



# Värmelösningar framför stora fönster

## Whitepaper

06/2020 | Sverige



# Innehåll

|  |    |
|--|----|
| Om Purmo .....                                       | 4  |
| Vad är kallras? .....                                | 6  |
| Effektförluster med elementskydd? .....              | 8  |
| Uppvärmning i vinterbonad foajé? .....               | 9  |
| Operativ temperatur .....                            | 10 |
| Kallt panoramafönster med golvvärme? .....           | 11 |
| Elvärmelösningar .....                               | 12 |
| Drag och stratifikation .....                        | 16 |
| Vertikala radiatorer vid fönster till golv? .....    | 18 |
| Dragkompensering .....                               | 20 |
| Strålningskompensering .....                         | 22 |
| Golvinbyggda konvektorer framför stora fönster ..... | 23 |
| Stora fönster i offentlig miljö .....                | 24 |
| Beräkningar .....                                    | 25 |
| Observationer och rekommendationer .....             | 26 |
| Dimensioneringsexempel .....                         | 27 |





# Fyra huvudmål utgör grunden för allt vi gör

Innovation och utveckling på Purmo börjar alltid med följande frågor. Hur kan vi förbättra effektiviteten? Hur kan vi säkerställa enkel integrering? Hur kan det hjälpa våra kunder att arbeta smartare? Hur kan vi säkerställa att det minskar vårt koldioxidavtryck?

Det är så vi kan förverkliga inneklimatlösningar som gagnar våra kunder, slutanvändare och vår planet





Förbättra effektiviteten

Vi strävar efter att optimera energiförbrukningen med hjälp av system med hög precision.



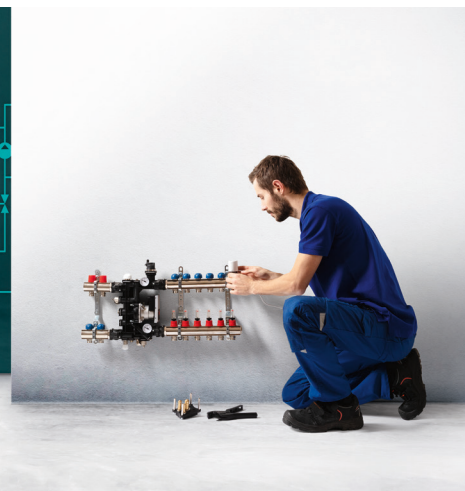
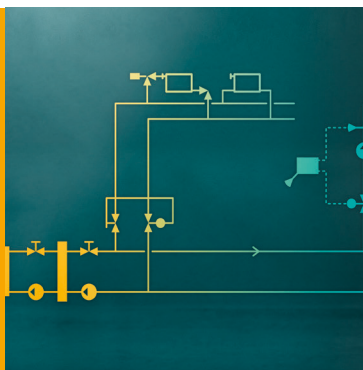
Bättre integration

Vi samordnar lösningar i innovativa system för att förbättra prestandan.



Arbeta smartare

Vi hjälper dig med ett brett utbud av erbjudanden som kan underlätta varje dag och öka effektiviteten.



Minska klimatavtrycket

Vi arbetar ständigt för att begränsa miljöpåverkan av våra produkter och material



# Vad är kallras?

När luften rör sig inomhus kallar vi det drag. Detta drag transporterar bort värmen från vår hud och gör att det känns kyligt. Värmeavgivningen beror starkt på lufthastigheten omkring oss och bara en liten ökning av lufthastigheten ökar värmeavgivningen från kroppen betydligt. Höga lufthastigheter kan bero på kallras från t.ex. fönster, eller av kalla golv och väggar. Drag i form av kallras är särskilt vanligt under fönster där det nedkylda glaset kyler luften. Den kalla luften som är tyngre än den varma, rasar nedåt och sprider ut sig över golvet som en kall matta. Den kalla luften kyler golv och fötter och gör att det känns kallt i rummet. En person som sitter intill kan uppfatta den kalla luften som drag.

## FÖNSTRETS BETYDELSE

Fönster är mycket viktiga med tanke på boendetrivseln och är en väsentlig faktor i den termiska arkitekturen. Fönster öppnar också upp rummet och det släpper in det naturliga ljuset utifrån.

Nackdelen är att fönstren även om de blir bättre och bättre fortfarande försämrar byggnadens klimatskal och öppnar för en kall känsla under årets kallaste dagar. Under årets varmaste dagar så ökar behovet av kyla, om man inte stänger ute solen med hjälp av solskydd eller liknande.

Vi är nog eniga om att rum utan fönster är kanske inte så trevligt så frågan är hur motverkar vi nackdelarna och hur kan vi lösa inneklimatet där fönstret är större? Om fönster kombineras korrekt med radiatorns eller konvektorns egenskaper skapar fönstret tillsammans med fönsterväggen en termiskt färgrik, sensoriskt uppfriskande och hälsosam inomhusmiljö.

## STRÅLNING, DRAG OCH STRATIFIKATION

Värmeenergi kan endast förflytta sig från en högre temperaturnivå till en lägre. - Detta är termodynamikens första huvudregel. I rumsutrymmet förflyttar sig värmen huvudsakligen i form av strålning och konvektion samt i mindre utsträckning ledd genom materialen. Beroende på omständigheterna ligger en människas ytemperatur på 30-35 °C. Dvs. vi emitterar ut värmen till omgivningen runt omkring oss och speciellt till ett svalt fönster i form av värmestrålning. Bästa platsen för en radiator är därför under ett fönster, för då förhindras kallras. Radiatorns värmestrålning kompenserar även för kylan från den kallare fönstertytan. Genom att placera en radiator under fönstret som skapar en motverkande uppåtgående luftrörelse av varmluft förhindrar du kallras. För att det ska kännas dragfritt får lufthastigheten inte vara högre än 0.20-0.25 m/s.

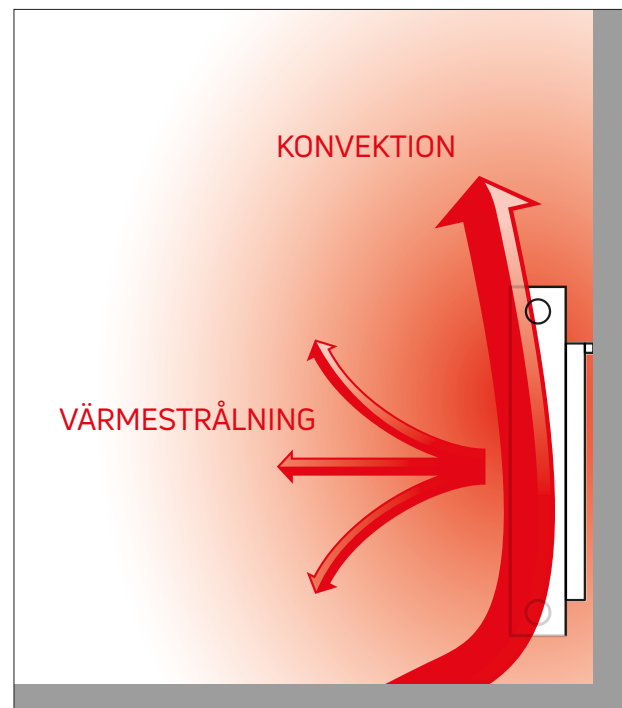
Även om konvektion är den huvudsakliga värmeavgivningen för en radiator har dess värmestrålning i rummet också en viktig effekt på komforten. Det bästa sättet, vilket också är det mest energieffektiva sättet att njuta av värmekomforten från en radiator är att placera den under ett fönster. Förklaringen är denna:

## KONVEKTION:

Radiatorns konvektion kompenserar för fönsterdrag (s.k. kallras) och intag av ventilationsluft genom fönsterkarmen.

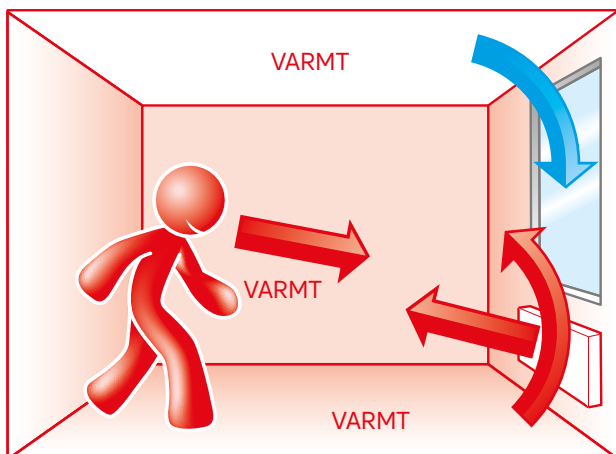
## VÄRMESTRÅLNING:

Värmestrålning från radiatoren skapar en behaglig motvikt mot strålningseffekten från den svalare fönstertytan.

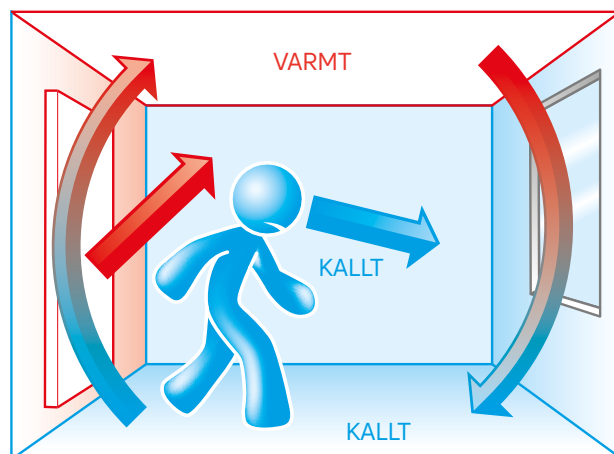


ANDEL (%) AV VÄRMESTRÅLNING OCH KONVEKTION ENLIGT EN 442 STANDARD

|                     | Strålning | Konvektion |
|---------------------|-----------|------------|
| TYP 10              | 50        | 50         |
| TYP 11              | 35        | 65         |
| TYP 21/22           | 20        | 80         |
| TYP 33              | 10        | 90         |
| Konvektor med hölje | 0         | 100        |



I bild 1 strålar radiatorn som är placerad under fönstret värme mot rummet och kompenserar samtidigt fönsterytans strålningseffekt: Värmekänslan som människan upplever är heterogen och uppriskande. Radiatorns konvektion stoppar den kalla strömning som fönstret orsakar.



I bild 2 upplevs fönsterväggen som sval och dragig vid golvkanten eftersom det inte finns någon radiator under fönstret. Att placera radiatorn någon annanstans än under fönstret leder till temperaturskikt, dvs. stratifikation bildas.

### RADIATORER I MÅNGA UTFÖRANDE

Radiatorer finns i standard utförande och med slät panel front. Vill du ha ett riktigt kraftpaket kan du välja en konvektor. Elradiatorer finns i standard utförande och med slät panelfront samt i en mängd höjder, bredder och färger. Då en elradiator är lika bred som fönstret kompenserar det för luftflödet från fönstret och inget kallras uppstår på sidan om radiatorn. Söker du en snygg inredningsdetalj kan du välja en sektionsradiator. Alla dessa passar under ett fönster.

Det är också möjligt att installera radiatorer på innerväggar och det kan ibland vara en fördel, i synnerhet när det är ont om plats under fönstret. Det är, emellertid, inte en ideal lösning ur energisynpunkt på grund av större värmeförluster. En vertikal radiator bredvid en fönsterruta kompenserar det kalla draget, men det förhindrar det inte.

Vertikala och horisontella radiatorer som installerats på innerväggar eller bredvid fönster ger däremot en behaglig värmekänsla när man passerar dem. Dessa typer av installationer har dessutom ofta en arkitektonisk dekorativ funktion.



### FÖRDELAR MED OLJEFYLDA ELRADIATORER

Värme är inte bara en fråga om temperatur, det handlar också om hur den upplevs. LVIs elradiatorer är fyllda med en miljövänlig, vegetabilisk olja. På grund av dess bevarande egenskaper uppstår det en jämn cirkulation. Detta i sin tur skapar en naturlig värme baserad på strålning och konvektion som inte torkar ut luften. Du kommer att märka att luften alltid känns behaglig utan att ge besvär i form av irriterade ögon eller torr hud.

Den elektroniska termostaten använder upp till 20 % mindre energi än elradiatorer med bimetaltermostat. Tack vare den senaste tekniken uppfyller alla LVI radiatorer NF Performance-standard, vilket innebär att termostaten så snart den nått den inställda temperaturen håller sig inom ett intervall på 0,5 grad. Konventionella bimetaltermostat kan ha en skillnad på upp till 6 grader.

Tack vare att du kan kontrollera inomhustemperaturen så exakt, får du alltid den värme du behöver utan att slösa energi. Om till exempel solen tittar in och börjar värma upp rummet, stängs termostaten av tills rumstemperaturen sjunker under den valda inställningen. Och naturligtvis kan du programmera din radiator så att den anpassar temperaturen vissa tider på dygnet via en central styrenhet.

LVI:s värmelösningar avger en mjuk, behaglig och naturlig värme. Detta ger många fördelar. För det första är radiatorn aldrig för varm att vidröra. Speciellt viktigt när du har lekande småbarn hemma. För det andra minskas cirkulationen av damm, vilket är goda nyheter för familjer med allergier. Och för det tredje gör den låga yttemperaturen att damm som samlas på radiatorn inte bränns, vilket innebär att det inte uppstår obehagliga lukter. Allt detta medverkar till ett behagligare inomhusklimat.



## Effektföruster med elementskydd?

Det är lite synd att moderna radiatorer ibland täcks in med elementskydd. Även om en stor del av radiatorvärmens kommer in i rummet genom luftrörelse, det vill säga konvektion, lämnar man bort radiatorns viktiga mysfaktor i form av "radiation", strålningsvärme, vid användning av elementskydd. Kallraset stoppas i detta fall genom radiatorns konvektion, men den kalla fönsterytans "kalla strålningseffekt" kompenseras inte.

Thermopanel V4, Purmo Compact eller en annan standard panelradiator fungerar utmärkt även vid användning av elementskydd. I detta fall bör du lämna utrymme ovan och under radiatorn, ungefär lika mycket som radiatorns djup

utgör. Dessa luftvägar möjliggör en korrekt konvektion.

Du behöver också överdimensionera radiatorn med ca 20% för att kompensera strålningseffekten.



# Uppvärmning i vinterbonad foajé?



**FRÅGA:** Vi ska låta bygga en vinterbonad foajé. Det ska gutas en platta och det ska bli vattenburen golvvärme som kopplas på vår befintliga vattenburna uppvärmning i huset som vi har med fjärrvärme. I det vinterbonade uterummet kommer det att vara tre större fönster på ena lådsidan med ett lågt väggliv på ca 40 cm och på den ena kortsidan (ut mot trädgården) ska vi ha skjutdörrar (en fast och en skjutbar, ett parti på totalt drygt 4 m). Övriga två väggar är "solida väggar" mot befintligt hus/garage. Vi försöker nu läsa oss till vilket U-värde vi ska satsa på i skjutdörrar och fönster och om det är något annat vi ska tänka på för att få en skön värme i vår vinterträdgård om möjligt slippa kallras från fönster eller skjutdörrar. Tror du att det är viktigt att välja U-värden på 1,0 istället för 1,1 eller 1,2 W/m<sup>2</sup>K?

*Kan golvvärme räcka som uppvärmning, eller krävs även extra radiatorer under fönstren och/eller infällt i golvet framför skjutdörrarna? Mycket tacksam för goda råd!*

**SVAR:** Vilka fönster och skjutdörrar du ska välja beror på hur du vill kunna använda uterummet framöver. Skall det vara skydd för att förlänga sommarkvällarna så räcker fönster med U-värde kring 1,7. Vill ni däremot kunna använda rummet då och då även under vintern behövs lägre U-värden på åtminstone 1,1. Ju lägre U-värde desto bättre isolering.

Väljer du golvvärme, så är en god isolering väldigt viktig. För att kunna dra vattenburen värme till utrymmet, behöver rummet vara isolerat så att det inte finns en frysrisk. Golvvärme kan räcka i ditt fall. Det man får göra är att ha tätare slingor, speciellt mot ytterväggarna/fönstren. Med golvvärme kan man inte undvika kallras helt och hållet, men då man tätar till slingorna med max 100 c/c så blir det rätt ok, ifall man accepterar kallstrålningen.

För att motverka kallraset borde man placera en radiator eller en låg konvektor under/framför fönstret som då skapar en motverkande uppåtgående luftrörelse av varmluft. Golvkonvektorer kan också användas framför stora fönsterpartier, såsom på bilden ovan. För att det ska kännas dragfritt får lufthastigheten inte vara högre än 0,20-0,25 m/s.

Har man tänkt använda uterummet året runt, så är golvvärme ett bra alternativ, speciellt om du har planerat in kakelgolvet. Väljer du golvvärme, så är en bra isolering väldigt viktig. För att kunna dra vattenburen värme\* (radiatorer eller golvvärme) till utrymmet, behöver rummet

vara isolerat så att det inte finns en frysrisk. Båda systemen fungerar. Har du kaklade golv är det nog skönt med en grundvärme i golvet. Radiatorer å sin sida reagerar snabbare, t.ex. om du snabbt bestämmer dig för att använda rummet och inte har det inställt på komfortvärme. Tänk på att det kan ta 1-2 dygn att värma upp ett uterum med golvvärme under kallare dagar. Golvvärme kräver en välisolerad grund med 250-300 mm isolering.

Om uterummet är sämre isolerat (minusgrader vintertid), och du bara ska sitta där emellanåt bör du installera en värmekälla som ger värme snabbt och enkelt och som inte är så trögstartad som golvvärme. Då kan vi rekommendera elvärme, så du inte riskerar att systemet fryser. Elradiatorer är ett enkelt och snabbt sätt att installera värme.

Elradiatorer stoppar kallras från fönster och med moderna termostater håller de innetemperaturen jämn och behaglig, inom en tolerans på 0,2 grader. Se exempelvis Yali Parada eller Yali Ramo från LVI. Värmer du upp uterummet sporadiskt är det ingen större kostnad att använda el. Ett uterum på 20-30 kvm kan bli varmt på cirka 20 minuter. Elgolvvärme eller infravärme kan även fungera.

Förutom värme är även nedkylning i uterummet viktigt under varma somrardagar. Tänk på att det även kan vara bra med en vädrlucka i uterummet, speciellt om man har många gäster eller växter, som lätt torkar, i uterummet. Det är ju inte alltid man vill öppna skjutdörrar och fönster och släppa in myggorna.

# Operativ temperatur

Att vara i ett rum upplevs inte bara av rumslufttemperaturen utan även den operativa temperaturen. Operativ temperatur är ett bra mått på den upplevda temperaturen i ett rum. Den tar både rumslufttemperaturen och de olika ytornas temperatur i beaktande.  $T_r$  är ytornas medeltemperatur och  $T_{in}$  är rumslufttemperaturen. Vi skall gå ett steg djupare och beskriva riktad operativ temperatur är och hur man jobbar med rätt placering och rätt val av värmekälla i förhållande till fönster och dess storlek och placering.

I de viktigaste standarderna som behandlar termisk komfort (Thermal comfort), ISO 7730 och ASHRAE Std. 55, används den operativa temperaturen som referens för termisk komfort, vilket lämpar sig väl i vanliga bostads- och kontorsutrymmen där temperaturerna är moderata och luftens strömningshastighet låg.

Med hjälp av den genomsnittliga operativa temperaturen (Mean Operative Temperature) utvärderas den termiska komfort som en person som sitter 0,6 m från golvet och står 1,1 m från golvet upplever i medeltal. Den genomsnittliga operativa temperaturen används huvudsakligen som referens för dimensionering och energianvändning.

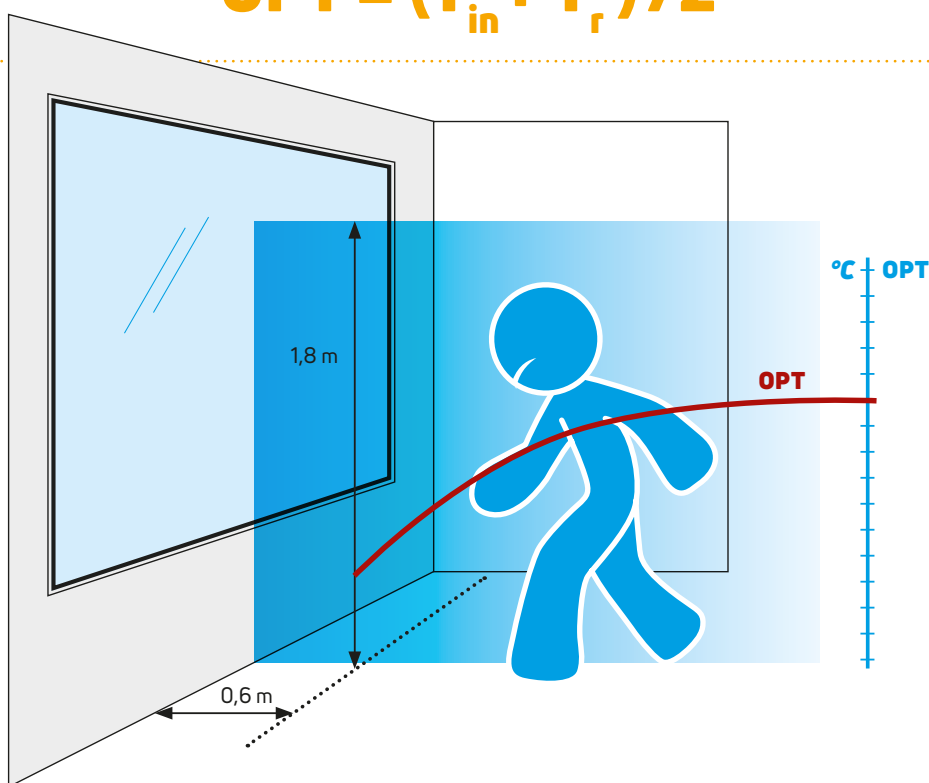
Den operativa temperaturen kan också definieras matematiskt på andra ställen i rummet, varvid det är fråga om lokal termisk komfort (Local thermal comfort).

Med riktad operativ temperatur (Directed Operative Temperature) avses ett beräknings sätt i en viss riktning, t.ex. mot fönsterväggen, där endast temperaturerna på ytorna i vald riktning eller motsvarande halvsfär tas i beaktande. Som referensvärde för människans värmeupplevelse är den riktade operativa temperaturen mer verklighetsnära än den genomsnittliga operativa temperaturen.

Den operativa temperaturen beaktar rumsluftens temperatur samt temperaturen på rummets väggar som påverkar värmestrålningen.

Hur den operativa temperaturen beräknas. Den är medeltalet av rumsluftens temperatur,  $T_{in}$ , och yttemperaturerna med vägda synfaktorer (Angle factors),  $T_r$ . Om rumsluftens temperatur exempelvis är 22°C och medelvärdet för de med vinkelfaktorer vägda yttemperaturerna är 20°C är den operativa temperaturen medelvärdet av dessa, det vill säga 21°C:

$$OPT = (T_{in} + T_r) / 2$$





# Kallt panoramafönster med golvvärme?



**FRÅGA:** Har ett ca 2x3m kallt panoramafönster mot havet. På vintern känns det kallt i närheten av fönstret. Kallt drag längs med fönsterrutan. Huset har golvvärme.

**SVAR:** Detta är ett mycket vanligt problem. Man känner alltid av ett kallras från fönstret vid utetemperaturer under -5 grader, om det inte finns en radiator eller en konvektor under fönstret som stoppar kallraset. Detta kan kännas av även vid varmare utetemperaturer och speciellt lidande blir komforten vid ett kallt panoramafönster.

Det finns fyra alternativ i Purmos sortiment. Antingen kan du montera en lågbyggande golvstående konvektor typ ThermoCon eller Purmo Kon under eller framför fönstret. Framför fönstret används golvkonsoler. Andra alternativet är att använda en golvkonvektor som byggs in i golvet typ Aquilo. Det tredje alternativet är att installera en vertikal radiator bredvid fönstret. Denna radiator stoppar inte

kallraset men motverkar känslan av kallt drag. Samtliga alternativ kräver att det är möjligt att dra fram rör från den vattenburna värmen.

Alternativet att bygga in i golv är dyrare, men fördelen är att man kan installera konvektorn nedsänkt, så att man kan gå över den vid behov. Till exempel om det finns ett skjutglasparti eller en dörr inbyggd i panoramafönstret. Du kan också installera en Delta sektionsradiator framför fönstret. Modell DL 3 eller DL 4, cirka 300 mm hög. Deltan kan placeras på fotkonsoler och fås i 70 olika kulörer. Den placeras på fotkonsoler framför fönstret. I och med att solljuset kan sippra igenom radiatoren, får du en "lättare" radiatorlösning framför fönstret.







# Uppvärmning vid fönster från golv till tak?



**FRÅGA:** Vi planerar att bygga om villan och ersätta traditionella fönster och altandörrar med glas från golv till tak. Rummet är ca 60 kvm som idag värms upp av oljeradiatorer (direktverkande el) på totalt ca 4kW. Samtliga radiatorer sitter under fönster som vi vil byta ut till glas från golv till tak. Vi har som sagt endast direktverkande el och golvvärme är inte ett alternativ då vi har nylagd stavparkett. Vi vill undvika traditionella elradiatorer då vi tycker att de estetiskt fula (även de snyggare designade). Skulle helst vilja ha konvektorer nedsänkta i golvet men stämmer det att de endast finns för vattenburet system?

**SVAR:** Det stämmer att nedsänkta golvkonvektorer i dagsläget tyvärr inte finns som eldrivna.

Vi får många frågor om fönster från golv till tak och det är ett ofta förekommande dilemma. Denna typ av arkitektoniska lösningar ökar, medan det i praktiken ofta inte fungerar helt prickfritt i Norden. Det är mycket svårt att stoppa kallras vid fönsterlösningar ända ned till golvytan. Det man bör tänka på är att ha ett bra UV-värde i fönstren, även om det i sig inte stoppar kallras helt. De flesta elradiatorer finns i höjden 300 mm, så om man kunde spara lite väggyta nere mot golvet, så vore det att föredra.

I detta fall rekommenderar vi Epok H sektionsradiatorer framför fönstret. Epok kan placeras på fotkonsoler framför fönstret och fås i över 70 olika kulörer. I och med att solljuset kan sippra igenom radiatorn, får du en "lättare" radiatorlösning framför fönstret.

Golvvärme, som inte var i er åtanke, stoppar inte heller kallras helt. Golvvärme är inte det optimalaste för att just ta kallras vid mycket höga fönster.

## KALLRAS OCH VERTIKALA RADIATORER

Vertikala elradiatorer bredvid fönstren eller inne i rummet kan fungera på så vis att radiatorerna kompenserar kallstrålningen. Det vill säga – eftersom din kropp håller en högre temperatur än fönsterytan så kommer du att åstadkomma en egen strålning av din värme mot fönsterytan. Detta upplevs av oss som att fönstret strålar kallt emot kroppen. I själva verket är det ändå tvärtom. Denna strålning kan minskas genom vertikala radiatorer, men kallrasen stoppas ej helt under kalla dagar.





# Byte av gamla elradiatorer gav bättre inomhusklimat

Det svåraste i hela processen var helt enkelt att bestämma sig för att nu skall det göras. Det konstaterar Björn Beijar i Jakobstad. – Det kändes som att de gamla elradiatorerna drog mycket ström och de såg bedrövliga ut, säger husägare Björn. Anledningen till att vi inte bytt ut dem tidigare är att vi helt enkelt inte kommit oss för. Man vet inte riktigt i vilken ända man skall börja. Det är ju inte varje dag man googlar radiatorer. Och vi har inte haft någon akut behov heller. Men ett av de gamla elementen hade färgat sig gul-brunt och ett annat hade gått sönder, så visst kändes det som att behovet kröp närmare.

## ENERGIEFFEKTIV LÖSNING I SIKTE

Viktigast för paret vid bytet av gamla elradiatorer var en energieffektiv lösning på lång sikt och ett behagligare inomhusklimat. Paret var inte ute efter några designradiatorer, men bestämde sig ändå för retroradiatorn Epok i vardagsrum och kök, medan standardradiatorerna Yali Digital installerades i övriga rum.

– Yali Digital elementen är klassiska och passar in i ett äldre hus med sådan stil som vårt hus har, mycket trä på golv, väggar och tak. Yali Digital elementen har bra egenskaper, det vill säga alla de egenskaper som vi behöver. Med beaktande av vilka egenskaper elementena har så är priset också rimligt, konstaterar Björn. Radiatorernas återförsäljare och installatör var Asentajagroup i Jakobstad.

Paret värdesatte även en snabb och enkel lösning utan krångligheter. Så smidigt och enkelt som möjligt. Att kunna styra radiatorerna på distans satte paret inte prioritet på, men man kan ansluta dem till ett styrsystem och en app senare om man vill. Det är än för tidigt att säga vilken insparingen bytet kommer att ge. Den allmänna uppfattningen är att en elradiator arbetar i förhållandet 1:1 och att man inte kan spara energi vid ett byte.

– Det inte korrekt, konstaterar Rickard Adlercreutz vid Purmo Group. Inbesparingen kommer från en jämnare temperatur och även från styrning, till exempel nattsänkning eller borta-läge. En gammal elradiator med bimetaltermostat kan ha en hysteres, det vill säga temperaturskillnad, på upp till 6 grader. En modern elektronisk termostat håller temperaturen konstant med 0,2 graders noggrannhet. Redan detta kan ge upp till 10-20% inbesparing.

## BÄTTRE INOMHUSKLIMAT MED NYA OLJEFYLLEDA ELRADIATORER

Mikko livonen som är forsknings- och utvecklingsansvarig vid Purmo Group konstaterar:

– Dammet i luften som flyter genom en öppen värmare (så kallad "toaster") brinner lätt i temperaturer över 70 grader och de minsta partiklarna även vid lägre temperaturer. Vi rekommenderar inte att man använder elradiatorer med yttemperaturer högre än 70 grader. En del öppna elradiatorer ("toasters") kan ha elmotstånd på upp till flera hundra grader, och vid dessa temperaturer bränns damm och luften upplevs som torrare.

Även den relativa luftfuktigheten var högre efter installationen av oljefyllda radiatorer installerats – i snitt 5% Rh högre. Men, den förbättrade luftfuktigheten beror inte på bytet av radiatorer. Inomhusklimatets förbättring kommer från minskad dammbränning vid de heta äldre radiatorerna och från bättre joniseringsbalans, säger Mikko livonen. Paret själva konstaterar också att inomhusluften känns



*Före radiatorbytet. De gamla elementen och tillhörande eldosa var fulla med damm, vilket i sig är en brandrisk. De gamla elementen gick också så varma att det tydligt syntes att de var så gott som sönderbrända.*



betydligt friskare efter bytet från öppna, gamla elradiatorer till nya oljefyllda elradiatorer. Mikko livonen konstaterar att denna känsla kan jämföras med hur man i snitt upplever en elbastu jämfört med en vedeldad med fuktiga stenar. – Elbastun upplevs som torrare eftersom joniseringsbalansen är mer positiv där än i en vedeldad.

– Det att människor upplever rumsluften som torr, t.ex. på grund av heta (icke oljefyllda) radiatorer, beror egentligen på lukten av brinnande rumsdamm och på förändringar i luftens joniseringsförhållande, som förekommer i så kallade "öppna" elradiatorer. Heta metalliska ytor ändrar joniseringsbalansen, konstaterar Mikko livonen.

– Det att luften upplevs som torrare, beror delvis på att damm bränns, men även främst på att luftens joniseringsbalans ändrar sig då luften är i kontakt med heta metallytor. När luft strömmar längs med varma metallytor blir balansen mer positiv, det vill säga antalet positiva joner ökar. Båda dessa fenomen försämrar luftkvaliteten in en bostad. Vid mätningar av inomhusluftens kvalitet i bostaden kunde Marcus Jansson vid Ingenjörbyrå Kronqvist konstatera att inomhusklimatet kändes svalare och mer behagligt med de nya vägg radiatorerna trots att inomhustemperaturen var oförändrad. – En annan viktig aspekt är att den maximala yttemperaturen på husets gamla elradiatorer uppmättes till 95 grader Celcius. Detta innebär en brandrisk, säger Jansson.



#### FAKTA OM HUSET:

Byggår: 1928, grundrenoverad + tillbyggnad 1986-1988.

Lägenhetsyta: 116 kvm (våningsyta 143 kvm)

Före: 10 st öppna elradiatorer och 2 st oljefyllda gamla elradiatorer

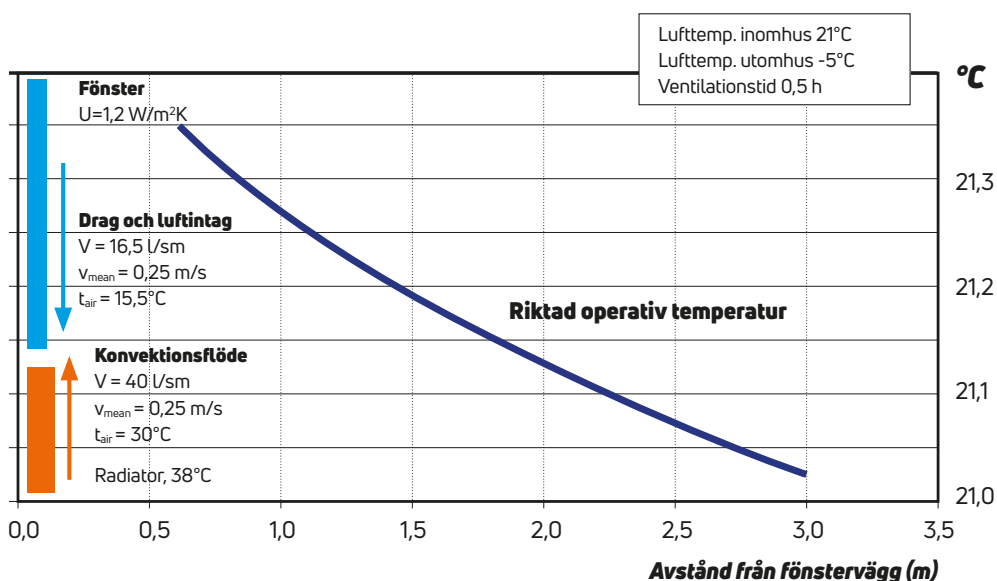
Efter: 3 st Epok och 8 st Yali Digital oljefyllda elradiatorer från LVI



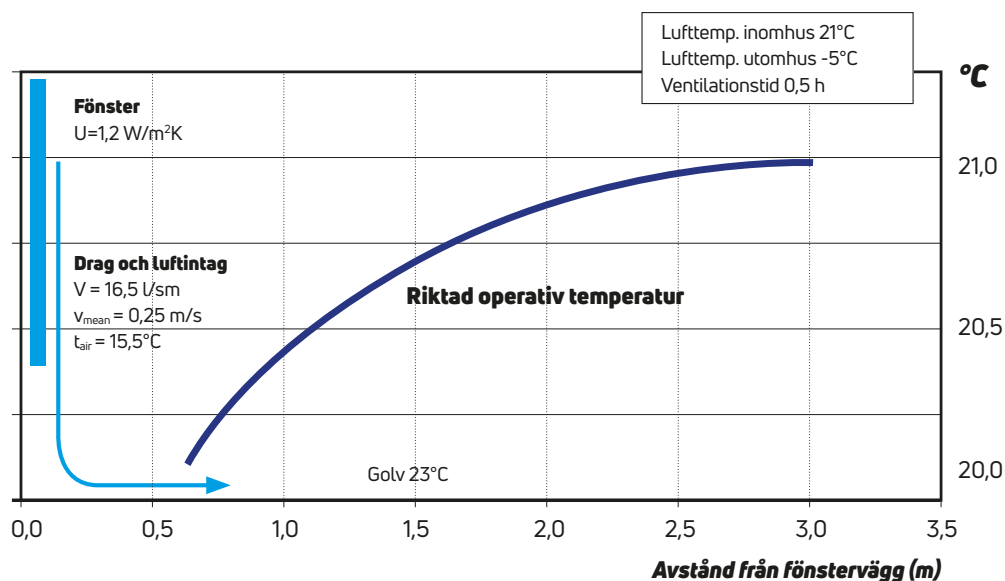
# Drag och stratifikation

## HORISONTAL TEMPERATURFÖRDELNING

Diagrammen visar hur en människa upplever rumstemperaturen (Directed operative temperature) på olika avstånd från fönsterväggen under de omständigheter som råder i exemplet: I närheten av fönsterväggen känns det t.o.m. lite varmare än närmare mitten av rummet ifall en radiator finns under fönstret. Människan strålar nämligen värme mot fönstret och den varma radiatoren under fönstret strålar värme mot människan, vilket kompenserar fönstrets "köldstrålning". Längs fönstrets yta sjunker en nedkyld luftström, som radiatorns konvektionsströmning stoppar. Det är enklast att fastställa de operativa temperaturerna med hjälp av kalkylationsprogram, exempelvis IDA ICE.



Exempel 1. Fönsterväggens inverkan när en radiator är placerad under fönstret. Om vi placerar samma mängd effekt, men under eller framför ett fönster så minskar känslan av kallras och kallstrålning. Längs fönstrets yta sjunker en nedkyld luftström, som radiatorns konvektionsströmning stoppar.

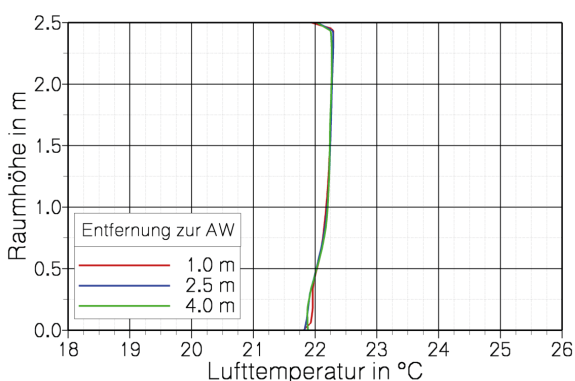


Exempel 2. Fönsterväggens inverkan när en radiator inte är placerad under fönstret. Längs fönstrets yta sjunker en nedkyld luftström, drag, som riktas mot golvet. På golvet sjunker strömningens hastighet i förhållandet avståndets kvadratrot mätt från väggen.

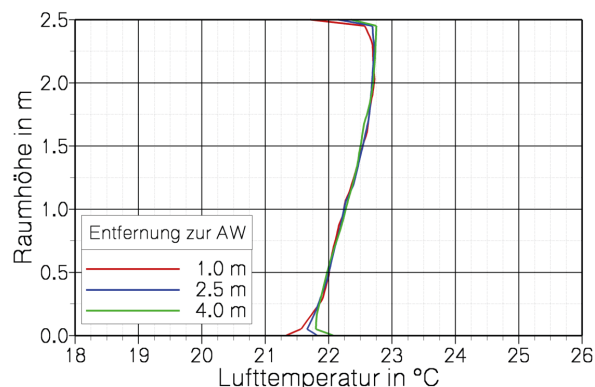


## VERTIKAL TEMPERATURFÖRDELNING

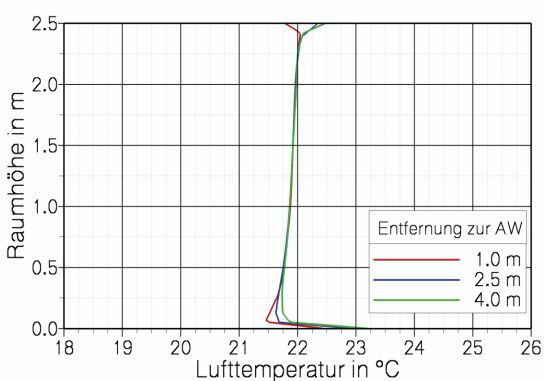
Bilderna visar lufttemperaturskiktningen på olika avstånd från ytterväggen i rummet beroende på radiatorernas placering och golvvärme. Ventilationen och värmeavgivaren påverkar temperaturskiktningen i stor utsträckning. Ett FTX-system, jämförbart med ACA 0 1/h i fallen A,B och C i bilderna nedan, ger en bra värmefördelning även tillsammans med golvvärme. I bild D ser man att inkommande luft genom fönsterventiler fungerar tillsammans med en radiator, som förhindrar kallras, men golvvärme fungerar ej. Bild F visar ett nästintill optimalt förhållande med tilluftsradiorer. Utomhusluftens temperatur är  $-5^{\circ}\text{C}$ .



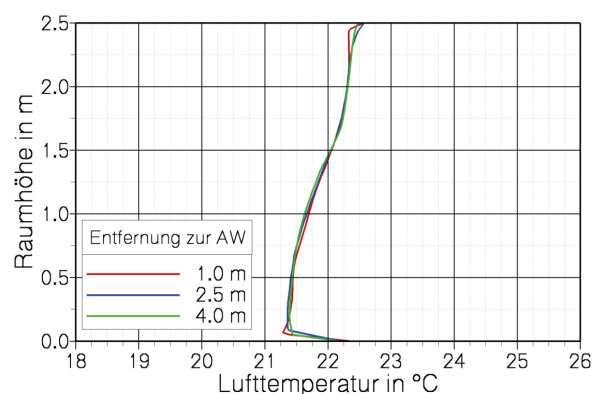
A. Radiator under fönstret, ACR 0 1/h



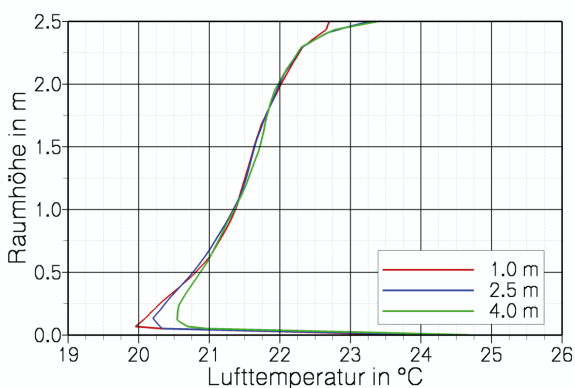
B. Radiator på innerväggen, ACR 0 1/h



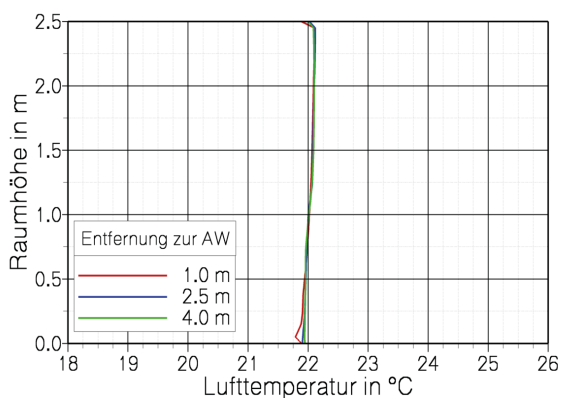
C. Golvvärme, ACR 0 1/h



D. Radiator under fönstret, ACR 0,5 1/h



E. Golvvärme, ACR 0,5 1/h



F. Tillufts radiator, ACR 0,5 1/h





# Vertikala radiatorer vid fönster till golv?



**FRÅGA:** Vi ska dra ner två fönster till golvet i vårt vardagsrum med norrfasad. Vi vill inte ha golvvärme, men undrar om vi kan köpa element vid sidan av de två stora fönstren och ändå leverera värme utan kallras. Finns det branschregler, energi-deklarationsregler kring detta så vi inte gör fel?

**SVAR:** Detta är ett ofta förekommande dilemma. Denna typ av arkitektoniska lösningar ökar, medan det i praktiken ofta inte fungerar helt prickfritt i Norden. Det är mycket svårt att stoppa kallras vid fönsterlösningar ända ned till golvytan.

I detta fall rekommenderar vi en Delta sektionsradiator framför fönstret. Modell DL 3 eller DL 4. Deltan kan placeras på fotkonsoler och fås i 72 olika kulörer. Den placeras på fotkonsoler framför fönstret. I och med att solljuset kan sippra igenom radiatoren, får du en "lättare" radiatorlösning framför fönstret.

Golvvärme, som inte var i er åtanke, stoppar inte heller kallrasen helt. Golvvärme är inte det optimalaste för att just ta kallras vid mycket höga fönster.

## KALLRAS OCH VERTIKALA RADIATORER

Din idé gällande vertikala radiatorer kan fungera på så vis att radiatorerna kompenserar kallstrålningen. Det vill säga – eftersom din kropp håller en högre temperatur än fönsterytan så kommer du att åstadkomma en egen strålning av din värme mot fönsterytan. Detta upplevs av oss som att fönstret strålar kallt emot kroppen. I själva verket är det ändå tvärtom. Denna strålning kan minskas genom vertikala radiatorer, men kallrasen stoppas ej under kalla dagar. Värmetekniskt är den bästa platsen för en vertikal radiator bredvid eller nära intill ett fönster.

## ANDRA TIPS FÖR VÄRMELÖSNINGAR VID STORA FÖNSTERPARTIER

Delta är en elegant sektionsradiator som förenar modern byggnadskonst med traditionell uppvärmningsteknik. Lasersvetsning eliminerar praktiskt taget alla svetsfogar

och ger en garanterat slät yta. Inuti radiatoren förhindrar lasersvetsningen att rester från svetsningen ansamlas och minskar risken för friktion och korrosion. Resultatet är en tystare, mer effektiv radiator som håller längre. De D-formade profilerna som gett Delta laserline dess namn är inte bara tilltalande, de förbättrar även prestandan med upp till 10 % jämfört med konventionell design.

Purmo Kon – Konvektorerna har en diskret elegans i kombination med en mycket god värmeavgivningsförmåga. Stålkonstruktionen är kraftig och gedigen vilket gör Purmo Kon till en idealisk värmekälla i miljöer med stora glaspartier och öppna planlösningar. För att erhålla en elegant rörinstallation är Purmo Kon försedd med ett integrerat ventilkoppel, vilket kompletteras med ventilinsats och termostat för att skapa ett behagligt inomhusklimat.

Aquilo – Golvinbyggda konvektorn Aquilo FMK är specialdesignad för montering i kanal i golv. Konvektorn består av en kopparslinga med aluminiumlameller, svartmålad och monterad inne i en dubbelsidig galvaniserad plåtkanal, även den svartmålad invändigt. Från ovansidan skyddas konvektorn med ett tvärgående eller längsgående galler tillverkat i valfritt material från tillverkarens utbud och som beställs separat. Konvektorn ansluts till värmesystemet med två G 1/2" invändig gänga.

Purmo FCV i höjden 200 mm – Ventil Compact är en klassisk panelradiator. En verklig kvalitetsradiator med mycket hög finish. Denna radiator har integrerad ventil som standard. Purmo Ventil Compact levereras med monterade sidoplåtar, toppgaller och har tre olika frontpaneler – Standard CV, Plan FCV och Ramo RCV.



Delta sektionsradiator



Purmo Kon konvektor



Aquilo golvinbyggd konvektor



Purmo FCV radiator i höjden 200 mm



# Dragkompensering

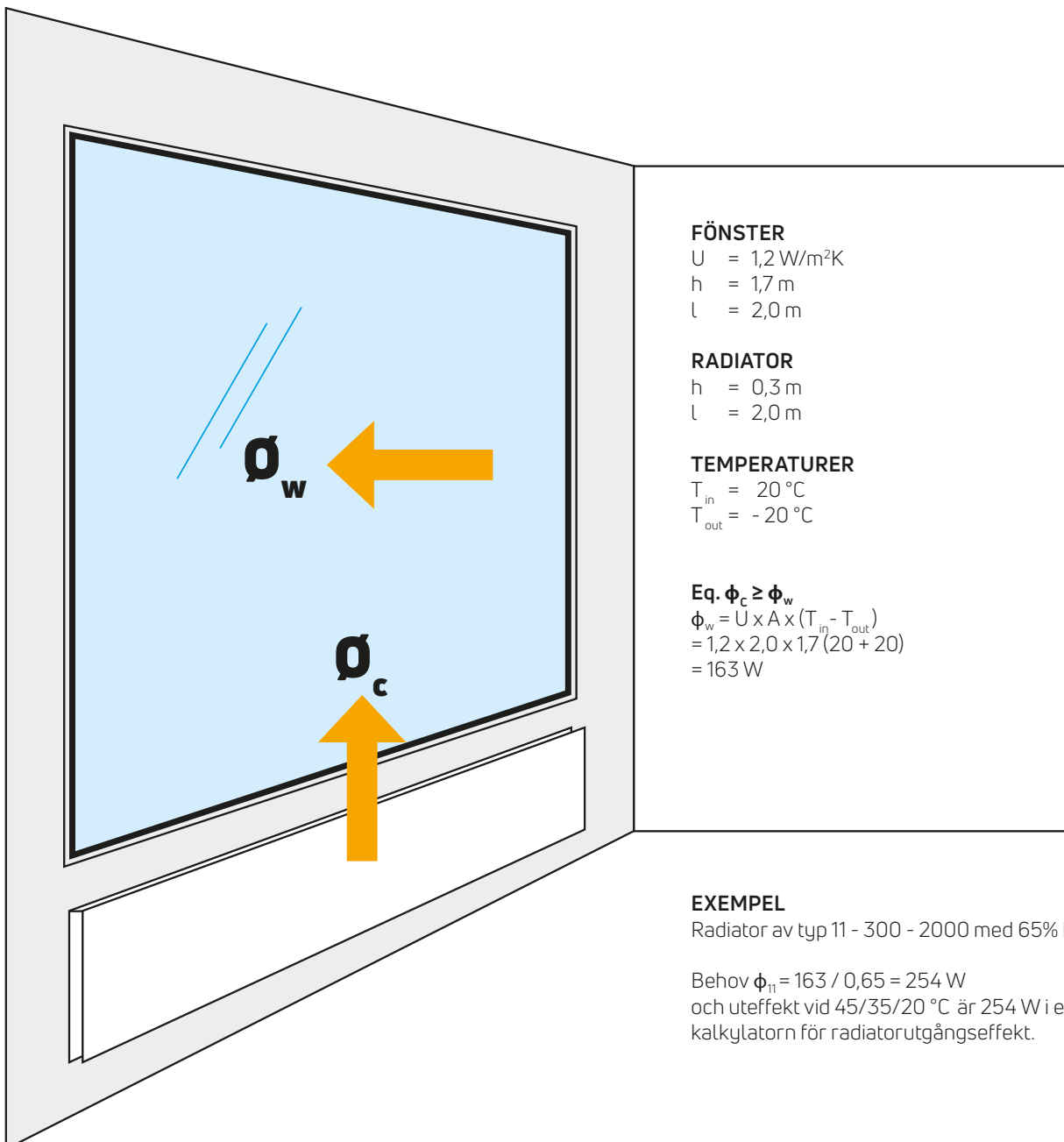
## STOPPA FÖNSTERDRAG MED HJÄLP AV RADIATORER OCH KONVEKTORER:

Om man inte känner till radiatorns/konvektorns strömningsmönster, rekommenderas det att den konvektiva effekten bör vara minst lika stor som fönstrets värmeförlust.

För att stoppa draget krävs det en radiator som är lika bred som fönstret, exempelvis av typ 11-300-2000, vars konvektiva effekt motsvarar fönstrets värmeförlust: konvektiv effekt (= 65% av den totala effekten) över 163 W och total effekt 256 W exempelvis vid temperaturerna 45/30/20 °C (= dT16,4K).

Det är också möjligt att stoppa draget med hjälp av en golvkonvektor med fläkt.

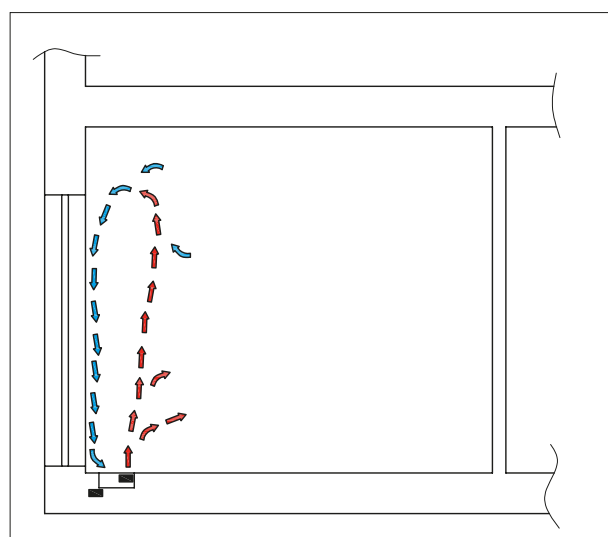
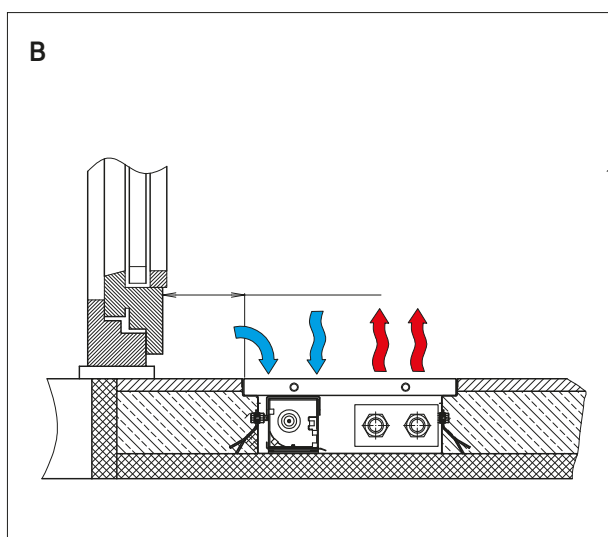
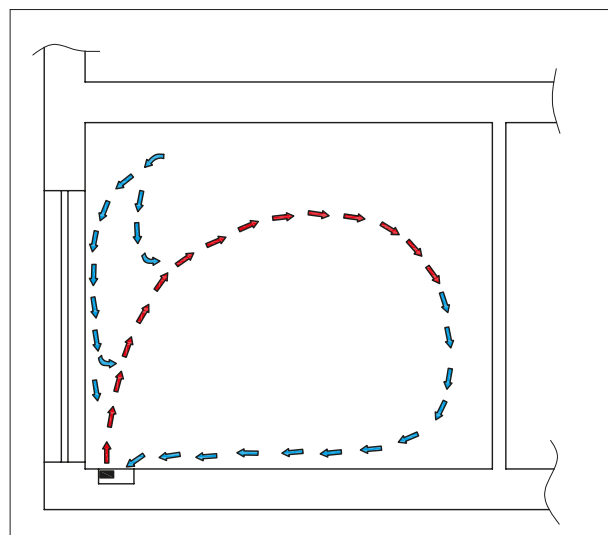
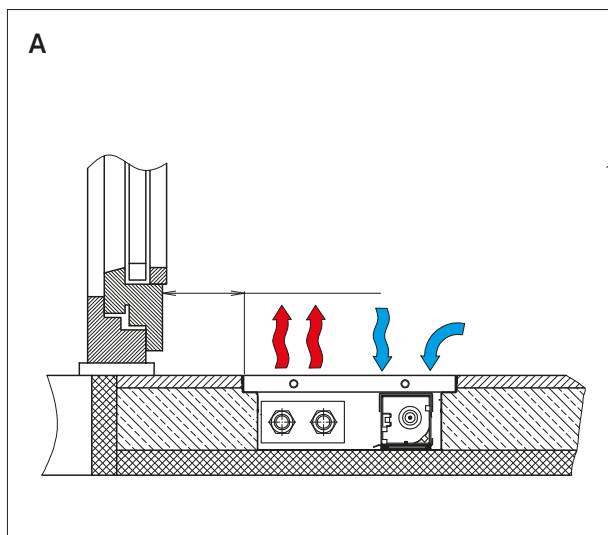
För att uppnå en godtagbar värmekomfort bör fönstrets U-värde vara tillräckligt lågt, så att värmestrålningens osymmetri förblir över 5°C-kriteriet.



### STOPPA FÖNSTERDRAG MED HJÄLP AV GOLVINBYGGDA KONVEKTORER:

Kallras från fönster kan även stoppas med hjälp av golvkonvektorer med fläkt.

Alternativ A är 5% effektivare, stoppar kallras bättre och ger bättre luftomvandling än alternativ B.

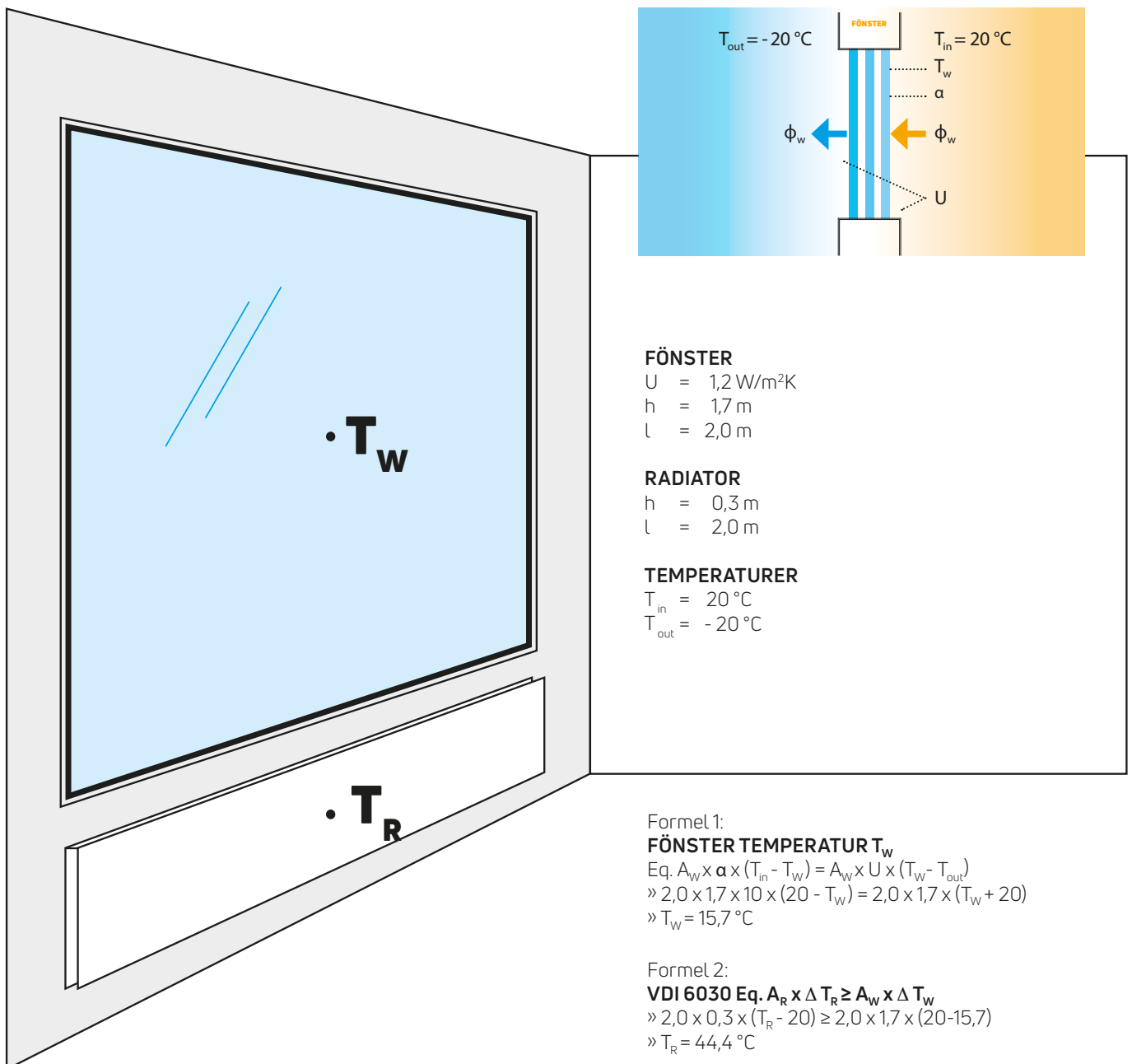


# Strålningskompensering

För att kompensera fönstrets "köldstrålning" rekommenderar normen VDI 6030 att dimensionera radiatoren så att radiatorns synliga yta och ingången för radiatorns övertemperatur är större än fönstrets yta och ingången för fönstrets undertemperatur:

Fönsterytans temperatur beräknas i enlighet med formel 1). Lagg märke till att värdet på värmegenomgångskoefficienten  $\alpha$  är beroende av luftens strömningshastighet, vilken är högre för höga fönster (ca. 10 W/m<sup>2</sup>K) än låga fönster (ca. 8 W/m<sup>2</sup>K). Man bör också lägga märke till att U-värdet som anges för fönstren gäller för värmegenom-

gång vid förhållanden enligt standarden, dvs. vid en utomhustemperatur på + 5°C. När utomhustemperaturen är exempelvis -20°C, stiger U-värdet med ungefär 20%. Beräknat enligt kriterierna i VDI 6030, formel 2), bör yttemperaturen på en radiator av typ 11-300-2000 under förhållandena i exemplet vara minst 44,4°C.





# Golvinbyggda konvektorer framför stora fönster

Den moderna arkitekturen med stora fönsterpartier håller i sig. Att hitta effektiva värmelösningar där kallras kan undvikas sätter press på VVS-planeringen. Purmo Thermopanel hävdar fortfarande att den bästa lösningen är en radiator under eller framför fönstret. Våra egna mätningar påvisar detta. Men naturligtvis kan uppvärmningen lösas med andra medel, såsom golvvärme, en vertikal radiator bredvid fönstret eller med nedsänkta golvvkonvektorer. Aquilo från Purmo är nedsänkbar konvektor som kan fås med eller utan fläkt samt med eller utan kylning.

De flesta villor klarar sig med golvvkonvektorer utan fläkt om syftet bara är att förhindra kallras. Men då behöver man oftast komplettera med ytterligare någon radiator eller med vanlig golvvärme. Hos familjen Fridsten gör fläkten att golvvkonvektorerna räcker för att värma hela det sovrum där de nu installeras. Trots att fläkten bara är på 11 Watt gör den att man kan få ut cirka fyra gånger mer värme.

Om man jämför med vanliga vägghängda radiatorer kostar golvvkonvektorerna med inbyggd fläkt visserligen mer. – Min bedömning är att det ändå blir betydligt billigare än om vi skulle ha installerat vanlig golvvärme. Dessutom bygger det här inte alls upp golvet lika mycket, påpekar Göran Fridsten.

Gallren som täcker konvektorerna är gjorda i aluminium och ger ett väldesignat intryck. – Vi tycker att det har fungerat väldigt bra och ville göra likadant nu när vi renoverar vårt sovrum. För min del är det också viktigt med

det estetiska. Även om vi inte har fönster som går ända ner till golvet vill vi slippa skrymmande radiatorer vid väggen, säger Margaretha Fridsten.

För att undvika att smuts trillar ner mellan springorna i gallret har de valt att inte placera golvvkonvektorn framför altandörren, utan bara under fönstret och längs med övriga väggen.

## FÖRDELAR MED GOLVINBYGGDA KONVEKTORER MED FLÄKT:

- Hög effektivitet och värmeavgivning tack vare integrerad fläkt
- Ger effekt där den bäst behövs, till exempel vid stora fönsterpartier.
- Låg bygghöjd gör att den går att installera på de flesta ställen
- Fläkten kan justeras i flera lägen och är knappt hörbar
- Ger ett elegant intryck



# Stora fönster i offentlig miljö

Värmen rör sig alltid från varmt till kallt. När man står nära ett kallt fönster flyttar sig kroppsvärmen från kroppen mot den kallare ytan. Om du sitter stilla i rummet nära fönstret, och om temperaturskillnaden mellan fönsterytan och väggytan mitt emot är mer än 5 grader, kan din kropp känna av detta – även om vissa reagerar starkare än andra, känslan av temperaturskillnader är väldigt individuell. Stillasittande ställning i kombination med dessa temperaturskillnader kan även påverka dig till att börja frysa eller känna ett obehag. När luften rör sig inomhus kallar vi det drag. Detta drag transporterar bort värmen från vår hud och gör att det känns kyligt.

## LUFTHASTIGHET OCH KALLRAS

Värmeavgivningen beror starkt på lufthastigheten omkring oss och bara en liten ökning av lufthastigheten ökar värmeavgivningen från kroppen betydligt. Höga lufthastigheter kan bero på kallras från till exempel fönster eller vägg-utor eller från ventilation. Drag i form av kallras är särskilt vanligt under fönster där det nedkylda glaset kylvärmer luften. Den kalla luften som är tyngre än den varma, "rasar" nedåt och sprider ut sig över golvet som en kall matta. Den kalla luften kylvärmer golv och fötter och gör att det känns kallt i rummet. En person som sitter intill kan uppfatta den kalla luften som drag. Detta är orsaken till att radiatorer oftast är placerade under fönstren.

## KONVEKTORER I OFFENTLIG MILJÖ

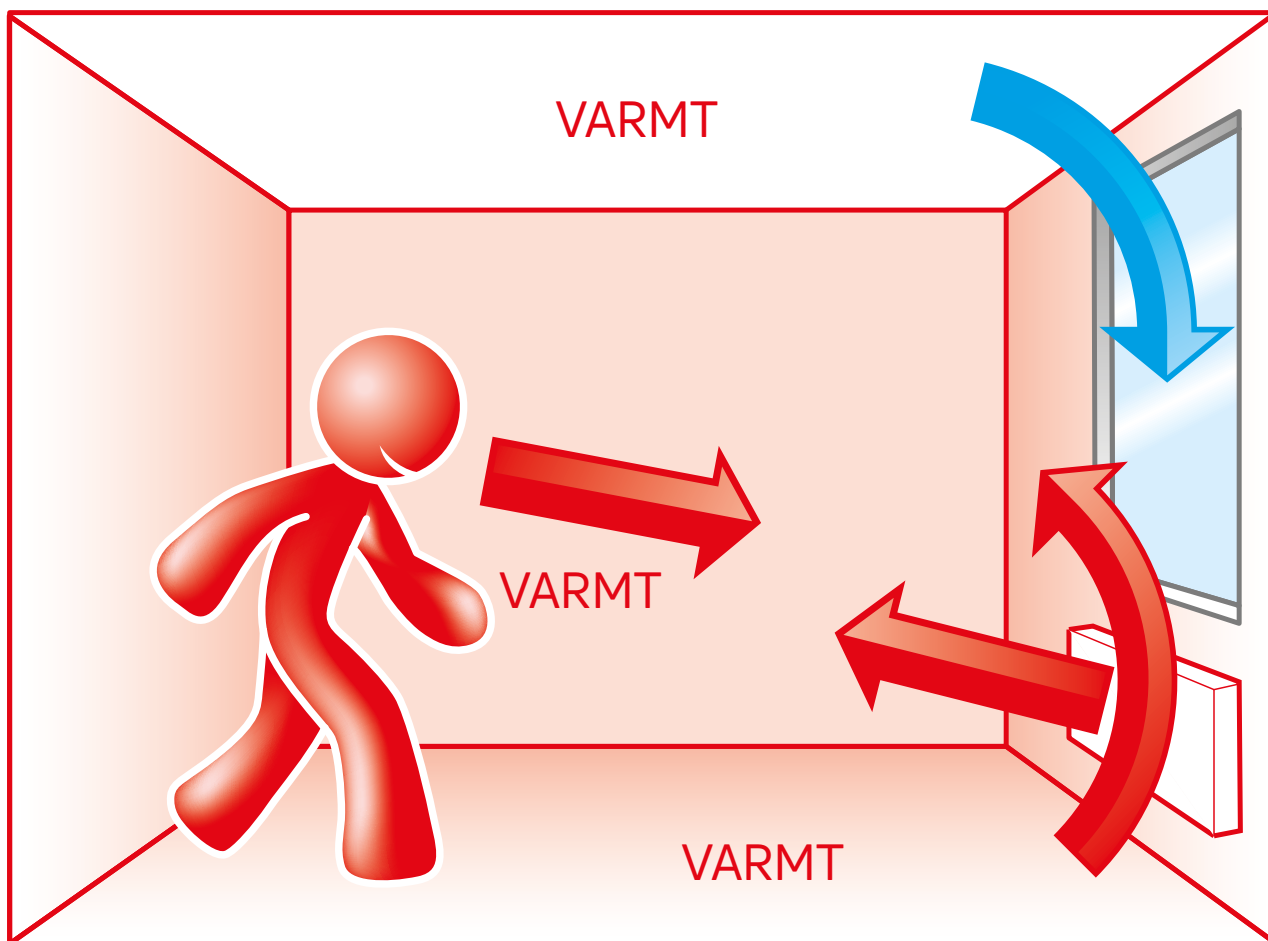
Offentliga miljöer – butiker, restauranger och kontor har ofta stora fönsterpartier och ibland till och med fönster ända ner till golvet. För att slippa kallras i sådana fall är en konvektor framför den stora fönsterytan ett utmärkt alternativ. Konvektorn är liten och har en mycket god värmeavgivningsförmåga.

På restaurangen Taco Bar i Göteborg har man löst kallrasproblemet genom att installera Purmo Kon i svart kulör. Purmo Kon är en idealisk värmekälla i offentliga miljöer med stora glaspartier och öppna planlösningar. För att erhålla en elegant rörinstallation är Purmo Kon försedd med ett integrerat ventilkoppel, vilket kompletteras med ventilinsats och termostat för att skapa ett behagligt inomhusklimat. En annan avgörande faktor för just Kon är att den har en värmestrålände yta (jmf engelskans radiation). Detta är inte fallet med alla konvektorer, till exempel de som har ett icke-vattenbärande hölje kring sig.

## ALUMINIUMKONVEKTOR I NUDIE JEANS BUTIK

I klädbutiken Nudies jeans på Vallgatan i Göteborg har man valt konvektorn Thermocon. ThermoCon är en konvektor, uppbyggd kring en kopparslinga med profilerade aluminiumlameller. Den vattenburna värmen som cirkulerar i kopparslingan, överförs till aluminiumlameller i vars kanaler det skapas en varm självdragande luftström. Thermocon är liten och effektiv och fås i höjderna 100, 200 och 300 mm.





**T.ex vid  $T_{in} = 20\text{ °C}$ ,  $T_{out} = -20\text{ °C}$ ,  $U=1,2\text{ W/m}^2\text{K}$  och  $H_w = 1,5\text{ m}$**

- Kall luft faller med en hastighet på 0,2 m/s
  - 5 meter fönster = 0,5 m/s
  - 8 m fönster 0,6 m/s
- Människan känner av 0,15 m/s och luftflödets undertemperatur framhäver känslan av kallras
- Konvektiv värme, konvektion, bromsar det kalla draget

**VÄRMEBEHOV**. Se exempel på sid 20.

$$\dot{Q} = U \times A \times (t_{in} - t_{ut})$$

↑
↑
↑

Värmeeffekt      Fönstrets U-värde      Fönstrets area



# Observationer och rekommendationer

Vid dimensioneringen av radiatorer i nya byggnader som grundar sig på det normala värmebehovet beaktas också de krav som fönsterdrag och värmestrålningens osymmetri ställer.

Riktgivande maximala hastigheter för fönsterdraget med olika fönsterhöjder  $h$ , när fönstrets U-värde är  $1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ , inomhustemperaturen är  $20^\circ\text{C}$  och utomhustemperaturen är  $-20^\circ\text{C}$ :

| h, m | v, m/s |
|------|--------|
| 1,5  | 0,25   |
| 2,5  | 0,35   |
| 5,0  | 0,50   |

Under normala boende- och kontorsförhållanden får luftströmningens maximala hastighet inte överstiga  $0,26 \text{ m/s}$  ( $22^\circ\text{C}$ ) och  $0,20$  ( $20^\circ\text{C}$ ) på vistelseområdet (Occupancy zone). Vistelseområdet är ett rumsutrymme som horisontalt är begränsat till  $0,6 \text{ m}$  från ytterväggen och till  $1,8 \text{ m}$  höjd.

## OBSERVERA!

Vid ännu noggrannare beräkning bör man beakta att fönstrens karmar och fönsterskarvarnas linjekonduktans höjer fönstrens värmeförluster.

| FÖNSTRENS U-VÄRDEN ( $\text{W/m}^2\text{K}$ )     | STANDARD | DIMENSIONERING ( $-20^\circ\text{C}$ ) |
|---|----------|--|
| Gamla MS-fönster med dubbelt glass                | 2,7      | 3,2                                    |
| Tredubbelt MSE-fönster                            | 1,8      | 2,2                                    |
| Selektivbelagt MSE-fönster                        | 1,3      | 1,6                                    |
| Fönster i lågenergihus                            | 1,0      | 1,2                                    |
| Fyrdubbelt glas, två dubbla isoleringsglaselement | 0,6-0,8  | 0,7-1,0                                |



# Dimensioneringsexempel

| PRODUKT             | TYP           | STRÅLNING (%) | KONVEKTION (%) | EFFEKT (W)   |
|---------------------|---------------|---------------|----------------|--------------|
| <b>EFFEKTBEHOV:</b> |               |               |                | <b>250 W</b> |
| Purmo KON           | 21            | 25            | 75             | 333          |
|                     | 22            | 20            | 80             | 313          |
|                     | 33            | 15            | 85             | 294          |
|                     | 34            | 15            | 85             | 294          |
| ThermoCon           | TCN I         | 10            | 90             | 278          |
|                     | TCN II        | 5             | 95             | 263          |
| Delta               | R2            | 35            | 65             | 385          |
|                     | R3            | 25            | 75             | 333          |
|                     | R4            | 20            | 80             | 313          |
|                     | R5            | 15            | 85             | 294          |
|                     | R6            | 15            | 85             | 294          |
| Aquilo              | Golvkonvektor | 0             | 100            | 250          |

Ett fönster med effektförlusten om 250 W skall förses med en värmekälla. Vi har valt Purmo KON.

- Fönstret är 1200 mm långt. Önskad rumstemperatur 21°C,
- Systemtemperatur 55-45°C.

Vi beräknar önskad totaleffekt för samtliga typer baserat på behovet av konvektionsandel som är 250 W. Vilka är 333 W, 313 W, 294 W samt 294 W.

Purmo KON 21, typ 1200, höjd 214 mm ger **365 W**.

**OBS!** Denna dimensionering gäller fönstret. Kontrollera att överskottet 365 - 250 = 115 W täcker resterande behov.

| $t_{flow}$ | $t_{rtn}$ | $t_{room}$ | $dT_{in}$ |
|------------|-----------|------------|-----------|
| 55,00      | 45,00     | 21,00      | 28,71     |

| NEW Purmo Kon Heat output, W |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Type                         | 21     | 22     | 33     | 34     | 21     | 22     | 33     | 34     | 21     | 22     | 33     | 34     |
| Height, mm                   | 142    | 142    | 142    | 142    | 214    | 214    | 214    | 214    | 286    | 286    | 286    | 286    |
| Norm output, W/m             | 473    | 641    | 924    | 1050   | 616    | 838    | 1190   | 1394   | 765    | 1032   | 1420   | 1723   |
| Exponent, n                  | 1,3183 | 1,3034 | 1,2956 | 1,2624 | 1,2788 | 1,3408 | 1,3139 | 1,3325 | 1,3073 | 1,3754 | 1,3452 | 1,3790 |
| Length, mm                   |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| 600                          | 137    | 187    | 271    | 314    | 183    | 240    | 346    | 401    | 223    | 290    | 406    | 483    |
| 800                          | 183    | 250    | 362    | 419    | 243    | 320    | 461    | 535    | 298    | 387    | 541    | 644    |
| 1000                         | 229    | 312    | 452    | 523    | 304    | 400    | 577    | 669    | 372    | 483    | 676    | 805    |
| 1200                         | 274    | 375    | 543    | 628    | 365    | 480    | 692    | 802    | 446    | 580    | 812    | 967    |
| 1400                         | 320    | 437    | 633    | 733    | 426    | 560    | 807    | 936    | 521    | 677    | 947    | 1128   |
| 1600                         | 366    | 500    | 724    | 838    | 487    | 640    | 923    | 1070   | 595    | 773    | 1082   | 1289   |
| 1800                         | 412    | 562    | 814    | 942    | 548    | 720    | 1038   | 1203   | 670    | 870    | 1217   | 1450   |
| 2000                         | 457    | 625    | 905    | 1047   | 609    | 800    | 1153   | 1337   | 744    | 967    | 1353   | 1611   |
| 2300                         | 526    | 719    | 1040   | 1204   | 700    | 920    | 1326   | 1538   | 856    | 1112   | 1556   | 1853   |
| 2600                         | 594    | 812    | 1176   | 1361   | 791    | 1040   | 1499   | 1738   | 967    | 1257   | 1758   | 2094   |
| 3000                         | 686    | 937    | 1357   | 1570   | 913    | 1200   | 1730   | 2006   | 1116   | 1450   | 2029   | 2416   |

Purmo KON 21, typ 1200, höjd 214 mm ger 365 W.

## DIMENSIONERINGSEXEMPEL FÖR ELRADIATORER

Ett fönster med effektförlusten om 131 W skall förses med en värmekälla. Vi har valt Yali Digital.

- Fönstret är 1300 mm långt. Önskad rumstemperatur 21°C,

Yali D typ 21. Höjd 300. Bredd 1300 ger **1250 W**.

**OBS!** Denna dimensionering gäller fönstret. Kontrollera att överskottet 1250-131 = 1119 W täcker resterande behov.









**PURMO GROUP SWEDEN AB**

Box 220 29  
SE-250 22 Helsingborg  
SVERIGE  
Tel. +46 42 15 30 00  
info@purmo.se  
www.purmo.se

Stor noggrannhet har lagts ned vid skapandet av detta dokument. Ingen del av detta dokument får mångfaldigas utan skriftligt medgivande av Purmo Group. Purmo Group tar inget ansvar för eventuella felaktigheter eller konsekvenser som uppstår av användning eller missbruk av informationen i dokumentet. Purmo Group Sweden förbehåller sig rätten till ändringar. För aktuella priser och senaste uppdateringar, se vår hemsida.

