

# EPS i grund och mark

Rätt dimensionerad?  
Räkna rätt med  
PEPS!



Grundboken är framtagen av EPS-Bygg, branschorganisationen för cellplasttillverkare i Sverige, [www.eps-bygg.se](http://www.eps-bygg.se)

Medlemmar 2010 är:

BEWI, [www.bewi.com](http://www.bewi.com)

Cellplast Direkt, [www.cellplastdirekt.se](http://www.cellplastdirekt.se)

Jackon, [www.jackon.se](http://www.jackon.se)

Sundolitt, [www.sundolitt.se](http://www.sundolitt.se)

Thermisol, [www.thermisol.se](http://www.thermisol.se)

## Förord

Tack för att du läser EPS i Grund och Mark – en praktisk handbok som visar hur EPS kan användas som isolering i grund och mark.

När du läst boken kommer du att förstå vad som gjort EPS till det vanligaste och mest naturliga valet för isolering i grund och mark.

Boken är framtagen av EPS-Bygg. Faktaunderlaget kommer från beprövade konstruktioner samt forsknings- och utvecklingsprojekt utförda tillsammans med bland annat de tekniska högskolorna och SP, Sveriges Tekniska Forskningsinstitut.

Det här är den andra upplagan av EPS i Grund och Mark. Liksom i den första utgåvan hittar du ett flertal exempel på principiella konstruktionslösningar – plus ett helt nytt kapitel om energiberäkning i platta på mark. Tillkommit har även texten om PEPS, som är EPS-Byggs webbaserade mjukvara för dimensionering av EPS i platta på mark. Därtill har kapitlen om tjälskydd och bärande konstruktioner utvecklats och uppdaterats.

EPS-Bygg är en sektorgrupp inom Plast- & Kemiföretagen. Vi verkar för att användningen av EPS ska ske på ett fackmässigt och byggnadstekniskt riktigt sätt; med tillvaratagande av produkternas tekniska, ekonomiska och miljömässiga fördelar vid tillverkning, användning, återanvändning, återvinning eller energiutvinning.

Till samtliga personer som medverkat till framtagandet av boken riktar vi ett stort tack!

Stockholm i mars 2010

*För EPS-Bygg  
Pontus Alm*

## Innehåll

	<b>DEL 1</b>	<b>DEL 2</b>
<i>Isolering under platta på mark</i>	4	21 <i>Allmänna fuktaspekter på grundläggning av Ingemar Samuelson, teknologie doktor</i>
<i>Isolering av källarväggar</i>	8	
<i>Flytande golv</i>	11	35 <i>Bärande konstruktioner med EPS av Henrik Carlsson, civilingenjör</i>
<i>Tjälisolering</i>	12	49 <i>Tjälskydd för grunder av Carl-Erik Hagentoft, professor</i>
<i>Lättfyllning och lastkompensation</i>	14	
<i>Användarens syn på EPS</i>	16	61 <i>EPS som isolering under platta på mark Fuktaspekter av Lars-Olof Nilsson, professor</i>
<i>Konstruktioner</i>	18	69 <i>Energiberäkning platta på mark av Hans Wetterlund, civilingenjör</i>
		76 <i>Fakta om EPS</i>
		77 <i>Tekniska termer</i>

# ISOLERING UNDER PLATTA PÅ MARK

Platta på mark rätt utförd är ur fuktsynpunkt en problemfri konstruktion. I Sverige har golvkonstruktionen tidvis varit skadedrabbad sedan den infördes i början av 1950-talet. Det är i huvudsak två utföranden av platta på mark som drabbats av fuktskador främst under perioden 1965–1985:

- betongplatta med uppreglat trägolv och överliggande värmeisolering
- betongplatta med underliggande lättklinker som värmeisolering

De flesta skadorna orsakades av markfukt i ångfas eller vätskefas. Det vi har lärt oss av dessa skador är att bygga platta på mark med en underliggande kapillärbrytande och diffusionströg värmeisolering som skydd mot markfukt samt att låta byggfukten i betongen torka ut innan man lägger på en ångtät golvbeläggning.

Denna kunskap fanns med från början när golvkonstruktionen presenterades i tidskriften ”Byggmästaren” nr 10, 1955 av Walter Wredenfors. Han hade lärt sig metoden under en resa till USA och beskrev i artikeln noggrant hur de rigorösa kraven på fuktskydd under betongplattan skulle tillgodoses. De tidiga tillämpningarna är därför som regel skadefria.

## ELIMINERA MARKFUKTPROBLEMET

Ur fuktskyddssynpunkt fungerar lösningen med en kapillärbrytande värmeisolering enbart om man har en tempe-

raturskillnad över isoleringen. Om temperaturskillnaden av något skäl inte existerar eller till och med är omvänd intar betongplattan samma relativa fuktighet (RF) som marken, det vill säga 100%.

Husets bredd får exempelvis inte överstiga 10–12 meter. Vid större plattor medför markens eget värmemotstånd att marken värms upp och temperaturfallet över grundisoleringen utjämnas.

Med isolering av EPS-cellplast under betongplattan blir grunden både välisolerad och fuktsäker. Förutom att EPS-cellplast under betongplattan förhindrar kapillärsugning från marken skyddar isoleringen delvis även mot markfukt i ångfas.

För de uppräknade fallen nedan kan en fuktdimensionering behöva genomföras. Denna ger svar på frågan om värmeisoleringens eget diffusionsmotstånd är tillräckligt vid låg temperaturdifferens eller om man måste komplettera med ett skikt med högre ångtäthet, till exempel PE-folie, under betongplattan.

- breda byggnader
- platta med golvvärme (som stängs av sommartid)
- platta med underliggande värmekulvert, som värmer upp jorden
- källargolv, som beträffande värmemotstånd hos omgivande mark kan jämföras med ett brett golv
- olika inomhustemperatur i intilliggande rum
- kylrum inuti en för övrigt varm lokal

## BEGRÄNSA BYGGFUKTEN OCH LÅT DEN TORKA UT!

Med de plattjocklekar och gjutmetoder som varit vanliga i Sverige har uttorkningstiderna för det överskottsvatten som alltid finns i betong tidigare ofta ansetts för långa.

Ett bra sätt att begränsa innehållet av överskottsvatten, det vill säga byggfukt, är att göra betongplattan så tunn som möjligt. Med underliggande grundisolering av EPS-cellplast kan man minska plattans tjocklek ända ner till 60 mm, med bibehållen bärförmåga.

Byggfukten ska alltid ges tid att torka ut i erforderlig grad innan täta och fukt känsliga golvbeläggningar appliceras. Detta gäller oavsett vilket isoleringsmaterial som används under betongplattan.

Byggfukten är till skillnad mot markfukten ett engångsproblem. Det vill säga en gång borta – alltid borta.

Idag bemästras uttorkningsproblemet antingen med hjälp av val av betongkvalitet (snabb- eller självtorkande betong) eller genom vakuumbehandling av den nyutlagda betongmassan.

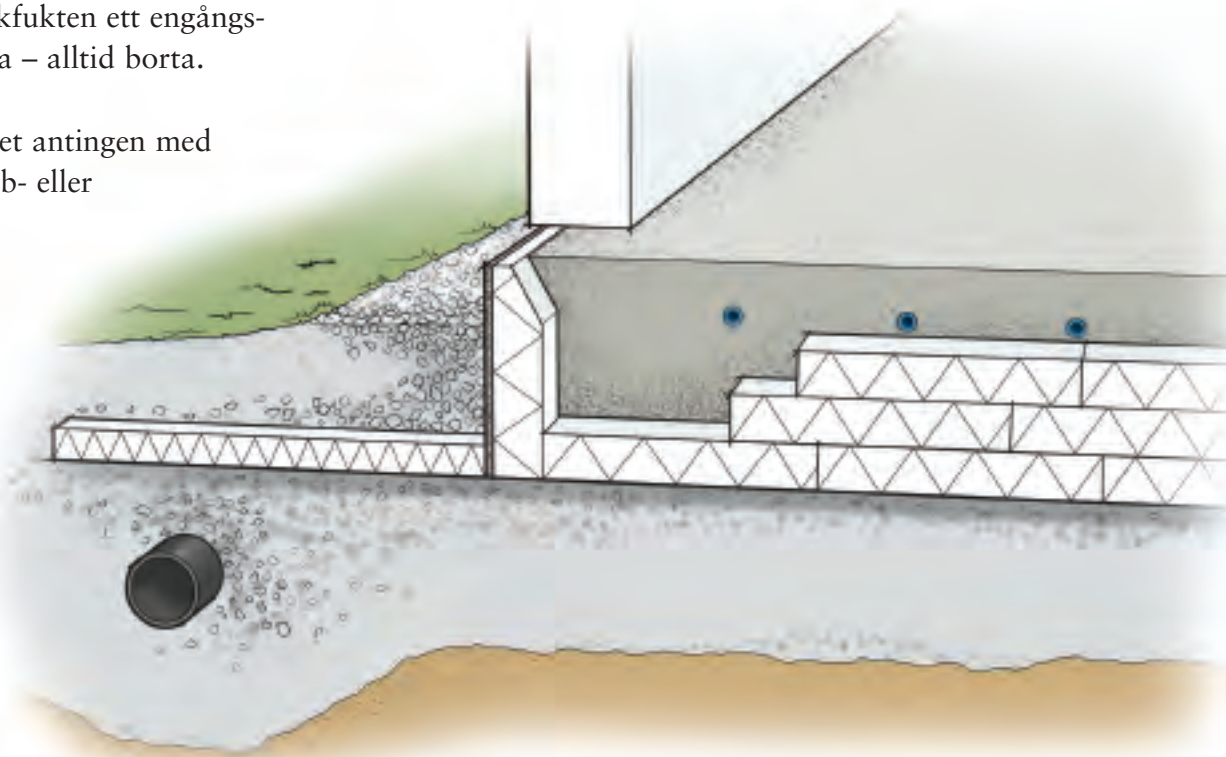
Vatten från läckande ledningar kan visserligen ge en lokal uppfuktning. Nya erfarenheter av

*Platta på mark gjuts antingen med en kantförtjockning eller med en sockelbalk. Den senare tillåter den tunna betongplattan att nå ända ut till yttervägg. Isoleringen bör alltid ha samma tjocklek under hela plattan.*

byggfuktfria betongkvaliteter visar emellertid att dessa är förvånansvärt täta mot återuppfuktning. Samma gäller för vakuumbehandlad betong, som i stort sett är okänslig för vattenbegjutning.

## TÅLA NEDERBÖRD UNDER BYGGSCHEDET

Regn i samband med gjutning av platta på mark är en vädersituation som man tyvärr måste räkna med kan inträffa. Fältstudier utförda vid Lunds tekniska högskola visar att underliggande mineralullsisolering fördröjer uttorkningen av betongplattan på grund av att mineralullen magasinerar regnvatten.





I en tät EPS-isolering kan inte regnvattnet ansamlas. Eventuellt regn före gjuttillfället är därför inget problem – det blir ändå torrt under betongplattan.

### SÄKERT ARBETSUNDERLAG

EPS-cellplast utgör ett säkert arbetsunderlag för gångtrafik och armering. Det behövs inte läggas ut landgångar och man behöver inte palla under distansklotsar för armeringen. När distansklotsarna ställs på EPS-cellplast kan de inte sjunka ner. Man kan därför vara säker på att armeringen hamnar på rätt ställe i den färdiga plattan.



*Isoleringsskikt och armering före och under gjutningen. Även golvbrunnar och avloppsledningar är lätta att montera i exakta nivåer på EPS-cellplast.*

### ARBETSVÄNLIGT

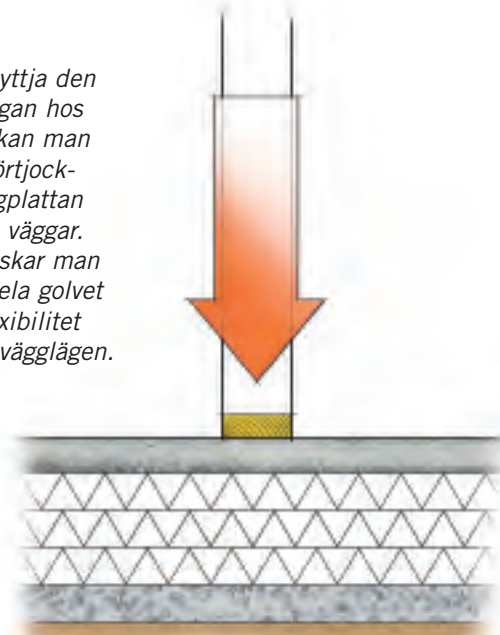
EPS har mycket låg vikt och är därför lätt att arbeta med. Det går snabbt att lägga ut isoleringen och den kan hantelas utan obehag för ögon, luftvägar och hud.

Tack vare att EPS-cellplast är kapillärbrytande behöver det material som används som dränerande skikt inte vara tvättat. Vid grundisolering med EPS-cellplast är kraven på underlaget mindre.

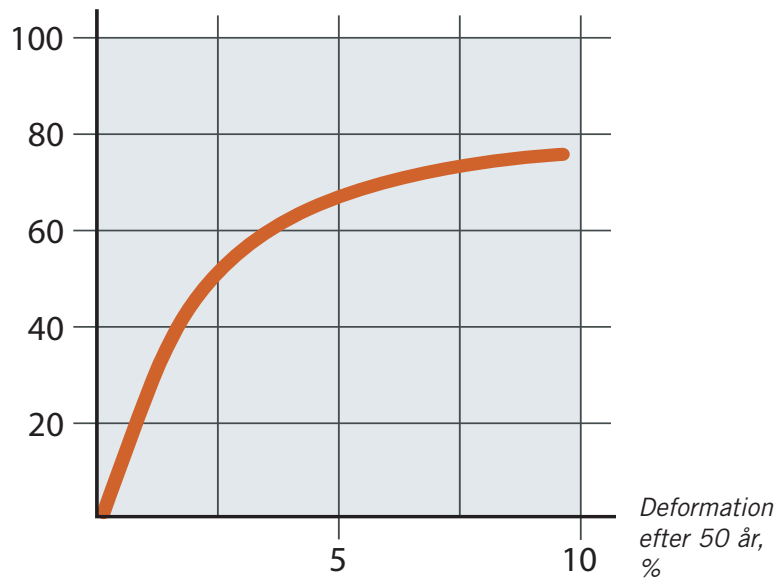
### HÖG TRYCKHÅLLFASTHET

EPS-cellplast har hög tryckhållfasthet och deformeras mycket litet av långtidslast. Maximal tillåten långtidsdeformation är <3 % av skivans tjocklek efter 50 år.

*Genom att utnyttja den goda bärförmågan hos EPS-cellplast kan man ofta undvika förtjockningar i betongplattan under bärande väggar. På så sätt minskar man byggfukten i hela golvet och får full flexibilitet för varierande vägglägen.*



Last, kPa



Exempel på långtidsdeformation (totaldeformation).

Den höga tryckhållfastheten och de goda långtids-egenskaperna innebär att EPS-cellplast kan bära större last under betongplattor och kantbalkar.

### NYA MILJÖVÄNLIGA MATERIAL KAN IBLAND SKAPA NYA PROBLEM

Dagens berättigade krav på god arbetsmiljö har medfört att den gamla typen av lösningsmedelbaserade golvlim fasats ut och ersatts med vattenbaserade lim.

Vatteninnehållet i dessa lim är tillräckligt för att åstadkomma en farlig RF-höjning i ytan på betonggolv av byggfuktsfria betongkvaliteter trots att de torkat ut till angiven RF före mattläggning.

Botemedlet är avjämning av betonggolvet med en låg-alkalisk avjämningssmassa före limning av mattan.

### DE GRUNDLÄGGANDE KRAVEN – PLATTA PÅ MARK

Isolering under platta på mark måste vara

- Kapillärbrytande och diffusionströg



- Värmeisolerande



- Tålig mot belastning



- Beständig



De här kraven uppfylls av EPS-cellplast.



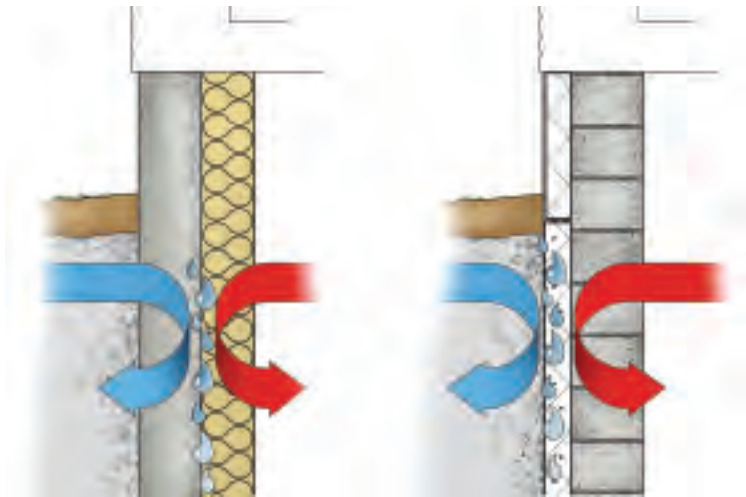
# ISOLERING AV KÄLLARVÄGG

## UTVÄNDIG ISOLERING REKOMMENDERAS

Källarväggar bör man isolera utvändigt. Utvändigt isolering ger den varmaste och därmed torraste väggen och är alltid den bästa lösningen.

Med utvändigt isolering förblir källarmuren varm och torr. Höjd temperatur i väggen medför att väggen torkar ut och att den relativa fuktigheten i väggen minskar.

Den bästa funktionen får man med en utanpåliggande värmeisolering som är både kapillärbrytande, tillräckligt diffusionsöppen och genomsläpplig för sjunkvatten (dränerande) samtidigt som den klarar förekommande jordtryck utan oacceptabel långtidsdeformation.



*Med invändig isolering får källarväggen en hög relativ fuktighet och risken för fuktskador är stor. Utvändigt isolering ger en varm och torr källarvägg.*

Förekommande dräneringsskivor av EPS-cellplast har dessa egenskaper.

Fuktkänsliga material, som trä, ska alltid ligga på den varma och torra sidan. EPS-cellplast kan däremot utan risk placeras i fuktig miljö.

Även när man vill tilläggsisolera en befintlig källarvägg lönar det sig alltså att välja utvändigt isolering. Samtidigt som man gräver upp runt grunden kan man också kontrollera och eventuellt förbättra dräneringen.

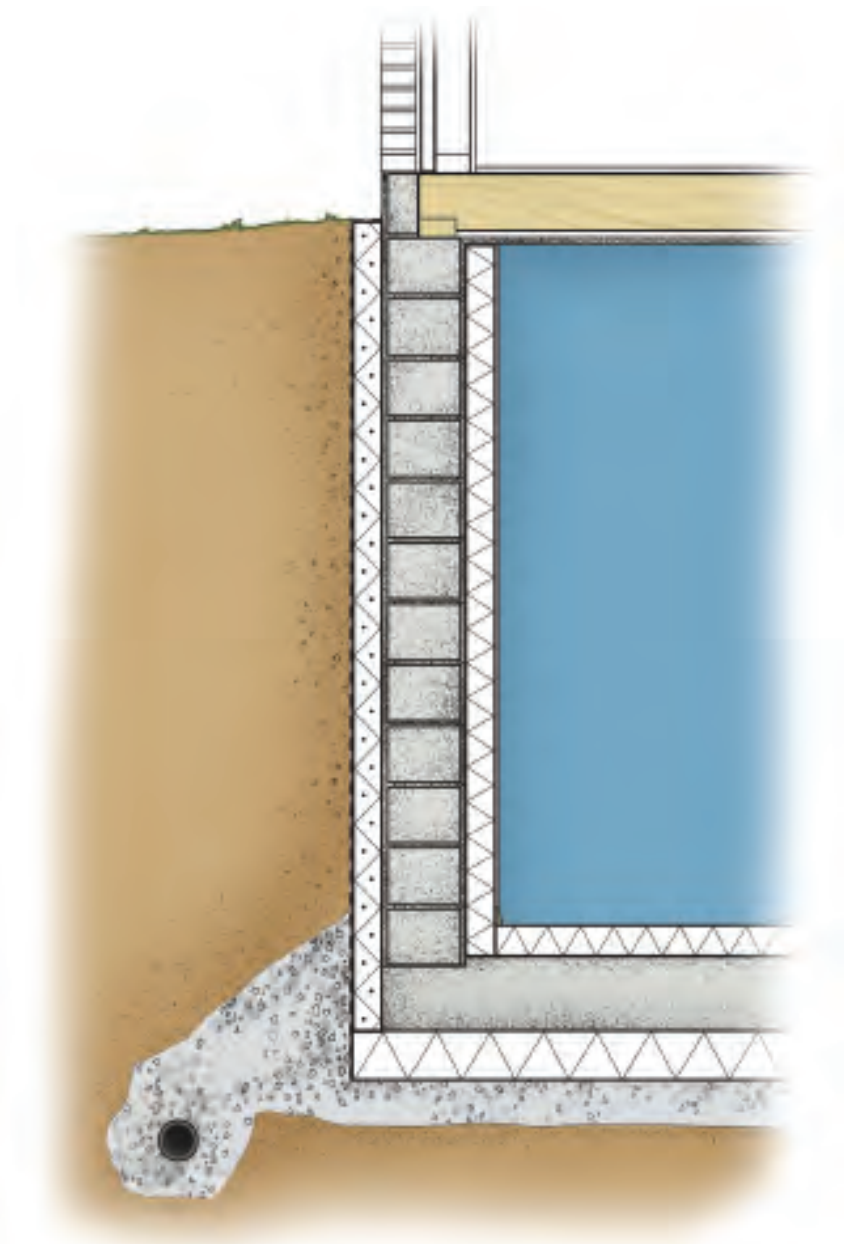
## FUKTTÅLIGT ELLER FUKTKÄNSLIGT?

Självklart vill man att en isolering utanpå en källarvägg ska tåla fukt. En isolering som är känslig för fukt får försämrade isoleringsegenskaper.

EPS-cellplast har låg, i praktiken helt försumbar vattenupptagning. Den tål även marktrycket av jordfyllning och trafik mycket bra.

## HÅLLER FÖR HÖGA JORDTRYCK

Vid 3 meter djup jordfyllning kan jordtrycket mot isoleringen bli 15–20 kPa och ännu mer i mark som utsätts för dynamiska laster. Genom den höga tryckhållfastheten hos EPS är det ingen risk för att isoleringen ska deformeras så att isoleringsegenskaperna försämras.



*Källarvägg med utvändig dräneringsskiva av EPS-cellplast och invändig isolering av EPS-cellplast.*

## **DRÄNERING OCH ISOLERING AV KÄLLARVÄGGAR**

För utvändig dränering och isolering av källarväggar finns speciella kvaliteter av EPS-cellplast, s k dräneringsskivor. Skivan eftermonteras på gjuten eller murad vägg.

Betongväggens synliga del över markytan kan isoleras med kantelement med cementputsad yta. Sådana kantelement finns också med urtag för betongklackar som kan bära upp en tung fasad.

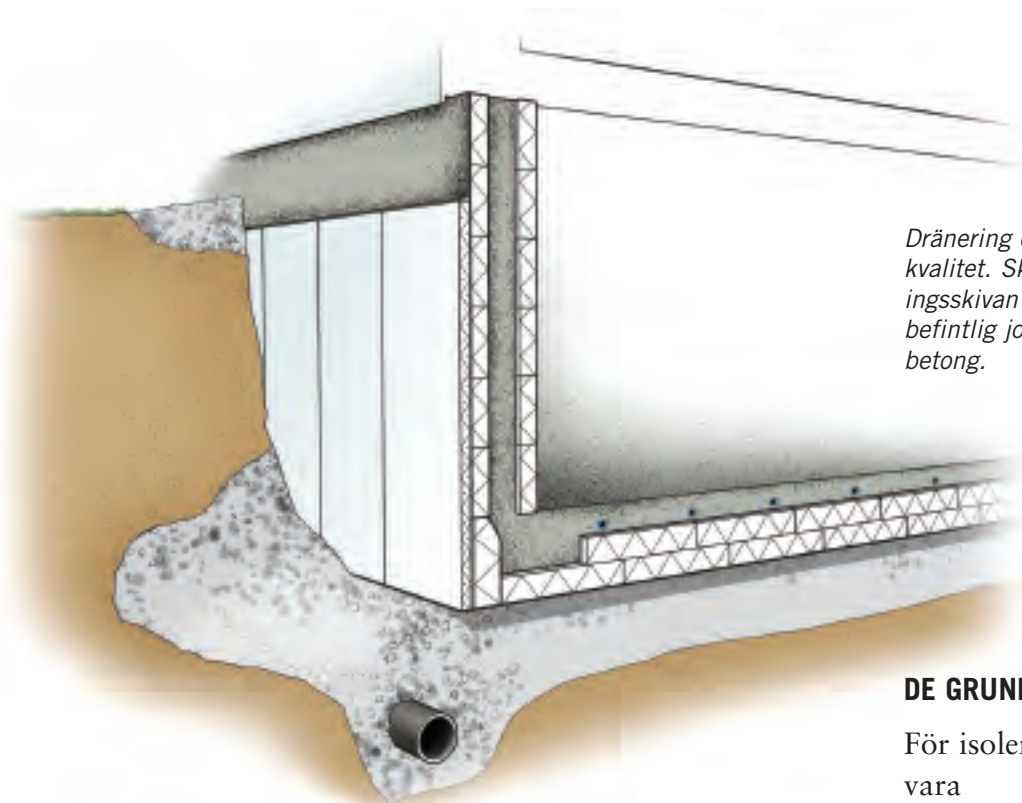
De viktigaste egenskaperna hos dräneringsskivor är givetvis att de leder bort vatten och ger en torr och varm vägg.

EPS-cellplast i dräneringskvalitet både isolerar och släpper igenom vattenånga. Inträngande vatten leds snabbt ner till dräneringen. Grundmuren förblir torr. Återfyllning kan oftast ske med befintliga jordmassor.

## **ANVÄND EPS VID INVÄNDIG ISOLERING**

Vid nybyggnad är det enkelt att isolera källarväggen utvändigt. Vid ombyggnad eller inredning av källaren i ett färdigt hus kan man frestas att välja invändig isolering, som då är betydligt enklare att utföra.

En invändig isolering medför att källarväggen kyls ned och närmar sig den utanförliggande markens temperatur. Detta ökar risken för kondensation av inneluft mot den murade väggens insida och innebär alltid en hög relativ fuktighet i väggen – i princip samma som i marken utanför.



*Dränering och isolering av grundmur med cellplastskiva i dräneringskvalitet. Skivans överkant avfasas med plastlist. Utanpå dräneringsskivan läggs en fiberduk, varpå återfyllningen kan göras med befintlig jord. Grundmuren består av cellplastelement fyllda med betong.*

Om man måste välja invändig isolering är det viktigt att inte låta trä eller annat fuktkänsligt material komma i kontakt med källarväggen. Bäst är att ersätta träreglar med regler av tunnplåt samt att skilja regelskiktet från den murade väggen med en heltäckande värmeisolering av EPS-cellplast.

Den sammanlagda isolertjockleken bör inte överstiga 50–70 mm.

Invändig PE-folie bör här undvikas eftersom den hindrar väggen att torka inåt.

### DE GRUNDLÄGGANDE KRAVEN – KÄLLARVÄGG

För isolering utanpå källarvägg ska isoleringsmaterialet vara

- Värmeisolerande
- Kapillärbrytande
- Genomsläppligt för sjunkvatten
- Tåligt för jordtryck
- Beständigt
- Fuktresistent



De här kraven uppfylls av EPS-cellplast.

## FLYTANDE GOLV



*Läggning av isolering till flytande golv på betongplatta.*

Flytande golv på platta på mark utan underliggande värmeisolering utgör alltid en riskkonstruktion. Utförandet medför att betongplattan blir kallare och därmed ökar risken för kondensation av varm inneluft mot betongplattan samtidigt som plattan får en högre RF.

Inget organiskt material får därför komma i direktkontakt med betongplattan.

Vid utläggning måste betongplattan rengöras mycket noggrant innan en alkalibeständig plastfolie läggs ut över hela golvytan. Folien måste även dras in under anslutande väggsvillar. Kvaliteten på EPS-isoleringen som därefter

läggs ut väljs med hänsyn till belastningar och tjocklek på golvsnivåerna.

Om all isolering läggs ovanpå betongplattan är det viktigt att golvet får en kraftigare kantisolering eventuellt kompletterad med en utvändigt markisolering runtom huset för att medge en så hög yttemperatur på betongplattan som möjligt.

Flytande golv på isolering av EPS-cellplast med en underliggande PE-folie eller luftspaltbildande plastskiva utgör som regel en ur fuktsäkerhetssynpunkt godtagbar lösning. En luftspaltbildande skiva ger förutsättningar för en mekanisk ventilation under det flytande golvet.

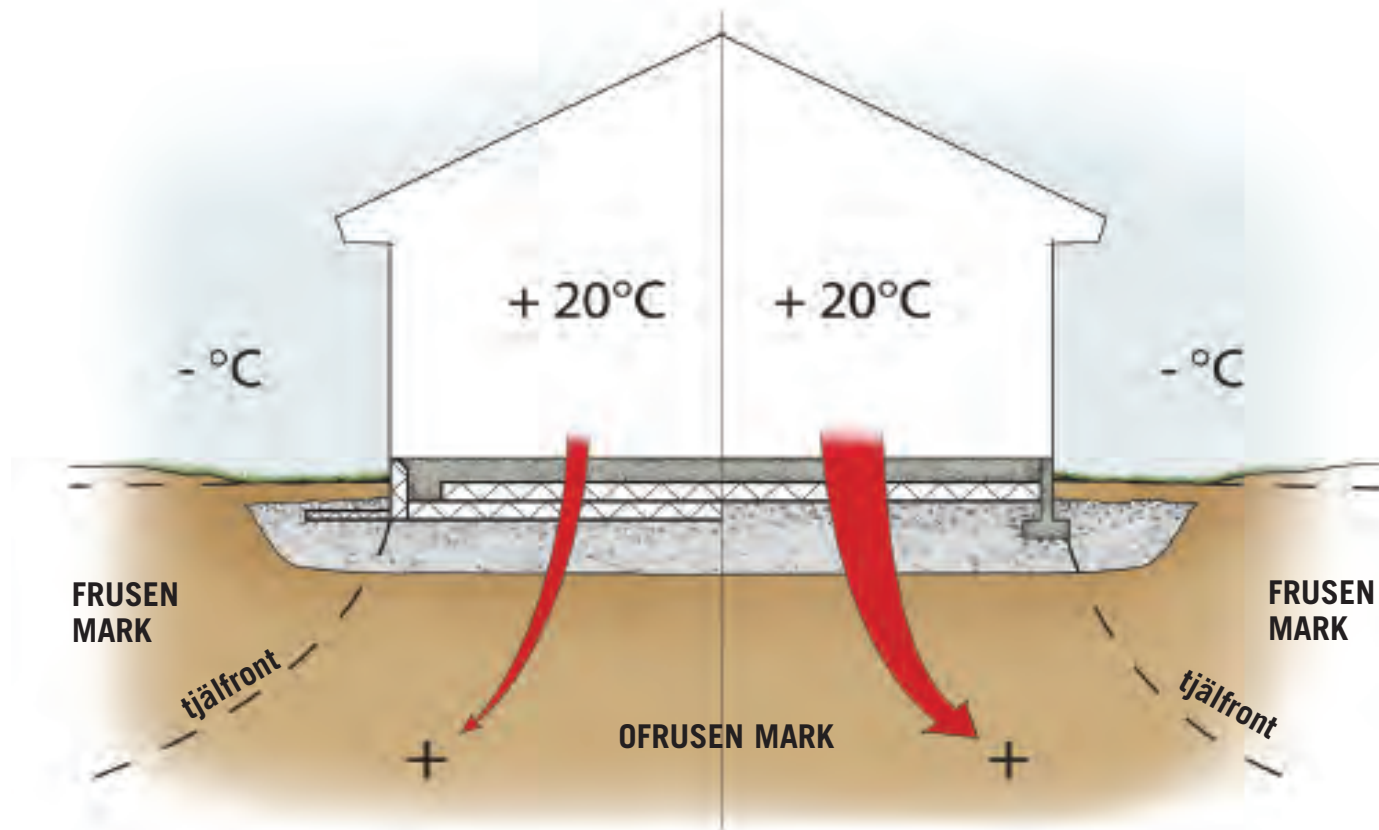
# TJÄLISOLERING

EPS används i stor utsträckning som tjälisolering utanför grundbalkar samt under fundament, gång- och körbanor, garageuppfarter, idrottsanläggningar och konstfrysta isbanor.

Tjällyftning kan orsaka skador på husgrunden. I finkorniga jordar transporteras vatten upp till fryszonen med hjälp av

kapillärkrafter. Vid grundläggning av platta på mark på tjälfarlig mark, t ex silt, grov lera och siltig morän undviks tjälskador vanligtvis genom att värmeisolera marken intill grunden för att hindra avkylning uppifrån.

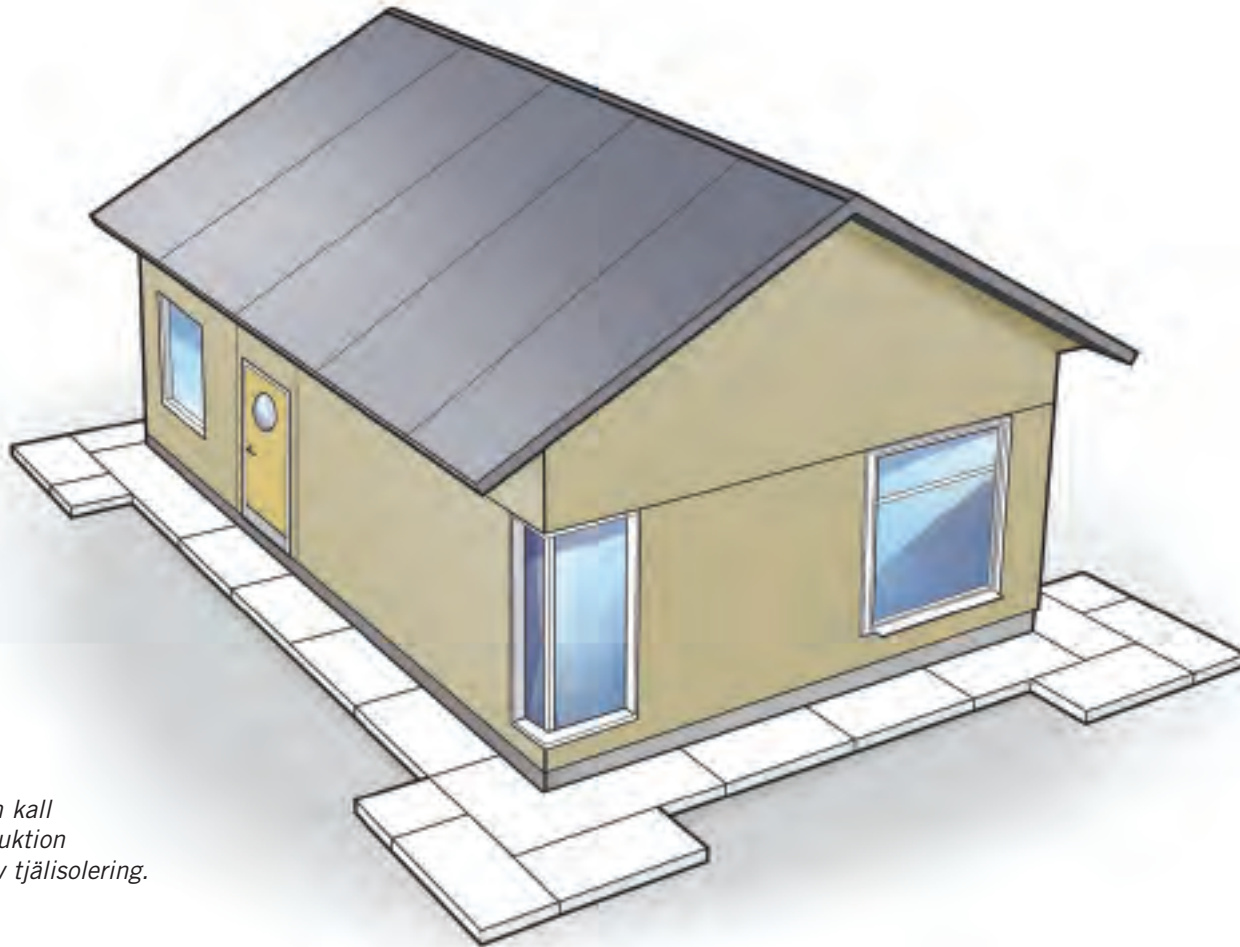
Med hjälp av den internationella standarden EN ISO 13793:2001 kan tjälisoleringens utformning dimensioneras.



*Tjälfronten förhindras att tränga in under grunden med hjälp av tjälisolering.*

*Tjälfronten förhindras att tränga in under grunden på grund av värmeförluster från huset.*





*Illustrationen visar hur en kall (ouppvärmad) grundkonstruktion kan skyddas med hjälp av tjälisolering.*

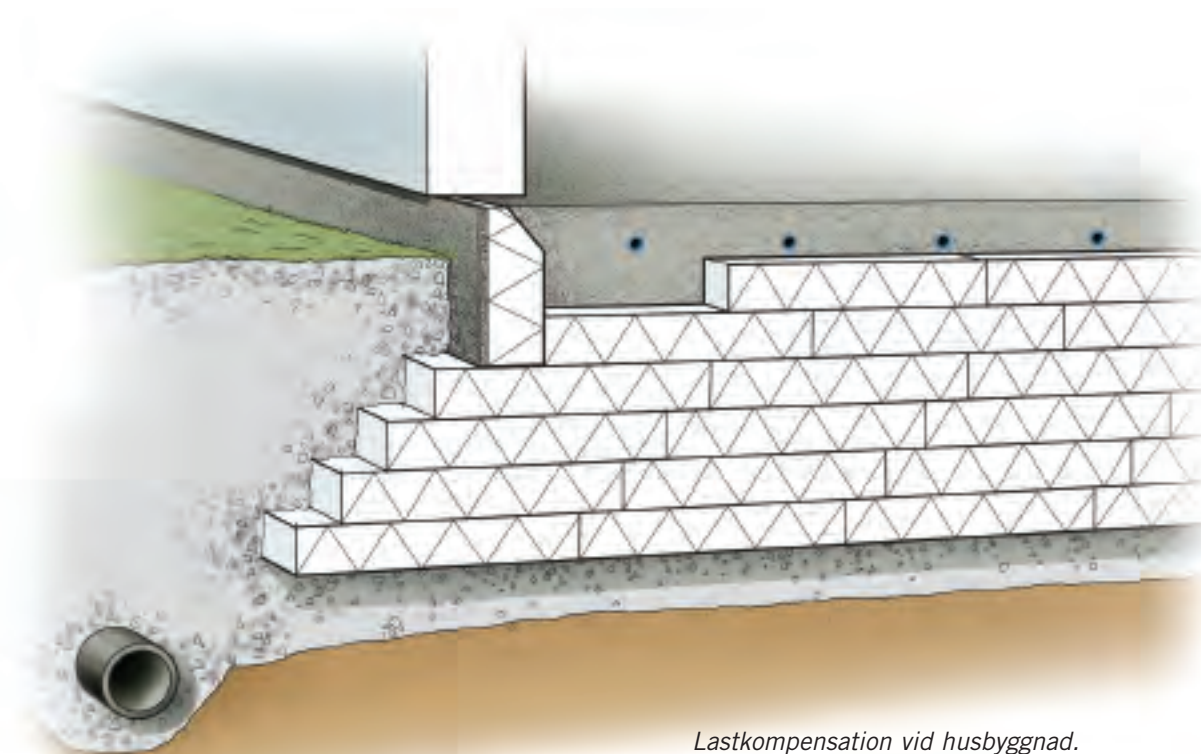
Dagens välisolerade villagrunder ställer större krav på tjälisolering än tidigare på grund av att värmeläcketaget från golvet till marken numera är mycket begränsat.

Antingen måste tjälisoleringen utformas som för en ouppvärmad byggnad, vilket medför tjock markisolering med stor utkragning, eller måste man låta golvets yttre randzon medge ett tillräckligt läckage av värme för att med enklare tjälisolering hålla tjälfronten utanför kantbalken.

Tack vare att EPS är ett fuktresistent material utan nedbrytbara komponenter är det lämpat för markisolering. För markisolering i anslutning till byggnader krävs att materialet är beständigt mot påfrestningar från mark och trafik.



# LÄTTFYLLNING OCH LASTKOMPENSATION



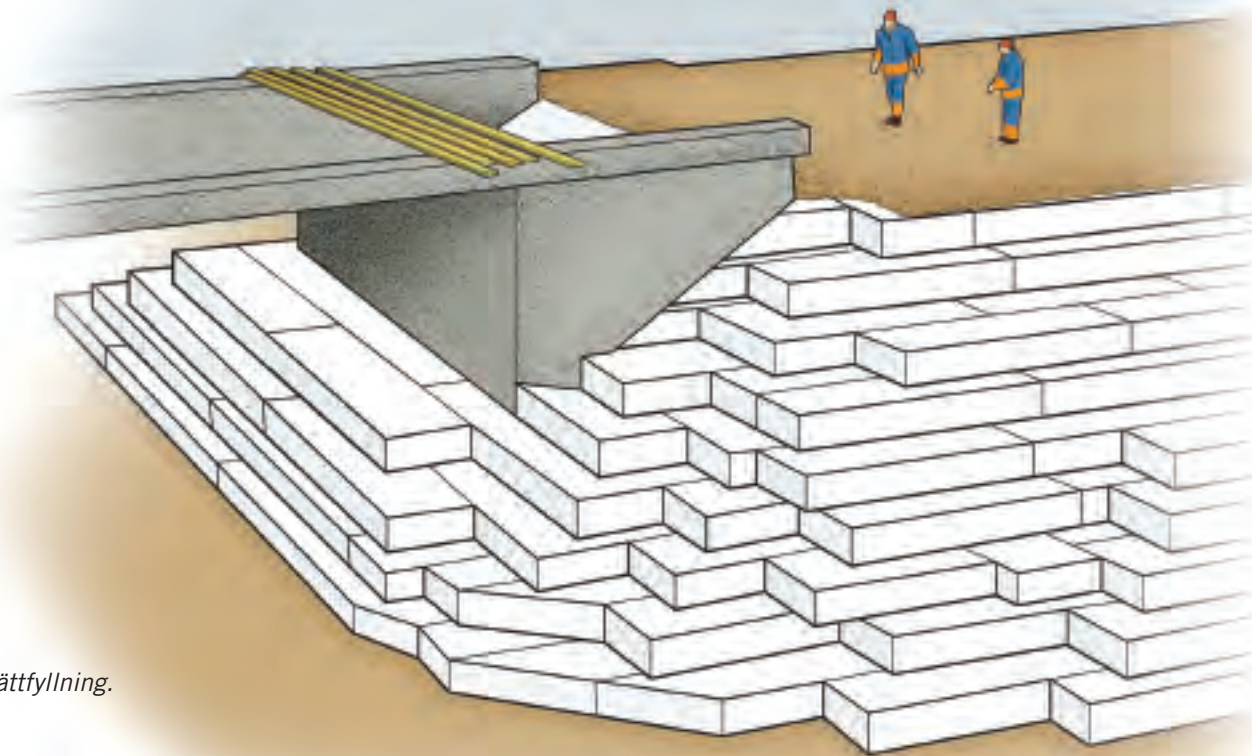
*Lastkompensation vid husbyggnad.*

För material som ska användas som lättfyllning är tryckhållfasthet och låg vikt de viktigaste egenskaperna. Fyllnadsmaterialet måste också ha låg vattenabsorption. Det ska vara stabilt och gå att stapla på höjden utan att behöva stagas med murar.

Principen för lastkompensation är att jord och lera ersätts med lätt EPS. Vikten av den jord och lera som tas bort motsvarar husets tyngd. Därmed är tryckförhållandena på underliggande mark oförändrade.

Lättfyllning av EPS får suveräna långtidsegenskaper avseende tryckhållfasthet och beständighet.

Lättfyllning av EPS är rekommenderad och godkänd av Vägverket som konstruktionsmaterial vid vägbyggnad och vinner allt mer ökad användning i väg- och markarbeten (Vägverkets publ. 2004:109 ”Cellplast som lättfyllning i vägkonstruktioner”).



*Brofäste med lättfyllning.*

Att bygga vägbankar och broramper med EPS ger mycket god ekonomi. Tack vare materialets goda tryckhållfasthet fördelas belastningen över stora ytor. Behovet av komplicerade grundläggningsarbeten som t ex pålning minskar radikalt eller försvinner helt, vilket ger sänkta byggkostnader.

Jordtryck mot broanfang och stödmurar kan i vissa fall reduceras, vilket förenklar betongkonstruktionerna.

Även i stora block är EPS mycket lätt att arbeta med. Den låga volymvikten gör blocken lätta att hantera samtidigt som det går snabbt att bygga upp stora volymer.

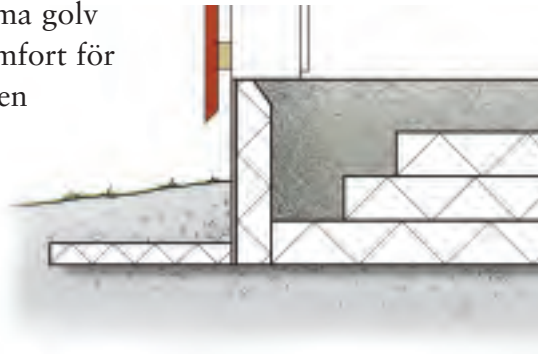
# ANVÄNDARENS SYN PÅ EPS

Vid husbyggnation ökar användningen av EPS som isolering. EPS har många fördelar och blir även i Sverige ett allt populärare byggnadsmaterial, särskilt som isolering i platta på mark och källarväggar.

## FUNKTIONER

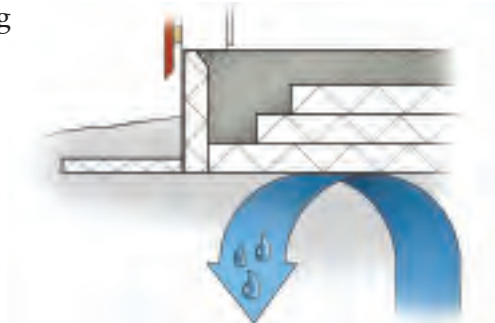
### Värmeisolering för att

- förhindra för stor värmeavgång genom bottenplattan
- bidra till varma golv och ökad komfort för slutanvändaren



### Fuktisolering för att

- fungera som ett kapillärbrytande lager
- förhindra skadlig ångtransport från marken



Några av fördelarna är cellplastens kapillärbrytande funktion, att den inte kan mögla och att den är fri från bakterietillväxt.

### Tjälisolering för att

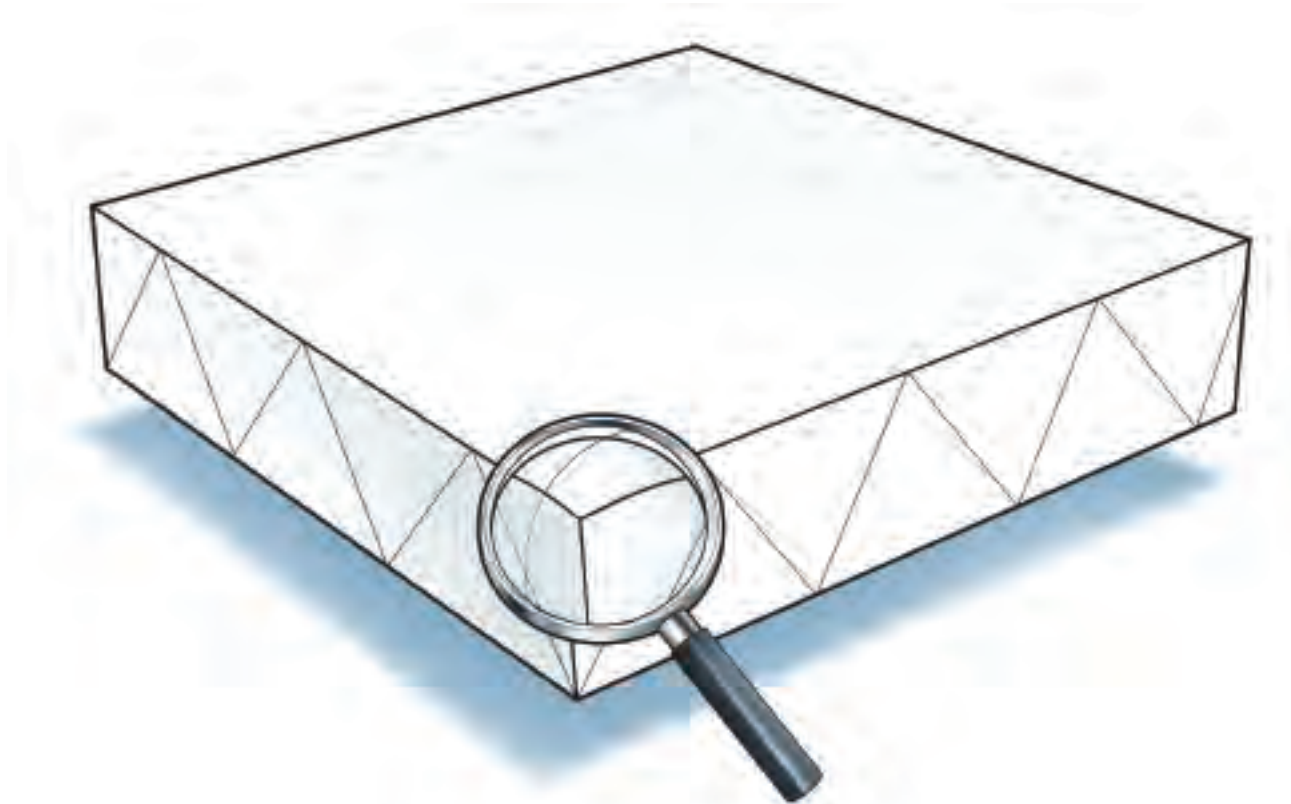
- skydda husgrunden från tjällyftning genom att bidra till bibehållen jordvärme
- minska det frostfria grundläggningsdjupet för fristående kalla byggnader



### Avlastning för att ersätta

- dyra grundförstärkningar, exempelvis pålning
- minska trycket mot källarväggar genom att använda EPS som "återfyllningsmaterial"





## EGENSKAPER

### Fördelar med EPS

- Låg vikt vilket underlättar arbetet
- Ger ett stabilt underlag som tål att gå på, så snart det är utlagt
- När ett material tar åt sig fukt försämras isoleringsegenskaperna drastiskt. EPS är mycket okänsligt för fuktpåverkan
- God hållfasthet – kan väljas i olika hållfasthetsklasser
- Kapillärbrytande
- Ekonomiskt. Låg total byggkostnad

### Nackdelar

- Hörn och kanter kan brytas av vid ovarsam hantering
- På sin låga vikt måste cellplasten förankras under byggtiden vid risk för blåst
- Materialets egenskaper försämras vid temperaturer över + 80°C



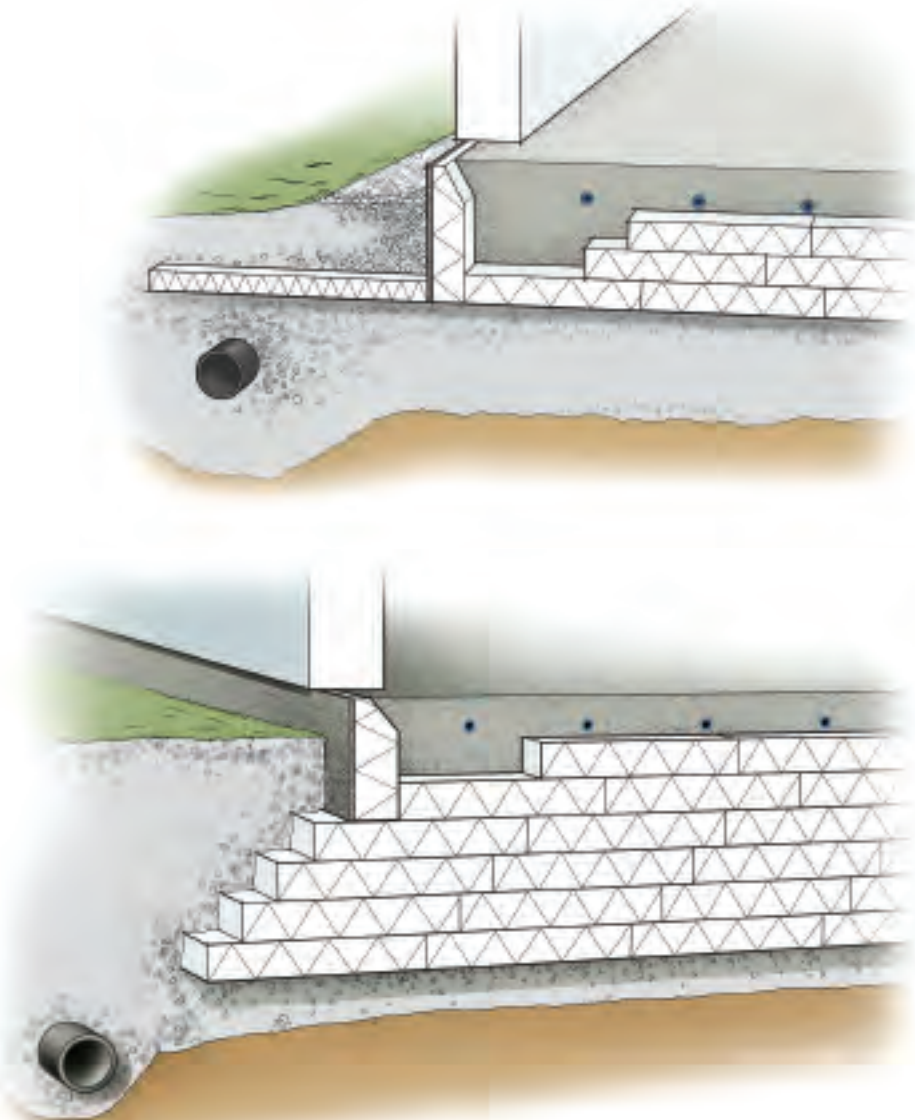
# KONSTRUKTIONER

## KONSTRUKTION: PLATTA PÅ MARK

För att förenkla grundkonstruktionen eftersträvas att få en plan schaktbotten. På denna plana botten byggs sedan en ”platta på mark” konstruktion.

### Arbetsbeskrivning

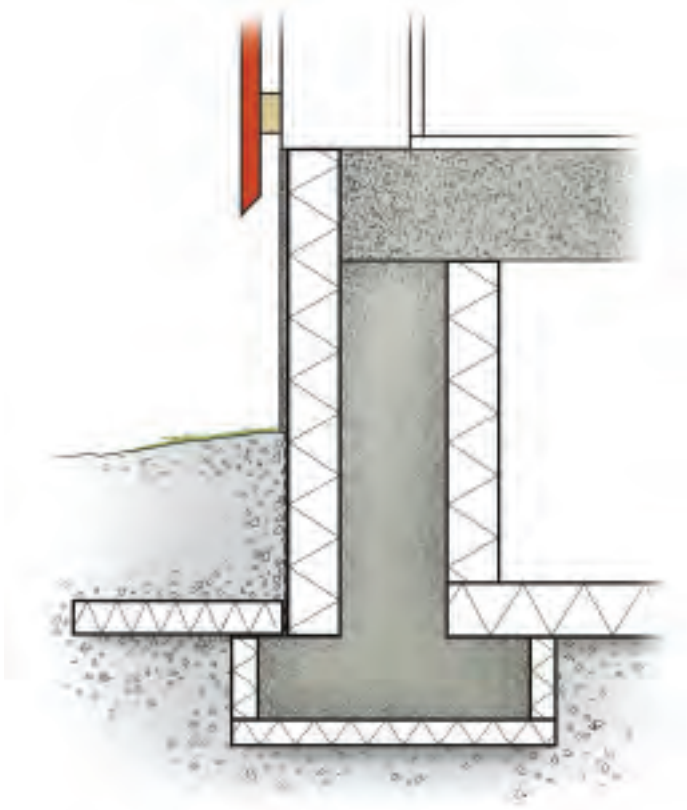
1. Schakta av markytan.
2. Lägg ett dräneringslager av minst 100 mm grus/makadam och komprimera.
3. Justera ytan med ett tunt lager sand eller kross.
4. Lägg ut kantelementen.
5. Lägg ut markisoleringen med förskjutna skarvar komplettera med 0,2 mm PE-folie mellan de två övre skikten.
6. Montera eventuella golvvärmslingor och armera.
7. Gjut betongplattan.



*Avlastning används vid dåliga grundförhållanden där pålning är ett dyrare alternativ.*

## KONSTRUKTION: VARMGRUND

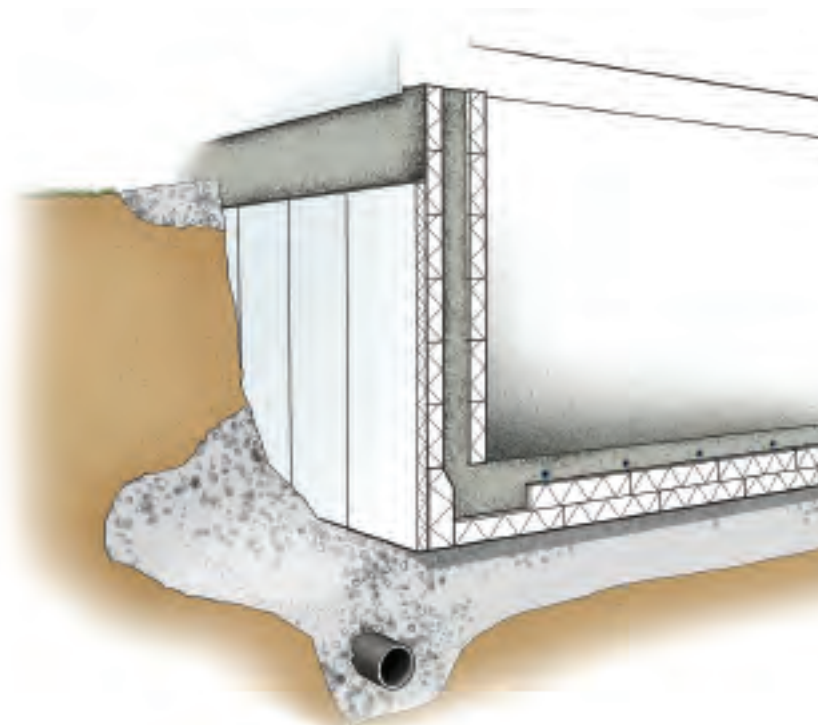
För att lösa problemen med fuktkänsliga grundläggningar har de så kallade varma grunderna utvecklats. Dessa är lämpliga vid nyproduktion och har många fördelar såsom låg energiförbrukning, fuktsäkerhet, bra termisk komfort, radonsäkerhet m m.



Exempel på varmgrund. Kantbalk och mark är väl isolerade.

## KONSTRUKTION: KÄLLARE

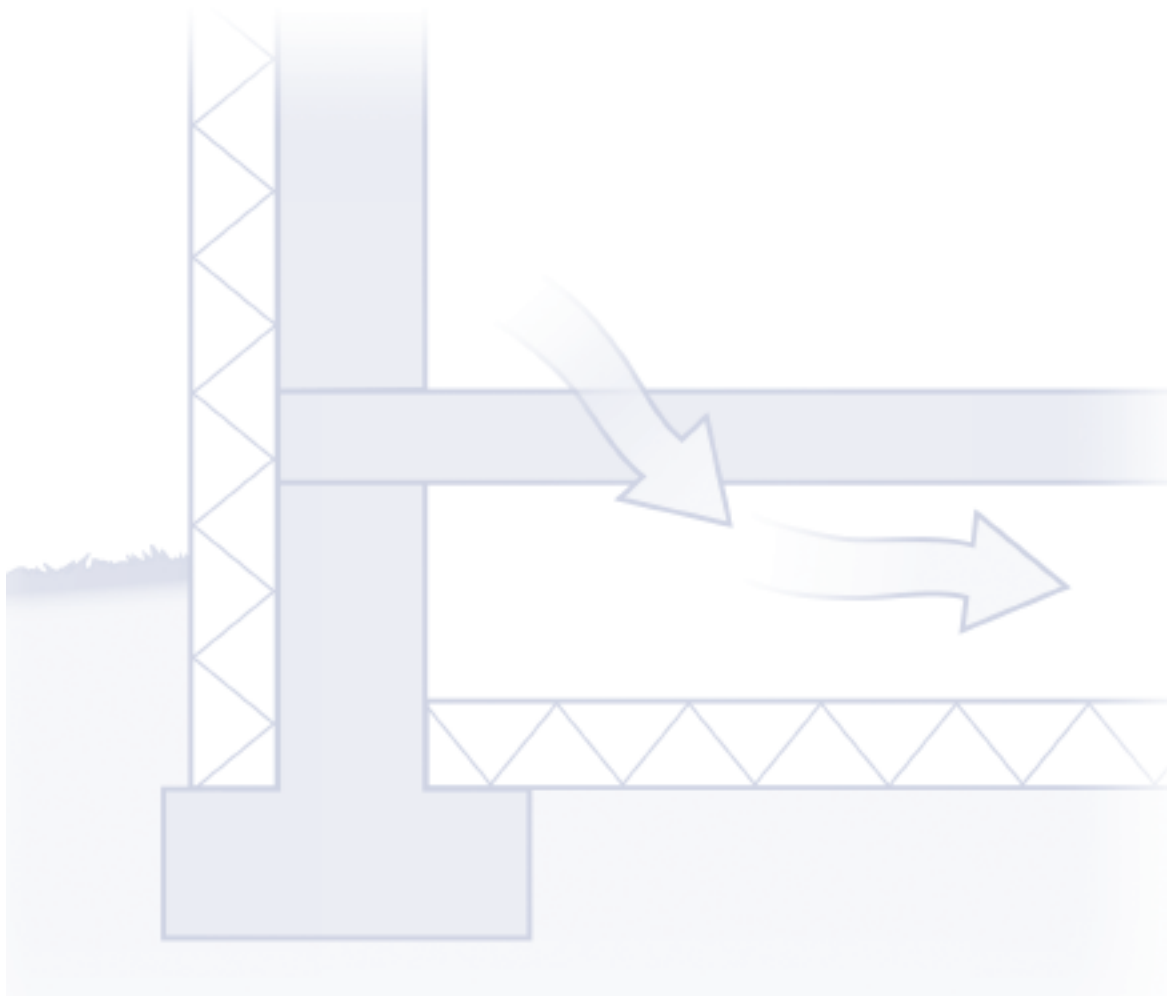
Källarväggar kan man isolera antingen utvändigt eller invändigt. Utvändig isolering ger den varmaste och torraste väggen och är därför den bästa lösningen. Med invändig isolering får källarväggen en hög relativ fuktighet och risken för fuktskador är stor.



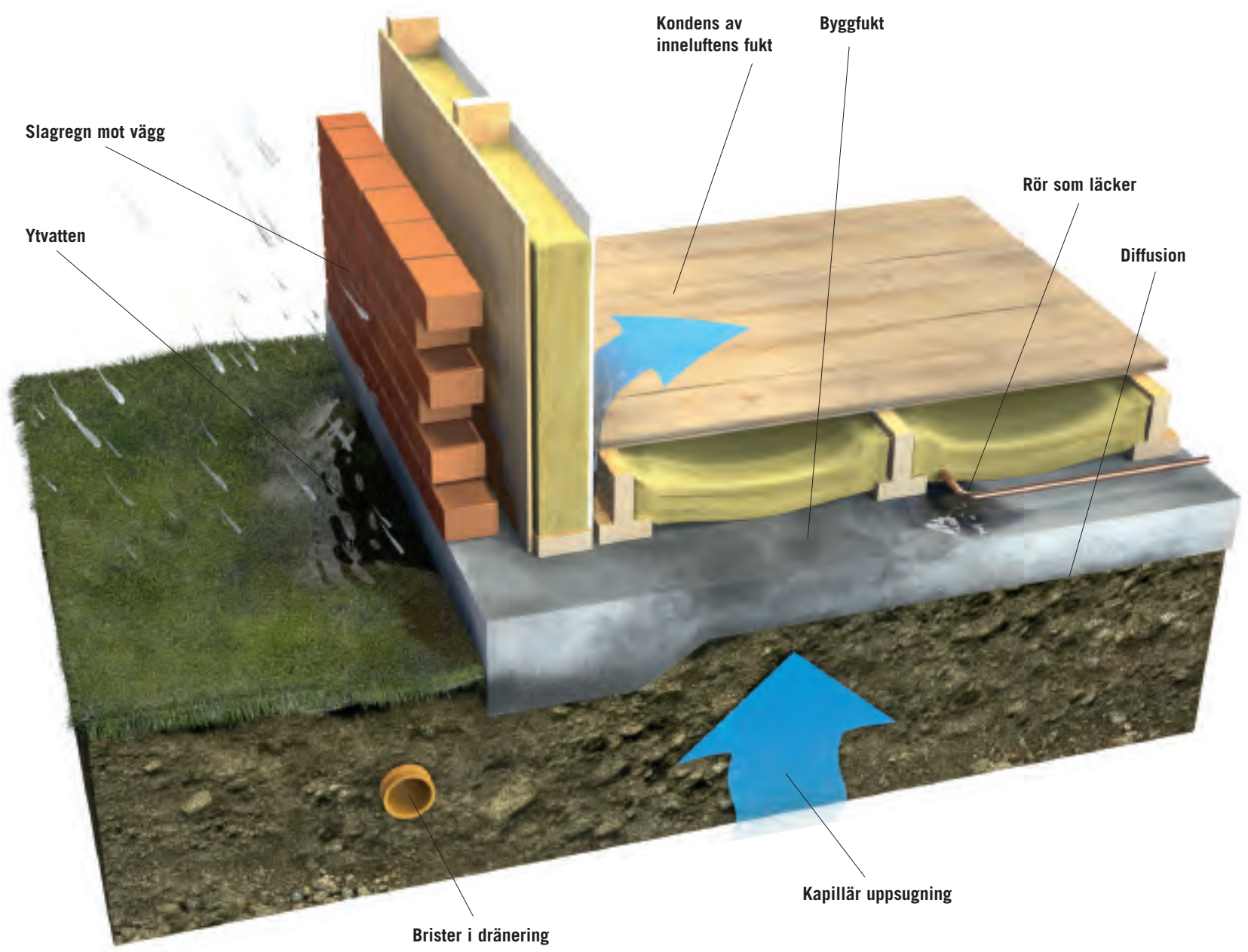
Dränering och isolering av grundmur med cellplastskiva i dräneringskvalitet. Skivans överkant avfasas med plastlist. Utanpå dräneringskivan läggs en fiberduk, varpå återfyllningen kan göras med befintlig jord. Grundmuren består av cellplastelement fyllda med betong.



## Allmänna fuktaspekter på grundläggning



**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.



Figur 1. Fuktkällor i reglat golv på platta på mark.

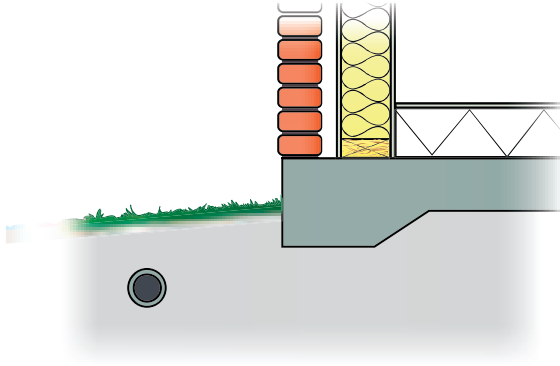
## Platta på mark

En betongplatta direkt på marken förhindrar den naturliga avdunstningen av fukt från marken under huset. I husets centrala delar kommer därför fuktigheten i betongplattans underkant så småningom att stå i jämvikt med markens. Nära ytterkanten blir värdena normalt något lägre eftersom markfukten där har en viss möjlighet att torka utåt. Om en sådan betongplatta värmeisolerar på sin ovansida kommer den relativa fuktigheten under och i betongplattan ständigt att vara hög, åtminstone i byggnadens centrala delar. Det spelar ingen roll om man isolerar med mjuk mineralull mellan reglar eller med styv, lastbärande isolering utan reglar, fuktigheten under och i betongplattan blir lika hög i båda fallen beroende på att platta och mark har ungefär samma temperatur. Om det ovanpå en fuktig betongplatta finns material som kan angripas av mögel, t ex syllar, ingjutna reglar, byggskräp eller t o m damm, finns det risk för tillväxt av mikroorganismer och att lukt utvecklas. Bara om golvet har fungerande ventilation utefter betongen kan fuktinnehållet i ytan sänkas.

I ett golv med platta på mark kan fuktförhållandena förändras till det sämre på många sätt. Ytvatten kan läcka in via kantbalken. Kantbalken kan suga markvatten om detta inte förs bort av dräneringssystemet. Det kapillärbrytande skiktet under huset kan vara av undermålig kvalitet så att vatten kan sugas från fuktig underliggande mark. Allt detta kan ge högre fuktinnehåll än vad som är normalt för denna typ av golv. Det bör dock noteras att även normala förhållanden kan vara tillräckliga för att ge problem med mögellukt.

Det uppreglade golvet med kilar direkt mot betongen eller med ingjutna spikreglar är en konstruktion från 1960- och 1970-talen som ofta drabbas av mögelpåväxt och luktproblem. Detta beror på att trä ligger fuktigt. Att det ändå fortfarande finns många golv med denna konstruktion som klarar sig utan mögellukt kan bero på att det trots allt sker en viss ventilation i dessa golv. Den ventilationen beror i så fall sannolikt på att uteluft läcker in via otätheter vid syllan. Detta ger kalla men torra golv. Uppreglade golv slutade användas kring 1980. Konstruktionen är **olämplig** eftersom syllar, ingjutna reglar och kilar mot betongen hamnar i fuktig miljö. Även med plastfolie under regelverket får man ofta problem. Detta beror på att skräp och byggmaterial under folien hamnar fuktigt. Konstruktionen drabbas ofta av mögellukt.

Flytande golv förekommer i hus från 1970- och 1980-talen. Konstruktionen användes som ett alternativ när skador på uppreglade golv blev vanliga.



Figur 2. Flytande golv med styv isolering av styrencellplast eller mineralull. Inga genomgående reglar, dock står ofta mellanväggar och ytterväggar direkt på betongen. Konstruktionen var vanlig under slutet av 1970-talet och under 1980-talet. Konstruktionen innebär risk för påväxt på damm och skräp.

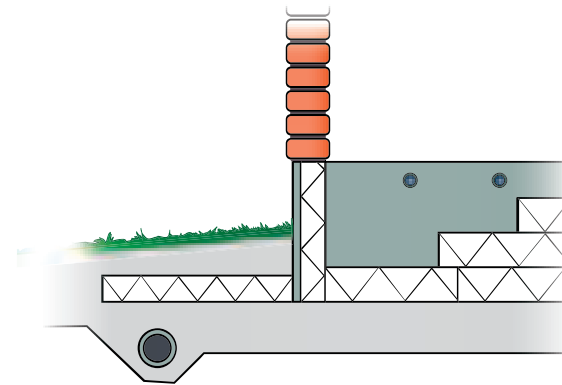
Konstruktionen är **olämplig** eftersom syllarna hamnar i fuktig miljö om de inte ligger på en fuktisolering. Dessutom kan damm och byggskräp på betongytan få påväxt och avge lukt. Konstruktionen drabbas ofta av mögellukt.

Om värmeisoleringen i stället läggs undertill kommer betongplattan att anta inneluftens temperatur vilket på sikt medför att golvet blir torrt. Denna konstruktion som idag är den helt dominerande för golv på mark är betydligt bättre ur fuktteknisk synvinkel. Observera att detta bara gäller för småhus. Om huset har stor utbredning måste fuktskydd anordnas på annat sätt. Ett sätt kan vara att anbringa en plastfolie ovanpå isoleringen. I ett sådant fall måste man försäkra sig om att all byggfukt torkar ut innan golvet färdigställs.

Om fuktkänslig golvbeläggning läggs in innan byggfukten torkat kan detta leda till förtvålning av lim, elak lukt,

avgivning av emissioner och risk för hälsoproblem. Genom att beräkna uttorkningstiden (det finns beräkningshjälpmedel) och kontrollmätta fuktigheten i betongen före mattläggning kan skador undvikas. För att fuktmätning ska vara tillförlitlig bör den utföras av auktoriserad fuktkontrollant.

Från mitten av 1980-talet används nästan uteslutande underliggande isolering i golv på mark.



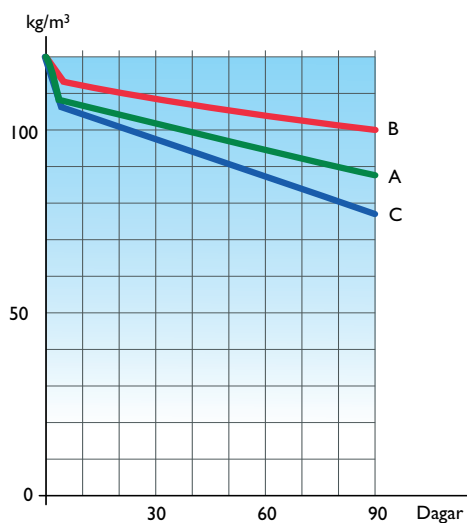
Figur 3. Platta på underliggande isolering är en lämplig konstruktion som har förutsättningar att bli acceptabelt torr när byggfukten torkat ut. Syllar, andra träkonstruktioner och fuktkänsliga golvmattor måste skyddas så länge som plattan är fuktig. Betongytan skall vara väl rengjord innan golvet läggs på. Ovanpå betongen kan man av komfortskäl lägga en tunn skiva värmeisolering eller en ventilerad luftspalt.

Som värmeisolering kan man använda expanderad eller extruderad polystyren (EPS eller XPS), styv mineralull, cellglas eller lättklinker.

I figur 4 visas hur medelfukthalten i betongplattan sjunker vid torkning i väl ventilerad inneluft innan mattan läggs på. Beräkningen är gjord för tre uttorkningsfall.

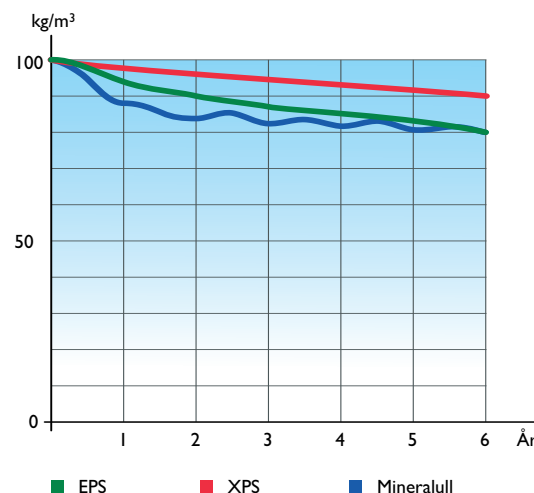
Det är ingen större skillnad om isoleringen utgörs av mineralull eller cellplast (EPS eller XPS) eftersom den mesta uttorkningen sker uppåt. I beräkningen antas i kurva A att uttorkningen startar den 1 januari och att rummet ventileras väl med uteluft. I kurva B antas att uttorkningen startar den 1 juli och att rummet ventileras väl med uteluft. I kurva C antas att avfuktare används inne med RF = 30%. I alla tre fallen antas att innetemperaturen är 20 °C. Av figuren framgår att uttorkning med ventilation vintertid är nästan lika effektiv som uttorkning med avfuktare. Användning av avfuktare är således mest motiverad sommartid.

Medelfukthalt i betong, uttorkning med ventilation på vintern (A), ventilation på sommaren (B) och med avfuktning (C).



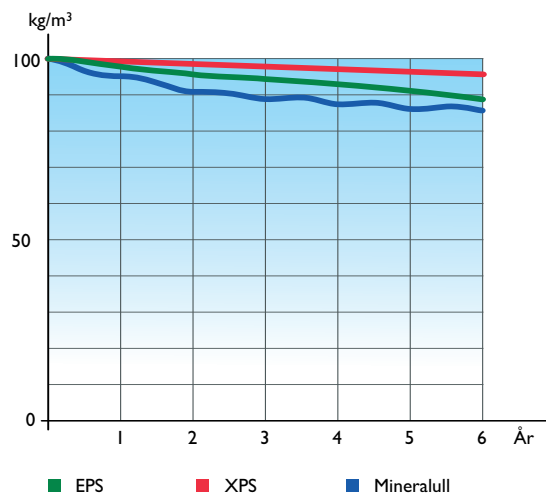
Figur 4. Medelfukthaltens variation i en 100 mm tjock betong-platta efter gjutning. Isoleringen utgörs av 100 mm styren-cellplast EPS eller XPS. Eftersom den största delen fukt torkar uppåt så länge betongen är öppen spelar den underliggande värmeisoleringens ångtäthet mindre roll.

Om byggfukt stängs inne av en tät matta tar uttorkningen lång tid. I figur 5 visas beräknad medelfukthalt i en 100 mm tjock betongplatta med startvärden 100 kg/m<sup>2</sup> om en tät golvmatta hindrar uttorkning uppåt.

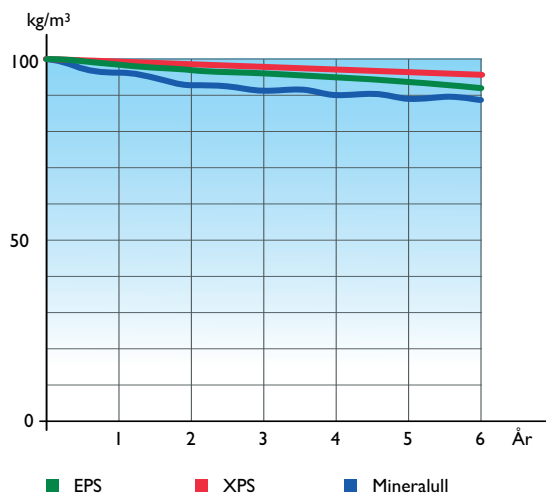


Figur 5. Beräknad medelfukthalt i en 100 mm tjock betongplatta med underliggande värmeisolering av styv mineralull, EPS eller XPS. I beräkningen förutsätts byggfuktig betong när mattan läggs på. Beräkningen visar att betongplattan så småningom torkar ut oavsett vilket isoleringsmaterial som används. Cellplasten är tätare än mineralullen, vilket förlänger uttorkningstiden. Samtidigt minskar också årstidsvariationerna. Ändring i temperatur och fuktighet under en mineralullsisolering slår relativt snabbt igenom som en fukthaltshöjning i betongplattan. En cellplastisolering dämpar detta förlopp.

I figurerna 6 och 7 visas motsvarande kurvor för uttorkning av betongplattor med 200 mm och 300 mm tjocklek.



Figur 6. Medelfukthalt  $\text{kg/m}^2$  i en 200 mm tjock betongplatta.



Figur 7. Medelfukthalt  $\text{kg/m}^2$  i en 300 mm tjock betongplatta.

När väl byggfukten har torkat ut kommer golv med underliggande värmeisolering att vara torra oavsett vilket isolermaterial som väljs. Detta gäller för golv med en bredd av högst ca 10 m. Vid valet mellan olika material måste alla aspekter bedömas, dvs förutom fuktfrågor även isolerförmåga, styvhet, fuktupptagning vid lagring, känslighet för transport- och hanteringskador.

Golvvärme påskyndar uttorkningen. Fukten kommer att torka uppåt så länge som betongytan är öppen, men när golvbeläggningen är på plats fortsätter uttorkningen nedåt. Detta går olika snabbt beroende på hur tät isoleringen är. Det är lämpligt att beräkna tiden för uttorkning vid den temperatur som golvet har. Att kontrollera fukten i golvet är svårt medan golvet är varmt.

För att minska värmeförlusterna mot mark bör ett golv med golvvärme isoleras väl. Om golvet är sämre isolerat eller inte alls vilket kan vara fallet i befintligt källargolv kan golvvärmens, förutom att ge onödiga värmeförluster mot marken, även vara orsak till fuktskador. Den fukt som torkar när betongen värms kommer att vandra med värmeflödet mot kallare partier. Det betyder risk för kondens i angränsande byggnadsdelar.

Det kan tilläggas att det högre ångmotståndet hos cellplasten, som kan förlänga uttorkningstiden efter att tät golvbeläggning lagts på, är en fördel om grunden skulle fuktas upp underifrån eller om golvvärmens stängs av och omvänd diffusion från varm och fuktig mark och upp i konstruktionen sker. Fuktvandringen underifrån bromsas och det hinner inte bli skador.

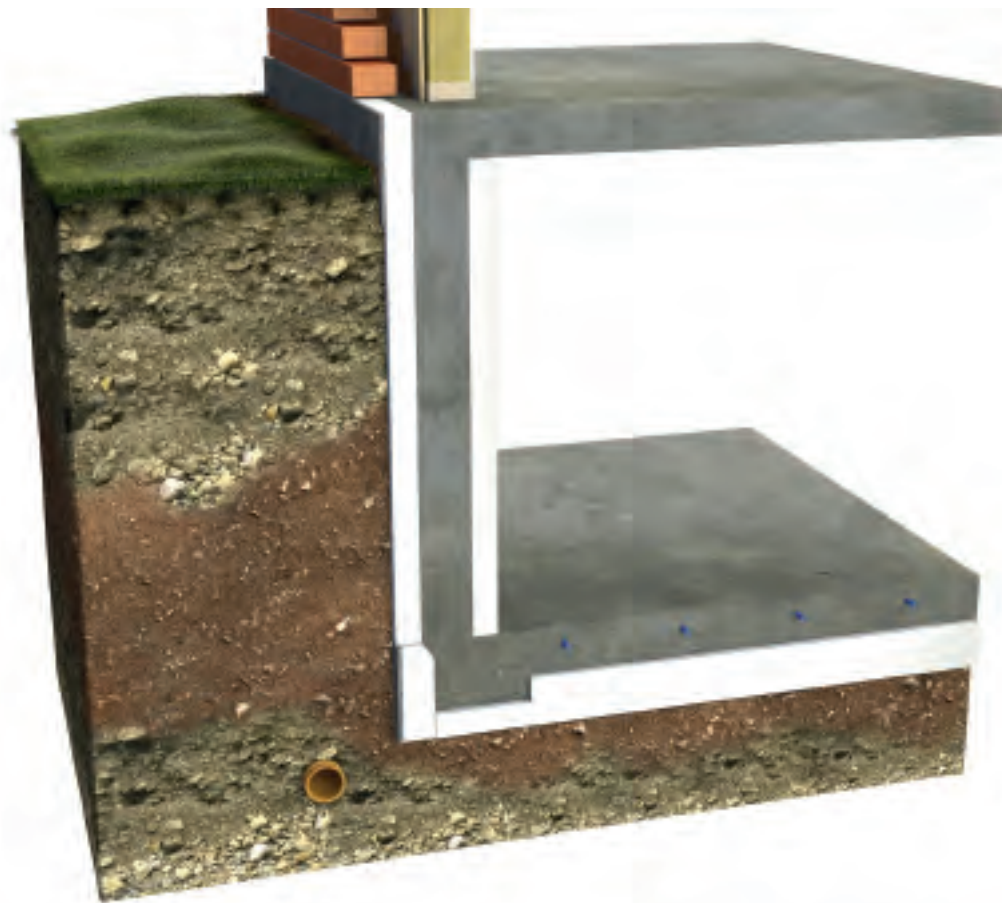


## Källarvägg

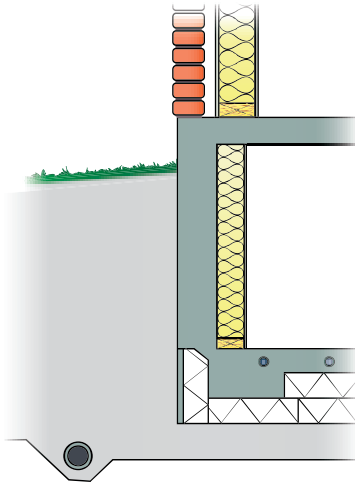
En källarvägg bör isoleras på sin utsida. Om så sker kommer den bärande delen och de delar där trä och träbaserade material förekommer att ligga varmt. Detta är invändningsfritt från fuktsynpunkt. Tyvärr är detta sätt att isolera en källarvägg oftast inte praktiskt möjligt i varje fall inte när man tilläggsisolerar en gammal källarvägg i efterhand.

Om väggen tilläggsisoleras på sin insida innebär det att den gamla väggen blir kallare och fuktigare än tidigare. Om isoleringen sätts mellan träreglar kan regelverket utsättas för tillräckligt höga fuktvärden för mögelpåväxt. Om man stänger inne fukt i väggen (byggfukt) eller om fukt läcker in utifrån förvärras situationen. Man bör därför i samband med invändig tilläggsisolering alltid undvika tätskikt i form av plastfolie eller tät tapet på väggens insida. Skälet är att även utsidan normalt har ett tätskikt. Att ha två täta skikt innebär en risk för framtida skador. Med plåtragar i stället för regler av trä minskar risken för skador.

Risken för kondens av inneluftens fukt inne i väggen måste beaktas om väggen isoleras invändigt. Det är olämpligt att ha alltför tjock isolering på insidan eftersom risken för kondens ökar med isoleringens tjocklek. Man bör således isolera måttligt, dvs med som mest 50–100 mm isolering på insidan.



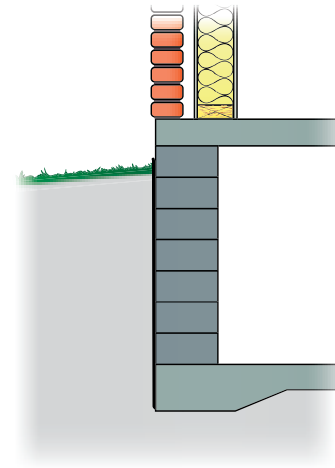
Figur 8. En källarvägg som isoleras på sin utsida hamnar i inneklimat, risken för fuktskador är liten.



Figur 9. En källarvägg som isoleras invändigt kan få problem med höga fuktvärden särskilt om insidan är tät. Väggen bör byggas utan ångspärr, med måttlig mängd isolering och endast under förutsättning att det är välventilerat och torrt inne.

Om man har isolerat invändigt och använt ångspärr kan man förvänta att förr eller senare få hög relativ fuktighet i regelverket. Många källare har drabbats av elak lukt från invändigt isolerade väggar. Lukten utvecklas så småningom. Det är dock vanligt att de boende inte märker detta. Problemen uppdagas först när besökare berättar att det luktar mögel eller när huset säljs och köparen flyttat in.

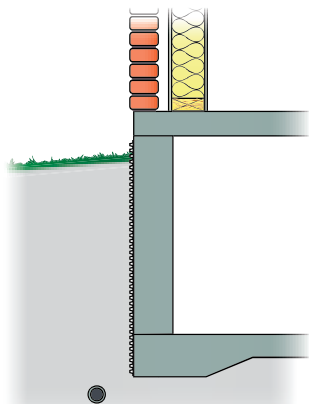
Ibland används upp till 300 mm tjock lättbetong som kylaryttervägg. En sådan vägg kan innehålla stora mängder byggfukt som behöver lång tid för att torka ut. Om fukten inte kan torka både utåt och inåt genom ett genomsläppligt fuktskydd på utsidan och helt öppen insida tar det mycket lång tid innan väggen är helt torr. Innan detta har skett kan man inte sätta inredning eller panel mot väggen eller ens tillåta målning av väggens insida.



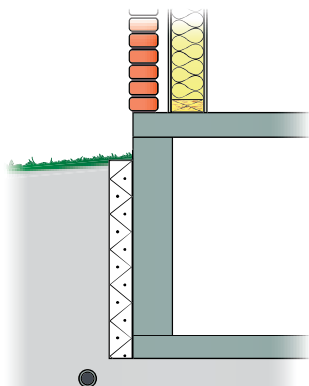
Figur 10. En källarvägg av lättbetong kan innehålla stora mängder byggfukt. Om utsidan är tät kan uttorkningen ta 5–10 år.

En källarväggs utsida måste alltid skyddas mot markfukt och ibland även mot vatten under tryck. Det finns flera olika lösningar för sådant fuktskydd. I figur 11 visas olika fuktskydd som är vanliga idag.

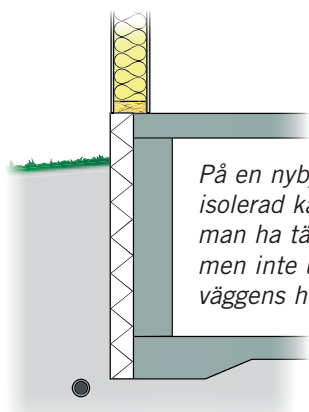
Figur 11a, 11b och 11c.  
Vanliga fuktskydd på  
källarväggar.



Luftspaltbildande platta

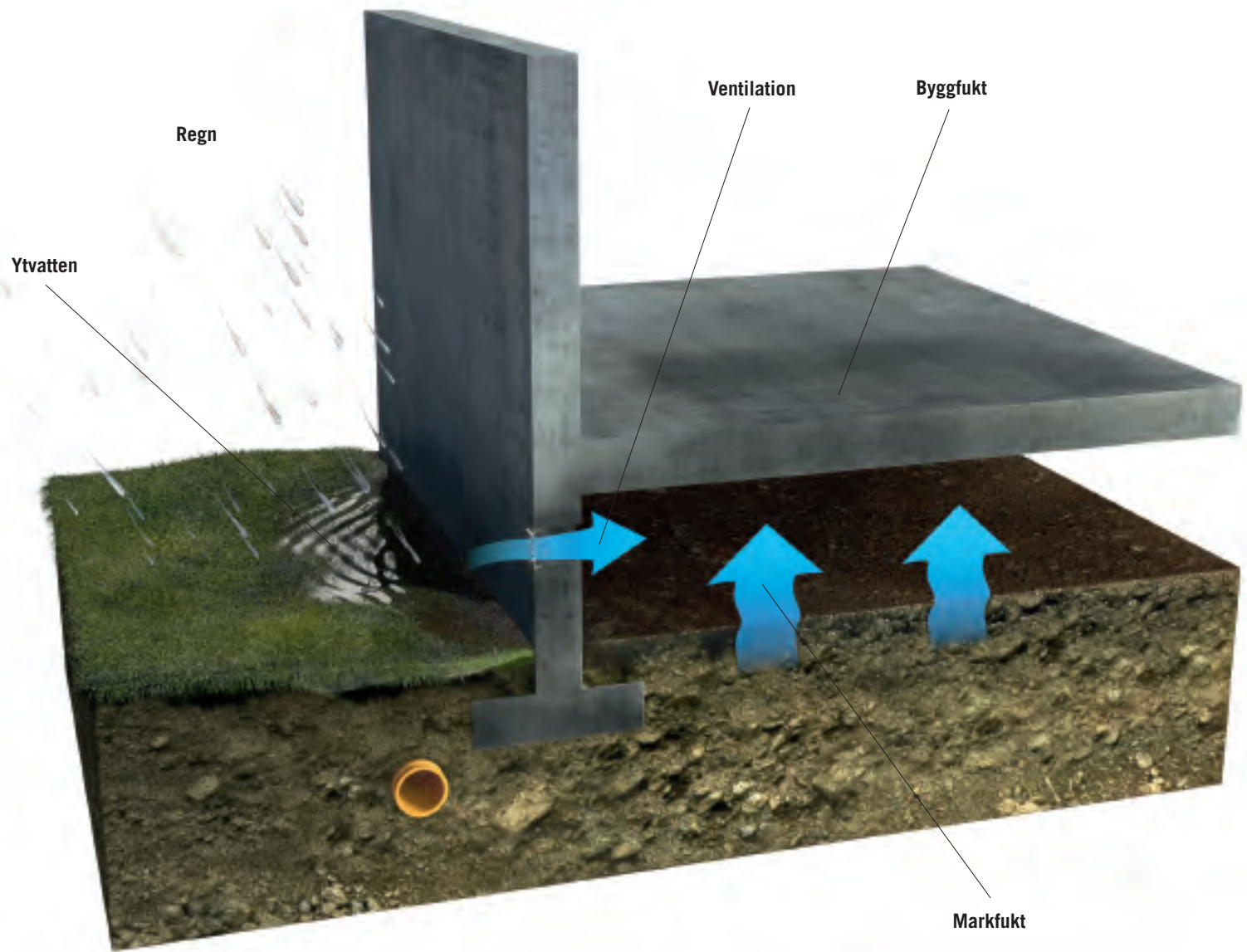


Dränerande värmeisolering



Isolering utanpå vägg med  
tätskikt (vanlig åtgärd på  
gammal vägg)

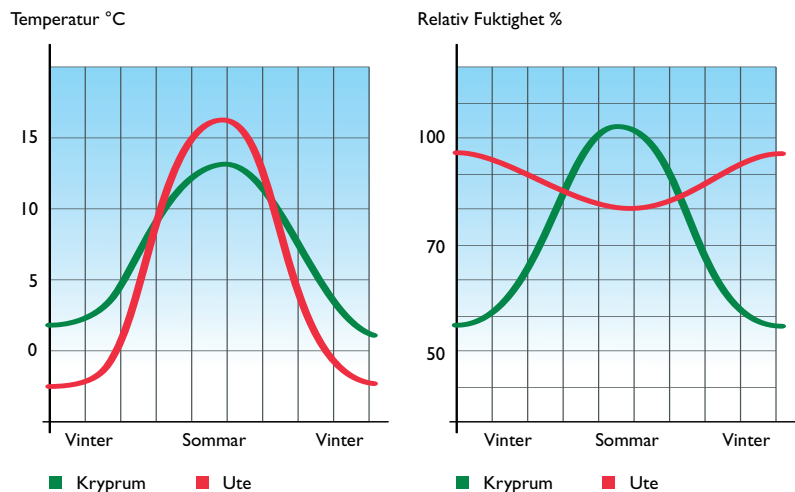
*På en nybyggd utvändigt  
isolerad källarvägg brukar  
man ha tätskikt nedtill,  
men inte utefter hela  
väggens höjd.*



Figur 12. I ett uteluftsventilerat kryprum bestäms fukttinnehållet av ett antal fuktkällor. Fukt kan tillföras från marken, från läckage eller byggfukt eller inrinnande ytvatten. Ventilation med uteluft för bort fukt under vissa förhållanden och tillför fukt under andra.

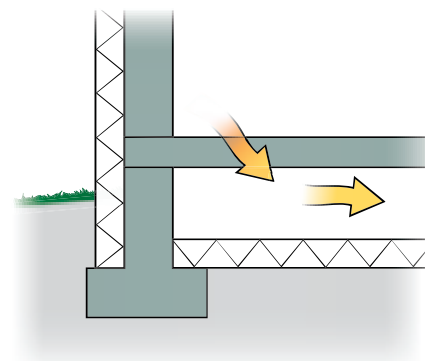
## Kryprum

Om man antar att ingen annan fuktkälla finns i kryprummet än uteluften, dvs att marken är torr och att byggnaden inte avger fukt, kommer man att få en variation av temperatur och relativ fuktighet på sätt som beskrivs i figur 13.



Figur 13. Årsvariationer av temperatur och relativ luftfuktighet i uteluft och i ett välisolerat kryprum.

Temperaturen i kryprummet är något högre på vintern och något lägre på sommaren i förhållande till uteluften. Det betyder att vintertid sänks den relativa fuktigheten i kryprummet i förhållande till uteluften. Sommartid är det tvärtom. Då höjs den relativa fuktigheten, vilket betyder att kryprummet får ett klimat som är gynnsamt för tillväxt av mikroorganismer. Om man till detta lägger att fukt kan avges från marken och från byggfuktigt material i plintar och bjälklag kommer kryprummet att vara fuktigt under en stor del av året.

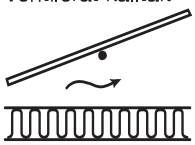

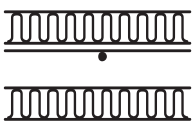



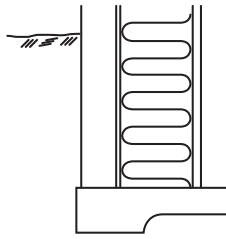
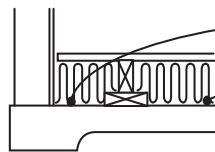
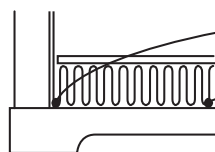
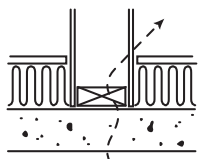
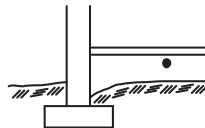
Figur 14. Ett inluftventilerat, varmt kryprum har torrt klimat året om. Det är en bra konstruktion ur fuktsynvinkel. Den är dessutom radonsäker eftersom ventilationen skapar en tryckskillnad mot inne.

# Fukt i olika byggnadsdelar

I tabell 1 redovisas kortfattat vilken relativ fuktighet och temperatur man kan förvänta i normalt utförda konstruktioner.

Tabell 1. Förväntat klimat i några olika byggnadsdelar.

Konstruktion	Förväntad relativ luftfuktighet	Temperatur
<b>Ventilerat kalltak</b> 	Vinter 85 - 95 Sommar 40 - 70	< 5 °C > 15 °C
<b>Parallelltak</b> 	Vinter 85 - 95 Sommar 40 - 70	< 5 °C > 15 °C
<b>Tilläggsisolerat parallelltak</b> 	Vinter 50 - 70 Sommar 50 - 70	0 - 10 °C 15 - 20 °C
<b>Yttervägg med fasadsten</b> 	Vinter 85 - 95 Sommar 40 - 95 (de höga värdena avser fuktig fasadsten)	< 5 °C > 15 °C

<b>Källarvägg med tät insida</b> 	Vinter 85 - 95 Sommar 40 - 70	< 5 °C > 15 °C
<b>Uppreglat golv</b> 	Vinter 70 - 95 Sommar 70 - 95 Vinter 70 - 85 Sommar 70 - 85	5 - 10 °C Ca 15 °C Ca 15 °C 15 - 18 °C
<b>Flytande golv</b> 	Vinter 80 - 95 Sommar 80 - 95 Vinter 80 - 85 Sommar 80 - 85	5 - 10 °C Ca 15 °C Ca 15 °C 15 - 18 °C
Anm. Mellanväggar som står direkt på betongplattan utan underliggnade tätskikt får ofta lägre värden än de ovan angivna. Orsaken är att en viss diffusion sker upp genom syll och vägg.		
<b>Kryprum</b> 	Vinter 70 - 85 Sommar 80 - 95	< 5 °C > 10 °C





# Bärande konstruktioner med EPS

## Beräkningsprinciper



**Henrik Carlsson**, civilingenjör, WSP Byggprojektering, har i sitt mångåriga arbete som konstruktör bland annat samlat lång erfarenhet av EPS-cellplast som bärande isolering i byggnader.

## Dimensioneringsprocessen

Dimensioneringsprocessen för bärande konstruktioner kan delas upp i lämpliga steg. Dessa är i princip alltid desamma oavsett typ av konstruktion och vilken säkerhetsnorm som tillämpas.

Stegen är följande:

1. Bestämning av förutsättningar för
  - geometri
  - material
  - beständighet
  - laster
2. Val av preliminära dimensioner och materialkvaliteter
3. Kontroll av bärförmågan i brottgränstillstånd för möjliga brottyper
  - beräkning av respektive lasteffekt
  - beräkning av respektive bärförmåga
  - kontroll av säkerheten för de möjliga brottyperna, det vill säga att bärförmågan alltid överstiger lasteffekten
4. Kontroll av funktioner och beteende i bruksgränstillstånd
  - bestämning av relevanta funktionskrav
  - beräkning av respektive lasteffekt
  - kontroll att funktionskrav uppfylls

## Partialkoefficientmetoden

Vid dimensionering med partialkoefficientmetod (PK-metod) beaktas säkerheten med hjälp av särskilda säkerhetsfaktorer eller partialkoefficienter för last respektive bärförmåga.

Laster bedöms efter sannolikhet respektive varaktighet medan bärförmågan bedöms efter materialegenskaper och risk för personskada vid ett eventuellt brott.

Detta är den grundläggande dimensioneringsfilosofien i Boverkets konstruktionsregler, BKR.

### HALVSTATISTISK METOD

PK-metoden brukar kallas för en halvstatistisk metod. Detta innebär att vissa storheter bestäms statistiskt medan själva dimensioneringsvillkoret är enkelt utan statistiska samband.

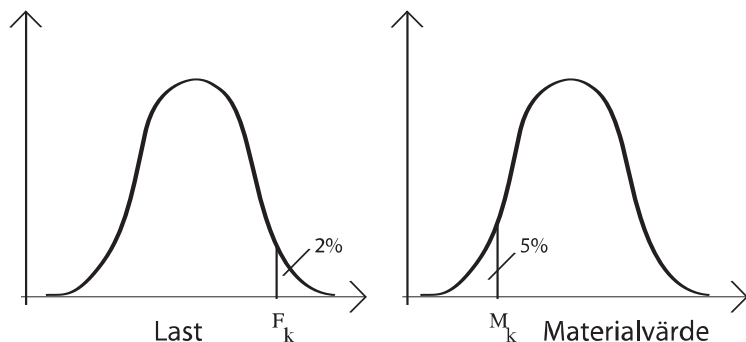
### KARAKTERISTISKA VÄRDEN

Storheter som bestäms på statistisk väg är karakteristiska värden för laster och materialhållfastheter. Även partialkoefficienterna kan sägas vara statistiskt bestämda.

Karakteristiska värden hämtas som regel direkt ur BKR eller tillhandahålls av materialleverantör.

Det karakteristiska värdet för en variabel last ska för byggnader motsvara det värde som med en sannolikhet av

98 % inte överskrids någon gång under ett år, det vill säga 98-procentsfraktilen. För tidsberoende laster motsvarar detta en upprepningstid av 50 år.



Vid bestämning av materialvärde ska osäkerheten mellan värde bestämt genom provning och motsvarande värde i den färdiga konstruktionen beaktas. Det karakteristiska värdet ska därför sättas till den nedre 5-procentsfraktilen, vilket innebär att 95 % av allt tillverkat material minst ska klara angivet värde.

## DIMENSIONERINGSVÄRDEN

Karakteristiska värden omformas till dimensioneringsvärden med hjälp av partialkoefficienterna  $\gamma_f$ ,  $\gamma_m$  och  $\gamma_n$ .

Dimensioneringsvärdet för lasten sammansätts till en dimensionerande lastkombination, som ger en dimensionerande lasteffekt ( $S_d$ ) i form av tryck-, böj-, skjuvpåkänning, etc.

$$F_d = \gamma_f \cdot F_k \Rightarrow S_d$$

Dimensioneringsvärden för materialhållfasthet, geometri och beständighet ger dimensionerande bärförmåga ( $R_d$ ).

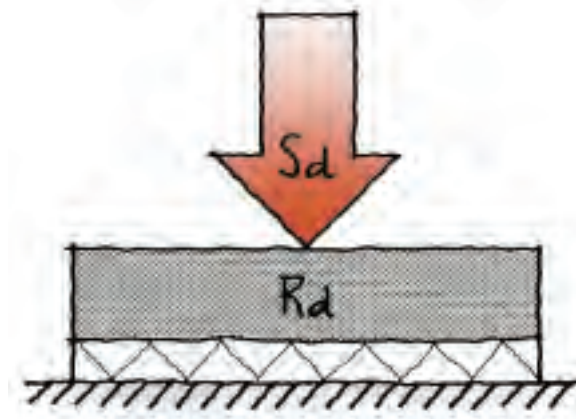
$$M_d = M_k / (\gamma_m \cdot \gamma_n) \Rightarrow R_d$$

där  $F$  = allmän beteckning för last (Force)

$M$  = allmän beteckning för Materialvärde

$k$  = index för karakteristiskt värde

$d$  = index för dimensioneringsvärde



Dimensioneringsvillkor:  $R_d \geq S_d$

där  $R$  = bärförmåga (Resistance)

$S$  = lasteffekt (Sollicitation)

## GRÄNSTILLSTÅND

Med gränstillstånd avses ett tillstånd där en konstruktion nätt och jämt klarar ställda krav med avseende på materialbrott, instabilitet, deformation, etc.

BKR och andra säkerhetsnormer till exempel Eurocode anger två gränstillstånd som ska analyseras:

- brottgränstillstånd
- bruksgränstillstånd



I brottgränstillstånd ställs krav med avseende på:

- materialbrott på grund av tryck, böjning, skjuvning etc samt utmattning
- instabilitet i form av knäckning, vippning, stjälpning och glidning
- fortskridande ras eller brott vid olyckslast.

I bruksgränstillstånd beaktas:

- skadliga eller besvärande nedböjningar, lutningar eller sättningar
- skadliga eller besvärande sprickbildningar
- skadliga eller besvärande svängningar

## Dimensionering i brottgränstillstånd

### BESTÄMMNING AV LASTVÄRDEN OCH LASTEFFEKTER

I gällande normer anges de laster som ska användas och hur dessa skall kombineras i olika lastkombinationer. BKR föreskriver sju olika lastkombinationer för brottgränstillstånd med tillhörande partialkoefficienter. Av dessa behöver man normalt bara kontrollera en eller högst två.

Med hjälp av föreskrivna lastvärden och partialkoefficienter beräknas dimensionerande lastvärden enligt följande principuttryck:

$$F_d = \sum \gamma_{fG} \cdot G_k + \gamma_{fQ} \cdot Q_k \text{ (en huvudlast)} \\ + \sum \gamma_{fQ} \cdot \psi \cdot Q_k \text{ (övriga variabla laster)}$$

- där  $G_k$  = karakteristiskt värde för permanent last.  
 $Q_k$  = karakteristiskt värde för variabel last.  
 $\psi \cdot Q_k$  = vanligt värde för variabel last.  
 $\gamma_{fG}$  = partialkoefficient för permanent last.  
 Partialkoefficientens storlek bestäms av den aktuella lastkombinationen i BKR.  
 $\gamma_{fQ}$  = partialkoefficient för variabel last.  
 Partialkoefficientens storlek bestäms av den aktuella lastkombinationen i BKR.

Den dimensionerande lasteffekten  $S_d$  beräknas för hand eller med hjälp av datorprogrammet PEPS.



### BESTÄMNING AV BÄRFÖRMÅGA FÖR OLIKA BROTTYP

Det dimensionerande materialvärdet för en EPS-konstruktion tecknas i överensstämmelse med BKR med hjälp av följande samband:

$$\left. \begin{aligned}
 f_{d1} &= \frac{\kappa_s \cdot f_k}{\gamma_m \cdot \gamma_n} \\
 E_{d1} &= \frac{\kappa_s \cdot E_k}{\gamma_m \cdot \gamma_n} \\
 f_{d2} &= \frac{\kappa_s \cdot f_k}{\gamma_m \cdot \gamma_p} \\
 E_{d2} &= \frac{\kappa_s \cdot E_k}{\gamma_m \cdot \gamma_p}
 \end{aligned} \right\} \Rightarrow R_d$$

$$\left. \begin{aligned}
 f_{d1} &= \frac{\kappa_s \cdot f_k}{\gamma_m \cdot \gamma_n} \\
 E_{d2} &= \frac{\kappa_s \cdot E_k}{\gamma_m \cdot \gamma_p}
 \end{aligned} \right\} \Rightarrow R_b$$

$$\left. \begin{aligned}
 & \\
 & \\
 & \\
 &
 \end{aligned} \right\} \Rightarrow R_d \leq R_{a,d}$$

där  $\kappa_r$  = omräkningsfaktor som för en EPS-konstruktion bestäms av varaktigheten för den kortvarigaste lasten i den aktuella lastkombinationen.

$f_k$  = karakteristiskt värde för EPS-materialets hållfasthet enligt EN 826 definierat som den nedre 5-procentsfraktilen.

$\gamma_m$  = partialkoefficient för material.

$\gamma_n$  = partialkoefficient för säkerhetsklass.

$E_k$  = karakteristiskt värde för styvhet definierat som medelvärde.

$R_a$  = bärförmåga med lågt värde på EPS-materialets styvhet.

$R_b$  = bärförmåga med högt värde på EPS-materialets styvhet.

Den dimensionerande bärförmågan  $R_d$  beräknas för hand eller med hjälp av datorprogrammet PEPS.

## Dimensionering i bruksgränstillstånd

### VAL AV FUNKTIONSKRITERIER

Kraven i BKR för bruksgränstillståndet är inte kvantifierade. Det är därför konstruktörens ansvar att formulera relevanta dimensioneringskriterier med hänsyn till konstruktionens verkningssätt och de skador eller olägenheter som kan uppkomma. För konstruktioner med bärande EPS är det enbart deformationskriteriet som är aktuellt att kontrollera för långtidslast.

För EPS bör krypdeformationen begränsas till 2% alternativt totaldeformationen begränsas till 3% för lastkombinationer med lång varaktighet.



## BESTÄMNING AV LASTVÄRDEN OCH LASTEFFEKTER

I gällande normer anges de laster som ska användas och hur dessa ska kombineras i olika lastkombinationer. BKR anger två lastkombinationer (8) och (9) i bruksgränstillståndet. För EPS-konstruktioner där skadeorsaken är långtidslast kan dimensionerande lastvärde tecknas:

$$F_d = \Sigma 1,0 \cdot G_k + \Sigma 1,0 \cdot \psi_1 \cdot Q_k \text{ (alla variabla laster)}$$

där  $\psi_1 \cdot Q_k$  = långtidsvärde för variabel last.



Principformeln för dimensionerande materialvärde för EPS i bruksgränstillstånd lyder:

$$E_d = \frac{\kappa_s \cdot E_k}{\gamma_m}$$

där  $\kappa_s$  = omräkningsfaktor som bestäms av varaktigheten för den kortvarigaste lasten i den aktuella lastkombinationen.

$\gamma_m$  = partialkoefficient för material som får sättas till 1,0.

$E_k$  = karakteristiskt värde för styvhet definierat som medelvärde.

Även bruksgränskontrollen kan göras för hand eller med hjälp av datorprogrammet PEPS.

## Lasters varaktighet

Inverkan av lasters varaktighet på bärförmåga och styvhet ska beaktas vid dimensionering av konstruktioner med bärande EPS. Detta ska ske genom särskilda omräkningsfaktorer  $\kappa_r$  och  $\kappa_s$ . Dessa faktorer ska bestämmas med hänsyn till den lastgruppering som anges i följande tabell.

Lasttyp	Sammanlagd varaktighet	Exempel på lasttyper
<i>Permanent last</i> Lasttyp P	mer än 10 år	Egentyngd av permanenta byggnadsverk.
<i>Variabel last</i> Lasttyp A	mellan 6 månader och 10 år	Den bundna lastdelen av nyttig last av inredning och personer. Snölast med vanligt värde. Övriga nyttiga laster med långtidsvärde enligt BKR 3:9.
Lasttyp B	mellan 1 vecka och 6 månader	Den fria lastdelen av nyttig last av inredning och personer. Vindlast med vanligt värde. Snölast med karakteristiskt värde. Last på betongformar och liknande tillfälliga konstruktioner. Trafiklast.
Lasttyp C	mindre än 1 vecka	Vindlast med karakteristiskt värde. Last från dispenstrafik.

## Säkerhetsklasser

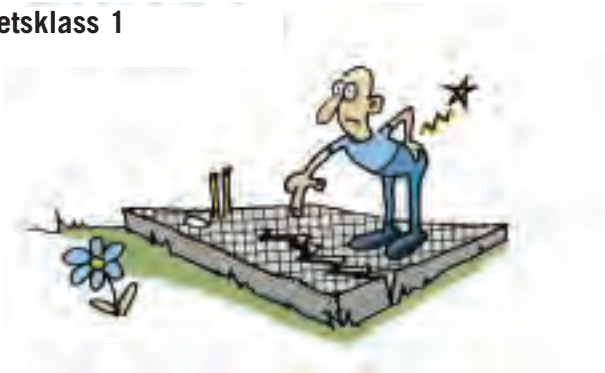
Med hänsyn till omfattningen av de personskador som kan befaras uppkomma vid brott i en byggnadsdel skall dessa hänföras till någon av följande säkerhetsklasser:

- säkerhetsklass 1 (låg), liten risk för allvarliga personskador
- säkerhetsklass 2 (normal), någon risk för allvarliga personskador
- säkerhetsklass 3 (hög), stor risk för allvarliga personskador

Normalt hamnar bärande konstruktioner med EPS typ platta på mark i säkerhetsklass 1 eftersom brott i sådan byggnadsdel inte leder till kollaps utan enbart begränsad brukbarhet. Högre säkerhetsklass kan vara befogad för exempelvis bärande isolering under grundplatta för stompelare där en alltför stor sammantryckning kan leda till lastomlagringar med konsekvenser för anslutande stomdelar.

I BKR finns anvisningar och exempel för val av säkerhetsklass.

### Säkerhetsklass 1



### Säkerhetsklass 2



### Säkerhetsklass 3



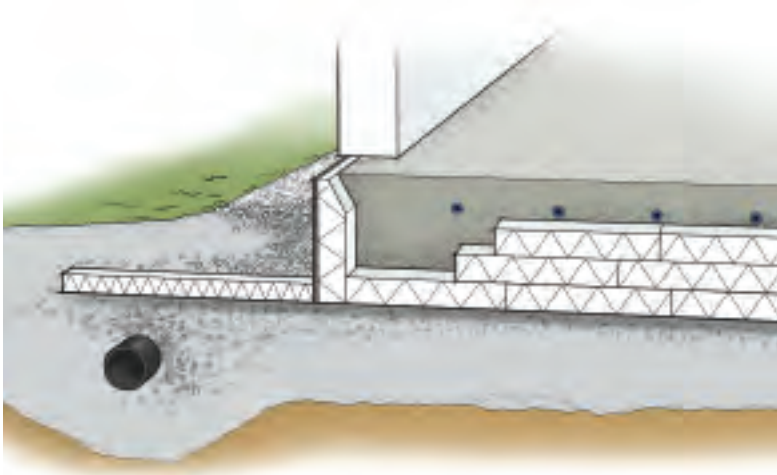
## EPS som konstruktionsmaterial

### PLATTA PÅ MARK

Hela platta på mark-konstruktionen ska vila på en bärande isolering med hög beständighet och högt diffusionsmotstånd ovanpå ett dränerande underlag.

Med hjälp av metodval (vakuumbehandling) eller materialval (själtvorkande betong med  $v_{ct} \leq 0,4$ ) minimeras uttorkningstiden för byggfukt så att eftersträvad uttorkning med tillräcklig marginal är avklarad före mattläggning.

Plattjockleken bör begränsas och invändiga grundbalkar eller voter undvikas för att möjliggöra rimliga torktider för byggfukt. Vid fribärande grundläggning tillämpas samma principer.



*Platta på mark med underliggande isolering av EPS är en enkel och säker grundkonstruktion.*

EPS-materialet har hög beständighet vilket krävs med tanke på att detta inte är åtkomligt för inspektion eller underhåll under byggnadens livslängd, som normalt bör vara 100 år.

Bärförmågan hos EPS-materialet är hög vilket innebär att lastkapaciteten för golvplattan kan tillgodoses genom val av rätt EPS-kvalitet utan att tjockleken på betongplattan behöver ökas.

## FUKTSKYDD

För att undvika fuktskador i platta på mark måste fyra olika former av fuktpåverkan behärskas:

1. kapillär uppsugning av markvatten
2. fuktdiffusion av markfukt i ångfas
3. byggfukt
4. läckage

EPS-materialet är inte kapillärsugande och därför lämpligt som kapillärbrytande skikt under platta på mark. Detta innebär att dränerande lager under isoleringen får utgöras av otvättad makadam.

Det kapillärbrytande skiktet ska vara heltäckande. Konstruktionsdelar som pålskallar eller plintar, som inte går att bryta med EPS måste skäras av på annat sätt till exempel med PE-folie.

Platta på mark-konstruktionen skyddas mot markfukt i ångfas av EPS-isoleringens värme- och ånggenomgångsmotstånd. I vissa fall krävs dock en högre diffusionstäthet under betongplattan för att ångvandringen från marken ska stoppas. Dessa fall finns beskrivna tidigare i denna handbok under rubriken ”Isolering under platta på mark”. En enkel och säker lösning är att komplettera EPS-skiktet med en ångspärr av minst 0,2 mm tjock, alkalibeständig polyetenfolie.

Byggfukten måste alltid tas omhand i byggskedet före applicering av täta eller fuktkänsliga material på golvet. Uttorkning ska ske till en angiven, säker RF-nivå som kontrolleras med RF-mätning på ett korrekt mätdjup av 40% av betongtjockleken.

Entreprenören ska säkerställa att utförandet av betongplattan sker på ett sådant sätt att uttorkning kan ske inom tillgänglig byggtid.

Observera att dagens byggfuktfria betongkvaliteter kräver avjämning med en lågalkalisk avjämningsmassa för att undvika farlig återuppfuktning vid limning av plastmatta.

Platta på mark med underliggande isolering av EPS är den tåligaste golvkonstruktionen med avseende på läckage från installationer. Både vakuumbehandlad och självtorkande betong har visat sig vara mycket tålig mot återuppfuktning. Skadesanering efter ett läckage blir därför begränsat till de material som befinner sig ovanpå betongplattan.

## LJUDÖVERFÖRING

Under lägenhetsskiljande väggar bör såväl betongplatta som EPS-isolering alltid skäras av för att hindra flanktransmission av ljud mellan lägenheter.

## BEGRÄNSNINGAR MED EPS

EPS har några egenskaper som man som konstruktör och byggare alltid bör tänka på:

- EPS är brännbart – var försiktig med öppen eld på bygget
- EPS är extremt lätt – åtgärder krävs vid blåst och vid risk för översvämning
- EPS är ett styvt material – noggrannhet krävs både vid tillpassning och vid avjämning av underlaget före utläggning
- Högsta användningstemperatur är +80°C. Var försiktig vid utläggning av el-slingor för golvvärme. Värme-kablarna får inte komma i kontakt med EPS-materialet

## REFERENSER

1. *Boverkets konstruktionsregler, BKR. Regelsamling 2003.*
2. *Nevander, Elmarsson. Fukthandbok. Praktik och teori. Andra utgåvan. AB Svensk Byggtjänst, 1994.*
3. *Carlsson, H. Fuktsäkert golv på mark. BFR-rapport R25:1994.*
4. *Johansson, N. Fältstudie av olika metoder att påskynda betongs uttorkning. Lunds Tekniska Högskola. TVBM-7172. Lund 2003.*

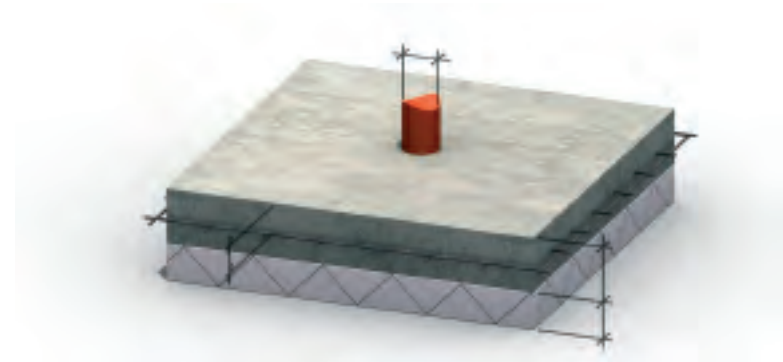
## BERÄKNINGSPROGRAMMET PEPS

Dimensionering av platta på mark med beräkning av lasteffekt och bärförmåga i brottgränstillstånd är relativt komplicerat. Ett flertal parametrar påverkar beräkningen och man kan dessutom välja mellan olika beräkningsmodeller för platta på elastiskt underlag.

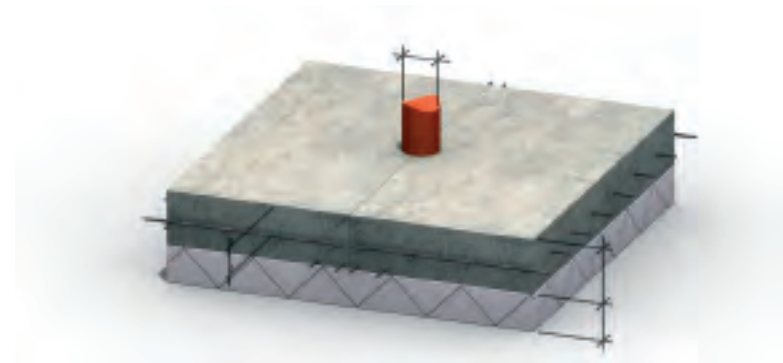
För att underlätta dimensioneringsprocessen har EPS-Bygg inom Plast & Kemiföretagen tagit fram datorprogrammet PEPS.

Med PEPS beräknar man dimensionerande linjelast eller punktlast för betongplatta på mark med underliggande EPS-isolering och samtidigt kontrolleras deformationer för angiven brukslast.

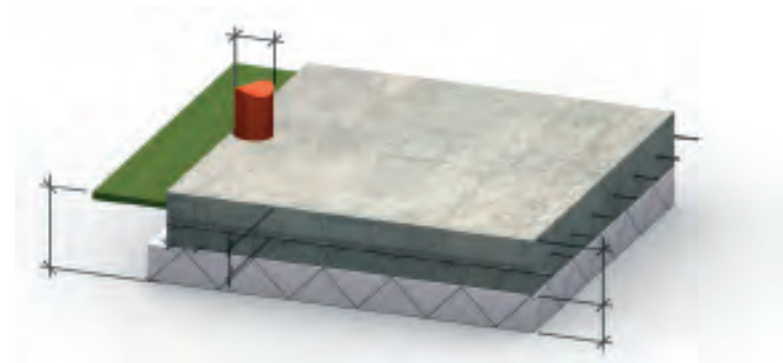
Nio olika lastfall illustrerade med tydliga figurer finns tillgängliga i programmet som är helt webbaserat.



1. Invändig punktlast

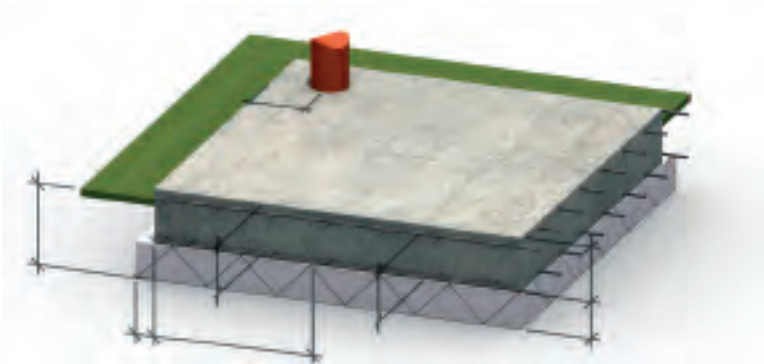


2. Invändig punktlast över genomskuren fog



3. Punktlast vid kant

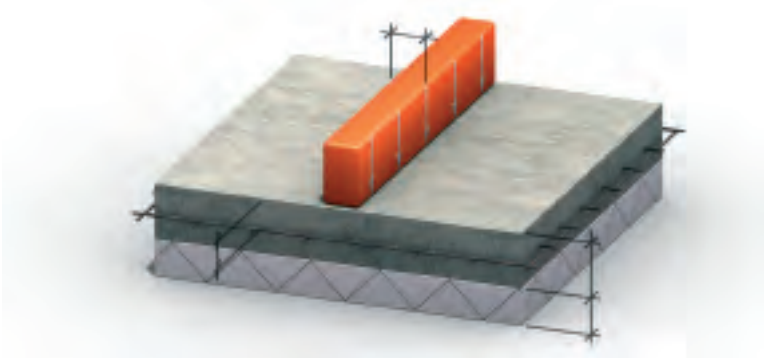




4. Punktlast vid hörn



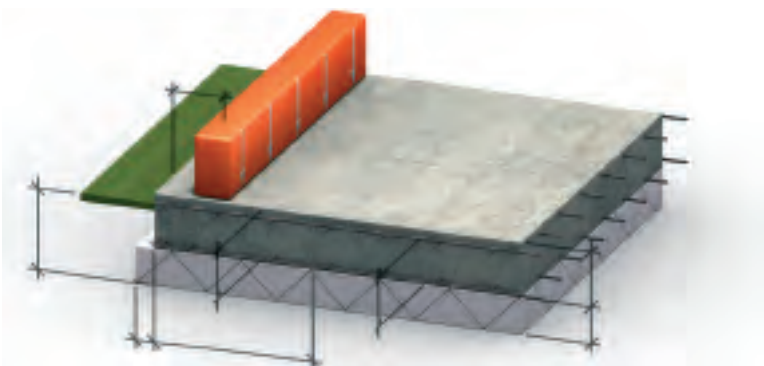
7. Linjelast på kantbalk



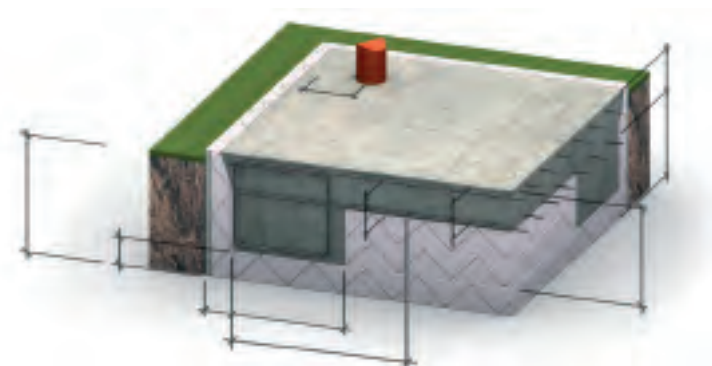
5. Invändig linjelast



8. Punktlast på kantbalk



6. Linjelast vid kant



9. Punktlast vid hörn på kantbalk



Programmet beräknar och anger dimensionerande bärförmåga i brottgränstillstånd för vald konstruktion vid respektive varaktighet P, A, B och C vilken bestäms av den kortvarigaste lasten i lastkombinationen, [3].

Utöver hållfasthetsklass på betongen och EPS-isoleringen ger programmet möjlighet att välja armering i betongplattan respektive kantbalken. Programmet beräknar även erforderlig minimiarmering enligt kraven i BBK 04, kap. 4.5.6 för begränsning av sprickor orsakade av tvång.

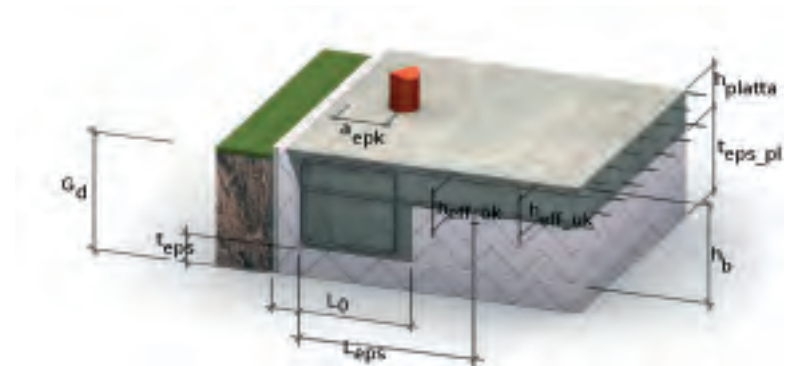
Programmet får endast användas för EPS-material med dokumenterad tillverkningskontroll avseende karakteristisk tryckhållfasthet. Karakteristiska värden för respektive hållfasthetsklass framgår av [3].

Viktiga indata är jordmaterial, geoteknisk klass, grundläggningsdjup med mera.

Programmet genomför en deformationskontroll i bruksgränstillstånd för vald lastkombination med lång varaktighet, P eller A.

Observera att den bruksgränskontroll som görs av programmet inte tar hänsyn till plastisk deformation i jordmaterialet under EPS-cellplasten. För sättningbenägen undergrund måste jordens sättningsegenskaper bedömas separat. En begränsning av jordens bärförmåga kan vara nödvändig av denna orsak. Kontakta därför alltid sakkunnig geotekniker för rådgivning.

Programmet är utformat med hjälptexter för varje typ av indata. Orimliga indata accepteras inte.

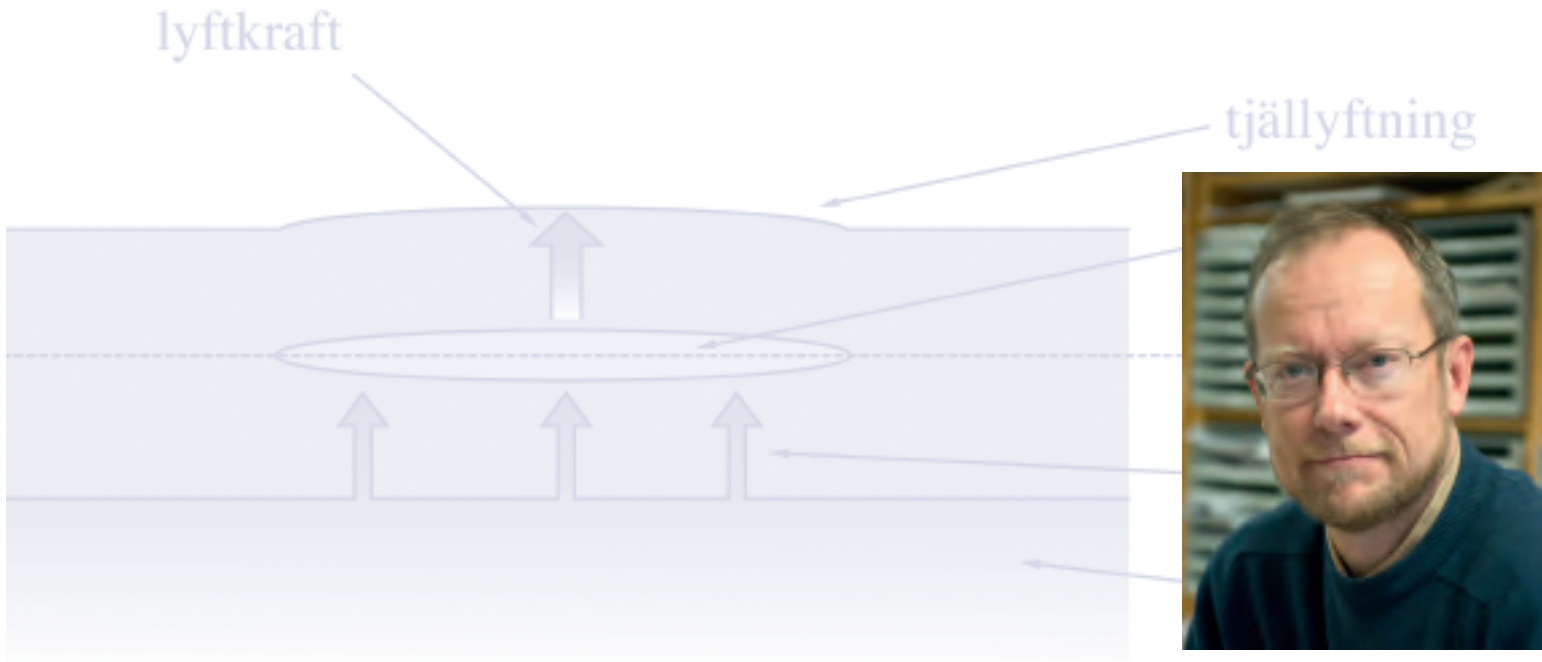


PEPS når man via länken <http://www.eps-peps.se/>. Där kan man skapa ett konto och för en årlig avgift får man obegränsad tillgång till programmet inklusive uppdateringar. Under 2010 kommer PEPS att uppdateras så att dimensionering sker enligt Eurokod.

## REFERENSER

1. *Boverkets konstruktionsregler, BKR*
2. *Boverkets handbok om betongkonstruktioner, BBK 04*
3. *EPS-Bygg, Konstruktioner med bärande EPS. Plast- & Kemiföretagen 2007.*
4. *Handboken Plattgrundläggning. AB Svensk Byggtjänst och Statens geotekniska institut, 1993*
5. *Hetényi M, Beams on elastic foundation. Eighth printing. Ann Arbor, The University of Michigan, 1967*
6. *Losberg A, Design methods for structurally reinforced concrete pavements. CTH Handlingar 250, 1961*
7. *Vlasov and Leontév, Beams, Plates and Shells on Elastic Foundations. Jerusalem, 1966*

## Tjälskydd för grunder



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

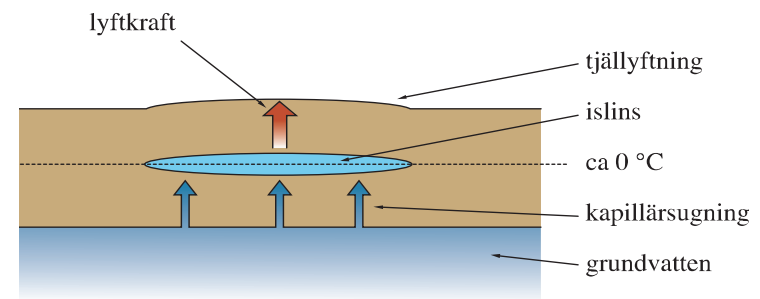
## Inledning

Det ställs en rad funktionskrav på en byggnad och dess olika delar. Energieffektivitet, fuktsäkerhet, tjälskydd, en god termisk komfort är exempel på funktionskrav som kan hanteras genom att använda genomtänkta tekniska lösningar. Det gäller dock att vara uppmärksam på konflikter som kan uppstå mellan de olika kraven. Till exempel kan konflikter uppstå mellan krav på reducerad värmeförlust mot mark och upprätthållandet av ett gott tjälskydd. I takt med att isoleringstjocklekarna i klimatskalets delar ovan mark har ökat har det blivit allt mer väsentligt att även lägga en rejält tjock isolering i grundkonstruktionen. Markens egen värmeisolerande förmåga för en villa, grundlagd med platta på mark, motsvaras approximativt av en ca 5–7 cm tjock isoleringsskiva. Då grundens yta utgör en ansevärd del av klimatskalets totala yta måste vi isolera grunden i det närmaste i samma grad som andra ytor för att optimera utnyttjandet av använd isoleringsmängd. Det gäller ju att lägga isoleringen där den gör bäst nytta. Dessutom är det förhållandevis enkelt att skapa en heltäckande isolering mot mark, samtidigt som den utgör en ansevärd del av klimatskalets totala yta. Användandet av golvvärme ger ytterligare skäl för att isolera grunderna rejält. Den ökade golvtemperaturen leder annars lätt till förhöjda värmeförluster.

En korrekt utförd grundisolering kan skapa lägre värmeförluster, ökad termisk komfort (högre golvtemperaturer), ett skydd mot tjällyftning och även ökad fuktsäkerhet.

## Tjällyftning

Figur 1 visar hur en islins bildas i tjälfarlig mark. Under vintern leds värme upp från den förhållandevis varma marken som blir avkyld. Om det är tillräckligt kallt sjunker temperaturen under 0 °C och vattnet i marken fryser till is. Då is upptar större volym än vatten i vätskeform, skapas ett tryck uppåt och neråt. Islinsen växer ytterligare genom att vatten både diffunderar och kapillärsugs dit från ofrusna markområden. Speciellt allvarligt är detta i så kallad tjälfarlig mark t ex silt, siltig morän eller grovlera.



Figur 1. Islins som skapas i mark som fryser, samt ett exempel på tjälskott i väg.

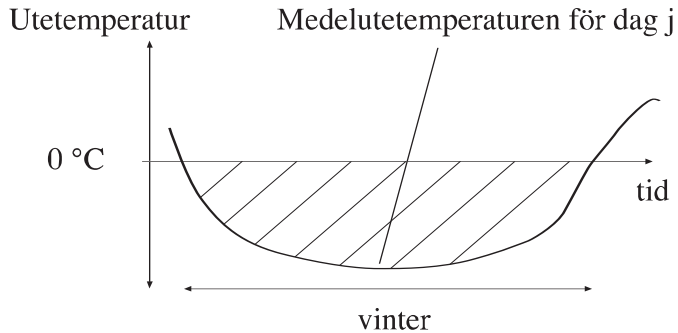
Tjäle i mark kan även uppstå i randzonerna av en byggnad. Tjälen förmår tränga in under grunder med litet grundläggningsdjup, t ex i fallet med platta på mark och kryprum. De krafter som illustrerats ovan i ostörd mark, långt bort från byggnader, kan då uppstå vinkelrätt mot en inträngande frostfront och lyfta, alternativt trycka mot grundkonstruktionen.

## Tjäldjup i ostörd mark

Tjäldjupet i ostörd mark beror på klimat- och markförhållanden. Ju längre tid som temperaturen håller sig under noll desto djupare förmår förstås tjälen att tränga sig ner. Ett sätt att beskriva klimatförhållandet är att använda den så kallade köldmängden,  $F_d$  (grafiskt definierad av den streckade ytan i figur 2) eller av följande ekvation.

$$F_d = 24 \cdot \sum_j (0 - T_{dj}) \quad (^\circ\text{Ch})$$

Här anger  $T_{dj}$  medeltemperaturen för dag  $j$ .



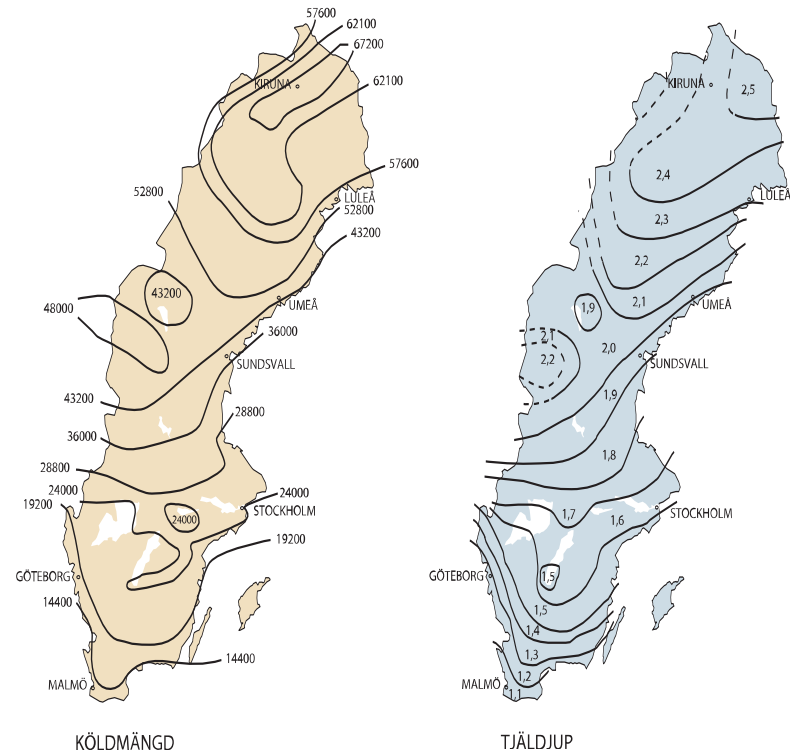
Figur 2. Definition av köldmängd.

Köldmängden kan beräknas för olika år med hjälp av registrerade utetemperaturer och som dimensionerande fall kan t ex den största årliga köldmängden som registrerats under en 50 eller 100 års period användas. Figur 3 visar maximala köldmängder som registrerats i Sverige av SMHI under 100 år.

Förutom köldmängden har markens beskaffenhet i form av dess värmeledningsförmåga, värmekapacitet och vatten-

innehåll en avgörande betydelse för hur djupt tjälen tränger ner. Dessutom påverkas djupet av om marken är täckt med vegetation eller snö och om den t ex alltid ligger i skugga eller ofta är solbelyst.

Tjäldjupskartan över Sverige, se figur 3, visar maximal tjälnedträngning i tjälfarlig mark, vilken inte varit snötäckt.



Figur 3. Dimensionerande köldmängd och maximalt tjäldjup i Sverige.

### Formel för tjäldjup

Det finns ett approximativt uttryck som relaterar tjäldjup  $H_0$  (m), till köldmängd:

$$H_0 = 0,085 \cdot \sqrt{\frac{F_A \lambda_f}{w \cdot 0,33 + C T_a}}$$

$\lambda_f$ : Värmeledningsförmåga för frusen mark (W/mK)

$w$ : Fukthalt ( $\text{kg/m}^3$ ) i mark

$C$ : Värmekapacitet per volymenhet för ofrusen mark ( $\text{MJ/m}^3\text{K}$ )

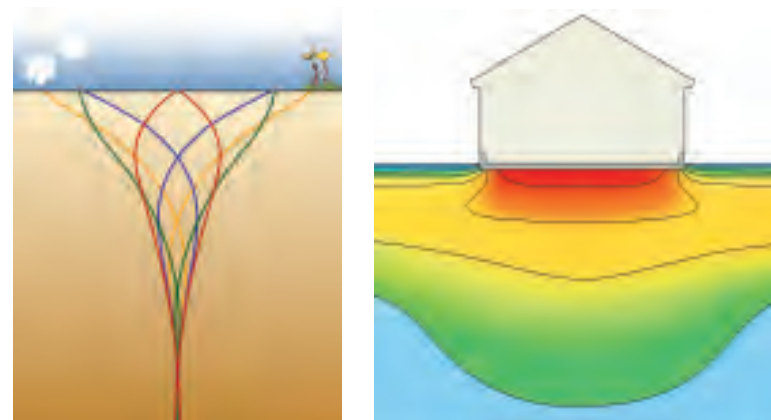
$T_a$ : Årsmedeltemperatur ( $^{\circ}\text{C}$ )

Formeln i rutan förklarar hur olika materialegenskaper och klimat hänger samman och bestämmer tjäldjupet. Den visar t ex att det krävs fyrdubblad köldmängd för att tjäldjupet ska fördubblas. Den visar också att tjäldjupet reduceras i mark med mycket vatten och på orter med högre årsmedeltemperatur vid samma köldmängd.

## Tjälinträngning under grund – principer för tjälskydd

Tidigare har vi beskrivit hur tjälen tränger ner i ostörd mark. För marken i närheten av byggnaden förändras situationen av flera skäl. Marken kyls inte av uppifrån på den ytan som byggnaden täcker. Temperaturen är betydligt högre inomhus än utanför, vilket istället ger upphov till en uppvärmning av området under byggnaden. Mitt under byggnaden är temperaturen relativt konstant året runt. Utetemperaturens säsongsvariationer förmår inte fortplantas in under byggnaden i nämnvärd grad. Detta beror dels på den konstanta innetemperaturen och dels på mar-

kens stora värmekapacitet. Bortser vi från problematiken med frysning av vattnet i marken så tränger säsongsvariationerna inte in mer än dryga metern från kanten av byggnaden. Samma sak gäller temperaturvariationer i ostörd mark, där man finner att temperaturen är konstant och lika med årsmedeltemperaturen på några meters djup.



Figur 4. Vänster: Markens värmekapacitet (värme från sommarhalvåret) bromsar kylans förmåga att tränga ner (i ostörd mark). Höger: Temperaturen är förhållandevis konstant året om i värmekudden under byggnadens central delar .

Ytterligare en faktor som bromsar tjälinträngningen i mark orsakas av de stora energimängder (isbildningsvärmes) som måste föras bort från tjälfronten där markens vatten omvandlas till is. Genom att använda tjälskyddsisolering i marken kan man reducera värmen som förs bort från tjälfronten och på så sätt reducera tjälnedträngningen dramatiskt. Figur 5 visar ett exempel på tjälfrontens läge vid olika tider under vinterhalvåret för en platta på mark, med och utan en horisontellt utstickande tjälfrontsisolering. Exemplet är framtaget med hjälp av ett numeriskt beräkningsverktyg, vilket förklaras lite närmare i nästa



kapitel. Beräkningarna visar situationen längs sidorna av en byggnad. Vid utstickande hörn på byggnader tränger tjäljen in ännu djupare, eftersom marken exponeras mer för vinterkylan.



Figur 5. Tjälinträngning under byggnadens sidor vid olika tillfällen under vinterhalvåret, med och utan tjälskyddsisolering.

Förutom att reducera tjälinträngningen med hjälp av markisolering kan givetvis uppvärmning av marken ge motsvarande effekt. Uppvärmningen kan komma inifrån genom grunden på grund av köldbryggor, låg isoleringsgrad, värmekablar eller dylikt. Dessa sätt är inte att rekommendera eftersom det skapar dålig energieffektivitet, försämrade termiska komfort och under vissa förhållanden även försämrade fuktsäkerhet.

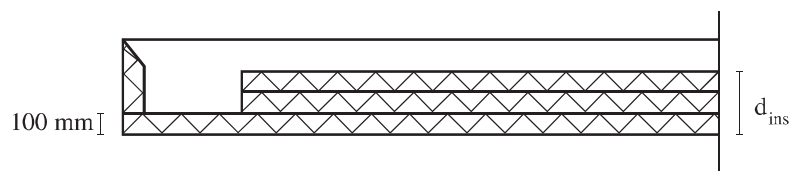
## Datorsimulering av tjälutbredning – exempel

En teoretisk modell utvecklades redan 1973 av Adamson m fl som kan användas vid beräkning av tjälutbredning i mark. Modellen beskriver hur hänsyn ska tas till isbildningsvärmnet, vilket är kopplat till fasomvandling från vatten till is. De olika termiska egenskaper som ofrusen och

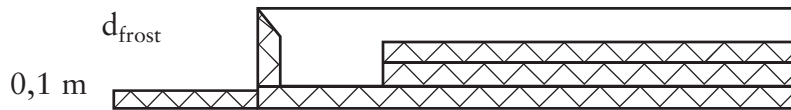
frusen mark normalt har tas också hänsyn till. I detta sammanhang bör det nämnas att de beräkningsprogram som normalt används vid beräkningar av temperaturer och värmeförluster i byggnadskonstruktioner, tex orsakade av köldbryggor, normalt inte kan hantera den icke-linjära temperaturprocess som tjälutbredning innebär. De beräkningar som redovisas nedan har tagits fram via ett specialprogram för just tjälutbredning (Hagentoft, Roots).

Figur 6 och 7 visar olika grundkonstruktioner, med och utan tjälskyddande markisolering.

I beräkningsexemplen varierar plattans isoleringstjocklek,  $d_{ins}$ , mellan 0,1 och 0,3 m. Under kantbalken har värmeisoleringens tjocklek valts till 0,1m. Markisoleringens bredd och tjocklek varierar också. Ett uteklimat motsvarande en plats i Luleå ( $58\ 000\ ^\circ\text{Ch}$ ) och en konstant innetemperatur på  $20\ ^\circ\text{C}$  har använts i simuleringarna.



Figur 6. Värmeisoleringens tjocklek under grunden,  $d_{ins}$ , har varierat mellan 0,1 och 0,3 m. Under kantbalken har värmeisoleringens tjocklek valts till 0,1 m.

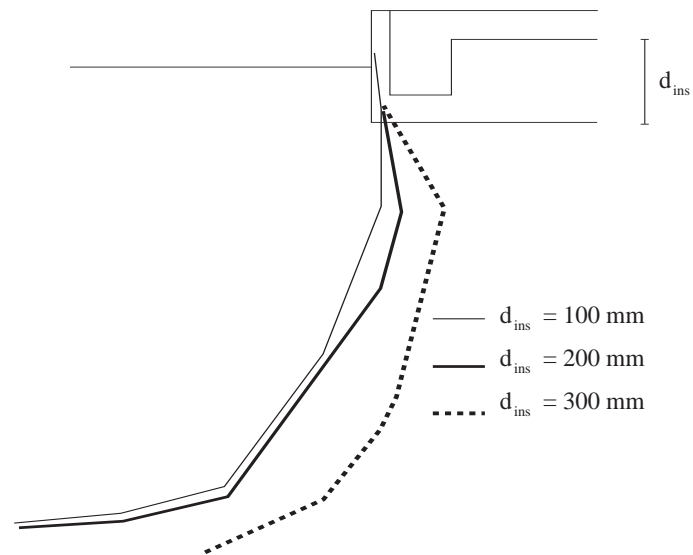


Figur 7. Frostskyddsisolering har monterats på utsidan av grunden i marken. Frostisoleringen har tjockleken 0,1 m och bredden  $d_{frost}$ .

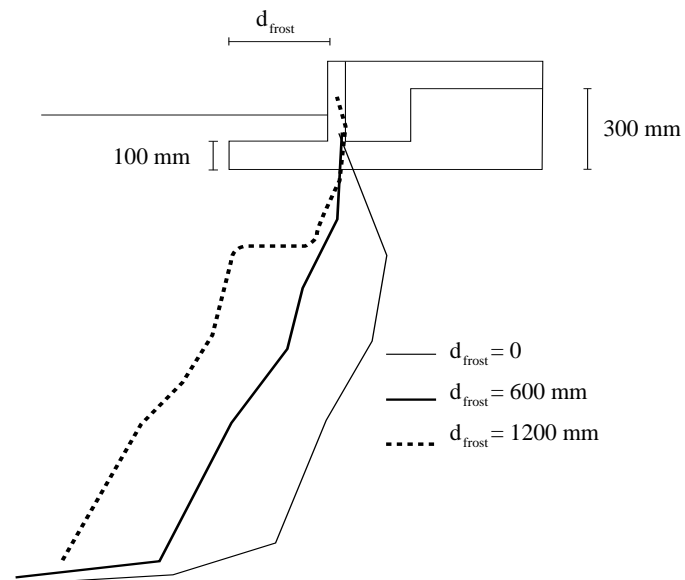
Simuleringarna har genomförts i två dimensioner, vilket representerar förhållanden längs med sidorna av byggnaden. Dock motsvarar inte resultaten det kritiska frostdjupet som uppstår vid byggnadens hörn.

Figur 8 visar tydligt hur tjälfronten lyckats tränga in ganska djupt när grundplattan isolerats med 300 mm. För att grundkonstruktionen ska betraktas som tjälsäker får inte tjälfarlig mark frysa i området rakt under grundkonstruktionen (d v s rakt under kantbalken). För att hantera situationen måste marken schaktas bort och ersättas med t ex makadam eller motsvarande, som betraktas som tjälofärlig. För dessa fall är det lättare att använda markisolering. Figur 9 visar fallet med en markskiva där bredden varierats mellan 0 och 1,2 meter. Redan vid en bredd på 0,6 meter så når den maximala tjälinträngningen inte in under kantbalken.

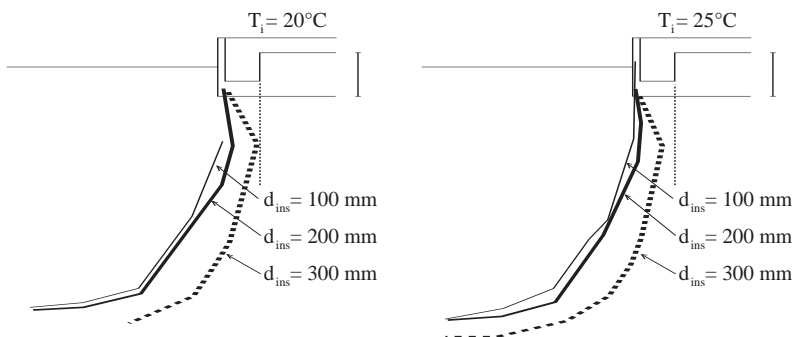
Figur 10 visar att den förhöjda golvtemperaturen (från 20 °C till 25 °C) inte räcker till för att hålla bort tjälinträngningen under kantbalken för välisolerade grundkonstruktioner där någon extra markisolering inte använts. Detta är inte förvånande eftersom värmeförlusterna är förhållandevis små vid rejält isolerade grundplattor.



Figur 8. Tjälinträngningens variation med grundplattans isolering. Ingen extra tjälskyddsisolering har använts.



Figur 9. Tjälinträngningens variation med markisoleringens bredd. Grundplattans isolering är 300 mm för samtliga fall. Ingen extra tjälskyddsisolering har använts.



Figur 10. Tjälinträngningens variation vid olika innetemperaturer, representerande fallen med och utan golvvärme. Grundplattans isolering varierar mellan 100 och 300 mm. Ingen extra tjälskyddsisolering av markskiva har använts.

## Standard för dimensionering av tjälskydd

Det finns en internationell standard för dimensionering av tjälskyddet för grundkonstruktioner, EN ISO 13793:2001. Standarden bygger i huvudsak på nordiska erfarenheter och forskningsprojekt. Dessa har i sin tur använt numeriska beräkningar, i princip enligt de beskrivningar som gjorts ovan. Standarden hanterar både platta på mark och kryprum.

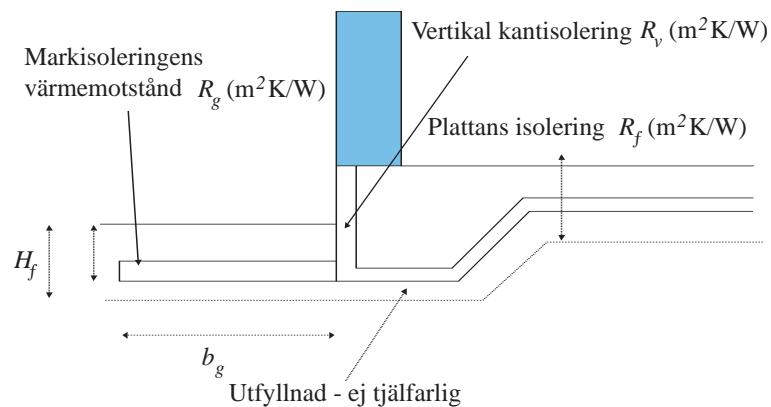
Ett speciellt intressant fall i Sverige är platta på mark. Standarden hanterar fallet då rumstemperaturen är minst 17 °C, och byggnadens bredd minst 4 m. Även andra fall med delvis uppvärmda delar kan dimensioneras med hjälp av standarden. Standarden gäller inte om grundplattans värmemotstånd är högre än 5 m<sup>2</sup>K/W, vilket motsvarar ca 18 cm isolering. Denna restriktion är kopplad till ett areamedelvärde av plattans isolering i en zon 1

meter från kanten av byggnaden, dvs. ytan vid kantbalken inkluderad.

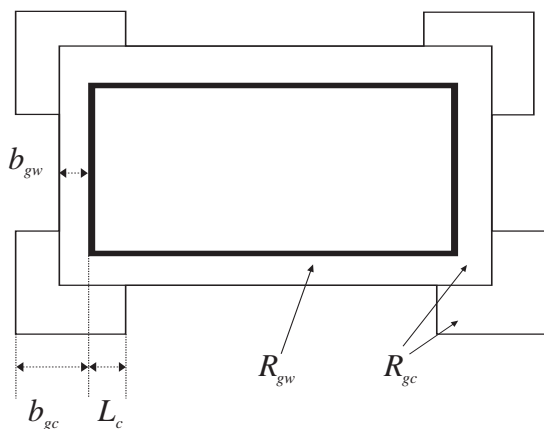
Det finns tre alternativa tillvägagångssätt att lösa tjälskyddet:

- Låt grundläggningsdjupet vara större än det djup som tjälen tränger ner
- Schakta bort tjälfarlig mark till det djup till vilket tjälen tränger ner. Fyll på med väl-dränerande material som är tjälofarligt upp till grundläggningsdjupet
- Använd tjälskydd i form av markskivor vid hörn, eller vid hörn och längs kanter

Figur 11–12 visar de parametrar, i form av värmemotstånd och bredder, som kan dimensioneras mot den aktuella köldmängden i standarden.



Figur 11. Vertikalt snitt med värmemotstånd och bredder som kan dimensioneras mot den aktuella köldmängden i standarden.



Figur 12. Horisontellt snitt med bredder som kan dimensioneras mot den aktuella köldmängden i standarden.

### DIMENSIONERINGSREGLER FÖR PLATTA PÅ MARK

Tre alternativ för tjälskydd föreslås av standarden.  $H_f$  anger behövligt schakt djup längs med byggnadens kanter och  $H_{fc}$  ger motsvarande djup vid hörn.

1. Ingen markisolering (gräv istället för att isolera! Gräv djupare vid hörn): Större grundläggningsdjup vid hörn än kant ( $H_{fc} > H_f$ )

Grundläggningsdjup minst:

- $H_f$  längs väggar
- $H_{fc}$  vid hörn med utsträckning  $L_c$

2. Markisolering endast vid hörn (gräv lika mycket runt hela byggnaden!) Samma grundläggningsdjup vid hörn och kant ( $H_{fc} = H_f$ )

Grundläggningsdjup minst:

- $H_f$  längs väggar och hörn
- Markisolering vid hörn med utsträckning  $L_c$ , bredd,  $b_{gc}$ , och ett värmemotstånd  $R_{gc}$  på minst 1,0 m<sup>2</sup>K/W. I standarden ges tabeller för bestämning av dessa parametrar som funktion av köldmängd

3. Markisolering runt om hela byggnaden – reducerat grundläggningsdjup (minska på grävandet!)

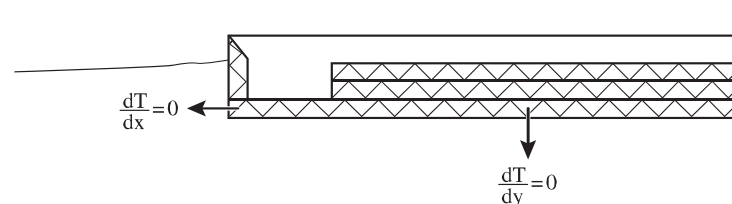
Samma grundläggningsdjup vid hörn och kant, dock minst 0,4 m ( $H_{fc} = H_f \geq 0,4$  m)

- Markisolering vid hörn med utsträckning  $L_c$ , bredd,  $b_{gc}$ , och ett värmemotstånd  $R_{gc}$
- Markisolering längs byggnadens kanter med bredd,  $b_{gw}$ , och ett värmemotstånd  $R_{gw}$ . I standarden ges tabeller för bestämning av dessa parametrar som funktion av köldmängd

## Dimensionera mot värsta fallet!

Nya grunder är idag mycket välisolerade och den befintliga standarden är inte tillämplig. Det går emellertid lätt att dimensionera tjälskyddet om man gör det mot ett värsta fall där eventuella positiva effekt av värmeförluster ned genom grunden försummas, se figur 13. Vid simuleringar av tjälinträngning för fallet med en platta med värmisoleringsstjockleken 100 mm och för fallet där värme flödet nedåt försummas, visar det sig att skillnaden är mycket liten.

Dimensioneringsregeln med markisolering runt hela byggnaden kan användas för att reducera grundläggningsdjupet och motsvarar fall 3 i den befintliga standarden, samtidigt som den kan hantera mycket välisolerade grunder (värmemotstånd större än 5 m<sup>2</sup>K/W).



Figur 13. Värsta fallet – värmeförluster nedåt försummas.

För fall med riktigt tjocka grundisoleringar förutsätter dagens standarder att numeriska beräkningar av tjälinträngningen och tjälskyddet måste utföras. Det ovanstående exemplet med dimensionering utifrån värsta fallet leder då till en minimering av beräkningsarbetet. Dessvärre leder dessa enkla regler till att frostisolering måste installeras runt hela byggnaden som designalternativ tre i standarden.

Med referens till figurerna 11 och 12 kan de förenklade reglerna formuleras:

$$H_{fc} = H_f \geq 0,4 \text{ m}$$

$$b_{gw} = \frac{H_0}{2} \quad b_{gc} = 0,75 \cdot H_0$$

$$L_c = H_0$$

$$R_v = 1,5 \cdot H_0 \quad R_{gw} = R_{gc} = H_0 \quad (\text{Värmemotstånd i enheten m}^2\text{K/W och djupet i meter})$$

Formlerna baseras på tvådimensionella beräkningar enligt (Roots, Hagentoft 2006) och att markens termiska egenskaper motsvarar en frostfarlig jord enligt standarden. Vid de utgående hörnen förutsätts att tillräckligt tjälskydd erhålls genom att förlänga tjälisoleringens bredd som använd vid långsidorna av byggnaden med 50 %. För att kunna tillämpa formlerna krävs också att kantbalken är isolerad och fri från köldbryggor.

*Exempel: Tjälskyddsisolering vid långsidor och hörn av byggnad med ett grundläggningsdjup på minst 0,4 m. Se definitioner av längder och värmemotstånd i figurerna 11 och 12.*

Ort	Tjälldjup $H_0$ (m)	Värmeisolering					
		längs sidor		vid hörn		kantbalk	
	Bredd $b_{gw}$ (m)	Värme- motstånd $R_{gw}$ (m <sup>2</sup> K/W)	Bredd $b_{gc}$ (m)	Värme- motstånd $R_{gc}$	Längd $L_c$ (m)	Värme- motstånd $R_v$ (m <sup>2</sup> K/W)	
Kiruna	2,4	1,2	2,4	1,8	2,4	2,4	3,6
Umeå	2,0	1,0	2,0	1,5	2,0	2,0	3,0
Stockholm	1,6	0,8	1,6	1,2	1,6	1,6	2,4
Malmö	1,2	0,6	1,2	0,9	1,2	1,2	1,8

## Exempel på dimensionering av tjälskydd enligt standarden.

Från dimensioneringsreglerna kan vi direkt finna några vanligt förekommande fall.

Om köldmängden,  $F_d$ , är mindre än 30 000 °Ch behövs ingen markisolering. Grundläggningsdjupet behöver då inte vara större än 0,35 m runt om hela byggnaden, dvs samma vid kanter och hörn ( $H_f = H_{fc} = 0,35 \text{ m}$ ).

Denna regel kan i princip användas på orter från Gävle och söderut. Kravet på kantbalksisoleringen,  $R_v$ , blir uppfyllt för detta fall om den minst uppgår till 1,5 m<sup>2</sup>K/W (EPS t > 50 mm).

För måttligt större köldmängder, 30 000 <  $F_d$  < 37 500 °Ch (ungefär mellan Gävle och Sundsvall), krävs endast hörnisolering, dvs fall 2 enligt formelrutan, för att få samma grundläggningsdjup runt om hela byggnaden. För fallet med en köldmängd som är mindre än 37 500 °Ch räcker det med att använda en markskiva vid utstickande hörn, med ett värmemotstånd,  $R_{gc}$ , på minst 1 m<sup>2</sup>K/W och en utsträckning från hörnet in mot kanterna,  $L_c$ , på 1 m, och en utstickande bredd,  $b_{gc}$ , på 0,5 m.

Grundläggningsdjupet blir då 0,5 m runt hela byggnaden ( $H_f = H_{fc} = 0,5 \text{ m}$ ).

Om vi tar exemplet med en ort strax norr om Umeå, med en köldmängd på ca 48 000 °Ch, krävs en markskiva vid utstickande hörn som även här har ett värmemotstånd,  $R_{gc}$ , på minst 1 m<sup>2</sup>K/W och en större utsträckning från hörnet in mot kanterna,

$L_c$ , på 1,5 m, och en utstickande bredd,  $b_{gc}$ , på 0,5 m.

Det behövs inte någon utkragande isolering längs kanterna

för detta fall heller och grundläggningsdjupet blir 0,75 m runt hela byggnaden. För detta fall krävs det att kantbalksisoleringen har ett värmemotstånd på minst  $2 \text{ m}^2\text{K/W}$ .

För att inte behöva gräva så djupt vid stora köldmängder krävs både kant- och hörnisolering, d v s fall 3 i formelrutan. Olika kombinationer av utsträckning i horisontell led samt värmemotstånd för hörnzonerna och längs med ytterväggar kan utläsas från diagram som ges i standarden. Med Luleå (köldmängd på ca  $58\,000 \text{ }^\circ\text{Ch}$ ) som exempel och ett konstant grundläggningsdjup på 0,4 m runt hela byggnaden krävs en markskiva vid utstickande hörn som har ett värmemotstånd,  $R_{gc}$ , på minst  $2,6 \text{ m}^2\text{K/W}$  och en utsträckning från hörnet in mot kanterna,  $L_c$ , på 2 m, och en utstickande bredd,  $b_{gc}$ , på 1,2 m. Det behövs en utkragande isolering längs kanterna med bredden,  $b_{gw}$ , lika med 0,9 m och värmemotståndet,  $R_{gw}$ , minst  $2 \text{ m}^2\text{K/W}$ .

För detta fall krävs det att kantbalksisoleringen har ett värmemotstånd på minst  $2,4 \text{ m}^2\text{K/W}$ .

Standarden visar på olika alternativa sätt att bygga med gott tjälskydd. Exemplen ovan täcker ett antal vanliga fall. För en mera detaljerad beskrivning hänvisas till standarden. För riktigt tjocka grundisoleringar, med mer än i genomsnitt 18 cm vid den yttersta metern, räcker dock inte standarden till. Som alternativ får då nya numeriska beräkningar göras, alternativt får man utgå från värsta fallet enligt standarden och lägga på en rejäl säkerhetsmarginal genom att öka bredder och tjocklekar på markskivor och kantbalkar.

## LITTERATUR:

Hagentoft C E 2002, *Vandrande fukt. Strålande värme – så fungerar hus. Studentlitteratur*, ISBN 91-44-04218-3

Roots P, Hagentoft C-E, VVS-Forum Nr 11, 2003, *Välisolerade grunder - risk för tjälskador*

Adamsson B et al. 1973. *Floor slabs on ground – foundation depth. Report R40:1973, BFR, Stockholm.*

Eftring B, 1990. *Numerical calculation of thermal processes. A physical approach. Dept.of Building Science. LUTADL/TABK-1007/1-221/1990. Lunds universitet, 1990.*

Roots P, Hagentoft C-E, 2004, *Frost heave in Swedish slab on grade, Thermal Performance of the Exterior Envelopes of Buildings IX, Florida.*

EN ISO 13793:2001, *Thermal performance of buildings - Thermal design of foundations to avoid frost heave, kan beställas genom SIS; <http://www.sis.se>*

Roots P, Hagentoft C-E, 2003, *Två-dimensionellt simuleringsprogram för tjälutbredning, Chalmers*

Roots P, Hagentoft C-E, 2006, *New design model for frost protection of a slab on grade International Building Physics Conference III, Montreal.*



# EPS som isolering under platta på mark. Fuktaspekter



*Lars-Olof Nilsson, professor vid avdelningen för Byggnads-material vid Lunds Tekniska Högskola. Han har bedrivit forskning inom fuktområdet och har bl a utvecklat metoder för att bedöma uttorkningstider av byggfukt i betong.*

100%RF

## Inledning

Expanderad polystyren (EPS) används som värmeisolering mot marken, under platta på mark eller utvändigt på källarväggar. Det är i huvudsak två aspekter som avgör den fuktmekaniska funktionen: dels hur cellplasten kan öka säkerheten hos skyddet mot markfukt och dels hur byggfukt kan torka ut trots den begränsade uttorkningen nedåt eller utåt.

En korrekt bedömning kräver en regelrätt ”fuktdimensionering”, dvs att man kontrollerar vilka fukttillstånd som kan förväntas i den konstruktion man avser att använda och att dessa fukttillstånd jämföres med vilka gränsvärden som är acceptabla utan att risken för fuktskador blir för stor. Här ges bara en kvalitativ bedömning.

## Markfuktaspekter

Skyddet mot markfukt i *vätskefas*, fritt vatten och kapillärt suget vatten, utgörs normalt av det dränerande och kapillärbrytande systemet. Detta är oftast oberoende av vilken typ av värmeisoleringsmaterial som används, men värmeisoleringsmaterialet kan också stå för hela eller en del av den kapillärbrytande funktionen. En del typer av värmeisoleringsmaterial kan också vara en del av det dränerande systemet.

Skyddet mot markfukt i *ångfas* består av två delar. Värmeisoleringens **värmemotstånd** ger upphov till en temperaturskillnad mellan betongplattan och den fuktiga marken som gör att den varmare betongplattan enkelt kan

hållas mycket torrare än marken. Värmeisoleringens **ångmotstånd**, dvs motstånd mot fuktvandring, minskar fukttransporten från marken upp genom konstruktionen, i vissa fall till helt försumbara mängder.

## VÄRMEMOTSTÅND

Ett värmemotstånd ger upphov till temperaturskillnader. Markens temperatur och den temperatur som källarväggen (alt betongplatta på mark) håller är därför normalt olika. För varje grads skillnad i temperatur sjunker betongens fuktighet med ca 5% RF (relativ fuktighet). Normalt fordras en temperaturskillnad på 3°C som då ger en maximal RF på 85% ovanför värmeisoleringen.

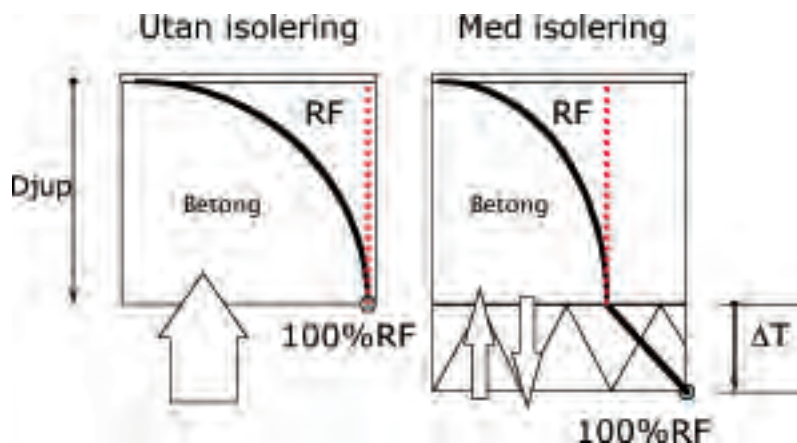
Hur torr betongplattan kan bli bestäms därför av de faktorer som påverkar temperaturskillnaden:

- värmeisoleringens tjocklek
- dess värmekonduktivitet
- byggnadens storlek
- markens värmekonduktivitet
- innetemperaturen
- marktemperaturen på stort djup, dvs uteluftens årsmedeltemperatur

Minst bidrag till skyddet mot markfukt i ångfas får man därför i stora byggnader på lera i Skåne. Även där räcker 100 mm värmeisolering väl som skydd mot markfukt i ångfas för mindre byggnader, dvs den värmeisolering som man ändå ska ha av energiskäl ger fullt markfuktskydd för småhus i hela landet. För större byggnader behöver

värmeisoleringens tjocklek dimensioneras för att ge tillräckligt fuktskydd.

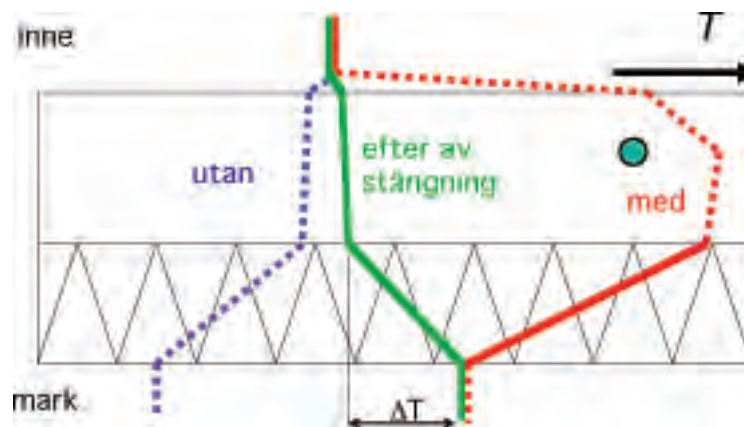
En temperaturskillnad, på grund av en värmeisolering, som fuktskydd mot markfukt i ångfas fungerar utmärkt också vid mycket täta golvbeläggningar. En positiv biffekt blir en uttorkningspotential nedåt mot den fuktiga marken, eftersom betongplattan är varmare.



Fuktförhållanden i platta på mark utan värmeisolering (till vänster) respektive med värmeisolering (till höger). Observera att RF på ovansidan av värmeisoleringen är mycket lägre än 100%!

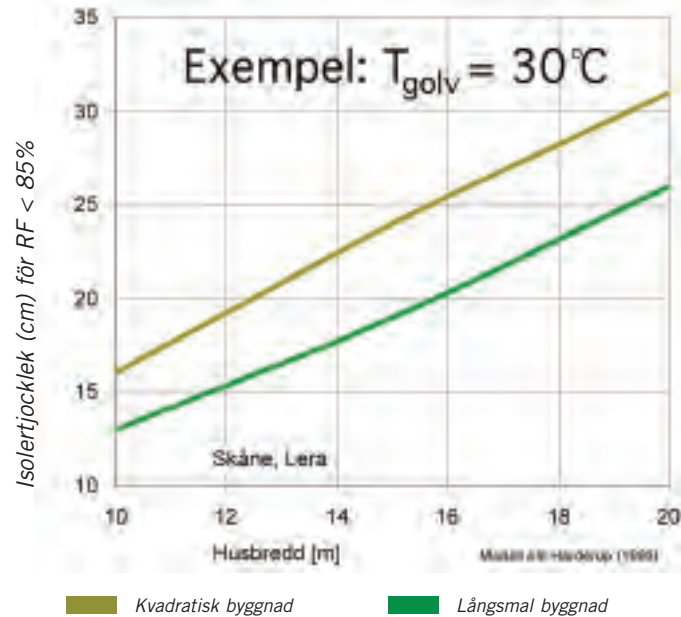
En värmeisolering som fuktskydd mot markfukt kan behöva kompletteras med ett stort ångmotstånd om temperaturskillnaden är för liten eller om marken är varmare än betongplattan, t ex på grund av en värmekälla i marken eller att värmen i byggnaden stängs av tillfälligt. En cellplastisolering kan utgöra hela eller en del av ett sådant ångmotstånd.

Golvvärme bygger upp en värmekudde i marken under byggnaden. Temperaturskillnaden över värmeisoleringen blir större, men när golvvärmens stängs av över sommaren kan markfukt i ångfas transporteras uppåt genom golvkonstruktionen därför att marken då kan vara varmare än betongplattan och den höga ånghalten i marken driver fukten uppåt.



Temperaturfördelningar i ett golv utan respektive med golvvärme, när värmen är på och när den stängts av.

Detta hindras enklast och säkrast genom att dimensionera värmeisoleringen så att värmekudden i marken inte blir för varm, dvs genom att begränsa värmeförlusterna till marken. Temperaturen i marken under värmeisoleringen ska vara högst 3°C under innetemperaturen. Ånghalten i marken kan då aldrig ge högre RF i betongplattan än 85%. En så tjock värmeisolering som behövs för detta, ger naturligtvis också minskade energiförluster.



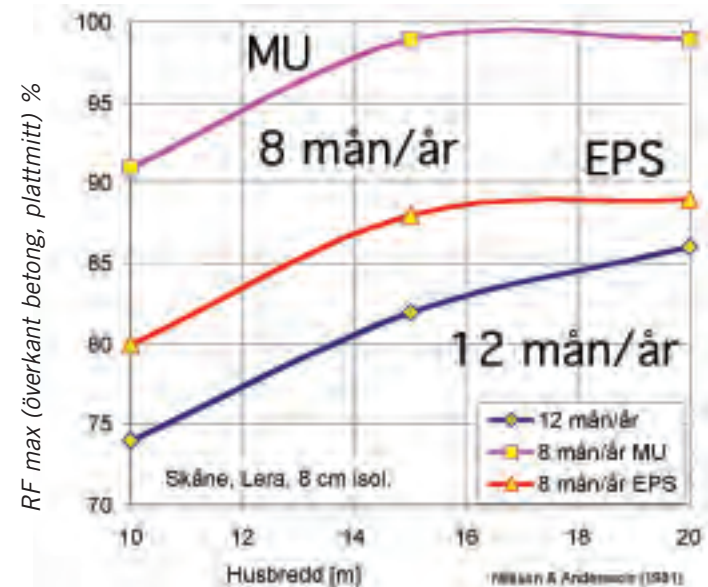
Erforderlig isoleringstjocklek för att värmekudden inte ska få högre temperatur än  $3^{\circ}\text{C}$  under innetemperaturen. Modell enligt Harderup (1993).

## ÅNGMOTSTÅND

Cellplastens stora täthet mot fukttransport ger ett extra skydd mot markfukt i ångfas, utöver vad temperaturskillnaden ger. Fuktvandringen genom konstruktionen minskar och cellplastens eget ångmotstånd kan vara ett tillräckligt skydd mot markfukt vid

- breda byggnader
- temporär värmeavstängning
- olika temperaturnivåer i olika delar av en byggnad
- värmekällor i marken, t ex kulvertar

Ett svårt fall är golvvärme som stängs av sommartid. Med tunn värmeisolering, som i äldre hus, blir värmekudden så varm att ånghalten i marken ger fukttransport uppåt. Då spelar typen av värmeisolering stor roll. Expanderad cellplast har då så stort ångmotstånd att det räcker för att skydda mindre byggnader mot den tillfälliga påfrestningen från markfukt i ångfas. Med extruderad cellplast klaras också större byggnader. En fuktdimensionering bör göras som visar hur stort ångmotstånd som krävs.



Uppfuktning på grund av markfukt i ångfas vid tillfällig avstängning av golvvärme i hus med tunn värmeisolering. MU=mineralull. Värderna från Nilsson & Andersson (1981).

## Byggfuktaspekter

Även om konstruktionen fått ett bra skydd mot markfukt kan fuktskador uppstå av byggfukt. Byggfukten måste torkas ut i erforderlig grad så att kvarvarande byggfukt antingen är "ofarlig" eller kan torka ut ur konstruktionen på ett kontrollerat sätt. Den uttorkning som sker efter mattläggning är helt beroende av hur tät golvbeläggningen är och i viss grad av om uttorkning kan ske nedåt genom värmeisoleringen. Vid täta golvbeläggningar, typ plastmattor, är uttorkningen efter mattläggning obetydlig och sådana golv måste torkas före mattläggning.

Möjligheterna är stora och många att torka ut byggfukten till ofarliga nivåer, men görs främst genom att välja en tunn betongplatta eller "självtorkande betong".

### TUNNARE PLATTA

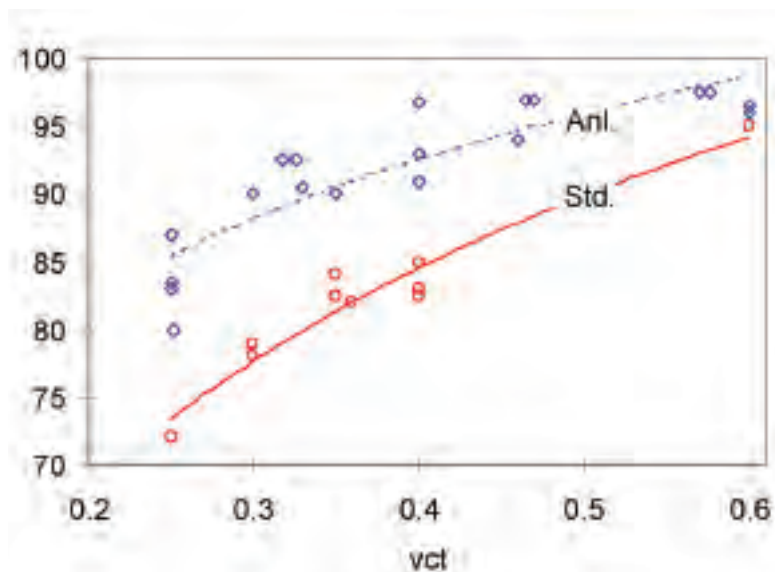
Tjockleken hos betongplattan har stor betydelse för uttorkningstiden. En några centimeter tunnare platta kan halvera torktiden!

Med cellplast som isolering under en betongplatta på mark kan den goda bärförmågan hos cellplasten ibland utnyttjas till att göra en tunnare betongplatta utan förstövningar under bärande väggar.

### SJÄLVTORKANDE BETONG

Det är idag självklart att utnyttja "självtorkande betong" där man har svårt att hinna torka ut byggfukten på annat sätt. I en självtorkande betong binds så mycket fukt

kemiskt till cementet att kvarvarande byggfukt blir ofarlig, utan att någon fukt behöver transporteras ur betongplattan. Den tillverkas genom att välja ett lågt vattencementtal (vct), ca 0,40 eller lägre, och vanligt standardcement.



Anl. = Anläggningscement

Std. = Standardcement

Exempel på självtorkning av betongplattan genom val av betongsammansättning. Data från Norling-Mjörnell (1997).

Självtorkningen går lika snabbt oberoende av plattjocklek, dvs också i stora förstövningar, om sådana måste användas. En självtorkande betong är också relativt okänslig för regn under byggtiden; den är så tät att den knappast suger in något vatten alls. En nackdel är dock att den kan vara så tät att fukt från ett vattenbaserat mattlim inte kan

sugas in i undergolvet och därmed ge en tillfällig uppfuktning alldeles i betongytan. Detta löses genom att använda en tunn avjämningsmassa på betongytan.

## Sammanfattning

Med värmeisolering av EPS under betongplatta på mark, eller utanpå en källarvägg, får man ökad säkerhet mot markfukt, i vissa fall mycket större, och byggfukten kan klaras på många sätt!

## Referenser

*L-E Harderup (1993) Golv på mark, BFR T17:1993, Byggtjänst, Stockholm*

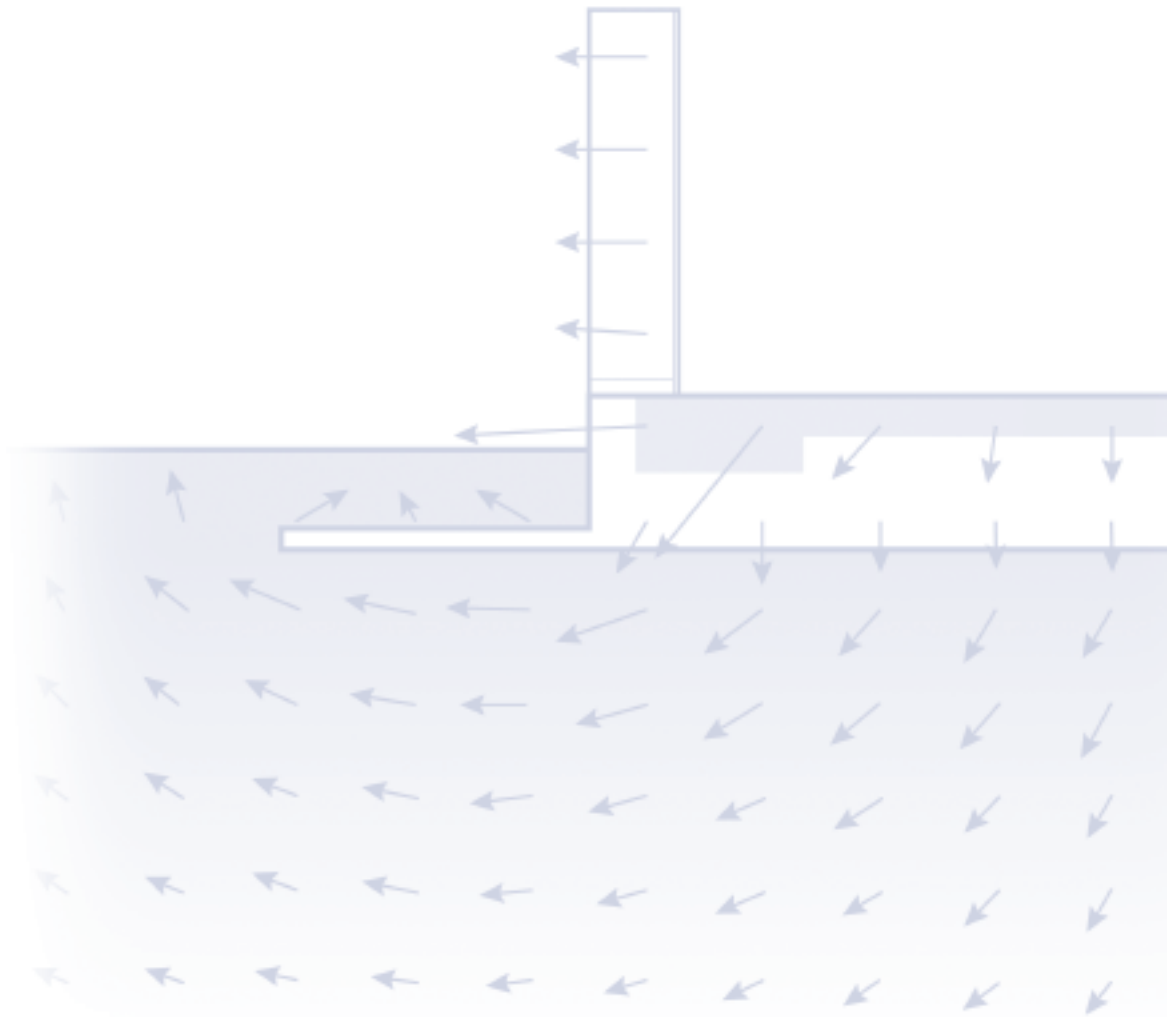
*L-O Nilsson & A-C Andersson (1981) Golvvärme i betonggolv. Temperaturfördelningsberäkningar. Analys av fuktbalansen. Uppdragsrapport, Byggnadsmaterial, LTH*

*L-O Nilsson (1983) Utformning av fuktskydd vid golv på mark. Nuvarande kunskaper och exempel på lösningar. BFR Document R90:1983, Byggtjänst, Stockholm*  
*K. Norling-Mjörnell (1997) Moisture Conditions in High Performance Concrete, Publikation P:97.3, Inst f Byggnadsmaterial, Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg*





## Energiberäkning platta på mark



**Hans Wetterlund**, civilingenjör inom byggnadsfysik, är anställd på WSP sedan år 2000. Hans har mångårig erfarenhet med arbete inom uppdrag som rör energifrågor och inomhusklimat. Framst gäller det avancerade energi- och inneklimatberäkningar för byggnader.

## Energiförbrukning och effektbehov

Grundkonstruktionen motsvarar en stor del av klimatskärmens area för ett småhus. För en enplansvilla motsvarar den ca 1/3 av hela klimatskärmens area.

Värmeförlusten till marken bestäms av grundens utformning och värmeisoleringsgrad, markens värmemotstånd och den genomsnittliga skillnaden mellan inne- och utomhustemperatur. Förr, med tunnare isoleringsskikt mot marken, bidrog markens isolerande förmåga i relativt stor utsträckning. För småhus motsvarade då markens värmemotstånd av en ca 5 cm tjock värmeisolering under hela grunden. I moderna välisolerade byggnader används i storleksordningen 30-50 cm värmeisolering och markens bidrag till värmemotståndet blir av mindre betydelse.

Markens värmekapacitet påverkar hur värmeförlusten till marken varierar i tiden. Värmekapaciteten gör att värmeförlusten till mark inte blir så hög under till exempel en köldknäpp, men påverkar inte hur mycket värme som strömmar ner över en hel eldningsäsong.

När grunder görs välisolerade gäller det att säkra tjälskyddet, detta behandlas i ett senare kapitel i denna bok.

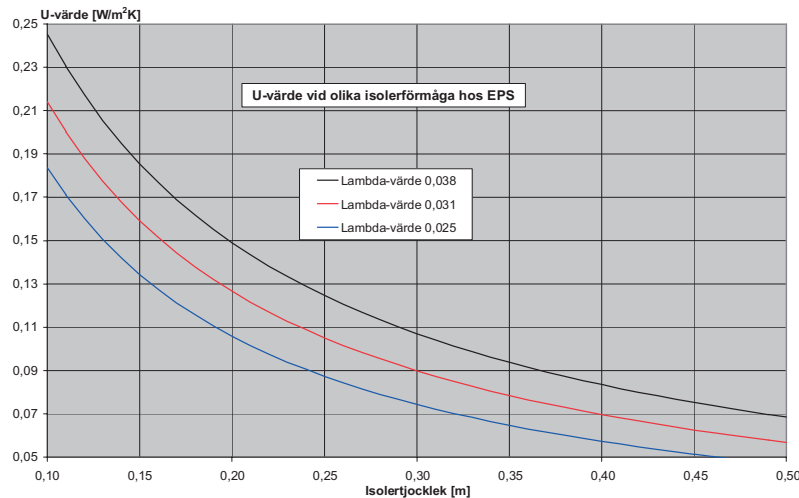
Energiförbrukningen (till exempel hur mycket pelletspannan drar) och behovet av värmeeffekt (till exempel storleken på radiatorer) beror till stor del på klimatskalets U-värden, låga värden ger låg förbrukning. Dagens Passivhus och framtidens Plusenergihus (plusenergi betyder att huset producerar minst lika mycket energi som det använder) har nästan inget uppvärmningsbehov. Gratisvärme från

utrustning, personer, belysning, solinstrålning med mera räcker oftast för att klara uppvärmningen. Att öka isolertjocklekarna blir då ”onödigt”. Med dagens isoleringsmaterial och med dagens bidrag från internvärme ligger gränsen för ”onödig” isolering ungefär vid 0,5 meters tjocklek.

I framtiden kommer internvärmerna troligen att minska (strömsnålare utrustning, bättre styrning av belysning och apparatur, LED-belysning istället för glödlampor mm). Detta kommer möjligen att öka isoleringsbehovet igen.

Metoden, normen, för hur golvkonstruktionens U-värde skall beräknas har ändrats. Tidigare räknade man med en randzon på 1 meter runt byggnaden samt en mittzon för övriga golvytan. Dessa zoner fick olika U-värden och värmeförlusten mot mark räknades sedan för en fast marktemperatur, oftast ortens årsmedeltemperatur. Idag räknas U-värdet för en välisolerad platta på mark ut med följande formel enligt standard SS-EN ISO 13370:2007:

$$U = \left( \frac{\lambda}{0,457 \cdot B' + d_t} \right) \text{ [W/m}^2\text{K]} \quad (\text{formel 1})$$



Där  $\lambda$ ,  $d_t$  och  $B'$  är faktorer som tar hänsyn till markens och värmeisoleringens värmemotstånd och husets storlek. Drivande kraft för värmeförlustberäkningen är skillnaden mellan utomhustemperatur och inomhustemperatur.

Till totala värmeförlusten mot mark adderas också köldbryggorna runt plattkanten och totala värmeförlustkoefficienten,  $H_g$ , för platta på mark beräknas i standarden enligt:

$$H_g = UA + P\Psi \quad [\text{W/K}] \quad (\text{formel 2})$$

Där

$H_g$  = grundkonstruktionens värmeförlustkoefficient [ $\text{W/K}$ ]

$U$  = grundkonstruktionens U-värde [ $\text{W/m}^2\text{K}$ ]

$A$  = grundkonstruktionens invändiga area [ $\text{m}^2$ ]

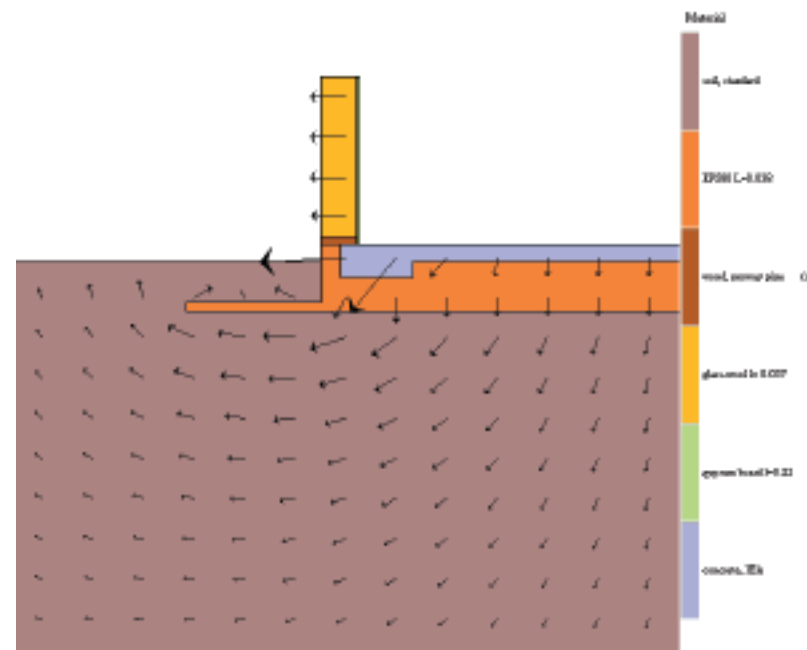
$\Psi$  = köldbryggans storlek [ $\text{W/m,K}$ ]

$P$  = köldbryggans längd [ $\text{m}$ ]

Enligt standarden beräknas arean och omkretsen för platta på mark för ytan innanför ytterväggen

Ju lägre  $H_g$ , värmeförlustkoefficient, desto bättre värmeisolerad är plattan.

Värmeförlusten genom ett golv mot mark drivs av temperaturskillnaden mellan inne och ute. Det betyder att värmeströmningen inte bara är endimensionell som genom en vägg, utan är flerdimensionell som visas i figur 2 nedan.

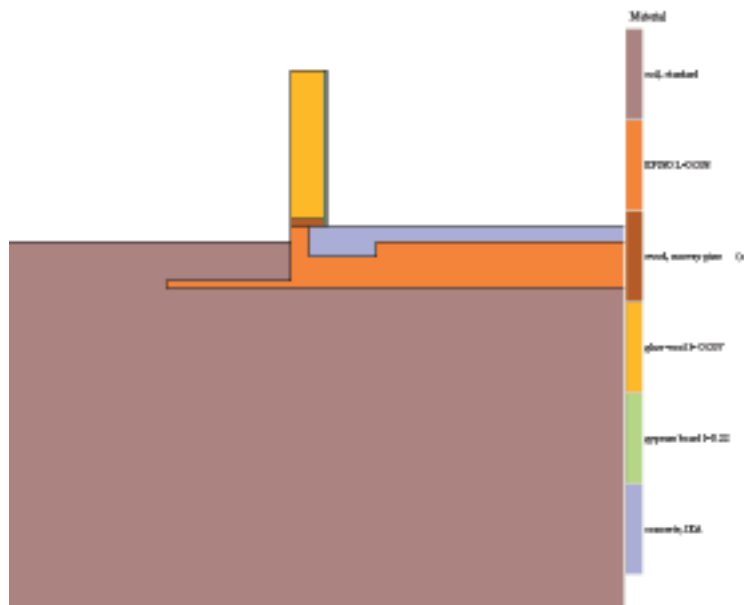


Figur 2. Värmeflödet genom golvet drivs av temperaturskillnaden mellan inne och ute.

Figur 3 visar att värmeflödet i marken är flerdimensionellt, i denna 2Dberäkning i två riktningar, neråt och utåt (från huset). Jämför med flödet genom väggen som (nästan bara) sker i 1D. Syllens påverkar flödesriktningen något. I figuren illustreras också det relativt stora värmeflödet (de långa värmeflödespilarna) genom kantbalken.

Formel 1, som skall användas vid U-värdesberäkning enligt standarden, tar hänsyn till att värmen strömmar flerdimensionellt. Man kan också välja att göra U-värdesberäkningen med numeriska beräkningsprogram som simulerar värmeströmning i 2D eller 3D. Man kan med dessa beräkningar få fram storlekar på köldbryggorna. Man gör det i fyra steg, allt enligt standarden SS-EN ISO 10211:2007.

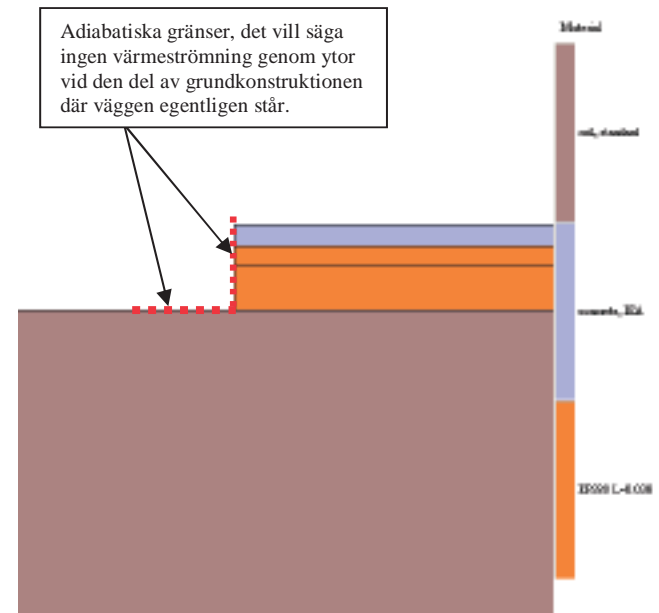
1. Beräkna totala värmeförlusten  $L_{2D}$  genom vägg + kantbalk + tjälisolering + platta. Hur mycket av väggen, plattan och marken som skall tas med i beräkningen framgår av standarden.



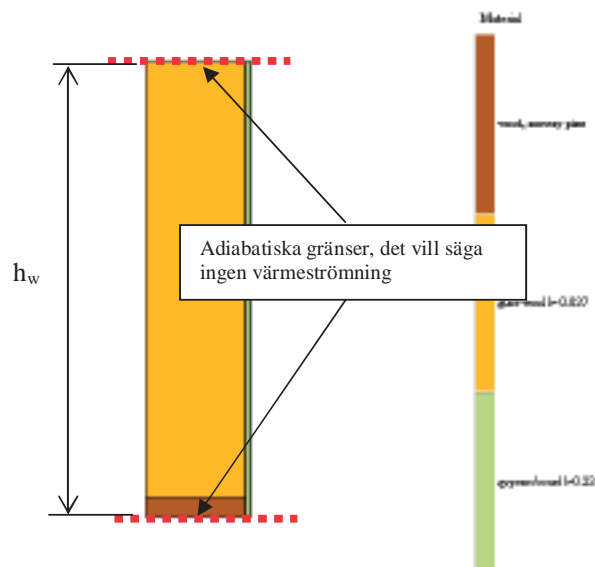
2. Beräkna värmeförlusten  $L_{2D,a}$  genom endast plattan + marken. Observera att plattan plus isolering då skall flyttas upp på marken. Detta för att man korrekt skall kunna beräkna U-värdet,

$$U = \frac{L_{2D,a}}{B'/2}$$

där  $B'/2$  är den längd av plattan som är medtagen i modellen. Använd adiabatiska gränser enligt standarden.



3. Beräkna värmeförlusten  $U_w$  genom den del av väggen,  $h_w$ , som är med i modellen. Använd adiabatiska gränser enligt standarden.



4. Beräkna  $\Psi$  enligt  $\Psi = L_{2D} - h_w U_w - L_{2D,a}$ . Det är viktigt att man redovisar för vilken vägg som beräkningarna gäller eftersom väggens tjocklek och utseende påverkar  $\Psi$ .

Transmissionsförlusterna avgörs inte bara av det obrutna isolerskiktet utan även av köldbryggor och av områden med mindre isolertjocklekar. I vårt arbete med att skapa allt bättre isoleringsprodukter och i vår utformning av byggnader med allt mindre transmissionsförluster kommer lösningarna kring att minimera köldbryggor att få allt större betydelse.

Den vanligast förekommande köldbryggan när det gäller grundkonstruktioner är lokaliserad till kantbalken. Hur den påverkar totala värmeförlusten analyseras nedan.

I sammanhanget kan man införa ett  $U$ -värde,  $U_g$ , för plattan inklusive bidrag från köldbryggorna. Detta ger en enklare överblick vid jämförelser av värmeförluster mellan olika lösningar.

Golvkonstruktionens totala  $U$ -värde,  $U_g$ , definieras som

$$\frac{H_g}{A}$$

eller som;

$$U_g = U + \frac{P\Psi}{A} \quad (\text{W/m}^2\text{K}) \quad (\text{formel 3})$$

Köldbryggans inverkan på  $U_g$  – värdet,  $\Delta U_{g100}$  fås av:

$$\Delta U_{g100} = \frac{P\Psi}{UA} \cdot 100 \quad (\%) \quad (\text{formel 4})$$



Köldbryggor vid kantbalken beror mycket av den vertikala isoleringens tjocklek på kantbalkens framsida men också i hög grad av isoleringstjockleken under kantbalken. Idag väljs i allt större utsträckning EPS med riktigt låga  $\lambda$ -värden för dessa delar av konstruktionen vilket sänker  $\Psi$ -värdet ytterligare.

	$\Psi$ -värdet [W/m,K]
50 mm isolering fram och 50 mm isolering under kantbalken	0,25
50 mm isolering fram och 100 mm isolering under kantbalken	0,20
80 mm isolering fram och 100 mm isolering under kantbalken	0,15
100 mm isolering fram och 200 mm isolering under kantbalken	0,10
150 mm isolering fram och 300 mm isolering under kantbalken	0,06

Tabell 1.  $\Psi$ -värden för typiska kantbalkar, beräknade med HEAT2 för platta på mark med invändiga mått 8x12 m och med regelvägg med 170+45 mm.  $\lambda$  cellplast = 0,038 W/mK.

Tjälskyddsisolering som används kan enligt standard SS-EN ISO 13370:2007 antas minska plattans värmeförlust. Tabellerna nedan redovisar totala värmeförlusten genom plattor med olika area samt utformning på kantbalk (med eller utan tjälskyddsisolering 600x80 mm).Värdena på  $\Psi$  är beräknade med HEAT2.

Plattans storlek påverkar U-värdet och en korrekt definition på vilken area man räknar på är viktig. Enligt standarden skall husets invändiga golvarea räknas vid U-värdesberäkningen och kommande exempel, om inget annat

anges, gäller för ett golv med invändiga måtten 8x12 m ( $A=96 \text{ m}^2$ ). Ytterväggen är 250 mm tjock (9 gips + 170 mineralull + 45 mineralull + 26 gips) vilket för ett golv på 8x12 m ger en plattstorlek på 8,5x12,5 m.

Tabellerna nedan gäller vid:  
 $\lambda$ -värde cellplast = 0,038 W/mK  
 $\lambda$ -värde mark = 2,00 W/mK

	U-värde [W/m <sup>2</sup> K] enligt formel 1	$\Psi$ [W/mK]		$U_g$ [W/m <sup>2</sup> K] enligt formel 3	
		med tjälisolering	utan tjälisolering	med tjälisolering	utan tjälisolering
200 mm cellplast	0,149	0,141	0,153	0,208	0,213
		Försämring enligt formel 4		39 %	43 %
300 mm cellplast	0,107	0,185	0,194	0,184	0,188
		Försämring enligt formel 4		72 %	76 %

Tabell 2 för golv 8x12 m,  $A=96\text{m}^2$ ,  $P=40\text{m}$ , och större köldbrygga

	U-värde [W/m <sup>2</sup> K] enligt formel 1	$\Psi$ [W/mK]		$U_g$ [W/m <sup>2</sup> K] enligt formel 3	
		med tjälisolering	utan tjälisolering	med tjälisolering	utan tjälisolering
200 mm cellplast	0,149	0,098	0,105	0,190	0,193
		Försämring enligt formel 4		27 %	29 %
300 mm cellplast	0,107	0,104	0,110	0,150	0,153
		Försämring enligt formel 4		40 %	43 %

Tabell 3 för golv 8x12 m,  $A=96\text{m}^2$ ,  $P=40\text{m}$ , och mindre köldbrygga

	U-värde [W/m <sup>2</sup> K] enligt formel 1	Ψ [W/mK]		U <sub>g</sub> [W/m <sup>2</sup> K] enligt formel 3	
		med tjälisolering	utan tjälisolering	med tjälisolering	utan tjälisolering
200 mm cellplast	0,134	0,141	0,153	0,169	0,171
		Försämring enligt formel 4		26 %	28 %
300 mm cellplast	0,099	0,185	0,194	0,145	0,147
		Försämring enligt formel 4		46 %	48 %

Tabell 4 för golv 25x12 m, A=300m<sup>2</sup>, P=74 m, och större köldbrygga.

	U-värde [W/m <sup>2</sup> K] enligt formel 1	Ψ [W/mK]		U <sub>g</sub> [W/m <sup>2</sup> K] enligt formel 3	
		med tjälisolering	utan tjälisolering	med tjälisolering	utan tjälisolering
200 mm cellplast	0,134	0,098	0,105	0,158	0,160
		Försämring enligt formel 4		18 %	19 %
300 mm cellplast	0,099	0,104	0,110	0,125	0,126
		Försämring enligt formel 4		26 %	27 %

Tabell 5 för golv 25x12 m, A=300m<sup>2</sup>, P=74 m, och mindre köldbrygga.

Av beräkningarna i tabell 2 till 5 kan följande slutsatser tas:

- Stora plattor har bättre U-värde än små plattor vid samma isolertjocklek.
- Om energiberäkningar görs utan hänsyn till köldbryggor blir resultatet (väldigt) fel.
- I övrigt välisolerade plattor behöver välisolerade kantbalkar för att hålla nere den procentuella försämringen.
- Tjälisolering förbättrar totala U-värdet något.
- Även välisolerade kantbalkar kan ge betydande bidrag till värmeförlusten, särskilt vid mindre plattor.

## 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.

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

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

**BRAND.** EPS är ett organiskt material och därför brännbart. Vid förbränning under god syretillförsel bildas som förbränningsprodukter endast koldioxid och vatten. Genom tillsats av brandhämmande medel kan vid behov brännbarheten reduceras så att produkterna blir svårantändliga.

**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 livsnära sig på EPS, men det utgör ingen spärr mot sådana skadedjur.

**KORROSIONSVERKAN.** EPS har ingen korrosionsverkan.

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

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

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

**ÅNGGENOMSLÄPPLIGHETEN** för EPS cellplast i standardkvalitet varierar med volymvikten från  $0,9 \times 10^{-6}$  till  $1,4 \times 10^{-6}$  m<sup>2</sup>/s.

## TEKNISKA TERMER

**VÄRMELEDNINGSFÖRMÅGA** utgör ett mått på hur effektivt ett material leder värme. Värmeledningsförmåga kallas även värmekonduktivitet eller lambdavärde,  $\lambda$ , och anges i W/mK. Ju lägre värde, desto effektivare isolering. Producenterna anger deklarerat värmemotstånd,  $\lambda_D$ .

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

**U, VÄRMEGENOMGÅNGSKOEFFICIENT W/m<sup>2</sup>K** anger hur effektiv en konstruktion är ur värmeisolerings synpunkt. Ju lägre U-värde, desto bättre värmeisolerering.

**DIMENSIONERANDE VINTERUTETEMPERATUR, DVUT:** Den temperatur, för representativ ort, som framgår av 1-dagsvärdet i "n-day mean air temperature" enligt SS-EN ISO 15927-5. Temperaturen får ökas om byggnadens tidskonstant överstiger 24 timmar. Ökningen framgår av standardens redovisade temperaturer för 2, 3 eller 4 dygn. Byggnadens tidskonstant, mätt i dygn, används för val av motsvarande tabellvärde (n-day). Temperaturökning, beroende på högre tidskonstant än 96 timmar kan fastställas genom särskild utredning.

### GENOMSnittlig VÄRMEGENOMGÅNGSKOEFFICIENT $U_m$ :

Genomsnittlig värmegenomgångskoefficient för byggnadsdelar och köldbryggor (W/m<sup>2</sup>K) bestämd enligt SS-EN ISO 13789:2007 och SS 02 42 30 (2) samt beräknad enligt nedanstående formel,

$$U_m = \frac{(\sum_{i=1}^n U_i A_i + \sum_{k=1}^m l_k \Psi_k + \sum_{j=1}^p \chi_j)}{A_{om}}$$

där

- $U_i$  Värmegenomgångskoefficient för byggnadsdel i (W/m<sup>2</sup>K).
- $A_i$  Arean för byggnadsdelen i:s yta mot uppvärmd inneluft (m<sup>2</sup>). För fönster, dörrar, portar och dylikt beräknas  $A_i$  med karmyttermått.
- $\Psi_k$  Värmegenomgångskoefficienten för den linjära köldbryggan k (W/mK).
- $l_k$  Längden mot uppvärmd inneluft av den linjära köldbryggan k (m).
- $\chi_j$  Värmegenomgångskoefficienten för den punktformiga köldbryggan j (W/K).
- $A_{om}$  Sammanlagd area för omslutande byggnadsdelars ytor mot uppvärmd inneluft (m<sup>2</sup>). Med omslutande byggnadsdelar avses sådana byggnadsdelar som begränsar uppvärmda delar av bostäder eller lokaler mot det fria, mot mark eller mot delvis uppvärmda utrymmen.













## **BERÄKNINGSPROGRAMMET FÖR PLATTA PÅ MARK ÄR HÄR!**

PEPS är ett beräkningsprogram för beräkning av dimensionerande linjelast och punktlast för betongplatta på mark med underliggande EPS-isolering, samt beräkning och kontroll av deformationer.

Beställning och demoversion på  
[www.eps-peps.se](http://www.eps-peps.se)

ISBN 91-85107-05-0