

Torr klassering av fina ballastfraktioner till asfalt och betong, Fas II



Slutrapport i SBUF-projekt 12818

Dr. Robert Johansson

Chalmers tekniska högskola,

Institutionen för Produkt- och Produktionsutveckling

Sammanfattning

Sveriges miljömål *Grundvatten av god kvalitet* har som delmål att uttaget av naturgrus skall minimeras. Detta ställer krav på den svenska ballastindustrin att kunna tillverka en ersättningsprodukt, exempelvis maskinsand. Naturgruset har egenskaper som är viktiga för slutanvändarens funktionskrav. I det utförda arbetet har fokus legat på de egenskaper som behövs för betongindustrin samt ge en inblick i möjligheten att avdamma maskinsand vid asfaltstillverkning.

Vid produktion av betong kommer sandens egenskaper, såsom partikelform och partikelstorleksfördelning, att påverka egenskaperna i den slutgiltiga betongen. Sandpartiklarnas form är viktigt för en god reologi och pumpbarhet för den våta betongen och det är därmed önskvärt med en kubisk eller rund partikelform (ej avlång). För att få en god partikelform kan det vara nödvändigt att använda vertikal slagkross (vertical shaft impact, VSI). Användningen av VSI-krossning vid tillverkning av maskinsand leder ofta till höga nivåer av filler (partiklar under 63 µm). Fillermängden är många gånger negativt för betongens reologi och kan leda till ökat vattenbehov. Vilken nivå av filler som är acceptabelt beror till stora delar på kvalitén på fillern och vilket bergmaterial som bryts. Som ett riktmärke har betongforskning visat att någonstans mellan 5-10 massprocent filler i maskinsand (0-2 mm) är acceptabelt.

En teknisk möjlighet att minska fillermängden i maskinsand är vindsiktning. Vindsiktning är ett samlingsnamn för maskiner som separerar partiklar efter storlek, form och densitet genom ett luftflöde. Luftflödets natur är det som avgör vilken parameter som kommer vara den dominanta vid separationen. Vindsiktning är idag inte en vanlig teknik i den svenska ballastindustrin och mer erfarenhet är önskvärt. I *Torr klassering av fina ballastfraktioner till asfalt och betong, Fas II*, har två kommersiella vindsiktningar undersökts. Tillsammans med de som undersöktes i den första delen av projektet, *Torr klassering av fina ballastfraktioner till asfalt och betong, Fas I*, att fyra stycken vindsiktningar nu har undersökts.

Resultatet från studien visar att alla undersökta vindsiktningar kan minska mängden filler till acceptabla nivåer, men att möjligheterna till reglering skiljer sig åt. Det är därför viktigt för producenter av maskinsand att utreda vilka krav som ställs på avskiljning av filler eller andra oönskade partiklar såsom glimmer. För bergtäkter med stora mängder glimmer kan det vara fördelaktigt med vindsiktningar med en högre skärningspunkt vilket skulle innebära att mer glimmer hamnar i fillerdelen.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	i
Bakgrund.....	1
Syfte	2
Metodik	2
Resultat.....	2
Utförda experiment.....	3
Simuleringsresultat.....	5
Slutsatser	6
Referens.....	6

Bakgrund

Sveriges miljömål *Grundvatten av god kvalitet* har som delmål att uttaget av naturgrus skall minimeras. Detta ställer krav på den svenska ballastindustrin att kunna tillverka en ersättningsprodukt, exempelvis maskinsand. I det utförda arbetet har fokus legat på de egenskaper som behövs för betongindustrin samt ge en inblick i möjligheten att avdamma maskinsand vid asfaltstillverkning. Detta projekt är en fortsättning från projektet *Torr klassering av fina ballastfraktioner*, härnäst kallad *Fas I*.

Vid produktion av betong kommer sandens egenskaper, såsom partikelform och partikelstorleksfördelning, att påverka egenskaperna i den slutgiltiga betongen. Sandpartiklarnas form är viktigt för en god reologi och pumpbarhet för den våta betongen och det är önskvärt med en kubisk eller rund partikelform. För att få en god partikelform kan det vara nödvändigt att använda vertikal slagkross (vertical shaft impact, VSI). Användningen av VSI-krossning vid tillverkning av maskinsand leder ofta till höga nivåer av filler (partiklar under 63 µm). Fillermängden är många gånger negativt för betongens reologi och kan leda till ökat vattenbehov. Vilken nivå av filler som är acceptabelt beror till stora delar på kvalitén på fillern och vilket bergmaterial som bryts. Som ett riktmärke har betongforskning visat att någonstans mellan 5-10 massprocent filler i maskinsand (0-2 mm) är acceptabelt.

En teknisk möjlighet att minska fillermängden i maskinsand är vindsiktning. Vindsiktning är ett samlingsnamn för maskiner som separerar partiklar efter storlek, form och densitet genom ett luftflöde. Luftflödets natur är det som avgör vilken parameter som kommer vara den dominanta vid separationen.

Inom asfalttillverkning torkas traditionellt 0-2 mm sorteringen för att filler sedan skall kunna avskiljas. Torkning av 0-2 mm sortering är energikrävande och det åtgår typiskt 7-8 liter eldningsolja per inmatat ton. Sorteringen 0-2 mm kan typiskt innehålla 20-30% material under 0,100 mm vilket är önskvärt att minska till 5-10%. Genom att före torkningen avdamma med torr klassering finns det en potential att

reducera energiåtgången eftersom mindre mängd material behöver torkas. Exempel finns där avskiljning av cirka 10 000 ton filler (inmatat cirka 30 000 ton 0-2 mm) har lett till en besparing av cirka 70 m³ eldningsolja per år i torkningssteget i det aktuella asfaltverket.

Syfte

Fas II avser att bygga vidare på kunskapen som byggdes upp i *Fas I*. Syftet är att dels att utöka kunskapen över hur olika typer av vindsiktar påverkar den slutgiltiga produkten dels hur en optimal vindsikt för ballastproduktion borde se ut. Detta innefattar hur partikelstorleksfördelning och mineralsammansättning (exempelvis glimmer) påverkas av vindsiktsprocessen. För att stödja dessa båda syften och samtidigt nå ut med kunskapen har en omfattande försöks- och demonstrationsverksamhet på ett tjugotal platser genomförts tillsammans med projektet *Uthållig produktion av finkorniga produkter från bergmaterial*, stöttat av VINNOVA och SBUF.

Metodik

Projektet har använt två huvudsakliga metoder under genomförandet, empiriska studier på kommersiella vindsiktar i industriell skala samt simuleringar av luftflöde med CFD i dessa maskiner. Målet med de empiriska studierna var att skapa industriell erfarenhet från olika vindsiktar. Simuleringarna som har utförts har syftat till att svara på frågorna hur luftflödet ser ut i vindsikten och om det finns möjligheter att förbättra vindsikten.

Resultat

De undersökningar som har utförts i *Fas II* rör två kommersiella vindsiktar. En mobil vindsikt vilken separerar partiklar genom att balansera dragkraften som partikel upplever i luftflödet och partikeln gravitationskraft, se Figur 1. Om en partikel upplever en högre dragkraft än dess gravitationskraft kommer partikeln följa luftflödet och därmed klasseras som en fin partikel, en fillerpartikel. Den mobila vindsikten arbetar med en öppen aerodynamisk cykel, vilket innebär att luften först suges in i vindsikten och sen lämnar vindsikten efter filler har separats från luften. Luftflödet kan kontrolleras genom att ändra inställningen på två ventiler.



Figur 1 Mobil vindsikt med öppen aerodynamisk cykel

Den andra undersökta vindsikten har ett internt luftflöde, vilket innebär att luften aldrig lämnar vindsikten utan återanvänds i separationsprocessen. Vindsikten användes i *Uthållig produktion av finkorniga produkter från bergmaterial*. Den arbetar med ett roterande luftflöde som innebär att partiklarna i maskinen upplever en centrifugal kraft när partikeln följer med luftflödet. Genom att balansera dragkraften och centrifugalkraften som partiklarna upplever sker separationen av filler från de grövre partiklarna. De partiklar som upplever en högre centrifugalkraft än dragkraft är grövre partiklar medan de partiklar som har en högre dragkraft är filler. Vindsikten har två fläktar som styr luftflödet och därmed separationen, en huvudfläkt och en separatorfläkt.



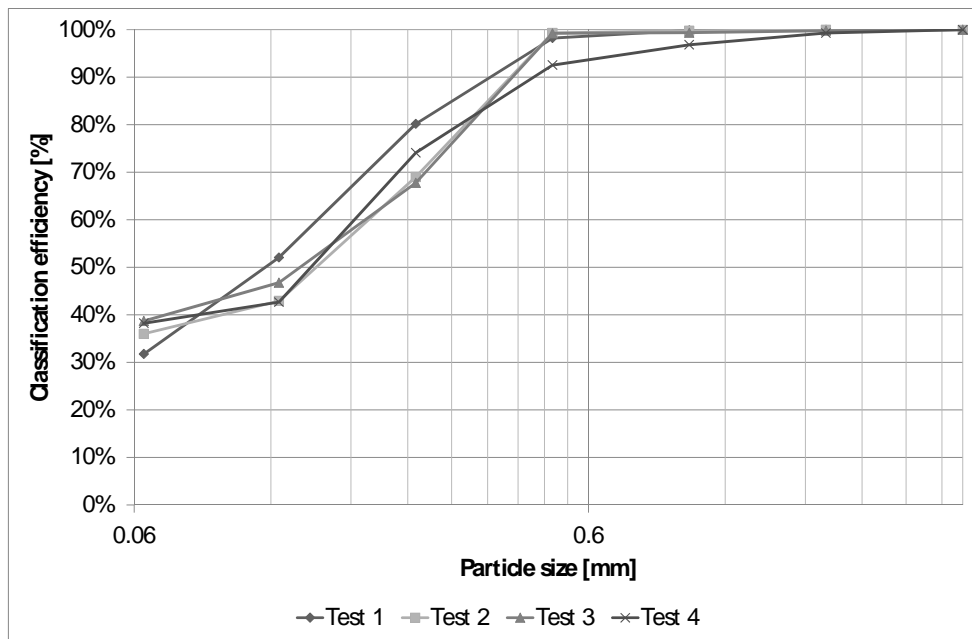
Figur 2 Vindsikt med intern aerodynamisk cykel

Förutom dessa båda vindsiktar har även simuleringar av en del av en två-stegsvindsikt som undersöktes i *Fas I* genomförts. För mer information om hur denna vindsikt fungerar i detalj se den publicerade avhandlingen (se referenser).

Utförda experiment

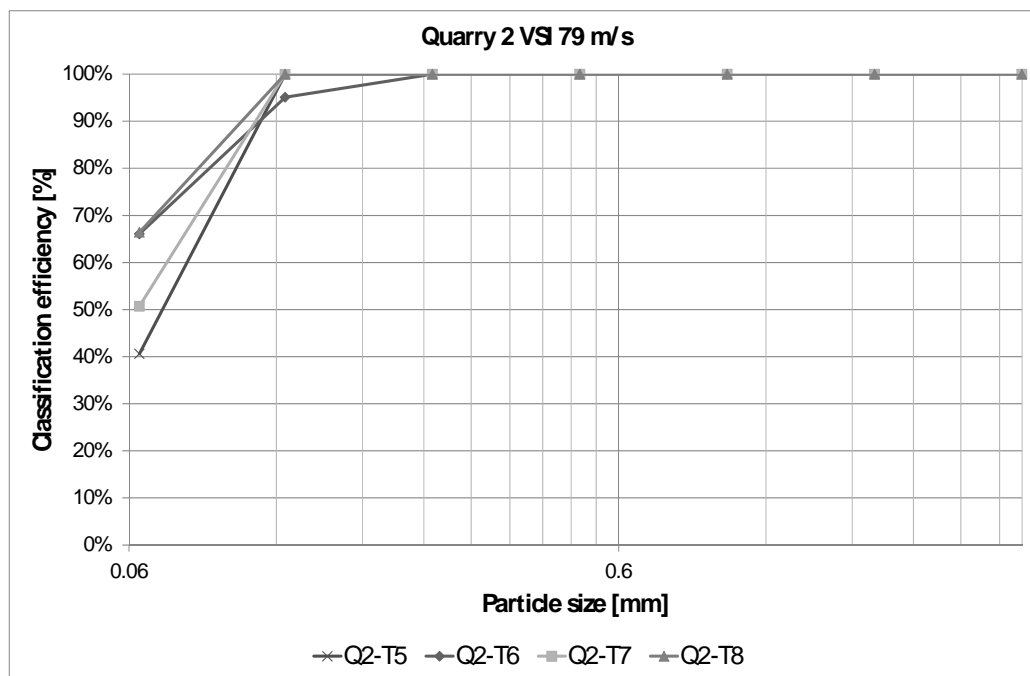
Under *Fas II* har experiment i fullskala utförts med båda vindsiktarna. Båda vindsiktarna utnyttjade faktorförsök för att se hur styr parametrar påverkade klasseringseffektiviteten vilket är definierat som hur mycket av det inmatade materialet som hamnar i den grova produkten.

Resultaten från den mobila vindsikten testserie visas i Figur 3. De inställningar i testserien som genomfördes visade ingen större skillnad. Det berodde antagligen på att matningshastigheten in i vindsikten var begränsad på grund av problem med utmatningen av material från vindsikten. Resultaten tyder på att ca 40 procent av fillret i det inmatade materialet blir kvar i den grova produkten. Detta innebär att en acceptabel fillernivå kunde uppnås. Det kan dock påpekas att skärningspunkten är så hög att även större partiklar avskiljs från det inmatade materialet.



Figur 3 Procent av inmatat material som hamnar i den grova produkten för den mobila vindsikten

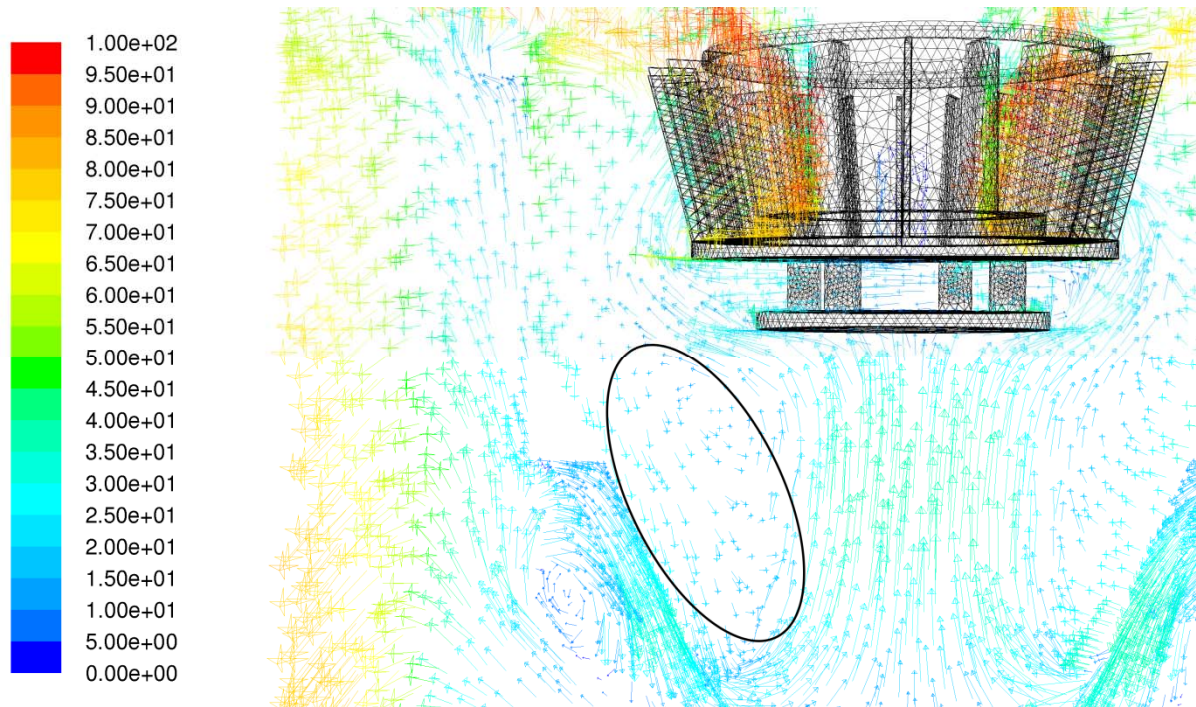
Figur 4 visar klasseringseffektiviteten, hur mycket av inmatat material som hamnar i den grova produkten, för vindsikten med intern aerodynamisk cykel för fyra olika testinställningar. De fyra testinställningarna visade att för att öka avskiljningen av filler ska huvudfläkten ha en så hög rotationshastighet som möjligt medan separatorfläkten skall köras så långsamt som möjligt. Även för denna vindsikt kunde en maskinsand med acceptabla fillernivåer tillverkas.



Figur 4 Procent av inmatat material som hamnar i den grova produkten för vindsikten med intern aerodynamiska cykel i stenbrott 2

Simuleringsresultat

En större simuleringsstudie över luftflödet i vindsikten med intern aerodynamisk cykel utfördes under projektets gång. Målet var att undersöka hur vindsikten fungerade och om luftflödet var fördelaktigt ur en klasseringssynvinkel. För en mer detaljerad genomgång rekommenderas författarens avhandling (se referenser). Det som är intressant är att de empiriska mätningarna visade att vindsikten kan reducera fillernivåerna till acceptabla nivåer medan simuleringarna visar att luftflödet inte är optimalt, se Figur 5. Det kan ses att luftflödet i separationszonen har ett område där luften cirkuleras, se svart cirkel i Figur 5. Detta är inte fördelaktigt för klasseringen vilket indikerar att vindsiktstekniken kan förbättras i framtiden.



Figur 5 Luftflöde i separationszonen för vindsikten med intern aerodynamisk cykel

Slutsatser

I detta projekt har två kommersiella vindsiktar undersökts. Detta ger att totalt under *Fas I* och *Fas II* har fyra stycken vindsiktar undersökts i industriell skala. Vilket har ökat på den grundläggande kunskapen för vad som har möjligt att uppnå med olika typer av vindsiktar. Vindsiktarna som har undersökts har använt olika separationszoner och olika aerodynamiska cykler.

Experimenten visar att vindsiktarna klarar av att producera en produkt efter de krav som återfinns inom betongforskning, en fillerhalt på 5-10%. Detta innebär att vindsiktar med intern och extern aerodynamisk cykel samt olika typer av separationszoner kan lösa det uppställda problemet. Resultaten kommer skilja sig lite åt, så valet av maskin bör bero på vad den enskilde betongproducenten behöver för noggrannhet. Experimenten visar även att det är möjligt att använda vindsiktarna för att tillverka en avdammad 0-2 mm sortering med 5-10% partiklar under 100 µm för asfaltsproduktion. Detta bör möjliggöra ett minskat behov av torkning.

Simuleringar av luftflödet har utförts på alla de undersökta vindsiktarna. Det som visats i denna slutrapport är att luftflödet i en av vindsiktarna inte är optimalt för separationen. Utöver det har så har simuleringar visat att partikel till partikel-interaktion influerar hur bra separationen blir, vilket betyder att det är viktigt att hålla matningen av material in i vindsiktarna på en korrekt nivå. Det har också visats att partikelformen kommer påverka separationsresultatet på så sätt att mer flakiga partiklar tenderar att ha en större sannolikhet att hamna i den finare produkten (fillern).

Förutom tekniska krav är det nödvändigt att en ekonomiskt lönsam produktion är möjlig. Erfarenhet från fältet ger en elkostnad per producerat ton sand runt 1-2 SEK. Till det kommer underhållskostnad runt 2 SEK per ton. Investeringskostnaden mellan de undersökta maskinerna skiljer sig kraftigt åt, med kostnader från 2 till 8 miljoner SEK för en vindsikt som producerar ca 50 ton/h. För en maskin som kostar 2 miljoner SEK skulle detta, med en avskrivning på 10 år med maskintillgänglighet på 50% och en internränta på 10%, ge en kapitalkostnad på 7,4 SEK/ton. Det är därför viktigt att utreda vilka maskiner som behövs för att lösa uppgiften.

Sammanfattningsvis har projektet visat att det är möjligt att genom ett korrekt användande av vindsiktning i bergtäkter producera en förädlad 0-2 mm sortering till betong- och asfaltsindustrin. För bergtäkter med överskott av 0-2 mm kan detta öppna upp nya marknader. Vindsiktning av 0-2 mm till asfaltsindustrin skapar en möjlighet att öka kundvärdet och kan därmed möjliggöra att ta ut ett högre pris.

Referens

Johansson, R., 2014. Air classification of fine aggregates, Chalmers University of Technology, Göteborg.