

# Betonggjutning i kall väderlek

Temperaturens betydelse





# Betongens hållfasthetstillväxt

Vid all betonggjutning är de närmaste timmarna och dagarna efter gjutningen avgörande för betongens hållfasthetstillväxt.

Nedkylning gör att betongens hållfasthetstillväxt går långsammare. Entreprenören har stora möjligheter att påverka resultatet genom val av betongkvalitet, betongtemperatur, form och skyddsåtgärder. Ett gott arbetsutförande ger rätt kvalitet, höjd säkerhet och god ekonomi.

Denna skrift ger tips och råd för betonggjutning i kall väderlek. Den riktar sig till personal vid betongfabriker, entreprenörer, betongarbetare och andra som kommer i kontakt med betong i samband med gjutning.

Skriften baserar sig på praktiska erfarenheter från betonggjutningar samt på beräkningar med programmet Hett II.

Denna skrift fokuserar på förändringar i betongens tillstyvnad och hållfasthetstillväxt, vid olika utomhustemperaturer. Utöver detta finns också andra risker och konsekvenser av kyla, såsom

- ökad separation och blödning
- ökad risk för plastiska krympsprickor
- försämrade betongytor

Se även vår skrift "De första viktiga timmarna". Den behandlar problematiken med plastiska krympsprickor och visar på vikten av att täcka betongen direkt vid gjutningen.

# Betongens styrka växer med olika hastighet

När betongen blandas startar en kemisk process som så småningom ska ge en planerad sluthållfasthet. Denna är oftast bestämd med tanke på kommande belastningar och vilken påverkan från omgivande miljö som konstruktionen kommer att utsättas för.

Alla betongrecept har en "inbyggd" tillstyvnadstid innan själva hårdnandet kommer igång. Normalt startar detta efter några timmar. Avkylning under gjutning fördröjer starten av hårdnandet. Fortsätter avkylningen även i hårdnat tillstånd får betongen en långsam eller mycket liten hållfasthetstillväxt.

Utöver betongreceptet så påverkas betongens hållfasthetstillväxt av ett flertal faktorer som var och en har en avgörande inverkan på hårdnandeförloppet:

- Blandning och transport
- Gjutmetod
- Härdningsförhållande
- Formrivning
- Täckning och isolering av konstruktionen i samband med arbetsutförandet
- Täckning av konstruktionen efter formrivning

För att få önskad hållfasthetstillväxt måste man veta vilka faktorer som är mest styrande och planera gjutningen därefter.

Att uppnå rätt hållfasthet är mycket viktigt ur säkerhetssynpunkt. Före gjutningen bör man till exempel planera åtgärder mot avkylning av betongen i både färskt och hårdnat tillstånd. Vid val av betongrecept ska man ta hänsyn till de temperaturer man förväntar i olika delar av konstruktionen. Det blir oftast kallare i hörn, kanter, motgjutna ytor och mot avstängare.

Under gjutningen måste man ha kontroll på betongens temperatur. Detta är avgörande för betongens hållfasthetstillväxt, från första timmen och 7-10 dagar framåt.

Kontrollen är mycket viktig och de åtgärder man vidtar påverkar efterföljande arbetsmoment:

- När glättning kan utföras
- När formen kan rivas
- När konstruktionen kan belastas
- När spännkablar och spänntrådar kan spännas upp

Vintertid är det också viktigt att ta reda på när konstruktionen uppnår den kritiska hållfasthetsnivån 5 MPa. Fryser betongen innan denna hållfasthet uppnåtts är det stor risk för bestående låg hållfasthet med skador, eller i värsta fall ras, som följd.

Med god planering finns det stora möjligheter att komma upp i rätt hållfasthet vid önskad tidpunkt. Samspelet mellan betongreceptet och arbetsutförandet avgör om betongens hållfasthetstillväxt ska bli som planerats.



# Cement är bindemedlet

Cement blandat med vatten är det bindemedel (= lim) som påverkar såväl betongens färska egenskaper som dess sluthållfasthet. Betongreceptet lägger också grunden för betongens tidiga hållfasthetsegenskaper.

När vattnet första gången kommer i kontakt med det torra cementet startar omedelbart en kemisk process som i sin tur leder till att cementlimmet successivt kommer att hårdna. I regel startar hårdnandeprocessen några timmar efter blandning.

Alla cement levereras med en viss bindetid som är den tid det tar innan hårdnandet startar. Denna mäts enligt en standardiserad metod vid +20° C. Bindetiden är till för att man ska kunna hantera den färska betongen vid blandning, transport och gjutning. För betong brukar man tala om tillstyvnadstid istället för bindetid. Man bör vara medveten om att tillstyvnadstiden kan påverkas av olika faktorer. Till exempel kan ett tillsatsmedel ha en retarderande effekt, liksom avkyllning av betongen.

Den temperatur man får i betongen den första tiden efter gjutning styr både tillstyvnadstiden och hårdnandeförloppet.

Vid hårdnandet utvecklar cementet en hel del värme som kan vara till nytta för hållfasthetstillväxten.

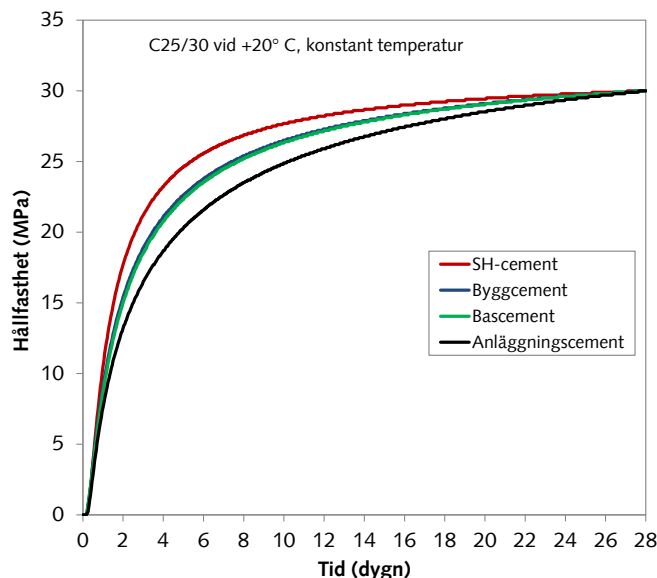
## Cementa har fyra cementsorter

Valet av cement och betongrecept påverkar alltså betongen i både färskt och hårdnat tillstånd. Cementas cementsorter är:

- Bascement
- Byggcement
- Snabbhårdnande cement (SH-cement)
- Anläggningscement

Cementen har olika karaktär med olika bindetid och hållfasthetstillväxt. De har också varierande värmeutveckling. Man kan exempelvis välja ett cement med snabb hållfasthetstillväxt och hög värmeutveckling eller ett med låg värmeutveckling och långsammare hållfasthetstillväxt.

Läs mer om våra cementprodukter på [www.cementa.se](http://www.cementa.se).



Figur 1. Hållfasthetstillväxt hos betong C25/30, i förhållande till vald cementsort, vid konstant temperatur +20° C.

# Cementets betydelse

## I färsk betong

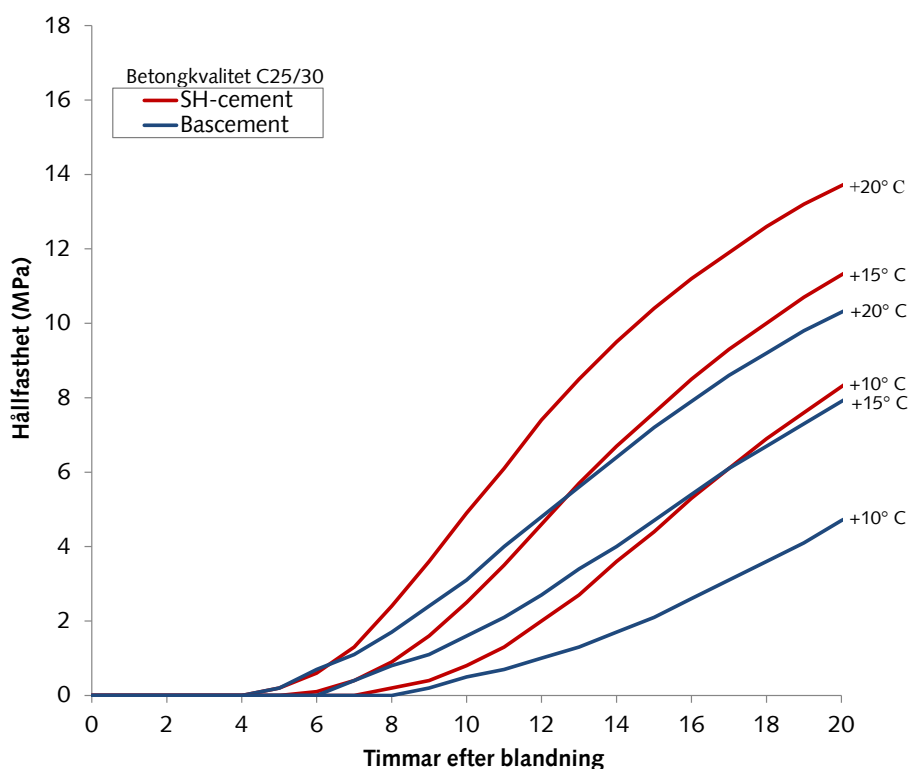
När man blandar, transporterar och gjuter är man starkt beroende av hur betongmassan beter sig i färskt tillstånd. Ju bättre egenskaper desto större förutsättningar finns att komprimera betongen och få kvalitetsmässigt bra konstruktioner. Det är cementet och betongreceptet som ger betongen dess egenskaper.

Så länge betongen är färsk utvecklar cementet ingen värme. Därför är det viktigt att "hushålla" med den värme betongen har från fabriken. Ju mera avkylning desto svårare får betonghärdningen att komma igång. Därför är det viktigt att täcka betongmassan direkt efter gjutning. Cement med kort bindetid och snabb hållfasthetstillväxt, såsom Snabbhärdande cement, förkortar den tid betongen är färsk och minskar risken för avkylning under denna period.

## Under härdning i konstruktionen

När härdningen kommer igång är det viktigt att följa upp betongen i den verkliga konstruktionen. Valet av tillsatsmedel, eventuell avkylning och inte minst vilken typ av konstruktion man gjuter inverkar. Temperaturutvecklingen har mycket stor betydelse för härdnandeförloppet. En grövre konstruktion producerar mera värme och kyls långsammare än en tunnare konstruktion som riskerar att kylas ned betydligt snabbare. I bägge fallen måste man vidta åtgärder för att behålla värmen i betongmassan.

SH-cement, d.v.s. ett cement med snabb värmeutveckling och hållfasthetstillväxt, ger bäst förutsättningar att bemöta avkylningseffekter. Åtgärder måste vidtas på bygget med hänsyn till betongreceptet och aktuell konstruktion.



Figur 2. Tillstyvnadstid och "snabbhet" hos betong med Bascement respektive SH-cement vid olika gjuttemperatur och omgivande temperaturer.

# Betongreceptet lägger grunden

## När betongen är färsk

En färsk betong ska klara många olika moment:

- Blandning i betongfabriken
- Transport till bygget
- Transport med till exempel pump, bask, ränna eller transportband
- Gjutning
- Vibrering

Betongmassans egenskaper avgörs av:

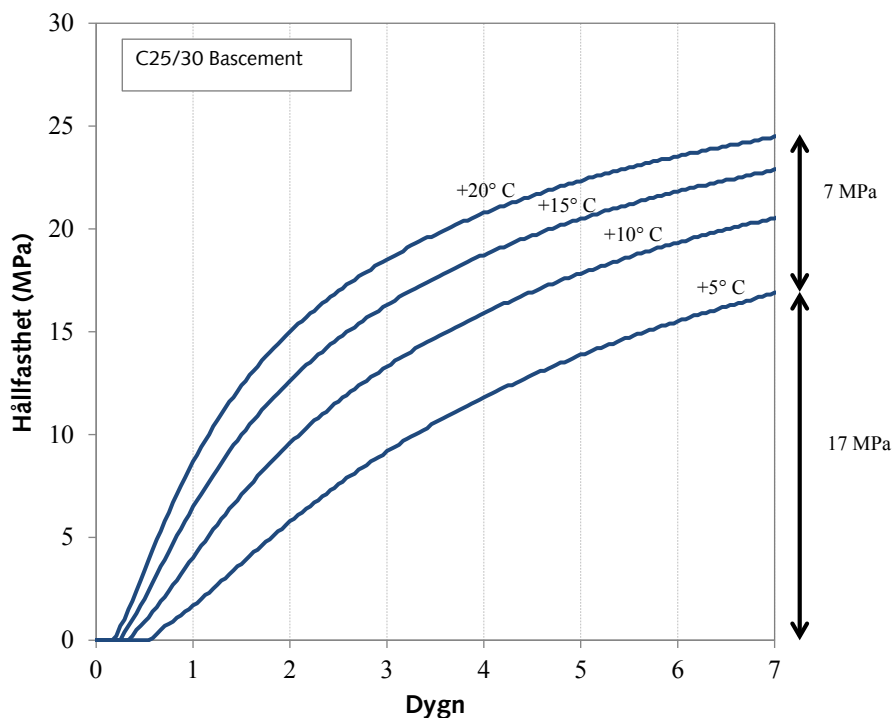
- Cementsort
- Cementmängd
- Vattencementtal, Vct
- Val av tillsatsmaterial
- Mängd och typ av tillsatsmedel.
- Ballasten och dess proportioner
- Betongtemperaturen

Om det vid gjutningen uppstår problem med exempelvis gjutbarhet, separation eller låg hållfasthetstillväxt, kan det bero på en eller flera av ovanstående faktorer.

## När den börjar hårdna

Efter gjutningen måste betongens hållfasthet växa så att efterföljande arbetsmoment kan utföras som planerat. Det viktiga är då:

- Betongens egenskaper vilka påverkas av
  - Cementsort
  - Vattencementtal (Vct)
  - Temperaturen i betongen
  - Mängd och typ av tillsatsmedel
- Arbetsutförande
- Väderförhållanden
- Mognadsutvecklingen. Beräkna i programmet Hett II.



Figur 3. Temperaturen påverkar betongens hållfasthetstillväxt. (konstant betongtemperatur).

# Betongen uppnår rätt hållfasthet

Alla betongkonstruktioner byggs med en viss i förväg planerad hållfasthet. Detta för att i framtiden klara både beständighet och belastningar. Dimensionerande hållfasthet i betong uppnås först efter 28 dygn vid temperaturen +20° C. Är betongen varmare uppnås hållfastheten tidigare. Är betongen kallare kan det ta betydligt längre tid än 28 dygn innan konstruktionen uppnår rätt hållfasthet.

Det är viktigt att kontrollera hållfasthetens utveckling i olika konstruktionsdelar, inte minst för att konstruktionen ska vara säker. Belastningarna kommer successivt under byggtiden. Det gäller då att veta vilken hållfasthet de bärande delarna har kommit upp till innan man bygger vidare med nya våningar.

På vägen till full hållfasthet måste betongen klara flera "etappmål":

**1 Tidig frysning.** Innan betongen får frysa måste den ha uppnått minst 5 MPa i alla delar av konstruktionen. När vattnet i betongen fryser uppstår ett inre tryck som kan ge betongen bestående skador, om hållfastheten är lägre än 5 MPa.

**2 Formrivning väggar.** Obelastade väggar kräver ofta en hållfasthet på 6-7 MPa för att formen ska kunna rivas. Men för att väggen så småningom ska kunna belastas måste den ha uppnått betydligt högre hållfasthet.

**3 Formrivning bjälklag.** Vid rivning av bärande formar för till exempel bjälklag ska betongen oftast ha uppnått minst 70% av sluthållfastheten. Ibland kan konstruktören ställa högre krav. Rivs formen för tidigt kan bjälklaget drabbas av nedböjningar med bestående sprickbildning.

Eftersom betong inte uppnår sin sluthållfasthet genast är det viktigt att kunna följa hållfasthetsutvecklingen. Speciellt vintertid då kylan kan göra att hållfasthetstillväxten helt enkelt stannar upp.

Det är också mycket viktigt att hållfastheten i väggar uppnår rätt hållfasthet innan de belastas med fler våningsplan. Det man måste komma ihåg är att lokal nedkylning och avdunstning av vatten under den första känsliga tiden under gjutningen kan göra att hörn och kanter lätt kan få bestående skador som inte kan repareras även om härdningen sköts exemplariskt senare under processen.



# Planering och uppföljning

## Planera för ett bra resultat

För att en gjutning ska ge önskat resultat krävs noggrann planering. Man bör tänka på att betongen ofta behöver växa i hållfasthet även efter formrivningen. Betongens hållfasthetstillväxt kan stanna upp nästan helt vid låga utetemperaturer. Vid minusgrader finns det risk för skador om betongmassan får frysa i tidigt skede, vilket även kan ge bestående skador. Redan i projekteringen gäller det att välja lösningar som ger bästa ekonomi i byggskedet.

Är betongens kvalitet förutbestämd måste byggåtgärderna anpassas för denna. Var särskilt uppmärksam på rådande väderlek vid gjuttillfället. Det kan vara både kallare och blåsigare än väntat och ibland betydligt kallare på nätterna. Då måste man förbereda gjutningen så att vädret inte förstör resultatet. Är inte receptet låst kan man till exempel välja högre cementmängd (= högre betongkvalitet). Kontrollera då att armeringen är dimensionerad för detta, då ökad cementmängd oftast ger mera krympning. Man kan också välja ett "snabbare" cement så att hållfasthetstillväxten sker snabbare.

Vid val av betongrecept bör man bland annat beakta:

- cementmängd
- cementsort
- eventuell retarderande effekt från tillsatsmedel
- betongtemperatur

De viktigaste åtgärderna kan göras på bygget. Bland annat bör man bedöma behovet av

- formisolering
- täckning
- uppvärmning av motgjutna ytor
- uppvärmning av den nygjutna betongen
- täckning av den nygjutna betongen
- täckning efter formrivning.

Betongen måste hela tiden hållas varm för att hårdna. Värmen kan komma antingen från cementets egenvärme, eller från tillförd varmluft/infravärme eller via ingjutna värmetrådar.

## Hett II + mognadsmätning

Den ekonomiskt optimala lösningen för betongrecept och byggåtgärder kan planeras med dataprogrammet Hett II. Där kan man också göra dagliga prognoser.

Med Hett II kan man beräkna temperatur och hållfasthet för 13 olika konstruktionstyper. Konstruktionstyp och grunddata ger aktuella värden som presenteras i olika diagram. Med Hett II kan man också snabbt räkna ut och meddela när det till exempel är dags för glättning utifrån rådande väder och temperatur. Med mognadsmätare får man bättre kontroll på hållfasthetens tillväxt i konstruktionen. Regelbunden mätning ger ökad kunskap om hur betong fungerar.



# Tillverkning och transport till bygget

## Följ upp och lär av resultatet!

Efter gjutningen bör man följa upp resultatet och jämföra med planeringen. Erfarenheterna förs sedan vidare till alla inblandade. Erfarenheter från andra gjutningar är också värdefulla och viktiga ur kvalitetssynpunkt.

## Förutsättningarna skapas i betongfabriken

När betongmassan tillverkas skapas den produkt som ska utgöra stommen i den nya byggnaden. Betongfabriken måste därför ha goda insikter i byggets planering och förutsättningar så att betongen kan ge rätt betingelser för resultatet. Beroende på byggets förutsättningar kan betongfabriken välja olika strategier för att betongen ska fungera optimalt. Betongfabriken och byggplatsen bör alltid ha en dialog om anpassning av betongreceptet och betongens begynnelse-temperatur i förhållande till väderleken.

## Påverkan sker från och med transporten

När betongen transporteras sker naturligtvis en påverkan på betongmassans temperatur. Vid långa transporttider och transportsträckor sker alltid en viss påverkan om det är kallt ute. Det kan bland annat bero på:

- Lassets storlek
- Transporttiden
- Vindens påverkan

Hur mycket temperaturen sjunker kan man inte säga generellt. Det bästa är att mäta betongmassans temperatur vid fabriken och sedan mäta igen när betongen levereras till bygget.

## Betongens hållfasthetstillväxt styrs av temperaturen

Om betongen inte härdar som planerat bör man snabbt vidta åtgärder. Kontakta betongfabriken och hör vad de kan göra.

- Ändra på betongreceptet?
  - Cementhalt
  - Cementsort
  - Högre starttemperatur

... och vad kan man göra själv?

- Ändra på arbetsutförandet?
  - Täcka
  - Isolera formen
  - Väderskydda
  - Tillföra värme

## TIPSRUTA

- 2-3° C högre betongtemperatur kan kompensera för den avkylning som alltid sker under transporten.
- Vid kall väderlek bör betongfabriken vara noga med dosering och val av flyttillsatsmedel. Flytmedel förlänger ofta betongens tillstyvnadstid på samma sätt som kyla.
- Vid kall väderlek kan man använda Snabbhårdnande cement. Det ger en snabbare hållfasthetstillväxt.

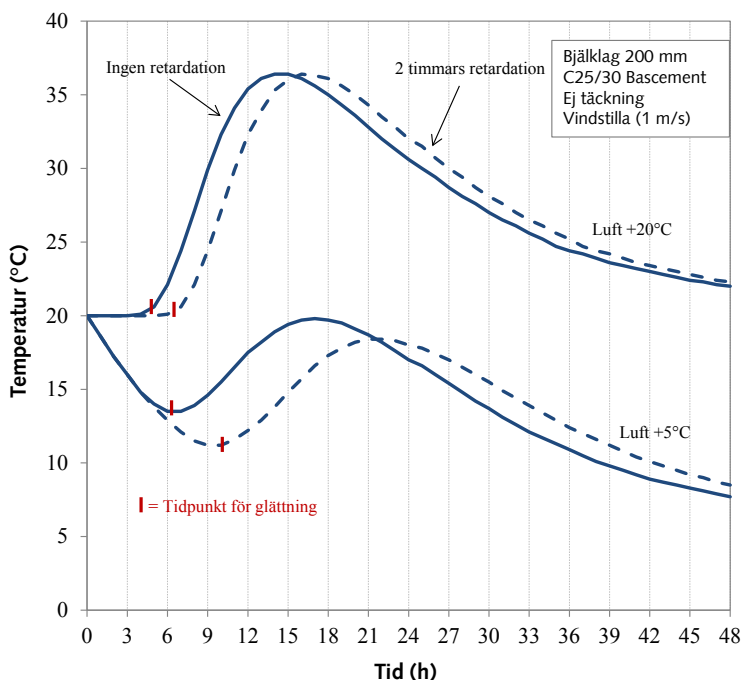
# Mottagning, transport till form och gjutning

När betongen tas emot på byggarbetsplatsen gäller det att minimera den avkylning som kan uppstå under mottagning, hantering och under själva gjutningen.

Omgivande luft och kontakten mot kallare ytor, till exempel mark, pelare eller väggtoppar, sänker betongens temperatur. Gjutning av platta på mark samt tunna bjälklag löper störst risk för avkylning vid kall väderlek och/eller blåst. Framförallt blåst har mycket stor inverkan på avkylningen. Värmen blåser helt enkelt bort. För att effektivt motverka avkylning bör betongmassan täckas direkt i samband med gjutningen.

Små och tunna konstruktioner kyls snabbare än tjocka konstruktioner och kräver därför större omsorg för att inte påverkas negativt av blåst och kyla. Betongen ska därför hanteras så att väderleken inte påverkar betongens avsedda kvalitet. Mät kontinuerligt betongens temperaturer och hållfasthetstillväxt. Väder och vind får inte legitimera ett dåligt gjutresultat.

Om ett sämre resultat beror på "dåligt väder" så har man inte planerat gjutningen på rätt sätt i förhållande till rådande förutsättningar.



Figur 4. Härdförloppet i betongmassan kan fördröjas av lägre utomhustemperatur och vid retardation orsakad av t.ex. tillsatsmedel.

## TIPSRUTA

- Försök att bevara betongmassans temperatur från fabrik under transporten till och på arbetsplatsen.
- Tunna konstruktioner löper större risk för snabbare avkylning än konstruktioner med större betongvolym.
- Vind ökar risken för avkylning.
- Täck nygjutna betongytor så snabbt som möjligt så att de skyddas från avkylning.
- Skydda även gjutformen mot avkylning.
- Avkylning av färsk betong fungerar ungefär på samma sätt som en retardering från ett tillsatsmedel.

# Betongens hållfasthet växer successivt...

...om den inte störs av yttre förhållanden

Det är alltid viktigt att betongens hållfasthet utvecklas i den takt som är planerad. För hastig avkylning kan senarelägga glättning och fördröja formrivning, vilket ger störningar och ökade kostnader i projektet. Fungerar inte härdningen som planerat bör man omgående ändra på förutsättningarna.

## Betongreceptet

Enklast är att i dialog med betongtillverkaren ändra i betongreceptet och betongtemperaturen. Tillverkaren har stor erfarenhet och en mängd alternativ som ni kan diskutera er fram till.

## Täckning

Genom att täcka betongytan direkt vid gjutningen kan man bevara betongens egen värme och minska risken för avkylning.

## Uppvärmning

Uppvärmning av formen/betongen är en tredje lösning för att hindra betongens avkylning. En möjlig lösning är att gjuta in värmetråd i särskilt utsatta delar av konstruktionen.

## Säkerhet

Att uppnå rätt hållfasthet i betongen är en mycket viktig säkerhetsfråga. Det är också en viktig kvalitetsfråga.



# När betongen härdar

## Härningsskedet

Betongen börjar bli hård när betongens tillstyvnad är avslutad och cementets värmeutveckling kommer igång. Härningförloppet är beroende av dels den värme som finns i betongmassan från början och dels den värme som cementet utvecklar i betongen.

Entreprenören kan på ett påtagligt sätt påverka betongens hållfasthetstillväxt genom att bevara betongens temperatur vid gjutningen samt att behålla den egenvärme som cementet producerar i betongen när härningprocessen kommer igång. Det är viktigt att snabbt täcka oskyddad betong.

Härningen kommer då fortare igång och man undviker hastig fuktavgång, vilket kan ge risk för plastiska krympsprickor.

Att snabbt få upp hållfastheten till normala nivåer höjer dessutom kvaliteten och minskar risken för att betongen ska drabbas av exempelvis yt- och belastningsskador. Det är därför viktigt att arbetsutförandet planeras mycket noga så att hänsyn tas till omgivande faktorer. Väder och vind har minst lika stor inverkan på gjutresultatet som betongreceptet och arbetsutförandet i övrigt.

## Tänk på att...

... bevaka och ha beredskap för snabba skiften i vind och lufttemperatur.

... det kan vara stora temperaturskillnader mellan dag och natt.

... det kan vara kallt även höst och vår.

... fria betongytor är mest utsatta för avkylning och avdunstning.

... +10° C och lägre kan ge problem med betongens hållfasthetstillväxt.

## TIPSRUTA

- Beräkna den förväntade avkylningen under gjutningsskedet och fram till att härningprocessen planeras starta med hjälp av Hett II.
- Mät betongens temperatur vid fabriken och när den anländer till bygget.
- Se till att den färska betongens temperatur sjunker så lite som möjligt.
- Överväg SH-cement vid risk för kraftig avkylning.
- Ju lägre starttemperatur på betongen desto senare startar härningprocessen.
- Det är betydligt effektivare och mera ekonomiskt att behålla betongens egenvärme, än att tillföra värme utifrån eller med ingjutna värmetrådar.
- Följ betongens temperatur- och mognadsutveckling.



# Sammanfattning

## Betongen

- Betongens hårdnande är en kemisk reaktion som är mycket temperaturberoende.
- Ta reda på betongreceptets tillstyvnadstid.
- Färsk betong har ingen egen värmeutveckling. Först när cementreaktionen kommer igång utvecklar betongen egen värme.
- Tillsatsmedel i betongen kan fördröja cementreaktionens start.
- Kombination av fördröjande tillsatsmedel och avkylning kan ge dubbel fördröjning av betonghårdningen.

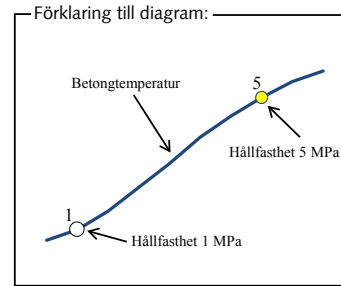
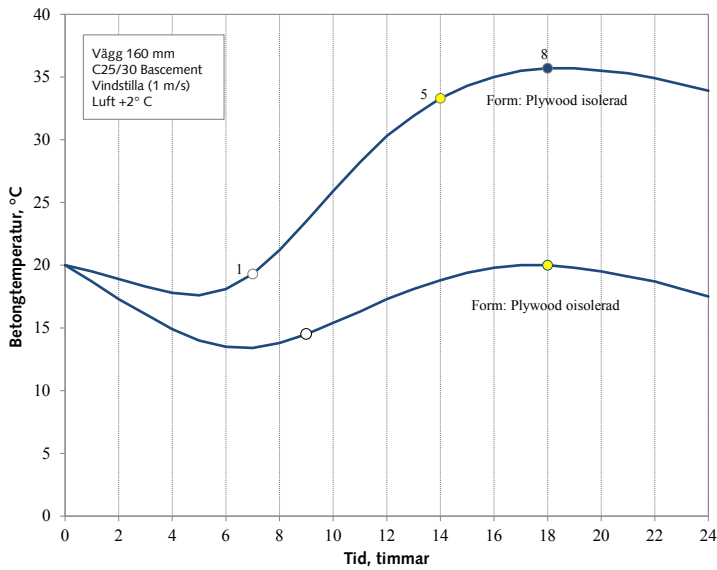
## På bygget

- Planera noga valet av betong och arbetsmetod. Välj betongrecept med hänsyn till förväntad väderlek vid gjutning och hårdning.
- Beakta risken för avkylning av färsk och hårdnande betong. Avkylning ger längre tillstyvnadstid och fördröjd hårdningsprocess.
- Vinden har stor avkylningseffekt.
- Betongen kyls under transport och gjutning. Mät och kontrollera hur mycket!
- Kraftig avkylning vid betonggjutning kräver ofta värmetillskott för att hårdningsprocessen ska gå snabbare.
- Utnyttja betongens egen värmeutveckling så långt det är möjligt. Den kan, rätt utnyttjad, vara den enda värme som behövs. Isolera formytorna och täck snabbt alla fria betongytor.
- Med dataprogrammet Hett II kan man beräkna och planera för de insatser som behövs.

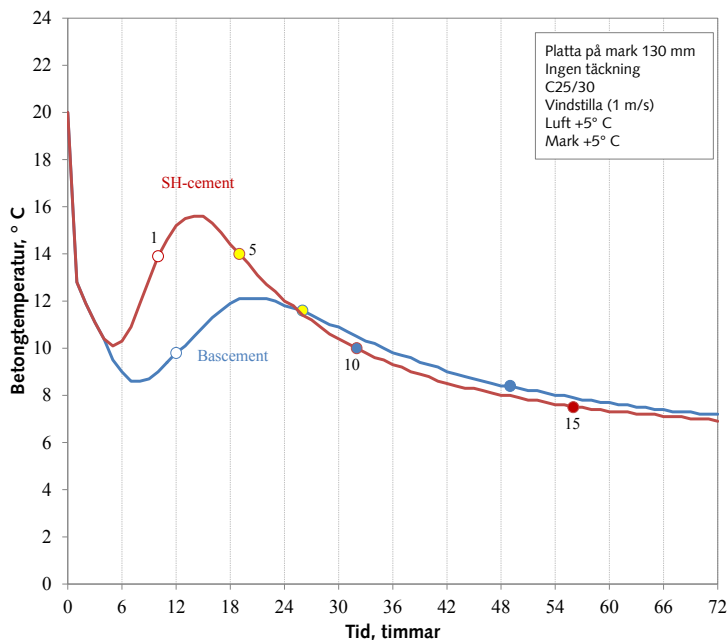
- Mät och följ temperaturen i luft och betong under hårdningsprocessen.
- Isolera formar och täck alla fria betongytor. Detta är också viktigt för att förhindra plastiska krympsprickor.
- SH-cement ger kraftigare värmeutveckling och når snabbare rätt betonghållfasthet.
- Tunna konstruktioner med stora fria ytor i förhållande till betongvolymen avkyls snabbt. Detta gäller både färsk och hårdnad betong.
- Täck direkt efter formrivning så att hållfastheten kan växa vidare samt för att undvika sprickor på grund av temperaturchock om betongen är varm vid formrivningen.
- Hörn, kanter och fria ytor är alltid mer utsatta för avkylning.
- Gjutning mot kalla ytor kan också fördröja betongens mognadsutveckling.



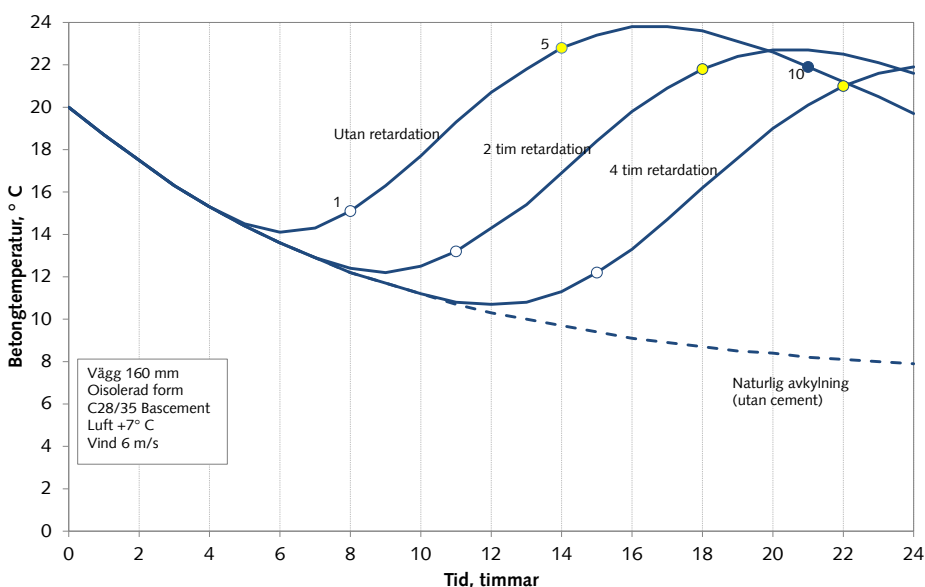
# Åtgärder i diagramform



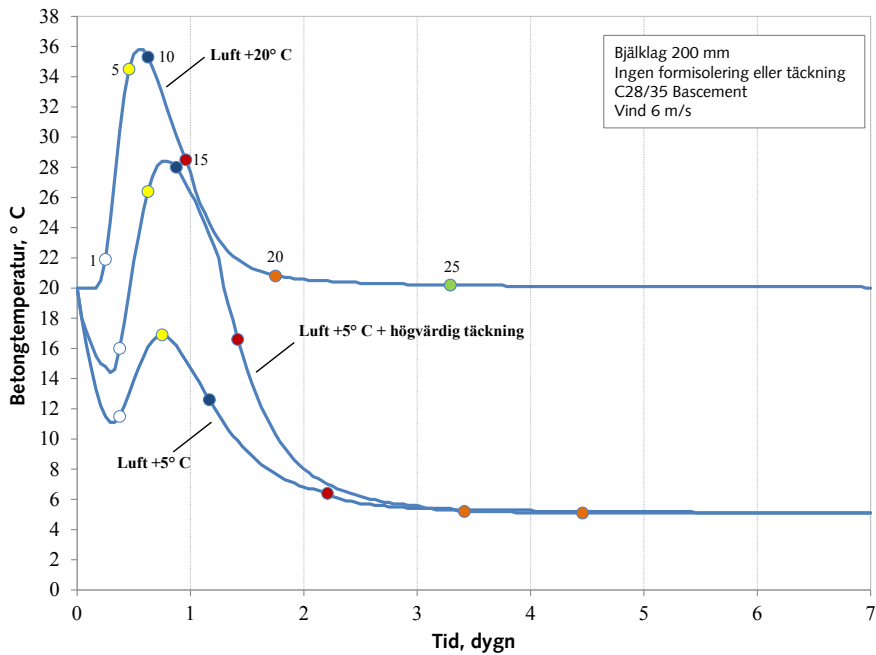
Figur 5. Isolering kan minska formrivnings-tiden. Betongens hållfasthet är i detta fall 60 procent högre efter 16 timmar om formen är isolerad.



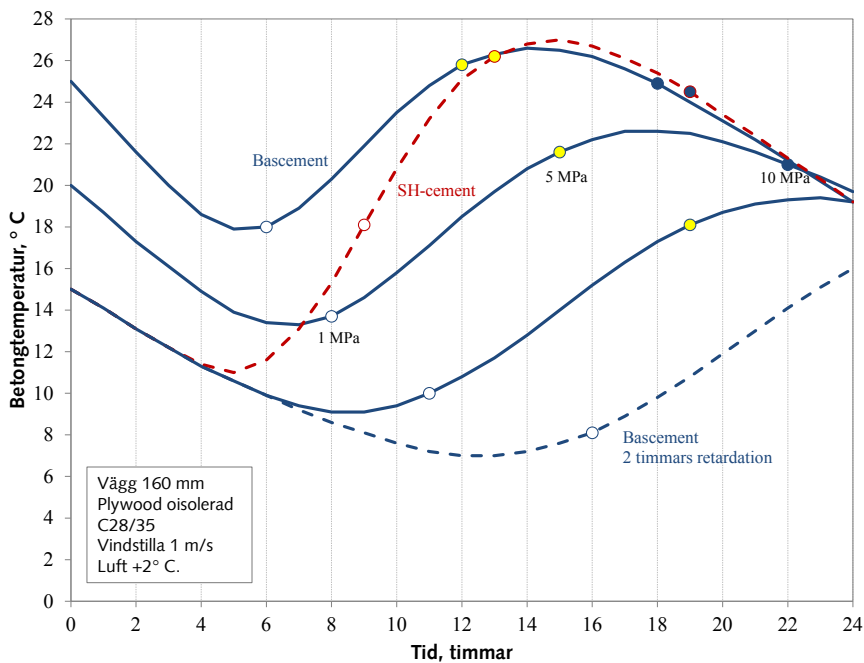
Figur 6. SH-cement ger betongen snabbare start och hållfasthetstillväxt vid låga temperaturer. Efter 24 timmar är hållfastheten ca 60 procent högre än för Bascement. I detta exempel uppnås 5MPa hållfasthet 7 timmar tidigare med SH-cement än med Bascement.



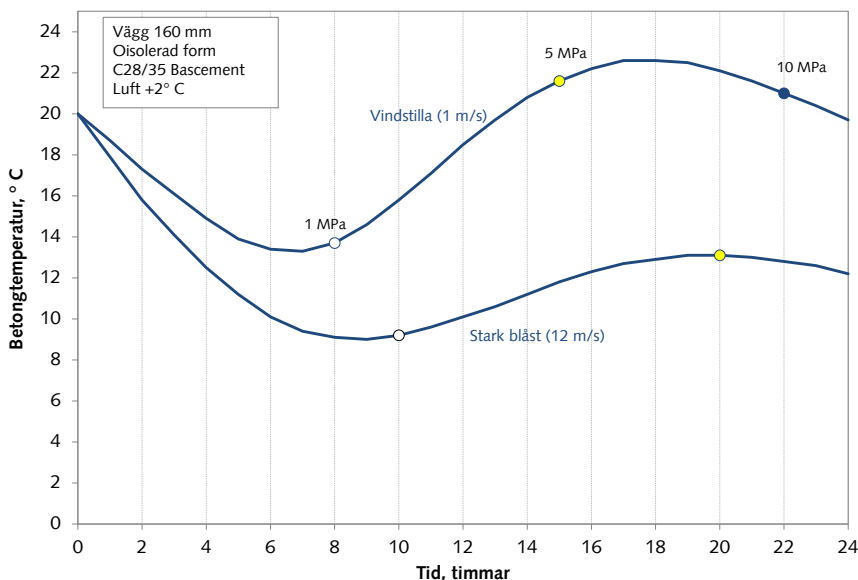
Figur 7. Senare start av cementreaktionen ger en kraftigare avkylning och därmed en långsammare hållfasthetstillväxt.



Figur 8. Vid förändring av lufttemperaturen, från +20° C till +5° C, minskar hållfastheten drygt 40 procent vid ett dygns ålder. Högvärdig täckning vid lufttemperaturen +5° C ger en betydande förbättring av betongens hållfasthetstillväxt.



Figur 9. Exempel på utgångstemperatures inverkan på betongens hållfasthetsutveckling. SH-cement ger vid låg utgångstemperatur betydligt bättre hållfasthetstillväxt än Bascement.



Figur 10. Exempel på vindens avkylningseffekt på betongen i en oisolerad väggform.

**CEMENTA**  
HEIDELBERGCEMENT Group

**Cementa AB**

Box 47210

100 74 Stockholm

Telefon 08-625 68 00

Fax 08-753 36 20

[info@cementa.se](mailto:info@cementa.se)

[www.cementa.se](http://www.cementa.se)

*Fotograf bilder i trycksak: Daniel Hertzell*