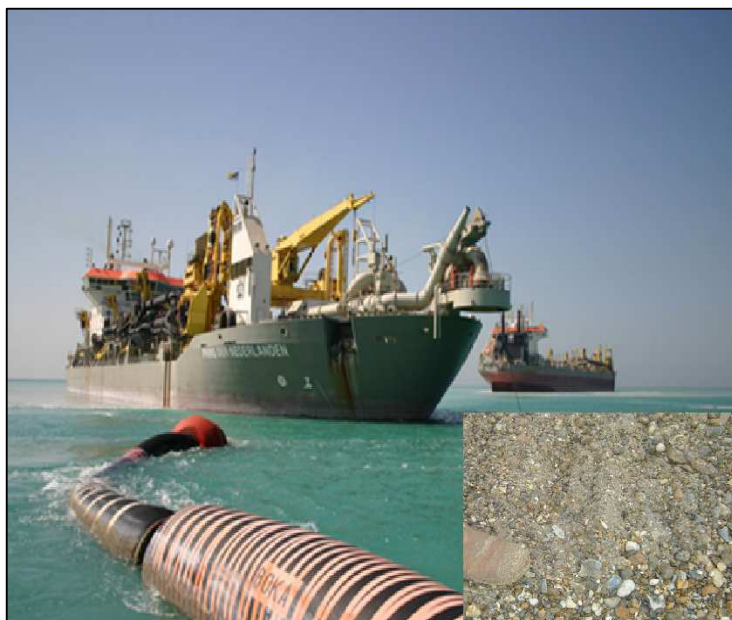


Afstudeerscriptie

Onderzoeksstudie naar een droog losinstallatie van grind op een sleephopperzuiger



Boskalis

Dredging & Marine Experts

Afstudeerverslag van : Laurens Noordam
Brederolaan 26, 2692 DA 's-Gravanzande
Telefoon: 06-41856384

In opdracht van : Koninklijke Boskalis Westminster NV.
Afdeling : Plant Development Department
Begeleider : ing. A. Tanis
Opleiding : HBO werktuigbouwkunde
Begeleider : Ir. A. van der Vlugt
Periode : 6 februari tot 1 juni 2012
Presentatiedatum : 12 juni 2012 van 16.40 tot 17.30 uur

Voorwoord

In de periode van februari tot en met mei 2012 heb ik mijn afstudeerstage mogen doen bij Koninklijke Boskalis Westminster NV. te Papendrecht. De uitdagende en interessante opdracht, die ik kreeg, betrof het onderzoeken van mogelijkheden voor het lossen van grind uit een sleephopperzuiger, waarbij het ging over zeer grote hoeveelheden. Tijdens mijn stage ben ik op heel goede wijze begeleid door mijn stagebegeleider bij Boskalis, de heer ing. A. Tanis, van wie ik erg veel heb mogen leren. Hem wil ik hiervoor hartelijk danken. Ook een woord van dank is op zijn plaats voor mijn kamergenoot de heer M. v.d. Slik vanwege de veelvuldige technische discussies en goede adviezen. Tot slot een woord van dank aan de heer Ir. A. v.d. Vlugt, stagecoördinator van de Haagse Hogeschool voor zijn adviezen en begeleiding.

Inhoudsopgave

Voorwoord	2
Samenvatting	5
1. Inleiding	6
2. Probleemstelling	7
2.1 Bedrijfsomschrijving	7
2.2 Opdrachtsomschrijving	7
2.3 Een sleephopperzuiger	8
2.4 TSHD de Prins der Nederlanden	10
2.5 Omschrijving van het grind in het beun	11
2.6 Omschrijving van de huidige losmethode van grind	12
2.7 Omschrijving van de situatie omtrent het beun	13
2.8 Programma van eisen en wensen	14
3. Keuze verantwoording voor een bepaald systeem	15
3.1 Definieren van een zestal subfuncties van een droog lossysteem	15
3.2 Uitwerking van de gedefinieerde subfuncties	15
3.3 Morfologie	16
3.4 Analyse van een viertal oplossingsstructuren	17
3.5 Beknopte conclusie	19
4. Het verpompen van grind	19
4.1 De verpompte hoeveelheden water en grind	19
4.2 Reductie van de volumestromen water en grind	21
5. Waterhuishouding op de TSHD	24
5.1 Omschrijving van de waterhuishouding op en rond het beun	24
5.2 Componenten die deel uitmaken van het waterhuishoudingsysteem	24
6. Ontwateringzeef	26
6.1 De beoogde ontwateringszeef	26
6.2 De zeefdekken	26
6.3 De ontwateringscapaciteit	27
6.4 De aandrijving	27
6.5 Onderhoud	27
6.6 Toepassing van de ontwateringszeven naar de sleephopperzuiger	27
6.7 Voorstel vanuit Binder+Co	28
6.8 Risico's	28
6.9 Kosten	28
7. Centrifuge	28
7.1 Beschrijving van een centrifuge	28
7.2 Krachtenanalyse	29
7.3 Bevindingen bij het testen met de testopstelling	30
8. Bandtransporteurs	31
8.1 Bandtransporteurs na het zestal ontwateringzeven	31
8.2 Bandtransporteurs na het drietal ontwateringzeven	37
8.3 Risico's van bandtransporteurs	40
9. Inpassing op het schip	40
9.1 Positionering van de ontwateringzeven boven het beun	40
9.2 Positionering van de ontwateringzeven op het werkdek	42
9.3 Conclusie plaatsing ontwateringszeven	44
10. Conclusies	45
11. Aanbevelingen	46

Bijlage:

Literatuur

Tekeningen

- **Droog losinstallatie bestaande uit 3 ontwateringzeven**
- **Droog losinstallatie bestaande uit 6 ontwateringzeven**
- **Tekening van de ontwateringzeef**
- **Tekening van de Prins der Nederland**

Morfologisch overzicht

Flowdiagram

Samenvatting

Na het baggeren van grind met behulp van een sleephopperzuiger wordt dit momenteel gelost in een natte opslag. Bij Boskalis leeft de wens om gebaggerd grind droog op de kade te kunnen lossen met behulp van een op het schip aanwezig systeem, dat het grind kan ontwateren, voordat het op de kade terecht komt. Een onderzoek naar de mogelijkheden hiertoe hebben geleid tot de volgende conclusies en aanbevelingen:

- Grind is te verpompen als mengsel van water en grind.
- Om bezinking van grind in het leidingwerk te voorkomen moet een flow gebruikt worden van 4.5 m/s.
- Als de bestaande infrastructuur van de sleephopperzuiger gebruikt wordt, ligt de volumestroom per tijdseenheid min of meer vast. Wel kan gevarieerd worden met de samenstelling van het water/grind mengsel.
- Het grind kan verpompt worden naar ontwateringszeven, waarmee het water kan worden afgescheiden. Het min of meer droge grind kan dan vervolgens met bandtransporteurs naar de kade worden afgevoerd.
- Om 20000 ton grind in 10 uur af te voeren via een systeem met ontwateringszeven zijn er twee mogelijkheden:
 - Het gebruik van 3 ontwateringszeven. Hierbij moet de helft van het aangevoerde water/grind mengsel terug de beun in omdat de zeefcapaciteit niet voldoende is om alles te verwerken. De investering is in dit geval lager, maar het energieverbruik is hoog.
 - Het gebruik van 6 ontwateringszeven. Hiermee kan de gehele aanvoer worden verwerkt in ca. 5 uur en hoeft er geen aangevoerd nat grind terug het beun in. Voor deze optie geldt een hogere investering, maar een meer efficiënt energiegebruik.
- Ontwatering via centrifuge lijkt een interessante mogelijkheid vanwege waarschijnlijk minder slijtage. Echter, deze moet verder ontwikkeld worden en is niet direct toepasbaar.
- Plaatsing van de ontwateringszeven en transportbanden op het werkdek lijkt mogelijk. Plaatsing boven het beun is geen optie gebleken.

1. Inleiding

Het gebaggerde grind met behulp van een sleephopperzuiger wordt momenteel gelost in een natte opslag. Bij Boskalis en afnemende partijen leeft de wens om het gebaggerde grind droog op de kade te kunnen lossen met behulp van een op het schip aanwezig droog lossysteem. Om de mogelijkheden hiertoe in kaart te brengen, werd allereerst een pakket van eisen en wensen opgesteld. Vervolgens werd door middel van het maken van een morfologisch overzicht alle mogelijke methodieken/technieken onderzocht en gecombineerd tot een aantal conceptsystemen. Hier opvolgend werden de volgende punten onderzocht:

- De infrastructuur op een sleephopperzuiger en specifiek op de sleephopperzuiger de Prins der Nederlanden.
- De huidige (natte) losmethoden van grind.
- Mogelijkheden voor transporteren van nat en droog grind.
- Ontwateren van nat grind.
- Mogelijkheden tot inpassen van een droge losinstallatie op de sleephopperzuiger.
- Economische haalbaarheid.

De bevindingen, conclusies en aanbevelingen worden hierna uitgebreid behandeld.

2. Probleemstelling

2.1 Bedrijfsomschrijving

De opdrachtgever van de afstudeeropdracht is Koninklijke Boskalis Westminster NV. Deze onderneming is een wereldwijde toonaangevende dienstverlener op het gebied van baggeren, grondverzet, maritieme- en terminaldiensten en maritieme infrastructuur. Boskalis levert wereldwijd innovatieve totaaloplossingen voor grote maritieme uitdagingen.

Baggeren en grondverzet is de core business van Boskalis. Onder baggeren en grondverzet vallen werkzaamheden als:

- Aanleg en onderhoud van havens.
- Landaanwinning.
- Kust- en oeverbescherming.
- Specialistische diensten.
- Aanverwante diensten.

Bij specialistische diensten moet gedacht worden aan diensten die verwant zijn aan het baggeren en grondverzet, waaronder offshore dienstverlening. Binnen offshore dienstverlening vallen werkzaamheden als kabel- en pijpleidinginterventie, platform- en boorputinterventie en aanlanding van kabels en pijpleidingen. Boskalis levert naast specialistische diensten, baggeren en grondverzet ook nog een flink aantal aanverwante diensten, hierbij moeten gedacht worden aan; engineering, droge infrastructuur en grondverbetering, rotsfragmentatie onder water, milieuactiviteiten, grind- en zandhandel, mijnbouw, en tunnelbouw.

Boskalis concentreert zich op projecten in de markten voor olie en gas, de aanleg en het onderhoud van havens, de markt voor landaanwinning en kustbescherming. De voornaamste opdrachtgevers van Boskalis zijn: oliemaatschappijen, havenexploitanten, overheden, rederijen, internationale projectontwikkelaars, verzekeraars en mijnbouwbedrijven.

Boskalis heeft ongeveer 14.000 medewerkers, inclusief de medewerkers van partnerbedrijven waarin Boskalis een belang in heeft. Met een vloot van meer dan 1.100 schepen en werktuigen zijn ze operationeel in meer dan 65 landen.

Dankzij het multidisciplinaire aanbod van Boskalis zijn ze capabel grootschalige, complexe projecten aan te nemen en in eigen beheer uit te voeren. Door de mondiale spreiding, de grote mate van vakmanschap, de veelzijdige en state-of-the-art vloot en de bewuste focus op kosten zijn ze een wereldmarktleider in baggeren en grondverzet. Boskalis staat bekend om zijn innovatieve benadering en specialistische kennis op het gebied van milieuvriendelijke baggertechnieken.

De groeiende vraag naar maritieme diensten wordt gedreven door de volgende mondiale trends:

- Bevolkingsgroei.
- Klimaatverandering.
- Handelsgroei.
- Stijgende energieconsumptie.

Boskalis speelt in op deze trends met een breed scala aan diensten van hoge kwaliteit, waardoor ze uitstekende vooruitzichten hebben op evenwichtige groei van de onderneming.

Begin 2010 heeft Boskalis haar dienstenpakket verder verbreed, met de overname van SMIT Internationale. SMIT levert al bijna 170 jaar maritieme diensten, hierbij moet gedacht worden aan diensten als sleper, het bergen van schepen, transport, zwaar hijswerk en terminaldiensten. Met deze werkzaamheden heeft SMIT over de hele wereld een uitstekende reputatie opgebouwd. Naast de overname van SMIT Internationale is Boskalis ook een strategisch partnerschap aangegaan met Archirodon (40%-deelneming), een toonaangevend maritiem aannemersbedrijf op het gebied van; maritieme, civieltechnische en industriële constructies in voornamelijk het Midden-Oosten en Noord-Afrika. Naast dit partnerschap is Boskalis ook een partnerschap aangegaan met Lamnalco (50%-deelneming), een leidinggevende terminaldienstverlener.

2.2 Opdrachtoomschrijving

De afstudeeropdracht binnen de afdeling Plant Development Department van de onderneming Koninklijke Boskalis Westminster NV, omhelst een onderzoeksstudie naar het droog lossen van grind uit een sleepopperzuiger. Het gebaggerde grind (met fractiegrootte tussen de 5 en 60 mm) is veelal afkomstig van Engelse rivierbodems en uit de Noordzee voor de Engelse kust. Dit gebaggerde grind wordt in veel gevallen naar het Europese vasteland verscheept, waar het grind toegepast wordt in bijvoorbeeld de betonindustrie, op

platte daken en voor de verharding van paden. In de huidige situatie gebeurt het lossen van grind door het nat te verpompen met omgevingswater naar de loslocatie. Dit verpompen van grind met water is doorgaans op veel loslocaties niet mogelijk, omdat het afscheiden van het water (in bezinkbassins) erg veel ruimte in beslag neemt. Om deze redenen is de vraag gerezen vanuit verschillende opdrachtgevers van Boskalis of het ook mogelijk is om het grind droog op de kade af te leveren. Aan de hand van een onderzoeksstudie en een morfologische analyse zullen er een aantal concept technieken/lossystemen met elkaar vergeleken worden. Deze technieken/lossystemen zullen worden doorgerekend, geanalyseerd en beoordeeld, aan de hand van de volgende criteria:

- Capaciteit van het lossysteem.
- Onderhoudsgevoeligheid.
- Levensduur.
- Aanschafkosten.
- Operationele kosten.
- Complexiteit.
- De vraag of het lossysteem opereert volgens een batch- of een continuproces.
- De precisie waarmee het systeem het grind kan lossen.
- Toepasbaarheid van het lossysteem op een hopperzuiger.

Voor Boskalis zal naast het kostenplaatje per geloste ton grind ook de technische toepasbaarheid van het systeem op een hopperzuiger, met zijn beperkt beschikbare ruimte, van belang zijn. Anderzijds zal voor de klant van belang zijn, dat het grind zo droog mogelijk wordt afgeleverd op de kade. Uit de analyse/beoordeling van deze concept systemen/technieken, zal het lossysteem worden gekozen, wat voldoet aan de eisen en wensen vanuit de klant en Boskalis. Dit systeem zal vervolgens verder worden uitgewerkt in de vorm van een general arrangement, met bijbehorende onderbouwing.

2.3 Een sleephopperzuiger

De afstudeeropdracht omhelst een onderzoeksstudie naar het droog lossen van grind uit een sleephopperzuiger. Boskalis heeft in haar vloot circa 26 sleephopperzuigers, variërend in grootte. De kleinste sleephopperzuiger in de vloot is de Sospan met een capaciteit van circa 970 m³ en de grootste is de Queen of the Netherlands met een capaciteit van circa 35.500 m³. Vanuit Boskalis is aangedragen om de sleephopperzuiger, de Prins der Nederlanden als uitgangspunt voor de onderzoekstudie te nemen. Voordat de sleephopperzuiger de Prins der Nederlanden onder de loep zal worden genomen, zal er eerst worden stilgestaan bij een sleephopperzuiger als baggerschip. Zo zal er worden gekeken naar de opbouw (welke equipment is er aanwezig op een sleephopperzuiger), en de werking en toepasbaarheid van een sleephopperzuiger.

2.3.1 De opbouw van een sleephopperzuiger

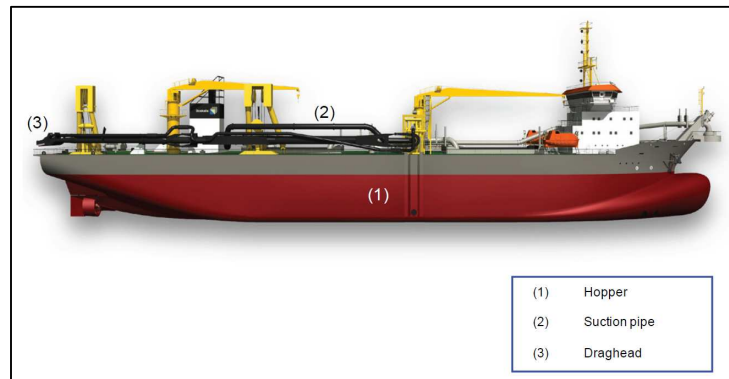
Een sleephopperzuiger is een zeegaand, zelf aangedreven schip, met één of twee zuigbuizen. Deze zuigbuis kan aan de langsijde van het schip over boord worden gezet en transporteert het opgezogen sediment naar het ruim van het ruim van het schip. Aan het uiteinde van deze zuigbuis is een sleepkop bevestigd, welke over de bodem wordt gesleept en waardoor het sediment wordt opgezogen. De zuigkracht in de zuigbuis wordt gegenereerd door een forse pomp, welke in de zuigbuis is opgenomen. Deze pomp zorgt voor de zuigkracht en pompt het mengsel van sediment en water naar het beun van de sleephopperzuiger.

De hoofdcomponenten van een sleephopperzuiger zijn:

- Het beun → Het beun zou ook simpelweg het laadruim kunnen worden genoemd. Hierin wordt het opgepompte mengsel van sediment en water gestort. Na enige tijd zal het sediment hierin bezinken, zodat het water doormiddel van een in hoogte verstelbare overvloei kan worden afgescheiden en afgevoerd.
- De zuigbuis → waardoor het opgezogen mengsel van sediment en water door een in de zuigbuis opgenomen pomp naar het beun wordt geperst.
- De sleepkop → Deze is bevestigd aan het uiteinde van de zuigbuis, welke het sediment in de meeste gevallen eerst losmaakt doormiddel van jetwater en waardoor het mengsel vervolgens de zuigbuis binnentreedt.
- De huid van het schip → Deze omsluit het geheel van het beun, motoren, pompen, hutten voor het personeel, de brug waar genavigeerd en het baggerproces bestuurd wordt.

In de onderstaande (figuur 1) zijn enkele hoofdcomponenten van een sleephopperzuiger weergegeven, zoals de sleepkop en de zuigbuis. In tegenstelling tot de onderstaande sleephopperzuiger, is de brug van de Prins der Nederlanden achterop het schip gepositioneerd.

Figuur 1: kenmerken van een sleephopperzuiger



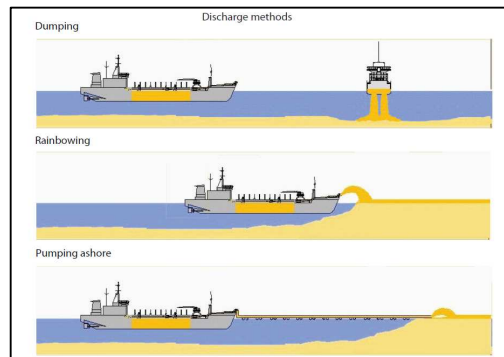
2.3.2 De werking van een sleephopperzuiger

Het baggerproces begint op het moment dat de sleephopperzuiger arriveert in het baggergebied. Alvorens er met baggeren kan worden begonnen, moeten eerst de zuigbuis met sleepkop over boord worden gezet en vervolgens moet de sleepkop worden afgezonken naar de zeebodem, vanaf dat moment kan er worden begonnen met het baggeren van het sediment. Voor het baggeren van de verschillende soorten materialen, worden verschillende typen sleepkoppen gebruikt, de keuze van de sleepkop is afhankelijk van het te baggeren materiaal. Zo zijn er enerzijds sleepkoppen die doormiddel van roterende messen het te baggeren materiaal losmaken en weer andere sleepkoppen die het te baggeren materiaal losmaken door gebruik te maken van waterjets. Op een sleephopperzuiger wordt het sediment op de bodem in de meeste gevallen losgemaakt doormiddel van jetwater. De in de zuigbuis opgenomen pomp, begint vanaf dat moment het gerealiseerde mengsel van sediment en water naar het beun te verpompen. Dit mengsel van sediment en water, passeert eerst de sleepkop, vervolgens een deel van de zuigbuis, daarna de pomp, vervolgens weer een deel van de zuigbuis en tot slot wordt het mengsel gelost in het beun van het schip. In het beun, bezinkt het sediment en wordt het afgescheiden water doormiddel van in hoogte verstelbare overvloei afgevoerd. In sommige gevallen kan vanuit milieuaspecten ook worden geladen zonder gebruik te maken van een overvloei, dit gaat echter wel ten kosten van de laadcapaciteit en daarmee samengaan de efficiëntie van het schip, omdat het schip simpelweg minder sediment mee kan nemen. Wanneer het schip zijn laadcapaciteit bereikt heeft, of wanneer de weersomstandigheden verder baggeren niet toelaten, wordt de zuigbuis met sleepkop omhoog en binnen boord gehaald. Vervolgens vaart de sleephopperzuiger met zijn lading naar het losgebied, waar het sediment gelost wordt. Het lossen van het sediment kan op de volgende viertal manieren worden uitgevoerd:

- Het lossen van het sediment door de bodemdeuren te openen.
- Rainbowing van een mengsel van sediment en water.
- Naar het vasteland verpompen van het mengsel van sediment en water.
- Het lossen van het mengsel van sediment en water door de zuigbuis.

In de onderstaande (figuur 2) zijn de eerste drie manieren van lossen schematisch in een afbeelding weergegeven.

Figuur 2: het lossen van een sleephopperzuiger



Om te beginnen kan het sediment gelost worden door het hydraulisch openen van de bodemdeuren, of door het

splitten van de bodem van het beun. De achtergebleven sedimentresten worden door jetwater zoveel mogelijk weggespoten. De tweede methode om het sediment te lossen is door middel van rainboring, bij rainboring wordt het sediment eerst gemengd met water en vervolgens verpompt naar een spuitkop op de voorkant van het schip. Deze spuitkop brengt het mengsel van sediment en water vervolgens op de loslocatie. De derde methode om het sediment te lossen is, door het te verpompen naar het vasteland. Deze losmethode is eigenlijk identiek aan rainboring, alleen wordt bij deze methode het mengsel niet door een spuitkop gelost, maar door het mengsel te verpompen via een drijvende pijpleiding. Tot slot kan het sediment ook nog gelost worden door het mengsel van sediment en water terug te pompen door de zuigbuis. Deze toepassing wordt alleen gebruikt voor zeer speciale werkzaamheden, zoals het afdekken van pijpleidingen, om deze te beschermen tegen bijvoorbeeld erosie. Wanneer al het sediment uit het laadruim gelost is, keert de sleephopperzuiger terug naar het winningsgebied van het sediment en herhaalt het gehele procedé zich.

2.3.3 De toepassing van een sleephopperzuiger

Een sleephopperzuiger kan worden gebruikt voor het baggeren van een zeer groot scala aan materialen, zoals; zout, klei, zand en grind. Zo kan een sleephopperzuiger sterk cohesieve materialen en gecementeerde ondergronden baggeren. Voor het baggeren van de verschillende soorten materialen, worden verschillende typen baggerkoppen gebruikt, de keuze van de baggerkop is afhankelijk van het te baggeren materiaal. Op een sleephopperzuiger wordt het sediment op de bodem in de meeste gevallen losgemaakt doormiddel van jetwater. De grootste sleephopperzuigers, zoals het schip the Queen of the Netherlands kunnen baggeren tot een diepte van ongeveer 100 m. Gezien de grote mate van manoeuvreerbaarheid, wordt de sleephopperzuiger naast grote landaanwinningsprojecten ook veel gebruikt in havens en druk bevaren waterwegen. Zo zorgen sleephopperzuigers ervoor dat de havens en waterwegen toegankelijk blijven voor de grootste zeeschepen. Naast het aanwinnen van land en het uitdiepen van havens worden ze ook vaak gebruikt voor zandsuppletie met als doel het versterken van de kust. Naast deze werkzaamheden wordt de sleephopperzuiger ook wel eens toegepast voor het afdekken van kabels en pijpleidingen.

De nauwkeurigheid, waarmee er gebaggerd kan worden is afhankelijk van een opeenstapeling van de volgende factoren:

- Het tij.
- Deining van het water.
- Parameters van het te baggeren materiaal.
- Nauwkeurigheid van het positioneringssysteem.
- De mate waarin de operator het baggerproces beheerst.
- De nauwkeurigheid van de beschikbare data.

De nauwkeurigheid waarmee er in horizontale richting gebaggerd kan worden varieert tussen de 3,0 m en 10,0 m. De nauwkeurigheid waarmee er in verticale richting gebaggerd kan worden varieert tussen de 0,5 m en de 0,75 m.

2.4 TSHD de Prins der Nederlanden

Vanuit Boskalis is aangedragen om de sleephopperzuiger, de Prins der Nederlanden als uitgangspunt voor de onderzoekstudie van het droog lossen van grind te nemen. De reden voor de keuze van de Prins der Nederlanden is, dat de Prins der Nederlanden bepaalde schaalvoordelen met zich meebrengt, die voor het economisch rendabel maken van grindwinning benodigd is. Daar komt nog eens bij dat wanneer er een geschikt droog lossysteem wordt ontwikkeld, wat toepasbaar blijkt op de Prins der Nederlanden, dit systeem ook in veel gevallen toepasbaar blijkt te zijn op andere (kleinere sleephopperzuigers). De Prins der Nederlanden is de op 2 na grootste sleephopperzuiger in de vloot en heeft een capaciteit van 15.961 m³. De sleephopperzuiger de Prins der Nederlanden heeft het schip de Oranje als zusterschip, waarop een dergelijk droog lossysteem ook toegepast zou kunnen worden. In figuur 3 is een afbeelding weergegeven van een bovenaanzicht van de Prins der Nederlanden.

Figuur 3: De Prins der Nederlanden



Op de bovenstaande afbeelding is te zien dat de Prins der Nederlanden aan beide zijden van het schip een zuigbuis met bijbehorende sleepkop heeft. Ook is op deze afbeelding te zien dat de ruimte boven het laadruim, erg schaars is, door het vele leidingwerk en de vele reserve onderdelen die er liggen opgeslagen. Zodoende wordt het nog een hele uitdaging om hier een werkbare ruimte te creëren voor een droog lossysteem. In de onderstaande tabel (tabel 1) zijn de specificaties van het schip de Prins der Nederlanden weergegeven.

Tabel 1: Specificaties van de Prins der Nederlanden

Specificaties van de sleephopperzuiger de Prins der Nederlanden	
Scheepsbouwer	Merwede Shipyard
Bouwjaar	2004
Classificatie	B.V.I., HULL, MACH, AUT-UMS, Hopper dredger, Unrestricted navigation, Dredging over 15 miles from shore, MON-SHAFT
Bruto tonnage	18.09 mT
Lengte (totaal)	156 m
Breedte	28 m
Diepte	15 m
Vervoers capaciteit (D.W)	30.445 mT
Laadruim capaciteit	15.961 m ³
Zuigbuis diameter	2×1,00 m
Maximale baggerdiepte	90 m
Lossystemen	Rainbowing, verpompen naar het vasteland, dumpen door het openen van de bodemdeuren
Vaarsnelheid (geladen)	16,2 knopen
Totaal geïnstalleerd vermogen	19.500 kW
Zand pomp output	5.000 kW
Jet pomp output	3.000 kW
Pomp die het baggermateriaal naar de kust verpompt	8.800 kW
Aandrijf vermogen	14.000 kW
Boegschroef	1.400 kW

2.5 Omschrijving van het grind in het beun

Het gewonnen grind zal tijdelijk worden opgeslagen in het beun. Het is echter onmogelijk om puur grind te winnen, zo zullen er ook verontreinigingen meekomen, zoals: zandfracties, organische fracties en grindfracties kleiner dan 5 mm. In figuur 4 is te zien hoe een lading gebaggerd grind eruit ziet.

Figuur 4: Gebaggerd grind



Te zien is dat er ook altijd een bepaalde hoeveelheid water in het beun zal achterblijven.

2.6 Omschrijving van de huidige losmethode van grind

Alvorens er bij het droog losproces van grind kan worden stilgestaan, zal er eerst stil gestaan moeten worden bij het baggeren en de herkomst van het grind. Het baggeren van grind vindt plaats op een identieke als hierboven beschreven methode als het baggeren van ander sediment (zoals zand). In vogelvlucht wordt het grind eerst door jetwater losgemaakt op de bodem, vervolgens door een pomp opgezogen en verpompt naar het beun, waarin het overtollige water doormiddel van een in hoogte verstelbare overvloei wordt afgescheiden en afgevoerd. Het gebaggerde grind is veelal afkomstig van Engelse rivierbodems en uit de Noordzee voor de Engelse kust en wordt in veel gevallen naar het Europese vasteland verscheept, waar het grind wordt gebruikt in bijvoorbeeld de betonindustrie, voor de verharding van paden en op platte daken. In de huidige situatie neemt Boskalis af en toe een grindwinningklus aan. Een sleephopperzuiger lost het grind, door het nat te verpompen met water naar een bezinkbassin. Om het grind te kunnen verpompen moet het mengsel voor minimaal circa 65 volumepercent uit water bestaan. In het geval van de sleephopperzuiger de Prins der Nederlanden heb je het dan toch al snel over circa 13.400 m³/uur water. Op veel loslocaties blijkt het nat lossen van het grind echter niet mogelijk, omdat het afscheiden van het water in een bezinkbassin doorgaans erg veel ruimte in beslag neemt. Bovendien is het vele (zoute) water op de kade, wat mee wordt gevoerd met het verpompte grind, niet wenselijk. Daar komt nog eens bij dat het grind in verschillende havens bij verschillende bedrijven als deellading moet kunnen worden afgeleverd. In figuur 5 is een voorbeeld van een natte loslocatie (bezinkbassin) weergegeven.

Figuur 5: Een bezink bassin



Te zien is dat op de rand van het bezinkbassin een tweetal pompen met zuigkorven zijn opgenomen, welke het overtollige water zullen afvoeren uit het bassin. Het naar het bassin verpompte water en grind mengsel, zal in het bassin tot rust komen. Waar het grind ten gevolge van een dichtheidsverschil met water zal bezinken en waardoor het mogelijk wordt om het water af te scheiden door te verpompen.

2.7 Omschrijving van de situatie omtrent het beun

Voordat er nuttig onderzoek kan worden gedaan, naar een droog losinstallatie, is het van belang dat er wordt gekeken naar de situatie betreffende het beun. Deze situatie is op een sleehopperzuiger niet erg positief, omdat er zowel in als boven het beun tal van obstakels zijn gepositioneerd. In de figuren 6 en 7 is te zien hoe deze situatie is, respectievelijk in als boven het beun.

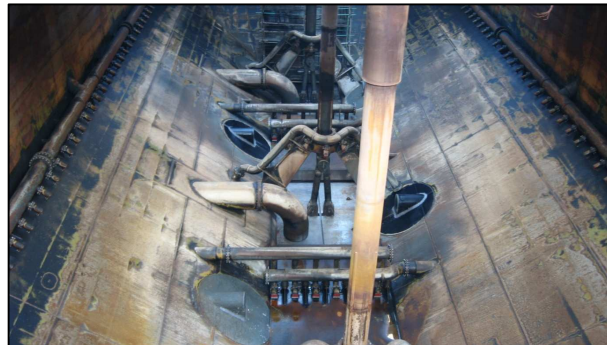
2.7.1 De situatie in het beun

In het beun zijn tal van obstakels gepositioneerd, zoals in figuur 6 is te zien, welke een droog losinstallatie mogelijk in de weg zouden kunnen zitten. Zo zijn er in het beun de volgende obstakels gepositioneerd:

- Zuigbuissecties (5 maal).
- Bodemdeuren, met bijbehorende cilinders en scharnierende delen (5 maal).
- Leidingwerk met nozzles (in de lengterichting van het schip zowel aan de bakboord zijde als aan stuurboord zijde van het beun) om het sediment te kunnen jetten.
- Leidingwerk met nozzles (in de dwarsrichting van het schip (4 maal) om het sediment te kunnen jetten).
- In de dwarsrichting gepositioneerde verstevigingbalken ter versteviging van het beun (9 maal).
- Leidingwerk met nozzles gepositioneerd rond de bodemdeurcilinders om het grind te kunnen jetten.

Naast al deze obstakels in het beun, komt er nog eens bij dat de vorm van het beun ook geen mooie rechthoekige bak is, maar naar beneden toe schuin afloopt (zoals te zien is in figuur 6). Dit zal voor sommige droog lossystemen een nadeel zijn, bijvoorbeeld wanneer het grind in het beun gelost wordt door het leeg te scheppen met een grijpbak. Voor andere droog lossystemen zal het echter een voordeel zijn, omdat het grind relatief eenvoudig gecentreerd kan worden onder invloed van de zwaartekracht en jetwater. Dit zal bijvoorbeeld een voordeel zijn, wanneer het grind van onderaf gelost zal worden door het te verpompen door de zuigbuizen onderin het beun.

Figuur 6: De situatie in het beun



2.7.2 De situatie boven het beun

Naast het feit dat er in het beun tal van obstakels zijn gepositioneerd, zijn er ook boven het beun tal van obstakels aanwezig. In figuur 7 is de situatie boven het beun weergegeven. Er zijn tal van obstakels weergegeven, welke voor een droog losinstallatie mogelijk in de weg zouden kunnen zitten.

Figuur 7: Situatie boven het beun



Obstakels boven het beun:

- Een flink aantal reserve onderdelen (zoals leidingwerk, sleepkoppen en pompdelen).
- Persleidingen aan zowel stuurboord als bakboord, waardoor het sediment wordt aangevoerd naar het beun.
- Bodemdeurcilinders, die circa 6 meter boven het beun uitsteken.
- Second steel in de vorm van bordessen en trappen.
- Service kraan die over het beun rijdt.

Een aantal van deze obstakels zijn permanent, zoals de bodemdeurcilinders en de persleidingen, terwijl andere relatief eenvoudig kunnen worden weggenomen, zoals het verplaatsen van de reserve onderdelen en het verwijderen van de service kraan. Ook second-steel zou eventueel tijdelijk gedeeltelijk kunnen worden verwijderd, indien deze ruimte nodig is voor een droog losinstallatie.

2.8 Programma van eisen en wensen

Het programma van eisen en wensen is de verzameling criteria waaraan het ontwerp dient te voldoen. In het programma van eisen en wensen kan onderscheid gemaakt worden tussen harde en zachte criteria. Harde criteria zijn eisen, waaraan niet getornd mag/kan worden. De zachte criteria zijn de wensen, waarvan de stakeholders graag zouden zien dat ze worden ingewilligd. De eisen en wensen waaraan, een droog losinstallatie dient te voldoen, kunnen dus gezien worden als een verzameling doelstellingen in het ontwerpproces: 'enerzijds sturen zij de ontwikkeling van het ontwerp en anderzijds zijn zij een hulpmiddel om het toetsen ervan'. In het geval van een onderzoekstudie naar een droog losinstallatie van grind uit een sleephopperzuiger, zijn er een tweetal partijen, welke fungeren als stakeholder. Dit zijn enerzijds Boskalis als eigenaar van de sleephopperzuiger de Prins der Nederlanden en anderzijds de onderneming die het grind afneemt. Boskalis zal eisen en wensen aandragen op basis van de technische en praktische uitvoerbaarheid van het droog lossysteem van grind. Vanuit de ontvangende partij zullen er eisen en wensen worden gesteld op grond van de manier waarop ze het grind willen/kunnen ontvangen. Tot slot zullen er ook nog eisen/wensen voortkomen uit milieuwet en regelgeving

2.7.1 Eisen aan het droog lossysteem van grind

- De maximum lostijd van 20.000 ton grind bedraagt 10 uur, dus de minimum loscapaciteit van het droog lossysteem bedraagt 2000 ton/uur.
- Het transportsysteem dient het droge grind minimaal circa 10 meter van de kaderand af te kunnen leveren.
- Het droog lossysteem moet zoveel mogelijk grind uit het beun kunnen lossen, er mag maar een minimale hoeveelheid aan restlading achterblijven (max. 0,5 %). Dit omdat het grind, dat achterblijft wel kosten met zich meebrengt, maar geen economisch opbrengst genereert.
- Het droog lossysteem moet zo compact mogelijk zijn in verband met de minimale beschikbare ruimte en de vele obstakels in het laadruim.
- De mate van onderhoudsgevoeligheid (bijvoorbeeld de gevoeligheid voor slijtage) van het systeem, moet zo laag mogelijk zijn. Dit in verband met het oog op de betrouwbaarheid van het systeem.
- Het lossysteem moet flexibel zijn in de keus vanwaar het grind wordt gelost (de voor of achterkant van het schip. Dit in verband met zaken, zoals stabiliteit, ballasten en diepgang van het schip.
- Het grind dient over stuurboord afgeleverd te worden.
- Het zoute water met mogelijke verontreinigingen, dat aanwezig is tussen het grind, mag niet in het (zoete) oppervlaktewater terechtkomen.
- Er mag geen onderdeel van het lossysteem permanent in de weg zitten voor de servicekraan. Zo moet het serviceluike, altijd bereikbaar zijn voor de servicekraan. Ook mag een mogelijke droog losinstallatie op/in het beun niet verder dan 6 meter boven het beun uitsteken, in verband met de servicekraan die over het beun rijdt.
- Er mag niets onder de stortpunten van de persleiding (waardoor het water en grind mengsel naar het beun wordt getransporteerd) worden gepositioneerd.
- Het transportsysteem, waarmee het grind naar de kade wordt afgevoerd, mag niet permanent buiten boord steken en/of in de weg zitten van allerhande equipment, zoals de zuigbuis.

2.7.2 Wensen aan het droog lossysteem van grind

- Het droog lossysteem moet zo licht mogelijk zijn, dit in verband met de maximum laadcapaciteit van het schip.
- Het zou wenselijk zijn, wanneer verontreinigingen zoals: zandfracties en mogelijke organische fracties achterblijven in het beun.
- Het droog lossysteem, dient bij voorkeur op het schip gepositioneerd te zijn, zodat de mogelijkheid

ontstaat om zonder verdere transportkosten en in een kleinere tijdsduur, het grind op verschillende losadressen in de vorm van deelladingen af te leveren.

- De afvoer van het grind naar de kade, moet een continue stroom van materiaal zijn.
- De losinstallatie, moet het grind zo droog mogelijk afleveren op de kade (het grind mag slechts een zeer kleine hoeveelheid spatwater bevatten).
- De operationele kosten van het droog lossysteem; zoals arbeid/energie en onderhoud moeten zo minimaal mogelijk zijn.
- De investeringskosten voor het droog lossysteem moeten zo laag mogelijk zijn in verband met de economische haalbaarheid van het project.
- De mate van complexiteit van het lossysteem moet zo klein mogelijk zijn.
- De losinstallatie moet bij voorkeur, eenvoudig demontabel zijn van het schip, vanwege het feit dat er niet continue grind gewonnen zal worden, maar ook ander sediment.
- Bij voorkeur niet al te grote aanpassingen aan het schip (aanpassingen aan bijvoorbeeld het beun en leidingwerk).
- Indien bestaande systemen aan boord van het schip toepasbaar zijn, wordt de voorkeur gegeven aan deze systemen boven andere externe systemen met als doel het totale gewicht aan equipment en het aantal onderdelen zo laag mogelijk te houden.
- Het opgestelde vermogen moet zo laag mogelijk zijn. Dit zou eventueel verlaagd kunnen worden door terugwinning van energie.

3. Keuze verantwoording voor een bepaald systeem

3.1 Definieren van een zestal subfuncties van een droog lossysteem

Het droog lossysteem ten behoeve van het droog lossen van grind uit een sleephopperzuiger kan worden opgedeeld in een aantal subfuncties. Een subfunctie is een onderdeel van de hoofdfunctie (het droog lossen van grind) van een systeem. Iedere subfunctie vormt dus een stap in een mogelijk droog losproces. Uit de analyse van het droog lossysteem blijkt dat de hoofdfunctie kan worden opgedeeld in een zestal subfuncties, namelijk:

- Het aanvoeren van het grind naar het verticale transportsysteem.
- Het verticale transportsysteem, welke het grind uit het beun zal afvoeren.
- Het bufferen van het grind (indien de afvoer van het grind door het verticale transportsysteem een batchachtig karakter heeft).
- Het horizontale transportsysteem, welke het grind van het verticale transportsysteem zal afvoeren.
- Het afscheiden van het water uit het grind (indien er water met het grind wordt meegevoerd).
- Het afvoeren van het grind naar de kade.

Afhankelijk van de invulling (de toegepaste techniek/methodiek) van een bepaalde subfunctie, kan het zijn dat bepaalde subfuncties komen te vervallen en andere juist toegevoegd dienen te worden. Dit is bijvoorbeeld het geval wanneer het grind met een constante hoeveelheid door het verticale transportsysteem uit het beun wordt getransporteerd. In dat geval komt de subfunctie van het bufferen van het grind te vervallen.

3.2 Uitwerking van de gedefinieerde subfuncties

In deze paragraaf zullen de subfuncties worden toegelicht en zullen per subfunctie de mogelijk toepasbare technieken/methodieken worden opgesomd.

3.2.1 Het aanvoeren van het grind naar het verticale transportsysteem

Om het verticale transportsysteem (welke het grind uit het beun afvoert) efficiënt te kunnen gebruiken, is het noodzakelijk, dat er voldoende grind wordt toegevoerd aan het verticale transportsysteem. Het is dus in de meeste gevallen noodzakelijk om een transportsysteem toe te passen, welke het grind aan zal voeren aan het verticale transportsysteem. Alleen dan kan het lossysteem zijn maximale loscapaciteit bereiken.

Dit toevoeren van het grind aan het verticale transportsysteem, kan op de volgende manieren:

- Doormiddel van transportbanden met dwars op de bewegingsrichting geplaatste flappen.
- Doormiddel van schroeftransporteurs.
- Doormiddel van jetwater.
- Doormiddel van een graafwiel.

3.2.2 Het verticale transportsysteem

Om het grind uit het beun te kunnen transporteren, dient er een verticaal transportsysteem te worden toegepast. Dit verticaal afvoeren van het grind uit het beun kan op de volgende manieren:

- Doormiddel van het beun leeg te kranen (grijpbak).
- Doormiddel van het grind te verpompen.
- Doormiddel van een emmerlift (de emmers zijn aan een ketting bevestigd, die de emmers omhoog

- trekt).
- Doormiddel van een verticale schroeftransporteur.
- Doormiddel van een rond kettingtransporteur
- Doormiddel van een kettingtransporteur in een buis.

3.2.3 Het bufferen van het grind

In sommige configuraties van subsystemen (afhankelijk van de invulling het verticale transportsysteem als subfunctie) is het gewenst het grind te bufferen. Dit bufferen is gewenst indien het verticale transportsysteem geen continue stroom aan grind aanlevert. Dit is bijvoorbeeld het geval wanneer het beun gelost wordt doormiddel van leegkranen met een grijpbak. Dit bufferen van het grind kan op de volgende manieren:

- Doormiddel van een trechter, waarin het grind van onderaf doormiddel van een bandtransporteur gelijkmatig in de tijd wordt afgevoerd.
- Doormiddel van een trechter, waarin het grind van onderaf doormiddel van een schroeftransporteur gelijkmatig in de tijd wordt afgevoerd.
- Doormiddel van een trechter, waarin het grind van onderaf doormiddel van een kettingtransporteur gelijkmatig in de tijd wordt afgevoerd.
- Doormiddel van een trechter, waarin het grind van onderaf doormiddel van een trekgoet gelijkmatig in de tijd wordt afgevoerd.

3.2.4 Het horizontale transportsysteem

Het grind afkomstig uit het beun, dat door het verticale transportsysteem wordt aangevoerd, zal moeten worden afgevoerd. Afhankelijk van de invulling van het verticale transportsysteem, zal er in sommige gevallen gebruik gemaakt moeten worden van een bufferinstallatie die het grind gelijkmatig in de tijd afvoert. Het afvoeren van het grind afkomstig van het verticale transportsysteem/de grindbuffer zal dus moeten worden verzorgd door een horizontaal transportsysteem. De invulling van het horizontale transportsysteem kan op de volgende manieren:

- Doormiddel van een bandtransporteur.
- Doormiddel van een kettingtransporteur.
- Doormiddel van een schroeftransporteur.

3.2.5 Het afscheiden van het water uit het grind

Afhankelijk van de inrichting van het verticale transportsysteem zal er wel of geen water moeten worden afgescheiden van het grind. Dit is bijvoorbeeld het geval indien het grind uit het beun wordt getransporteerd, door het te verpompen met water.

Het afscheiden van het water uit het water/grind mengsel kan op de volgende manieren:

- Doormiddel van een roterende zeefband.
- Doormiddel van een trilzeef onder een hoek.
- Doormiddel van een statische/vibrerende zeefbocht.
- Doormiddel van een hydrocycloon.

3.2.6 Het afvoeren van het grind naar de kade

De laatste subfunctie binnen het droog losproces is het afvoeren van het droge grind naar de kade. Dit transport van het “droge” grind naar de kade kan op de volgende manieren:

- Doormiddel van een bandtransporteur.
- Doormiddel van een kettingtransporteur.
- Doormiddel van een schroeftransporteur.

3.3 Morfologie

Het maken van een morfologisch overzicht is een veel gebruikte ontwerpmethodiek. In een morfologisch overzicht zijn per subfunctie alle mogelijke technieken/methodieken die deze subfunctie zouden kunnen vervullen opgenomen in grafische vorm in een tabel. Door het combineren van deze methodieken/technieken (van de subfuncties) onderling, kan tot mogelijke conceptoplossingen worden gekomen voor het vervullen van de hoofdfunctie. Het doel van het maken van een morfologisch overzicht is het onderzoeken van alle mogelijke oplossingen van een complex ontwerpprobleem. Door het maken van een morfologisch overzicht, wordt veelal gekomen tot goed doordachte conceptoplossingen die in veel gevallen niet direct voor de hand lagen. In de bijlage van dit afstudeerverslag is het morfologisch overzicht opgenomen voor een droog lossysteem van een sleepopperzuiger. Door het maken van combinaties in het morfologisch overzicht, zal gekomen worden tot een viertal conceptoplossingen (ook wel oplossingsstructuren genoemd). Deze oplossingsstructuren zullen in de hierop volgende subparagrafen worden geanalyseerd.

3.4 Analyse van het viertal oplossingsstructuren

In de hierop volgende subparagrafen worden de verschillende oplossingsstructuren geanalyseerd.

3.4.1 Oplossingsstructuur 1

- Jetwatersysteem.
- Grijpbak.
- Trekgoet bufferinstallatie.
- Horizontale bandtransporteur.
- Roterende zeefband.
- Bandtransporteur.

Beschrijving van het systeem:

Het losproces begint bij deze oplossingsstructuur met het voortstuwende van het grind (doormiddel van jetwater) naar het verticale transportsysteem. Het verticale transport van het grind, wordt in deze structuur uitgevoerd door het leeg kranen van het beun met een grijpbak. Deze grijpbak zal het grind vervolgens lossen in een bufferinstallatie bestaande uit een trechter met daaronder een trekgoet. Deze bufferinstallatie zal op zijn beurt het grind gelijkmatig afvoeren naar een horizontaal bandtransporteur, welke het grind zal afvoeren naar een roterende zeefband. Op deze roterende zeefband zal het mogelijk meegevoerde water met verontreinigingen (zoals zandfracties) worden afgescheiden. Tot slot zal het grind door een bandtransporteur worden afgevoerd naar de kade.

Voordelen van deze structuur:

- Het aanvoeren van het grind naar het verticale transportsysteem doormiddel van jetten heeft als voordeel dat bijna al het grind naar het verticale transportsysteem kan worden aangevoerd.
- Door gebruik te maken van een kraan met grijpbak, trekgoet bufferinstallatie, zeefband en bandtransporteurs kan een grote loscapaciteit gerealiseerd worden (circa 2000t/h).
- Bandtransporteurs zijn relatief erg onderhoudsarm.

Nadelen van deze structuur:

- Dit systeem vereist dat er boven het beun niets (zoals reserve onderdelen) wordt opgeslagen.
- Er blijft veel restlading achter in het beun, omdat het beun niet helemaal kan worden leeggeschept door de vele obstakels in het beun.
- Het is een relatief zwaar systeem, waardoor er weer minder grind meegenomen kan worden.
- Door het batchachtige karakter van het leegkranen van het beun met een grijpbak is een vereiste dat er ook een bufferinstallatie wordt toegepast om een continu stroom van grind naar de kade te genereren.
- Een bufferinstallatie met trekgoet brengt veel geluidshinder met zich mee.
- De roterende zeefband is zeer gevoelig voor slijtage, daar komt nog bij dat volgens een leverancier van deze zeefbanden, dergelijk gewenste capaciteiten niet haalbaar zijn.
- De kraan zal over het beun moeten bewegen om bij het grind te komen, hierdoor zou deze kraan in de weg kunnen zitten voor een de service kraan.

3.4.2 Oplossingsstructuur 2

- Jetwatersysteem.
- Baggerpomp.
- Roterende zeefband.
- Horizontale bandtransporteur.
- Bandtransporteur.

Beschrijving van het systeem:

De oplossingsstructuren, die door de structuren 2 en 3 worden beschreven, lijken wat betreft opbouw erg op elkaar. Het verschil tussen de oplossingstructuren 2 en 3 is te vinden in de toepassing van de ontwateringinstallatie. In systeem 2 wordt de ontwateringfunctie verricht door een roterende zeefband. Het losproces begint in beide systemen, met een toevoeging van jetwater aan het grind in het beun. De reden van deze toevoeging, is dat er hierdoor een verpompbaar mengsel ontstaat en dat het grind naar de leegzuigkanaal onderin het beun zal worden aangevoerd. Vervolgens wordt het grind via het leidingwerk, door de baggerpomp naar de roterende zeefband getransporteerd. Op deze zeefband blijft het grind achter, terwijl het water door de openingen in de zeefband wegstroomt, wordt opgevangen en kan worden hergebruikt als jetwater. Het grind dat achterblijft op de zeefband zal vervolgens op een horizontale bandtransporteur worden gestort, welke het grind naar de bandtransporteur zal transporteren die het grind weer zal afvoeren naar de kade.

Voordelen van deze structuur:

- Het is een relatief onderhoudsarm systeem.
- Relatief grote loscapaciteiten zijn realiseerbaar.
- De roterende zeef scheidt het water met mogelijke verontreinigingen zeer goed af.
- Er zal nagenoeg geen restlading achterblijven.
- Het is een relatief eenvoudig systeem.

- Er wordt gebruik gemaakt van de bestaande infrastructuur (pomp en leidingwerk) op het schip.
- Het is een relatief licht systeem, waardoor er meer lading kan worden meegenomen.

Nadelen van deze structuur:

- Door gebruik te maken van de bestaande baggerpomp en leidingwerk in het beun, ben je gebonden aan een grote lossnelheid (i.v.m. met een minimale stroomsnelheid in het leidingwerk van 4 à 5 m/s om het grind niet te laten bezinken).
- De aansturing van het systeem is niet heel eenvoudig, door de vele wisselende factoren waarvan de volumestroom mengsel afhankelijk is.
- De roterende zeefband is zeer gevoelig voor slijtage, daar komt nog een bij dat volgens een leverancier van deze zeefbanden, dergelijk gewenste capaciteiten niet haalbaar zijn.

3.4.3 Structuur 3

- Jetwatersysteem.
- Baggerpomp.
- Vibrerend zeefdek onder een hoek.
- Horizontale bandtransporteur.
- Bandtransporteur.

Beschrijving van het systeem:

Het losproces omschreven door oplossingsstructuur 3 is eigenlijk nagenoeg identiek aan het losproces omschreven onder oplossingsstructuur 2. Het enige verschil tussen de structuren is het de inrichting van de ontwateringsfunctie. Bij structuur 3 zal deze functie worden ingericht door een vibrerende zeefband onder een hoek. Het grind zal achterblijven op het zeefdek van deze vibrerende zeef, terwijl het water door de openingen in het zeefdek zal wegstromen. Dit water zal worden opgevangen en zal opnieuw gebruikt kunnen worden als jetwater, zodat een gesloten waterhuishouding zal ontstaan. Het grind dat op het zeefdek achterblijft, zal door de vibrerende beweging van het zeefdek worden afgevoerd naar een horizontale bandtransporteur. Via bandtransporteurs zal het grind dan worden afgevoerd naar de kade.

Voordelen van deze structuur:

- Het is een relatief onderhoudsarm systeem.
- Relatief grote loscapaciteiten zijn realiseerbaar.
- De ontwateringzeef scheidt het water met mogelijke verontreinigingen zeer goed af.
- Er zal nagenoeg geen restlading achterblijven.
- Het is een relatief eenvoudig systeem.
- Er wordt gebruikgemaakt van de bestaande infrastructuur (pomp en leidingwerk) op het schip.
- De vibrerende zeef heeft een bufferende werking, waardoor wisselingen in de mengsel samenstelling (de hoeveelheid grind), worden afgevlakt.

Nadelen van deze structuur:

- Door gebruik te maken van de bestaande baggerpomp en leidingwerk in het beun, ben je gebonden aan een grote lossnelheid (i.v.m. met een minimale stroomsnelheid in het leidingwerk van 5 m/s om het grind niet te laten bezinken).
- De aansturing van het systeem is niet heel eenvoudig, door de vele wisselende factoren waarvan de volumestroom mengsel afhankelijk is.
- Het zeefdek is gevoelig voor slijtage.

3.4.4 Oplossingsstructuur 4

- Bandtransporteur, met dwars op geplaatste schrapers.
- Verticale schroeftransporteur.
- Horizontale kettingtransporteur.
- Kettingtransporteur.

Beschrijving van het systeem:

Het losproces behorende bij structuur 4, begint met het toevoeren van grind naar het verticale transportsysteem doormiddel van bandtransporteur met dwars op de bewegingsrichting geplaatste schrapers. De functie van het verticale transportsysteem zal worden ingericht door een verticale schroeftransporteur, welke het grind zal lossen op een horizontale kettingtransporteur. Deze kettingtransporteur zal het grind vervolgens afgeven aan een andere kettingtransporteur welke het grind verder zal afvoeren naar de kade.

Voordelen van deze structuur:

- De afvoer van het grind door de verticale schroeftransporteur levert een continu stroom grind.

Nadelen van deze structuur:

- Er blijft relatief erg veel restlading achter.
- Zowel de verticale schroeftransporteur als de kettingtransporteurs zijn erg gevoelig voor slijtage.

- De verticale schroeftransporteur is relatief groot, hij zou mogelijkkerwijs in de weg kunnen zitten voor de servicekraan boven het beun.
- De verticale schroeftransporteur zal door het beun moeten bewegen om het grind in zijn greep te krijgen.
- Dit systeem vereist dat er boven het beun niets (zoals reserve onderdelen) wordt opgeslagen.
- Een kettingtransporteur heeft een relatief lage capaciteit.

3.5 Beknopte conclusie

De structuren 1 en 4 met respectievelijk de kraan (met grijpbak) en de verticale schroeftransporteur voldoen niet aan de eisen vanuit Boskalis, omdat ze erg veel restlading in het beun achterlaten. Tegen deze restlading staan wel kosten maar geen opbrengsten, daarom wordt er naar gestreefd om de hoeveelheid restlading zo minimaal mogelijk te houden. De structuren 2 en 3 echter laten nauwelijks tot geen restlading achter in het beun. Deze structuren transporteren beide het water uit het beun door een combinatie van jetten en verpompen, ze verschillen alleen in de manier waarop ze het opgepompte mengsel ontwateren. Uit het contact met een leverancier van roterende zeefbanden is gebleken dat, de beoogde capaciteiten niet op een roterende zeefband mogelijk zijn. Dit is niet mogelijk omdat, er dan grote bandsnelheden benodigd zijn, wat in de praktijk niet mogelijk is met een materiaal zoals grind. Zodoende blijft alleen structuur 3 over, waarbij het opgepompte mengsel ontwaterd wordt doormiddel van een ontwateringzeef.

4. Het verpompen van het grind

4.1 De verpompte hoeveelheden water en grind

Voor de selectie/het ontwerp van een ontwateringinstallatie en de benodigde bandtransporteurs is het van belang, dat de aangevoerde hoeveelheden water en grind, zorgvuldig in kaart worden gebracht. Deze hoeveelheden water en grind zullen verwerkt, moeten kunnen worden door de ontwateringinstallatie, welke het water zal moeten afscheiden uit het mengsel. Ook de bandtransporteurs moeten de aangeboden hoeveelheid grind kunnen verwerken (afvoeren naar de kade).

De dichtheid (samenstelling) van het verpompte water/grind mengsel is zeer eenvoudig te monitoren, omdat er een dichtheidsmeter (pijpsegment D013) is opgenomen in het verticale leidingwerk aan de uittree zijde van de bakboord baggerpomp. Wanneer de dichtheid van het mengsel bekend is kan op eenvoudige wijze de samenstelling van het water/grind mengsel berekend worden, met de onderstaande verhouding.

Bepaling van de Volumepercentages van de verschillende bestanddelen in het mengsel: $\rho_{grind} \times Vol\%_{grind} + \rho_{zout\ water} \times (1 - Vol\%_{grind}) = \rho_{mengsel} \Rightarrow Vol\%_{grind} = \frac{(\rho_{mengsel} - \rho_{zout\ water})}{(\rho_{grind} - \rho_{zout\ water})}$ $Vol\%_{zout\ water} = 1 - \frac{(\rho_{mengsel} - \rho_{zout\ water})}{(\rho_{grind} - \rho_{zout\ water})}$ Met hierin: $Vol\%_{grind} = \text{Volumepercentage grind}$ $Vol\%_{zout\ water} = 1 - Vol\%_{grind} = \text{Volumepercentage zout water in mengsel}$ $\rho_{grind} = \text{Absolute volumemassa grind} \approx 2600 \text{ kg} / \text{m}^3$ $\rho_{zout\ water} = \text{Soortelijke massa zout water} \approx 1025 \text{ kg} / \text{m}^3$ $\rho_{mengsel} = \text{Dichtheid water / grind mengsel in kg} / \text{m}^3$

De term “absolute volumemassa grind” kan worden omschreven als de dichtheid van één grindkorrel, dus massief gesteente. De enige variabele invoerparameter in de bovenstaande vergelijking, is de dichtheid van het water/grind mengsel. Hoe groter de waarde voor deze dichtheid is, hoe groter het volumepercentage grind in het mengsel is.

Het volumedebiet mengsel door het leidingwerk staat min of meer vast. Dit is het gevolg van het feit dat er enerzijds de voorkeur bestaat om het bestaande leidingwerk te gebruiken (met een inwendige diameter van 1 m) en dat anderzijds het water/grind mengsel een bepaalde minimale stroomsnelheid (4 á 5 m/s) moet hebben om het grind niet te laten bezinken. Doordat de volumestroom (van circa 4 m³/s) water/grind mengsel door het leidingwerk min of meer vaststaat, kunnen de aangeboden hoeveelheden water en grind bij deze volumestroom mengsel alleen gevarieerd worden door een variatie in de mengselsamenstelling.

In de onderstaande figuur zijn de formules weergegeven, waarmee je het volume- en massadebiet van het water, grind en mengsel kunt berekenen.

Berekenen van de volume- en massadebiet mengsel door het leidingwerk:

$$\Phi v_{\text{mengsel}} = A_{\text{in}} \times v_{\text{mengsel}}$$

$$A_{\text{in}} = \frac{\pi \times d_{\text{in}}^2}{4}$$

$$\Phi m_{\text{mengsel}} = \Phi v_{\text{mengsel}} \times \rho_{\text{mengsel}}$$

Met hierin:

$$\Phi v_{\text{mengsel}} = \text{volumedebiet mengsel (m}^3/\text{s)}$$

$$\Phi m_{\text{mengsel}} = \text{massadebiet mengsel (kg/s)}$$

$$\rho_{\text{mengsel}} = \text{dichtheid mengsel (kg/m}^3\text{)}$$

$$A_{\text{in}} = \text{inwendig oppervlak dwarsdoorsnede leidingwerk (m}^2\text{)}$$

$$v_{\text{mengsel}} = \text{stroomsnelheid mengsel (m/s)}$$

$$d_{\text{in}} = \text{inwendige leidingdiameter (m)}$$

Hoeveelheden grind:

$$\Phi v a_{\text{grind}} = \Phi v_{\text{mengsel}} \times \text{Vol}\%_{\text{grind}}$$

$$\Phi m_{\text{grind}} = \Phi v a_{\text{grind}} \times \rho_{\text{grind}}$$

$$\Phi v s_{\text{grind}} = \frac{\Phi m_{\text{grind}}}{\rho_{\text{st}}_{\text{grind}}}$$

Hoeveelheden zout water:

$$\Phi v_{\text{zout water}} = \Phi v_{\text{mengsel}} \times \text{Vol}\%_{\text{zout water}}$$

$$\Phi m_{\text{zout water}} = \Phi v_{\text{zout water}} \times \rho_{\text{zout water}}$$

Met hierin:

$$\Phi v_{\text{mengsel}} = \text{Volumedebiet mengsel in leidingwerk (m}^3/\text{s)}$$

$$\Phi v a_{\text{grind}} = \text{Absoluut volumedebiet grind (m}^3/\text{s)}$$

$$\Phi m_{\text{grind}} = \text{Massadebiet grind (kg}^3/\text{s)}$$

$$\Phi v s_{\text{grind}} = \text{Volume debiet gestort grind (m}^3/\text{s)}$$

$$\rho_{\text{grind}} = \text{Absolute volumemassa grind} \approx 2600 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_{\text{st}}_{\text{grind}} = \text{Stortgewicht grind} \approx 1600 \text{ kg/m}^3$$

$$\Phi v_{\text{zout water}} = \text{Volumedebiet zout water (m}^3/\text{s)}$$

$$\Phi m_{\text{zout water}} = \text{Massadebiet zout water (kg}^3/\text{s)}$$

$$\text{Vol}\%_{\text{grind}} = \text{Volumepercentage grind}$$

$$\text{Vol}\%_{\text{zout water}} = \text{Volumepercentage zout water}$$

$$\rho_{\text{zout water}} = \text{Soortelijke massa zout water} \approx 1025 \text{ kg/m}^3$$

Vanuit Boskalis is als eis gesteld dat het lossysteem in staat moet zijn om 20.000 ton grind te lossen in een tijdsduur van maximaal 10 uur. Dit houdt in, dat het systeem volgens deze eis over een minimale capaciteit moet beschikken van circa 2.000 ton grind per uur. Ook is er de eis, dat er gebruik gemaakt dient te worden van het bestaande leidingwerk (met diameter 1 m) en omdat de minimale stroomsnelheid van het mengsel door het

leidingwerk ca. 4,5 m/s moet bedragen om het grind niet te laten bezinken, kan de aangeboden hoeveelheid grind alleen gevarieerd worden door een variatie in mengseldichtheid (samenstelling). Wanneer er circa 2000 ton/h grind aangevoerd dient te worden aan de ontwateringinstallatie correspondeert dit met een mengseldichtheid van circa 1110 kg/m³ (mengsel bestaande voor circa 5,39 volumepercent uit grind). In dat geval bedraagt het volumedebiet meegevoerd water circa 3,75 m³/s.

Doorgaans zal er gewerkt worden met een mengseldichtheid van circa 1200 kg/m³, wat correspondeert met een massadebiet van circa 1,15 t/uur grind en een volumedebiet van circa 3,5 m³/s water. Deze waarde voor de dichtheid van 1200 kg/m³ is een ervaringsgetal (afkomstig uit een grindwinningwerk met de sleephopperzuiger de Oranje in Seaton UK).

4.2 Reductie van de volumestromen water en grind

Het hierboven beschreven volumestroom mengsel is wat betreft omvang vrij fors en is mogelijkwerwijs niet verwerkbaar met een ontwateringinstallatie. Om deze reden is er gekeken naar de mogelijkheden om deze volumestroom te reduceren.

Mogelijkheden om de volumestromen water en grind te verkleinen/verwerkbaar te maken zijn:

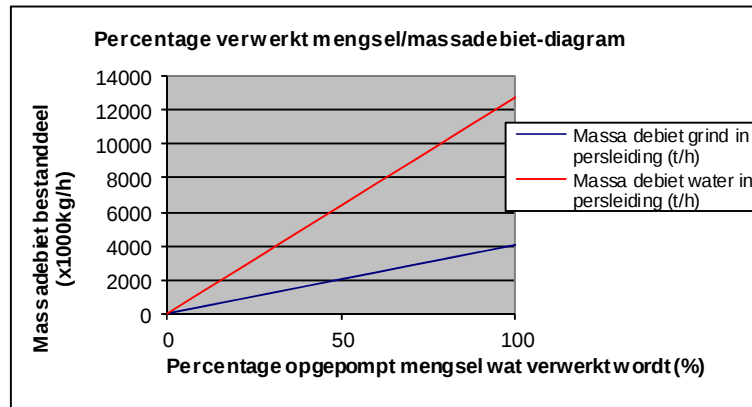
- Een deel van het verpompte water/grind mengsel terugstorten in het beun, zonder het naar de ontwateringinstallatie te leiden.
- Het grind uit het beun verpompen, door leidingwerk met een kleinere inwendige diameter, waardoor de volumestroom water/grind mengsel wordt teruggedrongen.
- Het verplaatsen van de ontwateringinstallatie naar de kade, waar er meer ruimte is voor een omvangrijke ontwateringinstallatie.
- Het veranderen van de mengselsamenstelling (verlagen van de dichtheid) van het water/grind mengsel door bijmenging van jetwater (afkomstig van de lage druk jetcip) aan het uiteinde van het leegzuigkanaal.
- Het vergroten van de capaciteit van de ontwateringinstallatie en de bandtransporteurs op de sleephopperzuiger.

Om de volumestromen water en grind nog enigszins verwerkbaar te houden, is het, zoals eerder in dit hoofdstuk al is genoemd, zaak dat de stroomsnelheden in het leidingwerk zo laag mogelijk worden gehouden, zonder dat het grind de kans krijgt om te bezinken. Zoals eerder al is genoemd ligt deze stroomsnelheid ergens tussen de 4 á 5 m/s en is onder andere afhankelijk van de samenstelling van de grindfractie. Voor verdere capaciteitsberekeningen zal er worden uitgegaan van een stroomsnelheid van 4,5 m/s.

4.2.1 Een deel van het verpompte mengsel terugstorten in het beun

Indien de aangeboden hoeveelheden water en grind niet verwerkbaar blijken te zijn voor de bandtransporteurs en de ontwateringinstallatie, dan zou een gedeelte van het water/grind mengsel teruggestort kunnen worden in het beun, zodat dat gedeelte tijdelijk niet verwerkt hoeft te worden door de ontwateringinstallatie. Het gedeelte van het mengsel wat teruggestort wordt, zal op een later tijdstip opnieuw worden opgepompt en dan mogelijk wel door de ontwateringinstallatie worden verwerkt. In figuur 8 is een diagram weergegeven, waarop voor verschillende aanvoerpercentages naar de ontwateringinstallatie het bijbehorende massadebiet water en grind is weergegeven. Het percentage water/grind mengsel wat naar de ontwateringinstallatie getransporteerd wordt, kan variëren tussen de 0 en 100 %, het is dus niet aan enige beperking gebonden. Het diagram in figuur 8 is gebaseerd op een mengsel dichtheid van ca. 1200 kg/m³ (waarbij het mengsel voor circa 11 volumepercent uit grind bestaat) en een stroomsnelheid van het mengsel door het leidingwerk 4,5 m/s bedraagt.

Figuur 8: de relatie tussen het percentage opgepompt mengsel en het massa debiet



Om de hoeveelheid mengsel, dat zal worden teruggestort in het beun te reguleren, zal er in het leidingwerk voor de ontwateringinstallatie een T-splitsing dienen te worden opgenomen met op één van de uitgangen een smoorventiel. Om de stand dit smoorventiel te kunnen regelen, zou er gebruik kunnen worden gemaakt van de metingen afkomstig van de stroomsnelheid- en dichtheidsmeter, welke zijn opgenomen aan de uittree zijde van de baggerpomp. Door gebruik te maken van deze signalen, wordt het eenvoudig om de volumestroom van het mengsel beheersbaar te houden voor de ontwateringinstallatie. Ook is het een mogelijkheid om te werken op basis van ervaring en hierdoor het smoorventiel op een bepaalde stand te zetten en gedurende het losproces kleine aanpassingen aan deze stand te doen.

Voordelen:

Er zijn geen verdere aanpassingen aan het leidingwerk en de pomp nodig, bij aanpassingen aan het leidingwerk moet gedacht worden aan leidingen met een kleinere inwendige diameter.

Nadelen:

Doordat een deel van het grind/water mengsel meerdere malen door het leidingwerk en de pomp zal gaan zal, alvorens het aan de ontwateringinstallatie zal wordt aangeboden, zal het leidingwerk/de pomp sneller slijten. Bovendien is deze manier van werken pure verspilling van energie (en daarmee ook van geld) doordat er in totaal meer grind/water verpompt dient te worden, voordat het grind uit het beun gelost is, waardoor de operationele kosten groter zullen zijn dan wanneer al het mengsel in één keer verwerkt kan worden.

4.2.2 Het grind verpompen door leidingwerk met een kleinere diameter

Een andere mogelijkheid om de volumestroom grind naar de ontwateringinstallatie/het transportsysteem verwerkbaar te houden, is door het water/grind mengsel met de minimaal benodigde snelheid van 4 á 5 m/s te verpompen door leidingwerk met een kleinere diameter, dan reeds aanwezig is op de sleephopperzuiger. Hierdoor zal de volumestroom van het water/grind mengsel kunnen worden verkleind, zonder dat het grind in het leidingwerk de kans krijgt om te bezinken en verstoppingen te veroorzaken.

Voordelen:

Door bij het verpompen gebruik te maken van leidingwerk met een kleinere diameter ontstaat de mogelijkheid om met mengsels met grotere dichtheden te werken, terwijl de hoeveelheden grind toch verwerkbaar blijven. Dit is energietechnisch interessant, omdat er dan in totaal een kleinere hoeveelheid mengsel verpompt hoeft te worden, om al het grind uit het beun te lossen.

Nadelen:

Een nadeel is dat er extra leidingwerk in het beun zal moeten worden aangebracht, terwijl een zo leeg mogelijke beun de voorkeur heeft. Bovendien brengt het aanbrengen van een tweede leidingsysteem in het beun een extra investering en massa met zich mee.

4.2.3 Het verplaatsen van de ontwateringinstallatie naar de kade

Een andere mogelijkheid om het grote volumestroom grind verwerkbaar te laten is door gebruik te maken van een ontwateringinstallatie/bandtransporteurs, die op de kade zijn gepositioneerd. Het water/grind mengsel zal naar de kade verpompt dienen te worden door een flexibele slang. Bovendien zal het afgescheiden water terug moeten worden verpompt naar het beun van de sleephopperzuiger, om het weer opnieuw te kunnen gebruiken als transportmedium.

Voordelen:

Doordat de ontwateringinstallatie/het transportsysteem op de kade gepositioneerd zal worden, is het ruimtetechnisch minder complex om de capaciteit van deze systemen te verhogen. Een ander voordeel is, dat

door het op de kade plaatsen van de ontwateringinstallatie en de bandtransporteurs, de sleephopperzuiger meer lading kan meenemen omdat de sleephopperzuiger geen zware ontwateringinstallatie met bijbehorende bandtransporteurs hoeft mee te nemen.

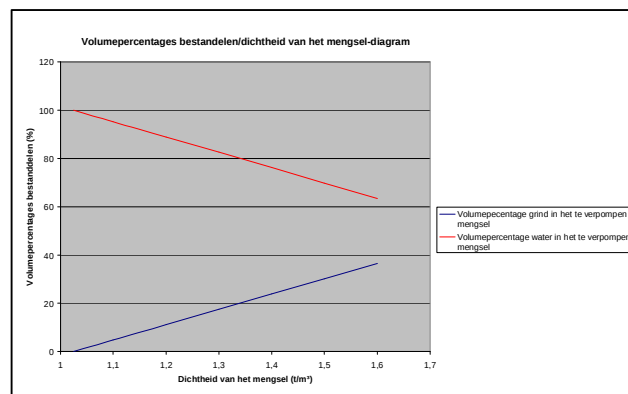
Nadelen:

Er zal een extra pomp moeten worden opgenomen in de installatie, om het afgescheiden water terug te transporteren door een flexibele slang naar het schip. Een ander nadeel is dat lossen van grind in de vorm van deelladingen op verschillende afleveradressen minder eenvoudig zal zijn en een groter tijdsbestek zal vergen, omdat dan ook de ontwateringinstallatie met de bandtransporteurs moet worden verhuisd naar de nieuwe loslocatie.

4.2.4 Het veranderen van de mengselsamenstelling (verlagen van de dichtheid)

De dichtheid van het mengsel kan variëren tussen de 1025 kg/m³ tot maximaal zo'n 1600 kg/m³. Bij een dichtheid van circa 1025 kg/m³ wordt er eigenlijk alleen zout water verpompt. Bij een dichtheid van circa 1600 kg/m³, dit is tevens ongeveer de maximale dichtheid waarbij het water en grind mengsel nog net verpompbaar is, bestaat het mengsel voor circa 37 volumepercent uit grind. In de onderstaande grafiek zijn de volumepercentages van de verschillende bestanddelen in het mengsel uitgezet tegen de dichtheid van het mengsel. Deze volumepercentages van de verschillende bestanddelen voor verschillende mengsel dichtheden zijn berekend met behulp van de in figuur 9 weergegeven verhouding.

Figuur 9: de relatie tussen de dichtheid en de volumebestanddelen



Uit bestudering van de getallen/mogelijkheden is naar voren gekomen, dat wanneer er gewerkt wordt met een mengseldichtheid van ca. 1200 kg/m³, de hoeveelheden grind nog enigszins verwerkbaar zijn. Bij een mengsel dichtheid van ca. 1200 kg/m³ bestaat het mengsel voor ca. 11 volumepercent uit grind en zal het massadebiet grind naar de ontwateringinstallatie circa 1,11 ton/s bedragen.

De grootte van de massastroom grind naar de ontwateringinstallatie, is hoofdzakelijk afhankelijk van de samenstelling van het water/grind mengsel. Een mogelijkheid om de toestroom van grind naar de ontwateringinstallatie te verkleinen, is door een verandering van de samenstelling van het water/grind mengsel door bijmenging van water, vlak na de inlaat van het leegzuigkanaal onder in de hopper. Hierdoor zal het volume percentage grind in het mengsel worden verkleind. Voor de beheersing van het bijmengingproces, zou er gebruik kunnen worden gemaakt van de flowmeter en de dichtheidsmeter welke in het verticale deel van de uittree zijde van de bakboord baggerpomp is opgenomen. Wanneer hier geen gebruik van zou worden gemaakt, dan zou er ook gewerkt kunnen worden op basis van ervaring. Dit is alleen wel een stuk minder nauwkeurig, omdat niet iedere lading grind gelijk is.

Voordelen:

Het grote voordeel van deze methode, is dat de massastroom grind naar water ontwateringinstallatie goed te beheersen valt.

Nadelen:

Er moet een grotere hoeveelheid grind/water mengsel worden rondgepompt, voordat al het grind uit de hopper gelost is. Het kost dus meer tijd en energie om al het grind uit het beun te lossen. Dit heeft tot gevolg, dat de kosten per geloste ton grind hoger zullen zijn, dan wanneer er gewerkt wordt met een grotere mengseldichtheid.

4.2.5 Het vergroten van de capaciteit van de ontwateringinstallatie de bandtransporteurs

Een voor de hand liggende mogelijkheid, om de aangeboden hoeveelheid grind aan de ontwateringinstallatie en de bandtransporteurs verwerkbaar te maken, is door de capaciteit van de scheidingsinstallatie/transportssystemen te vergroten. Hierbij moet gedacht worden aan bijvoorbeeld het dubbel

uitvoeren van de ontwateringinstallatie en de bandtransporteurs.

Voordelen:

Een voordeel hiervan is dat de lostijd verkort zal gaan worden, waardoor de baggercapaciteit van het schip zal toenemen. Door te kiezen voor deze mogelijkheid, om de losinstallatie na capaciteitsuitbreiding op het schip te laten staan, blijft het mogelijk om op verschillende losadressen een deel van de lading te lossen.

Nadelen:

Een nadeel hiervan kan zijn dat, de installatie erg veel ruimte in beslag gaat nemen. Een ander nadeel van een uitbreiding van de ontwateringinstallatie/het transportsysteem op het schip is, dat door de toename van de massa van de installatie, er minder grind per keer meegenomen kan worden in verband met de maximum laadcapaciteit van het schip.

5. Waterhuishouding op de TSHD

5.1 Omschrijving van de waterhuishouding op en rond het beun

Het grind zal gelost gaan worden door het te verpompen met water. Hiervoor is het dus van belang, dat ook de waterhuishouding in en rond het beun goed inzichtelijk wordt gemaakt. Hiervoor is het van belang, dat er eerst geanalyseerd wordt waar en hoe er water aan het beun wordt onttrokken en toegevoerd. In de bijlage van dit afstudeerverslag is een flowdiagram opgenomen waarop de waterhuishouding van een droog lossysteem van grind op een sleepopperzuiger schematisch is weergegeven.

Er wordt water aan het beun onttrokken, via:

- De zuigbuisopeningen onderin het beun.
- De overvloei, vanwaar het water zal worden aangevoerd aan de jetpompen.

Er wordt water aan het beun toegevoerd, via:

- Het jetten van het grind
- De terugvoer van het afgescheiden water afkomstig van de ontwateringinstallatie.

Bij dit viertal water bewegingen komt nog eens, dat er vanuit de regelgeving de eis is, dat er in havengebieden geen (zout)water overboord gezet mag worden, omdat dit de waterkwaliteit aantast en een bedreiging vormt voor de in havengebieden levende flora en fauna. Ook kan het afgescheiden (zoute)water afkomstig van de ontwateringinstallatie zandfracties en organische delen bevatten. Wanneer dit water met verontreinigingen over boord gezet wordt, dan zou de haven plaatselijk gedempt worden en dit is zoals vanzelfsprekend een uiterst ongewenste situatie. Daarom dient er op de sleepopperzuiger de Prins der Nederlanden een gesloten waterhuishouding gecreëerd te worden. Om dit te realiseren dient het afgescheiden water afkomstig van de ontwateringinstallatie teruggestort te worden in het beun. Dit teruggestorte water, zal ook weer opnieuw gebruikt moeten worden als jetwater. Om dit water opnieuw te kunnen gebruiken als jetwater, zal er tussen de overvloei en de zuigleiding van de jetpompen een leidingverbinding moeten worden gemaakt, zodat het water van de overvloei naar de zuigleiding van de jetpompen kan worden getransporteerd. De overvloei is een hoogte verstelbare opvangbak, welke normaliter het overtollige water (gedurende het laden van het beun) uit het beun afvoert naar het oppervlaktewater. Deze verbinding van de overvloei naar het oppervlaktewater, kan afgesloten worden, door het sluiten van bodemdeuren, welke onder de overvloei zijn gepositioneerd. Door het sluiten van deze bodemdeuren en het aanbrengen van leidingwerk tussen de overvloei en de jetpompen zal er dus een gesloten systeem worden gecreëerd, zoals in het geval van een droog lossysteem van grind wenselijk is. Wanneer er een tekort dreigt te ontstaan aan proceswater, dan zou er oppervlaktewater van buiten de sleepopperzuiger kunnen worden gebruikt om de hoeveelheid proceswater op peil te houden.

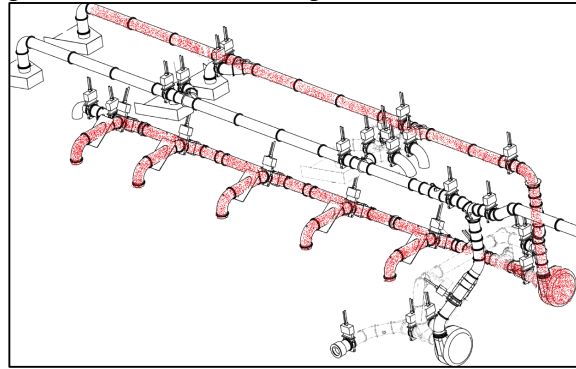
5.2 Componenten die deel uitmaken van het waterhuishoudingsysteem

5.2.1 De bakboord baggerpomp met het bijbehorende leidingwerk

Het naar de zuigbuisopeningen gestuwde water/grind mengsel, zal onder invloed van een onderdruk in de zuigleiding, door de zuigbuisopeningen uit het beun worden onttrokken. Deze zuigleiding bevindt zich aan bakboord net buiten het beun. In deze zuigleiding bevinden zich, een vijftal zuigbuisopeningen, welke van achter naar voor in het beun achtereenvolgens de pijpssegmenten: SH008, SH011, SH016, SH020 en SH024 zijn. Deze pijpssegmenten bevatten allen een schuifafsluiter, zodat er geregeld kan worden uit elk beunsegment het water/grind mengsel onttrokken wordt. Het water/grind mengsel zal via de hierboven beschreven leidingwerk en de bakboord baggerpomp (operationeel vermogen circa 1800kW) bovendeks worden gepompt, vanwaar het door de bakboord persleiding (welke boven het beun is gepositioneerd) naar de ontwateringinstallatie op het werkdek worden getransporteerd. Daar zal het water uit het mengsel worden afgescheiden van het grind. Vervolgens zal dit opgevangen water terugstromen naar het beun en zal het grind door bandtransporteurs worden afgevoerd naar de kade. In figuur 10 is in rood aangegeven welke weg het grind

door het bestaande leidingwerk zal afleggen.

Figuur 10: De weg van het grind door het bestaande leidingwerk



5.2.2 De overvloei

De overvloei heeft normaal gesproken als taak om het overtollige water bij het laden van het beun, af te voeren naar het oppervlakte water. Om dit overtollige water te allen tijde af te kunnen voeren is de overvloei in hoogte verstelbaar. Om een gesloten waterhuishouding op een sleephopperzuiger te generen is het noodzakelijk dat er leidingwerk wordt ingepast tussen de overvloei en de zuigleiding van de jetpompen. Dit leidingwerk moet een diameter hebben van circa 1000 mm om het risico op cavitatie te beperken. Dit leidingwerk zal het overtollige water van de overvloei (doormiddel van de inpassing van een T-splitsing met afsluiter) naar de zuigleiding van de jetpompen transporteren, zodat het water hergebruikt kan worden als jetwater en zodoende alleen fungeert als transportmedium.

5.2.3 Het jetwatersysteem

Het losproces van het grind uit het beun, begint met het jetten van het grind. Het jetten, is het toevoegen van water aan het grind onder hoge druk. Het toevoegen van jetwater heeft een tweetal doeleinden, enerzijds wordt door het jetten een water/grind mengsel gecreëerd wat verpompbaar is en anderzijds wordt het grind door het jetwater naar de zuigbuisopeningen onder in het beun gestuwd.

Voor het jetten is een jetwatersysteem in het beun opgenomen, dit jetwatersysteem bestaat uit een zeer groot aantal jetnozzles, jetleidingen en afsluiters. In het beun van de Prins der Nederlanden en de Oranje zijn de volgende jetleidingen met nozzles aanwezig:

- Aan weerszijde in de lengte richting van het beun.
- Aan de kopeinden van het beun.
- Ter hoogte van de bodemdeurcilinders in de dwarsrichting van het beun (5×).
- Midden tussen twee bodemdeurcilinders in de dwarsrichting van het beun (4×).

Op de Prins der Nederlanden zijn een drietal jetpompen gepositioneerd, één lage druk jetpomp (ca. 4 bar) en een tweetal hoge druk jetpompen (ca. 7 bar). De lage druk jetpomp zal gebruikt worden voor het jetten met de jetleidingen rond de bodemdeurcilinders en het jetleidingwerk tussen de vijftal beunsecties. De hoge druk jetpompen zullen gebruikt worden voor het jetleidingwerk in de lengterichting van het beun en voor het jetleidingwerk aan beide kopeinden van het beun. De lage druk jetpomp kan ook worden gebruikt op het uiteinde van het leegzuigkanaal onder in het beun. Dat kan worden gedaan om de mengseldichtheid te verlagen en om in te grijpen wanneer opstoppingen in het leegzuigkanaal ten gevolge van bezinking dreigt.

5.2.4 De bezinkbak in het beun

Zoals eerder al is beschreven, dient er vanuit regelgeving een gesloten waterhuishouding op de Prins der Nederlanden gecreëerd te worden. Om dit te realiseren dient het afgescheiden water afkomstig van de ontwateringinstallatie te worden teruggestort in het beun. Dit afgescheiden water zal worden teruggestort achter een stalen wand of zeefwand in het beun, zodat er geen vervuilingseffect in het beun zal ontstaan welke ook wel bekend staat onder de Engelse term “mine pollution”. Deze wand zal ervoor zorgen dat er een soort van bezinkbak zal worden gecreëerd in de achterste beunsectie. Het zand en andere mogelijke verontreinigingen (welke een grotere dichtheid hebben dan water) zullen in deze bak achterblijven en het water zal over de rand wegstromen naar de andere beunsecties. Deze zeefwand zal gepositioneerd dienen te worden tussen de jetleidingen in de dwarsrichting van het schip tussen de beunsecties 1 en 2 geteld vanaf de achterzijde van het schip. Om van deze bezinkbak gebruikt te kunnen maken is het van belang, dat de achterste beunsectie als eerste gelost wordt, zodat deze gebruikt zal gaan kunnen worden als bezinkbak.

5.2.5 De waterafvoer van de ontwateringinstallatie naar het beun

Het water dient bij de ontwateringinstallatie opgevangen en teruggeleid te worden door leidingwerk naar het beun. Dit afgescheiden water zal in de achterste beun sectie worden gestort welke zal dienen als bezinkbak, waarin zoals hierboven al is beschreven verontreinigingen met een grotere dichtheid dan water zullen achterblijven.

6. Ontwateringzeef

Een van de mogelijke manieren om een water/grind mengsel te ontwateren is doormiddel van een ontwateringzeef. In figuur 11 zijn een tweetal ontwateringszeven weergegeven.

Figuur 11: Ontwateringszeven



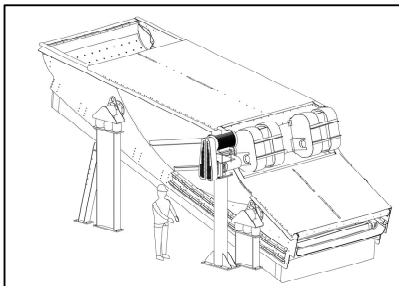
Het water/grind mengsel zal doormiddel van een diffuser op de ontwateringzeef worden gebracht. Een diffuser is een verloop van een ronde pijp naar een rechthoekig uitstroomoppervlak, met als doel het reduceren van de stroomsnelheid en het gelijkmatig over de breedte van de ontwateringzeef verspreiden van het water/grind mengsel. Het water met mogelijke verontreinigingen zoals zandfracties en grindfracties kleiner dan 5 mm zullen door de openingen in het zeefdek stromen. Dit water met verontreinigingen zal worden opgevangen en door leidingwerk naar de bezinkbak in de achterste beunsectie worden getransporteerd. De grindfracties groter dan 5 mm, zullen echter op het zeefdek achterblijven. Doordat het zeefdek is aangedreven en doordat het zeefdek onder een hoek staat zal het grind onder medewerking van de zwaartekracht naar beneden bewegen.

6.1 De beoogde ontwateringzeef

Voor Boskalis is een ontwateringzeef een koopdeel en omdat er bijna tot geen kennis binnen Boskalis aanwezig is betreffende ontwateringszeven, moet deze bij een externe partij vergaard worden. Daarom is er contact opgenomen met de Oostenrijkse onderneming Binder+Co, een grote fabrikant van onder andere ontwateringszeven. In overleg met Binder+Co is er gekomen tot een ontwateringzeef. Een AutoCAD tekening van deze ontwateringzeef is opgenomen in de bijlage van dit afstudeerverslag.

De ontwateringzeef zal bestaan uit een tweetal zeefdekken, welke achter elkaar zullen worden geplaatst. Ieder zeefdek heeft een lengte van circa 4 meter. Het eerste zeefdek gezien van het opstort punt zal een lineair zeefdek zijn, het tweede zeefdek zal een bivitec zeefdek zijn. In de onderstaande figuur 12 is de beoogde zeefinstallatie weergegeven.

Figuur 12: De beoogde zeefinstallatie



6.2 De zeefdekken

Zoals hierboven beschreven, bestaat de beoogde ontwateringzeef uit een tweetal verschillende zeefdekken eerst zal het mengsel ontwatert worden door een lineair zeefdek (opgebouwd uit open polyurethaan panelen) en vervolgens zal het mengsel verder ontwatert worden door een dunner bivitec zeefdek (opgebouwd uit dunnere bivitec spanwelle zeefmatten). Het lineaire zeefdek is vlak, terwijl het bivitec zeefdek een radius heeft.

Voordelen van een lineair zeefdek:

- Het kan hoge capaciteiten verwerken.
- Het gelijkmatig verdelen van het opgebrachte mengsel over het oppervlak.

Het bivitec zeefdek heeft als functie:

- Een snelle ontwatering.
- Het losmaken van eventuele grind-/zand- en kleifracties.
- Voorkomt opstoppen door organische fracties.

Er zal een polyurethaan zeefdek gebruikt worden, omdat deze 3 á 4 keer minder hard slijt dan een stalen zeefdek. Zeker gezien de grote volumestromen te verwerken grind, zal er in dit geval gekozen worden voor een polyurethaan zeefdek, zeker omdat het te ontwateren mengsel ook nog eens bestaat uit zout water, wat een versterkte corrosieve werking heeft op staal.

6.3 De ontwateringcapaciteit

De twee zeefdekken samen zijn 9,3 m lang en 2,8 m breed en zullen daarom over een ontwateringoppervlak beschikken van circa 26 m². De leverancier heeft voor deze zeefconfiguratie en dit zeefoppervlak een ontwateringcapaciteit opgegeven van 1750 m³-2000 m³ grind/water mengsel per uur. Gangbare zeefsnelheden liggen tussen de 0,2 en 0,5 m/s, maar gezien de beoogde capaciteit en het feit dat er water wordt afgescheiden, zou er ook gezeefd kunnen worden met zeefsnelheden van circa 1 m/s. Voorwaarde voor het behalen van de opgegeven ontwateringcapaciteit is dat de aanlandingsnelheid van het mengsel op de ontwateringzeef niet al te groot is, als dit wel het geval is zullen de eerste meters van het ontwateringzeef hun beoogde ontwateringcapaciteit niet behalen.

6.4 De aandrijving

De ontwateringzeef zal lineair worden aangedreven door cardan-as gekoppelde onbalans opwekkers met tandwielen in een oliebad. Dit gesloten systeem met oliebad maakt de aandrijving relatief onderhoudsarm. In de bijlage is een brochure van Binder+Co opgenomen, waarin dit uitgebreider staat uitgelegd. Het benodigde motorvermogen voor de aandrijving bedraagt circa 45 kW.

6.5 Onderhoud

De zeefmatten van de zeefmachines van Binder+Co zijn zeer snel verwisselbaar, door toepassing van kunststof pezen, die tussen de zeefmatten worden bevestigd met behulp van een hamer. Per uur kan er door één persoon ongeveer 10 m² zeefdek worden vervangen, dus het vervangen van het gehele zeefdek neemt ongeveer 2,5 uur in beslag. In de onderstaande figuur 13 is te zien hoe de zeefmatten gemonteerd worden.

Figuur 13: Het monteren van zeefmatten



Wat betreft de levensduur van een zeefmat kunnen geen uitspraken worden gedaan, omdat dit van zeer veel factoren afhankelijk is.

6.6 Toepassing van de ontwateringzeven naar de sleephopperzuiger

De ontwateringzeven zouden op een tweetal manieren kunnen worden toegepast op een sleephopperzuiger, namelijk:

- 3 ontwateringzeven, waarbij een deel (circa 50%) van het opgepompte water/grind mengsel zal worden teruggestort in het beun.
- 6 ontwateringzeven, waarbij al het opgepompte water/grind mengsel op de ontwateringzeven zal worden gestort.

6.7 Voorstel vanuit Binder+Co

Het voorstel vanuit Binder+Co is dat er een demo opstelling op land met een ontworpen diffuser en een

ontwateringzeef zal worden gemaakt. Dit systeem zou dan optimaal uitgevoerd kunnen worden en vervolgens in bijvoorbeeld drie- of zesvoud kunnen worden toegepast op een schip. Daarmee is dan vervolgens de meest efficiënte opvoersnelheid en zeefbelading te bepalen (de meest geschikte water/grind verhouding in het mengsel).

6.8 Risico's

De toepassing van ontwateringzeven op een schip brengt risico's met zich mee, zo zouden onderdelen van het schip kunnen gaan resoneren, die een gelijke eigenfrequentie hebben aan de eigenfrequentie van de ontwateringzeven (200 á 300 Hz). Wanneer dit het geval blijkt te zijn, kunnen deze resonerende scheepsonderdelen zeer ernstig beschadigen. Dit resoneren zou verholpen kunnen worden door een extra massa aan te brengen op de resonerende scheepsdelen. Een ander risico is dat tijdens het ontwateren het schip onder een trimhoek ligt, waardoor de ontwateringzeven hun taak niet goed kunnen uitvoeren. Dit zou kunnen worden verholpen door het schip te trimmen met behulp van ballastwater. Ook bestaat er nog het risico op hevig geluidsoverlast van het grind op het zeefdek.

6.9 Kosten

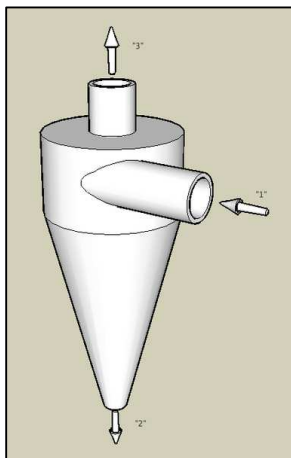
De aanschafkosten voor één ontwateringzeef bedragen circa € 212.500,-- per ontwateringzeef.

7. Centrifuge

7.1 Beschrijving van een centrifuge

Een van de onderzochte manieren om het water uit het water/grind mengsel af te scheiden is doormiddel van een ontwateringzeef. Buiten een ontwateringzeef zijn er nog een aantal andere mogelijke ontwateringinstallaties, zoals een zeefbocht, zeefband en een hydrocycloon. Een hydrocycloon is een installatie dat doormiddel van de middelpuntvliedende kracht mengsel (bestaande uit een vloeistof en vaste deeltjes) scheidt op basis van dichtheidsverschillen. In de onderstaande figuur 14 is een hydrocycloon weergegeven.

Figuur 14: Schema voor een hydrocycloon



Zoals te zien is bestaat een hydrocycloon uit een cilindrisch en een kegelvormig gedeelte. Het mengsel (van een vloeistof met daarin vaste deeltjes) wordt er in het cilindrische gedeelte tangentieel ingepompt. Ten gevolge van het tangentieel inbrengen van het mengsel gaat het mengsel roteren, en worden de (zwaardere) vaste deeltjes eruit geslingerd, tegen de binnenkant van de wand van de hydrocycloon. De vaste deeltjes worden eerst langs de binnenkant van het cilindrische gedeelte en vervolgens langs de binnenwand van het kegelvormige gedeelte weggedrukt en verlaten de hydrocycloon door een opening onder in het kegelvormige gedeelte. De vloeistof uit het mengsel verlaat de hydrocycloon door een centraal geplaatste opening boven in het cilindrische gedeelte. De kwaliteit van scheiden van een hydrocycloon is sterk afhankelijk van slijtage van de binnenwand. Aangezien de grinddeeltjes met grote hoeveelheden/snelheden langs de binnenwand van de hydrocycloon gaan, zal de binnenwand van hydrocycloon binnen de kortste keren beschadigd zijn. De hydrocycloon is in dat geval niet meer in staat om een kwalitatief goede scheiding van water en grind te realiseren en is zodoende onbruikbaar geworden. Zodoende is het idee ontstaan de wand met het water/grind mengsel mee te laten roteren, zodat er geen onderling snelheidsverschil is tussen de grinddeeltjes en de binnenwand, waardoor er nauwelijks slijtage optreedt. Om inzicht te krijgen in dit principe is er een testopstelling gemaakt. In figuur 15 is deze testopstelling weergegeven.

Figuur 15: Foto van de testopstelling

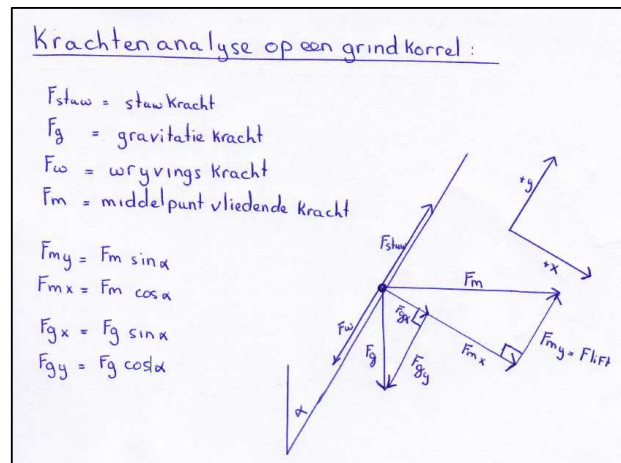


Te zien is dat er een emmer op een fietsnaaf is gemonteerd, die zal worden aangedreven door een trapstel en een ketting van een fiets. Aan deze roterende emmer is steeds een homogeen mengsel van brekerzand en water tangentieel toegevoerd. Op de afbeeldingen in paragraaf 7.3 is te zien hoe de binnenkant van de emmer eruit ziet. Te zien is dat er meenemers op de emmerwand zijn gemaakt, dat er een schraper is aangebracht onder in de emmer en dat er een toevoerleiding is gepositioneerd, waardoor het mengsel van water en brekerzand zal worden toegevoerd. Het idee is, dat het water door de roterende beweging (onder werking van de middelpuntvliedende kracht) uit de emmer zal worden geslingerd en dat het brekerzand onder in de emmer zal blijven, waar het zich zal gaan ophopen. Indien er voldoende brekerzand is opgebouwd onder in de emmer zal het brekerzand door de schraper naar het midden worden geveegd, waar het de emmer zal verlaten door een gat in de bodem. De meenemers hebben als functie het water voldoende snelheid mee te geven, waardoor het in een zo kort mogelijke tijd zal stijgen door de op het water werkende middelpuntvliedende krachten.

7.2 Krachtenanalyse

Om meer inzicht te krijgen in het werkingsprincipe van de centrifuge is het maken van een krachtenanalyse van belang. In figuur 16 is de krachtenanalyse op het grinddeeltje weergegeven.

Figuur 16: Krachtenanalyse



In de onderstaande figuur zijn de formule's weergegeven voor de krachten die op het grinddeeltje werken.

De gravitatiekracht:

$$F_g = m \times g$$

De middelpuntvliedende kracht:

$$F_m = m \times \omega^2 \times r$$

De wrijvingskracht:

$$F_w = (\sum F_n) \times \mu$$

De stuwkracht:

$$F_{stuw} = C_w \times 1/2 \times \rho \times \Delta v^2 \times A$$

Met hierin:

m = massa van het grinddeeltje (kg)

g = gravitatieconstante $\approx 9,81 \text{ m/s}^2$

ω = hoeksnelheid (rad/s)

r = straal van de cirkel baan (m)

$\sum F_n$ = som van de normaalkrachten (N)

μ = wrijvingscoëfficiënt $\approx \tan 25^\circ$

C_w = weerstandscoefficient grinddeeltje $\approx 0,5$

ρ = dichtheid water $\approx 1000 \text{ kg/m}^3$

Δv = relatieve snelheid van water t.o.v grind (m/s)

A = frontaal oppervlak grinddeeltje (m^2)

Evenwichtvoorwaarde voor het grind:

$$F_{stuw} + F_{lift} - F_w - F_g = 0$$

Op een oneindig klein water deeltje werken alleen de middelpuntvliedende kracht en een gravitatiekracht. Uiteraard is er ook sprake van een wrijvingskracht tussen de wand en het oneindig kleine waterdeeltje, maar deze wordt gemakshalve weggelaten. Omdat het grind wel een naar beneden gerichte wrijvingscomponent kan ontwikkelen en het water niet, zal het water bij een lager toerental tegen de wand omhoog kruipen. Bij een vaststaande hoek van de trommelwand met de verticaal, moet er dus een toertal interval zijn, waarbij het grind in rust blijft (onder op de bodem van de emmer) en waarbij het water wel omhoog beweegt en over de rand de trommel verlaat.

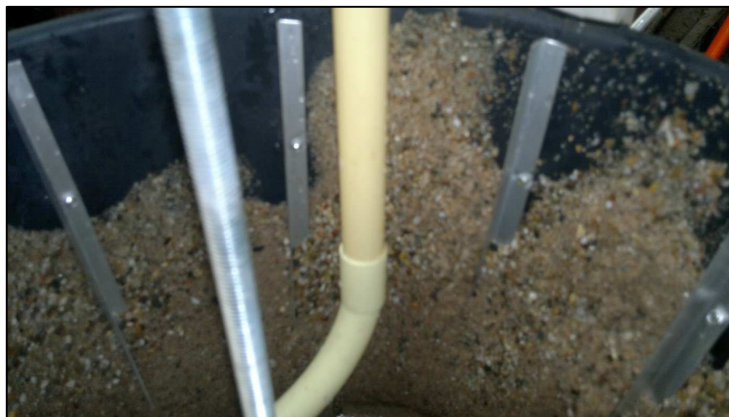
7.3 Bevindingen bij het testen van de testopstelling

Er zijn verschillende tests gedaan, waarvan de figuur 17 en figuur 18 resultaten laten zien.

Gedurende verschillende tests is gebleken dat:

- Het water wordt afgescheiden van het grind, het water wordt over de trommelwand heen geslingerd, terwijl het grind tegen de trommelwand achterblijft.
- Hoe groter de hoeksnelheid van de trommel hoe sneller het water uit de trommel werd afgevoerd.
- Wanneer er plotseling veel mengsel aan de centrifuge werd aangeboden en deze het niet kan verwerken loopt het zo weg door het gat onder in de trommel.
- Wat opviel was dat de grotere zandfracties hoger op de trommelwand eindigde dan de kleinere zandfracties. Dit kan verklaard worden door het feit dat de grotere fracties een grotere stuwkracht ondervonden van het opgaande water ten gevolge van het grotere frontale oppervlak.
- Hoe groter de hoeksnelheid van de trommel hoe sneller het water wordt afgevoerd en hoe hoger het brekerzand op de trommelwand komt.
- Deze scheidingsmethode is niet echt nauwkeurig, omdat er tussen het brekerzand en de schraper een waterfilm aanwezig is, welke met het grind mee naar buiten wordt geschoven.

Figuur 17: Resultaat van draaien met hoge snelheden



Figuur 18: Resultaat van het draaien met lage snelheid



8. Bandtransporteurs

Om het grind van de ontwateringzeven af te voeren naar de kade wordt er gebruik gemaakt van een tweetal bandtransporteurs. Voor de configuratie van dit tweetal bandtransporteurs verwijs ik naar de bijlage waar deze bandtransporteurs zijn opgenomen in de tekening van het algemene plan. Beide bandtransporteurs hebben een lengte van circa 15 m, waarbij één van de bandtransporteurs het horizontale transport onder de zuigbuis door voor zijn rekening neemt en de andere het grind onder een opvoerhoek van circa 15° (dit is ongeveer de maximale opvoerhoek voor nat grind) afvoert naar de kade. Bij het ontwateren kan er gebruik worden gemaakt van een tweetal ontwateringzeef configuraties, er kan namelijk ontwaterd worden met 3 en met 6 ontwateringzeven. Wanneer er ontwaterd wordt met 3 ontwateringzeven, dan zullen de bandtransporteurs over een capaciteit moeten beschikken van circa 2060 t/h oftewel 0,57 t/s. Wanneer er ontwaterd wordt met 6 ontwateringzeven, dan zullen de bandtransporteurs over een capaciteit moeten beschikken van circa 4120 t/h oftewel 1,15 t/s. Hieronder zullen de bandbreedte en het benodigde aandrijfvermogen worden berekend voor dit tweetal situaties.

8.1 Bandtransporteurs na het zestal ontwateringzeven

Parameters waar de bandtransporteurs aan moeten voldoen

Massadebiet grind	=	minimaal 4120 t/h
Stortgewicht grind	=	1600 kg/m ³
Bandbreedte	=	1400 mm
Taludhoek nat grind	=	12 °
Trogstel	=	3-delig
Troghoek	=	25 °

8.1.1 Dimensionering van de bandbreedte en capaciteitsberekening

Capaciteitberekening

De capaciteit grind dat een bandtransporteur kan verwerken is van een groot aantal zaken afhankelijk, hierbij moet gedacht worden aan:

- Bandsnelheid
- Bandbreedte
- Stortgewicht te transporteren bulkgoed
- Troghoek
- Taludhoek

De algemene formule waarmee de capaciteiten van een transportband, is hieronder weergegeven.

Formule van de capaciteit van een transportband:

$$C = \frac{3600 \times A \times v \times \rho_{\text{stort grind}}}{1000}$$

Met hierin:

C = Capaciteit van de bandtransporteur (t / h)

A = Dwarsdoorsnede oppervlak van de lading op de transportband (m^2)

v = Bandsnelheid = 3 m / s

$\rho_{\text{stort grind}}$ = Stortgewicht grind $\approx 1600 \text{ kg/m}^3$

Maar omdat het dwarsdoorsnede oppervlak van de lading moeilijk te voorspellen is, zal er hier gewerkt moeten worden met ervaringsgetallen.

De taludhoek vochtig grind

Uit de tabel van de site van Jansen en Heunig, heeft vochtig grind een maximale taludhoek van 12° met de horizontaal.

Bandbreedte

Om circa 4000 t/uur grind te transporteren met een bandsnelheid van 3m/s voldoet een transportband met een bandbreedte van 1400mm ruimschoots.

De troghoek

De troghoek varieert normaal gesproken tussen de 20 en 45 graden met de horizontaal. Hoe groter deze troghoek is, des te groter de transportcapaciteit van de bandtransporteur is. Door gebruik te maken van een grote troghoek, kan er enerzijds wel veel bulk materiaal getransporteerd worden, maar levert anderzijds ook problemen op, zoals de kans op scheefloop en grote transitie afstand. Daarom zal het trogstel een troghoek krijgen van circa 25°

De capaciteit kan worden berekend met waarden uit de onderstaande tabellen

Tabel 2 is gemaakt voor een snelle referentie en geeft de capaciteiten van transportbanden van 400mm tot 2200mm breedte. Deze capaciteiten hebben betrekking op een bandtransporteur met een 3-delig trogstel, met gelijke rollen als basis. Dit trogstel zal een troghoek maken van 35°, met een taludhoek van 20° (de gemiddelde taludhoek van bulkmateriaal) en een bulk stortgewicht van 1000kg/m³. Capaciteiten voor transportbanden met andere troghoeken en materialen kunnen verkregen worden door de capaciteit in de onderstaande berekening te vermenigvuldigen met de bandsnelheid, het stortgewicht en de capaciteitsfactor verkregen door interpolatie van de waarden uit tabel 3.

Tabel 2: Capaciteitsfactoren voor verschillende bandbreedtes en bandsnelheden

Belt width	Belt speed - metres per second											
	0.5	0.75	1	1.25	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5
400mm	26	39	52	65	78	104	130	156	182	209	235	261
450mm	34	51	69	86	103	137	172	206	240	274	309	343
500mm	44	65	87	109	131	175	218	262	306	349	393	437
600mm	66	99	131	164	197	263	329	394	460	526	592	657
650mm	78	118	157	196	235	314	392	471	549	628	706	785
750mm	107	161	215	268	322	429	536	644	751	858	965	1073
800mm	123	185	247	308	370	493	617	740	863	987	1110	1233
900mm	159	238	318	397	477	635	794	953	1112	1271	1430	1589
1000mm	199	298	398	497	597	795	994	1193	1392	1591	1790	1989
1050mm	221	331	441	551	662	882	1103	1323	1544	1764	1985	2206
1200mm	292	438	585	731	877	1169	1462	1754	2046	2339	2631	2923
1350mm	374	561	748	936	1123	1497	1871	2245	2619	2994	3368	3742
1400mm	404	606	807	1009	1211	1615	2019	2422	2826	3230	3634	4037
1500mm	466	699	932	1165	1398	1865	2331	2797	3263	3729	4195	4662
1600mm	533	800	1066	1333	1599	2132	2665	3198	3731	4265	4798	5331
1800mm	680	1020	1361	1701	2041	2721	3402	4082	4762	5443	6123	6803
2000mm	846	1268	1691	2114	2537	3382	4228	5073	5919	6764	7610	8455
2200mm	1029	1543	2057	2572	3086	4115	5143	6172	7201	8229	9258	10287

Deze capaciteitsfactor kan achterhaald worden doormiddel van interpolatie tussen de capaciteitsfactoren behorende bij de taludhoeken van 10° en 15°.

Tabel 3: Capaciteitsfactoren voor verschillende trogheken

Surcharge angle	Idler troughing angle				
	20°	25°	30°	35°	45°
0°	0.43	0.53	0.61	0.69	0.81
5°	0.52	0.61	0.69	0.77	0.88
10°	0.61	0.70	0.77	0.84	0.94
15°	0.70	0.78	0.86	0.92	1.04
20°	0.79	0.87	0.94	1.00	1.08
25°	0.88	0.96	1.03	1.08	1.15

Met behulp van de onderstaande formule kunnen tussenliggende capaciteitsfactoren worden bepaald.

Berekening van de capaciteitsfactor bij een taludhoek van 12° en een troghoek van 25°	
Berekening zal geschieden doormiddel van interpolatie uit de bovenstaande tabel.	
Capaciteitsfactor	$\text{bij taludhoek } 12^\circ, \text{ troghoek } 25^\circ = \left(\frac{\text{Capaciteitsfactor}_{\text{bij taludhoek } 15^\circ, \text{ troghoek } 25^\circ} - \text{Capaciteitsfactor}_{\text{bij taludhoek } 10^\circ, \text{ troghoek } 25^\circ}}{5} \times 2 \right) + \text{Capaciteitsfactor}_{\text{bij taludhoek } 10^\circ, \text{ troghoek } 25^\circ}$
Invullen van de waarden levert:	
Capaciteitsfactor	$\text{bij taludhoek } 12^\circ, \text{ troghoek } 25^\circ = 0,646$

Invullen van de hierboven bepaalde capaciteitsfactor in de algemene formule levert de volgende capaciteit.

Berekening van de capaciteit:	
$C =$	$\frac{C_1 \times \rho_{stort} \times C_{factr} \times v}{1000}$
Met hierin:	
$C =$	Capaciteit (t / h)
$C_1 =$	Capaciteit (capaciteit van een referend systeem) = 2422t / h
$\rho_{stort} =$	Stortgewicht grind $\approx 1600 \text{ kg} / \text{m}^3$
$C_{factr} =$	Capaciteitsfactor = 0,646
$v =$	Bandsnelheid = 3m / s
Invullen levert:	
$C =$	7510 t/h

Voor een bandtransporteur met een taludhoek van 12°, een troghoek van 25°, een bandsnelheid van 3 m/s en een bandbreedte van 1400 mm bedraagt de capaciteit van de bandtransporteur, dus ongeveer 7500 t/uur, dit is ruim voldoende, zodoende kunnen mogelijk pieken in het grindaanbod van de ontwateringzeef worden

opgevangen

Bandsnelheid

In tabel 4 zijn de bandsnelheden voor verschillende bandbreedtes en voor verschillende materiaal categorieën.

Tabel 4: bandsnelheden voor verschillende materialen bij verschillende bandbreedten

Belt width (mm)	Grain or free flowing materials	Run-of-mine, crushed coal and earth	Hard ores and stone
400	2.0	1.5	-
450	2.5	2.25	1.75
500	3.0	2.25	1.75
600	3.0	2.5	2.25
650	3.25	2.75	2.50
750	3.5	3.0 - 3.5	2.75
800	3.75	3.0 - 3.5	2.75
900	4.0	3.0 - 3.5	3.0
1000	4.0	3.0 - 3.5	3.0
1050	4.0	3.0 - 3.5	3.0
1200	4.0	3.25 - 4.0	3.0 - 3.5
1350	4.5	3.25 - 4.0	3.0 - 3.5
1400	4.5	3.25 - 4.0	3.0 - 3.5
1500	4.5	3.25 - 4.0	3.0 - 3.5
1600	5.0	3.75 - 4.25	3.25 - 4.0
1800	5.0	3.75 - 4.25	3.25 - 4.0
2000	-	3.75 - 4.25	3.25 - 4.0
2200	-	3.75 - 4.25	-

Voor een transportband met een bandbreedte van 1400mm die zo'n 4000 t/h grind moet gaan transporteren, wordt een maximumbandsnelheid aanbevolen tussen de 3,0m/s en de 3,5m/s. Uit ervaring blijkt, dat bij hogere bandsnelheden de slijtage toeneemt. Daarom wordt bij voorkeur de bandsnelheid zo laag mogelijk gehouden, in verband met slijtage van de transportband.

8.1.2 Berekening van het benodigd aandrijf vermogen voor de horizontale bandtransporteur

Deze vermogensberekening zal worden uitgelegd op de maximale capaciteit van deze bandtransporteur (7510 t/h), zoals berekend in de bovenstaande paragraaf.

Parameters van de bandtransporteur:

Lengte transportband = 15 m
 Bandsnelheid = 3 m/s
 Massa Chevron 1600mm band = 24 kg/m
 Maximaal massadebiet grind op de transportband = 2086 kg/s
 Massa's

Massa materiaal op transportband

Formule:

$$\text{Massa materiaal op band} = \frac{l_{\text{band}}}{v_{\text{band}}} \times \Phi m_{\text{grind}}$$

Invullen levert:

$$\text{Massa materiaal op band} = \frac{15}{3} \times 2086 = 10430 \text{ kg}$$

Totale massa transportband

Formule:

$$\text{Totale massa transportband} = 2 \times l_{\text{band}} \times m_{\text{band}}$$

Invullen levert:

$$\text{Totale massa transportband} = 2 \times 15 \times 24 = 720 \text{ kg}$$

Massa drums

De massa van de drums worden geschat op ca. 1800 kg.

Berekening benodigde trekkrachten

Formules :

$$F_{ul} = \mu_r \times g \times (m + m_b + m_r)$$

Met hierin:

$$m = \frac{l_{band}}{v_{band}} \Phi m_{grind} = \frac{15}{3} \times 2086 = 10430 kg$$

$$m_b = 2 \times l_{band} \times m_{band} = 2 \times 15 \times 24 = 720 kg$$

$$m_r = 1800 kg$$

$$\mu_r = 0,033$$

$$g = 9,81 m/s^2$$

Invullen levert:

$$F_{ul} = 0,033 \times 9,81 \times (12950) = 4192 N$$

Aandrijvend vermogen op de aandrijftrammel

Formule:

$$P_A = \frac{F_{ul} \times v_{band}}{1000}$$

Invullen levert:

$$P_A = \frac{4192 \times 3}{1000} = 12,576 kW$$

Benodigd elektrisch vermogen

Formule:

$$P_M = \frac{P_A}{\eta}$$

$$\eta = 0,8 \text{ (schatting)}$$

Invullen levert:

$$P_M = \frac{12,57}{0,8} = 15,72 kW$$

Conclusie

De horizontale bandtransporteur, die het grind zal afvoeren van de ontwateringszeven naar de bandtransporteur die het vervolgens afvoert naar de kade, moet voorzien zijn van een motor welke over een minimaal elektrisch vermogen moet beschikken van circa 15,72kW. Om over wat overcapaciteit te beschikken, zou een elektromotor met een vermogen van circa 20kW uitermate geschikt zijn voor deze bandtransporteur.

8.2.3 Berekening van het benodigd aandrijfvermogen voor de bandtransporteur naar de kade

De bandtransporteur naar de kade staat onder een hoek van 15°. Deze vermogensberekening zal worden uitgelegd op de maximale capaciteit van deze bandtransporteur (7510 t/h), zoals berekend in de bovenstaande paragraaf.

Parameters van de bandtransporteur

Lengte transportband	= 15 m
Bandsnelheid	= 3 m/s
Massa transportband 1400mm	= 18 kg/m
Maximaal massadebiet grind op de transportband	= 2086 kg/s

Massa materiaal op transportband

Formule:

$$\text{Massa materiaal op band} = \frac{l_{\text{band}}}{v_{\text{band}}} \times \Phi m_{\text{grind}}$$

Invullen levert:

$$\text{Massa materiaal op band} = \frac{15}{3} \times 2086 = 10430 \text{ kg}$$

Totale massa transportband

Formule:

$$\text{Totale massa transportband} = 2 \times l_{\text{band}} \times m_{\text{band}}$$

Invullen levert:

$$\text{Totale massa transportband} = 2 \times 15 \times 24 = 720 \text{ kg}$$

Massa drums

De massa van de drums worden geschat op ca. 1800 kg.

Berekening benodigde trekkrachten

Formules:

$$F_u = \mu_r \times g \times (m + m_b + m_r) + g \times m \times \sin \alpha$$

Met hierin:

$$m = \frac{l_{\text{band}}}{v_{\text{band}}} \Phi m_{\text{grind}} = \frac{15}{3} \times 2086 = 10430 \text{ kg}$$

$$m_b = 2 \times l_{\text{band}} \times m_{\text{band}} = 2 \times 15 \times 24 = 720 \text{ kg}$$

$$m_r = 1800 \text{ kg}$$

$$\mu_r = 0,033$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

Invullen levert:

$$F_u = 0,033 \times 9,81 \times (12950) + 9,81 \times 10430 \times \sin 15 = 30674,23 \text{ N}$$

Aandrijvend vermogen op de aandrijftrommel

Formule:

$$P_A = \frac{F_u \times v_{\text{band}}}{1000}$$

Invullen levert:

$$P_A = \frac{30674 \times 3}{1000} = 92,02 \text{ kW}$$

Benodigd elektrisch vermogen

Formule:

$$P_M = \frac{P_A}{\eta}$$

$$\eta = 0,8 \text{ (schatting)}$$

Invullen levert:

$$P_M = \frac{92,02}{0,8} = 115,03 \text{ kW}$$

Conclusie

De bandtransporteur die het grind zal afvoeren naar de kade moet voorzien zijn van een motor welke over een

minimaal elektrisch vermogen beschikken van circa 115,02kW. Om over wat overcapaciteit te beschikken, zou een elektromotor met een vermogen van circa 130kW uitermate geschikt zijn voor deze toepassing.

8.2 Bandtransporteurs na het drietal ontwateringseven

Parameters waar de bandtransporteurs aan moeten voldoen

Massadebiet grind	=	minimaal 2060 t/h
Stortgewicht grind	=	1600 kg/m ³
Bandbreedte	=	1050 mm
Taludhoek nat grind	=	12 °
Trogstel	=	3-delig
Troghoek	=	25 °

8.2.1 Dimensionering van de bandbreedte en capaciteitsberekening

De bandbreedte en bandsnelheid is op dezelfde manier bepaald als in de bovenstaande paragraaf. Het resultaat hiervan was dat de bandtransporteur een bandbreedte moet hebben van 1050mm en een bandsnelheid van 3 m/s. De capaciteitsfactor is in dit geval ook gelijk aan de bovenstaande situatie. Invullen van de capaciteitsfactor, bandsnelheid, stortgewicht en de capaciteit van een referend systeem(, welke voortvloeit uit tabel 2) in de onderstaande formule levert:

Berekening van de capaciteit:

$$C = \frac{C_1 \times \rho_{stort} \times C_{factr} \times v}{1000}$$

Met hierin:

C = Capaciteit (t/h)

C_1 = Capaciteit (capaciteit van een referend systeem) = 1323t/h

ρ_{stort} = Stortgewicht grind $\approx 1600 \text{ kg/m}^3$

C_{factr} = Capaciteitsfactor = 0,646

v = Bandsnelheid = 3m/s

Invullen levert:

$C = 4102 \text{ t/h}$

Bij een bandtransporteur met een taludhoek van 12°, een troghoek van 25°, een bandsnelheid van 3 m/s en bandbreedte van 1050 bedraagt de capaciteit van de bandtransporteur, dus ongeveer 4102 t/uur, dit is ruim voldoende, zodat mogelijke pieken in het aanbod kunnen worden opgevangen

8.2.2 Berekening van het benodigd aandrijf vermogen voor de horizontale bandtransporteur

Deze vermogensberekening zal worden uitgelegd op de maximale capaciteit van deze bandtransporteur (4100 t/h), zoals berekend in de bovenstaande paragraaf.

Parameters van de bandtransporteur:

Lengte transportband	= 15 m
Bandsnelheid	= 3 m/s
Massa Chevron 1600mm band	= 18 kg/m
Maximaal massadebiet grind op de transportband	= 1139 kg/s
Massa's	

Massa materiaal op transportband

Formule:

$$\text{Massa materiaal op band} = \frac{l_{band}}{v_{band}} \times \Phi m_{grind}$$

Invullen levert:

$$\text{Massa materiaal op band} = \frac{15}{3} \times 1139 = 5695 \text{ kg}$$

Totale massa transportband

Formule:

$$Totale\ massa\ transportband = 2 \times l_{band} \times m_{band}$$

Invullen levert:

$$Totale\ massa\ transportband = 2 \times 15 \times 18 = 540\ kg$$

Massa drums

De massa van de drums worden geschat op ca. 1500 kg.

Berekening benodigde trekkkrachten

Formules:

$$F_{u1} = \mu_r \times g \times (m + m_b + m_r)$$

Met hierin:

$$m = \frac{l_{band}}{v_{band}} \Phi m_{grind} = \frac{15}{3} \times 1139 = 5695\ kg$$

$$m_b = 2 \times l_{band} \times m_{band} = 2 \times 15 \times 18 = 540\ kg$$

$$m_r = 1500\ kg$$

$$\mu_r = 0,033$$

$$g = 9,81\ m/s^2$$

Invullen levert:

$$F_{u1} = 0,033 \times 9,81 \times (7735) = 2504\ N$$

Aandrijvend vermogen op de aandrijftrommel

Formule:

$$P_A = \frac{F_{u1} \times v_{band}}{1000}$$

Invullen levert:

$$P_A = \frac{2504 \times 3}{1000} = 7,51\ kW$$

Benodigd motor vermogen

Formule:

$$P_M = \frac{P_A}{\eta}$$

$$\eta = 0,8\ (schatting)$$

Invullen levert:

$$P_M = \frac{7,51}{0,8} = 9,39\ kW$$

Conclusie

De horizontale bandtransporteur, die het grind zal afvoeren van de ontwateringzeven naar de bandtransporteur die het vervolgens afvoert naar de kade, moet voorzien zijn van een motor welke over een minimaal vermogen moet beschikken van circa 9,39 kW. Om over wat overcapaciteit te beschikken, zou een elektromotor met een vermogen van circa 15 kW uitermate geschikt zijn voor deze bandtransporteur.

8.2.3 Berekening van het benodigd aandrijf vermogen voor de bandtransporteur naar de kade

De bandtransporteur naar de kade staat onder een hoek van 15°. Deze vermogensberekening zal worden uitgelegd op de maximale capaciteit van deze bandtransporteur (4100 t/h), zoals berekend in de bovenstaande paragraaf.

Parameters van de bandtransporteur

Lengte transportband	= 15 m
Bandsnelheid	= 3 m/s
Massa transportband 1400mm	= 18 kg/m
Maximaal massadebiet grind op de transportband	= 2086 kg/s

Massa materiaal op transportband

Formule:

$$\text{Massa materiaal op band} = \frac{l_{\text{band}}}{v_{\text{band}}} \times \Phi m_{\text{grind}}$$

Invullen levert:

$$\text{Massa materiaal op band} = \frac{15}{3} \times 1139 = 5695 \text{ kg}$$

Totale massa transportband

Formule:

$$\text{Totale massa transportband} = 2 \times l_{\text{band}} \times m_{\text{band}}$$

Invullen levert:

$$\text{Totale massa transportband} = 2 \times 15 \times 18 = 540 \text{ kg}$$

Massa drums

De massa van de drums worden geschat op ca. 1500 kg.

Berekening benodigde trekkrachten

Formules:

$$F_u = \mu_r \times g \times (m + m_b + m_r) + g \times m \times \sin \alpha$$

Met hierin:

$$m = \frac{l_{\text{band}}}{v_{\text{band}}} \Phi m_{\text{grind}} = \frac{15}{3} \times 1139 = 5695 \text{ kg}$$

$$m_b = 2 \times l_{\text{band}} \times m_{\text{band}} = 2 \times 15 \times 18 = 540 \text{ kg}$$

$$m_r = 1500 \text{ kg}$$

$$\mu_r = 0,033$$

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

Invullen levert:

$$F_u = 0,033 \times 9,81 \times (7735) + 9,81 \times 5695 \times \sin 15 = 16963 \text{ N}$$

Aandrijvend vermogen op de aandrijftrommel

Formule:

$$P_A = \frac{F_u \times v_{\text{band}}}{1000}$$

Invullen levert:

$$P_A = \frac{16963 \times 3}{1000} = 50,89 \text{ kW}$$

Benodigd motor vermogen

Formule:

$$P_M = \frac{P_A}{\eta}$$

$$\eta = 0,8 \text{ (schatting)}$$

Invullen levert:

$$P_M = \frac{50,89}{0,8} = 63,61 \text{ kW}$$

Conclusie

De bandtransporteur die het grind zal afvoeren naar de kade moet voorzien zijn van een motor, welke over een minimaal vermogen moet beschikken van circa 63,61 kW. Om over wat overcapaciteit te beschikken, zou een elektromotor met een vermogen van circa 75 kW uitermate geschikt zijn voor deze situatie.

8.3 Risico's voor een bandtransporteur

Bandtransporteur lopen de volgende risico's:

- Vervuiling van de transportband.
- Scheelloop van de transportband.

8.3.1 Vervuiling van de transportband

Vervuiling van de transportband is onvermijdelijk en kan worden verholpen door een drietal technieken:

- Het jetten van de transportband.
- Het schoonborstelen van de transportband.
- Het schoonschrappen van de transportband.

8.3.2 Scheefloop van een bandtransporteur

Het scheeflopen van transportbanden kan een tal van oorzaken hebben. Deze oorzaken zijn te vinden bij:

- De band
- Foutieve bandspanning
- De trommels.
- Het te transporteren product
- Het frame
- De bandondersteuning

Er zijn een vijftal methoden om het scheeflopen van de transportbanden te corrigeren. Deze methoden zijn:

- Bollering van de trommels
- Vlakke stuurrol (sturend d.m.v. frictie)
- Kop en keerrol (sturen d.m.v. verhoging van de bandspanning aan 1 zijden)
- Stuursnaren
- Automatische sturing

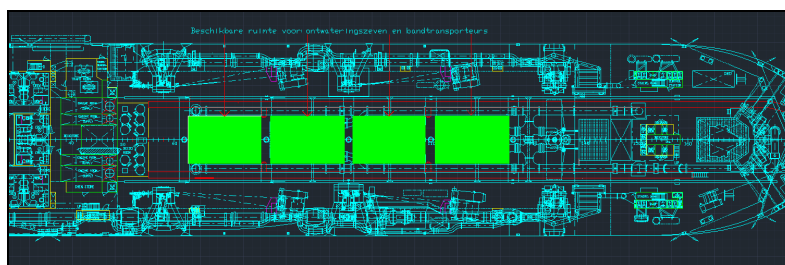
9 Inpassing op het schip

De ontwateringzeven kunnen op een tweetal oriëntaties en op een tweetal locaties op de sleepopperzuiger de Prins der Nederlanden worden gepositioneerd. De ontwateringzeven kunnen wat betreft locatie, enerzijds boven het beun (tussen de bodemdeurcilinders) en anderzijds op het werkdek worden gepositioneerd. Wat betreft de oriëntatie kunnen de ontwateringzeven zowel in de lengterichting als in de dwarsrichting van het schip worden georiënteerd. Deze verschillende oriëntaties/locaties zullen in de hier opvolgende paragrafen worden besproken, zo zullen ze worden beschreven en zullen de voor- en nadelen van deze verschillende positioneringen worden opgesomd. Zodoende zal de keuze voor een bepaalde positie/oriëntatie worden gemotiveerd.

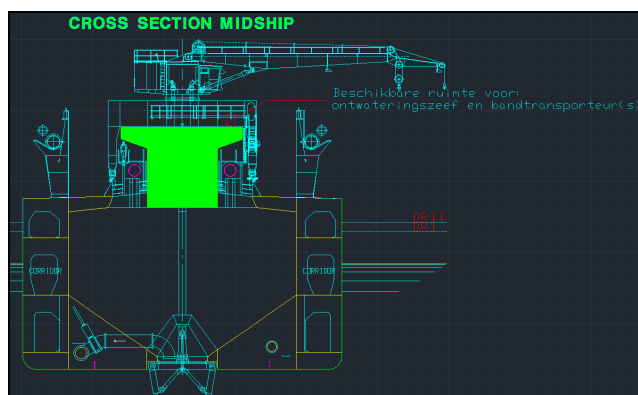
9.1 Positionering van de ontwateringzeven boven het beun

Wat betreft de locatie, voor de ontwateringzeven, zijn er een tweetal mogelijkheden, zowel boven het beun als op het werkdek. Eén van deze mogelijke locaties, is op een viertal posities boven het beun. Op deze posities kunnen de ontwateringzeven zowel in de dwarsrichting als in de lengterichting van het schip worden georiënteerd. Hieronder worden ze ieder afzonderlijk besproken. In de onderstaande figuren 19 en 20 zijn respectievelijk een boven- en zijaanzicht, van de beschikbare ruimte voor de ontwateringzeven met bijbehorende bandtransporteurs, boven het beun weergegeven.

Figuur 19: Een bovenaanzicht van de mogelijke locaties van de ontwateringzeven



Figuur 20: Een zijaanzicht van de beschikbare ruimte voor een ontwateringzeef van de op figuur 1 weergegeven locaties



9.1.1 De ontwateringzeven boven het beun in de dwarsrichting van het schip

Een mogelijke locatie/oriëntatie waar de ontwateringzeven gepositioneerd zouden kunnen worden is boven het beun (tussen de bodemdeurcilinders) in de dwarsrichting van het schip. Om het droge grind vervolgens af te kunnen voeren naar de kade, is het noodzakelijk, dat er een horizontale bandtransporteur boven het beun wordt gepositioneerd. Deze bandtransporteur zal het grind moeten afvoeren van de ontwateringzeven naar de bandtransporteur die het grind weer verder zal afvoeren naar de kade. De bandtransporteur die het grind naar de kade zal afvoeren, zal in de dwarsrichting van het schip en onder een hoek van zo'n 20° met de horizontaal worden geplaatst, zodat het grind over de zuigbuis getransporteerd kan worden.

Voordelen van deze locatie/oriëntatie:

- Het afgescheiden water, kan eenvoudig zonder verder leidingwerk terugstromen in het beun.
- Er zijn een viertal locaties boven het beun, waar de ontwateringzeven zouden kunnen worden geplaatst, zodoende kan er een flinke ontwateringcapaciteit worden gerealiseerd.
- Boven het beun zitten de ontwateringzeven niet echt in de weg, waardoor ze voor een wat langere tijd kunnen blijven staan.

Nadelen van deze locatie/oriëntatie:

- De reserve onderdelen boven het beun liggen in de weg (hiervoor zal naar een andere opslaglocatie gezocht moeten worden).
- De breedte van de beschikbare ruimte boven het beun is maar 6,8 meter, dit zou breder kunnen zijn (zo'n 10,5 meter), wanneer het second steel boven de zuigbuizen plaatselijk zou worden verwijderd. Het is echter dan niet meer mogelijk om op de bordessen boven het beun te wandelen.
- De beschikbare hoogte boven de zuigbuis tot aan de onderkant van de kraan is maar 3,3 meter. Deze beschikbare hoogte zou groter kunnen zijn wanneer er ook gebruik zou worden gemaakt van de ruimte tussen en onder het niveau van de zuigbuis, alleen is in dat geval de ruimte tussen de zuigbuizen in maar 6,8 meter.
- Doordat de ontwateringzeven niet gecentreerd bij elkaar staan, maar op verschillende locaties boven het beun, moet er in de lengterichting van het schip een grotere afstand door bandtransporteurs worden overbrugd.
- Er is in dit geval sprake van tweemaal een overstort punt wat nadelig is voor de slijtage van de transportbanden.
- Er is zeer weinig ruimte beschikbaar voor het leidingwerk waardoor het water/grind mengsel zal moeten aanlanden op de ontwateringzeef.

9.1.2 De ontwateringzeven boven het beun in de lengterichting van het schip

De andere mogelijke oriëntatierichting van de ontwateringzeven, welke besproken zal worden, is in de lengterichting van het schip. Om in dit geval het grind van de ontwateringzeven af te voeren naar de kade, dienen er in dwarsrichting van het schip horizontale bandtransporteurs te worden gepositioneerd. Deze bandtransporteurs dienen het grind af te voeren, naar een in de lengterichting van het schip boven het beun geplaatste bandtransporteur. Deze bandtransporteur zal het grind op zijn beurt weer afvoeren naar een bandtransporteur, die het grind over de zuigbuis zal afvoeren naar de kade. Omdat deze bandtransporteur het grind over de zuigbuis zal moeten transporteren, moet deze een hoek van zo'n 20° maken met de horizontaal.

Voordelen van deze locatie/oriëntatie:

- Het afgescheiden water kan eenvoudig zonder verder leidingwerk terugstromen in het beun.
- Er zijn een viertal locaties boven het beun, waar de ontwateringzeven zouden kunnen worden geplaatst, zodoende kan er een flinke ontwateringcapaciteit worden gerealiseerd.
- Boven het beun zitten de ontwateringzeven niet echt in de weg, waardoor ze er voor een wat langere tijd kunnen blijven staan.
- Doordat de ontwateringzeven in de lengterichting boven het beun kunnen worden geplaatst, mogen ze over een lengte van zo'n 9 meter beschikken. Dit is veel langer dan dat je in de dwarsrichting boven het beun kwijt zou kunnen, bovendien kan er eenvoudiger gebruik worden gemaakt van de beschikbare hoogte.

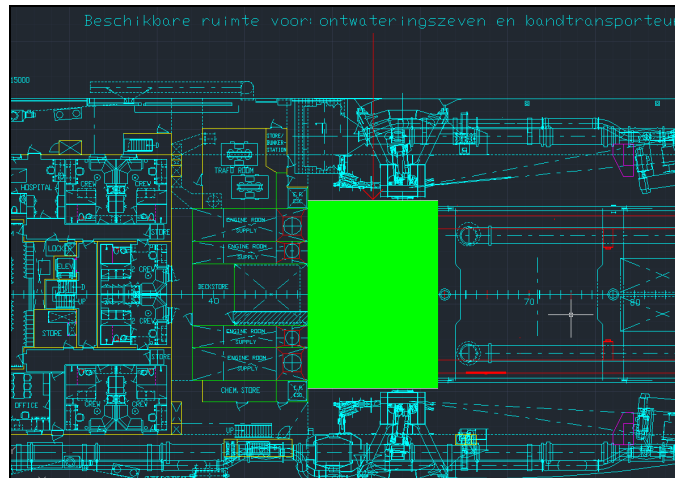
Nadelen van deze locatie/oriëntatie:

- De reserve onderdelen boven het beun liggen in de weg (hiervoor zal naar een andere opslaglocatie moeten worden gezocht).
- Ten gevolge van de in de lengte richting georiënteerde ontwateringzeven, moeten er "extra" in de dwarsrichting van het schip georiënteerde bandtransporteurs worden geplaatst, om het grind van de ontwateringzeven naar de in de lengterichting van het schip georiënteerde bandtransporteur te transporteren.
- De breedte van de beschikbare ruimte boven het beun is maar 6,8 meter. Dit zou breder kunnen zijn, wanneer het second steel boven de zuigbuizen plaatselijk zou worden verwijderd. Het is echter dan niet meer mogelijk om op de bordessen boven het beun te wandelen.
- De beschikbare hoogte boven de zuigbuis tot aan de onderkant van de kraan is maar 3,3 meter. Deze beschikbare hoogte zou groter kunnen zijn wanneer er ook gebruik zou worden gemaakt van de ruimte tussen en onder het niveau van de zuigbuis, alleen is in dat geval de ruimte tussen de zuigbuizen in maar 6,8 meter.
- Er is in dit geval sprake van driemaal een overstort punt, wat zeer nadelig is voor de slijtage aan de bandtransporteur.
- Doordat de ontwateringzeven niet gecentreerd bij elkaar staan, maar op verschillende locaties boven het beun, moet er in de lengterichting van het schip een grotere afstand door bandtransporteurs worden overbrugd.

9.2 Positionering van de ontwateringzeven op het werkdek

Wat betreft de locatie, waar de ontwateringzeven, zouden kunnen worden gepositioneerd zijn er een tweetal mogelijkheden, waarvan de eerste hierboven al is besproken. De tweede mogelijke locatie, waar de ontwateringzeven met bijbehorende bandtransporteurs zouden kunnen worden gepositioneerd, is op het werkdek boven de achterzijde van het beun en voor het bevoorradingsluik. Ook op deze locatie zijn er weer een tweetal oriëntatie mogelijkheden voor de ontwateringzeven, namelijk in de lengte- en dwarsrichting van het schip, welke afzonderlijk hieronder zullen worden besproken. In figuur 21 is een bovenaanzicht van de beschikbare ruimte (footprint) weergegeven die de ontwateringzeven mogen innemen. Wat betreft de beschikbare hoogte, luistert het allemaal niet zo erg nauwkeurig, de ontwateringzeef met bijbehorende horizontale bandtransporteurs mogen circa 5 à 6 meter hoog zijn. In dat geval kan de service kraan het service luik nog bedienen.

Figuur 21: Een bovenaanzicht van de ontwateringzeef op het werkdek voor het bevoorradingslijf en boven de achterzijde van het beun



9.2.1 De ontwateringzeven in de lengterichting van het schip op het werkdek:

Een mogelijke locatie/oriëntatie waar de ontwateringseven gepositioneerd zouden kunnen worden is in de lengterichting van het schip op het werkdek voor het bevoorradingsluik en boven de achterzijde van het beun. Wanneer het water is afgescheiden van het grind kan het grind door slechts één bandtransporteur worden afgevoerd naar de kade. Deze bandtransporteur kan het grind zowel onder als over de zuigbuis afvoeren naar de kade. In het geval dat de bandtransporteur het grind over de zuigbuis naar de kade zal transporteren, moet deze een hoek maken van zo'n 20° met de horizontaal.

Voordelen van deze locatie/oriëntatie:

- Er is in totaal maar één bandtransporteur nodig om het grind af te voeren.
- Er is maar sprake van één overstortpunt wat vanuit slijtage oogpunt aan de bandtransporteurs en de benodigde hoogte erg aantrekkelijk is.
- Doordat de ontwateringseven gecentreerd bij elkaar gepositioneerd zijn, wordt de benodigde lengte aan bandtransporteurs sterk gereduceerd.
- Op het werkdek is er meer ruimte om de hoogte in te gaan met de ontwateringseven en bij behorende bandtransporteurs, zodoende is het geheel eenvoudiger in te passen.
- De bandtransporteur zou het grind ook onder de zuigbuis door naar de kade kunnen transporteren.

Nadelen van deze locatie/oriëntatie:

- De beschikbare ruimte op het werkdek komt tijdelijk te vervallen.
- Voor het afgescheiden water is er leidingwerk nodig, om het terug te voeren naar het beun.
- Op het werkdek staan de ontwateringzeven enigszins in de weg, waardoor ze er niet voor langere tijd kunnen blijven staan.

- De beschikbare footprint op het werkdek voor de ontwateringzeven is kleiner, dan in het geval wanneer de ontwateringzeven boven het beun geplaatst zijn. Hierdoor is het minder eenvoudig om een forse ontwateringcapaciteit te realiseren.
- Het leidingwerk, waardoor het water/grind mengsel wordt aangevoerd, komt boven het service luik te zitten, waardoor het bevoorraden door het bevoorradingsluik met de service kraan wordt bemoeilijkt.

9.2.2 De ontwateringzeven in de dwarsrichting van het schip op het werkdek

Een laatste locatie/oriëntatie mogelijkheid waar de ontwateringzeven gepositioneerd zouden kunnen worden, is in de dwarsrichting van het schip op het werkdek voor het bevoorradingsluik en boven de achterzijde van het beun. Wanneer het water is afgescheiden van het grind, zal het grind via een horizontale bandtransporteur in de lengterichting van het schip worden getransporteerd naar de bandtransporteur die het grind zal afvoeren naar de kade. Ook deze bandtransporteur kan het grind zowel onder als over de zuigbuis afvoeren. In het geval dat de bandtransporteur het grind over de zuigbuis naar de kade zal transporteren, moet deze een hoek maken van zo'n 20° met de horizontaal.

Voordelen van deze locatie/oriëntatie:

- Doordat de ontwateringzeven gecentreerd bij elkaar gepositioneerd zijn, wordt de benodigde lengte aan bandtransporteurs sterk gereduceerd.
- Op het werkdek is er meer ruimte om de hoogte in te gaan met de ontwateringzeven en bij behorende bandtransporteurs, zodoende is het geheel eenvoudiger in te passen en hoeft de bandtransporteur een minder grote hoek te maken met de horizontaal dan in het geval dat het geheel boven het beun is geplaatst.
- Doordat de ontwateringzeven in de dwarsrichting op het werkdek kunnen worden geplaatst, mogen ze over een lengte van zo'n 10 m beschikken. Dit is veel langer dan dat je in de lengterichting op het werkdek kwijt zou kunnen.
- Het leidingwerk waardoor het water/grind mengsel stroomt op weg naar de ontwateringzeven, zal in dit geval niet in de weg zitten boven het bevoorradingsluik, waardoor de service kraan bij het bevoorraden van het schip gewoon gebruikt kan worden.

Nadelen van deze locatie/oriëntatie:

- Doordat de ontwateringzeef in de lengterichting van het schip is georiënteerd, zijn er een tweetal bandtransporteurs nodig om het grind af te voeren. Zodoende heb je ook met twee overstortpunten te maken, wat vanuit slijtage oogpunt nadelig is.
- De beschikbare ruimte op het werkdek komt tijdelijk te vervallen.
- Voor het afgescheiden water is er leidingwerk nodig, om het terug te voeren naar het beun.
- Op het werkdek staan de ontwateringzeven enigszins in de weg, waardoor ze er niet voor langere tijd kunnen blijven staan.
- De beschikbare footprint op het werkdek voor de ontwateringzeven is kleiner, dan in het geval wanneer de ontwateringzeven boven het beun geplaatst zijn. Hierdoor is het minder eenvoudig om een flinke ontwateringcapaciteit te realiseren.

9.3 Conclusie plaatsing ontwateringzeven

Uit bestudering van de verschillende locaties/oriëntaties is naar voren gekomen dat het positioneren van de ontwateringzeven boven het beun, geen optie is, omdat de beschikbare ruimte simpelweg niet voldoet. De service kraan boven het beun is in dit geval de grote beperkende factor. Daar komt nog eens bij dat de benodigde bandtransporteur lengte (om het grind af te voeren naar de kade) indien de ontwateringzeven boven het beun zijn geplaatst vele malen groter is dan wanneer de ontwateringzeven gecentreerd bij elkaar staan op het werkdek. Een ander zwaar wegend voordeel van de ontwateringzeven op het werkdek is dat op deze locatie het grind ook onder de zuigbuis door afgevoerd kan worden naar de kade. Bovendien kan de service kraan in dit geval altijd over het beun rijden, zonder enige belemmering en blijft het service luik ook altijd bereikbaar voor deze kraan. Uit verdere analyse is gebleken dat de ontwateringzeven het beste in de lengte richting van het beun kunnen worden geplaatst, omdat dan de aanlanding van de persleiding (welke het water/grind mengsel zal aanvoeren) naar de ontwateringzeven eenvoudiger te realiseren omdat er minder bochten nodig zijn en omdat er simpelweg meer ruimte beschikbaar is. Zodoende is ervoor gekozen om de ontwateringzeven in de lengte richting op het werkdek van het schip te positioneren. Dit alles geldt eigenlijk ook in meer of mindere maten voor de mogelijke positionering van een ontwateringcentrifuge. Door het plaatsen van de ontwateringcentrifuge op het werkdek is het ook in dit geval mogelijk om het grind zowel over als onder de zuigbuis door af te voeren naar de kade. Ook zal door het op het werkdek positioneren van de ontwateringcentrifuge, de benodigde bandtransporteur lengte fors kleiner zijn dan wanneer de ontwateringcentrifuges boven het beun zijn gepositioneerd. Wel is het zo dat wanneer de ontwateringcentrifuges boven het beun zijn gepositioneerd er een grotere ontwateringcapaciteit gegenereerd kan worden.

10 Conclusie

Het hierboven beschreven onderzoek naar het droog lossen van grind uit het beun van een sleephopperzuiger in een hoeveelheid van 20000 ton in 10 uur lostijd hebben geleid tot de volgende conclusies:

- Om 20000 ton grind in 10 uur af te voeren via een systeem met ontwateringszeven zijn er twee mogelijkheden:
 - Het gebruik van 3 ontwateringszeven. Hierbij moet de helft van het aangevoerde water/grind mengsel teruggestort worden in het beun omdat de ontwateringcapaciteit niet voldoende is om alles te verwerken. De investering is in dit geval lager, maar het energieverbruik is tweemaal zo hoog. Hierbij bedraagt de totale lostijd circa 10 uur.
 - Het gebruik van 6 ontwateringszeven. Hiermee kan de gehele aanvoer worden verwerkt in circa 5 uur en hoeft er geen aangevoerd nat grind terug het beun in. Voor deze optie geldt een hogere investering, maar een lager energieverbruik per geloste ton grind.
- Plaatsing van de ontwateringszeven en transportbanden op het werkdek lijkt mogelijk. Plaatsing boven het beun is geen optie gebleken.
- Ontwatering via centrifuge lijkt een interessante mogelijkheid vanwege de vermoedelijk grote ontwateringcapaciteit op een relatief kleine voetafdruk. Echter, deze moet verder ontwikkeld worden en is niet direct toepasbaar.

11 Aanbevelingen

In deze studie is een voorselectie gemaakt van de mogelijke oplossingen voor een droog lossysteem van grind. Naar aanleiding van deze studie heb ik nog de volgende aanbevelingen:

- Voor de ontwateringzeef optie in detail uitwerken van de constructie.
- Er dient verder onderzoek verricht te worden naar de theorie van de ontwateringcentrifuge, doormiddel van het maken van een simulatiemodel, waarin alle parameters verwerkt zijn.
- Daarnaast moet de proefopstelling van de centrifuge verder ontwikkeld worden, met andere variaties;
 - Een emmer zonder meenemers
 - Een emmer met een wand die een andere hoek maakt met de verticaal
 - Een andere schraper
 - Verschillende fractie groottes van het zand/grind
- Het valideren van het simulatiemodel, met behulp van de proefopstelling.