

Bergkross i betong

Krossat berg ersätter naturgrus



CEMENTA
HEIDELBERGCEMENT Group

Bra betong ska inte behöva ha ballast av naturgrus!

Ett av regeringens miljömål är "Grundvatten av god kvalitet". Det innebär att användningen av naturgrus måste i stort sett halveras från 1999 års nivå på 22 miljoner ton, till 12 miljoner ton år 2010. Därefter ska uttaget av naturgrus minska till 1-3 miljoner årston år 2020.

Betongbranschen måste därför börja använda bergkross som ballastmaterial i betong istället för naturgrus. Några tillverkare har redan delvis börjat byta ut vissa fraktioner, men på sikt kommer nästan all ballast att bestå av krossmaterial.

Detta kräver att betongtillverkarna skapar bättre system för att optimera sina recept så att betongen får lika goda egenskaper som det oftast blir med naturballast.

Denna skrift pekar på de svårigheter som finns med krossballast och hur man kan motverka de negativa följder som kan uppstå vid en övergång till krossballast. Det krävs kunskap om berggrundsgeologi samt utvecklade krossningsmetoder och delvis nya recept, men framförallt ett samarbete mellan krossproducenter och betongtillverkare.

Skriften riktar sig i första hand till personal vid krossanläggningar och betongfabriker och kan förhoppningsvis ge ökat intresse för krossballast och inspiration till fortsatt utveckling.

Rullstensåsar som brukas som naturgrustäkter är en miljöreglerad och minskande naturresurs som gör bättre nytta för vattenrening än för byggnation.



Naturgrus eller krossgrus?

Naturgrus har länge varit "öronmärkt" för betongtillverkning. Nu har regering och miljörelse bestämt att användandet av naturgrus måste halveras. Därför måste vi lära oss att tillverka högvärdig betong med bergkross som ballastmaterial.

Att krossa på "naturligt" vis

Formen på krossballast avviker en hel del från naturgrus. Strukturen på krossade korn är sträv och ojämn och formen blir ofta avlång och vass. Detta ger vissa nackdelar i betongen.

Krossgrusets ojämna yta medför att betongreceptet kräver mer cement och vatten för att betongmassan ska få liknande egenskaper som betong med naturgrus som ballastmaterial.

Kornformen gör att ballasten inte rör sig lika smidigt i betongmassan som det naturligt jämnare och rundare naturgruset.

De finaste krossprodukterna innehåller ofta också en hel del stensmjöl som måste avlägsnas för att betongen ska få rätt kvalitet.

Krossanläggningarna måste därför utvecklas så att de klarar att krossa berg där kornen blir rundare och jämnare i formen. Då blir betongmassan smidigare att bearbeta och då behövs inte mer vatten och cement i betongreceptet.

Det går att tillverka betong med helkrossballast med lika goda betongegenskaper och med till och med bättre kostnadseffektivitet än vissa betonger och naturgrus.



Naturgrus eller krossat berg ska inte behöva göra någon skillnad i den färdiga betongen.



Från rullstensås till bergbrott

Rullstensåsar har bildats av inlandsisen som försvann för cirka 10 000 år sedan. Den flera kilometer höga och mycket tunga inlandsisen skrapade med sig material av stora och små stenar, grus och sand som drogs med i isälvar som forsade fram i isälvstunnlar mellan isen och marken. Där isälvarna strömmade ut genom mynningar och kom ut i det fria, sjönk stora stenar och finare fraktioner avsattes ovanpå och vid sidan av de grövre. Rullstensåsar innehåller därför grövre material ju längre ned man kommer i åsen. Åsarna byggdes på varje år i takt med att isen drog sig tillbaka.

Materialet i rullstensåsar är vad vi idag kallar naturgrus, vilket är ett utsökt ballastmaterial vid tillverkning av betong.

Rullstensåsar består av långa ryggar av avrundade stenar, grus och sand och märks tydligt i landskapet. Vanligen löper de i nord-sydlig riktning, vilket är parallellt med inlandsisens avsmältningsriktning.

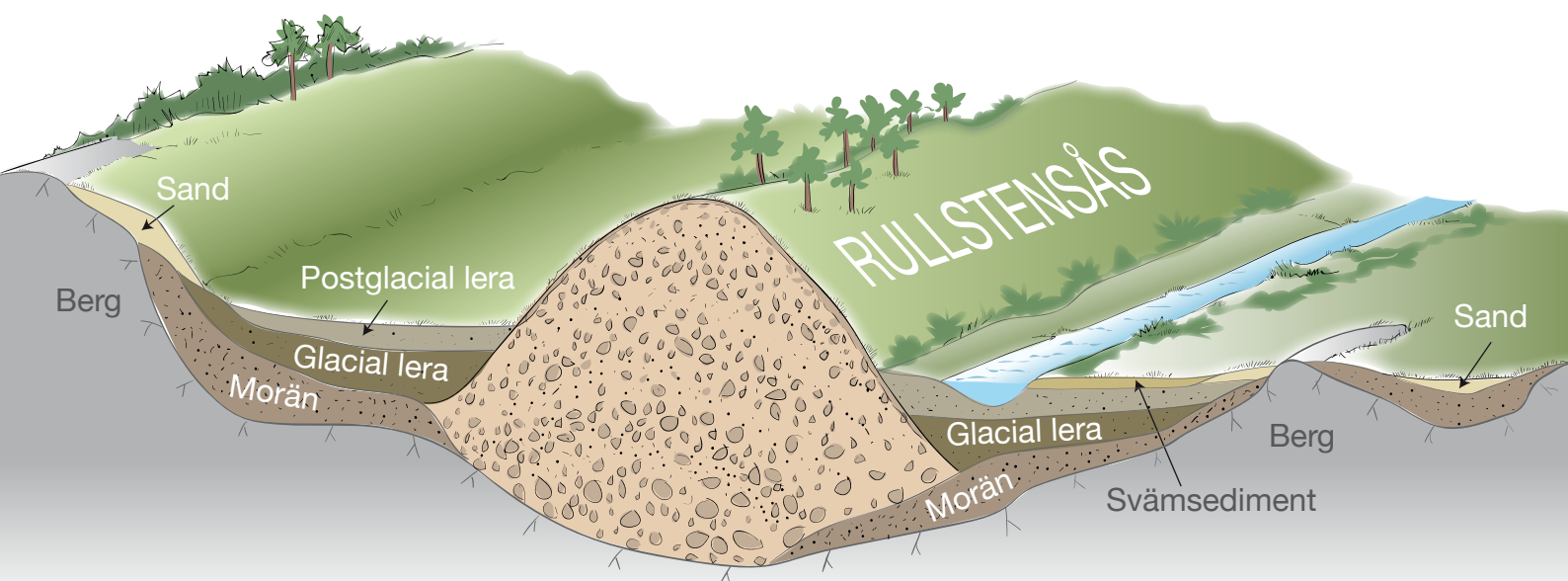
En rullstensås har ofta varierande bredd och höjd längs sin sträckning. Det beror bland annat på med vilken hastighet iskanten flyttade sig och takten på avsmältningen, samt på hur mycket vatten och material som isälven transporterade vid varje tidpunkt.

De största rullstensåsarna finns framförallt i östra Svealand, till exempel Uppsalaåsen och Stockholmsåsen.

En av Sveriges längsta rullstensåsar är Badelundaåsen som sträcker sig mellan Nyköping i Södermanland och Siljan i Dalarna.

Rullstensåsens grus är tacksamt att bryta och att använda i betongtillverkning.

Nu måste vi lära oss att bryta och krossa berg med motsvarande egenskaper som naturgruset.

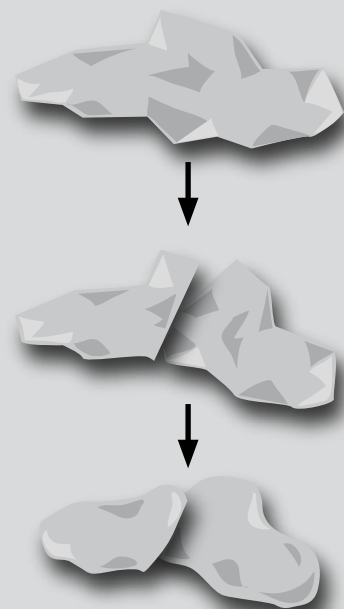


Från naturgrus till helkrossat berg

I Sverige har vi hittills haft god tillgång till naturballast från våra rullstensåsar. Naturballast har fördelen att ha relativt jämna och runda korn som rör sig lätt i betongmassan. Krossballast får betydligt kantigare och strävare korn som följaktligen ger en kärvare betong.

De betongrecept som används för naturballast måste därför ändras så att kärvheten minimeras så att även betong med krossballast blir lätt att gjuta med. Utvecklingen går nu också mot allt mer lösare betong, till exempel självkompakterande betong som inte behöver vibreras. Det ställer ännu högre krav på ballastens egenskaper.

Krossproducenter och betongfabriker måste därför utveckla både teknik och recept som kan ge betong med förväntade egenskaper.



Det måste utvecklas metoder som kan omvandla krossgrusets avlånga, kantiga och sträva struktur till att efterlikna naturgrusets rundare och mjukare struktur.

Krossning av berg

Sprängning och förkross

Berg sönderdelas till ballast vid sprängning och krossning. Ballastens egenskaper bestäms förutom av bergart, mineralsammansättning och mineralogi av hur sprängningen sönderdelar berget och hur efterföljande krossteg fortsätter sönderdelningen av allt från block till små ballastkorn.

Genom selektiv brytning kan ett visst urval av bergråvara ske. En del av bergråvaran kan användas direkt som vägfyllnads- eller vägunderbyggnadsmaterial – man siktar då av fraktionerna 0-64, 0-32 eller 0-16 mm efter en förkross.

Mellankross till mindre fraktioner

Det som stannar på sikten leds vidare till fortsatt krossning i spindel- eller konkrossar och siktas upp till önskade fraktioner.

Exempel på sådana fraktioner kan vara 16-25 mm, 11,2-16 mm, 8-11,2 mm, 8-16 mm, 4-8 mm, 2-4 mm och slutligen stensmjöl, 0-2 mm alternativt 0-4 mm.

Stensmjölsfraktionen innehåller ofta en stor andel filler < 0,063 mm.



Kornformen blir ofta flisig

Både bergets egenskaper och sprängnings-/krossningstekniken bestämmer hur kornform och textur hos ballasten blir. Hos granitiskt berg blir kornformen hos ballastkornen gärna lite flisig eller flakig. Hos mindre partiklar, som ofta utgörs av rena mineral, avgörs kornformen av vilken typ av mineral det är fråga om.

Ett mineral som ofta förekommer i granit är glimmer. Det ger korn med särskilt ogynnsam kornform. Glimmerpartiklarna är flakiga korn från vilka det kan frigöras tunna arkliknande partiklar som har stor yta i förhållande till sin volym.

Kubisering ger rundare kornform

Ballast som innehåller stor andel flisiga korn kan kubiseras genom ytterligare en bearbetning. Ballastkornen utsätts då för en nötning som leder till att skarpa hörn och kanter slås av, vilket ger ballastkorn med lägre andel flisiga korn. Kubisering kan påverka kornformen hos ballastkorn, även de som är under en millimeter i storlek. Ytstrukturen kan också påverkas i positiv riktning och ge slätare ytor.

Stenmjölet kan också vidarebearbetas genom klassering med vindsikt, magnetseparation av biotit eller sedimentering så att större delen av fillerfraktionen kan avlägsnas tillsammans med en del av de oönskade glimmerkornen.

Forskning för framställning av ballast med bättre kvalitet pågår både i Sverige (Chalmers) och andra delar av världen.

I mellankrossen krossas och siktas materialet till olika fraktioner ...

... för att slutligen efterkrossas och kubiseras så att kornen får en rundare kornform.



Krossgrusets egenskaper idag

I och med att naturgrustäkterna blir färre blir krossad ballast det naturliga alternativet. Med dagens teknik är kvaliteten på krossgrus relativt bra, men det går att utveckla krossningstekniker som ger en jämnare och rundare form på krossgruset. I takt med att användningen av krossgrus ökar, ökar också kraven från betongfabriker och entreprenörer på att krosstillverkarna levererar högvärdigt ballastmaterial med jämn kvalitet.

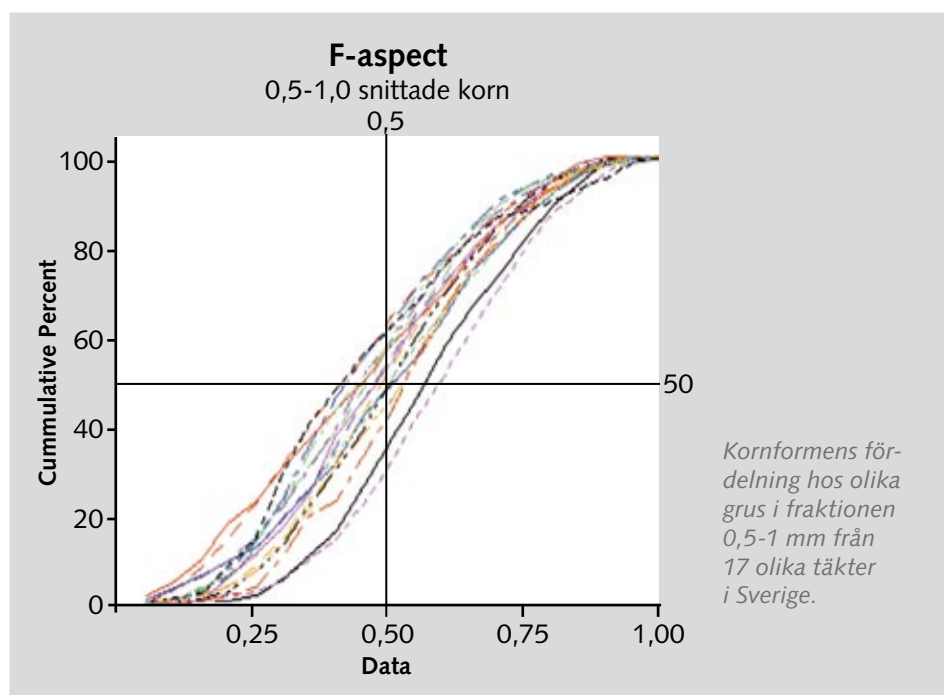
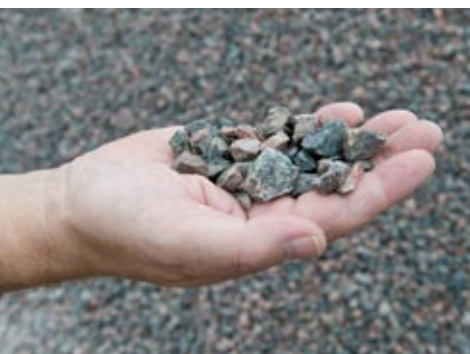
Samspelet mellan tillverkare och användare kommer att resultera i utvecklade tillverkningsmetoder som minskar kvalitetskillnaden mellan naturgrus och krossgrus.

Målet är att betongen ska vara lika bra och kostnadseffektiv oberoende av valet mellan natur- och krossgrus.

Skillnader mellan naturgrus och krossgrus

Kornformen är den största skillnaden mellan naturgrus och krossgrus.

Krossgruset är betydligt råare och strävare i formen just för att det är krossat. Ballastmaterialets kornform blir flisigare och kantigare än naturgrusets kornform som är naturligt rundare och jämnare. Detta gör att krossgruset inte rör sig lika smidigt i betongmassan som ballast av naturgrus. Betongmassan blir mera trögflytande, vilket i sin tur medför ökat slitage bland annat i gjututrustningen.



Ett helt runt korn är lika långt som tjockt och har ett längd/diameterförhållande eller *F-aspect* på 1,0. När kornet är flakigt minskar värdet på *F-aspect*. I diagrammet kan man se att *F-aspect* ligger mellan 0,35 och 0,65 vid 50%-linjen. Den heldragna kurvan visar ett naturgrus - övriga kurvor visar olika krossgrus.

Vad ska krossballasttillverkaren tänka på?

Viktigt att välja rätt berg

Valet av berg har stor inverkan på krossgrusets egenskaper. Bergets petrografi/mineralogi inverkar på hur de olika bearbetningsstegen påverkar grusets form och kornkurva. Genom selektiv brytning och utnyttjande av lokalt lämpligt berg kan krossgrusets egenskaper förbättras.

I Sverige består huvuddelen av berggrunden av bergarterna granit och gnejs. Dessa innehåller huvudsakligen mineralerna kvarts, alkalifältspat och plagioklas samt varierande mängder av mineralerna biotit, muskovit, hornblände och pyroxen.

Kvarts har en hexagonal kornform, medan glimmer som biotit och muskovit består av tunna flak som sitter ihop som sidorna i en bok.

Beroende på hur berget har bildats så har berget olika struktur. En grovkornig bergart ger mera rena mineral i de finaste fraktionerna.



Krossningsteknik

Krossgrusets egenskaper bestäms av hur berget sprängs, krossas och sorteras.

Det går relativt lätt att forma ett bergartskorn. Det är mycket svårare att forma ett rent mineral, eftersom mineralkorn klyvs i sina kristallplan. Kornformen bestäms av kristallgittrets struktur.

Sprängningen kan skapa mikrosprickor som påverkar kornformer och kornkurvor. Krossningen påverkar också kornform och kornkurvor. Siktningen påverkar främst partikelfördelningskurvan.



Vind- och/eller våtsiktning

För att tillverka högvärdig ballast för betong måste de krossade stenarna behandlas i en "centrifug" där det krossade materialet slungas i hög hastighet mot varandra. Kornen nöts då mot varandra och blir på detta sätt rundare och jämnare i formen.

Vid behandlingen bildas stenmjöl med hög fillerhalt. Den höga fillerhalten kan reduceras med hjälp av vind- eller våtsiktning.



Bergets kvalitet är tillsammans med krossningstekniken avgörande för krossgrusets kvalitet.



Buller och damm

Krossning av berg alstrar stora mängder buller och damm. Arbetsmiljön måste därför anpassas så att den inte ger förhöjd risk för skador på hörsel och andningsorgan hos de som arbetar med krossen. Val av rätt typ av berg påverkar därför också arbetsmiljöförhållandena vid krossen. Ju bättre sammansättning berget har desto mindre mängd spillprodukter i form av filler och damm alstras.

Vid den avslutande kubiseringen av kornen måste också damm, filler och oönska glimmerkorn tas om hand på ett säkert sätt så att det inte sprids i luften.

Luftfilter

Problemet med damm gäller inte minst förare av transportfordon inom krossområdet. Det är viktigt att förarhytten är tät och att luften renas med filter som tar hand om damm och skadliga partiklar. Luftfiltren måste kontrolleras och bytas ofta.

Hörselskydd

En hörselskada eller hörselnedsättning kan inte repareras, därför bör de som arbetar i krossen använda hörselskydd under hela arbetsdagen.



Krossning alstrar stora mängder damm och partiklar i luften som kan vara hälsofarlig att vistas i utan skydd.

Moderna mobila krossar kräver ingen installation och kan enkelt flyttas mellan olika arbetsställen.



Vad ska betongtillverkaren tänka på?

Vid all betonggjutning måste betongproducenten kunna leverera färsk betong med goda gjutegenskaper. Betongen ska vara stabil med bra öppethållande så att entreprenören kan utföra en kvalitetssäkrad gjutning med god beständighet.

Genom att upp till 70 procent av betongmassan kan bestå av ballastmaterial har kvaliteten på ballastmaterialet stor inverkan på betongens egenskaper.

När nu naturgruset ska ersättas av krossat berg kräver det delvis ny teknik vid krossanläggningarna och nya recept vid betongtillverkningen.

Krossat grus har en betydligt strävare struktur än naturgrus, därför krävs större kunskap om bergmaterialets inneboende egenskaper och effektivare krossmetoder som kan producera bergkross med kubisk form och slätare yta i alla fraktioner.

Målet måste vara att vi även i framtiden ska kunna producera betong med minst lika goda egenskaper som dagens betong med ballastmaterial av naturgrus.

Krossballast och betongtillverkning

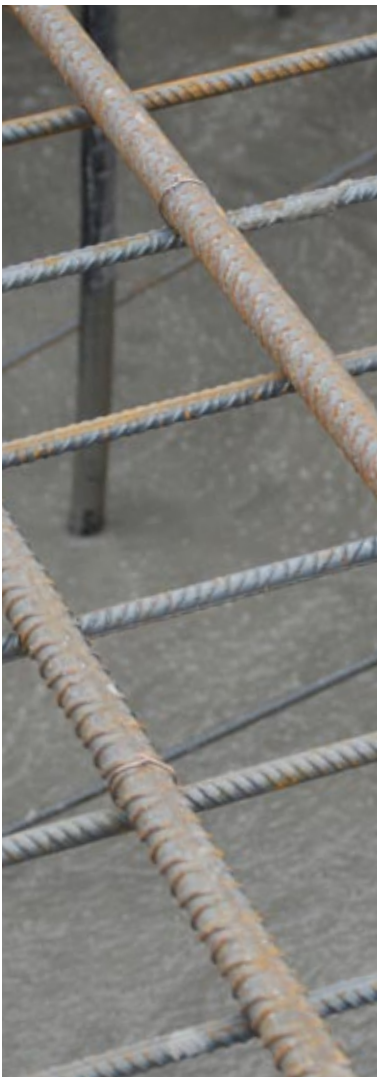
Genom att naturgruset ersätts av krossgrus måste betongtillverkarna anpassa och utveckla sina betongrecept så att de fungerar bra i förhållande till det krossballastens egenskaper. Recepten kan behöva baseras på fler och andra ballastfraktioner än tidigare.

Generellt måste man idag använda mer vatten och cement för att kompensera för krossballastens kantigare, flisigare kornform och högre fillerhalter. Alternativt kan man öka flytmedelsdosen.

I takt med ökad kunskap om bergarters uppbyggnad och förfinade krossmetoder kommer det att krävas ett nära samarbete mellan krossproducenter och betongtillverkare, vilket säkert kommer att ge ballast och betongrecept som ger betong med goda gjutegenskaper.

Transport och hantering

Transporten av betong med krossballast, från betongfabrik till arbetsstället, påverkas inte nämnvärt jämfört med dagens transport och hantering. Det vi vet idag är att betongmassan kan vara mer trögflytande på grund av ballastkornens strävhet. Det kan ge ökat slitage på bland annat betongblandare och roterbilarnas behållare. I övrigt finns inga negativa konsekvenser beträffande transport och hantering av betong med krossballast.



Praktiska erfarenheter

Gjutning

För att en betonggjutning ska få ett bra slutresultat krävs erfarenhet och gott omdöme. Det handlar mycket om ett samspel mellan arbetsutförande, betongrecept och vilken typ av konstruktion man gjuter.

Betongens egenskaper har stor inverkan på arbetsresultatet, framförallt måste betongen flyta ut ordentligt i gjutformen. Är betongen kärvare än normalt måste arbetsutförandet anpassas med hänsyn till bland annat utläggning och vibrering. Enkla konstruktioner med lite armering är oftast inga större problem, men vid mera komplicerade konstruktioner med mycket armering måste gjutningen anpassas efter betongens egenskaper för att slutresultatet ska bli bra.

Anpassningen kan beröra hela arbetskedjan, såväl transport från betongfabriken som pumpning och gjutning på arbetsstället, där det också ställs särskilda krav på kontroll av hur väl betongen flyter ut i formen.

Ökat slitage på pumputrustning

Kärvare betong ställer också större krav på gjututrustningen. Bland annat kan slitaget på pumputrustningen öka genom att krossballastens kornform ger en kärvare betongmassa. Detta ger högre friktion och ökat pumstryck, vilket ger kortare livslängd på pumpar och slangar med mera.

Pumstrycket kan vara en bra indikator på betongens gjutbarhet. Man bör därför kontrollera pumstrycket regelbundet och anpassa arbetsutförande därefter.

Ballastmaterialet måste ha en kornform som gör att materialet kan röra sig "fritt" i betongmassan. I annat fall måste betongtillverkaren använda motsvarande mer cement och vatten för att få samma gjutegenskaper som betong med naturballast.

Krossgrusets sammansättning och kornform påverkar alltså även gjututrustningens funktion och hållbarhet.



Forskning

Den dominerande berggrunden i Sverige består av granit och gnejs. De flesta bergtäkter har etablerats för att ta fram sten i olika fraktioner. Stenmjöl (0-2 mm) har oftast betraktats som en biprodukt som man inte alltid funnit full avsättning för. Man har därför inriktat ballastproduktionen på att minimera andelen stenmjöl. Stenmjölet har en stor potential att ersätta fingeruset i betongen. Stenmjölet bör emellertid oftast vidarebearbetas för att anpassa kornform, kornyta och kornkurva till betong.

I Sverige pågår forskning (2007-2011) inom två stora nationella projekt med finansiellt stöd från MinBaS och Energimyndigheten (STEM).

I MinBaS-projektet studeras krossningsteknik och siktningsmekanik. Resultatet av krossningen beror förutom av bergråvarans mineralogi och struktur av bland annat krossens utformning, hur mycket energi som används, hur höga hastigheter materialet utsätts för samt vilken fraktion krossen matas med. Genom en vindsiktning kan man avskilja filler och partiklar med mindre lämplig kornform och man försöker att utveckla tekniken att på ett så energisnålt och effektivt sätt som möjligt avlägsna oönskade fraktioner. I MinBaS-projektet studeras också beständighetsaspekter. Det gäller att ta reda på om en övergång från betong med naturgrus till betong med helkross kan påverka betongens frostbeständighet, krympning eller alkali-kiselreaktivitet negativt.

I STEM-projektet tar man fram nya metoder för karakterisering av krossgrus eftersom tidigare använda metoder inte helt fångar upp effekten av avvikande kornform och ytråhet. En bred karakterisering görs på ett stort antal krossgrus. Målsättningen är att finna enkla metoder för utvärdering och kvalitetskontroll både för ballastproducenter och deras kunder, främst betongtillverkare.

Ett expertsystem som underlättar proportionering av betong ska också tas fram.

Kubiseringsutrustning består av en "centrifug" där krossgrusets korn nöts mot varandra så att de blir mindre kantiga och flisiga. Det gör att krossgruset kan röra sig smidigare i betongmassan så att den får bättre gjutegenskaper.



Sammanfattning

Naturgrus är en råvaruresurs som vi i framtiden kommer att få allt mindre tillgång till. Ett bra alternativ till naturgruset är krossgrus.

Krossgruset skiljer sig från naturgrus både vad gäller kornform, kornkurva och kornyta. Ballastkornen kan ha en flisigare och flakigare kornform, kornen har ofta en strävare och skrovligare yta och andelen filler är ofta hög. En ogynnsammare kornform, strävare yta och hög fillerandel leder till ökat vattenbehov hos betong. Betong med krossgrus kan också bli segare än betong med naturgrus.

Rekommendationer och slutsatser

- Välj bergråvara med så låg glimmerhalt som möjligt.
- Välj krossningsutrustning som ger så runda/kubiska kornformer som möjligt och som kan minska kornens ytråhet i de fall bergråvaran genererar korn med mindre bra yta.
- Sikta fram fraktioner med så jämn kornfördelning som möjligt.
- Avlägsna överskottsfiller och eventuella glimmerkorn med hjälp av vind- eller våtsiktning.
- En stor fördel med att avlägsna det mesta av fillerfraktionen är att grusfukten blir lägre och att den då varierar mindre. Ytterligare en fördel är att krossanden är lättare att hantera på betongfabriken.
- Tillverka betong med fler sten- och grusfraktioner.
- Betong tillverkad med runda/kubiska ballastkorn i alla fraktioner och med "normala" fillerhalter har minst lika goda egenskaper i färskt och hårdnat tillstånd som betong tillverkad med naturgrus.
- Betong tillverkad med ballast med ogynnsam kornform och kornyta, liksom med höga fillerhalter, har ett högre vattenbehov och är segare än betong tillverkad med traditionellt naturgrus.



Krossat berg av rätt sammansättning kan ersätta naturgruset som ballastmaterial i högvärdig betong.



Cementa AB

Box 47210

100 74 Stockholm

Telefon 08-625 68 00

Fax 08-753 36 20

info@cementa.se

www.cementa.se

CEMENTA
HEIDELBERGCEMENT Group