



Betonggjutning i kall väderlek

cement.heidelbergmaterials.se

I kall väderlek

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.

Den här broschyren ger tips och råd för betonggjutning i kall väderlek. Den riktar sig till personal på betongfabriker, entreprenörer, betongarbetare och andra som kommer i kontakt med betong i samband med gjutning. Broschyren baserar sig på praktiska erfarenheter från betonggjutningar samt på beräkningar med programmet HETT²². Denna broschyr fokuserar på förändringar i betongens tillstyvnad och hållfasthetstillväxt, vid olika utomhustemperaturer. Utöver detta finns också andra risker och konsekvenser av kyla.

Exempel:

- Ökad separation och blödning
- Ökad risk för plastiska krympsprickor
- Försämrade betongytor



De första viktiga timmarna

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

Flera faktorer styr

Betongens styrka växer med olika hastigheter

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.

Viktigt ur säkerhetssynpunkt

För att få önskad hållfasthetstillväxt måste du veta vilka faktorer som är mest styrande och planera gjutningen därefter. Att uppnå rätt hållfasthet är mycket viktigt ur säkerhetssynpunkt. Före gjutningen bör du till exempel planera åtgärder mot avkylning av betongen i både färskt och hårdnat tillstånd. Vid val av betongrecept ska du ta hänsyn till de temperaturer du förväntar i olika delar av konstruktionen. Det blir oftast kallare i hörn, kanter, motgjutna ytor och mot avstängare. Under gjutningen måste du ha kontroll på betongens temperatur. Detta är avgörande för betongens hållfasthetstillväxt, från första timmen och 7 – 10 dagar framåt.

Under 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 planerat.

Faktorer som påverkar betongens hållfasthetstillväxt:

- Betongsammansättning
- Cementsort
- Mängd tillsatsmaterial
- Härdningsförhållande
- Formrivning
- Täckning och isolering av konstruktionen i samband med arbetsutförandet
- Täckning av konstruktionen efter formrivning

Arbetsmoment som påverkas av betongens hållfasthetstillväxt:

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



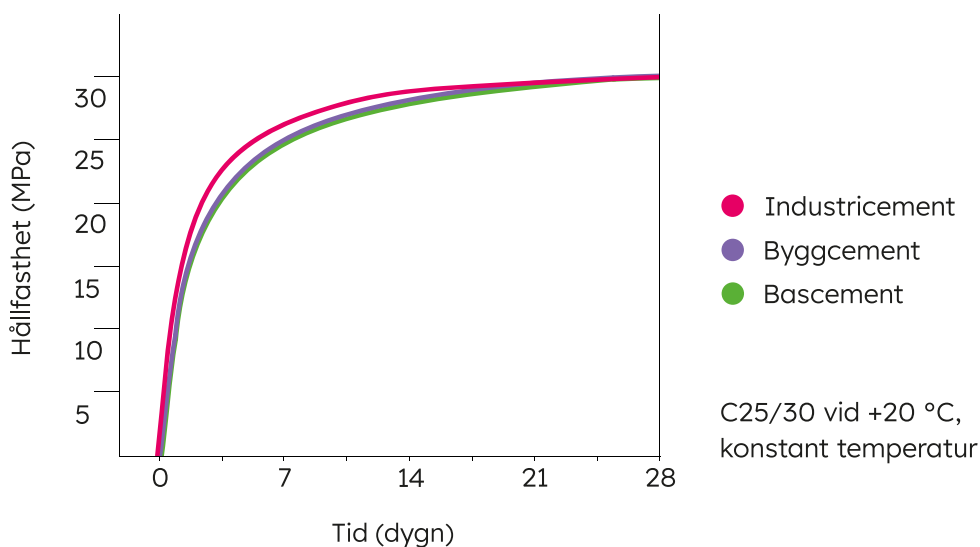
Cement är bindemedlet

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

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 du ska kunna hantera den färska betongen vid blandning, transport och gjutning. För betong brukar man tala om tillstyvnadstid istället för bindetid. Du bör vara medveten om att tillstyvnadstiden kan påverkas av olika faktorer. Till exempel kan ett tillsatsmedel ha en retarderande effekt, liksom mängd tillsatsmaterial samt avkylning av betongen.

Den temperatur du 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. Valet av cement och betongrecept påverkar alltså betongen i både färskt och hårdnat tillstånd. Cementen har olika karaktär med olika bindetid och hållfasthetstillväxt. De har också varierande värmeutveckling. Du kan exempelvis välja ett cement med snabb hållfasthetstillväxt och hög värmeutveckling eller ett med låg värmeutveckling och långsammare hållfasthetstillväxt.



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

Heidelberg Materials cementsorter är:

- 01 Bascement
- 02 Byggcement
- 03 Industriement
- 04 Anläggningscement FA

Cementets betydelse

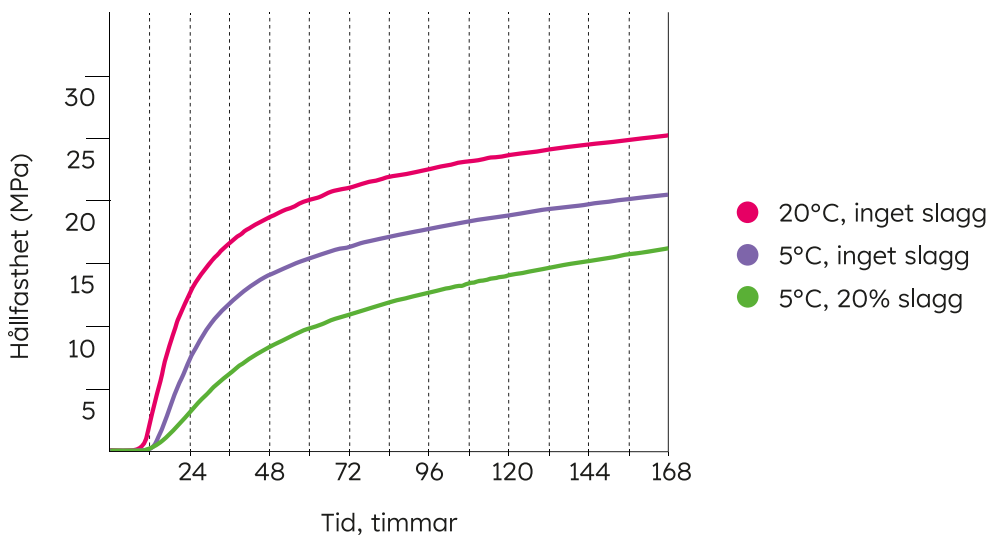
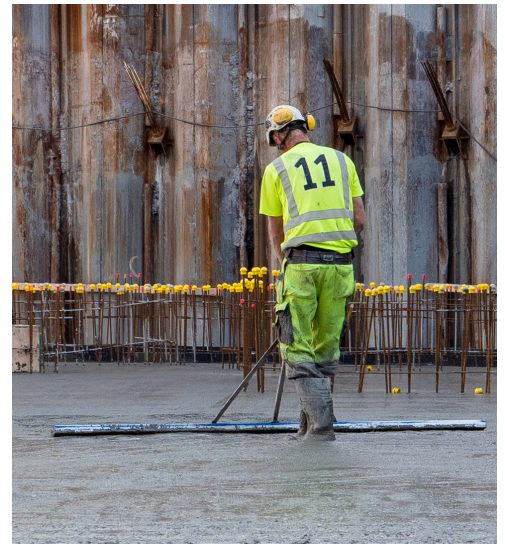
Betongmassan i färskt tillstånd

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 mer avkylning desto svårare för betonghärdningen att komma igång. Därför är det viktigt att täcka betongmassan direkt efter gjutning. När betong med inblandning av tillsatsmaterial används kommer tillstyvnadstiden att öka och därmed ökar även risken för att betongen kyls av och att härdningstiden förlängs.

Under härdning i konstruktionen

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

”Vidta åtgärder för att behålla värmen i betongmassan.”



Figur 2. Hållfasthetstillväxt hos betong. C25/30, med och utan slaggtillsats, vid temperatur +20°C respektive +5°C.

Betongreceptet lägger grunden

När betongen är färsk

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

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:

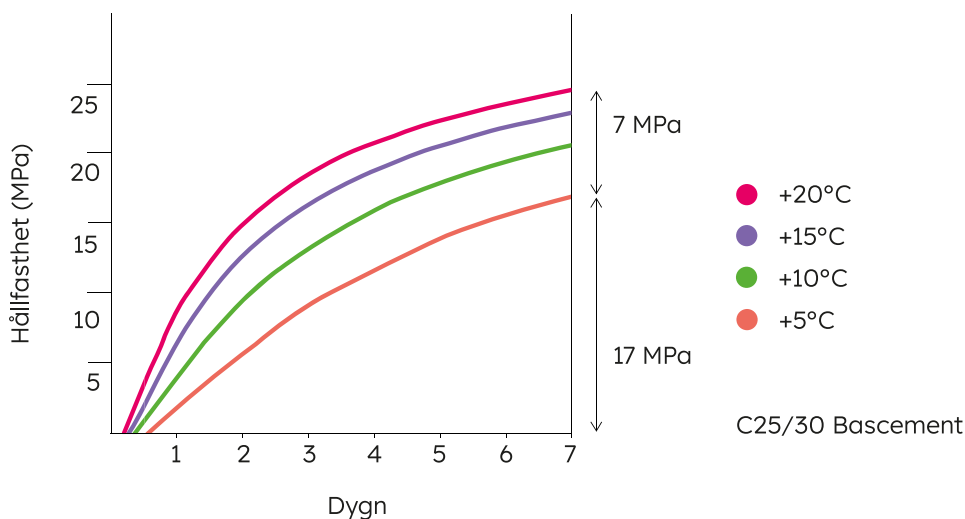
- Cementsort
- Cementmängd
- Vattencementtal, Vct
- Val av tillsatsmedel
- Mängd och typ av tillsatsmaterial
- Ballastens egenskaper
- Betongtemperatur

När betongen börjar hårdna

Efter gjutningen måste betongens hållfasthet växa så att efterföljande arbetsmoment kan utföras som planerat.

Betongens egenskaper påverkas av

- Cementsort
- Mängd och typ av tillsatsmaterial
- Vattencementtal (Vct)
- Temperaturen i betongen
- Arbetsutförande
- Väderförhållanden
- Mognadsutvecklingen.



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

Betongen uppnår rätt hållfasthet

Alla betongkonstruktioner byggs med en, i viss 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 du bygger vidare med nya våningar.

På vägen till full hållfasthet måste betongen klara flera ”etappmål”

- 01 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.
- 02 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.
- 03 Formrivning bjälklag.** Vid rivning av bärande formar för till exempel bjälklag ska betongen oftast ha uppnått minst 70 procent 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 under 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 du 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.

”Dimensionerande hållfasthet i betong uppnås först efter 28 dygn.”



Planera för ett bra resultat

Planering och uppföljning

För att en gjutning ska ge önskat resultat krävs noggrann planering. Du bör tänka på att betongen ofta behöver växa i hållfasthet även efter formrivningen. Betongens hållfasthetstillväxt kan nästan helt stanna upp vid låga utetemperaturer. Vid minusgrader finns det risk för skador om betongmassan fryser i tidigt skede, vilket även kan ge bestående skador. Redan i projekteringen gäller det att välja lösningar som ger bäst 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 du förbereda gjutningen så att vädret inte förstör resultatet. Är inte receptet låst kan du till exempel välja högre cementmängd (= högre betongkvalitet). Kontrollera då att armeringen är dimensionerad för detta, då ökad cementmängd oftast ger mer krympning. Du kan också välja ett "snabbare" cement så att hållfasthetstillväxten sker snabbare.

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.

HETT²² och mognadsmätning

Den ekonomiskt optimala lösningen för betongrecept och byggåtgärder kan planeras med dataprogrammet HETT²². Där kan du också göra dagliga prognoser.

Med HETT²² kan du beräkna temperatur och hållfasthet för många olika konstruktionstyper. Konstruktionstyp och grunddata ger aktuella värden som presenteras i olika diagram. Med HETT²² kan du också snabbt räkna ut och meddela när det till exempel är dags för glättning utifrån rådande väder och temperatur. Med mognadsmätare får du bättre kontroll på hållfasthetens tillväxt i konstruktionen. Regelbunden mätning ger ökad kunskap om hur betong fungerar.

”Med HETT²² kan du beräkna temperatur och hållfasthet för vanliga konstruktionstyper.”

Vid val av betongrecept bör du bland annat ta hänsyn till:

- Cementmängd
- Cementsort, tillsatsmaterial
- Eventuell retarderande effekt från tillsatsmedel
- Betongtemperatur

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

- Formisolering
- Täckning
- Uppvärmning av motgjutna ytor
- Uppvärmning av den nygjutna betongen
- Täckning av den nygjutna betongen
- Täckning efter formrivning

Tillverkning och transport till bygget

Följ upp och lär av resultatet

Efter gjutningen bör du 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 begynnelsestemperatur 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:

- Lastens 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 du snabbt vidta åtgärder. Kontakta betongfabriken och hör vad de kan göra.

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

... och vad kan du göra själv?

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

Tips

- 2 – 3° C högre betongtemperatur kan kompensera för den avkyllning som alltid sker under transporten.
- Vid kall väderlek bör betongfabriken vara noga med dosering och val av flyttillsatsmedel. Flyttillsatsmedel förlänger ofta betongens tillstyvnadstid på samma sätt som kyla.
- Vid kall väderlek bör du beakta mängden tillsatsmaterial i recepten. Större mängder kan påverka betongens tillstyvnadstid negativt.



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.

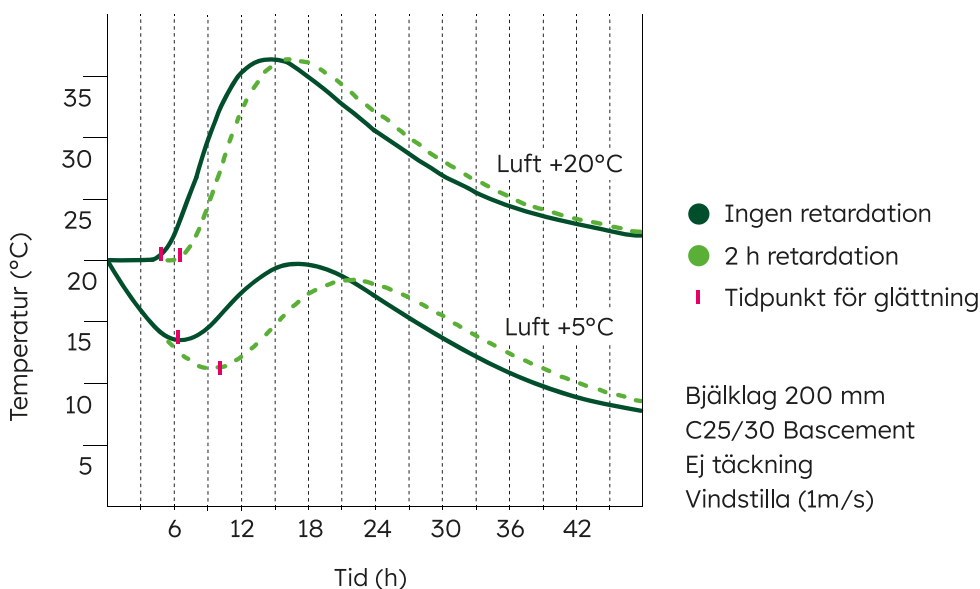
Omgivande luft och kontakten mot kallare ytor, till exempel mark, pelare eller väggtoppar, sänker betongens temperatur. Gjutning av platta på mark samt tunna bjälklag löper störst risk för avkylning vid kall väderlek och/eller blåst. Framförallt blåst har mycket stor inverkan på avkylningen. Värmen blåser 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 gjutningsresultat.

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

Tips

- 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.



Figur 4. Härdningsförloppet i betongmassan kan fördröjas av lägre utomhustemperatur och vid retardation orsakad av till exempel tillsatsmaterial.

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 du 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 och uppvärmning

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

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

När betongen härdar

Härdningsskedet

Betongen börjar bli hård när betongens tillstyvnad är avslutad och cementets värmeutveckling kommer igång. Härdningsförloppet 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 härdningsprocessen kommer igång. Det är viktigt att snabbt täcka oskyddad betong. Härdningen kommer då fortare igång och du 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 gjutningsresultatet 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.



Tips

- Beräkna den förväntade avkylningen under gjutningsskedet och fram till att härdningsprocessen planeras starta med hjälp av HETT²².
- Mät betongens temperatur vid fabriken och när den anländer till bygget.
- Se till att den färska betongens temperatur sjunker så lite som möjligt.
- Överväg Industricement vid risk för kraftig avkylning.
- Ju lägre starttemperatur på betongen desto senare startar härdningsprocessen.
- Det är betydligt effektivare och mer ekonomiskt att behålla betongens egenvärme, än att tillföra värme utifrån eller med ingjutna värmestrådar.
- Följ betongens temperatur- och mognadsutveckling.

Sammanfattning

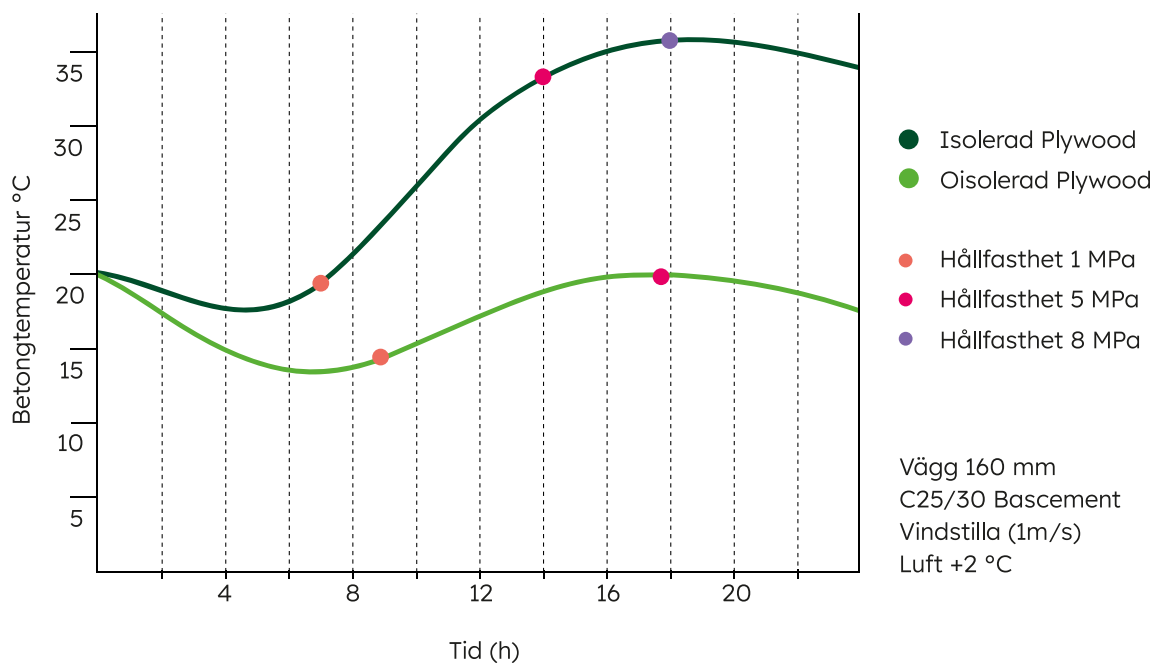
På bygget

- Planera noga valet av betong och arbetsmetod. Välj betongrecept med hänsyn till förväntad väderlek vid gjutning och härdning.
- Beakta risken för avkylning av färsk och hårdnande betong. Avkylning ger längre tillstyvnadstid och fördröjd härdningsprocess.
- Vinden har stor avkylningseffekt.
- Betongen kyls under transport och gjutning. Mät och kontrollera hur mycket!
- Kraftig avkylning vid betonggjutning kräver ofta värmetillskott för att härdningsprocessen ska gå snabbare.
- Utnyttja betongens egen värmeutveckling så långt det är möjligt. Den kan, rätt utnyttjad, vara den enda värme som behövs. Isolera formytor och täck snabbt alla fria betongytor.
- Med dataprogrammet HETT²² kan du beräkna och planera för de insatser som behövs.
- Mät och följ temperaturen i luft och betong under härdningsprocessen.
- Isolera formar och täck alla fria betongytor. Detta är också viktigt för att förhindra plastiska krympsprickor.
- 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.

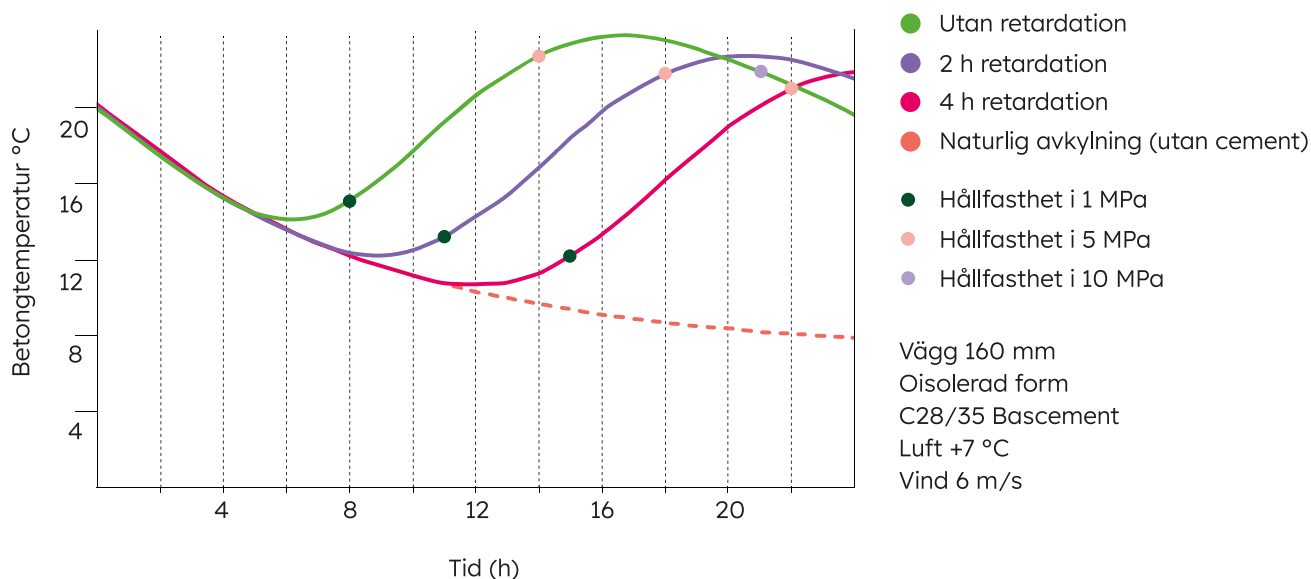
Betongen

- Betongens hårdnande är en kemisk reaktion som är mycket temperaturberoende.
- Först när cementreaktionen kommer igång utvecklar betongen egen värme.
- Ta reda på betongreceptets tillstyvnadstid.
- Tillsatsmedel kan fördröja cementets reaktion.
- Kombination av fördröjande tillsatsmedel och avkylning kan ge dubbel fördröjning av betonghärdningen.

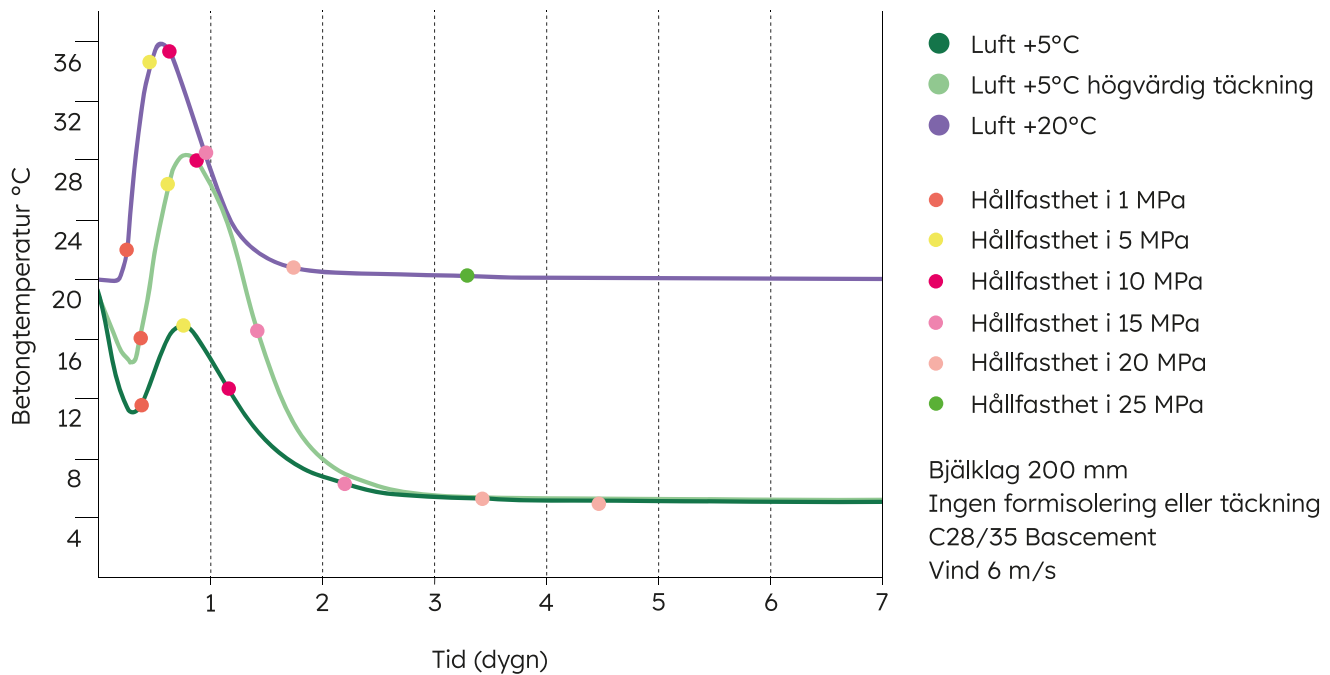
Åtgärder i diagramform



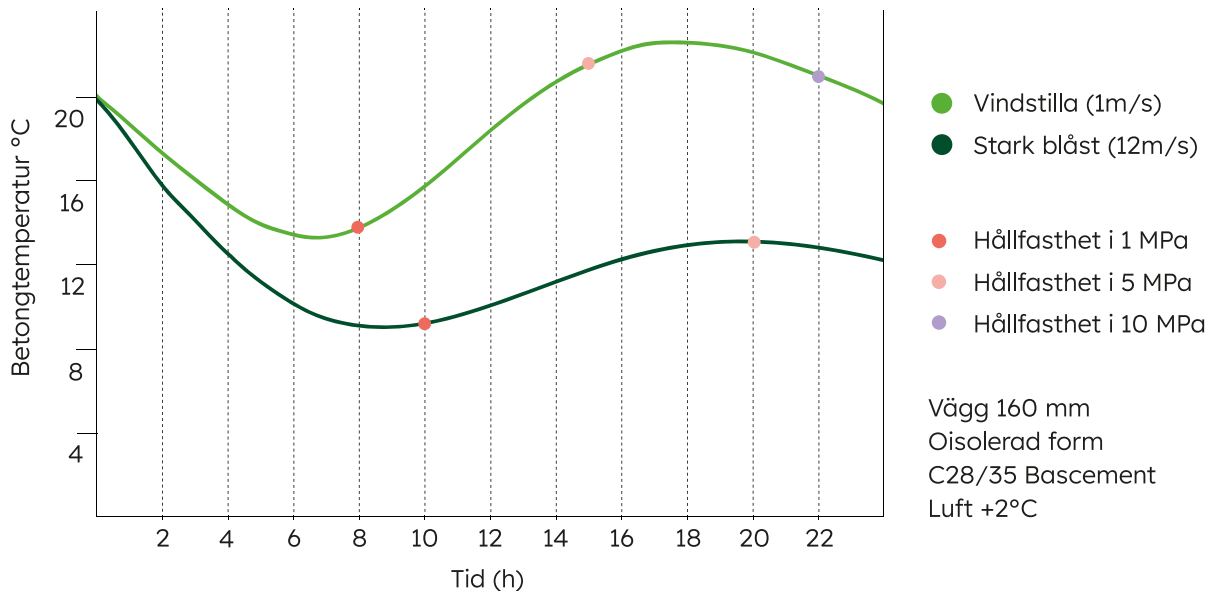
Figur 5. Isolering kan minska formrivningstiden. Betongens hållfasthet är i detta fall 60 procent högre efter 16 timmar om formen är isolerad.



Figur 6. Senare start av cementreaktionen ger en kraftigare avkylning och därmed en långsammare hållfasthetstillväxt.



Figur 7. 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 8. Exempel på vindens avkylningseffekt på betongen i en oisolerad väggform.

cement.heidelbergmaterials.se

Heidelberg Materials Cement Sverige
Marieviksgatan 25
117 43 Stockholm