

EPS i väggar

Varmt och torrt
med rätt isolering!



Förord

En av de viktigaste uppgifterna vid husbyggande är att åstadkomma ett bra klimat-
skal som skyddar huset och ger ett behagligt inneklimat. Denna skrifts syfte är att
inspirera till användande av EPS samt ge kunskap om hur EPS kan användas som
isolering i väggar.

På följande sidor delar några av de främsta experterna med sig av sina kunskaper.
Ett stort tack till alla som hjälpt till.
Trevlig läsning!

Stockholm, januari 2007

*För EPS-Bygg
Pontus Alm*

EPS-Bygg bildades i januari 2003 och är en sektorgrupp inom Plast- & Kemiföretagen. EPS-Bygg verkar för att använd-
ningen av EPS ska ske på ett byggnadstekniskt riktigt sätt med tillvaratagande av produkternas tekniska, ekonomiska och
miljömässiga fördelar. Mer information på www.eps-bygg.se

Innehåll

<i>Fakta om EPS</i>	4
<i>Miljöegenskaper</i>	6
<i>Energihushållning</i>	8
<i>Fukt</i>	20
<i>Brandskydd</i>	34
<i>Konstruktionslösningar</i>	60

FAKTA OM EPS

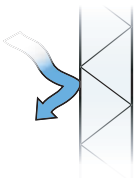
EPS expanderad polystyren är den vanligast förekommande typen av cellplast för byggisolering. EPS består av helt slutna luftfyllda celler. EPS innehåller ca 98% luft och har utmärkt isoleringsförmåga, låg fuktabsorption och hög tryckhållfasthet.



LASTUPPTAGNINGSFÖRMÅGAN hos EPS ökar i takt med deformation. Tryckhållfastheten vid korttidsbelastning är enligt provningsnormerna avläst tryckspänning vid 10% deformation eller vid brottgräns.



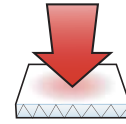
FUKTUPPTAGNING vid placering ovanför grundvattenytan är mindre än 5 volymprocent. Även vid långvarig nedsänkning i vatten ökar fuktupptagningen mycket litet.



KAPILLARITET. Den kapillära stighöjden i EPS är som regel försumbar även vid direktkontakt med fritt vatten. EPS är godkänd som kapillärbrytande skikt under platta på mark och vid utvändigt isolering av källarväggar.



ÅNGGENOMSLÄPPLIGHETEN för EPS-cellplast i standardkvalitet varierar med volymvikten från $0,9 \times 10^{-6}$ till $1,4 \times 10^{-6}$ m²/s.



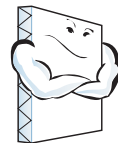
TILLÅTEN LÅNGTIDSLAST är lika med den tryckspänning som beräknas ge 3% total- eller 2% krypdeformation efter 50 år.



BRAND. EPS är ett organiskt material och därför brännbart. Vid förbränning under god syretillförsel bildas som förbränningsprodukter endast koldioxid och vatten. Brandtester utförs på hela konstruktioner där EPS är en inbyggd komponent.

80°C

HÖGSTA ANVÄNDNINGSTEMPERATUR för EPS är 80°C.



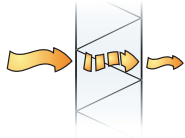
BESTÄNDIGHETEN hos EPS är god mot de flesta vanliga kemikalier med undantag av en del organiska lösningsmedel. Materialet påverkas inte av svamp och mikroorganismer. Gnagare och insekter kan inte livnära sig på EPS, men EPS utgör ingen spärr mot sådana skadedjur.

KORROSIONSVERKAN. EPS korroderar inte och påverkar ej korrosionen hos intilliggande material.

TERMISKA LÄNGDUTVIDGNINGSKOEFFICIENTEN är $7,0 \times 10^{-5} \text{ m/m}^\circ\text{C}$. En temperatursänkning med 20°C innebär att en skiva som är 1 meter lång krymper 1,4 mm.

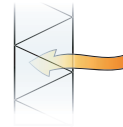


ÅLDRINGSBESTÄNDIGHET för EPS är mycket god. I likhet med betong blir EPS starkare med tiden. Långvarig UV-strålning, t ex sol-ljus kan dock medföra att ytan missfärgas och blir spröd.



VÄRMELEDNINGSFÖRMÅGA utgör ett mått på hur effektivt ett material leder värme. Värmeledningsförmåga kallas även värme-konduktivitet eller lambdavärde, λ , och anges i W/mK . Ju lägre värde, desto effektivare isolering. Producenterna anger deklarerad värmeledningsförmåga, λ_d .

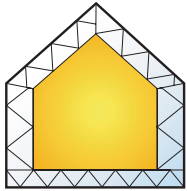
U, VÄRMEGENOMGÅNGSKOEFFICIENT $\text{W/m}^2\text{K}$ anger hur effektiv en konstruktion är ur värmeisolerings synpunkt. Ju lägre U-värde, desto bättre värmeisolerings.



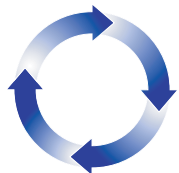
VÄRMEMOTSTÅND anger hur effektiv en viss produkt är som isolering. Värmemotståndet beräknas med hjälp av λ -värdet och isoleringens tjocklek. Man får fram värmemotståndet, R , genom att dividera tjockleken i meter, d , med materialets λ -värde enligt formeln: $R = d/\lambda$ och anges i $\text{m}^2\text{K/W}$. Producenterna anger deklarerat värmemotstånd, R_D . Värmemotståndet ökar således med ökande tjocklek hos isoleringen och med avtagande λ -värde.

KÖLDBRYGGOR betraktas vid beräkningar som antingen linjära eller punktformiga. I_k betecknar längden mot uppvärmd inneluft av den linjära köldbryggan $k(\text{m})$. X_j betecknar värmegenomgångskoefficienten för den punktformiga köldbryggan, $j (\text{W/k})$.

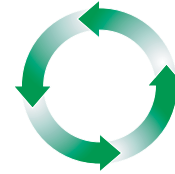
MILJÖEGENSKAPER



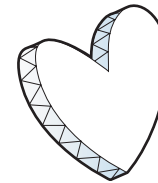
ENERGIHUSHÅLLNING. En energideklarerad fastighet som uppvisar låg energiförbrukning har en konkurrensfördel (marknadsfördel). I samband med ökande energipriser och koldioxidutsläpp flyttas fokus från investeringskostnader över till förvaltningskostnader. Detta leder på sikt till en hållbar utveckling av byggandet och boendemiljön. En god bebyggd miljö är ett av de svenska miljömålen.



LIVSCYKELTÄNKANDE. Vid en jämförelse mellan de positiva effekter som uppnås av att EPS-isoleringen används och negativa vid råvaruuttag och fabriksstillverkning, överväger de positiva effekterna många gånger om. Det tar inte mer än ett par vintermånader innan en installerad isolering tjänat in sin miljöbelastning. EPS-cellplast är tillverkad av fossil råvara, dock kan varje kilo olja som förädlats till EPS-cellplast och installerats som isolering, ge en besparing på i genomsnitt 200 kilo olja i minskat bränslebehov för en byggnad, beräknat på en tidsperiod av 50 år. Isoleringen har lika lång livstid som själva huset och är därför en kostnadseffektiv investering utan underhållsbehov.

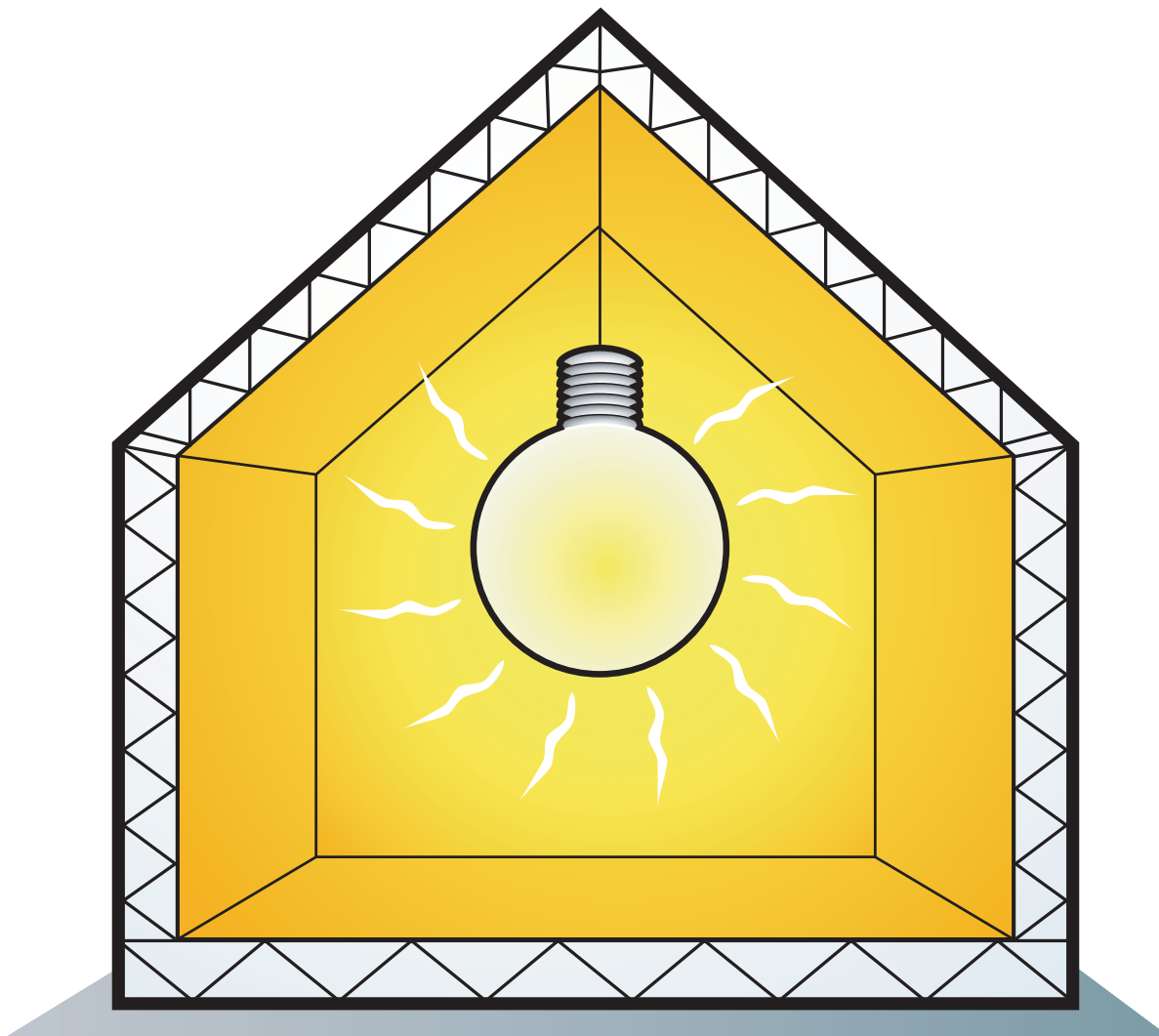


KRETSLOPP. EPS-cellplast kan återanvändas och återvinnas efter demontering, då byggnaden rivs. Isolera med EPS-cellplast för att undvika framtida avfallsproblem. Enligt Miljöbalken skall återanvändning och återvinning liksom annan hushållning med material, råvaror och energi främjas, så att ett kretslopp uppnås.



SKONSAMT MATERIALVAL. EPS-cellplast är godkänt för livsmedelsförvaring. Isolering med EPS-cellplast innebär användning av material som är skonsamt för såväl miljö som människor. Detta gäller vid tillverkning, montering och i det färdiga byggnadsverket.

ENERGIHUSHÅLLNING



Carl-Eric Hagentoft, professor vid Chalmers tekniska högskola. Carl-Eric har forskat och undervisat inom ämnet byggnadsfysik i 20 år och har bland annat skrivit boken "Vandrande fukt. Strålände värme – så fungerar hus".

Energieffektiva lösningar – en nödvändighet för hållbart byggande

Oavsett om det handlar om att minska energiberoendet av omvärlden, att minimera utnyttjandet av naturresurser, att bespara naturen från utsläpp av föroreningar eller helt enkelt om att göra det ekonomiskt för brukarna, gagnar det de flesta att minimera energibehovet i byggnader. Det har visat sig att en byggnads driftsperiod tar i anspråk den största delen (ca 85%) av byggnadens totala energiutnyttjande från ”vaggan till graven”. Det är alltså inte energibehovet för att framställa byggnadsmaterial, transportera eller riva som kräver det mesta av energin, utan den största delen går åt till att hålla ett gott inneklimat under driftsperioden.

En del av uppvärmningen får vi mer eller mindre gratis. Vi som bor och brukar byggnaderna frigör värme genom vår metabolism. Effekten beror på om vi är i vila eller i hårt arbete. Cirka 40% avges konvektivt från kroppen och lika mycket genom värmestrålning vid vila. De kvarvarande 20% avges genom ledning och avdunstning. Uppskattningvis är värmeavgivningen från en människa ca 100 W. Den andra delen av uppvärmningen som kommer gratis är solinstrålningen genom fönster. Uppskattningvis kan vi räkna med 4000–7000 kWh som kommer från hushållsenergi, våra egna kroppar och den instrålade solen. Husets läge, fönstrens beskaffenhet, orientering och yta samt hur många och hur lång tid vi är i huset påverkar storleken på denna uppvärmning.

Behovet av energi för uppvärmning av bostäder har sjunkit drastiskt under de senaste decennierna. Detta har skett genom att klimatskalet getts en allt tjockare värmeisolering. En god lufttätethet av byggnadsskalet har också lett till ett mindre värmebehov eftersom kylningen orsakad av extra inläckande kall luft minskat. I dag är det inte ovanligt att man använder upp till 0,7 m lösfallnadsisolering på vindsbjälklag. Upp till 0,4 m isolering i grunder, av sk platta på mark, och drygt 0,4 m isolering i väggar kan återfinnas i nybyggda objekt. Fönster har också blivit energieffektivare. Ett nytt mycket välfungerande fönster ger samma värmeisoleringsförmåga som en ca 5 cm tjock isoleringsskiva.

För att jämföra olika klimatskalsdelar avseende hur mycket värme som flödar ut används det s k U-värdet. Det anger hur många Watt som strömmar ut per kvadratmeter vid en grads skillnad över konstruktionen. Ju lägre U-värde desto mindre blir värmeförlusten, den så kallade transmissionsförlusten. Utöver denna förlust tillkommer ventilationsförlusterna som kan utgöra en betydande del av de totala förlusterna i välisolerade hus. Förlusterna kan reduceras genom värmeväxling mellan till- och frånluft. Ett annat sätt att öka energieffektiviteten är att ta ut värme från frånluften med hjälp av en värmepump och därefter leda in det i värmesystemet eller använda det för tappvarmvattnet.

Värmeöverföring

Det finns främst tre olika sätt som värme kan "flöda" från en plats till en annan. Värme flödar spontant, d v s av sig själv, från ett material till ett annat om det råder en temperaturskillnad. De tre flödessätten som kan ske var för sig eller samtidigt är:

- Ledning
- Konvektion
- Strålning

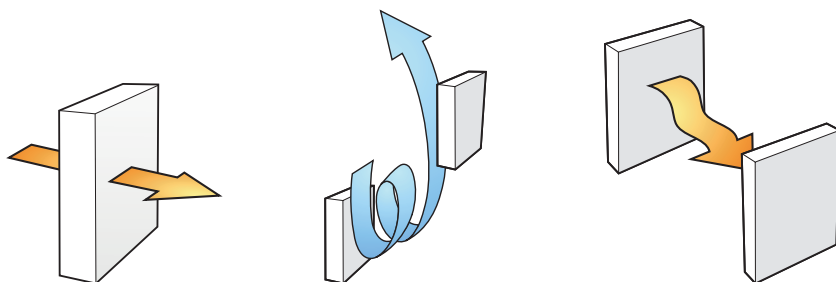


Bild 2.1
Tre sätt för värme att överföras från en plats till en annan.

Det första transportsättet, ledning, sker i alla material. Det kan t ex vara fasta material som betong eller stål. Värmeledning sker också i gaser, både då de rör på sig och när de står stilla. Värmeledning uppstår av skillnader i inre molekyl- eller atomrörelser. Ett slags utjämningsförlopp där de inre rörelserna vill fortplanta sig från områden med hög aktivitet till områden med låg.

För att beräkna transporten av värme genom ett materialskikt, t ex genom ett isoleringsmaterial i en vägg, mäts och används materialets värmeledningsförmåga eller vär-

mekonduktivitet. Tabellen nedan visar olika materials och gasers värmeledningsförmåga:

Material	Luft	Is	Trä	Lera/ Mark	Granit	Betong	EPS/ Mineralull	Stål	Aerogel
Rel. värmeledningsförmåga	1	96	5,6	60	140	68	1,3–1,6	2400	0,54–0,68

Tabell 2.1
Värmeledningsförmågan för ett antal material relativt stillastående lufts vid normalt atmosfäriskt tryck. I absoluta termer är värmeledningsförmågan för luft lika med 0,025 W/m °C.

Det andra transportsättet, konvektion, uppstår när en fluid (t ex luft eller vatten) för med sig värmets och flyttar det från en plats till en annan. Det kan t ex uppstå när luft blir uppvärmd och höjer sin temperatur vid en spis eller en värmefläkt. Luften rör sig därefter bort till en annan plats där den kommer i kontakt med en kall yta och lämnar ifrån sig värmets (via värmeledning) och sänker sin temperatur.

När konvektionen uppstår av temperaturskillnader kallar vi det för naturlig konvektion. Om det istället uppstår p g a skillnader i lufttryck orsakat av fläktar, blåst eller dylikt kallas det för påtvingad konvektion.

Luft kan också bära på vattenånga. Om luften inte är mättad på fukt kan den ta upp ytterligare vattenånga, samt få vatten i vätskeform att förångas, vilket ger en kyl-

ning av ytan där detta sker, d v s ytan ”förlorar” förångningsvärmnet. Det omvända att vattenånga lämnar luften och kondenserar på en yta ger istället en uppvärmning av den senare genom frigörandet av förångningsvärmnet. Det bör också i detta sammanhang, varnas för att denna konvektiva förflyttning av fukt ofta leder till svåra fuktproblem i dagens byggnader.

Det tredje värmeöverföringssättet efter ledning och konvektion utgörs av strålning. Detta transportsätt skiljer sig från de andra två, så tillvida att det inte kräver materia (eller fluid) för att fungera. Strålning överför värme även i vakuum. Strålning skickas ut från materia som håller en temperatur över den absoluta nollpunkten ($-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$). Den skickas ut som resultatet av energiförändringar hos elektroner och från vibrations- och rotationsenergiändringar av molekyler. Mängden av denna sk termiska strålning, som kontinuerligt sänds ut p g a alla dessa i materialet interna rörelser, beror på materialets temperatur.

Ju högre temperatur desto mer strålning. Det mest uppenbara exemplet på termisk strålning är solljus som skickar energi från solen till jorden tvärs genom rymden.

Hur fungerar värmeisoleringsmaterial

Nu när vi känner till de tre sätt som värme transporteras på kan vi förklara hur värmeisoleringsmaterial fungerar. Isoleringsmaterial består av ett fast ”skelett” t ex av plast, cellulosafiber, glasfiber eller fiber av stenmaterial.

Huvuddelen av materialets volym består av mellanliggande gas, oftast luft. I en karakteristisk liten del eller por av materialet sker överföring av värme med hjälp av ledning, konvektion och strålning. Även om man pratar om värmeledning i isoleringsmaterial, överförs värme på flera sätt, även genom strålning och ibland även genom konvektion.

Under normala förhållanden bromsar och förhindrar isoleringens skelett luftrörelser (konvektion) i materialet,

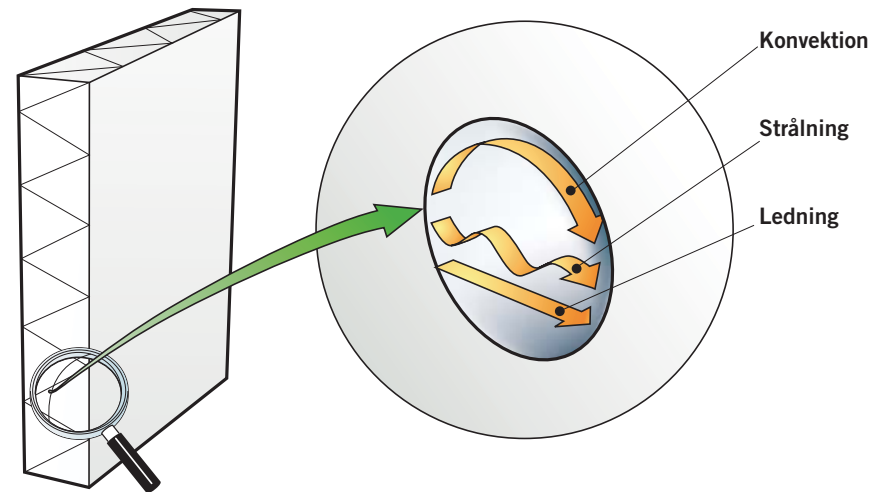


Bild 2.2
Värmeflöde inuti ett hålrum (por) av ett värmeisoleringsmaterial.

speciellt i små slutna porsystem såsom i EPS-isolering. Andra mer porösa och öppna material måste skyddas mot att luft kan tryckas eller blåsas in i värmeisoleringen.

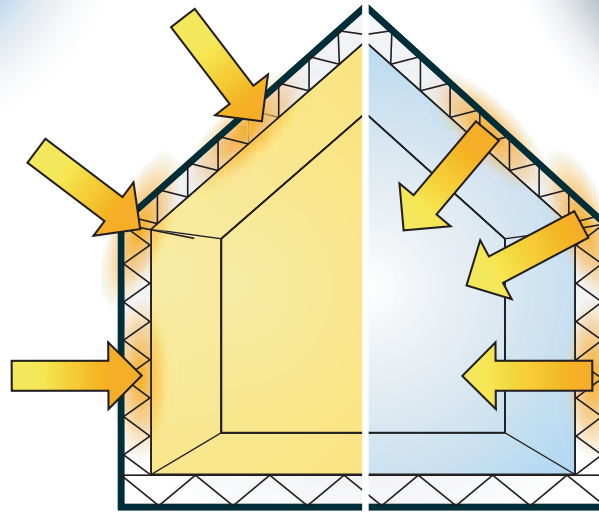
Värme kan också ledas i stillastående gaser och i fasta material. Luften i sig leder värme förhållandevis dåligt. Ädelgaser (argon, krypton, xenon) leder värme ännu sämre. De numera förbjudna freonerna och gaser som kol-dioxid och cyklopentan är andra exempel på gaser som leder värme sämre än luft. I vissa polymerbaserade isoleringsmaterial kan man fylla porerna med dessa gaser och på detta sätt förbättra materialets förmåga att värmeisolera.

Ett alternativt sätt att minimera eller eliminera den värmeledande gasen är att skapa vakuum. Detta kräver dock en lufttät inpackning eller en regelbunden utsugning av luft som förr eller senare läcker in. Denna lösning är ovanlig och återfinns huvudsakligen i teknisk isolering t ex i kyl- och frysskåp. Tekniken kan emellertid också användas i fönster men är sällsynt.

Värme leds också i isoleringens skelett, men då detta är tunt och vägen blir lång för värmets, blir denna del oftast mindre än värmeledningen i gasen.

Den sista delen av värmetransporten utgörs av värmestrålning. Värmestrålningen sänds ut (emitteras) från ytorna av en ”skelettdel” och fångas upp (absorberas) av en annan del. Denna emitterar i sin tur ut värmestrålning som absorberas av en annan del av värmeisoleringens skelett.

För att minimera den del av värmets som strålning utgör i materialet, gäller det att värmestrålningen inte går direkt från den varmaste delen av isoleringsskiktet till den kallaste. Det gäller att skapa så många mellanstationer (bromsar) som möjligt på vägen, där strålning ömsom absorberas och emitteras. På detta sätt reduceras värmeöverföringen genom strålning i materialet.



Värmelagring i material

Värmebehovet för en byggnad beror på vilken temperaturskillnad mot uttemperaturen som man vill hålla. Denna temperaturskillnad bestämmer, tillsammans med klimatskalets yta och uppbyggnad, samt byggnadens ventilation, värmeförlusterna för byggnaden. Dessa värmeförluster måste i sin tur balanseras av en värmetillförsel från så kallad "gratisvärme", d v s värme från människor, maskiner, belysning och solinstrålning. Räcker inte detta till, vilket är normalfallet i Norden, måste vi "toppa" med värme från uppvärmningssystemet.

För välisolerade byggnader är värmebehovet litet redan från början. För dessa byggnader kan värmetillskottet av gratisvärme utgöra den huvudsakliga värmetillförseln. Ett större temperatursving som framförallt uppstår i en lätt byggnad kan emellertid leda till ett förhöjt behov av uppvärmning. Det värmetillskott, som t ex kommer från solinstrålning, kan leda till för höga innetemperaturer, som vädras ut eller kyls bort. Detta värme går därmed förlorat och måste i ett senare skede kompenseras med extra värme från värmesystemet.

Värme kan lagras från perioder med värmeöverskott till värmeunderskott i de material som exponeras mot inne-luften. Den varierande innetemperaturen höjer eller sänker temperaturen i ytorna. Värme lagras in när innetempera-turen stiger och höjer temperaturen i materialytorna. När temperaturen sjunker inne så strömmar värme från materialet, som är lite varmare, tillbaka till rummet. Denna process reglerar temperaturen så att inte extrema temperaturvariationer uppstår, vilket som tidigare nämnts inte kan accepteras utan leder till att värme går förlorad.

Figuren nedan visar lagringspotentialen för olika material, här beräknat som den maximalt möjliga värmemängden som lagras i en vägg med arean 100 m² vid en inomhus-temperaturvariation på ±1°C över dygnet och ett över-gångsmotstånd vid ytan (R_{si}=0,13 m²K/W).

Sten	4,7
Betong	4,2
Tegel	3,2
Lättbetong	1,4
Massivt trä	1,6
EPS	0,2

*Tabell 2.2
Maximalt möjlig värme (kWh)
som kan lagras från dag till
natt i en vägg med homogent
material och arean 100 m²
vid en inomhustemperaturvaria-
tion på ±1°C över dygnet och
ett övergångsmotstånd vid
ytan (R_{si}=0,13 m²K/W).*

För att materialen ska kunna lagra denna värmemängd krävs det en viss tjocklek. Endast en del av materialet i väggen, in till ett visst djup, aktiveras för värmelagring över dygnet. För maximal lagring av värme från dag till natt krävs en tjocklek på minst 1–2 dm för de flesta bygg-nadsmaterial.

Sten	21
Betong	15
Tegel	11
Lättbetong	10
Massivt trä	7
EPS	20

*Tabell 2.3
Inträngningsdjup (cm) för olika
material som visar hur stor del
av vägg tjockleken som ger det
huvudsakliga bidraget till värme-
lagring under dygnet.*

Eftersom det endast är det yttersta lagret av byggnads-materialen som exponeras mot inneluften, är det viktigt att ytan inte täcks av bokhyllor, mattor eller akustikskivor och dylikt. En matta på ett betong- eller stengolv kan reducera lagringsförmågan till hälften, akustikplattor mot ett tak reducerar lagringsförmågan till en sjättedel.

Köldbryggor

Som vi sett tidigare varierar värmeledningsförmågan kraftigt mellan olika material. T ex kan betong leda värme ca 50 gånger bättre än EPS. Vid en köldbrygga har det byggts in en möjlighet för värmen att flöda i ett material som bryter värmeisoleringen på ett eller annat sätt. Fast dessa bryggor kanske endast representerar en liten tvärsnittsytta, jämfört med hela väggens, kan de höja U-värdet ordentligt. Förutom att detta leder till ökade värmeförluster kan det också ge andra ovälkomna bieffekter som t ex ökad lokal fukthalt i väggmaterialen med eventuell mögelpåväxt som följd samt en lokalt ökad nedsmutsning. Är det allvarligare köldbryggor kan det påverka den termiska komforten.



*Bild 2.3
Genomföringar skapar köldbryggor på tak. I den vänstra bilden kan vi se hur värmen som strömmar upp genom köldbryggan smälter snön på taket. I den högra bilden har nattfrosten smält bort.*

Byggnormens krav

De krav som ställs på klimatskalets isoleringsgrad baseras på det genomsnittliga, areaviktade U-värdet, normalt betecknad U_m . Detta ger därmed utrymme för varierande strategi för hur värmeisoleringen ska användas på bästa sätt i en byggnad. För det enklaste fallet med en vägg bestående av ett antal homogena skikt beräknas U-värdet enligt:

$$\frac{1}{U} = R_{si} + \sum \frac{d}{\lambda} + R_{se}$$

Här anger R_{si} och R_{se} det inre och yttre övergångsmotståndet, vars summa schablonmässigt sätts till $0,17 \text{ m}^2\text{K/W}$. Summatermen i mitten av högerledet anger summan av alla delskikts värmemotstånd, där d anger skiktets tjocklek och λ anger dess värmeledningsförmåga. För att uppfylla normens krav ska värmeledningsförmågan vara beräkningsvärdet, λ_{ber} . För EPS i ytterväggar motsvaras detta av den deklarerade värmeledningsförmågan, λ_d , eftersom inga påslag för fuktig miljö behöver göras.

Vid beräkningen av det praktiska U-värdet, U_p , som används för att beräkna det genomsnittliga värdet U_m , ska ett antal korrekationer göras för:

- köldbryggor i form av fästeanordningar
- brister i isoleringsskikt på grund av arbetsutförande
- särskilda monteringsproblem med hänsyn till konstruktiv utformning

Beräkningshjälpmedel

Det finns ett antal läroböcker och beräkningsschema som kan användas för att beräkna U-värdet enligt normens krav. För mer komplicerade fall kan numeriska beräkningsprogram också användas. Förutom dessa nämnda hjälpmedel kan ett antal internationella standarder också komma till användning.

Nedan listas några som kan vara aktuella för ytterväggar och anslutningar:

- ISO 6946 Byggnadskomponenter och byggnadsdelar – Värmemotstånd och värmegenomgångskoefficient – Beräkningsmetod

I denna standard ges ett antal definitioner och grunder för beräkningar. Tex ges U-värdemetoden och λ -värdemetoden.

I följande tre standards ges metoder för att beräkna värmegenomgångstal för olika typer av köldbryggor:

- ISO 14683 Köldbryggor i byggnadskonstruktion – Linjära köldbryggor – Förenklade metoder och schablonvärden
- ISO 10211-1 Köldbryggor i byggnadskonstruktioner – Beräkning av värmeflöde och yttemperaturer – Del 1: Allmän metod
- ISO 10211-2 Köldbryggor i byggnadskonstruktioner – Beräkning av värmeflöde och yttemperaturer – Del 2: Linjära köldbryggor

Slutligen kan nämnas en standard som kan utnyttjas för beräkning av den totala värmeförlusten från en byggnad, med hänsyn tagen till U-värden, värmegenomgångstal för köldbryggor samt ventilationen:

- ISO 13789 Byggnaders termiska funktion – Transmissions och ventilationsförluster – Beräkningsmetod

Energieffektiva hus – Lindåsexemplet



Bild 2.4 Lindåshuset.

För att kunna minimera behovet av uppvärmning så gäller det förstås att minimera värmeförlusterna. I Lindåshuset utanför Göteborg, som utgörs av fyra grupper med totalt 20 radhus, har man tagit steget fullt ut och använt rejält

med isolering i klimatskalet och satt in de mest energieffektiva fönster som finns på marknaden. Under bottenplattan finns ett tjockt skikt värmeisolering av cellplast. Värmeisoleringen i ytterväggar och tak består av mineralull och expanderad cellplast.

Transmissionsförlusterna vid 20 graders temperaturskillnad över klimatskalet beräknas till endast ca 600 W för mittlägenheterna och ca 800 W för gavellägenheterna. Byggnaderna har en mycket god lufttätethet och köldbryggor har eliminerats. De har testats med hjälp av termografering och tryckprovning för att säkerställa detta.



Bild 2.5 Lindåshusen under byggnation.

Huvuddelen av fönstren har vänts mot söder och entrén har byggts upp för att eliminera en del varmlufttapp när man går in och ut ur byggnaden. Om man nu nöjt sig med detta och inte energieffektiviserat ventilationssystemet, skulle ventilationsförlusterna dominera över transmis-

sionsförlusterna. Genom att installera ett kombinerat från- och tilluftssystem med värmeåtervinning, FTX, kan ventilationsförlusterna emellertid reduceras rejält. De värmväxlare som använts har en verkningsgrad på 85%, vilket betyder att uteluft med temperaturen 0 °C som är på väg in värms upp till 17 °C, om innetemperaturen är 20°C. En välisolerad byggnad med små ventilationsförluster påverkas inte så lätt av utetemperaturens variationer. Värmet som är lagrad innanför klimatskalets isolering töms inte ut så snabbt. Vi har en stor termisk tröghet i byggnaden.

Den bärande tanken med husen är att den normala värmeavgivningen från människor, elapparater, spis, TV och solinstrålning ska hålla innetemperaturen tillräckligt hög. Emellertid klarar husen inte långa köldperioder, utan då går ett värmebatteri in som finns i anslutning till värmväxlaren och höjer temperaturen på ingående luft en aning. Effekten på detta batteri är 900 W. Om man så vill, kan man säga att detta är en uppvärmningsanordning, men den tar inte stor plats i byggnaden och den är enkel och billig och används sällan. Radiatorer eller golvvärme behövs inte för att förhindra dålig komfort. Kallras uppstår t ex inte vid fönster eftersom värmeförlusterna genom dessa är så låga. Det samma gäller väggarna, där är av samma skäl väggytorna varma eftersom så mycket isolering skyddar mot det yttre klimatet. Mätningar visar att fullt acceptabla innetemperaturer har uppnåtts, dock med något större temperatursvängningar än i konventionellt uppvärmda byggnader. Typiska lufttemperaturer under normal användning av lägenheterna ligger inom 23 ± 3 °C.

Mätningar visar att medelvärdet för den använda totala energin är 8 300 kWh som också kan uttryckas som 67 kWh/m², vilket är en mycket låg förbrukning. Mätresultaten varierar kraftigt mellan husen, som lägst 5 300 kWh och som högst drygt 12 000 kWh. En orsak till skillnaderna är att värmeförlusterna är större i gavel-lägenheterna som har en större exponerad yta utåt.

En stor skillnad orsakar de boende själv. De boendes inverkan på energianvändningen har stor betydelse för det kvarvarande energibehovet, när väl de stora värmeförlusterna mer eller mindre har marginaliserats. Antalet boende i varje hus och deras vanor varierar och därmed det motsvarande värmetillskottet. Utnyttjandet av elapparater (TV, datorer, värmeelement etc.) varierar även det från hus till hus.

Uppvärmningen av varmvattnet är till ca 37% av tiden täckt av solpanelerna på taket, resten värms upp med el. Varmvattenförbrukningen kommer att variera i de olika husen och därmed också elförbrukningen. Vädring under vinterhalvåret kommer också att kräva ökad elförbrukning.

Tekniska detaljer för Lindåshusen		
U-värde (W/m ² K)		
Fönster	0,85	
Yttervägg	0,10	(43 cm isolering)
Golv	0,09	(25 cm isolering)
Yttertak	0,08	(48 cm isolering)
Värmeväxlare från-/tillluft, 85% verkningsgrad		

Tabell 2.4

Framtiden – Visioner och forskningsbehov

Vi vet idag hur man kan nyproducera energieffektiva byggnader. Ett exempel är Lindåshusen som visar vad man kan uppnå med välisolerade klimatskal, god lufttäthet och välmatchade installationstekniska lösningar. Ett gott resultat förutsätter dock att alla aktörer i byggprojektet är engagerade, att de tekniska lösningarna är väl genomtänkta samt att utbildningsinsatser riktas till samtliga i byggprojektet. Detta är grunden för ett gott arbetsutförande. Förutom detta måste driften av byggnaderna och installationerna naturligtvis hela tiden övervakas.

Den tekniska lösningen med uppvärmningen i Lindåshusen baseras på att våra elapparater inte är fullständigt energieffektiva. Spillvärmens som blir följd av detta hjälper till att värma byggnaderna. Men vad händer i framtiden, då förhoppningsvis apparaterna är betydligt mer energieffektiva?

En bekymmersam följd av ökad isoleringsgrad i byggnader är att konstruktionsdetaljer som befinner sig utanför värmeisoleringen blir allt kallare. Detta ger en ökad risk för olika typer av fuktskador. Några exempel som vi känner till idag är kryprum och kallvindar. Det finns behov av forskningsinsatser för att bedöma risker med olika konstruktionslösningar. Här bör det vara variationer i arbetsutförande, materialegenskaper, och klimat vägas in. När klimat nämns bör också frågan kring klimatförändringar vägas in i bedömningen med tanke på att byggnaderna ska kunna användas långt in i framtiden.

När vi tänker på framtiden är det lätt att glömma bort de befintliga byggnaderna. Här finns det mycket att göra för att öka energieffektiviteten. En i många fall betydligt svårare uppgift för oss än att bygga nytt. Icke desto mindre kan mycket energi sparas på brukarsidan om vi kan hitta ännu bättre och säkrare metoder för att gradera upp de befintliga byggnaderna.

När vi nu talar om framtiden så finns det naturligtvis en dröm om att nya robusta och högeffektiva isoleringsmaterial kan komma att utvecklas. Tänk att kunna minska textväggdimensioner med en faktor 4! Materialen finns i princip redan idag. De sk aerogelerna förutsätter dessvärre åtminstone lågvakuum. Det ter sig svårt att kunna hantera dessa material i byggprocessen och under driften. Men vem vet vad den nya nanoteknologin kan föra med sig i framtiden? En annan dröm är att vi på ett billigt och enkelt sätt skulle kunna lagra energi/värme från sommaren till vintern. Många av våra energibekymmer skulle därmed kunna lösas!

FUKT



Ingemar Samuelson, teknologie doktor, Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, har sedan 1970-talet arbetat med undersökningar av fuktskador och mögelproblem i byggnader. Han är ansvarig för inomhusmiljöfrågor på SP.

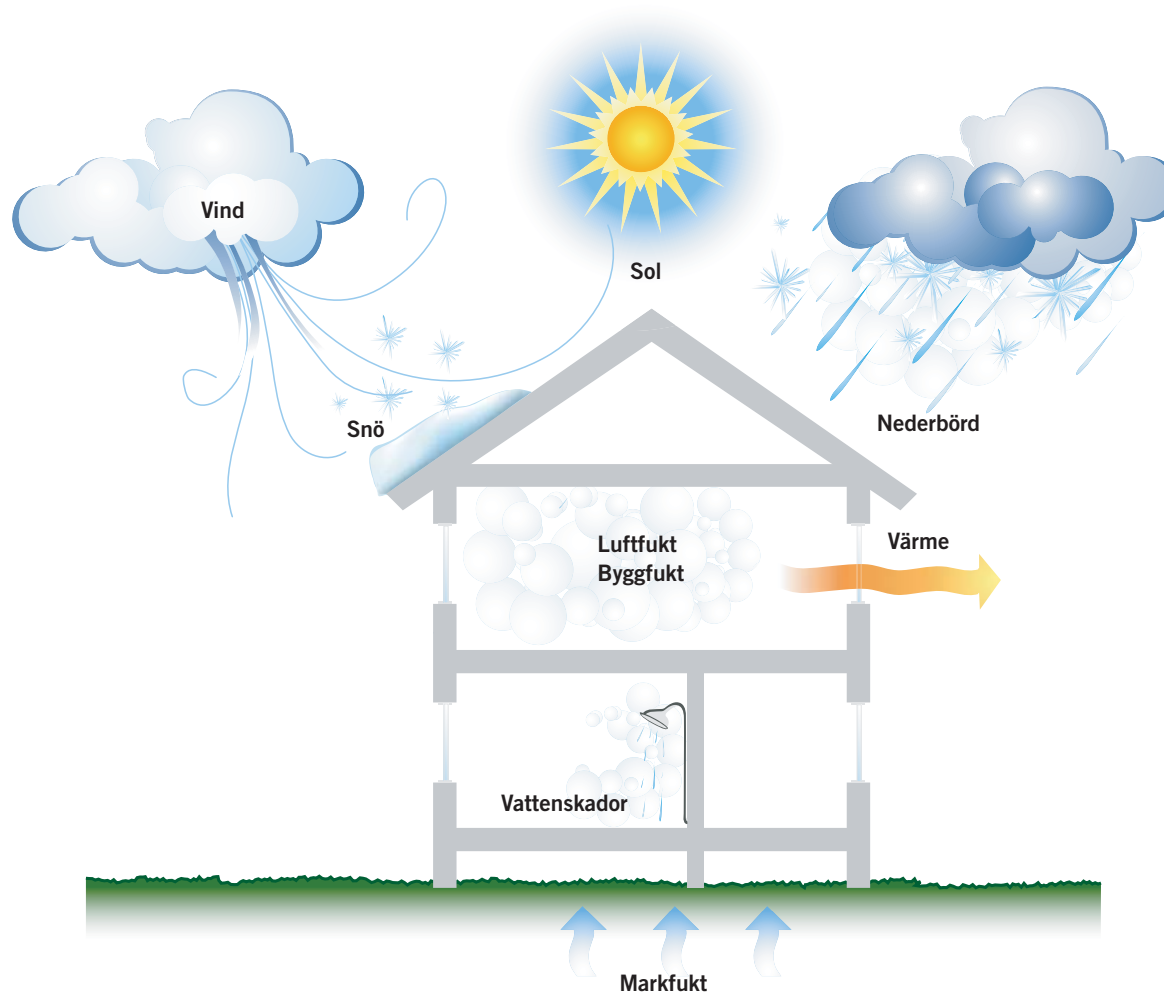


Bild 3.1
En yttervägg utsätts för många olika påverkningar.

Fukt utifrån

Regn, snö

Ytterväggar påverkas av vatten och fukt utifrån främst genom regn. Smältvatten från snö och is ger belastningar på framförallt källarväggar men kan via olämpligt eller fel utformade detaljer även ledas in i ytterväggskonstruktionen. Nederbördsmängderna varierar både tidsmässigt och geografiskt. Sommaren har normalt de största nederbörds-

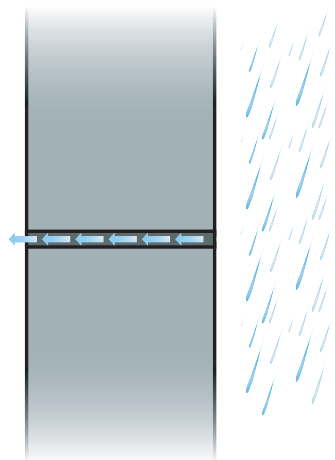
mängderna. Sommartid på eftermiddagen sker de kortvariga intensiva skyfallen. Största årsregnmängderna har man i Sverige på västkusten och i fjälltrakterna.

Nederbörden uppvisar lokalt stora variationer, framför allt i bergstrakter.

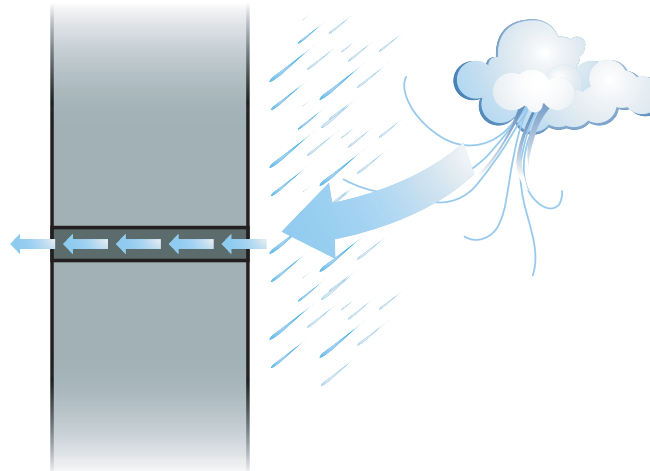
Påverkan av nederbörd mot ytterväggar blir störst i kombination med blåst. Regn och snö kan föras med vinden in genom otätheter i fasaden. Genom att snöflingor har avsevärt lägre fallhastighet än regndroppar kan de hålla sig svävande i luften och följa med luftströmmarna. Därmed har yrsnö möjlighet att tränga in genom otätheter, springor och ventilationsöppningar. Att helt hindra sådan inträngning är praktiskt taget omöjligt.

Hur mycket fukt (regn) som kan tränga in i en yttervägg beror på:

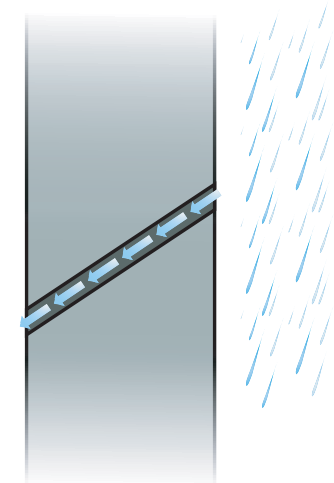
- nederbörds mängden
- hål eller sprickors storlek och placering
- lufttrycket mot väggen



Kapillärt suget
vatten i smala
spalter.



Vindtryck
Luftryck
Springor/Hål



Tyngdkraft
i hållad

Bild 3.2
Fukt kan tränga in i en yttervägg på olika sätt.

Slagregn

När det regnar och blåser samtidigt faller regndropparna snett mot fasaden. Vid ökande vindhastighet drivs regnet alltmer horisontellt. Om vindhastigheten är större än fallhastigheten hos regndropparna innebär det att en vertikal yta blir mer regnbelastad än en horisontell yta.

Slagregnmängden är således beroende av dels nederbörds­mängden dels vindhastigheten. Uppgifter om nederbörds­mängder och samhörande värden avseende slagregn vid vindriktning från olika väderstreck ges bl a i Fukthand­boken [1].

Slagregn är vanligast utefter kusterna och i fjällen, se figur. I de södra och mellersta delarna av Sverige kommer slagregn oftast från söder eller sydväst.

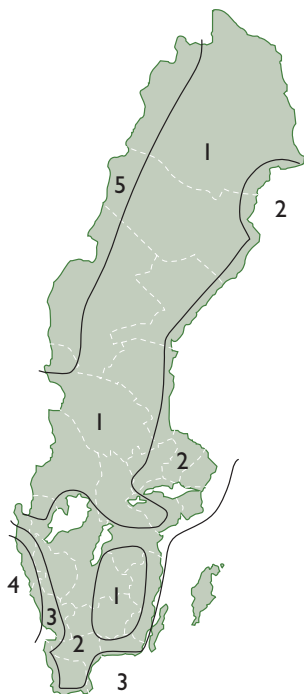


Bild 3.3
Zonindelning för fritt slagregn i utsatt läge. (Källa: [1]).

Zon	Fri slagregnmängd, kg/m ²	
	Årsmedelvärde	Högsta dygnsvärde
1	150	30
2	300	45
3	450	55
4	550	70
5	100–400	lokalt beroende

Tabell 3.1
Zonindelning för fritt slagregn i utsatt läge. (Källa: [1]).

De största slagregnmängderna träffar husets takfot och hörn. Gavelfasaderna brukar normalt vara mer utsatta än långfasaderna.

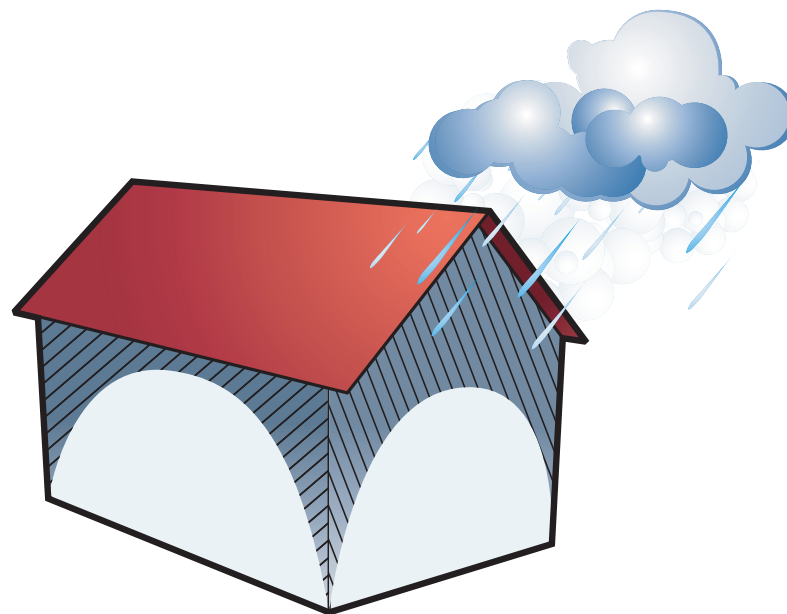


Bild 3.4
Delar av fasader som är särskilt utsatta för slagregn. (Källa: [1]).

Genom ett väl tilltaget taksprång kan slagregnet delvis förhindras att nå ytterväggen.

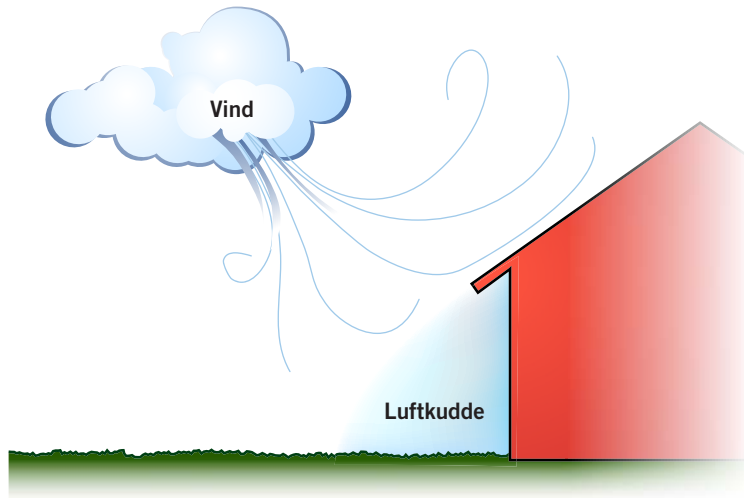


Bild 3.5
Taksprånget skyddar ytterväggen.

Markfukt

Markfukt påverkar i första hand grunden men kan i vissa fall sugas upp kapillärt i väggen från marken eller fuktiga grundkonstruktioner. För skydd mot markfukt gäller att syllen skall fuktisoleras mot grundkonstruktionen. EPS-cellplast kan användas som kapillärbrytande skikt i en grundkonstruktion.

Fukt inifrån

Fuktpåverkan inifrån sker genom att fukten i inomhusluften strävar mot en utjämning med utomhusluften. Detta kan ske genom diffusion eller konvektion. För diffusionen gäller att det är skillnaden mellan ånghalten utomhus och inomhus som är drivkraften. Vid konvektion är det lufttrycksskillnaden som är drivkraften.

Diffusion

Luftfukt inomhus förekommer i ångform och kommer från verksamheter (t ex matlagning, tvätt, dusch) och människor (andning). Ångtransporten sker från högre till lägre ånghalt. Normalt är ånghalten högre inomhus än utomhus, vilket innebär att diffusionens riktning blir inifrån och ut.

Temperatur (°C)	Mättnadsånghalt (g/m ³)
-20	0,87
-16	1,26
-12	1,80
-8	2,52
-4	3,52
0	4,84
4	6,36
8	8,26
12	10,66
16	13,62
20	17,28
22	19,41

Tabell 3.2
Mättnadsånghalt
vid några olika
temperaturer.
(Källa:1).

Ånghalten som betecknas v (g/m^3) är ett mått på den vattenånga som finns i luften.

Den största mängd vattenånga som luften kan innehålla vid en viss temperatur kallas mättnadsånghalt och betecknas v_s (g/m^3). Av tabellen framgår några exempel på mättnadsånghalten vid olika temperaturer. Ytterligare uppgifter kan hämtas ur [1]. Relativa fuktigheten (RF) används som uttryck för ett aktuellt fuktillstånd. RF är kvoten av ånghalten och mättnadsånghalten vid aktuell temperatur.

$$RF = \frac{v}{v_s}$$

Kondens uppstår när ånghalten är lika med mättnadsånghalten vid aktuell temperatur.

Exempel: RF är 65 % och temperaturen 20°C.

- hur mycket vattenånga finns i luften?
- vid vilken temperatur föreligger risk för kondens?

$$RF = \frac{v}{v_s} \Rightarrow v = \frac{65 \cdot 17,28}{100} = 11,23 \text{ g/m}^3$$

Ur föregående tabell kan vi se att $v_s = 17,28 \text{ g/m}^3$

Med hjälp av tabellverk för mättnadsånghalt kan man se att kondensrisk uppstår vid lägre temperaturer än 12,8°C

I utomhusluften varierar ånghalten över året. På vintern är den bara några g/m^3 .

Sommartid när avdunstningen är stor kan ånghalten bli 8–12 g/m^3 . Temperaturvariationerna över året ger effekten att RF i uteluften är lägre på sommaren än på vintern. I beräkningssammanhang kan man anta att RF utomhus är 90 % på vintern och 70 % på sommaren.

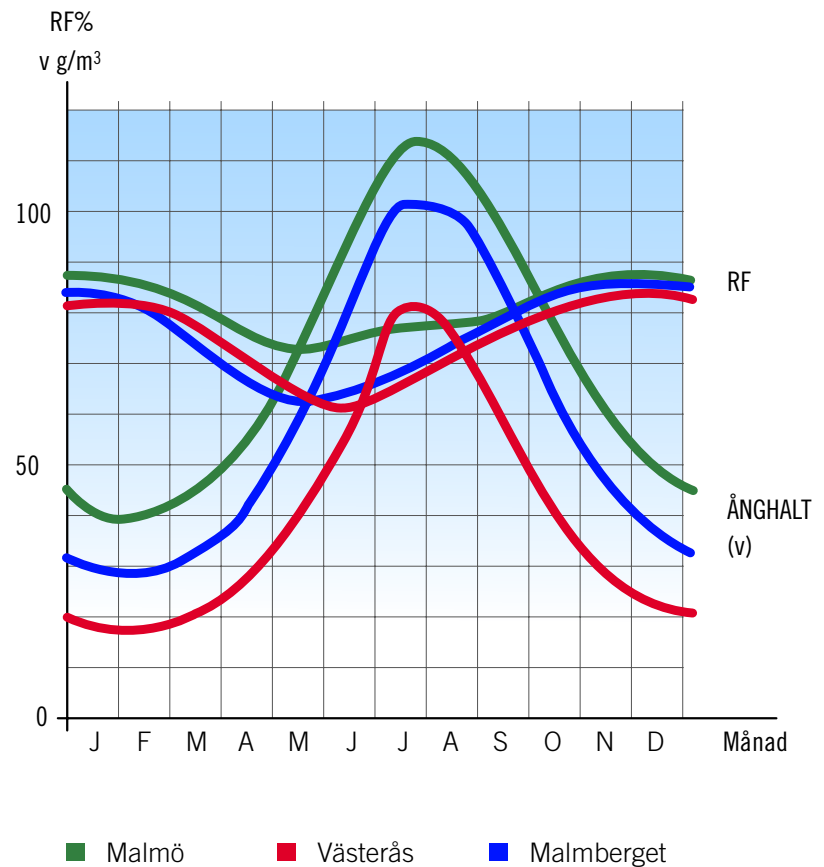


Bild 3.6 Exempel på medelvärden för hur ånghalten, v , och den relativa fuktigheten, RF, varierar under året i norra och södra Sverige framgår också. På sommaren är variationerna stora under dygnet.

Den relativa fuktigheten inomhus beror dels på ånghalten utomhus och dels på verksamheten. Fukt tillsätts inneluf-
ten från människor, tvätt, matlagning, dusch m m.

Fukttillskottet beror dels på fukttillförseln och dels på hur väl man ventilerar. Vid mätning och beräkning av skillnad i ånghalt inne och ute brukar skillnaden, d v s fukttillskottet, normalt vara 2–4 g/m³.

Luftfuktigheten inomhus kan bestämmas med hjälp av nedanstående uttryck.

$$v_i = v_u + \frac{G}{n \cdot V}$$

där v_i = ånghalt inomhus

v_u = ånghalt utomhus

G = fuktproduktionen (g/h)

n = antalet luftomsättningar per timme

V = rummets volym (m³)

Fuktproduktion vid olika aktiviteter framgår av nedanstående tabell.

Aktivitet	Fuktproduktion (g/h)
Bad	100–1 000
Dusch	2 000
Maskintvätt	200–400
Sovande människor	50
Arbetande människor	100–150

Tabell 3.3

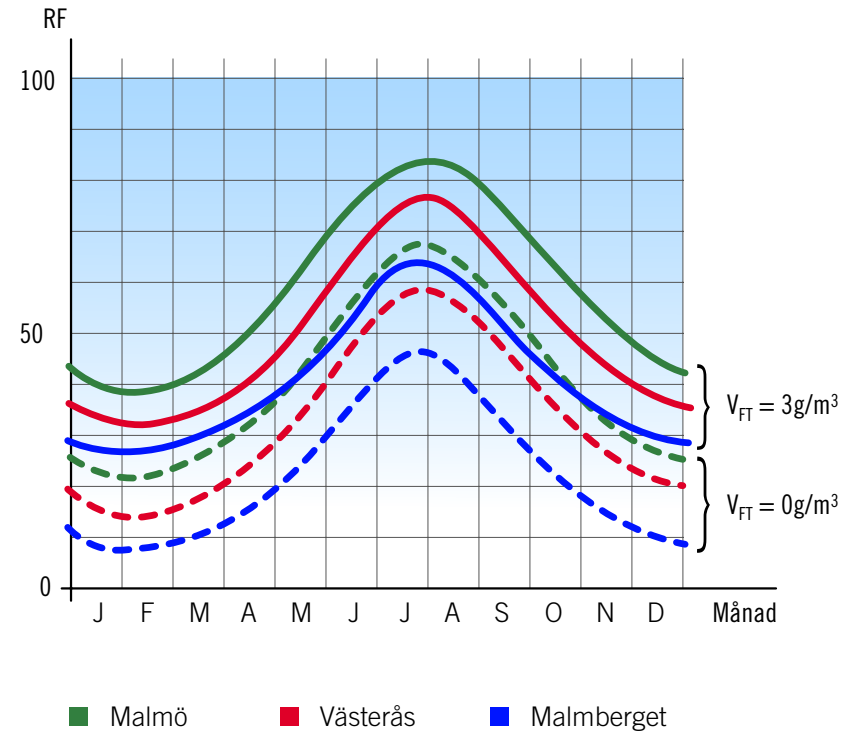


Bild 3.7

Figuren visar medelvärden av relativa fuktigheten inomhus under året, samt antagna fukttillskott på 3 respektive 0 g/m³.

Eftersom det är skillnaden mellan ånghalterna som är drivkraften för diffusionen kan man beräkningsmässigt bestämma om det föreligger risk för kondens inne i en konstruktion. Diffusionsriktningen i ett färdigt hus – då byggfukten torkat – är normalt inifrån och ut.

Ånga, som på väg ut genom en konstruktion kyls, kan nå den temperatur då mättningsånghalten uppnås. Vatten som då fälls ut kan ge fukt- och mögelangrepp.

Diffusion sker långsamt i täta material. Tabellen visar ångmotståndet i några olika materialskikt. Ju högre ångmotstånd desto mindre mängd diffusion.

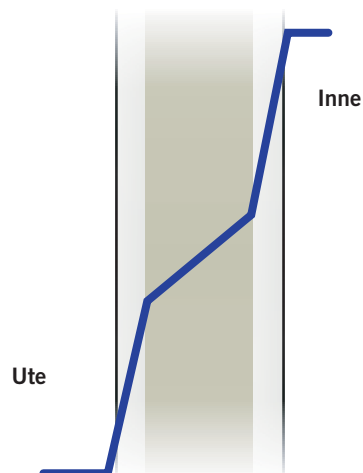
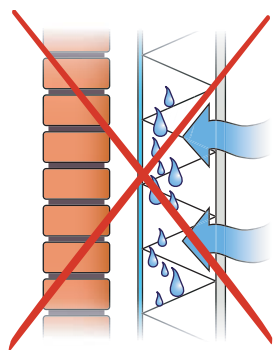


Bild 3.8
Principiell ånghaltsfördelning i en yttervägg som består av gipsskiva, isolering mellan reglar och gipsskiva. I exemplet saknar väggen ångspärr och vindskydd.

Material	Ångmotstånd (s/m)
Gipsskiva 13 mm	$2-4 \cdot 10^3$
Spånskiva 13 mm	$20-30 \cdot 10^3$
Spånskiva 19 mm	$27-35 \cdot 10^3$
Asfaltimpregnerad träfiberskiva 13-19 mm	$5-15 \cdot 10^3$
Hård träfiberskiva 3,2 mm	$10-40 \cdot 10^3$
Byggpapp YAC 400/150	$700 \cdot 10^3$
Byggpapp YAM 1200/50	$2\ 000 \cdot 10^3$
Polyetenfilm 40 g/m ²	$600 \cdot 10^3$
Polyetenfilm 100 g/m ²	$2\ 000-4\ 000 \cdot 10^3$
Akryllatexfärg 100-200 µm	$20-30 \cdot 10^3$
PVA-latexfärg 100-200 µm	$7-10 \cdot 10^3$
Alkydfärg 90-120 µm	$7-120 \cdot 10^3$
Klorkautschukfärg 40-50 µm	$35-60 \cdot 10^3$
Polyuretanfärg 30-40 µm	$85-120 \cdot 10^3$
PVC-färg 30-40 µm	$45-65 \cdot 10^3$
Silikatfärg 80-100 µm	$5-6 \cdot 10^3$
EPS-cellplast 80 mm (20kg/m ³)	$133 \cdot 10^3$
Mineralull 150 mm	$10 \cdot 10^3$

Tabell 3.4
Ångmotstånd för några olika material.

Det vanligaste sättet att förhindra skadlig kondens orsakad av diffusion genom ytterväggen är att ångmotståndet hos valda material skall vara större på insidan än på utsidan. Om väggen har täta skikt på utsidan och öppen insida kan fukt diffundera in och kondensera.



Tätskikt felplacerat

Bild 3.9

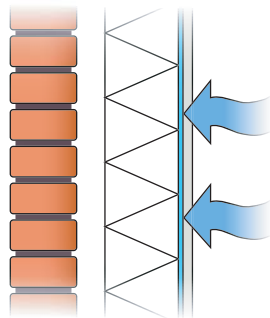


Bild 3.10

Ångmotståndet Z (s/m) anger hur stort motstånd mot ångtransport ett materialskikt har.

Risken för kondens kan kontrolleras genom en beräkning av ånghaltsfördelningen genom ytterväggen. Detta sker på motsvarande sätt som beräkning av temperaturfördelningen.

Temperaturskillnaden motsvaras av ånghaltsskillnaden och värmemotståndet av ångmotståndet.

Ånghaltsskillnaden ΔV_n i ett materialskikt n kan bestämmas med hjälp av följande formel:

$$\Delta V_n = \frac{Z_n}{Z_{\text{tot}}} (v_i - v_u) \text{ (g/m}^3\text{)}$$

Där ΔV_n = ånghaltsdifferens över skiktet n (g/m³)

Z_n = ångmotstånd för skikt n (s/m)

Z_{tot} = konstruktionens totala ångmotstånd (s/m)

v_i = ånghalten på varma sidan (g/m³)

v_u = ånghalten på kalla sidan (g/m³).

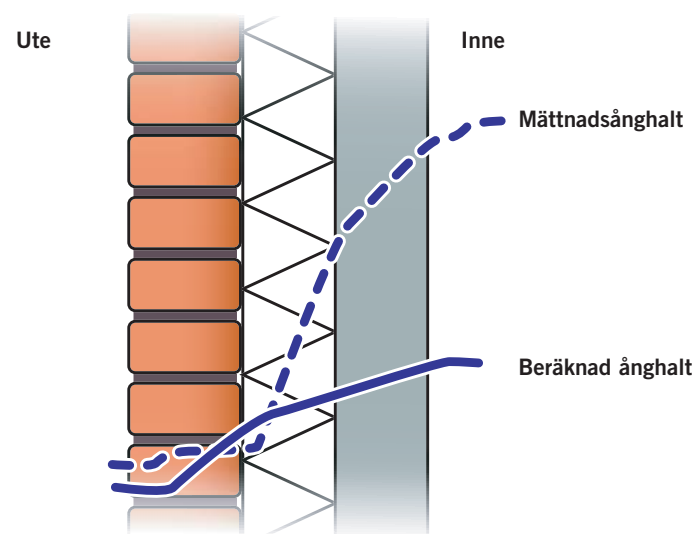
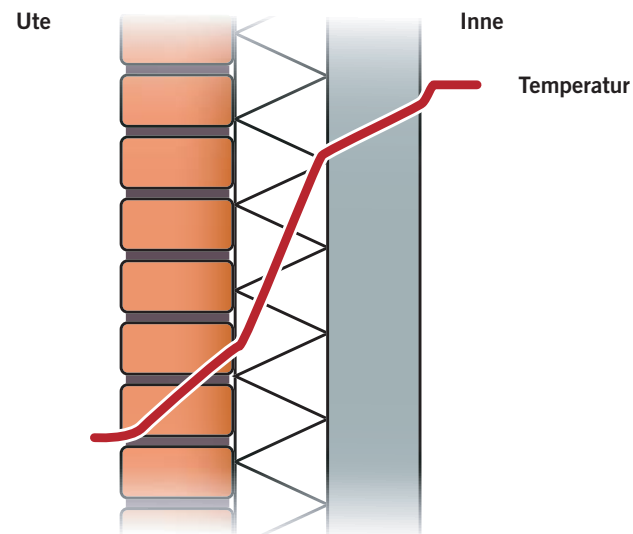


Bild 3.11

Principiell redovisning av temperatur och ånghaltsfördelning i en vägg.

Ångmotståndet beräknas på motsvarande sätt som värmemotståndet.

$$Z = \frac{d}{\delta} \text{ (s/m)}$$

där d = skiktjocklek (m)

δ = ånggenomsläpplighet hos skiktet (m^2/s).

Ånghalten i de olika skiktgränserna beräknas genom att differenserna successivt dras ifrån den högre ånghalten. De beräknade ånghalterna jämförs med mättnadsvärdena i motsvarande skikt.

Man kan åskådliggöra resultatet genom att pricka in värdena för mättnadsånghalt och beräknad ånghalt i skiktgränserna.

Om den beräknade ånghaltskurvan ligger under mättnadskurvan sker beräkningsmässigt ingen kondensation.

Om de beräknade värdena delvis ligger över mättnadskurvan innebär detta dels att kondensation kan äga rum i konstruktionen dels att beräkningarna inte är helt riktiga eftersom ånghalten inte kan vara större än mättnadsvärdet. Anledningen till att beräkningen blir fel, är att den bygger på att lika stor mängd vattenånga går in som ut ur konstruktionen. Om vattenånga kondenserar inne i konstruktionen är detta antagande inte rätt.

För mera detaljer om beräkning av kondens inuti en konstruktion hänvisas till [1].

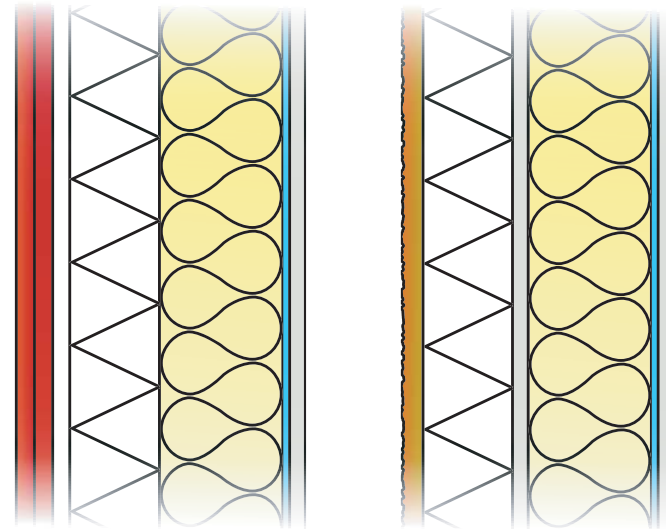


Bild 3.12
Ett lämpligt utförande av en regelvägg.

Bild 3.13
En väggkonstruktion som kräver noggrant utförande. Stor risk för fuktskador om fukt kommer in.

En vägg med EPS som vindsydd utanpå en isolerad regelkonstruktion har visat sig fungera väl. EPS har visserligen något högre ångmotstånd än andra vindsyddsmaterial men är samtidigt värmeisolerande. Sammantaget innebär det en fuktsäker konstruktion. En vägg med utvändigt puts på isolering och utan luftspalt måste utföras mycket noggrant så att fukt inte kommer in vare sig under bygget eller senare. Om fasadmaterialet är ångtätt måste väggen ha en luftspalt så att fukt inte kan stängas inne.

Konvektion

Vattenånga kan förutom genom diffusion även transporteras med luftrörelser, konvektion. Konvektionen drivs av lufttrycksskillnaden mellan inne och ute. När luftströmmen går från varmt till kallt finns risk för kondens när

den varma och fuktiga luften kyls ner. Luftströmmar genom en yttervägg kan uppstå vid otäta bygnadsdelar, hål och genomföringar. Om det råder övertryck inomhus finns förutsättning för fuktkonvektion. Övertryck uppstår av flera olika, ofta samverkande faktorer:

- vindtryck mot huset. På lovartsidan uppstår utvändigt tryck medan det på övriga sidor blir sug
- ventilationssystem
- termisk drivkraft s k skorstensverkan

Generellt brukar varm luft läcka ut i en byggnads högre belägna otäta delar. I de lägre och kallare delarna läcker däremot uteluft in. Den genomströmmande luftmängden är förutom tryckskillnaden även beroende av otätheternas storlek.

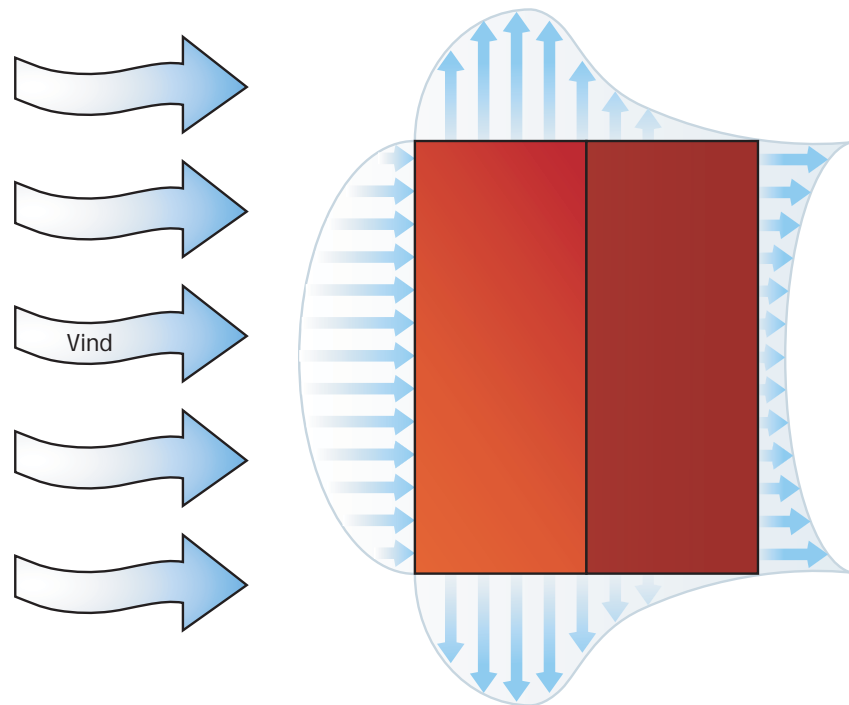


Bild 3.14
Vindpåverkan på ett hus med tryck på lovartsidan och sug på övriga sidor.

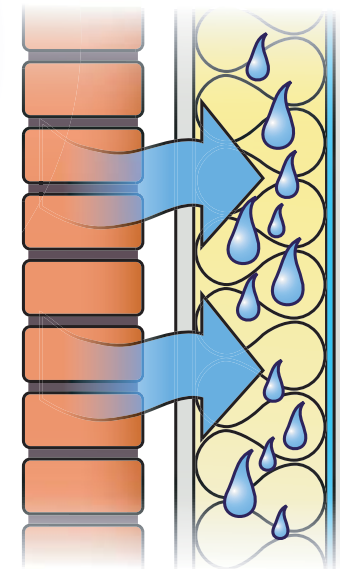
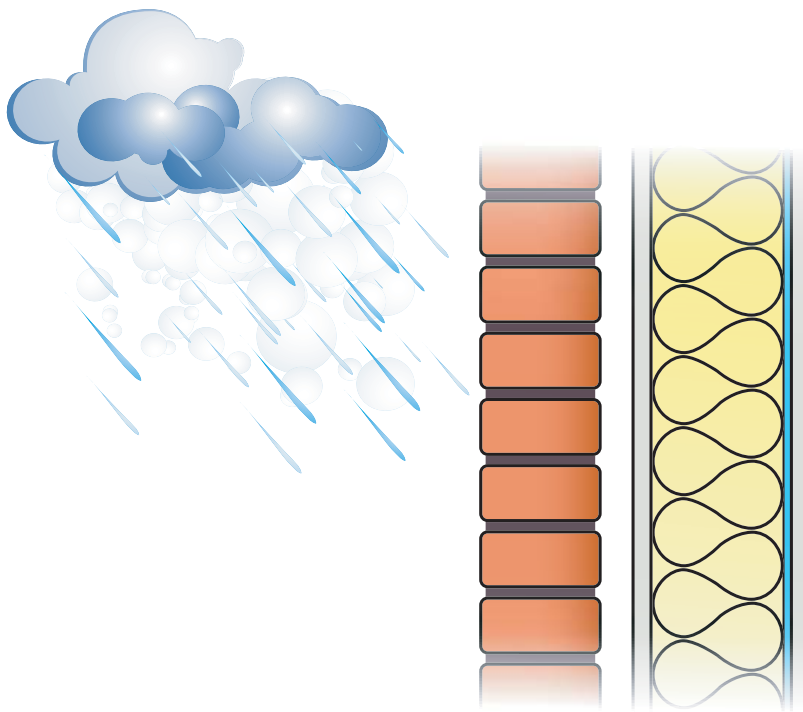


Bild 3.15

Solstrålning mot en blöt skalmur kan ge en ångtransport inåt och kondens på ångspärrens utsida (sommarkondens).

Sommarkondens

Med sommarkondens menas kondens på plastfolien när en fuktig skalmur värms av solen. En konstruktion med mörkt tegel är särskilt utsatt eftersom murverket kan innehålla mycket fukt. Murens temperatur kan vid solbestrålningen bli betydligt högre än såväl ute- som innetemperaturen.

Den fuktiga muren innebär att ånghalten stiger. En mörk tegelmur med RF 100 % och en temperatur på 35–40°C ger ånghalter med extremvärden på uppemot 50 g/m³.

Följden av detta blir att det sker en ångtransport från skalmuren inåt väggen, varvid en hög fuktighet uppnås i regelväggen. Finns en ångspärr på insidan hindras fukttransporten, varvid kondensation kan ske.

Mängden sommarkondens minskar väsentligt om väggen har EPS-cellplast som vindskydd.

Byggfukt

Byggfukt är dels det överskott av vatten som finns i en del material vid tillverkning eller leverans, dels den fukt som tillkommer under byggnadstiden, t ex genom nederbörd, och som skall torka ut innan materialet är i jämvikt med omgivningen.

Betong, lättbetong, murbruk och puts är exempel på material som innehåller mycket byggfukt.

Genom att välja material med små vattenmängder och skydda material och arbetsplats under byggnadstiden kan byggfukten minskas.

Plastfilm, tjocka färgskikt, plastbeklädnader och andra täta skikt skall inte monteras förrän fukttillståndet ligger under den gräns där materialet inte påverkas. Täta skikt kan också förhindra uttorkning. Byggfukten måste kunna torka ut åtminstone åt ett håll. Torktiden fördubblas dock vid ensidig torkning jämfört med tvåsidig.

Uttorkningen av byggfukt kan ta lång tid och är olika för olika material. Torktiden är beroende av:

- material
- konstruktion
- omgivande temperatur och fuktighet

Kritiska fukttillstånd för olika material

Med ett materials fuktkänslighet menas hur det påverkas av fukt, angrips av mögel och bakterier, deformeras, börjar lukta etc. Materialtillverkare skall ange kritisk RF för sina material.

För ytterväggar är det främst trä- och träbaserade material som vid hög RF kan påverkas. Vid trä är gränsen för mögel ca 75 %.

	Ingen	Liten Måttlig	Stor
Röta			
Fuktkvot %	<16	16–25	>25
RF %	<75	75–95	>95
Mögel			
Fuktkvot %	<15	15–20	>20
RF%	<70	70–85	>85

Tabell 3.5
Risk för tillväxt av röt- och mögelsvampar i trä.
Temperatur över +5 °C. (Källa: SP).

Vind

Regnvatten kan transporteras in i olämpligt utformade delar i fasaden och väggen på grund av lufttrycks-skillnader.

Läckvatten som tränger in vid hål eller otätheter måste därför dräneras ut och ventileras bort för att bakomlig-gande konstruktion inte skall skadas. Ett kapillärbrytande skikt med rätt utformade fogar kan förhindra att vatten tränger vidare in i väggen.

Vindlast

Vindlasten varierar med hänsyn till bl a byggnadens:

- utformning
- höjd
- placering i landet
- placering i terrängen

Kännedom om vindlasten krävs för dimensionering av infästningar av yttre beklädnader på en vägg.

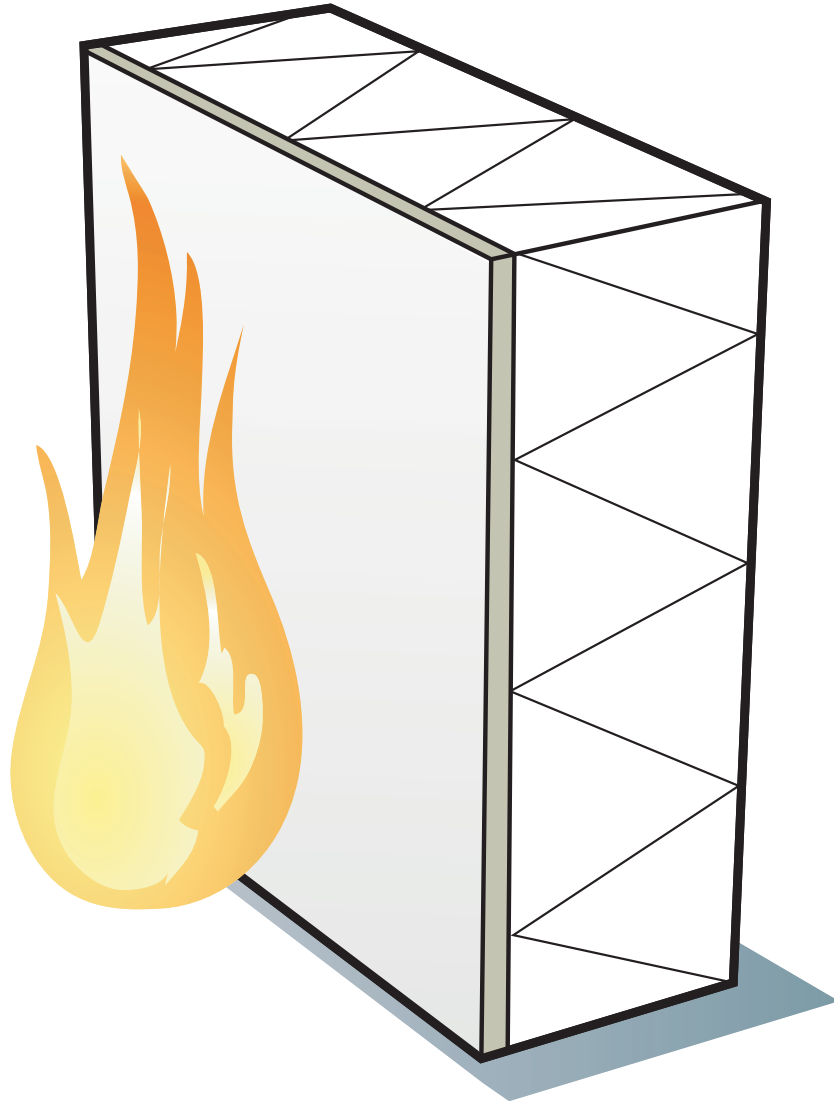
Vinden medför luftrörelser i och omkring klimatskärmen. Dels påverkas tryckförhållanden dels medverkar luftrörel-serna till att isoleringsförmågan kan minska genom påtvingad konvektion. (Se vidare i avsnittet om värmeiso-lering.)

Den påtvingade konvektionen påverkar både fukt- och värmeförhållandena i ytterväggen. Mot den bakgrunden är det viktigt att ytterväggen ges såväl vindskydd som lufttätning.

Vindskydd av EPS minskar risken för luftrörelser i isoleringen.

Litteratur
[1] Nevander, Elmarsson. *Fukthandbok*,
Svensk Byggtjänst Stockholm 1994

BRANDSKYDD



Torbjörn Osterling, byggnadsingenjör. Torbjörn har varit verksam i byggbranschen sedan 1966. Förutom arbete som bygg- och brandkonsult har Torbjörn medverkat som författare till flera handböcker om brandskydd, plåt, yttetak och fasader.

Allmänt

En yttervägg kan utsättas för olika typer av påverkan vid brand:

- höga temperaturer/värmestrålning
- flammor från brand såväl inifrån som utifrån
- korrosionsangrepp, sot m m

I vissa fall kan naturligtvis en kombinerad påverkan inträffa, till exempel både värmestrålning och direktkontakt med flamma.

Ytterväggen måste utformas så att den brandavskiljande funktionen gentemot andra brandceller uppfylls. Detta gäller i första hand mot angränsande brandceller i samma byggnad men kan även gälla brandceller i närbelägna byggnader.

Genom att använda obrännbara eller svårantändliga fasadmaterier begränsas riskerna för antändning av en yttervägg.

Risk för direkt brandpåverkan kan uppstå utvändigt om någon anlägger en brand i direkt anslutning till ytterväggen. Vid brand i närbelägna byggnader kan flammor utgå genom ett fönster på grund av vind och korta avstånd antända brännbara fasaddelar eller fasadbeklädnader.



*BILD 4.1
Vid utformningen av en fasad är det viktigt att beakta de brandtekniska kraven.*

En brand som uppstår inne i en byggnad (brandcell) leder förr eller senare till att fönsterglaset – förutsatt att brandcellen har fönster – spricker och flammor slår ut genom fönstret. Flammorna som slår ut kan sedan medföra att delar av fasaden antänds. Brandspridning till ovanförliggande brandceller kan också ske genom att värmestrålningen överstiger kritiska antändningsnivåer. Vid direkta flammor kan antändning ske även innan strålningen överstiger kritiska antändningsnivåer.

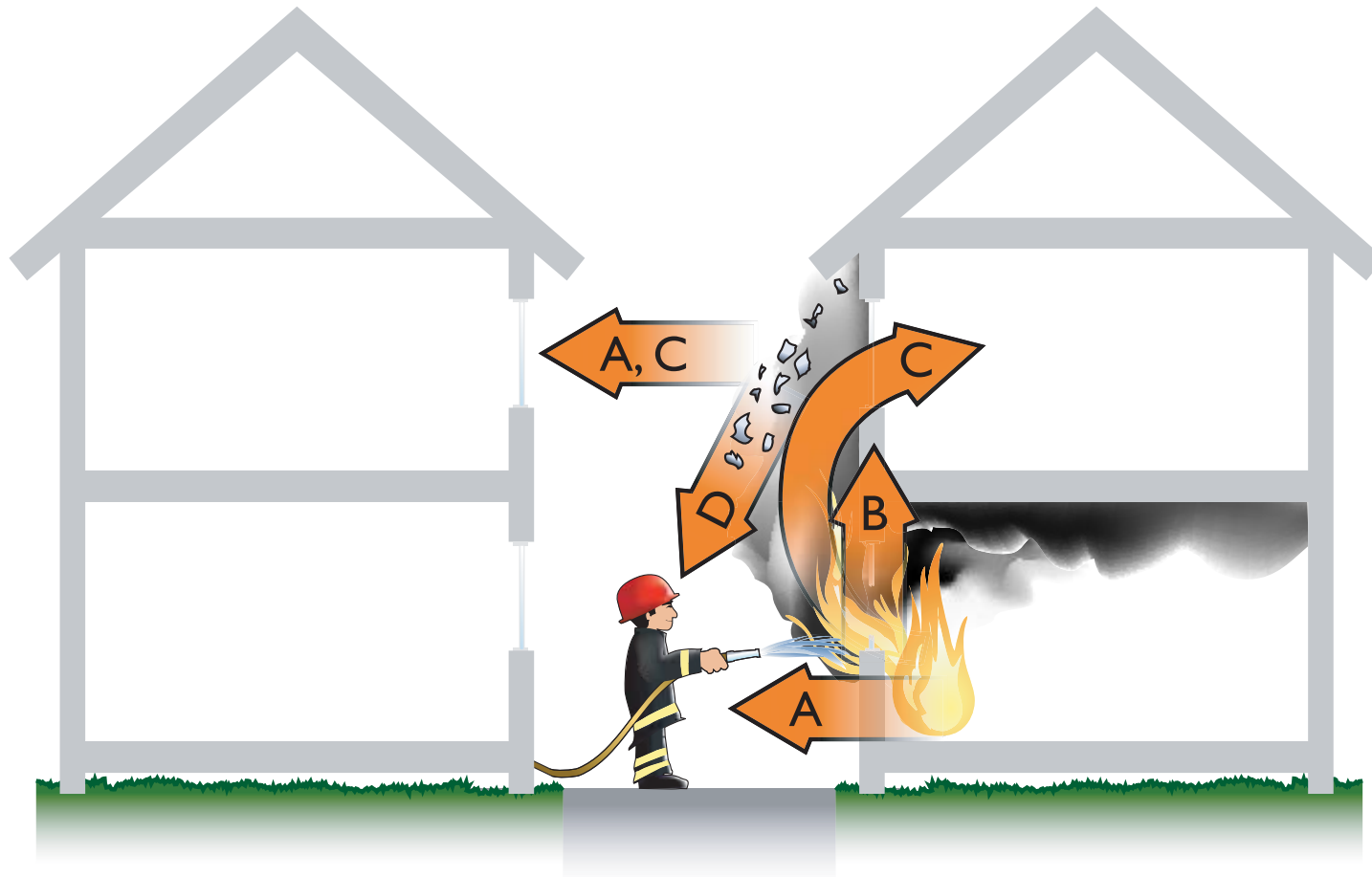


Bild 4.2

Vid en brand skall ytterväggen klara flera olika krav.

A – Brandavskiljande funktion uppfylls

B – Begränsad brandspridning i och längs fasaden

C – Risk för brandspridning via fönster begränsas

D – Delar av väggen får inte ramla ner

För att begränsa brandspridningen mellan fönster i olika brandceller kan dels fönster med brandskyddsglas användas dels fönster placeras på visst avstånd från varandra. I detta sammanhang är det viktigt att beakta att fönster med viss brandteknisk klass inte får vara öppningsbara annat än för fönsterputs eller dylikt.

En brandpåverkan på ytterväggen skall inte leda till omfattande brandspridning i väggen eller längs fasadytan. Detta innebär att det inte skall finnas genomgående luftspalter i en yttervägg där brand lätt kan spridas via brännbara material i olika brandceller. För att lösa detta problem kan olika brandbegränsningar – avskärmande obrännbara konstruktioner – användas, något som i sin tur i vissa fall kan ge fukttekniska problem. Provningsar har dock visat att även brännbar eller svårantändlig isolering kan användas tillsammans med genomgående luftspalt om detaljutformningen, framför allt vid fönster, är den rätta. Här måste även möjligheterna för räddningstjänsten att göra en insats beaktas. Finns möjligheter till brandsläckning och räddningstjänsten kan bevaka risken för brandspridning via fönster och längs fasaden, kan utformningen vara friare. Det innebär till exempel att lägre krav gäller för låga byggnader jämfört med höga byggnader, där möjligheterna till släckning är sämre. Konsekvenserna av en brand, inte minst om många personer berörs, påverkar också kravnivån.

Vid utformningen av ytterväggen måste även hänsyn tas till risken för att delar av väggen kan falla ner vid brand. Detta kan i så fall förhindra eller försvåra brandsläckning. Mindre delar som till exempel putsbitar eller glassplitter som faller ner kan dock accepteras, förutsatt att utrymningen ändå kan ske utan risk för personskador.

Brandtekniska byggnadsklasser

Vid brandskyddsprojekteringen av en byggnad skall kraven vara att säkerhetsnivån blir densamma oavsett utformning och verksamhet. För att ta hänsyn till detta görs en indelning i brandtekniska byggnadsklasser.

Tre klasser används, Br1, Br2, och Br3. För byggnader i klass Br1 gäller de högsta kraven. De krav som ställs framgår i detalj av byggreglerna [1]. Vägledande vid klassindelningen är:

- våningsantal
- byggnadsarea och
- verksamheten i byggnaden

En byggnad skall uppfylla alla krav som i byggreglerna ställs för respektive byggnadsklass. För vissa lokaler och utrymmen ställs dessutom särskilda brandskyddskrav utöver de generella kraven. Detta gäller särskilt byggnader där många personer vistas eller där risken för brand är stor.

Byggnader med tre eller flera våningsplan skall utföras i klass Br1. Detta gäller även vissa byggnader med två våningsplan där flera personer med mindre god lokalkännedom sover eller vistas, till exempel hotell och skolor.

Byggnader avsedda för personer som har små förutsättningar att själva sätta sig i säkerhet, till exempel vårdbyggnader, skall utföras i brandteknisk klass Br1.

Byggnadstyp, verksamhet	Personalantal, area mm	Brandteknisk byggnadsklass		
		Antal våningar		
		1	2	3 eller fler
Alla typer av byggnader eller verksamheter				Br1
Industribyggnader, lagerbyggnader	Fler än 50 anställda samt särskild risk för uppkomst av brand Övriga	Br3	Br1 Br2	Br1
Samlingslokaler	Samlingslokal på andra våningsplanet Samlingslokal i markplanet Samlingslokal under markplanet	Br2 Br2	Br1	
Vårdbyggnader	Vårdanläggning på andra våningsplanet Vårdanläggning i markplanet	Br2	Br1	
Skolbyggnader	Skolor för fler än 150 elever Skolor för högst 150 elever	Br3	Br1 Br2 ¹ , Br3 ²	
Hotellbyggnader	Fler än 50 gäster Högst 50 gäster samt gästrum på vindsplan		Br1 BR2	
Bostadshus, övriga byggnader	Fler än 2 bostadslägenheter samt bostads- eller arbetsrum på vindsplanet	Br3	Br2 ¹ , Br3 ² Br2	Br1

¹ Vid osekionerad byggnadsarea större än 200 m²

² Vid osekionerad byggnadsarea om högst 200 m²

Tabell 4.1

Krav på brandtekniska klasser med hänsyn till verksamhet och våningsantal.

Byggnader med två våningsplan som har en byggnadsarea som är större än 200 m², och som inte delas upp i enheter av högst denna storlek genom brandväggar skall utföras i klass Br2.

Envåningsbyggnader utförs i regel klass Br3.

Brandmotstånd hos byggnadsdelar

Brandmotstånd hos bärande och/eller avskiljande byggnadsdelar anges med en bokstav (R, E, I) åtföljd av en siffra som anger brandmotståndstiden i minuter. R står för bärförmåga, E för integritet, det vill sägas skydd mot att flammor och heta gaser tränger igenom byggnadsdelar och I för isolering, vilket innebär skydd mot att för höga temperaturer uppstår på den från branden vända sidan. Tilläggsbeteckningen M används när särskild hänsyn ska tas till mekanisk påverkan, vilket kan vara fallet vid brandväggar.

Ett krav på exempelvis R 60 innebär att konstruktionen utan att kollapsa för dimensionerande last vid brand, skall kunna motstå en termisk påverkan enligt ett standardiserat temperatur-tidförlopp (standardbrandkurvan) under 60 minuter. Provning sker enligt SS-EN 13501-2.

Avgörande är inte om konstruktionen är brännbar eller obrännbar, utan att den uppfyller kravet på brandmotståndstid. En konsekvens av detta är att det är möjligt att använda till exempel träbärverk även i hus med fler än tre våningsplan.

Det är viktigt att ta hänsyn till att brandbelastningen kan öka när brännbart material används i bärande konstruktioner.



*BILD 4.3
Byggnader med tre våningar eller flera skall utföras i brandteknisk klass Br1.*

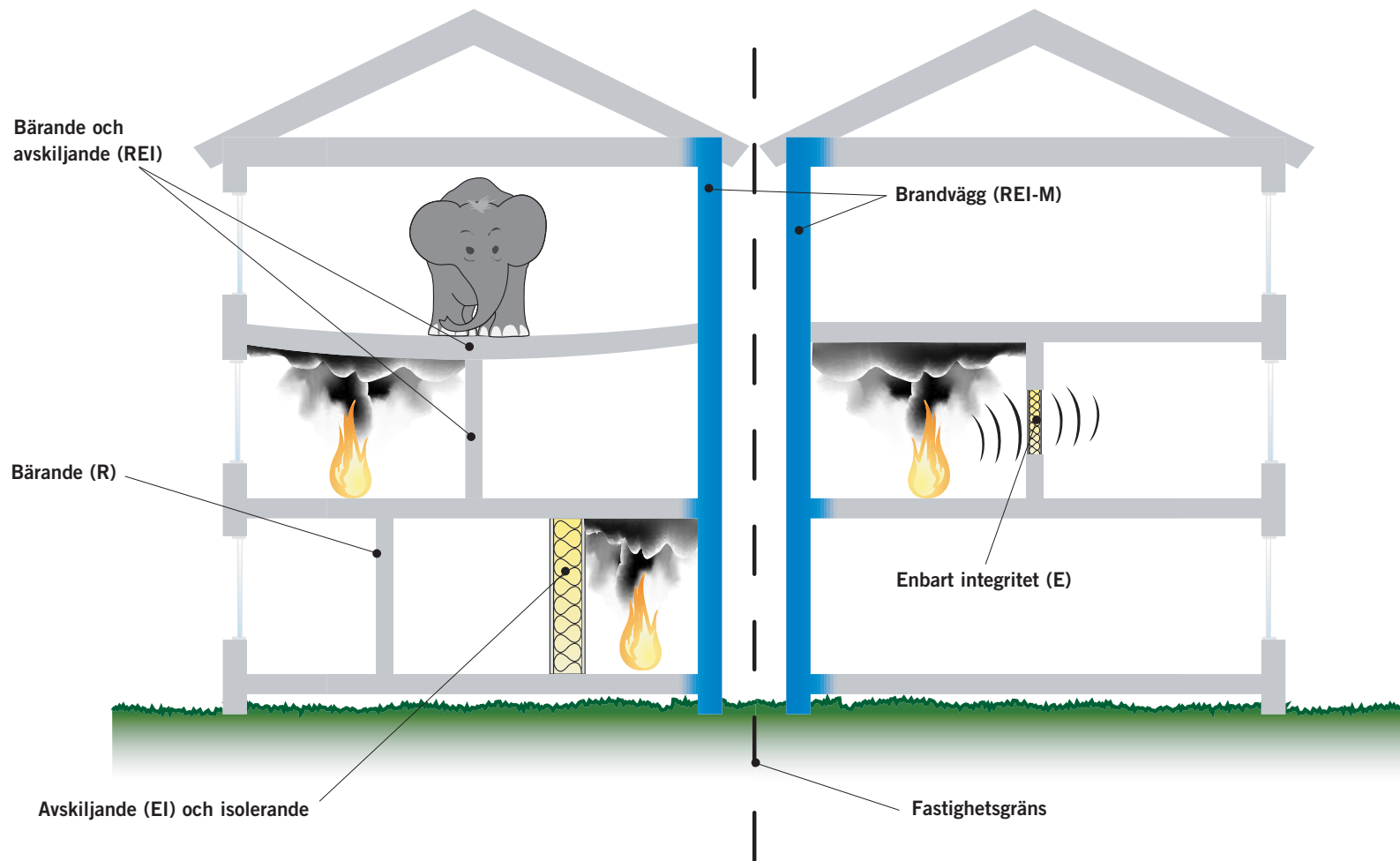


BILD 4.4

Brandmotstånd hos olika byggnadsdelar anges med en bokstav kombinerad med en siffra som anger brandmotståndstiden i minuter.

Krav på ytterväggar enligt byggreglerna (BBR)

Nyckel ytskiktsskisser

- Ytskikt klass I – B-s1,d0
- Ytskikt klass II – C-s2,d0
- Ytskikt klass III – D-s2,d0

För ytterväggar i alla brandtekniska klasser gäller att fasadbeklädnader bör vara svårantändliga eller uppfylla kraven för klass D – s2,d0 (klass III). Träpanel uppfyller kravet för klass D – s2,d0.

Dessutom ställs fyra krav på ytterväggar i byggnader i klass Br1, utformade som funktionskrav:

- Väggen skall utföras så att den brandavskiljande funktionen gentemot andra brandceller uppfylls
- Väggekonstruktionen skall vara utförd så att brandspridning i väggen och längs fasadytan begränsas
Hänsyn skall tas till möjligheterna för brandsläckning.
- Risk för brandspridning via fönster skall begränsas
- Delar av väggen får inte falla ner vid brand, bortsett från glassplitter, putsbitar o d, om inte detta bedöms förhindra eller väsentligen försvåra brandsläckning och om utrymning ändå kan ske utan risk för personskador

Funktionskraven omfattar två huvudkrav. Dels skall den brandavskiljande funktionen gentemot andra brandceller upprätthållas dels skall konsekvenserna av en brand som får fäste i väggen begränsas.

För att visa att kraven uppfylls kan olika brandprov göras. Provning enligt SS-EN 13501-2 används för att bedöma om en konstruktion uppfyller kraven vad gäller brandspridning mellan olika brandceller. [2] och [3] beskriver bland annat sådana provningar som utförts på EPS-isolerade väggkonstruktioner [2] och [3] ligger till grund för [4] och [5] enligt vilka kraven för brandteknisk klass REI 60 respektive REI 30 uppfylls. Prov enligt SS-EN 13501-2 ger dock ingen information om brandspridning i eller utanpå väggen, brandspridning via fönster efter nedfall av fasaddelar, utan ger enbart ett mått på den brandavskiljande förmågan.

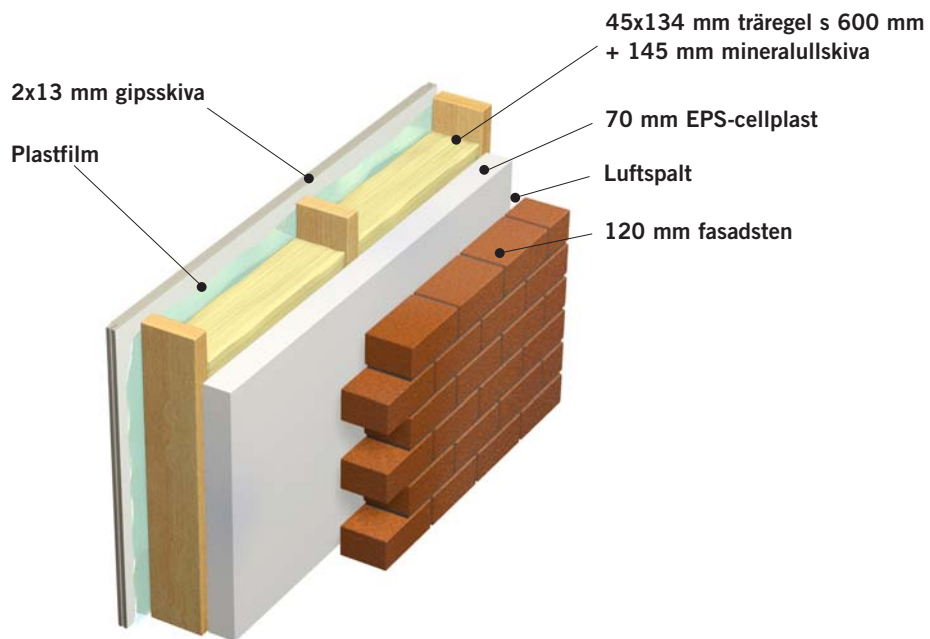
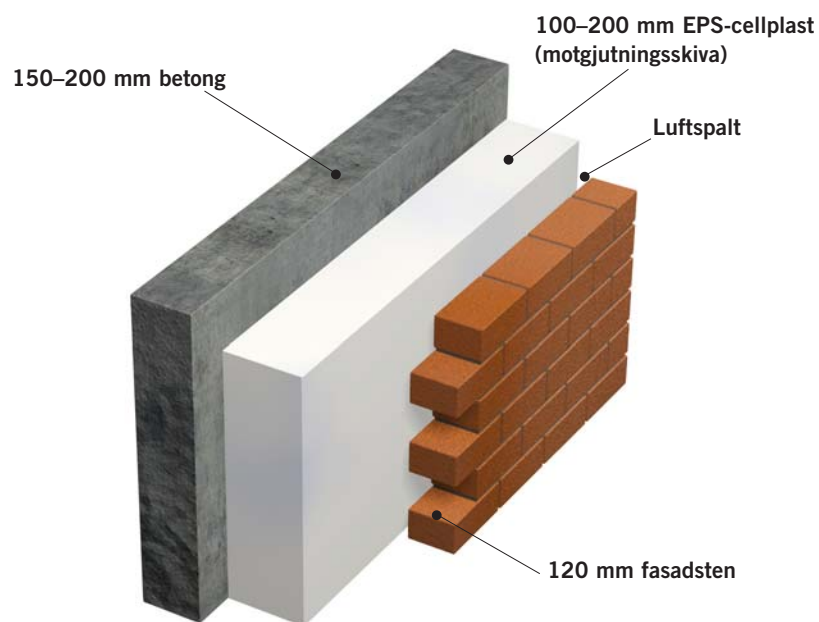
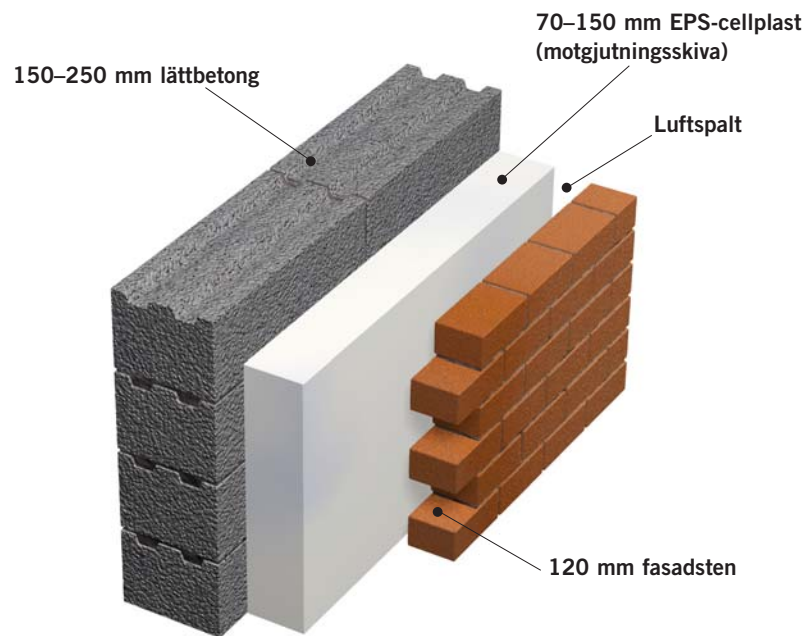


BILD 4.5

Ytterväggar som med rätt detaljutformning vid fönster och bjälklagskanter uppfyller kraven för brandteknisk klass REI 60. Provning har skett enligt SIS 02 48 20 som är den provningsstandard som tillämpats före SS-EN 13501-2.



När det gäller det andra huvudkravet ger rådtypekten i byggreglerna olika alternativ för hur kraven kan uppfyllas. Som ett allmänt råd anges hur väggen sektioneras, till exempel genom att skära av en luftspalt för att begränsa/förhindra brandspridning i väggen.

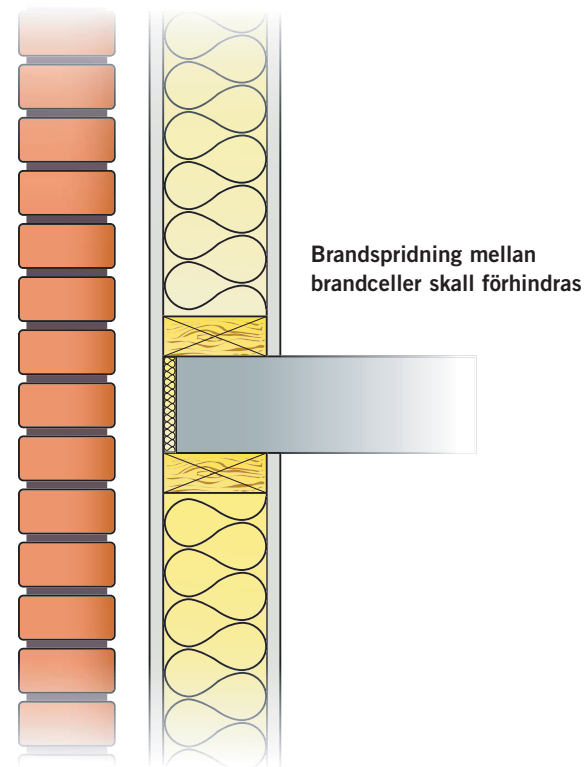


BILD 4.6
En vägg av enbart obrännbart material eller sektionerad på ett sådant sätt att en brand inuti väggen hindras att sprida sig förbi brandcells-skiljande byggnadsdelar, uppfyller BBRs krav på utförande av ytterväggar i Br1-byggnader.

Råden i BBR anger vidare att en provning enligt SP FIRE 105 kan användas för att visa att en konstruktion uppfyller kraven. Förutom att metoden ger svar på hur en brand sprider sig längs fasadytan fås även information om hur branden sprids inuti väggen när den via en fönsteranslutning bryter in i väggen. Det finns ingen klassificering kopplad till provning enligt SP FIRE 105, utan vid redovisning av ett lyckat provningsresultat går det att referera till byggreglerna.

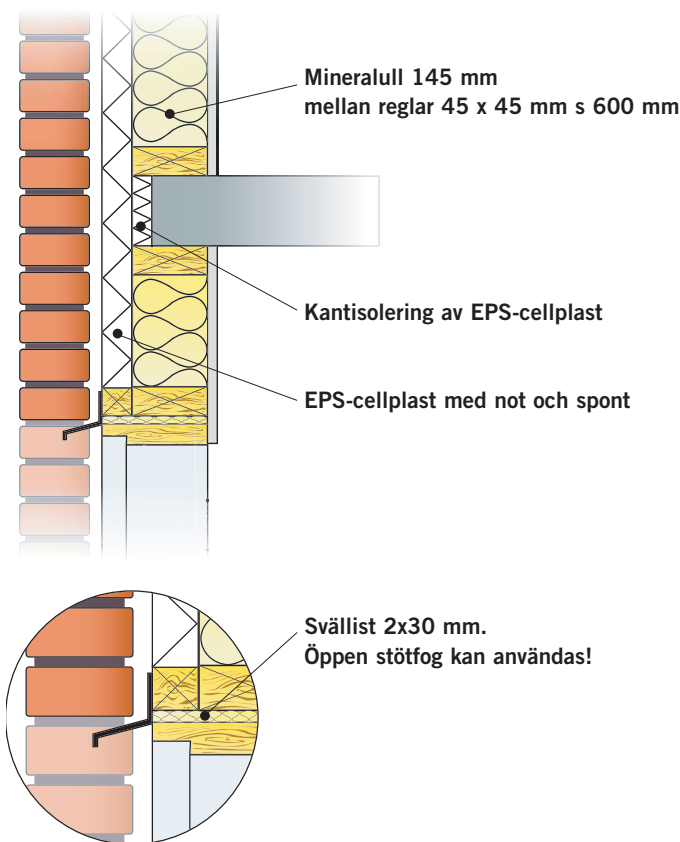


BILD 4.7 Yttervägg provad enligt SP FIRE 05 med godtagbart resultat. Det är viktigt att följa de anvisningar som finns beträffande detaljutföranden vid till exempel fönster.

[6] och [7] är provningar som bland annat ligger till grund för [8] som visar att en EPS-isolerad yttervägg kan utföras utan brandsektioneringen av luftspalt. Detta avser dock skalmurskonstruktioner eller motsvarande och under förutsättning att anslutning vid fönster utförs med svällist. Även fasader med puts på EPS-cellplast har provats enligt SP FIRE 105, med godtagbart resultat.

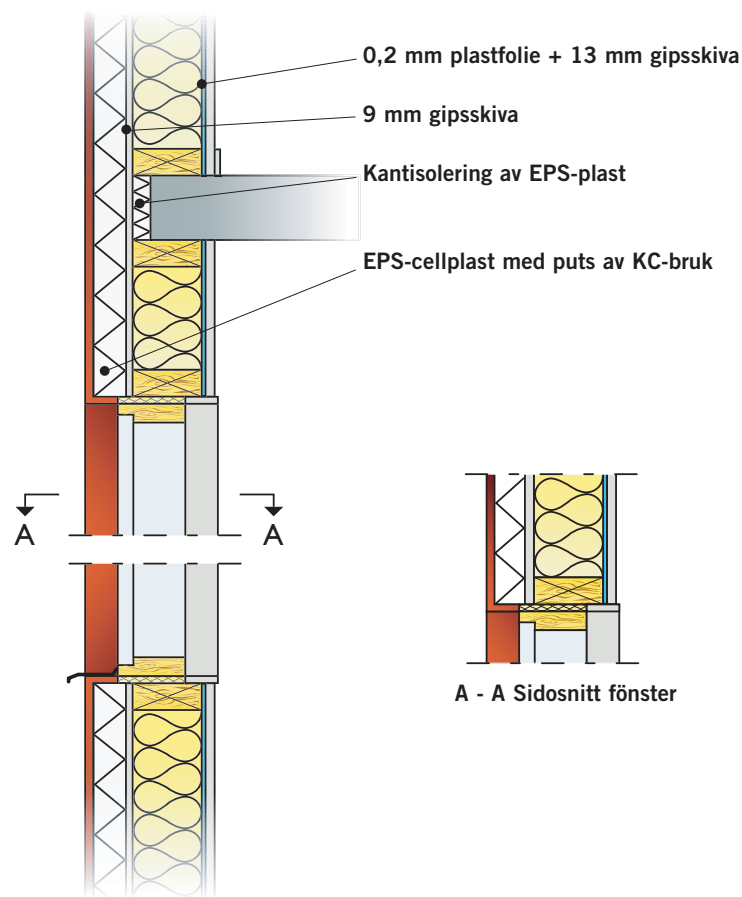


BILD 4.8 Icke bärande utfackningsvägg med puts på EPS-cellplast. Utförandet får med rätt detaljutformning användas i Br1-byggnader.

Fönster i ytterväggar

Enligt BBR skall fönster som tillhör skilda brandceller och som vetter mot varandra utformas och placeras så att brandspridning mellan brandcellerna försvåras. Sådana fönster får endast vara öppningsbara med nyckel, verktyg eller dylikt.

Vid franska balkonger bör de delar av respektive fönsterdörr som i vertikalled ligger närmare annan brandcell än 1,2 meter utföras i brandteknisk klass E 15.

I nedanstående figurer redovisas rekommenderat utförande vid fönster som vetter mot varandra. Med hänsyn till om fönster ligger i motstående parallella ytterväggar eller i ytterväggar som står i vinkel till varandra gäller olika rekommendationer.

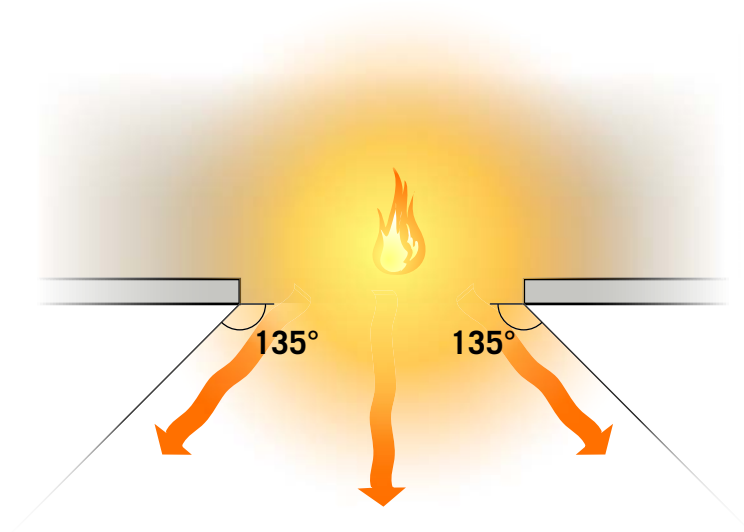


BILD 4.9
Värmestrålning från en brand antas ske snett ut från fönstret i en vinkel av 135° från fönstrets plan.

Beakta att nedanstående rekommendationer gäller där byggnaderna/brandcellerna finns på en och samma fastighet.

BILD 4.10
Om fönster i olika brandceller ligger på ett längre avstånd från varandra än 5 meter ställs inga särskilda brandtekniska krav på fönstren.

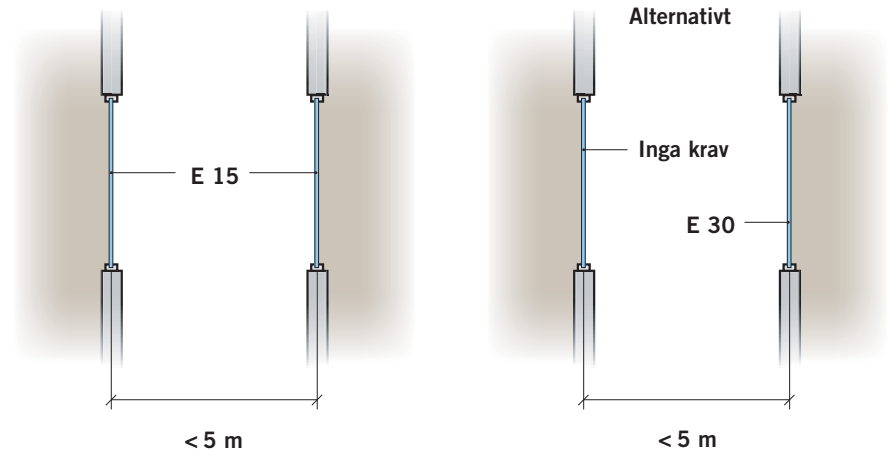
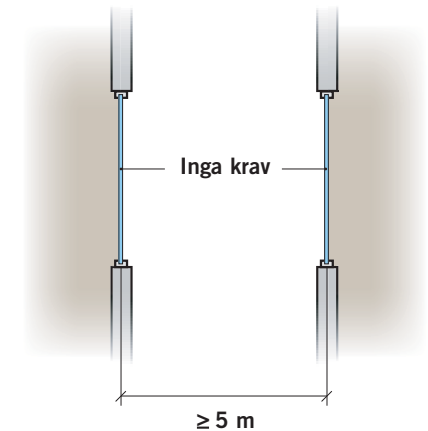


BILD 4.11
Om fönster i ytterväggar som vetter mot varandra ligger närmare varandra än 5 meter skall fönstren utföras i brandteknisk klass E 15. Alternativt godtas att det ena av fönstren utförs i brandteknisk klass E 30.

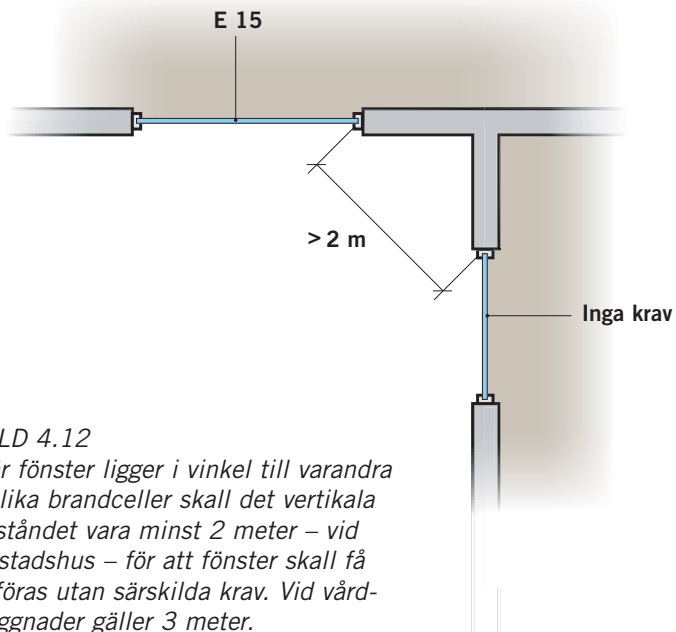


BILD 4.12
 Där fönster ligger i vinkel till varandra i olika brandceller skall det vertikala avståndet vara minst 2 meter – vid bostadshus – för att fönster skall få utföras utan särskilda krav. Vid vårdbyggnader gäller 3 meter.

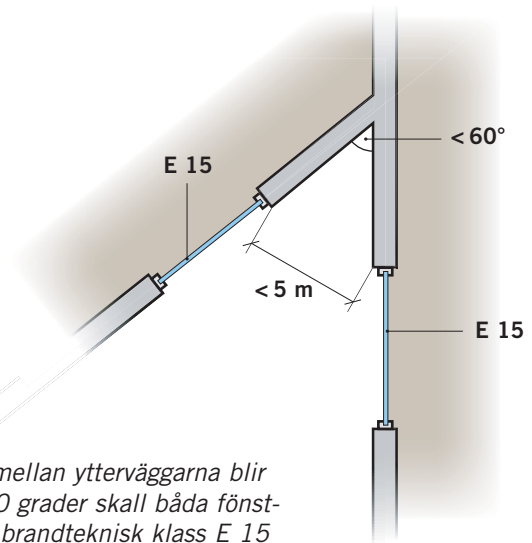


BILD 4.13
 Om vinkeln mellan ytterväggarna blir mindre än 60 grader skall båda fönstren utföras i brandteknisk klass E 15 om avståndet mellan fönstren understiger 5 meter.

Fönster som ligger ovanför varandra i olika brandceller får utföras utan särskilda brandtekniska krav om avståndet mellan fönstren är större än 1,2 meter. Avståndet får mätas mellan glasytorna. Beakta även att det inte får finnas brännbart fasadmateriäl mellan fönster i höjddled i byggnader i brandteknisk klass Br1.

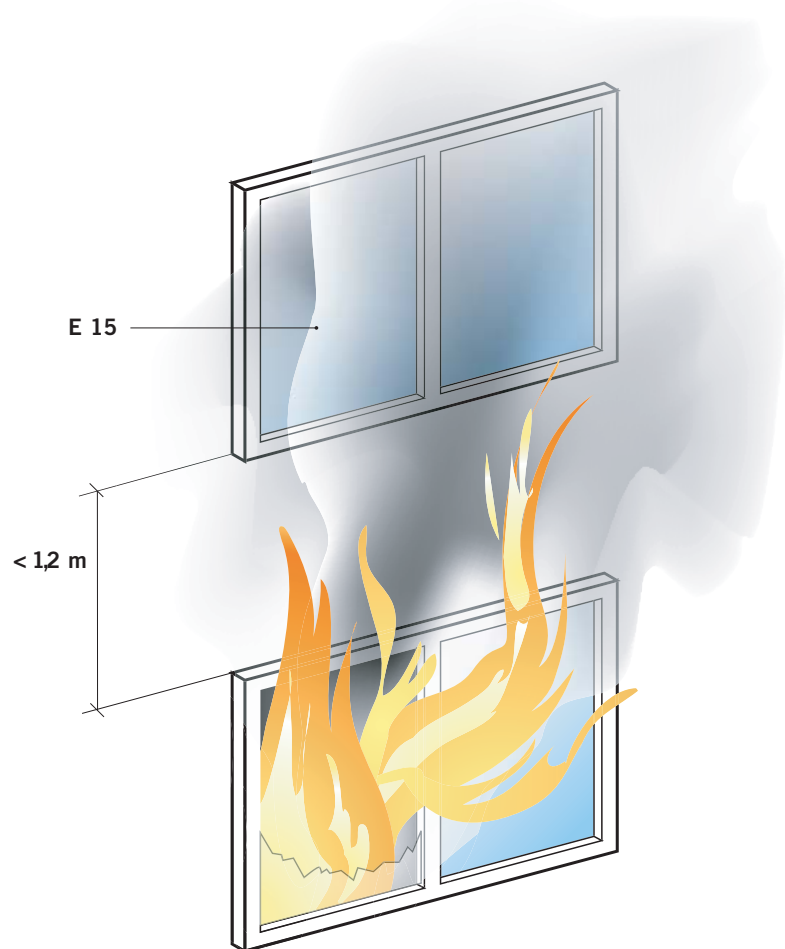


BILD 4.14
Om avståndet mellan fönstren är mindre än 1,2 meter skall de delar som ligger inom detta avstånd utföras i brandteknisk klass E 15.

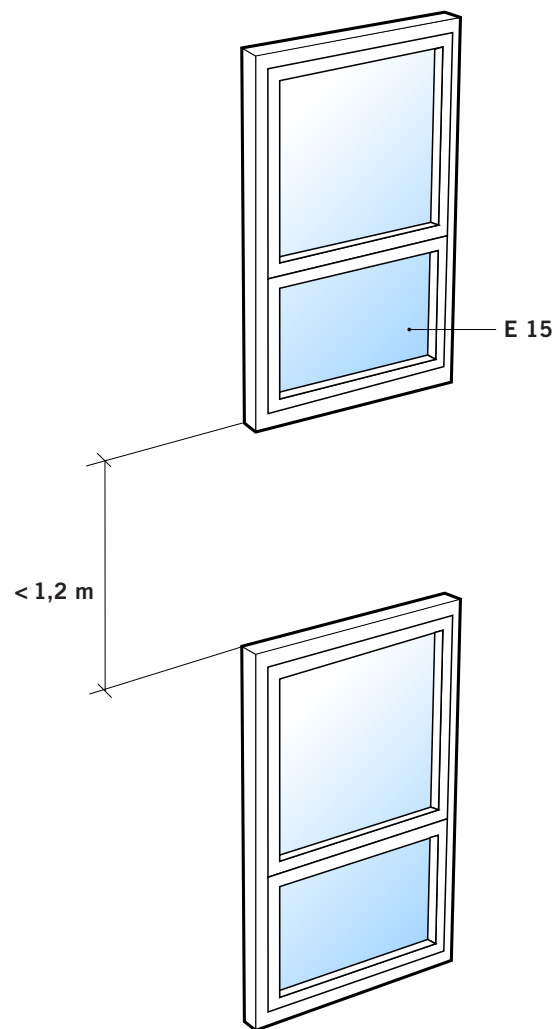


BILD 4.15
Vid franska fönster skall det på motsvarande sätt som vid fönster finnas ett vertikalt avstånd på minst 1,2 meter mellan fönster i olika plan. Detta innebär att det kan vara lämpligt att utforma fönsterdörren i två lugter. Den undre kan då utföras i E 15 om avståndet blir mindre än 1,2 meter. Till skillnad mot vanliga fönster godtas att franska fönster får vara öppningsbara även om de innehåller en brandklassad del.

Fasadmaterial på byggnader i klass Br1



BILD 4.16

Vid fönster som ligger i olika brandceller måste det vara minst 1,2 meter mellan fönster om inte dessa utförs i brandteknisk klass E 15.

Ytterväggar i byggnader i klass Br1 kan beklädas utvändigt med brännbart material (klass D-s2,d0) eller svårantändligt material om:

- byggnaden har högst två våningsplan
- beklädnaden, oavsett byggnadens höjd, endast täcker byggnadens bottenvåning eller
- särskilda åtgärder vidtas på ett sådant sätt att byggnadens totala brandsäkerhet inte försämras

Exempel på särskilda åtgärder är att byggnaden förses med automatisk vattensprinkleranläggning, att det finns utskjutande tak över fönster och dörrar som förhindrar brandspridning eller att träpanelen endast täcker en begränsad del av fasadytan.

Det finns inte några begränsningar för byggnader som hänförs till brandteknisk byggnadsklass Br2 eller Br3, bortsett från det generella kravet att fasadbeklädnaden lägst skall uppfylla kraven för klass D-s2,d0 eller vara svårantändlig.

Några exakta angivelser som anger vad en begränsad del av fasadarean är finns inte i byggreglerna.



Bild 4.17

I byggnader i klass Br1 skall fasadbeklädnaden vara obrännbar (A2-s1,d0). Vissa avsteg kan godtas.

Erfarenhetsmässigt brukar godtas cirka 20 % av fasadarean. Brännbar fasadbeklädnad skall inte användas mellan ovanför varandra belägna fönster och inte heller så att sammanhängande fasadareor av mer än två våningars höjd uppstår. Beklädnaden får finnas mellan fönster ovanför varandra, om den avbryts genom en obrännbar balkongplatta e d, som ansluter tätt mot väggen och har obrännbart räcke.

Brandspridning mellan olika höga byggnader



*BILD 4.18
Vid balkonger får det finnas brännbar fasadbeklädnad om balkongplattan ansluter tätt mot fasaden samt har obrännbart räcke.*

Snabb brandspridning mellan två brandceller skall inte bara förhindras inomhus, utan också upp genom ett yttertak och in genom angränsande högre yttervägg. När detta scenario beaktas kan två olika brandsituationer vara tänkbara.

I det ena fallet uppstår en brand i en brandcell, till exempel en lokal, uppåt begränsad av ett vindsbjälklag med litet brandmotstånd. Branden kan spridas genom försvagningar i form av glaslanterniner, brandgasventilatorer

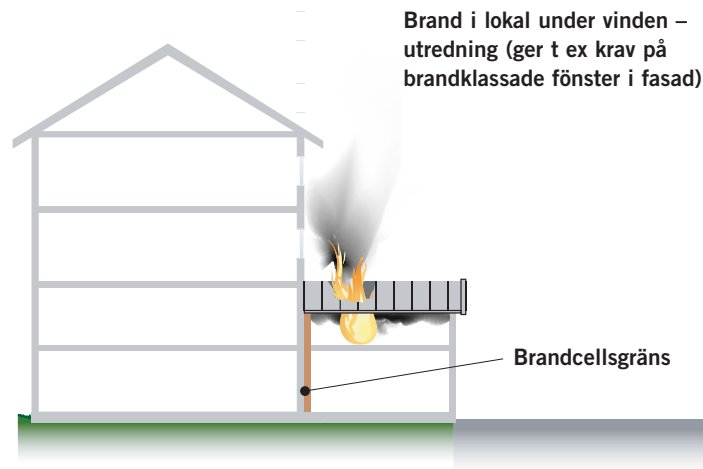


BILD 4.19
Risk för brandspridning genom yttertak och in genom angränsande högre vägg skall beaktas.

eller genomföringar för avlopp eller ventilationsanordningar.

I det andra fallet uppstår branden på en vind ovanför ett brandcellsskiljande vindsbjälklag och tar sig igenom yttertaket och därefter in i den närliggande ytterväggen. Möjligheten för den beskrivna brandspridningsvägen beror på bestrålning mot fasaden från den del av flammen som sticker upp ovanför yttertaket och antändningsegenskaperna hos bestrålad fasad.

Bestrålning från en flamma beror av dennas höjd, bredd, temperatur och avstånd till ytterväggen. Höjden på flammen beror i sin tur bland annat på öppningens storlek i taket och hur syre tillförs till den lokal eller utrymme det börjat brinna i.

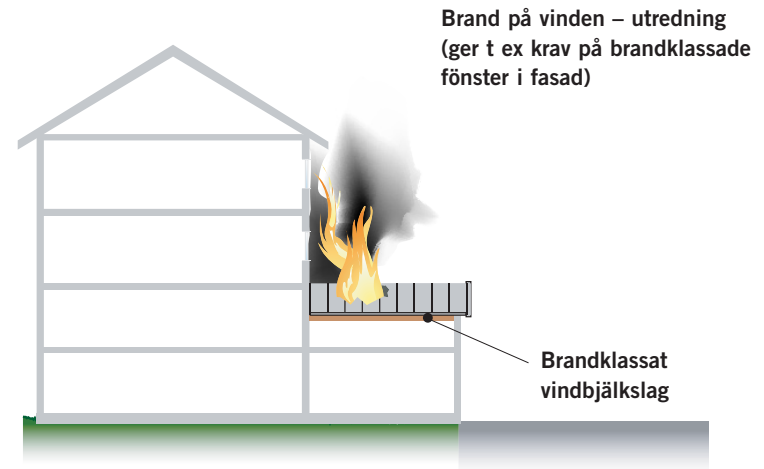


BILD 4.20
Finns det risk att en brand kan uppstå på vinden ovanför ett brandcellsskiljande vindsbjälklag?

Detta innebär att generella regler inte kan ges om hur brandspridning skall förhindras. Därför finns i byggreglerna inte några skyddsavstånd angivna, vilket betyder att en utredning måste göras i varje enskilt fall.

Brandspridning som beskrivs ovan kan förhindras antingen genom att ytterväggen inklusive fönster eller takkonstruktionen ges ett visst brandmotstånd. Alternativt kan den lägre liggande lokalen sprinklas.

Genom olika typer av beräkningar går det att visa att de angivna kraven uppfylls.

Metoder för beräkningar, beräkningsförutsättningar m m lämnas i [9].

Brännbar isolering i ytterväggar

Risken för brandspridning inne i en yttervägg har traditionellt ansetts vara stor om isoleringen är brännbar eller om det finns brännbara regler i konstruktionen. Detta har också i äldre föreskrifter inneburit generella begränsningar för bland annat hur brännbar isolering fått användas.

Avgörande för omfattningen har varit möjligheterna till åtkomlighet för brandsläckning liksom våningsantalet.

I byggnader med fler än åtta våningsplan har generellt gällt att brännbar isolering normalt inte fått användas. Detsamma har tillämpats vid vårdanläggningar i byggnader i klass Br1, oavsett antal våningsplan.

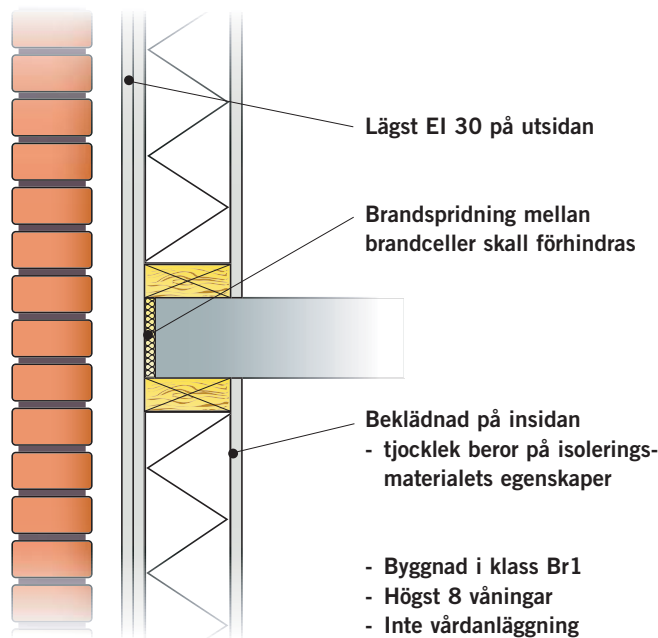


BILD 4.21 Generella rekommendationer om icke provade fasadkonstruktioner används.

I byggnader med högst åtta våningsplan har brännbar isolering fått användas om denna skyddats mot brand både utifrån och inifrån. Detta oavsett om väggen varit åtkomlig för släckning eller inte. Dessutom har avbrott generellt utförts vid brandcellsskiljande byggnadsdelar.

Luftspalt i ytterväggen har inte heller kunnat begränsas med brännbara material med hänsyn till brandspridningsrisken inuti väggen.

Som ytterligare krav för att få använda brännbar isolering i ytterväggar har gällt att isolermaterial skall skyddas mot brand utifrån i lägst brandteknisk klass EI 30.

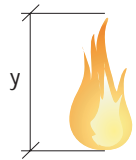
För byggnader i klass Br2 eller Br3 har generellt inga begränsningar gällt, bortsett från de avskiljande krav som tillämpas för småhus i olika sammanhang samt generella krav på fasadmaterial.

Ytterväggar med EPS-cellplast

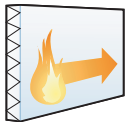
I samband med utveckling av olika tilläggsisoleringssystem framkom under 1980-talet önskemål om att i större utsträckning använda till exempel EPS-cellplast som isolermaterial. Fördelar bland annat vid putsning och montering ledde fram till detta. De äldre reglernas begränsningar var baserade på provningar i laboratorieskala.

Mot den bakgrunden genomfördes en stor försöksserie med fullskaleprov enligt en provningsmetod som utvecklats av LTH och Statens Provningsanstalt (numera Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut). Resultaten finns beskrivna i [11].

Provningarna visade bland annat



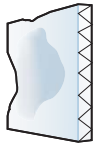
- flamlängder



- flamspridning längs fasadytan



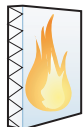
- nedfall av fasaddelar



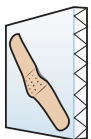
- deformationer



- tid för brandspridning till ovanförliggande våning



- brandspridning i isoleringen



- skadeomfattning

Från resultaten kan nämnas att den konstruktiva utformningen och kombinationen av olika material från brandsynpunkt är viktigare än brandegenskaperna hos de ingående materialen.

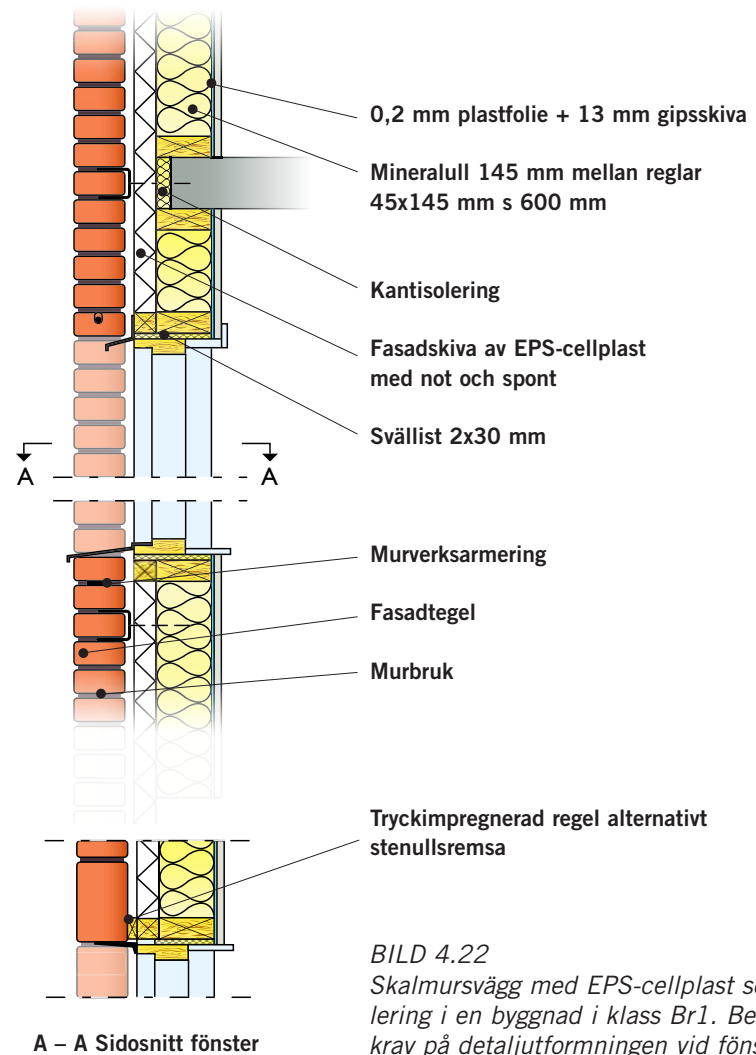
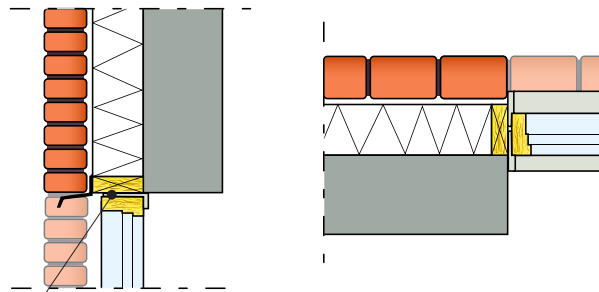


BILD 4.22
Skalmursvägg med EPS-cellplast som isolering i en byggnad i klass Br1. Beakta krav på detaljutformningen vid fönster.

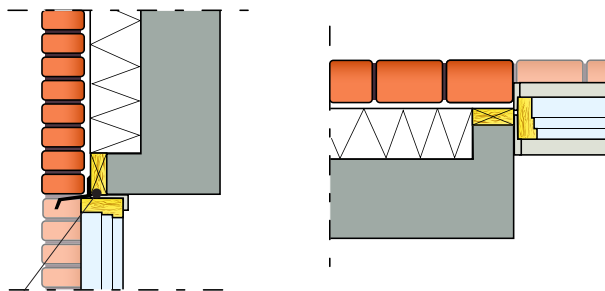
Brandförsöken har också lett fram till att det i byggreglerna [1] inte finns ett generellt krav på att en yttervägg i Br1-byggnader helt igenom skall bestå av obrännbart material. Däremot skall de grundläggande funktionskraven – som tidigare redovisats – uppfyllas.

Alternativ 1



Svällist 2x30 mm

Alternativ 2



Svällist 2x30 mm

BILD 4.23

Detaljutföranden vid fönster som används vid skalmur med EPS-cellplast som isolering.

För att visa att en yttervägg uppfyller kraven kan – som redan nämnts – en provning enligt SS-EN 13501-2 (tidigare SS 02 48 20) respektive SP FIRE 105 användas.

Eftersom det är svårt att utifrån små laboratorieprov bedöma en hel ytterväggskonstruktion är det därför avgörande med rutinmässig provning enligt SP FIRE 105 i takt med att nya ytterväggskonstruktioner utvecklas. Vid prov som genomförts har framkommit att ett brännbart isoleringsmaterials brandtekniska egenskaper har mindre betydelse om den skyddas tillräckligt mot syretillförsel som kan underhålla en förbränning. Detta innebär att detaljutförande och materialval vid håltagning, fönster m m måste ägnas särskild omsorg. Provningarna ger också besked om hur dessa detaljer fungerar i praktiken.

Prov av ytterväggar enligt SP FIRE 105 redovisas bland annat i [2], [3], [4], [5], [6], [7], [8] och [10].

Om lösningar med EPS-cellplast som inte har provats skall användas bör de generella rekommendationerna användas.

Genom angivande av funktionskrav öppnas större möjligheter att prova nya lösningar eftersom detaljerade begränsningar har tagits bort ur regelverket.

För detaljupplysningar om olika ytterväggskonstruktioner hänvisas även till tillverkarna av EPS-cellplast.

Brandskydd vid småhus

Brandspridning mellan bostadslägenheter i småhus skall förhindras i 60 minuter.

Skydd mot brandspridning kan åstadkommas antingen genom att avståndet mellan byggnader är tillräckligt stort eller att de sammanbyggs med en avskiljande konstruktion i brandteknisk klass EI 60. Detta krav gäller vid småhus

också i fastighetsgräns i stället för brandvägg. Av rådtext i byggreglerna framgår att om avståndet mellan byggnaderna är mindre än 2 m måste antingen en av ytterväggarna utföras i brandteknisk klass EI 60 eller båda i klass EI 30. För dessa väggtyper finns flera brandförsök utförda som visar att kraven kan uppfyllas med ytterväggar isolerade med EPS-cellplast, se [4] och [5].

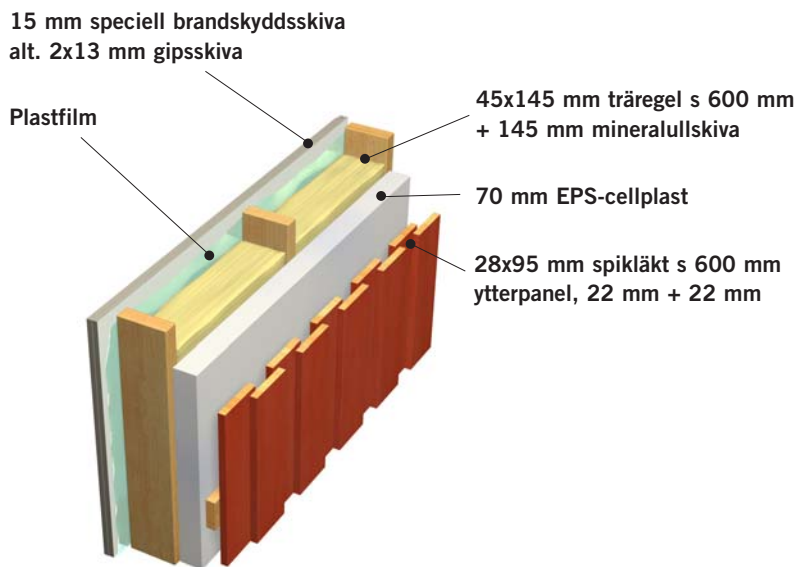


BILD 4.24
Yttervägg som uppfyller kraven för brandteknisk
klass EI 60. Brand mot väggens insida.

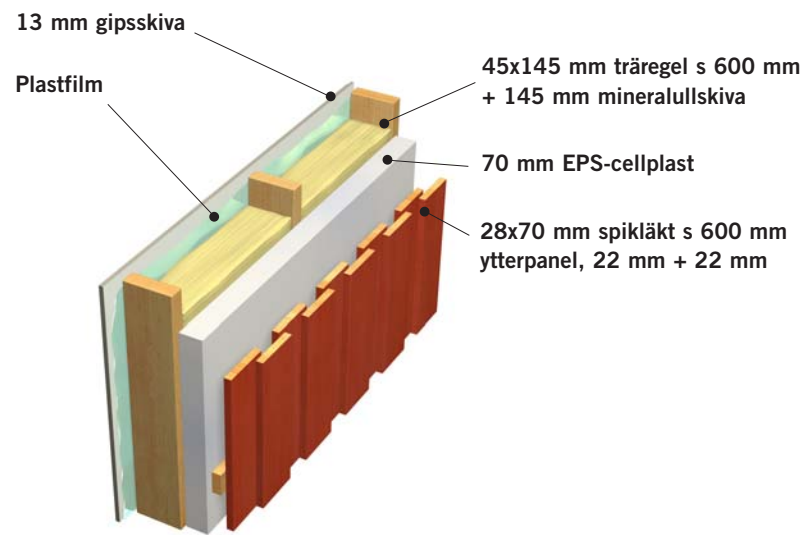


BILD 4.25
Yttervägg som uppfyller kraven för
brandteknisk klass EI 30.

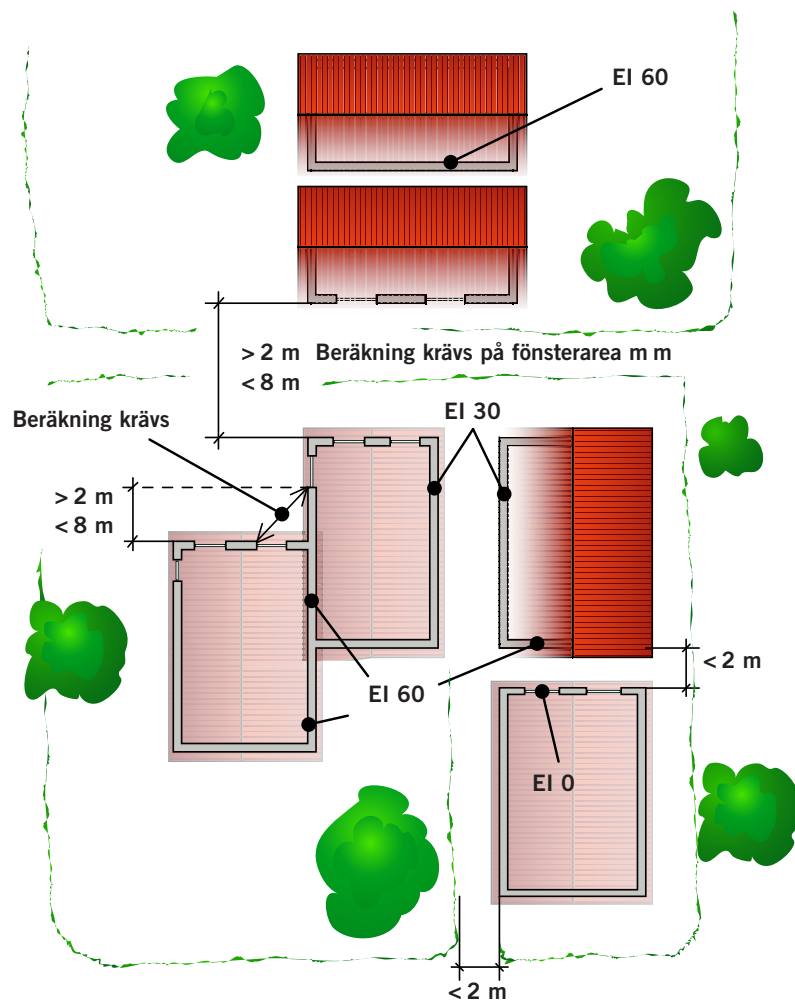


Bild 4.26
Skyddsavstånd och utförande av ytterväggar vid småhus. Med beteckningen "EI 0" menas i detta fall en vägg utan brandmotstånd.

Vid beräkning av skyddsavstånd, som beror av fönsterarea, ventilationsförhållande i den brinnande byggnaden, brandbelastning, ytterväggens och takets brandmotstånd, kan antändning anses förhindrad om bestrålningen på angränsande fasad understiger 15 kW/m^2 . De angivna skyddsavstånden förutsätts gälla – trots att detta inte anges i byggreglerna – om de delar av ytterväggarna som inte utgörs av fönster utförs i minst brandteknisk klass EI 30.

Komplementbyggnader, till exempel garage eller förråd större än 10 m^2 , skall avskiljas från bostadslägenheter så att brandspridning förhindras under 30 minuter.

Av byggreglerna framgår att inga särskilda åtgärder erfordras om avståndet mellan bostadslägenhet i småhus och komplementbyggnad är större än 4 meter.

Erforderligt skydd mot brandspridning anses dessutom föreligga:

- om avståndet mellan byggnaderna är mindre än 4 m, men större än 2 m, och att det genom beräkning kan visas att brandspridning inte kan ske genom ett tillräckligt långt skyddsavstånd
- om avståndet understiger 2 m och en av de motstående väggarna utförs i brandteknisk klass EI 30

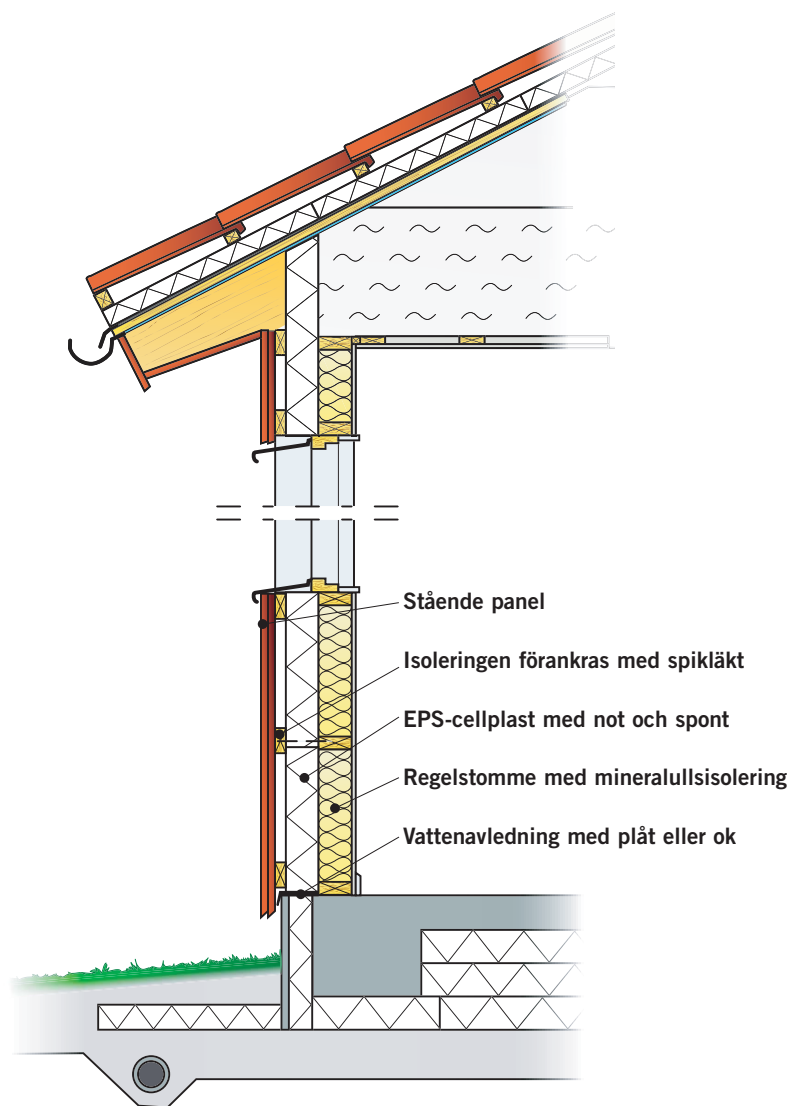


BILD 4.27
Yttervägg i småhus med EPS-cellplast som värmeisolering och vindskydd.

Brandförsäkringar

För industri- och handelsbyggnader samt i viss mån även kommersiella lokaler diskuteras ofta materialvalet i till exempel tak och väggar utifrån försäkringstekniska grunder. Försäkringsgivarna har genom ett klassificeringssystem i stor utsträckning påverkat materialvalet. Detta har bland annat medfört stora skillnader i premie mellan obrännbar och brännbar isolering.

Den slutliga försäkringspremien sätts dock med hänsyn till faktorer som har lite med byggnadsmaterialen att göra, t ex verksamhet, skyddsåtgärder, lagringsförhållanden och riskerna för att skador kan uppstå. Det är inte materialen i sig som orsakar en brand, däremot kan material i väggar och tak medföra en ökad risk för brandspridning när en brand uppstår.

Erfarenheterna från bränder liksom resultatet vid provningar visar också att ingående byggnadsmaterial påverkar brandens omfattning – och spridning – mindre än brister i detaljutföranden. Ett undantag från detta är dock fritt exponerade ytskikt och beklädnader av brännbara material.

I [12] finns ett förslag till en försäkringsmodell som kan ligga till grund för en mer funktionsbaserad premiesättning. Modellen begränsas till de delar som behandlar byggnaden, dess storlek och innehåll samt olika brandbegränsande åtgärders påverkan. Genom att värdera olika faktorerers relativa betydelse på inverkan på brandrisk, brandspridning och brandförlopp går det att bestämma storleken på en brandförsäkringsfaktor.

De olika faktorerna delas i förslaget upp i följande grupper:

- riskfaktorer, R
- brandspridningsfaktorer, B
- passivt brandbegränsande faktorer, P
- aktivt brandbegränsande faktorer, A
- värdefaktorer, V
 - utrustning och innehåll, V_i
 - byggnadens värde, V_b
 - kostnad för ett avbrott, V_a
- brandförsäkringsfaktor, F

Enligt [47] kan brandförsäkringsfaktorn sättas till:

$$F = R B A (V_i + V_b + V_a)$$

I beräkningsexempel i [12] anges att den modell som använts hittills kan ge 6–10 gånger så hög försäkringspremie med hänsyn till enbart materialval. Enligt ovan angivna modell begränsas skillnaden till högst 2.

Att tänka på

På marknaden finns idag putssystem med putsbärare av EPS-cellplast som är provade och som även har bedömts uppfylla de kriterier som framgår av BBR. Det finns även utföranden med EPS-cellplast i skalmurskonstruktioner som är provade och uppfyller brandkraven.

När dessa system används är det viktigt att beakta de förutsättningar som gäller för detaljutföranden vid fönster, dörrar eller andra håltagningar i fasaden där en brand kan påverka cellplasten. En sådan detalj kan till exempel vara genomföringar med olika typer av ventilationsdon genom ytterväggen. En plåtkanal som ligger dikt mot cellplasten inne i en konstruktion kan om den blir varm vid en invändig brand innebära att cellplasten påverkas.

Tillverkarna har anvisningar om förstärkningar, putstjocklek, tätningar m m som måste efterlevas om systemen skall ge tillräckligt skydd i händelse av en brand. En detalj som ofta glöms bort är hur putsen skall avslutas vid takfot.

Putsen – eller något annat obrännbart material – måste skydda cellplasten även på den kant som kommer att ligga upp mot yttertaket. En annan detalj är utformningen vid sockel eller mark. Även här måste fritt exponerad EPS-cellplast skyddas.

Ytterväggar med putsbärare av EPS-cellplast bör inte användas där räddningstjänsten inte har möjlighet att göra en utvändigt släckinsats med hänsyn till möjligheter till åtkomlighet, höjd m m.

Vidare är det viktigt att tänka på den risk för brand som lätt kan spridas i EPS-cellplast innan putsen har påförts. Mot den bakgrunden skall noga övervägas om EPS-cellplast skall användas som putsbärare i markplan eller på andra plan där det är risk för att brand lätt kan anläggas eller uppstå i samband med produktionen av byggnaden.

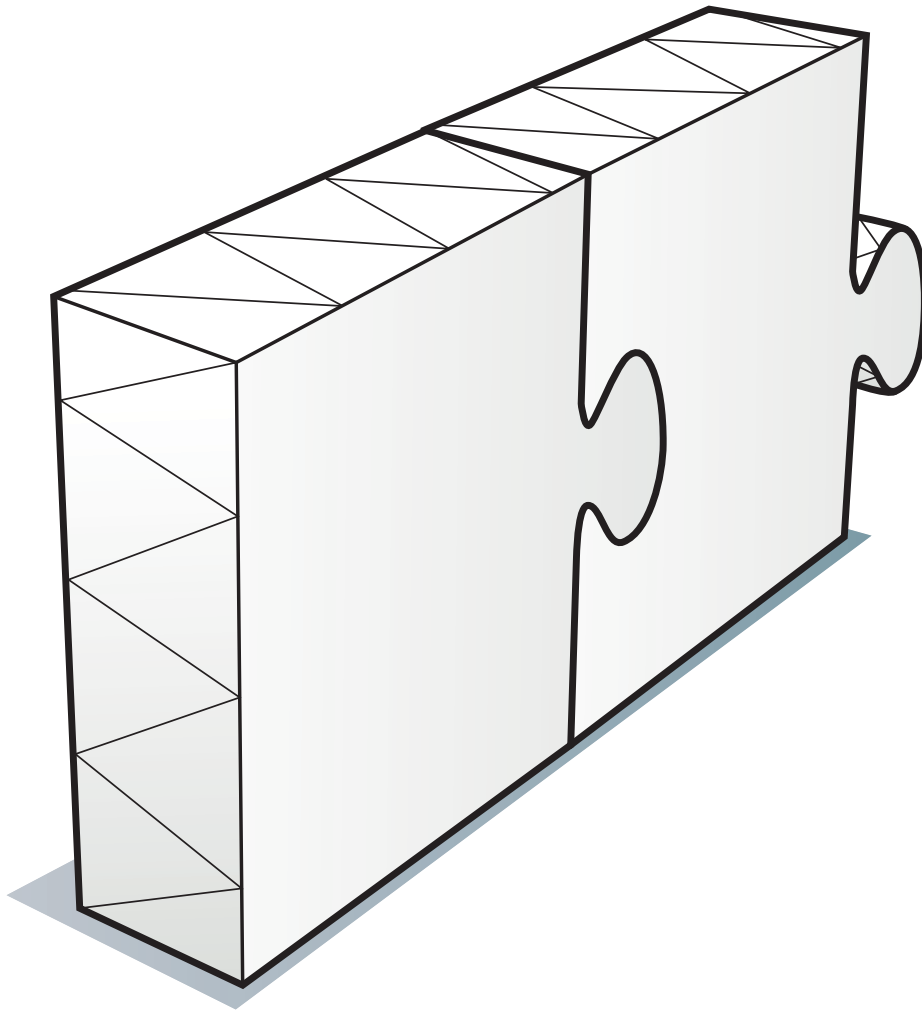
Kontrollpunkter

- används rätt tjocklek på putsen?
- används rätt tjocklek på isoleringen?
- är anslutningar vid smyggar mot fönster och i enlighet med tillverkarnas anvisningar?
- finns genomföringar genom väggen som kan innebära att cellplasten kan påverkas redan vid måttlig temperaturstegring?
- finns oskyddade delar av cellplasten?

Litteratur

- [1] Boverkets Byggregler. BBR. BFS 1993:57 med ändringar 2006:12
- [2] SP-rapport 90-R10326 (1991-06-05).
- [3] SP-rapport 90-R10392 (1991-06-05).
- [4] SP-rapport 90-R10392A (1995-03-27).
- [5] SP-rapport 91-R10326B (1995-03-27).
- [6] SP-rapport 91-R10285B (1991-08-07).
- [7] SP-rapport 91-R10285 (1991-05-16).
- [8] SP-rapport 91-R10408A (1995-03-27).
- [9] Brandskyddshandboken. Brandskyddslaget och LTH. Lund 2002.
- [10] SP-rapport 91-R10408 (1991-11-27).
- [11] Ondrus, Pettersson. Brandrisker – utvändigt tilläggsisolerade fasader. LTH. 1986.
- [12] Ranby Anders. Bränder i lätta industri- och hallbyggnader. Förslag till försäkringsmodell. Stålbyggnadsinstitutet. Publikation 145, 1994.
- [13] Kvalitetsansvarig. Tekniska föreskrifter. Nivå K. Kurskompendium. Byggtbildarna, BygginfoSwede. Stockholm 1999.

KONSTRUKTIONSLÖSNINGAR



Torbjörn Osterling, byggnadsingenjör. Torbjörn har varit verksam i byggbranschen sedan 1966. Förutom arbete som bygg- och brandkonsult har Torbjörn medverkat som författare till flera handböcker om brandskydd, plåt, yttertak och fasader.



Bertil Fredlund, professor inom byggnadskonstruktion vid Lunds tekniska högskola. Bertil arbetar bland annat med frågor rörande energistandarder och energieffektiviseringar kopplat till isolering, fönster och renovering.

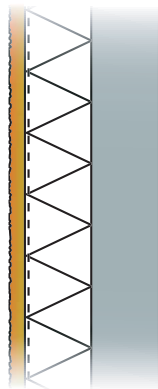
Olika användningsområden

EPS-cellplast används i Sverige som isolerare i ytterväggar främst i följande konstruktionstyper:

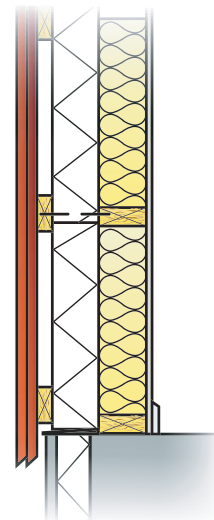
- isolering som putsbärare. Används både vid nybyggnad och ombyggnad. Det senare främst genom tilläggsisolering
- isolering i skalmurskonstruktioner såväl ensamt som i kombination med mineralull
- isolering i olika typer av regelkonstruktioner. Förekommer huvudsakligen på småhus och byggnader med en eller två våningar
- isolering i ytterväggselement
- isolering i sandwichelement

Ett annat användningsområde för EPS-cellplast är som vindskydd i skalmurskonstruktioner. Provet på bland annat SP och LTH har visat att ett vindskydd som samtidigt är värmeisolerande ger minskad risk för sommarkondens. EPS-cellplast används också i viss utsträckning som isolering i olika invändiga tilläggsisoleringssystem. I dessa fall skyddas alltid cellplasten med gipsskivor eller andra material som är tändskyddande.

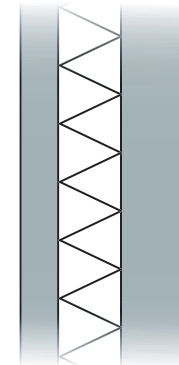
*BILD 5.1
EPS-cellplast
som putsbärare
och värmeisolering.*

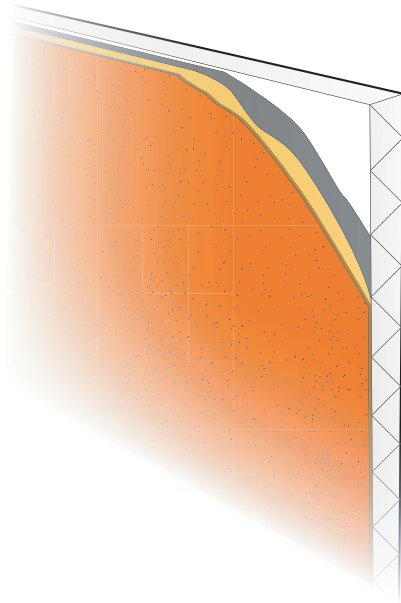


*BILD 5.2
EPS-cellplast som
vindskydd och värme-
isolering i en regel-
konstruktion.*



*BILD 5.3
EPS-cellplast som
värmeisolering i ett
betongelement.*





EPS-cellplast som putsbärare

Allmänt om putsade ytterväggar

Det finns lång erfarenhet av putsade fasader i Sverige. Putsade fasader har traditionellt haft bärande murverk som putsbärare. Vanligt tegel liksom autoklaverad lättbetong har använts. Under senare år har även lättklinkerbetong tillkommit.

Genomgående för dessa konstruktioner gäller att putsen måste ha god vidhäftning till putsbäraren. Det finns även konstruktioner som bygger på att putsen kan röra sig fritt i förhållande till underlaget. Dessa konstruktioner innebär att putsen läggs på en fribärande armering. Idag används stål eller glasfibernet. Tidigare användes bl a vassmattor. Puts på isolering har utvecklats som metod sedan mitten av 1970-talet i Sverige. Byggforskningsrådet initierade i slutet av 1970-talet ett projekt där det bland annat ingick

att utveckla tilläggsisoleringssystem för putsade fasader. I Tyskland har putsning på EPS-cellplast utförts sedan början på 1950-talet.

Puts på isolering

EPS-cellplast och även mineralull används som putsbärare. De första exemplen i Sverige är från början av 1970-talet. Från att i början i huvudsak ha varit tilläggsisoleringssystem har metoderna även börjat tillämpas vid nyproduktion. Detta främst med hänsyn till ökade krav på värmeisolering. Isoleringen fästs mot betong, olika typer av murverk och regelkonstruktioner.

Vid regelkonstruktioner används ett heltäckande skivmaterial, t ex gipsskivor för utvändigt bruk på reglarna och utanpå detta isolering och puts. För utvändiga tilläggsisoleringar gäller att köldbryggor elimineras. Isolerade bjälklagsanslutningar begränsar värmetransporten genom väggen och golven blir lättare att hålla varma. Även väggarnas insidor blir varmare vilket leder till bättre termisk komfort.



*Bild 5.4
I Sverige finns en lång putstradition som kan bevaras även vid högisolerade ytterväggskonstruktioner.*

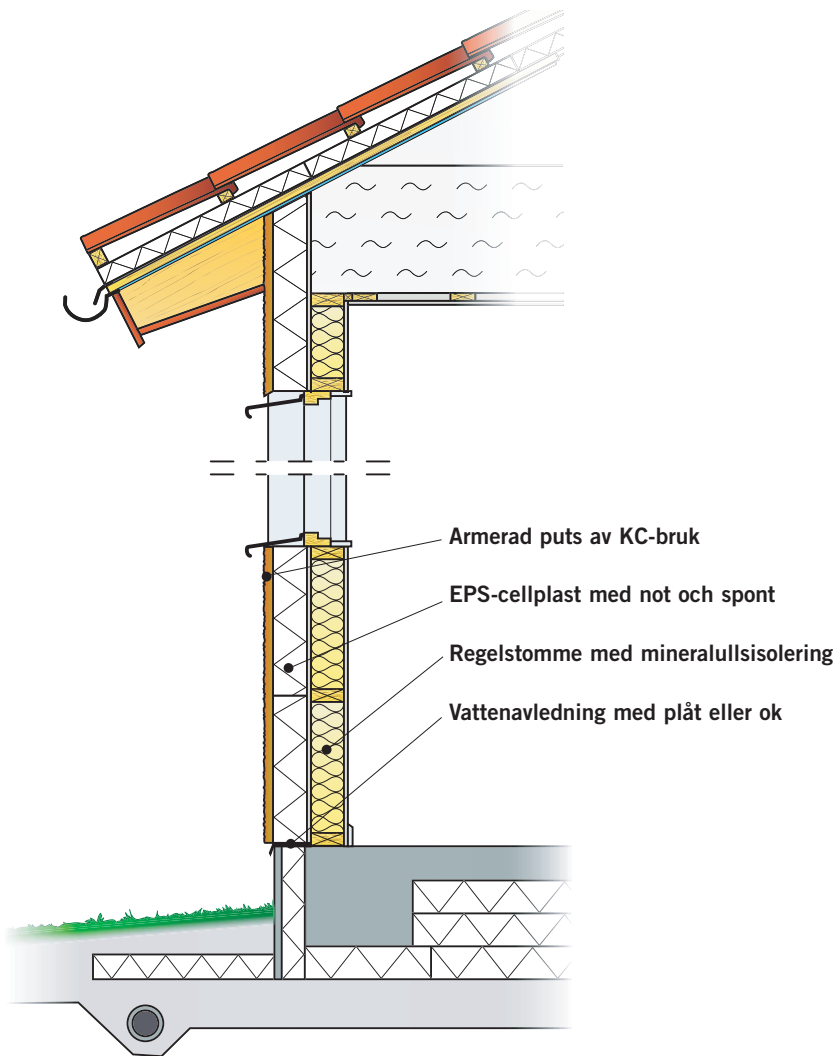


Bild. 5.5
Exempel på träregelvägg med EPS-isolering som putsbärare.

EPS-cellplast som putsbärare

EPS-cellplast som putsbärare har fått en ökad användning under de senaste åren, inte minst vid tilläggsisolering. Metoden att putsa på motgjuten EPS-cellplast används även vid nyproduktion. Bland de fördelar som kan nämnas är cellplastens låga vikt, en slät och jämn yta för put-

sen samt en fukttålig och tryckhållfast isolering. Den EPS-cellplast som används som putsbärare kan vara försedd med not och spont eller falsar vilket innebär att glipor undviks mellan skivorna.

Genom väl utformade detaljlösningar kan vatten förhindras tränga in i väggkonstruktionen. Normalt ger inte heller eventuell fukt i befintlig konstruktion några problem vid tilläggsisolering eftersom EPS-cellplasten inte är ångtät. Ånggenomsläppligheten är tillräcklig för att konstruktionen skall kunna torka ut. Den utvändiga tilläggsisoleringen medför att den befintliga väggkonstruktionen blir varmare och därmed torrare och fuktsäkrare.

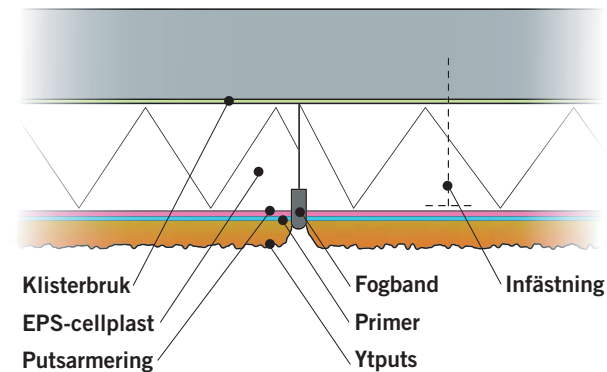


BILD 5.6 Exempel på detalj vid en rörelsefog.

Vid all puts på isolering är det väsentligt att isoleringen är tillräckligt styv. EPS-cellplast har de mekaniska egenskaper som krävs. Om isoleringen rör sig i förhållande till underlaget kan sprickor lätt uppstå. Därför måste EPS-cellplasten fästas väl till underlaget enligt putsleverantörens anvisningar.

För infästningen av cellplastskivorna finns särskilda fästdon. Genom limning och mekanisk infästning säkerställs att extrema vindlaster och klimatförändringar inte medför okontrollerade rörelser i underlaget. Generellt gäller att limningen tar upp skjuvrörelser parallellt med fasadytan. Den mekaniska infästningen skall klara vindlasterna. Vid limning (klistring) av cellplastskivorna kan även mindre buktigheter i underlaget fyllas ut. Därigenom minskar risken att isoleringen fjädrar mot underlaget. Det är också för att få ett slätt underlag och ge möjlighet för limning som regelväggar skall förses med en skivbeklädning som underlag för EPS-cellplasten.

Putstyper och armering

Olika putstyper har använts på EPS-cellplast, såväl tunna som tjocka putser. Idag används huvudsakligen de tunna systemen med en putstjocklek på minst 5 mm. Vid tjockputssystem är putsens tjocklek ca 20 mm.



BILD 5.7
EPS-isolerad yttervägg. Fasaden skall putsas.

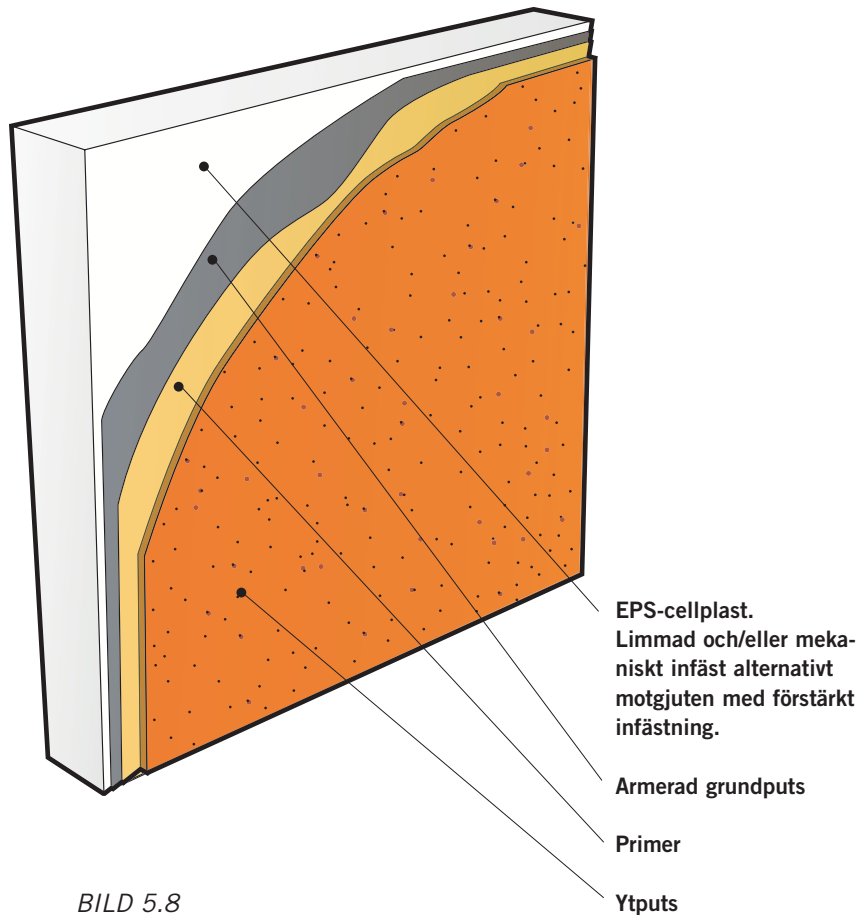


BILD 5.8

Som armering används antingen svetsade förzinkade trådnät eller glasfibernät. Från hållfasthetssynpunkt bedöms båda vara likvärdiga. För att få god funktion hos armeringen skall den vara väl ingjuten och ligga så långt ut som möjligt i putsskiktet. För olika typer av fasaddekorationer är det även möjligt att tillverka formskuren EPS-cellplast som sedan putsas.

Att tänka på

För att få ett fullgott resultat vid cellplast som putsbärare bör följande beaktas:

- EPS-cellplasten skall ha lagrats för att begränsa restkrympningen
- EPS-cellplasten skall alltid fästas enligt putsleverantörens anvisningar
- cellplastsnivorna bör ha not och spont alternativt vara falsade
- EPS-cellplasten skall uppfylla mått och fordringar enligt SS-EN 13163
- EPS-cellplasten skall vara märkt enligt SS-EN 13163
- följ monteringsanvisningarna som hör till typgodkännandeprovning enligt SP FIRE 105. Detta gäller inte minst detaljutformning vid fönster och andra genomföringar i ytterväggen
- använd entreprenörer som arbetar med dokumenterade kvalitetssäkringssystem

Dessutom gäller att putssystemet skall vara anpassat för EPS-cellplast som putsbärare. Använd endast välbeprövade och provade putssystem. De ytputser som används idag är till övervägande del olika typer av konsthartsputser. Olika fibertillsatser förekommer liksom vattenreducerande medel för att kompensera det icke sugande underlaget. Många putser är hydrofoberade, d v s delvis vattenavstötande.

EPS-cellplast i skalmurskonstruktioner



Bild 5.9
Motgjuten EPS-cellplast som putsats med ett tjockputssystem.

Allmänt om skalmurskonstruktioner

Skalmurskonstruktioner har använts i Sverige sedan början av 1950-talet. Konstruktionen utvecklades från de massiva murverkskonstruktionerna, främst för att ge väggen bättre värmeisoleringssegenskaper.

Samtidigt kunde väggen göras lättare. Den bärande stommen kan vara av betong eller murverk. Träregelkonstruktioner förekommer även, inte minst på enbostadshus. Skalmuren som skall skydda den bakomliggande konstruktionen kan inte göras helt tät mot regnvatten. För att konstruktionen skall fungera måste den vara utförd så att det vatten som tränger igenom skalmuren kan ledas ut igen. En luftspalt bakom skalmuren fungerar som

dränering och är även kapillärbrytande för att förhindra fritt vatten att sugas in i bakomliggande konstruktion. Samtidigt skall väggen inifrån vara så konstruerad att fuktbelastningen i den yttre delen av konstruktionen inte blir skadlig.

Ång- och lufttätning måste därför i regel anordnas på väggens insida. Vid träregelkonstruktioner används normalt en 0,2 mm tjock polyetenfilm som ångspärr och lufttätning på väggens insida.

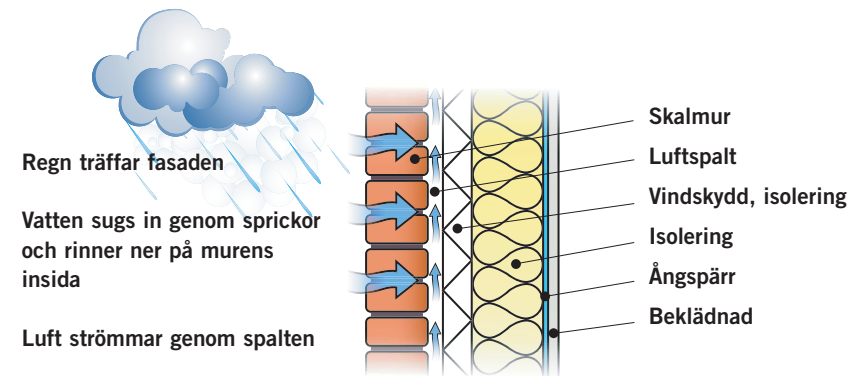
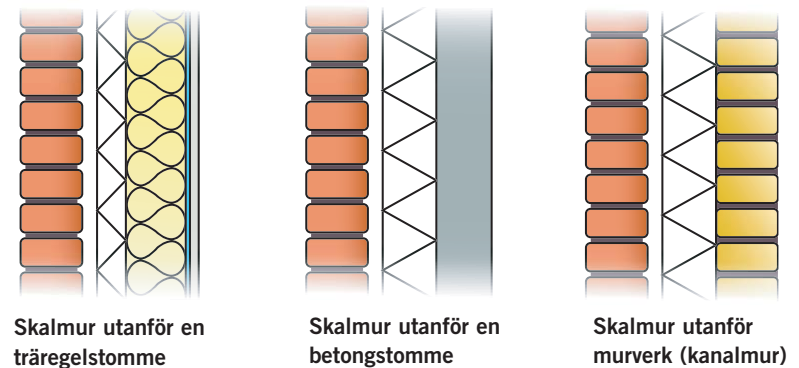


BILD 5.10 Traditionell skalmurskonstruktion.

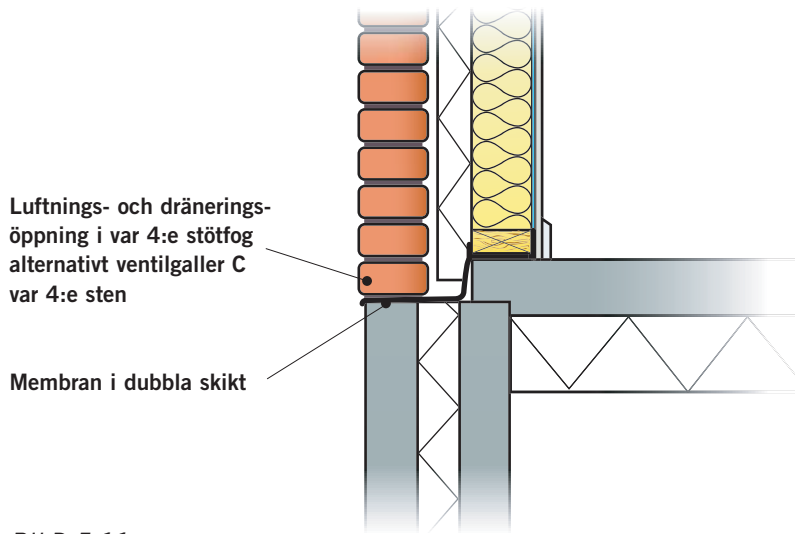


BILD 5.11

I en skalmurskonstruktion skall vatten kunna ledas ut i underkant av konstruktionen. EPS-cellplast är inte kapillärsugande och fungerar även som vindskydd.

Fuktsäkerhet i skalmursväggar

Kenneth Sandin, har i [1] angett grundläggande förutsättningar för skalmursväggar med regelkonstruktioner.

Sammanfattningsvis anges följande:

- luftspalten bör vara minst 30 mm bred. Nedtill skall dräneringsmöjligheter finnas. Luftspalten skall vara fri från murbruk
- värmeisoleringen skall i första hand minska värme-flödet i konstruktionen. En del av värmeisoleringen bör placeras utanför regelstommen. Det höjer temperaturen i väggens yttre delar och kan om rätt material väljs ge extra säkerhet med avseende på dränering och kapillär-brytning
- vindskyddet måste vara fuktbeständigt. Vindskydd som även fungerar som värmeisolering förbättrar konstruktionens egenskaper. Det är här viktigt att vindskyddets

ånggenomgångsmotstånd anpassas till den inre ång/lufttätningens ånggenomgångsmotstånd

- den invändiga lufttätningen kan även svara för ångtät-heten. En ång/lufttätning av plastfilm kan i vissa fall leda till sommarkondens. Lufttätning på annat sätt innebär att vindskyddets ånggenomgångsmotstånd inte får vara för stort. Normalt bör insidans ånggenom-gångsmotstånd vara minst 5 gånger högre än vindskyd-dets ånggenomgångsmotstånd
- den invändiga väggbeklädnaden kan samordnas med lufttätningen. På väggar mot söder och väster bör mycket täta skikt undvikas

EPS-cellplast som isolering i skalmurskonstruktioner

EPS-isolering kan på grund av sina egenskaper användas i alla typer av skalmurskonstruktioner. Undersökningar som utförts vid såväl Sveriges Provnings- och Forsknings-institut [2] som Lunds tekniska högskola [1] visar att EPS-cellplast i många fall på ett positivt sätt medverkar till torra och varma väggar. Exempelvis kan vindskyddet utföras av EPS-cellplast, vilket bl a ger fördelar vid såväl uttorkning av byggfukt som skydd mot omvänd ångtrans-port (sommarkondens).

I välisolerade ytterväggar delas isoleringen upp i flera skikt. En viktig funktion får här en yttre heltäckande iso-lering som samtidigt kan fungera som både vindskydd och kapillärbrytande skikt. En yttre heltäckande isolering för-hindrar också inverkan av köldbryggor. Med sådana konstruktioner hamnar det innanföriggande regelverket i ett varmare och därigenom torrare läge i väggen. EPS-cellplasten fungerar här som en "ytterrock" för konstruk-

tionen. Ofta pekar man på olika risker med EPS-cellplast som vindskydd i en ytterväggskonstruktion med regler, t ex att vindskyddet genom sitt ångmotstånd skulle innebära risk för kondensutfall på insidan av vindskyddet. Detta skulle i så fall kunna inträffa vid bristfällig ång/lufttätning på ytterväggens insida.

Både beräkningar och mätningar [2] visar emellertid att ju tjockare cellplast man använder som vindskyddsskiva desto mindre är risken för kondens eller hög relativ fuktighet (RF) i väggen.

I [3] redovisas omfattande beräkningar som visar att det inte är någon risk för kondens med rätt vald tjocklek på EPS-cellplasten och fungerande ångspärr/lufttätning. Beräkningarna är för samtliga alternativ utförda med utetemperatur -20°C . För en konstruktion har dessutom genomförts en beräkning med -40°C som utetemperatur.

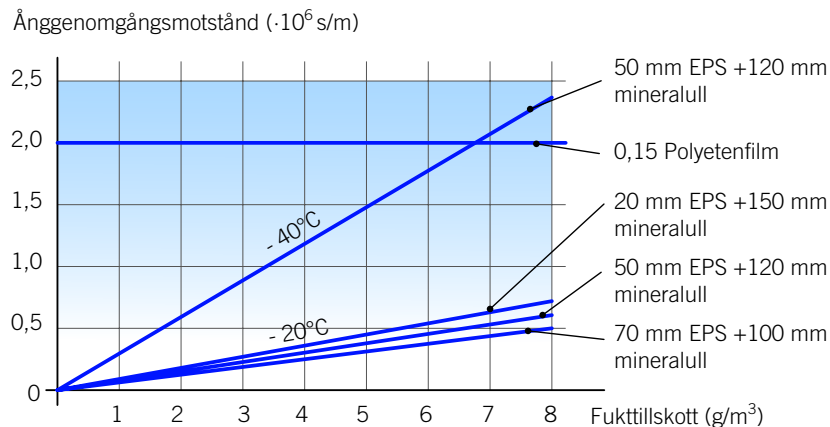


BILD 5.12 Nödvändigt ångmotstånd för att undvika kondens i gränsskiktet mineralull – EPS-cellplast som fuktion av ånghaltstillskott inomhus. (Källa:[3]).

Av figur 5.12 framgår att den typ av ångspärr som idag används (polyetenfilm), med ett ångmotstånd på $2 - 4 \cdot 10^6$ s/m ligger väl på säkra sidan vid ett normalt fukttillskott på ca 4 g/m^3 .

En generell rekommendation är att vindskydd av EPS bör vara minst 80 mm tjockt [2]. I nedanstående figurer redovisas relativ fuktighet (RF) i ytterväggskonstruktioner med respektive utan ångspärr. Beräkningen avser januari månad i Göteborg respektive Luleå vid innetemperatur $+22^{\circ}\text{C}$ samt ett invändigt fukttillskott på 4 g/m^3 . Med ångspärr blir väggen alltid torrare än uteluften ($\text{RF} < \text{RF}_{\text{ute}}$).



BILD 5.13 EPS-cellplast som värmeisolering och vindskydd i ytterväggar innebär möjligheter till optimala väggkonstruktioner ur energisynpunkt.

På grund av att EPS-cellplasten inte påverkas av höga RF-värden kan relativa fuktigheten i cellplasten tillåtas stiga till $\text{RF} < 100\%$ under de kallaste månaderna. En polyeten-

film som ångspärr på insidan av väggen brukar ge tillräcklig lufttätethet för att fuktkonvektion inte skall ske. Även hål och spalter har emellertid stor betydelse för risken för konvektion. Hål kan förekomma vid genomföringar, t ex eldosor. Kondens mot vindskyddet på grund av konvektion kan uppstå om konstruktionen är otät samtidigt som det råder invändigt övertryck och inneluften är fuktigare än vad som motsvaras av daggpunkten för vindskyddet.

Risken för kondens på grund av fuktkonvektion är störst för det vindskydd som har den kallaste innerytan. För en vägg med vindskydd av ett isolerande material, t ex EPS-cellplast är denna risk liten.

Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut har med beräkningar och provningar undersökt risken för kondens på grund av konvektion [4]. Vid provningarna undersöktes även konsekvenserna av ofullkomligheter vid monteringen. Vindskydd av EPS-cellplast respektive papp provades. Även inverkan av fuktiga regler i konstruktionen studerades. Provade konstruktioner bestod av 200 mm mineralullisulering och gipsskiva som lufttätning på insidan.

I resultaten noterades bl a att i de prov där fuktiga regler fanns inbyggda i ytterdelen av den 200 mm tjocka mineralullisuleringen bildades stora mängder kondens. Cellplastskivan blev fuktig på insidan och vindskyddspapp fick kondens på sin baksida. Inbyggd fukt kan således inte torka ut obehindrat genom vare sig cellplast eller vindskyddspapp. Så länge det finns tillgång till fukt kan kondens falla ut. Undersökningen visade att inbyggd fukt torkar ut både genom cellplast och genom vindskydds-

papp. Uttorkningen är dock långsammare genom cellplasten (cirka 60 % av uttorkningen genom papp). Instängd fukt kan alltså torka ut genom EPS-cellplasten även om uttorkningen genom andra typer av vindskydd kan gå lättare [4].

Uttorkning av byggfukt

Under byggskedet finns alltid risk att fukt samlas i olika konstruktionsdelar, särskilt innan tak och väggar kommit på plats. Träregelstommar är mera känsliga än t ex stommar av betong eller murverk, dock erfordras alltid åtgärder för uttorkning av byggfukt. Om ett värmeisolerande och icke fukt känsligt vindskydd används kan detta vid regelstommar monteras helt förbi fönster och eventuella andra håltagningar. Värmen kan sättas på i ett tidigt skede och uttorkning av stommen ske innan ångspärr och/eller



BILD 5.14

Skivor i storformat har monterats utvändigt på träregelstommen. Hål för fönster tas upp först i samband med fönstermonteringen. Värmen inne är påsatt för uttorkning av byggfukt. Beträffande detaljer och monteringsanvisningar hänvisas till respektive tillverkare av EPS-cellplast.

invändig lufttätning monteras. En stor del av byggfukten bör få tillfälle att torka ut innan ytterligare värmeisolering läggs in i en träregelkonstruktion.

Vid montering av fönster tas hål för dessa lätt upp i vindskyddet. Värmemotståndet hos en vindskyddsskiva av EPS-cellplast är tillräckligt för att åstadkomma ett bra torkklimat i byggnaden utan stora värmeförluster.

Om fukt trots allt skulle byggas in, d v s om byggmaterialen i väggen är fuktiga då vindskyddet av EPS-cellplast och den invändiga polyetenfilmen monteras, tar det lite mer än dubbelt så lång tid för samma mängd byggfukt att torka ut genom en tjock EPS-skiva än genom t ex vindskydd av gipsskivor [2]. Inbyggd fukt medför stor risk för mögelpåväxt eller rötangrepp i träkonstruktioner.

Sommarkondens i skalmurar kan undvikas med vindskydd av EPS-cellplast

Mätningar utförda vid LTH [5] visar att en cellplastisolering utanpå träregelstommen medför ett lägre fuktillstånd i väggen under sommaren. För enstaka dygn med starkt solsken på en blöt skalmur är den relativa fuktigheten vid ångspärren i väggens insida 15–25 % lägre i en vägg med vindskyddsskiva av EPS-cellplast jämfört med en vägg med traditionellt vindskydd, se figur 5.15.

Av provningarna framgår att det är ångmotståndet i cellplastskivan som bromsar den inåtriktade fuktvandringen. Resultatet försämras inte av skarvar utförda med normal noggrannhet.

En vindskyddsskiva av EPS-cellplast gör det således möj-

ligt att utan risk för sommarkondens bygga skalmursväggar med normal bredd på luftspalten (20–35 mm) och med bibehållen ångspärr. Säkerheten mot omvänd fuktvandring eller sommarkondens blir större ju tjockare EPS-skiva som används [2].

Att tänka på

För att få ett fullgott resultat vid skalmurskonstruktioner med värmeisolering och/eller vindskydd av EPS-cellplast bör följande beaktas:

- EPS-cellplasten skall ha lagrats för att begränsa restkrympningen
- EPS-cellplasten skall alltid skarvas med not och spont alternativt med falsar. Vid hörn erfordras kompletterande tätning
- skalmuren skall ha ventilerad och dränerad luftspalt samt vara utformad med detaljer som inte medför att vatten leds in i konstruktionen
- välj tjocklek på EPS-cellplast som vindskydd med hänsyn till ångspärrens ångmotstånd samt såväl yttre som inre klimatbetingelser. En vindskyddsskiva av EPS-cellplast bör vara minst 80 mm tjock
- EPS-cellplasten skall uppfylla kraven enligt SS-EN 13163
- för att uppfylla förutsättningarna med hänsyn till brandprov är detaljutförandet vid fönster m m avgörande för konstruktionens brandegenskaper
- monteringsanvisningarna från tillverkarna måste följas
- var aktsam vid montering av skivorna. Skivor som skadas kan medföra springor eller hål. Följden blir sämre täthet och försämrad isolering

EPS-cellplast i träytterväggar

På en- och tvåbostadshus förekommer ofta en fasadpanel av trä utanpå en träregelstomme. Utförandet kan även förekomma på flerbostadshus som har ett eller två våningsplan.

Ytterväggskonstruktionen kan till vissa delar liknas med skalmuren när det gäller hänsynstagande till olika typer av påverkningar, t ex fukt, såväl inifrån som utifrån.

Liksom vid en skalmur måste man vid en utvändig träpanel som fasadbeklädnad utgå ifrån att vatten kan tränga igenom fasadskiktet. För att inte väggen bakom skall skadas bör därför konstruktionen utformas med en spalt för luftning och dränering. Genom rätt utformade och utförda detaljer vid dörrar, fönster, socklar eller dylikt skall eventuellt inträngande vatten kunna ledas ut.

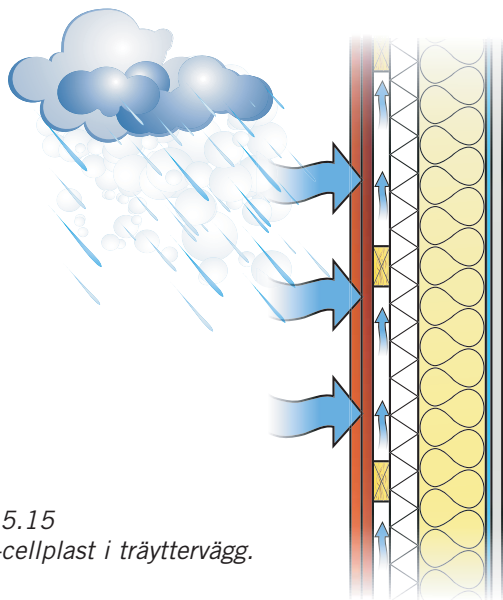


Bild 5.15
EPS-cellplast i träyttervägg.

Vid ett kraftigt regn kommer träfasaden att bli nedfuktad. Uttorkningen påskyndas genom luftspalten.

Sammanfattningsvis innebär ett värmeisolerande vindskydd av EPS-cellplast i träytterväggar:

- en heltäckande isolering utan köldbryggor
- ett heltäckande vindskydd som på grund av den isolerande förmågan minskar risken för kondens pga konvektion
- ett icke fuktkänsligt heltäckande vind- och fuktskydd av bakomliggande funktkänsliga material
- att regelstommen kan dimensioneras för aktuella laster utan hänsyn till behovet av en viss isoleringstjocklek
- att uttorkningen av byggfukt i princip kan startas redan efter det att vindskyddet monterats

Dessutom innebär vindskydd av EPS-cellplast att väggens värmeisoleringsförmåga ökar.

EPS-cellplast i ytterväggselement

EPS-cellplast kan användas som isolering i olika typer av element, främst betongelement. Även olika typer av sandwichelement med EPS-isolering finns på marknaden.

I vissa fall används även benämningen sandwichelement på olika typer av betongelement. En fördel vid elementtillverkningen är EPS-cellplastens formstyvhet och tryckhållfasthet. I t ex ett sandwichelement av betong samverkar cellplastisoleringen med betongskivorna och bidrar till hela elementets styvhet.

I ett betongelement är, utöver vidhäftningen till isoleringen, de båda skivorna förankrade till varandra genom olika typer av armeringsbyglar. Genom att EPS-isoleringen är lätt och enkel att bearbeta finns stora möjligheter att åstadkomma olika typer av väl anpassade element. På marknaden finns förutom helt kompletta ytterväggs-element även sådana som i efterhand putsas eller kompletteras med fasadmurverk. Element med skivor av fiberbetong kan göras tunna samtidigt som man erhåller en god värmeisolering.

Lättklinkerbetong används i vissa element i stället för betong i de yttre skivorna. Genom att olika typer av material kan användas som ytbeklädnad ges stora möjligheter till en varierad fasadutformning. I första hand putsas elementens utsida medan insidan kan förses med olika typer av ytbehandling.



BILD 5.16
Icke bärande ytterväggs-element av fiberbetong med EPS-isolering.

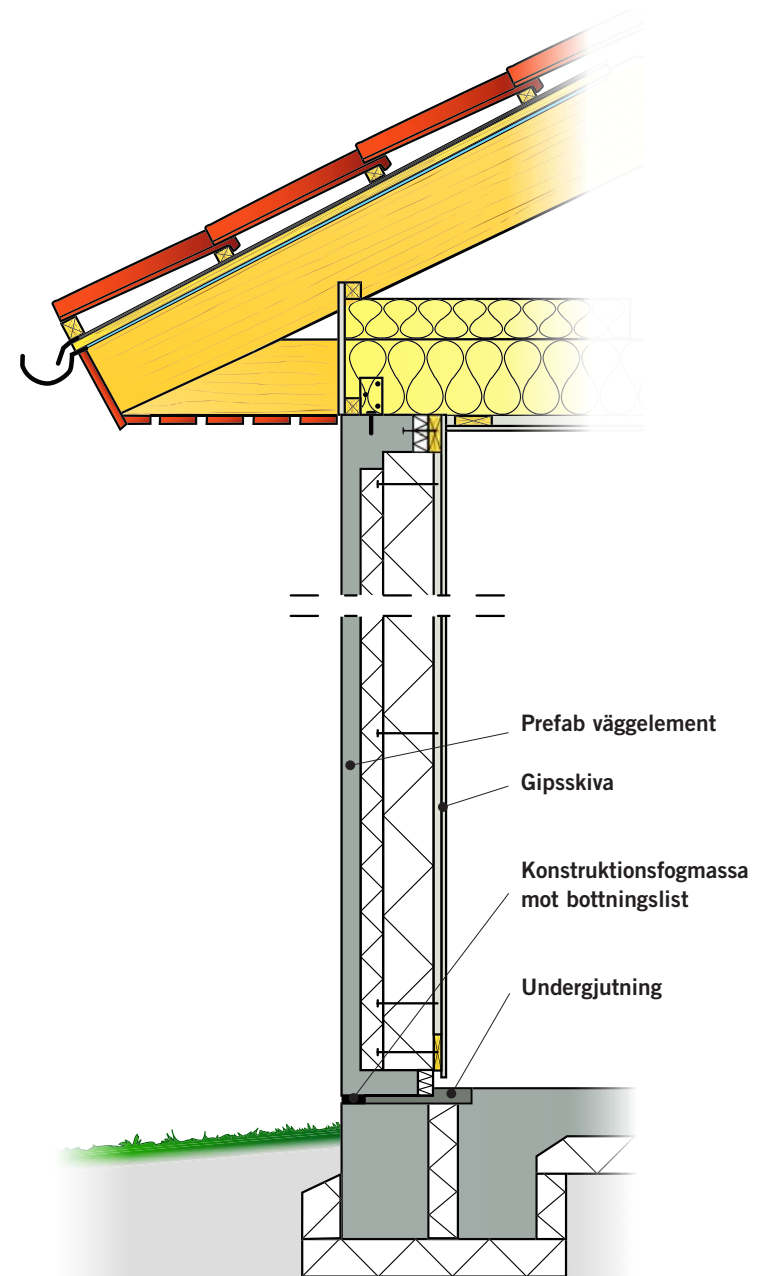


BILD 5.17 Exempel på ytterväggs-element av betong som isolerats med EPS-cellplast.

Betongelement med EPS-cellplast

Vid betongelement används EPS-cellplast som antingen är måttbeställd eller som kapas till på monteringsplatsen. På grund av att isoleringen inte deformeras krävs stor mått-noggrannhet vid tillkapningen för att inte ofullkomligheter skall uppstå i den färdiga konstruktionen.

På grund av EPS-cellplastens låga vattenabsorption kan man räkna med att isoleringen behåller sin isolerande förmåga. Detta redovisas närmare i denna handbok under avsnittet om EPS-cellplatsens egenskaper.

Vid EPS-isolerade betongelement (sandwichelement) är detaljutformningen – liksom vid alla typer av element – viktig, främst vad gäller fogarna. Elementen i sig ger sällan upphov till fuktskador och en EPS-isolering avger inga ämnen som kan påverka betong eller armering. Horisontala fogar bör alltid utformas med kraftig lutning utåt så att nederbörd inte kan tränga in. Vertikala fogar utförs enligt tvåstegsprincipen med en luftad kanal på utsidan direkt bakom en elastisk fogning.

Sandwichelement

EPS-cellplast används ofta som isolering i sandwich-element.

Vid EPS-isolering mellan tunna skikt av t ex plåt utnyttjas isoleringens hållfasthet och styvhet i förhållande till sin vikt. Det ger element med förhållandevis låg vikt och med goda åldringsegenskaper. Med åren ökar dessutom EPS-cellplastens styvhet.



BILD 5.18

Sandwichelement med EPS-cellplast som isolering. Ytskiktet består av plåt.

Eftersom de tunna skikten som omger EPS-cellplasten i en sandwichkonstruktion inte hindrar värmegenomgång vid brand utsätts cellplasten snabbt för förhöjda temperaturer. Även om cellplasten inte börjar brinna förlorar den sin hållfasthet och konstruktionen kan därigenom förlora sin bärande och/eller avskiljande funktion.

Elementen kan kompletteras med t ex gipsskivor eller andra typer av obrännbara material som ökar motståndsförmågan mot temperaturstegring. Svällande färger kan även användas.

Genom brandprov kan olika konstruktioners egenskaper vid brand fastställas. Detta får sedan ligga till grund för val av utförande i varje enskilt fall utifrån de brandtekniska krav som ställs. Även om inga särskilda avskiljande krav ställs måste alltid kraven på ytskikt, eventuella beklädnader liksom bärförmåga beaktas. Vid sandwichelementkonstruktioner utförs byggnadens stomme i regel som ett separat bärverk.

Skarvarna i sandwichelement måste utformas med stor noggrannhet. Detta såväl med hänsyn till fuktpåkänningar som risken för luft- och värmeläckage. Flera olika typer av skarvsystem förekommer.

I skarvarna används olika typer av tätningsmedel. Tillverkarna har även detaljerade anvisningar om dimensionering och utföranden av olika detaljer. Viktiga uppgifter är t ex hur håltagning kan och får göras liksom hur infästning skall ske både av element och detaljer som skall fästas till eller på elementen.

Sandwichelement med EPS-cellplast och ytskikt av plåt har en bra isolerförmåga. Eftersom genomgående regler inte erfordras uppstår normalt inga köldbryggor.

Murblock med EPS-cellplast

System för murning med block isolerade med EPS-cellplast finns på marknaden. Blocken består av lättklinkerbetong på ömse sidor om EPS-cellplast.



BILD 5.19
Murblock med EPS-cellplast.

Bärförmågan hos blocken ligger i den inre tjockare lättklinkerbetongdelen. För både yttre och inre del finns spår för armering. Blocken armeras alltid i liggfogar. Detta gäller både den yttre och inre delen. Dessutom läggs kramlor in som förankrar de båda delarna till varandra. Murningen utförs som en stötfogsfri strängmurning med murlåda.

Blocken kan på såväl in- som utsida putsas. Lufttätthet erhålls med putsningen. Över fönsteröppningar och liknande kan förtillverkade balkar användas. Fönster och dörrar fästs till särskilda beslag, som muras in i väggen.

Väggblock av EPS-cellplast med invändig kärna av betong

Blocken består av element av EPS-cellplast med hål och kanaler som igjutes med betong. Betongen utgör den bärande delen i stommen. Krymparmering läggs in i blockfogarna. För armering i övrigt liksom förtagning mot bjälklag gäller särskilda anvisningar. Särskild hänsyn måste även tas om blocken används vid källargrunder, stödmurar o d.

För dimensionering, utförande mm har tillverkaren detaljerade anvisningar. För ytterväggar kan man räkna med ett U-värde på 0,18–0,22 W/m² K beroende på val av ytbeklädnad.



BILD 5.20
Form-element av
EPS-cellplast som
kan igjutas med
betong.

Väggelementen kan från fuktsynpunkt utföras utan ångspärr på insidan vid normalt rumsklimat (<50 % RF vid +20°C). Vid andra förhållanden måste ångspärr monteras. Ytterbeklädnad som har ett högt ånggenomgångsmotstånd (>100 · 10³ s/m) innebär att en yttre luftspalt måste finnas.

För byggnader i klass Br2 och Br3 gäller att utsidan inte behöver ges något särskilt skydd av brandtekniska skäl. Det är alltså möjligt att antingen putsa direkt på cellplasten eller att montera en träpanel. Vid montering av träpanel skall en luftspalt finnas bakom träpanelen av fukttekniska skäl.

Tilläggsisolering av ytterväggar

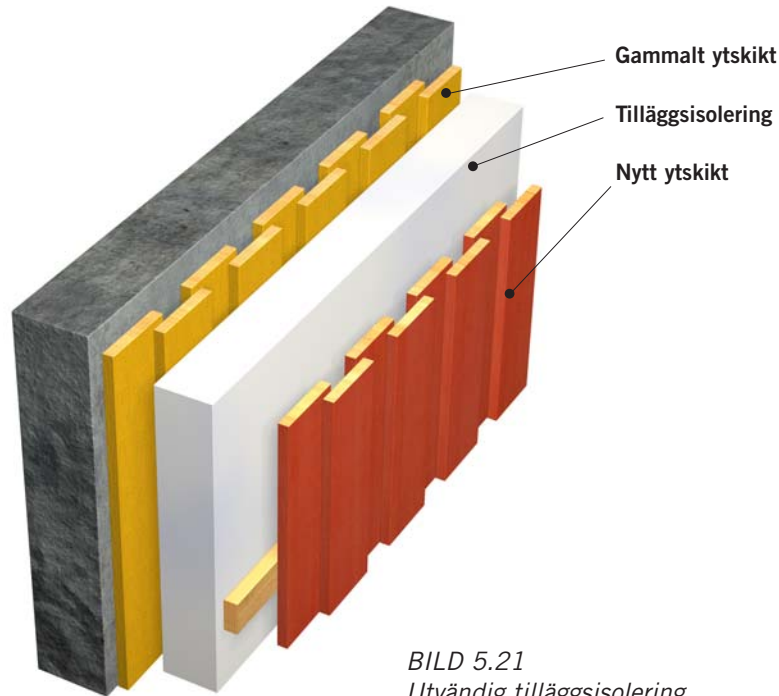
Äldre byggnader har jämfört med hus uppförda under de senaste 10–15 åren sämre isolerförmåga. I vissa fall kan sättningar eller skador ha uppstått som medför köldbryggor och luftläckage. Vanligast är dock att isoleringen är för tunn.

Idag ställs höga krav på energihushållning och miljöhänsyn. En viktig del i detta är att begränsa energiförbrukningen genom en ökad värmeisolering.

Invändig eller utvändig tilläggsisolering?

När en komplettering av ytterväggens isolerförmåga skall göras finns olika system att tillgå. Samtidigt måste också den nya väggens fuktbalans kontrolleras för att undvika framtida nya problem.

Tilläggsisolering kan göras på två sätt, utvändigt och/eller invändigt. I vissa fall kan även befintliga hålrum i en yttervägg fyllas med isolering.



Vid en invändig tilläggsisolering får inte hela ytterväggen ett förbättrat U-värde eftersom bjälklagskanter och vägganslutningar kommer att ha samma isolering som tidigare och köldbryggor uppstår.

Med en invändig tilläggsisolering blir den befintliga ytterväggen även kallare och därmed i allmänhet känsligare för fukt än tidigare. Även om fuktbelastningen utifrån mot

ytterväggen är oförändrad medför temperatursänkningen att relativa fuktigheten (RF) i genomsnitt ökar i den gamla väggen. Murade väggar klarar oftare en RF-höjning utan problem medan träväggar är känsligare. I varje enskilt fall bör dock alltid en fuktdimensionering göras.

Dessa problem uppstår inte vid en utvändigt tilläggsisolering. Hela ytterväggen kan isoleras och köldbryggor undviks. I tidigare avsnitt har också påtalats att den yttre isoleringen ger fördelar även från fuktsynpunkt, inte minst i träregelkonstruktioner. Vindskydd och värmeisolering kan erhållas i ett skikt och vad gäller tjockleken på isoleringen så finns inga begränsningar, även om naturligtvis fuktförhållandena måste kontrolleras med hänsyn till risken för kondens vid yttre tätare material på grund av diffusion och/eller konvektion.

Nackdelar med en utvändigt tilläggsisolering är att fasadens utseende förändras. Normalt erfordras även bygglov. Detta är inte minst viktigt vid byggnader med särskilda värden från historisk eller kulturell synpunkt. En invändig tilläggsisolering innebär ofta störningar för de boende. Utvändigt tilläggsisolering är därigenom att föredra, men innebär i stället krav på ställningar m m. Om fasaden på en byggnad av olika skäl måste åtgärdas förordas en utvändigt tilläggsisolering. Den utvändiga tilläggsisoleringen är dyrare än den invändiga men i samband med fasadrenovering blir den i regel alltid lönsam.

Att tänka på

Vid tilläggsisolering av ytterväggar bör följande beaktas:

- studera befintlig konstruktion vad gäller såväl teknisk som estetisk status
- välj utifrån de tekniska och estetiska kraven en utvändig eller invändig tilläggsisolering
- vid invändig tilläggsisolering skall en kontroll av fuktbalansen i väggen göras. Beakta krav på ångspärr och risk för kondens
- välj detaljer och utföranden så att de brandtekniska kraven uppfylls. Tekniska lösningar finns
- följ tillverkarnas monteringsanvisningar och rekommendationer för olika detaljer. Vid osäkerhet, rådgör med tillverkaren
- EPS-cellplasten skall alltid uppfylla kraven enligt SS-EN13163

Ekonomiska fördelar med tjockare isolering

En ökning av tjockleken hos en EPS-isolering ger förutom högre fuktsäkerhet även bättre värmeekonomi.

Beräkningar som gjorts visar att en självbärande vindskyddsisolering av EPS-cellplast kan ges ökad tjocklek utan tröskeeffekter på grund av ökade kostnader för reglar eller dylikt.

Genom att jämföra kostnaden för sparad energi, besparingskostnaden, med dagens energipris kan man bedöma om en åtgärd är lönsam eller inte.

En ökning av isoleringstjockleken är alltid lönsam så länge den marginella besparingskostnaden (för det sista steget)

är lägre än dagens energipris, se nedanstående tabell.

Lönsamheten beräknas på följande sätt: $L=EB \cdot (E-BK)$ där BK är besparingskostnaden (kr/kWh) som är nuvärdet av den ökning av investeringskostnaden som erfordras för att spara en kilowattimme, E är dagens energipris (kr/kWh) inklusive alla skatter och avgifter, EB är den årliga energibesparingen (kWh/m², år) och den bestäms enligt $EB=\text{skillnad i U-värde} \cdot Q$. Där Q är värmeförbruknings-talet för aktuell ort.

Ökad isolering från 50 mm (U-värde 0,238 W/m²K) till 100 mm (U-värde 0,180 W/m²K) EPS-cellplast ger:	
Energibesparing EB (kWh/m ² , år)	6,15
Besparingskostnad (kr/kWh)	0,15
Lönsamhet (kr/m ² ,år)	5,10

Tabell 5.1

Energibesparing och lönsamhet vid ökad isolering (från 50 till 100 mm) på vindskyddsisoleringen. Beräkningen avser en träregelvägg 45x120 mm s 600 mm med värmeisolering med λ -värdet 0,037 mellan reglarna och utvändig vindskyddsisolering av EPS-cellplast.

Byggnaden förutsätts belägen i Göteborg och ha en livslängd på 50 år. Dagens energipris har satts till 1 kr/kWh och framtida energiprisökning uppskattas till 4 % per år. Önskad realränta på den ökade investeringskostnaden har satts till 4 %.

Litteraturlista

[1] Sandin Kenneth, Skalmur med träregelstomme. BFR T10:1993, Stockholm 1993

[2] Örtegren-Sikander, EPS-cellplast som värmeisolering och vindskydd. SP AR 1992:69. Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut

[3] Isberg Jan, Styrencellplast som vindskydd. Rapport nr 814, 1992, CTH

[4] Rapport 89 E7 4168, SP. 1990-07-03

[5] Sandin Kenneth, Rapport TVBM-7064, Lund 1993



ISBN 91-85107-07-7

