

# Slutrapport

## Torr klassering av fina ballast fraktioner till asfalt och betong

---



SBUF forskningsprojekt nummer: 12036

MinBaS II projektnummer: 1.4.2

Robert Johansson, Doktorand  
Docent Magnus Evertsson, projektledare

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

Chalmers tekniska högskola  
41296 Göteborg



**CHALMERS**

## Bakgrund

Sveriges miljömål gällande god vattenkvalitet innebär bland annat att uttaget av naturgrus skall minska; cirka 15 miljoner ton naturgrus används årligen i Sverige till bland annat betong och asfalt. För att minska uttaget behöver Sveriges betong- samt asfaltindustri en fullgod ersättningsprodukt. Denna rapport behandlar ersättningsprodukten industriellt producerat grus under 2 mm, vilket idag är en restprodukt i flera stenbrott. Dock skiljer sig det industriella gruset mot naturgrus på viktiga parametrar som form och partikelstorleksfördelning. När det gäller form så beror det framförallt på hur produktionen av gruset sker medan partikelstorleksfördelningen beror på klasseringen av gruset.

Då klassering av fina fraktioner med partikelstorleken 0-2 mm inte är speciellt vanligt i svenska bergtäkter så behövs nya metoder för lösa problemet. Denna rapport berör vindsiktning vilket idag används inom mineralindustrin. Mineralindustrin använder dock vindsiktning för att samla in mineraler medan målet för bergtäkt industrin är att minska mängden filler; dvs. material under 63 µm. Forskning visar att en fillerhalt runt 5-10 massprocent är acceptabelt för att producera en bra betong med goda reologiska egenskaper.

För betongindustrin är det viktigt att kontrollera andelen filler för att kunna tillverka en betong som uppfyller existerande krav utan att öka inblandningen av cement. Inom asfaltstillverkning torkas traditionellt 0-2 mm fraktionen för att senare avskilja filler. Torkning är energikrävande och det åtgår ungefär 7-8 liter eldningsolja per inmatat ton. Då mycket av fukten sitter i fillerhalten finns förhoppningar att kunna avskilja en del av fillerhalten innan torkning för att därmed minska energiåtgången. Om möjligt är det också önskvärt att minska glimmerhalten, detta gäller både tillverkningen av betong och asfalt.

## Syfte

Syftet med det utförda projektet är att skapa en grundläggande och detaljerad förståelse för vindsiktars funktion, användning och utformning ur ett ballastproduktionsperspektiv.

Projektets fokus är riktat mot ballastförädlingsprocessen. Erhållna resultat ger ett direkt stöd i kunskapsuppbyggandet och vid effektivisering av asfalts- och betongtillverkning.

## Genomförande

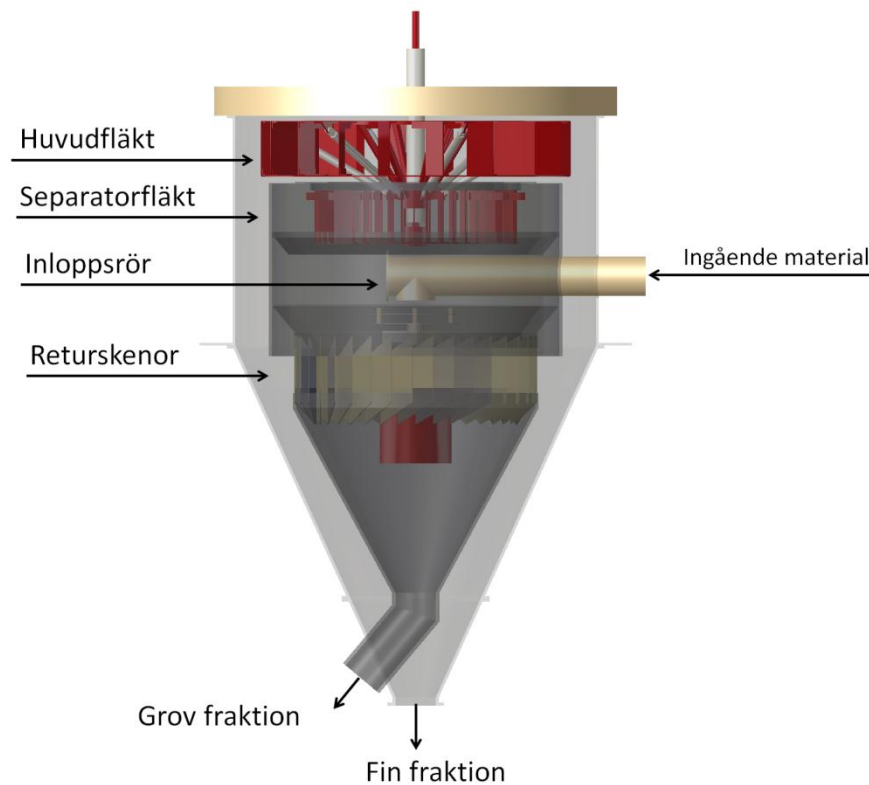
Projektet har genomförts som ett forskningsprojekt på Chalmers Tekniska Högskola under 30 månaders tid. Under arbetets gång har två industriella vindsiktars undersökts, både experimentellt och analytiskt genom beräkningsmetoden Computational Fluid Dynamics (CFD).

## Resultat

Två stycken vindsiktars har undersökts; en sk internflödesvindsikt och en två stegsvindsikt. (Buell/Metso). De två undersökta vindsiktarna skiljer sig i avsevärt i sin konstruktion och i hur partikelseparation uppnås. Båda vindsiktarna har undersökts experimentellt och genom simuleringar. Nedan presenteras de experimentella resultaten, för de detaljerade simuleringsresultat hänvisas till författarens licentiatavhandling (Johansson (2011)).

## Internflödesvindsikt

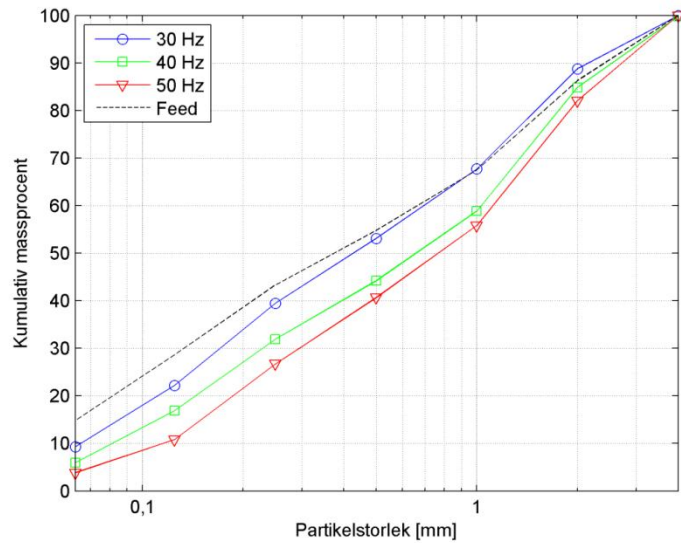
Internflödesvindsikten, är ca 5 meter hög och 3 meter i diameter utan tillhörande stöd. Den bygger på ett internt cirkulerande luftflöde vilket innebär att ingen luft passerar in eller ut från maskinen. Luftflödet genereras inuti i maskinen med hjälp av huvudfläkten. Maskinens in- och utlopp är tätade av materialet som skall eller har siktas, detta innebär att ingen luft passerar in eller ut ur maskinen. Därmed behövs inte heller några externa filter. Separationszonen är av typen "centrifugal-zon". Skruvmatning används för att mata in den icke klasserade fraktionen samt mata ut den färdiga produkten och filler. Kostnaden för en internflödesvindsikt är ca 2 miljoner SEK.



Figur 1 Internflödesvindsikt.

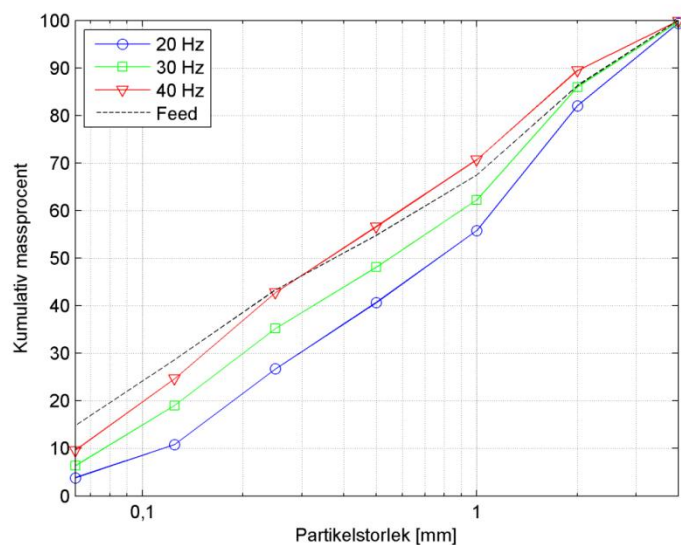
Fraktionen som ska klasseras matas in i centrum av vindsikten genom inloppsröret, se Figur 1. Inuti vindsikten har ett cirkulerande stigande luftflöde skapat av huvudfläkten, detta flöde är vad som klassificerar stenfraktionen. Fillerpartiklarna stiger med luftflödet medan de tyngre partiklarna faller neråt. Separatorfläkten används för att kontrollera skärningspunkten. Filler som klasseras bort kommer följa luftflödet förbi separatorfläkten och genom huvudfläkten. Efter huvudfläkten vänder luftflödet neråt och vid returskenorna bromsas luften upp. Denna inbromsning gör att filler fortsätter neråt medan luftflödet återcirkuleras in emot centrum.

Det cirkulerande luftflöde som skapas av huvudfläkten går att variera genom att öka och minska hastigheten på huvudfläkten. Figur 2 visar hur partikelstorleksfördelningen är beroende på hastigheten på huvudfläkten. Genom att öka hastigheten på huvudfläkten separeras mer material ifrån det ingående materialet till filler. Alla hastigheter på huvudfläkten minskade fillerhalten från 15% i det ingående materialet till mellan 5-10% i den grova produkten.



**Figur 2** Partikelstorleksfördelning för ingående material (feed) och grova partiklar som funktion av hastigheten på huvudfläkten.

Partikelstorleksfördelningen i den färdiga industriella sanden påverkas även av hastigheten på separatorfläkten. Figur 3 partikelstorleksfördelningen när huvudfläkten körs på 50 Hz och hastigheten på separatorfläkten varierar. Det kan ses att mängden filler som separeras bort minskar med en ökande hastighet på separatorfläkten. Vilket beror på att luftflödet som skapas av separationsfläkten trycker bort partiklarna ifrån separationszonen (se simuleringar i Johansson (2011)).



**Figur 3** Partikelstorleksfördelning för ingående material (feed) och grova partiklar som funktion av hastigheten på separatorfläkten

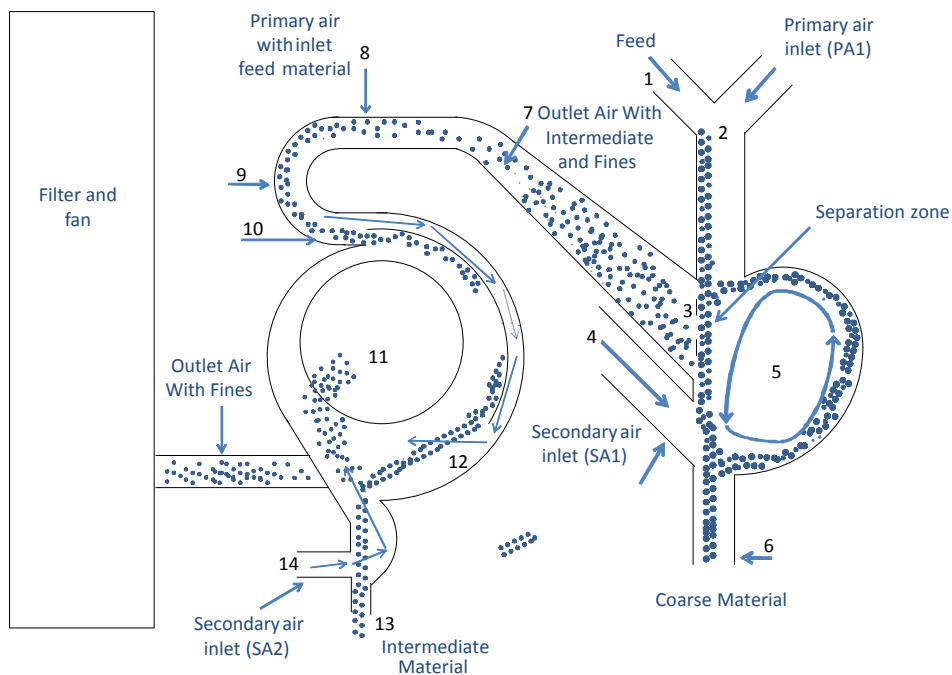
## Buell vindsikt

Den undersökta vindsikten från Buell består av två siktsteg i serie som totalt levererar tre produkter med olika partikelstorleksfördelningar. Separationszonen i steg 1 är av typen "gravitationszon" och för steg 2 en "centrifugal zon". Vindsikten fungerar så att en fläkt skapar ett undertryck i det totala systemet, det luftflöde som skapas av undertrycket drar med sig de finare partiklarna genom systemet. Vindsikten har ett externt luftflöde och kräver därmed externa filter för att rena den utgående luften. Figur 4 visar installationen av vindsikten som den ser ut på NCC Roads anläggning i Stenungsund. Vindsikten med tillhörande extern fläkt och filter är monterad ovanför tre produktsilos. Idén är att ju tidigare en produkt plockas ur maskinen desto större genomsnittlig partikelstorlek har produkten. Den installerade vindsiktsanläggningen från Buell kostar ca 8 miljoner SEK.



Figur 4 Installation av Buell vindsikt i NCC Stenungsund (foto: Pär Johnning)

Partiklar faller med hjälp av gravitation från inlopp 1, se Figur 5. Dessa blandas med ett neråtgående luftflöde vid punkt 2. Från utgång 7 skapas ett sug som suger ut små partiklar genom ett separationsgaller (se punkt 3 i Figur 5), gallret stoppar grövre partiklar att följa med luftflödet. När partiklarna har passerat gallret möts det blandade flödet av ett luftflöde från punkt 4 (se Figur 5). Detta luftflöde skapar ett återcirkulerande flöde runt punkt 5. De grova partiklarna faller till slut ner genom punkt 6.



Figur 5 schematisk layout av Buell vindsikt, första steget till vänster och andra steget till höger.

Från inlopp vid punkt 8 (se Figur 5) kommer ett luftflöde med de små partiklarna som lämnade steg 1 i punkt 7 (se Figur 5). Kröken vid punkt 9 i kombination med rörelsemängden i partiklarna separerar partiklarna och huvuddelen av luftflödet. Partiklarna går på insidan av skenan vid punkt 10 medan luftflödet går på utsidan av skenan. Vid punkt 12 korsas partiklar och luftflödet vilket i sin tur skapar en ny separation mellan filler (<math><63\mu\text{m}</math>) och de grövre partiklarna. Filler sugts sedan ut genom öppningen i centrum, punkt 11. En andra klassering kan ske innan utflödet för de grövre partiklarna (punkt 13) om inloppet vid punkt 14 är öppet.

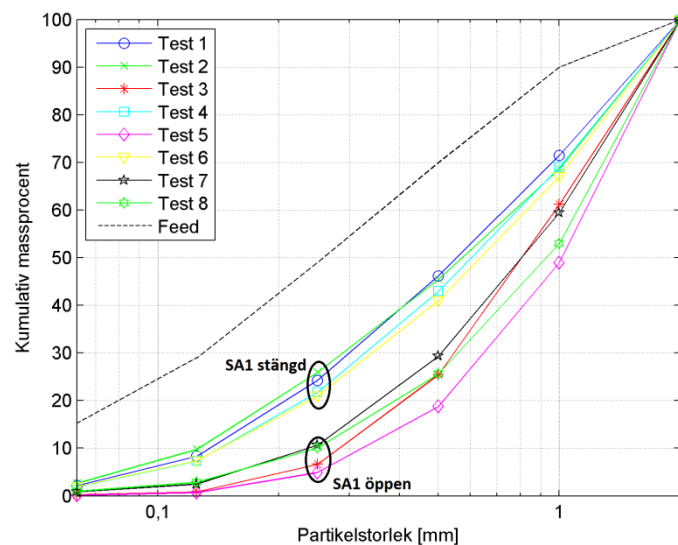
Det som kontrollerar separationen i de två stegen är de tre ventiler som reglerar luftflödet in i maskinen. Två ventiler sitter i steg 1, Primary air inlet (PA1) och Secondary air inlet (SA1), och en ventil i steg 2, Secondary air inlet (SA2). För att utröna hur de tre produkterna påverkas av hur de olika ventilerna påverkar de produkter som tillverkas så utfördes en större testserie, se Tabell 1. Resultaten från undersökningen redovisas i texten nedan.

Test	PA1	SA1	SA2
1	stängd	stängd	stängd
2	öppen	stängd	stängd
3	stängd	öppen	stängd
4	stängd	stängd	öppen
5	öppen	öppen	stängd
6	öppen	stängd	öppen
7	stängd	öppen	öppen
8	öppen	öppen	öppen

Tabell 1 Testserie inställningar

## Produkt 1, 0.5-2 mm

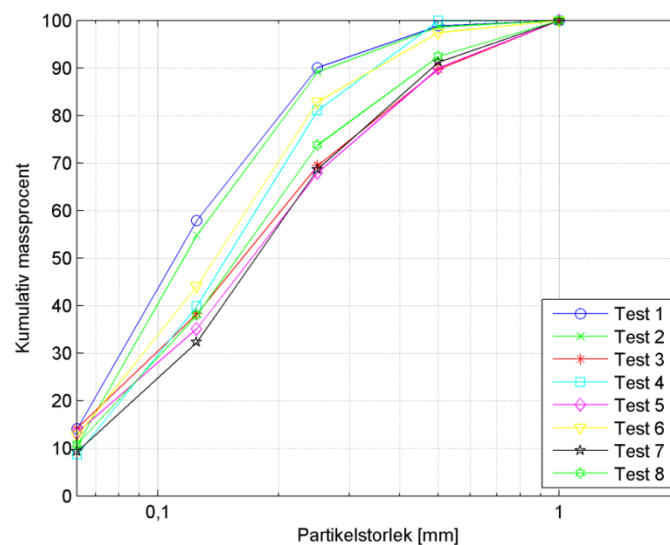
Figur 6 visar partikelstorleksfördelningen för den utförda testserien och feeden. Alla testserier uppvisar en kraftig minskning av filler; Noterbart är att kurvorna är uppdelade i två lägen, fyra kurvor har minskat partiklar under 125  $\mu\text{m}$  till runt 1-2% medan de övriga 4 ligger runt 7-9%. Statistisk analys ger oss att skillnaden mellan grupperna kan förklaras med hur SA1 är inställd; när SA1 är öppen minskar mängden filler i produkt 1. Detta sker p.g.a. återcirkulation av partiklar emot separationszonen (se Figur 5 punkt 3).



Figur 6 Partikelstorleksfördelning produkt 1 för de olika testserierna

## Produkt 2, 0-0.5mm

Figur 7 visar partikelstorleksfördelningen för produkt 2 med avseende på de olika testserierna. De lika försöken är svåra att jämföra med varandra då kurvornas utseende delvis beror på vad som klassificeras ut från produkt 1. Statistisk analys ger att det framförallt är SA1 som påverkar mängden partiklar över 63  $\mu\text{m}$ . För partiklar mindre än 63  $\mu\text{m}$  styrs dock av SA2; som ger återcirkulation i steg 2.



Figur 7 Partikelstorleksfördelning produkt 1 för de olika testserierna

## Slutsatser

I projektet har två typer av vindsiktat undersökts för att skapa en grundläggande förståelse för vindsiktning rent generellt, samt möjligheten att använda vindsiktning inom ballastindustrin för produktion av helkrossad sand och andra produkter. De två vindsiktarna representerar olika typer av separationszoner samt olika aerodynamiska cykler.

De experiment som har utförts visar att de två undersökta vindsiktarna klarar att sänka fillermängden i nivå med vad rådande uppfattningen från publicerad betongforskning anser är nödvändigt. Tvåstegsdesignen i Buell-vindsikten ger en högre skärningspunkt i steg 1 än för internflödesvindsikten, vilket är väntat då maskinen är anpassad efter att ha två separationssteg. Detta gäller dock endast om recirkulation används i steg 1, om inte produceras steg 1 i Buell vindsikten en likvärdig produkt med som den som fås från internflödesvindsikten. Återcirkulation ger alltså en renare produkt genom att den gör så att de fina partiklarna passerar separationen upprepade gånger.

Experimenten visar att båda vindsiktarna klarar av att producera en produkt efter de krav som återfinns inom betongforskning, en fillerhalt på 5-10%. Detta innebär att vindsiktat 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 fraktion med 5-10% partiklar under 100 µm för asfaltsproduktion. Detta bör möjliggöra ett minskat behov av torkning.

Förutom tekniska krav är det nödvändigt att en ekonomiskt lönsam produktion är möjlig. Erfarenhet ger att Buell vindsikten kostar ca 2 SEK/ton i underhåll och 2 SEK/ton i energikostnader, med en investeringskostnad på ca 8 miljoner SEK så blir kapitalkostnaden också en viktig del. En Buell vindsikt kostar ca 4 gånger mer än en internflödesvindsikt och frågan måste då ställas vilken produkt som behövs produceras och i vilka mängder. Maskinvalet kommer i slutändan ner till vad betongproducenten vill ha för produkt. Det är därför rekommenderbart att arbeta med betong och asfalt producenten för att ej felinvesteringar skall ske.

Sammanfattningsvis har projektet visat att det är möjligt att genom ett korrekt användande av vindsiktning i bergtäkter producera en förädlad 0-2 mm fraktion 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.

## Referenser

Johansson, R., 2011. Dry classification of fine aggregates for concrete and asphalt, In *Product and Production Development*. Chalmers University of Technology, Göteborg.