

# Användning av krossad betong som ballast i betongtillverkning

Gränserna för hur mycket krossad betongballast i volymprocent som kan ersätta naturballast i olika kornstorleksfraktioner har undersökts. Den krossade betongballasten var av hög kvalitet och från väldefinierade källor. Betongen kom dels från kasserade betongelement från produktion, dels från utbytta järnvägsslipers. Återvunnen betong läggs ofta på deponi eller krossas för att användas som bärlager i vägar eller planer men denna undersökning vill visa på potentialen att använda materialet i ny betongproduktion.



## Bakgrund

Av olika orsaker kasseras inom prefabindustrin en viss del av betongelementen som produceras. Mängden kasserad betong kan vara relativt omfattande, andelar motsvarande 3-6 % av all producerad betong är rimliga värden för Strängbetongs fabriker. Erfarenheter visar att det är i samma storleksordning för andra producenter som tillverkar prefabricerad betong.

Oftast är den kasserade betongen ensartad till sin karaktär, det vill säga den har i princip samma hållfasthet och vct. Önskvärt vore att kunna återföra dessa mängder direkt till ny betongproduktion och samtidigt få en god hållbarhetsaspekt och en bra miljöprofil. Samhället kommer i framtiden att ställa krav på att allt material återanvänds i den egna produktionen.

I projektet ingick både ballast av krossad restbetong från använda järnvägsslipers och krossad betong från produktion av håldäck som ersättning för naturballast i ny betong. Den krossade betongballasten från använda järnvägsslipers tillhandahölls av Abetong AB och den krossade betongballasten från produktion av håldäck av Strängbetong AB. Krosstekniken har varit en käftkross.

## Syfte

Syftet med undersökningen var att utreda gränserna för hur mycket krossad betongballast i volymprocent som kan ersätta naturballast i olika kornstorleksfraktioner utan att en signifikant försämring sker i betongens egenskaper. Ett syfte var också att undersöka förmågan att uppta CO<sub>2</sub>. En systematisk utvärdering av hur CO<sub>2</sub>-upptaget kan snabbas upp under tiden det krossade materialet lagras utfördes. Att öka hastigheten på CO<sub>2</sub>-upptaget är mycket gynnsamt och för mätning av detta användes en metodik utvecklad på LTH.

## Genomförande

Projektet samfinansierades av SBUF, Konsortiet för forskning på CBI och Cementa. Projektet utfördes i samarbete mellan industriparterna Strängbetong AB, Abetong AB och Cementa AB samt CBI Betonginstitutet AB och Lunds Universitet (avd. för Byggnadsmaterial, LTH). Sammanfattningsvis undersöktes och analyserades de båda återvunna betongkrossmaterialen med avseende på:

- 1) **Materialkaraktäristik:** Ballastegenskaper (vattenabsorption, skrymdensitet/packning, kornstorleksfördelning etcetera). Utfördes av Cementa.
- 2) **Färska betongens egenskaper:** Ny tillverkning av en självkompakterande betong (SKB) med vct. 0,5. (flytsättningsmått, viskositet, flytgränsspänning) och proportionering. Utfördes av CBI.
- 3) **Hårdnade betongens egenskaper:** tryckhållfasthet och uttorkningskrympning. Utfördes av CBI.
- 4) **Beständighetsegenskaper:** SKB med vct. 0,4 (frystest och kloridmigration). Utfördes av CBI.
- 5) **CO<sub>2</sub>-upptag.** Förmågan hos betongkrossmaterialet att uppta CO<sub>2</sub> (karbonatiseringsgrad). Utfördes av LTH och Abetong.

## Resultat

Tre olika storleksfraktioner, 0/4 mm, 4/8 mm och 8/16mm, användes. Den krossade betongballasten utvärderades i en ny självkompakterande betong (SKB) med 350 kg/m<sup>3</sup> CEM II A/V 52,5 N och vct 0,5 samt i en frostresistent betong med vct 0,4 och 420 kg/m<sup>3</sup> CEM I 42,5 N SR3 MH/LA. SKB med krossad betong jämfördes med en SKB-referensbetong som innehöll naturballast 0-16 mm uppdelat i fraktioner 0/8 mm samt 8/16 mm. I referensreceptet ersattes delar av naturballasten med krossbetong från antingen sliperbetong eller håldäck enligt:

Ersättning av:	vol. % naturballast i referens						
0/4 mm med betongkross 0/4 mm	0	5	11	22	33	66	100
4/8 mm med betongkross 4/8 mm	0			50			100
8/16 mm med betongkross 8/16 mm	0			50			100

Nedan sammanfattas resultaten i punktform:

**1) Flytegenskaper:** Den färskas betongens egenskaper påverkades mest av ersättning i 0/4 mm fraktionen eftersom denna fraktion har högst specifik yta (BET) och utgör störst andel av totala mängden ballast (48 volymprocent). Plastisk viskositet påverkades mer än flytgränsspänning. Den mängd flytillsatsmedel som krävdes för att nå samma flytsättmått som för referensbetongen var mycket högre för betong med ballast från håldäck än för betong med ballast från järnvägssliprar. Detta gäller för ersättningsnivåer upp till 66 volymprocent. Redan vid 5 procent ersättning av 0/4 mm naturballast märktes en skillnad för håldäcksbetongen medan en signifikant skillnad märktes först vid 22-33 procent volymersättning i betongen med ballast från slipers. Det var möjligt att ersätta 100 volymprocent av 4/8 mm fraktionen utan att behöva öka flytdosen mycket jämfört med referensbetongen. Den utgjorde 12 volymprocent av total ballastmängd. När 100 procent av 8/16 mm byttes ut mot krossad betong så hade 8 procent mer flytillsatsmedel använts jämfört med referensbetongen. Den utgjorde 40 volymprocent av total ballastmängd.

**2) Tryckhållfasthet:** Tryckhållfastheten förbättrades eller förblev oförändrad med ökande andel krossad betong som ballast när fraktionerna 8/16 och 4/8 mm ersattes. Som mest ökades tryckhållfastheten med 18 procent. Det var alltså möjligt att ersätta upp till 100 volymprocent. När 0/4 mm fraktionen av naturballast ersattes upp till 33 volymprocent observerades ingen signifikant skillnad i tryckhållfasthet. Utöver denna nivå försämrades tryckhållfastheten.

**3) Uttorkningskrympning:** När 0/4 mm fraktionen ersattes till 100 procent med krossad betong, blev krympningen 0,67 promille (+ 15 procent) jämfört med referensbetongen. När 0/4 mm ersatte naturballast upp till 33 volymprocent observerades ingen signifikant skillnad jämfört med referensen. Vid 100 procent ersättning av 8-16 mm fraktionen noterades en krympning på 0,70 promille (+ 20 procent) och 0,65 promille (+ 12 procent) för (S) respektive (HCS).

**4) Frostbeständighet:** SKB-betonger med olika ersättningsnivåer frysprovades enligt gällande standard SS 137244: 2005. Betongerna hade vct 0,40 och 420 kg Anläggingscement/m<sup>3</sup> betong och en luftinblandning som medförde cirka 4,5 volymprocent luft. Samtliga var recept var frostbeständiga och en maximal avskalning av 0,05 kg/m<sup>2</sup> noterades.

**5) Kloridmigration:** Några utvalda betongrecept provades ytterligare för kloridmigration enligt NT BUILD 492 och resultaten var positiva med kloridmigrationskoefficienter mellan 6,6-7,3 x 10<sup>-12</sup> m<sup>2</sup>/s. Normalt för en SKB med vct 0,40 är en migrationskoefficient < 10 x 10<sup>-12</sup> m<sup>2</sup>/s.

**6) Ballastens partikelfördelning, specifik yta och vattenabsorption:** Partikelfördelningen av slipermaterialet

var något finare i fraktionen 0/4 mm. I 8/16 mm fraktionen innehöll håldäcksbetongen också en större andel grova partiklar (> 11 mm). Resultatet från analys av laserdiffraktion av fillerfraktionen (< 0,125 mm) blev, liksom för siktcurvan > 0,125 mm, att slipermaterialet är finare i sin partikelfördelning. Den specifika ytan i fillerfraktionen var nästan två gånger så stor som för håldäcks materialet (4430 mot 2321 m<sup>2</sup>/kg). Vattenabsorptionen, och därmed porositeten, var betydligt högre för krossat slipermaterial än för håldäcks materialet. Detta gällde speciellt för 4/8 mm fraktionen.

**7) CO<sub>2</sub> upptag av betongkrossmaterialet:** Det fanns ett tydligt samband mellan materialets specifika yta och karbonatiseringsgraden i 0-4 mm fraktionen. Slipermaterialet hade signifikant högre karbonatiseringsgrad och specifik yta än håldäcks materialet. På grund av begränsad luftgenomströmning så var karbonatiseringsgraden högre på ytan och i botten jämfört med i mitten av högen. För övriga fraktioner var karbonatiseringsgraden lika mellan materialen och lika vertikalt genom högen.

## Slutsatser

- Den färskas betongens egenskaper påverkades mest av ersättning i 0-4 mm fraktionen eftersom denna fraktion har högst specifik yta (BET) och utgör störst andel av totala mängden ballast (48 volymprocent).
- Tryckhållfastheten påverkades när 0-4 mm fraktionen av naturballast ersattes. Intressant nog gick det att ersätta upp till 33 volymprocent utan att någon signifikant skillnad i tryckhållfasthet observerades.
- Uttorkningskrympning. När 0-4 mm ersatte naturballast i halter upp till 33 volymprocent observerades ingen signifikant skillnad jämfört med referensen. Utöver den nivån påverkades uttorkningskrympningen som mest med 15-20 procent. Ersättning av 100 procent 8-16 mm ökade krympningen med 20 procent.
- Samtliga recept var frostbeständiga.
- Ingen signifikant förändring av kloridmigrationskoefficienten observerades.
- Sammanfattningsvis kan man konstatera att ersättning av naturballast med det undersökta betongkrossmaterialet kunde göras i halter upp till cirka 30 volymprocent i 0-4 mm fraktionen, 100 procent av 4-8 mm och cirka 50 procent av 8-16 mm. Generellt beror halterna på det aktuella betongreceptet och måste därför provas, men resultaten ger ändå en indikation om möjlig ersättningsnivå.

## Ytterligare information

### Kontaktpersoner:

**Jan Trägårdh**, CBI Betonginstitutet, tel 070 890 19 28,  
e-post: [jan.tragardh@cbi.se](mailto:jan.tragardh@cbi.se).

**Patrick Rogers**, CBI Betonginstitutet, tel 070 616 68 45,  
e-post: [patrick.rogers@cbi.se](mailto:patrick.rogers@cbi.se).