

# Bijlage

## Onderzoeksstudie naar een droog losinstallatie van grind op een sleeophopperzuiger



# **Boskalis**

Dredging & Marine Experts

Literatuur:

Engineering mechanics statics

R.C. Hibbeler

ISBN-10 0-13-203813-7

Eenvoudige stromingsleer 1

Ir. N.H. Dekkers en Ir J.M.H. Wijnen

3<sup>e</sup> Druk

ISBN 906674 652 1

Toegepaste energietechniek

J. Ouwehand

T.J.G. Papa

E.Post

A.C. Taal

3<sup>e</sup> herziene uitgave

ISBN-10:90 39523045

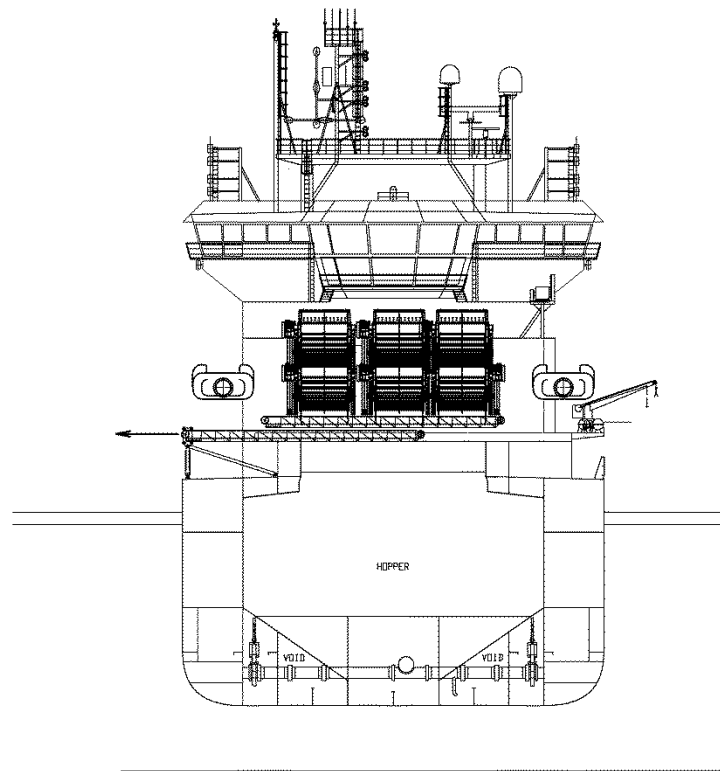
Toegepaste Energieleer.

A.C. Taal

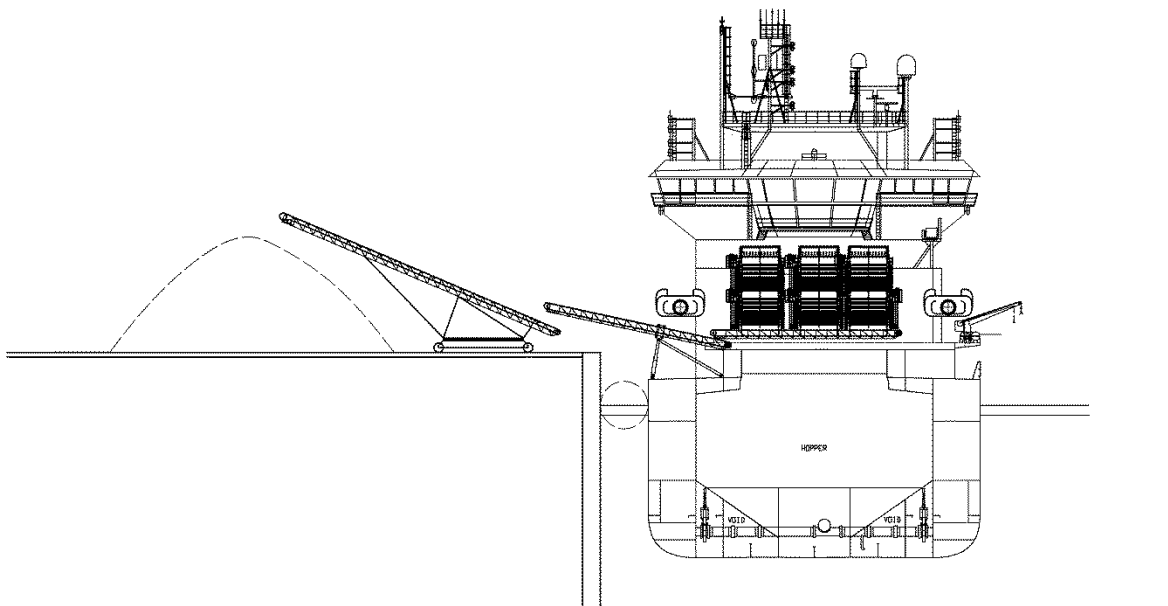
1<sup>e</sup> druk

ISBN: 10:90 395 2301 0

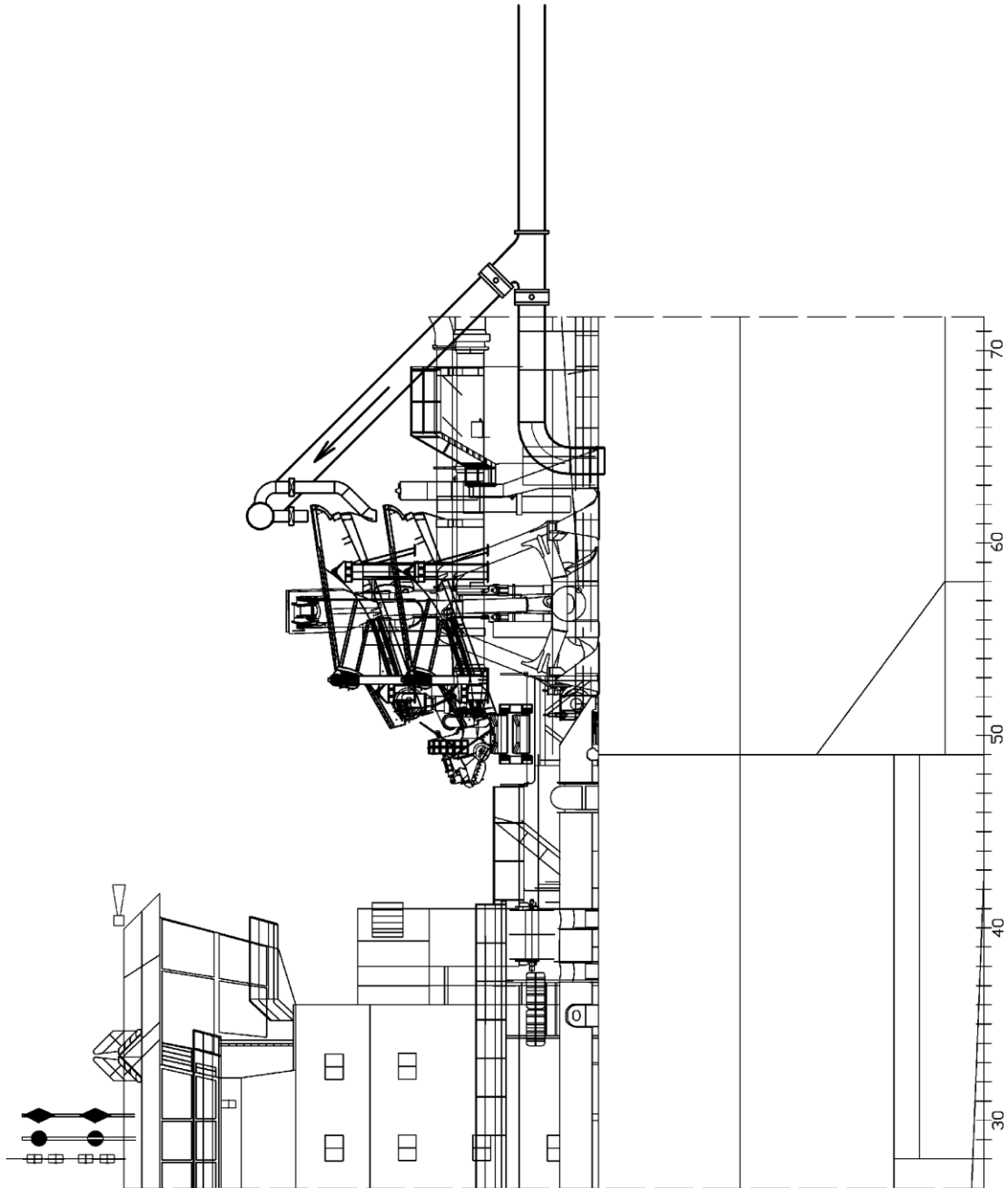
Vooraanzicht ontwateringzeven met ingetrokken bandtransporteur



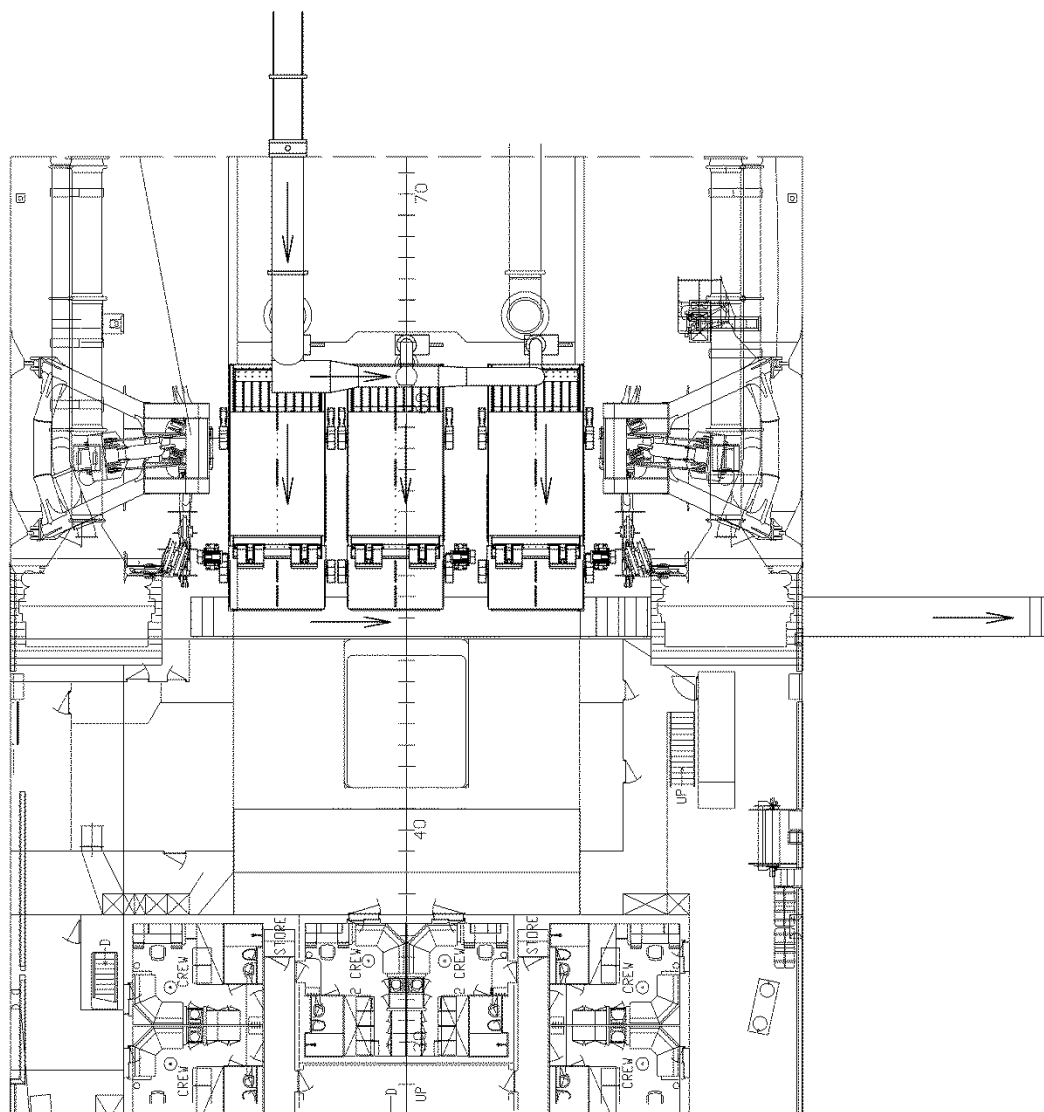
Vooraanzicht ontwateringzeven met uitgestuurde bandtransporteur



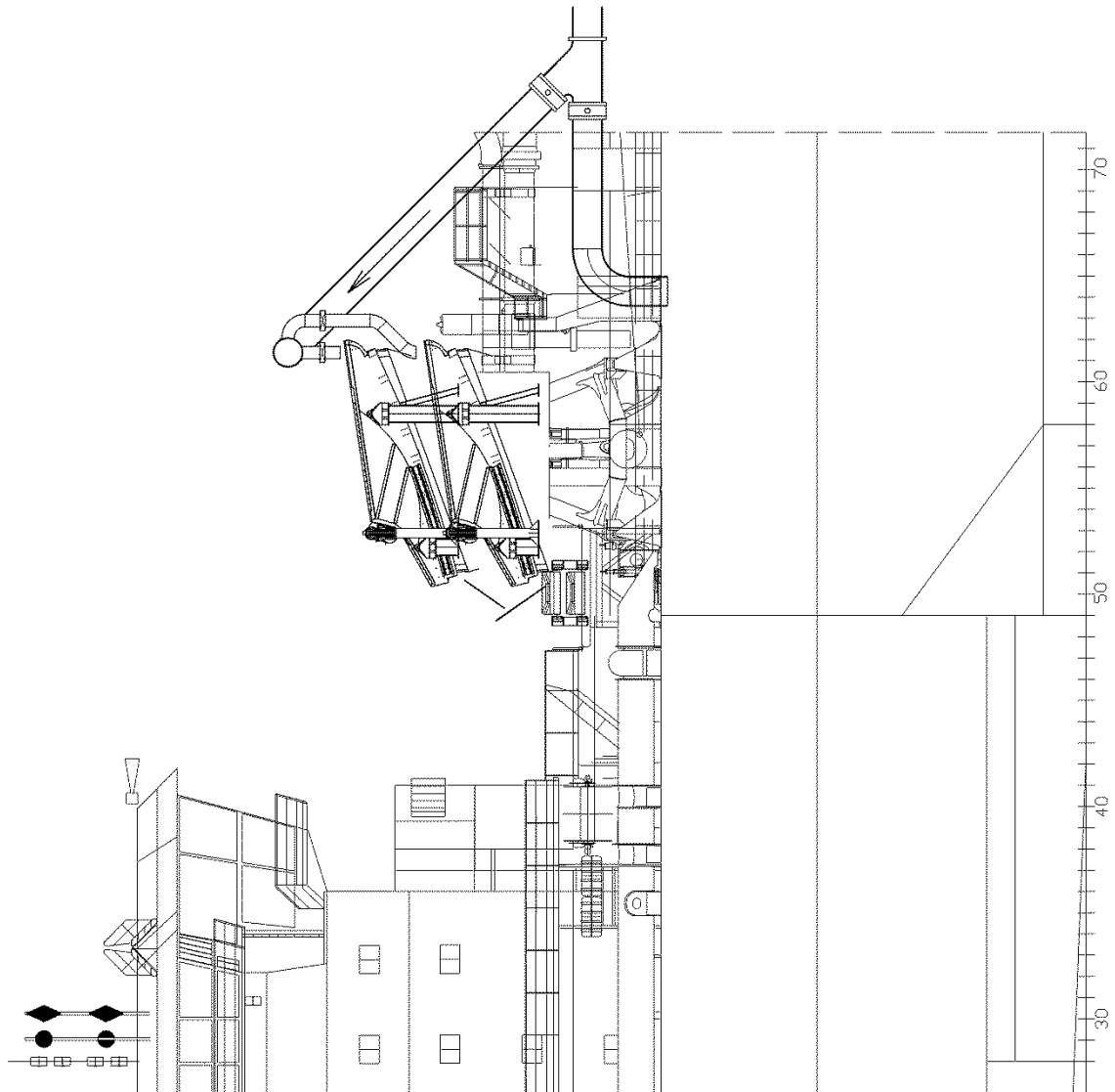
## Zijaanzicht ontwateringzeven met bandtransporteur



## Bovenaanzicht ontwateringzeven met uitgestuurde bandtransporteur naar de kade



**Zijaanzicht met verwijderd leidingwerk, waardoor de bok beter zichtbaar is**



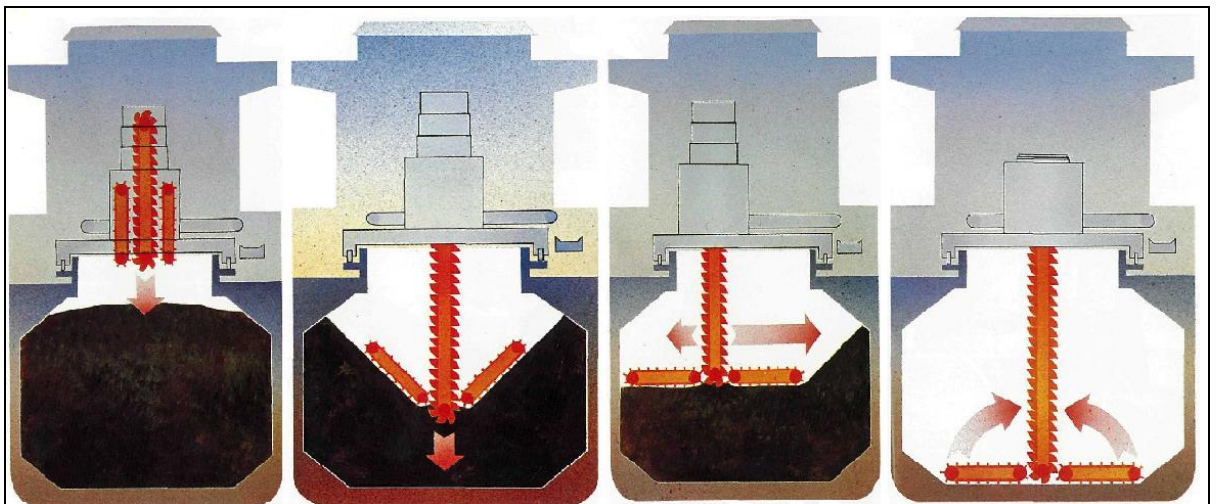
## Omschrijving van technieken/methoden die zouden kunnen worden toegepast om de gedefinieerde subfuncties te vervullen

### Het aanvoeren van het grind naar het verticale transportsysteem

Afhankelijk van de keuze voor een bepaald verticaal transportsysteem is er in de meeste gevallen een systeem benodigd, dat het grind vanuit alle hoeken naar het verticale transportsysteem transporteert, zodat het verticale transportsysteem het grind uit het beun kan afvoeren. Voor de inrichting van het systeem, dat het grind naar het verticale transportsysteem dient te transporteren, zijn een viertal mogelijkheden, die hieronder verder zullen worden uitgewerkt.

#### **Doormiddel van transportbanden met dwars op de bewegingsrichting geplaatste flappen.**

Één van de mogelijke manieren om het grind naar het verticale transportsysteem te transporteren is door gebruik te maken van transportbanden, met dwars op de bewegingsrichting geplaatste flappen, die het grind als het waren naar het verticale transportsysteem duwen. Op de onderstaande figuur 1 is in een illustratie weergegeven hoe een dergelijk systeem eruit komt te zien.



Figuur 1: Grindaanvoer naar het verticale transportsysteem, dmv transportbanden met dwars geplaatste flappen

Te zien is, hoe in dit geval de transportbanden met behulp van flappen het grind aanvoeren aan een emmerlift.

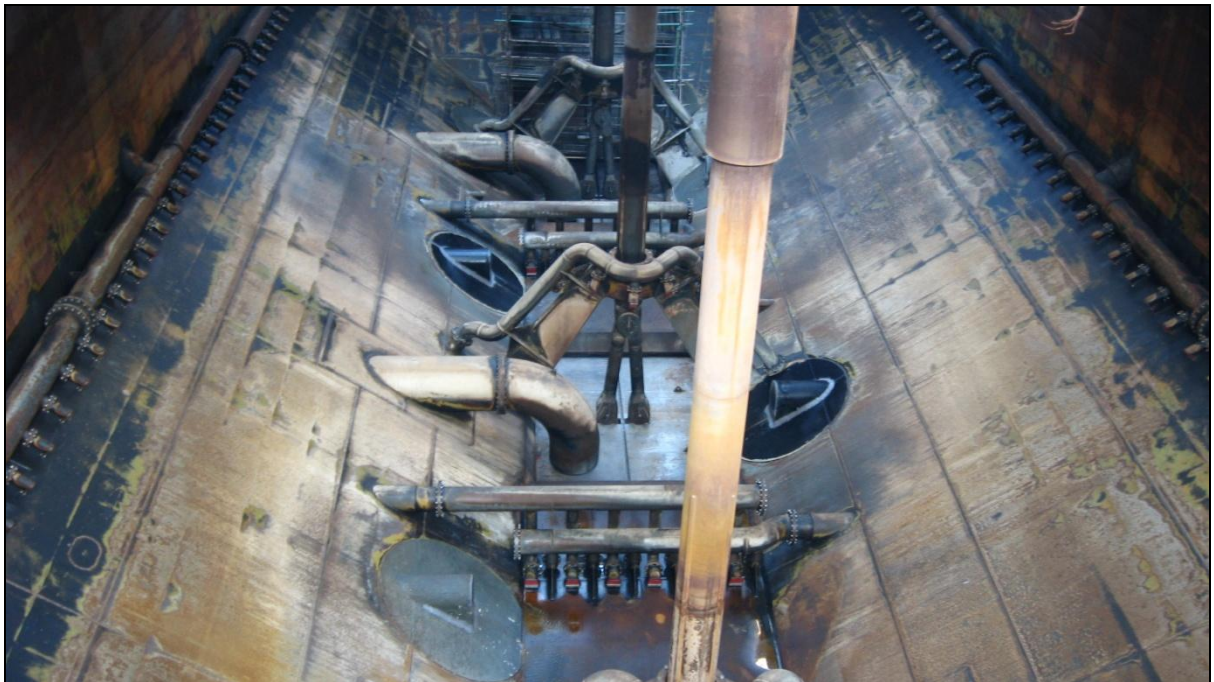
#### **Doormiddel van schroeftransporteurs.**

Een andere mogelijke manier om het grind aan het verticale transportsysteem aan te voeren, is door gebruik te maken van schroeftransporteurs. Dit transportsysteem is te vergelijken met de in bovenstaande figuur weergegeven installatie, alleen de transportbanden dienen te worden vervangen door schroeftransporteurs, die het grind als het ware naar het verticale transportsysteem duwen.

#### **Doormiddel van waterjets**

De toevoer van grind aan het verticale transportsysteem, kan ook gebeuren door gebruik te maken van waterjets, die het grind vanuit alle hoeken/gaten wegsprengen en toevoeren

aan het verticale transportsysteem. Deze waterjets zijn reeds op de sleephopperzuiger de Prins der Nederlanden geïnstalleerd. In de onderstaande figuur 1 is een foto te zien van de nossels, waaruit deze waterjets komen.

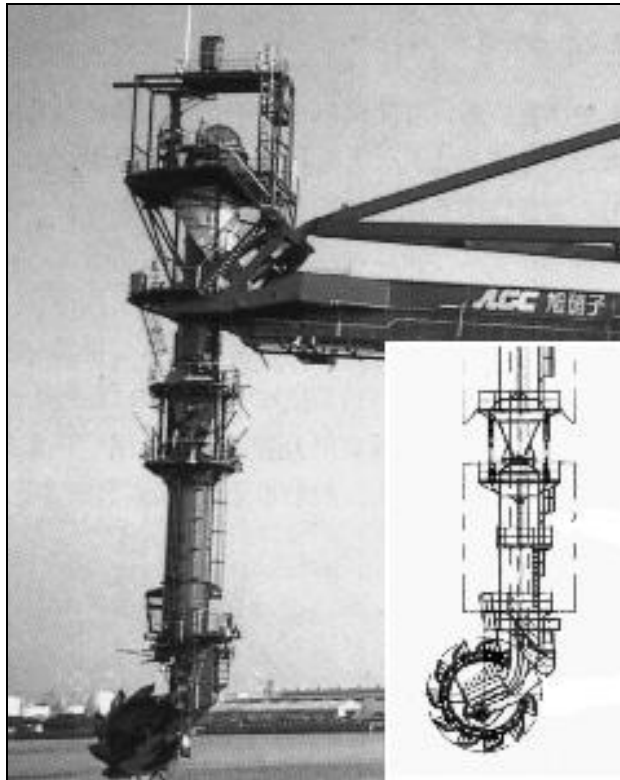


**Figuur 2: Nozzle op de sleephopperzuiger de Prins der Nederlanden**

Te zien is dat op verschillende plaatsen in het beun nozzles zijn geïnstalleerd, die het grind vanuit alle hoeken en gaten op verschillende bergen op de bodem van het beun moeten spuiten.

#### **Doormiddel van een graafwiel.**

Een laatste manier om het grind aan het verticale transportsysteem toe te voeren, is door gebruik te maken van een graafwiel. Op de onderstaande figuur 3 is een afbeelding te zien van een graafwiel.



**Figuur 3: Een graafwiel**

Het graafwiel schept het grind als het ware op en geeft het vervolgens af aan een verticaal transportsysteem. Een graafwiel lijkt, een kleiner gebied te kunnen bestrijken, dan een de aanvoer systemen met een transportband of een schroeftransporteur. Dit hoeft echter niet het geval te zijn, wanneer het verticale transportsysteem in de lengte en in de dwars richting van het schip kan bewegen en wanneer het graafwiel wat betreft oriëntatie om de as van het verticale transport systeem kan roteren.

#### [Het verticale transportsysteem, welke het grind uit het beun haalt](#)

De invulling van dit transport systeem kan op een zestal verschillende manieren worden ingericht. Hieronder zullen deze technieken/methodieken worden besproken.

##### **Door het beun leeg te kranen**

Het beun kan groten deels worden leeggehaald, door het leeg te kranen, met een gelijkwaardig systeem als op het schip de Charlemagne (zie figuur) is toegepast. Het is echter op deze manier onmogelijk om op deze manier de laatste resten grind uit het beun te verwijderen. Wanneer het grind uit het beun getransporteerd wordt door het beun leeg te kranen, is er echter in een later stadium een buffersysteem vereist, die het grind gelijkmatig in de tijd vrijgeeft.

##### **Door het grind te verpompen**

Het grind kan ook uit het beun worden getransporteerd, door het te verpompen met water. De pomp die het grind uit het beun moet pompen, zal in dat geval dezelfde pomp zijn, als

waarmee het grind opgebaggerd is. Wanneer het grind uit het beun getransporteerd wordt door het te verpompen, moet er in een later stadium een water afscheider worden geplaatst om het water van het grind af te scheiden.

#### **Door een emmer lift (de emmertjes zijn aan een ketting bevestigd, die de emmertjes omhoog trekt)**

Een andere mogelijkheid, om het grind uit het beun af te voeren is door gebruik te maken van een emmerlift. In de onderstaande figuur 2 is een emmerlift weergegeven.

Emmerliften verschillen onderling van elkaar van de wijze waarop de emmers naar boven worden getild, dit kan eigenlijk op een tweetal manieren gebeuren, enerzijds door een ketting en anderzijds door een band waarop de emmers zijn bevestigd.

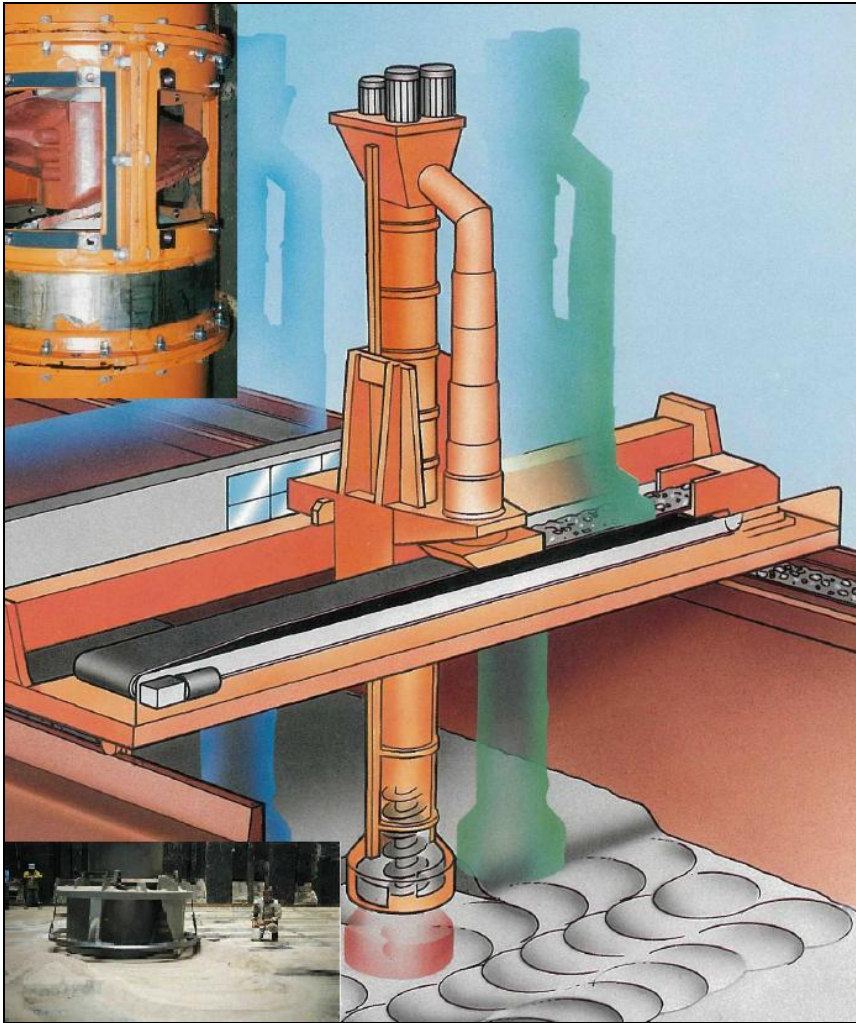


**Figuur 4:** Een voorbeeld van een emmerlift van het ingenieursbureau Vermeulen

Een emmertransporteur heeft als groot voordeel dat het een continue stroom aan grind toevoert, waardoor er geen buffersysteem benodigd is. Een nadeel is dat een dergelijk systeem gevoelig is voor slijtage.

#### **Doormiddel van een verticale schroeftransporteur**

Ook is het een mogelijkheid om het grind doormiddel van een verticaal geplaatste schroeftransporteur uit het beun te transporteren. In de onderstaande figuur is een collage vorm weergegeven hoe een schroeftransporteur er ongeveer uit komt te zien.



**Figuur 5: Een voorbeeld van een schroeftransporteur**

Een nadeel van een schroeftransporteur is dat deze erg slijtage gevoelig is.

### **Rond kettingtransporteur**

Het grind kan ook uit het beun worden afgevoerd, door gebruik te maken van een rondketting transporteur. In de onderstaande figuur 4 is een rond kettingtransporteur weergegeven.



**Figuur 6:** Een voorbeeld van een kettingtransporteur van het ingenieursbureau Vermeulen

In wezen is een rond kettingtransporteur een middenweg tussen een transportband en een emmerlift. Over het algemeen neemt een emmerlift minder ruimte in beslag, omdat een rond kettingtransporteur in de meeste gevallen niet in staat is om bulk materialen verticaal omhoog te transporteren.

#### **Doormiddel van een kettingtransporteur in een buis**

Een andere manier om het grind uit het beun te transporteren is doormiddel van een kettingtransporteur die door een buis gaat. In de onderstaande figuur 5 is een collage weergegeven van hoe een dergelijk systeem eruit zou komen te zien.



Figuur 7: Een kettingtransporteur in een buis zoals geleverd door Schrage

Het bovenstaande systeem heeft een aantal voordelen, zo is het relatief eenvoudig om met een dergelijk systeem bochten te maken en is de afvoer van grind een continue stroom van materiaal.

[Het bufferen van het grind \(indien het verticale transportsysteem een batchachtig karakter in de aanvoer heeft\)](#)

Afhankelijk van de invulling die er wordt gegeven aan het verticale transportsysteem, is er in sommige gevallen een bufferinstallatie benodigd. Dit is afhankelijk van het feit of het verticale transportsysteem het grind gelijkmatig (met een constant volumedebiet)

aanvoert. Dit is bijvoorbeeld niet het geval wanneer grind in het beun wordt gelost door gebruikmaking van een kraan.

De inrichting van deze bufferfunctie, kan eigenlijk maar op één manier (wanneer silo opslag buiten beschouwing wordt gelaten) worden vervuld. Het komt eigenlijk op het volgende neer; het grind wordt in een grote trechter gestort, en van onderaf wordt het grind gelijkmatig afgevoerd. Het afvoeren van het grind moet worden uitgevoerd door een horizontaal/schuin oplopend transportsysteem. Dit transportsysteem kan door een viertal technieken worden uitgevoerd, door gebruikmaking van: een transportband, een schroeftransporteur, een kettingtransporteur en doormiddel van trilgoten.

### **Een trechter, waarin het grind van onderaf doormiddel van een transportband gelijkmatig in de tijd wordt afgevoerd.**

Een van de manieren om het grind van onderaf uit een trechter gelijkmatig af te voeren is door gebruik te maken van een transport band. De onderstaande figuur 8 toont een voorbeeld van een dergelijk systeem, alleen is deze bufferinstallatie wat betreft capaciteit bij lange na niet groot genoeg voor het beoogde droog lossysteem op een sleephopperzuiger.



**Figuur 8:** Een bufferinstallatie, waarin het grind doormiddel van een transportband wordt afgevoerd

**Een trechter, waarin het grind van onderaf doormiddel van een schroeftransporteur gelijkmatig in de tijd wordt afgevoerd.**

Een tweede manier om het grind van onderuit de trechter gelijkmatig af te voeren is door gebruik te maken van een schroeftransporteur. In de onderstaande figuur 9 is een afbeelding weergegeven van een dergelijke bufferinstallatie.



**Figuur 9: Een bufferinstallatie, waarin het grind doormiddel van een schroeftransporteur wordt afgevoerd**

In de onderstaande figuur 10 is een afbeelding weergegeven, waarop te zien is hoe de inrichting van een aantal schroeftransporteurs onder een trechtervormige buffer eruit zou kunnen zien. De schroeftransporteurs die op deze afbeelding zijn weergegeven voeren het grind horizontaal af, dit in tegenstelling tot de schroeftransporteur op de bovenstaande afbeelding, waarmee het grind schuin omhoog wordt afgevoerd.



**Figuur 10: Een aantal schroeftransporteurs onder een bufferinstallatie thuishoren.**

**Een trechter, waarin het grind van onderaf doormiddel van een kettingtransporteur gelijkmatig in de tijd wordt afgevoerd.**

Een derde manier om het grind van onderaf uit een trechter gelijkmatig af te voeren is door gebruik te maken van een kettingtransporteur. Een dergelijk buffersysteem, is te vergelijken met een systeem, zoals weergegeven is in figuur 8, waarin het grind van onderaf wordt afgevoerd doormiddel van een transportband.

**Een trechter, waarin het grind van onderaf doormiddel van een trekgoet gelijkmatig in de tijd wordt afgevoerd.**

Een vierde manier om het grind van onderaf uit een trechter gelijkmatig af te voeren is door gebruik te maken van een bunkertrekgoet. Bunkertrekgoten worden doorgaans toegepast onder bunkers en silo's. Een bunkertrekgoet wordt toegepast om de inhoud van een bunker regelbaar uit een bunker te trekken, waardoor er een gelijkmatige materiaalstroom ontstaat. In de onderstaande figuur 11 is een collage van afbeeldingen weergegeven, waarop te zien is hoe bulkmateriaal uit een buffer doormiddel van trekgoten wordt afgevoerd.



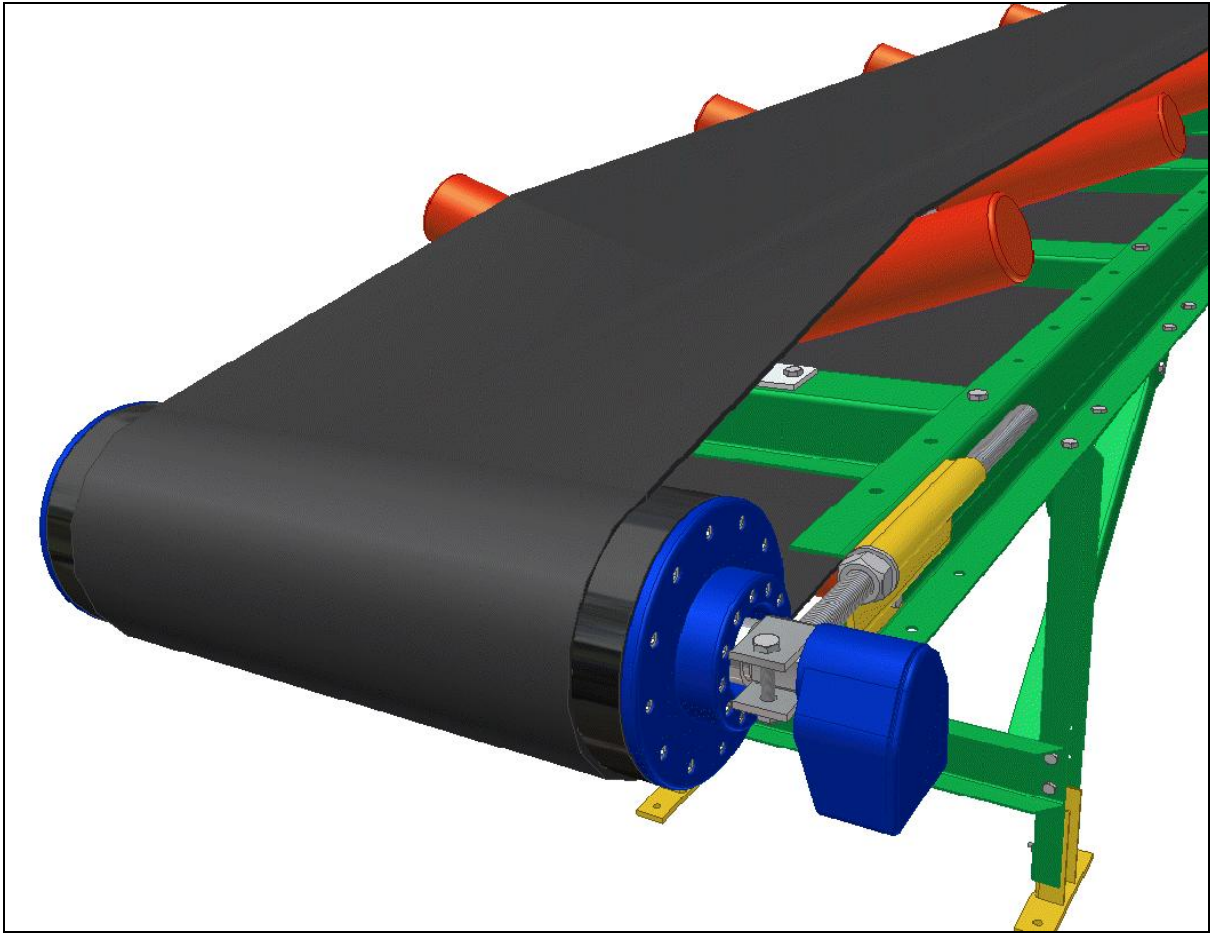
**Figuur 11: Een bufferinstallatie, waarin het grind doormiddel van een trekgoet wordt afgevoerd**

### Het horizontale transportsysteem, die het grind van het verticale transportsysteem wegvoert

Dit horizontale transportsysteem zal het grind moeten afvoeren dat door het verticale transportsysteem wordt aangeboden. Afhankelijk van de invulling van dit verticale transportsysteem, kan het zijn dat een buffering gewenst is. Deze buffering heeft als taak het grind gelijkmatig in de tijd af te voeren. Het afvoeren van het grind, afkomstig uit het verticale transportsysteem/ bufferinstallatie, zal dus moeten worden verzorgd door een horizontaal transportsysteem. Dit horizontaal afvoeren van het grind kan met behulp van een drietal transportsystemen.

### **Doormiddel van een bandtransporteur**

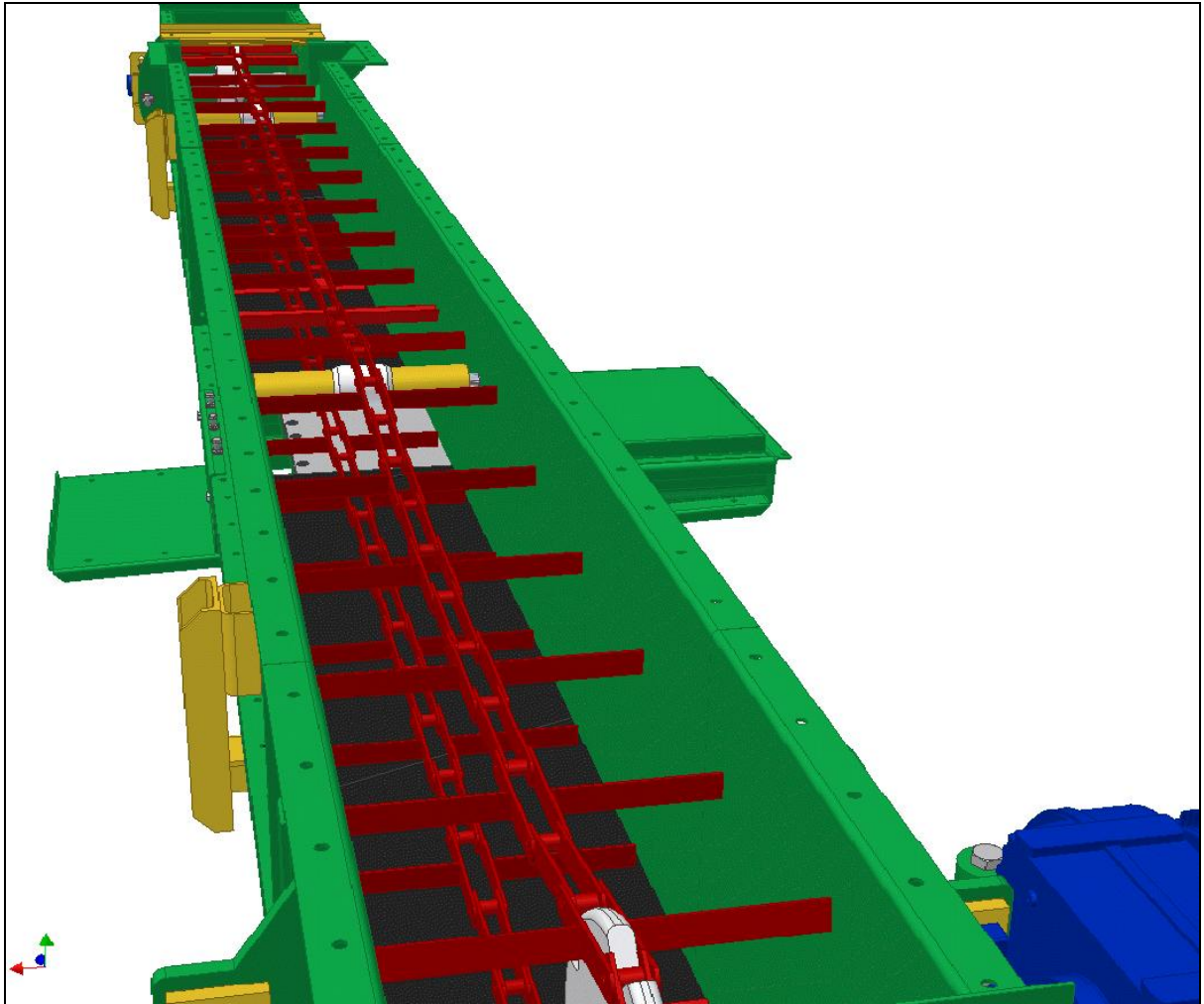
Een manier om het grind af te voeren uit het verticale transportsysteem/ bufferinstallatie is doormiddel van een band transporteur. In de onderstaande figuur 12 is een tekening weergegeven van een bandtransporteur.



**Figuur 12: Een bandtransporteur van Jansen en Heuning**

### **Doormiddel van een kettingtransporteur**

Een tweede manier om het grind af te voeren uit een het verticale transportsysteem/ bufferinstallatie is doormiddel van een kettingtransporteur. In een kettingtransporteur, wordt het grind voortbewogen door het als het waren voort te duwen door verbindingen die dwars op de ketting zijn bevestigd. In de onderstaande figuur 13 is een tekening weergegeven van een verticaal transportsysteem.

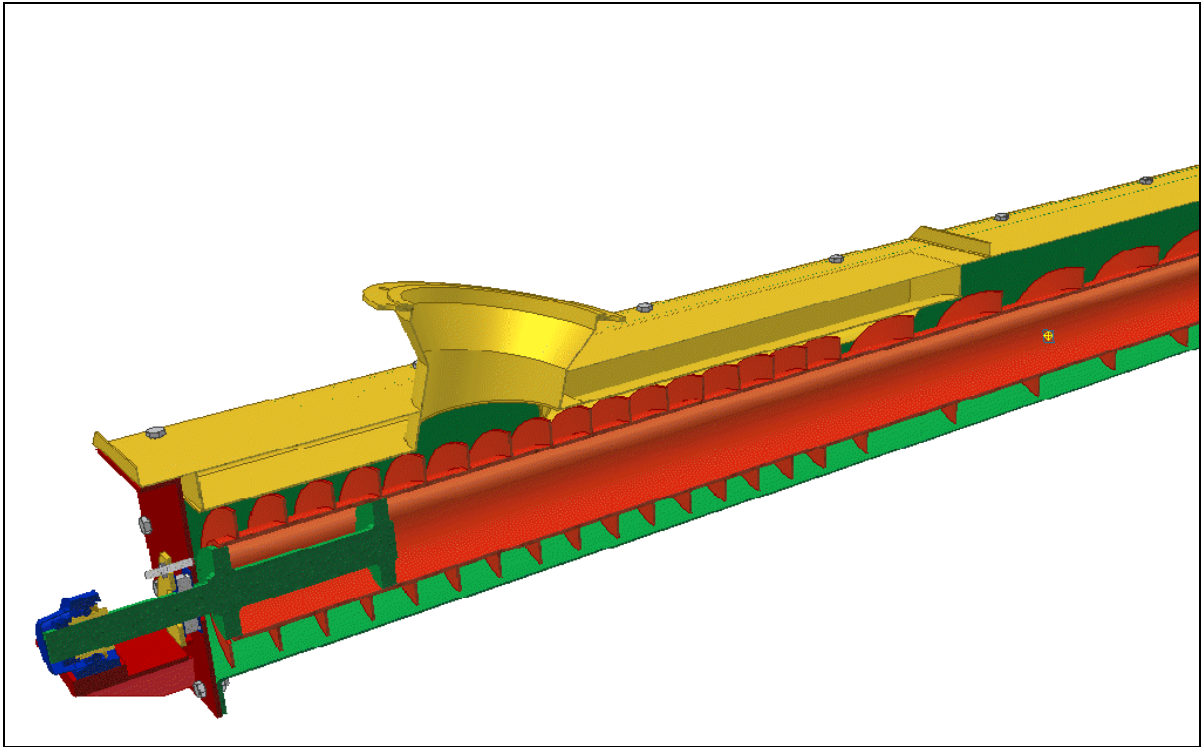


**Figuur 13: Een kettingtransporteur van Jansen & Heuning**

Een nadeel van een kettingtransporteur is dat ze relatief slijtage gevoelig zijn.

### **Horizontale schroef transporteur**

Een derde manier om het grind af te voeren uit het verticale transportsysteem/ bufferinstallatie is doormiddel van een schroeftransporteur. In een schroeftransporteur, wordt het grind voortbewogen, door het voort te duwen door een draaiende beweging van een schroef. Deze beweging is te vergelijken, met een moer die op een draadeind wordt gedraaid. In de onderstaande figuur 14 is een tekening weergegeven van een schroeftransporteur.



**Figuur 14: Een schroeftransporteur van Jansen & Heuning**

Een nadeel van een schroeftransporteur is dat ze relatief slijtage gevoelig zijn.

Het afscheiden van water uit het grind (indien er water met het grind wordt meegevoerd)

Wanneer er bij het lossen van het beun water met het grind wordt meegevoerd, zal er een installatie moeten worden toegepast, die het water en het grind van elkaar scheidt. Voor het afscheiden van het water uit het grind zijn er een aantal scheidingsmethodieken geschikt. Deze scheidingsmethodieken zijn op te delen in een tweetal groepen, namelijk scheidingsmethoden die gebaseerd zijn op een verschil in dichtheid en scheidingsmethoden die berusten op een verschil in deeltjesgrootte. Bij scheidingsmethoden die berusten op een verschil in dichtheid moet gedacht worden aan centrifugeren, hydrocycloon en sedimentatie. Bij de scheidingsmethode die berust op het verschil van deeltjesgrootte moet gedacht worden aan de filtratie.

De scheidingsmethode filtratie is geschikt voor het scheiden van suspensies (een mengsel van een niet oplosbare vaste stof en een vloeistof). Bij filtratie wordt de vaste stof (het grind) gescheiden van de vloeistof (het water) doormiddel van een filter. Het grind dat op het filter achterblijft heet het residu, het water dat door het filter gaat heet het filtraat en kan in dit geval opnieuw worden gebruikt als transportmedium van grind.

De andere scheidingsmethode die gebaseerd zijn op een verschil van dichtheid tussen water en grind zijn zoals eerder als is genoemd, centrifugeren, hydrocycloon en sedimentatie.

Bij centrifugatie worden de stoffen in een suspensie van elkaar gescheiden door het heel snel laten ronddraaien van de installatie, waarin de suspensie zich bevindt. Deze

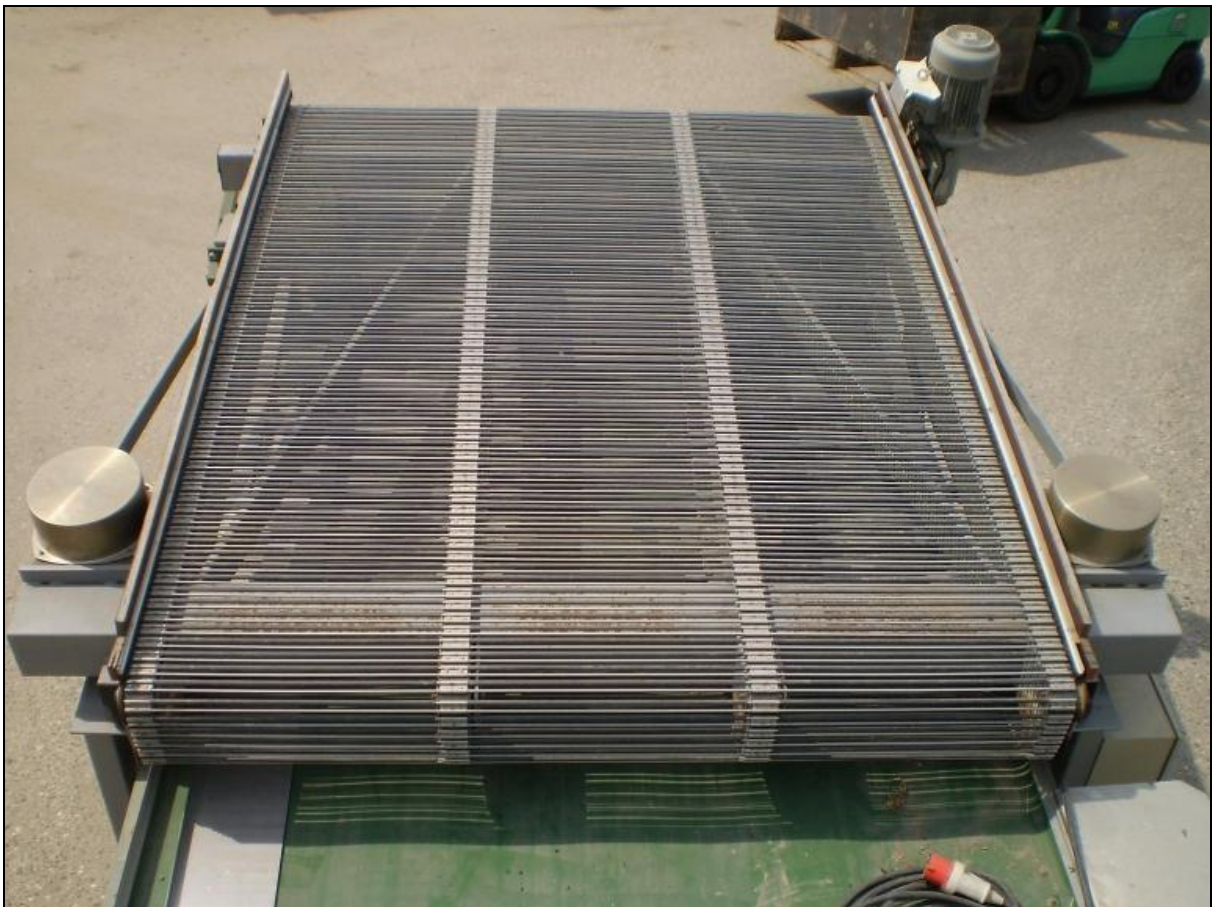
scheidingsmethode berust op het verschil in massadichtheid met inwerking van de middelpuntvliegende kracht. Een goed voorbeeld van centrifugatie uit het dagelijks leven is een slazwieder.

Een laatste scheidingsmethode om het grind te scheiden van het water, is door gebruik te maken van sedimentatie. Deze methode berust op het verschil in dichtheid tussen het grind en het water, waardoor het grind sneller bezinkt dan het water. Het grind blijft in dit geval achter en het water stroomt verder.

#### **Een roterende zeef, waar het grind op wordt getransporteerd.**

Een van de manieren, om het water en het grind van elkaar te scheiden, is door gebruik te maken van een roterende zeef. Op de onderstaande figuur 15 is een voorbeeld van een roterende zeef weergegeven. Een roterende zeef is vergelijkbaar met een conventionele bandtransporteur. Het enige verschil, tussen een conventionele bandtransporteur en een roterende zeef, zit hem in de transportband. Zo beschikt een roterende zeef, over een transportband met allemaal kleine openingen.

Het idee achter een roterende zeef, is dat je het mengsel van water en grind, op een zeefband stort. Vervolgens zal het grind op de zeefband blijven liggen en zal het water gedurende het transport door de openingen in de zeefband weglopen. Dit afgevoerde water kan vervolgens worden opgevangen en zo nodig worden hergebruikt.



Figuur 15: Een roterende zeef

### **Een trilzeef onder een hoek, waar het grind op wordt gestort.**

Een andere manier om het water en het grind van elkaar te laten scheiden, is doormiddel van een trilzeef. Het mengsel van water en grind wordt van bovenaf op een trillende plaat gestort waarin onnoemelijk veel gaten aanwezig zijn. De diameter van deze gaten zijn kleiner dan de korrelfractie van het grind. Het grind blijft hierdoor bovenop de zeef, terwijl het water er doorheen gaat. Dit afgescheiden water wordt dan vervolgens worden opgevangen en zo nodig worden hergebruikt. Om ervoor te zorgen dat het transport van het grind over de zeef, relatief snel plaatsvindt, maakt de zeef een trillende beweging. In de meeste gevallen genereert een onbalansmotor deze trillende beweging. In de onderstaande figuur 16 is een opstelling van een tweetal trilzeven weergegeven. Op deze trilzeven wordt dan wel geen grind maar zand ontwaterd, maar het principe is gelijk. Het enige wezenlijke verschil tussen beide ontwateringsystemen is het verschil in de diameter van de gaten in de zeef.



**Figuur 16: Een trilzeef**

### **Een inwendig gevoede trommelzeef, waarin het grind wordt gestort**

Een ander mogelijkheid, om het water en het grind van elkaar te scheiden, is door gebruik te maken van een trommelzeef. Een trommelzeef is wezenlijk een in de vorm van een cilinder gebogen zeef, waarvan de zeefgaten een kleinere diameter hebben dan de fractie grootte van het grind. Het idee achter een inwendig gevoede trommelzeef, is dat het mengsel van water en grind in de trommel wordt gestort. Vervolgens zal het water de zeeftrommel verlaten(door de zeefwand), en zal het grind in de trommel achter blijven.

Doormiddel van geleidschoepen in de binnenkant van de trommel en het onder een hoek plaatsen van de trommel, zal het grind in één richting naar de trommeluitgang worden voortbewogen. Het water, dat door de zeefwand naar buiten stroomt kan worden opgevangen en zo nodig worden hergebruikt. In de onderstaande figuur 17 is een voorbeeld van een trommelzeef weergegeven.



Figuur 17: Een trommelzeef

### **Statische/vibrerende zeefbocht**

Een andere mogelijkheid, om het water en het grind van elkaar te scheiden, is door gebruik te maken van een zeefbocht. Een zeefbocht is wezenlijk een gebogen zeefplaat waar het mengsel van water en grind verticaal wordt opgebracht. Doordat het grind niet door de zeef past, blijft het op de zeef achter. Het water echter zal wel door de zeef gaan, waarna het zo nodig kan worden opgevangen en worden hergebruikt. Dit grind zal onder invloed van de zwaartekracht, langs de zeef naar beneden glijden, waar het kan worden opgevangen. Om de capaciteit van de zeefbocht te vergroten, kan ervoor gekozen worden op de zeefbocht een trillende beweging te geven, waardoor het grind sneller naar beneden zal glijden langs de zeef. In de onderstaande figuur 18 is een voorbeeld van een zeefbocht weergegeven.



**Figuur 18: Een zeefbocht**

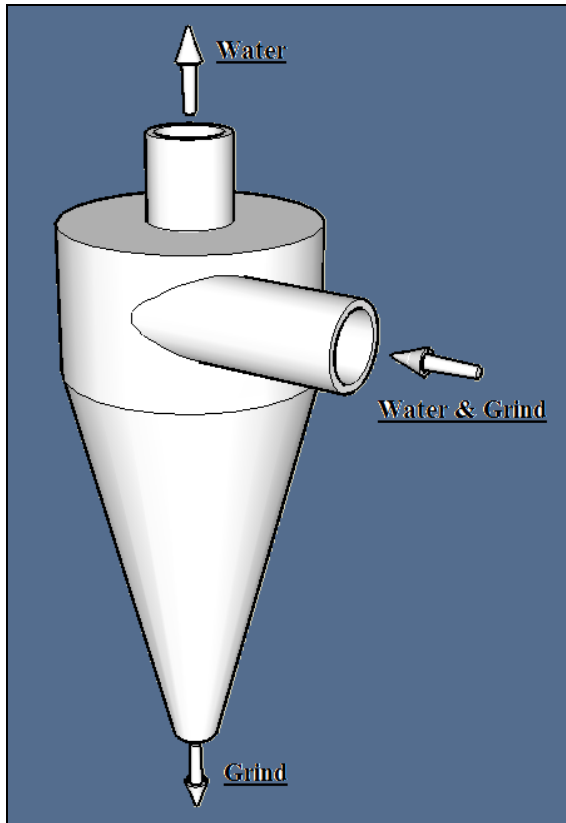
Een voordeel van een zeefbocht tegenover de andere zeeftechnieken, is dat het geen bewegende delen heeft, dit leidt tot lagere operationele kosten en minder onderhoud. Een nadeel ten opzichte van de andere scheidingsmethoden is dat het relatief gezien het grind minder goed ontwaterd.

### **Een hydrocycloon**

In een hydrocycloon worden vaste stoffen (grind) uit water verwijderd, door een verschil in massadichtheid. Afgezien van de pomp die de suspensie in de hydrocycloon pompt, heeft de cycloon verder geen bewegende delen. Een hydrocycloon is opgebouwd uit een cilindervormig gedeelte dat overgaat in een kegelvormig gedeelte. De suspensie wordt tangentieel in het cilindervormige gedeelte gepompt. Daardoor ontstaat er een ronddraaiende stroom en worden de ronddraaiende vaste deeltjes tegen de binnenkant van de cilindervormige wand van de cycloon geslingerd. De vaste deeltjes worden in eerste instantie langs de wand van het cilindervormige gedeelte en later langs de wand van het conische gedeelte weggedrukt en verlaten de cycloon door een opening aan de onderkant van het conische gedeelte. Het water verlaat de cycloon door een centraal geplaatste opening boven in het cilindrische gedeelte.

In het conische deel van de hydrocycloon gaat de suspensie steeds sneller ronddraaien ten gevolge van een steeds kleiner wordende straal van de roterende beweging. Hierdoor blijven de vaste delen in de suspensie contact houden met de wand van de cycloon en

worden ze na enige tijd uit de cycloon gedrukt. Deze deeltjes komen dus niet opnieuw in het cilindervormige deel van de hydrocycloon. Het water verlaat de cycloon door een centraal geplaatste opening boven in het cilindrische gedeelte. Een bekend voorbeeld van een cycloon uit het dagelijks leven is de stofzuiger van James Dyson, met deze stofzuiger behoort een stofzuigerzak tot het verleden. In de onderstaande figuur 19 is een schematische weergave van een hydrocycloon weergegeven.



Figuur 19: Layout van een hydrocycloon

#### Het afvoeren van het droge grind naar de kade

De laatste subfunctie binnen het totale losproces is het afvoeren van het droge grind naar de kade en het daar af te zetten. Het grind dat moet worden afgezet kan afkomstig zijn van enerzijds een horizontaal transportsysteem en anderzijds van een systeem die het water afscheid. Voor het afvoeren van het grind naar de kade zijn een drietal mogelijkheden, waarvan een omschrijving/toelichting volgt.

#### **Doormiddel van een transportband**

Het grind zou in de eerste plaats kunnen worden afgevoerd door een transportband. In de onderstaande figuur is een afbeelding te zien van de transport band van de charlemagne.



Figuur 20: Transportband op de sleephopperzuiger de Charlemagne

### **Doormiddel van een kettingtransporteur**

Een tweede mogelijkheid om het grind af te voeren naar de kade, is door gebruik te maken van een kettingtransporteur. In een kettingtransporteur, wordt het grind voortbewogen door het als het waren voort te duwen door verbindingen die dwars op de ketting zijn bevestigd. Een nadeel van een kettingtransporteur is dat ze relatief onderhoudsgevoelig zijn.

### **Doormiddel van een schroeftransporteur**

Een derde manier om het grind naar de kade af te voeren is doormiddel van een schroeftransporteur. In een schroeftransporteur, wordt het grind voortbewogen, door het voort te duwen door een draaiende beweging van een schroef. In de bovenstaande figuur....? is een tekening weergegeven, waarop te zien is hoe een schroeftransporteur er ongeveer uitziet. Een nadeel van een schroeftransporteur is dat ze relatief onderhoudsgevoelig zijn.