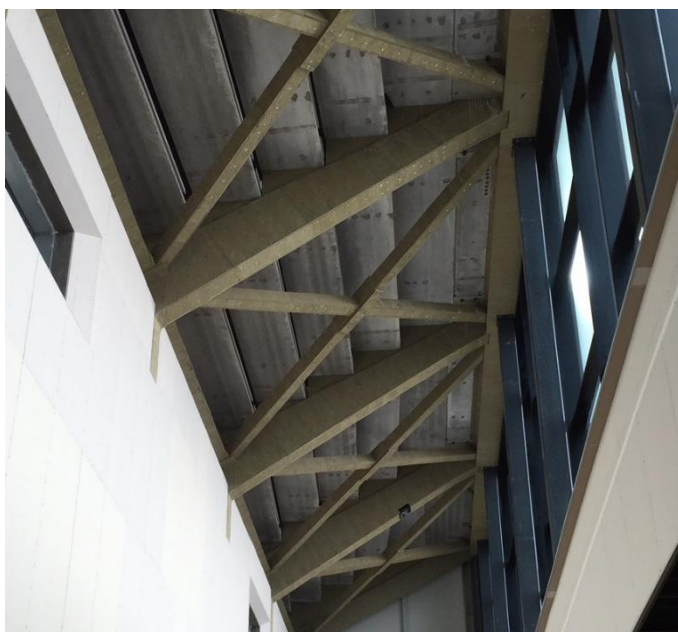
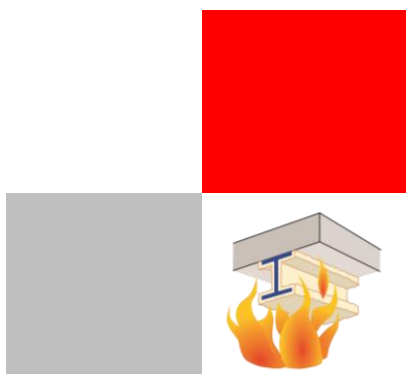




## Passiv brandsikring

# Brandbeskyttelse af bærende stålkonstruktioner

December 2017



### **Få mere at vide...**

SikkerhedsBranchens Fagudvalg for Passiv Brandsikring arbejder for en optimal, grundlæggende brandsikring af vores bygninger, der kan sikre samfundsmæssige værdier og redde menneskeliv.

Vi vejleder alle parter i byggeriet og er en aktiv sparringspartner for lovgivere, myndigheder, brandvæsen, politi og bygherrer.

### **Bliv medlem!**

Få mere at vide om vores arbejde og om fordelene ved et medlemskab på [www.sikkerhedsbranchen.dk](http://www.sikkerhedsbranchen.dk) eller kontakt os på telefon 36 49 40 80.

# Brandbeskyttelse af bærende stålkonstruktioner

## INFORMATION

### Indhold

- Indledning
- Brandmodstand
- Kritisk ståltemperatur
- Sektionsfaktor
- Krav i Bygningsreglementet
- Standarder
- Klassifikation
- CE-mærkning
- Systemer – Produktbeskrivelse, Montering/Påføring:
  - Gipsplader
  - Stenuldsplader
  - Kalciumsilikatplader
  - Brandbeskyttende malinger
  - Spraysystemer
- Bilag: Krav i BR15: Kap. 4 og 5.



### Indledning

Formålet med dette informationsblad er at belyse forskellige metoder og materialer til at brandbeskytte bærende stålkonstruktioner.

Informationsbladet anviser grundlag for både dimensionering og udførelsesmetoder for brandbeskyttelsen.

Det er producenten af det pågældende brandbeskyttelses system, der beskriver den endelige dimensionering og udførelse.

### Brandmodstand

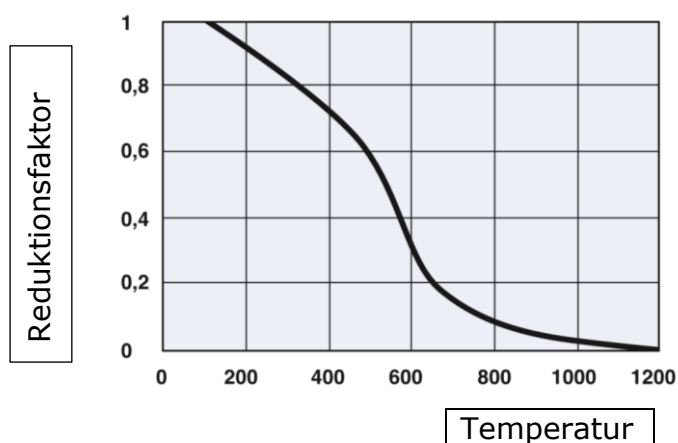
Ubeskyttede stålkonstruktioner kan normalt ikke have højere brandmodstandsevne end 10 til 15 minutter. I de fleste tilfælde vil kravet til stålkonstruktionen være meget højere. Ved brug af et brandbeskyttelsessystem forsinkes opvarmningen af stålet og dermed tidspunktet for et sammenbrud eller varig deformation.

Den nødvendige tykkelse af brandbeskyttelsen, er selvfølgelig afhængig af, hvilket brandbeskyttelsessystem der vælges, profiltyper og -størrelser (sektionsfaktor), klassifikation (minutter) samt kritisk ståltemperatur.

## Kritisk ståltemperatur

Når stål udsættes for varme, reduceres styrken af stålet. Det er derfor nødvendigt at tage forholdsregler, hvis man ønsker at konstruktionen skal bevare bæreevnen i tilfælde af brand. Det kan man gøre ved, at isolere konstruktionen mod varmen og dermed holde stålets temperatur under den kritiske ståltemperatur.

Den kritiske ståltemperatur fastsættes af den rådgivende ingeniør og beskriver, hvor varmt stålet maksimalt må blive i tilfælde af brand. Hvis stålet opnår en højere temperatur end den kritiske temperatur, er der risiko for kollaps af konstruktionen. Det er derfor vigtigt inden arbejdet påbegyndes, at gøre sig bekendt med den kritiske temperatur.



Reduktionsfaktorer for stress-strain forholdet af kolde dannet og varmvalsedede klasse 4 stålprofiler ved forhøjede temperaturer iht EN 1993-1-2

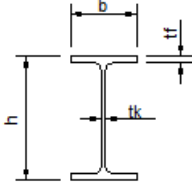
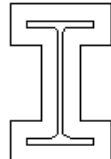
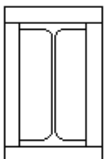
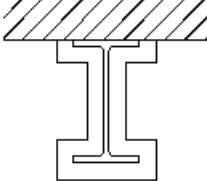
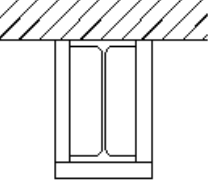
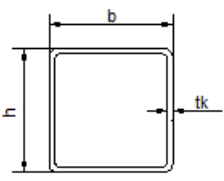
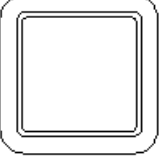
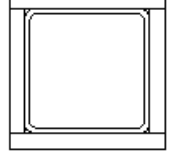
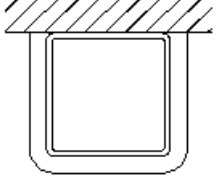
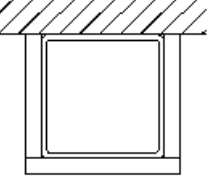
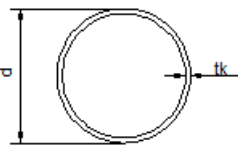
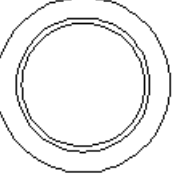
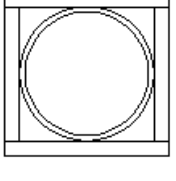
## Sektionsfaktor

Omgivelsestemperaturens påvirkning af et givet stålprofil afhænger af forholdet imellem det eksponerede areal og stålprofilets volumen. Dette forhold kaldes også sektionsfaktoren.

For at finde tykkelsen af det valgte brandbeskyttelsesprodukt skal bla. stålprofilets sektionsfaktor beregnes ud fra den eksponerede omkreds og tværnsnitsarealet (sektionsfaktor kan ses nævnt som  $\mu/A$ -,  $U/A$ -,  $A_p/V_m$ - eller  $A_m/v$  forholdet, i det efterfølgende anvendes  $A_m/v$ ). De fleste stålprofilers tværnsnitsareal kan findes i Teknisk Ståbi eller oplyses af leverandøren.

Afhængig af om brandbeskyttelsesproduktet monteres så det følger stålprofilets faktiske omkreds ("Profil") eller stålprofilets ydre omkreds ("Kasse") beregnes omkredsen efter forskellige metoder, se Tabel x.

Formel for beregning af sektionsfaktor: Omkreds ( $A_m$ ) ÷ tværnsnitsareal ( $V$ ).

| Stålprofil-tværnsnitsareal  | Stålprofil-omkreds "Profil"   | Stålprofil-omkreds "Kasse"   |
|---|---|--|
| "I" & "H" profiler<br><br>Tværnsnitsareal<br>$V = tk(h-2tf) + 2(b \times tf)$                              | 4-sider<br>$A_m = 4b + 2h - 2tk$<br> | 4-sider<br>$A_m = 4b + 2h$<br>  |
|   | 3-sider<br>$A_m = 3b + 2h - 2tk$<br> | 3-sider<br>$A_m = b + 2h$<br>   |
| Firkantede- eller rektangulære profiler<br><br>Tværnsnitsareal<br>$V = 2b \times tk(h-2tk) \times (2tk)$ | 4-sider<br>$A_m = 2b + 2h$<br>      | 4-sider<br>$A_m = 2b + 2h$<br> |
|   | 3-sider<br>$A_m = b + 2h$<br>      | 3-sider<br>$A_m = b + 2h$<br> |
| Cirkulære hule profiler<br><br>Tværnsnitsareal<br>$V = \pi(d-2)^2 - \pi[(d-2tk) \div 2]^2$               | 4-sider<br>$A_m = \pi d$<br>       | 4-sider<br>$A_m = \pi d$<br>  |

Fra EN 13381-4:2013, figur 1-sektionsfaktorer:

Ved ståltrapzplader og halv indstøbte profiler gør andre forhold sig gældende

### **Krav i bygningsreglementet:**

I BR er der krav til Dimensionering af konstruktioner i Kap. 4.2. stk. 1 og 5, samt vedr. Konstruktive forhold Kap. 5.3. stk. 1 og 2. Disse krav er gengivet i denne informations bilag.

### **Standarder**

I det følgende er der beskrevet de prøvningsmetoder der anvendes til brug ved bestemmelse af brandtekniske egenskaber.

Brandbeskyttelsessystemer for bærende stålkonstruktioner:

Prøvning af brandbeskyttelse af stålkonstruktioners brandtekniske egenskaber foregår som angivet i Eurocode 3 der foreskriver at tykkelsen af det brandbeskyttende lag skal bestemmes på grundlag af prøvning og efterfølgende beregning efter:

-DS/EN 13381-4 Prøvningsmetoder til bestemmelse af bærende bygningsdeles bidrag til brandmodstandsevne - Del 4: Passiv beskyttelse af ståldele (Eksempel, plade og isolerings- og spray materiale)

-DS/EN 13381-8 Prøvningsmetoder til bestemmelse af bærende bygningsdeles bidrag til brandmodstandsevne - Del 8: Reaktiv beskyttelse af ståldele (Eksempelvis malingssystemer)

### **Klassifikation**

Der skal for hver af de mulige klassifikationer (f.eks. 30 minutter, 60 minutter og 120 minutter) udarbejdes dimensioneringsdiagram eller -tabeller, der angiver den nødvendige brandbeskyttelse, fx tykkelse af isolering, som funktion af acceptabel kritisk ståltemperatur og stålprofillets sektionfaktor. Værdierne fra dimensioneringsdiagram eller -tabeller kan efterfølgende anvendes som inputværdier ved beregning af stålkonstruktioners bærevne under brand (se under kritisk ståltemperatur).

Brandbeskyttelse system til stålkonstruktion skal i hele den klassifikationstid, som godkendelsen skal omfatte, være eftervist i henhold til ovennævnte standarder samt

-DS/EN 13501-2 Brandteknisk klassifikation af byggevarer og bygningsdele - Del 2: Klassifikation ud fra resultater opnået ved prøvning af brandmodstandsevne, eksklusive ventilationssystemer og

-DS/EN 13501-1 + A1:2009. Brandteknisk klassifikation af byggevarer og bygningsdele - Del 1: Klassifikation ud fra resultater opnået ved prøvning af reaktion på brand

Klassifikation i henhold til DS/EN 13501-1 af produkter, der indgår i systemet, fortolkes normalt materialerelateret.

Brandbeskyttelse systemet skal ved typeprøvning og klassifikation opfylde kravene enten:

Bygningsdel klasse R-30 A2-s1,d0

Bygningsdel klasse R-60 A2-s1,d0

Bygningsdel klasse R-120 A2-s1,d0

eller

Bygningsdel klasse R-30

Bygningsdel klasse R-60

Evt. klassifikationsrapport skal præcist beskrive et afgrænset anvendelsesområde ("field of application") for hver af de opnåede brandklasser.

## CE-mærkning

Der kan laves en ETA iht. ETAG 18 del 2 eller del 4 for henholdsvis malinger og plader. Ved at lave en ETA, kan der laves en frivillig CE mærkning.

ETA står for europæisk teknisk vurdering (European Technical Assessment). Den er frivillig og kan søges for alle produkter, som ikke er omfattet af harmoniserede standarder. Med en ETA kan du CE-mærke dit produkt.

## Systemer

Der findes flere forskellige systemer til passiv brandsikring af stålkonstruktioner. Der findes plader bestående af stenuld, hårdt pressede plader, gipsplader, specialmørtler, diverse spray produkter, kalciumsilikatplader samt brandmalingsprodukter.

Valget af brandbeskyttelsen afhænger i høj grad af det ønskede udseende, men også betragtninger som økonomi, montagetid og levetid bør komme i betragtning.

Ved benyttelse af brandbeskyttelses systemer, skal leverandørens anvisninger følges.

Følgende systemer behandles i denne information:

- Gipsplader
- Stenuldsplader
- Kalciumsilikatplader
- Brandbeskyttende malinger
- Spraysystemer

Systemer som ikke behandles i denne information, men som kan være aktuelle:

- Mineraluldsfibre som spraysystem
- Udstøbning med beton i lukkede profiler
- Indstøbning i beton eller murværk
- Vermiculite
- Specialmørtel

Som tidligere nævnt skal systemet være prøvet og klassificeret i henhold til gældende standarder. Plade- og Sprayprodukter til brandbeskyttelse skal være prøvet iht. EN13381-4 og brandmalingsystemer iht. EN13381-8. Prøvningsresultaterne skal herefter klassificeres iht. EN13501-2

## Gipsplader, Produktbeskrivelse

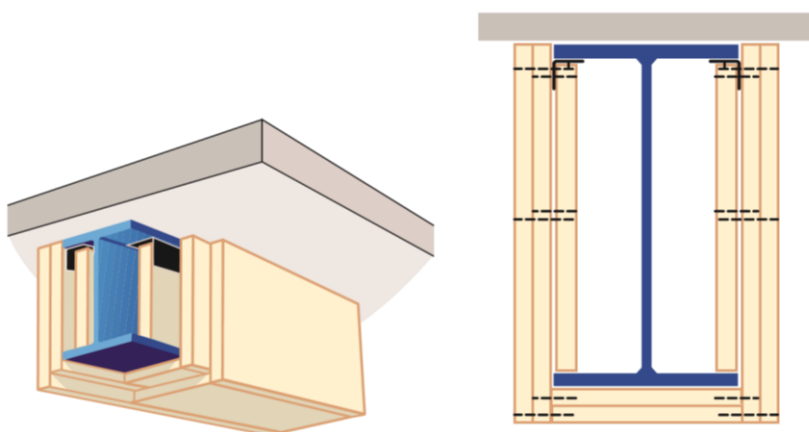
Gipsplader til brandsikring af stål er specielt fremstillede plader af ubrændbart materiale. De gængse systemer på markedet kan yde brandbeskyttelse i op til 120 minutter.

Den enkelte producent har typisk beregningsværktøjer eller tabeller til dimensionering af brandbeskyttelsen.

## Montering

Stålet brandbeskyttes med et eller flere lag brandgipsplade alt efter kravet til brandmodstanden. Montagen foretages typisk med skruer og hjørneprofiler, afhængig af producentens anvisning. De forskellige producenters produkter bør ikke blandes, idet sammensætningen af produkter er unik for brandbeskyttelsessystemet og afprøvningen af dette. Producentens anvisning bør derfor følges.

Eksempel på montage af gipssystem:





## Stenuldsplader incl hårdtpressede stenuldsplader

### Produktbeskrivelse

Ved brug af stenuldsplader til brandsikring af stål, anvendes der typisk plader med en densitet på minimum 150 kg/m<sup>3</sup>. Disse plader er tilstrækkeligt formstabile til at modstå en brand. De gængse systemer på markedet kan yde brandbeskyttelse i op til 120 minutter. Stenuldsplader er typisk tilgængelige både med og uden glasvæv.

Enkelte producenter har en kombineret løsning med stenuldsplader pålimet gips.

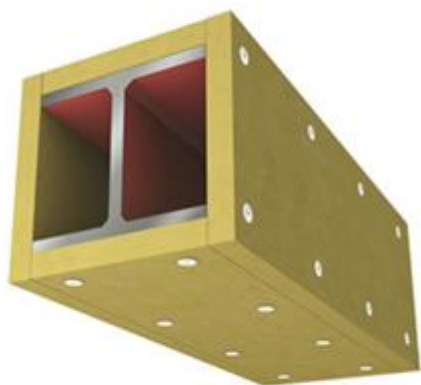
Den enkelte producent har typisk programmer eller tabeller til dimensionering af brandbeskyttelsen.

### Montering

Stålet brandbeskyttes typisk med et lag stenuldsplade. Tykkelsen fastsættes ud fra kravet til brandmodstanden.

Montagen kan foretages på flere måder. Ved klæbning, ved brug af skruer eller med svejsestrittere. De forskellige producenters produkter bør ikke blandes, idet sammensætningen af produkter er unik for brandbeskyttelsessystemet og afprøvningen af dette. Producentens anvisning bør derfor følges.

Eksempel på stenuldsplade monteret med svejsestrittere:



## Kalciumsilikatplader

### Produktbeskrivelse

Pladerne er typisk i intervallet ca. 250kg/m<sup>3</sup> og op til ca. 900kg/m<sup>3</sup>. Kalciumsilikat er et produkt, som bruges ved alle former for passiv brandsikring. Det kan være som brandadskillende konstruktion, brandbeskyttelse af stål eller som brandsikring af ventilationssystemer.

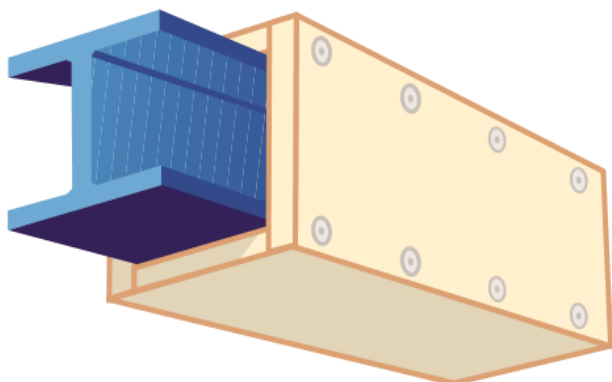
Kalciumsilikat beholder sin form, selv i miljøer med høj fugtighed. Det gør blandt andet pladerne egnede til montage tidligt i byggefasen.

Sammen med stenuldsprodukter, er kalciumsilikat plader en af de vægtemæssigt letteste former for brandbeskyttelse, forudsat der vælges produkter med lav densitet. I forhold til stenuld, er der her mulighed for at lave en overfladebehandling som man kender det fra fx gipssystemer.

### Montering

Sædvanligvis, kan kalciumsilikatpladerne monteres uden brug af skinne system eller yderligere monteringsprofiler. Typisk monteres der en laske i åbne profiler, hvorpå pladerne kan monteres med skudsøm, skruer eller klammer. Dette afhænger dog af den enkelte producents godkendelse.

Eksempel på montage af kalciumsilikatplader:



## Brandbeskyttende malinger

### Produktbeskrivelse

Brandbeskyttende malinger, beskytter stålet ved at ekspandere når de udsættes for høje temperaturer. Ekspansionen skaber et beskyttende lag rundt om profilet, som forsinker stålets temperaturforøgelse ved varmepåvirkningen.

Brandmalinger til stål ekspanderer 30-50 gange. Det kan derfor være nødvendigt at sikre minimumsafstande til tilstødende konstruktionsdele.

Moderne brandbeskyttende malinger, kan beskytte stålet i helt op til 120 minutter, nogle systemer endda længere. Brandmaling kan give et flot visuelt resultat, ved at bygningens bærende konstruktioner kan være synlige.

### Påføring

Brandbeskyttende malinger påføres typisk med rulle, pensel eller sprøjte. Det mest sædvanlige er påførsel med sprøjte, som også giver det flotteste resultat. Typisk kan brandmalinger påføres i 300-1000µm ad gangen, dog kan nogle systemer påføres i over 5000 µm. Typisk påføres der en grundmaling som korrosionsbeskyttelse af stålet og derefter en brandmaling. Nogle brandmalingsystemer kan dog påføres direkte på stålet.

Herefter kan der sluttes med en topmaling som dekor og/eller beskyttelse mod vejrlig.

Når brandmalingen er blevet påført, er det vigtigt at den hærder inden topmalingen påføres.

Hærdetiden afhænger af luftfugtighed, temperatur og luftskifte samt produkttype.

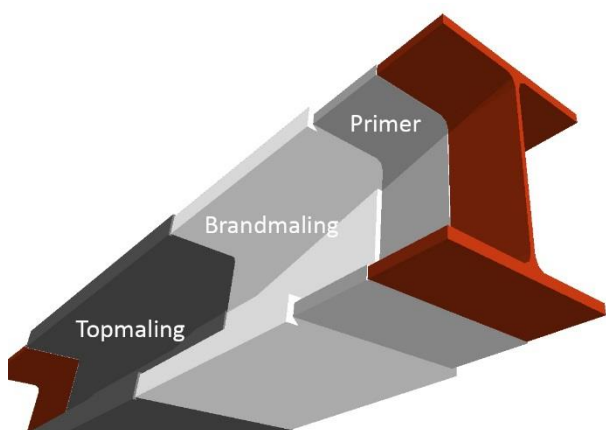
Under påføring- af samt efter hærdningen af malingen er det nødvendigt at foretage kontrolmåling af lagtykkelsen. Disse kontrolmålinger bør udføres iht. SikkerhedsBranchens vejledninger om brandmalede konstruktioner:

**- Vejledning for kontrolmåling af brandhæmmende maling på stålkonstruktioner.**

**September 2014**

**- Reparation, inspektion og vedligehold af brandmalede stålkonstruktioner. Undersøgelse af ukendt malingstype på stålkonstruktion der skal brandmales. Oktober 2015**

Eksempel på påføring af malingsystem:



## Spraysystemer

### Produktbeskrivelse

Sprayprodukter ekspanderer ikke men beskytter stålet mod brand i kraft af sin type og tykkelse.

Sprayprodukter findes i to hovedtyper tørmixet spray og vådmixet spray. Forskellen imellem disse er måden, hvorpå produktet blandes og påføres.

En tørmixet spray består af fibermateriale (fx mineraluld) blandet med en cementbinder. Trykluft sender blandingen frem til sprayslangens dyse, hvor der tilføres vand samtidig med at blandingen sprøjtes på underlaget.

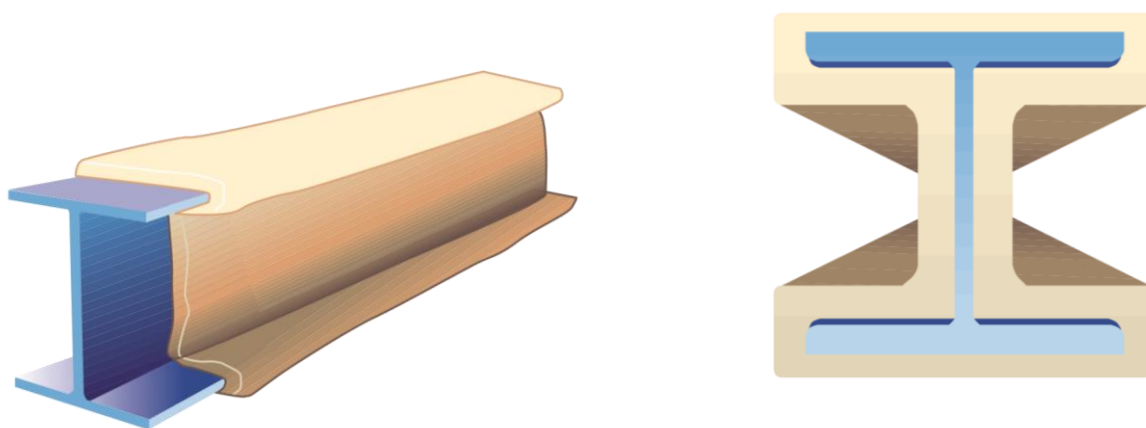
En vådmixet spray er fx baseret på vermikulite og cement eller gips. Denne spraytype bliver blandet med vand i en blandemaskine, inden den ved lavt tryk bliver pumpet til slangens dyse hvor der tilføres trykluft som sprøjter blandingen mod underlaget.

### Påføring

Spraysystemer kan normalt påføres underlag af stål. Nogle typer spray kan også påføres underlag af beton samt underlag af træplader/bjælker hvis der er monteret med net af strækmetal.

For mindre og åbne stålprofiler (fx HE..A, HE..B) fyldes flangerne ofte helt i stedet for at lade sprayen følge stålprofilets indvendige omkreds.

Vådmixet spray anvendes typisk til indendørs og semi-eksponerede klimaforhold. Tørmixet spray kan bl.a. påføres af fiber/gipsindholdet, typisk anvendes under indvendige klimaforhold.



## **BILAG:**

### **Krav i bygningsreglementet:**

#### **Bygningsreglement 2015, BR15**

##### **Kap. 4.2. stk. 1 Dimensionering af konstruktioner:**

Dimensionering af konstruktioner skal ske på grundlag af følgende Eurocodes med tilhørende danske annekser (pdf): (Se oversigt på: [http://bygningsreglementet.dk/br15\\_00\\_id69/0/42](http://bygningsreglementet.dk/br15_00_id69/0/42))

##### **Kap. 4.2. stk. 5 Dimensionering af konstruktioner:**

Der kan afviges fra bestemmelserne angivet i stk. 1, når det dokumenteres overfor kommunalbestyrelsen, at afvigelsen er forsvarlig.

##### **Kap. 5.3. stk. 1 Konstruktive forhold:**

Byggevarer og bygningsdele skal udføres, så personer i eller ved bygningen kan bringe sig i sikkerhed på terræn i det fri eller et sikkert sted i bygningen, og så redningsberedskabet har mulighed for redning af personer og sikre acceptable forhold for dyr samt for slukningsarbejde.

##### *Vejledningstekst:*

Bærende konstruktioner i traditionelt byggeri kan udføres med en brandmodstandsevne som beskrevet i eksempelsamling om brandsikring af byggeri.

Med hensyn til dimensionering af bærende konstruktioners bæreevne under brand henvises til Eurocodes, jf. kap. 4.2. Andre brandpåvirkninger kan anvendes, hvis de behandles som parametriske brande iht. DS/EN 1991-1-2 Brandlast med tilhørende DS/EN 1991-1-2 DK NA og brandbelastningen er dokumenteret.

Det nationale system for brandteknisk klassifikation af byggevarer og bygningsdele erstattes i de kommende år løbende af det nye europæiske system. For hver gruppe af byggevarer vil der være en overgangsperiode, hvor både det hidtidige og det nye europæiske system kan anvendes. I denne periode vil de hidtidige og de nye europæiske prøvningsmetoder og klassifikationer eksistere side om side.

Konstruktioner, der anvendes til brug ved udførelsen af et byggearbejde, er desuden reguleret i kap. 4.6.

##### **Kap. 5.3. stk. 2 Konstruktive forhold:**

Bygningsdele skal sammenbygges, så den samlede konstruktion i brandmæssig henseende ikke er ringere end kravet til de enkelte bygningsdele i konstruktionen.