

EPS i grund

- Värmeledningsförmåga och krypning



LUNDS
UNIVERSITET

Lunds Tekniska Högskola

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Bygg och Miljöteknologi/Byggnadsmaterial

Examensarbete:
Robert - Masse Modin
Jonas Sundberg

© Copyright Robert - Masse Modin, Jonas Sundberg

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Lunds universitet
Box 882
251 08 Helsingborg

LTH School of Engineering
Lund University
Box 882
SE-251 08 Helsingborg
Sweden

Tryckt i Sverige
Media-Tryck
Biblioteksdirektionen
Lunds universitet
Helsingborg 2012

Sammanfattning

Syftet med projektet är att undersöka vad användandet av EPS - cellplast som isolering i platta på mark kan ha för risker och konsekvenser ur byggnadsfysikaliska - och konstruktions aspekter i ett långtidsperspektiv. Arbetet har fokuserat på minskad isoleringsförmåga av fukt, och sättningsskador som beror på krypning av isoleringsmaterialet. Detta undersöks för att kunna uppskatta EPS - cellplastens livslängd, som är den tid då materialet har en acceptabel funktion. Rapporten utgår från EPS - cellplast som är den mest använda underlagsisoleringen idag, och jämför denna med XPS - cellplast och Foamglas som är två alternativ till EPS.

Platta på mark kom till Sverige från USA i slutet på 1940-talet och presenterades i tidningen Byggmästaren 1955. Cellplast under konstruktionen började användas under 1970-talet och det var ett kostnadseffektivt och hållfast material som ersatte elefantmattan (pressad mineralullsskiva) som fram tills dess hade varit det material man isolerade grunden med.

Cellplasten kunde vara av antingen EPS eller XPS typ. EPS är idag det material som är vanligast som underlagsisolering i småhus, medans XPS vanligen används i konstruktioner med extra höga krav på hållfasthet och liten vattenabsorption. Ett annat material som också kan användas som grundisolering är Foamglas som både är helt fukttätt och har hög hållfasthet.

Den praktiska erfarenheten av EPS är begränsad. För att kunna bestämma livslängden för ett material så krävs det praktisk erfarenhet under så lång tid som materialets livslängd beräknas att vara. Livslängden för svåråtkomliga material bör vara ca 100 år medan vår erfarenhet av EPS är ca 50 år.

För att kunna få en uppfattning om framtiden kan i brist på praktiskt erfarenhet test i laboratorium utföras. Laboratorietesten ger en uppfattning om ett materials beständighet och resultaten visar att en långvarig diffusion kan sänka EPS - cellplastens isoleringsförmåga till 36 % av det ursprungliga värdet. Resultaten visar också att krypningen som beror på en konstant tryckspänning stämmer överens med de värden som är angivna över en 50 års period. En stor last ger en krypning nära 2 % som är det värde som inte bör överstigas. Kryphastigheten minskar men materialet kommer att krypa även efter 50 år, och under den förväntade livslängden för EPS som är 100 år finns risk att 2 % deformation överstigs.

Resultaten från vattendiffusionstestet får konsekvenser för husets energibehov och för grundkonstruktionens ångskydd, som beror av temperaturskillnaden

mellan marken och betongplattan. En minskad isoleringsförmåga till 36 % av ursprungsvärdet innebär, om konstruktionen består av 3 lager 100 mm EPS, ingen risk för grundens ångskydd men ger en halvering av grundens u-värde

De tester som presenterats bygger på prov utförda i laboratorium, med resultat som visar en betydande isoleringsminskning och en risk för en relativt stor deformation. Resultaten är dock uppskattning av materialets påverkan, och det är inte säkert att materialet kommer att påverkas på samma sätt i sin naturliga miljö. Därför är vidare forskning inom området önskvärt.

Nyckelord: EPS, EPS- Cellplast, Expanderad polystyren, cellplast, XPS, XPS- Cellplast, Extruderad polystyren, Foamglas

Abstract

The project aims to investigate what the use of EPS - foam as insulation in a concrete slab may have on the risks and consequences from a building physics - and construction aspects of a long term perspective. The report has focused on reduced isolation capability of moisture, and subsidence due to creep of the insulation material. This is examined to estimate the lifetime of EPS - foam, which is the time when the material has an acceptable performance. The report is based on EPS - foam which is the most widely used base isolation today, and compare this with XPS - foam and Foamglas which is two alternatives to EPS.

Concrete slab came to Sweden from the U.S. in the late 1940s and was featured in the magazine Byggmästarn in 1955. Foam under the construction was first used in the 1970s and it was a cost-effective and durable material that replaced the elephant carpet (pressed mineral wool) which up until then had been the material used to isolate the ground construction.

The foam could be of either EPS or XPS type. EPS is currently the material most commonly used as insulation under slab foundation in small houses, while XPS is commonly used in applications with high demands on strength and low water absorption. Another material that can also be used as insulation under slab foundation is Foamglas which are both completely moisture-proof and has high strength.

Operational experience of EPS is limited. To determine the lifetime of a material practical experience is required for such a long time as the materials expected lifetime. Life expectancy for inaccessible materials should be about 100 years, while our experience of EPS is about 50 years.

To get an idea of the future, instead of practical experience laboratory tests can be performed. A laboratory test gives an idea of a material's resistance and our results show that a prolonged diffusion can reduce the EPS insulation to 36% of the original value. The results also show that the creep due to a constant compressive stress is consistent with the values that are given over a 50 year period. A large load gives a creep close to 2% which is the value that should not be exceeded. Creep rate decreases but the material will creep even after 50 years, and during the life expectancy of EPS that is 100 years it is a risk of exceeding 2% deformation.

The results of the water absorption test shows consequences of the houses energy need, and for the diffusion protection of the foundation, due to the temperature difference between the ground and concrete slab. A reduction in

insulating properties to 36% of the initial value means, if the structure is consisting of 3 layers of 100 mm EPS, there is no risk of the foundations diffusion protection but results in a half of the initial U-value.

The tests presented are based on tests performed in the laboratory, with results showing a significant reduction in isolation and the potential for a relatively large deformation. The results, however, are just an estimate of the material impact, and it is not certain that the material will be similarly affected in their natural environment. Therefore, further research in this area is desirable.

Keywords: EPS, EPS- Foam, Expanded polystyrene, Foam, XPS, XPS- Foam, Extruded polystyrene, Foamglas

Förord

Rapporten utgör vårt examensarbete som är den avslutande delen av vår utbildning till högskoleingenjör i byggt teknik med arkitektur. Examensarbetet är på 22,5 högskolepoäng och skrivet för LTH, avdelningen för

Byggnadsmaterial

Handledare har varit Peter Johansson och examinator är Katja Fridh från avdelningen för Byggnadsmaterial, LTH.

Syftet med Rapporten har varit att kunna inspirera både privatpersoner och företag att analysera varför vi använder de byggnadsmaterial vi använder idag, och att belysa alternativ som finns.

Vi vill tacka Birgitta Rydén på Isover Saint-Gobain för ett mycket givande samtal som ledde till material som hjälpt oss med många slutsatser.

Vi vill tacka Tomas Gustavsson på konstruktioner AB för inspirerande samtal och material om EPS – cellplast.

För prisuppgifter på Foamglas vill vi tacka Björn Ask.

Vi vill också tacka Varis Bokalders, medförfattare till boken ”Byggeologi – Kunskaper för ett hållbart byggande, och Åke Mård på MRD Sälj & Bygg AB som delat med sig av sina kunskaper om ämnet.

Till sist vill vi främst tacka våra handledare som hjälpt oss utforma vår rapport och stöttat oss med konstruktiv respons.

Innehållsförteckning

1 Inledning	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Problemformulering	1
1.3 Syfte	2
1.4 Frågeställning	2
1.5 Metod	2
1.6 Avgränsningar	2
2 Platta på mark	5
2.1 Historik	5
2.2 Grundens uppbyggnad	7
2.2.1 Dräneringssystem	7
2.2.2 Betong	8
2.2.3 Värmeisoleringsmaterial	8
2.3 Utförande	9
2.3.1 Överliggande isolering	9
2.3.2 Underliggande isolering	10
2.4 Skydd mot markfukt i ångfas	11
3 Isoleringsmaterial	13
3.1 Cellplast	13
3.2 Användning av cellplast	14
3.3 EPS som grundisolering	15
3.3.1 Fördelar	15
3.3.2 Nackdelar	15
3.4 XPS som grundisolering	16
3.4.1 Fördelar	16
3.4.2 Nackdelar	16
3.5 Foamglas	16
3.6 Användning av Foamglas	17
3.7 Foamglas som Grundisolering	18
3.7.1 Fördelar	18
3.7.2 Nackdelar	18
3.8 Val av material i framtiden	18
4 Livslängd	20
4.1 Inledning	20
5 Inverkan av fukt	23
5.1 Fuktdimensionering	23
5.2 Fuktkällor	23
5.2.1 Markfukt	24
5.3 Fuktförhållande	25

5.4 Fuktjämvikt	25
5.4.1 Kontakt med fuktig luft.....	25
5.4.2 Kontakt med material	28
5.5 Fuktegenskaper	28
5.5.1 Porositet.....	29
5.5.2 Porstorleksfördelning	29
5.5.3 Struktur	30
6 Inverkan av last	32
6.1 Krypning.....	32
6.2 Deformation av EPS - cellplast	33
6.2.1 Brottslast.....	33
6.2.1.1 Korttidslast.....	33
6.2.1.2 Långtidslast	35
6.2.2 Bruksgräns.....	35
6.3 Sättnings-skador	36
6.4 Inverkan av för tung fasad	37
7 Metod för livslängdsbedömning	39
7.1 Laboratorieprovning av EPS – cellplast.....	40
7.1.1 Vattendiffusion	40
7.1.1.1 Utförande.....	40
7.1.1.2 Resultat	40
7.1.2 Krypning.....	41
7.1.2.1 Utförande.....	41
7.1.2.2 Resultat	41
8 Fuktdimensionering.....	43
8.1.1 Beräkning av relativ fuktighet mitt under plattan:	43
8.1.2 Beräkning av U-värde för grundkonstruktionen:	47
9 Prisjämförelse	54
9.1 Materialkostnader	54
9.2 Totalkostnad för en grundkonstruktion	55
10 Framtid.....	58
10.1 Biologisk Nedbrytning	58
10.2 Ekologi	60
11 Diskussion.....	62
12 Slutsats.....	66
13 Referenser	68
Bilagor	75
Bilaga 1	75
Bilaga 2	82

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Bakgrunden till denna rapport började med en lektion i byggfysik då en av våra lärare på tavlan skrev namnet på ett material han tipsade hela klassen att kontrollera. Materialet hette Foamglas och framstod med alla sina goda egenskaper som ett material för framtiden.

Med denna rapport vill vi undersöka om det finns ett behov att använda XPS och Foamglas. Vi anser att det främsta användningsområdet är som underlagsisolering för platta på mark och det är detta vi i rapporten fokuserar på.

Vi har valt att jämföra Expanderad polystyren (EPS), som är det material man idag för det mesta använder som underlagsisolering, med Foamglas och med Extruderad polystyren (XPS) som har samma funktion som EPS men med högre hållfasthet och mindre vattenabsorption. Genom att göra detta har vi fått en bra uppfattning om materialens fördelar och nackdelar som vi hoppas kunna förmedla.

1.2 Problemformulering

Vad är det som styr valet av material när ett hus ska projekteras? Vid val av material görs det alltid estetiska och ekonomiska överväganden för att få god estetik och god kvalitet så billigt som möjligt. Något som däremot blir allt tydligare är att valet av material inte bara påverkar investeringskostnaderna utan framförallt framtida drift och underhållskostnader.

Burström (2007) skriver att skaderapporter på hus, fukt och beständighetsproblem, visar att valet av material inte alltid är väl underbyggda. Burström säger också angående gamla material att "Gammal beprövad teknik och material kan fungera olika i samband med de förutsättningar som råder idag" (Burström, 2007, s. 9).

Om användandet av cellplast säger han "Erfarenhet är det bästa sättet att bedöma beständighet. Cellplast är exempel på ett material där vår erfarenhet är betydligt kortare än den avsedda livslängden" (Burström, 2007, s. 174).

Vad innebär det att bygga med ett material man inte vet kommer hålla den avsedda livslängden? Är det extra känsligt för EPS som trots allt bär upp det mesta av våra nybyggda småhus i Sverige? Genom att EPS bär upp resten av konstruktionen så betyder det att den fungerar som ett konstruktionsmaterial.

Vi kan dessutom i en lärobok läsa ett citat av arkitekten Varis Bokalders att ”det finns en oro för cellplastens livslängd” (Energiboken, 2011, s. 87). Vad beror denna oro på och borde vi ifrågasätta om vi överhuvudtaget ska bygga med EPS - cellplast om vi inte är säkra på hur länge den kommer att behålla sin funktion?

Borde vi kanske istället bygga våra grunder med XPS eller kanske Foamglas? Vad styr valen av dessa material?

Genom att skapa en förståelse för hur ett isoleringsmaterial påverkas av fukt och last under en platta på mark hoppas vi kunna få läsaren att få en insikt om vilket material som bör användas och när.

1.3 Syfte

Vårt syfte med denna rapport är att undersöka vad användandet av EPS - cellplast som isolering i grund kan ha för risker och konsekvenser ur byggfysikalisk - och konstruktions (krypning och sättning) aspekter i ett långtidsperspektiv. Vi ska undersöka den mest använda cellplasten idag (EPS) samt titta på användandet av XPS och Foamglas som är två alternativ till EPS. Vi kommer även att undersöka livslängden för EPS.

1.4 Frågeställning

- Finns det någon risk för framtida funktionsnedsättningar för grundisolering av EPS-cellplast, vad kan i så fall konsekvenserna bli?
- Vilket av våra valda material är mest lämpligt att använda som grundisolering i en platta på mark som skall hålla i 100 år?

1.5 Metod

För att kunna besvara dessa frågor ska vi genomföra en litteraturstudie där fakta hämtas från böcker, företagshemsidor, vetenskapliga artiklar, och tidigare examensarbeten. Den litteratur vi har valt är kurslitteratur. Det är främst tre kursböcker vi valt att fokusera på, skrivna av: Burström (2007), Nevander & Elmarsson (2009), och Sandin (2007). Genom att undersöka fördelar - och nackdelar med EPS och jämföra dessa med XPS och Foamglas, kommer vi även att få kunskap om vilka fördelar och nackdelar det finns med materialen.

Vi kommer att använda oss av resultat från tester som andra utfört, och utifrån detta utföra egna beräkningar.

1.6 Avgränsningar

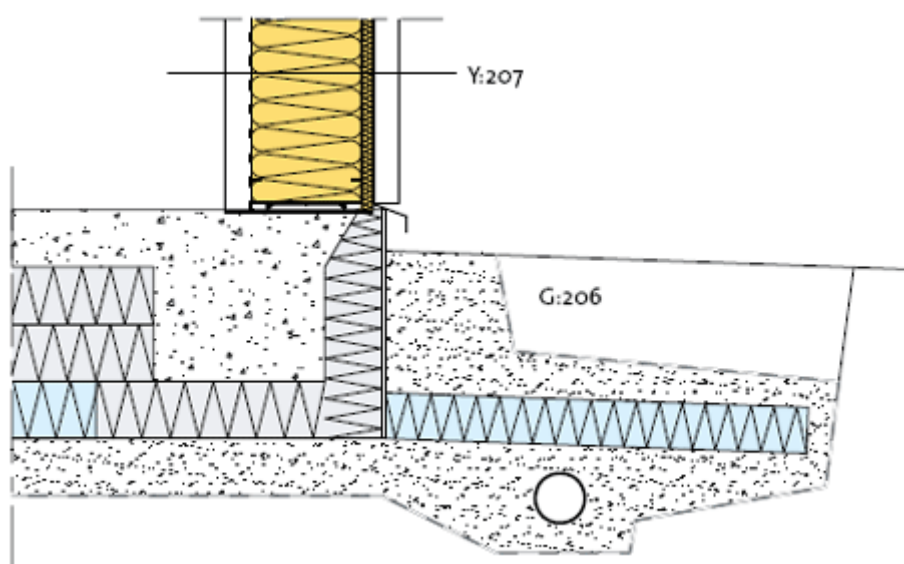
Vi kommer i det här arbetet att endast fokusera på isoleringen i platta på mark. Vi kommer i denna rapport inte själva att utföra några tester, utan de tester vi redovisar är utförda av externa personer, och resultaten från dessa analyseras av oss.

Funktionsnedsättningarna vi undersöker kommer undersöka är endast med avseende på fukt i ångfas och permanent last.

Alla våra argument om grundens totala isolerande värde är endast baserade på materialens värmeledningsförmåga λ . Vi bortser därmed från konstruktionens köldbryggor som bland annat beror på grundens kantbalk, och som i verkligheten skulle ha stor inverkan på energibehovet. Vi räknar med att alla konstruktioner vi nämner i vårt arbete antas vara hantverksmässigt utförda, om inte annat nämns. Alla material ska anpassas till en fristående villa med bottenplatta på ca 150 m². Den eventuella fuktpåverkan i material vi tar som exempel undersöks bara med hänsyn till materialets livslängd, det vill säga den tid då materialet har en acceptabel funktion, och inte till andra fuktskador, lukt eller hygienisk olägenhet. Vid fuktberäkningar tas bara hänsyn till markfukt, och eventuell fukt från installationer och läckage från insidan tas inte i beräkning.

2 Platta på mark

Platta på mark är den konstruktion som arbetet utgår ifrån och de ingående delarna beskrivs i följande kapitel. Platta på mark är idag den mest förekommande grundläggningsmetoden, och har periodvis varit en problematisk grundläggningsmetod (Nevander & Elmarsson, 2009)



Figur 1. Platta på mark – Yttervägg. (Isover 3)

2.1 Historik

Följande fakta är hämtat från artikeln ”Mark - kant värmeförlust” från tidsskriften *Bygg och teknik*. Artikeln är skriven av Hans Wetterlund, Henrik Carlsson, Carl-Eric Hagetoft och Magnus Wallin (Bygg och teknik).

Platta på mark är idag en mycket vanlig grundkonstruktion i Sverige. Den infördes i Sverige i slutet på 1940-talet och var en konstruktion som importerades från USA. Där hade man tillämpad kunskap av konstruktionen som sträckte sig ca 10 år bak i tiden.

I konstruktionens första skede, i slutet på 1940-talet, var den uppbyggd av en betongplatta som skulle vila på minst 4 tum (ca 100 mm) tjockt lager av välpackat grus eller makadam som skulle fungera som dränerande lager. Mellan betongplattan och det dränerande lagret skulle det finnas en membranisolering av asfaltsimpregnerad papp som helst skulle utföras i två lager, och dras runt och över alla kanter upp till plattans ovsida. Färdigt golv skulle befina sig ca 250 mm över den omgivande marken, och man gav även rådet att se till att markytan lutade bort från byggnaden.

Konstruktionen fick i Sverige namnet ”Concrete slab” och presenterades i tidningen Byggmästaren 1955. I artikeln förklarades även anledningen till att det inte användes någon värmeisolering i konstruktionen med att det i USA inte är så strikt när det gäller kraven på värmeförluster. Platta på mark introducerades i Sverige med samma utförande som i USA, men med undantag att man konstaterade en skillnad i klimatförhållandena mellan USA och Sverige. Sverige borde klara sig bra utan den fuktavskiljande membranisoleringen, då denna ansågs vara både dyr och svår att utföra. I Sverige utförde man istället platta på mark med ett uppreglat trägolv ovanpå betongplattan, som gav möjligheten att ventileras betongplattan och på så vis skulle kunna lösa fuktproblemen utan membranisoleringen.

Det var denna konstruktion som användes under 1950 – och 60-talet. Konstruktionen har visat sig inte fungera och det är detta utförande av platta på mark som i stor utsträckning har drabbats av fukt- och mögelskador i träkonstruktionen. Under denna period började så småningom värmeisolering läggas mellan träreglarna. Därmed hade en ny konstruktion tagit fram, som vi idag kallar platta på mark med överliggande isolering. Konsekvensen av värmeisoleringen blev att det inte fanns någon luftspalt som kunde ventileras bort den tillförda markfukten.

Att istället för överliggande isolering använda värmeisoleringen på undersidan var en tanke som kom till på 1970-talet, då upptäckten av att träreglarna på betongen rutnade. Med underliggande isolering blev plattan varmare och därigenom också torrare. Under detta första skede var det inte cellplast som användes, utan det var en så kallad elefantmatta, som är en hårt pressad mineralullsskiva. Tjockleken på isoleringen var till en början 50 mm men ökades allt eftersom kraven på värmeisolering skärptes. Att elefantmattan ersattes med cellplast var på grund av att elefantmattans bärförmåga var begränsad, och kunde leda till sättningar i konstruktionen. Cellplasten var redan på den här tiden tillverkad av antingen expanderad eller extruderad polystyren, EPS respektive XPS. Med cellplast erhöles ett material med betydligt högre tryckhållfasthet än vad mineralullen hade. Detta gav grunden en större bärförmåga som kunde stå emot de höga lasterna. Cellplasten hade dessutom ett lägre pris än mineralullen och detta anses vara huvudanledningen till att mineralullen ersattes.

Under 1970-talet dominerade elefantmattan och cellplasten ersatte endast ibland. Det var inte förrän slutet på 1980-talet som cellplasten helt ersatte elefantmattan. Nu var det den expanderade EPS cellplasten som användes. Vid introduktion av platta på mark i Sverige, hade behovet av den fuktavskiljande membranisoleringen mellan plattan och det dränerande lagret redan argumenterats bort, med motiveringen att klimatförhållandena var annorlunda.

När det istället började läggas isoleringen på undersidan av plattan så ansågs fortfarande inte att det fanns något behov av en fuktspärr, då detta skulle hindra byggfukten i betongplattan från att torka ut ner mot underliggandemark efter mattläggning. Detta resonemang ledde dock till nya fuktskador och då speciellt på plattor med lite isolering. Det blev därför mot slutet av 1980-talet vanligt att placera en heltäckande PE-folie under betongplattan för att skydda golvet mot uppträngande markfukt. Konstruktören var nu medveten om att plattan måste få torkas ut byggfukt innan det kan placeras täta eller fukt känsliga material ovanpå plattan.

Vid elefantmattans introducering var isoleringstjockleken oftast endast 50 mm. Detta ökades sedan till 100 mm, och i slutet av 1980-talet till 200 mm. Dagens standard på 300 mm isolering under plattan började man med i slutet av 1990-talet. Att isoleringstjockleken har skiftat så mycket med åren är på grund av det ökande intresset för att bygga energieffektiva hus. Konstruktörerna trodde tidigare att marken som grunden stod på hade så pass stor värmetröghet att det inte skulle löna sig att isolera tjockare, och insikten om att detta inte stämde bidrog också till att isoleringstjockleken ökade.

2.2 Grundens uppbyggnad

Här presenteras vad de ingående materialskikten i en platta på mark har för funktion.

2.2.1 Dräneringssystem

Ytvatten som uppkommer genom regn och bevattning måste ledas bort från grundkonstruktionen för att inte fuktskador ska uppstå. Vattnet leds bort genom att marken runt konstruktionen utförs med en lutning med 1:20 bort från grunden. En utkragande tjälisolering som placeras runt grundkonstruktionen hindrar vatten från att tränga djupt ner i marken och hjälper därmed till att leda bort vattnet från grunden. Vatten som inte kan rinna bort från konstruktionen tas om hand av ett dräneringssystem. Dräneringssystemet runt hela grunden ska primärt ta hand om höga grundvattennivåer i dräneringsskiktets understa del, och ska också skydda konstruktionen från markfukt i vätskefas (Nevander, 2009).

Dräneringssystemet dimensioneras efter markens genomsläpplighet för vatten. Vid ogenomsläpplig mark, t.ex. lera krävs ett utvidgat dräneringssystem med större skikt och flera dräneringsledningar runt grunden. Dräneringssystemet består av ett makadamskikt under plattan och en dräneringsledning som bäddas in i en dräneringskanal. Makadamskiktet som består av tvättad makadam, fungerar kapillärbrytande och dränerande. Makadamskiktet under

plattan och kantbalken är minst 150 mm dräneringsmakadam eller skiktet ska vara dubbelt så tjockt som den kapillära stighöjden i materialet.

Dräneringskanalen placeras på en lägre nivå och kopplar man samman det kapillärbrytande och det dränerande skiktet, i ett och samma lager. Dräneringssystemets livslängd är ca 25 år och därför ska dräneringsledningar under plattan undvikas, då dessa inte kan bytas ut (Nevander, 2009).

2.2.2 Betong

Grundplattan av betong är platsgjuten med en kvalitet som kan vara vattentät för användning i mark och ha en långsam kapillärsugning för fuktskydd mot vatten utifrån. Grundkonstruktionen armeras för att öka hållfastheten och minska krympsprickor i betongen. Om man använder täta ytskikt eller trägolv på betongplattan, krävs en betong av högre kvalitet med torr härdningsteknik (Burström, 2007).

Betong består av cement, vatten och ballast, där ballasten brukar vara sten, grus, sand och någon tillsats som påverkar betongens egenskaper. Betongen proportioneras genom att variera mängderna av de olika råmaterialen för att få fram en specifik egenskap för betongen. Betongmaterialen blandas till en homogen betongmassa som hålls i formen där betongen bearbetas till att fylla ut alla håligheter och omsluta armeringen. När betongen gjutits färdigt, skyddas den mot uttorkning, så att det kan ske en kemisk reaktion mellan vattnet och cementen som ger betongen sin hårdhet (Burström, 2007).

Betongkvaliteten bestäms av vattencementtalet, vct som är kvoten av mängden vatten och cement i betongen. Betongens får en högre kvalitet med ett lägre vattencementtal, när mer vatten kan bindas kemiskt i betongen och mindre fukt måste torkas ut (Burström, 2007).

2.2.3 Värmeisoleringsmaterial

Värmeisoleringens funktion i en byggnad är i huvudsak att stänga ute kyla, vind och regn för att ge ett behagligt inomhusklimat. Med en god isolering minskar man husets energibehov och kan därmed få lägre uppvärmningskostnader.

Hur bra ett materials isolerande förmåga är beror på dess värmeledningsförmåga och benämns lamda, λ [$W/m \cdot K$]. Ju lägre λ - värde ett material har desto bättre isoleringsförmåga har det.

Luft är det ämne som har lägst värmeledningsförmåga. Därför är de bästa isoleringsmaterialen de med låg densitet och hög andel porer. Dessa

egenskaper är utmärkande för våra vanliga isoleringsmaterial som mineralull och cellplast. I kapitel 5 beskrivs porernas betydelse mer utförligt.

Luft i sig är dock inte det enda som påverkar isoleringsförmågan. I så fall hade en luftspalt isolerat bättre än en mineralullsskiva. Anledningen till detta är värmetransporter. Värme kan transporteras enligt tre principer. Ledning, strålning och konvektion. Konvektion är värmetransport via luften genom luftrörelser som uppkommer av temperaturskillnader. När luften strömmar kan den föra bort värme från en varm yta eller tillföra värme till en kall yta. Isoleringsmaterialens uppbyggnad tillåter luften att verka värmeisolerande, samtidigt som luft inte kan röra sig fritt i materialet.

För isolering i grunden finns det fler krav på isoleringsmaterialet än den isolerande förmågan. Materialet måste kunna säkerställa ett bra inomhusklimat samtidigt som det ska hindra fukt i vätskefas att nå betongen, och det måste dessutom också kunna klara all last som den utsätts för av resten av byggnaden.

I kapitel 3 beskrivs de material som vanligtvis användas som underlagsisolering i en platta på mark mer detaljerat (Burström, 2007).

2.3 Utförande

Skador i grunden kan bli svåra och kostsamma att åtgärda, och på grund av detta är det därför viktigt att välja en konstruktion som är så säker som möjlig. Med säker menas att grunden ska behålla sin önskade funktion under den förväntade livslängden utan att till exempel fuktskador ska uppstå. Konstruktionen platta på mark behöver skyddas från fukt i framförallt ångfas och vätskefas. Konstruktionen läggs direkt på ursprunglig mark där man räknar med ett RF på 100 %.

För att skydda mot markfukt som suggs upp kapillärt används ett så kallat kapillärbrytande skikt som oftast utgörs av ett lager makadam. Som också har en dränerande funktion. Med makadamskiktet tillsammans med cellplastskiktet har konstruktionen två kapillärbrytande skikt och risken för fuktpåverkan i vätskefas är därmed mycket liten. Markfukten i ångfas kan däremot fortfarande förekomma (Nevander & Elmarsson, 2009).

2.3.1 Överliggande isolering

Vid platta på mark med överliggande isolering läggs betongplattan direkt på det kapillärbrytande dräneringsskiktet. Betongen kommer att utsättas för mycket fukt, men betong i sig är beständig mot fukt. Problemen som har uppstått är på grund av materialen som har placerats ovanpå betongplattan. Eftersom markens relativa fuktighet är 100 % så är det detta värde man får räkna med att betongen också kommer att ha. Om ett material som placeras på betongen har en kritisk fukthalt som är mindre så kommer det att uppstå fuktskador. Det enda sättet att hindra fuktskadorna blir att använda sig av fuktspärr av t.ex. PE- folie.

Ovanpå betongen kan man välja att utföra konstruktionen på ett par olika sätt. Tidigt var det vanligt att placera träreglar direkt på betongen, med en fuktspärr av PE- folie emellan. Mellan träreglarna kunde sedan väljas att antingen behålla luftspalten som gav ventilation, eller så kunde isolering läggas. Problemet som uppstår är att betongen blir kall. Detta medför att mätnadsånghalten kan bli lägre än rummets ånghalt, och kondensering uppstår. Risken är dock liten för större skador då fukten oftast kan ventileras bort och därför inte utsätter materialet för någon längre fuktpåverkan.

Ett annat utförande är så kallade flytande golv som innebär att man lägger isoleringen direkt på betongplattan utan några träreglar, men fortfarande med en fuktspärr mellan betongen och isoleringen. Detta utförande har fördelen att inte få fjädring i golvet och att inte ha trädelar på betongplattan (Nevander & Elmarsson, 2009).

Överliggande isolering anses på grund av fuktskadorna som uppstått över tiden ändå vara en olämplig konstruktion och det rekommenderas att utföra grunden med underliggande isolering. (Nevander & Elmarsson, 2009).

2.3.2 Underliggande isolering

Grundkonstruktionen med underliggande isolering, som innebär att isoleringen är placerad under betongplattan, ger ett extra skydd mot markfukt i vätskefas och är därmed en bra fuktteknisk konstruktion för en platta på mark till småhus.

Den vanligaste metoden att isolera grunden är med tre lager isolering som placerar med förskjutna skarvar för att få ett så tätt isoleringslager som möjligt. Detta är viktigt för att fukt i vätskefas inte ska kunna tränga upp till betongplattan genom skarvarna.

2.4 Skydd mot markfukt i ångfas

Det dränerande lagret skyddar grundkonstruktionen från kapillär uppsugning. Trots att man inte behöver räkna med vatten i vätskefas vid markytan, så kommer den relativa fuktigheten ändå att vara 100 %. Fukten i ångfas kan undvikas med en temperaturskillnad och därför kan ett tjockt isoleringslager vara den bästa ångspärren (Nevander & Elmarsson, 2009).

När betongplattan isoleras på undersidan kommer betongplattan att få samma temperatur som inneluften och betongplattan blir därmed varm. Tack vare temperaturskillnaden som uppstår av isoleringen, sänks betongplattans relativa fuktighet till en hanterbar nivå. Utan temperaturskillnaden skulle betongplattans relativa fuktighet vara lika hög som markens. Denna funktion gör att isoleringen också fungerar som grundens ångskyddande lager (Nevander & Elmarsson, 2009).

I vissa fall kan det finnas en osäkerhet om värmeisoleringen under grunden kommer att fungera tillräckligt ångskyddande. Är den inte tillräcklig kan den kompletteras med en folie av polyeten, PE- folie som är ett mer ångtätt material. Exempel på när plastfolien kan behövas är då betongplattan riskerar att bli kallare än marken, som hade fått fukten att vandra upp mot betongen istället för tvärtom (*Plast- & Kemiföretagen 3*).

Situationer då marken kan bli varmare än betongen är vid breda byggnader eller om man har inbyggd golvvärme. Golvvärmen värmer upp betongen som kan avge värme ner mot marken om isoleringen inte är tillräckligt tjock. Värmen lagras i marken som en ”värmekudde”, och om golvvärmen då skulle stängas av kommer betongen kylas av till rumstemperatur. Värmeisoleringen hindrar att samma avkylning sker i marken och därmed kan betongen vara kallare (*Plast- & Kemiföretagen 3*).

Man undviker PE-folien så långt det går då det ställer extra högt ställda krav på att all byggfukt i betongen har torkat ur. Byggfukt är den fukt som finns kvar i materialen efter att huset färdigställts, innan fukten torkat ut ordentligt. Täta material på både betongens undersida och ovansida ger betongen en endast begränsad uttorkningsmöjlighet (*Plast- & Kemiföretagen 3*).

3 Isoleringsmaterial

I föregående kapitel beskrevs konstruktionen platta på mark, och vilken funktion som isoleringsmaterialet i konstruktionen har.

Grundisoleringen består i de flesta fall av cellplast som kan vara av antingen EPS eller XPS typ. Ett material som också kan användas som grundisolering är Foamglas. Materialen har sina speciella användningsområden och olika för- och nackdelar som beskrivs i detta kapitel.

Materialbeskrivningarna som följer och deras funktion är för konstruktionen med underliggande isolering.

3.1 Cellplast

Cellplast är ett isoleringsmaterial som till hela 98 % består av innesluten luft. Resterande materialstruktur består av 95 % polystyren och 5 % pentan som är innesluten i varje liten kula. (Energiboken, 2011). Polystyrencellplast är en termoplast som kan framställas med två olika metoder, expanderad polystyren och extruderad polystyren.

Polystyren, den polymer av vilken EPS är tillverkad, uppfanns 1938. Även om det i allmänhet kallas frigolit, är Frigolit ett varumärke av Dow Chemical Company (Madehow).

Expanderad polystyren förkortas EPS tillverkas genom upphettning av små plastkolor innehållande ett kolväte. Upphettningen får plastkulorna att expandera och bli ihåliga kulor, som sedan gjuts i formar till den slutgiltiga produkten. Kulstrukturen blir här mycket tydlig (Burström, 2007). Beroende på gjutningsutförandet kan EPS få olika permeabilitet. Den goda isoleringsförmågan beror på luften i kulorna som ersätter kolvätet (Nevander & Elmarsson, 2009).

Extruderad polystyren förkortat XPS, skiljer sig åt från tillverkning av EPS. Istället för att använda expanderade polystyrenkolor extruderas här råmaterialet. Smält styrenplast och kolväten expanderas ur ett munstycke på en plastspruta och gjuts sedan. Cellstrukturen blir som en upp skummad vätska (Burström, 2007). Detta sker under högt tryck och man tillsätter koldioxid och färg. Varje tillverkade har sin egen färg. När trycket minskar expanderar gasen, vilket resulterar i att bubblor inuti cellplasten bildas (Cellplaster).

XPS har slutna celler, och har därför normalt lägre permeabilitet för luft, vatten och vattenånga. Men högre densitet än EPS. Skillnaden mellan XPS och EPS är att XPS är polystyren med inneslutna bubblor som bildas genom att man tillsätter komprimerad gas, medan EPS är expanderade polystyrenkuler som smälts samman i en form (Nevander & Elmarsson, 2009).

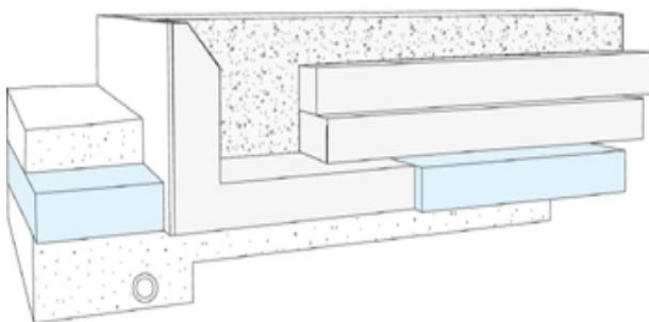
Cellplast tillverkas genom att en plast får expandera, nästan 50 gånger sin ursprungliga storlek, vilket skapar ett system av antingen öppna eller slutna porer. Dessa porer kan sedan fyllas med luft eller någon annan gas, med låg värmekonduktivitet.

Att porerna är öppna eller slutna har båda olika fördelar. Cellplast med öppna porer används med fördel till ljudabsorption, medan slutna porer är lämpligt ur värmeisolerings- och fuktsynpunkt (Burström, 2007). Mer om porositet i kapitel 4.7.1.

Cellplast består av en polymerkedja, vars grundläggande enhet är Styren (C_8H_8), som produceras genom att kombinera eten och bensen. Polystyrencellplast är en termoplast som kan framställas med två olika metoder. Dessa två metoder ger de två olika materialen expanderad polystyren och extruderad polystyren (Polarcentral).

3.2 Användning av cellplast

Det vanligaste isoleringsmaterialet av cellplast är EPS. Denna kan användas som isolering i grunden och i husets klimatskal. Den kan också användas på golvetns insida som flytande golv. EPS började användas i större utsträckning i Sverige på 1980-talet som isolering till grunden. Den vanligaste grunden idag utgörs av L-formade kantelement som betongen gjuts i (Dinbyggare).



Figur 2. Sockel med L-element. (Isover 4)

Idag kan EPS användas överallt där isolering behövs. I tak utgör EPS ett formstabil underlag och tål därför belastning från människor. Den låga vikten ger också ett lättmonterat tak med en lätt konstruktion (Plast- & Kemiföretagen 1).

I väggar kan EPS användas med en mängd olika konstruktionstyper. EPS kan fungera som kombinerat putsbärande material och isoleringsmaterial. EPS kan användas som tilläggsisolering och i kombination med en träregelkonstruktion med mineralull. EPS är också det material man använder i sandwichkonstruktioner av betong (Plast- & Kemiföretagen 2).

Både EPS - och XPS - cellplast är tillverkade av polystyren och tillhör därmed samma materialgrupp XPS har samma användningsområden som EPS. Den är dyrare än EPS och är därför inte lika vanlig. XPS har en större hållfasthet och absorberar mindre fukt än en EPS och kan därför användas vid konstruktioner som utsätts med högre lastnivåer och vid stora punktlaster eller vid svåra markförhållanden. (Xlbygg)

3.3 EPS som grundisolering

3.3.1 Fördelar

EPS är ett material med slutna porer och är därmed kapillärbrytande. Den slutna cellstrukturen gör det också okänsligt för övrig fuktpåverkan, vilket hade haft en försämrande effekt på de isolerande egenskaperna.

EPS har en hög hållfasthet som gör den tålig mot belastning vilket är ett krav om den ska fungera under plattan och därmed ta upp all last. Gemensamt för alla isoleringsmaterial är att de har en låg densitet, vilket innebär att de har en låg vikt och är lätta att arbeta med (*Plast- & Kemiföretagen 3*).

Den största fördelen som EPS cellplast har gentemot andra isoleringsmaterial till grunden är att det har ett lågt pris. Detta var redan från början en av de största anledningarna till att man slutade med elefantmattan av mineralull (Wetterlund et al, 2010).

3.3.2 Nackdelar

Bland de nackdelar man kan se av att använda EPS som isolering är att ovarsam hantering kan ge materialet försämrade egenskaper. Till exempel kan hörn och kanter brytas av (*Plast- & Kemiföretagen 3*) och om ytan skadas vid anläggning kommer materialet att kunna ta upp en viss mängd vatten kapillärt (Almquist, 2010).

Cellplast är ett organiskt material och ger därmed grogrund för mikroorganismer som röta och ger risk att skadedjur som råttor och myror bygger bo. Organiska material utsätts för biologisk nedbrytning och livslängden blir därför kortare.

3.4 XPS som grundisolering

3.4.1 Fördelar

XPS - cellplastens har en sluten cellstruktur och tät gjuthud som minimerar materialets vattenabsorptions förmåga, och minskar därmed fuktupptagningen. Cellstrukturen hos XPS ger en minskad ånggenomsläpplighet och kan vid tillfällig ökad risk för markfukt ge ett tillräckligt skydd för vattendiffusion (*Plast- & Kemiföretagen 3*).

XPS kan därmed också användas när man har högre krav på fukttåligt isoleringsmaterial. Skillnaden i cellstruktur för EPS och XPS beskrivs mer utförligt i kapitel 5.5.3.

3.4.2 Nackdelar

Skillnaden mellan XPS - och EPS – cellplast är att XPS är ett dyrare material. Detta är den stora anledningen till varför man inte använder XPS i samma utsträckning som EPS. I kapitel 8 redovisas prisjämförelse.

3.5 Foamglas

Foamglas är namnet på cellglasskivor som tillverkas av det amerikanska företaget Pittsburgh Corning Corporation. De har tillverkat Foamglas sedan början av 1940-talet.

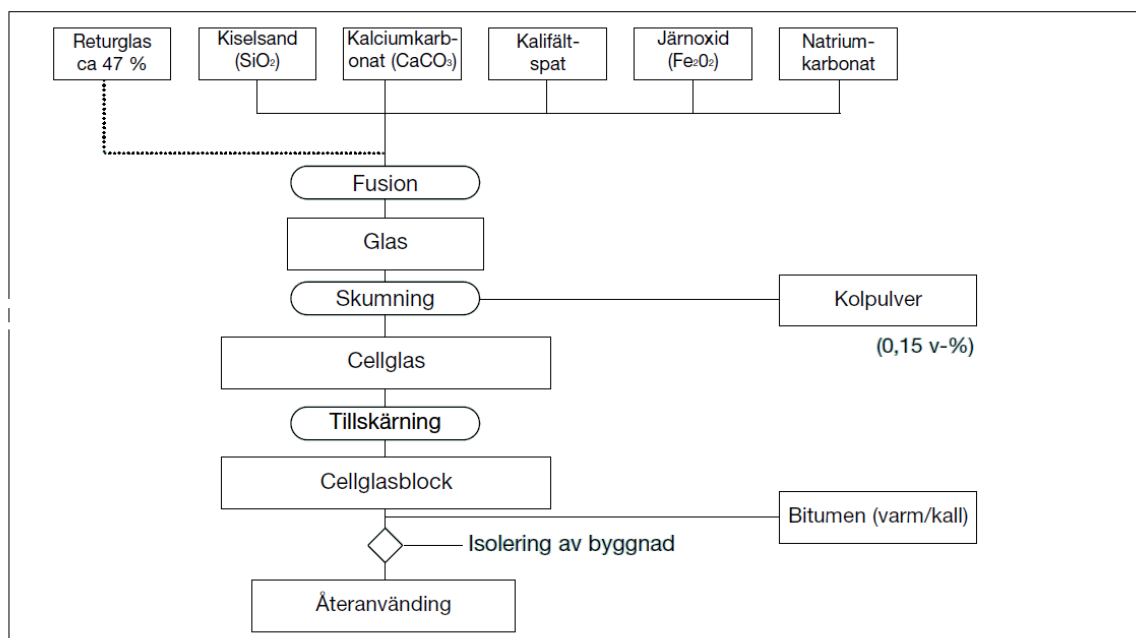
Cellglas är ett mineraliskt material med återvunnet glas som huvudkomponent och som råmaterial används sand och mineraler. Råmaterialen bildar genom upphettning och bränning en glasmassa. Materialet cellglas bildas när glasmassan löper igenom en ugn och expanderar till ett cellglasmaterial.

Cellglas tillverkas genom att en liten mängd kol tillförs glasmassan (se bild fig.1) och bidrar till en skumbildning. Cellglasat läggs därefter i gjutformar som får transporteras genom en ugn där glasmassan expanderar och bildar cellglasmassa som avslutningsvis långsamt kyls ned genom en kontrollerad avkylning .

Detta ger cellglaset en porös och sluten cellstruktur som består av miljontals små glasceller, med ett svampliknande utseende som liknar en porös lättbetong eller en pimpsten. Materialet har hög porositet med nästan enbart slutna porer vilket innebär ett lätt och lufttätt material (Foamglas 2).

Den färdiga cellglasmassan sågas till skivor och beläggs med ett skyddande skikt av bitumen (Foamglas 3). Bitumen är ett bindemedel av kolväten som framställs ur destillerad råolja, och kallas också asfalt eller tjära. Bitumen fungerar som ett extra skyddande lager vid hantering då materialet är sprött och gör materialet helt tätt(Nynäs).

Tillverkningsprocessen beskrivs mer detaljerat i figur 3.



Figur 3. Tillverkningsprocess för cellglas, (Foamglas 3)

3.6 Användning av Foamglas

Foamglas som material kan användas i hela byggnaden, då det är oorganiskt, kapillärbrytande och ångtätt. På grund av dessa egenskaper är Foamglas speciellt lämpligt som grundisolering. Det finns där ingen risk att materialet ska absorbera vatten (Foamglas 2).

Foamglas har också mycket hög hållfasthet ,450-900 kPa och kryper inte. Att materialet är oorganiskt innebär dessutom att det inte kommer utsättas för biologisk nedbrytning i någon form (Foamglas 2).

3.7 Foamglas som Grundisolering

3.7.1 Fördelar

Foamglas har lång livslängd eftersom materialet har en kemiskt stabil struktur som ger skydd mot biologisk nedbrytning . Detta är för att materialet är oorganiskt och ger därmed ingen grogrund för mikroorganismer som röta och ger ingen risk att skadedjur som råttor och myror bygger bo.

Enligt Foamglas har materialet god hållfasthet och klarar stora påfrestningar med hög tryckbelastning under lång tid utan att deformeras. Det kan därmed användas som ett konstruktionsmaterial och som en lastbärande isolering . Materialet är helt vattentätt och fuktsäkert material med inbyggd ångspärr som ger ett oförändrat isoleringsvärde. Materialet är helt ångtätt, absorberar ingen fukt och förhindrar även radongas att tränga igenom. Materialet är dimensionsstabil och ändrar inte form, det sväller eller krymper dessutom inte (Foamglas 3).

Foamglas kan tillverkas av återvunnet glas. Glaset kan ha en dålig kvalitet som inte lämpar sig i tillverkningen av nytt glasmaterial, och det kan därför istället användas i tillverkning av cellglas (Foamglas 3).

3.7.2 Nackdelar

Nackdelarna med Foamglas är priset, som är högre än för EPS – och XPS, se kapitel 8. En av anledningarna är energiåtgången vid tillverkningen som är mycket stor

Att Foamglas är diffusionstätt gör att betongplattan inte kan torka ut neråt, som cellplast som är ånggenomsläpplig. Detta ställer högre krav på att golvbeläggningen ska hållas diffusionsöppen(Foamglas 1).

3.8 Val av material i framtiden

När man ska utföra ett projekt finns det bestämmelser som styr byggandet och som man måste följa. Dessa bestämmelser utgörs av lagar, förordningar och föreskrifter. Dessa ändras över tiden och nya förutsättningar för att bygga tas fram (Nordstrand, 2009).

Bland det som har skärpts med tiden och som kommer skärpas ännu mer är de bestämmelser som anger vilka energikrav en byggnad måste ha. Ett EU direktiv säger att alla byggnader som byggs 2020 ska vara ”nära noll energibygnader” (Nohrstedt, 2012). Med detta menas att energianvändningen bör minskas med 20 procent till år 2020 och 50 procent till år 2050 i förhållande till användningen 1995.

Olika faktorer som kan styra valet av material i framtiden presenteras längre fram i kapitel 10.2, biologisk nedbrytning, kapitel , 10.3 Ekologi och i kapitel 9 prisjämförelse.

4 Livslängd

Isoleringsmaterialen vi har beskrivit utgör det understa materialet av grundkonstruktionen och är därmed det material som är mest svåråtkomligt. Därför är det viktigt att isoleringsmaterialet är så pass bra att det behåller sin funktion under hela husets livstid.

I detta kapitel definieras begreppet livslängd och vilka aspekter som denna rapport tar hänsyn till.

4.1 Inledning

I EKS, som är de europeiska konstruktionsstandarderna, står i Avdelning B – Tillämpning av EN 1990 – Grundläggande dimensioneringsregler för bärverk om livslängd att:

”Allmänt råd

15 § Byggnadsverksdelar i livslängdskategori 4 enligt 2.3, tabell 2.1 i EN 1990 – vilka hänförs till säkerhetsklass 2 eller 3 och som inte är åtkomliga för inspektion och underhåll – bör dimensioneras för livslängden 100 år (Boverket)”

Grundkonstruktionen i en byggnad är den byggnadsdel som tar upp alla laster från den övriga byggnaden, och den platsar därmed i ovanstående råd. Grunden är också den byggnadsdel som är minst åtkomlig och den bör därmed dimensioneras för en livslängd på 100 år.

Livslängd

Begreppet livslängd använder man idag för att beskriva ett materials beständighet. Ett materials beständighet är ett begrepp som traditionellt används för att beskriva hur byggmaterialet står emot nedbrytning.

Ett materials beständighet tar inte hänsyn till hur länge materialet kommer att kunna vistas i olika miljöer, eller till olika materialfamiljer. Därför är det idag mer förekommande att man använder begreppet livslängd.

I Internationella sammanhang definieras livslängd som ”Livslängd hos byggmaterial är den tidsperiod efter vilken materialen når en funktion som är oacceptabel” (Burström, 1999, s.9).

Det material vi vill definiera livslängden på är framförallt EPS då det används till de flesta småhus idag, och XPS och Foamglas kommer att diskuteras.

I kapitel 2.3.1 definierar vi grundisoleringens funktion som att den måste fungera termiskt, kapillärt och lastreducerande. De faktorer som rapporten fokuserar på är att isoleringsförmågan minskar på grund av absorption av fukt, eller att det skulle uppstå sättningsskador på grund av krypning i materialet.

Kommande kapitel 5 och 6 tar upp vilken inverkan fukt och last har, och metoder för att uppskatta livslängden beskrivs därefter i kapitel 7

5 Inverkan av fukt

Vi har i tidigare kapitel beskrivit vilka funktioner isoleringen under grunden måste ha. Bland annat måste isoleringen fungera termiskt.

Om värmeledningsförmågan på ett isoleringsmaterial minskar så minskar också materialets livslängd.

Värmeledningsförmågan kan minska på grund av absorption av fukt och i detta kapitel definieras fukt och vilken påverkan fukten har på isoleringen under grunden. Kapitlet beskriver också varför vissa material passar bättre som isolering under grunden än andra.

Definition av fukt

En viss mängd fukt kommer alltid att finnas överallt i en byggnad. Fukt är definition på vatten i olika faser som till exempel kondens på ett fönster eller vattenånga i luften. De olika faser som fukt kan befinna sig i är i form av vattenånga, vätska, eller is.

Det som sker när ett poröst material utsätts för fukt är att luften i porerna kommer att ersättas med vatten. Vatten har en mycket högre värmeledningsförmåga än luft, och det innebär att ju mer porerna kommer att ersättas med vatten desto högre blir värmeledningsförmågan för materialet. Vatten har ett λ - värde på $0,6 \text{ W/m} \cdot \text{k}$ vilket är högre än det för luften i isoleringsmaterialets porer som är $0,026 \text{ W/m} \cdot \text{k}$ (Sandin, 2009).

5.1 Fuktdimensionering

För att kunna avgöra den förväntade livslängden av EPS – cellplasten i en platta på markkonstruktion måste man känna till vilken miljö den vistas i. Detta kallas att utföra en fuktdimensionering. Med hjälp av fuktdimensioneringen kan vi definiera vilken fuktpåverkan grundisoleringen kommer att utsättas för och vad denna kan få för konsekvenser för materialet och grundkonstruktionen (Harderup, 1993).

5.2 Fuktkällor

Det måste kunna konstateras vilka olika fuktkällor som finns, det vill säga fukten uppstår ifrån. Således är allt som kan ge upphov till fukt en fuktkälla (Nevander & Elmarsson, 2009).

De fuktkällor som EPS – cellplasten kommer att utsättas för är framförallt markfukt.

Nedan beskrivs de olika fuktkällorna kortfattat.

5.2.1 Markfukt

Med markfukt så menas all fukt som förekommer i marken, både i form av vätska – och i ångfas. Fukt i vätskefas kan uppstå genom kapillär uppsugning. Hur stor denna är beror på vilken jordart EPS - cellplasten står på. Mer om kapillär sugning i kapitel 4.6.2.

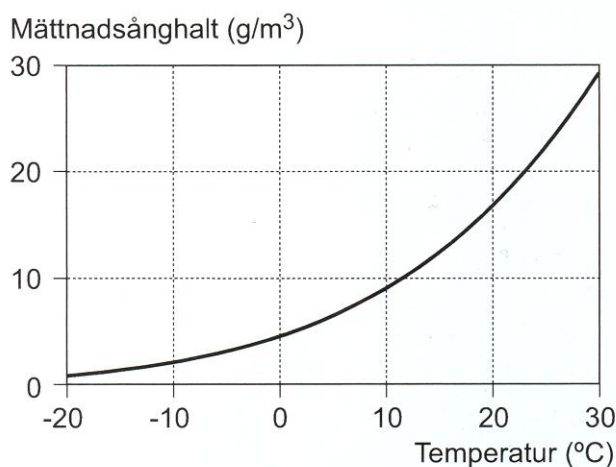
På grund av det kapillärbrytande skiktet kommer med största sannolikhet EPS – cellplasten inte att utsättas för kapillär uppsugning i någon utsträckning som kan påverka materialet. Därför är det i främsta fall markfukt i ångfas som grundisoleringen kommer att utsättas för (Harderup, 1993).

Relativ fuktighet

vattenånghalten v [kg/m^3] Kan definieras som den vattenmängd som luften innehåller. Hur mycket fukt luften kan innehålla beror på temperaturen. Den maximala ånghalten kallas för *mättnadsånghalt*, v_s . Genom att ta kvoten mellan den verkliga ånghalten och mättnadsånghalten får man den relativa fuktigheten som betecknas φ

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

Mättnadsånghalten är temperaturberoende enligt figur 4, och detta innebär att den relativa fuktigheten också är temperaturberoende. (Burström, 2007).



Figur 4 Mättnadsånghalt som funktion av temperaturen (Sandin, 2009)

5.3 Fuktförhållande

Fuktförhållandet är det tillstånd som materialet befinner sig i förhållande till sin omgivning. Ett material med hög andel byggfukt, till exempel nygjuten betong kommer att behöva tid för att kunna torka ut till en nivå som är hanterbar. Material som torkar, det vill säga avger vatten till sin omgivning kallas *desorption* (uttorkning). När materialet istället absorberar vatten kallas detta för *absorption* (*uppfuktning*). Om ett material varken befinner sig i absorption eller desorption så säger man att materialet är i *jämvikt* med sin omgivning.

5.4 Fukttjämvikt

Det är i jämvikt som materialen strävar efter att hamna i och fuktförhållandet i ett materials omgivning är därför det som kommer avgöra om materialet behöver ta till sig fukt för att hamna i samma fuktförhållande, eller avge fukt. Ett material måste befinna sig i något av dessa tre förhållanden (Sandin, 2009).

Fukttjämvikten är viktig att känna till får att kunna bedöma miljön för EPS – Cellplasten och vilken form av fukt som den kommer utsättas för. Ett material kan ta upp fukt på tre olika principer. Via luft, vatten, eller annat material (Sandin, 2009).

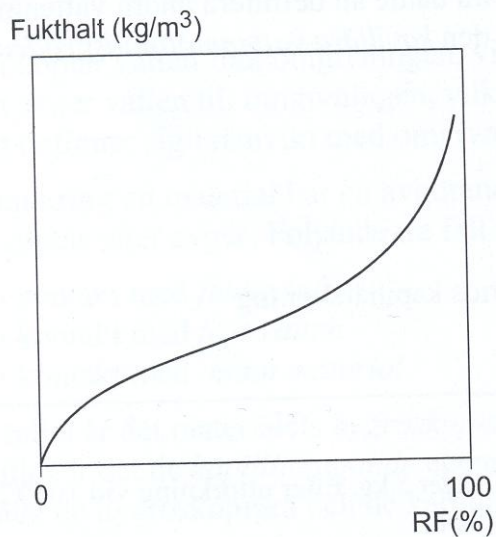
De principer som undersöks är via luft och kontakt med annat material. Isoleringen under platta på mark utsätts för markfukt i ångfas enligt principerna som beskrivs för kontakt med luft, och kontakt med material beskrivs då jämvikten med materialens relativa fuktigheter påverkas av isoleringens värmeledningsförmåga.

Hur fukttjämvikten kan påverkas av en minskad värmeledningsförmåga beskrivs i kapitel 8.

5.4.1 Kontakt med fuktig luft

Då luften alltid innehåller en viss ånghalt så kommer det ha den effekten på ett material vars ånghalt är mindre än luftens, att luftens fukt kommer att tränga in i porerna på materialet tills jämvikt råder. Det vill säga att materialet varken kan ta upp eller avge mer fukt i förhållande till luften. En del av vattenångan som absorberas kommer att fixeras till materialets porväggar, och ånghalten blir då mindre vilket gör att porerna kan absorbera mer fukt från luften. När det råder jämvikt mellan det bundna vattnet på porväggarna och porernas fukttillstånd så är det också jämvikt mellan materialet och den fuktiga luften.

Fuktutbytet mellan luft och material kallas för *Hygroskopisk fukt* (Sandin, 2009).



Figur 5 Jämviktsfuktkurva. (Sandin, 2009)

Bilden visar att fukthalten i ett material motsvaras av en viss relativ fuktighet från den omgivande luften.

Fukt som tillförs ett material genom luften kallas för hygroskopisk fukt och nivån på hur mycket fukt ett material kan få via luften är normalt mellan 0-98 %. Högre fuktnivåer når man endast om fukt tillförs på något annat sätt.

Då ett material får vistas i en konstant temperatur och ånghalt kommer materialet tillslut att nå en viss jämviktsfukthalt. Genom att läsa av ett materials sorptionskurva kan man se hur fukthalten beror på RF (Sandin, 2009).

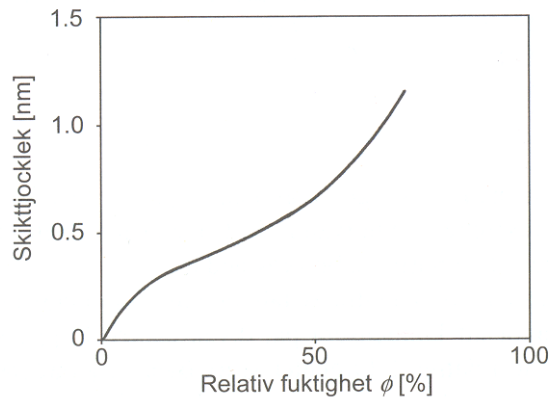
Om ett material är hygroskopiskt innebär det att det kan ta upp fukt direkt ur luften. Hur hygroskopiskt ett material är beror på porstrukturen som avgör hur fukten kommer att absorberas. Mer om porositet i kapitel 4.7.1.

Materialet kan ta upp fukt från luften på genom två principer, adsorption och kapillärkondensation.

Adsorption

Adsorption är den princip som oftast verkar vid låga relativa fuktigheter. Adsorption innebär att vätskemolekylerna binds till det fasta materialet.

Anledningen till detta är att materialets fria yta har ett energiöverskott som minskas allt eftersom mer vatten binds. Hur mycket vätska som binds beror på den relativa fuktigheten, och ju större denna är desto mer vätska kommer att bindas enligt figur 6.

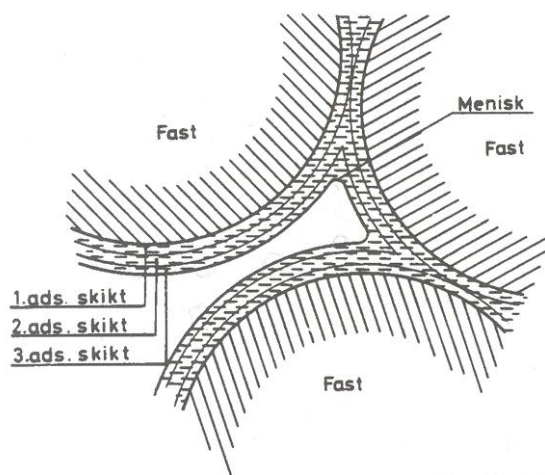


Figur 6. Teoretiskt samband mellan det adsorberande vattenskiktets tjocklek och luftens relativa fuktighet. (Burström, 2007, s. 60)

Skiktjockleken i figuren anges i nm och vattenskiktet har motsvarande en molekyls tjocklek vid låg relativ fuktighet. Detta kallas för ett skikt monomolekylär adsorption, och en tjocklek motsvarande flera molekyllager kallas polymolekylär adsorption. Adsorptionsskiktet ger trots sin tjocklek ett väsentligt bidrag till ett materials totala fukthinnehåll (Burström, 2007, kap 5).

Kapillärkondensation

Adsorberat vatten kan på grund av sin tjocklek, som endast är några molekyllager tjockt inte liknas vid normalt vatten. Vid högre relativ fuktighet kommer de adsorberade skikten att mer likna vanligt vatten, och det är då framförallt kapillärkondensation som verkar på ett material.



Figur 7. *Fuktfixering i ett porsystem.* (Burström, 2007, s. 60)

Då det adsorberade vattnets skikt ökar kommer vattnet att bilda en krökt yta som kallas menisk. Den krökta ytan gör att vattenmolekyler kan attraheras starkare och vid mycket lägre relativ fuktighet än om ytan hade varit plan (Burström, 2007, kap 5).

5.4.2 Kontakt med material

Ett material som befinner sig i en omgivning med 100 % RF, kommer också efter en tid att få samma fukttillstånd. Då mättnadsånghalten är temperaturberoende kommer det för sammansatta material att skilja i fukthalt från en sida av materialet till det andra. Till exempel kommer grundisoleringen i kontakt med marken att ha 100 % RF medans den andra, varmare sidan kommer att ha en ånghalt som är mindre. Se uträkning kap7.2.

Är temperaturen samma för två material i kontakt med varandra kommer det istället att ske en omfördelning av fukten. Fuktmängden $W [kg/m^3]$ kommer förbli densamma och fördelas jämt mellan materialen. Materialen kommer på så sätt att få en gemensam relativ fuktighet men en fördelad fuktmängd (Sandin, 2009).

5.5 Fuktegenskaper

Hur EPS – cellplasten påverkas av fukt avgörs av fuktegenskaperna som beror på ett par parametrar. Dessa är:

- Porositet
- Porstorleksfördelning
- Struktur

- Kemisk uppbyggnad

Det är också av betydelse om porerna i ett material är öppna eller stängda. Öppna porer innebär att de är tillgängliga från utifrån (Nevander & Elmarsson, 2009). Öppna eller stängda porers betydelse för fuktegenskaperna jämförs i kapitel 5.5.2.

5.5.1 Porositet

Porositeten är den egenskap som bestämmer hur mycket vatten ett material kan lagra. Ordet Porositet används för att beskriva hur poröst ett material är. Ett poröst material har en stor andel porer och därmed en låg densitet som definieras $\rho = kg/m^3$.

5.5.2 Porstorleksfördelning

Porstorleksfördelning är en karakteriserande fördelning av porernas storlek. Det är dessa olika storlekar som gör att ett material med en lika stor andel porer kan ha olika fysikaliska egenskaper. Till exempel kommer ett material med en hög andel fina porer att i större utsträckning suga åt sig och hålla kvar fukt.

I tabell 1 redovisas porstorleksfördelningen för en del material. Enligt denna finns inget tydligt samband mellan materialens förmåga att absorbera fukt. tabell 1 visar att ett material med en stor volymprocent små porer (gelporer) också har en stor hygroskopisk fukthalt. Ett högt fukttinnehåll på grund av hygroskopiska egenskaper visar därmed att materialet till stor del består av fina porer. Däremot behöver en stor andel kapillärporer inte innebära risk för kapillärsugning.

Isoleringsmaterialen EPS, mineralull och lättbetong (väldigt poröst och fungerar värmeisolerande) är de material med störst andel stora luftporer. Lättbetongen har till skillnad från EPS - cellplasten en hög kapillär vattenabsorption, trots att porfördelningen liknar den för mineralullen. Lättbetongen har ett grovt öppet porsystem på utsidan och på insidan ett med fina porer. Fukten kan därför snabbt transporteras in i materialet och absorberas (Nevander & Elmarsson, 2009).

EPS - cellplasten har enligt tabell 1 en total porositet på 98 %. Tabellen visar att en stor andel av porerna består av medelstora porer. Fuktttransporten i dessa blir däremot försumbar då EPS inte absorberas vatten kapillärt. Detta beror på att EPS – cellplasten endast består av stängda porer. Skulle ytan skadas på något sätt finns risk för kapillär uppsugning. EPS - cellplastens låga kapillära vattenabsorption beror också på den stora mängden luftporer. Den kapillära sugförmågan i EPS blir på grund av dessa låg då luften i luftporerna stängs in

när kapillärporerna fylls. Dessa egenskaper gör att EPS – cellplasten fungerar bra som kapillärbrytande skikt, och den behåller viss isolerande förmåga även vid eventuell vattenabsorption (Nevander & Elmarsson).

Tabell 1(Nevander & Elmarsson, 2009)

Material	Densitet	Total porositet ¹⁾	Porstorleksfördelning ²⁾ Volymprocent porer med storleken			Hygro- skopisk fukthalt ⁴⁾ vid RF80 %	Maximal kapillär vatten- absorption	Ånggenom- släpplighet vid RF80 %
			<1 nm ³⁾	1 nm– 1 mm	>1 mm			
	kg/m ³	%	%	%	%	kg/m ³	kg/m ³	m ² /s
Betong K20 ⁵⁾	2300	16	9	7	0	60	160	0,5·10 ⁻⁶
Betong K40 ⁵⁾	2350	14	10	4	0	80	140	0,5·10 ⁻⁶
Lättbetong	500	80	2	38	40	30	400	4·10 ⁻⁶
Lättklinkerbetong	650	75	1	44	30	20	150	4·10 ⁻⁶
Tegel	1700	36	1	30	5	7	300	3·10 ⁻⁶
Kalksandsten	1800	32	4	28	0	40	270	1·10 ⁻⁶
Murbruk KC35/65/550	1750	34	2	28	4	30	200	1·10 ⁻⁶
Trä	500	65	15	50	0	90	400	2·10 ⁻⁶
Mineralull	50	98	0	40	58	0,3	0	20·10 ⁻⁶
Cellplast EPS	20	98	1	70	27	1,5	0	1·10 ⁻⁶

¹⁾ Beräknad ur kompaktdensiteten

²⁾ Porstorlek kan inte definieras. Osäkra värden

³⁾ 1 nm = 0,000001 mm

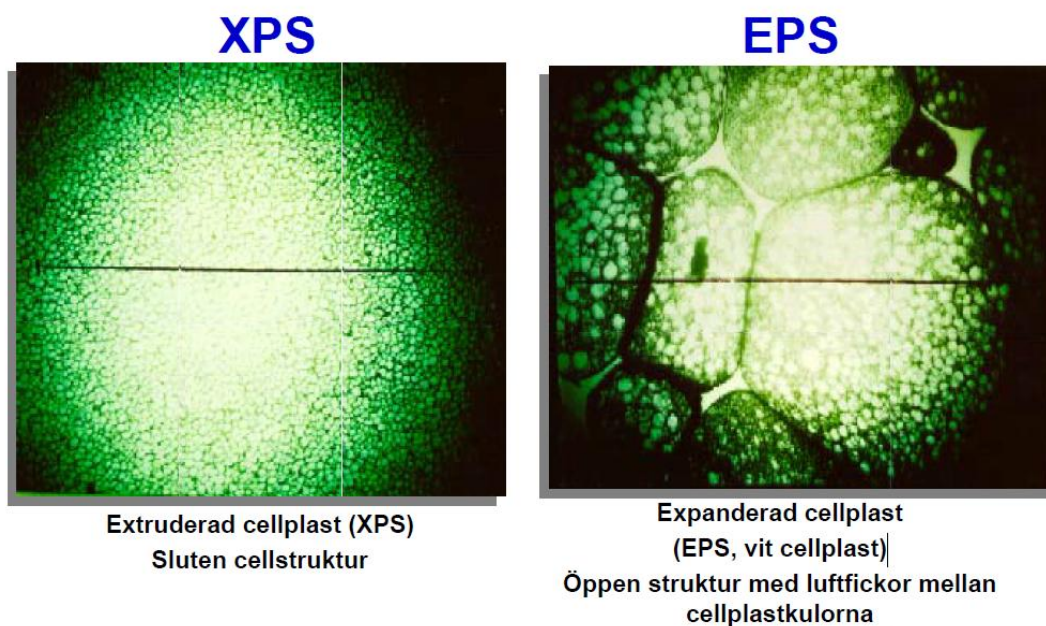
⁴⁾ Ungefärligt medeltal mellan absorption och desorption

⁵⁾ Utan lufttillsats

5.5.3 Struktur

Förutom ett materials porositet och porstorleksfördelning är det väsentligt vad materialet har för struktur. Strukturen beskriver hur materialets olika porer är sammankopplade.

För cellplast innebär strukturen en skillnad mellan EPS – och XPS – cellplastens fuktegenskaper.



Figur 8. Cellstrukturen hos XPS och EPS cellplast. (Isover 4).

EPS har stängda porer men en mindre sluten cellstruktur än XPS enligt figur 8. Detta innebär att det finns möjlighet för fukttransport i EPS cellplasten, och en möjlighet att absorbera fukt. XPS - cellplasten har till skillnad från EPS en mer sluten cellstruktur, som innebär en mindre andel kapillärporer och detta ger effekten att XPS ger ett bättre skydd mot vattenabsorption.

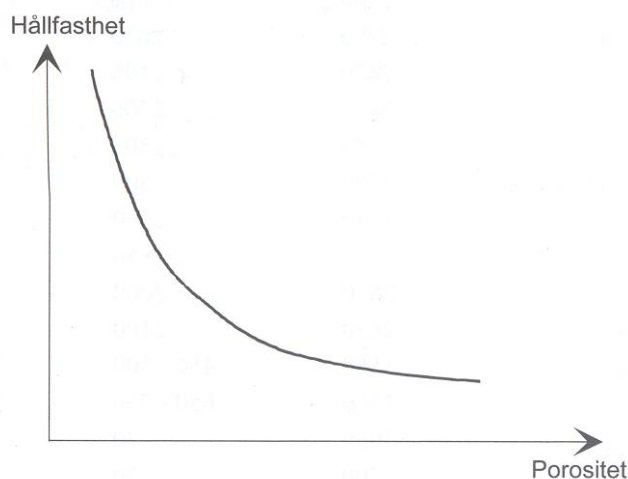
6 Inverkan av last

I tidigare kapitel har livslängden hos ett material kunnat definieras som den tid då den behåller sina önskade funktioner. Livslängden för underlagsisoleringen definieras inte bara den termiska funktionen, utan också hur de lastreducerande egenskaper kan påverkas med tiden. Livslängden för EPS – cellplast anses vara förbrukad då det uppstått tillräckligt med sättning för att ge upphov till sättningsskador. För att sättning inte ska uppstå anges 2 % krypning vara den gräns som inte bör överstigas.

6.1 Krypning

Materialen i en byggnad kan delas in efter deras funktion. Det finns till exempel värmeisoleringsmaterial som ska ge tillräcklig isolering för att ge önskat inomhusklimat och energibehov.

Huset innehåller också stommaterial som utgörs av de material som bildar den bärande konstruktionen i huset. Dessa har som funktion att kunna ta alla laster som uppstår och föra ner dem till grunden utan att materialen brister. De måste ha en tillräckligt hög *hållfasthet*. Hur hög hållfasthet ett material har beror enligt figur 9 på materialets porositet. Ju mindre porositet ett material har desto högre är hållfastheten (Burström, 2007).



Figur 9. (Burström, 2007)

För grunden är det inte stor sannolikhet att konstruktionens hållfasthet är för liten, utan här är det viktigt att hålla reda på vilka *deformationsegenskaper* som stommaterialen har.

Då grundisoleringe utgör det understa lagret i en platta på markkonstruktion med underliggande isolering innebär detta att materialet tar upp mer last än

alla de andra materialen och därmed behandlas som ett konstruktionsmaterial (Burström, 2007).

6.2 Deformation av EPS - cellplast

När man anger hållfastheten för EPS - cellplast anges denna som tre olika typer av högsta belastning. Korttids, långtids och brukgränslast.

Tabell 2 visar hur mycket en cellplast av olika kvalitéer ska tåla i last.

Beteckningarna S100, S150, S200MX står för hur mycket materialet tål i korttidslast. Både korttidslasten och långtidslasten utgör de tillåtna lasterna för att inte brott ska ske, de så kallade brottlasterna.

Tabell 2. Hållfasthetsvärden för olika cellplastkvaliteter. (Molnár & Gustavsson, 2010).

Exempel på hållfasthetsvärden, som rekommenderas av tillverkare, för olika cellplastkvaliteter.

Beteckning	Karakteristisk tryckhållfasthet, korttidsbelastning (kPa)	Karakteristisk tryckhållfasthet, långtidsbelastning (kPa)	Tillåten långtidslast, två procent krypdeformation (kPa)
S100	100	60	30
S150	150	80	45
S200MX	200	120	60

6.2.1 Brottlast

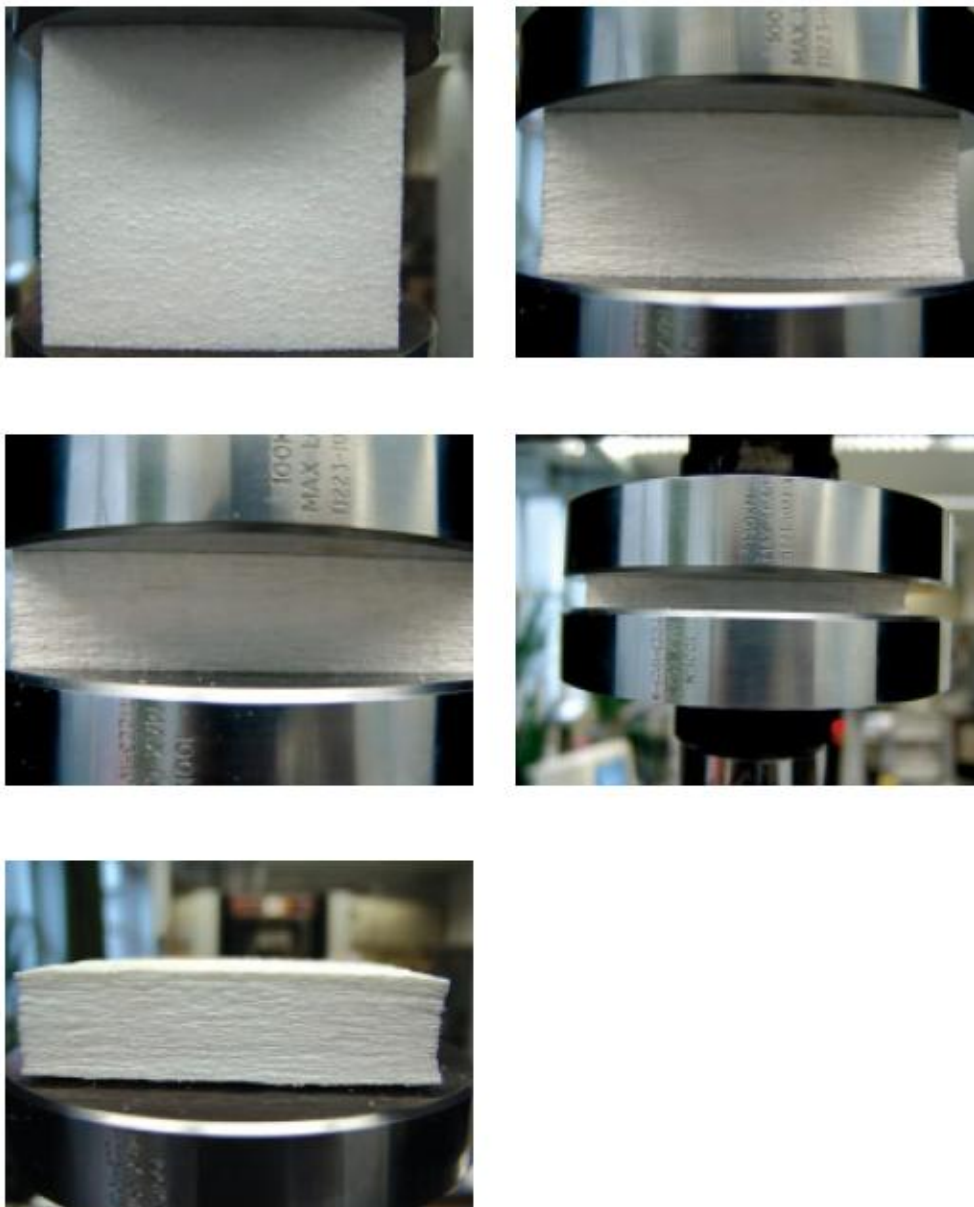
6.2.1.1 Korttidslast

Korttidslast är en last som förväntas belasta en konstruktion endast under en kort tid. Detta kan till exempel vara en extremt stor vind - och snölast. Har man inte dimensionerat konstruktionen med hänseende på detta så kan det medföra att konstruktionens kapacitet blir mindre än lasten och konstruktionen brister (Molnár & Gustavsson, 2010).

Deformationer vid korttidsbelastning kan vara elastiska eller plastiska.

Elastiska deformationer innebär att materialet som har belastats återfå sin ursprungliga form när belastningen avtar. Är belastningen högre kan plastiska deformationer ske, på grund utav förändringar eller bristningar i materialets bindningar. De plastiska deformationerna är permanenta och materialet kommer inte att återfå sin form (Burström, 2007). Figur 10 illustrerar de elastiska och plastiska deformationerna för EPS.

Korttidslasterna belastar däremot inte konstruktionen tillräckligt länge för att krypdeformationer som är tidsberoende ska uppstå. Det är dessa deformationer som kommer att uppstå på grund av långtidslasten. Korttidslasten blir därför ointressant vid dimensionering av huskonstruktioner som i stort sett endast belastas av permanent last. Korttidslast är mer intressant för dimensionering av vägunderlag som endast belastas tillfälligt (Molnár & Gustavsson, 2010).



Figur 10. Beskrivning av EPS cellplastens deformationsegenskaper. EPS provet pressas till 90 % deformation och avlastas sedan. En viss deformation är elastisk och återfår sin form efter avlastning, men den största delen deformation är plastisk (Krollman, N. 2006).

6.2.1.2 Långtidslast

Långtidslast är de laster som kommer att belasta konstruktionen på samma sätt under mycket lång tid. Detta är laster som till exempel husväggar och inredning. Det är dessa laster som ger upphov till krypdeformationer i material (Burström, 2007).

Krypdeformation är en deformation som vid konstant last ökar med tiden. Hur stor denna krypning är beror på storleken på lasten och hur länge den får verka. Hastigheten är störst i början och börjar sedan avta med tiden (Burström, 2007).

Vid avlastning kommer en del av krypningen återgå mot det ursprungliga värdet, men en liten del är irreversibel och kommer inte att återgå.

Krypning för ett material kan i sin naturliga miljö se annorlunda ut än för de tester som har utförts i laboratorier. Olika yttre faktorer kan påverka material olika mycket. Betong till exempel har ett högre kryptal om den torkar ut samtidigt som den belastas, och trä kommer med ökande fuktighet och temperatur att få ett större kryptal (Burström, 2007).

Eftersom långtidslasten utgörs av permanenta laster så är det denna som i första hand grundkonstruktionen utsätts för, och därför är det normalt efter långtidslasten man dimensionerar grundisoleringen (Molnár & Gustavsson, 2010).

6.2.2 Bruksgräns

När långtidslasten anges anger man både vilken långtidslast materialet ska tåla för att brott inte ska uppstå, och man anger också vid vilken last en viss krypdeformation förväntas uppstå. Detta kallas bruksstadiet, och är lägre än de laster som ger brott (Burström, 2007).

Den tredje kolumnen syftar däremot på materialets brukslast, som kommer ge en viss krypdeformation om den ligger på tillräckligt länge.

Genom att dimensionera i brukgränstillståndet får man en uppskattning om hur bra ett material kommer att fungera under sin livstid. Det man vill åstadkomma genom att dimensionera för brukslast är att det inte ska uppstå skador som en direkt följd av deformationer i materialet.

Det man vanligtvis dimensionerar för laster i brukgränsstadiet är byggnadsdelar som ska ha tillräcklig styvhet att deformationer eller förskjutningar vid användning inte ska påverka andra byggnadsdelar negativt. Det ska inte heller få uppkomma svängningar som kan upplevas besvärande,

och det ska inte kunna ske sprickbildning som kan försämra byggnadsdelens funktion och beständighet (Isaksson et al, 2010).

Tabell 3. Teknisk Specifikation för EPS (Finja).

Teknisk specifikation cellplast (EPS)

SPECIFIKATION	ENHET	Finja S 60	Finja S 80	Finja S 100	Finja S 150	Finja S 200	Finja S 250	Finja S 300
Värmeledning Deklarerat värde λ_D		41	38	37	35	33	33	33
Beräkningsvärde, λ_{ber}	$\times 10^{-3}$ W/mK							
λ_{ber} , torr miljö		41	38	37	35	33	33	33
λ_{ber} , mark mot en sida		41	38	37	35	33	33	33
λ_{ber} , mark mot två sidor					48	47	47	47
Karakteristik tryckhållfasthet								
Brottgräns korttidslast, f_{kk}	kPa	60	80	100	150	200	250	300
Långtidslast, f_{ll}	kPa	40	50	60	120	120	140	165
Tillåten långtidslast, bruksgräns								
2 % krypdeformation 50 år	kPa	18	24	30	45	60	75	90
3 % totaldeformation 50 år	kPa	20	30	35	50	70	90	110
Vattenabsorption, nedsänkt	Vol%	<5	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Vattenabsorption, diffusion	Vol%	<15	<15	<15	<15	<15	<15	<15
Änggenomsläpplighet	m ² /s	0,9-1,4x10 ⁰	0,9-1,4x10 ⁰	0,9-1,4x10 ⁰	0,9-1,4x10 ⁰	0,9-1,4x10 ⁰	0,9-1,4x10 ⁰	0,9-1,4x10 ⁰
Längdutvidgningskoefficient	m/mK	70 x 10 ⁻⁵	70 x 10 ⁻⁵	70 x 10 ⁻⁵	70 x 10 ⁻⁵	70 x 10 ⁻⁵	70 x 10 ⁻⁵	70 x 10 ⁻⁵

2 procents krypdeformation enligt tabell 3 för långtidslasten 30 kPa innebär att en permanentbelastning på 30 kPa kommer få cellplasten av kvalitet S100 att minska sin tjocklek med 2 %. En last på 5 kPa mer kommer få cellplasten att krypa ytterligare 1 % och få en totaldeformation på 3 %. Totaldeformation är den deformation som sker både momentant och över tid.

6.3 Sättningskador

Dimensioneringen av en platta på mark bestäms av bärförmågan hos någon av nedanstående orsaker (Eps-peps).

- Betongplattans momentkapacitet
- Betongplattans genomstansningskapacitet
- EPS-cellplastens bärförmåga
- Jordens bärförmåga

Om grundens markunderlag består av en jordart som tål mycket belastning och där risken för att marken ska sätta sig är mycket liten, så är cellplasten den som kommer få reducera all last, och en komprimering av cellplasten kan då ge upphov till sättningsskador.

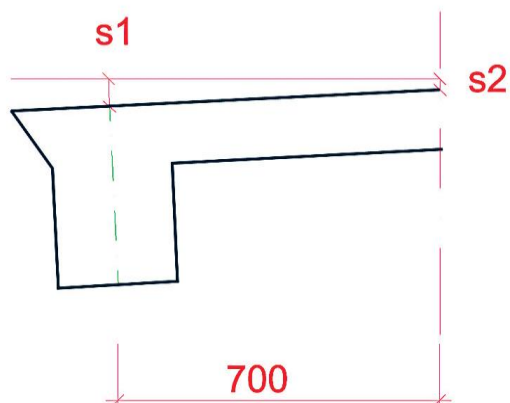
En sättning är en deformation som uppkommer när effektspänningarna ökar då marken belastas. En sättningsskada som sker i grunden är svåråtkomlig och kan bli svår att åtgärda. Vanliga orsaker till sättningar i marken är att bärkraften försvagats av faktorer i markens omgivning. Det kan bero på översvämningar, eventuellt till följd av dålig dränering, markens fuktbalans kan ändras om stora träd fälls, grundvatten förhållandet kan ändras, och det kan uppstå markvibrationer från ökad tung trafik i närheten (Dinbyggare 2).

Effekter av sättningsskador kan vara att dörrar och fönster blir svåra att öppna och stänga, sprickor i grunden och betonggjutna fasader, lutande golv eller glipor i bjälklagsanslutning (Dinbyggare 2).

Sättningsskador vid dimensionering av grund kommer att bero på isoleringsmaterialets totaldeformation. Denna bör inte överstiga 3 %, och lasten får därmed inte överstiga 35 kPa enligt tabell 3. Detta värde är för en tidsperiod på 50 år, och man bör välja en mindre last eftersom man för isolering under grund förväntar sig en livslängd på 100 år enligt kapitel 7.1. Kryphastigheten avtar med tiden, men viss krypning sker även efter 50 år.

6.4 Inverkan av för tung fasad

En grund som dimensionerats rätt med avseende på de värden som finns löper troligtvis ingen risk för större sättningsskador. Vad som kan inträffa om en vägg belastar grunden med mer än den tål beskrivs av Miklós Molnár och Tomas Gustavsson i artikeln ”L-element problematisk grundläggning för murade väggar”. I artikeln belyser författarna att murverkskonstruktioner har blivit mer använt som följd av senaste tidens fuktskaderapporteringar.



Figur 11. *Momentbelastning mellan yttervägg och grund.* (Molnár & Gustavsson, 2010).

Med hjälp av datorberäkningar kan långtidsdeformationen beräknas under kantbalken och även 700 mm in under plattan. Skillnaderna mellan de här avstånden visar att det kan uppstå en vinkeländring i väggens anslutning, se figur 11, som kan leda till moment i väggen. Om väggen inte har tillräcklig kapacitet att ta upp detta moment kan det finnas risk för skador på fasaden.

7 Metod för livslängdsbedömning

Behovet av att kunna göra en bedömning av ett byggnadsmaterials livslängd blir större allt eftersom kraven eller bara intresset ökar för resurshållning.

Följande kapitel kommer att presentera metoder för att uppskatta livslängden för byggnadsmaterial. De aspekter som vi undersöker efter våra avgränsningar (fuktupptagning och krypning) medför att vi fokuserar på EPS som vi förväntar oss har mer fuktupptagning och mindre hållfasthet än XPS och Foamglas.

För att få en uppfattning om hur länge EPS – cellplasten kan behålla sin förväntade funktion, det vill säga hur lång livslängd den har, kan vi göra en bedömning som bygger antingen på praktisk erfarenhet eller på resultat från laboratorieprovning (Burström, 1990). Dessa två metoder beskrivs nedan.

Praktisk erfarenhet

Praktisk erfarenhet innebär att man redan måste ha kunskap om hur materialets långtidsbeteende ser ut. Det vill säga att man redan måste ha använt materialet under så lång tid som dess livslängd beräknas vara. Det blir därför riskabelt att försöka anpassa sitt val endast på praktisk erfarenhet på till exempel nyutvecklade material och konstruktioner. Ett exempel på vilka konsekvenser detta kan få är enstegs - tätade fasader (Burström, 1999).

Då EPS – cellplasten endast har använts sedan 1970 – talet så kan vi inte bedöma livslängden som förväntas vara 100 år, på praktisk erfarenhet

Laboratorieprovning

Har man inte tillräckligt med erfarenhet eller långtidsresultat är ett alternativ att utföra laboratorieprovning. Syftet med detta är att accelerera en nedbrytningsprocess för att på relativt kort tid kunna dra en slutsats om materialets beständighet.

I kapitel 6 beskrivs två laboratorieprovningar för att bestämma EPS – cellplastens beständighet mot fuktdiffusion respektive krypning.

Problemet med laboratorieprovning är att det bara kan ge en uppskattning av EPS – cellplastens beständighet, men det ger ingen uppfattning om materialets livslängd, då man inte vet hur länge materialet kommer behålla sin funktion i den aktuella miljön, som är under grundkonstruktionen (Burström, 1999).

7.1 Laboratorieprovning av EPS – cellplast

7.1.1 Vattendiffusion

Dow och Isover har tillsammans utfört ett test som bygger på svensk standard:

”SS-EN 12088: Värmeisoleringsprodukter för byggnader – Bestämning av vattendiffusion vid långvarig diffusion”.

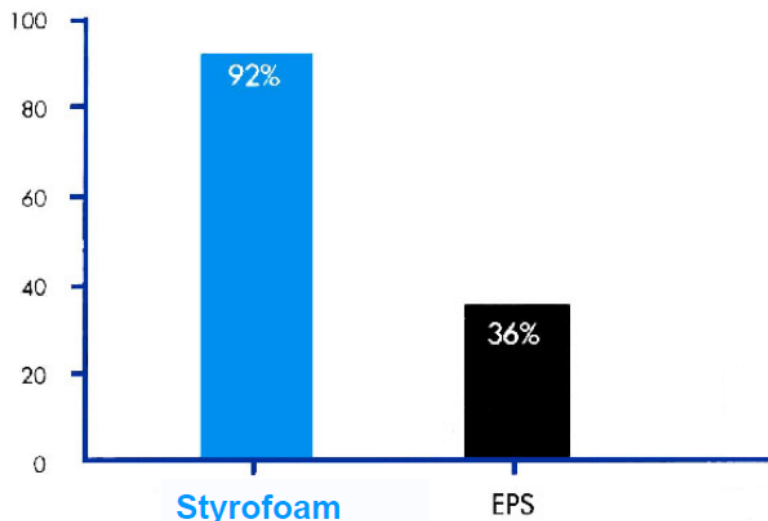
Resultatet presenterades i seminariet ”Bygg Ärligt” som Isover tillsammans med Dow höll runt om i Sverige 2006. Syftet med seminariet var att uppmärksamma risken för tjälskador, och att ha rätt material på rätt plats.

7.1.1.1 Utförande

Ett provexemplar av ett material placeras i en tät behållare med vatten. Behållaren placeras på en värmekälla och utsätter materialet för vattenånga under 28 dagar. Efter den här tiden vägs materialet för att avgöra hur mycket fukt materialet absorberat.

7.1.1.2 Resultat

Isoleringsvärde (R-värde) efter vattendiffusionstest - 28 dagar (SSEN 12088)



Figur 12. Resultat av vattendiffusionstest. (Isover 5).

Enligt diagrammet hade EPS – cellplasten endast 36 % kvar av sitt ursprungliga R-värde, som är materialets värmemotstånd, efter 28 dagars diffusionsutsättning. R-värdet betecknas [$m^2 * K/W$] och bestäms av formeln

$$R = \frac{d}{\lambda}$$

Den är därmed direkt proportionellt med λ -värdet och därför har EPS endast 36 % av sin ursprungliga isoleringsförmåga, medans resultatet för Styrofoam (XPS – cellplast) visar en minskning på endast 8 % av isoleringsförmågan.

Foamglas som anses vara helt tätt på grund av det skyddande bitumenskiktet antas vara opåverkat av fukt.

7.1.2 Krypning

För att få reda på hur mycket ett isoleringsmaterial kommer att krypa så testas ett provexemplar enligt svensk standard (SS- EN 1606)

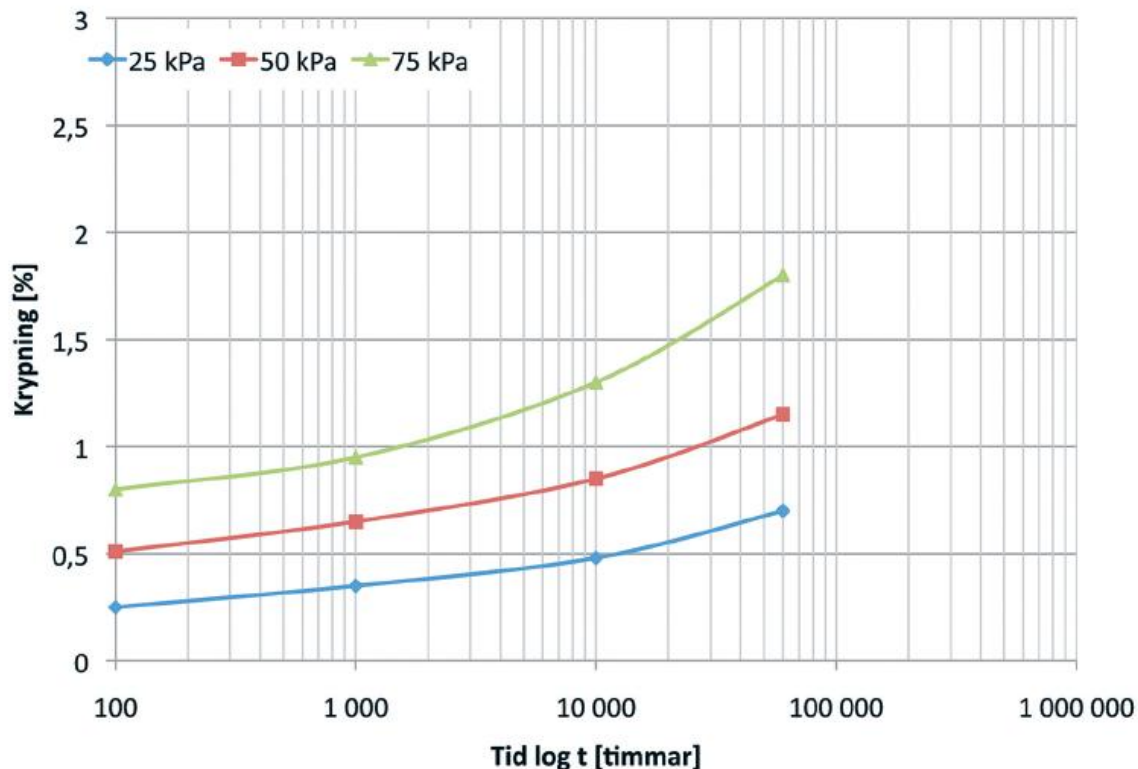
”Värmeisoleringsprodukter för byggnader – Bestämning av krypning vid konstant tryckspänning”.

7.1.2.1 Utförande

Ett provexemplar av ett material belastas under kontrollerade former av en konstant tryckspänning, som får materialet att deformeras. Kryphastigheten kan då bestämmas, och utifrån denna kan krypningen över tid bestämmas med extrapolering,

7.1.2.2 Resultat

Den tyska tidsskriften Bauphysik utförde 2006 ett test av EPS – cellplast. Cellplasten hade densiteten 25 kg/m^3 och den utsattes för tre olika stora tryckspänningar. Resultat presenteras i figur 13.



Figur 13. Krypdeformation för EPS vid långtidsbelastning. (Krollman, 2006).

Resultatet visar att det efter 60 000 timmar som motsvarar ca 7 år har uppstått en krypdeformation för de olika tryckspänningarna på mellan 0,75 och 1,75. Diagrammet visar också att kryphastigheten avtar med tiden, men att krypningen inte avtar.

Från det här testet är det tydligt att en stor last får effekten att det efter relativt kort tid har uppstått en belastning som är nära 2 % som är den nivå man räknar med inte får överstigas under 50 år då sättningsskador kan uppstå. Eftersom krypningen inte avtar kan man göra bedömningen att krypningen under de 100 år som man räknar med att livslängden är, kan överstiga 2 %.

Detta test förutsätter att det måste vara en last av en viss storlek och det är i första hand en fråga om ordentliga säkerhetsmarginaler vid dimensionering för att inte riskera underdimensionering av isoleringsmaterialet. Dessa säkerhetsmarginaler kan man förutom att välja en EPS av högre kvalitet också uppnå genom att välja XPS eller Foamglas.

8 Fuktdimensionering

Resultaten som presenteras i kapitel 7 visar hur materialen påverkas av fuktabsorption och last. I detta kapitel används dessa värden för att på så sätt ge en uppskattning om hur hela konstruktionen påverkas av dessa nedbrytningar. Genom att göra detta kan en bedömning göras om konsekvenserna är acceptabla eller inte.

De beräkningar som utförs är för dimensionering med avseende på fukt. Vid fuktberäkningarna beräknas grundens olika nivåer av relativ fuktighet för att motverka att betongen når upp till en kritisk nivå som kan påverka fuktkänsligt material ovanpå betongen. U-värdet beräknas också för att avgöra hur energibehovet kommer att påverkas.

Om EPS över åren absorberar en mängd vatten har det inte bara betydelse för energiåtgången i huset, utan det har också en direkt avgörande effekt på betongens relativa fuktighet. För varje temperatur som skiljer mellan marken och betongen minskar betongens relativa fuktighet med ca 5 %. Vill man åstadkomma ett RF värde för betongen på 85 %, som är den kritiska fukthalt man brukar ange för betong, måste det därför skilja 3 grader.

8.1.1 Beräkning av relativ fuktighet mitt under plattan:

Syftet med detta test är att visa vilken temperaturskillnad man behöver mellan betongen och isoleringen vid mitten av grundkonstruktionen där temperaturförhållandena är statisk, för att det inte ska finnas risk för fuktskador. Testet visar vilken betydelse ett minskat isoleringsvärde har för grunden.

Beräkningen är enligt (Nevander & Elmarsson, 2009, kap).

Förutsättningar:

Byggnaden är placerad i Lund på ett underlag av lera

Byggnadens längd $L=15$ m

Byggnadens bredd $B=10$ m

Värmeisoleringens tjocklek $d_i = 0,3$ m

Värmeisoleringens värmeledningsförmåga $\lambda_i = 0,04$ W/m * k

Jordens värmeledningsförmåga $\lambda_j = 1,5$ W/m * k

Årsmedeltemperatur inomhus $T_1 = 20$ °C

Årsmedeltemperatur utomhus $T_0 = 7,5$ °C (Sturup)

Våra tre material EPS – och XPS cellplast, och Foamglas har en värmekonduktivitet på mellan $0,031 - 0,04 \text{ W/m} \cdot \text{k}$ De är därmed ungefär likvärdiga i isoleringsvärde och vi använder istället ett generellt värde på värmeledningsförmågan. Eftersom foamglas är ångtätt kommer golvbeläggningen behöva bestå av ett diffusionsöppet skikt, medans det för cellplast materialen antas vara diffusionstätt.

Foamglas är inte ånggenomsläppligt och därför behöver vi inte dimensionera med avseende på diffusion underifrån. I en konstruktion av Foamglas är det istället viktigt att betongen får torka ut tillräckligt mycket byggfukt, eller att golvbeläggningen hålls diffusionsöppen.

Beräkningen gäller fuktfördelningen i grundkonstruktionen vid stationära förhållanden.

Ursprungligt värde

Den relativa fuktigheten mellan betongplattan och golvbeläggningen får man genom kvoten av mätnadsånghalten av temperaturerna under isoleringen och under golvbeläggningen.

$$\varphi = \frac{v_s(T_j)}{v_s(T_g)}$$

Mätnadsånghalten för golvbeläggningen är $v_s(20 \text{ °C}) = 17,28 \text{ g/m}^3$

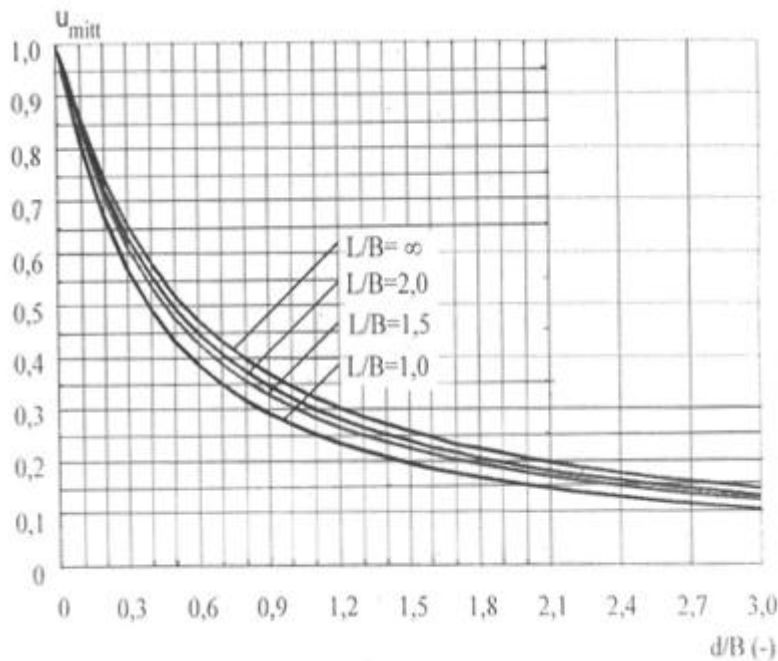
(Nevander & Elmarsson, 2009)

Temperaturen under isoleringen fås av $T_j = T_1 - \Delta T$ som är inomhusluftens årsmedeltemperatur minus temperaturskillnaden mellan inneluftens temperatur och temperaturen på undersidan av isoleringen.

Temperaturskillnaden fås av:

$$\Delta T = (1 - u_{\text{mitt}})(T_1 - T_0)$$

u_{mitt} definieras som den relativa temperaturen under byggnaden. Den fås genom figur 14.



Figur 14. Diagram för bestämning av temperatur mitt under plattan. (Nevander & Elmarsson, 2009)

L/B är kvoten mellan byggnadens längd och bredd.

Vi får $\frac{15}{10} = 1,5$

$$d = \frac{d_i \cdot \lambda}{\lambda_i} = \frac{0,3 \cdot 1,5}{0,04} = 11,25 \text{ m}$$

$$d/B = 11,25/10 = 1,125$$

$$u_{\text{mitt}} = 0,22$$

$$\Delta T = (1 - 0,22)(20 - 7,5) = 9,75 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_j = T_1 - \Delta T = 20 - 9,75 = 10,25 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$v_s(10,25 \text{ } ^\circ\text{C}) = 9,59 \text{ g/m}^3$$

$$\varphi = \frac{v_s(T_j)}{v_s(T_g)} = \frac{9,59}{17,28} = 0,55 = 55 \%$$

Denna temperaturskillnad uppnår man även med en liten mängd isolering, och man isolerar därmed i första hand för husets energibehov. En tät beläggning ovanför betongplattan blir inga problem så länge temperaturskillnaden kan få betongen att torka ut nedåt. Om marken skulle råka vara varmare än betongplattan kan effekten bli den motsatta, att fukten istället kommer att röra

sig upp från marken och mot betongen. Det är i dessa situationer man kan behöva en ångspärr mellan betongen och värmeisoleringen (*Plast- & Kemiföretagen 3*).

Värde efter vattendiffusion

Resultatet av Isovers vattendiffusionstest visade att EPS endast hade 36 % kvar av sitt ursprungliga R-värde efter 28 dagars diffusion. Detta påverkar den relativa fuktigheten i grunden då temperaturskillnaden blir mindre. Värdet på den relativa fuktigheten efter provningen blir:

$$\lambda_i = 0,04 \text{ W/m} \cdot \text{K}$$

$$R_i = 7,50 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

Efter vattendiffusion minskar värmemotståndet med

$$R_{iwdiff} = 7,5 \cdot 0,36 = 2,70 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$\lambda_{iwdiff} = \frac{d_i}{R_{iwdiff}} = 0,111 \text{ W/m} \cdot \text{K}$$

$$d = \frac{d_i \cdot \lambda}{\lambda_i} = \frac{0,3 \cdot 1,5}{0,111} = 4,050 \text{ m}$$

$$\frac{d}{B} = \frac{4,05}{10} = 0,41$$

$$\frac{L}{B} \text{ är fortfarande } 1,5$$

$$u_{mitt} = 0,55$$

$$\Delta T = (1 - 0,55)(20 - 7,5) = 5,63 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$T_j = T_1 - \Delta T = 20 - 5,63 = 14,4 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$v_s(14,4 \text{ }^\circ\text{C}) = 12,37 \text{ g/m}^3$$

$$\varphi = \frac{v_s(T_j)}{v_s(T_g)} = \frac{12,37}{17,28} = 0,72 = 72 \%$$

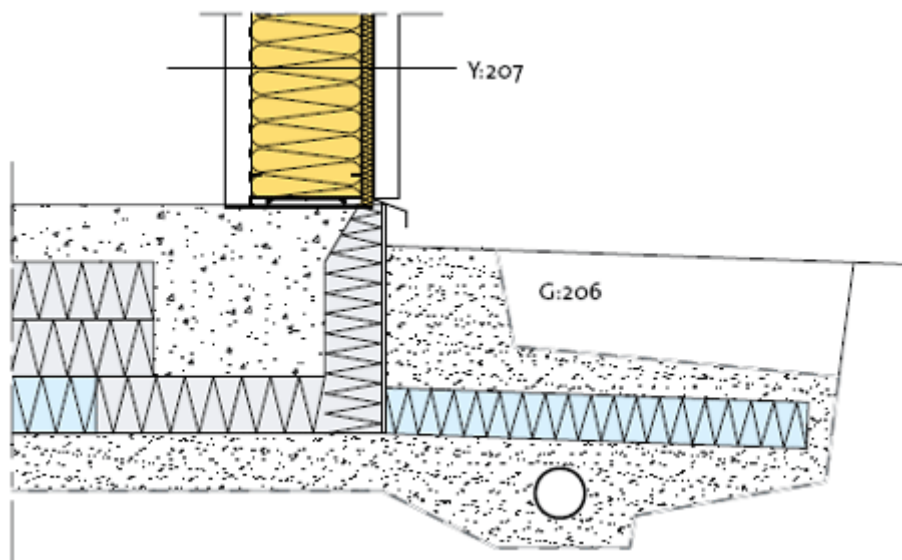
Den relativa fuktigheten har ökat med 17 % till 72 % genom diffusionen men är fortfarande ett lågt värde för betongen som har sitt gränsvärde vid 85 %.

Då testet visar att det för EPS inte är någon risk för grundens ångskydd så antar vi att det inte kommer att vara det för XPS eller Foamglas heller, då XPS enligt figur 12 endast minskar sin värmeledningsförmåga till 92 % och Foamglas antas inte ha någon vattenabsorption.

8.1.2 Beräkning av U-värde för grundkonstruktionen:

En ökad värmeledningsförmåga kommer inte bara få konsekvenser för grundkonstruktionens ångskydd, utan också för grunden U-medelvärde, som med sämre isoleringsmaterial kommer att öka. Syftet med denna beräkning är att se hur mycket U-värdet kommer att ändras för att få en uppfattning om hur det påverkar husets totala driftkostnad över tiden.

Konstruktionen vi beräknar är enligt figur 15.



Figur 15. Platta på mark – Yttervägg. (Isover 3)

Förutsättningar

- Markens temperatur under grundplattan är 2°C , med 100 % RF och det yttre värmeövergångsmotståndet i marken är R_{se}
- Innertemperaturen är 22°C , 30 % RF som är den rekommenderande temperaturen inomhus för bostäder, enligt Boverket. R_{si} är värmeövergångsmotståndet inomhus.

Övriga förutsättningar enligt kapitel 8.1.1.

U-värdes beräkning

U-värdet är en byggnadsdels värmegenomgångskoefficient och är det värde för en konstruktions energibehov som används vid tillämpade beräkningar. U-värdet fås av formeln

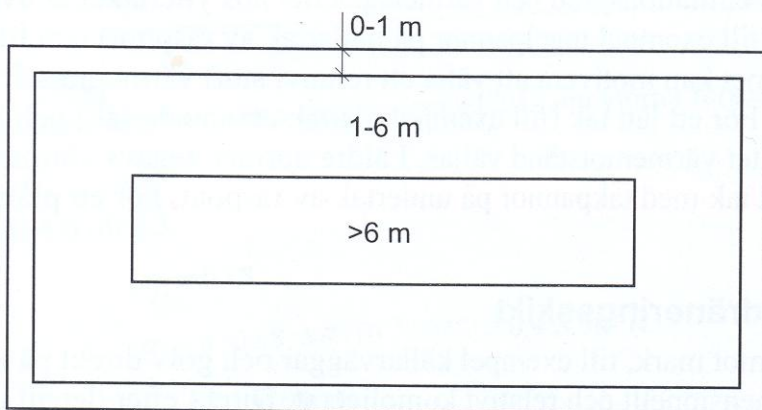
$$U = \frac{1}{\Sigma R}$$

U-medelvärdet är grunddelarnas enskilda U-värde viktade mot arean

$$U_{medel} = \frac{A_{1-6} \cdot \Sigma U_{1-6} + A_{0-1} \cdot \Sigma U_{0-1}}{A_{Tot}}$$

I Boverkets byggregler, BBR avsnitt 9:4 finns U- värdeskraven redovisade för golv i hus med elvärme, som har det strängaste kravet. Byggnad med elvärme uppges till $0,10 \text{ W/m}^2\text{°C}$. och detta värde används som referensvärde till våra beräkningar(Boverket).

Vid beräkning av grundens U- medelvärdet måste olika zoners ytandelar i grundplattan viktas. Anledningen till detta är att marken under plattan kommer att ha olika värmemotstånd beroende på vilken zon de är i. Grundens zonindelning framgår av figur 16.



Figur 16. Zon indelning av platta på mark vid beräkning av värmemotståndet i marken (Sandin, 2009)

Våra olika zoners ytor i grundplattan.

Total yta	150 m ²
1-6m	104 m ²
0-1m	46 m ²

Värmemotståndet i olika zoner för jordarten lera framgår av nedanstående tabell.

Jordart	Golv på mark med avstånd från yttervägg			
	m	0 -1	1 -6	6 -
Lera, sand, och grus	[(m ² K)/W]	1,00	3,40	4,40

Värmekonduktivitet

I beräkningarna används materialens angivna beräknade λ - värde. Det beräknade värdet för värmeisoleringsmaterial erhålls av formeln (Sandin, 2009).

$$\lambda_{ber} = \lambda_D + \Delta\lambda_w$$

λ_{ber} består av λ_D som är materialets deklarerade värde, och en korrektionsterm, $\Delta\lambda_w$ är ett tillägg beroende på vilken miljö materialet vistas i.

Beräkningsvärde λ_{ber}

Material	λ_{ber} i W/m ² °C
Betong	1,7
Lera, silt, dränerad sand och grus (Swedisol)	1,5

Korrektionsterm $\Delta\lambda_w$

Korrektionstermerna för mark- och tjälisolering i fuktig miljö är tillämpade för svenska klimatklasser, och anges enligt följande tabell.

Material	$\Delta\lambda_w$ i W/
Expanderad styrencellplast	0,013
Extruderad styrencellplast	0,004
Cellglas (swedisol)	0

Värmemotstånd R [m² °C/W]

R_{si} är det inre - och R_{se} det yttre värmeövergångsmotståndet i golvkonstruktioner. Värmemotståndet för oventilerade luftspalter i golv

$$R_{se}=0,04$$

$$R_{si}=0,17$$

(Swedisol)

Beräkningstabeller

U-medelvärdet beräknas och resultatet presenteras i tabellform. För tabellerna se bilaga 1.

5 olika för olika isoleringsmaterial med olika fuktkvoter, verkliga ånghalter, temperaturer och U-värde i grundkonstruktionen.

Beräkningarna jämför de olika beräknade värdena för värmekonduktiviteten och jämför med Isovers test resultat med minskad värmekonduktivitet på grund av fuktdiffusion.

Kolumnerna i värmedimensioneringen utgörs av följande beräkningar (Sandin, 2009).

Kolumn 1: Beskrivning av skikten

Kolumn 2: Tjockleken på skiktet, d [m]

Kolumn 3: Värmeledningsförmåga i skiktet, λ_{ber} [W/(mK)]

Kolumn 4: Värmemotståndet i skiktet, $R_{ber} = \frac{d}{\lambda_{ber}}$ [(m²K)/W]

Kolumn 5: Temperaturdifferensen över skikten.

$$\Delta T = \frac{R}{\Sigma R} (T_{inne} - T_{ute}) \text{ [}^\circ\text{C]}$$

Kolumn 6: Temperaturen i skiktet, T [°C]

Kolumn 7: Mättnadsånghalt i skiktet, $v_s(T \text{ }^\circ\text{C})$ i [g/m³]
(Burström, 2007, ss. 93-94)

Kolumn 8: Ånggenomsläpplighetskoefficient i skiktet δv [m²/s * 10¹⁰⁻⁶]

Kolumn 9: Ånggenomgångsmotståndet i skiktet för cellplast beräknas som dubbelsidig uttorkning, $Z = \frac{d/4}{\delta}$ och och Foamglas beräknas som vid enkelsidig uttorkning som är $Z = \frac{d/2}{\delta}$ Z [s/m * 10³]

Kolumn 10: Skillnaden i ånghalten i skiktet Δv [g/m³]

Kolumn 11: Ånghalten i skiktet, v [g/m³]

Kolumn 12: Relativ fuktighet i skiktet, $\varphi = RF = \frac{v}{v_s} * 100$ [%]

Resultat

Fall 1: Platta på mark med Finja EPS-cellplast isolering

Utgångsvärden för beräkningen är hämtade av tabell 3. Tabell 3 anger det beräknade lamda värdet för fuktig miljö samma som det deklarerade värdet för ett helt torrt material, som är opåverkad av vattenånga.

$$\lambda_{ber} = \lambda_D = 0,037 \text{ W/mK}$$

Beräkning av medel U- värdet ger ett bra resultat 0,090 W/mK för grundplattan vilket är mindre än vårt referensvärde uppges till 0,10 W/mK

Fall: 2 Platta på mark med EPS- isolering i fuktig miljö beräknat med korrektionstermen $\Delta\lambda_W$.

Finja anger den deklarerade värmekonduktiviteten, λ_D till 0,037 W/mK för 100 mm EPS-100 enligt tabell 3. Swedisol anger korrektionstermen, $\Delta\lambda_W$ för EPS- isolering som är i fuktig miljö men är omättad med vattenånga till 0,013 W/mK (swedisol).

Beräkningsvärdet λ_{ber} för EPS- materialet fås fram genom beräkningen

$$\lambda_{ber} = \lambda_D + \Delta\lambda_W$$

$$\lambda_{ber} = 0,037 + 0,013 = 0,050 \text{ W/mK}$$

Beräkning av medel U- värdet ger även i detta fall godkänt resultat med 0,095 W/mK. Korrelationstermen ger endast en marginell skillnad.

Fall 3: Platta på mark med EPS-isolering som är mättad med vattenånga genom fuktdiffusion.

Isoleringens R- värde minskar till 36 % efter Isovers vattendiffusionstest, kapitel 6.1, från 2,70 till 0,97 (m²K)/W

Beräkning av medel U- värdet ger 0,182[W/(mK)]

Fall 4: Platta på mark med XPS- isolering som ett helt torrt material, som är opåverkad av vattenånga.

Beräkningsvärdet λ_{ber} för XPS- materialet fås fram genom beräkningen

$$\lambda_{ber} = \lambda_D + \Delta\lambda_W$$

Värmekonduktivitets beräkningsvärde λ_D för tjocklek 100 mm är 0,037 W/mK (Jackon) vilket med korrektionstermen för XPS som är $\Delta\lambda_W = 0,0 W/mK$ för torrt material ger $\lambda_{ber} = 0,037 W/mK$

Beräkning av medel U- värdet ger 0,099 [$W/(mK)$]

Fall 5: Platta på mark med XPS- isolering som är i fuktig miljö men är omättad med vattenånga.

Beräkningsvärdet λ_{ber} för XPS- materialet fås fram genom beräkningen

$$\lambda_{ber} = \lambda_D + \Delta\lambda_W$$

Värmekonduktivitets beräkningsvärde λ_D för tjocklek 100 mm anger Jackon till 0,037 W/mK vilket med korrektionstermen för XPS som är $\Delta\lambda_W = 0,004 W/mK$

$$\lambda_{ber} = 0,037 + 0,004 = 0,041 W/mK$$

Beräkning av medel- U- värdet ger 0,123 [$W/(mK)$]

Fall 6: Platta på mark med XPS- isolering som är i fuktig miljö men nu är mättat med vattenånga, ett helt fuktigt material.

Isoleringens R- värde minskar till 92 % efter Isovers vattendiffusionstest, kapitel 6.1, från 2,44 till 2,24 (m^2K)/ W

Beräkning av medel U- värdet ger 0,121 [$W/(mK)$]

Fall 7: Platta på mark med FOAMGLAS- isolering som är mättad med vattenånga, ett torrt material.

Beräkningsvärdet λ_{ber} för Foamglas materialet fås fram genom beräkningen

$$\lambda_{ber} = \lambda_D + \Delta\lambda_W$$

Värmekonduktiviteten för Board T4+ och S3 är 0,041 – 0,045 vilket ger medelvärdet 0,043 W/mK (Foamglas 4) och korrektionstermen, $\Delta\lambda_W$ är 0 W/mK då Foamglas är helt diffusionstätt

$$\lambda_{ber} = 0,043 + 0 = 0,043 W/mK$$

Beräkning av medel- U- värdet ger 0,103 [$W/(mK)$]

Sammanfattning av fuktberäkningen

Grundisolering $U_{med} [W/(mK)]$	Deklarerat ger U_{med}	Korrigerat ger U_{med}	Diffusionstest ger U_{med}
Expanderad (EPS-100)	0,090	0,111	0,172
Extruderad (XPS- 300)	0,090	0,106	0,110
Foamglas Floorboard T4 +	0,097	0,097	0,097

Tabellen ovan visar hur testresultat från vattendiffusions test och korrektionstermen $\Delta\lambda_w$ teoretiskt kan påverka isoleringsvärden i fuktig miljö. Fuktberäkningarna visar skillnaden mellan ett torrt och ett fukt mättat material och teoretiskt kan EPS cellplasten halvera sitt U-medelvärde i grundplattan från 0,09 till 0,17 $[W/(mK)]$ medan XPS minskar sitt isoleringsvärde med 18 % från 0,090 till 0,110 $[W/(mK)]$.

Foamglas är det enda materialet som behåller sitt U-medelvärde på 0,10 $[W/(mK)]$, oberoende av vattendiffusionen. Alla isoleringsmaterialen klarade att hålla fukt nivån i konstruktionen på en acceptabel nivå, som är 85 % relativ fuktighet för betongplattan . Foamglas har sämst lamda, λ_D -värde i torrt tillstånd men får bäst U-medelvärde i grund konstruktionen i fuktigt tillstånd.

9 Prisjämförelse

I rapporten har priset angetts som den stora nackdelen för XPS och framförallt Foamglas. Så länge prisskillnaderna är stora så kommer det vara svårt att motivera en större användning av dessa material.

I detta kapitel presenteras kvadratmeter priserna för de tre olika materialen och sätts in i sammanhang för att bättre kunna illustrera hur stor ökning i pris det innebär att byta ut EPS mot XPS eller Foamglas.

9.1 Materialkostnader

Priserna för EPS, XPS och foamglas presenteras i tabellen nedan. Prisuppgift av foamglas har lämnats av Björn Ask från företaget FOAMGLAS, och priset för EPS - och XPS- cellplasten är angivna av byggkalkylatorn (Byggtjänst). Alla priser är exklusive moms.

Prisberäkningen för grundisolering avser ett lager isolerings material med tjockleken 100 mm. Isoleringen täcker hela plattans area som är 10 meter bred och 15 meter lång. Priset för hela grundisoleringen avser ett 300 mm tjockt isoleringslager under hela plattan.

Grundisolering	Långtids - tryckhållfasthet	Pris	Pris för ett lager isolering	Pris för hela grundisolering
Expanderad ¹ (EPS-100)	60 kPa	79 kr/ m ²	11 850 kr	35 550 kr
Expanderad ¹ (EPS-200)	120 kPa	172 kr/ m ²	25 800 kr	77 400 kr
Extruderad ² (XPS-300)	140 kPa	167 kr/ m ²	25 050kr	75 150 kr
Foamglas ³ Floorboard T4 +	400 kPa	384 kr/ m ²	57 600	172 800

¹ Svensk byggtjänst- byggkalkylatorn 1.

² Svensk byggtjänst- byggkalkylatorn 2

³ Foamglas, Björn Ask, Mejlkontakt 2012-05-24

9.2 Totalkostnad för en grundkonstruktion

Markentreprenörer som anlägger betongplatta anger cirkapriser och materialpriserna och arbetskostnader är uppskattningar för 2011/2012. Prisuppgifterna är angivna av nätverkstjänsten *Markarbeten* (markarbeten.net) och är exklusive moms.

Materialkostnad (150 kvm*1037 kr) 155 550 kr

Arbetskostnad (150*440 kr) 66 000 kr

Betongplattans kostnadsställe anges för att uppskatta kostnaderna för att gjuta en platta. Markentreprenörer som gjuter en platta på mark har många olika kostnadsställen, med olika material och arbetsmoment. Ett grovt kalkylerat beräkningsexempel om materialkostnaderna för en platta på mark som är 10 meter bred och 15 meter lång.

Betongmaterialet för plattan kostar ca 140-200 kr/kvm	30 000 kr
Armeringsmatta: ca 60-120 kr/kvm	18 000 kr
Kantelement för platta, ink. kringmaterial: ca 220-340 kr/kvm.	51 000 kr
Armeringsjärn: 70-140 kr/kvm	21 000 kr
Grundisolering ¹⁾ (EPS-100) i tre lager, 300 mm.	35 550 kr
Summa:	155 550 kr

(Markarbeten)

Allt byggmaterial för grundkonstruktionen ingår i priset, med undantag för husunderbyggnad med schakt, markförstärkning, fiberduk, dräneringslager med tvättad makadam, ledningsbädd etc. Isoleringen kostar från ca 80 till 400 kr. per kvm för tjockleken 100 mm, priset är beroende på vilken typ och kvalitet av isoleringsmaterial. Om man beräknar kostnaden för grundisoleringen med avseende på endast kostnaderna för EPS 100 utgör $35\,550/155\,550 = 23\%$, knappt en fjärde del av materialkostnaden i grundplattan.

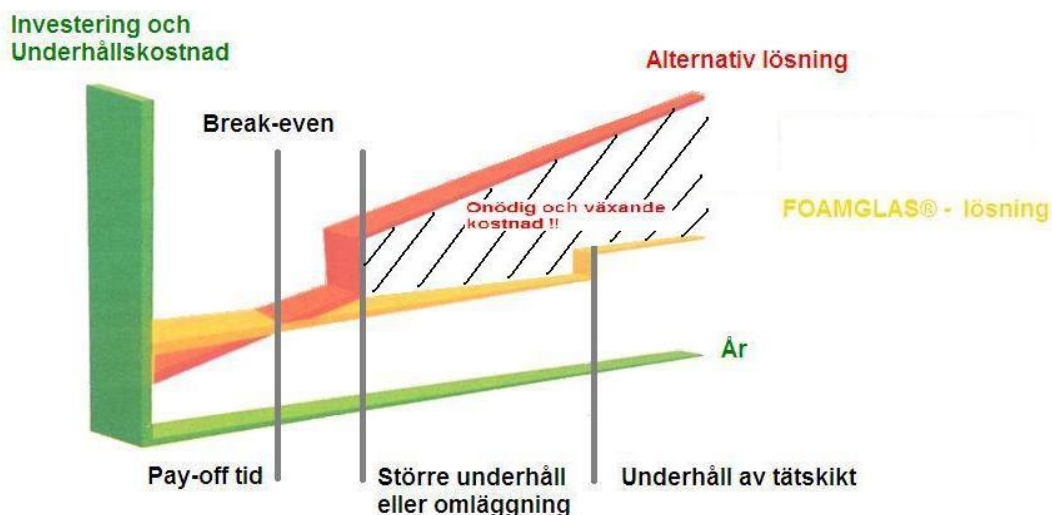
EPS 300 utgör $(77\,400/155\,550+77\,400-35\,550) = 39\%$, av materialkostnaden i grundplattan och EPS 300 eller XPS 300 blir kostnaden 40 % av materialkostnaden i grundplattan.

Foamglas Floorboard T4 utgör $(164\,250/155\,550+164\,250-35\,550) = 58\%$ av materialkostnaden i grundplattan.

Om kostnadsberäkningen istället avser den totala kostnaden för hela huset som grovt uppskattas till 3 000 000 kr, så utgör kostnaden för Foamglas Floorboard T4, 5,48 % (164 250/3 000 000) .

För EPS 300 eller XPS 300 blir kostnaden 2,58 % och för standard isoleringen EPS 100 blir kostnaden 1,19 % av den totala kostnaden för hela huset. Skillnaden mellan den dyraste och den billigaste isoleringen blir då 4,3 % eller knappt 130 000 kr dyrare byggkostnad för hela huset.

Resultatet visar att det för Foamglas kommer att bli en mycket högre investeringskostnad jämfört med EPS – eller XPS - cellplast. Björn Ask⁴ menar att Foamglas alltid kommer att vara dyrare i investeringskostnad, men billigare i längden enligt figur 17.



Figur 17. Pay Off för Foamglas (Ask)

⁴ Foamglas, Björn Ask, Mejlkontakt 2012-05-24

10 Framtid

Det är svårt att idag kunna säga vad det i framtiden kommer att vara som styr val av isoleringsmaterial under grunden.

Om cellplasten i framtiden kommer att ha förlorat sina funktioner kan man idag bara spekulera, innan man om 30 år vet bättre.

I detta kapitel presenteras aspekter som i framtiden kan motivera till att ersätta EPS som grundisolering, och som inte i övrigt behandlats i rapporten.

10.1 Biologisk Nedbrytning

Då det inte finns så mycket information om detta är det ändå många människor som poängterar risken för biologisk nedbrytning av cellplast. En SP rapport som sammanställde det som fanns skrivet om biologisk nedbrytning för byggmaterial skrev för plastmaterial

Plastfolie (polyeten)

”Det finns i litteraturen ett fåtal referenser där man analyserat mikrobiell tillväxt på plastfolie (däremot finns det en mängd studier kring bionedbrytbarhet hos plaster). Vår erfarenhet från skadefall är att denna typ av material kan angripas av mögel, vilket det också finns stöd för i litteraturen. När (Hyvärinen et al., 2002) analyserade angrepp på ett stort antal prover av olika byggmaterial från fuktskadade byggnader hittade man angrepp även på plast. Proverna var associerade med en stor mängd arter. Man drog slutsatsen från detta att eftersom polyeten innehåller så få näringsämnen i sig själv kan det vara så att mikroorganismerna utnyttjar damm som fastnar på materialet som näringskälla” (Johansson et al, 2005, ss.17-18).

Cellplast

”Den enda referens som hittades beträffande detta material var (Viitanen, 2004) som fann mikrobiell påväxt på EPS vid långtidsexponering för 97 % RF.” (Johansson et al, 2005, ss.17-18)

Någon som har observerat risken för cellplasten livslängd och även risken för biologisk nedbrytning är Varis Bokalders som är arkitekt och medförfattare, till boken *Byggekologi- kunskaper för ett hållbart byggande* där han om

cellplasten skriver "Det finns en oro för cellplastens livslängd". Vi kontaktade Varis för att fråga på vilket sätt det finns en oro och fick som svar:⁵

”Den isolerar sämre med tiden, blir tyngre, tar upp vatten.

Den kan bli angripen och uppäten av myror och andra insekter.

Den kan vittra sönder med åren, beroende på om den utsätts för UV-ljus eller annan påfrestning.”

Varis utvecklar varför han inte använder cellplast i sina hus med motiveringen.⁶

”Jag är helt övertygad om att man får ett helt annat och bättre inomhusklimat i husen om man arbetar med hygroskopiska och värmelagrande material. Det vill säga material som kan jämna ut den relativa fuktigheten och temperaturen över dygnet, och över årstiderna. Material såsom trä, lera, naturfiber, kalkputs m fl. Man får ett mera harmoniskt inomhusklimat, där svängningarna i fuktighet och värme blir långsammare. Därmed får man också ett robustare hus som inte hela tiden är beroende av att alla tekniska system fungerar perfekt.”

En annan person som observerat ett par riskmoment med cellplasten är Åke Mård som driver företaget Koljern. Det Koljern gör är att kombinera foamglas skivor med lättmetallsreglar för att på så sätt skapa ett komplett byggsystem som kan appliceras runt hela huset (Koljern). När vi frågade vad han tyckte om cellplast i grunden fick vi svaret:⁷

”Som ni kanske förstår så kan jag inte se varför man överhuvudtaget skall använda cellplast i byggnader. Orsaken till detta motiverar jag här nedan.

1. Cellplasten är en oljebaserad produkt och är därför inte miljövänlig och måste sorteras vid en rivning.
2. Cellplasten tar åt sig fukt upp till 500 % räknat på vikten, oberoende var någonstans den finns i en byggnad. När har vi börjat isolera med fukt? En fuktig cellplast isolerar inte
3. Cellplasten brinner explosionsartat vilket gör att folk brinner in och stora värden förstörs.
4. Nu har en ny cellplast kommit som kallas PIR som inte brinner men när det brinner så genererar den fyra giftiga gaser, kolmonoxid (CO), koldioxid (CO₂), nitroxa gaser (NO_x) och cyanväte (HCN). Vid brandbekämpning skall fullständig skyddsutrustning användas och friskluftsapparat, står det i användningsföreskrifterna. Vid mekanisk bearbetning av materialet kan

⁵ Varis Bokalders , Mejlkontakt 2012-04-24

⁶ Varis Bokalders , Mejlkontakt 2012-05-20

⁷ Åke Mård, Koljern,, Mejlkontakt 2012-05-07

dammet ge irriterande effekter. Kemiska preparat skall vi aldrig använd i våra hus då vet vi aldrig vad vi byggen i huset.

5. Cellplasten angrips av skadedjur som förstör egenskaperna. Myrorna är ett stort problem. Det finns hus som satt sig p.g.a. att myrorna finfördelat cellplasten och därmed inte klarar tyngden från huset. Cellplasten fungerar som boplats för myrorna.”

10.2 Ekologi

I ”Energiboken – Energieffektivisering för småhusägare” kallas cellplast och mineralull, som utgör de vanligaste isoleringsmaterialen idag, för ”döda material”. Denna beteckning har de på grund av att de inte kan lagra värme eller buffra fukt. Även här poängteras att cellplasten kan ta upp vatten om den utsätts för fukt under en längre tid, och detta kommer att försämra isoleringsförmågan.

Cellplast tillverkas av polystyren som är ett plastmaterial och därmed en fossil råvara. EPS cellplasten tillverkas av 91-94 % polystyren och 4-7 % pentan. Cellplasten kommer vid tillverkning och för en viss tid av användningen att avge de hormonstörande ämnena xylen - och styren, som också är skadligt för vårt nervsystem. Tillverkningen av cellplast är dessutom energikrävande.

Cellglasmaterial som till exempel Foamglas är material som kan tänkas ersätta cellplast av ekologiska skäl. Tillverkningen för cellglas är precis som för cellplast mycket energikrävande, men fördelarna med cellglas är många. Tillverkningen sker genom att luft och kol får blåsas in i smält glas som skapar ett mycket poröst material med sluten struktur. Materialet kan bestå av returglas, som vi annars inte hade vetat vad vi skulle använda det till. Glaset gör materialet oorganiskt och det kommer därför inte att brytas ner biologiskt. Även cellglas innehåller dock olämpliga ämnen som bland annat är cancerogena (Energiboken, 2011).

11 Diskussion

Vi har i det här projektet fått en möjlighet att söka svar på frågor som vi under lång tid har ställt oss. Frågorna har handlat om varför man bygger med cellplast när plast inte känns som ett pålitligt material att ha under våra hus under en mycket lång tid. Då framstår Foamglas på sin hemsida som ett mycket mer beständigt material med så många positiva egenskaper att det framstår som ett ”supermaterial”.

Vi har i rapporten kunnat konstatera att det framförallt är priset som har varit den stora fördelen med EPS. För att kunna bli ett kommersiellt material kommer priset att vara avgörande, då det annars bara riktar in sig till speciella projekt där materialets egenskaper är viktigare än priset.

En fråga vi utgick ifrån under projektets gång var om det egentligen behövs ett material som XPS eller Foamglas till grunden, eller om EPS cellplasten är tillräcklig och kommer att vara tillräcklig i framtiden också.

EPS cellplasten har förutom ett lågt pris mycket goda egenskaper som gör att det fungerar bra som underlagsisolering. EPS har en hög hållfasthet som tester visar inte kommer att deformeras någon kritisk mängd de första 50 åren. EPS har också bra dränerande egenskaper med stängda porer som gör att det inte förekommer kapillärsugning i materialet, och det är också diffusionsöppet vilket gör att betongen kan torka ut neråt.

Materialen vi bygger med idag håller oftast en god funktion och är väl beprövade. Man kan dock inte säkert veta om materialet kommer att behålla sin önskade funktion under hela den avsedda livslängden, om man inte redan har en erfarenhet av materialet som sträcker sig tillräckligt långt tillbaka som den livslängd man räknar att materialet ska ha. Eftersom isoleringen i grunden inte går att byta utan att hela huset måste rivras är det materialet vi ser mest problem med. Fram till år 2020 då våra hus ska vara ”Nära noll energihus” borde vi skaffa oss tillräckligt med kunskap för att veta om vi ska fortsätta bygga med cellplast eller om vi ska bygga med något annat material som vi tror kommer klara framtidens krav bättre.

En av våra frågeställningar var ” Finns det någon risk för framtida funktionsnedsättningar för grundisolering av EPS, och vad kan i så fall konsekvenserna bli?”

EPS cellplastens totaldeformation bör inte överstiga 3 % under 50 år, och vi kan inte säkert säga att denna inte kommer överstigas de resterande 50 åren fram tills cellplastens livslängd är slut. Figur 13 ger en uppfattning om hur stor teoretisk deformation som EPS cellplast har.

Av diffusionstestet att döma så finns det en möjlighet att EPS cellplasten i framtiden kommer absorbera tillräckligt mycket fukt för att isoleringsförmågan ska sänkas till 36 % av det ursprungliga värdet. Det finns därför en möjlighet att det efter 50 år kan fortsätta att krypa till en nivå som kan ge upphov till sättningsskador.

Den andra frågeställningen var ”vilket material är mest lämpligt att använda som grundisolering?”

Vår åsikt är att trots testresultaten vi presenterat är EPS - cellplasten ändå ett material med goda egenskaper, och vi tror inte att man kommer att byta ut EPS - cellplasten inom den närmaste tiden. Anledningen till detta tror vi är på grund av det låga priset, och det finns inget som tyder på några större olägenheter på grund av EPS – cellplasten. Även om inga olägenheter skulle visa sig i framtiden så är vi säkra på att frågan kommer att tas upp även i framtiden. Inte minst i samband med hårdare energikrav, eller med ett ökande intresse av ekologiska material.

De material som vi anser hade kunnat ersätta EPS - cellplast, nämligen XPS - cellplast och Foamglas, har båda en hållfasthet som är högre än EPS. XPS - cellplasten har förutom högre hållfasthet och mindre vattenabsorption, samma egenskaper som EPS och kan därmed användas på samma sätt. Foamglas är diffusionstät och betongplattan kan inte, som för EPS och XPS, torka ut neråt mot marken. Betongplattan måste därmed torka ut mer, eller så måste golvbeläggningen vara diffusionsöppen för att inte förstöra ovanliggande material.

Diffusionstätheten är det stora problemet som vi ser med Foamglas. Detta ställer högre krav på betongen, och i vissa fall hade man kanske helt försökt att undvika betong i kombination med Foamglas. Då hållfastheten är så hög för Foamglas så hade det varit möjligt att bygga en grundkonstruktion helt utan betong och med endast Foamglas. Det är detta utförande som företaget Koljern gör.

Den höga hållfastheten gör också att man kan välja en tunnare betongplatta. Den tunnare betongplattan förkortar uttorkningstiden av byggfukt, eller gör så att man slipper välja snabb – eller självtorkande betongkvalitet. Då byggfukten är ett engångsproblem till skillnad från markfukten så hade man här kunnat få en konstruktion som med låg sannolikhet kommer drabbas av fuktskador i framtiden.

Foamglas är inget nytt material, men relativt ovanligt och därmed dyrt. Att bygga en hel konstruktion i foamglas för att minska betongtjockleken kan kosta mer än vad man tjänar i förkortad byggtid.

Foamglas hade också fungerat utmärkt som kantbalksisolering i en platta på mark kombinerat med någon cellplast, till exempel EPS. Den högre hållfastheten hos Foamglas kan minska risken för långvarig krypning under kantbalkarna, men risken för att cellplasten under betongplattan ska förlora sin isolerande förmåga i framtiden finns kvar. Om man gör hela det understa isoleringslagret, som har kontakt med marken, i Foamglas så behåller man den välbeprövade konstruktionen samtidigt som man undviker organiskt material i kontakt med marken. Foamglas är fortfarande ett ångtätt material och kravet på att betongplattan ska torka ut ordentligt är viktigare än för endast EPS.

Denna applicering hade kunnat fungera som ett första utbrett användningsområde för Foamglas, eftersom vi anser att det är i grunden den fyller sin funktion på bästa sätt. Foamglas kan användas i övriga byggnadsdelar också, men dessa är mer tillgängliga och här är det möjligt att byta ut material.

Åsikter om EPS cellplast

På forumet Byggahus.se kan man läsa

”I en annan tråd nämndes som hastigast cellplast under betongplatta som ett framtida problem, för att cellplasten förlorar hållfasthet med tiden och kan ge sättningsskador.

Detta låter ju inget vidare. Hur allvarligt är detta? Finns det någon cellplast man undviker problemet med” (Byggahus 1).

och personen får som svar bland annat

”Ingen tror väl att cellplasten skall tappa så mycket hållfasthet att det skulle bli ett problem, annars skulle man inte bygga så. Men, det var väl heller ingen som trodde att betongplattor kunde suga upp vatten när man lade dem direkt på sand på 70-talet. Det är lätt att förfasa sig över äldre tekniker när man lärt sig vad som fungerar och inte. Om 30 år får du svaret ” (a.a.).

Man kan också på samma hemsida läsa

”Den vanliga markskivan av EPS har ingen dräneringsfunktion att tala om, däremot suger den i sig en del fukt med tiden vilket minskar isolationsförmågan.

De jag har pratat med har enhälligt rekommenderat XPS skivor under plattan. Då dyker ju frågan upp varför de allra flesta använder EPS och svaret är

förmodligen delvis materialpriset, det kostar ca hälften av vad XPS kostar, samt att jag inte har sett några färdiga system i detta material vilket innebär mer byggtid.

Totalt sett skulle en grund bli mycket dyrare.” (Byggahus 2).

Det vi vill visa med de här konversationerna är att människor redan idag ifrågasätter användandet av cellplast och att kunskapen vi vill förmedla genom den här rapporten till viss del redan är allmänt känd.

EPS cellplasten har fördelen gentemot de andra materialen att den är billig, men frågan är hur länge vi kommer att vilja ha de billiga materialen.

Vi ser en viss likhet med småhusbranschen över lag som kan bygga en stor mängd småhus till ett pris som riktar in sig till många målgrupper. Denna bransch styr mycket hur vi ska bo, eftersom de flesta husköpare inte är byggare eller ingenjörer och därmed behöver de inte tänka på husets byggmaterial. I denna bransch kommer det alltid att finnas ett vinstintresse och det är här EPS cellplasten är mycket fördelaktig.

Fortsatt forskning behövs för att få svar på vilka material vi i framtiden kommer att använda som grundisolering. Inte minst speglar inläggen från Byggahus detta.

12 Slutsats

Syftet med denna rapport var att få en uppfattning om det fanns en risk för isoleringen under en platta på mark konstruktion, som idag till största del utgörs av EPS cellplast, skulle få minskad funktion innan dess avsedda livslängd passerat. Livslängden definieras som ”den tidsperiod efter vilken materialen når en funktion som är oacceptabel”. I vår rapport definierar vi oacceptabel funktion när materialets isoleringsförmåga inte är tillräckligt för att säkerställa ett bra inomhusklimat, och när materialet utsatts för så pass stor krypning på materialet att skador beroende på sättning kan uppkomma. Platta på mark är idag den vanligaste grundläggningsmetoden och den utförs oftast med L-element vid kantbalkarna och 300 mm isolering på undersidan av betongplattan.

Att EPS idag är det vanligaste isoleringsmaterialet beror på dess goda egenskaper i kombination med ett lågt pris och en hög hållfasthet. Det är just kravet på hög hållfasthet som gör att många isolerande material inte passar som grundisolering. Isoleringsmaterial under grunden måste fungera både termiskt, dränerande och lastreducerande.

De material som hade kunnat fungera som ersättare till dagens EPS - cellplast, och som vi har valt att fokusera på, är XPS - cellplast och Foamglas. XPS - cellplast är precis som EPS ett polystyrenmaterial, men med högre hållfasthet och minde vattenabsorption. Foamglas är en isoleringsskiva gjord på glasråvara, och den har bland annat en högre hållfasthet än cellplast och den är oorganiskt vilket inte ger någon risk för biologisk nedbrytning.

För att kunna avgöra livslängden hos EPS - cellplast är det ett par saker man måste veta. Man måste veta vilken miljö den ska vistas i och vilka påfrestningar den kommer att utsättas för, och man måste veta vilken huvudgrupp materialet tillhör för att kunna avgöra hur materialet påverkas av fukt och vilka nedbrytande mekanismer den påverkas av.

Det bästa sättet att avgöra ett materials livslängd på är med praktisk erfarenhet. Det vill säga att man har använt materialet lika länge som dess livslängd anses vara. För isolering under grund som är svåråtkomlig för utbyte bör man räkna med en livslängd på ca 100 år. Cellplast började användas småskaligt under 1960-talet och därför har vi bara kunskap som motsvarar halva cellplastens förväntade livslängd.

Då man inte kan avgöra cellplastens livslängd med praktiskt erfarenhet kan man istället göra prov i laboratorium där man kan få en uppfattning om hur materialet påverkas av olika faktorer, och detta kan ge en uppfattning av framtiden.

De test vi har utgått ifrån är ett vattendiffusionstest enligt svensk standard SS-EN 12088. Testresultatet som vi baserar på är utfört av Isover i samband med deras seminarium ”Bygg ärligt”, och deras resultat visar att EPS cellplast efter testet får ett λ -värde motsvarande endast 36 % av det ursprungliga efter 28 dagars diffusion. Utifrån beräkningarna som baserades på detta resultat innebär denna minskade värmeisolering ingen risk att betongplattan ska uppnå en kritisk relativ fuktighet, men det innebär en halvering av konstruktionens U-medelvärde, och därmed ett förhöjt energibehov för huset. Då grunden utgör en så stor del av husets totala U-värde anser vi att isoleringens λ -värde uppnått en nivå som vi anser är en för stor minskning, och därmed borde per definition livslängden för materialet vara slut.

Vid prov av materialets hållfasthet har en provkropp av en viss storlek utsatts för en last i ett visst temperaturförhållande enligt svensk standard SS-EN 1606. Resultatet i figur 13 visar att materialet efter ca 50 år understiger 2 % deformation som kravet brukar vara.

Risken med cellplasten är att om jordarten som konstruktionen står på har tillräcklig bärförmåga, så kan materialet krypa så mycket att det uppstår sättningsskador. Hur och när en sättningsskada uppstår är svårt att definiera men enligt tabell 3 bör EPS cellplastens totaldeformation inte överstiga 3 % under 50 år.

Dessa uppgifter bygger dock endast på prov utförda i laboratorium och det är inte säkert att materialet kommer att påverkas på samma sätt i sin naturliga miljö. Risken finns däremot att samverkan mellan dessa kommer öka hastigheten, till exempel som för betong som har ett högre kryptal om den torkar ut samtidigt som den belastas, eller trä är ett som med ökande fuktighet och temperatur får ett större kryptal.

Den stora anledningen till att EPS är det vanligaste materialet är priset. Enligt vår prisjämförelse utgör EPS – cellplast, som kostar 79 kr/ m², 23 % av en grundkonstruktionens kostnad. Foamglas kostar 384 kr/ m², och utgör 58 % av kostnaden. Men Björn Ask menar att Foamglas alltid är billigare i längden.

13 Referenser

Källförteckning

Tryckta källor

- Burström, Per Gunnar. (2007) *Byggnadsmaterial: Uppbyggnad, tillverkning och egenskaper. 2:a upplagan.* Lund: Studentlitteratur AB
- Burström, Per Gunnar (1999) Livslängdsbedömningar av byggnadsmaterial. Lunds Tekniska Högskola. Lund: LTH, Avd. f. Byggnadsmaterial. Institutionen för Bygg- & Miljöteknologi
- Energiboken: Energieffektivisering för småhusägare.* (2011). Svenska byggnadsvårdsföreningen. 1:a upplagan. Ängelholm: Tryckservice AB
- Harderup, Lars-Erik (1993). *Fuktsäkerhet i byggnader: Golv på mark.* Stockholm: Byggeforskningsrådet.
- Isaksson, T., Mårtensson, A., Thelandersson, S (2010). *Byggekonstruktion. 2a upplagan.* Lund: Studentlitteratur AB
- Molnár, M., Gustavsson, T (2010). *L-Element problematisk grundläggning för murade väggar.* Bygg och Teknik, nr 2 ss. 49-52
- Nevander, Lars Erik, och Bengt Elmarsson. (2009). *Fukthandbok: Praktik och Teori.* 3:e upplagan. Stockholm: AB Svensk Byggtjänst
- Nordstrand, U. (2009). *Byggprocessen.* 4:e upplagan. Stockholm: Liber AB
- Sandin, Kenneth (2009). *Praktisk Byggnadsfysik.* 1:a upplagan. Lund: KFS AB
- Wetterlund, Hans., Carlsson, H., Hagentoft, C-E., Wallin, M. (2010). *Mark - Kant Värmeförlust.* Bygg och Teknik, nr 2 ss. 44-46

Elektroniska källor

Almquist, K., Svensson J.(2010) *Platta på mark för Passivhus – Fuktsäkerhet och Värmeisolerande förmåga*. s 31. Examens arbete: Lunds Tekniska Högskola. Lund: Avd.f. Byggnadskonstruktion. Institutionen för Byggnadsvetenskaper. (Elektronisk). Tillgänglig <<http://portal.ch.lu.se/Campus.NET/Services/Publication/Export.aspx?id=1557&type=doc>>(2012-05-09).

Boverket 1. EKS Avdelning B – Tillämpning av EN 1990. (Elektronisk). Tillgänglig <http://www.boverket.se/Global/Bygga_o_forvalta/Dokument/EKS/EKS%208/Avdelning%20B.pdf> (2012-05-21).

Boverket 2. *BFS 2011:6. BBR 18. 9 Energihushållning*. (Elektronisk). Tillgänglig <<http://www.boverket.se/Global/Webbokhandel/Dokument/2011/BBR-18/9-energihushallning-bbr-18.pdf>>(2012-05-28).

Cellplastdirekt. Cellplast-Produkt-Fakta. (Elektronisk). Tillgänglig <<http://www.cellplastdirekt.se/filer/Cellplast-Produkt-Fakta.pdf> > (2012-05-22).

Cellplaster. *Tillverkning och tillverkare* (Elektronisk). Tillgänglig <<http://www.cellplaster.nu/tillverkning-cellplast/>> (2012-06-06)

Din Byggare1. *Cellplast ett alltmer eftertraktat isoleringsmaterial* (Elektronisk). Tillgänglig <<http://www.dinbyggare.se/communicate/artiklar/article.aspx?id=6254>> (2012-05-04).

Din Byggare 2. Sättningskador på hus. (Elektronisk). Tillgänglig <<http://www.dinbyggare.se/communicate/artiklar/article.aspx?id=5045>> (2012-05-22).

Eps-peps. *PEPS – BERÄKNINGSPRINCIPER*. (Elektronisk). Tillgänglig <http://www.eps-peps.se/docs/PEPS-Berakningsprinciper_111214.pdf > (2012-05-22).

Finja. *FINJA cellplast (EPS)*. (Elektronisk). Tillgänglig <http://www.finja.se/App_Resource/Page/file/betong/cellplast-teknisk-specifikation.pdf> (2012-05-22).

Foamglas 1. *BYGGVARUDEKLARATION BVD 3: enligt Kretsloppsrådets riktlinjer maj 2007.* (Elektronisk). Tillgänglig
<http://www.foamglas.se/__/frontend/handler/document.php?id=295&type=42> (2012-05-04).

Foamglas 2. *Cellglas i Byggnader.* (Elektronisk). Tillgänglig
<http://www.foamglas.se/__/frontend/handler/document.php?id=584&type=42> (2012-05-21).

Foamglas 3. *Foamglas- Värmeisoleringsystemför hela byggnaden.* (Elektronisk). Tillgänglig
<http://www.foamglas.se/__/frontend/handler/document.php?id=332&type=42> (2012-05-21).

Foamglas 4. *FOAMGLAS® board.* (Elektronisk). Tillgänglig
<http://www.foamglas.se/produkter/produktoversikt/foamglas_board/#cell1625>(2012-05-21).

Fuktinfo. *Fuktinfo – allt om fukt och mögel.* (Elektronisk). Tillgänglig
<<http://www.fuktinfo.se/mark-dranering-och-utanfor-huset/fukt-i-mark-och-grund/>> (2012-05-21).

Isover 1. *Platta på mark Allmänna råd.* (Elektronisk). Tillgänglig
<http://www.isover.se/files/Isover_SE/Produkter/Byggisolering/Arbetsanvisningar/2007/Arb_anv_plattapamark_allmant_2007.pdf>
(2012-05-09).

Isover 2. *Sockel med dubbla L-element.* (Elektronisk). Tillgänglig
<[http://www.isover.se/konstruktioner/grund+och+k%c3%a4llare/g-c3-206+sockel+med+dubbla+l-element+\(sty+-c10+sty\)](http://www.isover.se/konstruktioner/grund+och+k%c3%a4llare/g-c3-206+sockel+med+dubbla+l-element+(sty+-c10+sty))> (2012-05-22)

Isover 3. *Platta på mark - Yttervägg.* (Elektronisk). Tillgänglig
<<http://www.isover.se/konstruktioner/konstruktionsdetaljer/k-c3-208+platta+p%C3%A5+mark+-+ytterv%C3%A4gg>> (2012-05-22)

Jackon. *Produktöversikt.* (Elektronisk). Tillgänglig
<<http://www.jackon.se/dav/69a7561281.pdf>>(2012-05-25).

Koljern. *Glasklart val för klimatsmarta.*(Elektronisk). Tillgänglig
<http://www.koljern.se/images/stories/Artiklar/950.100908_Koljern_SE_mail.pdf> (2012-05-22).

- Krollman, N (2006). *Verhalten von EPS-Hartschaumstoffen unter langzeitiger Druckbeanspruchung*. Bauphysik, volym 28, nr. 3, ss 184-191.
- Madehow. *Expanded polystyrene foam (EPF)* (Elektronisk). Tillgänglig <<http://www.madehow.com/Volume-1/Expanded-Polystyrene-Foam-EPF.html>> (2012-06-06).
- Markarbeten. *Betongplatta på mark, kostnad och tips*. (Elektronisk). Tillgänglig <<http://markarbeten.net/betongplatta-pa-mark-kostnad-och-tips/>>(2012-05-25).
- Nohrstedt, Linda (2012). *Regeringen vill skärpa energikraven*. Ny Teknik.(Elektronisk). Tillgänglig <http://www.nyteknik.se/nyheter/energi_miljo/energi/article3439261.ece> (2012-05-31).
- Nynäs. *Årsredovisning 2011: Nynas tar oljatill nya nivåer.Låt oss visahur!* (Elektronisk). Tillgänglig <<http://www.nynas.com/Global/About/Nynas%20Annual%20Report%202011%20SWE.pdf>>(2012-05-28).
- Plast- & Kemiföretagen 1. EPS i tak* (Elektronisk). Tillgänglig <http://www.plastkemiforetagen.se/Material/EPS_Bygg_Takblad.pdf> (2011-12-01).
- Plast- & Kemiföretagen 2. EPS i väggar* (Elektronisk). Tillgänglig <<http://www.plastkemiforetagen.se/Material/EPS%20Bygg%20Vaggboken.pdf>> (2007-01-30).
- Plast- & Kemiföretagen 3. EPS i grund och mark* (Elektronisk). Tillgänglig <<http://www.plastkemiforetagen.se/Material/EPS%20Bygg%20Grundboken.pdf>> (2011-04-27).
- Polarcentral. *Manufacturers of EPS* (Elektronisk). Tillgänglig <http://www.polarcentral.com/eps_frame.htm> (2012-06-06).
- Priscellplast. *Pris på cellplast s100 och andra kvaliteer*. (Elektronisk). Tillgänglig <<http://priscellplast.se>> (2012-05-22).
- SP- Sveriges Tekniska Forskningsinstitut. *Fuktsäkra byggnader- Fuktteknisk bedömning- Platsgjuten betong*. (Elektronisk). Tillgänglig

<<http://www.fuktsakerhet.se/sv/delar/mellanbjalklag/betong/fuktkn/Sidor/default.aspx>>(2012-05-26).

Svensk byggtjänst. Byggkalkylatorn 1 . *Sektionspriser - Bjälklag - Materialpriser för skikt av termoisolervaror m m i hus och i grundkonstruktioner* (Elektronisk). Tillgänglig <<http://byggkalkylatorn.byggtjanst.se/kalkyl/?s=eps>>(2012-05-28).

Svensk byggtjänst. Byggkalkylatorn 2 . *Sektionspriser - Utbredda plattor på mark- Plattor till bl a källarlösa hus...* (Elektronisk). Tillgänglig <<http://byggkalkylatorn.byggtjanst.se/kalkyl/?s=xps>>(2012-05-28).

Swedisol. *Beräkning av U-värde enligt standard.* (Elektronisk). Tillgänglig <http://www.swedisol.se/sites/default/files/undersidor/filer/pdf_bilaga_A.pdf>(2012-05-25).

Xlbygg. *Cellplast (EPS & XPS).* (Elektronisk). Tillgänglig <<http://www.xlbygg.se/Sortiment/Isolering/Cellplast/Om-cellplast>> (2012-05-04).

Figurer

Figur 1. Isover 4. Sockel med L-element. (Elektronisk). Tillgänglig <[http://www.isover.se/konstruktioner/grund+och+k%c3%a4llare/g-c3-205+sockel+med+l-element+\(styrolit\)](http://www.isover.se/konstruktioner/grund+och+k%c3%a4llare/g-c3-205+sockel+med+l-element+(styrolit))> (2012-06-06).

Figur 2. Foamglas.se. Cellglas i byggnader. (Elektronisk). Tillgänglig <http://www.foamglas.se/_/frontend/handler/document.php?id=584&type=42> (2012-05-21).

Figur 3. Sandin, Kenneth (2009). *Praktisk Byggnadsfysik*. s. 70. 1:a upplagan. Lund: KFS AB.

Figur 4. Sandin, Kenneth (2009). *Praktisk Byggnadsfysik*. s. 82. 1:a upplagan. Lund: KFS AB.

Figur 5. Burström, Per Gunnar. (2007) *Byggnadsmaterial: Uppbyggnad, tillverkning och egenskaper*. s. 60. 2:a upplagan. Lund: Studentlitteratur AB.

- Figur 6. Burström, Per Gunnar. (2007) *Byggnadsmaterial: Uppbyggnad, tillverkning och egenskaper*. s. 60. 2:a upplagan. Lund: Studentlitteratur AB.
- Figur 7. Isover 4. Seminarium (2006): *Bygg ärligt*
- Figur 8. Burström, Per Gunnar. (2007) *Byggnadsmaterial: Uppbyggnad, tillverkning och egenskaper*. s. 29. 2:a upplagan. Lund: Studentlitteratur AB.
- Figur 9. Krollman, N (2006). *Verhalten von EPS-Hartschaumstoffen unter langzeitiger Druckbeanspruchung*. Bauphysik, volym 28, nr3 s 185.
- Figur 10. Molnár, M., Gustavsson, T (2010). L-Element problematisk grundläggning för murade väggar. *Bygg och Teknik*, nr 2 s. 2
- Figur 11. Isover 5. Seminarium (2006): *Bygg ärligt*
- Figur 12. Krollman, N (2006). *Verhalten von EPS-Hartschaumstoffen unter langzeitiger Druckbeanspruchung*. Bauphysik, volym 28, nr 3
- Figur 13. Nevander, Lars Erik, och Bengt Elmarsson. (2009). *Fukthandbok: Praktik och Teori*. s. 178. 3:e upplagan. Stockholm: AB Svensk Byggtjänst
- Figur 14. Isover.se 3. Platta på mark – Yttervägg. (Elektronisk). Tillgänglig <<http://www.isover.se/konstruktioner/konstruktionsdetaljer/k-c3-208+platta+p%c3%a5+mark+-+ytterv%c3%a4gg>> (2012-05-09).
- Figur 15. Sandin, Kenneth (2009). *Praktisk Byggnadsfysik*. s. 44. 1:a upplagan. Lund: KFS AB.
- Figur 16. Modin, R. Lastfördelning på en pelare
- Figur 17. Ask, B. Pay Off för Foamglas

Tabeller

Tabell 1. Nevander, Lars Erik, och Bengt Elmarsson. (2009). *Fukthandbok: Praktik och Teori*. s. 37 3:e upplagan. Stockholm: AB Svensk Byggtjänst

Tabell 2. Molnár, M., Gustavsson, T (2010). L-Element problematisk grundläggning för murade väggar. *Bygg och Teknik*, nr 2 s. 1

Tabell 3. Finja.se. FINJA cellplast (EPS). (Elektronisk). Tillgänglig <http://www.finja.se/App_Resource/Page/file/betong/cellplast-teknisk-specifikation.pdf> (2012-05-22).

Bilagor

Bilaga 1

Tabell 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Skikt	d	λ_{ber}	R_{ber}	ΔT	T	v_s	δv	Z	Δv	v	RF
Enhet	[m]	[W/(mK)]	[(m ² K)/W]	[°C]	[°C]	[g/m ³]	[m ² /s*10 ⁻⁶]	[s/m*10 ³]	[g/m ³]	[g/m ³]	[%]
Utsida/ T=2°C			0,04	0,1	2,0	5,56				5,56	100
Mark/ Lera			1,00- 3,40	2,1	2,1	5,60				5,56	99
Makadam	0,15		0,20	0,4	3,9	6,32				5,56	88
EPS- S100	0,10	0,037	2,70	5,6	4,2	6,45	1,3	19,2	2,41	5,56	86
EPS- S100	0,10	0,037	2,70	5,6	10,0	9,41	1,3	19,2	2,41	5,82	62
EPS- S100	0,10	0,037	2,70	5,6	15,8	13,47	1,3	19,2	2,41	5,82	43
Betong K40	0,10	1,7	0,06	0,16	21,6	18,96	0,5	50	6,27	5,82	31
Inne/ T=22°C			0,17	0,46	21,7	19,07				5,82	30
SUMMA			9,58					107,7	13,51		
U_{0-1m}			0,104								
U_{1-6m}			0,083								
U_{med}			0,090								

Tabell 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Skikt	d	λ_{ber}	R_{ber}	ΔT	T	v_s	δv	Z	Δv	v	RF	
Enhet	[m]	[W/(mK)]	[(m ² K)/W]	[°C]	[°C]	[g/m ³]	[m ² /s*10 ⁻⁶]	[s/m*10 ³]	[g/m ³]	[g/m ³]	[%]	
Utsida/ T=2°C			0,04		2,0	5,56				5,56	100	
				0,11								
Mark/ Lera			1,00- 3,40		2,1	5,60				5,56	99	
				2,68								
Makadam	0,15		0,20		4,8	6,71				5,56	83	
				0,54								
EPS- S100	0,10	0,050	2,00		5,3	6,94		1,3	19,2	2,37	5,56	80
				5,36								
EPS- S100	0,10	0,050	2,00		10,7	9,83		1,3	19,2	2,37	7,93	81
				5,36								
EPS- S100	0,10	0,050	2,00		16,0	13,63		1,3	19,2	2,37	10,3	76
				5,36								
Betong K40	0,10	1,7	0,06		21,4	18,75		0,5	50	6,17	5,82	31
				0,16								
Inne/ T=22°C			0,17		21,5	18,85					5,82	30
				0,46								
SUMMA			7,47		20,00				196,15	13,51		
U _{0-1m}			0,134									
U _{1-6m}			0,101									
U _{med}			0,111									

Tabell 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Skikt	d	λ_{ber}	R_{ber}	ΔT	T	v_s	δv	Z	Δv	v	RF
Enhet	[m]	[W/(mK)]	[(m ² K)/W]	[°C]	[°C]	[g/m ³]	[m ² /s*10 ⁻⁶]	[s/m*10 ³]	[g/m ³]	[g/m ³]	[%]
Utsida/ T=2°C			0,04		2,0	5,56				5,56	100
				0,07							
Mark/ Lera			1,00- 3,40		2,1	5,60				5,56	99
				1,79							
Makadam	0,15		0,20		3,9	6,32				5,56	88
				0,36							
EPS- S100	0,10	0,111	0,97		4,2	6,45	1,3	19,2	2,41	5,56	86
				5,79							
EPS- S100	0,10	0,111	0,97		10,0	9,41	1,3	19,2	2,41	5,82	85
				5,79							
EPS- S100	0,10	0,111	0,97		15,8	13,47	1,3	19,2	2,41	5,82	77
				5,79							
Betong K40	0,10	1,7	0,06		21,6	18,96	0,5	50	6,27	5,82	31
				0,11							
Inne/ T=22°C			0,17		21,7	19,07				5,82	30
				0,31	22,0						
SUMMA			11,15		20,00			196,15	13,51		
U _{0-1m}			0,202								
U _{1-6m}			0,136								
U _{medel}			0,182								

Tabell 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Skikt	d	λ_{ber}	R_{ber}	ΔT	T	v_s	δv	$Z = \frac{Z}{d/4/\delta v}$	Δv	v	RF
Enhet	[m]	[W/(mK)]	[(m ² K)/W]	[°C]	[°C]	[g/m ³]	[m ² /s*10 ⁻⁶]	[s/m*10 ³]	[g/m ³]	[g/m ³]	[%]
Utsida/ T=2°C			0,040	0,1	2,0	5,56				5,6	100
Mark/ Lera			1,00- 3,40	2,2	2,1	5,60				5,6	99
Makadam	0,15		0,200	0,4	4,3	6,49				5,6	86
XPS- S300	0,10	0,037	2,703	5,6	4,8	6,71	0,23	108,7	1,32	6,9	84
XPS- S300	0,10	0,037	2,703	5,6	10,3	9,59	0,23	108,7	2,65	8,2	61
XPS- S300	0,10	0,037	2,703	5,6	15,9	13,55	0,23	108,7	2,65	10,9	43
Betong K40	0,10	1,7	0,059	0,1	21,5	18,85	0,5	50	6,89	17,7	31
Inne/ T=22°C			0,170	0,4	21,6	18,96				6,3	30
SUMMA			9,577	20,0				196,15	13,51		
U_{0-1m}			0,104								
U_{1-6m}			0,084								
U_{med}			0,090								

Tabell 5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Skikt	d	λ_{ber}	R_{ber}	ΔT	T	v_s	δv	Z	Δv	v	RF
Enhet	[m]	[W/(mK)]	[(m ² K)/W]	[°C]	[°C]	[g/m ³]	[m ² /s*10 ⁻⁶]	[s/m*10 ³]	[g/m ³]	[g/m ³]	[%]
Utsida/ T=2°C			0,04	0,1	2,0	5,56				5,6	100
Mark/ Lera			1,00- 3,40	2,2	2,1	5,60				5,6	100
Makadam	0,15		0,20	0,4	4,3	6,49				5,6	85
XPS- S300	0,10	0,041	2,44	5,6	4,8	6,71	0,23	108,7	3,87	6,9	83
XPS- S300	0,10	0,041	2,44	5,6	10,3	9,59	0,23	108,7	3,87	9,43	98
XPS- S300	0,10	0,041	2,44	5,6	15,9	13,55	0,23	108,7	3,87	9,43	70
Betong K40	0,10	1,7	0,06	0,1	21,5	18,85	0,5	50	1,78	7,6	40
Inne/ T=22°C			0,17	0,4	21,6	18,96				5,8	30
SUMMA			8,789	20,0				376,1	13,51		
U _{0-1m}			0,114								
U _{1-6m}			0,089								
U _{med}			0,106								

Tabell 6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Skikt	d	λ_{ber}	R_{ber}	ΔT	T	v_s	δv	$Z = \frac{Z}{d/4/\delta v}$	Δv	v	RF
Enhet	[m]	[W/(mK)]	[(m ² K)/W]	[°C]	[°C]	[g/m ³]	[m ² /s*10 ⁻⁶]	[s/m*10 ³]	[g/m ³]	[g/m ³]	[%]
Utsida/ T=2°C			0,04	0,1	2,0	5,56				5,56	100
Mark/ Lera			1,00- 3,40	2,4	2,1	5,60				5,56	99
Makadam	0,15		0,200	0,5	4,5	6,67				5,56	83
XPS- S300	0,10	0,045	2,044	5,5	5,0	6,94	0,23	108,7	3,87	5,56	80
XPS- S300	0,10	0,045	2,044	5,5	10,5	9,77	0,23	108,7	3,87	9,69	99
XPS- S300	0,10	0,045	2,044	5,5	16,0	13,63	0,23	108,7	3,87	9,69	71
Betong K40	0,10	1,7	0,059	0,1	21,5	18,75	0,5	50,0	1,78	7,60	41
Inne/ T=22°C			0,170	0,4	21,6	18,96				5,82	30
SUMMA			7,602	20,0				376,1	13,40		
U_{0-1m}			0,132								
U_{1-6m}			0,100								
U_{med}			0,110								

Tabell 7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Skikt	d	λ_{ber}	R_{ber}	ΔT	T	v_s	δv	$Z = \frac{Z}{d/2/\delta v}$	Δv	v	RF
Enhet	[m]	[W/(mK)]	[(m ² K)/W]	[°C]	[°C]	[g/m ³]	[m ² /s*10 ⁻⁶]	[s/m*10 ³]	[g/m ³]	[g/m ³]	[%]
Utsida/ T=2°C			0,040	0,1	2,0	5,56				5,56	100
Mark/ Lera			1,00- 3,40	2,3	2,0	5,56				5,56	100
Makadam	0,15		0,20	0,5	4,8	6,71				5,56	83
Foamglas +T4	0,10	0,041	2,44	5,6	10,5	9,65	0,23	12500	1,32	5,56	58
Foamglas +T4	0,10	0,041	2,44	5,6	15,9	13,55	0,23	12500	2,65	5,82	33
Foamglas +T4	0,10	0,041	2,44	5,6	21,5	18,85	0,23	12500	6,45	5,87	31
Betong K40	0,10	1,700	0,06	0,1	21,6	18,96	0,5	100	0,05	5,82	31
Inne/ T=22°C			0,17	0,4	21,6	19,41				5,82	30
SUMMA			8,746	20,0				37600	13,85		
U _{0-1m}			0,114								
U _{1-6m}			0,090								
U _{med}			0,097								

Bilaga 2

SPECIFIKATIONER Jackon och Foamglas	ENHET	EPS 300 Jackopor	XPS 300 Jacko- foam	XPS 400 Jacko- foam	XPS 500 Jacko- foam	Foamglas
Värmekonduktivitet. deklarerat värde, λ_D λ_D , tjocklek 70-100 mm	* 10^{-3} W/mK	34	37	37	37	41
Värmekonduktivitet. Beräkningsvärde, tjocklek 100 mm. λ_{ber} mark mot en sida	* 10^{-3} W/mK	34	37	37	37	41
Karaktäristisk tryckhållfasthet för brottgräns korttidslast, 10% f_{kk} brottgräns långtidslast, 2% f_{kl}	KPa	300 165	30 140	40 180	50 225	400 600
Tillåten långtidslast, bruksgräns 2 % krypdeformation 50 år 3 % totaldeformation 50 år	KPa KPa	90 110	130 115	180 160	225 200	400 400
Vattenabsorption, nedsänkt	Vol %	< 5	0,7	0,7	0,7	< 0
Vattenabsorption, diffusion	Vol %	< 15	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 0
Vattenabsorption, frusen/tinad	Vol %	-	≤ 2	≤ 2	≤ 2	< 0
Ånggenomsläpplighet, 100mm	* 10^{-6} m ² /s	1,4	0,3	0,3	0,3	0,004
Längdutvidgningskoefficient	* 10^{-6} m/mK	70	60	60	60	8,5
E-modul, korttid	MPa	6,5	20,0	20,0	20,0	700
E-modul, långtid	MPa	--	5,0	6,0	6,0	-

(Foamglas 4 och Jackon)