



UTREDNING OM TRYCKEGENSKAPER HOS MINERALULL

2025



INNEHÅLL

3 HISTORISK UTVECKLING AV LÅGLUTANDE TAK

3 Belastade låglutande tak

3 UTREDNING AV PROBLEMSTÄLLNINGEN

3 Vad är tryckhållfasthet vid 10 % deformation, CS(10)?

4 LÅNGTIDSEGENSKAPER

4 Varför är långtidsegenskaperna hos mineralull annorlunda?

4 Betydelsen av tryckkrypning, lastnivå och deformation

4 LASTÖVERFÖRING FRÅN SOLCELLSANLÄGGNINGAR PÅ LÅGLUTANDE TAK

5 SAMMANFATTNING OCH RELEVANS FÖR CE-MÄRKNING

5 Brist på utveckling av en matematisk modell för krypning hos mineralull

6 60 KPA SOM KRAV I SVENSKA AMA-HUS 24

6 Skillnader i typiska lösningar på nordisk marknaden och tyska marknaden

6 Dialog med Svensk Byggtjänst

6 Anpassning av Krav i AMA-hus för mineralullslösningar

7 FRÅGOR OCH SVAR (FAQ)

Historisk utveckling av låglutande tak

Historiskt har låglutande tak med tätskikt på isolering betraktats som obelastade tak, utformade för att motstå nederbörd i form av regn och snö, samt eventuellt ett lager singel som både belastning och brandskydd. I utvecklingsprocessen av isolering för dessa tak har tillverkarna vanligtvis genomfört praktiska undersökningar och bedömningar av de påfrestningar som kan uppstå under transport och montering. Produkternas mekaniska egenskaper är uteslutande kopplade till fabrikskontroll och kvalitetsstyrning.

Tillverkarna har utvecklat sina produkter utifrån kvalitativa funktioner, och i efterhand har laboratorietester genomförts för att fastställa tryckhållfastheten CS(10) och punktlasten PL(5), vilka är specifika egenskaper som används i fabrikskontroll. Dessa benämningar kan vara förvirrande, då de lätt kan förväxlas med begrepp som tryckarbetskurva och bruksgränslast för produkter i funktionella tak.

Det har uppstått betydande missförstånd på marknaden, delvis på grund av felaktigt ställda generella krav på mineralull. Effektiva lösningar kan variera avsevärt mellan olika produkttyper, såsom stenull och glasull, samt hur produkterna inom samma materialtyp har utformats för att optimalt utnyttja materialets struktur. Detta resulterar i olika värden för CS(10) och PL(5) även om lösningarna är likvärdiga.

Under byggnadens bruksskede har gångtrafik över takytan varit den största påfrestningen. Det finns både krav och erfarenhet av att skydda dessa gångstråk med olika typer av bryggor för att minimera direktkontakt med tätskiktet och därmed förhindra slitage på både tätskiktet och mineralullen.

BELASTADE LÅGLUTANDE TAK

I takt med att installationer av solcellsanläggningar och takterrasser på låglutande tak blir allt vanligare, ställs det nya krav på konstruktionen. Dessa varaktiga belastningar kräver ett annat tillvägagångssätt, i synnerhet på den nordiska marknaden där tjocka isoleringsskikt är vanliga. Tjocka isoleringsskikt ökar risken för oacceptabel deformation, vilket i sin tur kan äventyra takets täthet och försvåra avvattningen från takytan. Den mest fördelaktiga förankringsmetoden av solcellsanläggningar är ballasterade system ev. kompletterat med ett fåtal mekaniska infästningar. Denna metod minimerar behovet av perforeringar i tätskiktet, vilket annars skulle vara nödvändigt för att förankra anläggningarna i det bärande underlaget.

Utredning av problemställningen

VAD ÄR TRYCKHÅLLFASTHET VID 10 % DEFORMATION, CS(10)?

Traditionellt har tryckhållfasthet vid 10 % deformation deklarerats enligt provningsmetoden som specificeras i standarden SS-EN ISO 29469:2022 (tidigare SS EN 826:2013) Värmeisoleringsprodukter för byggnader – Bestämning av egenskaper vid kortvarig tryckbelastning (ISO 29469:2022) som har originaltiteln: Thermal insulating products for building applications – Determination of compression behaviour (ISO 29469:2022)

Denna provningsmetod är en snabbmetod där en provkropp trycks ned med 10 % av sin tjocklek under en tidsperiod av 60 sekunder, och den resulterande lasten registreras. Denna typ av tryckhållfasthet benämns CS(10) men är ett kompressionsbeteende som testmetodens originaltitel indikerar.

En viktig begränsning med denna metod är att den inte tillåter att kraft och deformation stabiliserar sig vid olika nivåer innan mätningen avslutas. Därför kan CS(10)-värdet inte användas för att beskriva materialets bruksgränslast eller brottsgränslast. Det snabba provningsförfarandet kan resultera i skillnader jämfört med konventionell korttidslast, vilket gör att CS(10)-värdet inte är direkt tillämpligt för att beräkna deformation i materialskiktet. Ytterligare en begränsning med CS(10)-metoden är att mätvärdet inte ger någon information om tryckarbetskurvans utseende. Tryckarbetskurvan visar sambandet mellan belastning och deformation över hela kompressionsområdet, vilket är avgörande för att förstå ett materials beteende under olika belastningsförhållanden. Eftersom CS(10)-metoden fokuserar enbart på ett värde vid 10 % deformation, ger den ingen insikt i hur materialet reagerar vid lägre eller högre belastningar. Detta är särskilt problematiskt för mineralullprodukter, som används i låglutande tak, då dessa normalt inte uppvisar en linjär tryckarbetskurva från 0 % till 10 % deformation.

Metoden tar inte heller hänsyn till om provkroppen spricker eller faller isär under testet, vilket kan innebära att materialets korttidslast överskrids. Lamellprodukter, som används för takisolering, är ett tydligt exempel där den maximala korttidslasten ofta nås vid betydligt mindre än 10% deformation. För låglutande tak, som utsätts för både kortvariga laster (som gångtrafik) och varaktiga laster (som snö eller solpaneler), är dessa begränsningar särskilt relevanta.

Sammanfattningsvis medför dessa begränsningar att CS(10)-värdet inte ger en fullständig bild av materialets funktionella prestanda i praktiska konstruktioner. För att säkerställa korrekt dimensionering av isoleringsmaterial i låglutande tak är det avgörande att även beakta materialets långtidsegenskaper dv. tryckkrypning och beteende under olika belastningsförhållanden. Detta är en viktig åtgärd för att undvika potentiella problem och säkerställa takets hållbarhet och funktionalitet.

Långtidsegenskaper

Det råder en stor efterfrågan på att mineralullstillverkarna ska redovisa långtidsegenskaper för takisolering på samma sätt som cellplastprodukter. Tyvärr leder detta ofta till missförstånd, vilket kan kopplas till bristande materialkännedom hos entreprenörer, konsulter och provningstekniker. En vanlig missuppfattning är att mineralull också bör redovisa långtidsegenskaper vid 2% deformation, vilket är felaktigt.

VARFÖR ÄR LÅNGTIDSEGENSKAPERNA HOS MINERALULL ANNORLUNDA?

Cellplast är ett slutet cellmaterial som har en hög motståndskraft mot deformation under tryck. När materialet når sin kollapsgräns förlorar det dock sin struktur; cellerna kollapsar, vilket resulterar i att cellplasten mjuknar och inte längre kan upprätthålla sin lastbärande förmåga. Detta innebär att cellplastens prestanda på lång sikt kan försämrats avsevärt när materialet så småningom kollapsar, vilket leder till att det inte längre ger det förväntade skyddet och isoleringen.

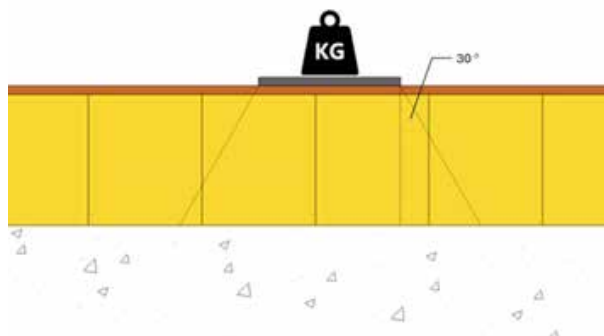
Mineralull, å sin sida, är en fibrös produkt utan slutna celler, vilket medför att den inte har samma förmåga att fördröja deformationen. Mineralull deformeras snabbt när den utsätts för belastning och når sin korttidslast efter bara några minuters tryckpåfrestning. Efter den initiala deformationen följer tryckkrypning, vilket innebär att materialet fortsätter att deformeras över tid under belastning. Detta gör att långtidsegenskapen hos mineralull inte kan definieras vid en specifik deformation, som är fallet med cellplast. I stället bedöms långtidsegenskapen för mineralull som den totala deformationen vid en viss last under långvarig belastning. Egenskapen heter formellt tryckkrypning och inte långtidslast som många säger av gammal vana från tiden före CE-märkning.

BETYDELSEN AV TRYCKKRYPNING, LASTNIVÅ OCH DEFORMATION

Tryckkrypningen hos mineralull påverkas både av lastnivån och produkttypen. Det är viktigt att förstå att den procentuella deformationen hos takisolering inte alltid är den mest relevanta faktorn. Den maximala deformationen för hela isoleringsskiktet är avgörande för takets långsiktiga funktion, särskilt när det gäller att undvika läckage genom tätskiktet, frysskador och problem med avvattnings. Tätskiktsgarantier specificerar att den totala deformationen för hela isoleringsskiktet inte får överstiga 5 mm.

Lastöverföring från solcellsanläggningar på låglutande tak

Lasten från solcellsanläggningar som installeras på låglutande tak överförs till takets underlag via punkt- eller linjeformade lastfördelare. Dessa lastfördelare spelar en avgörande roll i att fördela belastningen från solcellerna ner till takets bärande system. Det är viktigt att beakta att mineralull, med sin unika strukturella sammansättning, också har specifika lastöverföringsegenskaper.



Nya tester har bekräftat en gammal sanning: spridningsvinkeln för lasten i mineralull är cirka 30 grader vid relevanta lastnivåer. Detta innebär att lasten fördelas i en specifik vinkel från punkt- eller linjeanordningarna, vilket påverkar hur hela takets isoleringsskikt och bärande system reagerar på den extra vikten från solcellsanläggningen och koncentrerar av snölasten via solcellsanläggningen.

Sammanfattning och relevans för CE-märkning

Det finns inte samma välutvecklade underlag för utvärdering av långtidsegenskaperna hos mineralull som för cellplast. Cellplast har en noggrant etablerad metodik för att bedöma tryckkrypning, medan mineralullens deformation över tid kräver ytterligare undersökningar för att etablera ett tillräckligt vetenskapligt underlag för CE-märkning. Bristen på ett fullständigt testunderlag för mineralull behandlas i Annex A i SS-EN 1606:2013, som framhäver att prövningen och CE-märkningen för tryckkrypning hos mineralull inte har samma omfattande testdata som för cellplast. Men man har vald att använda samma metod ändå!

BRIST PÅ UTVECKLING AV EN MATEMATISK MODELL FÖR KRYPNING HOS MINERALULL

Det återstår att se om en färdigutvecklad matematisk modell för mineralull kan tas fram vid nästa revision av provningsstandarden. Mineralullens öppna fiberstruktur ger en snabb respons vid konstant last, vilket innebär att även korta mätserier kan ge värdefull information om materialets deformation både på kort och lång sikt.

Undersökningar har visat att den mest betydande deformationen sker snabbt, och att korttidslasten inträder efter bara några minuters tryckpåverkan. Efter denna initiala deformation fortsätter materialet att deformeras långsamt under längre tidsperioder. Våra interna studier har också visat att långtidsegenskapen, tryckkrypningen, som bidrar till den totala deformationen, endast utgör 5-10% av den totala deformationen, beroende på lastnivån. Detta fenomen kan förklaras av mineralullens fibrösa struktur, som möjliggör att luften kan passera ut ur materialet direkt under dom första minuterna av provning. Detta är en viktig skillnad jämfört med cellplastprodukter, som har slutna celler och därmed hindrar luft eller gas från att släppas ut lika snabbt.

A.1 General

This annex specifies a calculation method for the determination of a long-term deformation value of thermal insulating products due to compressive creep. In case of positive validation of another mathematical model, that model shall be incorporated by amendment or revision of this annex.

This method may be used to define a permissible load in practical applications and/or to define the compressive behaviour of a certain product.

NOTE In order to make a reliable extrapolation of the behaviour of thermal insulating products with time, when tested in accordance with this standard, the results of many tests and experience are required. This experience is not yet available for all products. It has been well established and confirmed for different plastic foam products. For other products, tests are still running and no mathematical model has yet been validated.

A validation shall be based on measurements over a period of at least five years for different products within the same product family. Based on these measurements, different mathematical models shall be evaluated by using measured values from periods of up to two years and comparing the extrapolation with the data obtained over a period of five years.

A.2 Principle

The calculation method is based on a mathematical function, called the Findley Formula¹⁾ (A.1), which allows the description of the creep behaviour of thermal insulating products, provided that the linear regression analysis according to Formula (A.2) fits with a coefficient of determination $r^2 \geq 0,9$.

$$X_t = X_0 + m \times t^b \quad (\text{A.1})$$

where

m and b are material constants.

Formula (A.1) can be written in a logarithmic form, as follows:

$$\log(X_t - X_0) = \log m + b \times \log t \quad (\text{A.2})$$

1) Findley, W. N., *Creep characteristics of Plastics*. Symposium on Plastics, Am. Soc. Testing Mats., 1944.

Rekommendationer avseende krypningstest på alla isoleringsmaterial även erfarenheten baseras på olika plastprodukter. Annex A i SS-EN 1606:2013 Värmeisoleringsprodukter för byggnader - Bestämning av krypning vid konstant tryckspänning.

60 kPa som krav i svenska AMA-hus 24

Det finns ett krav på tryckhållfastheten CS(10) på minst 60 kPa i AMA-hus sedan ett par decennier. Tyvärr har inget mineralullstillverkarföretag varit involverat i formuleringen av detta krav, vilket har lett till en rad missförstånd kring dess tolkning och betydelse.

En anledning till dessa missförstånd är bristen på traditioner för att beräkna deformationen på underlaget till tätskikt på låglutande tak, samt en begränsad insikt i den deklarerade tryckhållfastheten CS(10) och dess funktion. CS(10) är en snabb testmetod som används i fabriker för att godkänna produkterna innan leverans och vid tredje parts kontroll där mätvärden jämförs med de deklarerade värdena.

Det är också viktigt att notera att glasull och stenull har olika fiberstrukturer, vilket påverkar deras förmåga att hantera mekaniska påfrestningar. En board av stenull behöver ha ett CS(10) på minst 60 kPa för att ge tillräckligt motstånd mot fotavtryck och fungera som ett hållbart mothåll för infästningar och andra mekaniska påfrestningar under montering. Detta gäller inte för glasull, tack vare dess längre fibrer kan en board av glasull ge bra motstånd mot mekaniska påfrestningar redan vid ett CS(10) på 30 kPa.

Tidigare fanns ett krav i AMA-hus att takisoleringslösningar för låglutande tak skulle ha ett CS(10) på minst 30 kPa. Detta ledde till förvirring på marknaden när tillverkare av stenull alltid deklarerat ett CS(10) på 60 kPa för sina takboard.

I samband med genomförandet av CE-märkningen valde AMA-hus expertgrupp att granska underlaget för de aktuella kraven. Gruppen beslutade att stödja sig på den tyska standarden DIN 4108-10 (Wärmeschutz und Energie-Einsparung in Gebäuden – Teil 10: Anwendungsbezogene Anforderungen an Wärmedämmstoffe – Werkmäßige hergestellte Wärmedämmstoffe). Denna tyska standard anger grundläggande krav för fabriksframställda isoleringsmaterial i olika byggnadskonstruktioner på den tyska marknaden. Enligt denna standard ställs ett krav på $CS(10) \geq 60$ kPa för mineralull i hela isoleringsskiktet till låglutande tak

Det blir problematiskt när krav från en annan marknad importeras utan att beakta de specifika skillnader i de tekniska förutsättningarna. I Tyskland, där lösningarna har en annan uppbyggnad och isoleringstjocklek än i Sverige, har CS(10) på 60 kPa etablerats som standard, särskilt eftersom traditionella lösningar ofta har varit i ett skikt i 80-100 mm tjocklek på TRP eller betongunderlag. Dessutom levererar alla mineralullstillverkare enbart stenull till låglutande tak i Tyskland, vilket även gäller för vårt tyska systerbolag.

SKILLNADER I TYPISKA LÖSNINGAR PÅ NORDISK MARKNADEN OCH TYSKA MARKNADEN

På Nordiska marknaden har man tjockare isoleringsskikt och fler-skiktslösningar. På tyska marknaden är fokuset på lägre isoleringstjocklekarna och ett-skiktslösningar – även på TRP-plåt.

Även om det är förståeligt att ett CS(10) på minst 60 kPa har blivit standard på den tyska marknaden har det inte relevans för andra marknader med andra och mer differentierade lösningar.

I Sverige och andra nordiska länder har traditionerna och marknadsförutsättningarna varit annorlunda. Tjocka isoleringsskikt och flerlayerslösningar har varit vanliga i många årtionden. Det är också värt att notera att det är i dom nordiska länderna man tidigt började använda infästningar med försänkta skruvar i teleskophyllsor. Då riskerar man inte att perforera tätskiktet vid belastning av takytan.

I Sverige är det vanligt att använda lösningar med två eller tre skikt, vilket möjliggör en optimal användning av produkterna för att uppnå bästa möjliga ekonomi och funktionalitet i specifika byggprojekt. Den praktiska erfarenheten och de traditioner som existerar i Sverige gör det möjligt att anpassa och optimera materialval på ett sätt som inte alltid är möjligt under de krav som gäller på den tyska marknaden.

DIALOG MED SVENSK BYGGTJÄNST

Isover har tillsammans med övriga mineralullstillverkare genom branschorganisationen Swedisol, haft en långvarig dialog med Svensk Byggtjänst angående det generella kravet på CS(10) på minst 60 kPa för mineralull till låglutande tak. Denna dialog har belyst problematiken, men det kvarstår en betydande brist på ett väl förankrat underlag från marknaden innan det är möjligt att revidera kravet i AMA-hus.

ANPASSNING AV KRAV I AMA-HUS FÖR MINERALULLSLÖSNINGAR

För närvarande måste konsulter anpassa kravet när de använder AMA-hus 24 så att det överensstämmer med den valda lösningen och leverantören. Vårt förslag är att enbart fokusera på deformationen i den aktuella lösningen och sätta 5 mm som den maximala deformationen vid den tjockaste isoleringen, i enlighet med vad som föreslagits av Tätskiktsgarantier.

Isover robust takboard, som har en CS(10) på minst 30 kPa, har varit en pålitlig produkt i vårt sortiment i över 50 år. Den klarar de påfrestningar som förekommer på låglutande tak både under installation och i brukskedet. Därför kan man tryggt förlita sig på de lösningsförslag som presenteras i vårt marknadsmaterial. Det är en väsentlig del av vårt produktansvar att visa lämpliga lösningar med våra produkter inom ett tydligt definierat användningsområde. Produktansvaret är inget man kan överlämna till tredje part.

Frågor och svar (FAQ)

VARFÖR KAN MAN INTE ANVÄNDA CS(10) OCH PL(5) SOM ETT MÅTT PÅ BÄRFÖRMÅGA?

SVAR: Dessa metoder är snabba mätmetoder som främst används för fabrikskontroll. CS(10) mäter tryckhållfastheten vid 10 % deformation under en mycket kort tid (60 sekunder), men ger ingen information om bärförmågan vid verklig belastning, relevanta laster eller deformationer. Den säger heller inget om materialets långtidsegenskaper. Därför är dessa metoder enbart kvalitetsmått i fabrikenas produktionskontroll – inte materialegenskaper som kan användas vid projektering av produkternas bärförmåga.

VAD VISAR PUNKTLASTEN PL(5)?

SVAR: Själva mätvärdet säger inget om hur provningen påverkar produkten. Mineralullsprodukter skiljer sig åt, bland annat beroende på fiberstruktur och hur produkterna är formade. Det finns en tradition av att använda denna provningsmetod på det översta skiktet i lösningar för låglutande tak.

Här skiljer sig stenull och glasull tydligt åt. Stenullens korta fibrer gör att ytan spricker och får ett permanent avtryck vid den angivna lastnivån. Glasull, å andra sidan, har långa fibrer och ger – särskilt i isover robust takboard – en mer robust yta. Den är något fjädrande och lämnar inte ett permanent avtryck. Denna skillnad märks tydligt vid montage, eftersom ett fotavtryck får olika konsekvenser beroende på material.

Cylindern som används vid provningen har en storlek som motsvarar hälen på en arbetssko, vilket gör jämförelsen relevant för verkliga belastningar under installation.

VARFÖR HAR ISOVER UTVECKLAT EN TOPPSKIVA MED TRYCKHÅLLFASTHET PÅ 60 KPA?

SVAR: Isover har tagit fram en toppskiva med CS(10) = 60 kPa för att möta marknadens efterfrågan, i enlighet med vad som anges i AMA Hus. Tyvärr bygger detta krav på en feltolkning. Även om kravet i sig grundar sig på ett missförstånd, har det varit mer praktiskt att utveckla en produkt som uppfyller marknadens förväntningar än att invänta en förändring av den tekniska beskrivningen i AMA Hus.

Produkten fyller dock en funktion i vissa specifika lösningar, tack vare sina goda miljö- och kostnadsegenskaper. Det är viktigt att notera att toppskivan levereras med en minsta tjocklek på 30 mm. Den totala deformationen vid en given last är densamma som hos 15 mm isover robust takboard.

ÄR 15 MM ISOVER ROBUST TAKBOARD TILLRÄCKLIG ELLER KRÄVS DET TJOCKARE PRODUKT

SVAR: En 15 mm tjock isover robust takboard är fullt tillräcklig för att stabilisera ytan i en flerskiktlösning tillsammans med t.ex isover robust taklamell. Kombinationen av dessa produkter ger den lägsta deformationen av alla befintliga lösningar, vilket är särskilt fördelaktigt vid användning av tjocka isolerskikt.



Den 15 mm tjocka takboarden har utmärkt motståndskraft mot fotavtryck och fungerar som ett tillförlitligt mothåll för infästning av tätskiktet. Dessutom är den lätt att hantera och har låg risk för skador, såsom sprickbildning, under monteringen.

Lösningen används vanligtvis i två skikt på betongunderlag och i tre skikt på profilerad plåt (TRP), där ångspärren placeras mellan de två understa skikten.

KAN MAN ANVÄNDA ENBART TAKLAMELLER SOM ÖVERSTA SKIKTET OCH UTESLUTA ISOVER ROBUST TAKBOARD?

SVAR: Nej, det rekommenderas inte att använda taklameller som det översta skiktet utan att kombinera det med isover robust takboard. Vid montage direkt på taklameller skulle infästningarna löpa parallellt med lamellernas fiber, vilket resulterar i ett svagare mothåll för infästningarna som skulle klyva produkterna om tätskiktet inte kan ge hela mothållet vid montage av infästningen.

Genom att lägga 15 mm isover robust takboard ovanpå taklamellerna skapas ett stabilt mothåll för infästningarna som bidrar till robustare takkonstruktion och säkrar långsiktig funktion.

HUR BÖR MAN DIMENSIONERA ISOLERING FÖR LÅGLUTANDE TAK?

SVAR: Den faktiska deformationen i mm under varaktig last. Det är denna deformation som påverkar tätskiktet, avvattningen och takets långsiktiga funktion.

Utgå från den totala bilden av varaktig last d.v.s. egenvikt och snölast samt hur lasten överförs till lastfördelare. Vid deformationsberäkning tas hänsyn till spridningsvinkeln i isolerskiktet och använd beprövade system där deformationen inte överstiger 5 mm i det övre skiktet.

Isover har genomfört omfattande praktiska studier som resulterar i tabeller för att bedöma deformation vid olika belastningsförhållanden – såsom utbredd last, linjelast och punktlast. Dessa verktyg används som underlag för att analysera och förutsäga hur isoleringssystemet presterar i verkliga tillämpningar. Vi erbjuder deformationsberäkning om man i ett givet projekt har andra förutsättningar än standardlösningarna vi visar för låglutande tak.

Analysen är avgörande för att säkerställa takets funktion över tid, särskilt med hänsyn till hållbarhet, stabilitet och beständighet under olika laster.



SAINT-GOBAIN SWEDEN AB
ISOVER

267 73 Billesholm
Tel.: 042-840 00
www.isover.se