljusa dygnsdelen.

Årsvariationer

För denna typ av beräkningar är det nödvändigt att välja ett existerande år. Vid en medelvärdesbildning av flera år skapas ett falskt "normalår", med borttagna extremvärden och utdämpande klimatsvängningar, beräkning av förekomst av kondens kommer därmed att bli felaktig.

Då klimatet varierar starkt från år till år kommer även beräkningsresultat att variera mellan åren. Jämförelser inom ett år (med samma klimatdata) för olika förhållanden på till exempel U_{glas} -värde eller avskärmningsfaktor mot himmel ger emellertid korrekta relativa skillnader. För att kontrollera om de valda klimatvärdena för Stockholm 1988–1992 uppvisar några extrema förhållanden, gjordes först en jämförande beräkning för dessa år. Av dessa år utvaldes 1990 såsom relativt "typiskt" för Stockholmsklimatet.

Det totala antalet kondensfall för $U_{glas} = 1,0 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ och $F = 0,5$ redovisas i tabell 1.

Det framgår av beräkningarna att åren 1989 och 1992 avviker markant från de övriga gällande antal kondensstimmar och



... sedd utifrån.

Tabell 1: Antalet kondensstimmar under 1988–1992.

År	Kondensstimmar	
	Totalt	Dagtid
1988	403	41
1989	450	101
1990	435	63
1991	400	39
1992	242	26

dess fördelning. Utav de tre återstående åren har året 1990 valts ut, såsom representant för ett relativt svårt år ur kondenssynpunkt, men ej något extremår.

Månadsvariation

Fördelningen av kondensstimmar över månaderna för år 1990 Stockholm har illustrerats för tre olika U_{glas} -värden 0,8, 1,0 och 1,3 $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ och ingen avskärmning mot himmel ($F = 0,5$) i figur 3. I figuren kan studeras hur kondensfallen ökar vid val av ett lägre U_{glas} -värde. För

de studerade åren inträffar oftast de flesta kondensfallen under höstmånaderna augusti, september, oktober. Men variationerna mellan åren är emellertid stora, så en viss försiktighet av alltför generella slutsatser måste tas.

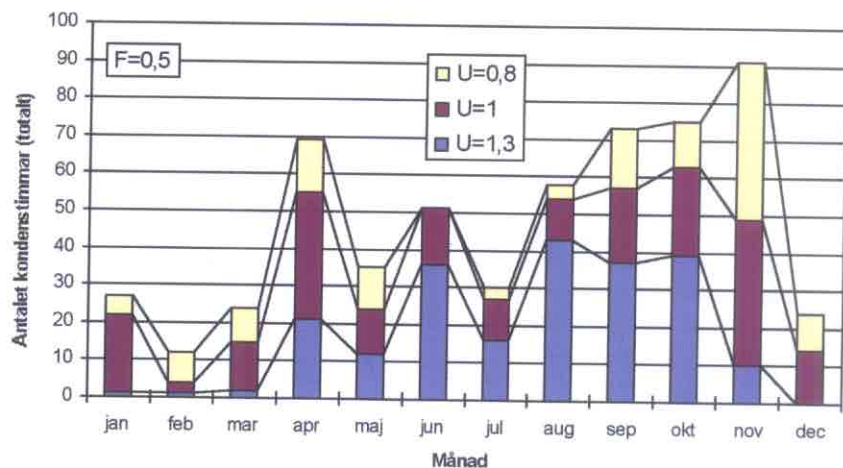
Fördelning under dygnet

Antalet kondensstimmar för årets alla månader har fördelats på dygnets 24 timmar, i figur 4 har U_{glas} -värdet varierats ($F = 0,5$). Av figuren framgår det stora antalet fall under dygnets första timmar, för att avklinga snabbt efter cirka klockan 6.00. Vid ändring av U_{glas} -värdet sker den huvudsakliga ökningen för timmar utanför dagtid.

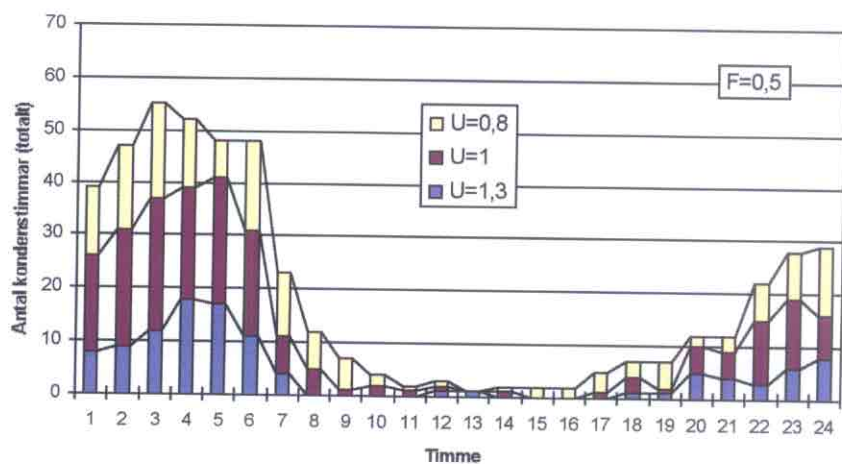
Årssumma

Vid beräkning av antalet kondensstimmar har U_{glas} -värdet varierats mellan 0,7 och 1,4 $\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$ och avskärmningsfaktor mot himlen (F) mellan 0,25 och 0,50. Dessa värden innebär att himlen är till hälften avskärmd och helt oskärmd.

I figur 5 på nästa sida kan den totala bilden studeras för varierande U_{glas} -värde och F -värde. Där framgår tydligt den ge-



Figur 3: Totala antalet kondensstimmar fördelade per månad.



Figur 4: Totala antalet kondensstimmar fördelade på dygnets timmar.

nerella tendensen att lägre U_{glas} -värde eller högre F-värde medför fler kondensstimmar. Även vid U_{glas} -värden på 1,4 W/(m²K) kan medföra kondensfall.

I figur 6 kan antalet kondensfall under dagtid studeras. Samma principiella bild som för totala antalet kan iaktas men på en avsevärt lägre nivå.

Såsom tidigare har nämnts påverkas omfattningen även av vindhastigheten, det vill säga om fönstret ligger exponerat eller i lä. Beräkningar för $U_{\text{glas}} = 1,0$ och $F = 0,5$ visade att fönster i lä erhöll cirka 15 procent fler kondensstimmar både totalt och dagtid.

Erfarenheter från fältmätningar

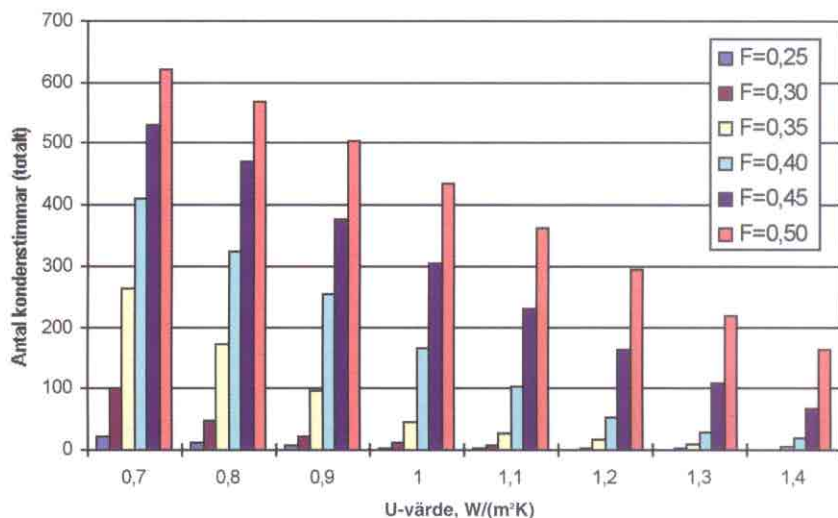
Jonsson (1995) har studerat utvändigt kondens på tre olika glaskombinationer med U-värden för glasdelen 1,8, 1,1 respektive 0,9 W/(m²K). Mätningarna pågick under 1995. Antalet fall registrerades för de tre olika fönstren på tre olika höjdnivåer. Då kondensen inträffar först vid glasets nedre del och sedan fortsätter uppåt kommer kondensfrekvensen för den nedre delen att vara störst, cirka tre gånger fler fall jämfört med övre delen.

Kondensen har främst bildats under nattimmarna och därefter snabbt försvunnit under dygnets ljusa del. Antalet fall har varit högst under månaderna augusti, september, oktober och november.

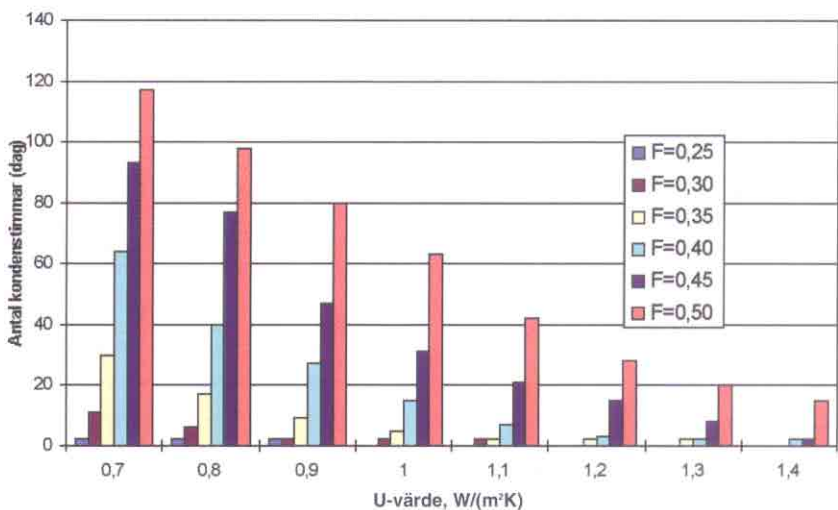
Fönster med U-värde för glasdel på 0,9 W/(m²K) har varit helt täckt av kondens under cirka 1 procent av den totala observationstiden och 0,5 procent av den totala dagtiden. Fönster med U-värde för glasdel på 1,1 W/(m²K) har haft en lägre kondensfrekvens (cirka 0,4 procent respektive 0,2 procent), medan det vanliga treglasfönstret har klarat sig utan kondens.

Kondensförekomsten har även studerats på åtta olika fönster med U_{glas} -värde på 0,8 W/(m²K) i Västerås. Persson (1994). Fönstren har haft olika placering för väderstreck och våningsplan.

Kondens var vanligare på översta våning än på första våningen. Förekomst av kondens för våningsplan och orientering är starkt beroende av hur stor andel av



Figur 5: Totala antalet kondensstimmar såsom funktion av U_{glas} -värde och avskärningsfaktor. 100 kondensstimmar motsvarar 1,1 procent av antalet årstimmar.



Figur 6: Antalet kondensstimmar (dagtid) såsom funktion av U_{glas} -värde och avskärningsfaktor. 50 kondensstimmar motsvarar 1,0 procent av årets dagstimmar.

himmel som avskärmas för fönstret, frekvensen varierar med den aktuella situationen. Genomsnittligt var ett fönster

kondensbelagt upp till glasmitt under 1,5 procent av tiden. Kondens förekommer mest under natten och endast vid ett fåtal

Tabell 2: De viktigaste faktorerna vid utvändigt kondens.

Parameter		Ökning (+) eller minskning (-) av utvändigt kondens vid ökat värde på parameter
Värmefflöde	U-värde	-
	Temperaturdifferens	-
Värmestrålning	Molnighet	-
	Avskärmningsfaktor för himmel	-
	Emissivitet för utvändigt glasyta	+
Ledning	Vindhastighet	-
Konvektion	Vindskydd	+
Fukt	Relativ fuktighet	+

tillfällen förekommer kondens mellan klockan 6.00 och 20.00. Kondensförekomsten under den ljusa delen av dygnet motsvarar cirka 0,3 procent av den totala dagsljus tiden.

Hur undviks utvändigt kondens?

Såsom tidigare har påpekats är värmeutstrålningen mot den klara, kalla himlen den pådrivande kraften för denna typ av kondens. Men enbart en klar himmel är inte tillräckligt för kondensbildning, utan faktorer såsom hög relativ fuktighet och litet värmefflöde genom fönstret krävs dessutom. Det är en samvariation mellan olika klimatförhållanden som styr kondensbildning, tas en faktor bort uppstår inte kondens. I tabell 2 visas en översikt

för de viktigaste faktorerna som styr den utvändiga kondensen.

Frekvensen för utvändigt kondens minskar om värmefflödet genom fönstret ökar, till exempel ökat U-värde, lägre utluftstemperatur.

Värmestrålningen mot himlen kan minskas genom olika avskärmningar mot himlen. Dessa kan ingå i byggnadsutformningen, till exempel taksprång, fönsternischer, fasta solavskärmningar eller bestå av manövrerbara fönsterprodukter såsom markiser, fönsterluckor, jalusier.

Utstrålningen kan även minskas om ett skikt med låg emissivitet placeras på det yttre glasets utsida. I normala fall placeras lågemissionsskiktet vid en spalt inuti fönstret för att få ett lågt U_{glas} -värde. Om däremot det yttre glasets vänds så att skiktet hamnar mot uteluften, kommer U_{glas} -vär-

det att öka med cirka 0,2 W/(m²K). Naturligtvis måste ett skikt som tål utomhusklimatet och normala fönsterputsning väljas.

Med ett lågemissionsskikt mot uteluften kommer utstrålning mot himlen att reduceras så kraftigt att den utvändiga kondensbildningen i praktiken elimineras. Detta kan studeras vid SP Byggnadsfysiks söderfasad som bland annat innehåller provfönster med olika U-värden. Utvändigt kondens har här inträffat på fönster med U_{glas} -värde upp till cirka 2,0 W/(m²K), det vill säga vanliga treglas fönster. Frekvensen ökar naturligtvis med minskande U-värde. För fönster med lågemissionsskikt mot uteluften har det ännu aldrig uppstått utvändigt kondens.

I normala fall kyls det yttre glasets av den utvändiga konvektionen, men när glasets är kallare än uteluften kommer konvektionen istället att bidra med ett värmetillskott för den yttre rutan. Därigenom kommer byggnads- eller bebyggelseutformning som ökar vindhastigheten invid fönstren att reducera förekomsten av utvändigt kondens.

Att påverka den relativa fuktigheten (RH) omkring en byggnad kan endast göras på planeringsstadiet genom att undvika fuktiga områden med hög RH. ■

Litteratur

Jonsson, B., *Utvändigt kondens på fönster. Mätningar i Borås 1994*. SP Rapport 1995:01, SP Byggnadsfysik, Borås 1995.

Jonsson, B., *Beräkning av förekomst av utvändigt kondens på energieffektiva fönster*. SP AR 1999:40, SP Byggnadsfysik, Borås 1999.

Persson, A., et al., *Kondens på fönster – orsaker, åtgärder, dimensionering*. Nutek, Stockholm 1994.